

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

**Türkiye, Avrupa Birliği ve Amerika Birleşik Devletlerinde
Çevre ve Enerji Politikalarının Analizi**

Gülben GÜLCAN PEHLİVANZADE

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Ekim, 2023

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZ ONAYI

**Türkiye, Avrupa Birliği ve Amerika Birleşik Devletlerinde
Çevre ve Enerji Politikalarının Analizi**

Gülben GÜLCAN PEHLİVANZADE

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu Doktora Tezi 20/10/2023 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Değerlendirilmiş ve Oy Birliği ile Kabul Edilmiştir.

Jüri : Prof. Dr. Binnaz Zeynep ZAIMOĞLU (Danışman)
: Prof. Dr. Dilek Bostan BUDAK
: Doç. Dr. Behzat BALCI
: Prof. Dr. Reyhan ERDOĞAN
: Doç. Dr. Nermin BAHŞİ

Bu Tez Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında Hazırlanmıştır.
Tez No:

Prof. Dr. Sadık DİNÇER
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
ÇİZELGELER DİZİNİ	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	V
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	VII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	7
2.1. Çevre Kavramı.....	7
2.2. Enerji Kavramı	7
2.2.1. Enerji Politikasının Tanımı	20
2.3. Enerji Politikalarının Türkiye’deki Görünümü	21
2.3.1. Enerji Politikalarında Türkiye	28
2.4. Türkiye’nin Komşularla Olan İlişkisi Kapsamında Enerji Konumu	29
2.4.1. Azerbaycan.....	32
2.4.2. Gürcistan	32
2.4.3. Ermenistan.....	33
2.4.4. Irak	33
2.4.5. İran	33
2.4.6. Yunanistan.....	34
2.4.7. Bulgaristan	34
2.4.8. Rusya.....	34
2.4.9. Doğu Akdeniz’in Türkiye Enerji Politikalarındaki Yeri ve Önemi	35
2.5. Türkiye’nin Kullandığı Enerji Kaynaklarının Üretim ve Tüketim Durumu.....	38
2.5.1. Türkiye’nin Kullandığı Fosil Enerji Kaynaklarının Üretim ve Tüketim Durumu	38
2.5.2. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye'deki Durumu.....	49
2.6. Türkiye’nin Yenilenebilir ve Sürdürülebilir Enerji Politikaları	64
2.7. Yenilenebilir ve Sürdürülebilir Enerji ile İlgili Türkiye’nin Devlet Politikalarının AB ile Uyumu	64
2.8. Türkiye ve İklim Taahhütlerine Genel Bir Bakış	65
2.9. AB Ülkeleri Destek Mekanizmalarının Türkiye ile Karşılaştırılması	72
2.10. Enerji Güvenliği, Çevre Koruması ve Sürdürülebilirlik Arasındaki İlişki	75
2.11. Enerji Güvenliğinin Çok Yönlü Kavramı.....	76
2.12. Verimli Enerji Kullanımına Uyum Sağlama: Sürdürülebilir Kalkınmanın Önemi	77

