

**ENERJİ ALANINA YÖNELİK KAMU AR-GE HARCAMALARI İLE CO2
EMİSYONU İLİŞKİSİ: OECD ÜLKELERİ ÖRNEĞİ**

Bora Azamet KORKMAZ

Yüksek Lisans Tezi

Eskişehir 2022

**ENERJİ ALANINA YÖNELİK KAMU AR-GE HARCAMALARI İLE CO2
EMİSYONU İLİŞKİSİ: OECD ÜLKELERİ ÖRNEĞİ**

Bora Azamet KORKMAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Maliye Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Şebnem TOSUNOĞLU

Eskişehir

Anadolu Üniversitesi

Sosyal Bilimler Enstitüsü

Haziran 2022

Bu tez çalışması BAP Komisyonunca kabul edilen 2104E016 no.lu proje kapsamında desteklenmiştir.

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Bora Azamet KORKMAZ'ın “Enerji Alanına Yönelik Kamu Ar-Ge Harcamaları ile CO2 Emisyonu İlişkisi: OECD Ülkeleri Örneği” başlıklı tezi 18/07/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek “Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği”nin ilgili maddeleri uyarınca, Maliye Anabilim dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

	<u>Unvanı Adı Soyadı</u>	<u>İmza</u>
Üye (Tez Danışmanı)	: Prof. Dr. Şebnem TOSUNOĞLU	
Üye	: Prof. Dr. M. Erkan ÜYÜMEZ	
Üye	: Doç. Dr. Ferdi ÇELİKAY	

Prof. Dr. Saime ÖNCE

Enstitü Müdürü

ÖZET

ENERJİ ALANINA YÖNELİK KAMU AR-GE HARCAMALARI İLE CO2 EMİSYONU İLİŞKİSİ: OECD ÜLKELERİ ÖRNEĞİ

Bora Azamet KORKMAZ

Maliye Anabilim Dalı

Maliye Tezli Yüksek Lisans Programı

Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Haziran 2022

Danışman: Prof. Dr. Şebnem TOSUNOĞLU

1970’li yıllardaki petrol krizi, sonrasında atmosferde artan hava kirliliği ve büyük çaplı nükleer kazalar gibi nedenlerle mevcut enerji politikalarının sürdürülebilirliği tartışılır hale gelmiştir. Dolayısıyla enerji sisteminde bir dönüşüme ve yenilenebilir enerji teknolojilerinin güçlendirilmesine ihtiyaç duyulmuştur. Enerji alanında müdahaleci konumunu devam ettiren devletler kontrol edici, düzenleyici ve yönlendirici birçok araç kullanmaktadır. Bu araçlardan biri Ar-Ge teşvikleridir. Ar-Ge teşvikleri; doğrudan Ar-Ge faaliyetlerinde bulunma, enerji alanında faaliyet gösteren firmalara kredi ve hibe aracılığıyla teşvik sağlama ya da vergisel teşviklerle dolaylı finansman sağlama şeklinde olabilmektedir. Bu çalışmada 2000-2020 yılları arasında OECD ülkelerinde enerji alanında yapılan kamu Ar-Ge harcamalarının çevreye etkisi ekonometrik bir model oluşturularak panel veri analizi yöntemiyle incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kamu enerji Ar-Ge harcamalarıyla emisyonlar arasında uzun dönemli negatif bir ilişki tespit edilmiştir. Sonuç olarak, enerji alanında Ar-Ge harcamalarının artmasıyla inovatif faaliyetler, süreçler ve ürünler yaygınlaşmakta, bunun sonucunda ise enerji verimliliği artarken kaynak tüketimi azalmaktadır. Daha az kaynak tüketilerek aynı çıktı elde edilmesi ise enerji tüketimi kaynaklı emisyonları azaltmaktadır. Ayrıca, Ar-Ge harcamaları yenilenebilir enerji gibi alternatif enerji kaynaklarının gelişmesinde ve yaygınlaşmasında kilit bir rol oynamaktadır.

Anahtar Sözcükler: Kamu enerji politikaları, kamu Ar-Ge harcamaları, CO2 emisyonu, çevre güvenliği, panel veri analizi

ABSTRACT

THE RELATIONSHIP BETWEEN PUBLIC R&D EXPENDITURES IN THE FIELD OF ENERGY AND CO2 EMISSIONS: THE CASE OF OECD COUNTRIES

Bora Azamet KORKMAZ

Department of Public Finance

Programme in Public Finance

Anadolu University, Graduate School of Social Sciences, June 2022

Supervisor: Prof. Dr. Şebnem TOSUNOĞLU

Sustainability of energy policies was called into question due to problems such as the oil crisis in the 1970s, increased air pollution in the atmosphere, and large-scale nuclear accidents. Owing to the fact that, it is required a transformation in the energy system and the strengthening of renewable energy technologies. The states, which maintain their interventionist position in the field of energy, use many controlling, regulating, and directive tools. One of this tools is R&D incentives. R&D incentives can be in the form of direct R&D activities, providing incentives to companies operating in the energy field through loans and grants, or providing indirect financing with tax incentives. In this study, the environmental impact of public R&D expenditures in the field of energy in OECD countries between 2000 and 2020 was examined by panel data analysis method by creating an econometric model. According to the results obtained in the analysis, a long-term negative relationship was determined between public energy R&D expenditures and emissions. As a result of increased R&D expenditures in the field of energy, innovative activities, processes, and products become widespread, and so, energy efficiency increases and resource consumption decreases. Achieving the same output by consuming fewer resources reduces emissions due to energy consumption. In addition, R&D expenditures play a key role in the development and expansion of alternative energy sources such as renewable energy.

Keywords: Public energy policies, public R&D expenditures, CO2 emissions, environmental security, panel data analysis

ÖNSÖZ

Tezi yazdığım süreçte ilk günden son güne kadar bana destek olan, bilgisi, fikirleri ve öneriyle tezin tamamlanmasında büyük emeği bulunan danışman hocam Prof. Dr. Şebnem TOSUNOĞLU'na katkıları için sonsuz teşekkür ederim. Tez çalışmamda katkısı bulunan değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Zeynep KARAL ÖNDER'e teşekkürlerimi sunarım. Eğitim hayatıma katkıda bulunarak beni bugünlere getiren tüm hocalarıma teşekkür ederim. Son olarak, hiçbir zaman desteğini esirgemeyen ve her koşulda yanımda olan aileme teşekkürü borç bilirim.

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Anadolu Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Bora Azamet KORKMAZ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
ÖNSÖZ	v
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
GİRİŞ	1
BİRİNCİ BÖLÜM	4
1. ENERJİ ALANI KAMU AR-GE POLİTİKALARI	4
1.1. Kamu Enerji Politikaları	4
1.2. Enerjinin Önemi ve Enerji Kaynakları.....	6
1.2.1. Enerji kavramı.....	6
1.2.2. Enerji kaynakları	7
1.2.3. Enerjinin önemi	11
1.3. Kamu Enerji Politikalarına Yön Veren Faktörler.....	14
1.3.1. Enerji güvenliği.....	17
1.3.1.1. Enerji arz güvenliği	19
1.3.1.2. Enerji talep güvenliği	22
1.3.1.3. Enerji nakli güvenliği	23
1.3.2. Çevre güvenliği	24
1.3.3. Enerji verimliliği.....	28
1.3.4. Enerji fiyatları	30

1.3.5. Dış politika	31
1.3.6. Uluslararası kuruluşlar.....	33
1.4. Kamunun Enerji Alanına Müdahalede Kullandığı Araçlar	35
1.4.1. Düzenleyici politikalar	36
1.4.1.1. Sabit fiyat garantisi.....	37
1.4.1.2. Prim garantisi.....	38
1.4.1.3. Kota bazlı mekanizmalar	39
1.4.1.4. İhale yöntemleri	41
1.4.1.5. Net ölçüm.....	42
1.4.1.6. Emisyon ticaret sistemleri	43
1.4.1.7. Regülasyonlar.....	45
1.4.2. Mali teşvikler	46
1.4.2.1. Yatırım/üretim teşvikleri	47
1.4.2.2. Ar-Ge teşvikleri.....	48
1.4.2.3. Atık yönetimi teşvikleri	49
1.4.2.4. Enerji vergileri	50
1.4.2.5. Diğer mali teşvikler.....	52
1.4.3. Özelleştirmeler	52
İKİNCİ BÖLÜM.....	54
2. ENERJİ ALANINDA KAMU AR-GE POLİTİKALARI VE ÖNEMİ.....	54
2.1. Enerji Alanında Kamu Ar-Ge Politikaları	54
2.2. Enerji Alanında Kamu Ar-Ge Politikalarının Önemi ve Gerekçeleri	56
2.2.1. Piyasa başarısızlıkları	59
2.2.1.1. Bilginin kamusalılığı.....	59
2.2.1.2. Dışsallıklar.....	60
2.2.1.3. Belirsizlikler ve riskler	62

2.2.2. Çevresel dışsallıklar	63
2.2.3. Enerji güvenliği.....	65
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM.....	67
3. OECD ÜLKELERİNDE ENERJİ GÖRÜNÜMÜ VE ENERJİ ALANINDA KAMU AR-GE HARCAMALARI.....	67
3.1. OECD Ülkelerinde Enerji Görünümü	67
3.2. OECD Ülkelerinde Enerji Alanında Kamu Ar-Ge Harcamaları ...	85
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM.....	100
4. ENERJİ ALANINDA YAPILAN KAMU AR-GE HARCAMALARININ ÇEVREYE ETKİSİ	100
4.1. Literatür Taraması	100
4.2. Ekonometrik Analiz	108
4.2.1. Metodoloji	108
4.2.1.1. Genişletilmiş ortalama grup tahmincisi (Augmented mean group estimator – AMG).....	110
4.2.1.2. Yatay kesit bağımlılığı testi.....	111
4.2.1.3. Homojenite testi	112
4.2.1.4. Birim kök testi.....	114
4.2.1.5. Eşbütünleşme testi	114
4.3. Model ve Veri Seti	115
4.4. Bulgular.....	120
4.4.1. Yatay kesit bağımlılığı ve homojenite testi sonuçları.....	120
4.4.2. Birim kök testi sonuçları.....	121
4.4.3. Eşbütünleşme testi sonuçları	122
4.4.4. AMG tahmin sonuçları	123
SONUÇ	125
KAYNAKÇA.....	133

ÖZGEÇMİŞ

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 3.1 Dünya Enerji Tüketiminin Kıtalarla Göre Dağılımı (EJ), 2020	68
Tablo 3.2 OECD Ülkelerinin Enerji Tüketimleri (Mtoe), 2018.....	69
Tablo 3.3 Çeşitli Ülke Gruplarının Toplam Enerji Arzları (Mtoe), 2019	70
Tablo 3.4 OECD Ülkelerinde Toplam Birincil Enerji Tüketim Miktarları (EJ).....	70
Tablo 3.5 Enerji Kaynağına Göre Dünya Enerji Tüketiminde OECD'nin Payı (%)	71
Tablo 3.6 Dünyada ve OECD Ülke Gruplarında Birincil Enerji Arzları (ktoe), 2018 ..	71
Tablo 3.7 OECD Ülkelerinde Birincil Enerji Arzları (ktoe), 2019	72
Tablo 3.8 OECD Ülkelerinde Enerji Kaynaklarının Toplam Arz İçindeki Payı (%)	78
Tablo 3.9 OECD Ülkeleri Net Enerji İthalatı Miktarları (mtoe) ve İthalata Bağımlılıkları (%)	81
Tablo 3.10 IEA Üyesi Ülkelerde Kamu Enerji Ar-Ge Bütçeleri ve GSYH İçindeki Payları, 2019	89
Tablo 3.11 Türkiye’de Enerji Alanına Yapılan Kamu Ar-Ge Harcamalarının Dağılımı (Milyon Dolar), 2018	95
Tablo 4.1 Literatür Taraması Özet Tablo.....	104
Tablo 4.2 Veri Seti ve Değişkenler	117
Tablo 4.3 Tanımlayıcı İstatistikler	118
Tablo 4.4 (Pesaran,2004) ve (Pesaran, 2015) yatay kesit bağımlılığı test sonuçları ...	120
Tablo 4.5 (Pesaran & Yagamata, 2008) ve (Blomquist & Westerlund, 2013) eğitim katsayısı homojenite testi sonuçları	121
Tablo 4.6 (Pesaran, 2007) birim kök testi sonuçları	122
Tablo 4.7 (Westerlund, 2008) eşbütünleşme testi sonuçları	122
Tablo 4.8 AMG Tahmin Sonuçları	123

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Enerji Kaynağına Göre Enerji Tüketim Payları, 2019	9
Şekil 3.1. Dünya’da Birincil Enerji Tüketimi Dağılımı	68
Şekil 3.2 IEA Üyesi Ülkelerde Enerji Alanında Toplam Kamu Ar-Ge Harcamaları 1974-2020 (Milyon Dolar).....	86
Şekil 3.3 IEA Üyesi Ülkelerde Enerji Ar-Ge Bütçelerinin Yıllara Göre Değişimi.....	87
Şekil 3.4 IEA Üyesi Ülkelerde Enerji Alanında Kamu Ar-Ge Harcamalarının Dağılımı (%), 2019	88
Şekil 3.5 IEA Üyesi Ülkelerde Enerji Alanında Kamu Ar-Ge Harcamalarının Dağılımı	89
Şekil 3.6 IEA Ülkelerinde Kamu Enerji Ar-Ge Harcamalarının Dağılımı.....	91
Şekil 4.1 Ar-Ge Harcamaları ve CO2 Emisyonu Miktarlarındaki Değişim.....	119

KISALTMALAR DİZİNİ

3SLS	: Üç Aşamalı En Küçük Kareler
AB	: Avrupa Birliği
AB ETS	: Avrupa Birliği Emisyon Ticaret Sistemi
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AMG	: Ortalama Grup Tahmincisi
Ar-Ge	: Araştırma ve Geliştirme
BM	: Birleşmiş Milletler
CEM	: Temiz Enerji Bakanlığı
CO2	: Karbondioksit
CSD	: Yatay kesit bağımlılığı
DEA	: Veri Zarflama Analizi
DOLS	: Dinamik En Küçük Kareler
EKC	: Çevresel Kuznets Eğrisi
Enerji21	: Yeni İklim Dostu Enerji Teknolojisi Kapsamında Araştırma ve İnovasyon için Ulusal Strateji
ETC	: Enerji Dönüşümü Komisyonu
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
EÜAŞ	: Elektrik Üretim Anonim Şirketi
FE	: Sabit Etkiler
FMOLS	: Geliştirilmiş En Küçük Kareler Yöntemi
GECEF	: Gaz İhraç Eden Ülkeler Forumu
GLS	: Genelleştirilmiş En Küçük Kareler
GMM	: Genelleştirilmiş Momentler Metodu
GSYH	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
IAEA	: Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
IMF	: Uluslararası Para Fonu
KDV	: Katma Değer Vergisi
LNG	: Sıvılaştırılmış doğal gaz
NATO	: Kuzey Atlantik Antlaşması Örgütü
NCRE	: Modern yenilenebilir enerji kaynakları

OECD	: Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
OG21	: 21. yy için Petrol ve Gaz
OLS	: En Küçük Kareler
OPEC	: Petrol İhraç Eden Ülkeler Teşkilatı
OSCE	: Avrupa Güvenlik ve İş Birliği Teşkilatı
ÖTV	: Özel Tüketim Vergisi
POLS	: Havuzlanmış En Küçük Kareler Yöntemi
PV	: Fotovoltaik
SO ₂	: Kükürt dioksit
SSCB	: Sovyet Sosyalist Cumhuriyeti Birliği
STB	: Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
TANAP	: Trans Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı
TİP	: Teknoloji İş Birliği Programı
TKİ	: Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu
TPAO	: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
TRIEN	: Biyokütle ve Kömür Karışımlarından Sıvı Yakıt Üretimi
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
WEC	: Dünya Enerji Konseyi
WWF	: Doğal Hayatı Koruma Vakfı
YEKA	: Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları
YEKDEM	: Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını Destekleme Mekanizması
YPS	: Yenilenebilir Portföy Standartları

GİRİŞ

Ekonomi ve politikanın temel taşlarından biri haline gelen enerji uzun zamandır stratejik bir kaynak olarak görülmektedir. Sanayinin makineleşmesiyle üretimin kas gücünden buhar gücüne ve sonrasında ise ağırlıklı olarak elektrikle çalışan makinelerin gücüne dayalı olması enerji ihtiyacını giderek arttırmıştır. Günümüzde enerji ekonomik büyüme için hayati bir girdi niteliği kazanmıştır. Çünkü, ekonominin büyümesi için sermaye birikimi ve sanayileşmenin büyümesi gerekmektedir. Sanayileşme ve sermaye birikiminin temel girdisi ise enerjidir. Dolayısıyla enerji kaynaklarına erişemeyen ülkelerin büyümesi de mümkün değildir (Çepik, 2015, s. 49). Enerji ile ekonomi arasında karşılıklı bir etkileşim söz konusudur. Ülkelerin sahip olduğu enerji kaynakları ya da kaynaklara ulaşabilme gücü gelişmişlik seviyeleri hakkında ipucu vermektedir.

Sahip olduğu önem nedeniyle enerji politikaları ülkelerin hem büyüme ve kalkınma hem de çevre politikalarıyla ilişkilidir. Ayrıca dış politika ile paralel hareket etmekte ve siyasi ve ekonomik gelişmelerden etkilenmektedir. Günümüzde enerji politikaları ekonomi politikasından, güvenlik politikasından, dış politikadan ve çevre politikasından bağımsız düşünülememektedir.

Devletlerin enerji politikaları tarihsel açıdan incelendiğinde çağın ihtiyaçlarına göre sürekli bir dönüşüm içerisinde olduğu görülmektedir. Liberalleşme, petrol krizi, savaşlar, küresel ısınma vb. küresel çaptaki gelişmelerin ilk etkilediği alanlardan biri enerji politikaları olmuştur. II. Dünya Savaşı sonrasında ülkelerin temel enerji politikaları ulusal enerji kaynaklarını arttırmaya odaklanmıştır. 1970’li yıllarda ortaya çıkan petrol krizi nedeniyle yükselen petrol fiyatları enerjide ithalata bağımlılık ve enerji arzı güvenliği sorunlarını gündeme getirmiştir. Nitekim II. Dünya Savaşı'nın sonundan 1980'lerin ortalarına kadar, temel kaygılar ekonomik türden veya ulusal bağımsızlıkla ilgiliyken, daha sonra ekolojik kaygılar ağırlık kazanmıştır (Prontera, 2009, s. 3-8). İzlenen bilinçsiz büyüme politikaları sonucunda 21. yüzyılda dünyada iklim değişikliği ve küresel ısınma en önemli insanlık sorunları haline gelmiştir. Her dönemde enerji politikasını şekillendiren faktör genellikle ortaya çıkan sorunlar ve krizler olmuştur. Bu sorunlar incelendiğinde ortak noktalarının birçok ülkenin enerji sisteminin fosil yakıt tüketimine bağımlılığı olduğu görülmektedir.

Enerji kaynağı olarak fosil yakıtların bir ülke tarafından yüksek kullanımı, ekonomik sistem için bir maliyet olarak; ekonomik maliyetinden ayrı olarak bağımsızlık

ve ulusal güvenlik için siyasi bir risk olarak; bu enerji kaynağının tüketilmesinden kaynaklanan kirliliğe bağlı bir çevre sorunu olarak değerlendirilebilmektedir. Fosil yakıtların tüketimi, sera gazı salınımlarının artmasının nedenleri arasında ilk sırada gösterilmektedir. Dolayısıyla hava kirliliğinin en önemli göstergesi olarak kabul edilen karbondioksit salınımını azaltmak için fosil yakıt tüketimini azaltmak, bir diğer deyişle insanlığın yıllardır süren enerji alışkanlıklarını değiştirmek gerekmektedir. Dolayısıyla toplumların varlıklarının devam ettirebilmek için ihtiyaçları olan enerji tüketimi konusunda alternatif kaynaklara yönelmesinin gerekliliği ortadadır ve bu doğrultuda küresel çapta politika değişikliklerine gereksinim duyulmuştur.

Dünya enerji sistemi uzun yıllardır ağırlıklı olarak fosil yakıtlara kısmen de nükleer enerjiye ve hidroelektrik enerjiye dayanmaktadır. Ancak 1970’li yıllardaki petrol krizi, sonrasında atmosferde artan hava kirliliği ve büyük çaplı nükleer kazalar gibi nedenler mevcut enerji politikalarının sürdürülebilirliğini tartışılır hale getirmiştir. Bu nedenlerle enerji sisteminde bir dönüşüme ve yenilenebilir enerji teknolojilerinin güçlendirilmesine ihtiyaç duyulmuştur. Bu dönüşümün gerçekleştirilmesinde en kilit araç inovasyondur. Enerji alanında gerçekleşen inovasyonları gösteren en önemli göstergelerden biri bu alanda yapılan Ar-Ge faaliyetlerdir (Bointner, 2014, s. 733-734).

Mevcut alışkanlıklar sonucunda ortaya çıkan olumsuzlukları gidermek amacıyla devletler yeni arayışlara başlamış ve enerji teknolojisi alanında gelişime odaklanmışlardır. Günümüzde enerji alanında izlenen politikalara yön veren lider kuruluşlardan olan Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) petrol krizinin ortaya çıktığı dönemde (1973) kurulmuştur. Bu kapsamda ülkeler teknolojik gelişmelerin de etkisiyle Ar-Ge politikalarına ağırlık vererek alternatif enerji kaynakları bulma ve enerji teknolojilerini geliştirmeye yönelmişlerdir (Demirtaş, 2013, s. 120-122).

Geçmişte enerji inovasyonunda daha çok fosil ya da nükleer enerjiye odaklanan devletler, enerji politikalarının değişmesiyle günümüzde Ar-Ge politikalarını ağırlıklı olarak yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneltmişlerdir. Özel sektör, Ar-Ge yatırımlarının riskli olması, sonuç alabilmenin uzun vadede mümkün olması ve büyük sermaye gerektirmesi gibi nedenlerle Ar-Ge’ye yatırım yapmaktan kaçınmaktadır. Dolayısıyla devletlere Ar-Ge yatırımları yapma ve/veya özel sektörün Ar-Ge yatırımlarını teşvik edecek mekanizmalar oluşturma yükümlülüğü doğmaktadır.

Devletlerin bu amaçlara yönelik olarak yaptıkları harcamalara Ar-Ge harcamaları denilmektedir.

Temel olarak OECD ülkelerinde enerji alanında yapılan kamu Ar-Ge harcamalarının çevreye etkisini inceleyen bu çalışma beş bölümden oluşmaktadır.

Çalışmanın birinci bölümünde, enerjinin insanlık için önemi vurgulanarak kamu enerji politikalarına yön veren faktörler ve kamunun enerji politikasında kullandığı araçlar üzerinde durulmuştur.

İkinci bölümünde, enerji alanında kamu Ar-Ge politikaları incelenmiş ve bu politikaların önemi ve gerekçelerine yer verilmiş, devletin neden bu alanda yer alması gerektiği irdelenmiştir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde, OECD ülkelerindeki genel durumu yansıtabilmek amacıyla önce enerji görünümüne yer verilmiş ve sonrasında kamunun enerji alanında izlediği Ar-Ge politikaları detaylı olarak incelenmiştir.

Çalışmanın ekonometrik analiz kısmını oluşturan dördüncü bölümünde, ilk olarak panel veri analizi hakkında genel bilgilere yer verilmiş, sonrasında ise çalışmada kullanılan yöntem ve testler hakkında bilgilendirme yapılmış ve ekonometrik bir model oluşturulmuştur. Çalışmada 2000-2020 yılları arasında 23 OECD ülkesinde enerji alanında yapılan kamu Ar-Ge harcamalarının CO2 emisyonları üzerindeki etkisi panel veri analizi yöntemiyle incelenmiştir. Oluşturulan ekonometrik model AMG tahmincisi kullanılarak tahmin edilmiş ve elde edilen sonuçlar bu bölümde paylaşılmıştır.

Sonuç bölümünde ise sonuçlar üzerinden genel bir değerlendirme yapılarak enerji alanında Ar-Ge'nin etklilerine ve politika önerilerine yer verilmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. ENERJİ ALANI KAMU AR-GE POLİTİKALARI

Bu bölümde enerjinin önemine değinilecek, kamu enerji politikaları ve bu politikalara yön veren faktörler ile enerji alanına müdahalede kamu tarafından kullanılan araçlardan bahsedilecektir.

1.1.Kamu Enerji Politikaları

Devlet, toplum içindeki çatışmaları önler, toplumu örgütler, toplum üyelerine mal ve hizmet sunar, toplumdan vergi alır, toplumda davranışları düzenler, bürokrasiyi inşa eder (Dye, 2011, s. 2). Savunma, eğitim, refah, dış politika, çevre ve vergileme gibi birçok alanda politika üretirler ve uygularlar. Bir devlet, sosyal bir sorunu çözmek için karar aldığında bunun planlanması ve uygulaması için eylem şekli seçip bir strateji benimsediğinde buna kamu politikası adı verilir (Anderson, 1975). Daha geniş ve basit bir ifadeyle kamu politikası, devletlerin yapmayı ya da yapmamayı seçtiği her şeydir (Dye, 2011). Tanımdan da anlaşılacağı üzere devletlerin herhangi bir soruna karşı hareketsiz kalması da kamu politikasıdır. Kamu politikası oluşturma, hükümetlerin tek taraflı ve teknik bir işlevi olmaktan ziyade; sosyo-politik ve çevresel güçlerden etkilenen karmaşık ve etkileşimli bir süreçtir. Bu politik etkileşimler kararların alındığı, stratejilerin belirlendiği, programların formüle edildiği, kuruluşlararası bağımlılıkların gerçekleştiği bir ağ içerisinde bulunmaktadır (Osman, 2002). Politik kararlar akıcıdır ve sürekli değişir, en üstte tek bir organizasyon düzeyiyle sınırlı değildir. Dolayısıyla politika bir süreç olarak tanımlanmalıdır. Kamu politikaları bir süreç sonucunda ortaya çıkar. Kamu politikaları ülkelerin gelişmişlik seviyelerine, yönetim rejimlerine, toplumsal yapıya, siyasal kültüre ve ideolojiye göre farklılık gösterebilir (Çevik, 1998). Kamu politikası oluşturulurken sadece kamu kurumları ve kamu görevlileri değil, özel ya da resmi olmayan kuruluş ve gruplar da aktif rol alırlar. Bahsedilen kamu – özel etkileşimi politik sistemi oluşturur.

Geniş tanımda da belirtildiği gibi, devletin yaptığı ya da yapmadığı her şey kamu politikasını oluşturmaktadır dolayısıyla kamu politikaları her zaman kamu harcamalarına yansımamaktadır. Hatta bazı durumlarda devlet bir faaliyette bulunsa bile bunun kamu harcamalarına yansımadağı görülmektedir. Örneğin; bireylere ve işletmelere önemli maliyetler getiren çevresel düzenlemeler devlet bütçelerinde yer almamaktadır. Buna

rağmen kamu harcamaları, kamu politikalarının önemli bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Dye, 2011).

Bir alanda yapılan kamu harcaması farklı bir alana da pozitif ya da negatif dışsallık yayabilmektedir. Örneğin; devletin yaptığı sağlık harcamaları topluma birçok yönden pozitif dışsallıklar sağlamaktadır. Bu nedenle devletler, politika belirlerken ve harcama yaparken birçok kriteri göz önünde bulundurmak ve çok yönlü düşünmek zorundadır. Bu çalışmada, devletlerin enerji alanında izledikleri politikaların çevre üzerinde herhangi bir dışsallık yayıp yaymadığı incelenecektir.

Genel olarak kamu enerji politikası tanımı; kömür, elektrik, petrol, doğal gaz, nükleer enerji ve yenilenebilir enerji sektörlerine devlet müdahalelerini, arz güvenliğini ve tüketimde enerji verimliliğini arttırmayı amaçlayan faaliyetleri içermektedir. Enerji politikası maddi (petrol, doğal gaz gibi doğal kaynakların bir yerde bulunup bulunmaması gibi) ve teknolojik faktörlerin politik-kurumsal faktörlerle etkileşiminden oluşmaktadır. Bu bağlamda enerji politikaları karşımıza resmi ve resmi olmayan enerji politikaları şeklinde çıkmaktadır. Resmi enerji politikaları, hükümetler tarafından açıkça mevcut ya da gelecekteki enerji dengesini yönetmek için stratejik bir şekilde hazırlanmış politiklardır. Resmi olmayan enerji politikaları ise hükümetlerin tamamen farklı nedenlerle uyguladığı, ancak enerji sektörlerini, sektörde faaliyet gösteren firmaları ve enerji dengesini bilerek ya da bilmeyerek etkileyen tüm politikaları içermektedir (Prontera, 2009).

Kamu enerji politikaları iç ve dış politika olmak üzere iki türdür. İç enerji politikası daha çok piyasayla ilgili konulara odaklanırken, dış enerji politikası ise enerji güvenliğine odaklanmaktadır. İç ve dış enerji politikaları oluşturulmaları, aktörleri, araçları ve süreçleri açısından birbirinden farklıdır. Temel hedefi arz güvenliği olan ve bir ülkenin ekonomik ve sosyal açıdan kalkınmasını desteklemek için yeterli bir enerji kaynağı akışı sağlamayı hedefleyen tüm kararlar dış enerji politikasını oluştururken; ulusal topraklarda üretim, nakliye, dağıtım, satış ve enerji tasarrufu gibi enerji kullanımı hedefine sahip tüm kararlar ise iç enerji politikasını oluşturmaktadır (Prontera, 2009).

II. Dünya Savaşı'ndan sonraki süreçte kamu enerji politikaları tek bir boyuta odaklanarak ulusal enerji kaynaklarını arttırmaya yönelik olmuş, 1970'lerdeki petrol krizinden sonra artış gösteren derin arz güvenliği endişeleriyle birlikte farklı boyutlar

kazanmıştır. İlk başlarda, politika oluşturma sürecinde enerji arzı ve talebinin gelecekteki durumuna ilişkin tahminler, hedeflerin belirlenmesi ve kamu müdahale mekanizmalarının tanıtılması önemli bir role sahip olmuştur. Sonrasında kamu enerji politikaları, yeni teknolojilerin geliştirilmesi, ödemeler dengesinin kontrolü, enflasyonun kontrolü ve sosyal hedeflerin sürdürülmesi gibi makroekonomik amaçlara ulaşmak için de kullanılmıştır. Dolayısıyla devletin enerji endüstrileri ve piyasalarında güçlü varlığı söz konusu olmuştur. 1980'lerden sonra ise petrol fiyatlarının düşmesi, arz-talep dengesinde olumlu gelişmeler, sanayileşmiş ülkelerde hizmet sektörünün gelişmesi, enerji ihraç eden ülkelerde daha elverişli jeopolitik koşullar oluşması ve yeni bilgi teknolojilerinin ortaya çıkması gibi politik, ekonomik ve teknolojik değişimler yaşanmasıyla birlikte arz güvenliği endişeleri azalmış, rekabetin teşvik edilmesi ve çevrenin korunması gibi yeni endişeler ortaya çıkmıştır. Enerji sektöründeki değişiklikler politika araçlarını etkilemiştir. Bu nedenle, son yıllarda çevre sorunlarına ve serbestleştirmeler yoluyla rekabetin desteklenmesine yönelik araçlara artan bir ilgi gösterilmektedir (Prontera, 2009).

1.2.Enerjinin Önemi ve Enerji Kaynakları

Bu bölümde enerji kavramı, enerji kaynakları, enerjinin önemi ve kamu enerji politikalarının yakın tarihsel gelişimi ele alınacaktır. Enerji kavramının temel hatlarıyla ele alınmasının kamu enerji politikalarını etkileyen faktörlerin anlaşılmasına fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

1.2.1. Enerji kavramı

Bilim insanları enerjiyi “iş yapabilme yeteneği” olarak tanımlamaktadır. Modern uygarlıklar, insanların enerjiyi bir formdan diğerine nasıl çevireceklerini ve çalışmak için nasıl kullanacaklarını öğrenmeleri sayesinde ortaya çıkabilmiştir. Enerjinin ısı, ışık, hareket, elektriksel, kimyasal ve yerçekimsel vb. olmak üzere birçok farklı türü vardır. Yeryüzünde var olan tüm enerji türleri iş yapma şekline göre kinetik ve potansiyel enerji olmak üzere iki temel biçimde bulunurlar. İnsanlar enerjiyi aydınlatma, ulaşım, keşif vb. birçok amaç için kullanmakta ve ihtiyaç duymaktadır (U.S. Energy Information Administration, 2021). Enerji, modern yaşamın hemen her alanında bulunmakta ve insanlığın bugün ulaştığı teknolojik ilerlemelerin temelini oluşturmaktadır. Enerji kaynaklarının keşfi ve kullanılması dünyada eski çağların sona erip, yeni çağların başlamasına neden olmuş ve olmaktadır.

İnsanoğlunun enerjiyi keşfetmesi; kendi iş yapabilme yeteneğini keşfetmesi ile başlamış, daha sonra ateşin keşfi ile beslenmede, manyetizmanın keşfi ile pusulada, rüzgarın itici gücünün keşfi ile yelkenlide, kömürün keşfi ile ısınmada ve elektriğin keşfi ile aydınlatmada kullanılmaya devam etmiştir. Enerji kavramının tarihsel sürecinde kritik bir eşik olan elektrik, 19. yüzyılda aydınlatma amacıyla kullanılmaya başlandıktan sonraki yüzyıldan günümüze kadar geçen süreçte ise üretimin kilit bir unsuruna dönüşmüştür. Dolayısıyla enerji kavramı, felsefe ve fizik bilimleriyle ifade edilmenin sınırlarını aşarak ekonomi ve politikanın temel taşlarından biri haline gelmiştir (Dağ, 2017).

1.2.2. Enerji kaynakları

Enerji kaynakları; ısıtma, elektrik enerjisi üretimi ve diğer enerji dönüştürme süreçleri için kullanılan tüm yakıt türleridir. Enerji kaynakları geleneksel olarak birincil ve ikincil enerji kaynakları olmak üzere iki ayrılır (Rashid, 2016). Birincil enerji kaynakları; petrol, doğal gaz, kömür, linyit, nükleer enerji yakıtları, hidrolik, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji, dalga gücü ve odun gibi doğa kendiliğinden var olan kaynaklardır. Birincil enerji kaynaklarının fiziksel dönüşüm geçirmesiyle ikincil enerji kaynakları elde edilmektedir. Ham petrolden petrol ürünleri, petrolden elektrik enerjisi, kömürden kok kömürü, odundan odun kömürü elde edilmektedir. Ayrıca kok kömürü, kömür gazı, biyogaz ve sıvılaştırılmış doğalgaz da elektrik enerjisi üretiminde kullanılmaktadır.

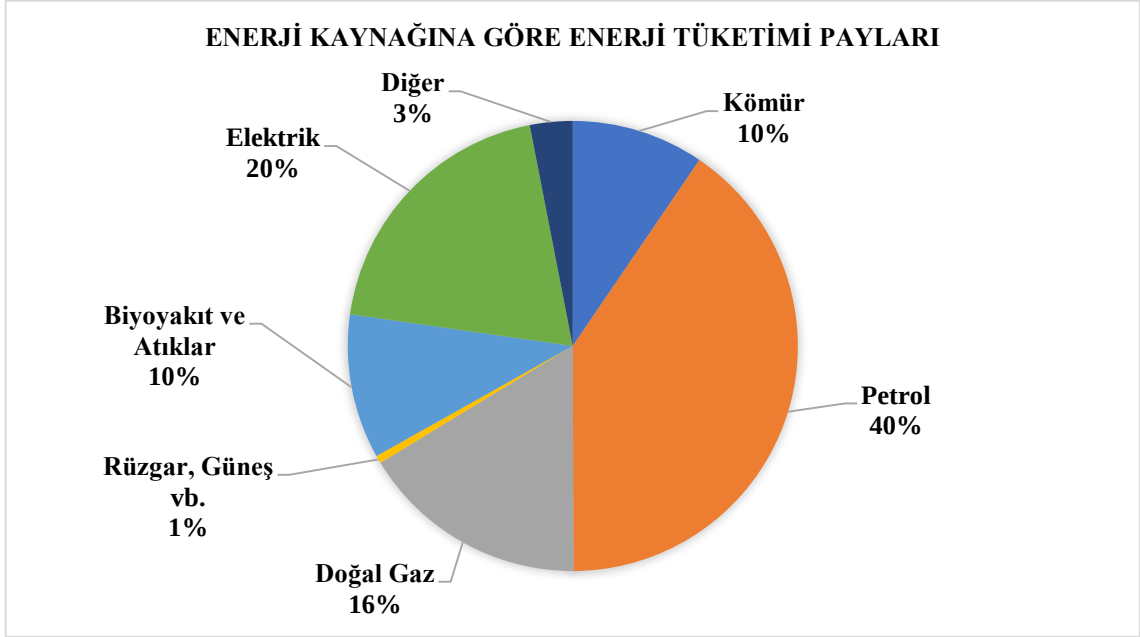
Bir diğer ayırım ise tekrar kullanılabilirlik özelliklerine göre yenilenemeyen ve yenilenebilir enerji kaynakları şeklinde yapılmaktadır. Enerji kaynaklarını literatürdeki kullanımları ışığında genel olarak fosil, nükleer ve yenilenebilir kaynaklar olarak incelemek de mümkündür. Fosil enerji kaynakları, gezegenin köklü tarihi boyunca ortaya çıkmış ölü bitki ve hayvan birikintilerinden elde edilir. Bu kaynaklar miktar bakımından fazla olmasına rağmen sınırlıdır ve yenilenebilir değildir (Rashid, 2016). Yani kullanıldıktan sonra tükenmekte ve yerlerine yenisi konulamamaktadır. Büyük çoğunluğu kömür, petrol ve doğalgazdan oluşan fosil kaynaklar, insanlığın enerji talebinin büyük bir kısmını karşılamaktadır. Fosil kaynakların oluşması milyonlarca yıl almaktadır ancak tüketimleri oldukça hızlıdır. Bu nedenle tükenme riski barındırmaktadır. Ayrıca fosil kaynakların tüketiminin insanlığa çevre kirliliği gibi birtakım ciddi sosyal maliyetleri bulunmaktadır (Dağ, 2017). Yenilenebilir enerji kaynakları, gezegenimizde doğal olarak

yenilenen enerji biçimleridir. Geleneksel yenilenebilir kaynakların örnekleri hidroelektrik ve biyokütledir. Modern yenilenebilir kaynaklar arasında ise rüzgar, dalga-akıntı, gelgit, güneş (termik ve fotovoltaik) ve jeotermal bulunmaktadır. Katı biyoatıklar, biyogazlar, likit biyoyakıtlar gibi biyokütleden (bitkiler ve hayvanlar) üretilen bazı yakıt türleri ile yenilenebilir kentsel atıklar da bu kategoriye girmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları, yüksek tesis kurulum maliyetlerine rağmen fosil kaynaklara göre sağladığı çevresel avantajlar nedeniyle tercih edilmektedir. Nükleer enerji kaynakları ise, dünyanın kabuğundaki belirli radyoaktif elementlerin birikintileri olarak ifade edilebilir. Atom çekirdeklerinden fisyon¹ ve füzyon² tepkimeleri sonucunda elde edilen enerjidir. Bu kaynaklar nükleer fisyon temelli enerji santralleri için yakıt olarak kullanılır. Bu radyoaktif elementlerin miktarı gezegenimizde sınırlıdır ve yenilenemezdir (Rashid, 2016, s. 1-20). Nükleer enerji bazı kesimlerce enerjinin erişilebilen en temiz ve en güvenli biçimi olarak kabul edilmektedir. Bu durum nükleer enerji kullanılarak elektrik enerjisi elde edilmesi sürecinde hava ve su kirliliği ortaya çıkmamasından kaynaklanmaktadır. Nükleer enerji ile elektrik üretildiğinde dünyadaki petrol, gaz ve kömür arzı da azalmamış olur. Ancak bu enerji kaynağının kullanılmasıyla ortaya radyoaktif atıklar çıkar. Yok olması yüzlerce yıl süren bu radyoaktif atıkların gömülmesinde bazı sorunlar yaşanmıştır. Nükleer santrallerde özel olarak hazırlanan depolama alanlarında bulunan atıklar, depolama kapasitesi dolduğunda başka bir yere taşınmak zorundadır ve radyoaktif atıkların taşınma işlemi oldukça riskli ve tehlikelidir. Ayrıca geçmişte yaşanan nükleer kazaların yol açtığı nükleer felaketlerden kaynaklı olarak dünyada büyük bir nükleer karşıtlığı söz konusudur. Dolayısıyla önemli avantajlarına ve kullanılması için gerekli teknolojiye sahip olunmasına rağmen nükleer kaynaklar, politik nedenlerle çok kısıtlı bir şekilde kullanılmaktadır (Dye, 2011).

¹Fisyon, kütle numarası çok büyük bir atom çekirdeğinin parçalanarak kütle numarası küçük iki çekirdeğe dönüşmesi olayıdır.

²Füzyon, iki hafif elementin nükleer reaksiyonlar sonucu birleşerek daha ağır bir element oluşturmasıdır.

Şekil 1.1. *Enerji Kaynağına Göre Enerji Tüketim Payları, 2019 (IEA, 2020)*



Enerji kaynaklarının dünyadaki yaygınlığı açısından bakıldığında, tarihsel süreçte fosil kaynaklardan önce kömür daha sonra petrol en önemli enerji kaynakları niteliği kazanmış ve bu kaynakları elinde bulunduran ülkeler -İngiltere ve Amerika- dünyada söz sahibi olmuştur. Son yıllarda ise, geçmişte fosil kaynakların aşırı ve bilinçsiz kullanımları sonucunda birtakım çevresel sorunlar ortaya çıkmış ve varlığını sürdürebilmek için bu sorunları çözmek zorunda olan dünya, temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmeye başlamıştır (Dağ, 2017).

Şekil 1.1.'de görüldüğü üzere, günümüzde en çok tüketilen enerji kaynakları toplam enerji tüketiminin %66'sını oluşturan fosil yakıtlardır. Bu kaynaklar yakılarak ısınma, elektrik gibi ikincil enerji kaynaklarının üretiminde kullanılır. Fosil yakıtların yakılması sırasında atmosfere salınan sera gazları çevre kirliliğine neden olmaktadır. Fosil yakıtların tüketimi, sera gazı salınımlarının artmasının nedenleri arasında ilk sırada gösterilmektedir. Dolayısıyla hava kirliliğinin en önemli nedeni olarak kabul edilen sera gazı salınımlarını azaltmak için fosil yakıt tüketimini azaltmak, bir diğer deyişle insanlığın yıllardır süren enerji alışkanlıklarını değiştirmek gerekmektedir. İnsanlığın enerji alışkanlıklarını değiştirmesinin gerekliliği hususunda bir diğer önemli nokta ise fosil yakıtların gelecekte tükenme riskiyle karşı karşıya olmasıdır (Türkeş, 2002, s. 28).

Mevcut enerji kaynaklarının sınırlı olmasıyla beraber dünyada ekonomilerin hızla büyümesiyle giderek artan enerji ihtiyacı, ülkelerin yeni kaynaklar aramasını ve alternatif kaynaklara ulaşmasını zorunlu kılmaktadır. Bir yandan da toplumların sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşması doğal kaynakları koruma ve süreklilik sağlama yolu ile çevresel etkileri en aza indirerek mümkün olabilmektedir. Bu da temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımıyla sağlanabilecektir. Dünya nüfusunun neredeyse %80'i "güneş kuşağı" olarak da bilinen $\pm 40^\circ$ enlemlerinde yaşamaktadır. Dolayısıyla, fosil yakıtlarla kıyaslandığında, en temel yenilenebilir enerji kaynağı olan güneşe erişebilme açısından ülkelerin daha adil koşullar altında bulunduğu görülmektedir. Bu nedenle, yenilenebilir kaynakların kullanımının artmasının yalnızca çevrenin korunmasının ve sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleştirilmesi için değil, sürdürülebilir bir barış ortamının sağlanması için de ne kadar büyük bir önemde olduğu ortadadır (Türkeş, 2002, s. 28).

Günümüzde de enerji kaynakları arasında en trend olanı doğal gazdır. Çünkü doğal gazın diğer enerji kaynaklarına göre birtakım avantajları bulunmaktadır. Bunlardan birincisi, doğal gaz piyasa fiyatlarının diğer kaynaklarla kıyaslandığında daha makul olmasıdır. İkincisi, diğer enerji kaynaklarıyla kıyaslandığında fiyat dışında farklı rekabet avantajları da bulunmaktadır. Nükleer enerji konusundaki güvenlik endişeleri, kömürde iklim değişikliği başta olmak üzere çevresel kaygılar, yenilenebilir enerji kaynaklarının da hala yüksek olan maliyeti doğalgazı diğer kaynaklardan öne çıkarmıştır. Bu nedenle doğal gazın dünya enerji piyasalarındaki payı giderek artmaktadır (Birol, 2012).

Doğal gazın, fosil yakıtlar içerisinde en az karbondioksit salınımına neden olan enerji kaynağı olmasına rağmen, enerji kaynaklarının toplam tüketim miktarına bakıldığında, 2019'da dünya enerji talebinin %31'inin petrolle karşılandığı görülmektedir. Günlük yaklaşık 100 milyon varil petrol tüketilmiştir. Yine 2019 yılında fosil kaynaklar dışında kalan nükleer ve yenilenebilir enerji kaynakları küresel enerji talebinin %18,7'sini karşılamıştır. 2045 yılında ise petrolün oranının %27'ye düşmesi, nükleer ve yenilenebilir kaynakların %27,5'e çıkması öngörülmektedir. Yalnızca rüzgar, güneş, biyoyakıt ve jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının payının ise 2045 yılına kadar %6,6 artması ve 2045 yılında küresel enerji talebinin %8,7'sini karşılaması beklenmektedir. Ancak düşüşe rağmen, 2045 yılına kadar petrolün en çok tüketilen enerji kaynağı olmaya devam etmesi, 2045 yılında dünyada enerji ihtiyacının %27'sinin petrolden, %25'inin doğal gazdan ve %20'sinin kömürden sağlanması öngörülmektedir.

Fosil kaynaklardaki düşüşün aksine fosil olmayan nükleer ve yenilenebilir enerji kaynakları ise artış göstererek küresel enerji talebinin %18,7'sini karşılayacağı düşünülmektedir (OPEC, 2020).

Dünya petrol talebinde 2030'a kadar artışın devam etmesi ancak 2040 yılı başlarından itibaren düşmeye başlaması beklenmektedir. 2040 yılına kadar petrol talebinin yaklaşık 10 milyon varil artacağı ve tüketimi artacak tek fosil yakıt olacağı düşünülmektedir. Ancak son dönemde ortaya çıkan olumlu bir gösterge olarak, 2020 yılında pandeminin yol açtığı ekonomik durgunluk nedeniyle gelişmiş ülkelerin petrol talebinin %10 düşmesi, 2045'e kadar bu düşüşün %27'lere ulaşması ve bu ülkelerin taleplerinin bir daha pandemi öncesi seviyelere dönmemesi beklenmektedir. Gelişmemiş ve gelişmekte olan ülkelerin ise taleplerinin artması, OECD üyesi olmayan ülkelerin 2045 yılındaki petrol taleplerinin 2019 yılına kıyasla %43 daha fazla olması beklenmektedir (OPEC, 2020).

1.2.3. Enerjinin önemi

Sanayinin makineleşmesiyle üretimin kas gücünden buhar gücüne ve en son olarak elektrikle çalışan makinelerin gücüne dayalı olması enerji ihtiyacını giderek arttırmaktadır. Artık günümüzde enerji ekonomik büyüme için hayati bir girdi niteliği kazanmıştır. Enerji kullanılmadan üretim yapmak da üretilen mal ve hizmetleri tüketicilerle buluşturmak da mümkün olmamaktadır (Bayraç, Çelikay, & Çıldır, 2018). Enerjinin üretimin temel girdisi olduğu ve enerji olmadan üretim yapma olanağının imkansızla yakın olduğu gerçeği, enerjiyi büyüme ve kalkınmanın temel taşlarından biri konumuna getirmektedir. Çünkü, ekonominin büyümesi için sermaye birikimi ve sanayileşmenin büyümesi gerekmektedir. Sanayileşme ve sermaye birikiminin temel girdisi ise enerjidir. Dolayısıyla enerji kaynaklarına erişemeyen ülkelerin büyümesi de mümkün değildir (Çepik, 2015).

Yaşamın sürdürülebilmesi için en temel kaynaklardan biri olan enerji, hem ekonomik hem de sosyal etkileriyle toplumların bugünkü refah seviyesine ulaşmalarında belirleyici olmuştur. Ancak, enerji büyük bir ihtiyaç olmanın verdiği nitelikten kaynaklı olarak, ülkeler için ciddi bir sorun haline dönüşebilmektedir. Çünkü enerjiye erişimde sorun yaşayan bir ülke için ekonomik kriz kaçınılmaz olacaktır. Ülkeler bu krizleri önleyebilmek adına zaman zaman diğer önceliklerinden vazgeçebilmektedir. Dolayısıyla enerji, ülkelerin gelişmişlik seviyelerini ve refahlarını artırma gibi amaçlarına

ulaşabilmeleri için gerekli olmanın yanı sıra, yeterli enerji kaynaklarına sahip olmayan ve enerji ihtiyacını ithalat yoluyla karşılamak durumunda olan ülkelerin bağımsızlıkları açısından bir sorun teşkil etmektedir. Devletler, enerji kaynaklarına sahip olabilmek için büyük mücadeleler vermekte hatta bu kaynaklara erişim sağlayabilmek amacıyla zaman zaman savaşmayı bile göze almaktadırlar. Çünkü toplumların enerji ihtiyacı günden güne artmaktadır.

Enerji, diplomaside en etkili silahlardan biri ve ülkeler arasındaki güç dengelerinin önemli ölçüde belirleyicisi haline gelmiştir. Devletler kalkınma ve güvenlik gibi en temel politikalarını dahi enerji ekseninde şekillendirmektedir. Devletler arasında enerji kaynaklarına erişebilmek için yaşanan mücadeleler yalnızca enerji üreten ya da yalnızca tüketen ülkeler açısından değil, her ikisi için de büyük önem taşımaktadır. Enerji, retici ülkeler için uluslararası alanda güç sahibi olmak ve bu yolla ihracat imkanlarını arttırarak ekonomik getiri sağlamak açısından önem taşımaktadır. Tüketiciler lkeler için ise, enerjiye erişebilirliklerinin güvenliği, transferi, srekliiliği ve bunlarda oluşabilecek zaafiyetin ekonomileri üzerinde herhangi bir olumsuz etki yaratması endişesi açısından önemlidir. Ayrıca, ülkelerin enerji kaynaklarını ele geçirmek için verdikleri mücadeleler ülkeler arasında şiddetli rekabet ve bazı bölgelerde istikrarsızlıkların yaşanmasına neden olabilmektedir. Ortaya çıkan rekabet ve istikrarsızlıklar devletlerin silahlanmasını arttıran önemli bir nedendir. Ülkelerin bu alanda söz sahibi olabilmek adına artan silahlanması ise uluslararası güven ortamına büyük zarar verirken; diğer taraftan da ülkeler arasında yeni iş birliklerinin ve politikaların oluşmasına zemin hazırlamaktadır (Alodalı, Kocaoğlu , & Usta, 2020, s. 1-2).

Yani enerjiye sahip olmak demek ekonomik birikim ve siyasi gce de sahip olmak anlamını taşımaktadır. Bu nedenle enerji siyasi coğrafya ve jeopolitiğin temel unsurlarından biridir. Bu da enerjiyi g alınan, g yansıtılan ve iş birliği içerisinde bulunulması gereken stratejik bir unsur konumuna getirmektedir. Enerji, ekonomik kalkınma üzerinde doğrudan etkili olmasının yanı sıra, sürdürülebilir kalkınmanın ve siyasi istikrarın sağlanması için en temel araçlardan biridir (Deniz, 2014).

Son yıllarda dünyanın içinde bulunduğu küreselleşmenin giderek hızlanmasıyla beraber uluslararası ticaretin önündeki engeller birer birer kaldırılmış ve teknolojik gelişmeler de hızlanmıştır. Bu gelişmeler, özellikle gelişmekte olan ülkelerin üretim yapılarını etkilileyerek ithal girdilere olan bağımlılıklarını arttırmıştır. Ülkelerin dünya

ticaretine entegre olarak küreselleşmenin avantajlarından yararlanma istekleri sonucunda dışa açık ticaret politikaları uygulamaları zorunlu hale gelmiştir. İhracat artışı hedefleri doğrultusunda ülkelerin yabancı sermayeye, teknolojiye, hammadde ve ara mallarına ve dolayısıyla da enerjiye olan talepleri artmıştır (Bayraç, Çelikay, & Çıldır, 2018, s. 1).

Ekonomik büyüme arttıkça enerji tüketimi de artmaktadır. Küresel enerji talebinin artmaya devam edeceği ancak bu artışın geçmiştekinden daha yavaş olacağı düşünülmektedir. Çünkü enerji verimliliği artmakta, ülkeler alternatif kaynaklara yönelmekte ve gelişmiş ülkelerin büyüme hızları yavaşlamaktadır. Günümüzde enerji ihtiyacı en çok artan ülkeler ekonomisi en hızlı büyüyen ülkeler olmaktadır. Dolayısıyla enerji talep artış hızının en fazla olacağı ülkeler olarak Çin ve Hindistan gösterilmektedir (Özalp, 2018). Belirli bir gelişmişlik seviyesine ulaşmış ABD ve AB üyesi ülkelerin özellikle petrol talebindeki artış çok azalmıştır çünkü bu ülkeler artık doyuma ulaşmıştır (Birol, 2012). Belirtilmesi gereken bir diğer husus da dünya enerji talebi pandemi nedeniyle 2020’de büyük bir daralma göstermiş olmasıdır. Daha önce 1945’te ve 2008’de benzer bir talep düşüklüğü gözlenmiştir ve dolayısıyla yatırımlarda düşüş olmuştur. Belirsizlik ortamının verdiği endişelerden olumsuz etkilenen yatırımlar gelecekte dünyanın enerji talebini karşılamada zorluklar yaşanabileceğine işaret etmektedir. Eğer enerji talebini karşılayacak seviyede enerji üretilmezse birçok sorun ortaya çıkacaktır.

Enerji ülkelerin ekonomilerini ve kalkınmalarını etkilemekle birlikte, küresel ekonomik koşullardan doğrudan etkilenmektedir. Enerji ile ekonomi arasında karşılıklı bir etkileşim söz konusudur. Ülkelerin sahip olduğu enerji kaynakları ya da kaynaklara ulaşabilme gücü gelişmişlik seviyeleri hakkında ipucu vermektedir. Ülkelerin enerji kaynaklarına sahip olması yetmemekte, elindeki kaynakları etkin ve verimli bir şekilde kullanabilmesi büyük önem arz etmektedir. Dünyada güçlü bir konumda bulunmak ve uluslararası ilişkilerde etkin bir oyuncu olmak isteyen tüm ülkeler enerji kaynakları arayışlarını devam ettirmektedirler. Bu arayışlarını belirledikleri politikalar çerçevesinde yapmaktadır. Devletlerin enerji alanında izlediği politikalar geleceklerini belirlemektedir. Bugünün ve yarının ihtiyaçlarını göz önünde bulundurarak tasarlanmış, verimli uygulanan ve etkin sonuçlar veren enerji politikaları ülkelerin geleceğinin inşasında temel taşı (cornerstone) niteliğindedir.

