

T.C.
KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TÜRKİYE’DE YENİLENEBİLİR ENERJİNİN ENERJİ
ARZ GÜVENLİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ**

ÖZNUR YÜCAL

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Raif CERGİBOZAN

2024

T.C.

KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ

Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü

İktisat Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Öznur YÜCAL'ın "Türkiye'de Yenilenebilir Enerjinin Enerji Arz Güvenliği Üzerine Etkisi" başlıklı tezi 19/04/2024 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek, Kırklareli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun .../.../20... tarih ve ../.. sayılı kararı ile kabul edilmiştir.

Doç Dr. İskender Gümüş
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürü

Bu tezi okuyarak içerik ve nitelik açısından incelediğimi ve Yüksek Lisans/Doktora derecesi almak için yeterli olduğunu onaylıyorum.

Prof. Dr. Raif CERGİBOZAN
Tez Danışmanı

Bu tezi okuyarak içerik ve nitelik açısından incelediğimizi ve Yüksek Lisans derecesi almak için yeterli olduğunu onaylıyoruz.

Unvan ve İsim	Bağlı Olduğu Kurum	İmza
1. Prof. Dr. Raif CERGİBOZAN	Kırklareli Üniversitesi	
2. Doç. Dr. Yunus ÖZCAN	İstanbul Ticaret Üniversitesi	
3. Dr. Öğr. Üyesi Emre AKUSTA	Kırklareli Üniversitesi	

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde bizzat elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada özgün olmayan tüm kaynaklara eksiksiz atıf yapıldığını, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ediyorum.

Öznur YÜCAL

ÖZ

TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİNİN ENERJİ ARZ GÜVENLİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ

Yücal, Öznur

Yüksek Lisans, İktisat

Tez Yöneticisi: Prof. Dr. Raif Cergiboza

MAYIS, 2024

Enerji kavramı dünya genelinde ekonomik kalkınma ve büyümenin temelini oluşturmaktadır. Enerjide dışa bağımlılık durumu özellikle enerji ihtiyacının sürekli olarak arttığı Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerin enerji arz güvenliği riskini arttırmaktadır. Fosil kaynakların yenilenemez olması ve çoğunlukla sorunlu coğrafyalarda bulunmasının yanı sıra çevreye verdiği zararlar göz önünde bulundurulduğunda enerji arz güvenliğinin sağlanması ve enerjide dışa bağımlılığın azaltılması amacıyla yenilenebilir enerji kaynakları önem kazanmıştır.

Çalışmanın amacı, Türkiye'nin 1985-2018 dönemi içerisinde enerji güvenliği risk endeksi, finansal gelişmeler, sanayi üretim endeksi, kentsel nüfus artışı, yenilenebilir enerji, dışa açıklık, hidroelektrik ve hidroelektrik harici enerji kaynakları değişkenleri arasındaki kısa ve uzun dönem dinamik ilişkileri analiz etmektir. Çalışmada yenilenebilir enerji, hidroelektrik ve hidroelektrik olmayan yenilenebilir enerji kaynakları değişkenleri için 3 farklı model incelenmektedir. Oluşturulan modellerde değişkenlerin 1985-2018 dönemi için ADF ve PP Birim Kök Testleri ile durağanlıkları analiz edildikten sonra ARDL Eşbütünleşme Analizi kullanılmaktadır. Çalışmada verilen değişkenler arasında uzun dönem ilişki bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre sanayi üretim endeksi, kentsel nüfus artışı ve finansal gelişmeler enerji güvenliği risk endeksini pozitif yönde etkileyerek enerji güvenliğini azaltırken, dışa açıklık, hidroelektrik ve hidroelektrik harici yenilenebilir enerji kaynakları enerji güvenliği risk endeksini negatif yönde etkileyerek enerji güvenliğini artırmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Enerji Arz Güvenliği, Enerji Kaynakları, Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Enerji Arz Güvenliği Politikaları

ABSTRACT

THE IMPACT OF RENEWABLE ENERGY ON ENERGY SUPPLY SECURITY IN TURKEY

Yücal, Öznur

Master of Arts, Economy

Thesis Advisor: Prof. Dr. Raif Cergiboza

MAY, 2024

The energy concept is creating the base of the economic development and growing at worldwide. The energy dependence to the external sources is increasing the risk of the energy supply of the developing countries like Turkey. Considering the fact that fossil resources are non-renewable and mostly located in problematic geographies, as well as the damage they cause to the environment, renewable energy sources have gained importance in order to ensure energy supply security and reduce foreign dependency in energy.

The aim of the study is to examine the short and long-term dynamics between Turkey's energy security risk index, financial developments, industrial production index, urban population growth, renewable energy, openness, hydroelectric and non-hydroelectric energy resources variables In the period 1985-2018 is to analyze relationships. In the study, three different models are examined for the variables of renewable energy, hydroelectric and non-hydroelectric renewable energy sources. In the models created, ARDL Cointegration Analysis is used after analyzing the stationarity of the variables with ADF and PP Unit Root Tests for the period 1985-2018. It was concluded that there was a long-term relationship between the variables given in the study. According to the results obtained from the study, industrial production index, urban population growth and financial developments reduce energy security by positively affecting the energy security risk index, while openness to foreign trade, hydroelectricity and non-hydroelectric renewable energy sources increase energy security by negatively affecting the energy security risk index.

Key Words: Energy Supply Security, Energy Resources, Renewable Energy Resources, Energy Supply Security Policies

ÖNSÖZ

Öncelikle tez çalışmam boyunca bana güvenen bilgi ve tecrübelerini esirgmeden yol gösteren tezimin her aşamasında yanımda olan değerli tez danışmanım Prof. Dr. Raif CERGİBOZAN'a görüş ve önerileriyle tezimin son halini almasına katkı sağlayan Dr. Öğr. Üyesi Emre AKUSTA'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tüm bu süreçte yanımda olan her zaman başaracağıma inanan ve beni destekleyen aileme teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

BEYAN.....	iii
ÖZ.....	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ.....	vi
KISALTMALAR	x
TABLolar	xiv
ŞEKİLLER	xvi
GİRİŞ	1

1.BÖLÜM

ENERJİ ARZ GÜVENLİĞİ

1.1. Enerji Arz Güvenliğinin Tanımı.....	7
1.1.1. Elde Edilebilirlik.....	8
1.1.2. Ulaşılabilirlik	9
1.1.3. Kullanılabilirlik.....	10
1.1.4. Sürdürülebilirlik.....	10
1.2.Enerji Arz Güvenliğini Etkileyen Temel Parametreler	11
1.2.1. Ekonomik Nedenler	12
1.2.1.1. Fiyat	12
1.2.1.2. Enerjinin İkame Edilebilirliği ve Talep Esnekliği	13
1.2.1.3. Enerji Tüketim Düzeyi ve İthalat Bağımlılığı.....	14
1.2.1.4. Yasal Düzenlemeler	16
1.2.1.5. İş birliği ve Anlaşmalar	17
1.2.2. Siyasi Nedenler	18
1.2.2.1. Siyasi İstikrarsızlık.....	19
1.2.2.2. Ambargo.....	20
1.2.2.3. Terörizm.....	21
1.2.3. Coğrafi Nedenler.....	22
1.2.3.1. Uzaklık	22
1.2.3.2. Konum ve Güzergâh	23
1.2.3.3. Jeopolitik.....	24
1.2.3.4. Çevre ve İklim Değişikliği	24

2. BÖLÜM

ENERJİ KAYNAKLARI

2.1. Birincil Enerji Kaynakları	26
2.1.1. Yenilenemez Enerji Kaynakları.....	27
2.1.1.1. Kömür	28
2.1.1.2. Petrol	31
2.1.1.3. Doğal Gaz.....	34
2.1.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	35
2.1.2.1. Rüzgâr	37
2.1.2.2. Güneş	40
2.1.2.3. Jeotermal	41
2.1.2.4. Biyokütle	42
2.1.2.5. Hidroelektrik	44
2.1.3. Nükleer Enerji.....	45
2.2. İkincil Enerji Kaynakları	48

3. BÖLÜM

TÜRKİYE’DE MEVCUT ENERJİ KAYNAKLARI VE ENERJİ POLİTİKALARI

3.1. Türkiye’nin Enerji Görünümü ve Yenilenebilir Enerjinin Rolü	50
3.1.1. Fosil Yakıtlar	52
3.1.1.1. Kömür	53
3.1.1.2. Petrol	55
3.1.1.3. Doğal Gaz.....	58
3.1.2. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları	60
3.1.2.1. Rüzgâr Enerjisi.....	61
3.1.2.2. Güneş Enerjisi	63
3.1.2.3. Jeotermal Enerji	65
3.1.2.4. Biyokütle Enerjisi	67
3.1.2.5. Hidroelektrik Enerjisi.....	70
3.1.3. Türkiye’de Nükleer Enerji	72
3.2. Türkiye Enerji Politikaları	73

4. BÖLÜM

EKONOMETRİK ANALİZ

4.1. Enerji Arz Güvenliği Üzerine Yapılmış Ampirik Çalışmalar	77
---	----

4.2. Durağanlık (Birim Kök) Testleri	89
4.2.1. Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) Birim Kök Testi.....	89
4.2.2. Phillips - Perron (PP) Birim Kök Testi.....	91
4.3. Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif Model: ARDL Sınır Testi.....	92
4.4. Ekonometrik Model ve Veri Analizi	93
4.4.1. Birim Kök Test Sonuçları	96
4.4.2. ARDL Sınır Testi Sonuçları	97
SONUÇ.....	103
KAYNAKÇA	107



KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ADF	: Artırılmış Dickey-Fuller Birim Kök Testi
AESPI	: Toplulaştırılmış Enerji Güvenliği Performans Analizi
AHP	: Analitik Hiyerarşı Prosesi
ANS	: Akkuyu Nükleer Santrali
ARDL	: Autoregressive Distributed Lag (Gecikmesi Dağıtılmış Otoresif Model)
AR-GE	: Araştırma ve Geliştirme
BAE	: Birleşik Arap Emirlikleri
BOTAŞ	: Boru Hatları ile Petrol Taşıma Anonim Şirketi
BP	: British Petroleum (İngiliz Petrol Şirketi)
BWR	: Boiling Water Reactor (Kaynar Su Reaktörü)
CIS	: Commonwealth of Independent States (Bağımsız Devletler Topluluğu)
CH₄	: Metan
CO₂	: Karbondioksit
COP26	: 26. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Taraflar Konferansı
DKE	: Doğal gaz Kırılğanlık Endeksi
EJ	: Exajoule
İİGM	: Enerji İşleri Genel Müdürlüğu

ETF	: Exchange Traded Fund (Borsa Yatırım Fonu)
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
EÜAŞ	: Elektrik Üretim- İletim Anonim Şirketi
GES	: Güneş Enerji Sistemleri
GRA	: Grey Relation Analysis (Gri İlişkisel Analiz Yöntemi)
GSMH	: Gayri Safi Milli Hasıla
GSYH	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
GWEC	: Global Wind Energy Council
HDI	: İnsani Gelişim Endeksi
HES	: Hidroelektrik Santrali
H₂S	: Hidrojen Sülfür
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
JES	: Jeotermal Enerji Santralleri
KBET	: Kişi Başına Enerji Tüketimi
KBNEK	: Kişi Başına Nükleer Enerji Kullanımı
KKE	: Kömür Kırılgenlik Endeksi
kWh	: Kilowatt Saat
KWES	: Key World Energy Statics (Temel Dünya Enerji İstatistikleri)
LNG	: Sıvılaştırılmış Doğalgaz
LPG	: Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
MAPEG	: Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü
MOSES	: Kısa Vadede Enerji Arzının Ölçülmesi
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
MTEP	: Milyon Ton Eşdeğeri Petrol

Mt	: Milyon Ton
MW	: Megawatt
MWe	: Megawatt Elektrik
MWt	: Megawatt Isı
NDK	: Nükleer Düzenleme Kurulu
NH₃	: Amonyak
OAPEC	: The Organization of Arab Petroleum Exporting Countries (Petrol İhraç Eden Arap Ülkeler Teşkilatı)
OECD	: Organisation for Economic Co-operation and Development (İktisadi İş birliği ve Kalkınma Örgütü)
OPEC	: The Organization of the Petroleum Exporting Countries (Petrol İhraç Eden Ülkeler Teşkilatı)
PCA	: Principal Component Analysis (Temel Bileşenler Analizi)
PP	: Phillips-Perron Birim Kök Testi
RES	: Rüzgâr Enerji Santrali
PHWR	: Pressurized Heavy Water Reactor (Ağır Basıncılı Su Reaktörü)
PKE	: Petrol Kırılganlık Endeksi
PWR	: Pressurized Water Reactor (Basıncılı Su Reaktörü)
TAEK	: Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
TEP	: Ton Eşdeğeri Petrol
TKİ	: Türkiye Kömür İşletmeleri
TTK	: Türkiye Taşkömürü Kurumu

TOPSIS	: Technique For Order Preference By Similarity To An Ideal Solution (Çoklu Karar Verme Yöntemi)
TPAO	: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
TPES	: Total Primary Energy Supply (Toplam Birincil Enerji Arzı)
TSKB	: Türkiye Sınai Kalkınma Bankası
UNDP	: United Nations Development Programme (Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı)
WCED	: World Commission on Environment and Development (Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu)
YEK	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları

TABLÖLAR

Tablo 1: Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması.....	4
Tablo 2: Dünya Kömür Rezervinin Bölgelere Göre Dağılımı ve Kalan Süreleri (2020 Sonu) /Mt	30
Tablo 3: On Yıllar İtibariyle Dünyada Kanıtlanmış Petrol Rezervi (milyar varil).....	32
Tablo 4: 2021 Yılı Bölgelere Göre Petrol Üretimi ve Tüketimi (Binlerce varil/gün).....	33
Tablo 5: 2021 Yılı Ülkelere Göre Rüzgâr Enerjisi Kurulu Gücü	39
Tablo 6: Biyokütle Enerjisinin Yakıt Çevrimleri	43
Tablo 7: Dünyada 2020 Yılı Nükleer Enerji Santrali Kurulucu Gücü (İlk On Ülke).....	46
Tablo 8: 2020- 2021 Nükleer Enerjinin Elektrik Üretimindeki Payı (TWh)	47
Tablo 9: Türkiye’deki Taşkömürü Rezervleri 2022 (ton).....	53
Tablo 10: Türkiye’de Sektörler İtibariyle Taşkömürü Tüketimi	54
Tablo 11: Türkiye Taşkömürü Üretim, Tüketim ve İthalat Dengesi (Bin ton)	55
Tablo 12: 2020 Yılı Sonu İtibariyle Türkiye Ham Petrol Rezervleri.....	56
Tablo 13: Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kurulu Gücü (MW).....	60
Tablo 14: Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Dayalı Elektrik Üretimi (GWh)	61
Tablo 15: Hidroelektrik Santralleri Kurulu Güç ve Proje Kapasiteleri.....	71
Tablo 16: Türkiye Nükleer Enerji Santralleri Profili	72
Tablo 17: Enerji Arz Güvenliği Kapsamında Yapılan Uluslararası Ampirik Çalışmalar	82
Tablo 18: Değişkenlere Ait Açıklamalar	93
Tablo 19: Betimsel istatistikler	95
Tablo 20: Birim Kök Test Sonuçları (Sabitli).....	96
Tablo 21: Birim Kök Test Sonuçları (Sabitli ve trendli).....	96
Tablo 22: Çalışmada kullanılacak modeller.....	97

Tablo 23: ARDL Sınır Testi Sonuçları	98
Tablo 24: Kısa ve Uzun Dönem Analiz Sonuçları.....	99



ŞEKİLLER

Şekil 1: Küresel Enerji Tüketimi ve Enerji Kaynaklarının Küresel Dağılımı	15
Şekil 2: Küresel Enerji Talebi Gerçek ve Tahmin Edilen (% Yıllık Değişim).....	16
Şekil 3: 2021 Yılı CO ₂ Emisyon Yüzdesi.....	27
Şekil 4: 2020 Yılı Bölgelere Göre Fosil Yakıt Üretimi	28
Şekil 5: 2020 Yılı İtibariyle Kanıtlanmış Kömür Rezervinin Bölgesel Dağılımı	29
Şekil 6: Dünya Toplam Kömür Üretimi ve Tüketimi (2015-2021).....	30
Şekil 7: 2020 Yılı İtibariyle Kanıtlanmış Doğalgaz Rezervinin Bölgesel...	34
Şekil 8: 2015-2021 Yılı Kurulu Rüzgâr Türbünü Kapasitesi (Gigawatt).....	38
Şekil 9: 2015-2021 Dünya PV Kurulu Güç Kapasitesi (GW).....	40
Şekil 10: 2015-2021 Dünya Jeotermal Kurulu Güç Kapasitesi (MW).....	41
Şekil 11: 2015-2021 Yılları Arasında Dünya Biyoyakıt Üretim/ Tüketim Verileri	44
Şekil 12: 2021 Yılı Bölgelere Göre Elektrik Üretiminde Hidroelektrik Enerjisinin Payı (TWh)	45
Şekil 13: 2021 Yılı Bölgelere Göre Elektrik Üretiminde Kullanılan Enerji	49
Şekil 14: 2020 Yılı Türkiye Birincil Arzı İçerisinde Kaynakların Dağılımı	51
Şekil 15: Türkiye’de Birincil Enerji Tüketimi 2011-2021 (EJ).....	51
Şekil 16: Türkiye’de 2021 yılı Kaynaklara Göre Birincil Enerji Tüketimi (EJ).....	52
Şekil 17: Türkiye Kömür Kaynak Dağılımı (Milyar ton).....	54
Şekil 18: 2021 Yılı Türkiye’nin İthal Ettiği Petrolün Kaynak Ülkelere Göre Dağılımı	57

Şekil 19: Türkiye'nin Petrol Tüketimi ve Yurt İçi Üretimi (2012-2021)....	58
Şekil 20: 2021 Yılı Türkiye'nin İthal Ettiği Doğal Gazın Kaynak Ülkelere Göre Dağılımı.....	59
Şekil 21: Türkiye'nin Doğal Gaz Arzı ve Yurt İçi Üretim Oranları (2012-2021)	59
Şekil 22: Türkiye'nin Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli	62
Şekil 23: Rüzgâr Enerjisine Dayalı Kurulu Güç (MW).....	62
Şekil 24: Rüzgâr Enerjisinin Toplam Kurulu Güç İçerisindeki Oranı	63
Şekil 25: Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli	64
Şekil 26: Güneş Enerjisinin Toplam Kurulu Güç İçerisindeki Oranı.....	65
Şekil 27: Türkiye'nin jeotermal kaynak alanları ve sıcaklık dağılımları.....	66
Şekil 28: Jeotermal enerji kaynaklı kurulu güç (MW)	67
Şekil 29: Türkiye'de İllere Göre Biyokütle Potansiyel Dağılımı	68
Şekil 30: Biyokütle enerji kaynaklı kurulu güç (MW)	68
Şekil 31: Biyokütle Enerjisinin Toplam Kurulu Güç İçerisindeki Oranı	69
Şekil 32: Türkiye'nin Hidroelektrik Enerjisine Dayalı Kurulu Gücü (MW)	70
Şekil 33: Türkiye'de Hidroelektrik Enerjisinin Toplam Kurulu Güç İçerisindeki Oranı.....	71
Şekil 34: 1990- 2020 Yılları Arası Türkiye Enerji Talebinin Dışa Bağımlılık Oranı.....	74
Şekil 35: Cusum ve Cusum Square Test Sonuçları	101

GİRİŞ

Enerji kavramı dünya genelinde ekonomik kalkınma ve büyümenin temelini oluşturmaktadır. Gelişmiş ülkeler ve gelişmekte olan ülkeler kıyaslandığında gelişmekte olan ülkelerin enerji ihtiyacının daha hızlı şekilde arttığı görülmektedir. Diğer taraftan sosyal gelişmişliğinde en önemli etkenlerinden biri olan enerjinin rezervlerinin sınırlı olması özellikle enerji ihtiyacının sürekli olarak arttığı Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerin enerji arz güvenliği riskini arttırmaktadır. Bu bağlamda enerjide dışa bağımlılığı ve enerji arz güvenliği riskini azaltmak amacıyla düzenlenen enerji politikaları ile mevcut enerji kaynaklarının verimli kullanılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelerek dışa bağımlılığın azaltılması gerektiği görülmektedir.

Enerji ihtiyacının hızla arttığı günümüzde oluşan talebin karşılanmasında fosil kaynakların kullanımının azaltılarak daha yerli ve çevre dostu alternatiflere yönelmek gerekmektedir. Fosil kaynakların aksine yenilenebilir enerji kaynakları dünya üzerinde eşit dağıtılmış olmasından dolayı elde edilebilirliği, ulaşılabilirliği ve sürdürülebilirliği kolaydır. Ayrıca son yıllarda önemi artan küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi çevre sorunlarını azaltarak enerji arz güvenliğinin artmasına olanak sağlamaktadır.

Yapılan çalışmada Türkiye'nin 1985-2018 dönemi içerisinde enerji güvenliği risk endeksi, finansal gelişmeler, sanayi üretim endeksi, kentsel nüfus artışı, yenilenebilir enerji, dışa açıklık, hidroelektrik ve hidroelektrik harici yenilenebilir enerji kaynakları değişkenleri arasındaki kısa ve uzun dönem dinamik ilişkileri analiz edilmektedir.

Çalışmanın birinci bölümünde enerji arz güvenliğinin 4 ana unsuru olan elde edilebilirlik, ulaşılabilirlik, kullanılabilirlik ve sürdürülebilirlik kavramları açıklanarak enerji arz güvenliğinin geniş tanımı yapılmaktadır. Enerji arz güvenliğini etkileyen ekonomik, siyasi, coğrafi ve çevresel faktörlere yer verilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde fosil kaynaklarının (kömür, petrol, doğal gaz), yenilenebilir enerji kaynaklarının (rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, hidroelektrik) ve son olarak nükleer enerjinin yeryüzündeki enerji potansiyeli, üretim, tüketim miktarları ve bu kaynakların enerji üretimindeki payları incelenmiştir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde ikinci bölümde yer alan enerji kaynaklarının Türkiye'deki mevcut durumu ve Türkiye'nin enerji politikaları ele alınmıştır.

Çalışmanın son bölümünde ise öncelikle dünyada ve Türkiye'de enerji arz güvenliği üzerine yapılan ampirik çalışmalara yer verilmiştir. Çalışmada kullanılan sanayi üretim endeksi, finansal gelişmeler, yenilenebilir enerji kaynakları, dışa açıklık, hidroelektrik ve hidroelektrik harici enerji kaynakları değişkenlerinin enerji güvenliği ile ilişkisi açıklanmaktadır. Son olarak 1985-2018 dönemini kapsayan yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji arz güvenliği üzerindeki etkilerini inceleyen ekonometrik model ve veri analizleri yer almaktadır.

Ekonometrik zaman serisi analizlerinden elde edilen bulgular ile yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji güvenliği üzerine etkisi sonuç kısmında açıklanmaktadır.

1.BÖLÜM

ENERJİ ARZ GÜVENLİĞİ

Enerji kavramı, tarihsel perspektiften bakıldığında çağlar boyunca insan hayatını etkilemiş ve etkilemeye devam eden önemli bir faktördür. Enerji ihtiyacının gün geçtikçe artması ile birlikte enerji kaynaklarına duyulan ihtiyaç da doğru orantılı artmaktadır. Günlük hayatımızda ısınmadan barınmaya, sanayiden sağlığa, üretimden tüketime birçok alanda kullanılıyor olması enerji güvenliğinin yeni bir sorun değil aksine insanoğlunun varoluşundan beri takip edilmesi gereken geleneksel bir sorun olduğunu göstermektedir.

Enerji ihtiyacı ülkelerin gelişmişlik seviyelerine, nüfusun yaşam standartlarına ve coğrafi koşullarına göre değişiklik göstermektedir. Kullanım miktarı ve gelişmişlik seviyesi yükseldikçe enerji ihtiyacı ve buna bağlı olarak enerjiye bağımlılık seviyesi artmaktadır.

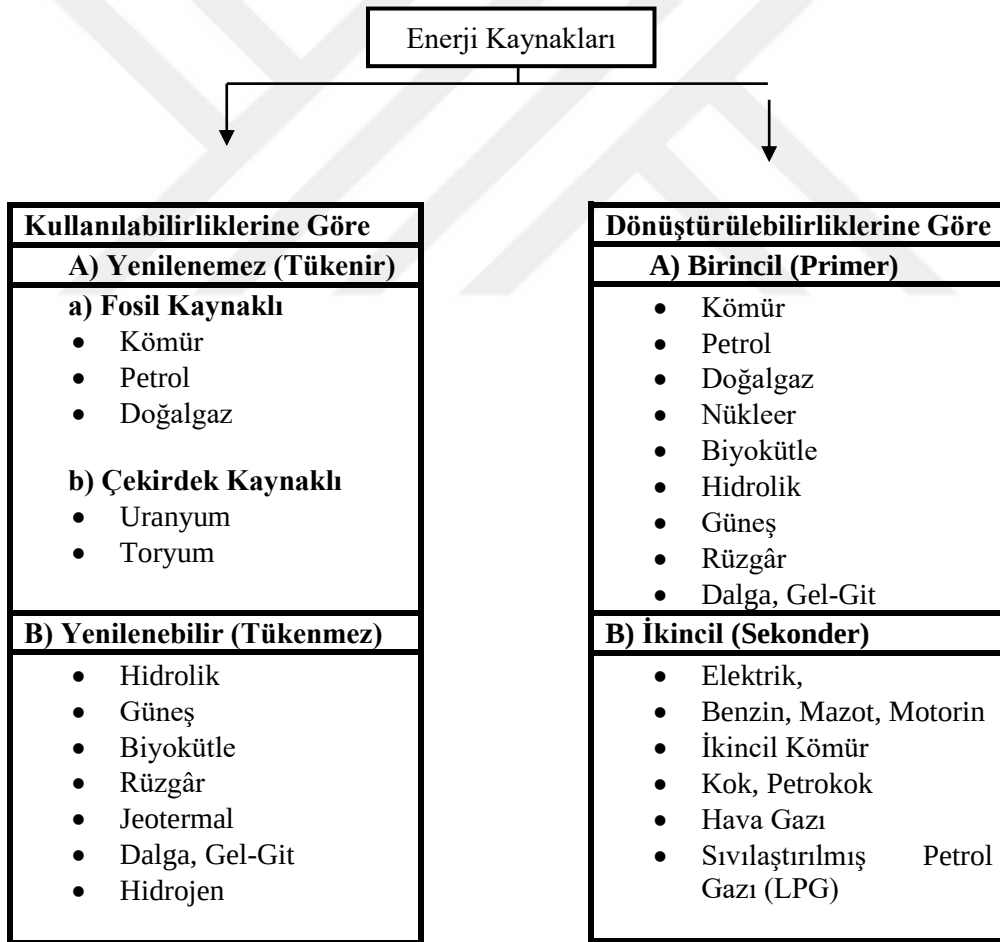
Dünya enerji ihtiyacının büyük kısmını karşılayan petrol, 1973 Arap petrol ambargosu ve 1979 yılındaki İran devriminin ardından ithalat bağımlısı batılı devletler fiyat şoklarına maruz kalmıştır. Bu durum enerji arz güvenliğinin siyasi arenada önem kazanmasına neden olmuştur. Bu bağlamda 1974 yılında OPEC'e (Organization of Petroleum Exporting Countries) bağlı olarak kurulan Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), OPEC ile enerji ithalatçısı ülkeler arasında iş birliğini sağlama görevi üstlenmektedir (Jansen vd., 2010: 1660).

Dünyanın petrol rezervinin %48'ini elinde bulunduran dört Ortadoğu ülkesinin (Suudi Arabistan, İran, Irak ve Kuveyt) enerji arz güvenliği, elinde yeterli kaynağı bulunmayan ya da ülke içerisindeki mevcut enerji kaynağı kendi talebini karşılamaya yetmeyen ithalat bağımlısı ülkelere göre daha yüksektir. Bu dört ülke kaynaklı meydana gelebilecek herhangi bir arz kesintisi veya ellerinde bulundurdıkları tekel fiyatlandırma gücünü kötüye kullanmaları durumunda ithalat bağımlısı ülkelerin enerji güvenliğini kırılgan hale getirmektedir (Sadorsky, 2009: 4021-4022).

Enerji üretiminde kullanılan kaynaklar birincil ve ikincil enerji kaynakları olmak üzere 2'ye ayrılmaktadır. Birincil enerji kaynakları

küresel enerji ihtiyacının çoğunluğunu karşılayan fosil yakıtlar (kömür, petrol, doğalgaz) yenilenemeyen enerji kaynakları içinde yer alırken, kullanım alanları fosil yakıtlar kadar geniş olmayan hidroelektrik enerjisi, rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, jeotermal enerji, biokütle enerjisi ve dalga enerjisi yenilenebilir enerji kaynaklarını oluşturmaktadır. İkincil enerji kaynakları ise daha az yaygın ve kullanıma hazır hale gelebilmesi için işlenmesi gereken elektrik, benzin, mazot, LPG (sıvılaştırılmış petrol gazı) gibi kaynaklardan oluşmaktadır ve bu kaynaklar da yenilenemeyen enerji kategorisinde yer almaktadır. Bu kaynakların üretimi birincil kaynaklardan elde edilir.

Tablo 1: Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması



Kaynak: (Eskin, 2018:7)

Petrol başta olmak üzere yenilenemeyen fosil kaynakların büyük çoğunluğu siyasi açıdan yetersiz olan Orta Doğu bölgelerinde

bulunmaktadır. Bu ülkeler yaşadıkları kendi iç siyasi istikrarsızlıklarının yanı sıra ellerinde bulundurdıkları enerji kapasitesi nedeniyle sık sık çeşitli terör saldırılarıyla karşı karşıya gelmektedir. Bu durum sadece bahsi geçen ülkeleri değil aynı zamanda enerji ihtiyacının tamamını veya bir kısmını bu ülkelerden karşılayan ülkelerin enerji arz güvenliğini de riske atmaktadır (Timur, 2017: 12).

Arz güvenliğinin bir diğer önemli unsuru zaman kavramıdır. Zamansal bağlamda bakıldığında enerji arz güvenliği kısa ve uzun dönemi kapsar. Kısa dönem enerji kesintilerini içermektedir. Bu ani aksamalar kaza, sabotaj, grev, alınan siyasi kararlar ya da olağandışı iklim olaylarından kaynaklanabilir. Bu tarz kısa kesinti durumlarının onarılması uzun vadeli aksamlara göre daha çabuk çözüme kavuşturulabilmektedir. Uzun dönemde ise bu kısa dönemdeki kesintilerin nedenleri incelenmektedir. Uzun dönemde gerçekleşen ya da gerçekleşebilecek enerji arzı sorunu siyasi ve sosyal kargaşa, yenilenemez enerji kaynaklarının tükenmesi, fosil yakıt kullanımının artmasına neden olmaktadır. Çözümü için gerekli yatırımlar ve uygulanacak politikaların yeterli düzeyde olmamasının kısa dönemde meydana gelecek kesintileri de artıracığı göz önünde bulundurulmalıdır (Kruyt vd. 2009: 2167; Chevalier, 2006: 3).

Enerji arz güvenliği gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin ortak sorunudur. Özellikle enerji talebinin inelastik olması ve kaynaklarının dünya genelinde eşitsiz dağılımı göz önünde bulundurulduğunda, ülkelerin karşılaşabilecekleri fiyat şoklarına, oluşabilecek arz yetersizliği için enerji açısından ithalat bağımlısı olan ülkelerin enerjiye ulaşılabilirlik konusunda önlem alması gerekmektedir.

Enerji talebinin inelastik olması, kaynakları elinde bulunduran ihracatçı ülkelerden kaynaklanabilecek ani fiyat artışlarında enerji ithalatçısı ülkelerin enerji tüketimini sınırlandıramamasına neden olmaktadır. Bu durum enerji alternatifleri olmayan ülkeler için ciddi güvenlik problemi anlamına gelmektedir.

Sistemsal olarak kısa dönemde enerji arz güvenliğini en çok etkilediği düşünülen konu tedarik sıkıntısı olduğu için araştırmacılar genellikle olayın bu boyutunu ele alan çalışmalara ağırlık vermiştir. Ancak kısa dönemdeki

bu tedarik sıkıntısı uzun döneme yayıldığında tükenecek olan kaynaklar için yeni tedarik yolları bulunmuş olsa bile etkili bir eylem planı olmayacaktır (Winzer, 2012: 39-40).

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin enerjiye duyduğu ihtiyaç artışına paralel olarak gün geçtikçe artan enerji arz güvenliği sorununa ilişkin ulusal ve uluslararası alanda çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalar, politikalar ve ülkeler arası anlaşmalar ile ülkelerin enerji arz güvenliği güvence altına alınmaya çalışılmaktadır.

Küresel Enerji Ajansı enerji arz güvenliğini riske eden faktörler açısından yaptığı değerlendirmede enerji kullanımında dikkat edilecek bazı durumlar ile enerji arz güvenliği daha az riskli hale getirilebilir (Global Energy Institute, 2020:10). Bunlar;

- Fosil yakıt rezervlerinin güvenilirliğine bakılarak enerji çeşitlendirmesi
- Enerji tüketim ihtiyacını ithalat yoluyla sağlayan ülkelerin maruz kaldıkları maliyet giderlerini düşürmek için enerji verimliliğini artırması
- Enerji maliyetlerinin büyüklüğüne bakarak fiyat şokuna maruz kalan tüketicinin fiyat ve piyasa volatilitesine verdiği tepkinin değerlendirilmesi
- Enerji verimliliğini artırarak enerji kullanım yoğunluğunun azaltılması
- Elektrik sektöründe üretim kapasitesinin artırılması ve çeşitlendirilmesi
- Ulaştırma sektöründe yakıt çeşitliliği ve araç filosunun verimliliğinin artırılması
- Çevresel olarak kullanılan toplam enerjiden daha az CO₂ emisyonu
- AR-GE ve altyapı yatırımları ile teknolojik teknik ilerleme sağlanması

Enerji güvenliği basit tanımla enerjinin uygun fiyatlandırma ile güvenli şekilde tedarik edilmesi olarak tanımlanmaktadır. Güvenli arzın sağlanması ise bundan daha komplike bir tanıma ihtiyaç duyar. Bu sebeple ihtiyaç

duyulan enerjiye ulaşımda uygun fiyatlandırma ve güvenli tedarik terimlerinin yanı sıra enerjinin aynı zamanda sürdürülebilir olması ve küresel enerji piyasasının rekabetçi bir piyasa ortamına uygun olması gerekmektedir. Bu durum enerji arzını güvence altına almak için sadece ekonomik bir ticaret ortamının yeterli olmayacağını göstermektedir (Baumann, 2008: 4).

1.1. Enerji Arz Güvenliğinin Tanımı

Enerji arz güvenliğı kavramının literatürde birden fazla tanımı yapılmıştır. Bu durum ülkelerin jeopolitik ve jeolojik konumları, ekonomik yapıları, gelişmişlik seviyeleri ve fosil kaynaklara alternatif olarak kullanılabilecek yenilenebilir enerji kaynaklarına geçmek için gerekli koşulların bulunmaması gibi bazı sorunların farklı ülkeler için farklı öncelik sıralamasının oluşmasından kaynaklanmaktadır.

Başlangıçta fosil enerji kaynaklarının gelecek zamanlar için arz sorunu teşkil edeceği önceden öngörülmüş ve sorunun çözümü için çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Enerji arz güvenliğı tartışmaları 1973 Petrol Krizi ile önem kazanmıştır. Kriz sonrası Petrol İhraç Eden Arap Ülkeler Örgütü'nün (OAPEC) koyduğu petrol ambargosu ve sonrasında 1979 yılında yaşanan ikinci petrol krizi ile birlikte fiyatların 30 USD/ varil seviyesinden 100 USD/ varil çıkması arz güvenliğı tartışmasının fitilini ateşlemiştir. Piyasada oluşan güvensiz ortam özellikle enerji talep eden ülkeler için alınması gereken tedbirleri beraberinde getirmiştir. Bu tedbirler ile (Çoruh, 2019: 31);

- Petrol piyasalarında istikrar ve enerji ticaretinde ikili ilişkilerin sağlanması açısından Uluslararası enerji ajansının (IEA) kurulması,
- Enerji yoğunluğunu azaltarak verimlilik artışı sağlanması,
- Üretilen ve talep edilen enerji arasındaki arz-talep dengesinin sağlanarak arz açığının azaltılması,
- Enerji ihtiyacının karşılanması için kullanılan yurtiçi ve yurtdışı enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi,

- Enerji tedarikinde kullanılan alt yapının yatırımlarla desteklenmesi ile ulusal ve uluslararası politikalarla enerji arz güvenliğinin artırılması amaçlanmıştır.

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) enerji güvenliği doğrultusunda yaptığı çalışmalarda enerji kaynaklarına kabul edilebilir fiyatlarla ve kesintisiz ulaşılmasını ön planda tutmuştur. Enerji üretiminde kullanılan petrol, doğalgaz gibi yenilenemeyen birincil kaynakların küresel düzeyde artan talebi tam anlamıyla karşılayamamasının yanı sıra bu kaynakların kullanımının çevresel ve iklimsel birçok olumsuz yönleri bulunmaktadır. Özellikle fosil kaynak kullanımına bağlı olarak artan CO₂ emisyonunun hem çevreye hem de canlı yaşamına zarar vermesi durumun sadece ekonomik, siyasal, sosyal değil aynı zamanda çevresel olarak da çözülmesi gerektiğini göstermektedir (IEA, 2014: 13).

Ülkelerin içinde bulundukları coğrafi konumları, mevcut enerji politikaları, uluslararası alandaki siyasi konumları, elinde bulundurdıkları enerji rezervi ya da enerji rezervlerine olan mesafeleri gibi faktörler incelendiğinde güvenlik kavramının sadece arz yönünden ele alınmasının mümkün olmadığı görülmektedir. Bu bağlamda enerji güvenliği kavramı enerji bağımlılığı yüksek olan ve rezerv sıkıntısı olan ithalatçı ülkeler için enerji arz güvenliği sorunu anlamına gelirken elinde kaynak rezervi bulunan ihracatçı ülkeler için talep güvenliği ve son olarak Türkiye gibi enerji nakil güzergahı üzerinde bulunan stratejik olarak ciddi öneme sahip ülkeler için ise nakil güvenliği sorunu anlamına gelmektedir (Erdal, 2009: 13).

1.1.1. Elde Edilebilirlik

Enerjinin kullanılabilir olması en temel enerji güvenliği bileşenidir. Petrol ve doğalgaz kaynaklarının tükenebilir olması nedeniyle göz önünde bulundurulacak ilk unsur enerjiye sorunsuz bir şekilde erişilebilmesidir. Bazı araştırmacılar kullanılabilirlik kavramını enerjinin fiziksel olarak mevcudiyeti olarak tanımlarken, bazı araştırmacılar ise ülkelerin ihtiyaçları olan enerjiye ihtiyaç duydukları süre içerisinde ulaşabilmesi olarak tanımlamıştır. En basit örnekle enerji tedarikinde düşük bir olasılık olsa dahi meydana gelebilecek bir arıza durumu tüm enerji tedarikinin olumsuz

etkilenmesi anlamına gelmektedir. Bu nedenle ülkelerinin yapacağı enerji ortaklıklarında sadece tedarikçi ülkeleri değil aynı zamanda transit geçiş güzergahı üzerinde bulunan ülkeleri de bu anlamda göz önünde bulundurması gerekir (Kruyt vd., 2009: 2167; Erdal, 2011: 10-11; Arnold, 2009: 25).

1.1.2. Ulaşılabilirlik

Enerji güvenliğinin sağlanması en iyi ihtimalle enerjinin üretilebilir olmasını gerektirir. Ancak Türkiye gibi enerji rezervlerine sahip olmayan ülkeler için bu durumdan söz etmek pek mümkün değildir. Enerji tedarikinde yaşanacak sorunların yol açabileceği aksaklıklar göz önünde bulundurulduğunda kendi kendine yetemeyen ülkelerin tedarik sorununu gidermesi ve üretici/tüketici ülkeler arasındaki mesafenin makul seviyede olmasını gerektirir.