2.13. Enerji Verimliliği ve Altyapı.....	77
2.14. Etkili ve Çeşitli Enerji İçin Teknoloji Politikası: Düşük Karbonlu Teknolojiler ve Enerji Tasarrufu.....	78
2.15. Yerli Enerji Tedarikinin Teşvik Edilmesi, Kömür Üretiminin Paradoksu: Hukuki Perspektifler ve Ar-Ge Tarafından Desteklenen Görünüm	80
2.16. Nükleer Enerjinin Düzenleyici Enerji Güvenliği Etkileri: Güvenlik ve Maliyet-Etkin Düşük Karbon Teknolojileri	81
2.17. Yenilenebilir Kaynaklara Doğru Bir Yönlendirme: RES Direktifi	82
2.18. Enerji Politikalarının Avrupa'daki Görünümü	85
2.18.1. Avrupa Birliği	95
2.18.2. Ülke Özelinde Açıklamalar	98
2.19. Enerji Politikalarının Amerika'daki Görünümü	100
2.19.1. Enerji Arzının Güvence Altına Alınması	100
2.19.2. Enerji Maliyetlerini Düşük Tutmak	100
2.19.3. Çevreyi Korumak	101
2.19.4. Temiz Enerji Geçişini Hızlandırmak.....	101
2.19.5. Geleneksel Yerel Enerji Üretimini Artırmak	101
2.19.6. Enerji İhracatını Güçlendirmek.....	102
2.19.7. Enerji Verimliliğine Yatırım Yapmak.....	102
2.19.8. Enerji Altyapısını Modernize Etmek.....	102
2.19.9. Enerji Kaynaklarını Çeşitlendirme	102
2.19.10. Enerji Güvenliği Planlaması.....	102
2.19.11. Çevresel Faktörler	102
2.19.12. Uluslararası İşbirliği.....	102
2.19.13. Yasal Eylem	103
2.19.14. Halkı Katılıma Teşvik Etmek.....	103
2.19.15. Amerika Birleşik Devletleri Hedefleri	103
3. MATERYAL VE METOD	113
3.1. Materyal.....	113
3.2. Metod.....	113
3.2.1. EnergyPLAN Modeli	113
3.2.2. SWOT Analizi.....	115
4. BULGULAR.....	117
4.1. Amerika Birleşik Devletleri EnergyPLAN model sonuçları değerlendirmesi: Eyaletlere Bağlı Değerlendirmeler:	117
4.2. Avrupa Birliği EnergyPLAN Model Sonuçları Değerlendirmesi.....	122
4.3. Türkiye EnergyPLAN Model Sonuçları Değerlendirmesi	132

4.4. SWOT Analizi Bulgulari	140
5. SONUÇ	145
KAYNAKLAR	149
ÖZGEÇMİŞ	157



Türkiye, Avrupa Birliği ve Amerika Birleşik Devletlerinde Çevre ve Enerji Politikalarının Analizi

Gülben GÜLCAN PEHLİVANZADE

Danışman: Prof. Dr. Binnaz Zeynep ZAIMOĞLU

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZ

Toplumların gelişiminde enerji tüketimi önemli bir rol oynamaktadır. Yenilenebilir Enerji Kaynakları günlük yaşam için hayati önem taşımaktadır ve enerji ile sanayi ürünleri, ekonomik büyümenin anahtarıdır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022). Bu nedenle, bir ülkenin enerji sektörünü yönetenler, enerjinin kesintisiz, güvenilir, zamanında, temiz ve ekonomik bir şekilde teminini sağlamak, aynı zamanda enerji kaynaklarını çeşitlendirerek enerji güvenliğini artırmak zorundadırlar.

Klasik enerji kaynakları ve eski teknolojilerin çevreye verdiği zararları önlemek ve enerjiye erişimi temin etmek amacıyla "sürdürülebilir kalkınma" kavramı ortaya çıkmıştır (Pamir, N 2005). Gelişmiş toplumlar, enerji kaynağı teminini ve üretimini esas alan planlamalardan vazgeçerek, enerji-ekonomi-ekoloji dengesini (3E) titizlikle gözeterek kaynak çeşitliliğini ve jeopolitik gerçekleri hesaba katan enerji güvenliği modellerini benimsemeye başlamıştır (Enerji Politikaları ve Küresel Gelişmeler, emo.org.tr).

Son yirmi yılda Türkiye, Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (OECD) ülkeleri arasında enerji talebinin en hızlı arttığı ülkelerden biri olmuştur (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022). Bu dönemde, elektrik ve doğalgaz talebindeki artışa bağlı olarak Türkiye, dünyada Çin'den sonra ikinci sırada yer almıştır. Dünya üzerinde ispatlanmış petrol ve doğal gaz rezervlerinin yaklaşık %60'ına komşu bir bölgede bulunan Türkiye, bölgesel bir doğal gaz ve elektrik pazarı haline gelmiştir.