1.3.Kamu Enerji Politikalarına Yön Veren Faktörler

Hem ulusal çaptaki iç enerji politikası hem küresel çaptaki dış enerji politikası stratejileri belirlenirken birçok faktör göz önünde bulundurulmaktadır. İç enerji politikasını etkileyen faktörler genellikle ekonomik, siyasal ya da sosyal faktörlerdir. Dış enerji politikasını etkileyen en önemli faktörler ise enerji güvenliği ve jeopolitiği, teknolojik gelişmeler, siyasal ve ekonomik krizler ve iklim değişikliğidir. Enerji, siyasetten ekonomiye, tarımdan ulaşıma, iletişimden sağlığa ve güvenlikten uluslararası ilişkilere kadar birçok alanla karşılıklı bir etkileşim halindedir. Ancak kamu enerji politikaları zamana ve koşullara bağlı olarak sürekli değişiklikler gösterebilmektedir. Zaman ve koşullarda yaşanan değişiklikleri öngörerek ve saptayarak devletlere enerji politikası yapımında fayda sağlayan Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency - IEA), Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (The International Atomic Energy Agency - IAEA), Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (The Organisation for Economic Cooperation and Development - OECD), Avrupa Güvenlik ve İşbirliği Teşkilatı (The Organization for Security and Cooperation in Europe - OSCE) ve Kuzey Atlantik Antlaşması Örgütü (The North Atlantic Treaty Organization - NATO) gibi kuruluşlar bulunmaktadır (Ulusaler, 2012).

Enerji politikasına yön veren faktörleri daha iyi anlayabilmek için öncelikle enerji politikalarının özelliklerinden bahsetmek gerekmektedir. Enerji politikalarının özelliklerinden birincisi, uluslararası boyutta olmasıdır. Devletlerin iç ya da dış politika seçimlerinde uluslararası faktörlerden etkilenebildikleri bilinmektedir. Ancak enerji politikalarında bu durum çok daha doğrudan bir etkiye sahiptir. Enerji politikaları çoğunlukla ülkelerin uluslararası ilişkilerinin temel belirleyicisi olmaktadır. Bunun nedeni, ülkelerin ihtiyaç duyduğu enerji kaynaklarının önemli bir çoğunluğunun dünya üzerinde sınırlı bir coğrafyada bulunmasıdır. Dolayısıyla bu kaynaklara sahip olan ve bu kaynaklara ihtiyacı olan ülkeler arasındaki ilişkiler enerji politikalarının yanı sıra dış politikaların da temelini oluşturmaktadır (Prontera, 2009).

Enerji politikalarının ikinci özelliği stratejik boyutlarıdır. Modern toplumların tüm hedeflerine ulaşabilmeleri için enerji politikaları vazgeçilmez bir unsurdur. Enerji politikası olmayan gelişmişlik seviyesinden bağımsız olarak tüm ülkelerin temel işleyişlerini bile gerçekleştirebilmeleri beklenemez. Çünkü devletlerin iç düzeni sağlamak ve dış saldırılara karşı korunmak gibi temel güvenlik fonksiyonlarını yerine

getirebilmeleri için bile enerji kaynaklarına sahip olması gerekmektedir. Günümüzde devletin çok daha fazla fonksiyonu olduğu bilindiğine göre, enerji sorunlarının stratejik önemi ortadadır. Ancak enerji sorunları uluslararası niteliğe sahip olmalarına rağmen, devletler genellikle bu konuda iş birliği yapmanın ve ortak kararlar almanın zor olduğunu düşündüklerinden yetkinliklerinin uluslararası kurumlara devredilmesini sınırlandırmışlardır. Bu nedenle, enerji konusunda yetkinlikler çoğunlukla ulusal hükümetlerdedir. Uluslararası iş birlikleri ise petrol ve doğal gaz gibi hammaddeleri elinde bulunduran ülkelerle yapılan ikili anlaşmalar yoluyla gerçekleşmektedir. Her ülke kendi enerji ihtiyacı sorununu farklı yollarla çözmek için oldukça özerk bir şekilde örgütlenmiştir (Prontera, 2009).

Enerjinin politikalarını anlamak için değinilmesi gereken bir diğer husus da enerji sorunlarının kavramsal boyutudur. Enerjiye bakış açısına göre ortaya çıkacak sorunlar çeşitlilik kazanabilmektedir. Enerji kaynağı olarak petrolün bir ülke tarafından yüksek kullanımı, ekonomik sistem için bir maliyet olarak; ekonomik maliyetinden ayrı olarak bağımsızlık ve ulusal güvenlik için siyasi bir risk olarak; bu enerji kaynağının tüketilmesinden kaynaklanan kirliliğe bağlı bir çevre sorunu olarak değerlendirilebilir. Dolayısıyla enerji sorununun nasıl yorumlandığına bağlı olarak politika tercihleri de değişecektir. Nitekim II. Dünya Savaşı'nın sonundan 1980'lerin ortalarına kadar, temel kaygılar ekonomik türden veya ulusal bağımsızlıkla ilgiliyken, daha sonra ekolojik kaygılar ağırlık kazanmıştır (Prontera, 2009).

Enerji nedeniyle ortaya çıkabilecek sorunlarla mücadelede yapılacak politik tercihler, özellikle de teknolojik seçimler, uzun vadeli yapılmalıdır. Çünkü enerji alanının, çoğunlukla piyasa kurallarının hakim olduğu diğer endüstriyel sektörlerden ayrıştığı bazı noktalar bulunmaktadır. Enerji arzını ve talebini hesaplamada kullanılan tahminler en az 30-40 yıl gibi çok uzun süreler için yapıldıklarından buna uygun teknikler kullanılmaktadır. Diğer sektörlerle göre uzun vadeli tahminler kullanılması, enerji alanına yapılacak yatırımları doğru yönlendirebilmek için gereklidir. Bu alandaki teknolojik seçimler enerji sorunlarıyla bağlantılı olarak çok uzun vadede inşa edilir. Ancak siyasi aktörlerin genellikle bir sonraki seçim tarihini aşmayan vizyonu nedeniyle, enerji alanında gerekli uzun vadeli planlamaların yapılması zorlaşmaktadır. Enerji alanının bilimsel içerik bakımından sahip olduğu zenginlik nedeniyle politikaların tasarlanmasında yüksek teknik bilgi gerekmektedir (Prontera, 2009).

Günümüzde ekonomilerin gösterdiği gelişimin temel girdisi olan enerji, giderek politika ile özdeşleşmektedir. Enerji politikaları belirlenirken üzerinde durulması gereken önemli noktalar vardır. En temel husus seçilen kaynakların çeşitli, yeterli ve ulaşılabilir olması iken, kaynak seçiminde dikkat edilmesi gereken bir diğer önemli konu da çevreye verecekleri etki olmalıdır. Bu etki bilimsel kanıtlarla ortaya konarak politika belirlenmelidir. Toplumların ihtiyaç duyduğu enerji kaynaklarının bir kısmı yeraltında bir kısmı ise yerüstünde bulunmaktadır. Bugüne kadar enerji talebini karşılamada en çok kullanılanları petrol, kömür ve doğalgaz gibi yeraltı kaynakları olmuştur. İnsanların aslen doğada saklı kaynakları bulması ve tüketmesi sonucunda sadece bu kaynaklar değil, çevresel varlıklar da tükenmekte ve zarar görmektedir. Ülkeler ihtiyaçlarını göz önüne bulundurarak enerji politikaları oluştururken bilinçli ve yöntemini seçerken dikkatli olmalıdır. Enerji politikalarının güvenilirliği ve sürdürülebilirliği arasında bir etkileşim söz konusudur. Bu politikaların tasarlanması ve uygulanması süreçlerinde, enerji güvenliğini sağlamaları kadar sürdürülebilir olmaları da dikkate alınmalıdır. Dolayısıyla enerji politikalarının sürdürülebilir olması için, enerji güvenliğinin kapsamı çevresel güvenliği de içerecek şekilde tasarlanmalıdır (Uğurlu, 2009).

Genel kabul gören gerçekler dışında enerji politikası tasarlanması ve uygulanması süreçleri birçok faktörden etkilenebilmektedir. Her ülkenin enerji politikası aynı olmak zorunda değildir. Enerji politikası, ülkelerin mevcut koşullarına bağlıdır. Ülkeler uygulayacakları enerji politikasının avantajları ve dezavantajlarını birçok yönden değerlendirerek karar almaktadır. Çünkü dünyamızda var olan enerji kaynaklarının birtakım avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Fosil yakıtlar; süreklilik açısından avantajlıyken, çevresel dezavantajlar barındırmaktadır. Nükleer enerji ise çevresel açıdan en avantajlı enerji kaynağıyken, olası bir hata ya da kaza gibi durumda felaketlere yol açabilmekte olmasının yanı sıra, kullanımı dolayısıyla ortaya çıkan radyoaktif atıkların yok edilmesi hususunda da birtakım dezavantajlara sahiptir. Son yıllarda sıkça gündeme gelen ve genellikle çevresel amaçlarla tercih edilen yenilenebilir enerji kaynaklarının bile ekosisteme bazı olumsuz etkileri bulunmaktadır (Dağ, 2017). Bu noktada enerji politikalarının belirlenmesinin toplumların ve dünyanın geleceğinin inşasında ne kadar kritik bir önemi olduğunu tekrar belirtmek gerekmektedir.

Görüldüğü üzere enerji alanında izlenen politikalar, özellikle de günümüz dünyasında, kamu politikalarının önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Enerji

politikaları ülkelerin hem büyüme ve kalkınma hem de çevre politikalarıyla ilişkilidir. Ayrıca dış politika ile paralel hareket etmekte ve siyasi ve ekonomik gelişmelerden etkilenmektedir. Dolayısıyla kamu enerji politikaları; kalkınma ve büyüme politikalarından, dış politikadan, savunma politikasından ve çevre politikasından ayrı düşünülmemelidir (İlbaş, 2014).

Bu nedenle, devletler enerji politikalarını belirlerken birçok faktörü göz önünde bulundurmakta ve bunlardan etkilenmektedir. Bu faktörler enerji güvenliği, enerji arz güvenliği, enerji talep güvenliği, enerji nakli güvenliği (transit bölge güvenliği), çevre güvenliği, enerji verimliliği, enerji fiyatları, dış ilişkiler, küreselleşme ve serbest piyasa ve uluslararası kuruluşlar olarak ayrı ayrı değerlendirilebilir.

1.3.1. Enerji güvenliği

“Enerji güvenliği” kavramının ortaya çıkışı yaklaşık 150 yıl öncesine dayanmaktadır. İngiliz ekonomist William Stanley Jevons, 1865 yılında yazdığı “The Coal Question” adlı kitabında birincil enerji kaynağı olan kömürün sınırlı olduğunu iddia etmiş ve İngiltere’nin sürdürülebilir bir büyüme sağlayabilmesi için başka alternatiflere de ihtiyacı olduğunu belirtmiştir (Jevons, 1865). Her ne kadar o dönemde henüz adı konmamış olsa da toplumların karşı karşıya olduğu enerji güvenliği sorununu ilk kez ortaya koyan Jevons olmuştur. Jevons, arz güvenliği endişeleri hakkında dönemin krallarını bilgilendirerek önlem almalarını talep etmiştir.

Daha yakın bir tarih olan I. Dünya Savaşı’nın öncesinde ise, İngiltere Başbakanı Winston Churchill’in Kraliyet Donanmasını Alman donanmasına kıyasla daha hızlı ve güçlü hale getirebilmek amacıyla kömürle çalışan gemileri petrole çalışan gemilerle değiştirme kararı almıştır. Ancak bu karar Kraliyet Donanması’nın Galler’den gelen kömüre değil, o zamanlar İran’dan gelen nispeten daha güvensiz petrol kaynaklarına güveneceği anlamına da gelmekteydi. Bu kararın ardından enerji güvenliği konusu ulusal bir strateji konusuna dönüşmüş ve birçok kez tekrar gündeme gelmiştir. Ancak zamanla evrim geçiren enerji güvenliği kavramı, günümüzde yalnızca enerji arzı güvenliği anlamına gelmemekte dolayısıyla konuya bakış açısını değiştirmek, yeni alternatifler ve yaklaşımlar bulmak gerekmektedir. Her ülkenin ekonomik, sosyal ve siyasal şartlarına göre kendi enerji güvenliği tanımlarını yapmaları gerekmektedir (Yergin, 2006). Ülkeler için enerji güvenliği kavramı farklı anlamlar ifade edebilmektedir. Çünkü bazı ülkeler enerji talep ederken bazı ülkeler arz etmektedir. Dolayısıyla enerji güvenliği kavramı

ihracatçı ya da ithalatçı ülkeler açısından farklı değerlendirilebilmektedir. Enerji ihracatçısı ülkeler için enerji talebi güvenliği, enerji ithalatçısı ülkeler için ise enerji arzı güvenliği ön planda yer almaktadır.

AB ülkeleri ve Türkiye gibi enerji ithalatçısı ülkeler, ithal ettikleri enerji ile teknolojik ve sosyo-ekonomik gelişmelerini sağlamakta iken; bazı Orta Doğu ve Orta Asya ülkeleri ile Rusya gibi enerji ihracatçısı ülkeler, büyük ölçüde enerji ihracatından sağladıkları gelir ile ekonomilerini ayakta tutmaya çalışmaktadırlar. Bu durum ithalatçı ve ihracatçı ülkeler arasında bazen tek taraflı bazen de karşılıklı bağımlılık oluşturmaktadır. Ancak zaman zaman bu ülkeler arasında diplomatik krizler meydana gelebilmekte, bu krizler bağımlı ülkeleri olumsuz etkilemektedir (Özalp, 2018).

Literatürde yapılan incelemelere göre enerji güvenliği; enerji arzı güvenliği, enerji talebi güvenliği, enerji nakli güvenliği ve çevre güvenliğinden oluşmaktadır.

Enerji arzı güvenliği, kaynakları enerji ihtiyacını karşılamayan tüketici ülkeleri; enerji talebi güvenliği, doğalgazda Rusya ve petrolde Ortadoğu ve Kafkas ülkeleri gibi üretici ülkeleri; enerji nakli güvenliği, hem üretici hem tüketiciler için; çevre güvenliği ise dünya üzerindeki tüm ülkeleri ve canlıları ilgilendirmektedir.

Bir ülkenin enerji güvenliğinin siyasi boyutu, iç ve dış istikrar; askeri boyutu, savunma ve saldırı gücü/potansiyeli; sosyal boyutu kimliğinin ve kültürel değerlerin korunması; ekonomik boyutu, kaynaklara ve pazara ulaşılabilirlik; çevre boyutu ise ekolojik biyosferin korunmasıdır. Uluslararası ilişkiler ışığında enerji güvenliğinin farklı boyutları birbirlerine olan etkileri nedeniyle bağımsız olarak değerlendirilememektedir (Erdal & Karakaya, 2012).

Enerji güvenliği; enerji kaynağının mevcudiyeti (availability), enerji kaynağına ulaşılabilirlik (accessibility), enerji kaynağının sürdürülebilirliği (acceptability), enerji kaynağının ekonomikliği (affordability), enerji kaynağının taşınmasının uygunluğu (appropriateness) ve enerji kaynağının taşınmasında uzlaşma (adjustment) ile ifade edilmektedir. Enerji kaynağının mevcudiyetini dünyada bulunabilirliği ve var olan rezervler; ulaşılabilirliğini üretiminin kesintisiz olması ve piyasaya çıkabilirliği; sürdürülebilirliğini üretim, işleme ve taşıma aşamalarında çevreye etkisi; ekonomikliğini üretici açısından karlılığın tüketici açısından ise fiyatların makul olması; uygunluğunu kaynağın üretildiği ve tüketildiği yerler arasındaki mesafenin ekonomik,

teknolojik ve güvenlik açısından uygunluğu; taşınmasında uzlaşmayı ise naklinin gerçekleştirilebilmesi göstermektedir (Tuğrul, 2017).

Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) ise konuyu daha geniş kapsamlı bir şekilde ele almış ve enerji güvenliğini “yeterli, istikrarlı ve öngörülebilir bir enerji kaynağı sağlanabilmesi, üretim, depolama ve geliştirme için yeterli alt yapı oluşturulması, bu bağlamda teknolojiden yararlanılması, rekabetçi ve istikrarlı fiyatlarla enerji talebi ve arzının tesis edilmesi” olarak tanımlamıştır.

Sonuç olarak, enerji güvenliğinin en geniş kapsamlı tanımı “enerjinin üretim, tüketim ve dağıtımının sürdürülebilirliğinin sağlanması amacıyla enerji arz, talep ve naklinin yeterli miktar ve kalitede makul maliyet ve fiyatlarla çevre dostu bir şekilde kesintisiz olarak sağlanması” olarak ifade edilebilir (Ediger, Enerji Güvenliği, 2010, s. 47).

1.3.1.1.Enerji arz güvenliği

Enerji güvenliği kavramına tarihsel açıdan bakıldığında ilk amacının arz güvenliğini sağlamak olduğu anlaşılmaktadır. Arz güvenliğini sağlayabilmek için ülkelerin atmaları gereken en temel adım olan mikro boyut, toplumun hem yakın hem de uzak gelecekteki enerji taleplerini doğru belirleyerek gerekli enerji ihtiyacını karşılayabilmek için doğru bir enerji politikası tasarlamaktır. Politika tasarlanırken gelecekte enerji talebindeki değişimi etkileyecek faktörleri iyi tartmak gerekmektedir. Makro boyut ise, dünyada mevcut enerji kaynakları göz önünde bulundurularak tüm insanların ihtiyaçları olan enerjiye bugün ve gelecekte erişebilmelerini sağlayacak evrensel adımlar atmaktır. Bugün dünyada yaklaşık 1.5 milyar insanın en temel enerji kaynağı olan elektriğe erişiminin olmadığı düşünüldüğünde enerji arz güvenliğinin önemi yeterince anlaşılmaktadır.

Enerji arz güvenliği, “öngörülebilir bir gelecek için ülkelerin, sanayilerin ve tüketicilerin ihtiyacı olan enerji kaynaklarına makul fiyatlarla ve kesintide en az riskle ulaşılabilirliğin devam etmesi durumu ve bu durumu sağlama yönünde yapılan politikalar” olarak tanımlanabilir (Şöhret, 2014).

Eğer bir ülke ekonomik büyüme sonucunda yaşayacağı enerji talep artışının öngörmez ve buna göre enerji politikalarını değiştirmezse, enerjide dışa bağımlı hale

gelmesi kaçınılmaz olacaktır. Bir ülkenin enerjide dışa bağımlı hale gelmesi ise enerji arz güvenliğini tehdit eden en önemli unsurdur. Enerji ithal ettiği ülke ya da ülkelerle yaşadığı en ufak politik bir kriz sonucunda bile enerji arzında büyük sorunlar yaşayabilmektedir. Dolayısıyla enerji arz güvenliği konusu ülkelerin hem dış politikalarını hem de enerji politikalarını etkileyebilmektedir.

Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency - IEA), Dünya Enerji Konseyi (World Energy Council – WEC) gibi kuruluşlar ile Avrupa Birliği (European Union – EU/AB) enerji güvenliğini enerji arzı güvenliği ile genellikle çok yakın anlamda tanımlamaktadır. IEA’ nın tanımına göre enerji güvenliği, enerji ihtiyacının var olan kesintisiz kaynaklardan, uygun fiyatlarla temin edilebilmesidir. Dünya Enerji Konseyi, enerji güvenliğini bir ülkenin mevcut ve gelecekteki enerji talebini karşılama, kaynakların kesintiye uğramasına yol açan sistem (ekonomik ya da sosyal) şoklarına dayanma ve yanıt verme yeteneği olarak ifade etmektedir. Enerji ihtiyacının çok büyük çoğunluğunu ithalat yoluyla karşılamak durumunda olan AB ise enerji güvenliğini “AB vatandaşları ve ekonomisi için istikrarlı ve bol miktarda enerjinin tedarik edilebilmesi” şeklinde tanımlamaktadır (World Energy Council, 2020; International Energy Agency, 2021; European Union, 2021).

Arz güvenliği açısından enerji güvenliği kavramı, enerji üretim, iletim ve dağıtım sistemlerinin alt yapısına yönelik olası terörist saldırılarından, yatırım eksikliklerinin doğuracağı kesintilere, kasırgaların doğuracağı engellerden ambargolara, grevlerden lokavtlara, iç savaştan işgale kadar birçok olasılığın birlikte değerlendirilmesini gerektiren bir kavramdır (Sevim, 2012).

Her dönemin en önemli enerji kaynaklarına sahip olan ülkelerin dünya üzerindeki egemenlik gücüne sahip olduğu görülmektedir. 1945’lere kadar kömür rezervlerine sahip olan İngiltere ve sonrasında petrol rezervlerinin kontrolünü elinde bulunduran ABD siyasal ve ekonomik açıdan dünyanın en güçlü devletleri haline gelmiştir. Dünyanın İngiltere’nin hakimiyetindeki kömür çağından ABD’nin hakimiyetindeki petrol çağına geçiş sürecinde yaşanan şiddetli mücadeleler 31 yıl (1914-1945) sürmüştür (Ediger, 2007). Belirli bir döneme kadar petrol ihtiyacını kendi kaynaklarıyla karşılayabilen ABD, bir süre sonra bu ihtiyacını tek başına karşılayamaz hale gelmiş ve arz güvenliği sorunuyla yüzleşmiştir. Ardından 1970’lerde dünyayı sarsan bir petrol krizi yaşanmış ve ABD’de petrol tüketimi oldukça azalmıştır. 1998-1999 yıllarında ise ABD’nin ilk kez petrolde

dışa bağımlılığı %50'yi aşmıştır. Sonrasında ise dünyada petrol fiyatlarının sürekli bir artış eğilimine girmesi, Afganistan ve Irak işgallerinin gerçekleşmesi gibi hem ekonomik hem de sosyal (jeopolitik) açıdan olumsuz gelişmeler yaşanmıştır.

Dünya ekonomisinde 1960'lı yıllar ile 1970'li yılların başları arasındaki dönemde hızlı büyümeye paralel olarak uluslararası ticaret ve enerji talebindeki artış da oldukça hızlanmıştır (Çelikpala, 2014, s. 79). Kömüre göre dünyada daha asimetrik bir dağılıma sahip olan petrolün en çok kullanılan enerji kaynağı haline gelmesiyle birlikte devletler açısından enerji arzı bir ulusal güvenlik sorununa dönüşmüştür (Sevim, 2012, s. 4380). Artan enerji talebi ihtiyacı sonucunda 1973 yılında petrol krizinin yaşanmasıyla enerji kaynaklarına erişim konusunda bir güvensizlik ortamı oluşmuş, ilerleyen yıllardan itibaren izlenen enerji politikaları çoğunlukla arz güvenliğini korumak için enerji arzının çeşitlendirilmesine yönelik olmuştur. Bunun sonucunda ülkeler arasındaki jeopolitik çekişmeler şiddetlenmiş ve enerji politikaları revize edilmiştir. Artan petrol fiyatlarıyla birlikte ülkeler petrol arama ve üretiminde yeni teknoloji arayışlarına girmişlerdir. Atılan bu adımlar sonucunda yenilenebilir enerji kullanımı da ilk kez o dönemde gündeme gelmiş olmasına rağmen, enerjide dışa bağımlılıklarını azaltma adına kömüre dönüş yapma politikası izleyen ülkeler de olmuştur. Ancak fosil yakıtların çevre açısından bir tehdit unsuru olduğu unutulmamalıdır.

Günümüzde hala dünya enerji tüketiminin yaklaşık %85'i fosil yakıtlar olan petrol, kömür ve doğal gaz ile karşılanmaktadır (Özalp, 2018). En çok tüketilen enerji kaynakları olan petrol rezervlerinin 50 yıllık, doğal gaz rezervlerinin ise 120 yıllık ömrü olduğu öngörülmektedir (Bekar, 2020).

Eğer enerji politikaları değişmezse dünya fosil yakıtlara bağlı kalacaktır. Öngörülere göre, yakın gelecekte dünyanın enerji ihtiyacını karşılayacak fosil kaynaklar olan doğalgaz ve petrol rezervlerinin üçte ikisi Orta Doğu ve Avrasya'da bulunmaktadır. Orta Doğu ülkeleri petrol, Avrasya ülkeleri ise doğalgaz üretim potansiyelleriyle dikkat çekmektedir. Son dönemlerde ise Kuzey Afrika coğrafyası da petrol ve doğalgaz rezervlerindeki artışla önem kazanmıştır. Bu bölgelerdeki ülkeler, dünyanın ihtiyacı olan enerji kaynağını karşılama konusunda büyük bir stratejik önem arz etmektedir. Geçmiş yıllarda Orta Doğu'da Arap-İsrail, İran-Irak ve Körfez Savaşı gibi çatışmaların yaşanmasının en temel nedeni bölgede bulunan petrol rezervleridir. Eğer gelecek için alternatif enerji kaynakları bulunmazsa ya da ülkelerin enerji politikalarında değişiklikler

olmazsa ve farklı yaklaşımlar gözlenmezse, ülkeler bu kaynaklara erişebilmek için mücadele edecek ve bunun tıpkı geçmişte olduğu gibi siyasi, ekonomik ve sosyal sonuçları olacaktır.

1.3.1.2.Enerji talep güvenliği

Enerji arz eden ülkeler için enerji güvenliği, kaynaklarını tekelci fiyat ve hatlarla satabilmek iken, enerji talep eden ülkeler için ise, enerjiyi farklı kaynaklardan ucuza temin edebilmek anlamına gelmektedir (Erdal & Karakaya, 2012).

Örneğin; dünyanın en büyük doğalgaz rezervlerine sahip olan Rusya, dünyanın en büyük doğalgaz şirketi Gazprom'a sahiptir. Dolayısıyla dünyada enerji ihracatçısı konumunda olan Rusya için enerji arzı güvenliğinden çok enerji talebi güvenliği daha önemlidir. Rusya'nın dünyadaki stratejik konumunu koruyabilmesi için sahip olduğu enerjinin diğer ülkeler tarafından talep edilmesi ve üretimini devam ettirebilmesi gerekmektedir. Aynı şekilde bir enerji ihracatçısı ülke olan Suudi Arabistan ise elde ettiği petrolü mümkün olduğu kadar yüksek fiyatlardan satabilmek istediğinden dünyada artan enerji talebinden olumlu etkilenen ülkeler arasında yer almaktadır.

Enerji talep güvenliği, yalnızca talebin devamlılığına değil aynı zamanda ekonomik istikrara da bağlıdır. Aynı örnekten devam etmek gerekirse, Rusya ekonomisinin çok önemli bir bölümünü petrol ve doğal gaz ihracatları oluşturmaktadır. Geçmiş yıllarda yapılan araştırmalar, petrol varil fiyatlarındaki her 1 dolarlık değişimin, Rusya'nın yıllık ihracat gelirinde 1.4 milyar dolarlık bir değişikliğe yol açtığını göstermektedir. Dünya Bankası ve IMF'in yaptığı hesaplamalara göre yine petrol varil fiyatlarındaki 1 dolarlık değişim, Rusya'nın GSYH'sini aynı yönde %0,35 oranında değiştirmektedir. Petrol ve doğal gazdan oluşan enerji sektörü, Rusya GSYH'sinin %25'ini oluşturmaktadır (Pala, 2007). Dünyada Rusya gibi ekonomisi sahip olduğu enerji kaynaklarından elde ettikleri ihracat gelirleri üzerine tutunmakta olan birçok ülke vardır (Örneğin; Cezayir, İran vs.).

İhracatçı ülkeler enerji güvenliklerini sağlayabilmek için bazı birlikler oluşturmaktadır. Bunlardan biri 2001 yılında Rusya liderliğinde kurulan Gaz İhraç Eden Ülkeler Forumu (Gas Exporting Countries Forum – GECF)' dur. GECF, üye ülkelerinin doğal gaz kaynakları üzerindeki egemenlik haklarını ve kendi halklarının yararına doğal gaz kaynaklarının sürdürülebilir, verimli ve çevreye duyarlı bir şekilde geliştirilmesi, kullanılması ve korunmasını bağımsız bir şekilde planlama ve yönetme yeteneklerini

desteklemek için kurulmuştur. 11 gaz ihracatçısı ülke tarafından kurulan forumun günümüzde üyesi diğer ülkeler Cezayir, Bolivya, Mısır, Ekvator Ginesi, İran, Libya, Nijerya, Katar, Trinidad-Tobago ve Venezuela'dır. Angola, Azerbaycan, Irak, Kazakistan, Malezya, Norveç, Peru ve Birleşik Arap Emirlikleri ise gözlemci ülkelerdir. Forumun üye ve gözlemci ülkeleri dünya doğal gaz rezervlerinin çok büyük bir kısmına sahiptirler (GECF, 2021). Bir diğeri ise geçmişte 1950 sonrası yaşanan uluslararası gelişmeler sonucunda 1960 yılında petrol ihracatçısı ülkelerin kurduğu Petrol İhraç Eden Ülkeler Teşkilatı (Organization of Petroleum Exporting Countries – OPEC)'dir. Bu ülkelerin temel amacı petrolün fiyatının belirlenmesi gibi kendilerini yakından ilgilendiren tüm konularda iş birliğinde bulunarak ortak çıkarlarını korumaktır. OPEC, petrol şirketlerini petrol fiyatlarında üretici ülkelere danışmaya zorlayarak, tek taraflı fiyat düşüşlerini ve gerçekleşen diğer keyfi (spekülatif) fiyat dalgalanmalarını önleyip enerji güvenliğini sağlamaya çalışmaktadır (Çelikpala, 2014, s. 79-80).

1.3.1.3.Enerji nakli güvenliği

NATO, enerji güvenliğinin tanımını yaparken diğerlerinden farklı olarak ulaşım olanakları ve enerji nakil rotalarının korunmasından bahsederek transit coğrafyanın önemini vurgulamaktadır (NATO, 2021).

Enerji kaynaklarının bulunduğu bölgelerin yanı sıra kaynakların bu bölgelerden tüketileceği bölgeye taşınması büyük önem arz etmektedir. Dolayısıyla transit coğrafyalarda da güvenliğin sağlanması gerekmektedir. Ülkeler enerji rezervlerinin bulunduğu bölgelerde ve enerji kaynaklarının lojistiğinde kullanılan transit bölgelerde hakimiyet kurmak için de mücadele vermektedir.

Transit bölgelerde terör, korsan vb. saldırıların gerçekleşmesi ihtimaline karşılık tüm ülkeler ortak bir stratejiyle hareket edip bu bölgeleri korumak zorundadır. Bu amaç doğrultusunda zaman zaman uluslararası ya da bölgesel enerji politikaları belirlenebilmektedir. Ancak ortak bir enerji politikasının belirlenmesi çıkar çatışmalarından dolayı genellikle mümkün olmamaktadır.

Bu nedenlerle, bazı uluslararası kuruluşlar dünyada enerji nakli güvenliğini sağlamak için büyük çaba sarfetmektedir. Bu kuruluşlardan biri olan NATO, bu bağlamda ciddi adımlar atmaktadır. Soğuk Savaş döneminde kurduğu, yeni ihtiyaçlar ve teknolojik gelişmeler doğrultusunda sürekli geliştirdiği boru hattı sistemi bunlara bir örnektir. 5,5

milyon metreküp hacminde 10 farklı depolama sistemi ve pompalama istasyonlarından oluşan, 13 üye ülkeden geçen 12.000 km uzunluğundaki NATO boru hattı, özellikle Avrupa kıtasındaki ülkelerin enerji ihtiyaçlarını kesintisiz ve güvenli bir biçimde sağlayabilmek için inşa edilmiştir. Hat, söz konusu ülkelerdeki depo, havaalanı, rafineri, askeri üs, pompalama istasyonları ve diğer stratejik önem taşıyan tesisleri bağlamaktadır (Çelikpala, 2014, s. 87).

1.3.2. Çevre güvenliği

Enerji güvenliği 1970’li yıllarda petrol başta olmak üzere fosil yakıtların arzının sağlanması ve tükenmesini önlemek üzerine yoğunlaşırken, 1990’lı yıllardan itibaren ekolojik bozulmanın maliyetleri ön plana çıkmış ve enerji güvenliği içerisinde çevre güvenliğinin payı daha büyük hale gelmiştir (Erdal & Karakaya, 2012, s. 108-109). Arz güvenliğinin sağlanmasında enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi önemli bir stratejiyken; çevre kirliliğinin enerji güvenliğinde ön plana çıkmasıyla birlikte, enerji verimliliğini artırma ve temiz enerji kullanma politikaları önem kazanmıştır (Wonglimpiyarat, 2010).

Çevre, diğerlerine göre daha yeni bir unsur olmasına rağmen, küresel düzeyde enerji politikalarının değişimini etkileyen en önemli unsurlardan biri haline gelmiştir. Enerji ve çevre arasındaki ilişkide bir karşılıklı bağımlılıktan söz etmek gerekmektedir. Enerji alanındaki tercihler çevre üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir. Çevre politikaları da enerji alanındaki tercihleri belirlemektedir. Her nasıl nükleer santrallerin yapımında ekonomik nedenler değil de teknolojik riskler gerekçe gösterilebiliyorsa, doğal gaz ya da kömürle çalışan bir elektrik santralının yapımında da çevresel riskler gerekçe gösterilebilmektedir. Çevresel riskleri önlemek amacıyla geleneksel enerji politikalarında önemli değişimler yaşanmaktadır. Kyoto Protokolü ve Paris Anlaşması gibi adımlar bu konuda önemli birer örnek teşkil etmektedir. CO2 emisyonlarını azaltmaya karar vermek, temiz enerji kaynaklarına yoğunlaşmayı ve dolayısıyla enerji stratejilerini bir teknolojiye diğerine yeniden yönlendirmeyi gerektirmektedir. Bu değişikliğin enerji alanında politika yapımında rol alan aktörler, hedefler, araçlar, süreçler vb. tüm bileşenler üzerinde dikkate değer etkileri vardır (Prontera, 2009).

Dünyada sürekli artan ve gelecekte de artacak olan enerji talebini karşılayabilmek için alternatif enerji kaynakları arayışının altında yatan bir diğer neden, yenilenemeyen kaynaklar olarak nitelendirdiğimiz ve dünyanın enerji ihtiyacının çoğunu karşılayan fosil

yakıtların, sera gazı emisyonlarını arttırması nedeniyle bir çevresel tahribat yaratmasıdır. Bu çevresel tahribat, günden güne artmakta ve insanlık bu tahribatın yol açtığı ciddi sosyal maliyetlerle karşı karşıya kalmaktadır. Bunlardan en önemlisi, temel kaynağının sera gazı emisyonlarındaki artış olduğu bilimsel çalışmalarla da kanıtlanmış olan küresel ısınma ya da iklim değişikliğidir. Günümüzde iklim değişikliği sorunu da küresel enerji güvenliğinin bir parçası haline gelmiştir. Dolayısıyla enerji politikası, iklim değişikliğinden bağımsız düşünülmemelidir.

Dünya ekonomilerinde Sanayi Devrimi sonrasında gerçekleşen hızlı büyüme eğilimi sonucunda atmosferdeki sera gazı emisyonları da bir artış eğilimi göstermektedir. En başta CO₂ olmak üzere, sera gazı emisyonlarındaki artış küresel ortalama sıcaklıkları giderek arttırmaktadır. 1980'lerden itibaren daha çok belirginleşen bu artış günümüzde de devam etmektedir (Türkeş, 2002). İnsan aktiviteleri yeryüzünde sanayi öncesi döneme göre yaklaşık 1° C'lik sıcaklık artışına neden olmuştur. Küresel ısınma, mevcut hızla artmaya devam ederse 2030 ile 2052 yılları arasında 1,5 ° C'ye ulaşması öngörülmektedir. İklim değişiklikleri ve şiddetli hava olaylarının gerçekleşme sıklığındaki artış 0,5° C ısınmadan itibaren gözlenmeye başlanmıştır (IPCC, 2018).

Eğer dünya enerji politikaları birçok açıdan değişiklik göstermezse, dünyanın ortalama sıcaklığının 2100 yılında 6° C'ye kadar artmış olabileceği öngörülmektedir. Bu sıcaklık artışıyla beraber deniz seviyelerinin yükselmesi, orman yangınlarının giderek artması, bitki örtüsünün değişmesi, yağmur rejimi ve oranının önemli ölçüde değişmesi gibi doğrudan insanlığın yaşamını etkileyecek birçok olumsuz gelişme yaşanması beklenmektedir. Buna engel olmanın tek yolu ise karbon salınımını azaltacak enerji kullanmaktır. Bu da enerji politikalarında köklü değişiklikler gerektiği anlamına gelmektedir. Bu bağlamda, 2010 yılında Kopenhag'da buluşan dünya liderleri bilim insanlarının önerileri doğrultusunda dünyanın ısınmasında 2° C'den fazla bir artışın olmaması yönünde anlaşmaya varmışlardır. Bu ve benzeri anlaşmalar her ne kadar olumlu adımlar olsa da ülkeler için hiçbir bağlayıcılığı olmadığından denetlenmesi de mümkün olmamaktadır. Dolayısıyla iklim değişikliğinin yol açacağı iklimsel, ekonomik ve sosyolojik sonuçları önleyebilmek için devletlerin çok daha büyük sorumluluklar alıp somut adımlar atması gerekmektedir (Biol, 2012, s. 354-355).

Uluslararası kuruluşların geliştirdiği projeksiyonlar arasındaki en iyimser senaryolara göre bile, orta vadede fosil yakıtların en çok kullanılan enerji kaynağı olmaya

devam edeceği görülmektedir. Fosil enerji kaynakların bulunmasından kullanılmasına kadar geçen süreçteki çıkarma, taşıma, işleme, üretim, dağıtım ve tüketim gibi tüm aşamalarında oluşan sera gazı salınımları ve aşırı su tüketimi hava kirliliğinin, dolayısıyla iklim değişikliğinin başlıca nedenleri arasında yer almaktadır. Hava kirliliği ve iklim değişikliği insanlığın sağlığını ve yaşam alanlarını tehdit etmektedir. Hava kirliliğine bağlı hastalıklar nedeniyle yalnızca ülkemizde yılda en az 50.000 kişi hayatını kaybetmektedir. Fosil kaynakların tüketimi sonucunda, yaşam süresinin kısılmasından yaşam kalitesinin azalmasına, denizlerin ısınmasından kuraklığa, eşitsizliklerin artmasından enerji yoksulluğu ve yoksunluğuna kadar birçok toplumsal maliyet ortaya çıkmaktadır. Dünya Bankası'nın yaptığı projeksiyonlara göre gelecek 10 yıl içerisinde 100-140 milyon kişinin iklim değişikliği krizleri nedeniyle zorunlu olarak göç etmesi öngörülmektedir (TMMOB, 2019).

Dünyanın yaşanabilir bir geleceğe sahip olması için karbon salınımı seviyelerini düşürmek gerekmektedir. Bu bağlamda 2000'li yılların öncesindeki salınım seviyelerine ulaşmak hedeflenmektedir. Enerjisiz bir dünya mümkün değildir. Ancak, sonsuz enerji kaynaklarına sahip olunsu bile bugünkü tüketim alışkanlıkları devam ettiği sürece gelecekte yaşanabilecek bir dünya söz konusu olmayacaktır. Yani arz güvenliği sorunu tamamen ortadan kalkmış olsa bile çevresel riskler dünya için tehdit olmaya devam edecektir. Dolayısıyla enerji politikalarının odaklanması gereken en önemli nokta sürdürülebilir bir enerji geleceği inşa etmektir. Bunun dünyaya ek bir maliyeti olacaktır çünkü bu dönüşüm büyük çapta yatırımların yapılmasını gerektirmektedir. Bu bağlamda enerji kaynakları, çevresel etkileri açısından yeniden ele alınmaktadır.

İklim değişikliği sorununa ülkelerin yaklaşımları gelişmişlik seviyelerine göre farklılık gösterebilmektedir. Gelir düzeyi düşük olan gelişmekte olan ülkelerde çevreden ziyade altyapı, eğitim ve işsizlik gibi ekonomik ve sosyal sorunlar daha önemli görülmekte, iklim değişikliği gibi çevresel sorunlar ise arka plana atılmaktadır. Belirli bir ekonomik kalkınma seviyesinin üzerine çıkmış gelişmiş ülkeler ise sanayi faaliyetlerini yavaşlatmayı göze alarak iklim değişikliği sorunu ile mücadelede ekonomik dönüşümler hedeflemekte ve uygulamaktadırlar. Gelir düzeyi ile çevre kirliliği arasında ters U şeklindeki bu ilişkinin varlığı literatürde "Çevresel Kuznets Eğrisi" olarak bilinmektedir. Dolayısıyla ülkelerin gelir düzeyleri arttıkça çevreyi korumak için alacakları önlemlere daha çok kaynak ayırabildikleri görülmektedir (Erdal & Karakaya, 2012).

Çevre güvenliğini ön planda tutarak enerji politikalarını şekillendirmeye başlayan ülkelerin ilk hedefi enerji ihtiyaçlarını çevreyi daha az kirleten enerji kaynaklarından karşılamak olmaktadır. Enerji kaynaklarının kullanılması çevresel etkileri bakımından birçok farklılıklar içermektedir.

Nükleer enerji karbon salınımına yol açmayan bir kaynak olduğundan iklim değişikliği sorununa çözüm olabilme potansiyeline sahiptir. Ancak nükleer enerji kullanımının önünde birçok ülkedeki teknolojik bilgi birikimi eksikliği, sınırlı uranyum rezervleri, reaktör çalıştırma, atıkları depolama ve yok etme gibi sorunlar bulunmaktadır. Bu sorunların çözülmesi halinde bile dünya elektrik talebinin nükleer enerjiyle karşılanması reaktör sayısında en az 5 kat artış anlamına gelmektedir. Bu artışın kısa vadede gerçekleşmesi mümkün olmamakla birlikte kaza risklerinin artması, nükleer silahlanmanın teşviki ve güvenlik tehditlerinin artması gibi yeni sorunlar ortaya çıkabileceğinden, nükleer enerjinin küresel ısınmayla mücadelede tek çözüm olması mümkün değildir. Aynı şekilde geleceğin enerji yakıtı olacağı iddia edilen hidrojenin de enerji kaynağı olarak kullanılmasının önünde termodinamik ve kavramsal sorunlar ile uygulama sorunları olduğundan yakın gelecekte kullanılması pek mümkün gözükmemektedir. Fosil yakıtların da yol açtığı çevresel tahribat oldukça net olduğundan dolayı dünyanın elinde en uygun enerji kaynağı olarak yenilenebilir enerji kalmaktadır (Satman, 2007). Yenilenebilir enerji kaynakları hem enerji çeşitliliğinin artırılması hem de fosil yakıtlara olan bağımlılığın azaltılması ve dolayısıyla ekonomik risklerin azaltılması açısından oldukça önemlidir. Teknolojik gelişmelerle birlikte giderek daha cazip hale gelen yenilenebilir enerji kaynaklarının en büyük dezavantajı yüksek maliyetleridir. Dolayısıyla, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaşmasında devlet politikaları belirleyici olmaktadır. Devletlerin yenilenebilir enerji kullanımını destekleyen birçok politika aracı bulunmaktadır (Yurdadoğ & Tosunoğlu, 2017).

İklim değişikliğine karşı savaşta en önemli silah olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ve sürdürülebilir enerji güvenliğinin sağlanması için teknoloji yatırımlarının artırılması gerekmektedir. Dolayısıyla daha güvenli bir dünya ve enerji geleceği için Ar-Ge yatırımlarının sürdürülmesi ve artırılması anahtar niteliğindedir. Dünyada bu noktaya doğru bir yönelim olduğu gözlenmesine rağmen yapılan projeksiyonlar bugünkü yatırımların belirlenen hedeflere ulaşmada yeterli olmadığını

göstermektedir. Sonuç olarak, enerji politikaları çevre politikalarıyla birlikte ele alınmadığı sürece enerji güvenliğinin sağlanması ve sürdürülebilir bir enerji politikasının oluşması mümkün olmayacaktır.

1.3.3. Enerji verimliliği

1980'lerin sonu ile 1990'ların başı arasında ortaya çıkan liberalizasyon ve özelleştirmelere doğru gerçekleşen hareketin de doğruladığı gibi, politika seçimlerini yönlendiren kriterlerin daha çok enerji verimliliğine yönelik olduğu görünmektedir (Prontera, 2009).

Enerji verimliliği, giderek artan enerji tüketimi sonucunda özellikle hem enerji fiyatlarının artması hem de çevre kirliliğinin gündeme gelmesiyle birlikte, enerji güvenliğini sağlayabilmek için kullanılan araçlardan biri haline gelmiş ve enerji politikalarının önemli bir parçası olmuştur.

Birleşik Krallık İklim Değişikliği Komitesi'ne göre, karbon emisyonlarını azaltmanın iki temel yolundan biri enerji verimliliğidir. Avrupa Komisyonu'nun iklim ve enerji kapsamında belirlediği temel hedeflerden biri enerji verimliliğini %27 arttırmaktır. Uluslararası Enerji Ajansı'na göre enerji verimliliği, gelecek için güvenli, güvenilir, uygun fiyatlı ve sürdürülebilir bir enerji sistemi sağlamanın anahtarıdır. Enerji güvenliği, çevresel ve ekonomik zorlukları aşmanın en hızlı ve en az maliyetli yoludur (Shove, 2018).

Literatürde enerji verimliliği ya da enerji etkinliği ve enerji yoğunluğu kavramları birbirlerinin yerine kullanılabilmektedir. Enerji verimliliği ya da etkinliği, üretim kalitesi ve miktarında herhangi bir düşüş olmaksızın, birim hizmet veya ürün miktarı başına enerji tüketiminin azaltılması anlamına gelmektedir (Doğan & Yılankırkan, 2015). Yani daha az enerji kullanarak aynı miktarda çıktı elde etmeyi ifade etmektedir. Ürün çıktısı/enerji girdisi şeklinde ölçülmektedir. Örneğin, endüstriyel sektörde enerji verimliliği, bir ton ürün elde etmek için gereken enerji miktarı ile ölçülebilir (Patterson, 1996, s. 377). Enerji verimliliği teknoloji ve üretim yöntemlerine bağlıdır. Enerji yoğunluğu ise, GSYH başına enerji miktarını ifade etmektedir ve enerji etkinliğinin ekonomik ölçütüdür. Yani her bir birim ekonomik çıktıyı elde etmek için gereken enerji miktarını ifade etmektedir (IEA, 2006, s. 177).

Enerji geliştiren teknolojiler, sistemler ve uygulamalar enerji ihtiyaçlarının azaltılmasına ve enerji güvenliğinin arttırılmasına yardımcı olmaktadır. Bir ekonominin enerji yoğunluğunu azaltmak, ihtiyaç duyduğu enerji miktarını azaltarak enerji güvenliğini arttırabilir. Örneğin, elik üretimi gibi enerji yoğun bir endüstri, daha az enerji yoğun olan bir endüstriye kıyasla, enerji kesintilerinden veya yüksek enerji fiyatlarından olumsuz etkilenecektir (Ang, Choong, & Ng, 2015). Enerji güvenliği sorunuyla mücadele edebilmek için temel politika enerji verimliliğini arttırmak ve enerji yoğunluğunu azaltmak olmalıdır (Kemmler & Spreng, 2007).

Gelişmiş lkeler, gelişmekte olan ülkelerden çok daha düşük enerji girdisi kullanarak aynı gayri safi hasılayı elde edebilmektedir. Dolayısıyla gelişmekte olan ülkeler enerji politikalarını sanayi ve ulaşım politikaları ile uyumlu bir şekilde tasarlamalı ve enerji yoğunluğunu azaltacak önlemleri almalıdır (Pamir, 2005).

Enerji verimliliği ve tasarrufu kavramları da birbiriyle karıştırılmamalıdır. Enerji tasarrufu daha az enerji tüketen mal ve hizmet kullanarak yakıt tasarrufu yapmak iken; enerji verimliliği aynı bir mal ve hizmet seviyesine ulaşmak için daha az enerji veya daha fazla mal ve hizmet elde etmek için aynı miktarda enerji kullanmaktır. Örneğin; kışın kombi derecesini düşürüp daha kalın giyinmek enerji tasarrufuyken, enerji verimliliği kombi derecesini düşürmeden evi aynı derecede ısıtabilecek koşulları sağlamaktır (Schwarz, 2018). Ancak enerji verimliliğinin bir parçası da enerji tasarrufudur. Tasarrufları arttırarak enerji verimliliğini arttırmak mümkündür. Enerji verimliliğindeki artış çıktı birim başına kullanılan enerjiyi azaltarak, ithalatı azaltır, kaynak tüketimini yavaşlatır, çevresel tahribatı ve maliyetleri azaltır (şimşek, 2011).

Enerji verimliliği ticaret, endüstriyel rekabet, enerji güvenliği ve CO2 emisyonlarının azaltılması yoluyla çevrenin korunması gibi birçok konuda fayda sağlamaktadır. Sürdürülebilir enerji politikası için olmazsa olmaz bir faktördür (Patterson, 1996). Aynı zamanda bütçe ve ekonomiye katkıları sayesinde sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasına da yardımcı olur. Enerji verimliliğinin sağlanması sonucunda hem enerji tasarrufuyla birlikte para tasarrufu yapılması hem de enerji kullanımıyla ortaya çıkan olumsuz dışsalılıkların azaltılması mümkündür. Enerji verimliliği ekonomiler için oldukça düşük maliyetli enerji kaynağı sunmaktadır. Ancak bunun önünde ekonomik, kurumsal, siyasi ve sosyal bazı engeller bulunmaktadır. Bu engellerin aşılabilmesi için kapsamlı ve yenilikçi bir yaklaşım geliştirebilen kamu enerji politikaları uygulanması

gerekmektedir. Devletin, enerji verimliliğini teşvik etmek için piyasaya müdahale etmesinin önemli gerekçeleri vardır (Allcott & Greenstone, 2012). Bu bağlamda ulusal (devletler) ve uluslararası (AB) çapta enerji verimliliğinin teşvik edilmesi amacıyla çeşitli düzenlemeler yapılmaktadır.

1.3.4. Enerji fiyatları

Kamu enerji politikalarını etkileyen diğer bir faktör enerji fiyatlarıdır. Enerji fiyatlarının güvenilirliği enerji güvenliği açısından oldukça önemlidir. Enerji fiyatlarındaki beklenmedik bir yükseliş enerji ithalatçısı ülkelerde, beklenmedik bir düşüş ise enerji ihracatçısı ülkelerde hem ekonomik hem de sosyal açıdan yıkıcı sonuçlar doğurabilmektedir. Bu sonuçların şiddeti ülkelerin gelişmişlik seviyelerine göre değişmekle birlikte, en gelişmiş ülkeler dahi enerji fiyatlarındaki dalgalanmalardan etkilenmektedir.

Piyasada fiyat, talep ve arz için bir dengeleme mekanizması işlevi görmektedir. Bu nedenle fiyatlar ekonomideki etkilerin bir ölçüsü olarak kabul edilmektedir. Fiyatlar ekonomideki bir kıtlığı yansıtabildiklerinden dolayı enerji kaynaklarının mevcut durumu hakkında da bilgi verebilmektedir. Enerji fiyatları arasında petrol fiyatları her zaman kritik bir öneme sahip olmuştur. Her ne kadar petrol fiyatları spekülasyonlar ve kısa vadeli kıtlıklar gibi faktörlerden etkilenebilse de dünyada çok önemli bir acil durum göstergesi olarak kabul edilmektedir (Kruyt, van Vuuren, de Vries, & Groenenberg, 2009)

Geçmişte petrol fiyatlarında yaşanan dalgalanmaların sonuçları bilinmektedir. Sanayileşmiş ülkeler dünya petrol tüketiminde hala önemli bir paya sahip olsa bile, gelişmekte olan ülkelerin enerji tüketim oranları diğer kaynaklardan ziyade petrole daha çok bağımlı olduklarını göstermektedir. Yani gelişmekte olan ülkeler, ekonomilerinin boyutlarına oranla, gelişmiş ülkelere göre çok daha fazla petrol tüketmektedir. Ayrıca, gelişmekte olan ülkeler kullandıkları petrolün çok büyük bir kısmını ithalat yoluyla aldıkları için yaşanan fiyat şoklarından daha olumsuz etkilenmektedir. Dünyada ikinci en çok tüketilen enerji kaynağı olan doğal gaz fiyatlarının da %80 oranında petrol fiyatlarına bağımlı olduğu düşünüldüğünde, fiyat dalgalanmalarının ekonomiler üzerinde meydana getireceği etki daha net anlaşılmaktadır (Uğurlu, 2009, s. 117-118). Ancak petrol fiyatı global çapta belirlenirken doğal gaz fiyatının boru hatları, bölgesel özellikler ve

taşımadaki engeller nedeniyle zaman zaman bölgeden bölgeye değişim gösterebildiğini de belirtmek gerekmektedir (Dahl, 2004, s. 363).

Enerji fiyatlarındaki dalgalanmaların ülke ekonomilerine ve enerji politikalarına doğrudan bir etkisi söz konusu olmaktadır. Fiyatlarda yaşanan hızlı yükseliş ya da düşüşler ülkeleri enerji politikalarını gözden geçirmek zorunda bırakmaktadır. Petrol krizi sonucunda enerji fiyatlarındaki ani yükseliş, ülkelerin ekonomik büyümeleri olumsuz etkilenmiş ve ülkeleri enerji tasarruflarını ve kaynak çeşitliliklerini arttırmaya yönlendirmiştir.

NATO da bir siyasi ve güvenlik örgütü olmasına rağmen, ekonomik krizlerin güvenlik açısından sonuçları olabileceği gerekçesiyle 2008 yılından bu yana enerji alanını yakından takip etmektedir. Bir ekonomik krizin sermaye daralması ve fiyatları düşürmesi gibi etkilerinin birlikte gerçekleşmesi halinde hem şimdiye kadar dünyada kurulmuş enerji ağlarının hem de enerji çeşitliliğinin bundan olumsuz etkilenmesi kaçınılmaz olmaktadır (Bouchez, 2009). Söz konusu endişelerden anlaşılacağı üzere, maliyetlerde herhangi bir değişiklik olmaksızın enerji fiyatlarında bir düşüş olması halinde enerji sektöründeki yatırımlar azalacaktır. Bu da mikro ya da makro enerji güvenliğini sağlamak için kaynak çeşitliliğini arttırmak isteyen ülkelerin izlediği enerji politikalarını olumsuz etkileyecektir.

1.3.5. Dış politika

Enerji politikaları küreselleşmeyle beraber çok boyutlu bir hale gelmiştir. Yukarıda da anlatıldığı gibi enerji politikaları jeopolitik, ekonomik ve çevresel faktörlerden etkilenmesinin yanı sıra politik faktörlerden de etkilenmektedir. Dış politikanın çeşitli yönleriyle olan ilişkisi nedeniyle uluslararası ilişkilerde stratejilerin belirlenmesinde önemli bir unsur olmuştur. Ülkeler dış politikalarını belirlerken en çok üzerinde durdukları konu uluslarının enerji güvenliğini sağlamaktır.