Ulaşılabilirlik kavramı enerjiyi dışardan alan ülkeler için ihtiyaç duyulan enerjinin ekonomik ve kesintisiz tedarik edilebilmesi anlamına gelmektedir. Enerji kesintisinden meydana gelebilecek aksaklıkları en aza indirmek ve sürekliliğinin sağlanması açısından alınabilecek önlemler arz güvenliğini artıracaktır (Çoruh, 2019: 34; Erdal, 2011: 12, Ergin, 2020: 8-9). Bunlar;

- Türkiye gibi enerjide ithalat bağımlısı olan ülkeler için hem kaynak hem de enerji çeşitlendirmesi ve aynı zamanda tedarikçi ülke sayısının artırılması,
- Enerji dağıtım altyapısının düzenli kontrollerinin sağlanması ve iyileştirilmesi,
- Yaşanacak aksaklıklara karşı kırılganlığı azaltabilmek için acil kesintilerde kullanılmak üzere enerji depolanması,
- Uygulanacak enerji politikaları ile tasarruf sağlanması ve enerji verimliliğinin artırılması,
- Arz dağıtım hatlarının farklılaştırılması ve bu dağıtım ağlarına fazla yük getirecek enerji tüketiminin azaltılması gibi tedbirlerin alınması enerjinin ulaşılabilirliğini artırarak enerji arz güvenliği riskini azaltacak tedbirlerdir.

1.1.3. Kullanılabilirlik

Fiziksel olarak enerjiye uygun fiyatlarla ulaşılabilmesi enerji arz güvenliğinin kullanılabilirlik bileşenini oluşturmaktadır. Enerji kaynaklarının kullanılabilirlik boyutu aynı zamanda ekonomik olması ve bu kaynağın üretilebilirliği kavramını da içerisinde barındırmaktadır. Bu üç etken enerji kaynağının sadece jeofizik olarak mevcut olmasına değil aynı zamanda mevcut enerji kaynağının küresel talebi karşılama potansiyeline de bağlıdır (Zhang vd., 2021: 3). Enerji kaynaklarında meydana gelebilecek kesinti, kaza veya terör saldırıları enerji tedarik zincirini yüksek maliyet gerektiren problemler ile karşı karşıya bırakır.

Enerji güvenliği genel olarak arz yönüyle ele alınıyor olsa da güvenlik kavramı arz ve talep açısından yön değiştirebilir. Ekonomiklik kavramı enerji üreten ve tüketen ülkeler arasında fikir ayrılığına sebep olmaktadır. Kısa vadede enerji arz güvenliğinin ölçülmesi (MOSES), enerjinin fiziksel olarak mevcut olması ve bu mevcut arzın güvenliği ile alakalıdır. Birincil enerji kaynaklarına olan talebin gün geçtikçe artması ve doğal enerji kaynaklarının tükenmesi riski fiyatlarda volatiliteye sebep olarak ekonomiklik, tükenebilir olması ile de üretilebilirlik ve sürdürülebilirlik gibi arz güvenliğinin temel faktörleri üzerinde olumsuz sonuçlara sebep olmaktadır (IEA, 2011: 5).

1.1.4. Sürdürülebilirlik

Enerjiye kesintisiz ulaşılmasının yanı sıra bir diğer unsur ulaşılan enerji kaynağının arzının kesintisiz olarak devam edebilmesidir. Değişen dünyada her geçen gün ülkelerin ihtiyaçları artış göstermekte ve bu ihtiyaçların karşılanmasının temelinde enerji yatmaktadır. Dışa bağımlı ülkelerde enerji tedarikinin hali hazırda enerji güvenliği açısından oluşturduğu negatif etkinin yanında, ulaşılan enerjinin süreklilik arz etmesini sağlayacak politika araçları ve uluslararası anlaşmalar ile arz güvenliğini kontrol altına almak gerekir. 1973 Petrol Krizi ile birlikte yaşanan enerji arz sıkıntısı gösteriyor ki gerekli önlemler alınmadığı takdirde oluşabilecek arz-talep dengesizlikleri günümüz teknolojisinde bile henüz tam anlamıyla çözüme kavuşturulamamaktadır.

"Sürdürülebilir Kalkınma" kavramını ilk kez kullanan Norveç başbakanı Gro Harlem Brundtland'ın başkanlık ettiği Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun (WCED) yine başbakana atfen *Brunlant Raporu* adını verdikleri rapor ile gündeme getirilerek sürdürülebilir kalkınmanın sürdürülebilir enerji ile sağlanabileceği vurgulanmaktadır. Rapora göre; Günümüzde ihtiyaç duyduğumuz enerjiyi temin ederken gelecek nesillerin enerji ihtiyacını göz ardı etmeden ve onların enerjiye ulaşabilmelerini engellemeyecek politikalar ile gelecekteki enerji arz güvenliğinin artırılması gerekmektedir. Fosil yakıtların sürdürülebilirliğinin sağlanması uzun vadede mümkün olmamakla birlikte dünya genelinde fosil kaynak rezervi kendi kendine yetebilen ülke sayısının az ve bir bölgede toplanmış olması arz ve nakil sorununa neden olmaktadır. Bu nedenle enerji arzının sürdürülebilirliğini sağlamak için uygulanabilecek 2 temel politika vurgulanmaktadır (Ediger, 2009: 18-19):

- Mevcut enerji kaynaklarının daha verimli şekilde kullanılması,
- Yenilenebilir enerji kaynakları yatırımlarının artırılarak alternatif oluşturulmasıdır.

Buna göre yerli enerji kaynaklarına yönelerek ülke içi enerji arzı yaratmanın enerji arz güvenliğini yüksek oranda artıracığı göz önünde bulundurularak ikinci seçenek uzun vadede daha makul görünmektedir. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynakları enerji üretiminde her ne kadar coğrafi ve iklimsel koşullara bağlı olarak dönemsel farklılıklar gösteriyor olsa da sürdürülebilir kaynaklardır. Bunun yanı sıra fosil yakıtlar gibi CO₂ emisyon sorununa neden olmayacağından arz güvenliği kavramının çevresellik faktörünü de içinde barındırmaktadır.

1.2.Enerji Arz Güvenliğini Etkileyen Temel Parametreler

Çağlar boyunca insanların ve ülkelerin ortak çabası gücü ellerinde bulundurmak olmuştur. Zamanla bu durum sadece ekonomik açıdan değil toplumsal açıdan da refah seviyesini yükseltmenin yolunun enerjiyi elinde bulundurmak olduğunu anlayan devletler bu durumu kendi çıkarları doğrultusunda kullanmayı amaç edinmişlerdir. Ekonomik ve siyasi

çatışmaların tabanında enerji faktörü yatmaktadır. Bu nedenle enerji arz güvenliğini, daha kapsamlı şekliyle enerji güvenliğini etkileyen birçok risk faktörü vardır. Beşerî kaynaklı risk faktörü olarak talep dalgalanmaları, stratejik arz stopajı, kapasite düşüklüğü, sabotaj, terörizm, siyasi istikrarsızlık, savaşlar ve ihracat ambargoları gibi jeopolitik riskler gösterilmektedir. Teknik açıdan enerji iletim hatları, enerji santralleri veya kısaca trafo olarak adlandırılan elektrik enerjisinin iletimini sağlayan transformatörlerin altyapılarının arızalanması yer alır. Doğal kaynaklı risk faktörü olarak ise doğal afetler, yenilenemez enerji kaynaklarının tükenmesi riski, ülke içerisinde kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarının devre dışı bırakılması gibi nedenler ciddi güvenlik problemi yaratmaktadır (Winzer, 2012: 37).

1.2.1. Ekonomik Nedenler

Enerjinin ekonomik olması enerji arz güvenliği tanımının en önemli ikinci bileşenidir. Piyasa ve fiyat volatilitesi istenilen bir durum olmamakla beraber sistemin bu duruma mümkün olabilecek en hızlı şekilde yanıt vermesi gerekmektedir. Fiyat dalgalanmaları ülkedeki mevcut enerji yoğunluklu endüstrilerin göç etmelerine neden olabilmektedir. Bu durum ithalat yoğunluklu ekonomilerde hem ulusal hem de uluslararası ticaret dengelerinin etkilenmesine neden olur (Global Energy Institute, 2020: 12).

1.2.1.1. Fiyat

Enerjinin uygun fiyatlarla ve kesintisiz şekilde karşılanması temel tanım içerisinde yer almaktadır. Bu bakımdan fiyatlandırma kavramı arz güvenliğinin temel bileşenlerinden olmakla birlikte tüketici ve üretici ülkeler açısından farklı anlamlar içermektedir. Enerji ürün ve hizmetleri fiyatlandırılırken arz ve talebe bağlı olarak piyasada belirlenir. Göz önüne alınan temel faktör tüketicilerin bu fiyatlandırma sistemine yanıt verip vermeyeceğidir (Zhang vd., 2021: 3).

Piyasada dengeli fiyat istikrarı tüketici ve üretici ülkelerin ortak bir paydada buluşması ile mümkündür. Talep eden ülke fiyat belirlemede aktif olarak rol oynayamazsa fiyat arz tarafında şekillenir ve tüketici ülkeler uzun

dönemde meydana gelebilecek fiyat volatilitelerine maruz kalmak zorunda kalacaktır. Ülkelerin ve enerji tüketicisinin kısa dönemde arzı kısımları çok mümkün olmamakla beraber duruma adapte olabilmeleri gerekmektedir. Bu durum enerji güvenliği açısından risklidir (IEA, 2007: 35).

Özellikle fosil yakıtların rezerv kıtlığı enerji fiyatlarının giderek yükselmesine sebep olmaktadır. Fosil yakıtların yenilenebilir olmaması ve zamanla tamamen yok olma riskiyle karşı karşıya olması sadece fiyatlandırmayı değil aynı zamanda enerjinin ulaşılabilir ve sürdürülebilir olması açısından da sorun teşkil etmektedir.

Enerji üreten ve dağıtan ülkelerin alt yapı oluşturmak ve mevcut alt yapılarını güçlendirmek için yapacağı yatırımlarının faaliyete geçebilmesi birkaç yıllık süreyi kapsar. Bu durum enerji taşıyıcılarının uzun dönemde enerji fiyat riskini yönetme imkanını olumsuz yönde etkilemektedir (Jansen vd., 2010: 1657).

1.2.1.2. Enerjinin İkame Edilebilirliği ve Talep Esnekliği

Enerjide dışa bağımlılığı azaltarak yerli kaynaklara geçmek enerji arz güvenliğini artırır. İthal edilen fosil yakıtlara alternatif kaynak temin ederek güvenlik riski azaltılabilir. Özellikle fosil yakıtlar içerisinde küresel enerji talebinin büyük kısmını karşılayan petrol, ticareti en yaygın yapılan enerji kaynağıdır. Kullanım alanına bakıldığında en çok ulaştırma sektöründe kullanılan petrol bu alanda ikamesinin bulunmaması nedeniyle arz güvenliğini olumsuz etkilemektedir (Erdal, 2011: 24-25). Petrol krizleri sonrası yaşanan petrol arzı kısıtlamaları ani fiyat dalgalanmalarına bu fiyat dalgalanmaları ise hem tüketici hem de arz güvenliği üzerinde kırılganlığa sebep olmaktadır.

Petrolün yarattığı güvenlik riskini azaltmak için alternatif olarak yenilenebilir enerji kaynakları kullanılabilir. Bu sayede hem fosil yakıtların neden olduğu sera gazı emisyon sorununu hem de yerli kaynak kullanımına geçerek olası ani fiyat dalgalanmalarına karşı kırılganlık en aza indirgenir.

Hibrit araçlar geleneksel araçlar ile kıyaslandığında yüksek yakıt verimliliği sağlamaktadır. Bu durum stratejik açıdan önemli bir girişim olsa da ulaştırma sektörü henüz bu araçlar için yeterli alt yapıya sahip değildir.

Ulaşımında elektrikli araç (EV) kullanımı sadece elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynak kullanımının artması ile gerçekleştirilemez. Araçların şarj edilebilirliği açısından gerekli teknolojik altyapı yatırımları ile desteklenmesi gerekmektedir (Andersen, 2009: 2481-2482).

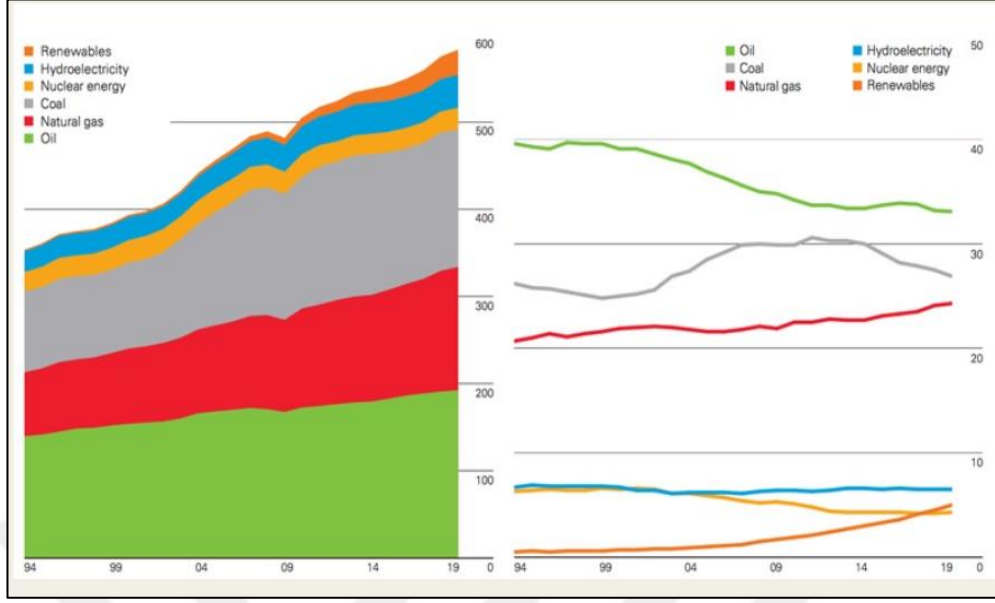
Yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji üretimindeki payının artırılması amacıyla gerekli teşvik politikaları, teknoloji ve altyapı yatırımları ile desteklenmesi fosil yakıtlara bağımlılığı büyük oranda azaltacaktır. Bu durum aynı zamanda fosil kaynaklı enerji kullanımının azalmasına neden olarak CO₂ emisyonu sorununu da büyük ölçüde azaltacak ve bu sayede enerji arz güvenliğinin artması sağlanacaktır (Mather ve Widergren, 2021: 4).

1.2.1.3. Enerji Tüketim Düzeyi ve İthalat Bağımlılığı

Tüketim düzeyi ve enerji ithalat bağımlılığı doğru orantılı kavramlardır. Bu durum enerji bağımlısı ülkeler ve tedarikçi ülkeler arasında enerji piyasaları ile finansal piyasalar arasında derin bir bağ oluşturmaktadır. Enerjinin taşınmasındaki yapısal karmaşıklık nedeniyle oluşan tedarik kısıtlaması artan küresel talebin karşılanması yönünden risk teşkil etmektedir (Chester, 2010: 889).

İthalat bağımlılığının artması tüketici ülkeler için ciddi oranda arz güvenliği riski taşımaktadır. Mevcut kaynakların enerji ihtiyacını karşılayamaması ve bu nedenle oluşacak yeni enerji talebi üretici ülkeler için ise talep güvenliğini tehlikeye atmaktadır.

Küresel enerji ihtiyacının karşılanması ve enerji piyasasının istikrarı enerji üreten OPEC ve Suudi Arabistan'ın makul fiyatlarla küresel enerji talebini karşılayabilmesine bağlıdır. Bu ülkelerde herhangi bir nedenle meydana gelebilecek enerji arz kaybı durumunda veya ithalatçı ülkelerin enerji talebinde yaşanacak ani dalgalanmalara karşı ellerinde bulundurdıkları yedek kapasitenin oluşacak yeni talebi karşılayabilir olması gerekmektedir. 1970'li yıllarda İran'ın enerji arzını kısması ile ülkelerin enerjinin karşılaştığı arz kıtlığı yine tedarikçi ülkelerin ellerinde bulundurduğu mevcut yedek kapasite sayesinde sorun olmaktan çıkmıştır (Correlje ve Van der Linde, 2006: 534).

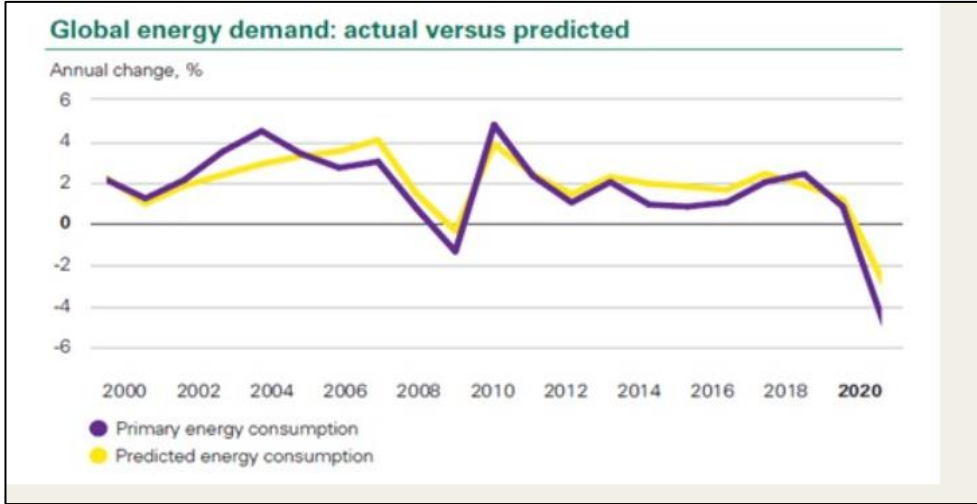


Şekil 1: Küresel Enerji Tüketimi ve Enerji Kaynaklarının Küresel Dağılımı

Kaynak: World Energy Council (2020)

Şekil 1’ deki grafik incelendiğinde küresel enerji tüketiminin ortalama %80’ini hala kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil yakıtlardan sağlamakla birlikte kaynakların küresel dağılımında azalma hızı özellikle petrol ve kömürde artmaktadır. Diğer yandan yenilenebilir enerji kaynakları, nükleer enerji ve hidroelektrik enerjisinin küresel dağılımında artan kullanım oranları hala yeterli seviyelerde değildir.

Enerjide dışa bağımlılık fosil yakıtların arzının azalması ile ithalat bağımlılığı yüksek ülkelerin enerji arz güvenliği riskini artıran en temel faktördür. Kaynaklardaki bu azalma fiyatların ani dalgalanmasına ve adaptasyon sürecinin gecikmesine neden olmaktadır. Ülkeler bu ani fiyat dalgalanmalarına anında cevap veremeyebilir dahası bu dalgalanmalar enerji tüketim miktarı yükseldikçe daha fazla sorun teşkil ederek ülkelerin GSMH’lerinin büyük çoğunluğunu bu alana yönlendirmesini gerektirecektir (Erdal, 2011: 27).



Şekil 2: Küresel Enerji Talebi Gerçek ve Tahmin Edilen (% Yıllık Değişim)

Kaynak: BP, 2021

2020 yılında meydana gelen Covid-19 salgını ile birlikte ekonomik ve ticari faaliyetler olumsuz etkilenmiştir. Dünya genelinde enerji talebini kısmi kısıtlamaların olduğu bölgelerde %18, tam kısıtlamaların olduğu bölgelerde ise %25 oranında azalmıştır. Bu durum enerji tüketiminden kaynaklanan CO₂ emisyonu miktarının bir önceki seneye kıyasla %6,3 azalmasına sebep olmuştur. Salgın 1956 Süveyş Kanalı Krizi, 1973 Petrol Ambargosu, 1979 İran Devrimi, 2011 Fukushima Nükleer Felaketi gibi enerji krizleri arasında meydana gelen krizlerin etkisini geride bırakarak 2. Dünya Savaşı'ndan günümüze kadar en büyük düşüşü olarak kaydedilmiştir (BP, 2021: 3; pwc, 2021: 18).

1.2.1.4. Yasal Düzenlemeler

Ülkeler arasında gerçekleştirilen enerji transferlerinin sağlıklı bir şekilde sürdürülebilirliğini sağlamak için ulusal ve uluslararası hukuki kurallar çerçevesinde belirlenmesi gerekmektedir. Enerji ekonomisi kavramı önemi itibarıyla arz-talep dengesinde meydana gelebilecek sorunda ticaret ilişkisi içinde bulunan her iki taraf ülkeyi mağdur edebilecek konumdadır. Bu bağlamda taraf ülkelerin arz- talep ve enerji geçiş güzergahı üzerinde bulunan ülkeler için enerji nakil güvenliğinin yasal olarak koruma altına alınması gerekmektedir.

Enerji rezervlerini elinde bulunduran ülkeler genellikle istikrarsız ve kırılgan bir siyasi yapıya sahip olması nedeniyle bir dizi küresel ve bölgesel sorunlarla karşı karşıya kalmaktadır. Bu durumun enerji arz güvenliği riskini artıracığı ve yine bu kırılganlık sebebiyle söz konusu ülkeler üzerinde bir baskı ortamı yaratılabilmektedir. Enerji arz güvenliğini artırmak ve kurulabilecek baskı ortamını azaltmak amacıyla küresel enerji piyasalarının uygulanacak yasal düzenlemeler ile desteklenmesi gerekmektedir (Erdal ve Karakaya, 2012: 122-123).

1.2.1.5. İş birliği ve Anlaşmalar

Enerji ihtiyacının gün geçtikçe artması ve artan bu ihtiyacın büyük oranda enerji ticareti ile sağlanması, ticaret birliği içinde bulunan ülkeler arasında karşılıklı ekonomik bağımlılık durumu gerektirmektedir. Bugün Avrupa ülkeleri artan enerji talebinin büyük çoğunluğunu elinde bulundurmasına rağmen yerli kaynakları bu talebi karşılamaya yetmemektedir. Enerji kaynak rezervinin az olması ve gün geçtikçe tükenmesi sorunu enerjinin üretimi, tüketimi ve mevcut enerjinin yönetilmesi kapsamında enerji ticaretinde ikili ilişki ve anlaşmaların önemini gözler önüne sermektedir (Çoruh, 2019: 40-41).

Üretici ve transit ülkeler arasında dini, sosyal, siyasi veya ekonomik alanda meydana gelen bir anlaşmazlık ticari ilişkileri etkileyerek arz boşluğuna sebebiyet verebilir. Bu anlaşmazlıkları gidermek için uygulanan diplomatik girişimlerde devlet müdahalesi hem enerji ekonomisinin liberalleşmesi yönünde engel teşkil etmekte hem de piyasada daha politik bir ticaret yapısı oluşmasına neden olmaktadır. Ulusal ve uluslararası enerji ticaretinin kurulan piyasa ve kurumlar tarafından denetlenmesi daha makuldür. Bu sayede fiyatların piyasa ortamında arz ve talebe göre şekillenerek ortak çıkar doğrultusunda belirlenmesine katkı sağlar. IEA ve AB petrol piyasası gibi kuruluşlar küresel enerji ekonomisini denetleyerek üretici tüketici ve nakil güzergahı üzerinde bulunan ülkeler arasında iş birliği ve anlaşmalara varılması hususunda görev almaktadır (Correlje ve Van der Linde, 2006: 538-539).

Fosil yakıt kıtlığı özellikle petrolde küresel dağılımlar göz önünde bulundurulduğunda önemli bir güvensizlik oluşturmaktadır. Petrol çoğunlukla deniz yoluyla tankerler vasıtasıyla taşınırken doğalgaz tedariki ağırlıklı olarak boru hatları ile sağlanır. Bu durum hem üretici ve tüketici hem de kaynakların geçtiği güzergâh üzerinde bulunan ülkeleri enerji ekonomisini korumak ve ikili ilişkilerde tedarikin kesintisiz sağlanması amacıyla uzun vadeli sözleşmeler ile yasal bir dayanağa bağlamaktadır (Baumann, 2008: 7).

1.2.2. Siyasi Nedenler

Enerji arz güvenliğinin sağlanmasına yönelik geliştirilen politikalarda genellikle kullanılan ekonomik boyutun yanında siyasi boyutta çok önemlidir. Ülkelerin enerji üretimi ve tüketimi arasındaki farkın günden güne artması ile oluşan enerji açığı bu ülkeleri birbirlerine bağımlı hale getirmektedir. Enerji arz ve talebi arasındaki farkın en aza indirgenmesi için, ihtiyaç duyulan enerjinin maliyeti, mevcut enerjinin verimli kullanımı, alternatif enerji kaynaklarının kullanımı için gerekli teknolojik yatırımlar ve enerji tüketiminin kontrolü gibi faktörlerin sadece ekonomi boyutlu değil aynı zamanda siyasi boyutlu olarak ele alınması gerekmektedir (Esen ve Bayrak, 2015: 54).

Arzının kısıtlı olması ve kaynakların Orta Doğu ve Afrika gibi daha kırılgan yapıda olan ülkelere toplanması nedeniyle siyasi bakımdan arz güvenliği riskini en çok etkileyen fosil kaynaklardır. OPEC gibi enerji arzını elinde bulunduran üretici ülke toplulukları özellikle petrol üzerinde piyasa gücünü ellerinde tuttukları ve piyasada enerji talebinin artmasına paralel olarak tekelleşmesine neden olmaktadır. Bu tekel güç, elinde bulundurduğu petrol rezervi ile petrol fiyatlarını belirleyerek rekabetçi piyasa yapısını bozmaktadır. Bu sayede dünya enerji piyasaların OPEC'e pazar payını artırarak kısa vadede piyasaları yönlendirme gücü vermektedir (Erdal, 2011: 41-42).

Petrol gerek ikamesinin zor olması gerekse kaynakların kısıtlı olması nedeniyle enerji arzı güvenliği kavramının en çok risk barındıran

kaynağıdır. Petrol güvenliği sorunun temelinde üç unsur yer almaktadır (Leiby, 2007: 4):

- Fosil enerji kaynak rezervlerinin istikrarsız bölgelerde yoğunlaşması,
- Petrol ihracatçılarının pazar gücünü ellerinde bulundurmaları,
- Ekonominin petrol arz şokları ve ani fiyat volatilitelerine karşı kırılgan yapıda olması

Bu üç unsur ile karşı karşıya kalınması enerji arz güvenliğini olumsuz etkileyecek siyasi olarak kırılganlığa neden olacaktır.

1.2.2.1. Siyasi İstikrarsızlık

Enerji kaynaklarına duyulan ihtiyaç çağlar boyu ülkeler arası çatışmalara neden olmuştur. Enerji rezervi bulunan bölgelerdeki kırılgan siyasi yapı, enerji talebi yüksek olan ve bu ülkelere bağımlı güçlü devletler için hem rezervlerin korunmasının hem de bölgede söz hakkına sahip olmak ve bu sayede enerji maliyetini düşürmek için bu ülkeler üzerinde bir baskı oluşturmak istemesine neden olmaktadır. Meydana gelebilecek savaş gibi kriz durumlarında küresel enerji arz güvenliğini etkileyecek ve enerji tedarikinde aksamalara neden olabilmektedir. Bu nedenle rezerv bölgeleri sadece ekonomik ve siyasi avantaja sahip bölgeler olarak değil aynı zamanda burada hakimiyet kurmak isteyen devletler göz önünde bulundurulduğunda tersi bir durum söz konusudur.

Enerji piyasaları ve tedarik zincirleri enerji arz güvenliğini sağlamakta önemli bir yere sahiptir. Enerji üreten ülkelerde istikrarsızlık ve bölgesel güvenlik sorunu oluşursa bu durum enerji arz güvenliği açısından risk teşkil eder. Mutlak enerji güvenliğine ulaşılması mümkün olmamakla birlikte doğru strateji ve politikalarla istikrarlı bir siyasi ortam oluşturulması enerji güvenliğini yükselterek meydana gelecek olası bir enerji krizi durumunda arz güvenliği riskini en aza indirgeyecektir (Baumann, 2008: 5).

Siyasi yapının ülkelerin enerji arz güvenliği üzerinde etkisi olduğu düşünüldüğünden siyasi istikrar sağlanması enerji arz güvenliği açısından oldukça önemlidir. Bu bağlamda Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) ülkelerin İnsani Gelişim Endekslerini (HDI) ölçerek söz konusu

Ülkelerin siyasi istikrarının düzeyini belirlemektedir. Endeks, sıfır ile bir arasında değer alır ve bu değer bire yaklaştıkça ülkelerin sosyo-ekonomik yapısının yüksek olduğunu yani bölgede siyasi istikrarın olduğunu göstermektedir (Çoruh, 2019: 42).

Enerji ihracatçısı Orta Doğu lkeleri ile gün geçtikçe artan enerji ihtiyacının büyük kısmını hala ithalat yoluyla karşılayan Avrupa lkeleri arasındaki siyasi gerginlik ortamı enerji arz güvenliğini tehdit etmektedir. Avrupa lkelerinde meydana gelecek enerji talebindeki artış orta düzey ithalatçı ülkeler için fiyatların artmasına sebep olacak buna paralel olarak enerji arz güvenliği riski artacaktır.

1.2.2.2. Ambargo

Dünya enerji ekonomisi enerji ihracatçısı ülkelerin elinde şekillenmektedir. Bu lkeler GSMH'lerinin en az %40'ını petrol ihracatından sağlamaktadır. Petrol arzının Orta Doğu, Orta ve Güney Amerika bölgelerinde kümelenmiş olması bu ülkeleri enerji piyasasında söz sahibi yapmaktadır. Dahası enerjide özellikle petrolde talep elastikiyetinin sıfır olması söz sahibi ülkelerin neden olacağı olası bir fiyat dalgalanmasında enerji talep miktarında bir değişikliğe sebep olmayacaktır. Bu açıdan değerlendirildiğinde ithalatçı ülkeler olası bir ambargo durumunda yaşamsal faaliyetlerinin sağlanması için gerekli olan enerji ihtiyacında aksamalara maruz kalacaktır. 1970'lerde küresel enerji üretiminin %40'lık dilimi OPEC yesi ülkeler tarafından sağlanmaktaydı (Erdal, 2011: 43).

Bu durum ye ülkeler açısından ciddi stratejik avantaj sağlamaktadır. Aynı dönemde OPEC'in petrol arzını düşürerek uyguladığı petrol ambargosu petrol fiyatlarında ani artışa neden olarak tüketiciler ülkelerin enerji arz güvenliğini olumsuz etkilemiştir. Bu durum OPEC yesi ülkelerin enerji kaynaklarına sahip olması bunu politik bir silah olarak kullanabilmelerine olanak sağladığını göstermektedir. Ekonomik sürdürülebilirliğin devamı ve söz konusu ambargonun etkisinin azaltılması için uygulanacak en etkili politika alternatif kaynak arayışına yönelmektir (Erdal ve Karakaya, 2012: 128; Demir, 2008: 236).

Siyasi ve sosyal yönden oluşacak bu kaos durumunun yaşanmaması için gerekli tedbirler alınarak kaynak ve ülke çeşitlendirmesi konusunda oldukça fazla alternatifte sahip olmak gerekmektedir.

1.2.2.3. Terörizm

Enerji, başta yaşamsal faaliyetlerin devamı ve sürdürülebilir ekonomi için önemli bir girdidir. Enerjiye ulaşımın yanında enerjinin sürdürülebilir olması da bir o kadar önem arz etmektedir. Bu nedenle siyasi olarak önemli bir politik silah olarak kullanılmasının yanı sıra ayrıca terör eylemlerinin ilk hedefi haline gelmektedir.

Petrol ve doğalgaz gibi yenilenemeyen enerji kaynaklarının nakli büyük oranda boru hatları ile yapılmaktadır. Enerji kaynaklarına yapılan terörist saldırıların büyük çoğunluğu enerjinin, özellikle petrol ve doğalgazın taşındığı tanker ve boru hatlarına, enerji terminalleri ve santrallerine yönelmesi bu bölgelerde enerji arz güvenliği açısından tehdit oluşturmaktadır (Çoruh, 2019: 43). Bu nedenle özellikle Türkiye gibi nakil güzergahı üzerinde bulunan ülkeler bu tür terör saldırılarına daha fazla maruz kalmaktadır. Özellikle Asya ve Avrupa arasında çok önemli bir petrol nakil hattı olan Bakü-Tiflis-Ceyhan ham petrol boru hattının güvenliğinin sağlanması tüm ithalat bağımlısı AB ülkelerinin enerji talebinin güvenliği açısından önem teşkil etmektedir.

Dünyanın en güvenli boru hattı olarak tasarlanan Bakü-Tiflis-Ceyhan (BTC) ham petrol boru hattı Hazar Bölgesi petrol üretimini uluslararası pazara ulaştırmak üzere kurulan 3 milyar dolarlık bir petrol ulaştırma sistemidir (Elkind, 2006: 42). Tamamı 1.776 km olan hat uzunluğunun 1.076 km'si Türkiye üzerinden geçerek Avrupa bölgesinin petrol ihtiyacına yanıt vermektedir (BOTAŞ, 2020: 9). 2008 yılında Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesine düzenlenen terör saldırısı doğrudan enerji boru hatlarını hedef almıştır. Bu saldırı MODIS (Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer) adı verilen uydu bağlantıları ile belirlenerek boru hatlarına müdahale edilmiştir. Altyapının daha fazla zarar görmesi engellenerek bu güvenlik sistemi sayesinde olası bir uzun dönem arz kesintisinin önüne geçilmiştir (Erdal, 2011: 45).

Petrol ve doğalgaz boru hatlarına yönelik yapılan bu saldırılar göstermektedir ki nakil hatlarının güzergahı ve konumlandırılması enerji güvenliği açısından oldukça önemlidir. Özellikle enerjide dışa bağımlı ülkelerin arz güvenliğinin artırılması açısından çeşitli önlemler alması gerekmektedir.

1.2.3. Coğrafi Nedenler

Enerji kaynaklarının ulaşılabilir olması arz güvenliği açısından en önemli unsurdur. Özellikle petrol, doğalgaz, kömür gibi yenilenemez olan fosil yakıtların sürdürülebilirliği rezerv sahibi ülkeler için daha az risk teşkil etmektedir. Bu durum gösteriyor ki ülkelerin en az siyasi, sosyal, ekonomik özellikleri kadar sahip oldukları coğrafi faktörlerde enerji arz güvenliği üzerinde büyük önem teşkil etmektedir. Yine kaynak bakımından yetersiz olan ülkeler için arz sahibi ülkelere olan uzaklık, bu ülkeler ile yapılan ticarete enerji iletim hattı üzerinde bulunan ülkeler ve iklim değişikliği gibi parametrelerin enerji arz güvenliği üzerinde doğrudan etkisi bulunmaktadır.

1.2.3.1. Uzaklık

Enerji arz güvenliğini etkileyen bir diğer unsur üretilen enerjinin enerji talebinde bulunan ülkelere transfer edilebilmesidir. AB dünyanın en hızlı büyüyen enerji pazarlarından biridir. Enerji talebinin büyük çoğunluğunu Hazar Bölgesinden karşılamaktadır. Ülkeler arasındaki bu uzaklık hem tüketici hem de üretici ülkeler açısından enerji arz güvenliğini riske ederek nakil hattı üzerinde bulunan ülkelere bağımlılığa neden olmaktadır. Petrol ve doğalgaz gibi kaynaklar en çok talep edilen doğal kaynak olmalarının yanı sıra nakil edilirken birbirlerinden farklı taşıma yolları tercih edilir. Ham petrol variller ile deniz ya da yoluyla taşınabilirken doğalgaz aynı yolla taşınmak istendiğinde sıvılaştırılması (LNG) gerekmektedir. Bu sayede deniz ya da kara yoluyla taşınabilen doğalgaz kullanıma hazır hale getirilebilmek için tekrar gaz formuna dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu transfer sistemi hem doğalgaz maliyetini artıracığı için hem de taşıma sırasında olası kaza durumunda çevresel risk teşkil ettiği için tercih edilmemektedir (Checchi vd., 2009: 20; Erdal, 2011: 46).

Petrol ve doğalgazın boru hatları ile transferi siyasi ve politik açıdan sadece ticaret ilişkisi içinde bulunan ülkeleri değil aynı zamanda bu boru hatlarının üzerinden geçtiği ülkeleri de söz sahibi yapmaktadır. Bu durum Türkiye gibi güzergâh üzerinde bulunan ülkelere stratejik önem kazandırmakta ve arz güvenliğini olumlu etkilemektedir. Ancak olası bir tehdit durumunda boru hatlarının zarar görmesi arz- talep ve nakil güvenliği tehlikeye girecektir. Bu nedenle yeni boru hatlarının inşa edilmesi ve bu sayede boru hatlarının taşıma yükü azaltılarak çeşitlendirilmesi enerji güvenliği açısından önem arz etmektedir.

1.2.3.2. Konum ve Güzergâh

Ülkelerin konumları sadece rezerv sahibi olan ülkeleri değil aynı zamanda tüketici ülkeleri de ilgilendiren önemli bir arz güvenliği konusudur. Talep ettiği enerjiyi ithalat yoluyla karşılamak zorunda olan enerjide dışa bağımlı ülkelerin enerji arz güvenliği riski ihtiyaç duydukları enerjiyi temin edebilecekleri üretici ülkelere yakınlıklarına bağlı olarak azalmaktadır. Diğer yandan sadece kendi arz güvenliği için değil aynı zamanda bu ülkeler arasında transit bölge görevi gören ülkeler stratejik olarak önemli avantajlara sahiptir. Bu durum yüksek ithalat bağımlısı ülkelerin sadece enerji üreten ülkelere değil aynı zamanda nakil güzergahı üzerinde bulunan ülkelere de bağımlı olması anlamına gelir ve enerjiye ulaşmakta sadece ekonomik değil aynı zamanda siyasi açıdan arz güvenliğini etkileyebilir.

Enerjiyi yönetebilmek ve tüketici ülkelerin arz güvenliğinin sağlanarak enerji talebini karşılayabilmek için bölgesel pazarların doğru şekilde kontrol edilmesi gerekmektedir. Bölgesel enerji pazarlarının entegrasyonu ulusal ve uluslararası enerji piyasalarında ülkeler arası bağlantı sağlayarak enerji dağıtım ağlarının etkin kullanımına yardımcı olmaktadır. Önemli bir konu olan tüketici ve üretici ülkeler arasındaki bu bağlantı konusunun uzun ve kısa vadede verimliliği artırdığı göz önünde bulundurulursa bu ara bağlantıların gerekli yatırım ve teşviklerle desteklenmesi gerektiği görülmektedir (Jamash ve Pollitt, 2008: 4586).

Enerji kaynaklarının dünya genelinde eşit dağılmaması ve özellikle gelişmekte olan ülkelerin gün geçtikçe artan enerji ihtiyacı nedeniyle nakil güzergahı üzerinde bulunan ülkelerin önemini artırmaktadır. Hazar Havzası çevresinde bulunan zengin enerji kaynaklarının yüksek enerji ihtiyacının büyük kısmını bu bölgeden karşılayan Avrupa ülkelerine nakli Türkiye gibi önemli stratejik konumu bulunan ülkelere geçmektedir. Türkiye gerek Ceyhan üzerinden geçen önemli boru hatları gerekse İstanbul ve Çanakkale boğazı üzerinden yapılan petrol taşımacılığı ile uluslararası alanda önemli bir tedarik ağı sağlamaktadır (Ayhan, 2009: 164).

1.2.3.3. Jeopolitik

Enerji arz güvenliğinin en temel risk faktörlerinden biri olan kaynak kıtlığı ve bu kıt kaynağın yoğunlaştığı siyasi olarak istikrarsız ülkeler enerjinin ulaşılabilir ve sürdürülebilir olması açısından risk teşkil etmektedir. Enerji kaynaklarına duyulan ihtiyacın özellikle sanayileşmiş bölgelerde gittikçe artması riski doğru orantılı olarak artırmaktadır.

1970’li yıllarda meydana gelen petrol şokları ile arz güvenliği tanımının önemi artmıştır. Petrol rezervlerinin önemli bir kısmı OECD dışı ülkelerde yer almaktadır. Bu dönemde OPEC tarafından ihracat kotası uygulanması petrol fiyatlarında ani artışlar yaşanmasına ve ithalatçı ülkelerin enerji ihtiyacını karşılarken ekonomik ve siyasi zorluklara karşılaşmasına neden olmuştur (Belyi, 2003:355). Bu durum özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygın olmadığı ve fosil yakıtlara bağımlı olan tüketici ülkelerin, üretici ve tedarik bölgesi üzerinde bulunan ülkelerle siyasi ilişkilerini yüksek seviyede tutması gerektiğini göstermektedir.

1.2.3.4. Çevre ve İklim Değişikliği

Çevresel faktörler uzun yıllar boyunca genellikle enerjinin mevcut olmasının, kullanılabilir ve sürdürülebilir olmasının yanında çok dikkate alınmayan bir konu olmuştur. Özellikle gelişmekte olan ülkeler açısından bakıldığında bu ülkeler kalkınması için gerekli olan enerji ihtiyacını karşılayabilmek için gelişmiş ülkelere göre daha az taviz vermektedir.