Ancak, Türkiye enerji ihtiyacının yaklaşık %74'unu dışarıdan temin etmektedir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2013). Türkiye'nin enerji stratejisinin çok yönlü yapısı ve enerjiye olan dışa bağımlılığı, Çizelge uluslararası ilişkilerin bu alandaki önemini vurgulamaktadır.

ABD'nin enerji politikaları da dünya genelinde büyük etkilere yol açmaktadır. Özellikle enerji kaynaklarının kullanımı, enerji ticareti ve enerji bağımsızlığı gibi konularda ABD'nin aldığı kararlar, küresel enerji piyasalarını etkilemektedir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022). ABD'nin enerji politikaları, uluslararası ilişkilerde önemli bir role sahiptir ve özellikle enerji ihracatı ve ithalatı konularında diğer ülkelerle ilişkileri etkilemektedir.

Bu tez çalışmasında, Türkiye, ABD, AB için incelenen tüm senaryolar ve çalışmalarda net sıfır karbon hedefine ulaşılabilmesi için yenilenebilir enerjiye geçiş imkanları belirlenmeye çalışılmıştır. Türkiye, Avrupa Birliği Ülkeleri ve Amerika Birleşik Devletleri için yenilenebilir enerjiye geçişin; güçlü yönleri, zayıf yönleri, fırsatlar, ve tehditler EnergyPLAN ve SWOT analizi yöntemleri ile incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Enerji, Enerji Politikaları, Enerji Stratejisi, Sürdürülebilir Kalkınma, Enerji Güvenliği, Yenilenebilir Enerji, Türkiye, Amerika Birleşik Devletleri, Avrupa Birliği, Uluslararası İlişkiler

Analysis of Environmental and Energy Policies in Turkey, the European Union and the United States

Gülben GÜLCAN PEHLİVANZADE

Advisor: Prof. Dr. Binnaz Zeynep ZAI MOĞLU

Department of Environmental Engineering

ABSTRACT

Energy consumption plays a pivotal role in the development of societies. Sustainable Energy Resources are vital inputs for daily life, and energy and industrial products are essential for economic growth (Ministry of Energy and Natural Resources, 2022). Consequently, those responsible for managing a country's energy sector must ensure the uninterrupted, reliable, timely, clean, and affordable supply of energy, as well as diversify energy sources to enhance energy security.

The concept of "sustainable development" has emerged in response to the need to prevent irreversible environmental damage caused by conventional energy sources and outdated technologies while ensuring access to energy as a fundamental human right under optimal conditions (Pamir, N 2005). Developed societies have transitioned from planning based solely on energy source acquisition and production to a planning approach that carefully considers the energy-economy-ecology balance (3E) while taking into account resource diversity and geopolitical realities (Energy Policies and Global Developments, emo.org.tr).

Over the past two decades, Turkey has experienced one of the fastest-growing energy demands among the member countries of the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (Ministry of Energy and Natural Resources, 2022). During this period, Turkey ranked second in the world, following China, in terms of the increase in electricity and natural gas demand. Located in a region that holds approximately 60% of the world's proven oil and natural gas reserves, Turkey has become one of the largest natural gas and electricity markets in its region.

However, Turkey remains heavily dependent on energy imports, accounting for approximately 74% of its energy needs (Ministry of Energy and Natural Resources, 2023). The multifaceted nature of Turkey's energy strategy and its energy dependence emphasize the importance of international relations in this field.

U.S. energy policies have global ramifications, particularly in areas such as energy resource utilization, energy trade, and energy independence (Ministry of Energy and Natural Resources, 2022). U.S. energy policies play a significant role in international relations, impacting relationships with other countries, especially in matters related to energy exports and imports.

In Europe, there is uneven progress towards clean electricity, with both successes and challenges in transitioning to a low-carbon energy system. While the European energy sector has taken significant steps towards decarbonization, there has been limited progress in some countries, and much more progress is needed. Achieving a fully decarbonized energy system in Europe requires united efforts and coordination to address the challenges posed by fossil fuel dependence and climate change.