Hatta günümüz şartlarında hiçbir ülkenin enerji güvenliğini kendi başına sağlaması mümkün değildir. Dolayısıyla enerji talep eden gelişmiş ülkelerin izledikleri dış politikalar, uzun yıllar bağımlı oldukları enerji arz eden ülkelerin ve transit coğrafyaların güvenliğine destek olmalıdır (Ediger, 2007). Enerji kaynakları üzerinde hakimiyet kuran ülkeler dünya enerji politikalarını belirleyen en önemli aktörlerdir. Bu ülkeler enerjinin verdiği güce dayanarak dış politika yürütmekte olduğundan, enerji piyasalarını kontrol

etmenin yanı sıra, enerjide dışa bağımlı ve stratejik gücü yüksek olmayan ülkeler açısından bir dış tehdit oluşturmaktadır. Çünkü, enerji piyasasındaki fiyat hareketlilikleri ya da arzındaki düşüşler, enerjide dışa bağımlı ülkelerin ekonomilerinde krize varabilecek olumsuz sonuçlar doğurmaya gebe dir. Enerjide dışa bağımlı ülkeler dış politikada da serbestçe hareket edememektedir. Dolayısıyla ülkelerin dış politikalarında enerji politikalarının yeri büyüktür (Çepik, 2015).

Dünyada son yüz yıl içerisinde dış politikada yaşanan önemli gelişmelere bakıldığında birçoğunun enerji politikalarıyla etkileşim halinde gerçekleştiği görülmektedir. I. Dünya Savaşı'nın ardından İngiltere'nin Orta Doğu'ya yerleşmesi, II. Dünya Savaşı sonrasında başlayan bir Soğuk Savaş Dönemi, 1950'li yıllarda petrol şirketlerinin millileştirilmesi, OPEC'in kurulması, petrol şirketlerinin küresel ölçekli şirketler haline gelmesi, 1970'lerdeki petrol krizi sonrasında gerçekleşen Sovyet Sosyalist Cumhuriyeti Birliği (SSCB)'nin dağılması, Körfez Savaşları, 11 Eylül terör saldırısı, ABD'nin Irak ve Afganistan'a düzenlediği askeri hareketler, Rusya'da Putin'in, İran'da Ahmedinecad döneminin uluslararası politikada etkili olması, Rusya'nın Gürcistan ve Ukrayna'ya askeri saldırıları, Sudan'ın bölünmesi ve Arap Baharı gibi gelişmelerin tamamı ya enerji sorunları nedeniyle yaşanmış ya da enerji politikalarında değişikliklere neden olmuştur (Deniz, 2014, s. 30).

Rusya OECD ve AB ülkelerinin doğal gaz ihtiyacının ciddi bir kısmını (yaklaşık dörtte biri) tek başına karşılamaktadır. Ayrıca Suudi Arabistan'dan sonra dünyanın ikinci en büyük petrol üreticisi ve ihracatçısıdır (Çelikpala, 2014). En çok talep edilen enerji kaynaklarındaki hakimiyeti, Rusya'ya dış politikada büyük avantajlar sağlamaktadır. Dolayısıyla ABD ve AB gibi dünyada söz sahibi ülkeler, Rusya ile kurduğu enerji merkezli dış ilişkilere ve dış politikalarına enerji güvenliği endişeleri nedeniyle her zaman temkinli yaklaşmaktadır.

Dünyada enerji güvenliğini tehdit eden birçok unsur bulunmaktadır. İster enerji üreticisi ister tüketicisi ister transit coğrafyada yer alan tüm ülkeleri ve aynı zamanda çevreyi tehdit eden bu unsurlar; siyasi istikrarsızlık, ekonomik krizler, bölgesel riskler, teknolojik sorunlar, terörizm, siber saldırılar, çevre şartları, mevzuat uyumsuzlukları ve fiziksel güvenlik zaaflarıdır. Bunlar bir yandan da gerçekleştikleri bölgelerde bulunan ülkelerin ulusal güvenliğini tehdit eden unsurlar olarak dikkat çekmektedir. Enerji politikalarının tehdit unsurları farklı olay ve şartları tetikleyerek ulusal güvenliği de tehdit

edebilen durumlara evrilebilmektedir (Tuğrul, 2017). Bu nedenle kamu enerji politikaları ile dış politikalar arasında karşılıklı bir etkileşim söz kousu olmaktadır.

Dolayısıyla enerji güvenliği konusu aynı zamanda ulusal ve küresel güvenliği sağlamanın da bir parçası olduğundan, enerji politikaları özel sektöre ve serbest piyasa rekabetine bırakılamayacak kadar önemli ve hassas bir konudur.

1.3.6. Uluslararası kuruluşlar

Dünya Enerji Konseyi (WEC), Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA), Ekonomik Kalkınma ve İş Birliği Örgütü (OECD), Avrupa Güvenlik ve İş Birliği Teşkilatı (OSCE), Kuzey Atlantik Antlaşması Örgütü (NATO) vb. birçok uluslararası kuruluş ve sivil toplum örgütü dünya enerji politikalarını etkileyen faktörler arasında yer almaktadır. Bu kuruluşlardan bazıları doğrudan enerji politikalarına yön vermek amacıyla kurulmuşken, bazıları ise dolaylı yoldan enerji politikalarına yön vermektedir.

Enerji alanında en büyük sivil toplum kuruluşlarından biri olan Dünya Enerji Konseyi, 1923 yılında 40 ülkenin bir araya gelmesiyle küresel enerji endüstrisinin karşılaştığı sorunlarla mücadele etmek amacıyla kurulmuştur. Bugün yaklaşık 90 ülkede 3000'den fazla üye kuruluşuyla geniş bir küresel enerji ağına sahiptir. Misyonu sürdürülebilir bir enerji geleceği inşa etmektir. Bunun için enerji güvenliği, eşitlik ve çevre konularına odaklanmaktadır (World Energy Council, 2021).

IEA, 1973 yılında gerçekleşen petrol krizinde, sanayileşmiş ülkelerin petrol fiyatlarını yükselten ve ambargo uygulayan büyük üreticilerle başa çıkmak için yeterli güce ve donanımına sahip olmadığının anlaşılması üzerine, enerji güvenliğini sağlamak ve enerji politikalarında iş birliğine gitmek amacıyla 1974'te kurulmuştur. Bugün 30 üye ve 8 işbirlikçi ülkeden oluşan ve küresel enerji tartışmalarının merkezinde yer alan IEA için enerji güvenliği temel bir misyon olmaya devam ederken, elektrik güvenliğinden yatırımlara, iklim değişikliğinden hava kirliliğine, enerji erişiminden verimliliğe birçok çeşitli konuya da odaklanmaktadır. IEA, arz güvenliği, uzun vadeli politika, bilgi şeffaflığı, enerji verimliliği, sürdürülebilirlik, araştırma ve geliştirme, teknoloji ve uluslararası enerji ilişkileri gibi çeşitli konularda enerji iş birliğinin sağlanması için ana uluslararası forum görevi üstlenmektedir. IEA, ülkelerin herkes için güvenli ve sürdürülebilir enerji sağlamasına yardımcı olmak için analizler, veriler, politika önerileri

ve çözümleri sağlayarak enerji konusundaki küresel diyalogun merkezinde yer almaktadır. IEA, enerjinin güvenilirliğini, satın alınabilirliğini ve sürdürülebilirliğini arttıran politikalar önermektedir (International Energy Agency, 2021).

Birleşmiş Milletler (BM)'e bağlı olan Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı ise, 1957'de nükleer teknolojinin keşfi ve kullanımının yarattığı derin endişeler sonucunda kurulmuştur. “Barış için atom” sloganıyla kurulan IAEA, güvenli, emniyetli ve barışçıl nükleer teknolojileri teşvik etmek için üye devletleri ve dünya çapındaki çok sayıda ortağıyla çalışmalarını sürdürmektedir (International Atomic Energy Agency, 2021).

OECD, 1961 yılında ekonomik gelişmeyi ve dünya ticaretini canlandırmak amacıyla kurulmuştur. Dünyadaki yaşam standartlarını herkes için daha iyi hale getirmek için politikalar oluşturmaya çalışan uluslararası bir organizasyondur. Amacı, herkes için refah, eşitlik, fırsat ve refahı teşvik eden politikalar oluşturmaktır. Hükümetler, politika yapıcılar ve vatandaşlarla birlikte, kanıta dayalı uluslararası standartlar oluşturmak ve bir dizi sosyal, ekonomik ve çevresel zorluklara çözümler bulmak için çalışmaktadır. Ekonomik performansı iyileştirmek ve istihdam yaratmaktan güçlü eğitimi teşvik etmeye ve uluslararası vergi kaçırma ile mücadele kadar, veri ve analiz, deneyim alışverişi, en iyi uygulama paylaşımı ve kamu politikaları ve uluslararası standart belirleme konusunda tavsiyeler için benzersiz bir forum ve bilgi merkezi oluşturmuştur (OECD, 2021) OECD, doğrudan enerji alanına yönelik politikalar oluşturmak için kurulmuş olmasa da, IEA'nın kuruluşunda oynadığı rol nedeniyle sonrasında oluşturulan enerji politikalarında önemli bir etken olmuştur. Çünkü temel politikalarında eşitliği esas alan OECD için enerji alanındaki sorunların çözülmesi kritik bir öneme sahiptir.

1944'te kurulan Dünya Bankası (WB), 1945'te kurulan Birleşmiş Milletler (BM), 1949 yılında kurulan NATO, 1961'de kurulan Doğal Hayatı Koruma Vakfı (WWF), 1975 yılında kurulan OSCE, 1988 yılında kurulan Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) ve 2015'te kurulan Enerji Dönüşümü Komisyonu (ETC); gerek çevrenin, gerek ekonomilerin gerekse enerji güvenliğinin sağlanmasında ve dolayısıyla enerji politikalarının belirlenmesinde etkileri olan diğer uluslararası kuruluşlar, sivil toplum örgütleri ve organizasyonlar arasında yer almaktadır.

1.4.Kamunun Enerji Alanına Müdahalede Kullandığı Araçlar

Modern enerji politikaları; enerji güvenliğinin sağlanması, enerjinin etkin ve verimli kullanılması, enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve çevrenin korunması amaçlarının gerçekleştirilmesine yönelik olarak tasarlanmaktadır. Daha doğru bir ifadeyle, devletler bu amaçların gerçekleşebilmesi için çeşitli araçlarla enerji alanına müdahalelerde bulunmaktadır. Bu doğrultuda ulusal ve uluslararası boyutta kullanılan çeşitli kamu müdahale araçları bu başlık altında incelenecektir. Enerji politikaları ekonomi politikasından, güvenlik politikasından, dış politikadan ve çevre politikasından bağımsız düşünülmemektedir. Dolayısıyla her politika aracı diğer amaçlarla da yakından ilişkili olabilmektedir.

Enerji alanı çeşitli nedenlerle rekabetçi piyasanın gerekliliklerini sağlayamamaktadır. Bu nedenlerden en başta gelen dışsallıklar ve doğal tekel özelliği düzenleyici politikaları ve devlet müdahalesini gerekli kılmaktadır. Bunların yanı sıra, modern dünyada enerjinin kritik önemi, sosyal ve ekonomik konular, eşitlik ve güvenlikle ilgili sorunlar nedeniyle de devlet enerji alanını tamamen piyasaya bırakamamaktadır. Son yıllardaki liberalleşme akımına rağmen hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde devletin enerji alanındaki varlığı devam etmektedir. Devletler enerji sektörünün işleyişini kontrol edebilmek için çok sayıda araç kullanmaktadır (Bhattacharyya, 2011, s. 294).

Yapılan incelemelerde ülkelerin enerji politikası amaçlarına ulaşabilmek için politika araçlarını çoğunlukla yenilenebilir enerjiyi teşvik için kullandıkları görülmektedir. Ayrıca fosil yakıtların kullanımını caydırıcı birtakım mekanizmalar da mevcuttur.

Yenilenebilir enerjide ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle kamu çeşitli araçlar kullanarak bu alana yatırımları arttırmayı hedeflemektedir. Bu kapsamda hazırlanan mevzuatlarla teşvik mekanizmaları oluşturularak finansman risklerini ve yatırım maliyetlerini azaltıcı politikalar uygulanmaktadır (Akdağ & Gözen, 2020). Günümüzde hükümetler tarafından enerji alanında üstlenilen mevcut çabaların çoğu yenilenebilir enerji yatırımını daha elverişli hale getirmeyi amaçlamaktadır. Yenilenebilir enerjileri teşvik etmek için kullanılan araçlar ve alınan önlemler; yenilenebilir enerji kullanımına ve/veya üretimine yönelik sübvansiyonlar, hibeler veya vergi indirimleri yoluyla mali teşvikler sağlamak ya da diğer yakıtlar için karbon vergisi gibi mali

caydırıcılar uygulamak; yenilenebilir elektrik üretimi için garantili piyasalar oluşturmak ve/veya uygun fiyatlar belirlemek, yenilenebilir enerji teknolojilerinin kullanımını ve gelişimini arttırmak için yapılacak Ar-Ge yatırımlarının devlet tarafından finanse edilmesi; yenilenebilir enerji teknolojisi performansı, kullanılabilirliği ve teşvikleri konusunda farkındalığı arttırmak için bilgilendirme etkinlikleri ve eğitimler düzenlenmesi; enerji kullanımı, çevresel etkiler veya enerji sistemlerinin konumlandırılmasına ilişkin regülasyonlar ve standartlar belirlenmesi; ulusal bazda yenilenebilir enerji geliştirme için özel planlar ve/veya yenilenebilir enerji kullanımı için hedefler belirlenmesi; genellikle hükümetler ile endüstriler ya da kamu hizmetleri arasındaki gönüllü programlar oluşturmak ve yeşil fiyatlandırma politikaları oluşturmak olarak ifade edilebilir (Ellis & Peake, 1996, s. 1176).

Yenilenebilir enerji kullanımının arttırılmasına yönelik politikalar, örneğin sübvansiyonlar veya Ar-Ge harcamaları genellikle kamu enerji bütçeleri tarafından karşılanmaktadır. Ancak, böyle bir politikanın faydaları gizli, niteliksel veya ölçülmemiş olabilmektedir. Yenilenebilir enerji politikalarının başarı değerlendirilmesi birkaç politika hedefinin karıştırılabileceği gerçeği nedeniyle de karmaşıktır. Örneğin, biyoyakıt sübvansiyonları yoluyla çiftçilerin gelirini arttırmak bir ülkenin gıda üretim kapasitesini korumaya, bölgesel kalkınmayı desteklemeye, kırsal istihdam seviyelerini korumaya ve CO2 emisyonlarını azaltmanın yanı sıra yenilenebilir enerji kullanımını arttırmaya yardımcı olabilmektedir. Diğer yenilenebilir enerji programları, teknoloji ihracat kapasitesini geliştirebilmektedir. Daha fazla yenilenebilir enerji kullanımından kaynaklanan artan enerji güvenliği ve esneklik, hükümetler için de stratejik bir değere sahip olabilmektedir. Bu nedenle hükümetler, bu alandaki faydaları sürdürmek için belirli bir süre boyunca bir prim ödemeyi ve maliyetlere katlanmayı göze almaktadır (Ellis & Peake, 1996, s. 1176).

Kamunun enerji politikalarında kullandığı araçlar düzenleyici politikalar, mali teşvikler ve özelleştirme olarak sınıflandırılabilir.

1.4.1. Düzenleyici politikalar

Dünyada enerji alanında en çok kullanılan düzenleyici politikalar arasında sabit fiyat garantisi, prim garantisi, yenilenebilir portföy standardı, ihale yöntemleri, net ölçüm, emisyon ticaret sistemleri ve diğer regülasyonlar yer almaktadır.

1.4.1.1.Sabit fiyat garantisi

Yenilenebilir enerji kullanımının yaygınlaşmasında devletlerin uyguladığı finansal destekler oldukça önemlidir. Bunların başında yatırım güvenliğini sağlayan önemli bir araç olan tarife garantileri gelmektedir.

Sabit fiyat garantisi, alım garantisi ya da tarife garantisi (feed-in tariffs) yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak üretilen ve elektrik şebekesine dahil edilen her bir birim elektrik enerjisi için üreticilere belirlenen sabit bir fiyattan alım yapılacağı garantisinin verilmesi uygulamasıdır. Bu garantiler yenilenebilir enerji projesinin ömrü dikkate alınarak belirlenmekle beraber genellikle 15-25 yıl için verilmektedir (Energypedia, 2021).

Belirlenen fiyat genellikle ya piyasa fiyatının ya da geleneksel yollarla elektrik üretim maliyetlerinin üzerinde olmaktadır. Hükümetler, tarife garantilerini tasarlarken hem üreticilerin yatırım güvenliğini hem de nihai tüketicilerin tüketim maliyetlerinin azaltılmasını sağlayacak bir denge fiyatı belirlemeye çalışmaktadırlar. Günümüzde, tarife garantileri büyük çoğunlukla her yenilenebilir enerji teknolojisi için üretim maliyetine dayalı olarak hesaplanmakta yani kullanılan teknolojiye göre belirlenmektedir. Bundan sorumlu kuruluşlar (bakanlıklar vs.) yatırım maliyetlerini, şebeke bağlantı maliyetlerini, işletme ve bakım maliyetlerini ve yakıt maliyetlerini içeren açık ve şeffaf bir tarife hazırlamakla yükümlüdür. Fiyat garantileri hesaplamalarında yatırımın riski, maliyeti ve ömrünün yanı sıra, rüzgar enerjisinde yatırımın yapıldığı yer de ölçüt olarak kullanılabilir.

Ülkeler tarafından çokça tercih edilen bir uygulama olan tarife garantisinin kota tabanlı sistemler gibi diğer destek mekanizmalarına göre avantajı, her bir yenilenebilir enerji teknolojisi için özel destek sağlamasıdır. Tarife garantileri verilirken teknolojiye özgü yatırım maliyetleri hesaplandığından yatırım, işletim ve bakım maliyeti daha yüksek olan teknolojiler yüksek garantilerle desteklenebilmektedir. Böylelikle yatırımcıların güneş enerjisi gibi yatırım maliyeti diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre daha yüksek olan ancak orta ve uzun vadede büyük potansiyele sahip teknolojilere yönelmesinin önü açılmaktadır. Ayrıca uzun süreler için verilen ve satın alma yükümlülüğü içeren tarife garantileri yatırım risklerini oldukça azaltmaktadır. Diğer yandan tarife garantileri, işleyişin bazı ülkelerde tamamen bazı ülkelerde kısmen serbestleşen enerji piyasasının ilkelerine uygun olmadığı, fiyatları sabitleme fikrinin

devlet tekelci piyasalarla ilişkili olduğu, talebe bakılmaksızın üretilen tüm enerjinin satın alınma garantisi verilmesinin şebeke işletme maliyetlerini arttırabileceği gibi gerekçelerle eleştirilebilmektedir (Jacobs, 2009, s. 9-12).

1.4.1.2.Prim garantisi

Prim garantisi (premium feed-in tariffs), sabit fiyat garantisine göre serbest piyasa ile entegrasyonu daha yüksek bir uygulamadır. Prim garantisi desteğinde, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak elektrik üreten üreticiler satışlarını piyasada yapmakta, yaptıkları her birim satış üzerinden devletten prim almaktadırlar. Prim miktarı ülkeye, enerji üretiminde kullanılan teknolojiye, üretim hacmine, tesisin büyüklüğüne ve konumuna göre farklılık gösterebilmektedir. Prim miktarı piyasa fiyatına bağımlı ya da piyasa fiyatından bağımsız (sabit) olmak üzere iki şekilde belirlenebilmektedir. Prim miktarının piyasa fiyatından bağımsız belirlenmesi daha kolay olmasına rağmen, fiyatın yüksek olması durumunda fazla prim ödemesi yapılması, fiyatın düşük olması halinde ise yatırım maliyetlerini karşılamayacak miktarda yetersiz prim ödemesi yapılması risklerini barındırmaktadır. Bu nedenle, prim miktarının sabit bir fiyatın yanı sıra toplam piyasa satış bedeli için bir alt ve üst sınır belirlenerek uygulanması tercih edilmektedir. Piyasa fiyatı belirlenen miktarın altına düşerse firmalara ek sübvansiyon yapılmakta, üstüne çıkarsa sübvansiyon azaltılmaktadır. Değişken prim miktarı uygulamasında ise, belirli bir süre boyunca üretimde kullanılan teknolojiye özgü olarak tespit edilen bir piyasa fiyatı ortalaması ile referans tarife (mevcut prim garanti miktarı) arasındaki farkı belirlemek üzere sürekli olarak hesaplama yapılmaktadır. Eğer piyasa fiyatı referans tarifeden yüksekse prim ödenmemektedir (Energypedia, 2021). Devletler piyasa fiyatını tahmin ederken şirketlerin beklenmedik karlar elde etmemesi ve hazinenin ise beklenmedik maliyetlerle karşılaşmaması için dikkatli olmalıdır. Örneğin, akaryakıt fiyatlarının değişken olduğu zamanlarda elektrik fiyatlarını tahmin etmek giderek zorlaştığından bir tavan ve taban belirlenmesi riski düşürecektir (Jacobs, 2009, s. 11).

Prim garantileri, yenilenebilir enerji üreticilerine talep yükselmesi ya da diğer enerji kaynaklarından üretimin düşmesi gibi piyasadan gelen fiyat sinyallerine hazırlıklı olma ve üretimlerini arttırma konusunda destek sağlamaktadır. Bu sayede üreticilerin piyasaya entegrasyonuna katkıda bulunarak elektrik arz ve talebinin daha dengede olmasını sağlamaktadır. Taban fiyat uygulamaları ise yenilenebilir enerji yatırımcıları için riskleri azaltmakta ve yatırım güvenliğini arttırmaktadır. Bu durum belirlenen referans tarifesinde

ödeme garantisi veren değişken prim miktarı uygulamasında da geçerlidir. Ancak, piyasa tabanlı prim garantileri biyokütle ve jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynakları için çok uygunken (aktarılabılır ve depolanabilir oldukları için), güneş ve rüzgar enerjisi gibi değişken kaynakların arz miktarlarının piyasadan gelen sinyallere göre ayarlanması pek mümkün olmamaktadır. Bunlar için arz dengesi sağlamak isteyen üreticiler ek maliyetlerle karşılaşmakta, bu da prim garantilerinin sağladığı avantajları önemli ölçüde azaltmaktadır (Energypedia, 2021). Ayrıca verilen prim garantileri sabit fiyat garantilerinden daha düşük olduğundan üreticilerin prim garantilerine güveni daha azdır. Bu nedenle sabit fiyat garantisinin daha geniş bir uygulama alanı bulduğu görülmektedir.

Prim garantileri genellikle piyasada elektrik satışı konusunda tecrübe kazanmış büyük enerji üreticilerini desteklemeye yönelik bir uygulamadır. Çünkü evinin çatısında fotovoltaik (PV) güneş paneli bulunanlar gibi küçük üreticiler için işlem maliyetlerinin yüksekliği nedeniyle üretilen elektriği piyasada satmak mümkün değildir. Prim garantileri İspanya, Hollanda, Çekya, Danimarka ve Slovenya gibi birçok Avrupa ülkesinde uygulanmaktadır (Jacobs, 2009, s. 11).

1.4.1.3.Kota bazlı mekanizmalar

Devletler enerji alanına müdahalede kota bazlı mekanizmalar da kullanmaktadır. Bu mekanizmalar aracılığıyla piyasa aktörlerinden en azından birinin (üretici, tüketici ya da tedarikçi) yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak enerji sağlaması (üretim, tüketim ya da satış) zorunlu kılınmaktadır. Piyasa aktörlerinden hangisinin zorunlu tutulacağı ulusal pazarın özelliklerine bağlı olmaktadır. Üreticilerin sorumlu olduğu mekanizmalarda esnekliğini arttırabilmek için belirli miktarda enerji üretme zorunluluğunun yanı sıra diğer üreticilerden satın alma hakkı, yeterli miktar ya da daha fazla enerji üretenlere de satma hakkı verilmektedir. Mekanizma bu nedenle genellikle Takas Edilebilir Yeşil Sertifika (TEYS) programları olarak adlandırılmaktadır. Ancak uygulamaya verilen isim ülkeden ülkeye değişiklik gösterebilmektedir. Genellikle literatürde bu mekanizma gereğince tedarik şirketlerinin elektrik portföyünün belirli bir bölümünü yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlamakla yükümlü olmaları nedeniyle Yenilenebilir Portföy Standartları (YPS) olarak adlandırılır (Jacobs, 2009, s. 5-6). ABD’de YPS adıyla uygulanan bu politikaya uygulama bakımından benzer nitelikte Yenilebilir Enerji Yükümlülüğü (YEY) ve Zorunlu Pazar Payı (ZPP) gibi uygulamalara ve yenilenebilir kota bazlı politikalara rastlanılmaktadır. Bu politikalar Birleşik Krallık’ta

YEEY, Çin’de ZPP ve Avrupa ülkelerinde ise yenilenebilir kotalar olarak adlandırılmaktadır (Mezher, Dawelbait, & Abbas, 2012, s. 316).

Devletlerin enerji alanına müdahalede yenilenebilir enerji kullanımını teşvik amacıyla kullandığı en yaygın araçlardan biri olan YPS, fiyata (pazara) dayalı olan tarife garantisi uygulamalarından farklı olarak miktara dayalıdır. Temel amacı, şirketlerin enerji üretiminde yenilenebilir enerji kaynakların kullanım miktarlarını arttırmalarını sağlamaktır. Bu bağlamda, elektrik üretimi yapan şirketlerin üretimlerinin belirli bir kısmını yenilenebilir enerji kaynaklarıyla yapmalarını zorunlu kılmaktadır. Şirketlere yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak ürettikleri her bir birim enerji için ticarete konu olabilen “yeşil sertifikalar” verilmektedir. YPS’nin tarife garantisi mekanizmalarından bir diğer farkı kendi piyasasının olmasıdır. Yenilenebilir enerji kullanarak elektrik üretimi yapma zorunluluğuna uymayan firmalar oluşan piyasadan yeşil sertifika almak durumundadır. Ayrıca, oluşan piyasa farklı yenilenebilir enerji teknolojileri arasında bir fiyat rekabeti yaşanmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, bazı ülke uygulamalarında belirli yenilenebilir enerji teknolojisi türlerini teşvik etmek için bir kredi çarpanı uygulanmaktadır. AB’de tarife garantileri YPS’den daha yaygın olarak kullanılmasına rağmen ABD’de YPS uygulamaları daha yaygındır. YPS mekanizmasının tasarlanması, uygulanması ve etkileri ülkeden ülkeye farklılık gösterebilmektedir (Abolhosseini & Heshmati, 2014, s. 881-883). Genellikle yenilenebilir enerji kullanılarak üretilen 1 MWh elektriğe 1 yeşil sertifika verilmektedir. Ayrıca, elektrik üretiminde kullanılan teknoloji de verilen sertifika sayısını etkileyebilmektedir. Nehir tipi hidroelektrik santrallerde üretilen elektriğe rüzgar santrallerinde üretilen elektriğe oranla daha çok sertifika verilmesi bu duruma örnektir (Deloitte, 2011, s. 6). YPS sayesinde üreticilere yenilenebilir enerji kaynaklarından elde ettikleri elektriği piyasada satarak elde ettikleri gelirin yanı sıra, aldıkları yeşil sertifikaları oluşan sertifika pazarında satarak ek gelir elde etme imkanı verilmektedir.

YPS uygulamasının enerji alanında dolaşımdaki para hacmini artırması gibi bir avantajı olmasına rağmen, henüz yeni sayılabilecek ve çok yaygınlaşmamış bir sistem olması nedeniyle yatırımcılara diğer uygulamalar kadar güven vermemektedir. Bunun nedenlerinden biri, yeşil sertifika piyasalarında oluşacak fiyatın tahmin edilmesinin zorluğudur (Deloitte, 2011).

Yapılan analizlerde yatırımcıları yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneltme amacı doğrultusunda düşük riski nedeniyle tarife garantisi politikalarının YPS politikasına göre daha başarılı olduğu sonucuna varılmıştır. Dolayısıyla devletlerin yenilenebilir enerji kullanımı teşvikinin ilk aşamalarında tarife garantilerini, kullanım belirli bir seviyenin üzerinde çıktıktan sonraki süreçte ise YPS politikasını tercih etmesinin daha uygun olduğu düşünülmektedir (Abolhosseini & Heshmati, 2014, s. 883). Ayrıca, tek başına tarife garantisi uygulanmasının yerine, YPS ile desteklenmiş bir tarife garantisi politikasının uygulanması daha iyi sonuçlar verecektir (Deloitte, 2011). YPS, yenilenebilir enerji yatırımlarının önündeki en büyük engel olan başlangıçtaki yüksek yatırım maliyetleri için herhangi bir çözüm sunmamaktadır.

Henüz yeni sayılabilecek bir mekanizma olmasının yol açtığı dezavantajlara rağmen YPS, iyi tasarlandığında ve uygulandığında yenilenebilir enerji kullanımının yaygınlaşmasını etkili bir şekilde destekleyebilecek bir araç olduğunu göstermektedir (Tang, Chiara, & Taylor, 2012).

1.4.1.4.İhale yöntemleri

İhale yöntemleri, hükümetlerin belirli bir büyüklüğün üzerindeki yenilenebilir enerji projeleri için bir ihale çağrısı yaptığı ya da açık arttırma mekanizması oluşturduğu miktara dayalı politikalar olarak ifade edilebilir. Bu destek türlerinde yatırımcılara verilen mali destek, toplam yatırım maliyetine (üretim tesisinin kurulu gücüne) ya da birim başına elektrik üretim maliyetine dayalı olabilmektedir (Jacobs, 2009, s. 8).

İhale sistemi veya açık arttırmalar olarak adlandırılan bu yöntemler, yenilenebilir enerji kaynakları kullanarak elektrik üretimi yapan projelere mali destek sağlamayı amaçlayan rekabetçi mekanizmalardır. İhaleler ve açık arttırmalarda hazırlık, duyuru, değerlendirme ve seçme aşamalarının tümü yetkili kamu idareleri tarafından yapılmaktadır. Kazanan projelere veya yatırımcılara verilecek destekler sabit fiyat garantisi, prim garantisi, kapasite ödemeleri, sertifika fiyatları ya da yatırım hibesi şeklinde olabilmektedir. İhale yöntemleri zaman zaman üretimde kullanılan yenilenebilir enerji kaynağına ve teknolojiye göre sınırlandırılabilir. Açık arttırmada değerlendirilen tek kriter teklif edilen fiyat iken, ihale yöntemlerinde ek kriterler de değerlendirilmektedir (Energypedia, 2021). İhale sisteminde yatırımcılar belirli bir süre içinde yenilenebilir enerji kaynakları kullanarak üretecekleri elektriğin maliyetini (kw-saat başına) teklif olarak sunmakta, en düşük maliyeti teklif eden yatırımcı ihaleyi

kazanmaktadır (Jacobs, 2009, s. 8). Açık arttırma statik ya da dinamik şekilde yapılabilir. Statik açık arttırmada katılımcılar tekliflerini rakiplerinin tekliflerini bilmeden kapalı bir şekilde vermekteyken, dinamik açık arttırmada teklifler halka açık olarak sunulmakta ve katılımcılara diğer teklifleri görerek tekliflerini düşürebilme imkanı verilmektedir. Yatırımcılar ihalelere katılabilmek için belirlenen ciro hacmi, finansal sağlamlık ve referans gösterme gibi şartları sağlamanın yanı sıra, projeye ilgili teknik ve ticari gereklilikleri, lisansları ve izinleri de bulundurmak zorundadır. Tüm katılımcılardan ya da yalnızca ihaleyi kazananlardan teminat talep edilmektedir. İhale süreci sonunda seçilen projenin hayata geçirilmemesi ya da gecikmesi durumunda teminata el konulması, sözleşmenin feshi, destek miktarının azaltılması, destek süresinin kısaltılması vb. cezai yaptırımlar uygulanabilmektedir (Energypedia, 2021).

İhale yöntemlerinin en önemli avantajı üreticiler arasında rekabeti sağladığından maliyet etkin politika araçları olmasıdır. İhaleleri en düşük maliyetli teklif kazandığından, projenin topluma ek maliyeti en aza inmektedir. Ayrıca, hükümetler bu yöntem kapsamında üretilen yenilenebilir elektrik miktarı üzerinde doğrudan kontrole sahiptir. Teoride sağladığı önemli avantajlara rağmen ihale yöntemlerinin uygulamasında birçok sorunla karşılaşmaktadır. İhale yöntemlerinin en büyük dezavantajı, destek mekanizmalarının etkinliğinin sınırlı olmasıdır. Rekabetçi ihale süreci nedeniyle, katılımcılar ihaleyi kazanabilmek için çok düşük teklifler verdiğinden dolayı kar elde olanağı azalan projeler genellikle uygulamaya konulmamaktadır. İngiltere’de ihaleyi kazanan tüm projelerin üçte biri çeşitli nedenlerle fiilen uygulanamamıştır. Ortaya çıkan başarısızlık nedeniyle İngiltere 2003 yılında ihale yönteminden vazgeçerek kota mekanizmalarına yönelmiştir. Geçmişte benzer şekilde Fransa’nın da bu yöntemi uygulamayı durdurarak tarife garantisi desteğini uygulamaya başladığı görülmektedir (Jacobs, 2009). Ancak, elektrik tedariği kamu ihaleleri şeklinde yapılan ülkelerde, Kuzey Amerika ülkelerinde ve bazı gelişmekte olan ülkelerde yöntemin başarılı uygulamalarına rastlanmaktadır (Deloitte, 2011, s. 7).

1.4.1.5.Net ölçüm

Yenilenebilir enerji kullanımını teşvik etmek amacıyla uygulanan bir diğer politika da net ölçümdür. Net ölçüm politikaları, çoğu yüksek başlangıç maliyetli yenilenebilir enerji teknolojileri için var olan piyasa engelini kaldırmaya yönelik piyasa temelli teşviklerdir. Genellikle güneş enerjisinden elektrik üretiminde uygulanmakta olan net

ölçüm politikası, genel bir ifadeyle, tüketicilerin bulundukları yerde yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak elektrik üretmelerine ve fazla üretimlerini belirli bir fiyata ulusal şebekeye satmalarına olanak tanımaktadır. Net ölçüm politikasının temel amacı, günün belirli saatlerinde veya mevsimlerde tüketici talebini aşan elektrik üretiminin değerlendirilmesini sağlayarak yenilenebilir enerji teknolojilerine özel yatırım için teşvikler oluşturmaktır. Sistemdeki paydaşlar ulusal şebekeye verilen elektriğin değerini farklı şekilde tanımlasa da, çoğu net ölçüm politikasında sistem sahibi tarafından üretilen enerjinin değerini daha doğru yansıtacak şekilde değerlendirmeye odaklanılmaktadır (Doris vd., 2009, s. 1).

Küçük ölçekli yenilenebilir enerji tesislerine yönelik olan net ölçüm politikasında (Mezher vd., 2012, s. 316), enerji tüketimi ve yenilenebilir enerji üretimi belirli bir süre boyunca ölçülmekte ve dönemin sonunda aradaki fark elektrik faturasını belirlemektedir (Hirvonen vd., 2015, s. 74). Bir başka ifadeyle, elektrik üretimi ve tüketimi bir sayaç aracılığıyla ölçülmekte, tükettiği elektrikten daha fazla elektrik üreten tüketicilere yerel idareler ya da şebeke operatörleri ödeme yapmaktadırlar (Jacobs, 2009, s. 8).

Yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak enerji elde etmenin süreklilik konusunda bazı dezavantajları bulunmaktadır. Düzensiz rüzgarlar nedeniyle rüzgar türbinlerinden ya da hava durumunun değişkenliği nedeniyle güneş panellerinden enerji üretimi bazen yetersiz olmakla beraber bazen de ihtiyaçtan fazla olabilmektedir. Net ölçüm mekanizması, üretimin ihtiyaçtan fazla olduğu durumlarda devreye girmekte, sayaçlarla ölçülen tüketim fazlası üretim faturalandırma esnasında genel tüketimden düşülmektedir (Selvi, 2015, s. 218). Net ölçümün uygulama kolaylığı ve ilk uygulama sonrası denetim gerekliliğinin az olması bu mekanizmayı çoğu politika yapıcı için cazip hale getirmektedir (Doris vd., 2009, s. 1). Belçika, Danimarka, Yunanistan, İtalya, Letonya, Macaristan ve Hollanda gibi AB ülkeleri birçok yenilenebilir enerji kaynağı için net ölçüm sistemini kullanmaktadır (Selvi, 2015, s. 218).

1.4.1.6.Emisyon ticaret sistemleri

Kyoto Protokolünün ana mekanizmalarından biri olan emisyon ticareti ya da karbon ticareti fosil yakıtların tüketimi sonucunda ortaya çıkan sera gazlarını azaltmak için kullanılmaktadır. Birçok ülkede uygulanmakta olan emisyon ticaret sistemleri, proje ya da piyasa temelli ve gönüllü ya da zorunlu olabilmektedir (Binboğa, 2014, s. 5743). Bu

başlık altında dünyanın ikinci en büyük enerji pazarı olan AB’de uygulanan emisyon ticaret sistemine kısaca değinilecektir.

Avrupa Birliği Emisyon Ticaret Sistemi (AB ETS), dünyanın en büyük emisyon ticaret sistemi ve CO2 emisyonları için ilk uluslararası ticaret sistemidir. Ocak 2005’te uygulamaya başlanılan AB ETS, ilk aşamada enerji ve sanayi sektörlerinde yer alan yaklaşık 12.000 büyük tesisi kapsamaktaydı. Bu tesisler, Avrupa’nın toplam CO2 emisyonlarının yaklaşık %50’sini ve sera gazı emisyonlarının %40’ını oluşturmaktaydı. Daha sonraki aşamalarda ise ETS’nin kapsamı genişletilmiştir. AB’nin temel iklim politikası aracı olan ETS, üye devletlerin kısa ve uzun vadeli sera gazı emisyon hedeflerine uygun maliyetli bir şekilde ulaşmalarına yardımcı olmayı hedeflemektedir (Schleich, Rogge, & Betz, 2009). AB, Kyoto Protokolünde belirlediği emisyon hedeflerine ulaşabilmek amacıyla ETS’yi hayata geçirmiştir. AB ETS’nin amacı iklim değişikliği ile mücadele kapsamında başta enerji ve sanayi sektörlerinde olmak üzere endüstriyel sera gazı emisyonlarını daha düşük maliyetle azaltmaktır.

Bu bağlamda işletmelerin yıllık emisyon kotaları belirlenmiştir. İşletmelerin yıllık emisyon kotalarının altında kaldıklarında ellerindeki emisyon kredilerini satabileceği, emisyon kotalarını aşan işletmelerin ise yeni emisyon kredileri satın almak zorunda olduğu bir piyasa oluşturulmuştur. Bu mekanizmayla karbon salınımları kontrol altına alınmaya çalışılmıştır (Pamukçu, 2007). Gereklilikleri yerine getirmeyen işletmelere caydırıcı para cezaları uygulanmıştır. Şirketlerin kota satın almaktan daha düşük maliyetli olan karbon emisyonlarını azaltıcı teknolojileri kullanması teşvik edilmek istenmiştir. Emisyonların azaltılması ise enerji verimliliğini arttıran teknolojilerle mümkün olmaktadır. Dolayısıyla ETS’nin temel amacının, başta enerji sektörü olmak üzere kapsamında yer alan tüm sektörlerdeki enerji verimliliğini arttırarak çevre politikası hedeflerine ulaşabilmek olduğu söylenebilir.

Karbon fiyatlandırması ve emisyon ticaret sistemleri dünyada giderek artan bir şekilde uygulanmaktadır. Bunların yanı sıra yakın dönemde uygulanmaya başlanan “Sınırdaki Karbon Düzenlemesi”S ise AB üyesi olmayan ülkelerde üretilen malların eğer üretildikleri ülkede herhangi bir çevresel vergiye tabi tutulmuyorsa AB üye ülkeleri tarafından vergilendirilebilmesine imkan sağlamaktadır. Sınırdaki Karbon Düzenlemesi rekabetçiliği korumak ve karbon emisyonuyla mücadele politikalarına küresel bir boyut kazandırmak açısından oldukça önemlidir. Bu tarz uygulamalar fosil yakıtların tüketim

maliyetlerini arttırarak yenilenebilir enerji kullanımını arttırma konusunda güçlü bir potansiyele sahiptir.

2019 yıl sonu itibariyle 47 ülke AB ile ortak bir yol izlemektedir. Son olarak İsviçre, emisyon ticaret sistemini 2020'den itibaren AB Emisyon Ticaret Sistemine bağlamaya karar vermiştir. Ancak sistemin parçası olan ülkelerin emisyon salınımları toplam küresel sera gazı emisyon miktarının yalnızca %20'sine denk gelmektedir. Dolayısıyla çabaların sonuç vermesi ve sistemin faydasının dünya çapına yayılabilmesi için daha çok ülkenin bu konuda sorumluluk alması ve sisteme katılım göstermesi gerekmektedir (REN21, 2020, s. 59).

1.4.1.7.Regülasyonlar

Dünyada 21. yüzyılın başlarında yaşanan teknolojik ilerlemeler sonucunda küreselleşme, sınırlı devlet ve serbest piyasa ekonomisi yaklaşımlarında önemli gelişimler yaşanmasıyla birlikte ekonomilerde büyük değişimler ortaya çıkmıştır. Devletin piyasalarda aktif bir şekilde bizzat yer alması anlayışı yerini sınırların tamamen ortadan kalktığı serbest piyasa anlayışına bırakmıştır. Ancak serbest piyasa sisteminin işleyişinde zaman zaman bazı sorunlar yaşanmakta, piyasa mekanizması daima sosyal faydanın maksimizasyonunu ve etkinliği sağlamamakta ve devlet müdahalesi zorunlu hale gelmektedir. Günümüzde devlet piyasalarda geçmişteki kadar aktif faaliyet göstermekten ziyade, bir hakemlik rolü üstlenmektedir. Devletin hakemlik rolünü yürütürken en sık kullandığı araç regülasyonlar olmaktadır (Güvenek, 2009).

Ekonomide devlet merkezci politikaların ağırlıklarının azalması sonucunda özelleştirmeler artmıştır. Buna karşın, elektrik ve telekomünikasyon gibi bazı özelleştirilen sektörlerde devlet işletici olarak faaliyetlerine devam etmiştir. Devletin hem sektörden tamamen ayrılmaması hem de kanun koyucu konumunda olması piyasa kurallarına ters düşmüştür. Sonuç olarak, düzenlenmiş bir piyasa ekonomisi anlayışı daha yaygın hale gelmiş ve bağımsız idari otoriteler ortaya çıkmıştır. Çünkü artan özelleştirmelerle birlikte piyasanın rekabet koşullarına zarar verilmeden düzenlenme ve denetlenme gereksinimi doğmuştur (Çakmak, 2011).

Ekonomik yapıdaki değişimlerden en hızlı etkilenen sektör enerji sektörüdür. Dolayısıyla enerji sektöründeki gelişmeler de dünyadaki ekonomik gelişmelere paralel olarak ilerlemiştir. Doğal gaz, petrol, kömür, hidrolik enerji, elektrik üretimi ve dağıtımı

gibi enerji alanını oluşturan sektörlerin tümünün geçmişte devlet tekelinde olduğu görülmektedir. Ancak 1980’li yıllardan itibaren bu sektörler çoğunlukla piyasaya bırakılmıştır (Güvenek, 2009). 1970’li yıllarda yaşanan petrol krizi sonrasında artan devlet kontrolü ve müdahalesinin aksine, 1980’li yıllardan sonra devlet müdahalesi azalmış, deregülasyonlar yaşanmış, rekabet arttırılmış ve özelleştirmeler yapılmıştır. Günümüzde enerji piyasası sabit fiyat mekanizmasından giderek uzaklaşmakta ve liberalleşme akımının etkisinde gelişimini sürdürmektedir. Yapılan ekonomik reformlarla yeniden yapılandırma gerçekleştirilmiş ve düzenleyici nitelikte bağımsız idari otoriteler oluşturulmuştur. Bu reformlarla enerji sektöründe verimliliğin, hizmet kalitesinin ve ulaşılabilirliğin arttırılarak ekonomik büyümenin sağlanması amaçlanmıştır. Reformlar, kamunun idari yapısında, özellikle yetki konusunda, önemli değişiklikler yaşanmasına neden olmuştur (Çakmak, 2011).

Doğal tekel özelliklerine sahip olan enerji piyasalarında rekabeti olumsuz etkileyecek şartların mevcudiyeti regülasyonları gerekli kılmaktadır. Çünkü enerji yaşamın sürdürülmesi için en temel ihtiyaçlardan biri haline gelmiştir ve enerji piyasalarında yer alan tekel firmalar fiyatları maliyetlerin çok üstünde belirleme eğilimindedir. Enerji fiyatları sanayi ve ulaşım gibi ekonominin temelini oluşturan diğer sektörler için de kritik bir belirleyici niteliğindedir. Enerji piyasalarındaki değişimler bu sektörleri doğrudan etkilemektedir. Firmaların çıkarına olabilecek enerji fiyatının artışı gibi hareketler ekonomik ve sosyal açıdan olumsuz sonuçlar doğurabilecektir. Dolayısıyla devletler regülasyonları enerji alanına müdahalede sıkça kullanmaktadır. Enerji piyasalarında yapılacak regülasyonların amacı etkinliği, tüketici faydasını ve teknolojik gelişmeyi arttırmak olmalıdır. Devletin enerji politikaları yatırımları azaltacak bir etkide bulunmamalıdır.

1.4.2. Mali teşvikler

Devletler enerji alanına müdahalede düzenleyici politikaların yanı sıra mali teşvikler de uygulamaktadır. Mali teşvikler genellikle yüksek olan ilk yatırım maliyetlerinin yükünü hafifleterek ve/veya üretim maliyetlerini azaltarak yenilenebilir kaynakları yatırımcılar için daha cazip hale getirmeyi hedeflemektedir. Yenilenebilir enerji yatırımlarına yönelik mali teşvikler arasında yatırım/üretim teşvikleri, Ar-Ge teşvikleri, atık yönetimi teşvikleri, enerji vergileri ve diğer mali teşvikler bulunmaktadır. Düzenleyici politikaları tamamlayıcı olarak uygulandığında başarılı sonuçlara

ulaşılabilen mali teşviklerin verileceği yatırım ve projeler iyi seğilmelidir. Aksi takdirde, topluma ek maliyetleri söz konusu olacaktır.

1.4.2.1.Yatırım/üretim teşvikleri

Yenilenebilir enerji için uygulanan mali teşviklerin en başında geleni vergi teşvikleridir. Vergi teşvik politikaları arasında gelir, harcama ve servet üzerinden alınan vergilerde istisna, muafiyet, indirim ve iade gibi biręok teşvik türü yer almaktadır. Gelir ve kurumlar vergisinde istisnalar ve indirimler; satış vergileri arasında yer alan KDV’de iadeler ve indirimli oran uygulamaları, ÖTV’de istisnalar, gümrük vergisinde ve ithalat vergisinde istisnalar ve muafiyetler; servet vergilerinden emlak vergisinde istisna ve muafiyetler uygulanmaktadır. Enerjiyle ilgili olarak, yatırım maliyetinin belirlenen yüzdesi ya da üretilen birim elektrik başına uygulanan indirimler, güneş enerjisi tesislerinden elde edilen gelirin vergiden muaf olması, rüzgar enerjisine yapılan sermaye yatırımlarına kurumlar vergisi istisnası, biyoyakıtlara tanınan ÖTV istisnası gibi çeşitli uygulamalar ülkeden ülkeye değişiklik göstermekle birlikte bazı uygulama örnekleridir (Çelikkaya, 2018). Vergisel teşvikler denilince akla ilk gelen politikalar olan muafiyet, istisna, indirim vb. uygulamalar enerji politikalarındaki değişimle beraber biręok ülkenin vergi sistemlerinde giderek büyüyen şekilde yer bulmaktadır. Ancak bunlar, yenilenebilir enerji teknolojilerinden bağımsız uygulanırsa üreticileri çoğunlukla en düşük maliyetli enerji teknolojisine yatırım yapmaya yönlendireceğinden, gelişmesi en çok fayda sağlayacak veya yatırım maliyeti en yüksek olan teknolojilere özel teşvik verilmesi etkinliği arttırma konusunda oldukça önemlidir (Deloitte, 2011, s. 7). Ülke uygulamalarında verilen örneklerde de görüldüğü üzere önceliğe göre genellikle sadece belirlenen yenilenebilir enerji teknolojilerine teşvikler uygulanmakta ya da diğer teknolojilere daha az teşvik verilebilmektedir. Özellikle yatırım maliyetleri yüksek olan güneş ve rüzgar enerjilerine verilen teşviklerin daha ağırlıklı olduğu görülmektedir.

Enerji alanında vergisel avantajlar sağlamak amacıyla hızlandırılmış amortisman ve vergi kredileri gibi uygulamalara da yer verilmektedir. Vergi kredileri; yenilenebilir enerji kaynaklarıyla elektrik üretiminin yatırım, üretim veya tüketim aşamaları için verilebilmektedir. Krediler, doğrudan yatırımları destekleyen yatırım vergisi kredisi (ITC) ve enerjinin fiili üretim aşamasıyla ilgili olan üretim vergisi kredisi (PTC) şeklinde olabilmektedir. Yatırım vergi kredisi uygulamasında yenilenebilir enerji yatırımlarının ya da yatırımlardan elde edilen gelirin vergi yükümlölüklerinden kısmen ya da tamamen

kurtarılması sağlanmaktadır (Aydınlı, 2013, s. 25-26). Yatırım odaklı ve kapasite temelli teşvikler olan yatırım vergi kredileri, yenilenebilir enerji yatırımlarının pazara girmesini kolaylaştırmak amacıyla gerekli teknolojik ekipmanların satın alınma ya da kurulum aşamalarında, toplam maliyetler üzerinden ya da santralin kurulu kapasitesi göz önünde bulundurularak uzun vade ve düşük faiz gibi avantajlarla verilebilmektedir (Jacobs, 2009, s. 12). Üretim vergisi kredisinde ise, üreticilere ürettikleri her birim enerji için vergi indirimi sağlanan bir sistem aracılığıyla yenilenebilir enerji üretimine dayalı bir yıllık vergi kredisi sağlanmaktadır. Vergi ile sağlanan diğer destekler gibi vergi kredileri de bütçeden finanse edildiğinden bütçe yükünü arttırdığı söylenebilir. Bu nedenle toplumsal maliyetinin önüne geçmek için vergi kredileri düzenleyici politikalarla uyumlu ve dengeli bir şekilde uygulanmalıdır (Aydınlı, 2013, s. 25-26).

Yatırım sübvansiyonları ve düşük faizli krediler de göze çarpan diğer mali teşvikler arasındadır. Hibe programları kapsamında yatırım başlangıcında bir defaya mahsus ve vergiden muaf nakit yardımlar yapılmaktadır. Bir diğer uygulamada, belirlenen kriterlere uyan projelere genellikle yatırımın başlangıç aşamasında olmak üzere düşük faizli kredi garantisi olanakları verilmektedir (Çelikkaya, 2018, s. 363-365). Krediler genellikle daha az risk barındıran, geleneksel ve daha önce başarısı kanıtlanmış teknolojilerle geliştirilen projeler için tercih edilirken, hibeler ise risk seviyesi daha yüksek olan yenilikçi teknolojiler için tercih edilmektedir (Akdağ & Gözen, 2019, s. 142-143).

1.4.2.2.Ar-Ge teşvikleri

Enerji alanında temel politika hedeflerinden biri haline gelen CO2 emisyonlarını azaltmanın en maliyet-etkin ve hızlı yolunun enerji verimliliğini arttırmaktan geçtiği bilinmektedir. Ancak, enerjinin daha verimli kullanılması için gerekli cihazlar, makineler, araçlar vs. genellikle diğerlerine göre daha yüksek piyasa fiyatına sahiptir. Bu nedenle, bunların pazar payları sınırlı kalmakta ve gerekli yatırımlar yapılamamaktadır. Dolayısıyla enerji verimliliğini arttıracak bu cihazların üretimini ve satışını arttırmak için mali teşviklere ihtiyaç duyulmaktadır (Markandya, Ortiz, Mudgal, & Tinetti, 2009). Enerji alanında istenen yenilik kapasitesinin ve enerji verimliliğinin artırılmasında Ar-Ge kritik öneme sahiptir. Dolayısıyla devletler Ar-Ge faaliyetleri için özel mali teşvik programları hazırlamaktadır. Bu kapsamda, devletler doğrudan Ar-Ge faaliyetlerinde bulunmanın yanı sıra enerji alanında faaliyet gösteren firmalara kredi ve hibe aracılığıyla teşvik sağlamak ve/veya vergisel teşviklerle dolaylı finansman sağlamak gibi

mekanizmaları kullanabilmektedir. Ar-Ge harcamalarına yapılan indirimler birçok ülkede uygulama alanı bulmaktadır. Ar-Ge indirimleri, şirketlere belirlenen süre içerisindeki Ar-Ge faaliyetlerinden kaynaklı olarak yaptıkları harcamaları vergiden mahsup etme olanağı tanımaktadır. Bu yaklaşımda Ar-Ge harcamaları yatırım harcaması olarak değerlendirilmektedir. Ar-Ge personeli istihdam eden şirketlere birtakım vergisel teşvikler uygulanmaktadır. Ar-Ge'ye yönelik olarak gelir, kurumlar ve katma değer vergisinde istisnalar ve sigorta prim destekleri uygulanmaktadır. Yine Ar-Ge faaliyetlerinde bulunan şirketlere vergi indirimi, ek istisna ve muafiyetler, vergi tatili, vergi erteleme, patent box rejimi, hızlandırılmış amortisman gibi yollarla vergisel teşvikler sağlanmaktadır. Ayrıca şirketlere Ar-Ge harcamalarında vergi kredilerinden yararlanma imkanı verilebilmektedir. Devletler belirledikleri enerji politikasına göre kamu kurum ve kuruluşları aracılığıyla doğrudan Ar-Ge faaliyetleri de yapabilmektedir. Geçmişte büyük çoğunluğa nükleer enerjiye odaklanan Ar-Ge teşvikleri günümüzde yenilenebilir enerji kaynaklarını destekleme eğilimindedir.

1.4.2.3. Atık yönetimi teşvikleri

Çöp gazları, biyogazı, kentsel atıklar ve organik atıklar modern yenilenebilir enerji kaynakları (NCRE) olarak kabul edilmektedir. Atık yönetiminde teknoloji kullanımını arttırmak amacıyla teşvikler sağlanmaktadır. Teşvikler yoluyla atıkların başta elektrik olmak üzere enerji üretiminde kullanılması amaçlanmaktadır. Dolayısıyla atık yakımı, gazlaştırma, anaerobik arıtma/çürütme (oksijensiz) ve çöp gazı teknolojisi gibi enerji dönüşüm teknolojileri desteklenmektedir. Atıktan enerjiye dönüşüm, termokimyasal ve biyokimyasal süreçleri içermektedir. Termokimyasal arıtma yöntemleri, atık hacminin önemli ölçüde azalması, kirleticilerin yok edilmesi, malzeme ve kimyasal ürünleri geri kazanma fırsatı sunması nedeniyle yaygın olarak tercih edilmektedir. En yaygın kullanılan termokimyasal arıtma yakmadır; bununla birlikte piroliz ve gazlaştırma gibi yeni teknolojiler daha verimlidir ve daha az sera gazı yaymaktadır. Biyokimyasal dönüşüm süreçleri, atık depolama alanlarından gazın geri kazanılmasını, anaerobik çürütmeyi, fermentasyonu ve anaerobik kompostlamayı içermektedir. Katı atıktaki kimyasal enerjiyi metan gibi yüksek enerji değeri olan ürünlere dönüştürerek katı atıkları, çamuru veya gazı ayrıştıran mikroorganizmaları kullanmaktadır. Bu kapsamda modern yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretimi için teşvikler öngören düzenlemeler geliştirilmiştir. Örneğin Kolombiya'da 1715 sayılı Kanun modern ve

yenilikçi enerji girişimleri için gelir vergisi, KDV muafiyeti, tarife muafiyeti (indirimi) ve varlıkların (ulusal veya ithal ekipman, aletler, makineler ve hizmetler vs.) hızlandırılmış amortismanı yoluyla yatırımdan %50'ye varan indirimler gibi vergi teşvikleri içermektedir. Kanun NCRE projeleri için gelir vergisinde toplam yatırımın %50'sine kadar indirimleri içeren teşvik imkanı sunmaktadır (Alzate-Arias vd., 2018).