Gelişmiş ülkeler fosil kaynak kullanımının neden olduğu iklim değişikliği ve çevresel sorunlar için çözüm arayışı içerisindeyler (Erdal, 2011: 52).

Fosil yakıtlara duyulan ihtiyacın gün geçtikçe artması ve bu kaynakların sera gazı emisyonlarını artırmasının küresel ısınma üzerindeki olumsuz etkisi incelendiğinde 2008 yılında ABD yönetimi tarafından temiz enerjiye geçiş politikaları önem kazanmıştır. Fakat rüzgâr, güneş gibi yenilenebilir enerji kaynakları iklimsel ve bölgesel değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle fosil yakıtlara olan talebin azaltılmasına olanak vermemektedir. Ulusal düzenlemeler sera gazı emisyonlarının azaltılması için yeterli olmamaktadır. Bunun için küresel boyutta önlemlerin alınması ve enerji stratejilerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Çevresel güvenliğin sağlanması ve arz güvenliğinin artırılması açısından yenilenebilir enerji kaynaklarının yatırımlarla desteklenmesi ve enerji tüketiminin azaltılabilmesi için enerji verimliliği politikalarının istikrarlı bir şekilde uygulanması gerekmektedir (Hutchings, 2009: 114-115).

2. BÖLÜM

ENERJİ KAYNAKLARI

Enerji üretim, tüketim, dağıtım ve ulaşım gibi en temel ihtiyaçların giderilmesi açısından önemli bir girdi olarak nitelendirilmektedir. Enerji tanımı ulaşım ve enerji elde edilebilirliği açısından fosil yakıtlar gibi yenilenemez enerji kaynakları ve güneş, rüzgâr, jeotermal, hidroelektrik gibi doğadan elde edilen yenilenebilir enerji kaynakları olarak 2 başlık altında incelenmektedir. Enerji ihtiyacının artması enerji arz güvenliğini gündeme getirmektedir. Ülkelerin enerjide kendi kendine yetebilmeleri için enerjinin elde edilebilir ve sürdürülebilir olması gerekmektedir. Bunu yanı sıra son yıllarda fosil kaynak kullanımına bağlı olarak artan CO₂ emisyonu çevre ve iklim değişikliğini olumsuz etkilemektedir. CO₂ emisyonu sorununu azaltabilmek için fosil yakıtlardan uzaklaşmak amacıyla yenilenebilir enerji kaynakları gibi nükleer enerjide yenilenemez enerji kaynaklarının alternatifi olarak karşımıza çıkmaktadır.

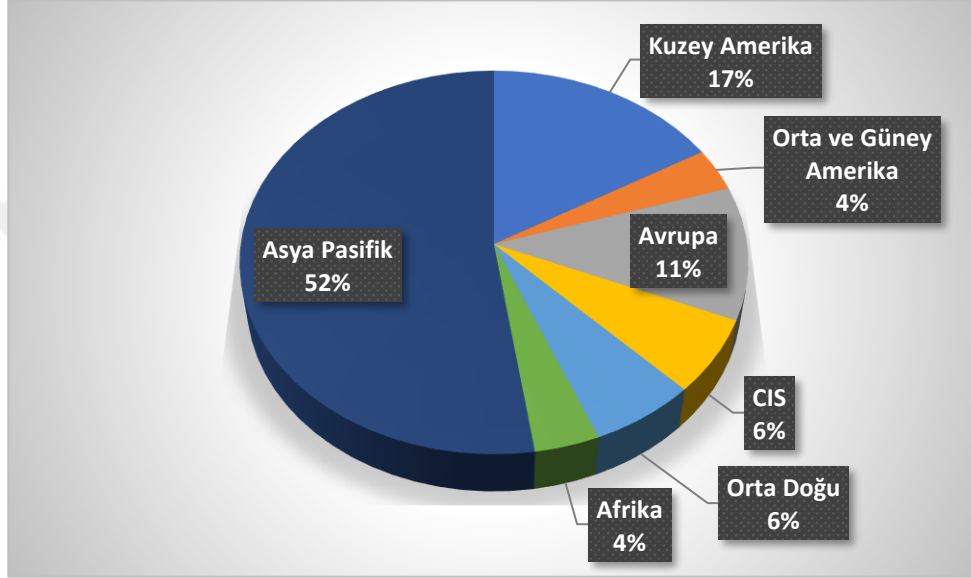
2.1. Birincil Enerji Kaynakları

Birincil enerji kaynakları petrol, doğal gaz, kömür gibi doğada fiziksel olarak bulunan (yenilenemez kaynaklar) ve rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, hidroelektrik gibi doğadan elde edilebilir olan kaynaklar (yenilenebilir kaynaklar) olarak 2 gruba ayrılmaktadır.

Fiziksel olarak bulunan kömür, doğalgaz ve petrol gibi fosil yakıtlar hem tükenme tehlikesi barındırmasından hem de küresel boyutta eşit dağılmamasından dolayı enerji arzı güvenliği açısından sorun teşkil etmektedir. Fiziksel olarak bulunmayan rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, hidroelektrik gibi kaynaklar ise doğadan doğrudan veya dolaylı olarak elde edilebilmektedir. Bu nedenle yenilenebilir enerji kaynakları hem sürdürülebilirlik hem de ülkelerin jeolojik konumuna göre elde edilebilirliğin daha kolay olması nedeniyle enerji arz güvenliğinin artırılması açısından önemli bir alternatif olarak görülmektedir.

2.1.1. Yenilenemez Enerji Kaynakları

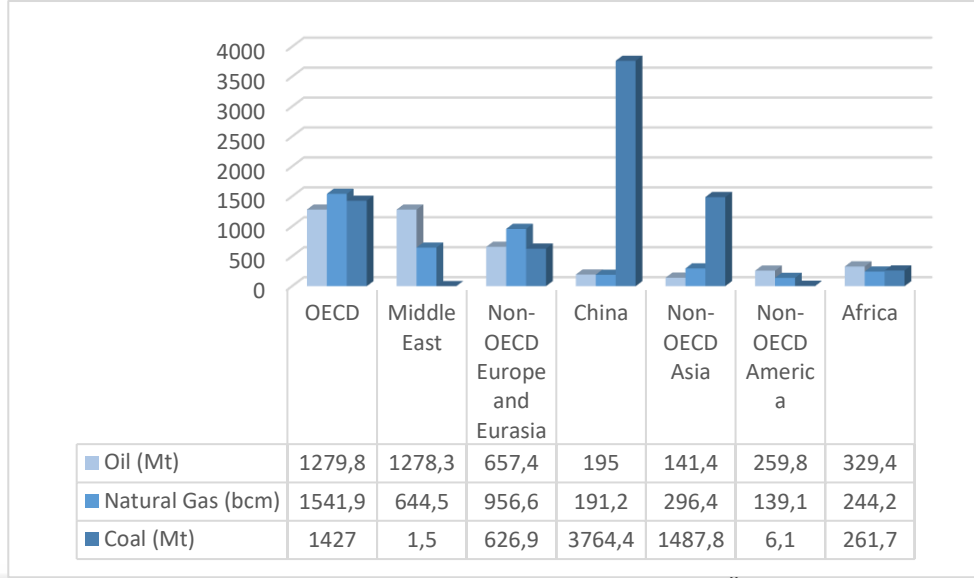
Enerji fosil kaynakların yakılması ile elde edilmektedir. Temel bileşenin karbon olması nedeniyle yakıldığında CO₂ emisyonu sorunu neden olan başta kömür olmak üzere petrol ve doğal gaz tüketildikten sonra tekrar kullanılabilir yapıda olmadığından sürdürülebilir enerji kaynağı olarak nitelendirilmemektedir (Gökce, 2013: 6; Öznazik, 2019: 8).



Şekil 3: 2021 Yılı CO₂ Emisyon Yüzdesi
Kaynak: BP, Statistical Review of World Energy 2022

Şekil 3'te bölgelerin karbon salınımı gösterilmektedir. Buna göre OECD üyesi ülkelerin toplam CO₂ emisyonunun %33,3 olduğu görülürken OECD dışı ülkelerde bu oran %66,7'dir.

Günümüzde enerji sektöründe hala önemli bir yere sahip olan fosil yakıtların yıllar içerisinde iklim değişikliği ve küresel ısınma gibi olumsuz çevresel faktörlere neden olduğu tespit edilmiştir. Bu durum enerjide yenilenebilir kaynak kullanımının payını artırsa da fosil yakıtlar günümüzde hala en yaygın enerji kaynağı olarak kullanılmaya devam etmektedir.



Şekil 4: 2020 Yılı Bölgelere Göre Fosil Yakıt Üretimi
Kaynak: IEA, " KWES 2021"

Şekil 4'te 2020 yılı verileri kullanılarak yenilenemez birincil enerji kaynakları olan petrol, doğal gaz ve kömürün bölgelere göre üretim durumu gösterilmektedir

2.1.1.1. Kömür

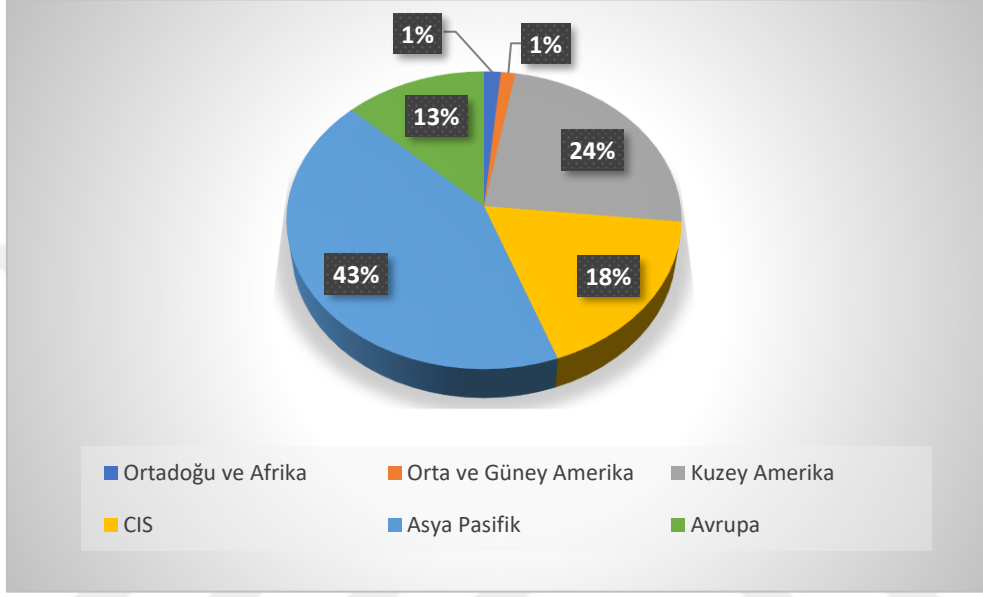
Tükenebilir enerji kaynaklarından olan fosil yakıtların bilinen en eski maddesi kömürdür ve enerji üretimi açısından oldukça önemlidir. Bitki ve hayvan kalıntılarının uzun yıllar kimyasal ve fiziksel tepkimelere maruz kalması sonucu meydana gelen bu enerji kaynağı günümüzde hala enerji arzını karşılayan en önemli ikinci doğal kaynaktır (Ergin, 2020: 36).

19. yüzyılda sanayi devriminin yapı taşlarını oluşturan kömüre olan talep 1960'lı yıllara kadar önemini korurken sonrasında yerini petrole bırakmıştır. Ancak dünya genelinde doğal gaz ve petrol gibi diğer fosil kaynaklarla kıyaslandığında hem daha homojen bir dağılıma sahip olması hem de diğer kaynaklara oranla daha fazla arza sahip olması nedeniyle kömür, özellikle elektrik üretimindeki payı da baz alındığında enerji piyasalarında eski önemini geri kazanmıştır (TTK, 2021: 3).

Dünya üzerinde kanıtlanmış kömür rezervinin 1.07 ton büyüklüğünde olduğu bilinmektedir ve bu miktarın 749 milyar tonu antrasit ve bitümlü kömür, 321 milyar tonu ise alt bitümlü kömür ve linyit kategorisinde yer almaktadır. Kömür kaynak miktarı bu sayının en az iki katıdır. Fosil

yakıtların rezerv miktarlarına bakıldığında petrol ve doğal gazın 50-60 yıl, kömürün ise 100-120 yıl ömrü olduğu bilinmektedir. Bunun yanı sıra kömürün petrol ve doğal gaza kıyasla daha geniş bir alana yayılmış ve 50'den fazla ülkede üretiliyor olması nedeniyle kömürü önemli bir hammadde haline getirmektedir (TTK, 2020: 18; TKİ, 2020).

Şekil 5: 2020 Yılı İtibariyle Kanıtlanmış Kömür Rezervinin Bölgesel Dağılımı



Kaynak: BP, Statistical Review of World Energy 2021

Şekil 5'te kömür rezervinin %42,8'inin Pasifik Asya, %23,9'unun Kuzey Amerika, %17,8'inin Bağımsız devletler topluluğu, %12,8'inin Avrupa, %1,5'inin Ortadoğu ve Afrika son olarak %1,3'ünün ise Güney Amerika bölgelerinde bulunduğu görülmektedir (BP, 2021: 47).

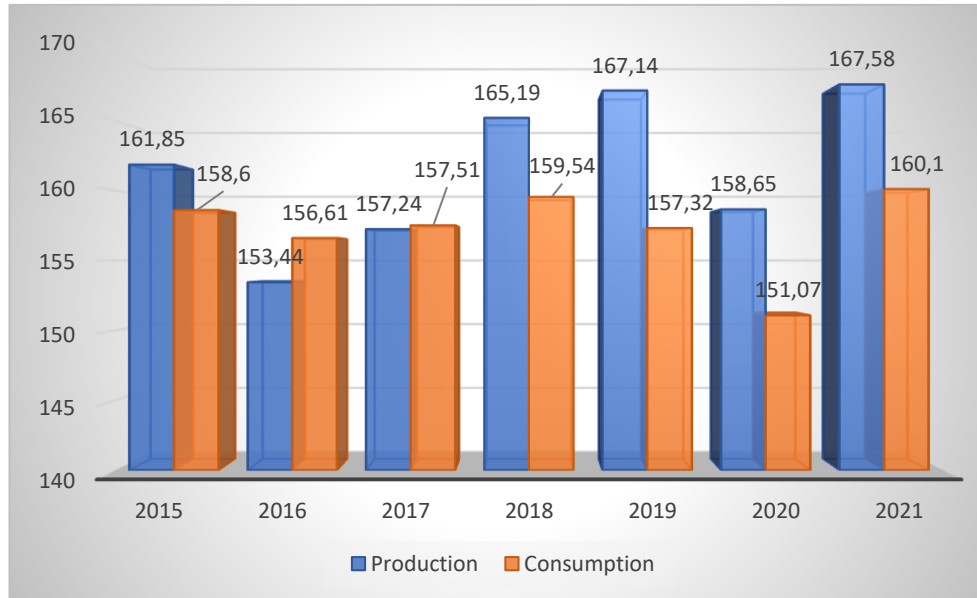
Homojen olmayan ve içerisinde birden fazla organik ve organik olmayan (inorganik) madde bulunduran kömür, düşük ranklı olarak linyit, alt bitümlü kömür ve yüksek ranklı olarak bitümlü kömür, antrasit şeklinde sınıflandırılmaktadır. Rank değeri zaman içerisinde kömürün sertleşmesi ile belirlenmekte ve kömürleşme süreci arttıkça rank değeri de doğru orantılı olarak artmaktadır. Enerji başta olmak üzere kimya endüstrisi gibi birçok alanda kullanılan kömürün kalitesi kullanıldığı alan göz önünde bulundurularak farklılık göstermektedir. Ancak hangi alanda kullanılırsa kullanılsın kalite bazında en önemli faktör içeriğindeki inorganik madde oranının düşük olmasıdır (TKİ, 2021: 2-3).

Tablo 2: Dünya Kömür Rezervinin Bölgelere Göre Dağılımı ve Kalan Süreleri (2020 Sonu) /Mt

	Antrasit ve Bitümlü	Alt-Bitümlü ve Linyit	Toplam	(%)	R/P (Yıl)
Kuzey Amerika	224444	32290	256734	23.9	484
Orta ve Güney Amerika	8616	5073	13689	1.3	240
Avrupa	59084	78156	137240	12.8	299
CIS	100208	90447	190655	17.8	367
Orta Doğu ve Afrika	15974	66	16040	1.5	60
Asya Pasifik	345313	14437	459750	42.8	78
Dünya	753639	320469	1074108	100.0	139
<i>OECD</i>	331303	177130	508443	47.3	363
<i>OECD Dışı</i>	422336	143339	565675	52.7	90
<i>Avrupa Birliği</i>	25539	53051	78590	7.3	266

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy 2021

Tablo 2’de 2020 yılına ait dünya linyit, alt bitümlü, bitümlü, antrasit kömür rezervleri, bunların toplam rezerv içerisindeki yüzdelik payları ve yıl bazlı kalan ömürleri verilmektedir (BP, 2021: 46).



Şekil 6: Dünya Toplam Kömür Üretimi ve Tüketimi (2015-2021)

Kaynak: BP, Statistical Review of World Energy 2022

Kömür dünya genelinde elektrik üretiminde en çok kullanılan tükenbilir enerji kaynağı olma özelliği taşımaktadır. Covid-19 salgını nedeniyle elektrik talebinde yaşanan ciddi azalışın kömür talebini olumsuz etkilediği ve 2020 yılında küresel kömür talebinin bir önceki yıla oranla %5 düştüğü görülmektedir (TTK, 2021:17).

Kömür dünya genelinde rezervinin bol, jeolojik açıdan homojen dağılıma sahip olması, doğal gaz ve petrol gibi diğer fosil yakıtlara kıyasla taşınmasında boru hatları kullanılmasının gerekmemesi göz önünde bulundurulduğunda daha kolay ulaşılabilir ve ekonomiktir. Ancak kömürün yakılarak elde edilen bir enerji kaynağı olması ve içerisinde yüksek oranda karbon gazı bulundurması nedeniyle CO₂ emisyonu ve küresel ısınma gibi ciddi çevresel sorunlara yol açmaktadır.

Uluslararası Enerji Ajansı tarafından İskoçya'nın Glasgow şehrinde 2021 yılının Ekim ayında kömür tüketicilerinin de aralarında bulunduğu 197 ülkenin katılımıyla Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Konferansı (COP26) düzenlendi. Düzenlenen konferansta fosil yakıtların neden olduğu CO₂ emisyonunu azaltmak, küresel ısınma ve iklim değişikliği sorununa çözüm üretmek hedeflenmiştir. Fakat 2021 yılında pandeminin etkilerini az da olsa geride bırakan ekonomik piyasalar, küresel kömür üretim ve tüketiminin artmasına neden olmaktadır. Özellikle ABD, Avrupa Birliği, Çin ve Hindistan gibi kömür tüketen ülkelerin elektrik ve endüstriyel alanda kömür kullanımının arttığı gözlenmektedir (IEA, 2021: 32).

2.1.1.2. Petrol

Günümüzde hala en önemli enerji kaynağı olma özelliği taşıyan petrol, dünya enerji stratejilerinde uluslararası rekabetin en çok görüldüğü birincil enerji kaynağıdır. Eski çağlardan bu yana birçok farklı alanda kullanılan bu kaynak, iktisadi anlamda ilk kez 1959 yılında ABD'de kullanılmaya başlanmıştır (Erdal, 2011: 58).

Petrol rezervlerinin dünya genelinde homojen bir dağılıma sahip olmaması bu kaynağı başta iktisadi, siyasi, askeri ve sosyal alanlar olmak üzere kullanıldığı birçok alanda sorun haline getirmektedir. Ayrıca petrol ihracatçısı ülkelerin arzı kısıarak fiyatları artırma politikaları enerjiye ulaşım

ve uygun fiyat ile enerjiye erişebilme faktörlerini olumsuz etkilediği için enerji arzı güvenliği açısından risk oluşturmaktadır.

Dünya kanıtlanmış petrol rezervinin günden güne azalması sadece enerji tüketicisi olan ülkeler için değil aynı zamanda dünya petrol piyasasına yön veren petrol ihracatçısı ülkeler içinde tehdit unsurudur. Azalan rezervler ve artan enerji ihtiyacı, fiyatlarda ani dalgalanmalara neden olarak ithalat bağımlısı ülkelerin enerji güvenliğini daha kırılgan hale getirmektedir (Sadosrsky, 2009: 4021).

Tablo 3: On Yıllar İtibariyle Dünyada Kanıtlanmış Petrol Rezervi (milyar varil)

Yıl	İlave Rezerv*	Rezerv	Değişim (%)
1960	-	291	-
1970	257	548	88
1980	96	644	18
1990	349	993	54
2000	94	1,087	9
2010	372	1,459	34
2020	321	1,780	22

* İlgili dönemler arası ilave rezerv miktarı $\text{İlave Rezerv} = \text{Yeni Keşif} - \text{Tüketilen Rezerv}$ formülü ile hesaplanmıştır.

Kaynak: Enerji Atlası, 2021c

Özellikle 2020 yılı itibariyle petrol arzının Şekil 5'te yer alan grafikte gösterildiği üzere %43'ünü elinde bulunduran Orta doğu ülkelerinin gelişmiş ülke kategorisinde yer almaması nedeniyle üretimi tüketiminden daha fazladır. Ancak bu bölgelerde petrol arzının fazla olması rezerv kıtlığı olan ancak tüketimi üretiminden daha fazla olan ithalat bağımlılığı yüksek ülkeler karşısında hem negatif dışsallığa hem de bu ülkeler için açık hedef haline gelmesine neden olmaktadır.

Enerji arz güvenliği tartışmalarının ortaya çıkmasının en temel sebeplerinden biri petrolün yenilenemez olmasından kaynaklanmaktadır. Arz güvenliğini sağlamak amacıyla kullanılan küresel bazlı politika ve alınan önlemler enerji piyasasının şekillenmesi üzerinde etkili rol oynamaktadır.

Bunun yanı sıra petrol rezervi bulunduran ülkelerde dahi ham petrolün çıkarılması, işlenmesi ve elde edilen petrolün lojistiğinin sağlanması ciddi maliyet gerektiren unsurlardır. Bu bağlamda ülkelerin arz güvenliği tanımları kendi bulundukları şartlara göre değişiklik göstermektedir. Örneğin; 1973 petrol krizi sonrası petrol fiyatlarında yaşanan artış ile birlikte 1974 yılında 4,75 USD olan petrol fiyatı 1974 yılına gelindiğinde 12,21 USD'ye yükselmiştir. Bu durum petrol üreticisi olan ülkeler açısından gelir anlamına gelirken petrol ithalatçısı ülkeler için ise üretim kapasitelerinin azalmasına, işsizlik oranlarının ve fiyatların artmasına neden olarak ekonomik büyüme ve refah seviyelerini olumsuz etkilemiştir (Yılmaz ve Kalkan, 2017: 185).

Tablo 4: 2021 Yılı Bölgelere Göre Petrol Üretimi ve Tüketimi (Binlerce varil/gün)

Bölgeler	Üretim	Tüketim
Kuzey Amerika	23942	22264
Orta ve Güney Amerika	5909	5622
Avrupa	3420	13527
CIS	13829	4307
Orta Doğu	28156	8640
Afrika	7286	3922
Aşya Pasifik	7335	35806
Dünya	89877	94088

Kaynak: BP, Statistical Review of World Energy 2022

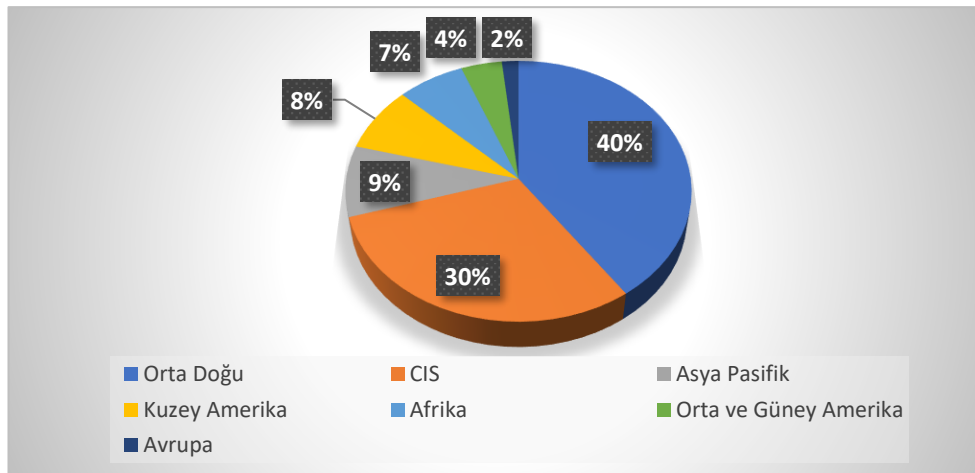
2021 yılında dünya genelinde tüketilen petrolün günlük 94,088 bin varil olduğu ve bu tüketimin %48'inin Orta doğu ülkelerinden karşılandığı görülmektedir. Tüketiminin 3 katını üreten Orta doğu devletleri için petrol önemli bir gelir kalemiyken gelişmiş ülkelerin petrol talepleri arttıkça bölgedeki petrolün kontrolü önemli bir dış ticaret sorunu haline gelmektedir (Varol, 2007: 14).

Orta Doğu bölgesi dünyadaki toplam petrol rezervinin yaklaşık %43'ünü (113,2 milyon ton) elinde bulundurmaktadır. Suudi Arabistan

%17,2 (40,9 milyon ton) ile ilk sırada iken Suudi Arabistan'dan sonra en fazla rezerve sahip olan Orta Doğu ülkesi %9,1 (21,7 milyon ton) ile İran'dır. Irak ise %8,4 (19,6 milyon ton) ile üçüncü sıradadır. Ancak Irak'taki siyasi ve ekonomik istikrarsızlık çözüme kavuşturularak Batı Çölünde bulunan rezervlerin araştırılması sağlanırsa kanıtlanmış rezerve ek olarak ilave potansiyel ek rezerv ile Suudi Arabistan'ın rezervine yaklaşılabileceği öngörülmektedir (BP, 2021: 16; Varol, 2007: 23).

2.1.1.3. Doğal Gaz

Doğal gaz, petrol ve kömür gibi bitki ve hayvan kalıntılarının tepkimesi sonucu meydana gelen bir enerji kaynağıdır ve birçok alanda kullanımı daha eskiye dayanıyor olsa da iktisadi alanda kullanımı diğer fosil yakıtlarla kıyaslandığında daha uzun zaman aldığı görülmektedir. Başta elektrik üretimi, sanayi ve konutlar olmak üzere birçok alanda kullanılan doğal gaz diğer enerji kaynaklarının hemen hepsinin yerine ikame edilebilir yapıdadır. Fosil yakıtlar içerisinde en az karbon salınımına sahip olan doğal gaz hem daha temiz bir enerji kaynağı hem de kömüre göre daha yüksek enerji verimliliği sağlamaktadır. Ayrıca yine kömür ile kıyaslandığında doğal gaz santrallerinin yapımı daha az maliyetli olmakla birlikte rüzgâr ve güneş enerjisine dayalı sistemleri destekleyecek altyapıda olduğu görülmektedir (Kımk, 2009: 66).



Şekil 7: 2020 Yılı İtibariyle Kanıtlanmış Doğalgaz Rezervinin Bölgesel Kaynak: BP, Statistical Review of World Energy 2021

Şekil 7 incelendiğinde 188,1 trilyon m³ olan dünya doğal gaz rezervinin %40,3'ünün (75,8 trilyon m³) Orta doğu bölgesinde, %30,1'inin (56,6

trilyon m³) Bağımsız devletler topluluğu ülkelerinde, %8,8'inin (16,6 trilyon m³) Asya Pasifik'te, %8,1'inin (15,2 trilyon m³) Kuzey Amerika'da, %6,9'unun (12,9 trilyon m³) Afrika'da, %4,2'sinin (7,9 trilyon m³) Orta ve Güney Amerika'da ve son olarak %1,7'sinin (3,2 trilyon m³) Avrupa'da yer aldığı görülmektedir (BP, 2021: 34).

IEA (2021)'in Dünya Enerji Görünümü raporuna göre doğal gaz tüketiminin önümüzdeki 5 yıl boyunca artacağı tahmin edilmektedir. Bu durum paralel olarak doğal gazın arz güvenliği konusunu gündeme getirmektedir.

Doğal gaz yapısı gereği diğer fosil yakıtlar gibi kısa vadeli anlaşmalar ile esnek ulaşım araçlarıyla ticareti yapılan bir emtia olmadığı gibi aynı zaman da arz kesintisi durumlarında kömür ve petrole oranla daha kırılgan bir yapıdadır. Doğal gaz temel olarak boru hatları ile tedarik edilmektedir. Bu sebeple ihracatçı ve ithalatçı ülkeler arasında uzun vadeli anlaşmalara ve ciddi altyapı yatırımlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bir diğer tedarik yöntemi olan tanker ile taşıma sistemi için ise doğalgazın sıvılaştırılması (LNG) ya da sıkıştırılması (CNG) gerekmektedir. Bu nedenle petrol kadar esnek bir piyasa yapısına sahip değildir. Doğal gaz ticaretinin petrol kadar standartlaşmış olmaması işbirlikçi ülkeler arasında siyasal istikrar ve karşılıklı güven ortamını zorunlu kılmaktadır (Shaffer, 2013: 114-115).

2.1.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji kaynaklarının fosil yakıtlara kıyasla daha sürdürülebilir ve daha çevre dostu olduğu görülmektedir. Özellikle son yıllarda artan küresel ısınma sorunu gibi çevresel faktörler fosil yakıtların enerji piyasasındaki hakimiyetini değiştirmese de tüketimdeki payını azaltmaktadır.

Günümüzde hala küresel enerji talebinin karşılanmasında fosil yakıtların lider konumda olduğu görülmektedir. Bu nedenle enerji güvenliği ile ilgili çalışmalar genel olarak fosil kaynaklar ve bu kaynakların yenilenemez olması üzerine inşa edilmektedir. Ancak fosil yakıtların sürdürülebilir olmaması şu an için enerjide ilk tercih olmasına rağmen yakın

gelecekte ciddi arz sorunu yaratacağını ve enerji güvenliğini şu an olduğundan daha fazla tehdit edeceğini göstermektedir. (Johansson, 2013: 598).

Enerji talebinde yaşanan artışlar dünya genelinde fosil kaynakların sürdürülemez olmasının hem tüketici hem de üretici ülkeler için ciddi sorunlar yaratacağının sinyallerini vermektedir. Alternatif kaynağa yönelmeyen ülkeler fosil kaynakların artan fiyat artışları nedeniyle ekonomik olarak sorun yaşarken bu durum, petrol ve doğal gaz tedarikçisi ülkeler için ise zamanla tükenen bu kaynaklar ciddi tehdit oluşturmaktadır (Çıtak ve Pala, 2016: 95).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının sürekli kendini yenilemesi ve fosil yakıtlar kadar CO₂ emisyonuna neden olmaması bu kaynakları fosil kaynakların önemli bir alternatifi yapmaktadır. Bu bakımdan enerji talebinin yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması enerji arz güvenliğini olumsuz etkileyen fiziksel tehditler, fiyat istikrarsızlıkları, terör saldırıları ve altyapı sorunları gibi unsurların risklerini azaltacaktır. Ancak dikkat edilmezse çevresel olarak tamamen zararsız olduğunu iddia etmek mümkün değildir. Örnek vermek gerekirse HES'ler kurulurken iletim kanalları boyunca gerçekleştirilecek kazılar sebebiyle bitki türleri yok olacak toprakta deformasyonlar meydana gelecektir. Meydana gelen deformasyonlar uzun dönemde erozyon riskini artıracaktır. Nehir yatakları ve çevresinde bulunan ormanlara zarar vererek içerisinde bulunan canlı türlerini olumsuz etkileyecektir. JES'ler fosil kaynaklar kadar CO₂ emisyonuna neden olmasalar da içerisinde CO₂, H₂S, NH₃, CH₄ ve az miktarda diğer gazları barındırmaktadır. Bu gazlar buhar yolu ile toprak ve bitki örtüsüne zarar vermektedir. Özellikle aşındırıcı ve zehirli olması nedeniyle H₂S gazı hem çevre hem de canlı yaşamı açısından büyük bir endişe kaynağıdır. Rüzgâr türbinleri ise fan , jeneratör gibi motor içerisinde bulunan sistemler ve kanat rüzgâr etkileşimi sonucu oluşan gürültü santrallerin çevresinde yaşayan insanlar için problem teşkil etmektedir. Rüzgâr türbinleri yüksek frekanslı gürültünün yanı sıra insan kulağının algılayamadığı düşük frekanslı gürültüler de yaymaktadır. Bu düşük frekanslı gürültülere uzun süre maruz kalan canlılarda uyku bozukluğu, sinirlilik, depresyon gibi problemler

meydana gelmektedir. Ayrıca türbinlerin kanatlı yapısı çevrede uçan canlılar için risk teşkil edebilmektedir (Çıtak ve Pala, 2016: 97-98; Üçüncü vd., 2020: 37; Acar ve Köseoğlu, 2021: 328; MACOM, 2018).

2020 yılında yenilenebilir enerji 358 TWh ile şimdiye kadar ki en büyük artışı gerçekleştirmiş olmasına rağmen yenilenebilir enerji teknolojilerinin halihazırda fosil yakıtların yerini tamamen alabilmesi mümkün değildir (BP, 2021: 5). Ancak enerji ihtiyacının büyük bir kısmının yenilenebilir kaynaklardan sağlanması arz güvenliği riskini azaltarak sürdürülebilirliği olumlu etkilemektedir. Bu nedenle enerji adına atılan adımlarda öncelik yatırımları ve bu kapsamdaki politikaları şekillendirirken göz önüne alınması gereken temel faktör sürdürülebilir bir enerji piyasası sağlamak olmalıdır. Sürekli artan enerji ihtiyacının karşılanması günden güne zorlaşmakta, ithalat bağımlısı ülkelerin arz güvenliğini artırmak için mümkün olduğunca kaynak çeşitlendirmesi ve alternatif kaynaklara yönelmesi gerekmektedir. Başlıca yenilenebilir enerji kaynakları rüzgâr, güneş, jeotermal, hidroelektrik, biyokütle enerjisidir. Bölgesel olarak farklılık gösterse de her ülkenin yenilenebilir enerji potansiyeli olduğu görülmektedir.

2.1.2.1. Rüzgâr

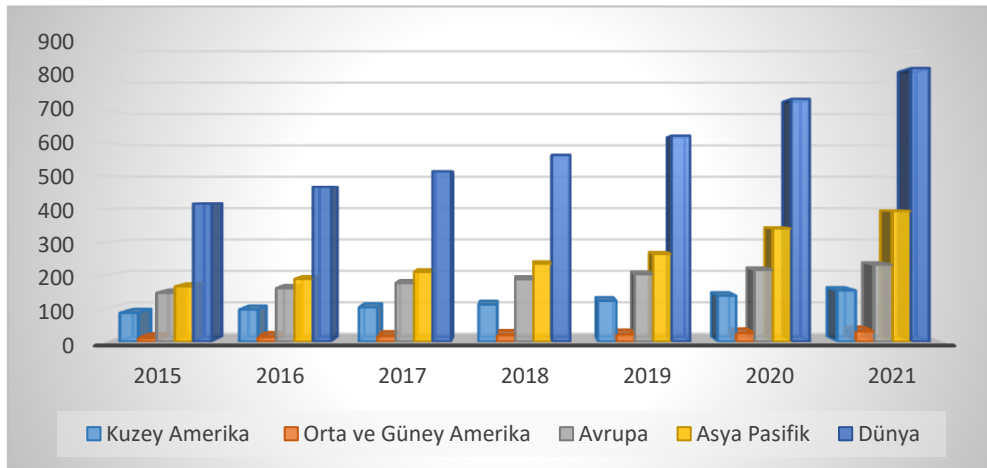
Yenilenebilir enerji kaynakları arasında önemli bir yere sahip olan rüzgâr, temeli güneşe dayanan yeryüzündeki ısı ve basınç farkından dolayı havanın yer değiştirmesi sonucu meydana gelen ve yaygın olarak elektrik üretimi için kullanılan bir enerji kaynağıdır. Isı ve basıncın yerküre üzerinde homojen dağılım göstermemesi nedeniyle rüzgâr zamansal ve bölgesel olarak farklılıklar göstermektedir. Rüzgâr enerjisinden çok eski çağlardan beri yararlanılmasına rağmen elektrik üretimi için kullanılmaya başlanması 20. yüzyılın ilk dönemlerinde başladığı görülmektedir. (Erdal, 2011: 72; Gökce, 2013: 26).

Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde rekabet gücü en yüksek enerji kaynağı rüzgardır. Rüzgârın kinetik enerjisi, kurulan rüzgâr türbinleri sayesinde mekanik enerjiye dönüştürülerek başta elektrik üretiminde kullanımı gibi birçok alanda enerji ihtiyacının karşılanmasını sağlamaktadır

(Amjith ve Bavanish, 2022: 5). Bunun yanı sıra rüzgâr şiddetinin önemli olması nedeniyle rüzgâr türbinlerinin kurulacağı bölgelerin iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Rüzgâr enerjisinin avantajları şu şekilde sıralanabilir (Rechsteiner, 2008: 51);

- Yenilenebilir olduğu için tükenme tehlikesi bulunmamaktadır.
- Kaynak ülke içerisinde sağlandığı için tedarik kesintisi riski taşımaz.
- Rüzgâr enerjisi CO₂ emisyonuna neden olmadığı için hava kirliliğine neden olmaz.
- Diğer enerji kaynakları ile kıyaslandığında erişimi kolaydır.
- Fosil yakıtlar ile kıyaslandığından tüketiciye olan mesafesi azdır.
- Rüzgâr santrallerinin kurulumu 1 yıldan az bir sürede gerçekleşir.
- Enerji ithalatında dışa bağımlılığı azaltır.

2020 yılında küresel enerji piyasasında rüzgâr enerjisinin payı bir önceki yıla kıyasla 93 GW artmıştır. Yeni kurulum ile toplam küresel kümülatif rüzgâr enerji kurulumu 743 GW'a çıkmıştır. Bu %53'lük artış ile küresel düzeyde rüzgâr enerji kapasitesinde tarihteki en büyük artışı gerçekleştirmiştir. Kurulan yeni tesisler ile küresel rüzgâr piyasasında kara kapasitesi 86,9 GW ile en yüksek, açık deniz kapasitesi ise 6.1 GW ile ikinci en yüksek kapasite artışına ulaşmıştır (GWEC, 2021: 44).



Şekil 8: 2015-2021 Yılı Kurulu Rüzgâr Türbinü Kapasitesi (Gigawatt)

Kaynak: BP, Statistical Review of World Energy 2022

Şekil 8 verilerine göre rüzgâr sektöründeki en iyi ikinci büyüme yılı 2020 yılının yalnızca %1,8 gerisinde kaldığı görülen 2021 yılına aittir. Yıl içerisinde gerçekleştirilen 93,6 GW yeni kurulum gücü ile toplam küresel kümülatif rüzgâr enerjisi kurulumunun 837 GW'a yükseldiği görülmektedir. (GWEC, 2022: 8).