Keywords: Energy, Energy Policies, Energy Strategy, Sustainable Development, Energy Security, Renewable Energy, Turkey, United States, European Union, International Relations

TEŞEKKÜR

Doktora çalışmam boyunca zengin bakış açısı, sonsuz desteği ile beni her daim motive etmesiyle bu tezde ışığım olan, beni aydınlatan, bana yol gösteren çok değerli danışman hocam Sayın **Prof. Dr. Zeynep B. Zaimoğlu'na** doktora çalışmam boyunca bana gösterdiği ilgi, destek ve sabrından dolayı kelimelerin anlatmaya yetmeyeceği sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çukurova Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'ndeki **Dr. Öğr. Üye Fatma Elçin ERKURT'a** teşekkürlerimi sunarım.

Doktora tez çalışmamda desteklerinden dolayı Sayın **Orhan Altürk ve Sercan Yakın'a** teşekkürlerimi sunarım.

Her konuda ve her zaman beni destekleyen, her zaman yanımda olan çok sevgili **Aileme teşekkürü** bir borç bilirim.



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Yenilenebilir Enerji Kaynak Dağılımı	25
Çizelge 2.2. Enerji Verimliliği Alanındaki Başlıca Politika Belgeleri ve Mevzuat	26
Çizelge 2.3. Doğalgaz Tüketimi Yıllara Göre Dağılımı	39
Çizelge 2.4. Doğalgaz Tüketim Payları %	40
Çizelge 2.5. Jeotermal Kurulum Kapasiteleri MWt	59
Çizelge 2.6. Akkuyu Nükleer Enerji Santrali Kapasite ve Planlanan Üretimi	63
Çizelge 4.1. ABD Enerji Sisteminde Kullanılan yakıt türleri	118
Çizelge 4.2. ABD Seçilen Eyaletlerde CO ₂ Emisyonlarının değişimi	119
Çizelge 4.3. ABD Seçilen On Eyalet için % 10 PV kurulumuyla PV kapasitesi	120
Çizelge 4.4. Avrupa Ülkeleri Genel Hedefleri	130
Çizelge 4.5. 2023 Türkiye Enerji ve Madencilik Hedefleri	133
Çizelge 4.6. Kaynaklara Göre Toplam Kurulu Güç (MW)	135
Çizelge 4.7. EPIAŞ verileri ve EnergyPLAN modeli doğrulaması	135
Çizelge 4.8. 2023 Kurulu Güç Hedefleri (ETKB, 2020)	136
Çizelge 4.9. Kurulu Güç ve % 50 Yenilenebilir Enerji Senaryosu Arasındaki Farklar	137
Çizelge 4.10. %50 Yenilenebilir Senaryosuna Göre Yıllık Elektrik Üretim ve Tüketimi (TWh/yıl)	137
Çizelge 4.11. Referans Enerji Senaryosu ile % 50 Yenilenebilir Enerji Senaryosu Arasındaki Karşılaştırma	138