1.4.2.4.Enerji vergileri

Yenilenebilir enerji kullanımını teşvik etmenin bir diğer yolu da diğer enerji kaynaklarının tüketimini caydırmaktır. Devletlerin bu amaçla kullandığı en güçlü araç çevresel vergiler olmaktadır. Fosil yakıtlardan karbon vergileri, emisyon vergileri vb. adlar altında ve genellikle akaryakıt ya da emisyon üzerinden alınan enerji vergileri de enerji alanında uygulanan vergi teşvikleri arasında sayılabilir. Çünkü yenilenebilir kaynaklardan üretilen enerji bu tür vergilere tabi olmamakta, istisna edilmekte ya da muaf tutulmaktadır. Bu sayede fosil yakıt tüketimi caydırılmakta ve yenilenebilir enerjinin rekabet gücü arttırılmaktadır. Diğer taraftan, fosil yakıtların tüketimi sonucu karbon salınım miktarları farklılık gösterebilmektedir. Bu tür vergiler firmaları tamamen yenilenebilir kaynaklara yönlendiremese bile uygulanan indirimlerle çevreyi diğerlerine göre daha çok kirleten fosil yakıtlardan daha az kirletenlere doğru bir yönelim oluşturabilmektedir.³

Fosil yakıtlar üzerine vergi konulması enerji fiyatlarının artmasına neden olabileceği yönünden eleştirilebilmektedir. Ancak bu vergilerden elde edilen gelirler çoğunlukla yenilenebilir enerji desteklerinin finansmanında kullanılmaktadır (Abolhosseini & Heshmati, 2014, s. 881). Bu politika düşük maliyetle CO2 emisyonlarını azaltmanın en kolay yoludur.

³Yeni bir verginin “vergi teşviği” olarak değerlendirilmesi hususu tartışmaya açıktır. Çalışmada, bazı OECD ülkelerinde yürürlükte olan ilgili kanunlar esas alınarak böyle bir değerlendirme yapılmıştır. Avusturya’da yakıt üzerinden alınan bir tüketim vergisi elektrikli araçlar için bir vergi teşviği olarak nitelendirilmiştir (1)*. İspanya’da 2013 yılında üç yeni enerji vergisi getirilmiş ve bu vergiler enerji politikası amaçlarına ulaşmak için uygulanan vergi teşvikleri olarak nitelendirilmiştir (2)**. Almanya’da ekolojik vergilerden elde edilen gelirin yenilenebilir enerji teknolojilerini desteklemede kullanıldığı ifade edilmiştir (3)***.

(1)*<https://www.iea.org/policies/7440-standard-fuel-consumption-tax-nova?page=4&q=tax%20incentives&s=1>

(2)**<https://www.iea.org/policies/2327-fiscal-measures-for-energy-sustainability-law-152012-on-tax-measures-for-energy-sustainability?page=4&q=tax%20incentives&s=1>

(3)***<https://www.iea.org/policies/4115-market-incentive-programme-marktanreizprogramm?page=6&q=tax%20incentives&s=1>

II. Dünya Savaşı'ndan günümüze kadar uzanan süreçte enerji vergileri devletler tarafından gelir elde etme, enerji tasarrufu sağlama ve çevreyi koruma gibi amaçlarla uygulanmaktadır (Gündüz, 2013, s. 117). Devletin enerji alanına vergiler aracılığıyla müdahale etmesinin en temel amacı enerji tüketiminden kaynaklanan hava kirliliği gibi olumsuz dışsallıkları ve sosyal maliyetleri fiyatlandırmaktır. Bunun yanı sıra, inelastik talebe sahip olan enerji kaynaklarından alınan vergilerin devlet için sürekli ve verimli bir gelir kaynağı olması vergilemenin bir diğer nedenidir. Ayrıca enerji vergileri zaman zaman kullanım ücreti şeklinde alınarak otoyol ve köprü gibi bazı altyapı projelerine finansman sağlamaktadır (Dağ, 2017, s. 93-94). Çevre vergileri kapsamında yer alan enerji vergileri, toplam vergi gelirleri içerisindeki paylarının az olmasına rağmen modern enerji politikası içerisinde yer alması gereken önemli araçlardandır. Çünkü enerji vergileri ile getirilen ek maliyetler ya da istisna, muafiyet ve indirimler sonucunda tüketicilerin enerji kaynaklarını kullanım tercihlerini değiştirebilme güçleri vardır. Kısaca enerji vergileri devletler tarafından gelir sağlama, çevreyi koruma, düzenleyici olma ve tüketici tercihlerini değiştirme özellikleri nedeniyle tercih edilmektedir.

Enerji vergileri ulaşım, ısıtma-işletim, elektrik üretimi ve kullanımı üzerinden alınabilmektedir (Dağ, 2017, s. 93). Benzin ve motorin gibi ulaşımında kullanılan enerji ürünleri ile mazot, kömür, elektrik ve doğal gaz gibi en çok tüketilen enerji kaynakları enerji vergilerinin en önemli kalemleri arasında yer almaktadır. İstatistiklerde karbon vergileri de enerji vergileri arasında kabul edilmektedir. Ayrıca çevresel endişelerle konvansiyonel üretim ve nükleer enerji üreticilerine getirilen vergiler de bu kapsamdadır (Göze Kaya, 2020, s. 167).

Enerji vergilerinin esasları emisyon çeşiti ve enerji türlerine göre belirlenmekte olup genellikle yakıt türlerinin enerji ya da karbon içeriğine göre alınmaktadır. Yakıt türlerinin enerji içeriğine göre alınan vergi içerdiği fiziksel ısı miktarı esas alınarak hesaplanmaktadır. Karbon içeriğine göre alınan vergi ise fosil yakıtların tüketiminin caydırılmasını esas alarak sera gazı emisyonlarının azaltılmasını hedeflemektedir (Gündüz, 2013, s. 117). Karbon vergisi fosil yakıtların yanması sonucunda ortaya çıkan karbondioksit miktarına göre belirlenmektedir. Dolayısıyla firmaları fosil yakıtlar içerisinde daha az karbon salınımına yol açanlara, nükleer ya da yenilenebilir kaynaklara yönlendirmektedir. Örneğin, kömür gibi ucuz maliyetli fosil yakıtlara ek maliyet getirerek ucuz olmasının sağladığı avantajları ortadan kaldırmak ve doğal gaz ya da diğer

kaynakların tüketimini teşvik etmek istenmektedir (Uğur, 2014, s. 348). Genellikle ÖTV olarak alınan enerji vergileri maktu olarak alınmakta olduğundan enerji ürünlerinin fiyat değişimlerinden etkilenmemektedir. Çoğu uygulamada ÖTV hesaplandıktan sonra bir de KDV ilave edilmektedir. Dolayısıyla devletler için enerji vergilerinin enerji politikalarının yanı sıra çevre, ekonomi ve sanayi gibi diğer politikalarla da yakından ilişkili olduğu söylenebilmektedir (Gündüz, 2013, s. 117).

1.4.2.5. Diğer mali teşvikler

Devletler özellikle yenilenebilir enerjinin kullanımının yaygınlaşmasına yönelik olarak enerji teknolojilerinin gelişmesi ve enerji verimliliğinin artması amacıyla birçok araç kullanmaktadır. Bu araçlar aracılığıyla özel sektörün yatırım risklerine ortak olmakta, kamusal finansmanla yeni teknolojilerin geliştirilmesini desteklemektedir. Bu amaçla kullanılan diğer kamu maliyesi mekanizmaları şunlardır: yerel ticari finansal kuruluşlara, projelere kıdemli ve ara borç sağlanması için verilen kredi limitleri; şirketler ve projeler için verilen ticari kredi risklerini yerel ticari kuruluşlar ile paylaşmak için verilen teminatlar, ticari finansal kuruluşlar dışındaki teşebbüsler tarafından projelerin borç finansmanları, özel sermaye fonları, girişim sermayesi fonları, emisyonlarını kotalarının altında tutabilen firmalara sağlanacak karbon finansmanı, proje geliştirme maliyetlerinin paylaşımı için verilen hibeler ve meydana gelmesi muhtemel zararlar için ayrılan hibeler, kredi hafifletme programları, teşvik fiyatları, teknik yardımlar ve yeşil bankaların kuruluş sermayelerine destek fonları (Dağ, 2017, s. 110-112).

1.4.3. Özelleştirmeler

Özelleştirme ekonomide kamu egemenliğini ve müdahalelerini azaltarak piyasa mekanizmasını etkinleştirme olarak ifade edilebilecek bir kavramdır. 1980'ler öncesinde gerçekleşen ekonomik ve siyasi gelişmeler, petrol şokları, IMF ve Dünya Bankası gibi uluslararası kuruluşların kararları özelleştirme sürecinin hızlanmasında etkili olmuştur (Özdemirli, 2014, s. 61). Neoliberal görüşün yaygınlaşmasıyla birlikte hem gelişmiş ülkeler hem de gelişmekte olan ülkeler büyüme ve kalkınma politikalarında özelleştirmeyi bir araç olarak kullanmaya başlamışlardır. Bu doğrultuda, başta enerji sektöründe olmak üzere, genellikle devletçi politikalarla kontrol edilen sektörlerde kısmen ya da tamamen özelleştirmeler gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Enerji sektörü bazı ülkelerde devlet mülkiyetinde yatırım ortaklığına açılmış, bazı ülkelerde ise sermaye birikiminin yetersiz olması ve teknolojik olanakların kısıtlı olması gibi nedenlerle

tamamen özel sektöre devredilmiştir. Enerji sektöründe özelleştirme reformları gelişmekte olan ülkelerde daha hızlı gerçekleştirilmiştir (Akbaş, 2019, s. 22). Latin Amerika ülkelerinde ortaya çıkan makroekonomik istikrarsızlıklar ve büyük borç krizleri; gelişmiş ülkelerde ise devlet başarısızlıkları özelleştirmelerin önünü açmıştır. Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği'nin dağılmasının ardından bağımsızlığını ilan eden Doğu Avrupa ülkelerinde sermayenin teknolojiyle kurumsal bütünleşmesinin sağlanması, küreselleşme sürecine dahil olabilmek için destekleyici kurumların geliştirilmesi ve istikrar politikalarında sürekliliğin sağlanması gerekçeleriyle özelleştirmeler yapılmıştır (Akbaş, 2019, s. 27).

Enerji sektöründe yapılan özelleştirmelerle rekabete dayalı piyasa ekonomisinin oluşturulması, artan rekabetle birlikte enerji fiyatlarının ucuzlaması, sermaye etkinliğinin ve emek verimliliğinin artması amaçlanmaktadır. Bunlar neticesinde ülkenin enerji üretim kapasitesini arttırarak enerji talebini karşılayabilmesi ve arz güvenliği endişelerini azaltması hedeflenmektedir. Ancak piyasada yer alan özel şirketlerin en temel amacının kar elde etmek olduğu unutulmamalıdır. Dolayısıyla özelleştirme her zaman istenilen sonuçları verememektedir.

II.Dünya Savaşı sonrasında devlet odaklı inşa edilen enerji sektöründe, petrol krizi sonrası gerçekleşen bütçe açıkları, yüksek enflasyon ve devlet işletmeciliği enerji fiyatlarını etkileyerek yatırımların yavaşlamasına neden olmuştur. Dolayısıyla başta Avrupa kıtasında yer alan gelişmiş ülkelerde olmak üzere mevcut sisteme olan güveni sarsmıştır. Bunun üzerine ilk olarak İngiltere 1990 yılında devlet mülkiyetinde olan elektrik üretim ve dağıtım ünitelerini özelleştirerek enerji sektöründe özelleştirmelerin fitilini ateşlemiştir. Gelişmekte olan ülkeler ise yüksek büyüme ve kalkınma hedefleri enerji talebinde yüksek artışa neden olarak büyük enerji yatırımları gerektireceğinden dolayı küreselleşme pazarına açılabilmek için özelleştirmeleri gerekli görmüşlerdir. Ülkeler dalgalı enerji fiyatlarının yaratacağı risklerden korunmak, arz çeşitliliği sağlamak, düşük maliyetli enerjiye sürekli erişim sağlamak gibi amaçlarla da enerjide uluslararası iş birliklerini arttırmak istemişlerdir (Akbaş, 2019, s. 30-31).

İKİNCİ BÖLÜM

2. ENERJİ ALANINDA KAMU AR-GE POLİTİKALARI VE ÖNEMİ

Bu bölümde enerji alanında kamu Ar-Ge politikalarına ve kamunun bu politikaları izlemesinin nedenlerine ve önemine yer verilecektir.

2.1.Enerji Alanında Kamu Ar-Ge Politikaları

Ar-Ge, insan, kültür ve toplum bilgisi de dahil olmak üzere bilgi birikimini arttırmak için sistematik bir temelde gerçekleştirilen yaratıcı çalışmalardan ve bu bilgi birikiminin yeni uygulamalar geliştirmek için kullanılmasından oluşmaktadır. Diğer bir ifadeyle yeni veya iyileştirilmiş ürünlerin, üretim süreçlerinin, malzemelerin, cihazların veya hizmetlerin belirli bir pratik uygulaması olsun veya olmasın, sonucu yeni bilgi olan yenilik veya teknik riski içeren sistematik ve yaratıcı araştırma veya deney süreçleridir (Rogers, 1998, s. 12-13). OECD kaynaklarına göre Ar-Ge; temel araştırma, uygulamalı araştırma ve deneysel geliştirme gibi farklı uygulama aşamalarından oluşmaktadır (Zerenler vd.,2007, s. 658).

Ülkeler uluslararası rekabette güçlenebilmek amacıyla teknolojik gelişmişlik düzeylerini arttırmayı hedeflemektedir. Ülkelerin gelecekteki teknolojik gelişmişlik seviyelerini ise bugün yaptıkları Ar-Ge harcamaları belirlemektedir. Bugün Ar-Ge faaliyetlerine daha çok kaynak ayıran ülkeler yarının dünyasında daha iyi bir konumda yer alabileceklerdir. Çünkü Ar-Ge, büyüme ve kalkınmanın gerçekleştirilmesi ve hızlandırılmasında oldukça önemli bir faktördür.

Devletler birçok alanda Ar-Ge politikaları oluşturmaktadır. Bunun en temel nedeni özel sektörün çeşitli nedenlerle Ar-Ge yatırımları yapmaktan kaçınmasıdır. Özel sektör, Ar-Ge yatırımlarının riskli olması, sonuç alabilmenin uzun vadede mümkün olması ve büyük sermaye gerektirmesi gibi nedenlerle Ar-Ge'ye yatırım yapmaktan kaçınmaktadır. Dolayısıyla devletlere Ar-Ge yatırımları yapma ve/veya özel sektörün Ar-Ge yatırımlarını teşvik edecek mekanizmalar oluşturma yükümlülüğü doğmaktadır. Devletlerin bu amaçlara yönelik olarak yaptıkları harcamalara Ar-Ge harcamaları denilmektedir.

Ar-Ge faaliyetleri ülkelerin hızla gelişen teknolojiye ve dünyaya entegrasyonu açısından oldukça önemlidir. Bilgi çağına girilmesiyle dünyada gerçekleşen teknoloji ve ekonomik dönüşüm ülkeleri Ar-Ge harcamalarını arttırmaya yöneltmiştir. Rekabet

gücünü arttırmak ve geri kalmamak isteyen ülkeler emek yoğun sermayeden teknoloji yoğun sermayeye geçmişler ve bu doğrultuda Ar-Ge harcamalarını arttırmışlardır. Bir ülkede yapılan toplam Ar-Ge harcamalarının milli gelire oranı ve bir ülkede kişi başına düşen Ar-Ge personeli sayısı, Ar-Ge faaliyetlerini ölçmede kullanılan temel göstergelerdir (Kaya & Uğurlu, 2013, s. 272-273). Ülkelerin Ar-Ge harcamalarının GSYH içindeki payı bilim ve teknolojiye verdikleri önem ve gelişmişlik seviyeleri açısından önemli bir göstergedir. Ar-Ge harcamaları rekabeti ve verimliliği artırma gibi avantajlarının yanı sıra, yabancı sermaye çekme ve teknolojiye dışa bağımlılıktan kurtulma gibi avantajlar da sağlamaktadır (Tosunoğlu, 2016, s. 22). Ar-Ge'nin sağladığı önemli avantajlardan biri de uzun vadede üretim maliyetlerini düşürmesidir.

Kamu Ar-Ge politikalarının temel amacı özel sektörün Ar-Ge faaliyetlerini teşvik etmeye odaklanmaktadır. Bu bağlamda üç politika aracı kullanılabilir. Bunlar; doğrudan kamu tarafından gerçekleştirilen Ar-Ge faaliyetleri, özel sektörün devlet fonlarını kullanarak gerçekleştirdiği Ar-Ge faaliyetleri ve vergisel teşviklerdir. Doğrudan kamu tarafından Ar-Ge faaliyetleri kamu laboratuvarlarında veya üniversitelerde gerçekleştirilmektedir. Özel sektöre finansman sağlanmasında devlet, yüksek sosyal getiriye sahip olduğunu düşündüğü belirli teknolojik projeler için firmalara destek vermektedir. Vergisel teşvikler ise çoğu OECD ülkesinde uygulanmakta olup, işletmelerin cari Ar-Ge harcamalarının tamamen silinmesi ve amortisman ödeneklerinin vergilendirilebilir gelirden düşülmesi gibi olanaklar sağlamaktadır (Guellec & van Pottelsberghe de la Potterie, 2000, s. 7-9). İşletmeler için Ar-Ge yatırımı kararı almak içerdiği belirsizlikler nedeniyle zor olmaktadır. Şirketler stratejik önemi yüksek olan Ar-Ge yatırımları için karar alırken yapılması planlanan yatırımların üretim ve finans üzerindeki etkisini dikkate almaktadır. Ar-Ge yatırımları için mevcut devlet destekleri de bu kararların alınmasında büyük önem arz etmektedir (Zerenler vd., 2007, s. 659).

Enerji de Ar-Ge'nin giderek daha fazla önem kazandığı sektörlerden biridir. Ekonomik büyüme çabası, nüfus artışı ve teknolojik gelişmeler gibi nedenlerle dünyada enerji talebi yükselmektedir. Enerji talebindeki bu yükseliş, doğal olarak bir enerji arzı ihtiyacı doğurmaktadır. Geçmişte bu ihtiyacın karşılanması için başvuru enerji kaynakları çoğunlukla, elde edilmesinde ve kullanılmasında sağladığı maliyet avantajları nedeniyle fosil yakıtlar, özellikle de petrol olmuştur. Ancak 1970'lerde yaşanan krizin ardından petrol, güvensiz ve pahalı bir enerji kaynağına dönüşmüştür. Dolayısıyla

devletler yeni arayışlara başlamıştır. Enerji teknolojisi alanında yapılan çalışmaların temeli bu dönemlere dayanmaktadır. Günümüzde enerji alanına yön veren lider kuruluşlardan olan IEA bu dönemde (1973) kurulmuştur. Ayrıca, izlenen bilinçsiz büyüme politikaları sonucunda 21. yüzyılda dünyada iklim değişikliği ve küresel ısınma en önemli insanlık sorunları haline gelmiştir. Dolayısıyla ortaya çıkan bu durumu değiştirmek üzere küresel çapta politika değişikliklerine gereksinim duyulmuştur. Bu kapsamda ülkeler teknolojik gelişmelerin de etkisiyle Ar-Ge politikalarına ağırlık vererek alternatif enerji kaynakları bulma ve enerji teknolojilerini geliştirmeye yönelmişlerdir (Demirtaş, 2013).

Dünya enerji sistemi uzun yıllardır fosil yakıtlara, nükleer enerjiye ve hidroelektrik enerjiye dayanmaktadır. Ancak 1970’li yıllardaki petrol krizi, sonrasında atmosferde artan hava kirliliği ve büyük çaplı nükleer kazalar nedeniyle mevcut enerji politikalarının sürdürülebilirliği tartışılır hale gelmiştir. Bu nedenlerle enerji sisteminde bir dönüşüme ve yenilenebilir enerji teknolojilerinin güçlendirilmesine ihtiyaç duyulmuştur. Bu dönüşümün gerçekleştirilmesinde en kilit araç inovasyondur. Enerji alanında gerçekleşen inovasyonları gösteren en önemli göstergelerden biri bu alanda yapılan Ar-Ge faaliyetleridir. Bugün yapılan Ar-Ge faaliyetleri gelecekteki araştırmalar için bir temel oluşturmakta ve üretkenliği arttırmaktadır. Dolayısıyla Ar-Ge faaliyetleri teknolojide potansiyel bir iyileşme sağlamaktadır (Bointner, 2014, s. 733-734). Dünyada bugüne kadar neredeyse tüm enerji kaynaklarına yönelik Ar-Ge çalışmaları yapılmıştır. Ar-Ge’nin hangi enerji kaynakları hedef alınarak yapıldığına göre sonuçları da değişmektedir. Geçmişte daha çok fosil ya da nükleer enerjiye odaklanan devletler, enerji politikalarının değişmesiyle günümüzde Ar-Ge politikalarını ağırlıklı olarak yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneltmişlerdir.

2.2.Enerji Alanında Kamu Ar-Ge Politikalarının Önemi ve Gerekçeleri

Ar-Ge, teknolojiyi kullanarak yeni bilgiye ulaşma çabasıdır. Ar-Ge çalışmaları sonucunda ortaya çıkan yeni bilgi, paylaşıldığında ekonominin tümüne yayılmakta ve ekonomik büyümeye katkı sağlamaktadır (Zerenler vd., 2007, s. 657). Ülkelerin Ar-Ge faaliyetlerine ayırdıkları bütçe büyüme ve kalkınma süreçlerine büyük katkıda bulunmaktadır. Bu faaliyetlere ayrılan bütçe ne kadar fazla olursa, büyüme ve kalkınma süreçleri o kadar hızlı ve etkin bir şekilde gerçekleşmektedir.

Ar-Ge faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan yeni bilgiler ve üretim teknikleri yeni ürünler oluşturmada ve yeni pazarlar keşfetmede şirketlere büyük avantajlar sağlamaktadır. Dolayısıyla Ar-Ge, işletmelerin rekabet güçlerini arttırabilmeleri, dünyaya ayak uydurarak varlıklarını sürdürebilmeleri ve ticari hedeflerini gerçekleştirebilmeleri için büyük önem taşımaktadır. Bu bir devlet politikası olarak ülke çapında uygulandığında ise, ülkeler büyüme ve kalkınma süreçlerinde önemli adımlar atabilmektedir. Çünkü ülke ekonomisi; küresel rekabet gücünün artması, dünya ekonomisinde daha fazla söz sahibi olunması, yeni ürünler elde edilmesi ve varolan ürünlerin kalitesinin yükselmesi, yeni üretim teknikleriyle verimliliğin arttırılması ve enerji kullanımının düşürülmesi, katma değeri yüksek olan ürünler üretilmesiyle ulusal ve bölgesel kalkınmanın sağlanması, teknolojiye yaratılan fark ile yeni pazarlara ulaşılması gibi birçok olumlu gelişme sonucunda ilerleme kaydetmektedir. Yapılan birçok çalışmada Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme arasında pozitif bir ilişki tespit edilmiştir (İncekara vd., 2014, s. 3-4, 20-22).

Ar-Ge harcamaları inovasyonun en önemli göstergesidir. Yapılan araştırmalara göre Ar-Ge harcamalarının toplumsal faydası diğer yatırımlardan fazladır (Bointner, 2014, s. 734). Merkezi bütçeden Ar-Ge harcamalarına ayrılan payın artması ülkedeki toplam Ar-Ge harcamaları üzerinde pozitif bir etki yapmaktadır (İncekara vd., 2014, s. 25-27). İnovasyonlar şirketlerin ülke içinde rekabet güçlerini arttırabilmelerinin yanı sıra devletlerin de uluslararası alanda rekabet güçlerini arttırmalarını sağlamaktadır. Uluslararası rekabet gücü düşük kalan ülkelerin kaynak ve üretim faktörleri açısından dışa bağımlılığı artmaktadır. Dışa bağımlılık, ülkeler için sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada bir engel oluşturmaktadır (Kaya & Uğurlu, 2013, s. 272). Günümüzde Ar-Ge yoğun sektörler ön plana çıkmaktadır (Zerenler vd., 2007, s. 664-665). Enerji sektörü de Ar-Ge yoğun sektörler arasındadır. Enerjiyi diğer sektörlerden ayıran en önemli özellik, diğer sektörlerin devamlılığı için enerji sektörünün varlığına ihtiyaç duyulmasıdır. Önceki bölümlerde de belirtildiği gibi devletler enerjinin önemini farkında olup bu alana yönelik teşvik politikaları uygulamaktadır. Enerji alanında yapılan Ar-Ge'nin en temel faydası, ilgili faaliyetler sonucunda yeni bilgilerin elde edilmesi, elde edilen bilgilerin yeni üretim teknikleri oluşturmada kullanılması ve yeni üretim tekniklerinin ise daha az enerji kullanımına yol açarak enerji verimliliğini arttırması olarak ifade edilebilir. Enerji verimliliğinin artması sonucunda ise çevresel dışsallıklar ve ulusal güvenlik gibi birçok tehdit ortadan kalkmış ya da olası olumsuz etkileri hafiflemiş

olabilmektedir. Ar-Ge yalnızca enerjinin diğer sektörlerde kullanılması açısından değil, yeni ya da mevcut enerji kaynaklarının tespiti, üretimi, dağıtımı ve tüketimi aşamalarında da benzer olumlu etkilere sahip olmaktadır.

Kamu desteğiyle gerçekleştirilen enerji inovasyonları üç temel nedenden dolayı fayda sağlamaktadır. Bunlardan birincisi, emisyonları azaltmasıdır. Bunun için yeni teknolojilerin yalnızca kurulması yeterli olmayıp kullanılması da gereklidir. Ayrıca yeni teknolojilerin “rebound etkisi⁴”ne yol açmayacak enerji kaynaklarında kullanılması gerekmektedir. İkincisi, Ar-Ge faaliyetlerinden elde edilen getirileri arttırmasıdır. Yani kamunun Ar-Ge faaliyetleriyle elde edilen bilgi özel sektörü teşvik eder ve yapacağı Ar-Ge faaliyetlerinin getirilerini arttırabilir. Üçüncüsü, yeni kurulumlar kadar kurulu teknolojilere göre yayılıma ek faydalar getiren yaparak öğrenme (learning-by-doing) süreçlerini potansiyel olarak hızlandırmasıdır. Ar-Ge harcamalarının tam potansiyelinden yararlanabilmek adına yeni enerji teknolojileri için piyasayı teşvik edici ve bunların yayılımını engelleyen arayüz işlem maliyetlerini azaltıcı tamamlayıcı politikalar uygulanmalıdır. Ayrıca, uluslararası pazarlar ve bilgi akışları enerji için önemli bir inovasyon kaynağıdır. Bu açıdan Ar-Ge harcamaları yalnızca yeni bilgi üretmeye değil yeni teknolojilerin benimsenme hızını arttırmaya da katkı sağlamaktadır (Garrone & Grilli, 2010, s. 5601).

Enerji alanına yapılan kamu Ar-Ge harcamalarının en büyük gücü özel yatırım eksikliğini giderebilme potansiyelidir. Uygun devlet politikaları olmadığında özel sektör Ar-Ge yatırımlarının tüm maliyetlerini üstlenmek durumundadır. Enerji alanında kamu temel olarak piyasa yaratmaya ve talep çekmeye yönelik olarak Ar-Ge harcamaları yapmaktadır (Garrone & Grilli, 2010, s. 5602).

Teorik açıdan enerji alanında kamunun Ar-Ge harcamalarını destekleyici politikalar izlemesinin birçok gerekçesi vardır. Bunlardan en önemlileri piyasa başarısızlığı, çevresel dışsallıklar ve enerji güvenliğidir.

⁴Enerji teknolojilerinin gelişmesiyle enerji üretim maliyeti düşmektedir. Düşen üretim maliyeti fiyatları da düşürmektedir. Ancak bu teknolojiler fosil yakıt gibi çevreyi kirletici enerji kaynakları üzerinde kullanıldığında, bunların fiyatları da düşecek ve tüketimleri artacaktır. Buna “rebound etkisi (rebound effect)” denilmektedir.

2.2.1. Piyasa başarısızlıkları

Devletler Ar-Ge ve inovasyonu farklı nedenlerle ve birçok politik araçla destekleyebilmektedir. Özellikle enerji verimliliği üzerinde yoğunlaşan ülkeler için politika belirlemede Ar-Ge ve inovasyonun yeri oldukça önemlidir. Ar-Ge ve inovasyon ile sağlanan sürdürülebilir verimlilik artışı rekabet gücünü belirleyen temel faktörlerdendir (Zerenler vd., 2007, s. 656). İnovasyon piyasasındaki başarısızlıklar Ar-Ge yayılması ve yaparak öğrenmenin yayılması konularında ortaya çıkmakta, Ar-Ge faaliyetlerine sağlanan vergi indirimleri ve kamu finansmanı gibi mali teşvikler ile piyasanın erken adaptasyonu için teşvikler sağlanarak giderilmeye çalışılmaktadır (Altun, 2018, s. 104).

Devletin inovasyon piyasasına müdahalesinin temel amacı teknoloji yayılımına katkı sağlamaktır. Bununla birlikte ulusal ve uluslararası piyasada rekabet üstünlüğü sağlamak, istihdamı arttırmak, çevreci ve güvenli üretim olanakları yaratmak hedeflenmektedir. Bu doğrultuda özellikle yeni teknolojilerin henüz yeterince kullanılmadığı sektörlerde devlet desteği oldukça önemlidir. Çünkü birtakım nedenlerle yatırımlar yetersiz kalmakta ve piyasa tek başına bu hedeflere ulaşamamaktadır. Enerji de yeni teknoloji kullanımının giderek önem kazandığı alanlardan biridir. İnovasyonda piyasa başarısızlığı oluşturan başlıca faktörler bilginin kamusalılığı, dışsallıklar, belirsizlikler ve risklerdir (Tosunoğlu, 2016, s. 42).

2.2.1.1. Bilginin kamusalılığı

Bilgi dışlananama ve rekabet edilememe özelliklerinden dolayı kamusal mal olarak kabul edilmektedir. Bilgi bir kere kullanıldıktan sonra tükenmemekte aksine sonsuz kere kullanılabilir. Bu nedenle bilginin yayılma özelliği vardır. Bilginin yayılma özelliğinden dolayı, yapılan Ar-Ge harcamaları yeni bilgi üretiminde ölçeğe göre artan getiri sağlamaktadır. Bilginin yayılmasıyla yeni bilgi üretimi kolaylaşmaktadır. Ancak kamu desteğinin olmadığı bir piyasada özel sektör yayılmayı bir risk olarak görmekte ve Ar-Ge faaliyetlerine gereken yatırımları yapmamaktadır. Ar-Ge faaliyetlerine yapılan yatırımların az olması inovasyonu da yavaşlatmakta ve piyasa başarısızlığı ortaya çıkmaktadır. Bilgi üretimi toplumsal fayda sağladığından dolayı devlet tarafından yapılmalı veya desteklenmelidir. Ar-Ge faaliyetlerinden elde edilen toplumsal faydanın özel faydadan çok olması inovasyonda piyasa başarısızlığının temel nedenidir. Özellikle altyapı, enerji ve çevre alanlarında gerçekleştirilen inovasyon projelerinde bu durum

gözlenmektedir. Bu nedenle bilgi üretimiyle toplumsal faydayı arttırmak amacıyla üniversiteler ve diğer kamu araştırma kurumları kurulmuştur. Kamunun ürettiği bilgi yayılmakta ve birçok özel işletme bundan fayda sağlamaktadır (Tosunoğlu, 2016, s. 42-44).

Bilgi bir kamu malı olduğundan toplum için pozitif dışsallıklar meydana getirmektedir. Ancak, yeni bir bilginin kamuya açık hale geldiği andan itibaren herkes tarafından kullanılabilmesi nedeniyle bilginin kullanım hakkını koruyabilmek için patent gibi fikri mülkiyet hakları ortaya çıkmıştır. Bu yaklaşım, Ar-Ge yatırımlarının sosyal faydasının maksimum seviyeye ulaşmasını engellemektedir. Dolayısıyla devletler bu eksikliği gidermek için çeşitli yollarla Ar-Ge'yi finanse etmektedir. Ayrıca, yeni bir bilginin ortaya çıkışı potansiyel uygulayıcılarının sayısını arttırmakla beraber piyasa başarısızlığı riskini de arttırmaktadır. Bu nedenle, Ar-Ge sürecinde özellikle temel araştırma sürecinin devlet tarafından finanse edilmesi gerekmektedir. Çünkü şirketler, daha az riskli ve kısa vadeli projelere Ar-Ge yatırımı yapma eğilimindedir. Yapılan araştırmalarda, enerji alanına yapılan kamu Ar-Ge harcamalarının uzun vadeli ve riskli araştırma faaliyetlerine yoğunlaşmasının daha faydalı olduğu görülmektedir. Ayrıca, harcamaların daha yeni teknolojiler için yapıldığında daha etkili sonuçlar verdiği belirtilmektedir (Bointner, 2014, s. 734).

Temel araştırmaya yapılan yatırımlar inovasyonun hızlanmasında oldukça etkili olsa da kamu malı özelliği taşıyan birçok çıktı üreteceğinden dolayı genellikle kendini tamamen tazmin edememektedir. Yani elde edilen fayda tüketiciye ve diğer üreticilere dağılmaktadır. Dolayısıyla özel sektör çok gerekli olmadığı sürece temel araştırma faaliyetleri yapmaktan kaçınmaktadır. Bu noktada şirketler için kamu tarafından sağlanan teşvikler önemli olmaktadır (Tosunoğlu, 2016, s. 44).

2.2.1.2.Dışsallıklar

Kamu politikaları bilginin hem üretilmesinde hem yayılmasında önemli bir etkiye sahiptir. Kamunun Ar-Ge faaliyetleri özel sektöre sağladığı teknolojik dışsallıkla inovasyona olumlu bir etkide bulunmaktadır. Özel sektör toplum çıkarlarını değil kendi çıkarlarını düşünmekte olduğundan kamunun yeni teknolojik faaliyetleri yapması veya desteklemesi toplum refahı açısından önemlidir. Özel sektör Ar-Ge faaliyetleri gerçekleştirip inovasyon sürecine katkı sağladığında bir teknolojik dışsallık yaratmaktadır. Bu dışsallıktan, üretilen yeni teknolojik ürünlerin kullanımı, teknolojik

yeniliğin ya da buluşun taklit edilmesi ve yetiştirilen yetkin personelin başka firmalar tarafından istihdamı gibi yollarla diğer firmalar da faydalanabilmektedir. Ortaya çıkan teknolojik dışsallıktan faydalanan diğer firmalar rakip firmalar da olabilmektedir. Bu gibi durumlarda özel fayda toplumsal faydadan az olmakta ve firmalar bu tip yatırımlardan kaçınmaktadır. Ancak kamunun ürettiği ya da desteklediği teknolojinin yayılmasının ekonomik üretkenliği artırma, KOBİ'lere büyük işletmelerle rekabet edebilme imkanı sağlama, farklı endüstrilere de ulaşarak daha geniş alanda kullanılabilmesi gibi faydaları olacaktır. Kamu bunları sağlayabilmek için teknoloji merkezleri kurma, küçük firmaların işbirliği faaliyetlerini destekleme, teknolojiyi yeni kullanıcılara ulaştırmak üzere satın alma, çevre ve güvenlikle ilgili uyulması gereken teknolojik şartlar getirme, nitelikli personel yetiştirme gibi yollar izlemektedir (Tosunoğlu, 2016, s. 44-45).

Ar-Ge yayımları, bilginin doğası gereği kamu malı olması nedeniyle enerji-etkin teknoloji inovasyonlarına yönelik yatırımların yetersiz olmasına yol açabilmektedir. Bireysel firmalar gösterdikleri inovasyon çabalarından doğan faydanın tümünü elde edememekte, faydayı kısmen diğer firmalarla ve tüketicilerle paylaşmak durumunda kalmaktadırlar. Bu yalnızca enerji verimliliği inovasyonuna özgü değil; sosyal fayda oranı özel fayda oranından yaklaşık iki ila dört kat daha yüksek olan teknolojik inovasyonunun genel bir özelliğidir (Gillingham vd., 2009, s. 18-19).

Bilgi yayımları, özel firmaların mevcut ürünlerinin, teknolojilerinin ve ekipmanlarının enerji verimliliğini arttırmaya (karbon yoğunluğunu azaltmaya) yönelik Ar-Ge faaliyetleri⁵ gerçekleştirme isteklerini sınırlandırmaktadır. Bu nedenle devletler üniversite ve araştırma merkezlerine doğrudan finansman sağlamak ya da özel sektör Ar-Ge yatırımlarına sübvasyon ve hibe gibi yardımlarla teşvik etmektedir. Enerji alanında kamu Ar-Ge harcamaları aynı zamanda teknoloji itişli bir iklim politikası çeşitidir (Garrone & Grilli, 2010, s. 5602). Kamunun Ar-Ge desteği diğer sektörlerde olduğu gibi enerji sektöründe de karşılaşılan bilginin yayılma sorunu için bir çözüm niteliği taşımaktadır. Kamu Ar-Ge destekleri eğer teknolojinin ilk aşamaları ve daha yüksek riskli projelere yönelik olursa enerji alanında inovasyonun önündeki engelleri kaldırabilme gücüne sahip olmaktadır. Dolayısıyla enerji alanında kamu Ar-Ge

⁵Örneğin; fosil yakıtla çalışan ekipmanların karbon yoğunluğunu azaltan yeni cihazlar ve teknolojiler geliştirmek ve yeni karbonsuz enerji teknolojileri ve bunları destekleyici teknolojilerin maliyetlerini azaltmak gibi faaliyetler.

harcamaları teknolojik gelişme için bir itici güçtür (Garrone & Grilli, 2010, s. 5600-5601).

2.2.1.3.Belirsizlikler ve riskler

İnovasyon belirli bir süreçte elde edilen birikimler sonucunda gerçekleşebilmekte, birikimleri elde etmek için de uzun süreli bilimsel araştırmalar yapılması gerekmektedir. Bilimsel araştırmanın maliyeti, belirsizlikleri ve riskleri nedeniyle özel sektör bu alanda yatırım yapmaya genellikle sıcak bakmamaktadır. Ar-Ge faaliyetleri, uzun sürede sonuç alınabilen, sonuçlarını öngörmesi zor olan, başarısız sonuçlara açık, maliyetlerini tahmin etmesi zor ve yüksek riskli faaliyetlerdir. Özel sektör bu riskleri göze alarak yeterince Ar-Ge yatırımı yapmamaktadır. Özellikle küçük ve orta ölçekli işletmeler yüksek ilk yatırım harcamaları ve belirsizlikler nedeniyle Ar-Ge yatırımlarına cesaret edememektedir. Çünkü Ar-Ge yatırımlarının fikir üretme-geliştirme aşamaları ve sonuç elde etme süreçleri uzundur. Ar-Ge yatırımları genellikle büyük şirketler tarafından yapılmakta ve başarılı olduğunda oldukça yüksek getiriler sağlamaktadır. Ancak, inovasyona yönelik yatırımlar için dış finansman bulmak sabit sermaye yatırımlarına göre daha zordur. Çünkü, faaliyet sonucu elde edilecek ürün, yeni bilgi ve teknoloji ipotek edilememektedir. Ayrıca, inovasyon piyasalarında bilginin çok değerli olması fikirlerin ve projelerin dışarıya açıklanmamasına ve bilginin gizli kalmasına neden olmaktadır. Asimetrik bilgi sorunu nedeniyle Ar-Ge yatırımlarının başarı oranı düşmekte ya da proje maliyetleri çok yüksek olmaktadır. Rekabet piyasasının gereklerinden biri olan şeffaflık inovasyon piyasasında geçerli değildir. Çünkü, şeffaflık demek herkesin aynı bilgiye sahip olması demektir. Herkesin eşit bilgiye sahip olduğu durumda bir bilgi alışverişi söz konusu olamaz. Ar-Ge faaliyetlerinde bir yenilik ya da bilginin ilk üretim maliyetleri yüksek olabilir ancak tekrar üretme ve çoğaltma maliyetleri genellikle çok düşüktür. Bundan dolayı teknolojik yenilik faaliyetlerinde ölçek ekonomileri oldukça önemlidir. Etkin kaynak tahsisinin gerçekleşmesi için gerekli olan fiyatların marjinal maliyete eşit olma koşulunun sağlanması devlet müdahalesi ile mümkün olmaktadır. Bilginin ve teknolojik yeniliklerin kamusal mal özelliklerine sahip olmaları ve ölçek ekonomilerinin önemli olması nedenleriyle bu piyasalarda doğal ve/veya fikri mülkiyet hakkı gibi yasal tekeller oluşmaktadır. Tekelleşme üretilen yeniliklerin yayılması ve etkin kaynak tahsisini zorlaştırmaktadır. Devletin bu piyasalara girişleri kolaylaştırması ve teşvik edici hamleler yapması gerekmektedir. Çünkü yeni ürün fikirleriyle piyasaya girmek isteyen firmaların

inovasyon potansiyeli yüksektir. Devlet müdahalesi için bir diğer ekonomik gerekçe de şirketlerin kar odaklı yapılarından dolayı genellikle kısa dönemli projelere yönelmesi ve uzun dönemli projelere gereken önemin verilmemesidir (Tosunoğlu, 2016, s. 46-48).

2.2.2. Çevresel dışsallıklar

Enerji fiyatları; çevresel dışsallıklar, ortalama maliyet fiyatlandırması veya ulusal güvenlik gibi nedenlerle enerji tüketiminin gerçek sosyal maliyetini yansıtmamaktadır. Birçok enerji kaynağının üretimi ve/veya tüketimi sera gazı emisyonunu arttırarak çevresel dışsallıklara yani başkaları tarafından karşılanan maliyetlere neden olmaktadır. Çevresel bir dışsallık, herhangi bir politika önlemi olmadığında sosyal optimuma göre aşırı enerji kullanımına ve enerji verimliliğine yeterince yatırım yapılmamasına yol açmaktadır. Çevresel dışsallıkların varlığı konusunda herhangi bir tartışma olmamasına rağmen, bu tür dışsallıkların büyüklüğü ve bireyler tarafından içselleştirilme dereceleri belirsizdir ve ölçülmesi zordur. Çevresel dışsallıklar, çoğunlukla hava emisyonları şeklinde olmaktadır. Enerji fiyatları bu dışsallıkları (kirlilik türüne göre değişen) içselleştirmediği sürece piyasa, toplumsal açıdan çok düşük bir enerji verimliliği seviyesi sağlayacaktır (Gillingham vd., 2009, s. 11-14).

Küresel ısınmanın risklerini ve sosyal maliyetlerini azaltmak için uygulanan kamu politikaları arasında enerji alanında izlenen Ar-Ge politikası öne çıkmaktadır. Karbon emisyonlarının azaltılması hedefine ulaşılmasında enerji inovasyonun rolü büyüktür. Çünkü uzun vadede enerji tüketiminden kaynaklanan emisyonları azaltmak için teknolojik değişim gereklidir. Enerji teknolojileri gereken gelişmişlik seviyesinde olmadığında gereğinden fazla enerji tüketimine ve emisyonu neden olunmaktadır. Politika yapıcılar iklim politikalarını belirlerken çoğunlukla enerji inovasyonunu dikkate almaktadır (Garrone & Grilli, 2010, s. 5600-5601).

Enerji kullanımının yol açtığı küresel bir tehdit olan çevresel dışsallıklarla mücadele, günümüz enerji politikalarının en temel hedefleri arasında yer almaktadır. Belirlenen çevresel hedeflere ulaşma bağlamında yapılması gereken en temel değişimlerden biri yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını arttırmaktır. Ancak, yenilenebilir enerji projeleri genellikle yüksek teknoloji gerektirmekte, bu noktada enerji alanında Ar-Ge'nin önemi ortaya çıkmaktadır. Yenilenebilir enerji kullanımının yüksek teknoloji gerektirmesi yüksek maliyetli olması demektir. Yenilenebilir enerji projelerinin yüksek maliyetinin düşürülmesi Ar-Ge ile mümkündür. Devletler enerji alanında

uygulayacakları Ar-Ge teşvikleriyle bu dönüşümde kilit rol oynamaktadır. Ayrıca Ar-Ge faaliyetleri, yenilenebilir enerji kaynaklarından alınan verimi ve üretilen elektrik miktarını arttırmayı sağlamaktadır. Belirlenen çevresel hedeflere ulaşılması için yenilenebilir enerji payının artması, bunun için de Ar-Ge faaliyetlerinin hızlandırılması şarttır.

Ar-Ge ile daha verimli malzeme, süreç ve teknolojinin kullanımıyla enerji talebini düşürmek hedeflenmektedir. Enerji alanında Ar-Ge'nin hızlanmasıyla birlikte akıllı şebeke ve ev aletlerinin yaygınlaşması, elektriğin depolanması, biyoyakıtlarda verimliliğin artması, alglerden yakıt üretimi, hidrojenin depolanması, kömüre bağlı endüstriyel süreçler için alternatif kaynaklar bulunması gibi gelişmeler beklenmektedir (Teke, 2013, s. 55). Küresel bazda enerji Ar-Ge harcamaları arasında yenilenebilir enerji (genellikle rüzgar, güneş, jeotermal ve biyokütle), yeşil binalar, yeşil Ar-Ge, akıllı şebeke (smart-grid), enerji verimliliği ve temiz teknoloji bulunmaktadır (Teke, 2013, s. 59).

Esasen devletlerin çevre politikası olarak kullanabileceği birçok araç bulunmaktadır. Örneğin; devlet çevreyi kirliliğini arttırıcı ekonomik faaliyetlerde bulunan işletmelere ek vergiler ya da cezalar uygulayabilir. Neticesinde bu tür bir uygulama, faaliyeti gerçekleştiren kişi ve kurumlar üzerinde caydırıcı etki yaratacaktır ve çevrenin korunmasına katkı sağlayacaktır. Ancak bu durum, sektördeki firmaların faaliyetlerini olumsuz etkileyebilecek ve ekonomide daralmaya neden olabilecektir. Ekonomik büyümeyi olumsuz etkilemeden çevreyi koruyabilmenin yolu da Ar-Ge teknolojilerinin gelişmesi ve kullanımının yaygınlaşmasından geçmektedir. Bunu sağlayacak kurum da devlettir. Devlet tüm bunların tek başına sağlayamasa da belirleyeceği politikalarla özel sektörün önünü açmalıdır. Özel sektör kamu düzenlemeleri olmadan çevreyi korumaya yönelik tedbirler almamaktadır. Bu çalışmanın üzerinde yoğunlaşacağı ve dikkat çekmek istediği noktalardan biri budur. Enerji kaynaklı sera gazı emisyonlarının azaltılmasının yolu Ar-Ge aracılığıyla var olan sorunlara çözüm bulmaktan geçmektedir. Bu nedenle; enerji, Ar-Ge ve çevrenin bir arada düşünülmesinin gerekliliği ortadadır. Özellikle sürdürülebilir kalkınmanın sağlanabilmesi için çok önemli olan enerji teknolojilerine her ülkenin gereken ağırlığı vermesi gerektiği düşünülmektedir.

2.2.3. Enerji güvenliği

Devletlerin enerji alanında Ar-Ge harcamaları yapmasının bir diğer gerekçesi de enerji güvenliğini sağlamaktır. Enerjide yeni teknolojilerin kullanımını yaygınlaştırarak dışa bağımlılığın azaltılması hedeflenmektedir.

Ülkelerin belirli enerji kaynaklarına - özellikle dünyanın istikrarsız bölgelerinden gelen petrolere - bağımlı olmalarından kaynaklanan, tüketicilerin enerji fiyatlarında karşılaşmadıkları veya bu nedenle enerji kullanım kararlarında dikkate almadıkları ulusal güvenlik gibi bir dış maliyet bulunmaktadır. Bu endişeler ulaşım nedeniyle petrol tüketiminden, ısınma için akaryakıt tüketimi ile doğal gaz ve petrol piyasaları arasındaki ilişki nedeniyle bina enerji tüketimine kadar ulaşmaktadır. Enerji tüketiminin ulusal güvenlik risklerinin ekonomik ve diğer analizleri, kısmen sorunun değişken (lumpiness) olmasından dolayı tatmin edici sonuçlar vermemektedir. Öte yandan, petrol tüketiminin azaltılması, büyük olasılıkla bağlantılı güvenlik risklerini veya buna yönelik olarak yapılan askeri ve diplomatik harcamaları değiştirmeyecektir. Bununla birlikte, uzun vadede daha büyük bir azalma bu riskleri düşürebilir ve bu riskler ilgili enerji kaynaklarının fiyatına tam olarak yansıtılmadığı ölçüde, enerji verimliliğinde yetersiz yatırım ortaya çıkacaktır (Gillingham vd., 2009, s. 11-14).

Petrol fiyatları yükseldiği dönemlerde dünyada birçok ekonomiyi olumsuz etkilemektedir. Dolayısıyla ülkeler ekonomik güvenliklerini ve sürdürülebilir büyümeyi sağlayabilmek için alternatif kaynak arayışlarına yönelmekte, bu bağlamda petrole dayalı ekonomilerden biyolojik temelli (bio-based) ekonomilere bir dönüşüm söz konusu olmaktadır. Fosil yakıtlara bağımlılığın ortaya çıkardığı enerji krizlerinin çözülmesi için enerji alanında teknolojik değişimlere ve inovasyonlara ağırlık verilmektedir (Wonglimpiyarat, 2010, s. 753). Hem çevresel dışsallıkların azaltılması hem de enerji güvenliğinin sağlanabilmesi için enerji verimliliğinin arttırılması gerekmektedir. Enerji verimliliğinin arttırılması için ise en sürdürülebilir çözüm bu alanda Ar-Ge yatırımlarını arttırmaktır.

Kısaca, enerji alanında inovatif faaliyetlerin, süreçlerin ve ürünlerin yaygınlaşması enerji verimliliğini arttırırken kaynak tüketimini azaltır. Dolayısıyla enerji tüketimi kaynaklı emisyonlar azalır. Ar-Ge harcamaları da inovasyonun ne kadar yayıldığını gösteren bir gösterge olduğundan (Fernández vd., 2017, s. 3460), bu harcamalardaki değişimin çevresel etkileri merak uyandırmaktadır. Ar-Ge ve çevre ilişkisini araştıran

birçok çalışma bulunmaktadır. Kamunun enerji alanında Ar-Ge için ayırdığı bütçe sera gazı emisyonlarının seviyesi için bir gösterge olabilir. Enerji güvenliği, çevre güvenliği ve enerji verimliliği sorunlarını çözmek isteyen devletler enerji alanında Ar-Ge harcaması yapmaktadır. Küresel çapta üzerinde uzlaşma sağlanan karbon salınımlarını azaltma hedefine ulaşmak için atılması gereken en temel adımlardan birinin enerji teknolojilerindeki gelişimi hızlandırmak olduğu düşünülmektedir. Çünkü enerji teknolojilerindeki gelişimin karbon salınımı üzerinde azaltıcı bir etkisi olduğu varsayılmaktadır. Enerji teknolojilerinin gelişmesi için kamu enerji politikalarının bu doğrultuda dizayn edilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda devletler enerji alanında yapacakları Ar-Ge harcamaları için bütçe belirlemektedir. Bu çalışmada bunların çevre üzerinde istenilen etkiyi oluşturup oluşturmadığı incelenecektir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

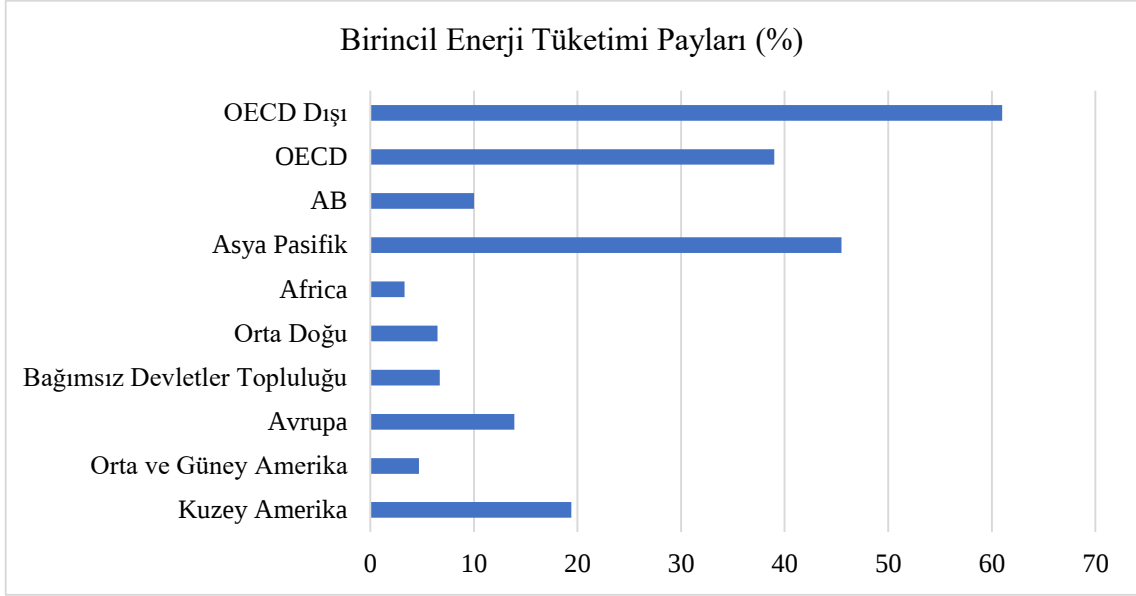
3. OECD ÜLKELERİNDE ENERJİ GÖRÜNÜMÜ VE ENERJİ ALANINDA KAMU AR-GE HARCAMALARI

Bu bölümde OECD ülkelerinde enerji sektörünün görünümü, enerji arz-talep miktarları, en çok kullanılan enerji kaynakları, ithalat-ihracattaki durumları ve enerji alanında kamu Ar-Ge harcamaları ele alınacaktır. OECD'nin 2021 itibariyle Amerika, Asya, Okyanusya ve Avrupa kıtalarında yer alan 38 üyesi bulunmaktadır. Çalışmanın konusu olarak OECD ülkelerinin seçilmesinin nedeni OECD'nin gelişmekte olan ya da gelişmiş ülkelerden oluşmasıdır. Dolayısıyla OECD ülkeleri diğer ülkelere kıyasla Ar-Ge'ye daha fazla kaynak ayırabilmekte ve bir değerlendirme yapabilme olanağı sunmaktadır. Dünya'da yapılan Ar-Ge harcamaları değerlendirildiğinde en yüksek harcama yapan ülke grubunun OECD ülkeleri olduğu, Ar-Ge harcamalarının yarısından fazlasını OECD ülkeleri tarafından yapıldığı görülmektedir (Kethudaoğlu, 2018, s. 86).