Tablo 5: 2021 Yılı Ülkelere Göre Rüzgâr Enerjisi Kurulu Gücü

Ülkeler	Yeni Kurulum (MW)		Toplam Kurulum (MW)	
	Karada	Açık Denizde	Karada	Açık Denizde
USA	12,747	0	134,354	42
Hindistan	1,459	-	40,084	-
Almanya	1,925	0	56,814	7,728
Fransa	1,192	-	19,131	-
UK	328	2,317	14,064	12,522
Çin	30,670	16,900	310,629	27,680
Afrika ve Orta Doğu	1,809	-	9,085	-
Hollanda	-	392	-	3,003
Belçika	-	0	2,262	2,262
Güney Kore	64	0	1,579	133

Kaynak: GWEC, 2022

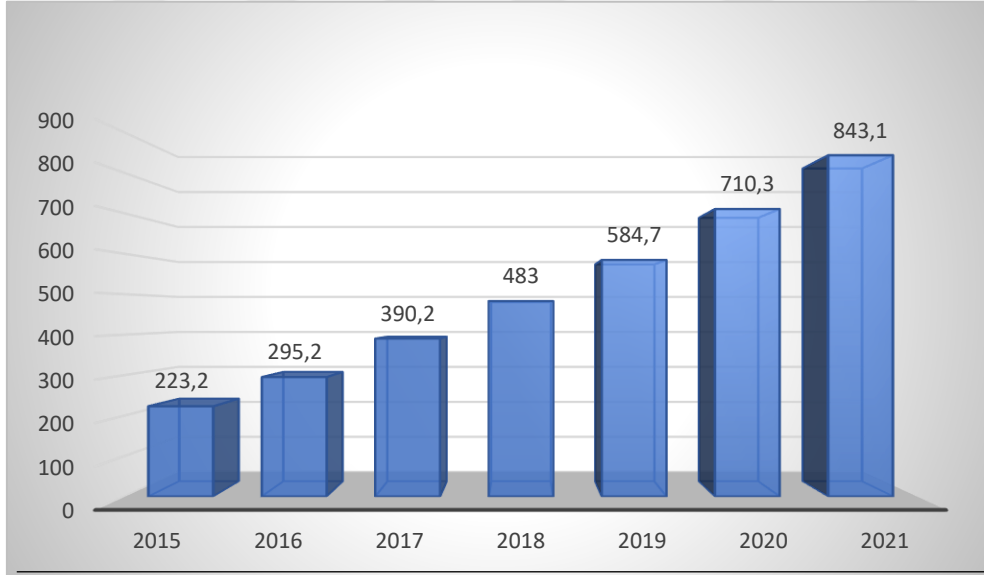
Rüzgâr enerjisinin enerji piyasasında etkinliğinin artırılması için uygulanması gereken politikalar şu şekilde sıralanabilir (GWEC, 2021: 13);

- Rüzgâr enerjisi kapasitelerini artırmak
- Mevcut sistemin altyapı iyileştirmeleri
- Rüzgâr santrallerine uzun vadeli yatırımlar ve iletim planlaması
- Eski santrallerin güçlendirilmesi
- Rüzgâr enerjisi çalışmalarının ulusal düzeyde kritik olarak kategorize edilmesi
- Doğrudan ve dolaylı sübvansiyonlar

Yukarıda maddeler halinde verilen politika ve uygulamaların hayata geçirilmesi enerji ihtiyacının karşılanmasında rüzgâr enerjisinin payını artırarak enerji arz güvenliğini olumlu etkilemektedir.

2.1.2.2. Güneş

Güneş, yüzyıllar boyu yerküre üzerinde ısı, ışık ve ihtiyaç duyulan birçok yaşamsal faaliyet için önemli bir enerji kaynağıdır. Fosil yakıtların sürdürülemez olmasına karşılık güneş enerjisi gezegenin varlığından beri enerji kaynağı olarak kullanılan sonsuz bir enerji akışı sağlamaktadır. Birincil enerji kaynağı olarak doğrudan kullanılan güneş enerjisi aynı zamanda ikincil enerji kaynağına dönüştürülerek dolaylı olarak da kullanılmaktadır. Ayrıca dalga ve rüzgâr enerjisi gibi diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının temelinde güneş enerjisi bulunmaktadır. Günümüzde en yaygın güneş enerjisinden yararlanma şekli güneş pili olarak da bilinen fotovoltaik paneller ve güneş termal sistemleridir (Angelis-Dimakis vd., 2011: 1183-1184; Çıtak ve Pala, 2016: 84).



Şekil 9: 2015-2021 Dünya PV Kurulu Güç Kapasitesi (GW)

Kaynak: BP, Statistical Review of World Energy 2022

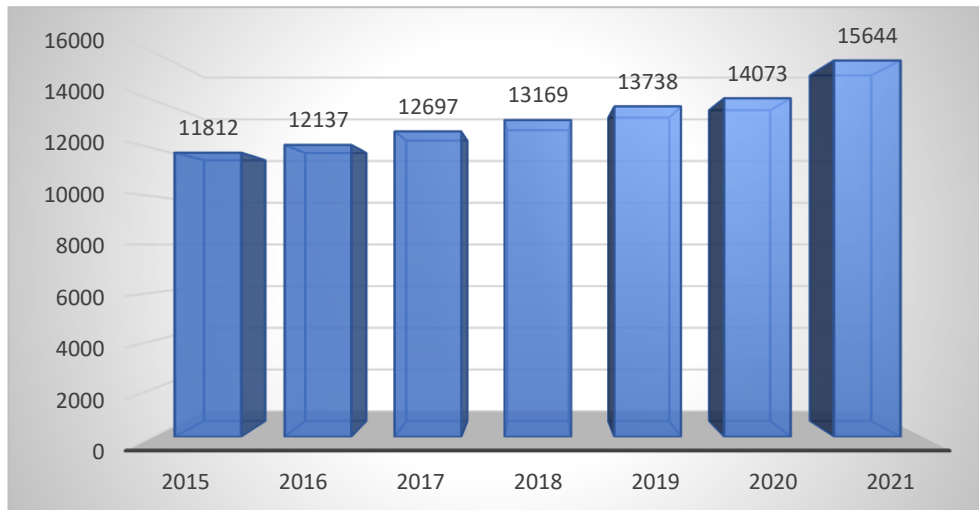
Şekil 9'daki veriler incelendiğinde 2015 yılından 2021 yılına kadar dünyadaki fotovoltaik panel kurulum gücünün enerjiye olan ihtiyacın günden güne artması sebebiyle doğrusal olarak arttığı görülmektedir. Özellikle Çin 253.8 GW ile güneş enerjisinde lider konumdadır. Bölgesel

olarak bakıldığında ise PV kurulu güç kapasitesinin dağılımının sırasıyla Asya Pasifik (422,6 GW), Avrupa (167.8 GW), Kuzey Amerika (82.8 GW), Orta ve Güney Amerika (15.1 GW), Afrika (9.5 GW), Orta Doğu (6,5 GW) ve son olarak Bağımsız Devletler Topluluğu (3,2 GW) şeklinde olduğu görülmektedir.

Güneş enerjisi de diğer yenilenebilir enerji kaynakları gibi yenilenemez değildir ve ülke içerisinde kurulan sistemler ile elde edildiğinden ithalat bağımlılığını azaltmaktadır. Aynı zamanda çevresel ve iklimsel olarak tehlike arz etmemektedir. Ancak güneş ışınlarının yerküre üzerine düşme açıları mevsimsel farklılık gösterdiğinden enerji üretim miktarı dönemsel olarak değişiklik göstermektedir.

2.1.2.3. Jeotermal

İnsanoğlunun varoluşundan beri kullanılan bir diğer yenilenebilir enerji kaynağı ise jeotermaldir. Gezegenin iç katmanlarında bulunan ısıнын volkanik ve tektonik hareketler sonucu yeryüzüne doğru yükselerek rezervuarlarda depolanması sonucu oluşan bir enerji türüdür. Endüstriyel, turizm ve günlük yaşam alanlarında doğrudan kullanılabileceği gibi elektrik enerjisine dönüştürülerek dolaylı olarak da kullanılmaktadır. Elektrik üretimi sırasında meydana gelen sera gazı emisyonlarının minimum seviyede olması ve düşük çevresel etkiye neden olması sebebiyle iklim değişikliğine neden olmamaktadır (Moya vd., 2018: 889-890).



Şekil 10: 2015-2021 Dünya Jeotermal Kurulu Güç Kapasitesi (MW)

Kaynak: IRENA, 2022

Şekil 10'da verilen tablo verileri incelendiğinde küresel jeotermal enerji kurulu gücünün yıllar içerisinde artış gösterdiği görülmektedir. 2015 yılında 11.812 MW olan kurulu güç 2021 yılı sonu itibarıyla 15644 MW seviyesine ulaşmıştır. Diğer yenilenebilir enerji kaynakları ile kıyaslandığında jeotermal enerji kurulu gücündeki artış oranının düşük kaldığı gözlemlenmektedir.

2022 yılı sonunda küresel jeotermal kurulu gücü 16,1 GW'e ulaşmıştır. Dünyada elektrik üretimi için jeotermal enerjiden yararlanan ilk beş ülke sırasıyla ABD, Endonezya, Filipinler, Türkiye ve Yeni Zelanda'dır. Dünya elektrik dışı jeotermal kullanımında ilk beş ülke ise ABD, Çin, İsveç, Türkiye ve Almanya'dır. Dünyada elektrik dışı jeotermal kullanım miktarı 107,000 MWt'nin üzerindedir (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 2023).

Sıcaklık türlerine başka bir ifade ile entalpi değerlerine göre kullanım alanları değişmektedir. Elektrik üretimi için yüksek sıcaklıklı kaynaklar kullanılırken endüstriyel amaçlı kullanımlarda ise orta ve düşük sıcaklıklı kaynaklar kullanılmaktadır ve bu sıcaklıklara göre üç grupta incelenmektedir (Erdal, 2011: 75);

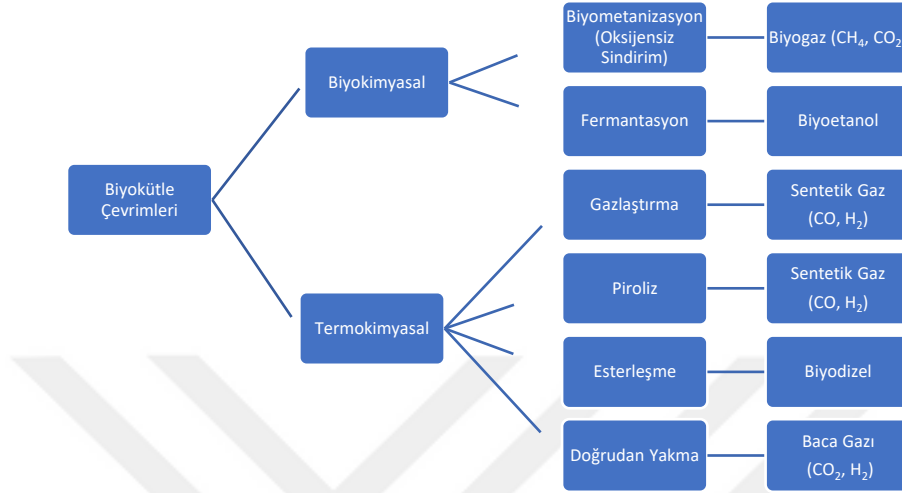
- $<100^{\circ}\text{C}$ derece düşük sıcaklık (low enthalpy)
- $100-180^{\circ}\text{C}$ derece orta sıcaklık (medium enthalpy)
- $180-200^{\circ}\text{C}$ derece yüksek sıcaklık (high enthalpy)

2.1.2.4. Biyokütle

Biyokütle enerjisi toprağın altında veya üzerinde belirli bir zaman dilimi içerisinde bitki ve hayvan kalıntılarının herhangi bir işleme tabi tutularak ya da doğrudan kullanılması ile meydana gelmektedir. Biyokütle doğal bir şekilde büyümesi ve çürümesi nedeniyle üretim ve kullanımı sırasında sera gazı emisyonuna sebep olmamakta ve genel olarak karbon nötr olarak kabul edilmektedir. Ancak bu durum enerji üretiminde kullanılan biyoenerji hammaddesinin sürdürülebilir yöntemler ile üretilmesi durumunda geçerlidir. Bu enerji türü iki farklı şekilde sınıflandırılmaktadır. Klasik anlamda kullanılan biyokütle enerjisi yakacak olarak kullanılan odun, bitki ve hayvan kalıntılarından oluşurken modern anlamda kullanılan biyokütle

enerjisi ise tarım alanındaki bitkiler ve orman endüstrisi atıklarından meydana gelmektedir (Demirtaş ve Gün, 2007: 50-51; pwc, 2021: 8).

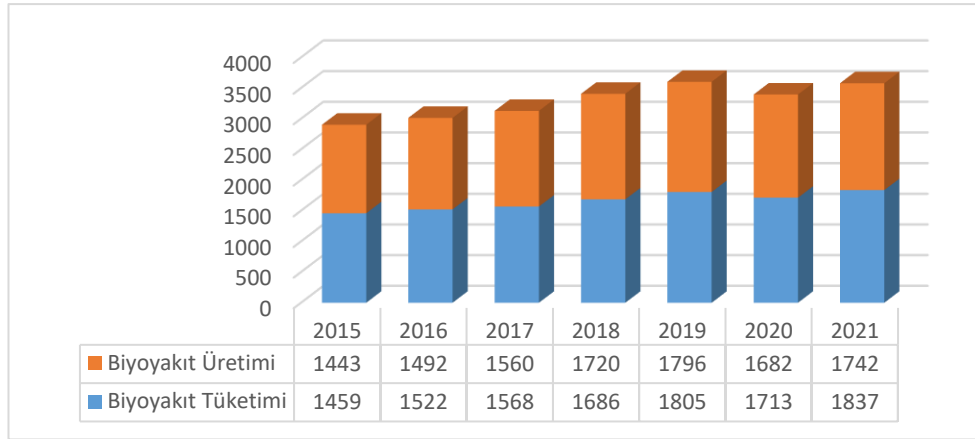
Tablo 6: Biyokütle Enerjisinin Yakıt Çevrimleri



Kaynak: (Ar vd., 2004: 585)

Tablo 6’da gösterildiği üzere biyokütle enerjisi biyokimyasal ve termokimyasal yöntemler kullanılarak çeşitli teknik ve teknolojiler ile katı, sıvı, gaz formda ürün ve yakıtlara dönüştürülebilmektedir.

Biyokütle enerjisinin ham maddesi bitki ve hayvan kalıntıları gibi organik bileşenlerden oluşmasının yanı sıra çöpler ve hayvan gübreleri de enerjiye dönüştürülebilir. Enerji açığa çıkarmak için bu kaynakların yakılması gerekmektedir. Bu kaynaklar kimyasal yapıları itibarıyla sülfür içerdiğinden sera gazı emisyonlarını düşürmektedir. Kısaca hem üretimi hem de tüketimi esnasında çevresel tehlike teşkil etmemektedir (Öznazik, 2019: 38).

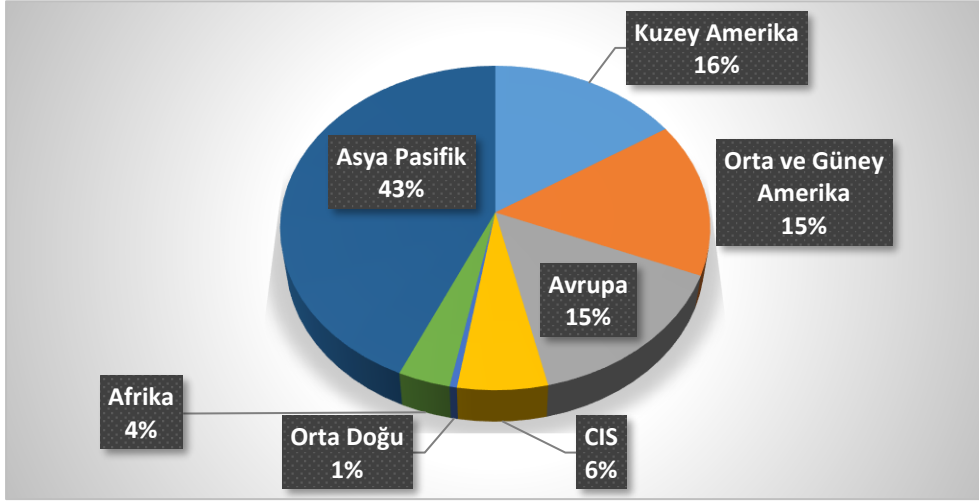


Şekil 11: 2015-2021 Yılları Arasında Dünya Biyoyakıt Üretim/ Tüketim Verileri
Kaynak: BP, Statistical Review of World Energy 2022

Yıllar içerisinde gerekli altyapı yatırımları ve teknolojik gelişmeler sayesinde enerji üretiminde biyokütle enerjisinin payı artırılmıştır. Şekil 11’de 2015-2021 dönemi için 7 yıllık üretim-tüketim verileri gösterilmektedir. Veriler incelendiğinde biyoyakıt tüketiminin verilen tüm yıllar içerisinde biyoyakıt üretiminden fazla olduğu gözlemlenmektedir.

2.1.2.5. Hidroelektrik

Hidroelektrik enerjisi, kurulan santraller aracılığıyla su gücünün elektrik enerjisine dönüştürülme işlemidir. Diğer yenilenebilir enerji kaynakları ile kıyaslandığında daha az maliyetli ve daha fazla enerji verimliliği sağlamaktadır. Elektrik üretimi için suyun potansiyel enerjisi kinetik enerjiye daha sonra bu kinetik enerji su türbinleri yardımıyla mekanik enerjiye dönüştürmektedir. Hidroelektrik santralleri depolamalı ve depolamasız olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Depolamalı santraller daha yüksek kapasitelidir ve suyun barajlarda muhafaza edilerek uzun dönemde kullanılabilir olması elektrik üretimi için sürekli yağış gerektirmez. Barajlarda muhafaza edilen suyun elektrik enerjisine dönüştürülmesi aşamalarında iletim boruları, su türbinleri, jeneratörler ve transformatörler elektromanyetik sistemlere ihtiyaç duyar. Bu nedenle ilk yapım maliyetleri yüksek olan depolamalı sistemin aksine daha düşük kapasiteli depolamasız santraller daha basit şekilde suyun basınç kuvveti ile türbinlere gönderilmesi sonucu elektrik üretmektedir (Yurtkuran, 2021: 81; Mahmutoglu, 2013: 16-17).



Şekil 12: 2021 Yılı Bölgelere Göre Elektrik Üretiminde Hidroelektrik Enerjisinin Payı (TWh)

Kaynak: BP, Statistical Review of World Energy 2022

Hidroelektrik enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde önemli bir yere sahiptir ve elektrik üretimindeki payı her geçen yıl artmaktadır. Şekil 12’de hidroelektrik enerjisinin bölgesel olarak dünyada elektrik üretimindeki dağılımı gösterilmektedir.

2.1.3. Nükleer Enerji

Nükleer enerjinin hammadde kaynağı reaksiyonu yüksek metaller sınıfında yer alan toryum ve uranyum elementidir. Toryum elementi fisyon (çekirdek bölünmesi) tepkimeleri ile parçalanamadığı için nükleer reaktörlerde doğrudan kullanılamazlar. Bu nedenle uranyumdan enerji elde etme işlemi toryuma oranla daha az teknolojik işlem gerektirmektedir. Toryumdan enerji elde etmek için ise birden fazla kez işleme tabi tutularak küçültülmesi ve toryumun uranyum haline getirilmesi gerekmektedir. Bu durum maliyet farkına neden olmakta ve enerji üretimi için uranyum kullanımının daha fazla tercih edilmesine neden olmaktadır. Nükleer enerjiden iki şekilde enerji elde edilebilir (Saltık, 2015: 22);

- Enerjinin ağır radyoaktif atomların çarpışması sonucu daha küçük parçalara bölünmesi işlemi ile elde edilmesine fisyon denilmektedir.
- Enerjinin daha hafif radyoaktif atomların birleşmesi sonucu daha ağır atomlar haline gelmesi işlemi ile elde edilmesine füzyon denilmektedir.

Son yıllarda artan küresel ısınma, iklim değişikliği ve sürdürülebilir kalkınma tartışmaları ülkeleri fosil yakıtların yerine getirilebilecek alternatif enerji kaynağı arayışına sürüklemektedir. Son 50 yıl içerisinde kontrolsüz şekilde artan sera gazı emisyonları ve küresel ısınma gibi sorunlara ek olarak fosil yakıt kullanımının enerji arz güvenliği üzerindeki olumsuz etkisi daha temiz ve sürdürülebilir enerji için farklı kaynaklara yönelmek gerektiğini bir kez daha gözler önüne sermektedir. Bu bağlamda gün geçtikçe artan enerji ihtiyacı, fosil yakıt rezervlerinin tükenmesi sorunu ve tüm bunlara paralel olarak enerji piyasalarındaki fiyat volatilitesi nükleer enerjiyi önemli bir alternatif enerji kaynağı konumuna getirmektedir. Bugün gelişmiş ve gelişmekte olan birçok ülkede sürdürülebilir kalkınma stratejilerini nükleer enerji üzerine kurmaktadır. Düşük karbon ekonomisine geçişte büyük katkısı bulunan nükleer enerji, dünyada üretilen düşük karbonlu elektriğin %11'lik kısmını oluşturmaktadır. (Christoforidis vd., 2021: 1-2; Mathew, 2022: 5).

Tablo 7: Dünyada 2020 Yılı Nükleer Enerji Santrali Kurulucu Gücü (İlk On Ülke)

	Reaktör Sayısı	Kurulu Güç (MW)	Kişi Başına Kurulu Güç (Watt)
ABD	98	99,648	306
Fransa	58	63,130	941
Çin	48	45,518	33
Japonya	38	36,476	288
Rusya	39	28,448	194
Güney Kore	25	23,883	463
Kanada	19	13,554	370
Ukrayna	15	13,107	309
Almanya	7	9,515	115
Birleşik Krallık	15	8,923	136

Kaynak: Enerji Atlası, 2021b

Tablo 7’de 2020 yılı başı itibariyle dünyada nükleer enerji santrali kurulu gücü en yüksek olan 10 ülke sırasıyla gösterilmektedir. Buna göre nükleer enerji santrali kurulu gücü en yüksek olan ilk üç ülke sırasıyla ABD, Çin ve Japonya’dır. Bu üç ülkenin nükleer enerji santrali kurulu gücünün

geri kalan ülkelerin tamamından daha fazla olduğu ancak kişi başına kurulu güç verilerinin ülkelere göre farklılık gösterdiği görülmektedir.

Tablo 8: 2020- 2021 Nükleer Enerjinin Elektrik Üretimindeki Payı (TWh)

	2020	2021
Kuzey Amerika	940.1	923.0
Orta ve Güney Amerika	24,7	25.5
Avrupa	833.2	882.8
CIS	219.0	230.2
Orta Doğu	8.0	14.1
Afrika	13.9	10.4
Asya Pasifik	655.0	714.3
Dünya	2694.0	2800.3

Kaynak: BP, Statistical Review of World Energy 2022

Nükleer enerji tıp, Ar-Ge faaliyetleri, tarım, endüstri gibi alanlarda kullanılmaktadır. Ancak en yaygın kullanım alanı elektrik üretimidir. Tablo 8’de 2020-2021 yılları için bölgelere göre elektrik üretiminde nükleer enerjinin payı gösterilmektedir.

Nükleer enerji kullanımının avantajları şu şekilde sıralanabilir (Aliağaoğlu ve Temurçin, 2003: 27);

- Rezerv potansiyeli yüksektir.
- Düşük hammadde girdisine karşı çok yüksek miktarda enerji sağlanmaktadır.
- Nükleer enerji üretiminde açığa çıkan atıkların geri dönüşümü mümkündür.
- Santral kurulumları için diğer enerji santrallerine kıyasla daha az alan kullanılmaktadır.
- Sera gazı salınımlarına neden olmadığı için çevresel bir enerji kaynağıdır.
- Kurulan santraller uzun ömürlüdür.

Nükleer enerji kullanımının yukarıda verilen avantajlarına karşılık bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler, nükleer enerji santrali kurulumunda gerekli olan teknolojiye sahip

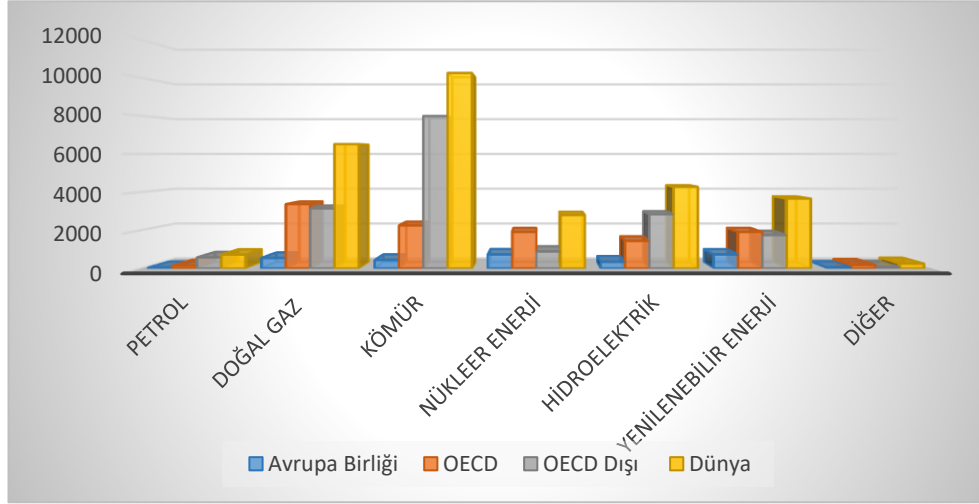
değildir. Bu da önemli bir dezavantaj olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunlar şu şekilde sıralanabilir (Aliağaoğlu ve Temurçin, 2003: 28);

- Nükleer enerji santrallerinin kurulumu yüksek güvenlik önlemleri gerektirmektedir. Bu nedenle ilk yatırım maliyetleri yüksektir.
- Nükleer enerji santrallerinin kurulumu için seçilen bölgenin coğrafi özellikleri çok önemlidir. Kurulacak santrallerin fay hattı üzerinde bulunmamasına dikkat edilmesi gerekmektedir.
- Nükleer enerji üretimi aşamalarında meydana gelen radyoaktivite ve sonrasında açığa çıkan tehlikeli atıklar nedeniyle risk teşkil etmektedir.
- Santrallerde meydana gelebilecek nükleer kazalar çevredeki canlı ekosistemi açısından tehlike arz etmektedir.

2.2. İkincil Enerji Kaynakları

Birincil veya ikincil enerji kaynaklarının dönüştürülmesi ile elde edilen enerjiye ikincil enerji denilmektedir. Elektrik enerjisi üretimi için fosil yakıtlar, yenilenebilir enerji kaynakları ve nükleer enerji kullanılabildiği gibi kok kömürü, biyogaz, sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG), ve kömür gazı gibi kaynaklar kullanılarak da elde edilebilmektedir. Yaşamın devamlılığı için çok önemli bir yere sahip olan elektrik enerjisi dünyada en yaygın kullanılan ikincil enerji kaynağıdır (Erdal, 2011:78).

Ülkelerin gelişmişlik seviyeleri arttıkça enerji ihtiyacı artmakta ve buna paralel olarak artan enerji tüketim oranları ile CO₂ emisyonu sorunu daha tehlikeli bir hal almaya başlamaktadır. Dünya da en çok enerji tüketen üç ülke Çin, ABD ve Hindistan'dır. Küresel alanda elektrik üretiminde kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarının payı 2020 yılında %10,3 artmıştır (BP, 2021: 2).



Şekil 13: 2021 Yılı Bölgelere Göre Elektrik Üretiminde Kullanılan Enerji Kaynakları (TWh)

Kaynak: BP, Statistical Review of World Energy 2022

Şekil 13’de 2021 yılı için elektrik üretiminde kullanılan enerji kaynakları gösterilmektedir. Buna göre toplam küresel elektrik üretiminde yenilenebilir ve nükleer enerji gibi alternatif kaynakların payı artmış olsa da hala en önemli elektrik üretimi kömür ile gerçekleştirilmektedir.

3. BÖLÜM

TÜRKİYE’DE MEVCUT ENERJİ KAYNAKLARI VE ENERJİ POLİTİKALARI

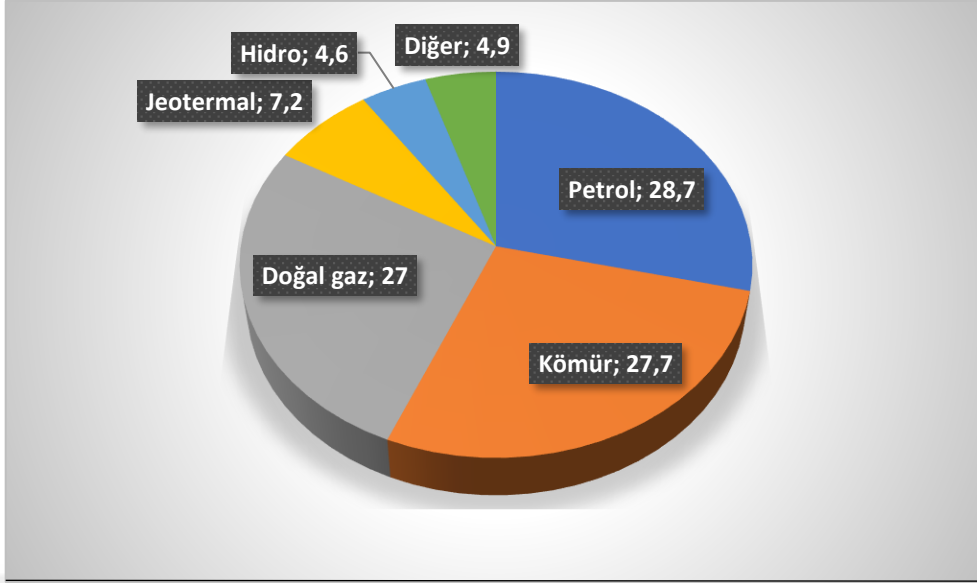
Enerji ihtiyacının gün geçtikçe artması ile birlikte enerji kaynaklarına duyulan talepte bu duruma paralel olarak artmaktadır. Türkiye enerji talebi yüksek bir ülke olmasına rağmen fosil kaynak bakımından yetersizdir. Ancak ülkenin jeolojik ve coğrafi konumu itibariyle fosil kaynak açısından enerji üreticisi ülkeler ile enerji talep eden ülkeler arasında yer alması Türkiye’yi stratejik açıdan avantajlı bir duruma getirmektedir. Sonuç olarak Türkiye her ne kadar fosil kaynaklar göz önünde bulundurulduğunda kıt imkanlara sahip olsa da coğrafi konumu itibariyle yenilenebilir enerji potansiyeli çok yüksek bir ülkedir.

Çalışmanın bu kısmında Türkiye’nin enerji görünümü, enerji talebini karşılamakta yenilenebilir enerji kaynaklarının payı, Türkiye’nin enerji politikaları ve arz güvenliği stratejileri kapsamlı bir şekilde ele alınarak incelenecektir.

3.1. Türkiye’nin Enerji Görünümü ve Yenilenebilir Enerjinin Rolü

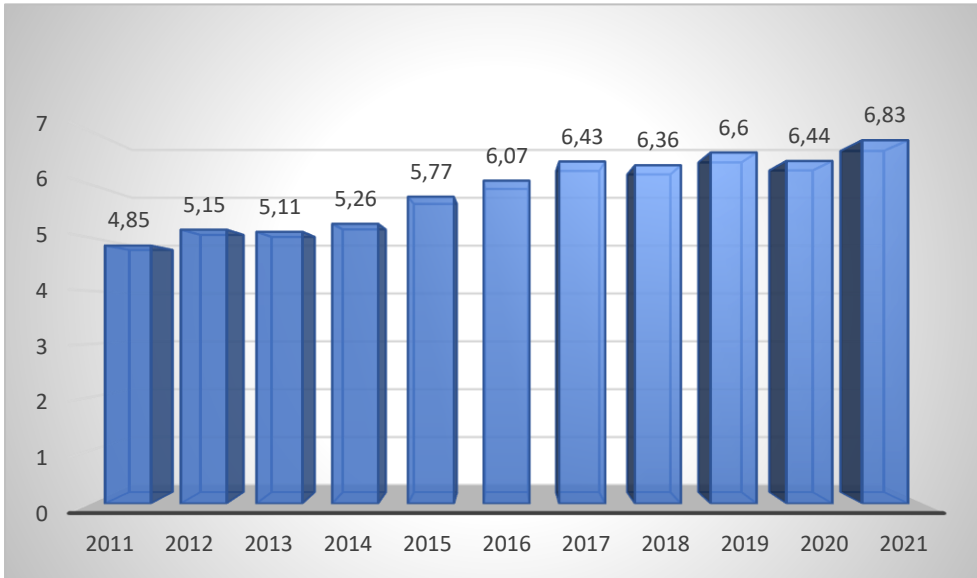
Coğrafi konumu itibariyle Türkiye enerji açısından zengin kaynaklara sahip olan Ortadoğu, Asya ve Kafkasya gibi bölgelere komşudur. Bu durum Türkiye’yi özellikle enerjiyi talep eden ve enerjiyi arz eden ülkeler için enerji transferinde önemli bir konuma getirmektedir. Ancak ülke içerisindeki kıt kaynaklar hala ihtiyaç duyduğu enerjinin büyük kısmını ithal etmek zorunda kalmasına neden olmaktadır.

Türkiye her geçen gün gelişen ekonomisi nedeniyle dünya genelinde enerji tüketimi oldukça yüksek bir ülkedir. Enerji kullanımı gün geçtikçe artmakta ve günümüzde her ne kadar yenilenebilir enerji kaynakları gibi alternatifler kullanılmaya başlansa da yenilenebilir enerji kullanımında istenilen seviyelere henüz ulaşamamıştır.



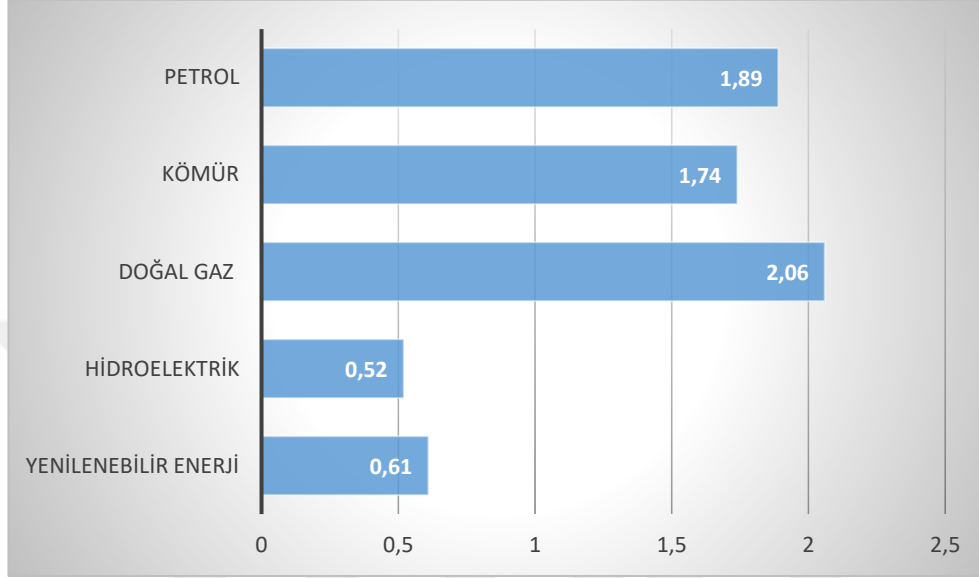
Şekil 14: 2020 Yılı Türkiye Birincil Arzı İçerisinde Kaynakların Dağılımı
Kaynak: TPAO, 2021

Şekil 14’te gösterildiği gibi günümüzde hala toplam talebin %83,4’ü yenilenebilir olmayan enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. EİGM’nin 2020 yılında yayınladığı Ulusal Enerji Denge Tablosu’na göre Türkiye’nin 147,2 MTEP olan birincil enerji arzında, 33,5 MTEP’lik kısım çevrim sektöründe kullanılırken, 113,7 MTEP’lik kısmın ise toplam nihai enerji tüketimi olarak gerçekleştirildiği görülmektedir (EİGM, 2020; TPAO, 2021: 34).



Şekil 15: Türkiye’de Birincil Enerji Tüketimi 2011-2021 (EJ)
Kaynak: BP, Statistical Review of World Energy 2022

2011-2021 yılları arasında Türkiye'nin tükettiği birincil enerji kaynakları gösterilmektedir. Grafiğe göre Türkiye 10 yıllık süreçte genel itibariyle enerjiye olan talebinin artış trendini koruduğu görülmektedir (Şekil: 15).



Şekil 16: Türkiye’de 2021 yılı Kaynaklara Göre Birincil Enerji Tüketimi (EJ)
Kaynak: BP, Statistical Review of World Energy 2022

Enerji talebinde görülen küresel düzeydeki ciddi artış trendi gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde enerji arz güvenliği açısından olumsuz bir etki yaratmaktadır. Enerji tüketimindeki artış birincil enerji kaynaklarına duyulan ihtiyacı artırmaktadır. Türkiye’de gelişmekte olan ülkelere bir olarak enerji ihtiyacının yıllar içerisinde izlediği artış 2011-2021 yılları verileri kullanılarak hazırlanan Şekil 15’te enerji tüketiminin 10 yıllık durumu verilmektedir. Bunun yanı sıra enerji ihtiyacının karşılanmasında kullanılan enerji kaynaklarının kendi içerisindeki payı ise Şekil 16’da gösterilmektedir. Ülkemizde artan enerji ihtiyacının karşılanmasında en büyük pay fosil yakıtlardan temin edilmektedir.

3.1.1. Fosil Yakıtlar

Enerji arz güvenliği açısından göz önünde bulundurulması gereken ve arz güvenliği tartışmalarının başlangıç noktası olan petrol başta olmak üzere kömür ve doğalgaz gibi fosil yakıtlar ulusal ve uluslararası stratejik planlamanın en vazgeçilmez unsurudur. Günümüzde teknolojik gelişmeler

ve yatırımlar ile birlikte enerji üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payı artmış olsa bile küresel enerji talebinin hala çok büyük bir kısmını fosil kaynaklar ile karşılamaktayız. Bu durum Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler açısından önemli derecede enerji arz güvenliği sorunu teşkil etmektedir (Erdal, 2011: 185).

3.1.1.1. Kömür

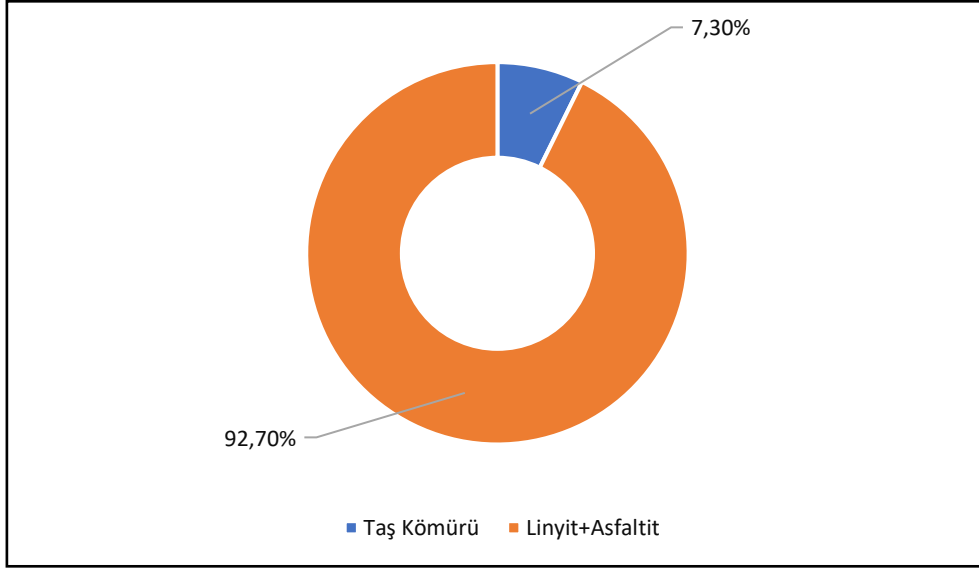
Türkiye petrol ve doğal gaz bakımından potansiyeli düşük bir ülke olmasına rağmen kömür yatakları açısından oldukça zengin bir coğrafi konum üzerinde bulunmaktadır. Ülkemizin toplam jeolojik taşkömürü rezerv miktarı 1,511 milyar tondur ve bu rakamın yaklaşık %48 kadarı görünür rezerv olarak kabul edilmektedir (TTK, 2020: 23).

Tablo 9: Türkiye’deki Taşkömürü Rezervleri 2022 (ton)

Rezerv	Armutçuk	Kozlu	Üzülmöz	Amasra	TTK
Hazır	1,907,524	2,421,222	328,414	330,000	8,141,667
Görünür	6,719,800	62,715,504	132,559,492	400,851,757	730,489,635
Muhtemel	14,407,491	40,539,000	94,342,00	158,85195	467,302,441
Mümkün	7,883,164	47,975,000	117,034,000	58,812778	305,724,942
TOPLAM	30,917,979	153,650,726	406,993,589	618,846485	1,511,658,685

Kaynak: TTK, 2020

Tablo 9’da Türkiye’nin 2022 yılı toplam taşkömürü rezervi verileri yer almaktadır.



Şekil 17: Türkiye Kömür Kaynak Dağılımı (Milyar ton)
Kaynak: TKİ, 2020

Dünya genelinde kaynak ve üretim miktarlarına bakıldığında Türkiye linyitte orta, taşkömüründe (antrasit) alt düzeyde değerlendirilmektedir. Dünyada toplam linyit rezervinin %8,7'si, linyit ve alt bitümlü kömür rezervinin ise %3,6'sı antrasit olmakla birlikte dünyanın toplam kömür rezervinin %2,1'i Türkiye sınırları içerisinde bulunmaktadır. Şekil 17'de Türkiye'nin yüzdesel olarak kömür dağılım verileri yer almaktadır (TKİ 2020: 2). Bu verilere göre Türkiye kömür rezervini %92,7'si yüksek ranklı taşkömürü (antrasit), %7,3'ü ise düşük ranklı linyit ve asfaltit oluşturmaktadır.