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Türkiye Kurulu Gücü (KW)	25
Şekil 2.2. Tüm Kaynaklar Türkiye Elektrik Üretimi %	28
Şekil 2.3. Lisanslı Elektrik Üretiminin Kaynaklarının Türkiye'deki 2022 Yılı Dağılımı (%)	29
Şekil 2.4. Akdeniz Havzası ve Doğu Akdeniz ve ile Kıyı Devletler	36
Şekil 2.5. Doğu Akdeniz'de Bulunan Doğalgaz Kaynakları	37
Şekil 2.6. Ülkelere göre doğalgaz rezervleri.....	39
Şekil 2.7. 2021 Yılı Dünya Kömür Üretiminde Başlıca Ülkeler	40
Şekil 2.8. Yıllar İtibarıyla Dünya Kömür Üretimleri.....	41
Şekil 2.9. 2021 Yılı Dünya Kömür Tüketiminde Başlıca Ülkeler	41
Şekil 2.10. 1990-2021 Arası Dünya Kömür Tüketimleri.....	42
Şekil 2.11. Yıllar İtibarıyla Türkiye Linyit Üretimleri	42
Şekil 2.12. Yıllar İtibarıyla Ülkemiz Asfaltit Üretimleri	43
Şekil 2.13. Yıllar İtibarıyla Türkiye Taş Kömürü Üretimleri	43
Şekil 2.14. Türkiye Kömür Kaynaklarının Dağılımı	44
Şekil 2.15. Türkiye Kömür Tüketiminin Sektörlere Göre Tüketim Dağılımı.....	44
Şekil 2.16. Yıllar İtibarıyla Ülkemiz Kömür Tüketim Miktarları.....	45
Şekil 2.17. Elektrik Üretimi İçinde Kaynakların Payı	45
Şekil 2.18. 2022 Aralık İtibarıyla Türkiye Kömüre Dayalı Santral Kurulu Gücü	46
Şekil 2.19. Ülkelere göre ham petrol rezervleri	47
Şekil 2.20. Türkiye'deki Petrol Rezervleri	48
Şekil 2.21. Türkiye'de Ham Petrol Üretimi.....	49
Şekil 2.22. Türkiye'nin Hidroelektrik Potansiyeli	49
Şekil 2.23. Hidroelektrik Enerjisine Dayalı Elektrik Kurulu Gücü	50
Şekil 2.24. Hidroelektriğin Toplam Kurulu Güç içindeki Oranı.....	50
Şekil 2.25. Türkiye'de Birincil Enerji Üretiminin Kaynakları İçinde Hidroelektrik Kurulu Gücü.....	51
Şekil 2.26. Türkiye'de Enerji Türlerinin Kaynakları İçinde Hidroelektrik Üretim Miktarı	51
Şekil 2.27. Toplam Güneş Radyasyonu KWh/m ² -yıl.....	52
Şekil 2.28. Aylık Ortalama Radyasyon değeri KWh/m ² -yıl	53
Şekil 2.29. Güneş Enerjisi Toplam Kurulu Güç MW	53
Şekil 2.30. Güneş Enerjisi Toplam Kurulu Güç İçerisindeki Oranı %	54
Şekil 2.31. Rüzgar Hızı m/s	55
Şekil 2.32. Rüzgar Enerjisine dayalı kurulu güç (MW).....	56
Şekil 2.33. Rüzgar Enerjisinin toplam kurulu güç içindeki oranı (%)	56

Şekil 2.34. Jeotermal Kaynaklar ve Uygulama Haritası	57
Şekil 2.35. Jeotermal Kaynaklı Toplam Kurulu Güç (MW).....	58
Şekil 2.36. Jeotermal Enerjinin toplam kurulu güç içindeki oranı (%)	58
Şekil 2.37. Biyokütle Enerjisi toplam kurulu güç (MW) (ETKB, 2023).....	61
Şekil 2.38. Biyokütle Enerjisinin toplam kurulu güç içindeki oranı (%)	61
Şekil 2.39. Türkiye Toplam Sera Gazı Emisyonu ve 2015'te yayımlanan azaltım Planı	66
Şekil 2.40. Farklı modellerin Türkiye elektrik talebi projeksiyonu	68
Şekil 2.41. Destek Mekanizmalarının Değerlendirilmesindeki Temel Kriterler.....	73
Şekil 2.42. AB de fosil yakıtı karşı Güneş ve rüzgarın yükselişi	87
Şekil 2.43. Avrupa Birliği Enerji Üretimi	88
Şekil 2.44. Avrupa Birliği 1.5°C Hedefe Ulaşmada 2035'e kadar yol haritası	88
Şekil 2.45. Avrupa Birliği Nükleer enerji üretiminde 2022 düşüş	89
Şekil 2.46. Avrupa Birliği Güneş enerjisinde artış	89
Şekil 2.47. Avrupa Birliği Güneş Enerjisinde 2022 Ülke Hedefleri	90
Şekil 2.48. Avrupa Birliği Ülkeleri Karbon Yoğunluğu (gCO ₂ /kWh)	92
Şekil 2.49. AB Ülkeleri Yıllık Bazda Karbon Emisyonları değişimi	92
Şekil 2.50. AB Elektrik Üretim Payları	93
Şekil 2.51. ABD Toplam Enerji Kaynaklı CO ₂ emisyonları.....	106
Şekil 2.52. ABD Toplam Elektrik Üretimi	107
Şekil 2.53. ABD Toplam Kurulu Güç 2022 ve 2050 (GW).....	108
Şekil 2.54. ABD Düşük Sıfır Karbon ve Yüksek Sıfır Karbon Yatırım Bedelleri	109
Şekil 2.55. ABD Toplam Petrol Tüketimi Projeksiyonları	110
Şekil 2.56. ABD Toplam Doğalgaz Tüketimi Projeksiyonları	111
Şekil 2.57. ABD Enerji Kaynaklı CO ₂ Emisyonu Projeksiyonları.....	111
Şekil 3.1.. EnerjiPLAN Modeli Girdi ve Çıktıları	114
Şekil 4.1. Kömür veya Doğal gaz/petrol %10 PV sonrasında önlenen emisyon: (a) CO ₂ ; (b) SO ₂ ; (c) NO _x	121
Şekil 4.2. 2050 Avrupa Enerji Elektrik, ısıtma (sanayi hariç) ve 2050 Avrupa Enerji Referans sistemindeki yakıt üretimi için kullanılması planlanan enerji kaynakları ve oranları	124
Şekil 4.3. Avrupa, 2030'dan önce yılda 80 GW yenilenebilir enerji kurarak elektrik üretimi emisyonlarını ve gaz tüketimi gösterimi.	126