3.1.OECD Ülkelerinde Enerji Görünümü

Dünyada enerji arz ve talep istatistikleri incelendiğinde OECD ülkelerinin önemli bir payı olduğu görülmektedir. OECD ülkeleri dünya enerji arzı ve talebinin önemli bir kısmına sahiptir. OECD ülkeleri enerji sistemini dönüştürmede ve farklı enerji kaynaklarına yönelmede belirlediği stratejiler ve attığı adımlarla dünyaya öncülük etmektedir. Özellikle global çapta emisyonları azaltma hedeflerinde kilit enerji kaynakları olan yenilenebilir enerji ve nükleer enerji üretimin çok büyük bir kısmı OECD ülkeleri tarafından gerçekleştirilmektedir.

Şekil 3.1. Dünya’da Birincil Enerji Tüketimi Dağılımı (BP, 2021)



Şekil 3.1.’de görüldüğü üzere, 2020 yılında dünyada toplam birincil enerji tüketiminin %39’u OECD ülkelerinde, %61’i ise OECD üyesi olmayan ülkelerde gerçekleşmiştir.

Tablo 3.1 Dünya Enerji Tüketiminin Kıtalara Göre Dağılımı (EJ), 2020 (BP, 2021)

ÜLKE GRUBU	Toplam Birincil Enerji Tüketimi (EJ)	Kişi Başı Enerji Tüketimi (GJ)
Kuzey Amerika	107.90	216.8
Orta ve Güney Amerika	26.19	49.9
Avrupa	77.15	113.6
Bağımsız Devletler Topluluğu ⁶	37.12	150.4
Orta Doğu	36.44	139.6
Afrika	18.58	13.9
Asya Pasifik	253.25	59.6
OECD	217.11	159.1
OECD Dışı	339.52	52.8

Coğrafi bölge bazlı incelendiğinde Tablo 3.1’e göre dünyada birincil enerji tüketimi en yüksek olan kıta Asya Pasifik’tir. Birincil enerji tüketimindeki payı %45,5 olan Asya Pasifik ülkeleri kişi başı enerji tüketiminde geride kalmıştır. Kişi başı enerji tüketiminde ise Kuzey Amerika ülkeleri başı çekmektedir. OECD üyesi olma kriterine göre bir ayırım

⁶Bağımsız Devletler Topluluğu’nu oluşturan ülkeler Ermenistan, Azerbaycan, Belarus, Kazakistan, Kırgızistan, Moldova, Rusya, Tacikistan, Türkmenistan ve Özbekistan’dır.

yapıldığında ise OECD üyesi olmayan ülkelerin birincil enerji tüketimlerinin üye ülkelerden daha fazla olduğu görülmektedir. Ancak tabloda görüldüğü üzere, OECD ülkeleri toplam birincil enerji tüketiminde çoğunluğa sahip olmamasına rağmen bu ülkelerde kişi başı enerji tüketimi OECD üyesi olmayan ülkelere üç kat fazladır.

Tablo 3.2 OECD Ülkelerinin Enerji Tüketimleri (Mtoe), 2018 (BP, 2021)

ÜLKELER	Enerji Tüketimi	Kişi Başı Enerji Tüketimi
Avustralya	83,33	3,334
Avusturya	27,6	3,123
Belçika	41,3	3,615
Kanada	206,06	5,561
Şili	28,11	1,498
Kolombiya	28,96	0,583
Kosta Rika	3,98	0,796
Çekya	26,89	2,53
Danimarka	14,07	2,428
Estonya	3	2,278
Finlandiya	26,01	4,715
Fransa	151,38	2,25
Almanya	222,68	2,686
Yunanistan	15,73	1,466
Macaristan	20,11	2,058
İzlanda	3,24	9,181
İrlanda	11,32	2,328
İsrail	15,55	1,751
İtalya	119,06	1,969
Japonya	283,02	2,238
Güney Kore	182,21	3,531
Letonya	4,13	2,143
Litvanya	6,54	2,333
Lüksemburg	3,78	6,213
Meksika	124,61	1
Hollanda	58,13	3,373
Yeni Zelanda	14,39	2,958
Norveç	20,82	3,92
Polonya	75,9	1,976
Portekiz	16,2	1,576
Slovakya	11,25	2,066
Slovenya	5,1	2,461
İspanya	86,15	1,844
İsveç	32,72	3,216
İsviçre	18,13	2,13
Türkiye	102,96	1,265
Birleşik Krallık	128,74	1,938
ABD	1594,13	4,869
OECD Amerika	1952,92	3,845
OECD Asya	578,49	2,668
OECD Avrupa	1252,95	2,171
OECD Genel	3784,37	2,907

Tablo 3.2’de yer alan verilere göre, toplam enerji tüketimlerine ülke bazlı bakıldığında en fazla enerji tüketimi yapan ülke 1594,13 Mtoe ile açık ara önde olan ABD’dir. Onu takip eden ülkeler 283,02 Mtoe ile Japonya, 222,68 Mtoe ile Almanya, 206,06 Mtoe ile Kanada gelmektedir. Türkiye’de ise toplam enerji tüketimi 102,96 Mtoe olmuştur. Kişi başı enerji tüketiminde ise en yüksek ülkeler 9,181 Mtoe ile İzlanda, 6,213 Mtoe ile Lüksemburg, 5,561 Mtoe ile Kanada, 4,869 Mtoe ile ABD gelmektedir. Kişi başı enerji tüketimi en düşük olan ülkeler ise 0,583 Mtoe ile Kolombiya, 0,796 Mtoe ile Kosta Rika ve 1 Mtoe ile Meksika’dır. Bu ülkelerin tamamının Latin Amerika ülkeleri olması dikkat çekmektedir. Türkiye’nin kişi başı enerji tüketimi ise 1,265 ile bu ülkelerin biraz üzerinde gerçekleşmiştir. Latin Amerika ülkeleri dışında OECD ülkeleri arasında en düşük kişi başı enerji tüketimine sahip ülke Türkiye’dir.

Tablo 3.3 Çeşitli Ülke Gruplarının Toplam Enerji Arzları (Mtoe), 2019 (OECD, 2020)

Ülke Grubu	Toplam Enerji Arzı	Payı (%)
Afrika*	836,72	5,85
AB-28*	1603,31	11,2
IEA	5232,77	36,6
OECD Amerika	2730,58	19,11
OECD Asya/Okyanusya	874,78	6,12
OECD Avrupa	1715,45	12
OECD Toplam	5320,82	37,25
Orta Doğu*	759,91	5,32
Dünya*	14281,89	100

*2018

Tablo 3.3’te yer alan verilere göre, 2019 yılında OECD ülkelerinin toplam enerji arzı 5320,82 Mtoe olmuştur. Bu dünya toplam enerji arzının %37,25’inin OECD ülkelerinde gerçekleştiği anlamına gelmektedir. OECD ülkeleri Amerika, Asya/Okyanusya ve Avrupa olarak üç gruba ayrılmaktadır. OECD Amerika ülkelerinin toplam arzı içindeki payı %19,11, OECD Avrupa ülkelerinin payı %12 ve OECD Asya/Okyanusya ülkelerinin payı ise %6,12 olmuştur. En yüksek payın OECD Amerika ülkelerinde olmasında ABD’nin payı büyüktür.

Tablo 3.4 OECD Ülkelerinde Toplam Birincil Enerji Tüketim Miktarları (EJ), 2020 (BP, 2021)

ENERJİ KAYNAĞI	TOPLAM TÜKETİM (EJ)
Petrol	78.52
Doğal Gaz	62.28

Tablo 3.4 (Devam) *OECD Ülkelerinde Toplam Birincil Enerji Tüketim Miktarları (EJ), 2020 (BP, 2021)*

Kömür	27.46
Nükleer Enerji	16.67
Yenilenebilir Enerji	31.18

Tablo 3.4'te görüldüğü üzere, OECD ülkelerinde enerji talebinin önemli bir çoğunluğunu fosil kaynaklar oluşturmaktadır. Fosil yakıtlardan en çok kullanılanlar sırasıyla petrol, doğal gaz ve kömürdür. Fosil yakıtlardan sonra en çok tüketilen ikinci kaynak yenilenebilir kaynaklar, üçüncü ve en düşük paya sahip olan kaynak ise nükleer enerjidir.

Tablo 3.5 *Enerji Kaynağına Göre Dünya Enerji Tüketiminde OECD'nin Payı⁷ (%) (BP, 2021)*

ENERJİ KAYNAĞI	DÜNYA	OECD	OECD'NİN PAYI (%)
Petrol	4165.1	1281.4	30.8
Doğal Gaz	3853.7	1478.5	38.4
Kömür	159.61	29.93	18.8
Nükleer	443	308	69.5
Yenilenebilir Enerji	3147.0	1788.6	56.8
Biyoyakıt	1677	938	56.0
Elektrik	26823.2	10880.8	40.6

OECD ülkeleri enerji tüketiminde olduğu gibi enerji üretiminde de dünyada önemli bir yere sahiptir. Tablo 3.5'te görüldüğü üzere, 2020 yılında dünyada üretilen petrolün %30,8'i, doğal gazın %38,8'i, kömürün %18,8'i, yenilenebilir enerjinin %56,8'i, biyoyakıtların %56'sı ve elektriğin %40,6'sı OECD ülkelerinde üretilmiştir. Ayrıca dünyadaki nükleer santrallerin %69,5'i OECD ülkelerinde bulunmaktadır.

Tablo 3.6 *Dünyada ve OECD Ülke Gruplarında Birincil Enerji Arzları (ktoe), 2018 (OECD, 2020)*

ÜLKELER	Petrol	Kömür	Doğal Gaz	Nükleer Enerji	Yenilenebilir Enerji
OECD Amerika	1.005.048	355.073	884.629	249.025	254.446
OECD Asya	336.355	243.878	188.998	51.704	58.595
OECD Avrupa	563.045	255.384	426.312	215.079	279.559
OECD Toplam	1.904.448	854.335	1.499.938	515.808	592.601
Dünya	4.496.998	3.838.326	3.261.595	706.814	1.975.836

⁷Petrol, milyon ton (mt); doğal gaz, milyar metre küp (m³); kömür, exajoule (EJ); nükleer santral, adet, biyoyakıt, günlük petrol eşit ton (BOE/D), elektrik (twh) cinsinden ifade edilmiştir.

Tablo 3.6’da görüldüğü üzere, OECD ülkelerinde enerji arzının da büyük çoğunluğunu fosil yakıtlar oluşturmaktadır. En çok arz edilen enerji kaynağı petrol olmuştur. İkinci sıradaki enerji kaynağı ise OECD Amerika ve Avrupa ülkelerinde doğal gaz, Asya ülkelerinde ise kömür olmuştur.

Tablo 3.7 OECD Ülkelerinde Birincil Enerji Arzları (ktoe), 2019 (IEA, 2020)

ÜLKELER	Petrol	Kömür	Doğal Gaz	Nükleer Enerji	Yenilenebilir Enerji
Avustralya	43.687	40.909	38.331	0	9.504
Avusturya	11.713	2.819	7.668	0	10.633
Belçika	20.636	3.099	15.131	11.341	4.955
Kanada	106.630	15.280	108.133	26.366	49.675
Şili	16.809	8.207	5.517	0	9.788
Kolombiya*	14.997	3.493	10.246	0	10.111
Kosta Rika*	2.608	0	0	0	2.276
Çekya	9.537	14.144	7.158	7.901	4.907
Danimarka	5.943	1.022	2.517	0	6.529
Estonya	59	3.326	380	0	1.257
Finlandiya	8.222	3.627	2.093	6.223	11.866
Fransa	69.988	7.364	37.384	103.966	27.647
Almanya	101.400	54.215	80.218	19.560	48.243
Yunanistan	10.613	3.285	4.503	0	2.869
Macaristan	7.879	2.002	8.419	4.258	3.077
İzlanda	530	68	0	0	5.457
İrlanda	6.304	921	4.559	0	1.642
İsrail	9.744	4.772	8.135	0	652
İtalya	49.500	5.943	60.826	0	28.054
Japonya	158.877	114.122	96.903	16.618	32.563
Güney Kore	106.115	77.083	48.730	38.018	9.925
Letonya	1.349	40	1.103	0	1.881
Litvanya	2.942	197	1.864	0	1.597
Lüksemburg	2.395	43	684	0	331
Meksika	83.178	11.854	69.625	2.986	6.378
Hollanda	25.297	6.419	32.017	1.019	5.963
Yeni Zelanda	6.566	1.380	4.002	0	8.641
Norveç	4.685	801	4.959	0	13.308
Polonya	30.083	44.800	16.925	0	10.844
Portekiz	9.616	1.252	5.284	0	5.213
Slovakya	3.681	2.840	3.887	4.110	1.800
Slovenya	2.308	1.056	736	1.517	1.187
İspanya	51.863	4.913	30.897	15.229	18.228
İsveç	8.704	2.038	998	17.349	20.115
İsviçre	8.642	80	2.929	6.916	6.317
Türkiye	43.006	41.946	37.008	0	24.713
Birleşik Krallık	59.038	5.716	67.308	14.639	22.842
ABD	795.689	277.572	728.892	219.737	178.898

Tablo 3.7’de enerji arzları ülke bazlı incelendiğinde Kosta Rika ve İzlanda hariç bütün OECD ülkelerinde petrol, doğal gaz ve kömür kullanıldığı görülmektedir. Kosta

Rika’da tüm enerji arzı yalnızca petrol ve yenilenebilir kaynaklardan oluşmaktadır. Kosta Rika yenilenebilir enerjiye verdiği önemle dikkat çekmekte, elektrik üretiminin %99’unu yenilenebilir kaynaklardan sağlamaktadır. Yenilenebilir enerjinin en çok kullanıldığı ülkelerden olan İzlanda’da ise fosil yakıtlardan doğal gaz kullanılmamakta, petrol ise yalnızca ulaşımda kullanılmaktadır. İzlanda’da toplam enerji arzının %90’ını yenilenebilir kaynaklar oluşturmakta, elektrik üretiminin de neredeyse tamamı bu kaynaklardan sağlanmaktadır. 1970’lerin başında ise İzlanda’da en önemli kaynağın ithal edilen petrol olduğu görülmektedir. Son 40-50 yılda İzlanda enerji ekosistemi büyük bir değişim geçirmiş ve her ne kadar kaynaklara erişim açısından özel şartlara ve avantajlara sahip olsa da bu dönüşümün mümkün olduğunu tüm dünyaya göstermiştir.

Avustralya, Avusturya, Belçika, Şili, Kolombiya, Kosta Rika, Almanya, Yunanistan, İrlanda, İsrail, Japonya, Güney Kore, Litvanya, Lüksemburg, Meksika, Portekiz, Slovenya, İspanya, İsviçre, Türkiye ve ABD’de enerji arzında en yüksek paya sahip kaynak petroldür. Kalan 17 ülkeden Çekya, Estonya ve Polonya’da arzı en yüksek enerji kaynağı kömür; Kanada, Macaristan, İtalya, Hollanda ve Birleşik Krallık’ta doğal gaz; Fransa ve Slovakya’da nükleer enerji; Danimarka, Finlandiya, İzlanda, Letonya, Yeni Zelanda, Norveç ve İsveç’te ise yenilenebilir enerjidir. Özellikle İskandinav ülkelerinin tamamında enerji arzında en yüksek paya sahip kaynağın petrol, doğal gaz ya da kömür değil, yenilenebilir enerji olması dikkat çekmektedir.

İskandinav ülkelerinden Danimarka, OECD’de enerji ve karbon yoğunluğunun en düşük olduğu ülkedir. Ayrıca elektrik üretiminde dünyada en yüksek rüzgar enerjisi arzına sahiptir. Enerji verimliliği teknolojilerinde de en ileri seviyedeki ülkelerden biridir. 2012-2020 dönemi için bir Enerji Anlaşması hazırlayan Danimarka, karbonsuz ekonomi hedefine ulaşabilmek için koyduğu tedbirleri etkin bir şekilde uygulamıştır. 2020-2030 yılları için hazırladığı Enerji Anlaşması’nı ise 2017 yılında tamamlayarak şeffaf bir şekilde kamuoyu ve ilgili kitlelerle paylaşmış, bu sayede diğer paydaşların da bu anlaşma doğrultusunda önceden planlamalarını yapabilmeleri için zaman kazandırmıştır. Yeni hazırlanan anlaşmada düşük karbon, enerji verimliliği ve güvenli enerji politikasına yönelik uygulamalar yer almaktadır (IEA, 2017, s. 13-14). 2030 yılında yenilenebilir enerjinin toplam tüketimin en az %50’sini oluşturmaya hedeflenmektedir. Son dönemde toplam arzda özellikle biyoyakıt ve atıklar, elektrik üretiminde ise rüzgar enerjisi önemli artışlar kaydetmiştir. 1996 yılında toplam enerji arzı, tüketimi ve elektrik üretiminde

yenilenebilir kaynakların payı %10'un altında olan Danimarka'nın son 25 yılda izlediği enerji politikası diğer ülkeler için güzel bir örnek oluşturmaktadır (IEA, 2017, s. 135-136).

Yenilenebilir enerjinin önemli bir yere sahip olduğu Finlandiya enerji politikası ise enerji güvenliği, ekonomik büyüme ve çevre koruma amaçları çerçevesinde tasarlanmıştır (IEA, 2018, s. 32). Finlandiya'nın %72'si ormanlarla kaplıdır ve enerji arzının çoğu orman bazlı biyoyakıtlardan sağlanmaktadır. Biyoyakıtlardan sonra arzı en yüksek kaynak nükleer enerjidir. Çoğu ulaşımda kullanılan petrol ihtiyacı ise büyük oranda Rusya'dan ithalatla karşılanmaktadır (IEA, 2018, s. 20,31). Dolayısıyla Finlandiya'nın yenilenebilir enerjiye verdiği önem enerjide ithalata bağımlılığını azaltmaktadır. Finlandiya enerji sistemi de son yıllarda önemli bir değişim geçirmiş, ekonomik büyümesini arttırırken fosil yakıtların payını azaltmayı başarmıştır (IEA, 2018, s. 11). Son yıllarda yenilenebilir enerji payının artmasının temel nedeni artan devlet destekleri olmuştur. 2011-2018 yılları arasında rüzgar enerjisi, biyogaz veya biyoyakıt kullanarak üretilen elektrik için prim garantileri uygulanmıştır. 2018 yılında yenilenebilir enerji ihale yöntemini de içeren bir reform yasalaşmıştır (IEA, 2018, s. 28).

Enerji arzında OECD ülkeleri arasında en düşük fosil yakıt payına sahip ülkelerden biri olan Norveç, yenilenebilir enerji payında ise en üst sıralarda yer almaktadır. Toplam enerji arzının yarısından fazlasını yenilenebilir enerji oluşturmaktadır. Norveç'te yenilenebilir enerjinin payının bu kadar yüksek olmasının nedeni sahip olduğu hidroelektrik kaynaklardır. Yenilenebilir enerjinin büyük çoğunluğunu hidroelektrik enerji oluşturmaktadır. Büyük çapta hidroelektrik kaynakları sayesinde elektrik üretimi tamamen yenilenebilir enerjiden gerçekleşmektedir. Ulaşım hariç tüm sektörlerde en çok kullanılan kaynak yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektriktir. Ulaşımda da elektrikli araçların kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır (IEA, 2017, s. 16-19). Norveç 1990 yıllarındaki sera gazı emisyon değerlerini 2030 yılına kadar %40 azaltmayı hedeflemektedir. Diğer ülkelere göre daha düşük bir hedef belirlenmiş olmasının sebebi Norveç'in zaten emisyon salınımı düşük bir ülke olması ve enerji arzı ile tüketiminin temelini yenilenebilir kaynakların oluşturuyor olmasıdır. Dolayısıyla Norveç'in diğer ülkelere kıyasla hedeflerine ulaşabilmek için daha farklı adımlar atması gerekmektedir. Petrol ve doğal gaz arzından sağlanan gelir ile karbonsuz bir geleceği mümkün kılacak teknolojilere yatırım yapılmaktadır (IEA, 2017, s. 9).

İzlanda'dan sonra toplam enerji arzında fosil yakıtların payının en düşük olduğu ülke olan İsveç'te ise enerji arzının %41'ini yenilenebilir enerji, %35'ini ise nükleer enerji oluşturmaktadır. İsveç sahip olduğu enerji sistemi sayesinde OECD ülkeleri arasında CO2 emisyon salınımı en düşük ikinci ülke konumunda yer almaktadır. Enerji verimliliği yüksek olan İsveç, dünyada kişi başı elektrik kullanımı en yüksek ülkedir. İsveç yıllar süren başarılı bir sürdürülebilir enerji politikası sonucunda çoğunluğu fosil yakıtlardan oluşan enerji sisteminde ağırlığı yenilenebilir enerjiye kaydırmayı başarmıştır. İsveç parlamentosu 2016 yılında bir Enerji Anlaşması onaylamıştır. Buna göre; 2030 yılına kadar ulaştırma sektöründen kaynaklı sera gazı salınımını %70 azaltılması, 2040 yılında elektrik üretiminin tamamen yenilenebilir enerjiden sağlanması ve 2045 yılında İsveç'in tamamen karbondan arındırılmış (sıfır karbon) bir ekonomiye sahip olması hedeflenmektedir (IEA, 2019, s. 11).

Dünya'da İskandinav ülkeleri önderliğinde enerji sisteminde yenilenebilir kaynakların ağırlıkta olmasına yönelik bir eğilim vardır. Ancak bazı ülkelerde hala fosil yakıtların payı oldukça yüksektir. Toplam enerji arzında fosil yakıtların payının en yüksek olduğu ülkeler İsrail, Avustralya ve Hollanda'dır.

İsrail'de toplam enerji arzının %97'sini fosil yakıtlar oluştururken, yenilenebilir enerjinin payı yalnızca %3'tür. Fosil yakıtların toplam enerji arzındaki payı Avustralya'da %93 iken, Hollanda'da ise %90'dır. Bu ülkelerden Avustralya'da kömür kullanımının oldukça yüksek olduğu, son yıllarda kömürden doğal gazı doğru bir yönelimin olduğu görülmektedir. Avustralya'da yüksek fosil yakıt tüketimine bağlı olarak enerji kaynaklı CO2 emisyonlarının yüksek olmasından dolayı Ulusal Enerji Verimliliği Planı hazırlanmıştır. Plan kapsamında kömürle çalışan eski termik santrallerin 10 yıl içerisinde faaliyetlerini durdurması planlanmaktadır. Avustralya emisyon hedeflerine ulaşabilmek için enerji sisteminde köklü değişiklikler yapması gereken ülkelerden biridir. Enerji sisteminde istenilen değişikliklerin yapılabilmesinde enerji teknolojilerine yönelik Ar-Ge harcamaları önemli rol oynamaktadır (IEA, 2018). OECD ülkeleri içinde fosil yakıtların payının en yüksek olduğu üçüncü ülke olan Hollanda ise enerji sistemini hızlı bir şekilde dönüştürmeyi hedeflemektedir. Hollanda enerji politikasının öncelikli hedefi sera gazı salınımlarını azaltmaktır. 2019'da açıklanan eylem planına göre emisyonların 2030'a kadar %49, 2050 yılına kadar ise %95 azaltılması hedeflenmektedir. 2008 yılından günümüze nüfusu ve GSYH'si artan Hollanda, enerji

verimliliğinde gerçekleştirdiği artış sayesinde enerji tüketimini azaltmayı başarmıştır. Aynı sürede fosil yakıtların toplam arz içindeki payı da azalmıştır. Bu sayede emisyonlarda da azalma görülmüştür. Yenilenebilir enerjinin payı son 12 yılda %50'den fazla artmış olmasına rağmen hala birçok ülkeye göre oldukça düşük seviyededir. Mevcut enerji sistemi diğer ülkelere göre değiştirilmesi daha zor olan Hollanda özellikle Ar-Ge ve inovasyon yatırımlarıyla hedeflerine ulaşmayı amaçlamaktadır. Ayrıca 2030 yılına kadar elektrik üretimi yapan kömür santrallerinin kapatılması planlanmaktadır (IEA, 2020, s. 11-13).

38 OECD ülkesinin 20'sinde daha önceki bölümlerde belirtilen gerekçeler nedeniyle nükleer enerji kullanılmamaktadır. Fransa ve ABD başta olmak üzere, enerji ihtiyacının önemli bir bölümünü nükleer enerjiden sağlayan ülkeler de bulunmaktadır. Fransa ve ABD'nin yanı sıra Belçika, Kanada, Çekya, Finlandiya, Almanya, Macaristan, Japonya, Güney Kore, Meksika, Hollanda, Slovakya, Slovenya, İspanya, İsveç, İsviçre ve Birleşik Krallık'ta nükleer enerji arzı bulunmaktadır. Toplam 98 nükleer reaktörü bulunan ve dünyanın en büyük nükleer enerji üreticisi konumundaki ABD'de 2019 yılında 219.317 ktoe nükleer enerji üretilmiştir (IEA, 2019, s. 11-217). Miktar olarak yüksek olmasına rağmen ABD içinde bir değerlendirme yapıldığında, nükleer enerjinin en çok kullanılan dördüncü enerji kaynağı olduğu ve toplam arz içindeki payının uzun yıllardır yaklaşık %10 seviyelerinde olduğu görülmektedir (IEA, 2019, s. 20). Son verilere göre yenilenebilir enerji arzı nükleer enerji arzına oldukça yaklaşmıştır. Kömür hariç diğer kaynakların payı artarken nükleerin payı sabit kalmış ya da azalmıştır. ABD'de yerel doğal gaz üretimindeki artış, düşen maliyetler ve yenilenebilir enerjiye verilen kamu destekleri daha önce elektrik üretiminde temel kaynaklar olan kömür ve nükleer enerjinin arka plana atılabilmesine olanak sağlamıştır. Temiz enerji üretimi açısından önemli olan nükleer enerjinin payı güvenlik endişeleri nedeniyle arttırılmamıştır ve azaltılması gündemdedir. Güvenlik endişelerini giderebilmek için atıkların uzun süreli depolanabilmesi ve yok edilebilmesini sağlayacak sistemlerin geliştirilmesi gerekmektedir. Bunu sağlamaya yönelik olarak Ar-Ge yatırımları yapılmaktadır. Aksi takdirde nükleer enerjinin yerini büyük ölçüde yenilenebilir kaynakların alması beklenmektedir (IEA, 2019, s. 217-218).

Fransa'da ise açık ara en yüksek enerji arzı sağlanan kaynak nükleer enerjidir. Fransa'da nükleer enerji arzı petrolden bir buçuk, kömürden on, doğal gazdan üç ve

yenilenebilir enerji arzından dört kat daha fazladır. Son nükleer reaktörünü 1990 yılında faaliyete geçiren Fransa’da günümüze kadar nükleer enerji kullanımı büyük bir değişkenlik göstermemiştir. Yani diğer ülkelerin aksine elektrik üretiminin çoğunu uzun yıllardır nükleer enerji kullanarak yapmaktadır (IEA, 2016). Fransa 2050’ye kadar karbon salınımını sıfıra indirme hedefi doğrultusunda fosil yakıtla çalışan santralleri kapatma, nükleer santrallerin bazılarının çalışma ömürlerini uzatma⁸ ve yenilenebilir enerji teknolojilerini geliştirme stratejisi izlemektedir. 2035 yılında enerji sisteminin yarısının nükleer enerji ve yarısının yenilenebilir enerjiden oluşması hedeflenmektedir. Yani sadece bugün değil gelecekte de Fransa enerji sisteminde nükleer enerji önemli bir yere sahip olmaya devam edecektir (IEA, 2020). Ancak Fransa’da elektrik üretiminde nükleer enerjinin payının %50 olmasının hedeflenmesi aslında payın düşürüleceği anlamına gelmektedir. Bu doğrultuda nükleer santrallerden ömürlerini dolduranlardan bir kısmının, 58 üniteden 20’sinin, kapatılması planlanmaktadır. Bunun temel gerekçesi olarak nükleer santrallerin ömürlerinin uzatılmasının çok yüksek maliyetli olması gösterilmektedir (IEA, 2016, s. 163-164).

Türkiye nükleer enerji arzı bulunmayan ülkeler arasındadır. Ancak arz güvenliğini arttırabilmek için elektrik üretiminde ithal yakıtların kullanımını sonlandırmayı amaçlayan Türkiye’de planlama ve kurulum çalışmaları devam eden ve önümüzdeki yıllarda faaliyete geçmesi beklenen toplam 12 reaktör ünitesi içeren 3 nükleer santral projesi bulunmaktadır. Bunlardan birincisi olan ve 4 reaktör ünitesi içeren Akkuyu Nükleer Santrali’nin yapımına başlanmıştır. 2023 yılında ilk ünitenin devreye sokulması planlanmaktadır. Kamuya ait Elektrik Üretim Anonim Şirketi (EÜAŞ), Akkuyu’da üretilmesi planlanan elektriğin yarısını 15 yıl boyunca önceden belirlenen fiyattan alma garantisi vermiştir (IEA, 2021, s. 14).

OECD ülkelerinin birçoğu çevresel endişeler nedeniyle kömür arzını azaltma politikası izlemektedir. Buna rağmen Avustralya, Çekya, Finlandiya, Almanya, Macaristan, Japonya, Güney Kore, Meksika, Hollanda, Slovakya, Slovenya, İspanya, İsveç, İsviçre ve Türkiye’de enerji arzında en yüksek ya da ikinci en yüksek kaynak hala kömürdür. Toplam birincil enerji arzının %83’ünü fosil yakıtların oluşturduğu Türkiye’de %99’u ithal edilen doğal gazın yerini kömürün almasına yönelik bir enerji politikası

⁸Nükleer santrallerin ortalama kullanım süresi 40 yıldır ve Fransa’daki santraller yaklaşık 30-35 yıldır kullanımdadır. Bu nedenle enerji politikasında öncelikli olarak bu santrallerin kullanım ömürlerinin güvenli bir şekilde uzatılması üzerine çalışılmaktadır.

izlenmektedir. 2019 yılı itibariyle Türkiye'nin yerli üretim kömür arzı kömür talebinin %42'sini karşılamaktadır. Türkiye, hem kömür madenciliğini hem de elektrik üretiminde yerli kömür kullanımını teşvik etmek için çeşitli teşvikler sağlamaktadır. Bugüne kadar özel firmalara termik santral kurması şartıyla kömür/linyit çıkarma hakkı tanıyan beş lisans verilmiştir. Ancak kömürle çalışan elektrik santralleri de dahil olmak üzere büyük şehirlerdeki hava kirliliği ciddi bir endişe kaynağına dönüşmüştür (IEA, 2021, s. 14-15).

Tablo 3.8 OECD Ülkelerinde Enerji Kaynaklarının Toplam Arz İçindeki Payı (%) (IEA, 2020)

ÜLKELER	FOŞİL YAKITLAR (%)	YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI (%)	NÜKLEER ENERJİ (%)
Avustralya	93	7	0
Avusturya	67	30	0
Belçika	70	8	19
Kanada	76	16	8
Şili	76	24	0
Kolombiya*	74	26	0
Kosta Rika*	54	47	0
Çekya	72	11	17
Danimarka	57	37	0
Estonya	72	23	0
Finlandiya	41	34	18
Fransa	48	11	41
Almanya	78	15	6
Yunanistan	83	13	0
Macaristan	68	10	14
İzlanda	10	90	0
İrlanda	87	11	0
İsrail	97	3	0
İtalya	79	18	0
Japonya	88	6	3
Güney Kore	83	2	8
Letonya	56	41	0
Litvanya	65	20	0
Lüksemburg	79	7	0
Meksika	89	8	3
Hollanda	90	7	1
Yeni Zelanda	58	42	0
Norveç	44	54	0
Polonya	89	9	0
Portekiz	75	23	0
Slovakya	63	10	22
Slovenya	60	17	22
İspanya	72	15	13
İsveç	25	41	35
İsviçre	48	22	24
Türkiye	83	16	0
Birleşik Krallık	77	12	8
ABD	82	8	10
OECD Amerika	82	9	9
OECD Asya	87	6	5

Tablo 3.8 (Devam) *OECD Ülkelerinde Enerji Kaynaklarının Toplam Arz İçindeki Payı (%)* (IEA, 2020)

OECD Avrupa	70	16	12
OECD Genel	79	11	10

Tablo 3.8’de görüldüğü üzere, OECD genelinde fosil yakıtların toplam arz içindeki payı %79’dur. İzlanda, Norveç ve İsveç hariç tüm OECD ülkelerinde enerji arzında en büyük pay fosil yakıtlara aittir. 22 ülkede fosil yakıtların payı %70’in üzerinde yer almaktadır. Fosil kaynakların enerji arz güvenliği ve çevre güvenliği açısından yarattığı sorunlar göz önüne alındığında İskandinav ülkelerinin örnek alınması gerektiği görülmektedir. Özellikle en çok yararlanılan yenilenebilir enerji kaynağı olan güneşten yılın çok büyük bir bölümünde yoksun olan İskandinav ülkelerinin gösterdiği başarı doğru strateji, planlama ve yatırımlarla dönüşümün mümkün olduğunu göstermektedir. Türkiye’de ise yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam enerji arzındaki payı %16 iken, fosil yakıtların payı ise %83’tür. Türkiye’nin ihtiyacı olan petrolün %93’ünü, doğal gazın ise %99’unu ithal eden bir ülke olduğu göz önüne alındığında özellikle arz güvenliği açısından yenilebilir kaynaklara yönelmesinin gerekliliği ortadadır. Türkiye’nin dışa bağımlılığı nedeniyle enerji politikasının en temel önceliklerinden biri olan enerji arzı güvenliğini sağlamaya yönelik olarak yerel petrol ve doğal gaz kaynakları keşfetme ve üretimini arttırma, arz kaynaklarını çeşitlendirme ve enerji verimliliğini arttırma yoluyla enerji tüketimini azaltma politikaları izlemektedir. Dışa bağımlılığı azaltmak için araştırmalara ve yerli üretime öncelik verilmektedir. Bu doğrultuda son 10 yılda enerji kaynaklarını çeşitlendirme amacıyla önemli adımlar atılmıştır. Bu süreçte yenilenebilir enerji üretimi üç katına çıkmıştır. 2023 yılında ilk nükleer santralin faaliyete geçmesi hedeflenmektedir. Türkiye son yıllarda izlediği politikaların da katkısıyla 2019 yılında toplam enerji arzının %31’ini yerli üretimden sağlamıştır. 2014-2019 yılları arasında yerli enerji üretimi %59 artmıştır. Bu artış çoğunlukla yenilenebilir enerjiden kaynaklanmaktadır. Neredeyse tamamı ithal edilen petrol ve doğal gazın aksine kömürün yarısı ve yenilenebilir enerjinin tamamı ülke sınırları içinde üretilmektedir. Son 10 yılda neredeyse üç kat artan yenilenebilir enerji üretimi 2019 yılında toplam yerli enerji üretiminin %54’ünü oluşturmuştur. Aynı yıl kömürün payı %39, üretimi iki katından fazla artan jeotermal enerjinin payı ise %21 olmuştur.

Türkiye’de yerli enerji üretimindeki önemli artışa rağmen 2019 yılı itibariyle enerji arzı büyük çoğunlukla ithalata bağımlıdır. Yerli petrol üretiminin toplam talebi karşılama

payı ise yalnızca %7 iken, enerji tüketiminde en büyük paya sahip olan doğal gazın ise %99'u ithal edilmektedir. Yerli kömür üretimi ise son dönemdeki artışa rağmen hala talebin %42'sini karşılayabilecek düzeydedir.

Türkiye yerli petrol ve doğal gaz üretiminin toplam tüketimdeki payının düşük olması nedeniyle son yıllarda petrol ve gaz arama ve üretimine öncelik vermiştir. Türk Petrol Kanunu ile bu alanda birtakım teşvikler getirilmiştir. Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO)'nın faaliyetleri sonucunda yerli ham petrol üretimi iki yılda %17'den %19'a çıkmıştır. Doğal gazda ise Karadeniz'de Sakarya Havzası'nda yapılmaya devam edilen keşifler sonucunda 2023'te üretime başlanması ve ithalata bağımlılığı azaltması ve yeni ithalat anlaşmaları için ülkeye pazarlık gücü kazandırması öngörülmektedir.

Arz güvenliğini arttırmak amacıyla doğal gazda yeni kaynaklar ve rotalar bulunmaktadır. Geçmişte doğal gazın büyük çoğunluğunu Rusya'dan ithal eden Türkiye, 2001 yılında İran ile, 2007 yılında ise Azerbaycan ile yeni ithalat anlaşmaları yapmıştır. Rusya'dan TürkAkım, Azerbaycan'dan Trans Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı (TANAP) güzergahlarını devreye sokarak boru hatlarını genişletmiş ve doğal gaz arzı güvenliğini arttırmıştır. Ayrıca, sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG) ve yer altı doğal gaz depolama yatırımları yapılmaktadır. Bu doğrultuda son yıllarda yeni yüzer depolama ve yeniden gazlaştırma terminali devreye alınmış ve gaz şebekelerine yeni giriş noktaları eklenmiştir. Depolama kapasitesinde büyük çaplı artışlar sağlanmıştır. Türkiye'nin son yıllardaki en büyük ham petrol tedarikçileri İran, Irak, Rusya ve Suudi Arabistan'dır. Petrol kaynaklarını ve tedarik yöntemlerini hem boru hatları hem de tankerler tarafından sağlanan ham petrol ile çeşitlendirmiştir. Ayrıca Türkiye'nin petrol ve benzin ihtiyacının yaklaşık yarısını karşılayan beş operasyonel rafinerisi bulunmaktadır.

Türkiye son 10 yılda özellikle güneş enerjisi, rüzgar enerjisi ve jeotermal enerjide elverişli koşullar, enerji talebindeki artış ve destekleyici devlet politikaları sayesinde ciddi bir büyüme yaşamıştır. Bu süreçte yenilenebilir enerji üretimi üç katına çıkmış ve toplam elektrik üretimindeki payı %44'e ulaşmıştır. Böylelikle 11. Kalkınma Planı (2019-2023)'nda belirlenen %38,8 hedefi şimdiden aşılmıştır.

Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını Destekleme Mekanizması (YEKDEM) kapsamında rüzgar, güneş, biyokütle enerjisi ve jeotermal enerji dahil olmak üzere yenilenebilir enerji santralleri için tarife garantileri verilmektedir. Ayrıca tesis için gerekli

parçaların ülke sınırları içerisinde üretilmesi durumunda ek destekler sağlanmaktadır. Yenilenebilir enerjinin teşviki için bir diğer politika Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları (YEKA)'dır. 2016 yılında tanıtılan YEKA, yenilenebilir enerji üretimi için uygun görülen bölgelerdeki daha büyük ölçekli projeler için uygulanan bir ihale yöntemidir. Son 10 yılda güneş enerjisinin ve jeotermal enerjinin kullanımı iki kat artmış olmasına rağmen 2015 yılından sonra bu trend durmuştur. Bu alanda henüz yeterli destek mekanizmaları geliştirilememesine rağmen güneş enerjisinin kullanımındaki artış önemlidir. Türkiye özellikle güneş enerjisinde coğrafi konumu itibarıyla sahip olduğu avantajlara teknolojiye ve altyapı kalitesinde gelişmeleri de ekleyebilirse kullanımda çok daha büyük artışlar gözlenmesi muhtemeldir.

Birçok OECD ülkesi enerjide ithalata bağımlı durumdadır. Türkiye'de bunlardan biridir. Ülkenin enerji ve doğal kaynaklarda kendi kendine yetebilmesinin önemli bir boyutunu da yerli teknolojik kapasitenin varlığı oluşturmaktadır. Bu bağlamda Ar-Ge, inovasyon ve teknolojiyi geliştirmeye yönelik olarak birçok politika izlenmektedir. Hükümet, özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretiminde kullanılan makine ve teçhizatın yerli üretiminin yanı sıra nükleer santrallerin inşası ve işletilmesi için gerekli malzeme ve teçhizatın üretimini arttırmaya yönelik politikalar uygulamaktadır. Bu konularla ilgili verilere ilerleyen sayfalarda değinilecektir (IEA, 2021, s. 11-15).

Tablo 3.9 OECD Ülkeleri Net Enerji İthalatı Miktarları (mtoe) ve İthalata Bağımlılıkları (%) (OECD, 2020)

ÜLKELER	NET İTHALAT (Mtoe)	İTHALATA BAĞIMLILIK (%)
Avustralya	-304,45	-
Avusturya	24,69	64
Belçika	50,93	71
Kanada	-225,5	-
Şili	29,17	70
Kolombiya*	-87,81	-
Kosta Rika*	2,74	53
Çekya	17,36	37
Danimarka	7,16	24
Estonya	0,42	-
Finlandiya	14,99	43
Fransa	119,05	46
Almanya	216,62	65
Yunanistan	19,41	72
Macaristan	18,62	59
İzlanda	0,99	10
İrlanda	10,22	70
İsrail	16,33	64

Tablo 3.9 (Devam) *OECD Ülkeleri Net Enerji İthalatı Miktarları (mtoe) ve İthalata Bağımlılıkları (%)* (OECD, 2020)

İtalya	122,39	77
Japonya	379,4	88
Güney Kore	245,05	82
Letonya	2,07	35
Litvanya	6,04	74
Lüksemburg	4,35	95
Meksika	41,39	21
Hollanda	54,83	53
Yeni Zelanda	6,38	24
Norveç	-170,75	-
Polonya	48,51	42
Portekiz	18,65	74
Slovakya	11,73	60
Slovenya	3,54	48
İspanya	100,62	72
İsveç	14,56	23
İsviçre	13,42	47
Türkiye	105,62	69
Birleşik Krallık	64,18	29
ABD	-23,38	-
OECD Amerika	-178,32	-
OECD Asya	342,71	35
OECD Avrupa	900,25	45
OECD Genel	1064,64	15

*2018

Tablo 3.9’da yer alan OECD ülkelerinin net ithalat miktarları ve ithalata bağımlılıkları incelendiğinde Avustralya, Kanada, Estonya, Norveç ve ABD’nin enerji ihracatlarının ithalatlarından fazla olduğu ve ithalata bağımlılık durumlarının söz konusu olmadığı görülmektedir. Kalan 33 OECD ülkesi ise enerji taleplerini karşılayabilmek için ithalat yapmak durumundadırlar. Enerji ithalatına bağımlılığı en yüksek ülkeler Lüksemburg, Japonya, Güney Kore, Belçika, Şili, Yunanistan, İtalya, Litvanya, Portekiz, İspanya ve Türkiye’dir. Türkiye’nin dışa bağımlılığı 1990’larda %50 seviyelerindeyken günümüzde %75’e kadar çıkmıştır. Son yıllarda izlenen stratejiler sonucunda %69’a düşmüştür. Enerji ithalatına bağımlılığı en düşük ülkeler ise İzlanda, Meksika, İsveç, Danimarka ve Birleşik Krallık’tır. Enerji ihracatısı bir ülke olan Norveç ve ithalata bağımlılıkları diğer ülkelere göre daha düşük olan İzlanda, İsveç ve Danimarka’nın enerji arzlarında en büyük payın yenilenebilir enerji kaynakları olduğunu tekrar belirtmek gerekmektedir. İskandinav ülkeleri içerisinde yalnızca Finlandiya %43 ithalata bağımlılığıyla dikkat çekmektedir.

OECD genelinde ithalata bağımlılık oranının %15 olmasının temel nedeni Avustralya, Kanada ve Norveç'in net ithalat toplamının -700,7 Mtoe gibi yüksek bir seviyede olmasıdır. Bu ülkeler hesaba katılmadığında OECD genelinde enerji ithalatına bağımlılık %50'nin üzerinde çıkmaktadır.

Net ithalatı 2019 yılı itibarıyla -23,38 Mtoe olarak gerçekleşen ABD, yakın geçmişte enerjide ithalata bağımlı bir ülke iken, ihracat fazlası veren bir ülkeye dönüşmüştür. 2007-2008 yıllarına kadar ABD'nin enerji ithalatı ihracatından on kat fazlayken günümüzde ihracat ithalatı geçmiş durumdadır (IEA, 2019, s. 25). ABD'de en çok tüketilen iki enerji kaynağı petrol ve doğal gazdır. ABD'nin petrol ithalatına olan bağımlılığı 2008 yılında %70 seviyelerine kadar çıkmasına rağmen günümüzde %10 seviyelerine düşmüştür ve birkaç yıl içerisinde bağımlılığın tamamen ortadan kalkması beklenmektedir (IEA, 2019, s. 20,23). 2008 yılından 2018 yılına kadar yerel petrol üretimi %124, yerel doğal gaz üretimi %40 artmıştır. Kaya gazı devrimi ile ABD yalnızca dünyanın en büyük petrol ve doğal gaz üreticisi olmanın yanı sıra büyük bir ihracatçı konumuna da gelmiştir. Yerli petrol üretimindeki artış, düşük maliyetli doğal gaza erişim, yenilenebilir enerji kullanımındaki kamu destek ve teşvikleri elektrik üretiminde kömürün yerini bu kaynakların almasını sağlamaktadır. Enerji ihracatındaki konumunu güçlendirmek isteyen ABD, enerji teknolojilerinde de lider olma yolunda ciddi miktarlarda Ar-Ge harcamaları yapmaktadır (IEA, 2019, s. 11-12).

Avustralya yüksek miktarlarda enerji üretimi yapan ve dünya enerji ihracatında lider olan bir ülkedir. Önemli kömür ve doğal gaz rezervleri bulunan Avustralya'nın enerji üretimi toplam birincil enerji arzından üç kat fazladır. Üretimde açık ara en çok kullanılan kaynak kömür, ikincisi ise doğal gazdır. Avustralya'nın petrol üretimi ise arzının %42'sini karşılamakta olduğundan petrolde ithalatçı ülke konumundadır. Ulaştırma ve madencilik sektörlerinde artan talebin sonucunda son dönemde petrol arzında da artış söz konusudur. Son yıllarda yaşanan bazı olumsuz gelişmeler sonucunda petrol ithalatına bağımlılığı artmıştır. Toplam enerji arzındaki payları düşük olan yenilenebilir kaynaklardan hidroelektrik fazla değişmezken güneş ve rüzgar enerjisinde artış gözlenmektedir (IEA, 2018, s. 25-26). Arz güvenliği açısından diğer ülkelere göre daha rahat bir konumda olan Avustralya'nın çevre güvenliği bakımından aynı konumda olduğunu söylemek güçtür. Yüksek fosil yakıt tüketimine sahip olan Avustralya OECD ülkeleri içerisinde en yüksek CO2 emisyonuna sahip ülkeler arasındadır. Avustralya'da

enerji kaynaklı CO2 emisyonlarının yüksek olması nedeniyle Ulusal Enerji Verimliliği Planı hazırlanmıştır. Emisyonların %50'si elektrik üretiminden kaynaklanmakta ve elektrik üretiminin üçte ikisi kömürden sağlanmaktadır. Dolayısıyla doğal gaz ve yenilenebilir kaynakların payının arttırılmasına yönelik politikalar izlenmektedir. Son yıllarda elektrik üretiminde kömürün payının azaldığı, doğal gazın payının arttığı görülmektedir. Kömürle çalışan eski termik santrallerin 10 yıl içerisinde faaliyetlerini durdurması planlanmaktadır. Avustralya'da bazı eyaletler 2050 yılına kadar net sıfır emisyon hedefleri koymuştur. Ancak Avustralya en düşük Ar-Ge harcaması yapan ülkeler arasındadır. Ulusal Enerji Verimliliği Planı çerçevesinde ve Ar-Ge çalışmaları sonucunda uzun vadeli emisyon hedeflerine ulaşmayı hedeflemektedir (IEA, 2018, s. 172-180).

Enerji ihtiyacının neredeyse iki katı enerji arzına sahip olan Kanada, kişi başı enerji arzı en yüksek OECD ülkesidir. Toplam enerji arzının %76'sını fosil yakıtlar, % 16'sını yenilenebilir enerji, %8'ini ise nükleer enerji oluşturmaktadır. Geçmiş yıllara kıyasla fosil yakıtların payında bir azalma, yenilenebilir ve nükleer enerjinin payında ise artış gözlenmektedir. Enerji ihracatının çok büyük bölümü petrol ve doğal gazdan gerçekleşmektedir. Önemli bir petrol, gaz ve kömür üreticisi olan Kanada, elektrik üretiminin ise çok büyük bir kısmı yenilenebilir ve nükleer enerjiden gerçekleştirilmektedir. Kanada çeşitlendirilmiş, rekabetçi ve güvenilir enerji arzıyla küresel enerji güvenliğine katkıda bulunmaktadır (IEA, 2015, s. 9-21).

Norveç diğer çoğu OECD ülkesinin aksine enerjide ithalata bağımlı değildir. Yerel petrol ve gaz üretimi sayesinde dünyanın en büyük enerji ihracatçıları arasında yer almaktadır. 1960'larda başlayan petrol ve gaz keşifleri sayesinde OECD ülkeleri arasında en büyük enerji üreticilerinden biri haline gelmiştir (IEA, 2017, s. 16-17) Norveç sağladığı petrol ve doğal gaz arzı sayesinde kendinin yanı sıra birçok OECD ülkesinin de enerji güvenliğine katkıda bulunmaktadır. Daha yetkin ve şeffaf bir enerji yönetimine sahip olmasından dolayı diğer ülkeler için daha öngörülebilir bir enerji ihracatçısıdır. Norveç, keşif ve üretimde çevreye duyarlı inovatif yaklaşımlar geliştirmekte ve bu sayede küresel enerji güvenliğine de katkıda bulunmaktadır (IEA, 2017, s. 9).

Son yıllarda ihracatçı ülke konumundan ithalatçı ülke konumuna geçen Hollanda'da en fazla yerli üretimi yapılan kaynak doğal gazdır. Ancak son dönemde doğal gaz arzı bazı sorunlar nedeniyle %55 azalmış ve 2018 yılında Hollanda doğal gazda

ilk kez ithalatçı ülke konumuna gelmiştir. Enerjide ithalata bağımlılığı ise %29'dan %72'ye çıkmıştır. Bu durum beraberinde enerji güvenliği sorunlarını getirmiştir (IEA, 2020, s. 11).

3.2.OECD Ülkelerinde Enerji Alanında Kamu Ar-Ge Harcamaları

Önceki bölümlerde bahsedilen gerekçeler dolayısıyla oluşan piyasa başarısızlıklarını giderebilmek için hükümetler birçok alanda Ar-Ge bütçeleri oluşturmaktadır. “Ar-Ge” kavramı bu çalışmada enerji zincirinde yer alan bütün halkalara yönelik araştırma, geliştirme ve uygulama faaliyetlerini ifade etmektedir.

Dünya’da Ar-Ge harcamaları en yüksek olan ülkeler OECD ülkeleridir. 2019 yılında OECD ülkelerinde Ar-Ge harcamaları %4 artarken, en çok harcama yapan ülkeler ABD, Japonya, Almanya, Güney Kore ve Fransa; bir önceki yıla göre en çok artış gözlenen ülkeler ise ABD, Almanya, Güney Kore olmuştur. Artış büyük oranda özel sektörden kaynaklanmaktadır. 2019 yılında yapılan Ar-Ge harcamalarının %71’i özel sektör, %29’u ise hükümetler ve üniversiteler tarafından yapılmıştır. OECD ülkeleri dışında Çin’in Ar-Ge harcama miktarları dikkat çekmektedir. Çin’in dünyada en fazla Ar-Ge harcaması yapan ikinci ülke olduğunu belirtmek gerekmektedir (OECD, 2021).

Enerji alanında da durum benzerdir. Toplam Ar-Ge harcamalarına paralel olarak 2019 yılında enerji alanında yapılan kamu Ar-Ge harcamalarında da bir artış gözlenmiştir. Enerji alanındaki kamu Ar-Ge harcamaları ile ilgili resmi istatistikleri yayınlayan tek kuruluş OECD’nin bir alt kuruluşu olan IEA’dır. Dolayısıyla bu çalışmada yalnızca IEA üyesi OECD ülkelerinin enerji alanında yaptıkları kamu Ar-Ge harcamaları dikkate alınacaktır.

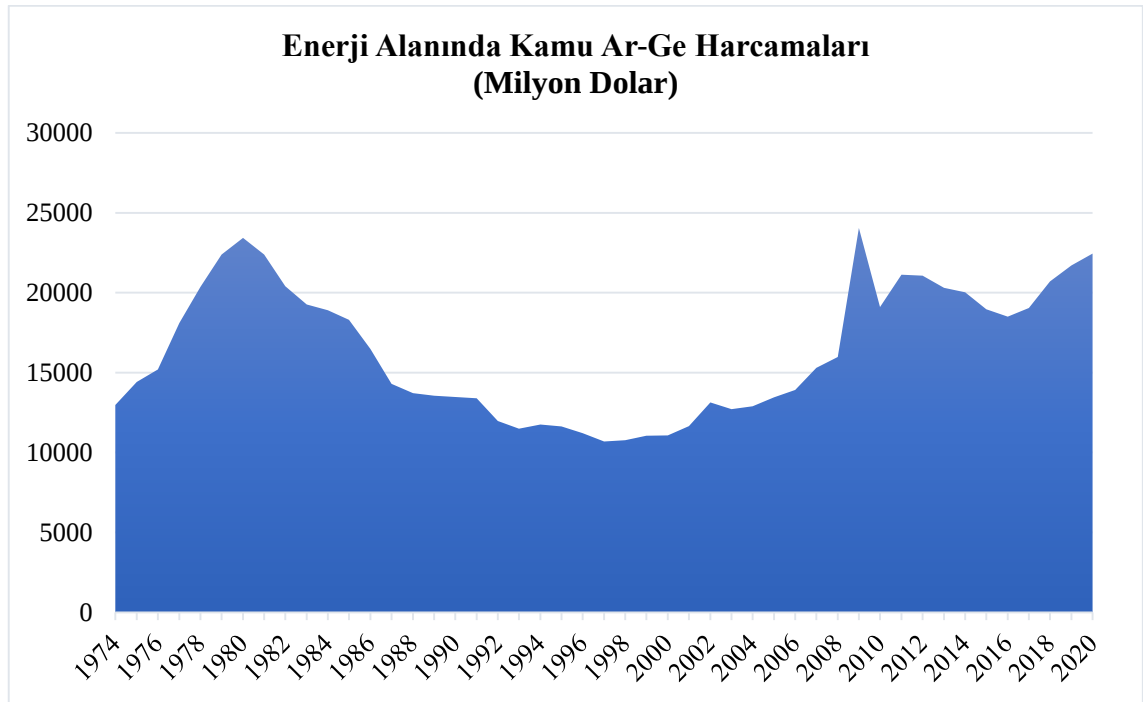
Ülkeler belirledikleri enerji politikalarına göre farklı amaçlarla ve farklı alanlara Ar-Ge harcaması yapabilmektedir. Yapılan Ar-Ge harcamalarının miktarı ve konusu devletin Ar-Ge faaliyetlerine katılım düzeyi ve ülkelerin enerji politikaları hakkında bilgi verebilmektedir. Gelişmiş ülkelerde Ar-Ge harcamalarının ve kamu desteklerinin daha fazla olması beklenmektedir.