Tablo 10: Türkiye'de Sektörler İtibariyle Taşkömürü Tüketimi

Tüketiciler	2019	2020	2021
Termik Santraller	21,896	23,653	19,746
Kok Fabrikaları	6,419	5,554	6,276
Demir- Çelik	1,134	1,615	1,249
Sanayi (demir-çelik hariç)	2,760	4,404	5,377
Diğer	5,874	4,912	4,766
Toplam	38,085	39,800	37,425

Kaynak: TTK, 2021

Sektörel açıdan değerlendirildiğinde 2020 yılında kömür üretiminin %56,76'lık kısmı termik santrallerde elektrik üretmek amacı ile kullanıldığı görülmektedir (Tablo 10). Aynı yıl içerisinde ülkenin kurulu güç kapasitesi taşkömüründe 9,798 Mw, linyitte 10,120 Mw, asfaltitte ise 405 Mw'dir. Taşkömüründen elde edilen toplam elektrik enerjisi miktarı 65.651 GWh, linyitten 37,938 GWh, asfaltitten 2,223 GWh olarak kaydedilmiştir. 2000'li yıllarda 4 milyon ton/yıl bandında seyreden taşkömürü tüketimi 2021 yılında 6.276,000 tona ulaşmıştır (TTK, 2022: 28-29).

Tablo 11: Türkiye Taşkömürü Üretim, Tüketim ve İthalat Dengesi (Bin ton)

Yıllar	Üretim	İthalat	Toplam Tüketim
2010	2,591	21,333	23,924
2011	2,619	23,679	26,298
2012	2,292	29,195	31,487
2013	1,915	28,200	30,115
2014	1,788	27,015	28,803
2015	1,434	31,494	32,928
2016	1,315	34,880	36,195
2017	1,234	36,632	37,866
2018	1,101	37,287	38,388
2019	1,206	38,300	39,506
2020	1,077	38,723	39,800
2021	1,236	36,189	37,425

Kaynak: TTK, 2021

Kömür ithalatı 2010 yılında ivme kazanmaya başlamıştır. Tablo 11 incelendiğinde Türkiye 2010 yılı içerisinde 23,924 ton olarak kaydedilen toplam taşkömürü tüketiminin %10,83'ünü yerli kaynaklardan karşılandığı görülmektedir. 2021 yılına gelindiğinde ise tüketim miktarının 37,425 tona yükselmektedir ve bu oran toplam taşkömürü tüketiminin yalnızca %3,30'udur (TTK, 2022: 27).

3.1.1.2. Petrol

Geniş kapsamlı kullanım alanına sahip olan petrolün tarihi 4. Yüzyıl da Çin'de ısınma ve aydınlatma gibi temel ihtiyaçların karşılanması amacı ile kullanılmaya başlandığı çok eski dönemlere dayanmaktadır. Ancak ticari

olarak kullanılmaya başlandığı ilk dönem 1859 yılında ABD’de açılan ilk petrol kuyusu ile 20. Yüzyıl ilk dönemlerinde gerçekleştiği bilinmektedir (Alkin ve Atman, 2006: 20).

Türkiye dünyanın en zengin petrol ve doğalgaz rezervlerini elinde bulunduran Orta Doğu, Kafkasya ve Asya ülkelerine komşu olmasına rağmen ülke sınırları içerisinde kendi enerji ihtiyacını karşılayabileceği oranda fosil kaynaklara sahip değildir. Bu durum Türkiye'nin hızla artan enerji talebinin sürdürülebilir şekilde karşılanması açısından engel teşkil etmektedir. Bu kaynak yoksunluğu nedeniyle enerji talebini dış pazarlardan karşılamak zorunda kalan Türkiye gün geçtikçe büyüyen ekonomisinin getirisi olarak artan enerji ihtiyacını karşılamak için bu pazar payını büyütme zorunda kalmaktadır. Her ne kadar Türkiye fosil kaynaklar açısından zengin bir ülke olmasa da bulunduğu coğrafi konum itibarıyla küresel enerji ağı üzerinde stratejik bir konuma sahip olması nedeniyle enerji sektörü içerisinde önemli rol oynamaktadır (Karagöl vd., 2016: 7-11).

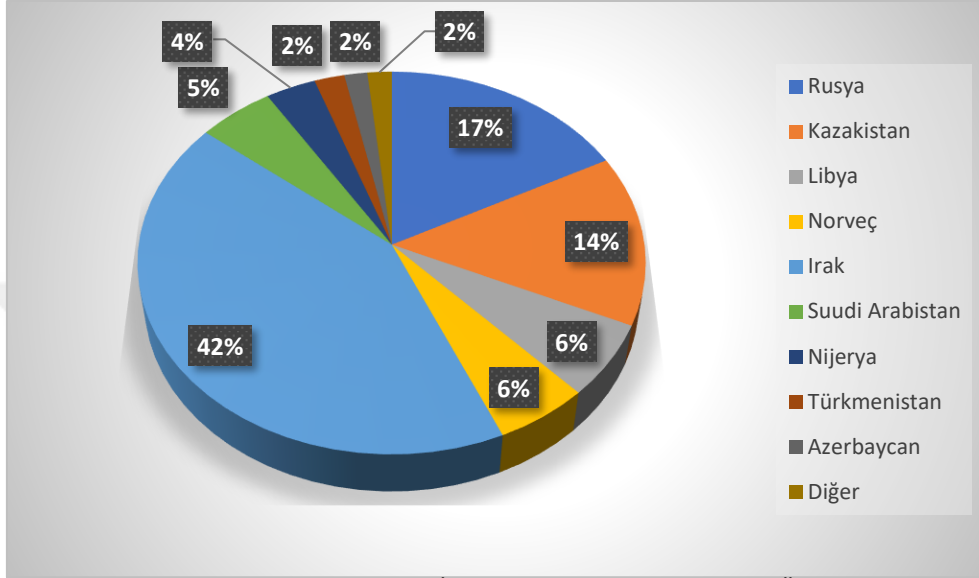
Tablo 12: 2020 Yılı Sonu İtibariyle Türkiye Ham Petrol Rezervleri

Veri	Varil	Metrik Ton
Rezervuardaki Petrol (*)	7.470.125.436	1.081.049.828
Üretilabilir Petrol	1.478.034.901	209.920.442
Kümülatif Üretim	1.138.245.681	161.805.213
Kalan Üretilabilir Petrol	339.789.220	48.115.229

Kaynak: MAPEG, 2020, (*) İspatlanmış, muhtemel ve mümkün rezervlerin toplamını ifade etmektedir.

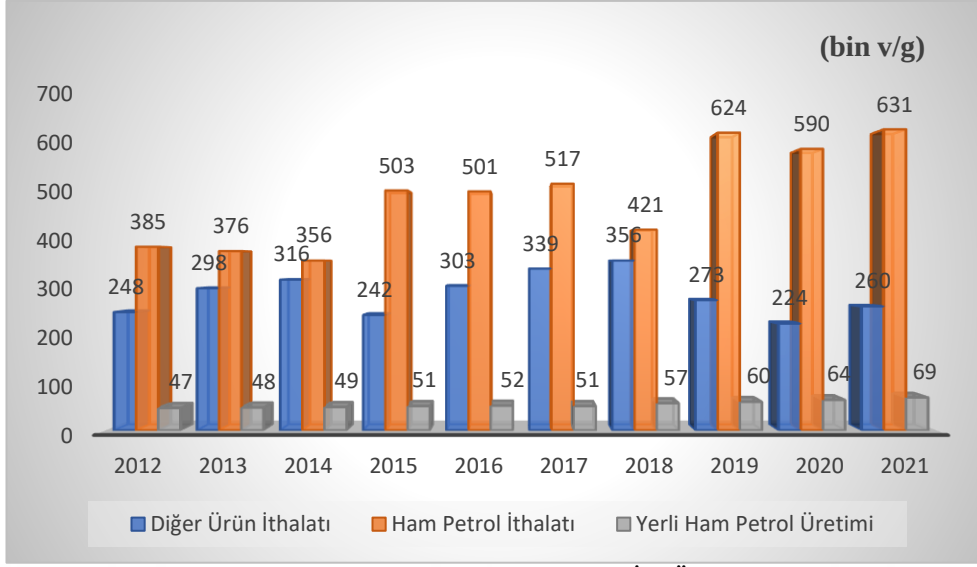
Türkiye’nin petrol sahalarının oldukça eski olması nedeniyle kuyu verimliliği giderek düşmektedir. Bu nedenle verimliliği artırmak amacıyla 2020 yılı içerisinde ülke genelinde 58 arama ve tespit, 48 üretim kuyusu olmak üzere toplamda 106 yeni petrol kuyusu açılmıştır. Tablo 12’de metrik ton ve varil cinsinden Türkiye’nin petrol rezervi verileri gösterilmektedir. Türkiye’nin üretilabilir ham petrol rezervi 2019 yılı verileri ile karşılaştırıldığında %7,3 büyümeye göstererek 2020 yılı itibarıyla 340 milyon varil olup bu rezervler ağırlıklı olarak güneydoğu bölgesinde yer almaktadır (TSKB, 2021: 26).

Türkiye'nin mevcut petrol rezervlerinin ülkenin her geçen gün artan enerji talebini karşılamaya yetmemesi nedeniyle enerji ihtiyacının dış piyasalardan karşılanması dışa bağımlılığı artırarak enerji arz güvenliği açısından tehlike arz etmektedir. 2021 yılında Türkiye'nin petrol ithalatı %98,8 oranında gerçekleştiği gözlemlenmiştir.



Şekil 18: 2021 Yılı Türkiye'nin İthal Ettiği Petrolün Kaynak Ülkelere Göre Dağılımı
Kaynak: TPAO, 2021

Şekil 18'te görüldüğü üzere ithal edilen petrolün yaklaşık %43'ünün Irak, %18'inin Rusya'dan ve %15'inin Kazakistan'dan karşılarken bu üç ülkeyi ise %6,2 ile Libya, %5,5 ile Norveç, %3,5 ile Nijerya, %2,1 ile Türkmenistan ve son olarak %1,6 ile Azerbaycan takip etmektedir (TPAO, 2021: 37).



Şekil 19: Türkiye'nin Petrol Tüketimi ve Yurt İçi Üretimi (2012-2021)
Kaynak: TPAO, 2021

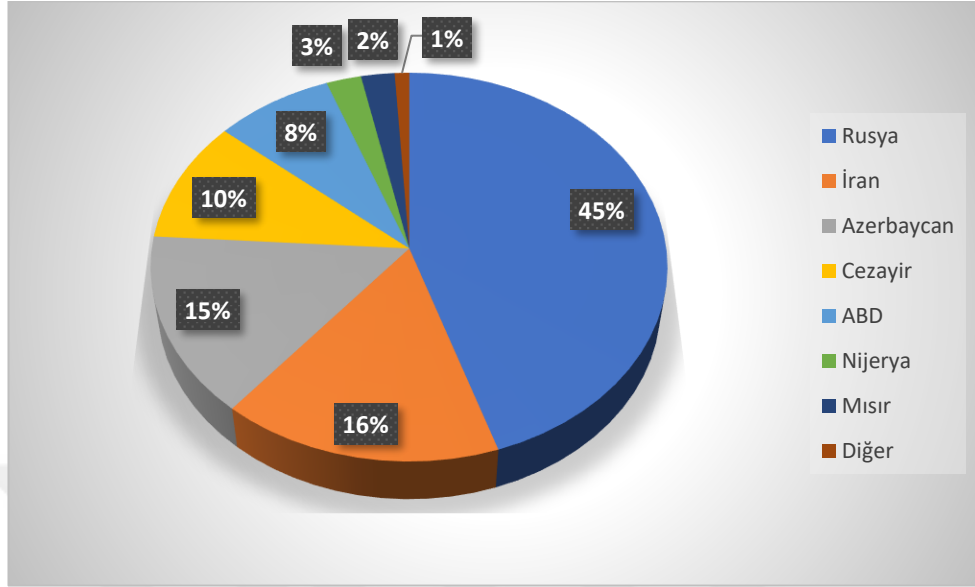
2020 yılında Türkiye ihtiyaç duyduğu fosil kaynakların %70,1'ini dış piyasadan temin etmiştir. Şekil 19'da Türkiye'nin 2020 yılında 64 bin varil ham petrol ürettiği, 590 bin v/g ham petrol ithalatı ve 224 bin işlenmiş ürün ithalatı gerçekleştirdiği ve aynı yıl yurt içinde üretilen ham petrolün toplam petrol arzına oranının %7,3 olduğu 2021 yılında ise bu oranın %7,2'ye gerilediği görülmektedir. (TPAO, 2021: 35).

3.1.1.3. Doğal Gaz

Türkiye enerji üretiminde büyük paya sahip olan kömür kullanımını çevreye verdiği olumsuz etkilerini azaltmak amacıyla 1980'lerde doğal gazı enerjide temel girdi olarak kabul etmiştir. 1990'lı yıllara gelindiğinde ise hem konut ve iş yerlerinde ısınma amaçlı kullanımının yaygınlaştırılması hem de elektrik üretiminde ki payının artırılması ile kömürün neden olduğu zararlı etkilerin en aza indirilmesi planlanmıştır. Doğal gaz toplam birincil enerji arzı içerisinde %27'lik oran ile üçüncü sırada bulunurken ilk sırada %28,7 ile petrol ikinci sırada ise %27,7 ile kömür yer almaktadır (TPAO, 2021: 34).

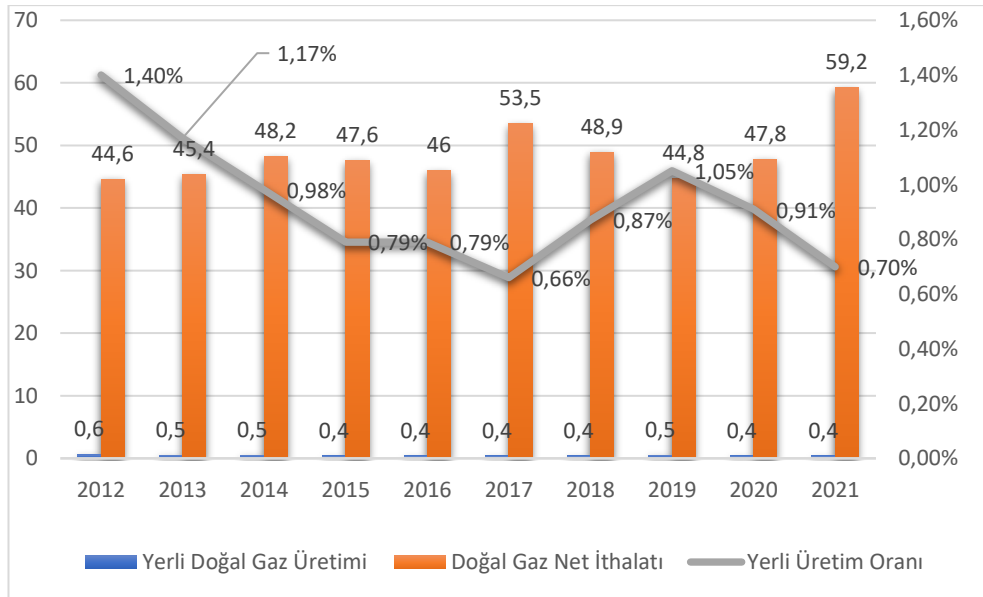
Türkiye'nin bu dışa bağımlılık durumu enerji ticaretinde enerji ihracatçısı ülkeler ile ekonomik ve politik ilişkiler içerisinde bulunması anlamına gelmektedir. Hem enerji arz güvenliği açısından tek bir ülkeye bağlı kalmamak hem de ihtiyaç duyulan yenilenebilir olmayan enerji

kaynağının büyüklüğü düşünüldüğünde tamamının tek bir ülke üzerinden karşılanamayacağı göz önünde bulundurulmaktadır.



Şekil 20: 2021 Yılı Türkiye'nin İthal Ettiği Doğal Gazın Kaynak Ülkelere Göre Dağılımı
Kaynak: TPAO, 2021

Şekil 20'de gösterildiği üzere Türkiye 2021 yılında talep ettiği gazın %44,9'unu Rusya, %16,1'ini İran, %15'ini Azerbaycan, %10,2 Cezayir, %8,1 ABD, %2,4 Nijerya, %2,3 Mısır, %1'lik kısmını ise diğer ülkelerden karşılamaktadır.



Şekil 21. Türkiye'nin Doğal Gaz Arzı ve Yurt İçi Üretim Oranları (2012-2021)
Kaynak: TPAO, 2021

2021 yılında Türkiye'nin ürettiği doğal gaz miktarı 415 milyon m³ iken yıl içinde tükettiği toplam doğal gaz miktarı 59,6 milyar m³ olarak kaydedilmektedir (Şekil 21). Kısaca 2021 yılı verilerine göre Türkiye tükettiği 59,6 milyar m³ doğal gazın 59,2 milyar m³'ünü yani %99,3'lük kısmını ithalat yoluyla karşılamaktadır (TPAO, 2021: 37-38).

3.1.2. Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Türkiye geliştirmekte olan ülkeler statüsünde olması nedeniyle enerji talebi sürekli artmaktadır. İhtiyaç duyduğu enerjinin %83,4'ünü yenilenebilir olmayan fosil kaynaklardan karşılamaktadır. Her ne kadar coğrafi konumu itibari ile petrol, doğal gaz, kömür gibi kaynaklar açısından olmasa da yenilenebilir enerji kaynakları bakımından oldukça şanslı bir konumda bulunmaktadır (Erdal, 2011: 198).

Tablo 13: Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kurulu Gücü (MW)

Kaynak	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021/9
Hidroelektrik	25,868	26,682	27,273	28,291	28,503	30,984	31,447
Rüzgâr	4,498	5,751	6,516	7,005	7,591	8,832	10,168
Güneş	310	833	3,421	5,063	5,995	6,667	7,534
Biyokütle	345	467	575	739	1,163	1,485	1,782
Jeotermal	624	821	1,064	1,283	1,515	1,613	1,650
Toplam	31,645	34,554	38,849	42,381	44,768	49,581	52,581

Kaynak: TSKB, 2021; ETKB, 2023

Türkiye'nin hem dışa bağımlılığını azaltarak enerji arz güvenliğini sağlamak hem de enerji çeşitliliğini artırmak amacıyla yaptığı yatırımlar ile yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı kurulu güç kapasitesini yıllar içerisinde yükselttiği görülmektedir (Tablo 13).

Türkiye'nin yenilenebilir kaynaklardan elde ettiği enerjinin önemli bir kısmı elektrik üretiminde kullanılmaktadır. 2020 yılında toplam 290,8 GWh enerji tüketilirken bu miktar 2021 yılında 327 GWh'e yükselmiştir. Bu durum elektrik tüketiminin bir yıl içerisinde %12 artış gösterdiği anlamına gelmektedir.

Tablo 14: Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Dayalı Elektrik Üretimi (GWh)

Kaynak	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021/9
Hidroelektrik	67,146	67,231	58,219	59,939	88,886	78,95	45,481
Rüzgâr	11,653	15,517	17,904	19,949	21,515	24,513	22,286
Güneş	194	1,043	2,889	7,800	10,542	11,977	10,755
Biyokütle	3,425	4,819	6,128	7,431	8,230	9,316	4,834
Jeotermal	1,758	2,372	2,972	3,623	4,520	5,737	7,406
Toplam	84,175	90,981	88,111	98,741	133,697	129,638	90,762

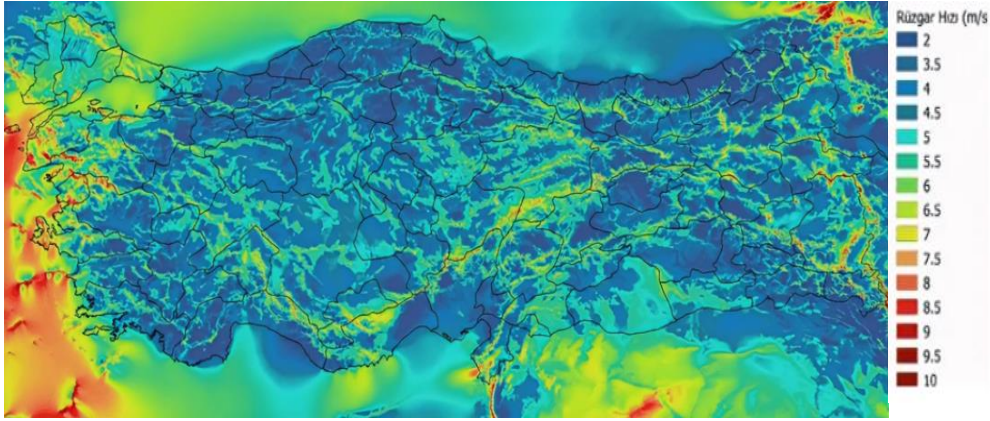
Kaynak: TSKB, 2021

Yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı kurulu güç kapasitesi artış trendi izlemesine rağmen (Tablo 13) yenilenebilir kaynaklara dayalı elektrik üretimi iklimsel koşullar, yağış miktarı ve enerjinin elektrik harici kaynaklara yönltilmesi gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Tablo 14).

Bu bölümde Türkiye'deki güneş, rüzgâr, jeotermal, biyokütle, hidroelektrik gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının mevcut durumu ve tüketim miktarları incelenecektir.

3.1.2.1. Rüzgâr Enerjisi

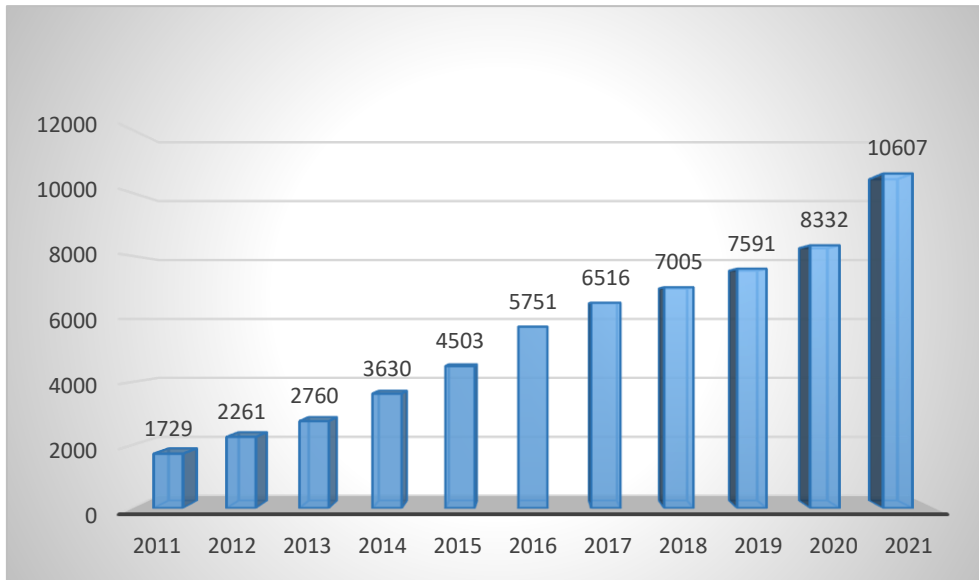
Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretiminde rüzgâr enerjisinin payı oldukça fazladır (Tablo 10). Türkiye coğrafi konumu itibariyle rüzgâr enerjisi potansiyeli oldukça yüksek bir ülke olmasına rağmen gerekli yatırımların yapılması ancak 2005 yılında Yenilenebilir Enerji Yasasının çıkarılması ile hız kazanmıştır. Stratejik anlamda çok önemli bir adım olan bu yasa ile birlikte rüzgâr enerjisinden elde edilen elektrik miktarında hızlı bir artış meydana gelmiştir (Erdal, 2011: 204).



Şekil 22: Türkiye'nin Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli

Kaynak: ETKB, 2023f

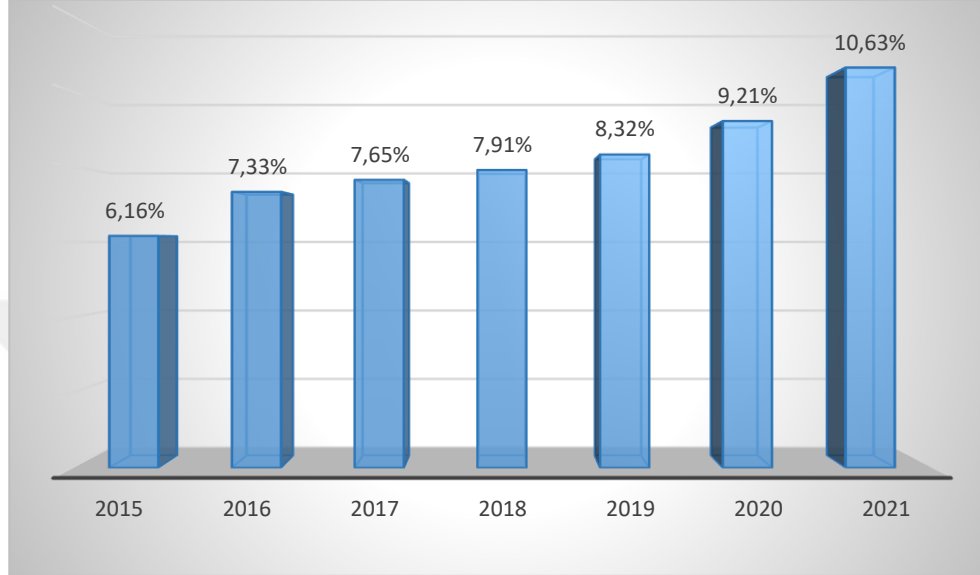
RES'in kurulabilmesi için rüzgâr hızının en az 7,5 m/s olması gerekmektedir. Bu alt sınırdaki kurulan RES'lerin ise 5 MW elektrik üretebileceği kabul edilmiştir. Türkiye yüz ölçümünün %1,30'u bu potansiyele sahiptir ve kurulabilecek toplam kapasitenin 47.849,44 MW olduğu belirlenmiştir. Şekil 22'de Türkiye'nin rüzgâr enerjisi potansiyeli gösterilmektedir. Buna göre Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesinin Doğu kesimlerinin potansiyeli en yüksek bölge olduğu hemen ardından Marmara ve Ege Bölgesinin de potansiyeli yüksek bölgelere arasında olduğu görülmektedir (ETKB, 2023b).



Şekil 23: Rüzgâr Enerjisine Dayalı Kurulu Güç (MW)

Kaynak: IRENA

Şekil 23'te Türkiye'de 10 yıl içerisinde gerçekleşen rüzgâr enerjisine dayalı kurulu güç verileri gösterilmektedir. Bu verilere bakıldığında kurulu güç kapasitesinin her yıl düzenli olarak arttığı, 2021 yılı dokuzuncu ayı itibarıyla ise 10607 MW'a ulaştığı görülmektedir.



Şekil 24: Rüzgâr Enerjisinin Toplam Kurulu Güç İçerisindeki Oranı

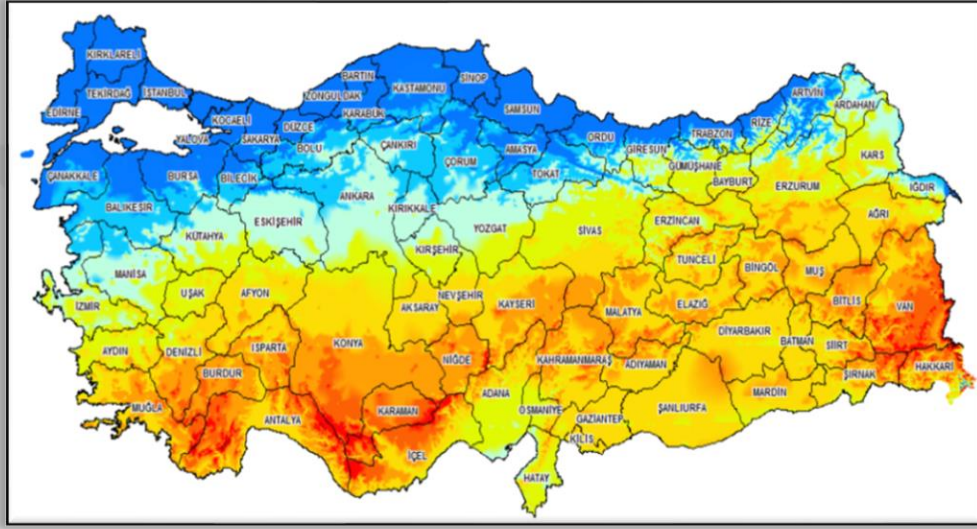
Kaynak: ETKB, 2023d

Türkiye 2030 yılına kadar yenilenebilir enerji kaynakları içerisindeki rüzgâr enerjisini 20 GW ($2,0 \cdot 10^4 = 20000$ MW) artırmayı hedeflemektedir. Bu durum Şekil 24 verilerine göre 2021 yılında %10,63 olan rüzgâr enerjisinin toplam kurulu güç içerisindeki payının %100 artmasının beklendiği anlamına gelmektedir (GWEC, 2022: 138).

3.1.2.2. Güneş Enerjisi

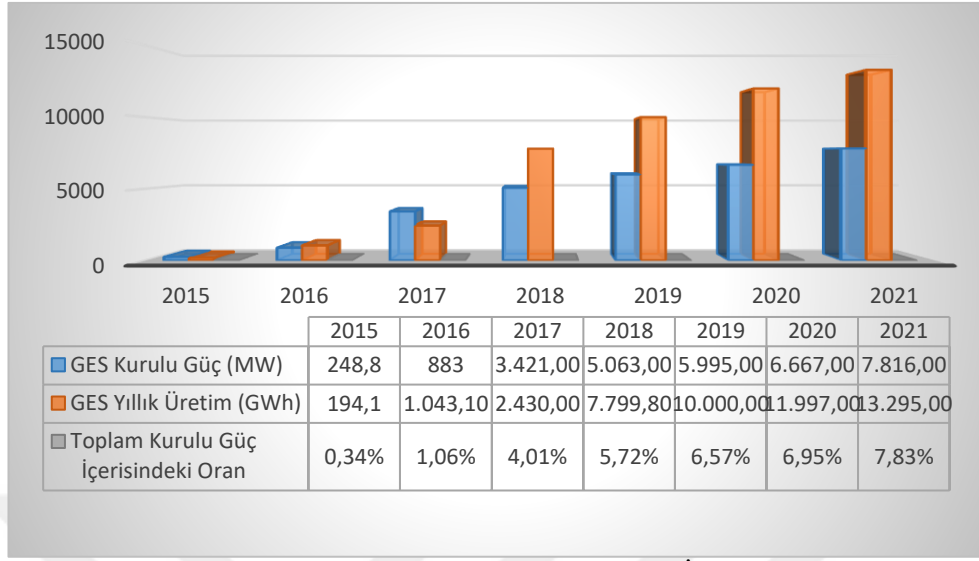
Dünya var olduğundan beri ısı ve ışık başta olmak üzere birçok alanda tükenmez bir enerji kaynağı olan güneşten yararlanılmaktadır. Solar enerji adıyla da bilinen güneş enerjisi ulaşılabilirlik ve dönüştürülebilirlik açısından diğer enerji kaynaklarından daha pratik olduğu gibi doğrudan da kullanılabilir. Ayrıca bir yıl içerisinde yerküre üzerine düşen güneş ışınlarının fosil kaynaklar ve nükleer enerji ile kıyaslandığında daha yüksek enerji değerine sahip olduğu yönünde değerlendirmeler mevcuttur (Çıtak ve Pala, 2016: 84).

Türkiye'nin enerji tüketiminin büyük kısmı elektrik enerjisi üretmek için kullanılmaktadır. Elektrik enerji talebinin artan bileşenidir. Bir ülkenin ekonomik kalkınma düzeyinin en önemli ölçütlerinden biri kişi başına düşen elektrik tüketimidir. Türkiye geliştirmekte olan ülke kategorisinde yer almasına ve sürekli artan enerji talebine rağmen kişi başına düşen elektrik kullanımında dünya ortalamasının gerisinde kalmaktadır (Balat, 2010: 2002).



Şekil 25. Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli
Kaynak: ETKB, 2023b

Türkiye coğrafi konumu itibarıyla güneş enerjisi açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Şekil 25'te verilen haritada Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyel görünümü gösterilmektedir. Buna göre yıllık ortalama güneşlenme süresi toplam 2,741 saat, yıllık gelen güneş enerjisinin ise $1.527,46 \text{ kWh/m}^2$ olduğu ve ayrıca yıl boyunca fazla güneş ışığı alan bölgenin Güney Doğu Anadolu Bölgesi olduğu görülürken güneş ışığından en az yararlanan bölgenin Karadeniz Bölgesi olduğu tespit edilmiştir (ETKB, 2023b).

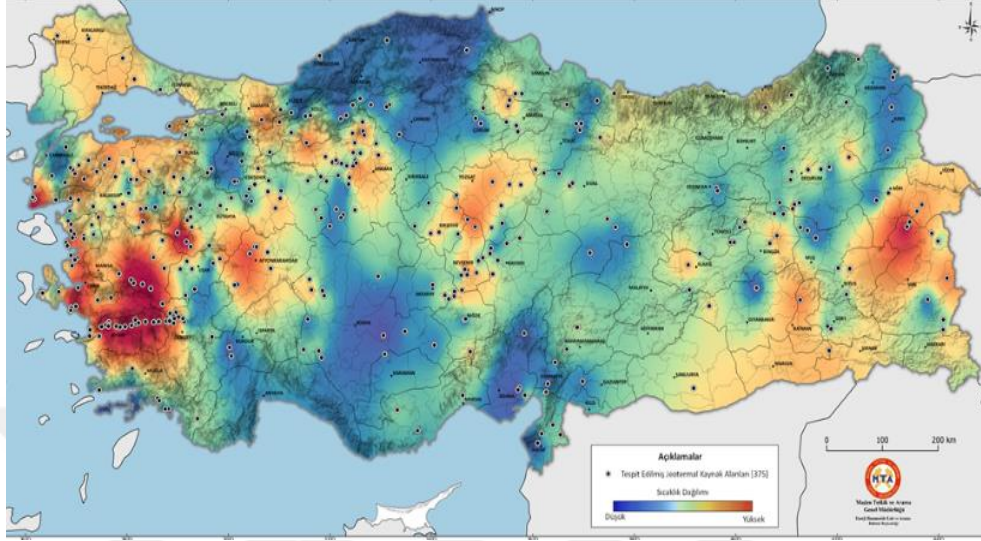


Şekil 26: Güneş Enerjisinin Toplam Kurulu Güç İçerisindeki Oranı
Kaynak: ETKB 2023b

Türkiye yıl içerisinde 4 mevsimi yaşayan coğrafi konumu sayesinde güneş enerjisinden tüm yıl içerisinde yararlanabilmektedir. Ülkemizde güneş enerjisinin kurulu gücü yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde 3. sırada yer almaktadır. Şekil 26’da 2021 yılında güneş enerjisinin yenilenebilir enerji kaynakları içerisindeki oranının 7,816 MW kurulu güç kapasitesi ve yıl içerisindeki 13,295 GW üretim miktarına ulaştığı görülmektedir. Bu üretim artışı ile birlikte güneş enerjisinin toplam kurulu güç içerisindeki oranı %7,83’e yükselmiştir.

3.1.2.3. Jeotermal Enerji

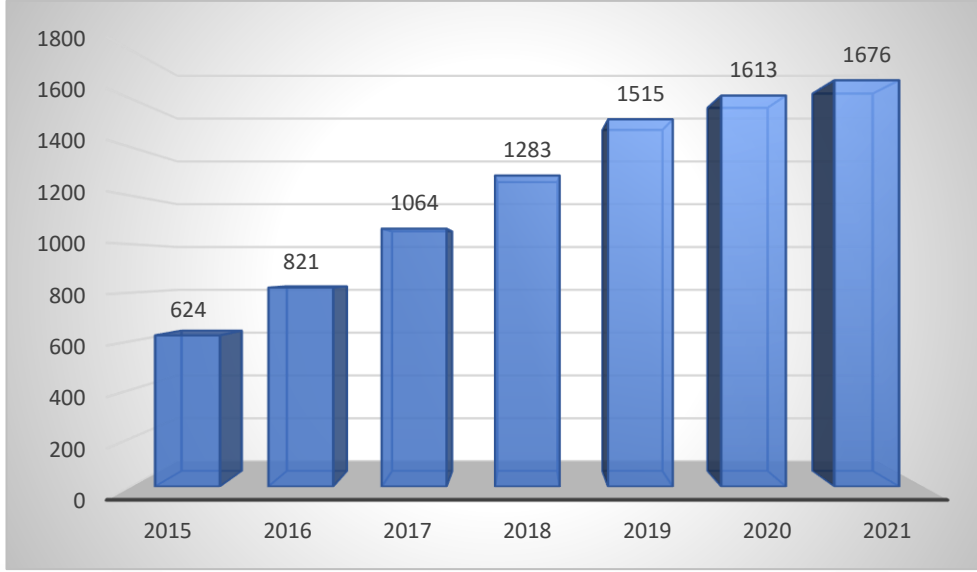
Türkiye bulunduğu coğrafi ve jeolojik konumu itibarıyla jeotermal enerji potansiyeli oldukça yüksek bir ülkedir. Kullanım alanı oldukça yaygın olan bu yenilenebilir enerji kaynağından elektrik üretimi, ısınma, termal turizm ve sağlık amaçlı yararlanılmaktadır. Türkiye jeotermal enerji potansiyeli açısından Avrupa ‘da 1. sırada yer almaktadır. Ülke geneline yayılmış farklı sıcaklık değerlerine sahip yaklaşık bin tane doğal çıkış şeklinde jeotermal enerji kaynağı bulunmaktadır (ETKB, 2023e).



Şekil 27: Türkiye'nin jeotermal kaynak alanları ve sıcaklık dağılımları
Kaynak: Mta

Şekil 27'de görüldüğü üzere Türkiye'de jeotermal potansiyeli yüksek alanların %78'i Batı Anadolu'da, %9'u İç Anadolu'da, %7'si Marmara'da, %5'i Doğu Anadolu'da ve kalan %1'lik kısmı ise diğer bölgelerde yer almaktadır.

Jeotermal enerji kaynaklarının %90'ı düşük ve orta sıcaklık değerlerine sahiptir. Bu kaynaklar ısıtma, termal turizm ve sağlık gibi alanlarda doğrudan kullanılırken yüksek sıcaklığa sahip %10'luk kısım ise elektrik üretiminde kullanılmaktadır (ETKB, 2023e).



Şekil 28: Jeotermal enerji kaynaklı kurulu güç (MW)

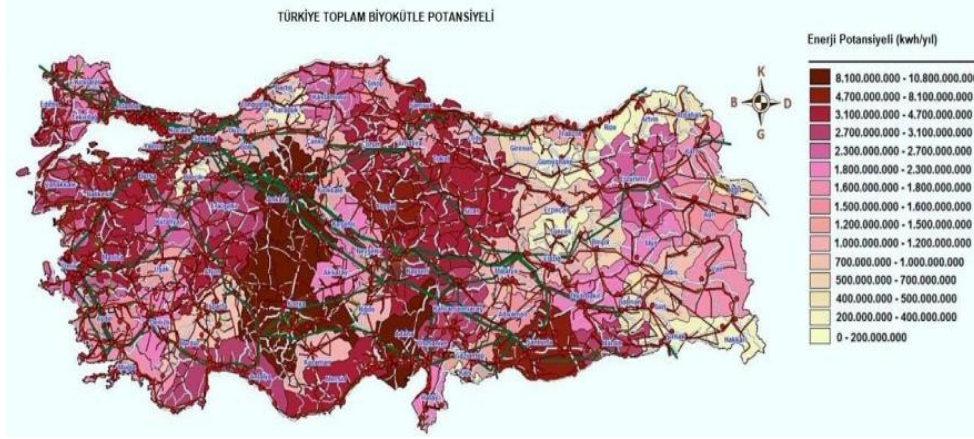
Kaynak: ETKB, 2023e

Şekil 28’de jeotermal enerji kaynaklarının yıllar içerisinde ki kurulu güç miktarı verilmektedir. Buna göre 7 yıllık verilere bakıldığında Türkiye’nin jeotermal enerji kaynaklı kurulu gücünün yıllar içerisinde artış trendini sürdürdüğü görülmektedir.