SİMGELER VE KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AR-GE	: Araştırma Geliştirme
BAU	: Baz Senaryo uygulamsı
BM	: Birleşmiş Milletler
BOTAŞ	: Boru Hatları İle Petrol Taşıma Anonim Şirketi
BTC	: Bakü-Tiflis-Ceyhan petrol boru hattı
BTE	: Bakü-Tiflis-Erzurum Doğalgaz Hattı
CCS	: Karbon Tutma Depolama
ÇED	: Çevresel Etki Değerlendirmesi
CNG	: Sıkıştırılmış Doğal Gaz
DEK-TMK	: Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi
DSİ	: Devlet Su İşleri
DTM	: Dış Ticaret Müsteşarlığı
EBC	: Europe Beyond Coal
EİEİ	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
EİGM	: Enerji İşleri Genel Müdürlüğü
EPK	: 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
EPİAŞ	: Enerji Piyasaları İşletme A.Ş.
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
ECURIE	: The European Community Urgent Radiological Information Exchange
EÜAŞ	: Türkiye Elektrik Üretim Anonim Şirketi
EV	: Elektrikli Araçlar
GHG	: Sera Gazı
GKRY	: Güney Kıbrıs Rum Yönetimi
HES	: Hidroelektrik Santrali
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
INDC	: Niyet Edilen Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkı
IPCC	: Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli
KİGS	: Kombine Isıl Güç Santrali
LNG	: Sıvılaştırılmış Doğal Gaz
MAPEG	: Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü
MMO	: Makina Mühendisleri Odası
MTA	: Maden Tetkik ve Arama

NGS	: Nükleer Güç Santrali
NZE	: Net Zero Emission
OECD	: Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü
PİGM	: Petrol İşleri Genel Müdürlüğü
PV	: Fotovoltaik
REPA	: Rüzgar Enerjisi Potansiyeli Atlası
RES	: Rüzgâr Enerjisi Santrali
SWOT	: Threats - Güçlü yönler, Zayıf yönler, Fırsatlar, Tehditler
TAP	: Trans Adriyatik Boru Hattı
TANAP	: Trans Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı
TBMM	: Türkiye Büyük Millet Meclisi
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TETAŞ	: Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt Anonim Şirketi
TMMOB	: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
UNFCCC	: BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
V2G	: Araçtan Şebekeye
WB	: Dünya Bankası
YEK	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları
YEGM	: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