Ülkelerin enerji Ar-Ge bütçeleri; gelişmişlik seviyeleri, sosyal ve siyasi yapıları, enerji güvenliği seviyeleri, teknoloji kapasiteleri vb. faktörlere bağlı olarak az ya da fazla olabilmektedir. Ar-Ge bütçelerinin uzun vadeli planlar çerçevesinde belirlenerek istikrarlı

bir şekilde devam ettirilmesi devletin sektöre desteğini ortaya koymak açısından önemlidir (Cansın & Sohtaoğlu, 2009, s. 30).

Dünya’da 2019 yılında enerji alanında yapılan kamu Ar-Ge harcamalarının yaklaşık 30 milyar dolar civarında olduğu tahmin edilmektedir. Bu harcamaların %80’i düşük karbon teknolojilerine yönelik olarak yapılmıştır. 2015 yılında 24 ülke ve Avrupa Komisyonu’nun katılımıyla, ekonomilerde karbon kullanımını azaltmak amacıyla “İnovasyon Misyonu” planı hayata geçirilmiştir. Bu misyon doğrultusunda temiz enerji teknolojilerine ayrılan kamu Ar-Ge bütçelerinin iki katına çıkarılması hedeflenmiştir. 1980’lerde yapılan Ar-Ge harcamaları büyük oranda nükleer enerjiye odaklanmışken, günümüzde enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji teknolojilerine yönelik harcamaların daha fazla olduğu görülmektedir (IEA, 2020, s. 318-321).

Şekil 3.2 IEA Üyesi Ülkelerde Enerji Alanında Toplam Kamu Ar-Ge Harcamaları 1974-2020 (Milyon Dolar) (OECD, 2020)



Şekil 3.2’de görüldüğü üzere, 1970’li yıllardaki petrol krizi nedeniyle ortaya çıkan enerji güvenliği endişeleriyle Ar- Ge harcamaları oldukça hızlı bir şekilde yükselmiştir. Enerji güvenliği endişeleriyle 1980 yılında yaklaşık 23,5 milyar dolara ulaşan harcamalar, kriz ortamının ortadan kalkması ve endişelerin azalmasıyla birlikte giderek azalmış ve

1997 yılında 10 milyar dolara kadar gerilemiştir. Ancak 1990'lı yıllardan itibaren ortaya çıkan iklim değişikliği endişeleri nedeniyle kamu Ar-Ge harcamaları tekrar bir artış eğilimine geçmiştir. 1992-2001 yılları arasında 10-11 milyar dolar seviyelerinde sabit kalan harcamalar, iklim değişikliği endişelerinin şiddetlenmesiyle artışa geçmiş ve günümüzde 90'lı yıllara kıyasla iki kat artarak 21,7 milyar dolara ulaşmıştır. 1986-2006 yılları arasında 15 milyar doların altında olan Ar-Ge harcamaları 2007 yılından günümüze 15 milyar doların altına hiç düşmemiştir (IEA, 2020). 2020 yılında 21.7 milyar dolar olarak gerçekleşen harcamaların 2021'de 23 milyar dolara ulaştığı ve 2022 yılında ise 23.5 milyar dolara ulaşacağı tahmin edilmektedir. 2008 yılına kıyasla yaklaşık %40 artış gerçekleştiği ve 1980 yılındaki zirve noktasına ulaştığı anlamına gelmektedir (IEA, 2021).

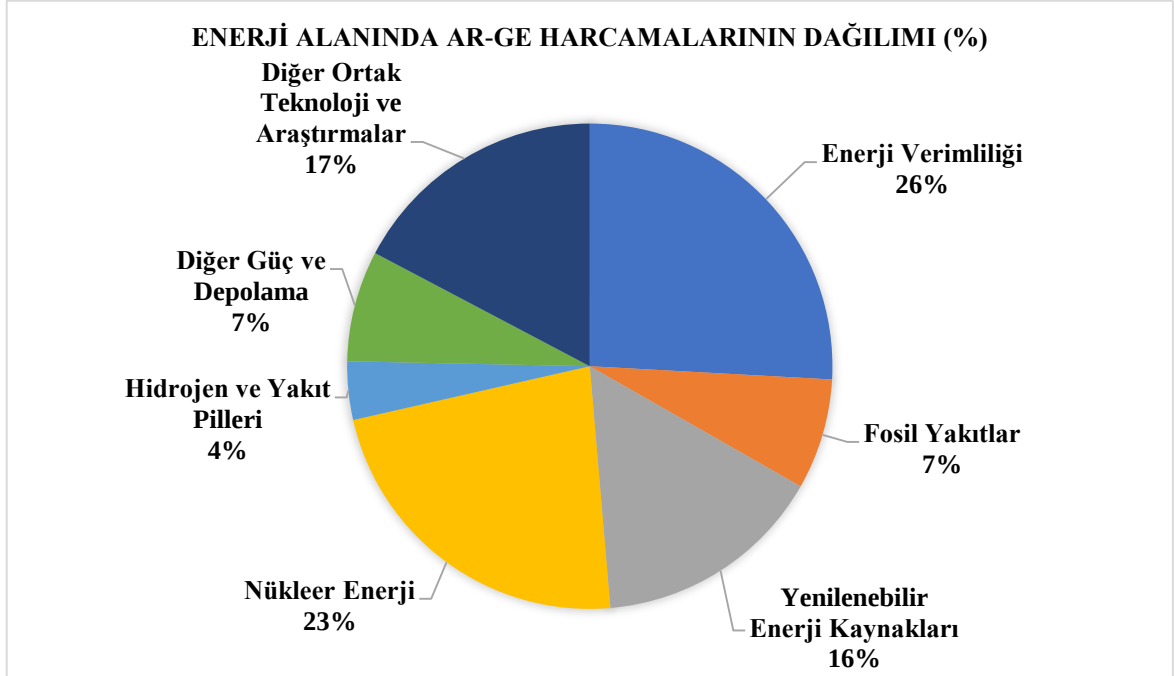
Şekil 3.3 IEA Üyesi Ülkelerde Enerji Ar-Ge Bütçelerinin Yıllara Göre Değişimi (OECD, 2020)

ENERJİ TEKNOLOJİLERİ	1980	2000	2019
Enerji Verimliliği	1.569,4	1.826,3	5.483,9
Fosil Yakıtlar	3.880,3	793,4	1.563,4
Yenilenebilir Enerji Kaynakları	2.934,9	997,3	3.264,4
Nükleer Enerji	12.622,1	4.993,7	4.831,7
Hidrojen ve Yakıt Pilleri	0	0	823,4
Diğer Güç ve Depolama	718	736,7	1.567,1
Diğer Ortak Teknoloji ve Araştırmalar	1.698,6	1.715,9	3.663,9
Diğer	0	0	512,1
Toplam	23.423,3	11.063,3	21.709,9

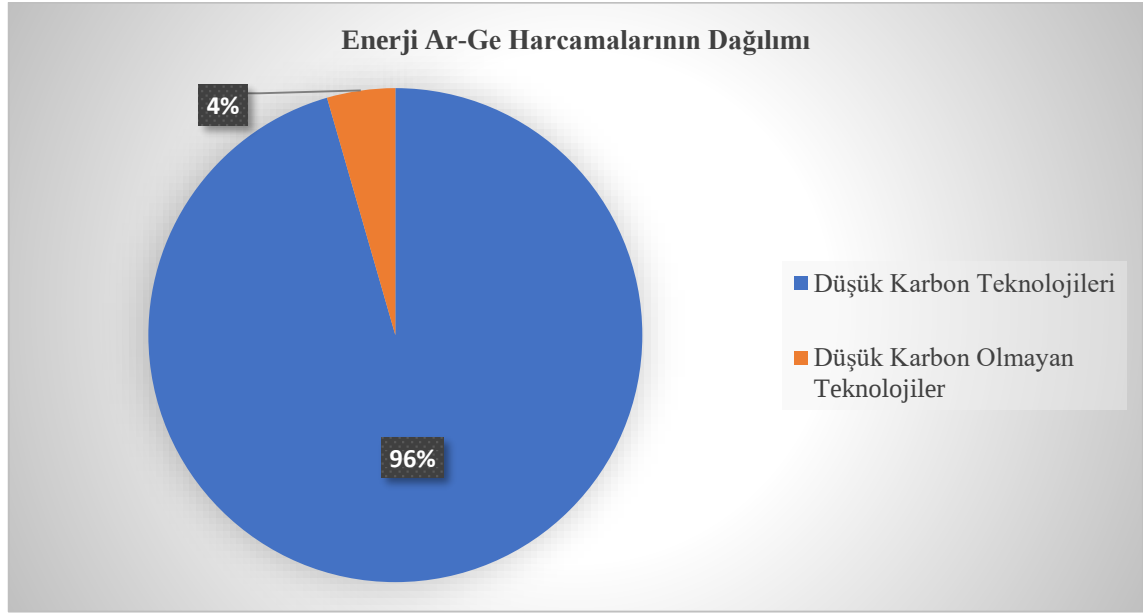
Şekil 3.3'te IEA üyesi ülkelerin 1980 yılından günümüze enerji alanında yaptıkları Ar-Ge harcamaları yer almaktadır. Grafik incelendiğinde toplam harcamaların 1980 yılında 23 milyar dolar olan seviyelerden 2000 yılında 11 milyar dolara kadar gerilediği, sonrasında yaklaşık 22 milyar dolara ulaştığı görülmektedir. Enerji verimliliği teknolojilerine yapılan harcamalar 1980 ve 2000 yılında 1,5 – 2 milyar dolar seviyelerindeyken 2019 yılına kadar büyük bir artışa imza atarak 5,5 milyar dolara kadar çıkmıştır. Yenilenebilir enerji teknolojilerine yapılan harcamalar 2000 yılında yalnızca 997 milyon dolar iken, 2019 yılında 3,2 milyar dolara yükselmiştir. Nükleer enerji harcamaları ise 1980 yılında 12,6 milyar dolarken 2019 yılında üçte bir azalarak 4,8 milyar dolara kadar düşmüştür. 1980 ve 2000 yıllarında hiç olmayan hidrojen ve yakıt pilleri teknolojilerine ayrılan bütçe 2019 yılında 823 milyon dolardır. Diğer güç ve depolama teknolojilerine ayrılan bütçe 1980 yılında 718 milyon dolarken iki kattan fazla

artarak 1,5 milyar dolara çıkmıştır. Diğer ortak teknoloji ve araştırmalar 1,6 milyar dolardan 3,6 milyar dolara yükselmiştir. Özetle çevresel endişelerden dolayı fosil yakıtlar ve güvenlik endişelerinden dolayı nükleer enerji dışındaki tüm alanlara yapılan harcamalarda önemli artışlar gözlenmiştir. Harcamaların fosil yakıt ve nükleer enerjiden enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji teknolojilerine kaydığı görülmektedir. Gelecekte önemli bir yere sahip olması beklenen hidrojen için de Ar-Ge harcamalarının artacağı tahmin edilmektedir.

Şekil 3.4 IEA Üyesi Ülkelerde Enerji Alanında Kamu Ar-Ge Harcamalarının Dağılımı (%), 2019 (OECD, 2020)



Şekil 3.5 IEA Üyesi Ülkelerde Enerji Alanında Kamu Ar-Ge Harcamalarının Dağılımı (OECD, 2020)



Şekil 3.4 ve 3.5'te görüldüğü üzere; 2019 yılında yapılan 21,7 milyar dolar harcamanın 20.741 milyar doları düşük karbon teknolojilerine kalan 968 milyon dolar ise düşük karbon dışındaki teknolojilere yapılmıştır. Harcamaların %26'ı enerji verimliliğine, %23'ü nükleer enerjiye, %17'si diğer ortak teknoloji ve araştırmalara, %16'sı yenilenebilir enerji kaynaklarına, %7'si fosil yakıtlara, %7'si diğer güç ve depolamaya ve %4'ü ise hidrojen ve yakıt pillerine yönelik teknolojilere olmuştur.

Tablo 3.10 IEA Üyesi Ülkelerde Kamu Enerji Ar-Ge Bütçeleri ve GSYH İçindeki Payları, 2019 (OECD, 2020)

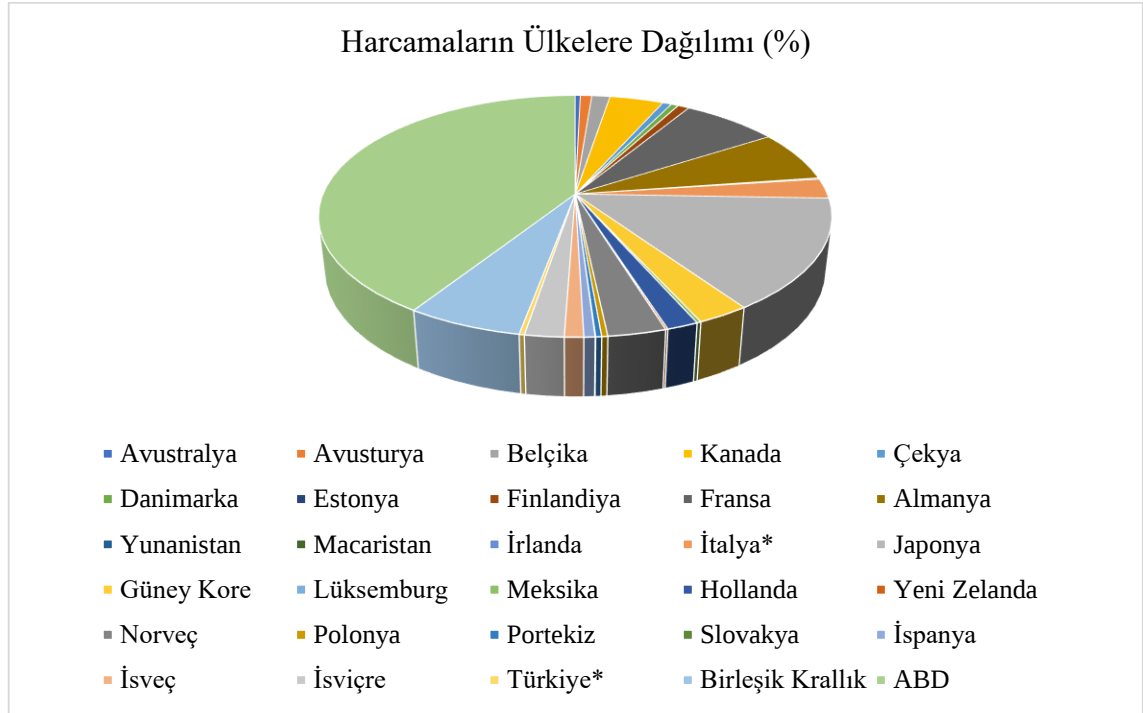
ÜLKELER	Toplam Harcama Bütçesi (Milyon Dolar)	GSYH İçindeki Payı (binde)
Avustralya	77,096	0,056
Avusturya	171,743	0,375
Belçika	272,392	0,498
Kanada	807,633	0,465
Çekya	132,462	0,513
Danimarka	105,433	0,289
Estonya	4,413	0,138
Finlandiya	168,288	0,605
Fransa	1439,888	0,51
Almanya	1352,689	0,333
Yunanistan	-	-
Macaristan	7,084	0,043
İrlanda	29,449	0,073
İtalya*	525,678	0,255
Japonya	2963,271	0,568

Tablo 3.10 (Devam) *IEA Üyesi Ülkelerde Kamu Enerji Ar-Ge Bütçeleri ve GSYH İçindeki Payları, 2019 (OECD, 2020)*

Güney Kore	557,988	0,339
Lüksemburg	-	-
Meksika	44,625	0,038
Hollanda	334,232	0,354
Yeni Zelanda	23,639	0,111
Norveç	614,835	1,685
Polonya	63,363	0,104
Portekiz	62,223	0,249
Slovakya	4,808	0,044
İspanya	116,274	0,081
İsveç	201,229	0,364
İsviçre	412,45	0,536
Türkiye	54,203	0,077
Birleşik Krallık	1230,323	0,409
ABD	8159,546	0,376

Tablo 3.10’da görüldüğü üzere, 2019 yılında IEA ülkeleri arasında en çok harcama yapan ülke 8 milyar dolar ile ABD olmuştur. ABD’yi yaklaşık 3 milyar dolar ile Japonya, 1,43 milyar dolar ile Fransa, 1,35 milyar dolar ile Almanya, 1,23 milyar dolar ile Birleşik Krallık, 807 milyon dolar ile Kanada, 614 milyon dolar ile Norveç ve 557 milyon dolar ile Güney Kore takip etmektedir. Harcamaların GSYH içindeki payına bakıldığında ise en büyük pay 1,6 ile Norveç’e aittir. Norveç’i 0,6 ile Finlandiya, 0,56 ile Japonya, 0,53 ile İsveç, 0,51 ile Fransa ve Çekya takip etmektedir. Türkiye ise hem toplam harcamada hem de harcamaların GSYH içindeki payında en gerideki ülkeler arasında yer almaktadır.

Şekil 3.6 IEA Ülkelerinde Kamu Enerji Ar-Ge Harcamalarının Dağılımı (OECD, 2020)



Şekil 3.6’da görüldüğü üzere IEA ülkelerinin yaptığı toplam harcamaların %41’i ABD tarafından yapılmaktadır. %15’i Japonya, %7’si Fransa, %7’si Almanya ve %6’sı Birleşik Krallık, %4’ü Kanada, %3’ü Norveç ve %3’ü ise Güney Kore tarafından yapılmaktadır. Diğer IEA üyesi ülkelerin yaptıkları harcamanın toplamı ise yalnızca %14’üdür.

Japonya Ar-Ge harcamalarına GSYH’sinin %3’ünü ayırmakta ve bu alanda dünyada lider konumda yer almaktadır. Enerji teknolojilerine yönelik Ar-Ge de bundan önemli bir pay almaktadır. Toplam Ar-Ge harcamalarının %12’si enerji teknolojilerine yapılmaktadır. Bu oran Meksika’dan sonra en yüksek orandır. 2019 yılında enerji alanına ayrılan kamu Ar-Ge bütçesi yaklaşık 3 milyar dolardır. Buna göre Japonya harcama miktarında en yüksek ikinci, kişi başına düşen harcamada ise en yüksek üçüncü sırada yer almaktadır. Japonya’da enerji alanına kamu finansmanı son yıllarda azalsa da diğer ülkelere kıyasla hala oldukça fazla miktarda Ar-Ge harcaması yapılmaktadır. Japonya özellikle karbonsuz bir ekonomi oluşturmada kilit öneme sahip olan hidrojen ve karbon yakalama, kullanma ve depolama teknolojilerine yaptığı yatırımlarla diğer ülkelere öncülük etmektedir. 2011’de gerçekleşen Fukushima nükleer kazasından sonra nükleer enerjiye ayrılan pay giderek azalmasına rağmen hala en yüksek paya sahiptir. Nükleer

enerjiden sonra en çok bütçe ayrılan teknolojiler enerji verimliliği ve yenilenebilir enerjidir. Japonya’da enerji alanına yapılan Ar-Ge harcamalarının fazla olmasının temel nedeni ülkenin dünya enerji rezervlerinin yoğunlaştığı bölgelere uzak olması ve enerji güvenliği endişelerinin yüksek olmasıdır (IEA, 2021, s. 111-113).

Enerji alanında kamu Ar-Ge harcamalarında açık ara lider konumda olan ABD, temiz enerji ve enerji verimliliğini arttırmaya yönelik araştırmalarda bulunmaktadır. Kamu finansmanı daha çok yenilenebilir enerji kullanımının yaygınlaşması, elektrikli araçlar, nükleer enerji, karbon yakalama, kullanma ve depolama teknolojileri üzerine yoğunlaşmaktadır. Bütçeden en yüksek payı sırasıyla temel enerji, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji ve nükleer enerji araştırmaları almıştır. IEA tarafından oluşturulan Teknoloji İş Birliği Programları’nın birçoğuna üye olan ABD, aynı zamanda küresel çapta faaliyet gösteren Temiz Enerji Bakanlığı (CEM)’nin kurucu üyelerindendir. Ancak Ar-Ge harcamalarının GSYH içindeki payına bakıldığında Norveç, İsveç, Japonya ve Kanada gibi ülkelerin gerisinde olduğunu belirtmek gerekmektedir (IEA, 2019, s. 107-110).

Fransa ise 2019 yılında yaptığı 1,4 milyar dolar harcama ile en yüksek harcama yapan üçüncü ülke konumundadır. Bu harcamalardan en büyük payı enerji arzında da en büyük paya sahip olan nükleer enerji almaktadır. 2019 yılında nükleer enerji teknolojilerine yönelik 1 milyar doların üzerinde kamu Ar-Ge harcaması yapılmıştır. Aynı yılda enerji verimliliğini arttırıcı araştırmalara 215 milyon dolar ve yenilenebilir enerji teknolojilerine ise 191 milyon dolar harcama yapılmıştır. Fransa’nın enerji alanında izlediği Ar-Ge politikası en sonuncusu 2016 yılında yayınlanan Ulusal Enerji Araştırma Stratejisi’ne dayanmaktadır. Fransa’da yeşil büyüme için çıkarılan Enerji Dönüşüm Yasası ve Paris Anlaşması ışığında hazırlanan bu stratejinin temel amacı yasa ve anlaşmada belirtilen hedeflere ulaşabilmek için gerekli bilimsel ve teknolojik gelişmeleri sağlayabilmektir. Bu doğrultuda enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesine, yenilenebilir enerjinin payının arttırılmasına, enerji verimliliğinin arttırılmasına ve fosil yakıtların payının azalmasına katkı sağlayacak enerji teknolojilerin ve girişimlerin destekleneceği belirtilmiştir (SNRE, 2016; OECD, 2020).

2019 yılında 1,3 milyar dolar ile enerji alanına en yüksek Ar-Ge harcaması yapan dördüncü ülke Almanya’dır. Geçmişte kömür ve petrol payı oldukça yüksek olan Almanya günümüzde daha çeşitli kaynaklar içeren bir enerji sistemi oluşturmuştur. Uzun

vadede Almanya ekonomisini tamamen karbondan ve nükleer enerjiden arındırılmış hale getirmeyi hedeflemektedir (IEA, 2020, s. 11). Son olarak 7. Enerji Araştırma İnovasyon Programı'nı hazırlayan Almanya, son yıllarda bu alandaki harcamalarını istikrarlı bir şekilde arttırmaktadır. 2000'li yılların başlarına kıyasla günümüzde bu alana yapılan kamu harcamaları yaklaşık üç kat artmıştır. 1982 yılında 3 milyar dolara kadar yükselen harcamalar, yukarıda bahsedilen gerekçelerle 1999 yılında 279 milyon dolara kadar düşmüştür. 2019 yılında harcamalardan en büyük payı 335 milyon dolar ile yenilenebilir enerji teknolojileri alırken, onu 298 milyon dolar ile nükleer enerji ve 282 milyon dolar ile enerji verimliliği teknolojileri takip etmektedir.

Enerji teknolojilerine 1,2 milyar dolar Ar-Ge harcaması yapan Birleşik Krallık ise IEA ülkeleri arasında 1 milyar doların üzerinde harcama yapan beşinci ve son ülkedir. En son 1981 yılında 1,2 milyar dolar Ar-Ge harcaması yapan Birleşik Krallık, 80'li yılların sonlarına doğru bu harcamalarını oldukça azaltmış, 1996-2004 yılları arasında 100 milyon dolardan daha düşük harcama yapmıştır. Ancak sonrasında enerji politikasında attığı önemli adımlarla bu alandaki kamu harcamaları tekrar artışa geçmiş ve uzun yıllar sonra tekrar 1 milyar doların üzerine çıkmıştır. Birleşik Krallık hükümeti, 2019 yılında Ar-Ge bütçesinden 445 milyon dolar nükleer enerjiye, 305 milyon dolar enerji verimliliğine ve 169 milyon dolar ise yenilenebilir enerji teknolojilerine ayırmıştır. Birleşik Krallık, ekonomiyi karbondan arındırma amacıyla ortaya koyduğu Sanayi Stratejisi (2017) doğrultusunda temiz enerji teknolojilerine yaptığı yatırımı arttırmıştır. Sanayi Stratejisi ve Temiz Büyüme Stratejisi ışığında belirlediği enerji teknolojisi araştırma ve inovasyon stratejisiyle başta düşük karbonlu teknolojilerin maliyetlerini düşürerek geliştirilmesi ve kullanımında dünyaya öncülük etmeyi hedeflemektedir. Bunun yanı sıra güç, ısıtma ve ulaşımda ucuz ve temiz enerji için akıllı sistemler geliştirme; inşaat tekniklerini değiştirerek verimliliği önemli ölçüde artırma; enerji yoğun endüstrileri temiz ekonomide rekabetçi hale getirme; yüksek verimli tarıma yönelik küresel harekete öncülük etme; temiz büyümenin finansmanında küresel standartların belirleyicisi olma gibi hedefleri bulunmaktadır (IEA, 2019, s. 115-116).

IEA üyesi ülkeler arasında enerji teknolojilerine kişi başına düşen en yüksek harcamaya sahip olan Norveç toplam harcaması ise 615 milyon dolardır. Bu Norveç tarihinde enerji alanına kamunun ayırdığı en yüksek Ar-Ge bütçesidir. Norveç 2019 Ar-

Ge bütçesinden 293 milyon doları yenilenebilir enerji için, 160 milyon dolar enerji verimliliği için ve 102 milyon doları ise fosil yakıtlar için kullanmıştır.

Enerji alanında 615 milyon dolar Ar-Ge harcaması yapan Norveç'in, kişi başına düşen harcama miktarına bakıldığında en yakın ülkeden üç kat fazla harcama yaptığı görülmektedir. Bunun nedeni, enerji alanında Ar-Ge faaliyetleri yapılmasının Norveç hükümeti için en öncelikli konular arasında yer almasıdır. Bu alanda özellikle fosil yakıtlardan petrol üzerine yoğunlaşmıştır. Ar-Ge faaliyetlerinin Norveç'in sahip olduğu petrol yataklarının güvenliğine, uygun maliyetli ve sürdürülebilir kullanımına katkıda bulunması, yeni teknolojilerin gelişmesini sağlaması ve enerji ve petrol endüstrisinde artan rekabet gücüne katkıda bulunması beklenmektedir. Bir yandan da hükümet Norveç'i yeşil enerjide küresel çapta lider yapma misyonuna sahiptir. Yukarıda verilen rakamlardan da görüldüğü üzere Ar-Ge bütçesinden en büyük payı yenilenebilir enerji teknolojileri almıştır. Norveç hükümetinin enerjide Ar-Ge stratejilerini Norveç Araştırma Konseyi belirlemektedir. Petrol ve Enerji Bakanlığı'nın Ar-Ge bütçesinin çok büyük bir kısmı bu konseye aktarılmaktadır. Konsey hem Ar-Ge faaliyetlerinin finansmanını sağlamakta hem de hükümetin strateji belirlemesinde danışmanlık yapmaktadır. Norveç hükümetinin iki ana Ar-Ge stratejisi petrol sektörü için OG21 (21. yy için Petrol ve Gaz) ve enerji sektörü için Energi21 (Yeni İklim Dostu Enerji Teknolojisi Kapsamında Araştırma ve İnovasyon için Ulusal Strateji)'dir (IEA, 2017, s. 137).

Hem enerji alanında toplam Ar-Ge harcama miktarında hem de kişi başına düşen harcamalarda IEA ülkeleri arasında son sıralarda yer alan Türkiye 2018 yılında yalnızca 180 milyon dolar harcama yapmıştır. Ancak Türkiye'nin uzun yıllar boyunca 20 milyon doların altında olan harcamalarının, resmi kayıtlara göre 2014 yılında büyük bir yükseliş gerçekleştirerek 140 milyon dolara çıktığını belirtmek gerekmektedir. 2017 yılında ise en yüksek seviyeye ulaşarak 199 milyon dolar olmuştur. Bu artış enerji alanında küresel akıma uyum sağlamak isteyen Türkiye'nin politika değişimlerinden kaynaklanmıştır. 2018 yılındaki 180 milyon dolar harcamadan en büyük payı 74 milyon dolar ile yenilenebilir enerji teknolojileri almıştır. Bunun yanı sıra enerji verimliliğine 55,5 milyon dolar, diğer güç ve depolama teknolojilerine 29 milyon dolar, fosil yakıtlara ise 12,5 milyon dolar ayrılmıştır.

Tablo 3.11 *Türkiye’de Enerji Alanına Yapılan Kamu Ar-Ge Harcamalarının Dağılımı (Milyon Dolar), 2018 (IEA, 2018)*

ENERJİ TEKNOLOJİLERİ	HARCAMA MİKTARI
Yenilenebilir Enerji Kaynakları	73.783
Enerji Verimliliği	55.469
Diğer Güç ve Depolama	29.062
Fosil Yakıtlar	12.477
Hidrojen	8.788
Nükleer Enerji	0.325

Tablo 3.11’de görüldüğü üzere harcamaların %72’si yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği alanlarında yapılmıştır. Belirlenen hükümet politikası çerçevesinde bu iki alana 2016 yılından beri öncelik verilmektedir. 2018 yılında enerji alanında Ar-Ge bütçesinin %41’i yenilenebilir enerjiye ayrılırken bunun %35’i hidroelektrik enerjiye tahsis edilmiştir. Kalan kısmı güneş enerjisi, rüzgar enerjisi ve biyoyakıtlara ayrılmıştır. Diğer öncelik verilen alan olan enerji verimliliği teknolojilerine ayrılan pay ise %31 olmuştur. Bunun çoğunluğu (toplam bütçenin %28’i) gelişmiş elektrikli araçlar alanında yapılan araştırmalara ayrılmıştır. Ar-Ge bütçesinden en çok pay ayrılan üçüncü alan ise diğer güç ve depolama teknolojileri olmuş, bunlar içerisinde en büyük payı elektrik iletim ve dağıtımını almıştır. Toplam bütçenin %7’sini karbon yakalama ve depolama teknolojisine yapılan harcamayla fosil yakıtlar almıştır. Hidrojen ve yakıt pillerine ise toplam bütçenin %5’i ayrılmıştır. Kalan enerji Ar-Ge bütçesi ortak teknolojilere ve nükleer enerjiye gitmiş ya da tahsis edilmemiştir. Son dönemde hidroelektrik ve kömür gibi yerli enerji kaynaklarına yönelik harcamalar artmaktadır.

Türkiye, emisyonları azaltmanın yanı sıra ekonomik büyümeyi arttırmak, yerli enerji kaynaklarını teşvik etmek ve enerji verimliliğini arttırmak amacıyla da Ar-Ge faaliyetlerini desteklemektedir. Türkiye’de Ar-Ge harcamalarının temel amacı ithalatı azaltmak olduğundan harcamalar çoğunlukla yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği alanlarında gerçekleştirilmektedir. Bu alanlara yönelik yapılan harcamaların çevreyi de olumlu etkilediği düşünülmektedir. Ancak enerji alanına ayrılan Ar-Ge bütçesinin GSYH içindeki payı oldukça az olduğu görülmektedir.

Türkiye’de ekonomik büyüme ve dolayısıyla enerji talebindeki artışın sürmesi beklenmektedir. Bu da emisyonların daha da artmasına yol açabilecektir. Ancak Türkiye’nin sera gazı emisyonlarındaki artışı azaltarak da ekonomik büyümeyi devam ettirmesi mümkündür. Bu noktada enerji teknolojilerine yapılan yatırımlar önem

kazanmaktadır. Türkiye, IEA'nın belirlediği enerji verimliliği ve yenilenebilir kaynaklarla ilgili 38 Teknoloji İş Birliği Programı (TİP)'nden 5'ine katılmaktadır. Bunlardan ikisi güneş enerjisine (Fotovoltaik Güç Sistemleri ve Güneş Enerjisi ile Isıtma ve Soğutma) , biri binalarda enerjiye, biri enerji depolamaya ve biri de hibrit ve elektrikli araçlara yöneliktir. Geçmişte biyoenerji, jeotermal enerji, hidrojen ve gelişmiş yakıt pilleri ile ilgili programlara katılmıştır. Enerji Araştırma ve Teknoloji Komitesi'nde de aktif olarak yer alan Türkiye, Horizon 2020'de bir ortak ülkedir ve AB'nin enerji ve iklim politikasının teknoloji ayağı olan Strateji Enerji Teknolojisi Planına katılmaktadır.

Ülkenin enerji ve doğal kaynaklarda kendi kendine yetebilmesinin önemli bir boyutunu da yerli teknolojik kapasitenin varlığı oluşturmaktadır. Bu bağlamda Ar-Ge, inovasyon ve teknolojiyi geliştirmeye yönelik olarak birçok politika izlenmektedir. Özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretiminde kullanılan makine ve teçhizatın yerli üretiminin yanı sıra nükleer santrallerin inşası ve işletilmesi için gerekli malzeme ve teçhizatın üretimini arttırmaya yönelik politikalar uygulanmaktadır (IEA, 2021, s. 11-16). Türkiye'nin gelişmekte olan bir ülke olması nedeniyle büyümeye ihtiyaç duyması emisyon üzerine çok ağır vergiler konulamamasına ve belirli miktar emisyon salınımına taviz verilmesine neden olmaktadır. Bu noktada enerji verimliliğinin ve sisteme yeni dahil olacak olan yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi ortaya çıkmaktadır (IEA, 2021, s. 35). Ülkenin emisyonları azaltma stratejisi 2010 Ulusal İklim Değişikliği Stratejisi 2010-2023'te ve 2011 Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı 2011-2023'te yer almaktadır. Ulusal İklim Değişikliği Eylem Planı'nın temel ilkeleri arasında enerji verimliliğinin artırılması ve yenilenebilir enerji kullanım alanlarının genişletilmesi yer almaktadır (IEA, 2021, s. 41).

Enerji verimliliğindeki artış tüketimi azaltarak enerji güvenliğini sağlamada da etkili olacaktır. Bu doğrultuda 2017-2023 dönemlerini kapsayan geniş bir Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı hazırlanmıştır. Buna göre Türkiye'de binalar ve hizmetler, enerji ve ısı, ulaşım, sanayi ve teknoloji, tarım ve kesişen alanlar dahil olmak üzere çeşitli sektörlerdeki birincil enerji tüketimini %14 azaltmak hedeflenmektedir. Bu eylem planı sonucunda 10,9 milyar dolar tasarruf sağlanması hedeflenmesine rağmen bugünün verilerine bakıldığında hala bu hedefin çok gerisinde olduğu görülmektedir. Özellikle mevzuattaki gecikmeler ve enerji verimliliği ürünleri ve hizmetlerine yönelik talep azlığı veya teşviklerin eksikliği nedeniyle politika yavaş ilerlemekte ve sektörler arasında

uygulama boşlukları devam etmektedir. İlerlemeyi hızlandırmak amacıyla Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) tarafından sorumlu kurumların üst düzey yöneticilerinden oluşan Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı İzleme ve Yönlendirme Kurulu oluşturulmuştur. Enerji verimliliğin sağlanmasına yönelik olarak kamuda zorunlu hedefler belirlenmiştir. 16 Ağustos 2019 tarihli Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi ile 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu'na göre enerji yöneticisi atanan kamu binalarının, kamu kaynaklarının verimli kullanılması ve enerji maliyetlerinin kamu kesimi üzerindeki yükünün azaltılması amacıyla 2023 yılına kadar %15 oranında enerji tasarrufu sağlama hedefi konulmuştur. Ayrıca 21 Ağustos 2020 tarihli Kamuda Enerji Performans Sözleşmelerine İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Cumhurbaşkanlığı Kararı, kamu idareleri tarafından yapılacak enerji performans sözleşmelerine ilişkin usul ve esasları belirlemektedir (IEA, 2021, s. 51-67).

Enerji alanında öncelikler ETKB'nin Stratejik Planı'nda belirlenen hedefler doğrultusunda şekillenmektedir. Bu alanda öncelikler ulusal ve uluslararası politika, küresel eğilimler ve ulusal enerji ihtiyacı dikkate alınarak belirlenmektedir. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) 2019 yılında sekrörler arası iş birliğini vurgulayarak ortak bir hedef odaklı plan hazırlamıştır. Planda Ar-Ge ve inovasyon önceliklerinde göre belirlenmiş 16 madde (çağrı) bulunmaktadır. Bunlar arasında enerji ve enerji sistemi modellemede dijital teknolojiler, akıllı enerji ağları, büyük veri ve veri analitiği; akıllı şebekeler için elektrik enerjisi dönüşümü, elektrik iletimi ve dağıtımı; enerji verimliliği - bölgesel ısıtma ve soğutma, neredeyse sıfır enerji teknolojilerine sahip binalar; enerji depolama teknolojileri, güneş enerjisi teknolojileri, ileri düzey biyoyakıt ürünleri için biyoenerji dönüşüm teknolojileri, rüzgar enerjisi teknolojileri, hidroelektrik ve jeotermal, hidrojen ve yakıt pilleri, fosil yakıtlar ve madencilik – karbon yakalama ve depolama, temiz kömür teknolojileri ve kritik ham maddelerin geri dönüşümü gibi başlıklar yer almaktadır. Bu alandaki çalışmaları istenen seviyeye getirebilmek için altyapı ve insan kaynakları açısından önemli düzeyde finansman ve araştırma kapasitesi gerekecektir (IEA, 2021, s. 89-92).

2009 yılında TÜBİTAK'ın Marmara Araştırma Merkezi ve Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu (TKİ) öncülüğünde, 1007 Kamu Kurumları Araştırma Destekleme Programı kapsamındaki büyük projelerden biri olan “Biyokütle ve Kömür Karışımlarından Sıvı Yakıt Üretimi (TRIJEN)” hayata geçirilmiştir. Bu proje,

sürdürülebilir kalkınma ve enerji güvenliğini sağlamak için termik santrallere de uygulanabilen, kömür-biyokütle karışımlarından çevre dostu, verimli bir şekilde rafine edilmiş sıvı yakıtlar üretmeyi amaçlamaktadır. Projenin bütçesi yaklaşık 41 milyon TL'dir. Pilot aşaması tamamlanan projenin endüstriyel ölçekli uygulanması için değerlendirme süreci devam etmektedir.

ETKB Stratejik Planı'nda belirlenen hedeflere yönelik ilerlemeler, TÜBİTAK ve Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (STB) öncülüğünde periyodik olarak izlenmekte ve değerlendirilmektedir. Biyokütle ve kömür karışımlarından sıvı yakıt üretimi, ulusal rüzgar enerjisi sistemi projesi, LED ve organik ışık yayan diyot üretim teknolojilerinin geliştirilmesi projesi TÜBİTAK programı kapsamında tamamlanan enerji projeleri arasında yer almaktadır. Fotovoltaik (PV) santral teknolojilerinin geliştirilmesi, yerli hidroelektrik santral bileşenlerinin tasarımı ve üretimi, yerli gaz türbini kanatlarının üretimi ve arka arkaya bağlı yüksek voltajlı doğru akım sistemlerinin geliştirilmesi projeleri ise devam etmektedir.

Marmara Merkezi Enerji Enstitüsü'nün araştırma alanları arasında proje sistemleri bilgi teknolojileri, güç sistemi analizi ve planlaması, santral kontrol teknolojileri ve dönüştürücü teknolojileri yer almaktadır. Rüzgar enerjisi için izleme ve tahmin sistemleri, güç kalitesi analizörleri, nehir akışı tahmini ve optimizasyon modellemesi, iletim sistemi operatörleri için ulusal bir yük dağıtım sistemi, güç sistemleri rehabilitasyonu ve yenilemesi, türbin verimliliği analizi ve yenilenebilir güç elektroniği arayüzleri gibi projeler yapılmaktadır.

Enerji alanında henüz belirlenmiş ulusal bir Ar-Ge yol haritası yoktur. TÜBİTAK 2023 Sanayi Stratejisi'ne göre bir yol haritası hazırlanması beklenmektedir. Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM)'nde ise enerji teknolojisi araştırma ve inovasyon alanında tarımsal üretimde yenilenebilir enerji kullanımına yönelik Ar-Ge çalışmaları yürütülmektedir. Sürdürülebilir tarımsal üretimi destekleme amacına yönelik olarak, enerji yoğun hayvancılık sektörü için güneş enerjisiyle çalışan büyükbaş sağım makinesi ve mobil hibrit sağım makinesi yenilenebilir enerji kaynakları kullanan makineler geliştirilmiştir. Sulamadan enerji tasarrufu sağlanması ve enerji verimli sulama yöntemlerine geçilmesi için Ar-Ge çalışmaları da devam etmektedir. Bu kapsamda güneş merkezi pivot sulama sistemi kurulumu, güneş pili sulama kanalı pilot

projesi ve eltik tarlalarında damla sulama sistemlerinin kullanım olanaklarının araştırılması gibi çalışmalar yer almaktadır (IEA, 2021, s. 89-92).

Son olarak, Türkiye’de elektrik ve doğalgaz dağıtım şirketleri işletme giderlerinin %1’ini Ar-Ge faaliyetleri için kullanabilmektedir. Dağıtım şirketleri projelerini T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK)’nın Ar-Ge komisyonuna sunmaktadır. Proje komisyon tarafından onaylanırsa şirketler Ar-Ge bütçelerini kullanarak projeleri finanse edebilmektedirler. 2014 yılından bu yana 500’den fazla proje önerilmiş, 213 proje onaylanmış ve 84’ü tamamlanmıştır (IEA, 2021, s. 88).

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. ENERJİ ALANINDA YAPILAN KAMU AR-GE HARCAMALARININ ÇEVREYE ETKİSİ

Bir önceki bölümde OECD ülkelerinde enerji görünümü, enerji politikaları ve kamu Ar-Ge harcamaları tablo ve grafikler yardımıyla değerlendirilmiştir. Bu bölümde ise enerji alanında yapılan Ar-Ge harcamalarının çevreye etkisiyle ilgili literatüre ve yapılan ekonometrik analiz sonucunda elde edilen yeni ampirik kanıtlara yer verilmiştir. Yapılan tahmin ile elde edilen bulgular doğrultusunda politika önerilerinde bulunulmuştur.

4.1.Literatür Taraması

Literatürde Ar-Ge harcamalarının CO₂ emisyonlarına etkisini inceleyen bir dizi çalışma bulunmaktadır.

(Garrone & Grilli, 2010), 1980-2004 yılları arasında 13 gelişmiş ülkede kamu enerji Ar-Ge harcamalarının karbon yoğunluğuna etkisini incelemiştir. Ar-Ge harcamalarının enerji etkinliği üzerinde arttırıcı bir etkisi varken, karbon yoğunluğu üzerinde anlamlı azaltıcı bir etkisi olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

(Koçak & Ulucak, 2019), 2003-2015 yılları arasında yüksek gelirli 19 OECD ülkesinde enerji sektöründe Ar-Ge harcamalarının CO₂ emisyonu üzerindeki etkisi incelemiştir. Enerji etkinliği ve fosil enerji için yapılan Ar-Ge harcamalarının CO₂ emisyonunu arttırıcı etkiye sahip olduğu, yenilenebilir enerji teknolojilerine yapılan Ar-Ge harcamalarının CO₂ emisyonu üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı, güç ve depolama Ar-Ge harcamalarının CO₂ emisyonunu azaltıcı etkisi olduğu sonuçlarına ulaşılmıştır.

(Behdioğlu & Çelik, 2016), 1996-2013 yılları arasında 26 OECD ülkesinde Ar-Ge harcamaları ile karbon emisyonu arasındaki ilişki STIRPAT modeli çerçevesinde yapay sinir ağları kullanılarak analiz etmiş ve negatif bir ilişki bulmuştur.

(Fernández vd., 2017), 1990-2013 yılları arasında 15 AB ülkesi, ABD ve Çin’de Ar-Ge harcamalarının CO₂ emisyonları üzerindeki etkisini En Küçük Kareler (OLS) yöntemi ile incelemiştir. Ar-Ge harcamalarının CO₂ emisyonu üzerinde AB ve ABD’de azaltıcı, Çin’de ise arttırıcı bir etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

(Shahbaz vd., 2018), 1955-2016 yılları arasında Fransa’da karbon emisyonlarını belirlemede doğrudan yabancı yatırım, finansal gelişme, ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve enerji inovasyonlarının etkileri incelenmiştir. Sonuçlar, Fransa’da enerji alanındaki Ar-Ge harcamalarının ülkenin CO2 emisyon değerlerini anlamlı şekilde azalttığını göstermektedir.

(Işık & Kılınç, 2014), 1990-2010 yılları arasında 18 ülkede ulaştırma sektöründeki Ar-Ge harcamaları ile CO2 emisyonu arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Seçilmiş ülkelerde CO2 emisyonu, Ar-Ge harcamaları ve enerji tüketimi arasında uzun dönemli bir ilişki olduğu ve enerji Ar-Ge harcamalarının CO2 emisyonunu negatif yönde etkilediği sonuçlarına ulaşılmıştır.

(Erdoğan vd., 2019), 1971-2017 yılları arasında 14 G20 ülkesinde için inovasyonun karbon emisyonu üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Uzun dönemde inovasyonların, enerji, ulaşım ve diğer sektörlerde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin mevcut olmadığı, sanayi sektöründe emisyonunun azalmasını sağladığı, inşaat sektöründe ise arttırıcı etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir.

(Lantz & Feng, 2006), 1970-2000 yılları arasında Kanada’da gelir ve nüfusla birlikte teknolojik gelişmelerin CO2 emisyonu üzerindeki etkileri incelemiş ve teknolojik gelişmelerle emisyonlar arasında negatif bir ilişki tespit etmiştir.

(Lee & Min, 2015), 2001-2010 yılları arasında Japonya’da imalat firmalarının eko-inovasyon amacıyla yaptığı yeşil Ar-Ge yatırımlarının çevre ve finansal performans üzerindeki etkisini incelemiştir. Yeşil Ar-Ge yatırımlarının karbon emisyonlarını olumsuz, firma düzeyindeki finansal performansı ise olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir.

(Balsalobre vd., 2014), 1994-2010 yılları arasında 28 OECD ülkesinde kamunun yaptığı enerji Ar-Ge harcamalarının enerji yoğunluğu ve sera gazı emisyonları üzerindeki etkisini Sabit Etkiler (FE) ve Genelleştirilmiş En Küçük Kareler (GLS) yöntemlerini kullanarak incelemiş ve iki bağımlı değişken üzerinde de negatif etkisi olduğu sonucuna ulaşmıştır.

(Alvarez-Herranz vd., 2016), 1990-2014 yılları arasında 28 OECD ülkesi için yaptığı analizde kamunun enerji Ar-Ge harcamalarının sera gazı emisyonları üzerinde azaltıcı etkisi olduğu sonucuna ulaşmıştır.

(Alvarez-Herranz vd., 2017), 1990-2012 yılları arasında 17 OECD ülkesinde çevresel kuznets eğrisinin geçerliliğini enerji inovasyonlarının sera gazı emisyonlarına etkisini incelemiştir. Enerji inovasyonlarının çevre kirliliğini azalttığı ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının hava kalitesini arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

(Jin vd., 2017), Çin’de yer alan 30 ilde 1995-2012 yılları arasında enerji sektöründe teknolojik gelişmelerin karbon emisyonu üzerindeki etkisini incelemiştir. Çalışmaya göre, teknolojik gelişmeler karbon emisyonlarının azalmasını sağlamaktadır. Karbon salınımını daha da azaltabilmek için hükümet enerji endüstrisi araştırmalarına yaptığı yatırımları ve enerji etkinliğini arttırması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

(Wenwen vd., 2017), 1997-2014 yılları arasında Çin’de 30 ildeki teknolojik gelişmelerin karbon emisyonlarına etkisi STIRPAT modeli çerçevesinde Genelleştirilmiş Momentler Metodu (GMM) tahmincisi kullanılarak analiz edilmiştir. Teknolojik gelişmeler (toplam faktör verimliliği) ve inovasyonların (toplam Ar-Ge harcamaları) CO2 emisyonunu azaltıcı bir etki yarattığı sonucuna ulaşılmıştır.

(Zhou vd., 2017), 2004-2014 yılları arasında Çin’de yer alan 31 ilde, Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezine dayanarak, kükürt dioksit (SO2) emisyonu ile gelir seviyesi ilişkisini ve teknolojik gelişmelerin SO2 emisyonuna etkilerini incelemiştir. Çalışmada Havuzlanmış En Küçük Kareler Yöntemi (POLS) ve Sabit Etkiler (FE) tahmincileri kullanılarak teknolojik gelişmelerin SO2 emisyonunu azalttığına dair ampirik kanıtlar elde edilmiştir.

(Kahouli, 2018), 1990-2016 yılları arasında 18 Akdeniz ülkesinde elektrik tüketimi, CO2 emisyonları, Ar-Ge stokları ve ekonomik büyüme arasındaki dört yönlü ilişkiyi SUR Nedensellik, Üç Aşamalı En Küçük Kareler (3SLS) ve GMM metotlarını kullanarak incelemiştir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında elektrik tüketimi, CO2 emisyonları, Ar-Ge stokları ve ekonomik büyüme arasında güçlü bir ilişkinin var olduğu, Ar-Ge stokları ve CO2 emisyonları arasında tek yönlü nedensellik ilişkisi olduğu görülmüştür.

(Mensah vd., 2018), 1990-2014 yılları arasında 28 OECD ülkesinde inovasyonların CO2 emisyonları üzerindeki etkisi STIRPAT modeli çerçevesinde, OLS, Geliştirilmiş En Küçük Kareler Yöntemi (FMOLS) ve ARDL Sınır Testi kullanarak incelemiştir. OECD ülkelerinde yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımı emisyonları arttırırken, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının emisyonları azalttığı, çalışma kapsamında

yer alan ülkelerde emisyonlar ile Ar-Ge harcamaları arasında uzun dönemli bir ilişkinin mevcut olduğu ve bu ülkelerin çoğunda Ar-Ge'nin çevre kirliliğini azalttığı sonuçlarına ulaşılmıştır.

(Cho & Sohn, 2018), emisyonlarla Ar-Ge yatırımları arasındaki ilişkiyi farklı bir yolla incelemiştir. Çalışmada, 2004-2012 yılları arasında Fransa, İngiltere, Almanya ve İtalya olmak üzere 4 ülkede CO2 emisyonlarındaki değişikliklerinin yeşil Ar-Ge yatırımı yoluyla patent başvuruları üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çalışma kapsamındaki ülkelerden Fransa hariç hepsinde emisyonlar arttıkça yeşil Ar-Ge yatırımlarının arttığı, bu artışın da patent başvurularını arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

(Zhang vd., 2017), 2000-2013 yılları arasında Çin'de 30 ilde çevresel inovasyonların karbon emisyonları üzerindeki etkisini Sistem-GMM tahmincisini kullanarak incelemiştir. Özellikle enerji verimliliği, Ar-Ge harcamaları, patent çıktı düzeyi ve bilgi düzeyinin karbon emisyonlarının azaltılmasında önemli rol oynadığı, Ar-Ge harcamalarının ve patent çıktı seviyesinin karbon emisyonlarının azalması üzerindeki etkileri 2006–2013 döneminde güçlendiği sonuçlarına ulaşılmıştır.

(Cantos & Balsalobre Lorente, 2013), 1992-2008 yılları arasında İspanya'da kamu enerji Ar-Ge harcamalarının çevreye etkisini incelemiştir. Çalışmada, enerjide kamu Ar-Ge harcamalarındaki artış CO2 emisyonunu azalttığı, bu azalışa en etkili harcama kaleminin ise nükleer enerjiye yapılan Ar-Ge harcamaları olduğu sonuçlarına ulaşılmıştır.

(Churchill vd., 2019), 1870-2014 yılları arasında G7 ülkelerinde Ar-Ge yoğunluğunun (nominal Ar-Ge harcamaları/nominal GSYH) CO2 emisyonları üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çalışmada, Ar-Ge ve CO2 emisyonları arasındaki ilişkinin zamana göre değiştiği, 1955-1990 yılları arasında arası pozitif, kalan tüm yıllarda ise negatif bir ilişkinin varlığı tespit edilmiştir.

(Shao vd., 2021), ABD'de 1990-2019 yılları arasında enerji verimliliği, çevreyle ilgili Ar-Ge harcamaları ve yenilenebilir enerjiyle ilgili Ar-Ge harcamaları ile karbon emisyonları arasındaki ilişkiyi Dinamik En Küçük Kareler (DOLS) ve Geliştirilmiş En Küçük Kareler (FMOLS) yöntemlerini kullanarak incelemiştir. Üç bağımsız değişkenin de karbon emisyonları üzerinde negatif bir etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

(Koçak vd., 2021) 2015 yılında 26 OECD ülkesinde enerji verimliliği, yenilenebilir enerji, hidrojen ve yakıt pilleri, fosil enerji, nükleer enerji ve diğer güç ve depolama

teknolojileri için yapılan Ar-Ge harcamalarının çevreye etkisi Veri Zarflama Analizi (DEA) metoduyla incelenmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre Ar-Ge harcamaları çevre üzerinde yalnızca ABD’de etkindir.

(Paramati vd., 2021), 1998-2014 yılları arasında 25 AB ülkesinde enerji teknolojilerine yönelik olarak yapılan toplam Ar-Ge harcamalarının karbon emisyonlarına ve yenilenebilir enerji tüketimine etkisini incelemiştir. Çalışmada Ar-Ge harcamalarının emisyonları azaltıcı etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 4.1 *Literatür Taraması Özet Tablo*

Yazar	Zaman / Ülke	Yöntem	Değişkenler	Sonuç
Paola Garrone, Luca Grilli (2011)	1980-2004 / 13 gelişmiş ülke	GMM	Enerji teknolojisi Ar-Ge bütçesi, karbon emisyon yoğunluğu, enerji yoğunluğu, karbon faktörü	Enerjide Ar-Ge harcamalarının enerji etkinliği üzerinde arttırıcı bir etkisi varken, karbon yoğunluğu üzerinde anlamlı bir etkisi yoktur.
Emrah Koçak, Zübeyde Şentürk Ulucak (2019)	2003-2015 /19 OECD ülkesi	GMM	Enerji etkinliği, fosil enerji, güç ve depolama ve yenilenebilir enerji için yapılan Ar-Ge harcamaları, CO2 emisyonu, kentleşme, ticaret hacmi, endüstriyelleşme.	Ar-Ge harcamalarının CO2 emisyonu üzerindeki etkisi; enerji etkinliği ve fosil enerji için arttırıcı, güç ve depolama için azaltıcı, yenilenebilir enerji için anlamsızdır.
Sema Behdioğlu, Fadime Çelik (2016)	1996-2013 / 26 OECD ülkesi	STIRPAT Yapay Sinir Ağı	Sera gazı emisyonu, nüfus, kişi başı GSYH, enerji tüketimi ve Ar-Ge harcamalarının GSYH içindeki payı	OECD ülkelerinde Ar-Ge harcamaları karbon emisyonu üzerinde azaltıcı etki yaratmıştır.
Y. Fernandez Fernandez vd. (2017)	1990-2013 / 15 AB ülkesi, ABD ve Çin	OLS	Ar-Ge harcamaları, enerji tüketimi ve CO2 emisyonu	Ar-Ge harcamaları CO2 emisyonu üzerinde AB ve ABD’de azaltıcı, Çin’de ise arttırıcı bir etkiye sahiptir.