Mta’nın desteği ile 2005 yılından itibaren jeotermal enerjide hem yeni kaynak arama çalışmaları hem de mevcut kaynakların geliştirilmesi açısından çok önemli adımlar atılmıştır. 16 adedi elektrik üretimine uygun olan 243 jeotermal saha keşfedilerek bugüne kadar ki toplam saha sayısı 658’e çıkarılmıştır. Bu sayede 2004 sonu itibarıyla 3100 MWt olan kullanılabilir ısı kapasitesi 2022 yılı sonunda MWt’ye yükselmiştir (Mta, 2023).

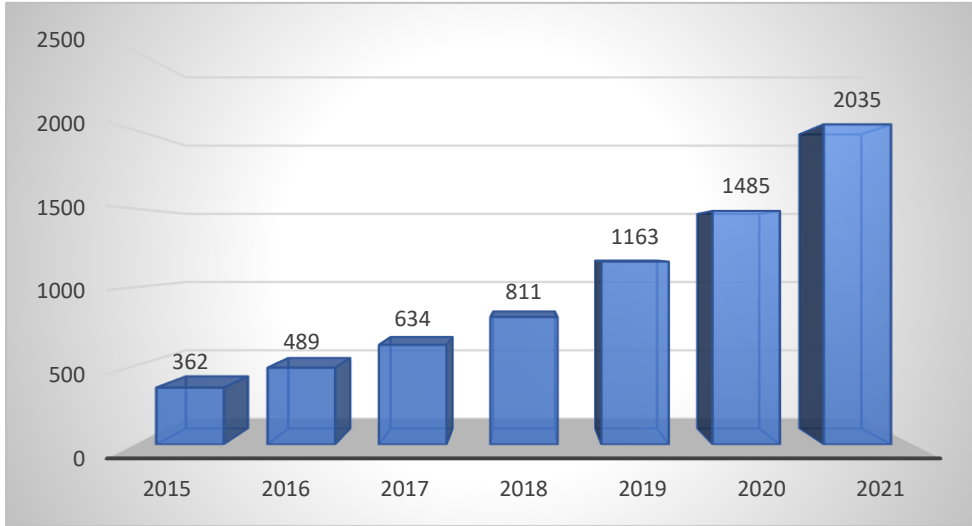
3.1.2.4. Biyokütle Enerjisi

Katı, sıvı ve gaz formda olabilen biyokütle enerji kaynakları tarımsal, hayvansal, orman/orman ürünleri ve kentsel/endüstriyel olmak üzere 4 kaynak altında toplanmaktadır. Bu ürünler doğrudan ya da işleme tabi tutularak enerji üretiminde kullanılabilmektedir. Türkiye’nin biyokütle enerji potansiyelinin önemli kısmını tarımsal (buğday sapı, tahıl tozu, fındıkkağıdı vb.) ve hayvansal (büyükbaş hayvanlar vb.) ürünler oluşturmaktadır. Türkiye biyokütle enerji kaynakları açısından zengin bir ülkedir.



Şekil 29: Türkiye’de İllere Göre Biyokütle Potansiyel Dağılımı
Kaynak: TMMOB

Türkiye Biyokütle Enerji Atlası (BEPA) uygulaması ile Türkiye’nin hangi bölgesinde hangi biyokütle kaynağından ne miktarda elektrik üretildiği ya da o bölgede ne miktarda biyoyakıt üretme potansiyeli olduğu ve bu kaynakların hangi bölgelerde yoğunlaştığı hem grafiksel hem de sayısal veriler ile eş zamanlı olarak görüntülenebilmektedir. Şekil 29’da Türkiye’nin hem il hem de ilçe bazında biyokütle potansiyeli gösterilmektedir (TMMOB, 2020: 320).



Şekil 30: Biyokütle enerji kaynaklı kurulu güç (MW)
Kaynak: ETKB, 2023a

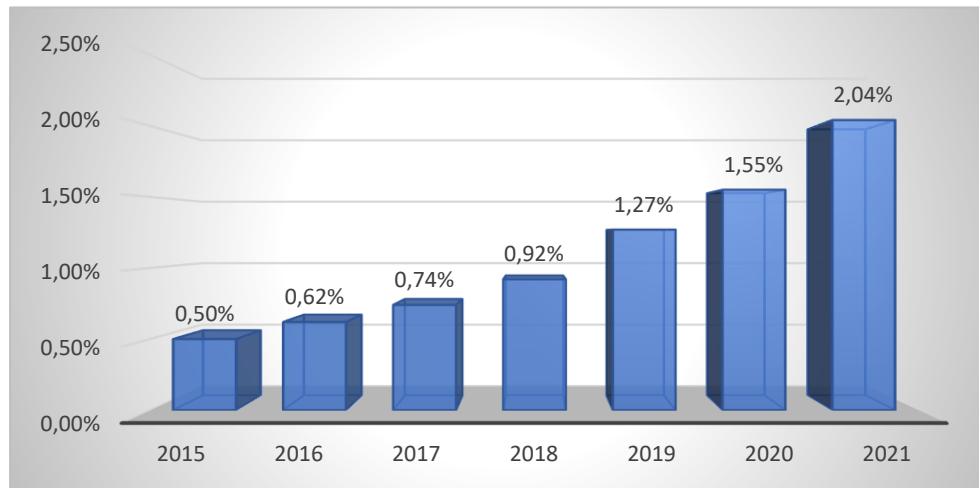
Şekil 30’da Türkiye’nin 7 yıllık biyokütle enerji kaynaklı kurulu güç verileri yer almaktadır. Tabloya bakıldığında biyoenerji kaynaklı kurulu gücün istikrarlı bir şekilde arttığı görülmektedir. Türkiye biyokütle ve biyoenerji açısından oldukça zengin bir ülke olmakla birlikte bu alanda

yapılan çalışmalarda kullanılan verilere ve biyokütle potansiyeline göre hesaplanan enerji değerleri arasında farklar olduğu görülmektedir (İlleez, 2020: 321). Örnek olarak;

Özgür, tarımsal atık, hayvan gübresi ve belediye katı atık potansiyel verilerini kullandığı çalışmasında belediye atık potansiyelini 7,52 milyon TEP/yıl, tarımsal atık potansiyelinin enerji değerini 15,6-20 milyon TEP/yıl, hayvan gübresi potansiyelini ise 1,17 milyon TEP/yıl olarak hesaplamıştır.

Kaygusuz, hayvansal tarım, ormancılık/odun işleme ve ana tarımsal atık verilerinin yanı sıra literatürdeki belediye atıklarını kullanarak hazırladığı çalışmada geri kazanılabilir enerji potansiyelini yaklaşık olarak 16,92 milyon TEP/yıl olarak hesaplamıştır. Çalışmada hayvansal tarım atık potansiyelinin 2.350.000 TEP/yıl, ana tarımsal atık potansiyelinin 4.810.000 TEP/yıl ve son olarak belediye katı atık potansiyeli 1.300.000 TEP/yıl olarak belirtilmiştir.

Türkiye’de sadece fotosentez ile elde edilen enerji verileri kullanılarak hesaplanan biyokütle enerji potansiyelinin brüt 135-150 milyon TEP/yıl, net 90 milyon TEP/yıl olduğu varsayılmaktadır. Mevcut teknoloji ve arazi kullanım durumları göz önünde bulundurulduğunda teorik potansiyel 14- 32 milyon TEP/yıl olarak hesaplanmıştır (İlleez, 2020: 322).



Şekil 31: Biyokütle Enerjisinin Toplam Kurulu Güç İçerisindeki Oranı

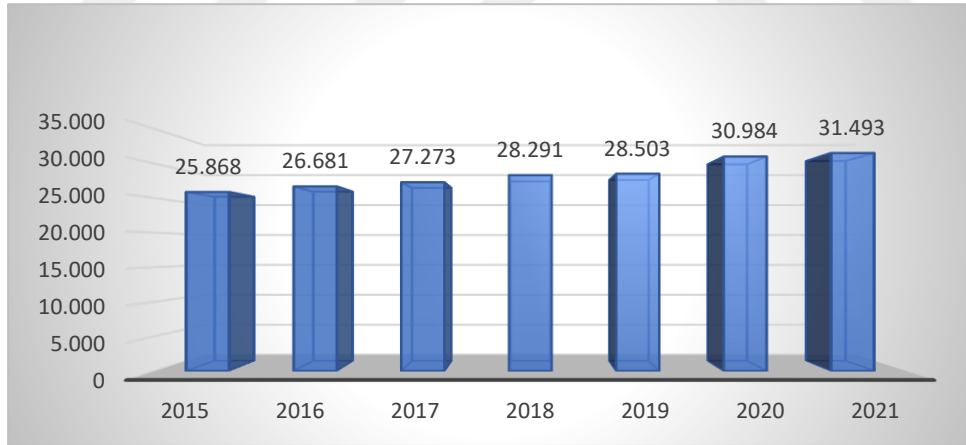
Kaynak: ETKB, 2023a

Türkiye coğrafi yapısı itibariyle verimli tarım arazileri, iklim koşulları ve yeterli su kaynaklarına sahiptir. Bu nedenle biyokütle ve biyoenerji

kaynak potansiyeli oldukça yüksektir (İlleez, 2020: 319). Şekil 31’de görüldüğü üzere biyokütle kaynaklı enerjinin toplam kurulu güç içerisindeki oranı yıllar içerisinde artarak 2021 yılı sonu itibariyle %2,04, yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde ise biyoenerji ve atıkların oranı %20,7 seviyesine ulaşmıştır.

3.1.2.5. Hidroelektrik Enerjisi

Türkiye’nin en yüksek potansiyele sahip yenilenebilir enerji kaynağı hidroelektrik enerjisidir. İklim ve yağış gibi faktörler hidroelektrik üretimini doğrudan etkilediğinden belli dönemler kurulu güç kapasitelerinde azalma meydana gelmektedir. 2000- 2020 yılları arasında birincil enerji kaynakları arasında hidroelektrik enerji arzı %3’den %5’e yükselmiştir. 2021 yılında yaşanan kuraklık nedeniyle azalan hidroelektrik üretimi artan enerji talebini karşılayamamış bu durum ithal yakıt tüketimi artışına neden olmuştur. 2019 yılında %60 olan hidroelektrik üretim miktarı 2021 yılında yaşanan kuraklık ile birlikte %50’ye gerilemiştir (Shura, 2021: 11-13).



Şekil 32: Türkiye’nin Hidroelektrik Enerjisine Dayalı Kurulu Gücü (MW)
Kaynak: IRENA

Kuraklık gibi olumsuz çevresel faktörlere bağlı olarak yaşanan üretim miktarındaki azalma ETKB tarafından 2023 yılı sonu olarak belirlenen 36 GW’lık hidroelektrik üretim miktarını 32 GW’a çekilmesine neden olmuştur. 2021 yılı itibariyle hedeflenen üretim miktarının %90 oranında gerçekleştiği görülmektedir. Türkiye’de 2021 yılında hidroelektrik santralleri kurulu gücü 31,493 MW (Şekil 32) ile en yüksek kapasiteye

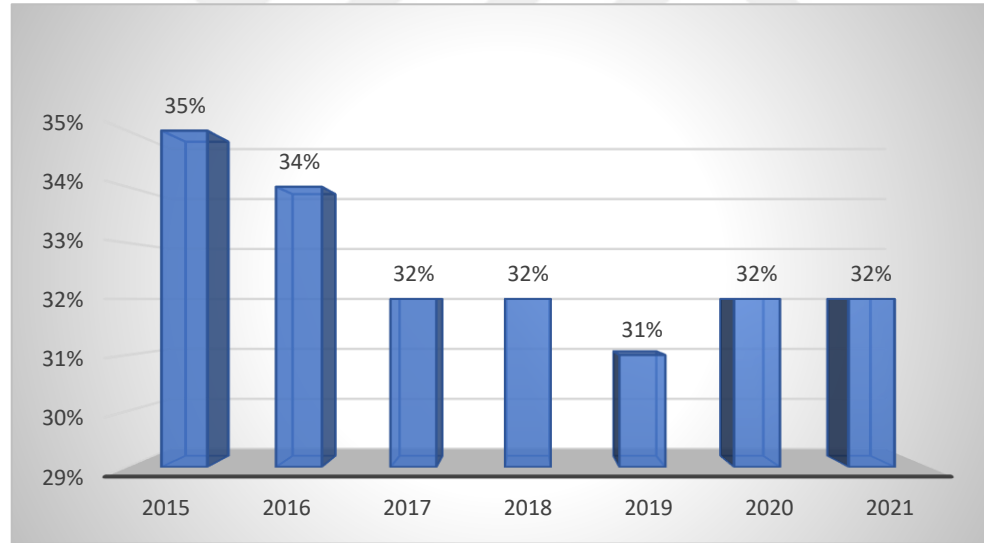
sahip yenilenebilir enerji kaynağı olma özelliğini korumaktadır. (Shura, 2021: 20- 21).

Tablo 15: Hidroelektrik Santralleri Kurulu Güç ve Proje Kapasiteleri

Hidroelektrik Santralleri Kurulu Güç ve Proje Kapasiteleri		
Durum	Güç (MWe)	Oran
Devrede	31,555	%73,0
Kurulumu Devam Eden	1,440	%3,3
Üretim Lisansı Alınan	1,053	%2,4
Ön Lisans Alınan	2,831	%0,0
Proje Aşamasında	6,346	%14,7
TOPLAM	43,234	%100

Kaynak: Enerji Atlası, 2021a

Türkiye'nin hidroelektrik santrali toplam kurucu gücü 31.555 MW olarak hesaplanmıştır (Tablo 15). 2021 yılı içerisinde bu santrallerden toplam 55.695.231.650 kWh elektrik üretilmiştir (ETKB, 2023c).



Şekil 33: Türkiye’de Hidroelektrik Enerjisinin Toplam Kurulu Güç İçerisindeki Oranı

Kaynak: ETKB, 2023c

Yerli kaynak kullanımı ile elektrik üreten HES’ler enerji bağımlılığını azaltarak enerji arz güvenliğini artırmaktadır. Ancak kurulduğu bölgede doğal yaşamı olumsuz etkilemesi nedeniyle özellikle Karadeniz Bölgesi gibi potansiyeli yüksek bölgelerde tepkilere neden olmaktadır. 2017 yılı hidroelektrik toplam kurulu güç içerisindeki oranı %32,1 ile en yüksek paya sahip birincil enerji kaynağıdır (Tablo 32). Ancak toplumsal ve çevresel

faktörler nedeniyle beklenen seviyede artış sağlayamadığı görülmektedir (Öznazik, 2019: 138).

3.1.3. Türkiye’de Nükleer Enerji

Türkiye enerji ihtiyacının büyük kısmını fosil kaynaklardan sağlayan enerji talebi yüksek bir ülkedir. Dışa bağımlılığı azaltmak ve enerji ithalatını minimize etmek amacıyla fosil kaynakların aksine karbon salınımı yapmayan, enerji arzını sürdürülebilir, rekabetçi, erişilebilir ve 7/24 güvenli şekilde elektrik üretebilen bir kaynak olan nükleer enerjiden yararlanmak istemektedir (Ergin, 2020: 120; ETKB, 2023d).

Türkiye’nin ilk nükleer santral projesi olan Akkuyu Nükleer Santrali (ANS) 12 Mayıs 2010 yılında Türkiye Cumhuriyeti Devleti ve Rusya Federasyonu Hükümetleri arasında imzalanan anlaşma ile başlatılmıştır. Her biri 1200 MW güçteki 4 reaktörden oluşan santral tam kapasite çalışması halinde toplam 4800 MW elektrik üretmektedir (Tablo 16). Saha özellikleri ve parametreleri değerlendirmek üzere etütlere başlanmasının ardından 06.12.2013 tarihinde etüt çalışmalarının uygun bulunması ile 4 üniteden oluşacak olan ANS’nin 1. Ünitesi için Atom Enerjisi Komisyonu tarafından 30.03.2018 tarihinde sınırlı inşaat izni verilmiştir. 2022 yılında 4 ünite tamamlanarak 07.09.2022 tarihinde 1. Ünite için "Tesise Yakıt Getirme İznine" başvurulmuştur. 4. Ünite için sınırlı çalışma iznine 2021 senesinde başvuru yapılması ve gerekli onayın 2021 senesi içerisinde alınmasından dolayı 2022 yılı için imalat onayına başvurulamamıştır (TAEK, 2022: 49-52). Santralin 2022 yılında tam kapasite devreye girerek toplam enerji ihtiyacının %9,2’sini karşılayacağı öngörülmüştür. 2023 yılında açılması planlanan Nükleer Santralin ileri bir tarihe ertelenerek 2024 yılı Nisan ayı sonlarına doğru elektrik üretimine başlayacağı bildirildi (Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı İletişim Başkanlığı, 2023).

Tablo 16: Türkiye Nükleer Enerji Santralleri Profili

Santral Adı	İl	Firma	Kurulu Güç
Akkuyu Nükleer Santrali	Mersin	Akkuyu NGS Elektrik Üretim	4800 MW
Sinop Nükleer Santrali	Sinop	Türkiye- Japonya Ortaklığı	4480 MW

İğneada Nükleer Santrali	Kırklareli	Türkiye- Çin Ortaklığı	4400 MW
--------------------------	------------	------------------------	---------

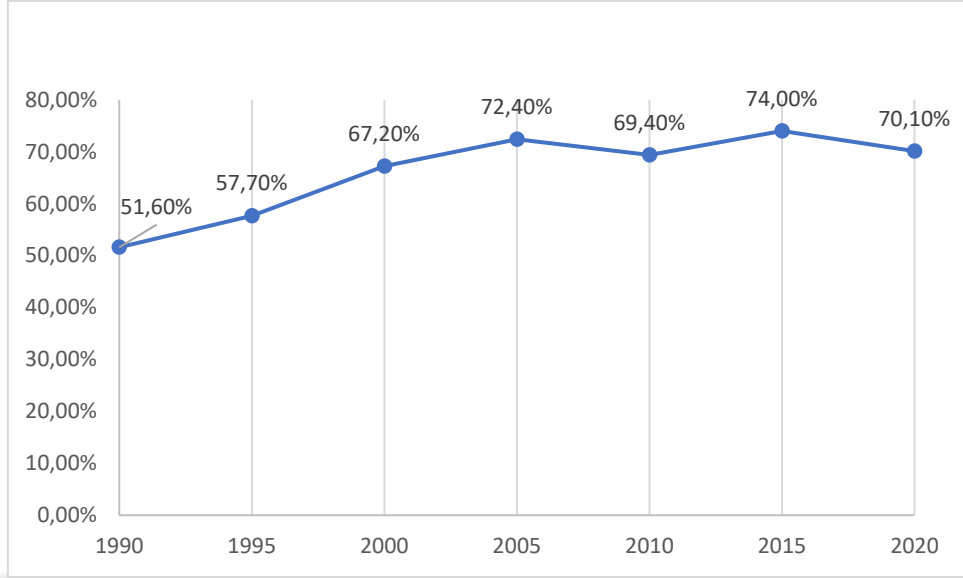
Kaynak: Enerji Atlas, 2021b

Türkiye'nin 2. Nükleer santrali Sinop İnceburun'da yer alan Sinop nükleer santrali (Tablo 16) için çalışmalar 2012 yılında başlamıştır. Sinop sahası içerisinde toplam güç kapasitesi 8400 MW'a kadar çıkabilecek 4-6 ünitelik Basınçlı Su Reaktörü (PWR), Ağır Basınçlı Su Reaktörü (PHWR) ya da Kaynar Su Reaktörü (BWR) tipi nükleer reaktörlerden oluşan santral kurulması için başvuruda bulunan Elektrik Üretim A.Ş.'ye TAEK tarafından 22.08.2012 tarihinde Kurucu statüsü verilmiştir. 16.01.2023 tarihinde EÜAŞ'ın talebi üzerine Kurucu statüsü sonlandırılarak 27.01.2023 tarihinde Türkiye Nükleer Enerji A.Ş.'ye devredilmiştir. Sinop Nükleer Santrali için 16.05.2023 tarihi itibarıyla başvuru uygunluk süreci tamamlanarak değerlendirme süreci başlamıştır (NDK, 2023).

Proje aşamasında olan Kırklareli İğneada mevkiinde kurulması planlanan 3. Nükleer enerji santrali için Çin ile görüşmeler devam etmektedir.

3.2. Türkiye Enerji Politikaları

Türkiye coğrafi konum ve kaynak bakımından ihtiyaç duyduğu enerjinin tamamını karşılayacak yeterliliğe sahip olmadığı için enerjide ithalat bağımlılığı yüksek olan bir ülkedir. Sürekli artan nüfus, sanayileşme ve teknolojik gelişmeler nedeniyle hızla artan enerji ihtiyacı gerek mevcut kaynakların yetersiz kalması gerekse eldeki kaynakların verimli kullanılamaması nedeniyle bu artışa aynı oranda yanıt verilememektedir. Şekil 34'te görüldüğü üzere Türkiye'nin 2020 yılında tükettiği enerjinin %70'den fazlasını ithalat yoluyla sağlanmaktadır (Gökce. 2013: 54). Bu bölümde Türkiye'nin ithalat bağımlılığını azaltmak ve mevcut kaynaklarını daha verimli şekilde kullanabilmesi amacıyla yapmış olduğu ve yapmayı hedeflediği enerji politikaları stratejik planlamalar incelenecektir.



Şekil 34: 1990- 2020 Yılları Arası Türkiye Enerji Talebinin Dışa Bağımlılık Oranı
Kaynak: TPAO

Enerji politikaları genel olarak enerji arz güvenliğinin sağlanması temeline dayanmaktadır. Enerji arz güvenliğinin sağlanmasının en temel noktası enerjide dışa bağımlılığı azaltarak mevcut yerli kaynakların kullanılabilirliğini ve sürdürülebilirliğini sağlamaktır. Ülkemizde her yıl enerji üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının oranı artmasına rağmen hızla artan enerji talebi karşısında istenilen seviyelere erişemediği görülmektedir (Şekil 34).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın 2015- 2019 yılları için düzenlediği 8 tema altında 16 amaç ve 62 hedef belirlediği stratejik planlaması 01.01.2015 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Ancak dünyada ve ülkemizde meydana gelen gelişmeler nedeniyle Milli Enerji ve Maden Politikası Stratejimiz çerçevesinde yapılan planlamada güncelleme ihtiyacı doğmuştur. Yapılan düzenleme ile birlikte başta enerji arz güvenliği olmak üzere yerlileştirme, tabii kaynaklarda değişen talep ve öngörülebilir piyasalar çerçevesinde yeni planlama 2017 yılının Kasım ayında yürürlüğe girmiştir. Planlamada yer alan bazı hedeflerin istenilen düzeyde gerçekleşmemesi ancak söz konusu dönemin henüz tamamlanmamış olması göz önünde bulundurularak yeni hedefler oluşturulmuştur (ETKB, 2023g: 40).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın 2023 yılında yayınladığı stratejik planda yeni hedef ve politikalar yer almaktadır. Buna göre;

- Sürdürülebilir enerji arz güvenliğini sağlamak amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanan elektrik üretiminin toplam kurulu güce oranının %56'dan %65'e çıkarılması, enerji kaynaklarına nükleer enerjiyi dahil ederek nükleer enerjinin enerji arzındaki payı artırılması, doğal gaz ve petrol arama ve üretim faaliyetlerinin hızlandırılması ve elektrik sektöründe teknolojik dönüşüm uygulamalarının hayata geçirilmesi hedeflenmektedir.
- Enerji verimliliğini sağlamak amacıyla doğal gaz ve elektrikte talep bazlı piyasa altyapısı oluşturulması, enerji verimliliğinin artırılması ve bu yönde kamuoyu farkındalığının sağlanması için çalışmalar yapılması, enerji sistemi planlaması ile elektrikli araç talebinin artırılması hedeflenmektedir.
- Kurumsal ve sektörel kapasiteyi güçlendirmek amacıyla uzmanlaşmanın desteklenerek çalışanların yetkinlik düzeyinin artırılması, teknolojik ve dijital altyapının geliştirilmesi, nükleer enerji, kömür, madencilik alanında yapılan çalışmalar için toplumun bilgilendirilmesi, aynı şekilde nükleer enerji alanında mevzuat ve insan kaynakları altyapısının geliştirilmesi, son olarak enerji ve madencilik faaliyetlerinde sektörel ve kurumsal kapasitenin güçlendirilmesi hedeflenmektedir.
- Küresel ve bölgesel etkinliği artırmak amacıyla komşu ülkelerle iş birliği içerisinde olmak, yatırım fırsatlarının değerlendirilmesi ve ülkemizin enerjide ticaret merkezi olması için uygulanan stratejik çalışmalara devam edilmesi hedeflenmektedir.
- Enerji ve tabii kaynaklar alanında teknoloji geliştirme ve yerleştirme amacıyla bu alanda kullanılan ekipmanların yerli üretim oranının artırılması, stratejik öneme sahip Ar- Ge projelerinin artırılması, enerji altyapısında milli sistemlerin kullanılması, madencilikte dijital dönüşüm altyapısı oluşturulması ve kümelenme projelerinin hayata geçirilmesi hedeflenmektedir.
- Enerji piyasalarında öngörülebilirliği artırmak amacıyla öncelikli olarak bu piyasaların kapsamının ve etkinliğinin artırılması gerekmektedir. Enerji ve madencilik alanında yapılan yatırımlarda bürokrasi azaltılarak süreç kısaltılmalı, orta ve uzun vadeli talep göz önünde bulundurularak

arz planlaması yapılması, doğal gaz ve elektrikte tüketici lehine iyileştirmeler yapılması, enerji piyasalarında şeffaflık ve finansal öngörülebilirlik sağlanması hedeflenmektedir.

- Sürdürülebilir madencilik anlayışı ile üretim kapasitesini artırmak amacıyla mevcut rezervlerin değerlendirilmesi, stratejik madenlerin ve sanayi hammaddelerinin ekonomiye kazandırılması, madenlerin yurt içinde işlenecek imkanların sağlanması, yeni Bor üreterek Bor satışlarının artırılması ve ülkemizde madenciliğin uluslararası standartlarda etkin ve güvenilir bir şekilde sürdürülebilmesi hedeflenmektedir (ETKB, 2023g: 76- 149).

Ülkemizde enerji politikalarının temel amacı enerji arz güvenliğini sağlamaktır. Bu doğrultuda yapılan çalışmalar göstermektedir ki yerli kaynaklara yönelerek mevcut imkanları etkin ve verimli şekilde kullanarak enerjide dışa bağımlılığı azaltmak gerekmektedir.

4. BÖLÜM

EKONOMETRİK ANALİZ

4.1. Enerji Arz Güvenliği Üzerine Yapılmış Ampirik Çalışmalar

Enerji arz güvenliği küresel boyutlu ciddi bir güvenlik sorunu oluşturmakta ve bu durum sorunun çözümü için bölgesel müdahalelerin yeterli olmamasına neden olmaktadır. Enerji arz güvenliği riskini azaltmak için ulusal ve uluslararası literatürde birçok çalışma mevcuttur. Ancak arz güvenliğinin nicel bir ölçüt haline getirilmesi için geliştirilen farklı hesaplama yöntemleri sorunun farklı boyutlarına odaklanmaktadır. Aşağıda enerji arz güvenliği açısından Türkiye için yapılan çalışmalar yer almaktadır.

Aytaç (2010), 1975- 2006 dönemi için Türkiye ekonomisinde ekonomik büyüme, işgücü, birincil enerji tüketimi ve sabit sermaye yatırımları değişkenleri kullanılarak ekonometrik bir model elde edilmektedir. Değişkenler arasındaki ilişkiyi VAR ve Granger Nedensellik testi ile analiz etmektedir. Araştırma sonucu ekonomik büyüme ve birincil enerji tüketimi arasında nedensellik ilişkisi bulunmadığı ancak büyümeden sabit sermaye yatırımlarına ve işgücünden enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi olduğunu göstermektedir.

Erdal (2010), 1970- 2009 dönemi için Türkiye'nin enerji yoğunluğu, enerji bağımlılık oranı, yerli üretim oranı ve verilen göstergelerin aritmetik ortalamaları kullanılarak oluşturulan bileşik endeks ile Türkiye'nin enerji arz güvenliğini hesaplamaktadır. Çalışmada enerji arz güvenliği bağımlı değişken olarak kullanılmaktadır. Buna karşılık bağımsız değişken olarak dünya petrol fiyatları, TPES, CO₂ emisyonları ve TPES içinde yenilenebilir enerji tüketim oranı seçilerek ekonometrik bir model kurulmaktadır. Enerji arz güvenliği hesaplanarak oluşturulan modeli 1970-2009 dönemi için Granger Nedensellik Testi ve Johansen Eşbütünleşme Testiyle analiz etmektedir. Araştırma sonucunda toplam birincil enerji arzı ile yenilenebilir enerji kaynaklarındaki artışların enerji arz güvenliği üzerinde olumlu etkisi

olduğu görülürken, kişi başına enerji tüketiminin ve CO₂ emisyonlarının olumsuz etki yarattığı sonucuna varılmaktadır.

Aydın ve Acar (2011), Türkiye ekonomisi için dinamik çok yönlü bir genel denge modeli oluşturarak petrol ve doğal gaz açısından ithalat bağımlısı konumda olan Türkiye için petrol fiyat şoklarının etkisini analiz etmektedir. GSYH, tüketici fiyat enflasyonu, dolaylı vergi gelirleri, ticaret dengesi ve karbon emisyonları da dahil olmak üzere makroekonomik faiz değişkenlerinin petrol fiyat şokları üzerindeki potansiyel uzun vadeli etkilerini incelemektedir. Çalışmada petrol fiyat şokları etkisi; referans, yüksek ve düşük petrol fiyatları olmak üzere üç farklı senaryo altında incelenmiş araştırma sonucunda petrol fiyatlarının Türkiye ekonomisinde makro göstergeler ve karbon emisyonları üzerinde çok önemli etkileri olduğu sonucuna varılmaktadır.

Gökçe (2013), 2008-2012 dönemi için Türkiye ekonomisinde tüketim/üretim oranı, tüketim/rezerv oranı, tüketim/sanayi üretim endeksi oranı ve ithalat/sanayi üretim endeksi oranı değişkenlerinin aylık verilerini kullanarak Avrupa Birliği ve Türkiye'nin kırılabilirlik endeksi oluşturmaktadır. Oluşturulan kırılabilirlik endeksi Temel Bileşenler Analizi (TBA) yöntemi ile Avrupa Birliği ve Türkiye için sanayi üretim endeksi ve kaynakların fiyat enflasyonu gibi değişkenlerle karşılaştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, Türkiye açısından bakıldığında petrol kırılabilirlik endeksi (PKE) ve doğal gaz kırılabilirlik endeksinin (DKE) sanayi üretim endeksi ile paralellik gösterdiği ancak mevsimsel etkilerin ön plana çıktığı ve yine kömür kırılabilirlik endeksinde (KKE) de mevsimsel etkilerin temel belirleyici olduğu görülmektedir. Avrupa Birliği açısından bakıldığında ise; PKE'nin ekonomik baskının olduğu 2008 ve 2009 yıllarında bu baskıdan etkilendiği görülmektedir. Ekonomik krizin yaşandığı dönemde PKE'nin yüksek olduğu, ekonomik rahatlama ile birlikte ise endeksteki kırılabilirliğin azaldığı görülmektedir. Avrupa Birliği'nin DKE ve KKE ise, yine mevsimsel etkilenme içerisinde bulunmaktadır. Bununla beraber, kırılabilirliğin genel itibarıyla ekonomik baskının arttığı dönemlerde arttığı gözlemlenmektedir. Endekslerin kaynakların fiyat enflasyonu ile kıyaslamasına göz atıldığında ise hem Türkiye açısından hem de Avrupa

Birliği açısından PKE'nin anlamlı sonuçlar içerdiği ancak DKE ve KKE'nin mevsimsel dalgalanmalardan da etkilendiği görülmektedir. Enerji kırılganlığının makroekonomik değişkenler ile çoğu dönemde bir ilişki içerisinde olduğu sonucuna varılmaktadır.

Peker (2015), 2008-2012 dönemi için Türkiye ekonomisinde kullanılabilirlik, güvenilirlik, ekonomiklik alt endeksleri ve bunların ağırlıkları kullanılarak enerji arz güvenliği endeksi oluşturmaktadır. Bu endeks ile Türkiye'nin verilen yıllar arasındaki enerji arzı güvenliği hesaplanmıştır. Araştırma sonucunda Türkiye'nin gereken enerji yatırımları, enerji piyasalarının düzgün işleyişi ve enerji çeşitlendirmesi sağlamak amacıyla özellikle YEK gibi alternatif kaynaklara yönelmesinin enerji arz güvenliğini arttıracadı sonucuna varılmaktadır.

Belen (2015), 2000-2012 dönemi için 40 gösterge kullanılarak dört alt endeks kullanarak (ekonomik risk, jeopolitik risk, güvenilirlik riski, çevresel risk) ve Türkiye'nin enerji arz güvenliği risk endeksi hesaplamaktadır. Araştırmanın amacı nükleer enerji santrallerinin enerji arz güvenliği risk endeksi üzerindeki etkisini ölçmektir. Araştırma sonucunda 2000 yılına göre 2012 yılında arz güvenliği riski enerji üretim portföyüne nükleer enerji dahil edilmediğinde %7 artarken dahil edildiği durumda %2 arttığı, 2008 yılındaki küresel finans krizi sırasında nükleer enerji dahil edilmediğinde 128 puan olan enerji arz güvenliği risk endeksi nükleer enerji dahil edildiğinde 122 puana gerilediği görülmektedir.

Ursavaş ve Yıldıırım (2017), 1980-2012 dönemi için Türkiye ekonomisinde enerji arz güvenliği, ekonomik büyüme, enflasyon, cari açık ve istihdam verilerini kullanarak bu değişkenler arasındaki ilişkiyi Todo-Yamamoto Nedensellik Analizi ile incelemektedir. Araştırma sonucu enerji arz güvenliği riskinden ekonomik büyümeye, cari açığa ve enflasyona doğru tek yönlü bir Granger nedensellik ilişkisi olduğunu göstermektedir. Ancak enerji arz güvenliği riski ile istihdam arasında herhangi bir ilişki bulunmamaktadır. Bu nedenle enerji arz güvenliği riskini azaltmak için uygulanacak politikalarda büyümeyi artırmayı, enflasyon ve cari açığı azaltmayı hedefleyen tedbirlerin alınması gerektiği sonucuna varılmaktadır.

Çoruh (2019), 1972- 2017 dönemi için Türkiye ekonomisinde enerji arz güvenliği, KBET, TPES, CO₂ emisyonu miktarı verilerini kullanarak bu değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisini ARDL Eşbütünleşme Sınır Testi ve Toda-Yamamoto Granger Nedensellik testleri ile analiz etmektedir. Eşbütünleşme testi sonuçlarına göre petrol fiyatı, kişi başı enerji tüketimi ve CO₂ emisyon miktarının Türkiye'nin enerji arz güvenliğini azalttığı, toplam birincil enerji arzı değişkeninin ise arttırdığı sonucuna varılmaktadır. Değişkenler arasında, petrol fiyatından enerji arz güvenliğine ve karbondioksit emisyon miktarından enerji arz güvenliğine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğu görülmektedir.

Öznazik (2019), 1998-2017 dönemi için enerji arz güvenliği bağlamında Türkiye'de uygulanan enerji politikaları incelemektedir. Türkiye enerji politikalarının AB enerji politikaları ile benzerlik göstermesi nedeniyle Türkiye ve hem OECD hem de AB üyesi 9 ülkenin enerji politikaları enerji arz güvenliği açısından değerlendirilmektedir. Söz konusu ülkelerin enerji arz güvenliği nicel olarak hesaplanmaktadır. Enerji yoğunluğu, karbon yoğunluğu, yenilenebilir enerji payı, üretim-tüketim oranı, net ithalat bağımlılığı değişkenlerinin verilen dönemler içerisinde enerji arz güvenliği ile arasındaki ilişki incelenmektedir. Çalışmada enerji yoğunluğu arttıkça enerji verimliliğinin düşmesi, karbon yoğunluğu arttıkça CO₂ salınımının artması ve net ithalat bağımlılığının dışa bağımlılığı artırması nedeniyle ters yönlü bir ilişki olduğu sonucuna varılmaktadır. Kaynak çeşitliği sağlaması ve ithalat bağımlılığını azaltması nedeniyle ise yenilenebilir enerji payının, ülkenin kendi imkanları ile enerji ihtiyacının karşılaması açısından üretim-tüketim oranı ile doğrusal bir ilişki olduğunu gözlemlemektedir.

Gökçe ve Babacanoğlu (2020), 1980- 2016 dönemi için Türkiye ekonomisinde enerji arz güvenliği, işsizlik oranı, sabit sermaye yatırımları, enflasyon oranı ve cari işlemler dengesi verilerini kullanarak değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi Vektör Hata Düzeltme modeli (VECM) kullanılarak test etmektedir. Çalışma sonucuna göre uzun dönemde enerji arz güvenliği riski ile cari açık, yatırımlar ve enflasyon arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi bulunurken istihdama yönelik hem kısa hem de uzun dönemde tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunduğu sonucuna varılmaktadır.

Yılmaz (2021), 1980-2018 dönemi için Türkiye ekonomisinde yoğunluk seviyesi, net ithalat bağımlılık oranı, yerli üretimin yerli tüketime oranı ve kaynakların jeopolitik riski verileri kullanılarak bileşik bir arz güvenlik endeksi oluşturarak Türkiye'nin içinde bulunduğu durum ve eğilimi tespit etmektedir. Buna göre 2000'li yılların sonlarına kadar artan 2010 yılı itibarıyla ise YEK'e yapılan yatırım ve teşviklerin artması nedeniyle enerji piyasasındaki payı azalan doğal gaz ve kömürün risk endekslerinde azalma yaşandığı görülmektedir. Bir diğer yenilenemez enerji kaynağı olan petrolün tüketiminde meydana gelen istikrarlı düşüş eğilimi petrolün yoğunluk risk endeksini düşürmektedir. Bu durum petrol risk endeksinin Türkiye için önemli bir kırılganlığa neden olmayacağını göstermektedir. Türkiye'nin sürekli artan enerji talebini kısa vadede ithalat yoluyla karşılamaya çalışması doğal gaz ve kömür risk endekslerini yükseltmektedir. Türkiye'nin YEK kullanarak enerji talebini karşılaması için yeterli kaynak ve yatırımlar mevcut değildir. YEK enerji piyasalarındaki payı artsa da doğa koşullarına bağlı olarak değişkenlik göstermeleri nedeniyle yüksek kırılganlığa neden olmaktadır. 2008 krizine kadar azalma eğilimi gösteren jeopolitik risk endeksi ise 2008 krizinden sonra artmaktadır. Doğal gazın negatif şoklara karşı yaşadığı kırılganlık endeksini Azerbaycan gazını Rusya gazına daha fazla ikame ederek yumuşattığını analiz etmektedir.

Enerji arz güvenliği ile ilgili ulusal çalışmalar incelendikten sonra aşağıda verilen tabloda uluslararası literatürdeki çalışmalar incelenerek bu çalışmaların ele alındığı dönem, kullanılan veri setleri ve değişkenler ile çalışmanın sonucunda elde edilen bulgulara yer verilmektedir.

Tablo 17: Enerji Arz Güvenliği Kapsamında Yapılan Uluslararası Ampirik Çalışmalar

Yazar/Yıl	Jansen, Arkel ve Boots (2004)	Gupta (2008)	Frondele ve Schmidt (2008)	Gnansounou (2008)
Veri Dönemi/ Ülke	2000-2040	2004 26 Petrol İthalatçısı Ülke	1980-2004 Almanya ve ABD	2003 37 Sanayileşmiş Ülke
Kullanılan Yöntem	Shannon Divesity Endeksi	Petrol Kırılganlık Endeksi	Herfindahl index ve Enerji Arzı Risk Endeksi	Kırılganlık Endeksi Temel Bileşenler Analizi
Kullanılan Değişkenler	Kaynak ve İthalat Çeşitlendirmesi Rezerv bulunan ülkelerde siyasi istikrar Mevcut Enerji Kaynakları	Yerli petrol rezervinin yerli petrol tüketimine oranı Jeopolitik Petrol Riski Petrol ithalatı/GSYH GSYH/Nüfus Petrol Yoğunluğu	Enerji Arzında Kaynak Çeşitlendirmesi Uzun Vadede Siyasi ve ekonomik İstikrar Yerli enerji Üretimi	Enerji Yoğunluğu Petrol ve Doğalgaz İthalat Bağımlılığı Enerji kullanımı kaynaklı CO ₂ emisyonlarının TPES'e oranı Taşıt yakıtlarında çeşitlendirme eksikliği
Sonuçları	Uzun dönemde sosyo-ekonomik gelişmelere karşı enerji tedarikinde en iyi arz güvenliği stratejilerini bulmak için bu göstergeler kullanılabilmektedir.	Seçilen 26 ülke arasında, en gelişmiş ülkeler için arz riskinin piyasa riskinden nispeten daha yüksek olduğu, daha az gelişmiş ülkeler için ise piyasa riskinin arz riskinden nispeten daha yüksek olduğu sonucuna varılmaktadır.	Risk endeksleri hesaplanarak iki ülke arasında enerji arz güvenliği açısından karşılaştırma yapılmaktadır. Almanya'nın ithal enerji yoğunluğu nedeniyle ABD'den daha riskli durumda olduğu sonucuna varılmaktadır.	37 ülkenin kırılganlık endeksi hesaplanarak ülkeler arasındaki risk durumu incelenmektedir. Araştırma sonucu enerji kırılganlığı en düşük başka bir ifadeyle enerji arz güvenliği en fazla olan ülkenin Kanada olduğu ve Kanada'nın net bir enerji ihracatçısı olduğu görülmektedir.