Tablo 4.1 (Devam) *Literatür Taraması Özet Tablo*

Muhammad Shahbaz vd. (2019)	1955-2016 / Fransa	SOR birim kök testi ve ARDL Sınır Testi	CO2 emisyonu, kişi başı GSYH, kişi başı doğrudan yabancı yatırımlar, enerji tüketimi, özel sektöre verilen yerli kredi	Enerji alanındaki Ar-Ge harcamaları ülkenin CO2 emisyon değerlerini anlamlı şekilde azaltmaktadır.
Nihat Işık, Efe Can Kılınç (2014)	1990-2010 / 18 ülke	Panel vektör hata düzeltme modelleri (MGE ve PMGE)	CO2 emisyonu, ulaştırma sektöründeki enerji teknolojisi Ar-Ge ve demonstrasyon bütçesi ve karayolu sektörü enerji tüketimi	Seçilmiş ülkelerde ulaştırma sektöründeki enerji Ar-Ge harcamaları CO2 emisyonunu negatif yönde etkilemektedir.
Seyfettin Erdoğan vd. (2019)	1971-2017 / 14 G20 ülkesi	CCE ve AMG	Marka başvurusu sayıları, ekonomik büyüme, enerji tüketimi	Uzun dönemde inovasyonların, enerji sektörü, ulaşım sektörü ve diğer sektörler üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin mevcut olmadığı görülmüştür.
Lantz, V. and Feng, Q. (2006)	1970-2000 / Kanada	Zaman indeksi	Toplamda 31 değişken ve 155 gözlemden oluşan bir panel veri seti kullanılmıştır. Teknoloji değişkeni zaman eğilimi yardımıyla yaklaşık olarak hesaplanmıştır.	Teknolojik gelişmelerin CO2 emisyonunu azaltıcı bir etkisi vardır.
Ki-Hoon Lee, Byung Min (2015)	2001-2010 / Japonya	OLS	CO2 emisyonu, Toplam Ar-Ge, Yeşil Ar-Ge, Ar-Ge, Enerji yoğunluğu, sermaye yoğunluğu, firma boyutu, kaldıraç, Tobin'in Q oranı	Yeşil Ar-Ge ile karbon emisyonları arasında negatif bir ilişki vardır.
Daniel Balsalobre vd. (2014)	1994-2010 / 28 OECD ülkesi	FE ve GLS	Kişi başı sera gazı emisyonu, kişi başı milli gelir, enerji yoğunluğu, kamu enerji Ar-Ge ve demonstrasyon bütçesi	Enerji inovasyonları kişi başı sera gazı emisyonlarını ve enerji yoğunluğunun çevre üzerinde ortaya çıkardığı negatif etkiyi azaltır.
Agustin Alvarez-Herranz vd. (2017)	1990-2012 / 17 OECD ülkesi	PLS ve TSLS	Kişi başı sera gazı emisyonu, kişi başı milli gelir, kamu enerji Ar-Ge demonstrasyon bütçesi, yenilenebilir enerji tüketimi	Enerji inovasyonları çevre kirliliğini azaltmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı hava kalitesini arttırmaktadır.

Tablo 4.1 (Devam) *Literatür Taraması Özet Tablo*

Agustin Alvarez-Herranz vd. (2016)	1990-2014 / 28 OECD ülkesi	V-gecikme dağıtım modeli	Kişi başı CO2 emisyonu, kişi başı milli gelir, GSYH başına enerji yoğunluğu, kamu enerji Ar-Ge demonstrasyon bütçesi	Enerji inovasyonlarının sera gazlarını azaltıcı etkisi vardır. Ancak bu etki hemen görülmez, üzerinden belirli bir süre geçtikten sonra görülür.
Lei Jin vd. (2017)	1995-2012 / Çin'de 30 il	OLS	Kişi başı karbon emisyonu, kişi başı gelir, enerji etkinliği (kişi başı gelir/kişi başı enerji tüketimi), iklim değişikliği politikası (Kyoto Protokolü), endüstriyel yapı (üçüncül sanayi oranı), enerji Ar-Ge harcamaları	Enerji sektöründe teknolojik ilerlemeler gecikme ile karbon emisyonlarının azalmasını sağlamaktadır.
Wenwen Li vd. (2017)	1997-2014 / Çin'de 30 il	GMM (STIRPAT)	CO2 emisyonları, endüstriyel yapı, teknolojik gelişme, enerji tüketimi yapısı, doğrudan yabancı yatırımlar, kentleşme	Teknolojik gelişmeler (toplam faktör verimliliği) ve inovasyonlar (toplam Ar-Ge harcamaları), CO2 emisyonunu azaltıcı bir etki yaratır.
Zhimin Zhou vd. (2017)	2004-2014 / Çin'de 31 il	Mekansal panel veri analizi, POLS, FE	SO2 emisyonu, GSYH, GSYH2, GSYH3, toplam patent başvuruları, toplam nüfus, dış ticaret/GSYH, kentleşme, kömür tüketimi, elektrik tüketimi, ikincil sanayi/GSYH, nüfus yoğunluğu	Teknolojik ilerleme SO2 emisyonunu azaltıcı etkiye sahiptir.
Bassem Kahouli (2017)	1990-2016 / 18 Akdeniz ülkesi	SUR Nedensellik, 3SLS ve GMM	CO2 emisyonları, Ar-Ge stokları	Ar-Ge stokları ve CO2 emisyonları arasında tek yönlü nedensellik ilişkisi vardır.
Claudia Nyarko Mensah vd. (2018)	1990-2014 / 28 OECD ülkesi	ARDL, OLS, FMOLS	CO2 emisyonu, patent başvuruları, kişi başı GSYH, kişi başı yenilenebilir enerji tüketimi, kişi başı yenilenemeyen enerji tüketimi, Ar-Ge harcamaları	OECD ülkelerinde enerji inovasyonları CO2 emisyonlarını azaltmada kilit rol oynamaktadır.

Tablo 4.1 (Devam) *Literatür Taraması Özet Tablo*

Joon Hyung Cho, So Young Sohn (2018)	2004-2012 / Fransa, İngiltere, Almanya ve İtalya	Divisia Endeksi (LMDI)	Üretim, enerji yoğunluğu, yakıt karışımı, CO2 emisyon katsayısı, Ar-Ge reaksiyonu (Ar-Ge/CO2) ve Ar-Ge etkinliği (Patent/Ar-Ge)	Ar-Ge tepkisindeki gelişmenin, patent başvurularını arttıran ana itici güç olduğunu ve Ar-Ge etkinliğinin, Almanya, İtalya ve Birleşik Krallık'ta gelişme göstermek için gerekli olduğunu, ancak Fransa'da olmadığını göstermektedir.
Yue-Jun Zhang vd. (2016)	2000-2013 / Çin'de 30 il	Sistem GMM	Kişi başı CO2 emisyonu, GSYH, enerji etkinliği, Ar-Ge ekonomik katkısı (Ar-Ge harcamaları/GSYH), Ar-Ge personel yoğunluğu (Ar-Ge personeli/nüfus), patent çıktı düzeyi, teknolojik inovasyon seviyesi, bilgi düzeyi (internet kullanım oranı), çevre yatırımları/GSYH, devlet düzenlemeleri	Enerji verimliliği, Ar-Ge harcamaları, patent çıktı düzeyi ve bilgi düzeyi, karbon emisyonlarının azaltılmasında önemli roller oynamaktadır
Jose M. Cantos, Daniel Balsalobre Lorente (2013)	1992-2008 / İspanya	OLS	CO2 emisyonları, kişi başı gelir, kamu enerji Ar-Ge harcamaları, nükleer enerji kamu Ar-Ge harcamaları	Enerjide kamu Ar-Ge harcamalarındaki artış CO2 emisyonunu azaltmaktadır.
Sefa Awaworyi Churchill vd. (2018)	1870-2014 / G7 ülkeleri	CCEMG	CO2 emisyonları, Ar-Ge harcamaları, kişi başı GSYH, M2(para arzı/GSYH), nüfus, ticaret (ithalat+ihracat/GSYH)	Tahminler Ar-Ge ve CO2 emisyonları arasındaki ilişkinin zamana göre değiştiğini göstermektedir. 1955-1990 arası pozitif, kalan tüm zamanlarda negatif bir ilişki tespit edilmiştir.
Xuefeng Shao vd. (2021)	1990 – 2019 / ABD	DOLS, FMOLS	CO2 emisyonları, GSYH, enerji verimliliği, çevresel Ar-Ge harcamaları, yenilenebilir enerji Ar-Ge harcamaları	Enerji verimliliği, çevresel Ar-Ge harcamaları ve yenilenebilir enerji Ar-Ge harcamaları emisyonlar üzerinde negatif bir etkiye sahiptir.

Tablo 4.1 (Devam) *Literatür Taraması Özet Tablo*

Emrah Koçak vd.	2015 / 26 OECD ülkesi	Veri Zarflama Analizi (DEA)	CO2 emisyonları, enerji verimliliği, yenilenebilir enerji, hidrojen ve yakıt pilleri, fosil enerji, nükleer enerji, diğer güç ve depolama teknolojileri için yapılan Ar-Ge harcamaları	Enerji verimliliği, yenilenebilir enerji, hidrojen ve yakıt pilleri, fosil enerji, nükleer enerji, diğer güç ve depolama teknolojileri için yapılan Ar-Ge harcamaları sadece ABD’de etkindir.
Sudharshan Reddy Paramati vd.	1998-2014 / 25 AB ülkesi	FMOLS	CO2 emisyonları, kişi başı GSYH, doğrudan yabancı yatırım, nüfus, Ar-Ge harcamaları, finansal piyasa endeksi	Ar-Ge harcamaları emisyonları azaltıcı etkiye sahiptir.

4.2.Ekonometrik Analiz

Bu çalışmada 2000-2020 yılları arasında OECD ülkelerinde enerji alanında yapılan kamu Ar-Ge harcamalarının çevreye etkisi panel veri analizi yöntemi kullanılarak ortaya konulmak istenmektedir. Bu kapsamda panel veri seti kullanılarak ekonometrik bir model oluşturulmuştur. Çalışmada uzun dönem ilişkiiyi ortaya koyabilmek adına dirençli bir tahminci olan Genişletilmiş Ortalama Grup (Augmented Mean Group - AMG) Tahmincisi tercih edilmiştir.

4.2.1. Metodoloji

Ekonometride değişkenler arasında ilişkilerin test edilmesinde üç çeşit veri kullanılmaktadır. Bunlar yatay kesit verileri, zaman serisi verileri ve panel verilerdir. Panel veri setleri zaman serisi ve yatay kesit verilerin birleşmesinden oluşmaktadır. Panel veri analizlerinde hem zamana hem de birimlere göre değişim söz konusu olduğundan farklı modeller oluşturulabilmektedir. Panel veri yatay kesit bir verinin zaman içerisinde değişimini izleme imkanı veren ve örneklemdaki her bir birim üzerinde çoklu gözlemler yapmayı sağlayan bir veri setidir (Hsiao, 2014, s. 7-10). Panel veri setlerinin yatay kesit ve zaman serisi veri setlerine göre birçok avantajı bulunmaktadır. Panel veriler çok daha fazla serbestlik derecesi sunar ve çoklu doğrusal bağlantı (multicorrlinarity) sorununu azaltır. Bunun yanı sıra ihmal edilen değişkenlerin yanlılığını kontrol etme (etkilerini azaltma) olanağı da sağlayarak parametre tahminlerinin doğruluğunu, etkinliğini ve güvenilirliğini artırır (Baltagi, 2005). Panel veri analizi, panel veri setlerinde yer alan yatay kesit birimleri (birey, firma, ülke vb.) arasında zaman içinde gözlemlenemeyen

heterojenliği kontrol etme imkanı sağlar. Bu heterojenliği kontrol etmeyen yatay kesit ya da zaman serisi çalışmaları yanlış sonuçlar üretme riskini taşır. Panel veri analizlerinde, birimlerin heterojen olduğu ve zaman içerisinde davranışlarını değiştirdiği ve bunun açıklayıcı değişkenlerle tespit edilemediği durumlarda, bu heterojenliğin hata terimi ile temsil edilmesine veya katsayıların birimler arasında ve/veya zamana göre değişmesine izin verilebilir. Kapsam itibarıyla daha geniş ve bilgilendirici olan panel veriler yatay kesit veya zaman serisi verilerinin tek başına varlığında tespit edilemeyen etkileri daha iyi tanımlama ve ölçme imkanı tanır, birimler arası farklılıkları ayırt etmemize izin verir. Böylece daha karmaşık davranış modelleri oluşturma ve test etme olanağı sağlar. Ayrıca panel veriler, doğası gereği dinamik olan ekonomik davranışlar arasındaki dinamik ilişkileri ortaya koymada daha başarılıdır (Baltagi, 2005, s. 4-9; Gujartari, 2016, s. 420). Makro ya da mikrodinamik etkiler yalnızca yatay kesit verileri ya da zaman serisi verileri kullanarak ortaya konulamaz. Bireysel etkileri de dikkate alan panel veri analizi birimlerin genel davranışlarını gözlemleyerek bir birim için tahmin üretebilmeye imkan tanır (Hsiao, 2014, s. 7-10). Ayrıca panel veri analizi, dengesiz (unbalanced) veri olarak ifade edilen yatay kesit ya da zaman serisi verilerinde eksik olması durumlarında da tahmin yapabilme imkanı verir (Mátyás & Sevestre, 1992).

Panel veri denklemi en basit şekliyle aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Baltagi, 2005, s. 11):

$$Y_{it} = \alpha + X'_{it} \beta + u_{it}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, N \text{ ve } t = 1, 2, 3, \dots, T$$

$$u_{it} = \mu_i + v_{it}$$

Denklemden yer alan i birimleri (bireyleri, firmaları, ülkeleri vb.), t ise zamanı ifade etmektedir. Yani i panelin yatay kesit boyutunu, t ise zaman serisi boyutunu belirtmektedir. α sabit terimi, X'_{it} açıklayıcı değişkeni, β katsayıyı, u_{it} ise hata bileşen terimini ifade etmektedir. Modelde yer alan β katsayısı tutarlı, sapmasız ve etkin olmak koşuluyla (varsayımıyla), X'_{it} ile Y_{it} arasındaki ilişkinin yönünü ve büyüklüğünü belirlemektedir. Panel veri modellerinin çoğu tek yönlü bir hata bileşen terimi kullanmaktadır. Hata bileşen terimi içerisinde yer alan μ_i gözlemlenemeyen bireysel etkiyi, v_{it} ise zaman etkilerini göstermektedir. Yani yukarıdaki fonksiyonel eşitlik, bağımsız değişkenler tarafından gözlemlenemeyen, değişimi zamandan etkilenmeyen

ama kesitlere has özellikleri içeren bireysel etkiyi dikkate almakta ve birimlere özgü özellikleri hata terimi içerisine dahil etmektedir.

4.2.1.1. *Genişletilmiş ortalama grup tahmincisi (Augmented mean group estimator – AMG)*

Panel veri analizlerinde standart dinamik panel tahmincilerini kullanmak makroekonomik verilerin tahmini için her zaman uygun olmayabilir çünkü çoğu tahminci panel kesitlerin homojen olduğunu varsaymakta yani heterojenliği dikkate almamaktadır. Ayrıca birçok tahminci yatay kesit bağımlılığını da dikkate almamakta dolayısıyla hatalı ve tutarsız sonuçlar elde edilebilmektedir. Bu sorunun çözümü için (Eberhardt & Bond, 2009; Eberhardt & Teal, 2011; Bond & Eberhardt, 2013) tarafından AMG tahmincisi geliştirilmiştir. AMG tahmincisi panel kesitler (eğim katsayıları) arasında heterojenlik bulunmasına izin vermektedir. Bunun yanı sıra AMG, durağan olmayan değişkenlerle de tahmin yapabilme gücüne sahip dirençli bir uzun dönem eşbütünleşme tahmincisidir. Ayrıca, iki aşamada tahmin edilebilen ortak dinamik etki parametresini modele dahil ederek yatay kesit bağımlılığını da dikkate almaktadır:

$$\Delta y_{it} = \alpha_i + \beta_i \Delta x_{it} + \gamma_i f_t + \sum_{t=2}^T \delta_i \Delta D_i + \varepsilon_{it}$$

$$\hat{\beta}_{AMG} = N^{-1} \sum_{i=1}^N \hat{\beta}_i$$

Yukarıdaki denklemlerde Δ birinci fark operatörünü, α_i sabit terimi y_{it} ve x_{it} gözlemlenebilen değişkenleri, β_i katsayıların ülkeye özgü tahmincilerini, f_t bağımlı değişken üzerinde heterojen etkiyi dikkate alan gözlemlenmemiş ortak faktörleri, ortak dinamik süreç olarak adlandırılan δ_i zaman kuklalarının katsayısını, ε_{it} hata terimini ve $\hat{\beta}_{AMG}$ ise ortalama grup tahmincisini göstermektedir.

AMG tahmincisi aynı zamanda değişkenler arasındaki uzun dönem ilişkiyi ortaya koymaktadır. Ana modelde gözlemlenemeyen ortak faktörleri gösteren ortak bir dinamik süreç içeren AMG tahmincisi, (Eberhardt & Bond, 2009) tarafından yapılan Monte Carlo simülasyonlarında panel verilerde durağan olmayan (I(1)) değişkenlerle tespit edilen ortalama karekök hataları ve yatay kesit bağımlılığı (çok faktörlü hata terimleri) varlığında güçlü sonuçlar ortaya koymuştur. Yani, AMG tahmincisi düzeyde ya da birinci derecede durağan değişkenlerle de doğru tahminler üretebilmektedir. Bir ekonometrik modelde AMG tahmincisi kullanılabilmesi için ön koşul olarak uygulanması gerekli olan iki test vardır. Bunlar, yatay kesit bağımlılığı ve homojenite testleridir (Destek &

Sarkodie, 2019; Hussain vd., 2020). Çalışmada değişkenlerin durağanlığının seviyesini görebilmek için birim kök testine ve buna ek olarak eşbütünleşme testine yer verilmiştir.

4.2.1.2.Yatay kesit bağımlılığı testi

AMG tahmincisinin kullanılabilmesi için ilk ön koşul birimler arasında yatay kesit bağımlılığının araştırılmasıdır. Yatay kesit bağımlılığının varlığı, panel veride yatay kesitleri oluşturan birimlerden birinde ortaya çıkan bir olumlu ya da olumsuz ekonomik şoktan diğerlerinin de etkilenebildiği anlamına gelmektedir. Küreselleşme ve uluslararası entegrasyonun artışıyla birlikte ülkelerin ekonomik şoklardan etkilenme seviyeleri birbirine yakınsamaktadır. Bu çalışmada da olduğu gibi özellikle OECD, G7, AB vb. belirli grup içerisinde yer alan ülkeler arasında yatay kesit bağımlılığının olması beklenmektedir.

Yatay kesit bağımlılığını dikkate almayan analizlerin sonuçları sapmalı, tutarsız ve yanıltıcı olabilmektedir (Breusch & Pagan, 1980). Yatay kesit bağımlılığının test edilebilmesi için birçok seçenek bulunmaktadır. Literatürde en yaygın kullanılan testler Breush-Pagan LM (1980) ve Pesaran CD (2004) testleridir. Breush-Pagan LM testinin denklemi aşağıda verilmiştir:

$$LM = T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N P_{ij}^2$$

Yukarıdaki denklemde T panelin zaman boyutunu, N yatay kesit boyutunu, P_{ij}^2 yatay kesit korelasyonlarının tahmini artıklarını temsil eder. Ancak Breush-Pagan LM testinin uygulanabilmesi için $T > N$ şartı olduğundan bu çalışma için uygun değildir. Sık kullanılan bir diğer test olan (Pesaran, 2004) ise $T=N$ ve $N > T$ durumunda da geçerli tahminler yapabilmektedir. Bu testin denklemi aşağıda yer almaktadır.

$$CD = \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)}} \left(\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{p}_{ij} \right)$$

(Pesaran, 2004) ortaya koyduğu testi daha güçlü hale getirerek 2015 yılında yeni bir yatay kesit bağımlılığı testi yayınlamıştır. Bu test eğim katsayılarının ve hata varyanslarının heterojenliğini dikkate alan (Pesaran M. H., 2015) testidir. Zayıf yatay kesit bağımlılığı testi adı verilen bu testin istatistiği birimler arası korelasyon katsayıları

toplamı üzerine oluşturulmuştur. Dengeli ve dengesiz panel için iki ayrı denklemi bulunan (Pesaran M. H., 2015) testinin dengeli panel denklemi aşağıda verilmiştir:

$$CD_{NT} = \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)}} \left(\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{p}_{ij} \right)$$

Dengesiz panel denklemi ise aşağıdaki gibidir:

$$CD_{NT} = \sqrt{\frac{2}{N(N-1)}} \left(\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \sqrt{T} \hat{p}_{ij} \right)$$

Zayıf yatay kesit bağımlılığını test eden (Pesaran M. H., 2015), $N > T$ durumunda da geçerli tahminler yapabilmekte, dengeli ve dengesiz panellere uygulanabilmekte ve statik ve dinamik paneller için doğru tahminler üretebilmektedir. Hataların simetrik olarak dağıldığı varsayıldığında testin standart bir normal dağılıma sahip olduğu görülmektedir (Pesaran M. H., 2015, s. 1114).

Yatay kesit bağımlılığı test hipotezleri aşağıdaki gibidir:

H_0 : Birimler arasında yatay kesit bağımlılığı yoktur.

H_1 : Birimler arasında yatay kesit bağımlılığı vardır.

Test sonucunda elde edilecek p olasılık değeri 0.05'ten büyük olduğunda %5 anlamlılık düzeyinde H_0 hipotezi kabul edilmekte ve yatay kesit bağımlılığının olmadığı; p olasılık değeri 0.05'ten küçük olduğunda ise %5 anlamlılık düzeyinde H_0 hipotezi reddedilmekte ve yatay kesit bağımlılığının olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

4.2.1.3. Homojenite testi

AMG tahmincisinin kullanılabilmesi için ikinci ön koşul eğim katsayılarının homojenliğinin test edilmesidir. Eğim katsayılarının homojenliğinin test edilmesi, bağımsız değişkenlerde meydana gelen bir değişimin bağımlı değişkene olan etkisinin birimler arasında farklılaşıp farklılaşmadığının test edilmesidir. Eğim katsayılarının homojen olması bağımsız değişkende meydana gelen değişim tüm birimler arasında aynı etkiyi gösterdiği; eğim katsayılarının heterojen olması ise meydana gelen değişimin etkisinin birimden birime farklılık gösterdiği anlamına gelmektedir. Panel veri analizlerinde kullanılan birçok yöntemde eğim katsayılarının homojen olduğu

varsayılmaktadır. Ancak özellikle yatay kesit boyutu ülkelerden oluşan panel verilerde eğim katsayılarının homojen olması oldukça düşük bir ihtimaldir.

Eğim katsayılarının homojenliğinin test edilmesi için literatürde en çok karşılaşılan test (Pesaran & Yagamata, 2008) testi olmuştur. “Δ testi” olarak da ifade edilen (Pesaran & Yagamata, 2008) homojenite testi, literatürdeki en eski testlerden olan (Swamy, 1970) homojenite testinden farklı olarak N>T durumunda da uygulanabilen bir testtir:

$$\tilde{\Delta} = \sqrt{N} \left(\frac{N^{-1}\tilde{S} - k}{\sqrt{2k}} \right)$$

$$\tilde{\Delta}_{adj} = \sqrt{N} \left(\frac{N^{-1}\tilde{S} - k}{\sqrt{\text{Var}(t, k)}} \right)$$

Yukarıda verilen denklemlerden “Δ testi” büyük örneklem için, “Δ_{adj}” testi ise küçük örneklem için geçerlidir. “N” yatay kesit sayısını, “S” Swamy test istatistiğini, “k” açıklayıcı değişken sayısını, “Var(t,k)” ise standart hatayı ifade etmektedir (Pesaran & Yagamata, 2008).

Daha güncel ve gelişmiş bir test olan (Blomquist & Westerlund, 2013) testi ise, (Pesaran & Yagamata, 2008) testinden farklı olarak heteroskedastisiteyi ve hataların seri korelasyonunu (otokorelasyonu) dikkate alarak daha güçlü sonuçlar elde etmektedir:

$$\tilde{\Delta}_{HAC} = \sqrt{N} \left(\frac{N^{-1}S_{HAC} - k}{\sqrt{2k}} \right)$$

Yukarıdaki denklemde diğerinden farklı olarak bulunan “HAC” heteroskedastisite ve otokorelasyonu ifade etmektedir.

Bu testlerde oluşturulan hipotezler aşağıdaki gibidir:

H_0 : Eğim katsayıları homojendir.

H_1 : Eğim katsayıları heterojendir.

Test sonucunda elde edilecek p olasılık değeri 0.05’ten büyük olduğunda %5 anlamlılık düzeyinde, H_0 hipotezi kabul edilmekte ve eğim katsayılarının homojen olduğu; p olasılık değeri 0.05’ten küçük olduğunda ise, %5 anlamlılık düzeyinde, H_0 hipotezi reddedilmekte ve eğim katsayılarının heterojen olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

4.2.1.4. Birim kök testi

Değişkenlerin durağan olup olmadığının belirlenebilmesi için birim kök testi yapılmaktadır. Tercih edilecek birim kök testi birimler arasında yatay kesit bağımlılığı olup olmamasına göre değişmektedir. Yatay kesit bağımlılığı varsa birinci nesil yoksa ikinci nesil birim kök testlerinden biri uygulanmalıdır.

(Pesaran, 2007), klasik ADF regresyonlarının gecikmeli yatay kesit ortalamalarıyla ve bireysel serilerin birinci farklarıyla genişletilmiş biçimini kullanan ikinci nesil bir panel birim kök testi geliştirmiştir. Bu testte öncelikle panelde yer alan birimlerin durağanlığını gösteren Yatay Kesit Genelleştirilmiş Dickey Fuller (CADF) regresyonu tahmin edilmektedir. Sonrasında ise CADF aritmetik ortalamaları kullanılarak panelin durağanlığını gösteren CIPS test istatistiği hesaplanmaktadır. Bu testin denklemi aşağıda yer almaktadır:

$$\Delta y_{i,t} = \alpha_i + b_i y_{i,t-1} + c_i \bar{y}_{t-1} + d_i \Delta \bar{y} + \varepsilon_{i,t}$$

$$CIPS = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N CADF_i$$

Elde edilen CIPS istatistikleri (Pesaran H. , 2007)'de yer alan kritik tablo değerleri ile karşılaştırılarak değişkenlerin durağan olup olmadığı anlaşılmaktadır.

Bu testin hipotezleri aşağıda verilmiştir:

H_0 : Birim kök vardır.

H_1 : Birim kök yoktur.

Test sonucunda elde edilecek p olasılık değeri 0.05'ten büyük olduğunda %5 anlamlılık düzeyinde, H_0 hipotezi kabul edilmekte ve birim kök olduğu; p olasılık değeri 0.05'ten küçük olduğunda ise, %5 anlamlılık düzeyinde, H_0 hipotezi reddedilmekte ve birim kök olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır.

4.2.1.5. Eşbütünleşme testi

Panel veri analizinde modelde yer alan değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin olup olmadığını test etmek için eşbütünleşme testleri yapılmaktadır. Eşbütünleşme testlerinden hangisinin tercih edileceği değişkenlerin durağan olup

olmamasına göre belirlenmektedir. Eğer değişkenler durağansa birinci nesil, durağan değilse ikinci nesil eşbütünleşme testleri kullanılmaktadır.

Literatürde en sık kullanılan ikinci nesil eşbütünleşme testleri (Westerlund, Testing for Error Correction in Panel Data, 2007) ve (Westerlund, 2008)'dir. Değişkenlerde birim kök tespit edilmesi durumunda kullanılan (Westerlund, 2008) eşbütünleşme testi yatay kesit bağımlılığı ve heterojenliği dikkate almaktadır. Bu test bağımlı değişkenin $I(1)$ olması koşuluyla açıklayıcı değişkenlerin farklı düzeylerde durağan olduğu durumda da kullanılabilir özelliğine sahiptir. Test Durbin-Hausman Grup (DH_g) ve Durbin-Hausman Panel (DH_p) olmak üzere iki farklı test istatistiği hesaplamaktadır. Panel heterojense DH_g istatistiği panel homojense DH_p istatistiği dikkate alınmalıdır. Testin denklemi aşağıda yer almaktadır:

$$DH_g = \sum_{i=1}^n \bar{S}_i (\tilde{\vartheta}_i - \bar{\vartheta}_i)^2 \sum_{t=2}^T \bar{e}_{it-1}$$

$$DH_p = \bar{S}_n = (\tilde{\vartheta}_i - \bar{\vartheta}_i)^2 \sum_{i=1}^n \sum_{t=2}^T \bar{e}_{it-1}$$

Bu testin hipotezleri aşağıdaki gibidir:

H_0 : Eşbütünleşme yoktur.

H_1 : Eşbütünleşme vardır.

Test sonucunda elde edilecek p olasılık değeri 0.05'ten büyük olduğunda %5 anlamlılık düzeyinde, H_0 hipotezi kabul edilmekte ve değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi olmadığı; p olasılık değeri 0.05'ten küçük olduğunda ise, %5 anlamlılık düzeyinde, H_0 hipotezi reddedilmekte ve değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

4.3. Model ve Veri Seti

Bu çalışmada hükümetlerin enerji alanında yaptıkları kamu Ar-Ge harcamalarının karbon emisyonları üzerindeki etkilerini görebilmek adına panel veri seti kullanılarak aşağıdaki model oluşturulmuştur:

$$\ln CO2_{it} = \alpha_0 + \beta_1 \ln EC_{it} + \beta_2 \ln GDP_{it} + \beta_3 \ln PERD_{it} + \beta_4 \ln ENTAX_{it} + \varepsilon_{it}$$

$$i = 1,2,3, \dots, N \text{ ve } t = 1,2,3, \dots, T$$

CO2: Karbondioksit emisyonunu,

EC: Enerji tüketimini,

GDP: Milli geliri,

PRDE: Enerji alanında kamu Ar-Ge harcamalarını,

ENTAX: Çevresel vergileri ifade etmektedir.

Çalışmada OECD ülkelerinin seçilmesinin nedeni OECD ülkelerinin çoğunun belirli bir seviyenin üzerinde gelişmişliğe sahip olmasıdır. Bundan dolayı milli gelirleri yüksek olan OECD ülkeleri Ar-Ge harcamaları da en yüksek olan ülkeler arasında yer almaktadır. OECD ülkelerinin Ar-Ge harcamalarının GSYH'leri içindeki payları dünya genelinde en yüksektir. Dolayısıyla bu ülkeler dünyada Ar-Ge faaliyetleri açısından lider konumundadır ve diğer ülkelere yön vermektedir.

Çalışmada enerji alanında kamu Ar-Ge harcamalarına ait veri kısıtı nedeniyle yalnızca IEA üyesi OECD ülkelerine yer verilmiştir. OECD üyesi 38 ülkeden 30'ı IEA üyesidir. Bu ülkeler Avustralya, Avusturya, Belçika, Kanada, Çekya, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, Macaristan, İrlanda, İtalya, Japonya, Güney Kore, Lüksemburg, Meksika, Hollanda, Yeni Zelanda, Norveç, Polonya, Portekiz, Slovakya, İspanya, İsveç, İsviçre, Türkiye, Birleşik Krallık ve ABD'dir. Kolombiya, Şili, Kosta Rika, İsrail, İzlanda, Letonya, Litvanya ve Slovenya ise OECD üyesi olmalarına rağmen henüz IEA üyesi değildir.

Çalışma kapsamı, bu alandaki verilerin ulaşılabilirliği dikkate alınarak 2000-2020 yılları olarak belirlenmiştir. Meksika, Finlandiya, İrlanda, Portekiz, Lüksemburg, Portekiz ve Yunanistan veri yetersizliği nedeniyle çalışmaya dahil edilmemiştir. Çalışmanın zaman boyutu (T) 21 yıldan, kesit boyutu (N) ise 23 ülkeden oluşmaktadır.

Bağımlı değişken karbondioksit (CO2) emisyonu; bağımsız değişkenler ise enerji tüketimi, milli gelir, çevre vergileri ve enerji alanında kamu Ar-Ge harcamaları olarak belirlenmiştir. CO2 emisyonunun değişmesinde etkili olduğu düşünülen bağımsız değişkenlerin seçiminde literatürde yer alan çalışmalardan yararlanılmıştır. Yapılan literatür incelemelerinde; emisyonların en büyük belirleyicisi olarak tespit edilen ekonomik büyüme göstergeleri olarak enerji tüketimi ve GSYH modelin temelini oluşturmaktadır.

Tablo 4.2 *Veri Seti ve Değişkenler*

Değişken Adı	Değişken Kodu	Değişken Tanımı	Değişken Birimi	Veri Kaynağı
CO2 Emisyonu	lnCO2	Kişi başı CO2 emisyonu	Milyon ton	OECD
Enerji Tüketimi	lnEC	Enerji tüketimi	Mtoe	BP Statistical Review of World Energy 2019
Gayri Safi Yurt İçi Hasıla	lnGDP	Kişi başı milli gelir	2015 sabit fiyatlarıyla US\$	Dünya Bankası – World Development Indicators
Kamu Enerji Ar-Ge Harcamaları	lnPRDE	Enerji Kamu Ar-Ge Harcamaları	Milyon dolar (2020 sabit fiyatlarıyla ve satın alma gücü paritesine göre US\$)	IEA
Çevresel Vergiler	ENTAX	Çevresel Vergiler	GSYH içindeki payı (%)	OECD

Tablo 4.2’de veri seti ve değişkenler yer almaktadır. Bağımlı değişken CO2 emisyonu milyon ton cinsinden ve kişi başı değeriyle OECD kaynağından, bağımsız değişkenlerden enerji tüketimi mtoe cinsinden BP kaynağından, milli gelir 2015 sabit fiyatlarıyla kişi başı değerleriyle Amerikan Doları cinsinden Dünya Bankası kaynağından, kamu enerji Ar-Ge harcamaları satın alma gücü paritesine göre ve 2020 fiyatlarına göre milyon dolar cinsinden IEA kaynağından, çevresel vergiler ise GSYH içindeki payı (yüzde) cinsinden OECD kaynağından alınmıştır.

Çalışmada yer alan değişkenlerin farklı ölçüm birimlerine sahip olması nedeniyle değişkenlerin logaritmaları alınarak modele dahil edilmiş ve veriler arasında standardizasyon sağlanmıştır. Değişkenlerin logaritmaları alınarak tahmin yapılması daha tutarlı sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır. Çalışmada yalnızca çevresel vergiler (entax) değişkeninin logaritması alınmamıştır. Bunun nedeni çevresel vergileri oluşturan verinin GSYİH içindeki pay cinsinden (oran olarak) hesaplanmış olmasıdır.

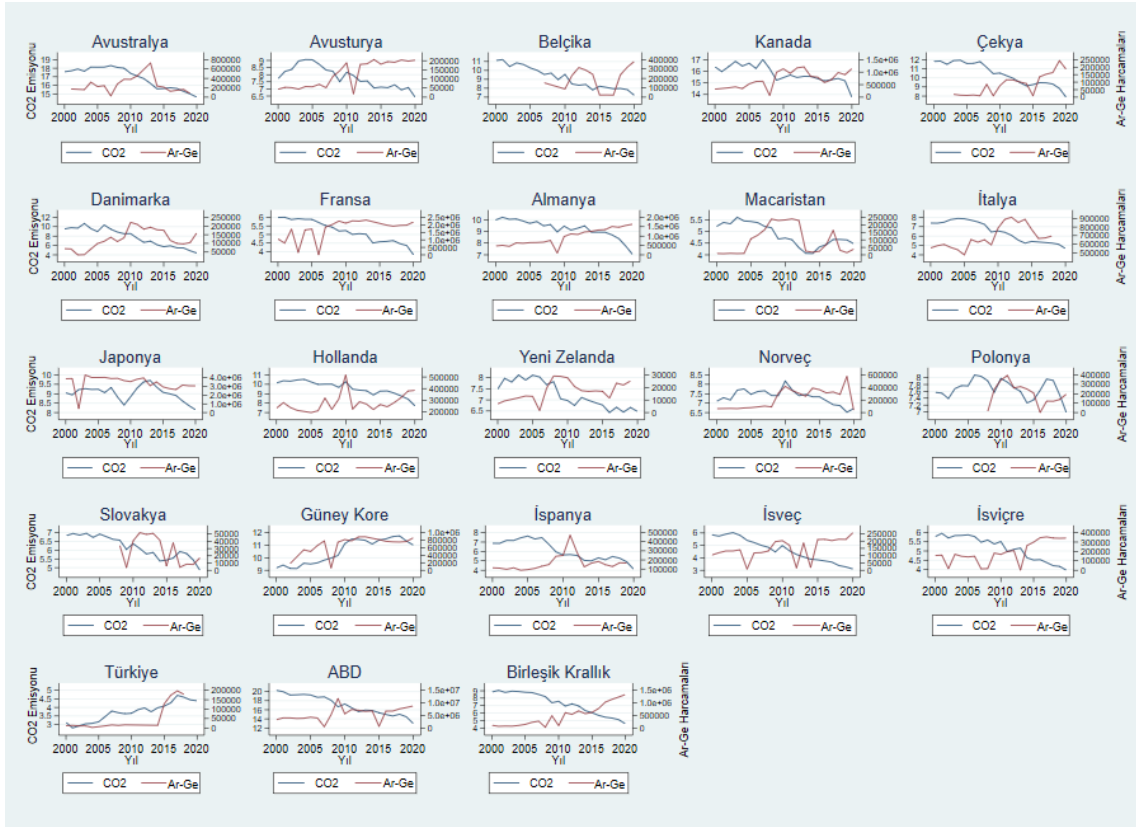
Çalışmadaki analizlerin uygulanmasında STATA 17 programından yararlanılmıştır.

Tablo 4.3 *Tanımlayıcı İstatistikler*

Değişken	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
CO2	5.164.646	1.085.982	2.643.137	5.892.213
EC	2.242.899	4.454.595	1.410.127	2.316.017
GDP	37480.15	18505.75	6076	88413
PRDE	768149.3	1463236	1194	1.17E+07
ENTAX	6.822.796	2.329.935	1.97	16.98

Tablo 4.3'te modeldeki bağımlı ve bağımsız değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler yer almaktadır. Modelin bağımlı değişkeni olan CO2 emisyonunun salınımının ortalaması 5.164.646, standart sapması 1.085.982, minimum değeri 2.643.137, maksimum değeri ise 5.892.213'tür. Bağımsız değişkenlerden ilki olan enerji tüketiminin ortalaması 2.242.899, standart sapması 4.454.595, minimum değeri 1.410.127, maksimum değeri ise 2.316.017'dir. İkinci bağımsız değişken olan GSYH'nin ortalaması 37480.15, standart sapması 18505.75, minimum değeri 6076, maksimum değeri ise 88413'tür. Bağımsız değişkenlerden üçüncüsü olan enerji alanında kamu Ar-Ge harcamalarının ortalaması 768149.3, standart sapması 1463236, minimum değeri 1194, maksimum değeri ise 1.17E+07'dir. Son bağımsız değişken olan çevre vergilerinin ise ortalaması 6.822.796, standart sapması 2.329.935, minimum değeri 1.97, maksimum değeri ise 16.98'dir. Tablo incelendiğinde modeli oluşturan değişkenlerin minimum ve maksimum değerleri arasındaki farkın yüksek olduğu görülmektedir. Bu nedenle değişkenler logaritmaları alınarak modele dahil edilmiştir.

Şekil 4.1 Ar-Ge Harcamaları ve CO2 Emisyonu Miktarlarındaki Değişim



Ekonometrik analize başlamadan önce bir izlenim edinmek amacıyla, kullanılan veri setinden yararlanılarak bir grafik oluşturulmuştur. Şekil 4.1’de ekonometrik analize dahil edilen ülkelerin 2000-2020 yılları arasındaki CO2 emisyon salınım ve Ar-Ge harcaması miktarları yer almaktadır. İki değişkene aynı grafikte ve iki farklı y ekseninde yer verilmesinin amacı aralarındaki ilişkiyi göstermektir. Grafikte görüldüğü üzere birçok ülkede emisyonlar ve Ar-Ge harcamaları ters yönlü hareket etmektedir. Türkiye ve Güney Kore hariç tüm ülkelerde emisyonların azalmakta olduğu görülmektedir. Ar-Ge harcamaları ise emisyonlara göre dalgalı bir seyir izlemekle beraber birçok ülkede 2020 yılında yapılan harcama miktarlarının 2000 yılına kıyasla daha fazla olduğu görülmektedir. Diğer bir ifadeyle, harcamalarda zaman zaman azalışlar gözlenmesine rağmen birçok ülkede genel trendin artış yönünde olduğu söylenebilmektedir. Bu durum emisyonlar ile Ar-Ge harcamaları arasında negatif bir ilişki olabileceği anlamına gelmektedir.

4.4.Bulgular

Bu başlık altında yatay kesit bağımlılığı, homojenite, birim kök ve eşbütünleşme testleri sonuçları ile AMG tahmincisi kullanılarak elde edilen analiz sonuçları yer almaktadır.

4.4.1. Yatay kesit bağımlılığı ve homojenite testi sonuçları

Bu çalışmada tahmin üretilmeden önce yatay kesit bağımlılığı ve homojenite testleri uygulanmıştır. Çünkü AMG tahmincisinin kullanılabilmesi için birimler arasında yatay kesit bağımlılığının varlığı ve eğim katsayılarının heterojen olması beklenmektedir.

Panel veri setini oluşturan birimler arasında bir yatay kesit bağımlılığının olup olmadığının araştırılması için (Pesaran M. H., 2004) CD testi ve (Pesaran M. H., 2015) CD_{NT} testleri tercih edilmiştir.

Tablo 4.4 (Pesaran,2004) ve (Pesaran, 2015) yatay kesit bağımlılığı test sonuçları

Değişken	CSD (2004)	p-değeri	CSD (2015)	p-değeri
lnCO2	34.74***	0.000	38.933***	0.000
lnEC	10.78***	0.000	10.915***	0.000
lnGDP	47.25***	0.000	56.583***	0.000
lnPRDE	14.86***	0.000	14.077***	0.000
ENTAX	20.76***	0.000	29.411***	0.000

*** %1 düzeyinde anlamlı olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.4'te (Pesaran, 2004) ve (Pesaran, 2015) yatay kesit bağımlılığı test sonuçlarına yer verilmiştir. (Pesaran, 2004) testi sonucunda lnCO2, lnEC, lnGDP ve lnPRDE ve ENTAX değişkenleri için elde edilen yatay kesit bağımlılığı istatistikleri sırasıyla 34.74, 10.78, 47.25, 14.86 ve 20.76; (Pesaran, 2015) testi sonucunda elde edilen istatistikler ise aynı sırayla 38.933, 10.915, 56.583, 14.077 ve 29.411 olmuştur. Her iki test sonucunda da birbirine yakın yatay kesit bağımlılığı istatistikleri elde edilmiştir. Ayrıca her iki test sonucunda da tüm değişkenler için $p < 0.01$ olduğundan H_0 hipotezi %1

anlamlılık düzeyinde reddedilmiş ve birimler arasında yatay kesit bağımlılığının olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yani modelde yer alan ülkelerden birinde ortaya çıkan bir ekonomik şok diğerlerini de etkilemektedir.

Eğim katsayılarının homojenliğini sınamak için ise (Pesaran & Yagamata, 2008) ve (Blomquist & Westerlund, 2013) testleri tercih edilmiştir.

Tablo 4.5 (Pesaran & Yagamata, 2008) ve (Blomquist & Westerlund, 2013) eğim katsayısı homojenite testi sonuçları

	Pesaran, Yagamata (2008)		Blomquist, Westerlund (2013)	
	Delta	P-değeri	Delta	P-değeri
$\hat{\Delta}$	14.583***	0.000	12.777***	0.000
$\hat{\Delta}_{adj}$	17.787***	0.000	15.584***	0.000

*** %1 düzeyinde anlamlı olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.5'te homojenite testi sonuçları yer almaktadır. Hem (Pesaran & Yagamata, 2008) hem (Blomquist & Westerlund, 2013) testlerinde elde edilen sonuçlarda $p < 0.01$ olduğundan H_0 hipotezi %1 anlamlılık düzeyinde reddedilmiş ve eğim katsayılarının heterojen olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yani, modelde yer alan bağımsız değişkenler olan enerji tüketimi, GSYH, kamu enerji Ar-Ge harcamaları ve çevresel vergilerin CO2 emisyonu üzerindeki etkisi ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir.

Elde edilen yatay kesit bağımlılığı ve homojenite test sonuçları AMG tahmincisi kullanabilmek için gerekli iki ön koşulun sağlandığı anlamına gelmektedir.

4.4.2. Birim kök testi sonuçları

Değişkenlerin durağan olup olmadığını görebilmek için birimler arasında yatay kesit bağımlılığı bulunması durumunda kullanılabilen ikinci nesil birim kök testlerinden (Pesaran, 2007) testinden faydalanılmıştır.

Tablo 4.6 (Pesaran, 2007) birim kök testi sonuçları

Değişkenler	CIPS			
	Düzy		1. Fark (Δ)	
	Sabit	Trend	Sabit	Trend
lnCO2	1.210	-0.455	-10.052***	-7.631***
lnEC	-1.669*	-2.004*	-13.080***	-10.506***
lnGDP	0.047	3.056	-6.027***	-4.046***
lnPRDE	-8.588***	-8.290***	-17.156***	-15.075***
ENTAX	-0.745	0.822	-9.289***	-6.250***

***, ** ve * katsayıların %1, %5 ve %10 düzeyinde anlamlı olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.6’da yer alan (Pesaran, 2007) birim kök testi sonuçlarına göre, modelde yer alan değişkenlerden lnEC ve lnPRDE değişkenlerinin düzeyde I(0) yani durağan oldukları; diğer değişkenler lnCO2 ve ENTAX’ın ise düzeyde durağan olmadıkları görülmektedir. Değişkenlerin birinci farkı alındığında ise H_0 hipotezi %1 anlamlılık seviyesinde reddedilmekte ve tümünün durağan olduğu görülmektedir.

4.4.3. Eşbütünleşme testi sonuçları

Modelde yer alan değişkenler arasında uzun dönemli bir eşbütünleşme ilişkisinin olup olmadığı ise yatay kesit bağımlılığı ve heterojenite bulunan modellerde kullanılabilen ikinci nesil eşbütünleşme testlerinden (Westerlund, 2008) ile sınanmıştır. Bu testin tercih edilmesindeki diğer bir neden ise değişkenlerin farklı düzeyde durağan olmasıdır.

Tablo 4.7 (Westerlund, 2008) eşbütünleşme testi sonuçları

	Test İstatistiği	P-değeri
DH_g	1.881	0.030**
DH_p	2.345	0.010***

***, ** ve * katsayıların %1, %5 ve %10 düzeyinde anlamlı olduğunu göstermektedir. Tablo kritik değerleri %1=2.333 %5=1.645 %10=1.28 şeklindedir.

Elde edilen sonuçlara göre iki test istatistiği de H_0 hipotezini reddetmekte ve değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi olduğu görülmektedir.

4.4.4. AMG tahmin sonuçları

AMG tahmincisi kullanılarak 2000-2020 yılları arasında 23 ülke için elde edilen sonuçlar Tablo 4.8’de yer almaktadır.

Tablo 4.8 AMG tahmin sonuçları

Bağımlı Değişken: $\ln CO_2$	
Değişkenler	AMG
$\ln EC$	0.678*** (5.44)
$\ln GDP$	0.258** (2.41)
$\ln PRDE$	-0.00334** (-2.33)
ENTAX	-0.0141** (-2.00)
_cons	-3.272*** (-5.86)

***, ** ve * katsayıların %1, %5 ve %10 düzeyinde anlamlı olduğunu göstermektedir.

Modelin bütünü için hesaplanan p değeri=0.000 olarak bulunmuş ve modelin bir bütün olarak anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Ağırlıklı ortalamaya göre hesaplanan AMG tahmin sonuçlarına göre çalışma kapsamındaki ülkelerde enerji tüketimi ile CO_2 emisyonu arasında pozitif ve istatistiksel olarak %1 düzeyinde anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir. Enerji tüketimindeki %1’lik bir artış CO_2 emisyonlarını %0.678 arttırmaktadır. Benzer şekilde kişi başı milli gelir ile kişi başı CO_2 emisyonları arasında pozitif ve istatistiksel olarak %5 düzeyinde anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir. Kişi başı milli gelirdeki %1’lik bir artış CO_2 emisyonlarını %0.258 arttırmaktadır. Bunun aksine enerji alanında yapılan kamu Ar-Ge harcamaları ile CO_2 emisyonları arasında negatif ve %5 düzeyinde anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir. Enerji alanında yapılan kamu Ar-Ge harcamalarındaki %1’lik bir artış CO_2 emisyonlarını %0.00334 azaltmaktadır. Buna benzer şekilde çevresel vergiler ile CO_2 emisyonları arasında negatif ve %5 düzeyinde

anlamalı bir ilişki tespit edilmiştir. Çevresel vergilerdeki %1’lik bir artış CO2 emisyonlarını %0.0141 azaltmaktadır.

Yapılan tahminde enerji tüketimi ve GSYH’nin emisyonları artırıcı etkisi olduğu sonuçlarına ulaşılmıştır. Çalışmanın önceki bölümlerinde ülkelerin her ne kadar son yıllarda çevre dostu enerji kaynaklarına verdikleri önem artmış olsa da fosil yakıtların hala birçok ülkede en çok kullanılan enerji kaynağı olduğu vurgulanmıştır. OECD genelinde fosil yakıtların toplam arz içindeki payı %79’dur. İzlanda, Norveç ve İsveç hariç tüm OECD ülkelerinde enerji arzında en büyük pay fosil yakıtlara aittir. Çalışma kapsamında yer alan ülkelerden yalnızca Avusturya, Danimarka, Norveç ve İsveç’te yenilenebilir enerji arzının toplam enerji arzı içindeki payı %30’un üzerindedir. 14 ülkede fosil yakıtların payı %70’in üzerinde yer almaktadır. Bu nedenle enerji tüketimi arttıkça emisyonlar artmaya devam etmektedir. Enerji arzında çoğunluk çevre dostu enerji kaynaklarına geçmedikçe de bu etkinin devam edeceği öngörülmektedir.

Elde edilen sonuçlara göre enerji tüketimine benzer şekilde ekonomik büyümedeki artış da emisyonları arttırmaktadır. Bunun en önemli sebebi ekonomi politikalarının tamamen çevresel endişeleri dikkate alarak dizayn edilmemesidir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde öncelikli hedef ekonomik büyüme olduğundan bu durum nispeten normal karşılanabilirken, gelişmiş ülkelerin de önemli bir kısmının hala çevreye gereken önemi vermedikleri görülmektedir.

Ar-Ge harcamalarıyla emisyonlar arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir negatif ilişki bulunmuştur. Ar-Ge harcamaları için elde edilen sonuçlarda katsayıların düşük olduğu dikkat çekmektedir. Bunun nedeni olarak ülkelerin enerji alanında Ar-Ge için yaptığı harcamaların milli gelirleri içindeki payının oldukça düşük olması görülmektedir.

Elden edilen sonuçlara göre çevresel vergilerin de emisyonları azaltıcı bir etkisi vardır. Emisyonlarla mücadele etmenin farklı bir yolu olan çevresel vergilerin ülkelerin vergi sistemleri içerisindeki payının artması bu mücadeleye önemli bir katkı sağlamaktadır.

SONUÇ

Enerji günümüzde sahip olduğu güçlü ekonomik ve sosyal etkileri nedeniyle hayati bir kaynak niteliğindedir. Enerji; ulaşım, iletişim, güvenlik, siyaset, sağlık, tarım, uluslararası ilişkiler gibi birçok konuyu etkilemektedir. Dolayısıyla hükümetler ekonomi ve savunma gibi en temel politikalarını bile diplomaside en etkili silah haline gelen enerji ekseninde belirlemektedir. Hükümetler ulusal enerji politikalarını ise enerji güvenliği, çevre güvenliği, enerji verimliliği, enerji fiyatları, dış ilişkiler, küreselleşme, serbest piyasa ve uluslararası kuruluşlar gibi birçok faktörü dikkate alarak ya da bu faktörlerden etkilenecek belirlemektedir.

Kamu enerji politikalarını etkileyen faktörlerden biri enerji fiyatlarında yaşanan dalgalanmalardır. Özellikle enerji fiyatlarında zaman zaman yaşanan ani yükselişler ülke ekonomilerini olumsuz etkilemekte, bu da enerji politikalarını gözden geçirmeye itmektedir. Bunun bir örneği petrol krizinin gerçekleştiği 1970’li yıllarda yaşanmıştır. Krizle birlikte yükselen petrol fiyatları birçok ülke ekonomisi üzerinde olumsuz etki yaratmış ve ülkeleri enerji tasarruflarını ve kaynak çeşitliliklerini arttırmaya yönlendirmiştir. Enerji politikaları dış politikayla da karşılıklı etkileşim halindedir. Ülkelerin dış politika stratejilerinde ve hamlelerinde enerji konusu her zaman masada olmaktadır. Özellikle enerjide dışa bağımlı ülkelerin dış politikaları çoğunlukla enerji politikaları ekseninde şekillenmektedir. Enerji politikaları sahip olduğu önem dolayısıyla birçok uluslararası kuruluş tarafından yönlendirilmekte ve küresel enerji güvenliğinin sağlanması amacıyla ortak bir yaklaşım oluşturulmaya çalışılmaktadır. Bu kuruluşların başında gelen IEA; enerji verimliliği, enerjiye erişim, hava kirliliği, sürdürülebilirlik, enerji teknolojileri gibi konularda ülkeler arasında bir iş birliği sağlamaya odaklanmaktadır.

”Enerjinin üretim, tüketim ve dağıtımının sürdürülebilirliğinin sağlanması amacıyla enerji arz, talep ve naklinin yeterli miktar ve kalitede makul maliyet ve fiyatlarla çevre dostu bir şekilde kesintisiz olarak sağlanması” olarak ifade edilen enerji güvenliği konusu arz, talep, nakil ve çevre güvenliği alt başlıklarına ayrılabilir. Bir toplumun enerjiye en az riskle ulaşılabilirliğini ifade eden enerji arzı güvenliği enerjide dışa bağımlı ülkeler tarafından oldukça ciddiye alınması gereken bir konudur. Enerji ihraç eden ülkeler ise ekonomik istikrarları açısından oldukça önemli olan enerji talep güvenliğini sağlamak

durumundadır. Enerjinin üretildiği bölgelerden tüketileceği bölgelere taşınmasını ifade eden nakil güvenliği ise NATO gibi üst düzey kuruluşlar öncülüğünde sağlanmaktadır.

1990'lar sonrasında dünyada enerji kaynaklı ekolojik bozulmaların maliyetleri ortaya çıkmaya başlamış ve enerji politikalarında çevre güvenliği konusu önem kazanmıştır. Enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi arz güvenliğinin sağlanmasında yeterli bir stratejiyken; ortaya çıkan çevresel endişeler yeni stratejiler gerektirmiştir. Çevre güvenliğinin sağlanmasında enerji verimliliğini artırma ve temiz enerji kullanma politikaları da önem kazanmıştır (Wonglimpiyarat, 2010). Değişen koşullarla birlikte ülkeler çevre güvenliğini sağlamak amacıyla bir araya gelerek Kyoto Protokolü, Paris Anlaşması gibi önemli ortak adımlar atmışlardır. Bu gibi adımlar ülkelerin emisyonları azaltma, temiz kaynaklara ve teknolojilere odaklanma ve enerji politikalarını değiştirme konusundaki kararlılıklarını gösterme açısından oldukça önemlidir. Çevresel endişelerle ülkeler enerji stratejilerini değiştirmeye başlamışlar ve bu değişimin enerji alanında politika yapımında rol alan aktörler, hedefler, araçlar, süreçler vb. tüm bileşenler üzerinde dikkate değer etkileri olmuştur (Prontera, 2009). Dolayısıyla modern enerji politikaları; enerji güvenliğinin sağlanması, enerjinin etkin ve verimli kullanılması, enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve çevrenin korunması amaçlarının gerçekleştirilmesine yönelik olarak tasarlanmaktadır.