Enerji Arz Güvenliği Kapsamında Yapılan Uluslararası Ampirik Çalışmalar (Devam)

Yazar/Yıl	Kruyt vd. (2009)	Cabalu (2010)	Jansen ve Seebregts (2010)	Bambawale ve Sovacool (2010)
Veri Dönemi/ Ülke	Genel Analiz	2008 Doğalgaz İthalatçısı 7 Asya Ülkesi	2005 AB Üyesi 27 Ülke	Çin
Kullanılan Yöntem	Enerji Arz Güvenliğinin Ölçülmesi	Doğalgaz Arz Güvenlik Endeksi	Enerji Arz/ Talep Endeksi	Enerji Arz Güvenliği Anketi
Kullanılan Değişkenler	Enerji Arz Güvenliğini Hesaplarken Kullanılan Basit Endeksler, Bileşik Endeksler ve Model Tabanlı Senaryo Uygulaması	Doğalgaz Yoğunluğu Yerli Gaz Üretimine Yerli Gaz Tüketimine Oranı Kaynakların Jeopolitik Riski Net İthalat Bağımlılık Oranı	Enerji İthalatı Bağımlılığı Enerji Kaynakları Enerji Tüketimi	Enerji Arz Güvenliği Jeopolitik Enerji Verimliliği Merkezi Sistemler Yeni Enerji Teknolojilerinin Araştırılması ve Yeniliği İklim Değişikliği Kendi Kendine Yeterlilik
Sonuçları	Enerji arz güvenliğini artırmak için uygulanacak politika ve uygulamaların oluşturulmasına katkı sağlayacak çalışmalar	Ülkeler arasında gaz kırılganlığının genel göstergesinin değerlerinde farklılıklar olduğunu ve değerlendirmenin Asya bölgesindeki ülkelerde doğal gaz arz güvenliğine ilişkin etkili bir strateji geliştirilmesinde yararlı olduğunu göstermektedir.	Arz güvenliğinin uzun dönemde sağlanmasının yanı sıra talep esnekliğinin de önemli olduğu göz ardı edilmemesi gerektiği sonucuna varılmaktadır.	Çin'deki fosil yakıtların tedarik güvenliğini enerji güvenliğinin en önemli unsuru olarak kabul etmektedir.

Enerji Arz Güvenliği Kapsamında Yapılan Uluslararası Ampirik Çalışmalar (Devam)

Yazar/Yıl	Le Coq ve Paltseva (2010)	Greene (2010)	Martchamadol ve Kumar (2013)	Cabalu ve Alfonso (2013)
Veri Dönemi/ Ülke	Avrupa Birliği Ülkeleri	AB OPEC Dünya	Genel	1996-2009 6 Asya Ülkesi
Kullanılan Yöntem	Enerji Geçiş Riskleri Enerji İthalatı Çeşitlendirmesi Enerji Tedarikçisi Ülkenin Siyasi Riskleri Enerji Arz Kesintisinin Ekonomik Nedenleri	Petrol Güvenliği Metrics Modeli	AESPI Endeksi	Bileşik Doğalgaz Arz Güvenliği Endeksi
Kullanılan Değişkenler	Kömür, Petrol ve Doğalgaz Endeksleri	Petrol Bağımlılığı Petrol Güvenliği	Petrol Kırılganlık Endeksi Değerlendirme Endeksi Enerji Sürdürülebilirlik Ülke Endeksi	Gaz Yoğunluğu Net gaz ithalat bağımlılığı Yerli Gaz Üretiminin Yerli Gaz Tüketimine Oranı Jeopolitik Risk
Sonuçları	Arz riskinin tek tek AB Üye Devletleri arasında eşitsiz dağılımı, ortak enerji politikasına göre tercihlerinin farklılık gösterdiğini göstermektedir. En azından kısa vadede toplu bir yaklaşımın yanıltıcı olabileceği sonucuna varılmaktadır.	Belirsiz bir gelecekte petrol bağımlılığının doğrudan ekonomik maliyetler üzerine etki edeceği ve bu maliyetlerin petrol güvenliğinin bir göstergesi olduğu sonucuna varılmıştır.	Bir ülkenin enerji güvenliği durumunu değerlendirebilmek için verilen değişkenler kullanılarak uygulanan politikaların enerji güvenliğini ne kadar artırdığını göstermekte ve uygulanacak politikalar için bir ölçüt oluşturmaktadır.	Çin ve Hindistan yerli enerji üretimi ve enerjide gaz kullanım oranının az olması nedeniyle arz güvenliği riski en az, Tayland yüksek bağımlılık nedeniyle en çok etkilenen ülkedir.

Enerji Arz Güvenliği Kapsamında Yapılan Uluslararası Ampirik Çalışmalar (Devam)

Yazar/Yıl	Zhang vd. (2013)	Geng ve Ji (2014)	Yalkı (2014)	Böhringer ve Bortolamedi (2015)
Veri Dönemi/ Ülke	1993-2017 Çin	1994-2011 Çin	1995-2012 OECD Üyesi 28 Ülke	28 AB Üyesi Ülke
Kullanılan Yöntem	DEA Modeli	Enerji Arz Güvenliği Endeksi	Panel Veri Analizi	Hesaplanabilir Genel Denge (CGE)
Kullanılan Değişkenler	Tedarik Riskleri Ekonomik Riskler Ulaşım Riskleri Bağımlılık Riskleri	Enerji Kullanılabilirlik Riski İthalatın Uygun Fiyat Analizi Enerji Kaynak Rezerv Eğilimi Teknolojilerinin Geliştirilmesi	Enerji İthalatı, GSYH Enerji Fiyat Endeksi Enerji Üretimi Yenilenebilir Enerji Arzının Toplam Enerji Arzı İçerisindeki Yüzdelik Payı Fosil Kaynak Arzının Ülkelerin Enerji Arzları İçerisindeki Yüzdelik Payı	Birincil Enerjiye Bağımlılık Dış Birincil Enerji Arzına Bağımlılık Birincil Enerji Taşıyıcılarına Bağımlılık Dış Birincil Enerji Tedarikçilerine Bağımlılık
Sonuçları	Verilen değişkenler kullanarak petrol ithalat riskini değerlendirmektedir. Çin'in farklı ölçüde riskler üzerinde sınırlı kontrole sahip olduğu sonucuna varılmaktadır.	1994-2008 yılları arasında enerji piyasaları tekel güç olduğundan ham petrol fiyatları istikrarsızdı. Sonrasında petrol bağımlılığı artsa da enerji tasarrufu ve kaynak çeşitlendirme politikalarını etkin bir şekilde uygulanarak enerji arz güvenliğinin daha iyimser seviyelere çıktığı görülmektedir.	28 OECD ülkesinin YEK kullanımının ithalat bağımlılığı üzerine etkisini inceleyen çalışmada yenilenebilir enerjinin enerji ithalat bağımlılığını azaltmada etkili olmadığı sonucuna varılmaktadır.	Enerji politikalarını katkı sağlamak için hazırlanan bu makalede verilen göstergelerde yapılan iyileştirmelerin enerji arz güvenliğinde bir artışa neden olduğu sonucuna varılmıştır.

Enerji Arz Güvenliği Kapsamında Yapılan Uluslararası Ampirik Çalışmalar (Devam)

Yazar/Yıl	Radovanović, Filipović ve Pavlović (2017)	Zhang vd. (2021)	Herie Park Sungwoo Bae (2021)	Axon ve Darton (2021)
Veri Dönemi/ Ülke	1990-2012 28 AB Üyesi Ülke	2005-2017 Çin (Hennan Eyaleti)	1991-2018 Kore	İngiltere Örnek Olay İncelemesi
Kullanılan Yöntem	Enerji Güvenliği Endeksi Temel Bileşenler Analizi	AHP GRA TOPSIS Yöntemleri Why-why Analizi	Enerji Arz Güvenliğinin Nicel Değerlendirmesi	Risk Değerlendirme Yöntemi
Kullanılan Değişkenler	Enerji Yoğunluğu Kişi Başına Nihai Enerji Tüketimi Enerji Bağımlılığı Kişi Başına GSYH Karbon Yoğunluğu Nükleer ve RES'in toplam enerji tüketimi içindeki payı	Kullanılabilirlik Uygun Fiyat Enerji Altyapısı Teknoloji ve Verimlilik Çevresel Sürdürülebilirlik	Enerji Çeşitliliği, İthalat Bağımlılığı, Birincil Enerji Arz Güvenliği	Ekonomik Risk Çevresel Risk Üretim Riski Politik Risk Beceri Riski Teknik Risk İnovasyon Riski
Sonuçları	Enerji güvenliği endeksi üzerinde en fazla etkinin kişi başına düşen GSYH, enerji ve karbon yoğunluğundan, en az etkinin ise toplam enerji tüketiminde nükleer ve RES'lerin payından kaynaklandığı sonucuna varılmaktadır.	Enerji güvenliğinin tek boyutlu olmadığı ve güvenliği artırmak için teknolojik, çevresel, sosyal ve politik faktörlerin geliştirilmesi gerektiği görülmektedir. Aynı zamanda enerji üretimi artmazken ithalat çeşitlendirmesi ile arz güvenliği artırılması sağlanmaktadır.	Yüksek oranda enerji ithalatına bağımlı bir ülkenin yüksek enerji çeşitliliği sağlasa dahi yeterli seviyede enerji arz güvenliği sağlayamamaktadır. Bu çalışma enerji arz güvenliği açısından ithalat bağımlılığı ve enerji çeşitliliği arasındaki korelasyonun önemini göstermektedir.	İngiltere üzerine yapılan vaka çalışmasında riskin en önemli üç nedeninin sermayeye erişim eksikliği, politika veya düzenleyici çerçevenin değiştirilmesi ve önemli kamusal endişe olduğu görülmektedir.

Enerji Arz Güvenliği Kapsamında Yapılan Uluslararası Ampirik Çalışmalar (Devam)

Yazar/Yıl	Bamisile vd. (2021)	Iyke vd. (2021)	Huang vd. (2021)	Cergibozan (2022)
Veri Dönemi/ Ülke	2004-2017 Çin (30 Eyaleti)	Ekim 1989 ile Mayıs 2019 Dönemi Aylık Verileri ABD	2008-2017 Çin (30 Eyaleti)	1985-2016 OECD
Kullanılan Yöntem	Enerji Arz Güvenliği Endeksi FDA Keşif Analizi ve Modelleme Teknikleri	Fama-French 3 Factor Model	Fuzzy BWM-DEA-AR Modeli Malmquist Verimlilik Endeksi	İkinci Nesil Panel Ekonomik Teknikler
Kullanılan Değişkenler	Arz Güvenliği Kullanım Güvenliği Çevre Güvenliği Ekonomik Güvenlik	Enerji Güvenliği Enerji Endeksleri ve ETF Stokları	Enerji Rezervleri ve Tüketimi Enerji Sektörüne Yatırım Kirlilik Artıma Harcaması AR-GE Harcaması ve Personeli Rezerv Üretim Oranı Çeşitlendirme Kendi Kendine Yeterlilik GSYH ve CO ₂ Emisyonları	Enerji Güvenliği Risk Endeksi Rüzgâr, Güneş, Hidroelektrik, Biyokütle/ Atık ve Yenilenebilir Elektrik Net Elektrik Üretimi (Toplam elektrik üretiminin %’si) Kentsel Nüfus Artışı Sanayi Üretimi Ekonomik Entegrasyon

Sonuçları	2004-2017 yılları arasında Çin'deki illerin enerji güvenliği endeksine ilişkin kapsamlı analizleri sunularak enerji sektörüne yapılan yatırımın bu endeksler üzerindeki etkisini incelemektedir.	Araştırma verilerine göre, ortalama varyans yatırımcısının portföy yönetim ücretlerine ödemeye hazır olduğu bedelin en fazla yıllık %4,88 olduğu sonucuna varılmaktadır.	30 Çin eyaletinin enerji arz güvenliği hesaplanarak 2008-2017 dönemlerinde değişen eğilimler incelenmiş olup Çin'in enerji güvenliğinin bazı bölgesel özelliklere göre büyük ölçüde değiştiği görülmektedir.	Çalışmada OECD ülkelerinde enerji güvenliği riskinin azaltılmasında yenilenebilir enerji kaynaklarının etkisi incelenmiştir. Yenilenebilir enerjinin bazı OECD ülkelerinin risk endeksini azalttığı görülürken bu durumun tüm OECD ülkeleri için geçerli olmadığı sonucuna varılmıştır.
------------------	--	--	--	---

4.2. Durağanlık (Birim Kök) Testleri

Ekonometrik analiz yapılırken en önemli konu serinin durağan olup olmadığı diğer bir deyişle birim kök içerip içermediğidir. Durağanlık, varyansta ve ortalamada sistematik bir değişiklik olmaması ve periyodik değişmelerin (kovaryans) ortadan kaldırılmış olması anlamına gelmektedir. Bir zaman serisi analizinde kullanılacak olan birçok yöntemin uygulanabilmesi için serinin durağan olması gerekmektedir. Durağan olmayan seriler ile yapılan analizler sahte regresyon sorununa yol açmaktadır. Bu durum birbiri ile ilişkisiz olan serilerin ilişkili görünmesine neden olarak yanlış sonuçlar doğurabilmektedir. Bir serinin durağan olup olmadığı bu serinin zaman grafiğine bakılarak görülebilmektedir. Ekonometrik zaman serilerinin genelde çok azı durağandır bu nedenle sağlıklı bir sonuç alınabilmesi için verilerin durağan hale getirilmesi gerekmektedir. Seri analizinde varyansın durağan olmadığı durumlarda logaritmik dönüşüm, ortalamanın durağan olmadığı durumlarda fark alma, her ikisinin de durağan olmadığı durumlarda ise serinin dönüştürülmesi gerekmektedir (Akgül, 1994: 52-53).

4.2.1. Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) Birim Kök Testi

Gözlemlenen serinin birim kök içerip içermediğinin belirlenmesinde kullanılan Dickey-Fuller testi ilk olarak 1979 yılında ‘Journal of American Statistical Association’ adlı dergide Dickey D.A ve W.A Fuller tarafından kullanılmıştır. Modelin denklemi aşağıda gösterilmektedir.

$$Y_t = Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Buna göre verilen regresyon denklemi (1) birim kök testinin sınanması amacıyla oluşturulmuştur. Denklemden kullanılan ε_t stokastik hata terimini ifade etmektedir. Bağımlı değişken (Y_t) ve bu değişkenin önceki dönem (Y_{t-1}) verileri birbirine eşit ise modelde birim kök sorunu bulunmaktadır. Bu durumda seri durağan değildir.

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2)$$

Denklemden eşitliğin her iki tarafından Y_{t-1} çıkarılarak $\rho-1 = \gamma$ olmak üzere denklem (4) elde edilir.

$$Y_t - Y_{t-1} = (\rho-1)Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3)$$

$$\Delta Y_t = \gamma Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (4)$$

Burada $\rho=1$ veya $\gamma=0$ olması durumunda Y_t serisi birim kök içermektedir dolayısıyla seri durağan değildir. Serinin durağan hale gelebilmesi için $|\rho| < 1$ olması gerekmektedir.

$$\Delta Y_t = \gamma Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad \tau \text{ istatistiği} \quad (5)$$

$$\Delta Y_t = \mu + \gamma Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad \tau_\mu \text{ istatistiği} \quad (6)$$

$$\Delta Y_t = \mu + \beta + \gamma Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad \tau_t \text{ istatistiği} \quad (7)$$

Yukarıda verilen denklemlere bakıldığında (5) denklemin sabitsiz ve trendsiz, (6) denkleminin sabitli ancak trendsiz, (7) denkleminin ise hem trendli hem de sabitli olduğu varsayılmaktadır. Sıfır (H_0) ve alternatif (H_1) olmak üzere 2 farklı hipotez kurularak Y_t serisinin durağan olup olmadığına bakılması gerekmektedir. Sıfır (H_0) hipotezi seride birim kök olduğunu yani serinin durağan olmadığını gösterirken, (H_1) hipotezi ise seride birim kök olmadığı anlamına gelmektedir. Hipotezler aşağıda gösterilmektedir (Sevüktekin ve Çınar, 2017: 322);

$$H_0 : \gamma = 0 \quad (\rho=1) \quad \text{Seri durağan değildir} \quad (8)$$

$$H_1 : \gamma < 0 \quad (\rho < 1) \quad \text{Seri durağandır} \quad (9)$$

Dickey-Fuller testi çok yaygın bir kullanım alanına sahip olsa da otokorelasyon sorunu olan seriler için kullanılamamaktadır. Testin güvenilir olabilmesi için muhtemel otokorelasyon sorununu çözmek ve terimlerin sabit varyanslı olması gerekmektedir. Varyans sorununu çözmek için modelin logaritması alınır. Otokorelasyon sorunu için ise denklemin sağ tarafına bağımlı değişkenin gecikmeli değerleri eklenerek denklem genişletilmektedir. Alınan gecikmeli değerlerin belirlenmesi için genel olarak Akaike ve Schwarz Bilgi Kriterlerinden yararlanılmaktadır (Uğurlu ve Aydın, 2009:10-11).

$$\Delta Y_t = \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=1}^k \beta_i Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (10)$$

$$\Delta Y_t = a_0 + \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=1}^k \beta_i \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (11)$$

$$\Delta Y_t = a_0 + a_1 + \gamma Y_{t-1} + \beta_t + \sum_{i=1}^k \beta_i \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (12)$$

Yukarıda verilen denklemler Dickey-Fuller birim kök testine modelin otokorelasyon sorununu ortadan kaldırmak amacıyla bağımlı değişkenin gecikmeli değerlerinin modele dahil edilmesiyle oluşturulmuştur. Yeni denklem Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) Birim Kök Testi olarak adlandırılmaktadır (Sevüktekin ve Çınar, 2017: 335-336).

4.2.2. Phillips - Perron (PP) Birim Kök Testi

Dickey-Fuller (DF) ve Genişletilmiş Dickey-Fuller (ADF) testlerinde kullanılan hata teriminin (ε_t) sabit varyanslı ve bağımsız olduğu kabul edilerek hata terimleri arasında otokorelasyon olmadığı varsayılmaktadır. Phillips ve Peron (1988) DF ve ADF testlerinin seride bağımlı ve heterojen dağılıma sahip hata terimleri bulunması durumunda meydana gelebilecek otokorelasyon sorununu çözmek amacıyla DF testlerinin hata terimleri (ε_t) ile ilgili kısımlarını geliştirmişlerdir. (Phillips ve Perron, 1986: 12-15).

$$Y_t = \gamma Y_{t-1} + u_t \quad (13)$$

$$Y_t = a_0 + \gamma Y_{t-1} + u_t \quad (14)$$

$$Y_t = a_0 + \gamma Y_{t-1} + a_2(t-T/2) + u_t \quad (15)$$

Phillips ve Peron tarafından geliştirilen yukarıdaki regresyon denkleminde T gözlem sayısını, u_t hata terimlerinin dağılımını ifade eder ve ortalaması sifıra eşittir. DF ve ADF birim kök testlerinde hata terimi ardışık bağımlı olabildiği gibi eş- varyans (homoscedasticity) varsayımı da ihlal edilebilmektedir. Ancak PP birim kök testi Newey-West hata düzeltme sistemi kullanarak hem ardışık bağımlılık durumunu ortadan kaldırmakta hem de eş-varyans varsayımını yerine getirmektedir (Şentürk ve Dücan, 2014: 71).

4.3. Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif Model: ARDL Sınır Testi

Doğrusal zaman serileri çoğunlukla durağan süreçlere sahip olmamaktadır. Modelde kullanılan değişkenlerin durağan olmaması halinde sahte regresyon sorunu ortaya çıkabilmektedir. Seriler arasındaki uzun dönem ilişkileri incelemek için sıklıkla Engle-Granger ve Johansen Eş Bütünleşme Testleri kullanılmaktadır. Ancak bu testler incelenen değişkenlerin aynı mertebeden durağan olduklarını varsaymaktadır. Pesaran ve Shin (1999) ve Pesaran vd. (2001) yapmış oldukları çalışmalarda ARDL sınır testi modeli ile bu kısıtı ortadan kaldırmışlardır. Model değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin durağanlık düzeylerini dikkate alınmadan incelenmesine olanak sağlamaktadır. ARDL sınır testi yaklaşımına göre testin uygulanabilirliği değişkenlerin $I(0)$ ya da $I(1)$ olmasına göre değişmemektedir. Diğer eşbütünleşme testlerinin aksine sadece uzun dönemde değil kısa dönemde yani gözlem sayısının az olduğu durumlarda da kullanılabilir (Cergibozan, Çevik ve Demir, 2017: 79; Bertelli vd., 2022: 2-3).

$$Y_t = a_0 + a_1 t + \sum_{i=1}^p \phi_i Y_{t-i} + \beta' x_t + \sum_{i=1}^{q-1} \beta^{*i} \Delta x_{t-i} + \varepsilon_t \quad (16)$$

Denklem (16)'da yer alan modelde ε_t sıfır ortalamalı ve sabit varyansa sahip otokorelasyonsuz hata terimini, p ise gecikme uzunluğunu ifade etmektedir (Cergibozan, Çevik ve Demir, 2017: 79). Gecikme uzunluğu Akaike (AIC) ve Schwartz Bayesyan (SBC) bilgi kriterleri yardımıyla belirlenmektedir. Sonraki aşamada değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi olup olmadığına bakmak için F testi kullanılmaktadır. Test Pesaran vd. tarafından 2001 yılında tablolştırılmıştır. Buna göre analizden elde edilen sonuç F istatistik tablosunda ki alt kritik değerden düşükse değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi olmadığı, üst kritik değerden yüksek ise değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi olduğu anlamına gelmektedir. Ancak elde edilen sonuç alt ve üst kritik değerlerin arasında kalıyorsa değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisi ile ilgili yorum yapılamamaktadır (Pamuk ve Bektaş, 2014: 82-83; Pesaran, 2001: 290).

4.4. Ekonometrik Model ve Veri Analizi

Bu çalışmada zaman serisi analizleri kullanılarak Türkiye’de 1985-2018 dönemi içerisinde yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji arz güvenliği üzerindeki etkisi analiz edilmektedir. Çalışmada belirtilen dönemi analiz etmek amacıyla ARDL sınır testinden yararlanılmaktadır. Analize başlamadan önce sahte regresyon sorununu önlemek amacıyla Artırılmış Dickey-Fuller (ADF) ve Phillips-Perron (PP) birim kök testleri kullanılarak değişkenlerin durağanlıkları test edilmektedir. Çalışmada kullanılacak değişkenlere ilişkin açıklamalar ve veri kaynakları Tablo 18’de verilmektedir.

Tablo 18: Değişkenlere Ait Açıklamalar

Değişkenler	Açıklama	Kaynak
ESRI	Enerji Güvenliği Risk Endeksi	EIA
BROADMONEY	Finansal Gelişmeler	Dünya Bankası
IND	Sanayi Üretim Endeksi	OECD
POPULATION	Kentsel Nüfus Artışı	Dünya Bankası
RENEWABLES	Yenilenebilir Enerji	Dünya Bankası
TRADE	Dışa Açıklık	Dünya Bankası
HYDRO	Hidroelektrik Enerji	Dünya Bankası
NONHYDRO	Hidroelektrik Harici Enerji Kaynakları	Dünya Bankası

Yukarıda yer alan IND, POPULATION, RENEWABLES, TRADE, HYDRO ve NONHYDRO bağımsız değişkenlerinin bağımlı değişken olan enerji güvenliği ile olan iktisadi ilişkileri aşağıda yer almaktadır.

IND: Türkiye gelişmekte olan ülkeler kategorisinde yer alması sebebiyle sanayileşme hızı yüksek bir ülkedir. Sanayi sektörü ekonomik büyüme açısından ciddi önem arz etmektedir ve sanayi üretiminde kullanılan en temel girdinin enerji olduğu bilinmektedir. Enerji kullanımının artması enerji arz güvenliği risk endeksini doğrudan etkilemektedir.

POPULATION: Çalışmada yer alan POPULATION değişkeni yıllık bazda kentsel nüfus artışını temsil etmektedir. Nüfus arttıkça enerjiye duyulan ihtiyaçta buna paralel olarak artacaktır.

BROADMONEY: Çalışmada yer alan BROADMONEY değişkeni finansal gelişmeyi ifade etmektedir. Finansal gelişme çok boyutlu ve ekonomik büyümede önemli rol oynayan bir kavramdır. Kendi kendine finansmandan dışsal finansmana geçişi temsil etmektedir. Finansal gelişmeler bir ülkenin enerjiye yönelik kararını ifade etmektedir. Doğrudan yabancı yatırımların artması, bankacılık ve borsa gibi faaliyetlerin artması ekonomik büyümeyi artırarak enerji talebini etkilemektedir. Ayrıca tasarrufların harekete geçirilerek yatırımlara yönlendirilmesi ve bu yatırımlar üzerinde verimli şekilde dağıtılmasına katkı sağlayarak gibi ekonomik büyümeyi desteklemektedir. Finansal gelişmenin enerji talebi üzerindeki etkisine ise tüketicilerin finansal gelişme ile birlikte ev, araba, beyaz eşya gibi yüksek maliyetli tüketici ürünlerine yönelerek önemli miktarda enerji tüketimine neden olarak başta bireysel kullanım olmak üzere genel enerji talebi üzerinde de önemli etkilere neden olmaktadır (Furstenberg ve Fratianni, 1996; 18; Sadorsky, 2010; 2528).

TRADE: Çalışmada yer alan TRADE değişkeni dışa açıklık anlamına gelmekte ve GSYH'nin ticaret yüzdesini ifade etmektedir. Enerji ve GSYH arasındaki ilişki endüstri devrimine dayanmaktadır. Bir ülkenin toplumsal refahını artırabilmesi için öncelikli olarak GSYH'yi artırması gerekmektedir. GSYH üzerinde en etkili iki girdi emek ve sermayedir ancak üretimin sağlanması ve sürdürülebilirliği enerji ile sağlanmaktadır. Bu nedenle emek ve sermayeden sonra en önemli etken enerjidir. (Önder ve Polat, 2018; 106).

RENEWABLES: Çalışmada yer alan RENEWABLES değişkeni yenilenebilir enerji kaynaklarını (milyar kWh) ifade etmektedir. Ülkelerin dışa bağımlılığını azaltmak ve yerli üretim ile enerji talebini karşılamak, aynı zamanda enerji çeşitliliği sağlamak amacıyla rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle ve hidroelektrik gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına

yönelmesinin enerji güvenliğinin artmasına neden olacaktır. Dolayısıyla yenilenebilir enerji kaynakları ile enerji güvenliği risk endeksi arasında negatif bir ilişki olduğu öngörülmektedir.

HYDRO: Çalışmada yer alan HYDRO değişkeni yenilenebilir enerji kaynaklarını içerisinde yer alan hidroelektrik enerjisini (milyar kWh) ifade etmektedir. Türkiye’de en çok kullanılan yenilenebilir enerji kaynağı olan hidroelektrik enerjisi oldukça yüksek bir paya sahiptir. Bu nedenle meydana gelebilecek çok eşdeğerlilik durumunu önlemek amacı ile diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından ayrı değerlendirilmektedir.

NONHYDRO: Çalışmada yer alan NONHYDRO değişkeni yenilenebilir enerji kaynaklarını içerisinde yer alan hidroelektrik olmayan enerji kaynaklarını (milyar kWh) ifade etmektedir. Bunlar amacıyla rüzgâr, güneş, jeotermal ve biyokütle enerjisini içermektedir.

Çalışmada kullanılacak değişkenlerin ortalamaları, maksimum, minimum değerleri ve standart sapmasına ilişkin betimleyici istatistikler Tablo 19’da yer almaktadır.

Tablo 19: Betimsel istatistikler

Değişkenler	Ortalama	Medyan	Maksimum	Minimum	St. Sapma	Kaynak
ESRI	6.989	6.977	7.144	6.798	0.085	EIA
BROADMONEY	3.621	3.626	4.011	3.167	0.274	Dünya Bankası
IND	3.911	3.780	4.736	3.137	0.472	OECD
POPULATION	0.418	0.389	0.787378	-0.22	0.199	Dünya Bankası
RENEWABLES	3.610	3.578	4.562214	2.457	0.518	Dünya Bankası
TRADE	3.777	3.845	4.137	3.381	0.204	Dünya Bankası
HYDRO	3.542	3.565	4.200	2.454	0.438	Dünya Bankası
NONHYDRO	-0.609	-1.238	3.592	-5.521	2.199	Dünya Bankası

Not: Çalışmada kullanılan tüm değişkenlerin doğal logaritması alınmıştır.

4.4.1. Birim Kök Test Sonuçları

Zaman serisi analizlerinde seriler arasında anlamlı bir ilişki çıkabilmesi için analizde kullanılan serilerin ortalamaları, varyansları ve kovaryanslarının zamandan bağımsız olması ya da diğer bir ifadeyle bu serilerin durağan olması gerekmektedir. Çalışmada serilerin durağanlıkları Artırılmış Dickey-Fuller (ADF) ve (Phillips-Perron) PP birim kök testleri ile test edilmektedir. Testlere ilişkin sonuçlar Tablo 19 ve Tablo 20’de yer almaktadır. Bunlardan ilki sabit terim içeren ikincisi ise hem sabit terim hem de trend terim içeren tahminlerini içermektedir.

Tablo 20: Birim Kök Test Sonuçları (Sabitli)

Değişkenler	ADF Birim Kök Testleri		PP Birim Kök Testleri	
	t-istatistiği (seviye)	t-istatistiği (birinci fark)	t-istatistiği (seviye)	t-istatistiği (birinci fark)
ESRI	-1.256	-5.088***	-1.152	-5.835***
BROADMONEY	-0.792	-8.584***	-1.212	-17.307***
IND	-0.074	-5.641***	0.146	-5.915***
POPULATION	-2.374	-7.508***	-2.236	-12.301***
RENEWABLES	-1.624	-7.184***	-1.502	-7.866***
TRADE	-1.183	-5.076***	-0.655	-7.623***
HYDRO	-2.460	-7.308***	-2.441	-8.186***
NONHYDRO	-1.240	-7.675***	-1.250	-7.045***

Not: *** ve** sırasıyla % 1 ve % 5 seviyesinde anlamlılığı göstermektedir.

Tablo 20’de yer alan ADF ve PP birim kök test sonuçlarına bakıldığında analizde kullanılan değişkenlerin seviyesinde durağan olmadığı başka bir ifadeyle birim kök içerdikleri ancak birinci farkı alındığında %1 anlamlılık düzeyinde durağanlaştığı görülmektedir. Bu durum analizde kullanılan tüm değişkenlerin I(1) olduğu anlamına gelmektedir.

Tablo 21: Birim Kök Test Sonuçları (Sabitli ve trendli)

Değişkenler	ADF Birim Kök Testleri		PP Birim Kök Testleri	
	t-istatistiği (seviye)	t-istatistiği (birinci fark)	t-istatistiği (seviye)	t-istatistiği (birinci fark)
ESRI	-2.595	-5.649***	-1.804	-9.000***
BROADMONEY	-4.304***	-4.825***	-4.292***	-16.986***
IND	-2.306	-5.556***	-2.306	-5.847***
POPULATION	-3.296	-7.493***	-3.270	-17.388***
RENEWABLES	-3.320	-7.106***	-3.264	-7.728***
TRADE	-3.688**	-5.420***	-2.893	-7.677***
HYDRO	-3.834**	-7.393***	-3.754**	-8.523***
NONHYDRO	-2.253	-7.653***	-2.609	-7.351***

Not: *** ve** sırasıyla % 1 ve % 5 seviyesinde anlamlılığı göstermektedir.

Tablo 21’de hem sabitli ve hem de trendli model tahmin edilmiştir. ADF birim kök testi sonuçlarına göre BROADMONEY, TRADE ve HYDRO değişkenlerinin seviyesinde durağan olduğu ancak diğer değişkenlerin birinci farkı alındığında durağanlaştığı görülmektedir.

PP birim kök testinin hem sabitli ve hem de trendli model tahminine bakıldığında ise BROADMONEY ve HYDRO değişkenleri seviyesinde durağanken diğer değişkenlerin birinci farkı alındığında durağan olduğu görülmektedir.

4.4.2. ARDL Sınır Testi Sonuçları

Türkiye’nin yenilenebilir enerji kaynakları arasında hidroelektrik enerji kapasitesi göz önünde bulundurulduğunda meydana gelebilecek çok eşdeğerlilik durumunu önlemek amacıyla hidroelektrik ve hidroelektrik olmayan enerji kaynakları için 3 ayrı model tahmin edilecektir. Hidroelektrik olmayan enerji kaynakları rüzgâr, güneş, jeotermal ve biyokütle enerjisi 3. modelde incelenecektir. Analizde kullanılan değişkenlerin doğal logaritması alınmıştır.

Tablo 22: Çalışmada kullanılacak modeller

Model	Değişkenler
Model 1	$ESRI_t = f(BORADMONEY_t, IND_t, POPULATION_t, RENEWABLES_t, TRADE_t)$
Model 2	$ESRI_t = f(BORADMONEY_t, IND_t, POPULATION_t, HYDRO_t, TRADE_t)$
Model 3	$ESRI_t = f(BORADMONEY_t, IND_t, POPULATION_t, NONHYDRO_t, TRADE_t)$

ARDL sınır testi yaklaşımı ile değişkenler arasındaki kısa ve uzun dönem ilişki olup olmadığı diğer bir ifadeyle değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi test edilmektedir. Kısa ve uzun dönem ayrımı yapmadan önce modele eklenmesi gereken gecikme uzunluğuna bakılması gerekmektedir. Uygun gecikme uzunluklarının belirlenmesi için Schwarz Bilgi Kriterinden yararlanılmıştır. Test sonuçları Tablo 23’te yer almaktadır.

Tablo 23: ARDL Sınır Testi Sonuçları

Model	Optimum Gecikme Uzunluğu	F- istatistiği	Kritik Değer %5		Kritik Değer %1	
			I(0)	I(1)	I(0)	I(1)
Model 1:F(ESRI BROADMONEY, IND, POPULATION, RENEWABLES, TRADE)	(1, 0, 0, 1, 1, 1)	4.961***	2.39	3.38	3.06	4.15
Model 2:F(ESRI BROADMONEY, IND, POPULATION, HYDRO, TRADE)	(1, 0, 0, 1, 1, 1)	4.727***	2.39	3.38	3.06	4.15
Model 3: F(ESRI BROADMONEY, IND, POPULATION, NONHYDRO, TRADE)	(1, 1, 0, 1, 0, 1)	4.357***	2.39	3.38	3.06	4.15

Not: *** ve ** sırasıyla % 1 ve % 5 seviyesinde anlamlılığı göstermektedir.

Model 1'e ; BROADMONEY ve IND değişkenleri için 0, ESRI, POPULATION, RENEWABLES, TRADE değişkenleri için 1 gecikme uzunluğu, Model 2'ye ; BROADMONEY ve IND değişkenleri için 0, ESRI, POPULATION, HYDRO, TRADE değişkenleri için 1 gecikme uzunluğu ve Model 3'e ; IND ve NONHYDRO değişkenleri için 0, ESRI, POPULATION, NONHYDRO, TRADE değişkenleri için 1 gecikme uzunluğu uygun bulunmaktadır.

Tahmin sonuçlarına bakıldığında her 3 model içinde hesaplanan F-istatistiği verilen kritik değerlerin üzerinde kalmaktadır. Bu durum;

Model 1 için; ESRI, BROADMONEY, IND, POPULATION, RENEWABLES, TRADE değişkenleri arasında, Model 2 için; ESRI, BROADMONEY, IND, POPULATION, HYDRO, TRADE değişkenleri arasında ve Model 3 için; ESRI, BROADMONEY, IND, POPULATION, NONHYDRO, TRADE değişkenleri arasında uzun dönemde ilişki bulunduğu ve çalışılan 1985-2018 dönemi için %1'de anlamlı olduğunu ifade etmektedir.

ARDL sınır testi sonuçlarından elde edilen verilere göre tanısal testler incelendiğinde çalışmada kullanılan modellerde otokorelasyon, değişen varyans, normallik ve fonksiyonel form sorunu olmadığı görülmektedir. Ayrıca 3 model için kısa ve uzun dönem katsayılar Tablo 24'te yer almaktadır.

Tablo 24: Kısa ve Uzun Dönem Analiz Sonuçları

Bağımlı Değişken: $ESRI_{(M-D)}$			
Kısa Dönem Katsayılar			
Açıklayıcı Değişkenler	Model 1	Model 2	Model 3
BROADMONEY	0.129***	0.134***	0.223***
IND	0.124	0.113	0.089
POPULATION	0.020	0.004	0.046
TRADE	0.173***	0.163***	0.094**
RENEWABLES	-0.043		
HYDRO		-0.040	
NONHYDRO			-0.030***
ECT(-1)	-0.390	-0.410	-0.313
Bağımlı Değişken: $ESRI_{(M-D)}$			
Uzun Dönem Katsayılar			
Açıklayıcı Değişkenler	Model 1	Model 2	Model 3
BROADMONEY	0.398**	0.394***	1.019***
IND	0.324***	0.247***	0.372**
POPULATION	0.246**	0.163***	0.371***
TRADE	-0.420**	-0.402**	-0.855***
RENEWABLES	-0.199**		
HYDRO		-0.187***	
NONHYDRO			-0.089**
C	6.478***	6.705***	4.872
Tanı testleri	<i>P değeri</i>	<i>P değeri</i>	<i>P değeri</i>
χ^2 (Otokorelasyon yok)	0.736	0.725	0.899
χ^2 (Sabit Varyans)	0.063	0.051	0.510
χ^2 (Normallik)	0.577	0.585	0.182
χ^2 (Fonksiyonel form)	0.484	0.731	0.702
CUSUM	İstikrarlı	İstikrarlı	İstikrarlı
CUSUMSQ	İstikrarlı	İstikrarlı	İstikrarlı

Not: *** ve ** sırasıyla % 1 ve % 5 seviyesinde anlamlılığı göstermektedir.

Tablo 24'te yer alan ECT(-1) hata düzeltme terimini ifade etmektedir. Modelin tutarlılığı açısından bu hata teriminin negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olması gerekmektedir. Buna göre model 1'de kısa dönemde meydana gelen dengesizliklerin %39'u, 2. modelde kısa dönemde meydana gelen dengesizliklerin %41'i ve 3. modelde kısa dönemde meydana gelen dengesizliklerin yaklaşık %31'i bir sonraki dönemde düzeltilerek uzun dönem dengesine yaklaşmaktadır.