Sahip olduğu dışsallıklar ve doğal tekel özelliği gibi nedenlerle enerji alanı rekabetçi piyasanın gerekliliklerini sağlayamamaktadır. Ayrıca sosyal ve ekonomik konular ve eşitlik ve güvenlikle ilgili problemler nedeniyle devletler enerjiyi tamamen piyasaya bırakamamakta ve düzenleyici politikalar uygulamaktadır. Enerji alanında müdahaleci konumunu devam ettiren devletler, kontrol edici, düzenleyici ve yönlendirici birçok araç kullanmaktadır (Bhattacharyya, 2011, s. 294). Bu araçlar düzenleyici politikalar, mali teşvikler ve özelleştirme olarak sınıflandırılabilir. Düzenleyici politikalar, sabit fiyat garantisi, prim garantisi, yenilenebilir portföy standardı, ihale yöntemleri, net ölçüm, emisyon ticaret sistemleri ve diğer regülasyonlar olarak; mali teşvikler, yatırım/üretim teşvikleri, Ar-Ge teşvikleri, atık yönetimi teşvikleri, enerji vergileri ve diğer mali teşvikler olarak alt başlıklara ayrılmaktadır.

Bu araçlardan konumuz açısından en çok önem arz edeni Ar-Ge teşvikleridir. Çünkü günümüz enerji politikalarının temel hedeflerinden biri emisyon salınımlarını azaltmaktır. Bu hedefi gerçekleştirmenin en etkin ve hızlı yolu ise enerji verimliliğini

arttırmaktır. Enerji verimliliğini arttırmak için gerekli cihazlar, makinalar ve araçlar yüksek teknoloji gerektirmektedir. İleri teknoloji gerektirdiğinden dolayı yüksek maliyetli olan bu cihazlara gerekli yatırımlar yapılamamakta ve pazar hacimleri sınırlı kalmaktadır. Dolayısıyla enerji verimliliğini arttıracak bu cihazların üretimini ve satışının destekleyerek kullanımını yaygınlaştırmak için mali teşviklere ihtiyaç duyulmaktadır (Markandya vd., 2009). Emisyonlarla mücadelede kullanılabilecek ikinci bir yol ise yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını yaygınlaştırmaktır. Yenilenebilir kaynakların üretimi de yüksek teknoloji gerektirdiğinden özellikle ilk yatırım maliyetleri oldukça yüksek olmaktadır. Çeşitli nedenlerle bu yatırımlara girmekten kaçınan özel sektörün cesaret kazanması adına sağlanacak mali teşvikler oldukça önemlidir. Enerji inovasyon kapasitesini yani enerji verimliliği ve enerji teknolojilerini geliştirmek isteyen ülkeler Ar-Ge faaliyetleri için özel mali teşvik programları hazırlamaktadır. Devletlerin bu doğrultuda kullandığı mekanizmalar genellikle; doğrudan Ar-Ge faaliyetlerinde bulunma, enerji alanında faaliyet gösteren firmalara kredi ve hibe aracılığıyla teşvik sağlama ya da vergisel teşviklerle dolaylı finansman sağlama şeklinde olabilmektedir. Bu kapsamda devlet kamu laboratuvarları ve üniversitelerde Ar-Ge faaliyetleri gerçekleştirmekte, yüksek sosyal getiriye sahip olduğunu düşündüğü belirli teknolojik projeler için firmalara destek vermekte ya da işletmelerin cari Ar-Ge harcamalarının tamamen silinmesi ve amortisman ödeneklerinin vergilendirilebilir gelirden düşülmesi gibi vergisel teşvikler sağlamaktadır (Guellec & van Pottelsberghe de la Potterie, The Impact of Public R&D Expenditure on Business R&D, 2000, s. 7-9). Geçmişte uygulanan Ar-Ge teşviklerine bakıldığında devletlerin daha çok fosil yakıt ya da nükleer enerji teknolojilerini geliştirmeye odaklandıkları görülmektedir. Enerji politikalarını değişmesiyle birlikte Ar-Ge teşvikleri ağırlıklı olarak yenilenebilir enerji teknolojilerine odaklanmıştır. Çünkü uygulanan Ar-Ge teşviklerinin sonuçları hedef alınan enerji kaynağına göre değişebilmektedir.

Enerji alanında yapılan Ar-Ge'nin en temel faydası, ilgili faaliyetler sonucunda yeni bilgilerin elde edilmesi, elde edilen bilgilerin yeni üretim teknikleri oluşturmada kullanılması ve yeni üretim tekniklerinin ise daha az enerji kullanımına yol açarak enerji verimliliğini arttırması olarak ifade edilebilir. Enerji verimliliğinin artması ise çevresel dışsallıklar ve ulusal güvenlik gibi birçok tehditin olası olumsuz etkilerini hafifletmektedir. Ar-Ge yalnızca enerjinin verimli kullanılması açısından değil,

yenilenebilir enerjide olduğu gibi yeni ya da mevcut enerji kaynaklarının tespiti, üretimi, dağıtımı ve tüketimi aşamalarında da benzer geliştirici etkilere sahip olmaktadır.

Çeşitli nedenlerle özel sektör enerji alanında Ar-Ge harcamaları yapmaktan kaçınmaktadır. Bu alandaki eksikliğin giderilebilmesi için kamu Ar-Ge'yi destekleyici politikalar izlemek durumundadır. Bu doğrultuda hükümetler piyasa yaratmaya ve talebi arttırmaya yönelik olarak Ar-Ge harcamaları yapmaktadır. Enerji alanında yapılan kamu Ar-Ge harcamalarının özel sektörü dışlamaması ve teşvik edici etkide bulunması için belirlenen destekler, finansmanlar ve teşvikler uzun vadeli ve sürekli olmalı ve izlenen diğer politikaları tamamlayıcı nitelikte olmalıdır. Enerji alanında kamunun Ar-Ge harcamalarını destekleyici politikalar izlemesinin birçok gerekçesi vardır. Bu gerekçeler sadece çevresel endişelerden oluşmamaktadır.

Devletlerin enerji alanında Ar-Ge harcamaları yapmasının gerekçelerinden biri de enerji güvenliğini sağlamaktır. Enerjide yeni teknolojilerin kullanımını yaygınlaştırarak dışa bağımlılığın azaltılması hedeflenmektedir. Fosil yakıtlara bağımlılığın ortaya çıkardığı enerji krizlerinin çözülmesi için enerji alanında teknolojik değişimlere ve inovasyonlara ağırlık verilmektedir (Wonglimpiyarat, 2010, s. 753).

Diğer bir neden de piyasa başarısızlığıdır. İnovasyonda piyasa başarısızlığı oluşturan başlıca faktörler bilginin kamusalılığı, dışsallıklar, belirsizlikler ve risklerdir (Tosunoğlu, 2016, s. 42). Bilginin yayılmasıyla yeni bilgi üretimi kolaylaşmaktadır. Ancak kamu desteğinin olmadığı bir piyasada özel sektör yayılmayı bir risk olarak görmekte ve Ar-Ge faaliyetlerine gereken yatırımları yapmamaktadır. Ar-Ge faaliyetlerine yapılan yatırımların az olması inovasyonu da yavaşlatmakta ve piyasa başarısızlığı ortaya çıkmaktadır. Ar-Ge yayımları, bilginin doğası gereği kamu malı olması nedeniyle enerji-etkin teknoloji inovasyonlarına yönelik yatırımların yetersiz olmasına yol açabilmektedir. Bireysel firmalar gösterdikleri inovasyon çabalarından doğan faydanın tümünü elde edememekte, faydayı kısmen diğer firmalarla ve tüketicilerle paylaşmak durumunda kalmaktadırlar (Gillingham vd., 2009, s. 18-19). Kamunun Ar-Ge desteği diğer sektörlerde olduğu gibi enerji sektöründe de karşılaşılan bilginin yayılma sorunu için bir çözüm niteliği taşımaktadır. Kamu Ar-Ge destekleri eğer teknolojinin ilk aşamaları ve daha yüksek riskli projelere yönelik olursa enerji alanında inovasyonun önündeki engelleri kaldırabilme gücüne sahip olmaktadır. Dolayısıyla enerji alanında kamu Ar-Ge harcamaları teknolojik gelişme için bir itici güçtür (Garrone &

Grilli, 2010, s. 5600-5601). Bir diğ er sorun da belirsizlikler ve risklerdir. İnovasyon belirli bir s ure te elde edilen birikimler sonucunda ger ekle ebilmekte, birikimleri elde etmek için de uzun s ureli bilimsel araştırmalar yapılması gerekmektedir. Bilimsel araştırmanın maliyeti, belirsizlikleri ve riskleri nedeniyle özel sektör bu alanda yatırım yapmaya genellikle sıcak bakmamaktadır. Ar-Ge faaliyetleri, uzun s urede sonuç alınabilen, sonuçlarını öngörmesi zor olan, başarısız sonuçlara açık, maliyetlerini tahmin etmesi zor ve yüksek riskli faaliyetlerdir. Özel sektör bu riskleri göze alarak yeterince Ar-Ge yatırımı yapmamaktadır.

Enerji alanında Ar-Ge'nin hızlanmasıyla birlikte akıllı şebeke ve ev aletlerinin yaygınlaşması, elektriğ in depolanması, biyoyakıtlarda verimliliğ in artması, alglerden yakıt üretimi, hidrojenin depolanması, kömüre bağlı endüstriyel s ure ler için alternatif kaynaklar bulunması gibi gelişmeler beklenmektedir. Küresel bazda enerji Ar-Ge harcamaları arasında yenilenebilir enerji (genellikle rüzgar, güneş, jeotermal ve biyokütle), yeşil binalar, yeşil Ar-Ge, akıllı şebeke (smart-grid), enerji verimliliğ i ve temiz teknoloji bulunmaktadır (Teke, 2013, s. 55-59).

Bu çalışmada da OECD  lkelerinde enerji alanında kamu tarafından yapılan Ar-Ge harcamalarının çevresel endişeleri gidermedeki etkinliğ i incelenmiştir. Çalışmanın konusu olarak OECD  lkelerinin seçilmesinin nedeni bu ülkelerin enerji sistemini dönüştürmede ve farklı enerji kaynaklarına yönelmede belirlediğ i stratejiler ve attığı adımlarla dünyaya öncülük etmeleridir. 2020 yılında dünyada toplam birincil enerji t k timinin %39'u OECD  lkelerinde gerçekleşiyor olmasına rağmen kişi başı enerji t k timi OECD  yesi olmayan ülkelerden    kat fazladır. OECD  lkeleri enerji t k timinde olduğu gibi enerji üretiminde de dünyada önemli bir yere sahiptir. 2020 yılında dünyada üretilen petrolün %30,8'i, doğal gazın %38,8'i, kömürün %18,8'i, yenilenebilir enerjinin %56,8'i, biyoyakıtların %56'sı ve elektriğ in %40,6'sı OECD  lkelerinde üretilmiştir. Ayrıca dünyadaki nükleer santrallerin %69,5'i OECD  lkelerinde bulunmaktadır. Özellikle global çapta emisyonları azaltma hedeflerinde kilit enerji kaynakları olan yenilenebilir enerji ve nükleer enerji üretim çok büyük bir kısmı OECD  lkeleri tarafından gerçekleştirilmektedir. Dolayısıyla OECD  lkeleri diğ er ülkelere kıyasla Ar-Ge'ye daha fazla kaynak ayırabilmekte ve bir değerlendirme yapabilmek olanağı sunmaktadır. Dünya'da yapılan Ar-Ge harcamaları değerlendirildiğ inde en yüksek harcama yapan ülke grubunun OECD  lkeleri olduğu, Ar-

Ge harcamalarının yarısından fazlasının OECD ülkeleri tarafından yapıldığı görülmektedir.

Dünya’da 2019 yılında enerji alanında yapılan kamu Ar-Ge harcamalarının yaklaşık 30 milyar dolar civarında olduğu tahmin edilmekte, bunun 21,7 milyar doları ise IEA üyesi OECD ülkeleri tarafından yapıldığı görülmektedir. Söz konusu ülkelerin harcamalarının 2021 yılında 23 milyar dolara yani 1980 yılındaki miktara ulaşacağı tahmin edilmektedir. Harcamaların %26’ı enerji verimliliğine, %23’ü nükleer enerjiye, %17’si diğer ortak teknoloji ve araştırmalara, %16’sı yenilenebilir enerji kaynaklarına, %7’si fosil yakıtlara, %7’si diğer güç ve depolamaya ve %4’ü ise hidrojen ve yakıt pillerine yönelik teknolojilere olmuştur. Çevresel endişelerden dolayı fosil yakıtlar ve güvenlik endişelerinden dolayı nükleer enerji dışındaki tüm alanlara yapılan harcamalarda önemli artışlar gözlenmiştir. Harcamaların fosil yakıt ve nükleer enerjiden enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji teknolojilerine kaydığı görülmektedir. Gelecekte önemli bir yere sahip olması beklenen hidrojen için de Ar-Ge harcamalarının artacağı tahmin edilmektedir.

Bu çalışmada 2000-2020 yılları arasında 23 OECD ülkesinde yapılan kamu enerji Ar-Ge harcamalarının CO2 emisyonlarına etkisi panel veri analizi yöntemiyle incelenmiş, AMG tahmincisi kullanılarak elde edilen sonuçlara göre kamu enerji Ar-Ge harcamalarıyla emisyonlar arasında uzun dönemli negatif bir ilişki tespit edilmiştir. Çalışmada kullanılan diğer değişkenler olan enerji tüketimi ve milli gelirdeki artışın emisyonları arttırdığı, çevresel vergilerdeki artışın ise emisyonları azalttığı sonuçlarına ulaşılmıştır.

Çalışmada elde edilen sonuçlara göre, önceki bölümlerde de detaylıca açıklandığı gibi teknolojik gelişmenin alternatif ve daha çevre dostu enerji kaynaklarına yönelmek için de anahtar niteliğinde olduğu görülmektedir. Dolayısıyla devlet tarafından enerji alanında yapılacak Ar-Ge harcamaları hem enerji hem de çevre güvenliğinin sağlandığı sürdürülebilir bir enerji güvenliği geleceği açısından oldukça önemlidir.

Dünyada hala enerji ihtiyacının çoğunu karşılayan fosil yakıtların sera gazı emisyonlarını arttırması nedeniyle ortaya çıkan çevresel tahribat ve iklim değişikliği sorunu küresel enerji güvenliğinin bir parçası haline gelmiştir. Dünyada enerji talebinin sürekli olarak artması kaçınılmazdır. Enerji tüketimi arttıkça karbondioksit

emisyonlarının da artmaya devam etmemesi için enerji verimliliğinin artırılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji tüketimi içerisindeki paylarının şimdikinden çok daha yüksek seviyelere çıkartılması şarttır. Dolayısıyla enerji politikası, iklim değişikliğinden bağımsız düşünülememektedir. Enerji politikaları çevre politikalarıyla birlikte ele alınmadığı sürece enerji güvenliğinin sağlanması ve sürdürülebilir bir enerji politikasının oluşması mümkün olmayacaktır.

Enerji kullanımının aynı şekilde devam etmesi ve enerji politikalarında daha köklü değişimler yapılmaması durumunda emisyon salınımı nedeniyle dünyada yaşanacak ortalama sıcaklık artışının yol açacağı sonuçlara çalışmanın ilk bölümünde yer verilmiştir. Fosil enerji kaynakların bulunmasından kullanılmasına kadar geçen süreçteki çıkarma, taşıma, işleme, üretim, dağıtım ve tüketim gibi tüm aşamalarında oluşan sera gazı salınımları ve aşırı su tüketimi hava kirliliğinin, dolayısıyla iklim değişikliğinin başlıca nedenleri arasında yer almaktadır. Hava kirliliği ve iklim değişikliği insanlığın sağlığını ve yaşam alanlarını tehdit etmektedir. Fosil kaynakların tüketimi sonucunda, yaşam süresinin kısalmasından yaşam kalitesinin azalmasına, denizlerin ısınmasından kuraklığa, eşitsizliklerin artmasından enerji yoksulluğu ve yoksunluğuna kadar birçok toplumsal maliyet ortaya çıkmaktadır.

İklim değişikliğine karşı savaşta en önemli silah olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ve sürdürülebilir enerji güvenliğinin sağlanması için teknoloji yatırımlarının artırılması gerekmektedir. Dolayısıyla daha güvenli bir dünya ve enerji geleceği için Ar-Ge yatırımlarının sürdürülmesi ve artırılması anahtar niteliğindedir. Dünyada bu noktaya doğru bir yönelim olduğu gözlenmesine rağmen yapılan harcamaların yeterli bir seviyede olmadığı ve incelenen ülkelerde enerji Ar-Ge harcamalarının bütçe içerisindeki paylarının oldukça düşük olduğu görülmektedir. Ar-Ge harcamalarının düşük miktarlarda olmasına rağmen emisyonları azaltıcı etkisi olduğu bu çalışmada ortaya konulmuştur.

Özellikle gelişmekte olan ülkelerin temel kaygısı olan ekonomik büyümeyi olumsuz etkilemeden çevreyi koruyabilmenin yolu Ar-Ge teknolojilerinin gelişmesi ve kullanımının yaygınlaşmasından geçmektedir. Çünkü enerji kaynaklı sera gazı emisyonlarının azaltılmasının yolu Ar-Ge aracılığıyla var olan sorunlara çözüm bulmaktan geçmektedir. Bunu sağlayacak kurum da devlettir. Devlet tüm bunların tek başına sağlayamasa da belirleyeceği politikalarla özel sektörün önünü açmalıdır. Bu

nedenle; enerji, Ar-Ge ve çevrenin bir arada düşünülmesinin gerekliliği ortadadır. Özellikle sürdürülebilir kalkınmanın sağlanabilmesi için çok önemli olan enerji teknolojilerine her ülkenin gereken ağırlığı vermesi gerektiği düşünülmektedir.

Ar-Ge harcamalarının çevresel olumlu dışsallıklarının yanı sıra enerji güvenliğinin sağlanmasına da katkısı bulunmaktadır. Son dönemde yaşanan Rusya-Ukrayna savaşı ile birlikte, enerjide ithalata bağımlılığı yüksek Avrupa ülkeleri ve ABD enerji güvenliği konusunu tekrar en öncelikli politikaları arasına almış ve bu konuda somut adımlar atmaya başlamıştır. Ükelere kendi teknolojilerini üretme imkanı sağlayan Ar-Ge faaliyetleri, teknolojik gelişmeyi hızlandırmakla birlikte daha farklı ve çevre dostu enerji kaynaklarına yönelmek için de anahtar niteliğindedir. Ayrıca özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılacak Ar-Ge yatırımlarını arttırmak ülkelerin enerji kaynaklarındaki çeşitliliğini arttırarak uzun vadede enerji bağımsızlıklarını sağlama yolunda oldukça kritik bir öneme sahiptir. Dolayısıyla devlet tarafından bu alanda yapılan Ar-Ge harcamaları sürdürülebilir bir enerji güvenliği geleceği açısından da oldukça önemli görülmektedir.

Kısaca, enerji alanında Ar-Ge harcamalarının artmasıyla inovatif faaliyetler, süreçler ve ürünler yaygınlaşmakta, bunun sonucunda ise enerji verimliliği artarken kaynak tüketimi azalmaktadır. Daha az kaynak tüketilerek aynı çıktı elde edilmesi ise enerji tüketimi kaynaklı emisyonları azaltmaktadır. Ayrıca, Ar-Ge harcamaları yenilenebilir enerji gibi alternatif enerji kaynakların gelişmesinde ve yaygınlaşmasında kilit bir rol oynamaktadır. Kamunun enerji alanında Ar-Ge için ayırdığı bütçe sera gazı emisyonlarının seviyesi için bir gösterge olmaktadır. Ar-Ge harcamaları inovasyonun ne kadar yayıldığını gösteren bir veridir. Küresel çapta üzerinde uzlaşma sağlanan karbon salınımlarını azaltma hedefine ulaşmak için atılması gereken en temel adımlardan birinin enerji teknolojilerindeki gelişimi hızlandırmak olduğu düşünülmektedir. Çünkü enerji teknolojilerindeki gelişimin karbon salınımı üzerinde azaltıcı bir etkisi olduğu bu çalışmada kanıtlanmıştır. Enerji güvenliği, çevre güvenliği ve enerji verimliliği sorunlarını çözmek isteyen devletler enerji alanında Ar-Ge harcaması yapmalıdır. Enerji teknolojilerinin gelişmesi için kamu enerji politikalarının bu doğrultuda dizayn edilmesi gerekmektedir. Devletlerin enerji politikalarında Ar-Ge harcamalarına daha çok yer vermesinin gerekliliği her açıdan ortadadır.

KAYNAKÇA

- Abolhosseini, S., & Heshmati, A. (2014). The Main Support Mechanisms to Finance Renewable Energy Development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*(40), 876-885. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.013> adresinden alındı
- Akbaş, M. E. (2019). Neoliberalizm, Küresel Enerji Sektörü ve Seçilmiş Ülkeler Bazında Elektrik Sektörü Özelleştirmeleri. *Social Sciences Research Journal*, 2(8), 21-43.
- Akçay, F. (2017, Ekim 27). Doktora Tezi. *Enerji Politikalarının Kamu Maliyesine Yansımaları: Karşılaştırmalı Bir Analiz*. Denizli, Türkiye: Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Akdağ, V., & Gözen, M. (2019). Yenilenebilir Enerji Projelerine Yönelik Güncel Yatırım ve Finansman Modelleri: Seçilmiş Ülke Örnekleri Üzerinden Bir Değerlendirme. *Izmir Democracy University Social Sciences Journal*, 2(2), 138-172.
- Akdağ, V., & Gözen, M. (2020). Yenilenebilir Enerji Projelerine Yönelik Güncel Yatırım ve Finansman Modelleri: Karşılaştırmalı Bir Değerlendirme. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 139-156.
- Alemdaroğlu, N. (2007). *Enerji Sektörünün Geleceği, Alternatif Enerji Kaynakları ve Türkiye'nin Önündeki Fırsatlar*. İstanbul: İstanbul Ticaret Odası.
- Allcott, H., & Greenstone, M. (2012). Is There an Energy Efficiency Gap? *Journal of Economic Perspectives*, 1(26), 3-28.
- Alodalı, M. B., Kocaoğlu, M., & Usta, S. (2020). Türkiye'de Enerji Politikaları ve Bölgesel İşbirliğinin Önemi. *Paradoks Ekonomi Sosyoloji ve Politika Dergisi*, 2(16), 189-202.
- Altun, T. (2018). Hanelerde Enerji Verimliliği: Davranışsal Müdahaleler ve Kamu Politikaları için Anahtar İlkeler. *Economics, Finance and Politics*, 13(22), 91-106.
- Alvarez-Herranz, A., Balsalobre-Lorente, D., Shahbaz, M., & Cantos, J. M. (2016). Energy Innovations-GHG Emissions Nexus: Fresh Empirical Evidence from OECD Countries. *Energy Policy*, 90-100.

- Alvarez-Herranz, A., Balsalobre-Lorente, D., Shahbaz, M., & Cantos, J. (2017). Energy innovation and renewable energy consumption in the correction of air pollution levels. *Energy Policy*(105), 386-397.
- Alzate-Arias, S., Jaramillo-Duque, Á., Villada, F., & Restrepo-Cuestas, B. (2018). Assessment of Government Incentives for Energy from Waste in Colombia. *Sustainability*, 4(10), 1-16. doi:<https://doi.org/10.3390/su10041294>
- Anderson, J. E. (1975). *Public Policy Making*. London: Thomas Nelson and Sons Limited.
- Ang, B. W., Choong, W. L., & Ng, T. S. (2015). Energy Security: Definitions, Dimensions and Indexes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*(42), 1077-1093.
- Arellano, M., & Bond, S. (1991). Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations. *Review of Economic Studies*(58), 277-297.
- Arellano, M., & Bover, O. (1995). Another Look at the Instrumental Variable Estimation of Error-Components Models. *Journal of Econometrics*(68), 29-51.
- Arı, A., & Özcan, B. (2011). İşçi Gelirleri ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Dinamik Panel Veri Analizi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*(38), 101-117.
- Aydınlı, F. K. (2013). Yüksek Lisans Tezi. *Supporting Renewable Energy: The Role of Incentive Mechanisms*. Ankara, Türkiye: Graduate School of Social Sciences of Middle East Technical University.
- Balsalobre, D., Álvarez, A., & Cantos, J. M. (2014). Public budgets for energy RD&D and the effects on energy intensity and pollution levels. *Environmental Science and Pollution Research*, 4881-4892.
- Baltagi, B. H. (2005). *Econometric Analysis of Panel Data*. Ontario, Canada: John Wiley & Sons Ltd.
- Bayraç, H. N., Çelikay, F., & Çıldır, M. (2018). *Küreselleşme Sürecinde Sürdürülebilir Enerji Politikaları*. Bursa: Ekin Yayınevi.

- Behdioğlu, S., & Çelik, F. (2016). R&D Expenditure and Emission: Artificial Neural Network Based Approach. *Sosyal Bilimler Dergisi*, 136-150.
- Bekar, N. (2020). Yenilenebilir Enerji Kaynakları Açısından Türkiye'nin Enerji Jeopolitiği. *Türkiye Siyaset Bilimi Dergisi*, 3(1), 37-54.
- Bhattacharyya, S. C. (2011). *Energy Economics, Concepts, Issues, Markets and Governance*. London: Springer-Verlag. doi:10.1007/978-0-85729-268-1
- Binboğa, G. (2014). Uluslararası Karbon Ticareti ve Türkiye. *Journal of Yasar University*, 34(9), 5732-5759.
- Birol, F. (2012). Dünya Enerji Görünümü. *TMMOB 8. Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı. 1*, s. 347-357. İstanbul: EMO Yayınevi.
- Blomquist, J., & Westerlund, J. (2013). Testing slope homogeneity in large panels with serial correlation. *Economics Letters*, 374-378. <https://doi.org/10.1016/j.econlet.2013.09.012> adresinden alındı
- Blundell, R., & Bond, S. (1998). Initial Conditions and Moment Restrictions in Dynamic Panel Data Models. *Journal of Econometrics*(87), 115-143.
- Bointner, R. (2014). Innovation in the energy sector: Lessons learnt from R&D expenditures and patents in selected IEA countries. *Energy Policy*(73), 733-747.
- Bond, S., & Eberhardt, M. (2013). Accounting for unobserved heterogeneity in panel time series models. *University of Oxford*, 1-11. <https://lezme.github.io/markuseberhardt/BEMC.pdf> adresinden alındı
- Bouchez, A. (2009). NATO'nun Enerji Güvenliği Yaklaşımı. *Enerji Güvenliğine Ortak Çözüm Arayışları* (s. 81-89). İstanbul: Türkiye Cumhuriyeti Genelkurmay Başkanlığı Harp Akademileri Komutanlığı Stratejik Araştırmalar Enstitüsü.
- BP. (2021). *Statistical Review of World Energy 2021*. London: Whitehouse Associates.
- Breusch, T. S., & Pagan, A. R. (1980). The Lagrange Multiplier Test and its Applications to Model Specification in Econometrics. *The Review of Economic Studies*, 47(1), 239-253.

- Cansın, Y., & Sohtaoğlu, N. H. (2009). OECD/IEA Ülkelerinin Ar-Ge Harcamalarındaki Eğilimler Kapsamında Yenilenebilir Enerji Teknolojilerindeki Gelişmelerin İncelenmesi. *V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, 30.
- Cantos, J. M., & Balsalobre Lorente, D. (2013). Incidencia del gasto público en I+D+i energético sobre la corrección medioambiental en España / Impact of Public R&D in Energy on Environmental Correction in Spain. *Estudios de Economía Aplicada*(31-1), 93-126.
- Cho, J. H., & Sohn, S. Y. (2018). A novel decomposition analysis of green patent applications for the evaluation of R&D efforts to reduce CO2 emissions from fossil fuel energy consumption. *Journal of Cleaner Production*, 290-299.
- Churchill, S. A., Inekwe, J., Smyth, R., & Zhang, X. (2019). R&D intensity and carbon emissions in the G7: 1870–2014. *Energy Economics*, 30-37.
- Çakmak, Z. (2011, Şubat 23). Bağımsız İdari Otorite Olarak Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu. *Doktora Tezi*. Ankara, Türkiye: T.C. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Çelikkaya, A. (2018). Dünyada Yenilenebilir Enerji Yatırımlarına Sağlanan Vergi Teşviklerinin Değerlendirilmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 20(1), 357-384.
- Çelikpala, M. (2014). Enerji Güvenliği: NATO'nun Yeni Tehdit Algısı. *Uluslararası İlişkiler*, 10(40), 75-99.
- Çepik, B. (2015, Haziran 19). Doktora Tezi. *Sürdürülebilir Kalkınma Çerçevesinde Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Politikaları*. İstanbul, Türkiye: Maltepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Çukurçayır, M. A., & Sağır, H. (2008). Enerji Sorunu, Çevre ve Alternatif Enerji Kaynakları. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*(20), 257-278.
- Dağ, C. (2017). *Enerji Alanında Mali Düzenlemelerin Rolü*. İstanbul: On İki Levha Yayıncılık A.Ş.
- Dahl, C. A. (2004). *International Energy Markets: Understanding Pricing, Policies, and Profits*. Oklahama: PennWell Publishing Compan.

- Deloitte. (2011). Rapor. *Yenilenebilirler İçin Yeni Hayat Yenilenebilir Enerji Politikaları Ve Beklentiler*. İstanbul, Türkiye: Enerji ve Doğal Kaynaklar Endüstrisi. Enerji ve Doğal Kaynaklar Endüstrisi: https://pvpaneller.weebly.com/uploads/7/1/2/8/7128467/yenilenebilir_enerji_politikalar_trkiye.pdf adresinden alındı
- Demirtaş, I. (2013). Enerji Teknolojileri Ar-Ge Politikaları: OECD Ülke Deneyimleri ve Türkiye Karşılaştırılması. *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, 8(2), 119-132.
- Deniz, T. (2014). Enerji Diplomasisi Açısından Siyasallaşan Mekan, Hazar: Statü ve Paylaşım Sorunu. *Türk Coğrafya Dergisi*(62), 29-38.
- Destek, M. A., & Sarkodie, S. A. (2019). Investigation of environmental Kuznets curve for ecological footprint: The role of energy and financial development. *Science of the Total Environment*, 2483-2489.
- Doğan, H., & Yılankırkan, N. (2015). Türkiye'nin Enerji Verimliliği Potansiyeli ve Projeksiyonu. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 1(3), 375-383.
- Doris, E., Busche, S., & Hockett, S. (2009). *Net Metering Policy Development and Distributed Solar Generation in Minnesota: Overview of Trends in Nationwide Policy Development and Implications of Increasing the Eligible System Size Cap*. United States: National Renewable Energy Lab. (NREL). <https://doi.org/10.2172/969897> adresinden alındı
- Dye, T. R. (2011). *Understanding Public Policy* (13. b.). New York: Longman.
- Eberhardt, M., & Bond, S. (2009). Cross-section dependence in nonstationary panel models: a novel estimator. *Munich Personal RePEc Archive*.
- Eberhardt, M., & Teal, F. (2011, February). Econometrics For Grumblers: A New Look At The Literature On Cross-Country Growth Empirics. *Journal of Economic Surveys*, 25(1), 109-155.
- Ediger, V. (2007). Enerji Arz Güvenliği ve Ulusal Güvenlik Arasındaki İlişki. *Enerji Arz Güvenliği* (s. 1-49). Ankara: Sarem Yayınları.
- Ediger, V. (2010). Enerji Güvenliği. *Enerji Güvenliği: Dünya ve Türkiye* (s. 40-53). İstanbul: İstanbul Kültür Üniversitesi.

- Ellis, J., & Peake, S. (1996). Renewable Energy Promotion in IEA Countries. *Renewable Energy*, 1-4(9), 1175-1178.
- Energypedia. (2021, Nisan 3). *Feed-in Premiums (FIP)*. Energypedia: [https://energypedia.info/wiki/Feed-in_Premiums_\(FIP\)](https://energypedia.info/wiki/Feed-in_Premiums_(FIP)) adresinden alındı
- Energypedia. (2021, Nisan 3). *Feed-in tariffs (FIT)*. Energypedia: [https://energypedia.info/wiki/Feed-in_Tariffs_\(FIT\)](https://energypedia.info/wiki/Feed-in_Tariffs_(FIT)) adresinden alındı
- Energypedia. (2021, Nisan 7). *Renewable Energy Tendering Schemes*. Energypedia: https://energypedia.info/wiki/Renewable_Energy_Tendering_Schemes adresinden alındı
- Erdal, L., & Karakaya, E. (2012). Enerji Arz Güvenliğini Etkileyen Ekonomik, Siyasi ve Coğrafi Faktörler. *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 31(1), 107-136.
- Erdoğan, S., Yıldırım, S., Yıldırım, D. Ç., & Gedikli, A. (2019). G20 Ülkelerinde İnnovasyon ve CO2 Emisyonu. *International Congress of Energy Economy and Security* (s. 193-202). İstanbul: Basım Pazıl Reklam, Danışmanlık, Matbaa ve Organizasyon.
- European Union. (2021, 02 03). *Energy Security*. European Commission Web sitesi: https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-security_en adresinden alındı
- Fernández, Y. F., López, M., & Blanco, B. (2017). Innovation for sustainability: The impact of R&D spending on CO2 emissions. *Journal of Cleaner Production*(172), 3459-3467. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.001> adresinden alındı
- Garrone, P., & Grilli, L. (2010). Is there a relationship between public expenditures in energy R&D and carbon emissions per GDP? An empirical investigation. *Energy Policy*, 38(10), 5600-5613. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.04.057> adresinden alındı
- GECEF. (2021, Şubat 15). *Gas Exporting Countries Forum*. Gas Exporting Countries Forum Web Sitesi: <https://www.gecef.org/about.aspx> adresinden alındı
- Gillingham, K., Newell, R. G., & Palmer, K. (2009). Energy Efficiency Economics and Policy. *Nber Working Paper No. 15031*, 1-38.

- Göze Kaya, D. (2020). OECD Ülkelerinde 2000 Sonrası Dönemde Enerji Kullanımı ve Enerji Vergisi Geliri. *Stratejik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 2(4), 165-179. doi:10.30692/sisad.732074
- Guellec, D., & van Pottelsberghe de la Potterie, B. (2000). The Impact of Public R&D Expenditure on Business R&D. *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*(2000/04). <https://doi.org/10.1787/18151965> adresinden alındı
- Guellec, D., & Van Pottelsberghe, B. (2000/04). The Impact of Public R&D Expenditure on Business R&D. *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, 1-26. <https://dx.doi.org/10.1787/670385851815> adresinden alındı
- Gujatari, D. (2016). *Örneklerle Ekonometri*. Ankara: BB101 Yayınları.
- Gündüz, İ. O. (2013). Bir Çevre Vergisi Olarak Enerji Vergisi: Fosil Yakıtların Vergilendirilmesi-I. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 22(2), 111- 126.
- Güriş, S., & Çağlayan Akay, E. (2018). *Ekonometri Temel Kavramlar*. İstanbul: Der Yayınları.
- Güvenek, B. (2009). Devletin Regülasyonlar Yoluyla Piyasalara Müdahalesi ve Türkiye Enerji Piyasaları. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 18(9), 45-62.
- Hirvonen, J., Kayo, G., Cao, S., Hasan, A., & Sirén, K. (2015). Renewable energy production support schemes for residential-scalesolar photovoltaic systems in Nordic conditions. *Energy Policy*(79), 72-86.
- Hsiao, C. (2014). *Analysis of Panel Data Third Edition*. Cambridge : Cambridge University Press.
- Hussain, J., Khan, A., & Zhou, K. (2020). The impact of natural resource depletion on energy use and CO2 emission in Belt & Road Initiative countries: A cross-country analysis. *Energy*, 199, 117409. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117409> adresinden alındı
- IEA. (2006). *Energy Policies of IEA Countries the United Kingdom 2006 Review*. Paris: International Energy Agency.
- IEA. (2015). *Energy Policies of IEA Countries: Canada 2015 Review*. Paris: IEA.

- IEA. (2016). *Energy Policies of IEA Countries France 2016 Review*. Paris: IEA.
- IEA. (2017). *Energy Policies of IEA Countries - Denmark 2017 Review*. Paris: IEA.
- IEA. (2017). *Energy Policies of IEA Countries: Norway 2017 Review*. Paris: IEA.
- IEA. (2018). *Energy Policies of IEA Countries: Australia 2018 Review*. Paris: IEA.
- IEA. (2018). *Energy Policies of IEA Countries: Finland 2018 Review*. Paris: IEA.
- IEA. (2018, Şubat 1). *Turkey Energy Reports*. IEA Data and Statistics: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser?country=TURKEY&fuel=Energy%20technology%20RD%26D%20budgets&indicator=RDDTechSplitUSD> adresinden alındı
- IEA. (2019). *Energy Policies of IEA Countries: Sweden 2019 Review*. İsveç: IEA.
- IEA. (2019). *Energy Policies of IEA Countries: United Kingdom 2019 Review*. Paris: IEA.
- IEA. (2019). *Energy Policies of IEA Countries: United States 2019 Review*. Paris: IEA.
- IEA. (2019). *Energy Policies of IEA Countries: United States 2019 Review*. Paris: IEA.
- IEA. (2020, Şubat 1). *Data and Statistics*. IEA: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser/?country=WORLD&fuel=Energy%20consumption&indicator=TFCbySource> adresinden alındı
- IEA. (2020). *Energy Technology Perspectives*. Paris: IEA.
- IEA. (2020). *Energy Technology RD&D Budgets*. Paris: IEA.
- IEA. (2020). *Germany 2020 - Energy Policy Review*. Paris: IEA.
- IEA. (2020, Şubat 1). *IEA*. IEA Energy Statistics: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-browser/?country=OECDTOT&fuel=Energy%20supply&indicator=TPESbySource> adresinden alındı
- IEA. (2020). *Nuclear Power*. Paris: IEA. <https://www.iea.org/reports/nuclear-power> adresinden alındı

- IEA. (2020). *The Netherlands 2020: Energy Policy Review*. Paris: IEA.
- IEA. (2021). *Energy Policy Review Turkey 2021*. Paris: IEA Publications.
- IEA. (2021). *Japan 2021: Energy Policy Review*. Paris: IEA.
- IEA. (2021, Mayıs 01). *Public energy RD&D in IEA countries*. Energy Technology RD&D Budgets: Overview: <https://www.iea.org/reports/energy-technology-rdd-budgets-overview/public-energy-rdd-in-iea-countries> adresinden alındı
- İlbaş, M. (2014). *Enerji-Politik Dünya ve Türkiye*. Ankara: Berikan Yayınevi.
- İncekara, A., Demez, S., & Akyol, M. (2014). Ar-Ge Harcamalarına Yapılan Teşviklerin Etkinliği: Türkiye Brics Ülkeleri Karşılaştırmalı Analizi. *İktisat Politikası Araştırmaları Dergisi*, 1(2), 1-30.
- International Atomic Energy Agency. (2021, Şubat 28). *History*. International Atomic Energy Agency Web Sitesi: <https://www.iaea.org/about/overview/history> adresinden alındı
- International Energy Agency. (2021, Şubat 28). *About*. International Energy Agency Web Sitesi: <https://www.iea.org/about> adresinden alındı
- International Energy Agency. (2021, 02 03). *Energy Security: Reliable, Affordable Access to All Fuels and Energy Sources*. IEA Web sitesi: <https://www.iea.org/topics/energy-security> adresinden alındı
- IPCC. (2018). *Global Warming of 1.5 °C*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Işık, N., & Kılınç, E. C. (2014). Ulaştırma Sektöründe CO2 Emisyonu ve Enerji Ar-Ge Harcamaları İlişkisi. *Sosyo Ekonomi*, 321-346.
- Jacobs, D. (2009). Framework Conditions and International Best Practices for Renewable Energy Support Mechanisms. *International Best Practices for the Legal and Regulatory Framework of Renewable Energy* (s. 1-22). Baku: Osce.
- Jevons, W. S. (1865). *The Coal Question*. Londra: Macmillan & Co.
- Jin, L., Duan, K., Shi, C., & Ju, X. (2017). The Impact of Technological Progress in the Energy Sector on Carbon Emissions: An Empirical Analysis from China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 1-14.

- Kahouli, B. (2018). The causality link between energy electricity consumption, CO2 emissions, R&D stocks and economic growth in Mediterranean countries (MCs). *Energy*, 388-399.
- Kaya, V., & Uğurlu, S. (2013). Ar-Ge Harcamaları ile İhracat Arasındaki İlişki: Türkiye Örneği, 1990-2011. *Ekev Akademi Dergisi*(57), 269-282.
- Kemmler, A., & Spreng, D. (2007). Energy indicators for tracking sustainability in developing countries. *Energy Policy*, 4(35), 2466-2480.
- Kethudaoğlu, F. (2018, 01 24). Doktora Tezi. *Araştırma - Geliştirme ve İktisadi Büyüme İlişkisi: OECD Örneği*. Kocaeli, Türkiye: T.C. Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı İktisat Bilim Dalı.
- Koçak, E., & Ulucak, Z. Ş. (2019). The effect of energy R&D expenditures on CO2 emission reduction: estimation of the STIRPAT model for OECD countries. *Environmental Science and Pollution Research*(26), 14328-14338.
- Koçak, E., Kınacı, H., & Shehzad, K. (2021). Environmental efficiency of disaggregated energy R&D expenditures in OECD: a bootstrap DEA approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 19381–19390. doi:<https://doi.org/10.1007/s11356-020-12132-w>
- Kruyt, B., van Vuuren, D. P., de Vries, H. J., & Groenenberg, H. (2009). Indicators for Energy Security. *Energy Policy*, 6(37), 2166-2181.
- Lantz, V., & Feng, Q. (2006). Assessing income, population, and technology impacts on CO2 emissions in Canada: Where's the EKC? *Ecological Economics*, 229-238.
- Lee, K.-H., & Min, B. (2015). Green R&D for eco-innovation and its impact on carbon emissions and firm performance. *Journal of Cleaner Production*, 534-542.
- Markandya, A., Ortiz, R. A., Mudgal, S., & Tinetti, B. (2009). Analysis of Tax Incentives for Energy-efficient Durables in the EU. *Energy Policy*, 12(37), 5662-5674. doi:10.1016/j.enpol.2009.08.031
- Mátyás, L., & Sevestre, P. (1992). *The Econometrics of Panel Data: A Handbook of the Theory and Applications*. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

- Mensah, C., Long, X., Boamah, K., Bediako, I. A., Dauda, L., & Salman, M. (2018). The effect of innovation on CO2 emissions of OCED countries from 1990 to 2014. *Environmental Science and Pollution Research*(25), 29678–29698.
- Mezher, T., Dawelbait, G., & Abbas, Z. (2012). Renewable energy policy options for Abu Dhabi: Drivers and barriers. *Energy Policy*(42), 315-328.
- NATO. (2021, 02 03). *Energy Security*. NATO Multimedia Library: <https://natolibguides.info/energysecurity> adresinden alındı
- OECD. (2020, Şubat 1). *Energy R&D Budgets*. OECD Data: https://stats.oecd.org/BrandedView.aspx?DataSetCode=RDD_REG_BUDGET# adresinden alındı
- OECD. (2020, Şubat 1). *Energy R&D Budgets*. OECD Data: https://stats.oecd.org/BrandedView.aspx?oecd_bv_id=enetech-data-en&doi=data-00488-en# adresinden alındı
- OECD. (2020, Şubat 1). *OECD Data*. Total Final Consumption: https://stats.oecd.org/viewhtml.aspx?datasetcode=WBIG_2020&lang=en adresinden alındı
- OECD. (2020, Şubat 1). *OECD Data*. Primary Energy Supply: https://stats.oecd.org/viewhtml.aspx?datasetcode=WBIG_2020&lang=en adresinden alındı
- OECD. (2020, Şubat 1). *OECD Data*. Net energy imports: <https://stats.oecd.org/viewhtml.aspx?datasetcode=WIND&lang=en> adresinden alındı
- OECD. (2020, Şubat 1). *OECD Data*. R&D Budgets: https://stats.oecd.org/BrandedView.aspx?DataSetCode=RDD_REG_BUDGET# adresinden alındı
- OECD. (2020, Şubat 1). *R&D Expenditures*. OECD Data: https://stats.oecd.org/BrandedView.aspx?oecd_bv_id=enetech-data-en&doi=be26ccf4-en# adresinden alındı

- OECD. (2020, Eylül 23). *SNRE - NATIONAL STRATEGY FOR ENERGY RESEARCH*. STIP COMPASS - INTERNATIONAL DATABASE ON STI POLICIES: <https://stip.oecd.org/stip/policy-initiatives/2019%2Fdata%2FpolicyInitiatives%2F15961> adresinden alındı
- OECD. (2021, Şubat 28). *About*. The Organisation for Economic Co-operation and Development Web Sitesi: <https://www.oecd.org/about/> adresinden alındı
- OECD. (2021, Ağustos 14). *OECD Main Science and Technology Indicators. R&D Highlights in the March 2021 Publication*. Paris: OECD Directorate for Science, Technology and Innovation. www.oecd.org/sti/msti2021.pdf adresinden alındı
- OPEC. (2020). *World Oil Outlook 2045*. Viyana: Organization of the Petroleum Exporting Countries.
- Osman, F. A. (2002). Public Policy Making: Theories And Their Implications In Developing Countries. *Asian Affairs*(24), 37-53.
- Özalp, M. (2018). Dünya Enerji Rekabetinde Oyun Değiştirici Olarak Kaya Gazının Rolü ve Türkiye'ye Olası Etkileri. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 7(4), 2926-2959.
- Özdemirli, B. (2014, Eylül 9). Yüksek Lisans Tezi. *Türkiye'de Elektrik Enerjisi Piyasasında Regülasyon Uygulamaları*. Kırıkkale, Türkiye: Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı.
- Pala, C. (2007). Rusya Federasyonu Enerji Politikası ve Enerji Güvenliğine Etkileri. *Enerji Arz Güvenliği* (s. 49-93). Ankara: Sarem Yayınları.
- Pamir, N. (2005). Enerji Politikaları ve Küresel Gelişmeler. *Stratejik Analiz*(Aralık), 68-74.
- Pamukçu, K. (2007). Küresel Emisyon Ticareti İçin Bir Model: Avrupa Birliği Emisyon Ticareti Programı. *İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, 37, 17-42.
- Paramati, S. R., Alam, M. S., Hammoudeh, S., & Hafeez, K. (2021, October). Long-run relationship between R&D investment and environmental sustainability: Evidence from the European Union member countries. *International Journal of*

- Finance & Economics*, 26(4), 5775-5792. <https://doi.org/10.1002/ijfe.2093> adresinden alındı
- Patterson, M. G. (1996). What is energy efficiency? *Energy Policy*, 5(24), 377-390.
- Pesaran, H. (2007). A Simple Panel Unit Root Test in the Presence of Cross Section Dependence. *Journal of Applied Econometrics*(22), 265-312.
- Pesaran, M. H. (2004). General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels. *Cambridge Working Papers in Economics*, No. 0435.
- Pesaran, M. H. (2007). A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. *Journal of Applied Econometrics*, 22, 265 – 312. <https://doi.org/10.1002/jae.951> adresinden alındı
- Pesaran, M. H. (2015). Testing Weak Cross-Sectional Dependence in Large Panels. *Econometric Reviews*, 34(6-10), 1089–1117. <https://doi.org/10.1080/07474938.2014.956623> adresinden alındı
- Pesaran, M. H., & Yagamata, T. (2008). Testing slope homogeneity in large panels. *Journal of Econometrics*, 50-93. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2007.05.010> adresinden alındı
- Pesaran, M. H., Ullah, A., & Yamagata, T. (2008). A Bias-Adjusted LM Test of Error Cross-Section Independence. *Econometrics Journal*, 105-127.
- Prontera, A. (2009). Energy Policy: Concepts, Actors, Instruments and Recent Developments. *World Political Science Review*, 1(5), 1-30.
- Rashid, M. H. (2016). *Electric Renewable Energy Systems*. Florida: Academic Press.
- REN21. (2020). *Renewables 2020 Global Status Report*. Paris: REN21 Secretariat.
- Rogers, M. (1998). The definition and measurement of innovation. *Melbourne Institute Working Paper*, 10(98), 1-27.
- Satman, A. (2007). *Türkiye’de Enerji ve Geleceği*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Schleich, J., Rogge, K., & Betz, R. (2009). Incentives for Energy Efficiency in the EU Emissions Trading Scheme. *Energy Efficiency*(2), 37-67. doi:10.1007/s12053-008-9029-3

- Schwarz, P. M. (2018). *Energy Economics*. New York: Routledge.
- Selvi, Ç. (2015, Temmuz 30). Doktora Tezi. *AB 2020 Stratejisi ve 2050 Vizyonu Bağlamında Belirlenen Yenilenebilir Enerji Hedeflerine Ulaşılabilirliğin Mali Açıdan Analiz Edilmesi*. İzmir, Türkiye: Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Avrupa Birliği Anabilim Dalı Avrupa Çalışmaları Programı.
- Sevim, C. (2012). Küresel Enerji Jeopolitiği ve Enerji Güvenliği. *Journal of Yaşar University*, 4378-4391.
- Shahbaz, M., Nasir, M. A., & Roubaud, D. (2018). Environmental Degradation in France The Effects of FDI, Financial Development, and Energy Innovations. *Energy Economics*(74), 843-857.
- Shao, X., Zhong, Y., Li, Y., & Altuntaş, M. (2021). Does environmental and renewable energy R&D help to achieve carbon neutrality target? A case of the US economy. *Journal of Environmental Management*, 1-10.
- Shove, E. (2018). What is wrong with energy efficiency? *Building Research & Information*, 7(46), 779-789. doi:10.1080/09613218.2017.1361746
- SNRE. (2016). *Stratégie Nationale de la Recherche Énergétique (National Energy Research Strategy)*. Paris: Ministry for Energy and Environment and Ministry for Higher Education, Research and Innovation.
- Swamy, P. V. (1970). Efficient Inference in a Random Coefficient Regression Model. *Econometrica*, 311-323.
- Şimşek, N. (2011). Türkiye'nin Çevresel Enerji Etkinliği ve Toplam Faktör Verimliliği: Karşılaştırmalı Bir Analiz. *Ege Akademik Bakış*, 11(3), 379-396.
- Şöhret, M. (2014). Enerji Güvenliğinin Ekonomi Politikası ve Uluslararası Çatışmalara Etkisi. *Uluslararası Enerji ve Güvenlik Kongresi* (s. 528-572). Kocaeli: Kocaeli Üniversitesi.
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2021, Haziran 26). *Birimler*. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Web Sitesi: <https://enerji.gov.tr/merkeziteskilatlar> adresinden alındı

- Tang, A., Chiara, N., & Taylor, J. E. (2012). Financing renewable energy infrastructure: Formulation, pricing and impact of a carbon revenue bond. *Energy Policy*(45), 691-703. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.03.022> adresinden alındı
- Teke, O. (2013). Dünya'da ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji AR-GE Stratejilerinin Değerlendirilmesi. *Mühendis ve Makina*, 54(640), 54-62.
- TMMOB. (2019). Enerji, Ekoloji ve Toplumsal Barış. *TMMOB 12. Enerji Sempozyumu* (s. 1-3). Diyarbakır: EMO.
- Tosunoğlu, Ş. (2016). *Kamu İnovasyon Destekleri: Türkiye'de İnovasyon Odaklı Kamu Politikaları*. Eskişehir: Nisan Kitabevi.
- Tuğrul, A. B. (2017). Enerji Güvenliği ve Ulusal Güvenlik İlişkisi. Z. E. Ünsal, & I. Simonovski içinde, *Devlet Doğasının Değişimi: Güvenliğin Sınırları (Changing in State Nature: Boundaries of Security)* (s. 583-593). İstanbul: Tasam Yayınları.
- Türkeş, M. (2002). *İklim Değişikliği ve Sürdürülebilir Kalkınma Ulusal Değerlendirme Raporu*. Ankara: Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı.
- U.S. Energy Information Administration. (2021, 1 15). *What is energy?* EIA: <https://www.eia.gov/energyexplained/what-is-energy/> adresinden alındı
- Uğur, S. (2014). Sera Gazı Emisyonlarının Azaltımında Karbon-Enerji Vergilerinin Rolü. *FSM İlmî Araştırmalar İnsan ve Toplum Bilimleri Dergisi*, 0(3), 341-358. <https://doi.org/10.16947/fsmiad.58262> adresinden alındı
- Uğurlu, Ö. (2009). *Çevresel Güvenlik ve Türkiye'de Enerji Politikaları*. İstanbul: Örgün Yayınevi.
- Ulusaler, K. (2012). Küresel Enerji Politikaları ve Türkiye. *TMMOB 8. Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı*. 1, s. 49-74. İstanbul: EMO Yayın.
- Wenwen, L., Wang, W., Wang, Y., & Qin, Y. (2017). Industrial structure, technological progress and CO2 emissions in China: Analysis based on the STIRPAT framework. *Natural Hazards: Journal of the International Society for the Prevention and Mitigation of Natural Hazards*, 1545-1564.
- Westerlund, J. (2007). Testing for Error Correction in Panel Data. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*(69), 709-748.

- Westerlund, J. (2008). Panel cointegration tests of the Fisher effect. *Journal of Applied Econometrics*(23), 193-233. doi:<https://doi.org/10.1002/jae.967>
- Wonglimpiyarat, J. (2010). Technological change of the energy innovation system: From oil-based to bio-based energy. *Applied Energy*(87), 749-755.
- World Energy Council. (2020). *World Energy Trilemma Index*. London: World Energy Council 2020.
- World Energy Council. (2021, Şubat 28). *About Us*. World Energy Council Web Sitesi: <https://www.worldenergy.org/about-us> adresinden alındı
- Yergin, D. (2006). Ensuring Energy Security. *Foreign Affairs*(85), 69-82.
- Yurdadoğ, V., & Tosunoğlu, Ş. (2017). Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Destek Politikaları. *Eurasian Business & Economics Journal*(9), 1-21.
- Zeren, F., & Ergun, S. (2010). AB'ye Doğrudan Yabancı Yatırım Girişlerini Belirleyen Faktörler: Dinamik Panel Veri Analizi. *Business and Economics Research Journal*, 67-83.
- Zerenler, M., Türker, N., & Şahin, E. (2007). Küresel Teknoloji, Araştırma-Geliştirme (Ar-Ge) ve Yenilik İlişkisi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*(17), 653-667.
- Zhang, Y.-J., Peng, Y.-L., Ma, C.-Q., & Shen, B. (2017). Can environmental innovation facilitate carbon emissions reduction? Evidence from China. *Energy Policy*, 18-28.
- Zhou, Z., Ye, X., & Ge, X. (2017). The Impacts of Technical Progress on Sulfur Dioxide Kuznets Curve in China: A Spatial Panel Data Approach. *Sustainability*, 1-27.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Bora Azamet KORKMAZ

Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim ve Mesleki Geçmişi

Lisans : 2019, Anadolu Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi,
Maliye Bölümü

Mesleki Geçmiş : 2020-Devam Ediyor, Anadolu Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler
Fakültesi Maliye Bölümü, Araştırma Görevlisi