Her 3 model için uzun dönem verileri incelendiğinde; değişkenlerin tamamının en az %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Yapılan analiz sonuçlarında yer alan verilere göre modeller tek tek incelendiğinde;

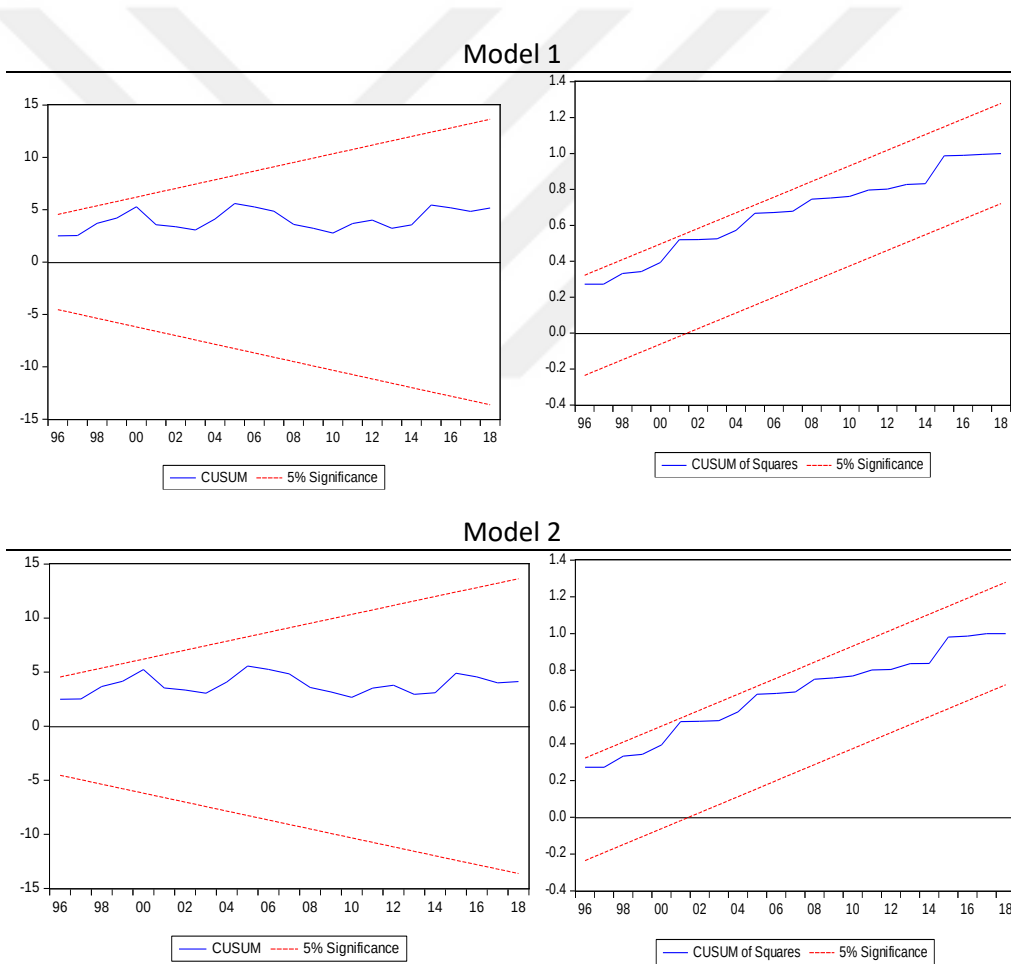
Model 1'in uzun dönem verileri için; sanayi üretim endeksinde meydana gelen %1'lik artışın enerji güvenliği risk endeksini %0.32 oranında arttırdığı, nüfusta meydana gelen %1'lik artışın enerji güvenliği risk endeksini %0.24 oranında arttırdığı, finansal gelişmelerde meydana gelen %1'lik artışın enerji güvenliği risk endeksini %0.39 oranında arttırarak pozitif yönde, dışa açıklıkta meydana gelen %1'lik artışın enerji güvenliği risk endeksini %0.42 oranında ve yenilenebilir enerji kaynaklarında meydana gelen %1'lik artışın enerji güvenliği risk endeksini %0.19 azaltarak negatif yönde etkilediği görülmektedir.

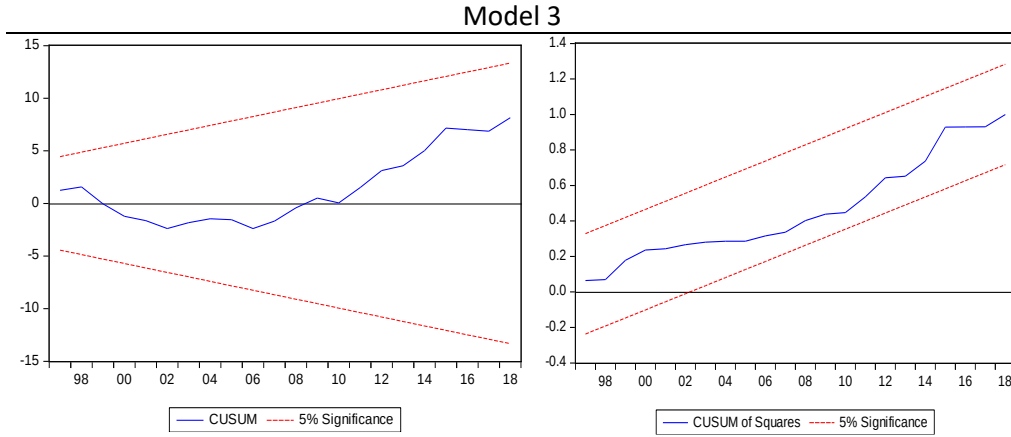
Model 2'de 1. modelde kullandığımız yenilenebilir enerji kaynakları değişkeni çıkarılarak hidroelektrik enerji verileri eklenmiştir. Oluşturulan yeni modelde uzun dönem verilerine bakıldığında (Tablo 24); sanayi üretim endeksinde meydana gelen %1'lik artışın enerji güvenliği risk endeksini %0.24 oranında arttırdığı, nüfusta meydana gelen %1'lik artışın enerji güvenliği risk endeksini %0.16 oranında arttırdığı, finansal gelişmelerde meydana gelen %1'lik artışın enerji güvenliği risk endeksini %0.39 oranında arttırarak pozitif yönde, dışa açıklıkta meydana gelen %1'lik artışın enerji güvenliği risk endeksini %0.40 oranında ve hidroelektrik enerjisinde meydana gelen %1'lik artışın enerji güvenliği risk endeksini %0.18 azaltarak negatif yönde etkilediği görülmektedir.

Model 3'te 2. modelde kullandığımız hidroelektrik enerji verileri çıkarılarak hidroelektrik olmayan (rüzgâr, güneş, jeotermal ve biyokütle enerjisi) yenilenebilir enerji kaynakları verileri eklenmiştir. Oluşturulan yeni modelde uzun dönem verilerine bakıldığında (Tablo 24); sanayi üretim endeksinde meydana gelen %1'lik artışın enerji güvenliği risk endeksini %0.37 oranında arttırdığı, nüfusta meydana gelen %1'lik artışın enerji güvenliği risk endeksini %0.37 oranında arttırdığı, finansal gelişmelerde meydana gelen %1'lik artışın enerji güvenliği risk endeksini %1.01 oranında arttırarak pozitif yönde, dışa açıklıkta meydana gelen %1'lik artışın enerji güvenliği risk endeksini %0.85 oranında ve hidroelektrik

olmayan enerji kaynaklarında meydana gelen %1’lik artışın güvenliği risk endeksini %0.08 azaltarak negatif yönde etkilediği görülmektedir.

Son olarak yapılan çalışma tahminlerinin kısa ve uzun dönem tutarlılığını analiz etmek amacıyla CUSUM ve CUSUM Square testleri kullanılmıştır. Ardışık hataların kümülatif toplamını gösteren CUSUM testi ve ardışık hataların kareleri ile hesaplanan CUSUM Square testi modelde belirlenen dönem aralığı içerisinde yapısal değişiklik olup olmadığını göstermektedir. Çalışmada tahmin edilen her 3 model için uygulanan CUSUM ve CUSUM Square test sonuçları Şekil 35’te yer almaktadır.





Şekil 35: Cusum ve Cusum Square Test Sonuçları

Şekilde ARDL modeli için tahmin edilen tüm katsayılar %5 anlamlılık düzeyi için belirlenen kritik sınırlar içerisinde yer almaktadır. 3 model içinde sonuç değişmemektedir. Buna göre tahmin edilen tüm parametrelerin 1985-2018 dönemi içerisinde tutarlı olduğu görülmektedir.

SONUÇ

Enerji gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin ortak sorunudur. Gelişmişlik seviyesi arttıkça enerjiye duyulan ihtiyaçta gün geçtikçe artmaktadır. Özellikle Sanayi Devrimi sonrası enerjiye duyulan ihtiyaçta küresel düzeyde ciddi artış yaşanmıştır. Günümüzde hala enerji ihtiyacının %87'si fosil kaynaklardan sağlanmaktadır. Bu kaynakların yenilenemez olması ve dünyada eşit dağılıma sahip olmaması nedeniyle kömür, petrol, doğalgaz gibi yenilenemez enerji kaynağına sahip olmayan birçok ülke talep ettiği enerjinin bir kısmını ya da tamamını ithal etmek zorunda kalmaktadır. Bu durum söz konusu ülkeleri enerjide dışa bağımlı hale getirmekte ve yeni kaynak arayışına itmektedir. Yenilenemez enerji kaynaklarının siyasi açıdan istikrarsız olan Orta Doğu bölgelerinde bulunması enerji kaynaklarına ulaşımı zorlaştırmaktadır. Özellikle dünya petrol rezervinin %48'ini elinde bulunduran dört Orta Doğu ülkesi (Suudi Arabistan, İran, Irak ve Kuveyt) istikrarsız siyasi yapısından kaynaklanan tehditlere açık konumu nedeniyle dünya enerji talebi için ciddi risk teşkil etmektedir. Tüm bunların yanı sıra fosil yakıtlardan enerji elde edilirken ortaya çıkan CO₂ emisyonları çevreye ve canlı yaşamına ciddi zararlar vermektedir.

Enerji arz güvenliği kavramı son yıllarda yapılan çalışmalarla daha da önem kazanmıştır. Enerji kaynaklarının ekonomik olması, ulaşılabilir olması, elde edilebilir olması ve dahası bu kaynakların sürdürülebilir olması enerji arz güvenliği olarak tanımlanmaktadır. Enerji arz güvenliği ekonomik kalkınma, gelişmişlik ve sosyal refah gibi birçok konuyu doğrudan etkilemektedir. Enerji arz güvenliğinin sağlanması dışa bağımlılığı azaltarak güvenli ve ucuz enerjiye ulaşılmasını sağlamaktadır. Ülkelerin enerji kaynaklarında kendilerine yeterlilikleri dışarıdan gelebilecek arz kesintisi sorunlarını büyük ölçüde çözmektedir. Fosil enerji kaynaklarına alternatif olan yenilenebilir enerji kaynaklarının dünya genelinde eşit şekilde dağılması kaynaklara ulaşım açısından büyük kolaylık sağlamaktadır. Ayrıca fosil kaynaklardan enerji üretilebilmesi için bu kaynakların yakılması gerekmekte ve bunun sonucunda iklim değişikliği ve küresel

ısınma gibi çevresel sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle yenilenebilir enerji olan talebin gün geçtikçe arttığı görülmektedir.

Bu çalışmanın ilk bölümünde enerji arz güvenliği kavramı ele alınarak detaylı incelenmiştir. 2. ve 3. bölümde dünyada ve Türkiye’de mevcut fosil kaynaklar ve yenilenebilir enerji kaynaklarının genel durumu ele alınmıştır. Ayrıca Türkiye’nin enerji politikalarına yer verilmiştir.

Çalışmanın son bölümünde enerji arz güvenliğinin mevcut literatürdeki yeri incelendikten sonra yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji arz güvenliği üzerindeki etkisini göstermek amacıyla ekonometrik model tahmin edilmiştir. Analize başlamadan önce sahte regresyon sorununu önlemek amacıyla Artırılmış Dickey-Fuller (ADF) ve Phillips-Perron (PP) birim kök testleri kullanılarak değişkenlerin durağanlıkları test edilmiş tüm değişkenlerin $I(1)$ düzeyinde durağan olduğu görülmüştür. ARDL eşbütünleşme analizi kullanılarak değişkenler arasındaki kısa ve uzun dönem dinamikleri incelenmiştir. Çalışmada Türkiye’de 1985-2018 dönemi içerisinde sanayi üretim endeksi, finansal gelişmeler, kentsel nüfus artışı, dışa açıklık, yenilenebilir enerji kaynakları, hidroelektrik ve hidroelektrik harici (rüzgâr, güneş, biyokütle, jeotermal) enerji kaynakları değişkenlerinin enerji güvenliği üzerindeki etkisi test edilmiştir. . Çalışmada ulaşılabilen en güncel veriler kullanılmıştır. Türkiye’nin yenilenebilir enerji üretim kapasitesi içerisinde hidroelektrik enerjisinin payı diğer yenilenebilir kaynaklar ile kıyaslandığında daha yüksektir. Bu nedenle meydana gelebilecek çok eşdeğerlilik durumunu önlemek amacı ile diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından ayrı değerlendirilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları, hidroelektrik ve hidroelektrik harici enerji kaynaklarının ayrı olarak incelendiği 3 farklı model oluşturulmuştur.

ARDL eşbütünleşme sonuçlarına göre yenilenebilir enerji kaynakları değişkeninin yer aldığı birinci modelde, sanayi üretim endeksi (%0.32), kentsel nüfus artışı (%0.25) ve finansal gelişmeler (%0.40) enerji güvenliği risk endeksini pozitif yönde etkileyerek enerji güvenliğini azalttığı, yenilenebilir enerji kaynakları (%0.20) ve dışa açıklığın (%0.17) enerji güvenliği risk endeksini negatif yönde etkileyerek enerji güvenliğini

arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları değişkenin çıkarılarak yerine hidroelektrik değişkeni eklenen ikinci modelde sanayi üretim endeksi (%0.25), kentsel nüfus artışı (%0.16) ve finansal gelişmelerin (%0.39) enerji güvenliği risk endeksini pozitif yönde etkileyerek enerji güvenliğini azalttığı, hidroelektrik (%0.04) ve dışa açıklığın (%0.40) enerji güvenliği risk endeksini negatif yönde etkileyerek enerji güvenliğini arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Son olarak hidroelektrik enerjinin çıkarılarak hidroelektrik harici enerji kaynaklarının yer aldığı üçüncü modelde sanayi üretim endeksi (%0.37) kentsel nüfus artışı (%0.37) ve finansal gelişmeler (%1.01) enerji güvenliği risk endeksini pozitif yönde etkileyerek enerji güvenliğini azalttığı, hidroelektrik harici enerji kaynaklarının (%0.08) ve dışa açıklığın (%0.85) enerji güvenliği risk endeksini negatif yönde etkileyerek enerji güvenliğini arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Her üç modelde kullanılan değişkenler değiştiğinde diğer değişkenlerin enerji güvenliği risk endeksi içerisinde oranların değiştiği görülmektedir. Ayrıca dışa açıklığın uzun dönem katsayıları enerji güvenliği riskini azaltırken kısa dönem verilerine bakıldığında arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Kısa dönemde dışa açıklık enerji güvenliği risk endeksini birinci modelde %0.17, ikinci modelde %0.16 ve üçüncü modelde %0.09 oranında pozitif yönde etkileyerek enerji güvenliğini azaltmaktadır.

Çalışmamız Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji güvenliğinin sağlanması açısından önemini belirlemeyi amaçlamaktadır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre sanayileşme, kentsel nüfus artışı ve finansal gelişmeler enerji talebinde artışa neden olduğu için enerji güvenliğini olumsuz etkilemektedir. Uzun dönemde enerji güvenliğini arttıran dışa açıklık değişkeni kısa dönemde enerji güvenliği üzerinde olumsuz bir etkiye neden olmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları uzun dönemde enerji güvenliği risk endeksini %20 oranında azaltmaktadır. Hidroelektrik enerjinin uzun dönemde enerji güvenliğini %19 azaltarak diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre çok daha avantajlı olduğu görülmektedir. Türkiye’nin yerli kaynaklara yönelerek enerji kullanımında yenilenebilir enerji kaynaklarının paylarını artırması gerekmektedir. Bu sayede Türkiye enerjide dışa bağımlılığını azaltarak ihtiyaç duyduğu

enerjiyi kendi üretecek hem dışsal şoklardan hem de krizlerden daha az etkilenecektir. Türkiye bulunduğu coğrafi konum itibarıyla enerji arz güvenliği için stratejik olarak büyük avantajlara sahip bir ülkedir. Bu durum enerji arz güvenliğinin sağlanması ve sürdürülebilirliği için yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılacak yatırımlar ve enerji politikaları ile desteklenmelidir. Başta hidroelektrik gibi yüksek verimli enerji kaynakları olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırımların artırılması ile enerji talebi ve enerji arzı arasındaki fark azaltılmalıdır. Enerji kaynaklarının üretim kapasitesi artırılmalı ve çeşitlendirilmelidir. Enerji verimliliği artırılarak enerji yoğunluğu azaltılmalıdır. Enerji piyasalarının kapsamı ve etkinliği artırılmalıdır. Enerji alanında yapılan yatırımlarda bürokrasi azaltılmalıdır. Enerji alt yapısı geliştirilmelidir. Bunu yaparken enerji alt yapısında milli sistemler kullanılması adına yapılan yatırım ve çalışmalar dışa bağımlılığı azaltarak enerji arz güvenliğini olumlu etkileyecektir.

KAYNAKÇA

- Acar, S. ve Köseoğlu, H. (2021). "Jeotermal Suların Uygulama Alanları ve Çevresel Problemler", *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, C. 28, ss. 325-332.
- Akgül, I. (1994). "Zaman serisi analizi ve öngörü modelleri", *Öneri Dergisi*, 1(1), 52-69. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/992756> (Erişim: 30.03.2024).
- Arnold, S., Hunt, A. ve Markandya, A. (2009). "National and EU-Level Estimates of Energy Supply Externalities. Centre for Europ", *Policy Studies*. C. 186, ss.1-29.
- Amjith, L. R. ve Bavanish, B. (2022). "A review on biomass and wind as renewable energy for sustainable environment", *Chemosphere*, C. 293, 133579.
- Andersen, P. H., Mathews, J. A. ve Rask, M. (2009). "Integrating private transport into renewable energy policy: The strategy of creating intelligent recharging grids for electric vehicles", *Energy policy*, C. 37, S. 7, ss. 2481-2486.
- Angelis-Dimakis, A. ve öte. (2011). "Methods and tools to evaluate the availability of renewable energy sources", *Renewable and sustainable energy reviews*, C.15, S. 2, ss. 1182-1200.
- Ar, F. F. ve öte. (2004). "Biyokütle enerjisi ve biyomotorin", *Biyoenerji–Biyomotorin, EİE İdaresi Genel Müdürlüğü, Ankara*. https://www.emo.org.tr/ekler/12e9d677c748374_ek.pdf
- Aydın, L. ve Acar, M. (2011). "Economic impact of oil price shocks on the Turkish economy in the coming decades: A dynamic CGE analysis", *Energy Policy*, C. 39 S. 3, ss. 1722-1731.
- Aydın, İ. ve Uğurlu, E. (2009). "Durağanlık Ve Birim Kök Sınamaları", ss. 1-17.

- Ayhan, V. (2009). "Avrupa'nın Enerji Arz Güvenliğinde Türkiye: Petrol, Doğal Gaz ve Entegrasyon", *Uluslararası İlişkiler Dergisi*, C. 5, S. 20, ss. 155-178.
- Aytaç, D. (2010). "Enerji ve ekonomik büyüme ilişkisinin çok değişkenli VAR yaklaşımı ile tahmini", *Maliye Dergisi*, C. 158, S. 1, ss. 482-495.
- Axon, C. J. ve Darton, R. C. (2021). "The causes of risk in fuel supply chains and their role in energy security", *Journal of Cleaner Production*, C. 324, 129254.
- Bambawale M. J. ve Sovacool B. K. (2011) "China's energy security: The Perspective of Energy Users", *Applied Energy*, C.88, S.5, ss. 1949-1956.
- Bamisile, O. ve öte. (2021). "Comprehensive functional data analysis of China's dynamic energy security index", *Energy Reports*, C. 7, ss. 6246-6259.
- Baumann, F. (2008). "Energy Security as multidimensional concept", *Munich: Center for Applied Policy Research*, ss,4-14.
- Belen, T. (2015). *Enerji Arz Güvenliği Risk Endeksi Oluşturulması için Bir Model Önerisi ve Nükleer Santrallerin Risk Üzerindeki Etkisinin Ölçülmesi*, Doktora Tezi. Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>, (Tez No:472574).
- Belyi, A. (2003). "New dimensions of energy security of the enlarging EU and their impact on relations with Russia", *European Integration*, C. 25, S. 4, ss. 351-369.
- Bertelli, S., Vacca, G. ve Zoia, M. (2022). "Bootstrap cointegration tests in ARDL models", *Economic Modelling*, C. 116, 105987.
- Boru Hatları ile Enerji Taşıma Anonim Şirketi (BOTAŞ) (2020). "2020 Faaliyet Raporu ", Bilkent, Ankara. ss. 1-30, <https://www.botas.gov.tr/> (Erişim: 09.09.2021).

- Böhringer, C. ve Bortolamedi, M. (2015). "Sense and No(n)-Sense of Energy Security Indicators", *Ecological Economics*, C. 119, ss. 359-371.
- BP (2021). BP Statistical Review of World Energy, Haziran, <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf> (Erişim: 03.05.2022).
- BP (2022). BP Statistical Review of World Energy, Haziran, <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf> (Erişim: 05.05.2023).
- Cabalu, H. (2010). "Indicators of Security of Natural Gas Supply in Asia", *Energy Policy*, C. 38, S. 1, ss. 218-225.
- Cergibozan, R. (2022). "Renewable energy sources as a solution for energy security risk: Empirical evidence from OECD countries", *Renewable Energy*, 183, 617-626.
- Cergibozan, R., Cevik, E. ve Demir, C. (2017). "Wagner Kanunu'nun Türkiye Ekonomisi için Sınanması: Çeşitli Zaman Serisi Bulguları", *Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar*, (625), ss. 75-89. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/787871> (Erişim: 30.03.2024).
- Checchi, A., Behrens, A. ve Egenhofer, C. (2009). *Long-term energy security risks for Europe: A sector-specific approach*. C. 309. CEPS. <https://cdn.ceps.eu/wp-content/uploads/2009/08/1785.pdf> (Erişim: 10.07.2021).
- Chester, L. (2010). "Conceptualizing Energy Security And Making Explicit Its Polysemic Nature", *Energy Policy Journal*, 38, ss. 887-895.
- Chevalier, J. M. (2006). "Security of energy supply for the European Union", *European Review of Energy Markets*, C. 1, S. 3, ss. 1-20.

- Christoforidis, T. ve öte. (2021). "The dynamic links between nuclear energy and sustainable economic growth. Do institutions matter?" , *Progress in Nuclear Energy*, C. 139, 103866.
- Correlje, A. ve Van der Linde, C. (2006). "Energy supply security and geopolitics: A European perspective". *Energy policy*, C. 34, S. 5, ss. 532-543.
- Çıtak, E. ve Pala, P. B. K. (2016). "Yenilenebilir Enerjinin Enerji Güvenliğine Etkisi", *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, C. 25, ss. 79-102.
- Çoruh, B. (2019). *Enerji Arz Güvenliği Kapsamında Türkiye'nin Enerji Politikaları*, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Demir, İ. (2008). "OPEC: Güçlü Bir Kartel?", *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*, C.2008, S 18, ss. 231-246.
- Demirtaş M. ve Gün V. (2007). "Avrupa Ve Türkiye'deki Biyokütle Enerjisi", *C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, C. 3.1, ss. 49-56.
- Ediger, V. Ş. (2009). "Türkiye'nin Sürdürülebilir Enerji Gelişimi", *TÜBA, Günce*, C. 39, 18-25.
- Elkind, J. (2006). "Economic Implications of the Baku-Tbilisi-Ceyhan Pipeline" *Oil, Gas & Energy Law*, C. 4, S. 4.
- Enerji Atlası, (2021a). "Hidroelektrik" <https://www.enerjiatlasi.com/hidroelektrik/> (Erişim: 13.11.2023).
- Enerji Atlası, (2021b). "Nükleer Enerji" <https://www.enerjiatlasi.com/ulkelere-gore-nukleer-enerji.html> (Erişim: 01.02.2022).
- Enerji Atlası, (2021c). "Dünya Petrol Rezervi" <https://www.enerjiatlasi.com/rezerv/dunya-petrol-rezervi.html> (Erişim: 09.09.2021).

- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB). (2023a) "Biyokütle Enerjisi"
<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-biyokutle> (Erişim: 13.11.2023).
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB). (2023b) "Güneş Enerjisi"
<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-gunes> (Erişim: 28.09.2022).
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB). (2023c) "Hidrolik Enerjisi"
<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-hidrolik> (Erişim: 13.11.2023).
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB). (2023d) "Nükleer Enerji"
<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-nukleer-enerji> (Erişim: 14.11.2023).
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB). (2023e) "Jeotermal Enerji"
<https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-jeotermal>
Erişim: (03.05.2023).
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB). (2023f) "Rüzgâr Enerjisi"
<https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-ruzgar> Erişim: (17.03.2022).
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB). (2023g) "2019-2023 dönemi Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Stratejik Planı,"
http://www.sp.gov.tr/upload/xSPStratejikPlan/files/muqpM+Stratejik_Plan_2019-2023.pdf (Erişim: 20.11.2023).
- Erdal, L. (2011). *Enerji Arz Güvenliğini Etkileyen Faktörler ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Alternatifi*, Doktora Tezi. Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Aydın,
<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> (Tez No: 312358).
- Erdal, L. ve Karakaya, E. (2012). "Enerji arz güvenliğini etkileyen ekonomik, siyasi ve coğrafi faktörler", *Uludağ Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, C. 31, S. 1, ss. 107-136.
- Ergin, M.N., (2020). *Enerji Arz Güvenliği Kapsamında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Önemi ve Sürdürülebilir Enerji Politikaları*, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim

Enstitüsü, Eskişehir. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> (Tez No.647223).

Eriçok, R. E. ve öte. (2013). "Eğitim Harcamaları Ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Sınır Testi Yaklaşımı", *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, C. 8 S. 1, ss. 87-101. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/40372> (Erişim: 31.03.2024).

Esen, Ö. ve Bayrak, M. (2015). "Enerji Açığı Belirleyicilerinin Teorik Perspektiften İncelenmesi", *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, C. 3, S. 1, ss. 45-61.

Eskin, M. C. (2018). "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çevreye ve Ekonomiye Etkisi". *Mali Hizmetler Uzmanlığı Uzmanlık Tezi, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı*, Ankara.

Fronde, M. ve Schmidt, C. M. (2014). "A measure of a nation's physical energy supply risk", *The Quarterly Review of Economics and Finance*, C. 54, S. 2, ss. 208-215.

Geng, J. B. ve Ji, Q. (2014). "Multi-Perspective Analysis of China's Energy Supply Security". *Energy*, C. 64, ss. 541-550.

Global Energy Institute, (2020). "Index of U.S. Energy Security Risk", ss. 14, <https://www.globalenergyinstitute.org/energy-security-risk-index> (Erişim Tarihi: 24.08.2021).

Global Wind Energy Council (GWEC). (2021). "Global Statistic" <https://gwec.net/wp-content/uploads/2021/03/GWEC-Global-Wind-Report-2021.pdf> (Erişim: 25.01.2022).

Global Wind Energy Council (GWEC). (2022). "Global Statistic" <https://gwec.net/wp-content/uploads/2022/03/GWEC-GLOBAL-WIND-REPORT-2022.pdf> (Erişim:12.03.2023).

Gnansounou, E. (2008). "Assessing the Energy Vulnerability: Case of Industrialised Countries", *Energy Policy*, C. 36, ss. 3734-3744.

Gökce, C. (2013). *Avrupa Birliği ve Türkiye'de Enerji Arz Açığı ve Enerji Kırılganlığı*, Doktora Tezi. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Sosyal

- Bilimler Enstitüsü, Afyon. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>, (Tez No: 345465).
- Gökce, C. ve Babacanoglu, R. (2020). "Türkiye’de Enerji Arz Güvenliği Riskinin Makroekonomik Etkileri: Vektör Hata Düzeltme Modeli", *Ekonomi Politika ve Finans Araştırmaları Dergisi*, C. 5, S. 1, ss. 158-176.
- Greene, D.L. (2010) "Measuring Energy Security: Can the United States Achieve Oil Independence", *Energy Policy*, C. 38, ss: 1614–1621.
- Gupta, E. (2008). "Oil vulnerability index of oil-importing countries", *Energy policy*, C. 36, S.3, ss, 1195-1211.
- Huang, B. ve öte. (2021). "Multi-criteria decision analysis of China’s energy security from 2008 to 2017 based on Fuzzy BWM-DEA-AR model and Malmquist Productivity Index", *Energy*, C. 228, ss. 120481.
- Hutchings, R. ve öte. (2009). "Global Security in A Multipolar World". der: Luis Peral, C. 7, ss. 105-123, https://ciaotest.cc.columbia.edu/wps/weu/0018018/f_0018018_15445.pdf (Erişim: 15.09.2021).
- International Energy Agency (IEA) (2007). "Energy Security and Climate Policy" <https://www.iea.org/reports/energy-security-and-climate-policy-assessing-interactions> (Erişim Tarihi: 24.08.2021).
- International Energy Agency (IEA) (2011). "Measuring Short-Term Energy Security" <https://www.iea.org/reports/measuring-short-term-energy-security> (Erişim:01.09.2021).
- International Energy Agency (IEA) (2014). "Energy Supply Security: Emergency Response of IEA Countries 2014" International Energy Agency, Fransa.
- International Energy Agency (IEA), (2021). "Key World Energy Statics 2021", <https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2021> (Erişim: 30.12.2021).

- International Energy Agency (IEA) (2021). "Coal 2021 Analysis and Forecast to 2024" <https://www.iea.org/reports/coal-2021> (Erişim: 10.01.2022).
- IRENA International Renewable Energy Agency (IRENA) (2022). "Yenilenebilir Enerji İstatistikleri" <https://www.irena.org/Publications/2022/Jul/Renewable-Energy-Statistics-2022> (Erişim: 15.04.2023)
- Iyke, B. N., Tran, V. T. ve Narayan, P. K. (2021). "Can energy security predict energy stock returns?", *Energy Economics*, C. 94, 105052.
- İlleez, B. (2020). 13. Türkiye’de Biyokütle Enerjisi. ss. 317-346. <https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/TEG-2020-> (Erişim: 13.11.2023).
- Jamasb, T. ve Pollitt, M. (2008). "Security of supply and regulation of energy networks", *Energy Policy*, C. 36, S. 12, ss. 4584-4589.
- Jansen, J. C. ve Seebregts, A. J. (2010). "Long-term energy services security: What is it and how can it be measured and valued?", *Energy Policy*, C. 38, S. 4, ss.1654-1664.
- Johansson, B. (2013) “Security Aspects of Future Renewable Energy Systems:A Short Overview”, *Energy*, C. 61, ss. 598-605.
- Kosai, S. ve Unesaki, H. (2020). "Quantitative evaluation of security of nuclear energy supply: United States as a case study", *Energy Strategy Reviews*, C. 29, 100491.
- Kınık, B. (2009). *Enerji Arzı Güvenliğı Açısından Avrupa Birliğı-Türkiye İlişkileri*. Yüksek Lisans Tezi. Bahçeşehir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> (Tez No: 263374).
- Kruyt, B. ve öte. (2009). "Indicators for energy security", *Energy policy*, C. 37, S. 6, ss. 2166-2181.

- Le Coq, C. ve Paltseva, E. (2009). "Measuring the Security of External Energy Supply in The European Union", *Energy Policy*, C.37, ss. 4474–4481.
- Leiby, P. N. (2007). "Estimating the energy security benefits of reduced US oil imports" *Oak Ridge, TN: Oak Ridge National Laboratory*. C. 23.
- MACOM Enviroment and Energy, (2018). <https://www.macom.com.tr/res-cevresel-etkileri-ve-yonetimi/> (Erişim: 15.04.2023).
- Mahmutoğlu, M. (2013). *Türkiye Elektrik Sektöründe Yenilenebilir Enerjinin Rolü*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı Uluslararası İktisat Bilim Dalı, Ankara. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> (Tez No: 331234).
- Mather, B. ve Widergren, S. (2021). "Energy Security: Ensuring Affordability & Availability [Editors' Voice]", *IEEE Power and Energy Magazine*, C. 19, S. 2, ss. 4-8.
- Mathew, M. D. (2022). "Nuclear energy: A pathway towards mitigation of global warming", *Progress in Nuclear Energy*, C. 143, ss. 1-9 <https://aben.com.br/wp-content/uploads/2022/02/Nuclear-energy-a-pathway-towards-mitigation-of-global-warming.pdf> (Erişim: 01.02.2022).
- Martchamadol, J. ve Kumar, S. (2013). "An Aggregated Energy Security Performance Indicators", *Applied Energy*, C. 103, ss. 653-670.
- Moya, D., Aldás, C. ve Kaparaju, P. (2018). "Geothermal energy: Power plant technology and direct heat applications", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, C. 94, ss. 889-901.
- Maden Teknik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA). "Jeotermal Enerji Araştırmaları" <https://www.mta.gov.tr/v3.0/arastirmalar/jeotermal-enerji-arastirmalari#> (Erişim: 15.04.2023).
- Nükleer Düzenleme Kurulu (NDK). "Sinop Nükleer Santrali" <https://www.ndk.gov.tr/sinop-nukleer-santrali> (Erişim: 15.11.2023).

- Önder, H. ve Polat, A. (2018). "Enerji Tüketiminin GSYİH ile İlişkisi: OECD Ülkeleri Panel Veri Analizi", *Marmara İktisat Dergisi*, C. 2(1), ss. 105-116.
- Öznazik H. A. (2019). *Türkiye’de Enerji Arz Güvenliği: Uygulanan Politikalar ve Etkileri*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>, (Tez No:587246).
- Pamuk, M. ve Bektaş, H. (2014). "Türkiye’de eğitim harcamaları ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki: ARDL sınır testi yaklaşımı", *Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, C. 2(2), ss. 77-90.
- Park, H. ve Bae, S. (2021). "Quantitative Assessment of Energy Supply Security: Korea Case Study". *Sustainability*, C. 13, S. 4, 1854.
- Peker, H. S. (2015). "Türkiye'nin Enerji Arz Güvenliği ve Ölçülmesi: Türkiye'nin Enerji Arz Güvenliği Endeksine Yönelik Bir Uygulama", *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, C. 5, S. 2, ss. 763-783.
- Pesaran, M. H., Shin, Y. ve Smith, R. J. (2001). "Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of applied econometrics*", C. 16(3), ss. 289-326.
- Phillips, P. C. ve Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *biometrika*, C. 7, S. 2, ss. 335-346
<https://elischolar.library.yale.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2037&context=cowles-discussion-paper-series> (Erişim: 31.03.2024).
- Price waterhouse Coopers. (PwC) (2021). "Biyokütle ve Biyoenerji Sektörlerine Genel Bakış".
<https://www.pwc.com.tr/tr/sektorler/enerji/biyokutle-ve-biyoenerji-sektorlerine-genel-bakis-web.pdf> (Erişim: 13.11.2023).
- Radovanić, M., Filipović, S. ve Pavlović, D. (2017). "Energy Security Measurement – A Sustainable Approach", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, C. 68(2), ss. 1020- 1032.

- Rechsteiner, R. (2008). "Wind power in context-a clean revolution in the energy sector. Berlin: Energy Watch Group/Ludwig Boelkov Foundation", https://www.rechsteiner-basel.ch/uploads/media/01a_Wind_Power_in_Context_final_2008-12-28.pdf (Erişim: 26.01.2022).
- Sadorsky, P. (2009). "Renewable energy consumption and income in emerging economies". *Energy policy*, C. 37, S. 10, ss. 4021-4028.
- Sadorsky, P. (2010). "The impact of financial development on energy consumption in emerging economies", *Energy policy*, C. 38, S. 5, ss. 2528-2535.
- Saltık H. H. (2015). *Enerji Arz Güvenliği ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları*, Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı, Aydın. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> (Tez No:413966).
- Sevüktekin, M. ve Çınar, M. (2017). *Ekonomik Zaman Serileri Analizi*. Bursa: Dora Yayıncılık.
- Shaffer, B. (2013). "Natural gas supply stability and foreign policy", *Energy policy*, C. 56, ss. 114-125.
- Shura, (2022). "Türkiye'nin Enerji Dönüşümü Görünümü 2021". <https://shura.org.tr/wp-content/uploads/2022/07/rapor-2.pdf> (Erişim: 20.11.2023).
- Sentürk, M. ve Dücan, E. (2014). "Türkiye'de Döviz Kuru-Faiz Oranı ve Borsa Getirisi İlişkisi: Ampirik Bir Analiz/The Relationship between Exchange Rate-Interest Rate and Stock Return in Turkey: An Empirical Analysis", *Business and Economics Research Journal*, C. 5, S. 3, 67-80. [https://www.berjournal.com/wp-content/plugins/downloads-manager/upload/BERJ5\(3\)14Article4pp.67-80.pdf](https://www.berjournal.com/wp-content/plugins/downloads-manager/upload/BERJ5(3)14Article4pp.67-80.pdf) (Erişim: 31.03.2024).

- Temurçin, K. ve Aliağaoğlu, A. (2003). "Nükleer Enerji Ve Tartışmalar Işığında Türkiye’de Nükleer Enerji Gerçeği", *Coğrafi Bilimler Dergisi*, C. 1, S. 2. ss. 25-39.
- Timur, M. C. (2017). "Enerji Arz Güvenliğinin Sağlanmasında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Önemi", *In International Congress of Energy, Economy and Security Proceedings ENSCON'17* ss. 8-17.
- Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) (2021). “Kömür Sektör Raporu (Linyit) 2020”, <https://www.tki.gov.tr/yayinlar> ss. 105.
- Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) (2021). ‘Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu 2020’ <https://www.tpao.gov.tr/file/2106/2020-petrol-ve-dogal-gaz-sektor-raporu-47460b743c70c609.pdf> (Erişim: 05.05.2023).
- Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) (2022). ‘Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu 2021’ <https://www.tpao.gov.tr/file/2208/2021-sektor-raporu-95662fe47ebd9c5f.pdf> (Erişim: 05.05.2023).
- Türkiye Taşkömürü Kurumu (TTK) (2021). “2020 Yılı Taşkömürü Sektör Raporu” <http://taskomuru.net/tr/whiseezu/2021/06/2020YiliTaskomuruSektorRaporu.pdf> (Erişim: 08.01.2022).
- Ursavaş, N. ve Yıldırım, E. (2017). "Enerji Arz Güvenliği Riskinin Türkiye’nin Makroekonomik Dengelerine Etkisi", *Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, C. 17, S. 4, ss. 55-83.
- ÜÇÜNCÜ, O., & DEMİREL, Ö. (2020). HES PROJELERİNİN OLUMSUZ ÇEVRESEL ETKİLERİ ÜZERİNDE ALINACAK ÖNLEMLER VE KORUMA EYLEMLERİ, KILIÇLI REGÜLATÖRÜ VE HES PROJESİ ÖRNEĞİ. *Türkiye Peyzaj Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 31-39.
- Varol, C. (2007). *Küresel Petrol Stratejileri ve Türkiye’nin Konumu*, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Ticaret Üniversitesi, Sosyal Bilimler

- Enstitüsü, İstanbul. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>, (Tez No: 239293).
- Von Furstenberg, G. M. ve Fratianni, M. (1996). "Indicators of financial development", *The North American Journal of Economics and Finance*, C. 7, S. 1, ss. 19-29.
- Winzer, C. (2012). "Conceptualizing energy security". *Energy policy*, C. 46, ss. 36-48.
- World Energy Council (2020). "BP 2020 Dünya Enerji Raporu Özeti", Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi <https://www.dunyaenerji.org.tr/bp-2020-dunya-enerji-raporu-ozeti/> (Erişim: 02.09.2021).
- Varol, C. (2007). *Küresel Petrol Stratejileri ve Türkiye'nin Konumu*, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Ticaret Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>, (Tez No: 239293).
- Yılmaz, A. (2010). "Enerji Arz Güvenliği Endeksi: Türkiye Ekonomisi İçin Bir Analiz", *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, C. 12, S. 29, ss. 92-117.
- Yılmaz, S. ve Kalkan, D. K. (2017). "Enerji güvenliği kavramı: 1973 petrol krizi ışığında bir tartışma", *Uluslararası Kriz ve Siyaset Araştırmaları Dergisi*, C. 1, S. 3, ss. 169-199.
- YURTKURAN, S. (2021). SEÇİLMİŞ E7 ÜLKELERİNDE HİDROELEKTRİK ENERJİ TÜKETİMİ İLE EKONOMİK BÜYÜME ARASINDAKİ İLİŞKİ. *Abant Sosyal Bilimler Dergisi*, 21(2), 79-99.
- Zhang, H., Y. Ji, Q. ve Fan, Y. (2013). "An evaluation framework for oil import security based on the supply chain with a case study focused on China", *Energy Economics*, C. 38, ss. 87-95.

Zhang, L. ve öte. (2021). "Measuring and improving regional energy security: A methodological framework based on both quantitative and qualitative analysis". *Energy*, C. 227, 120534.