BİRİMLER

%	: Yüzde
Bin TEP	: Bin Ton Eder Petrol
°C	: Santigrat Derece
Cent/KWh	: 1 Kilowatsaat'e Karılık Gelen Cent
Cm ³	: Santimetreküüp
CO ₂	: Karbon Dioksit
J	: Joule
m ³	: Metreküp
Kcal	: Kilokalori
Km	: Kilometre
KEP	: Kilogram Eder Petrol
KW	: Kilowatt
KWh/yıl	: Bir Yıllık Kilovat Saat
KWh	: Kilovat Saat
GW	: Gigawatt
GWh	: Gigavat Saat YTL
BTU	: British Thermal Unit (1 BTU = 0,252 Kcal.)
MTEP	: Milyon Ton Eder Petrol
MW	: Megavat
MW/yıl	: Bir Yıllık Megawatt
MWe	: Megawatt Elektrik
MWh	: Megawattsaat
Sm ³	:Standart metreküp
TEP	: Ton Edeer Petrol
TW	: Terawatt
TWh	: Terawattsaat
TWh/yıl	: Bir Yıllık Terawattsaat
W	: Watt

1. GİRİŞ

Toplumların gelişimlerinin en sürükleyici unsurlarının başında enerji kullanımı gelmektedir. Enerji kaynakları günlük yaşamımızın, enerji ve sanayi ürünleri ise üretimimizin en önemli ve yaşamsal girdileridir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022). Bu nedenle de ülkenin ve enerji alanının yönetimlerini üstlenenler, toplumun ve ekonominin gereksinim duyduğu enerjiyi kesintisiz, güvenilir, zamanında, temiz ve ucuz yollardan temin etmek ve gerek en uygun fiyatlarla sağlayabilmek gerek enerji arz güvenliği açısından bu kaynakları çeşitlendirmek zorundadırlar.

Klasik enerji kaynakları ve geri kalmış teknolojilerin doğal çevrede geri dönülmez tahribatlara yol açmaması ve halkın en temel haklarından biri olan enerjiye erişiminin en uygun koşullarda temini içinse, “sürdürülebilir kalkınma” kavramı gündeme gelmiştir. Buna paralel olarak da gelişmiş toplumlarda, yalnız enerji kaynağı teminini ve enerji üretimini temel alan planlamaların yerini, enerji-ekonomi- ekoloji dengesini (3E) özenle gözeten planlama anlayışı ile, kaynak çeşitliliğini ve jeopolitik gerçekleri dikkate alan enerji güvenliği modelleri almaya başlamıştır (Pamir, N 2005).

Elektrik üretiminde fosil yakıt kullanımının düşürülmesi zor bir süreçtir. Tüm dünya hala elektrik üretiminde fosil yakıtlara bağlı durumdadır. Güç üretiminde yenilenebilir enerji payının artırılması, CO₂ emisyonunun düşürülmesi, şebeke esnekliğinin sağlanması ve merkezi olmayan elektrik üretimi gibi birçok yönden avantaj sağlamaktadır. Günümüzde birçok ülke enerji stratejilerini ve politikalarını daha fazla yerli ve yenilenebilir kaynakların kullanımı şekillendirmektedir. Türkiye de bu ülkelerden birisidir ve elektrik üretiminde daha fazla yerli kaynak kullanımı için etkili politikalara sahiptir. Türkiye genel olarak elektrik üretiminde ithal enerji kaynaklarının kullanımını düşürmeyi hedeflemektedir.

Türkiye, geçtiğimiz 20 yılda İktisadi İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (OECD) ülkeleri arasında enerji talebinin en hızlı arttığı ülkedir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022). Bu dönemde, elektrik ve doğalgaz talep artışında Çin’den sonra dünyada ikinci sırada Türkiye gelmektedir. Dünyadaki ispatlanmış petrol ve doğal gaz rezervlerinin yaklaşık %60’ına komşu bir bölgede yer alan Türkiye, bölgesindeki en büyük doğal gaz ve elektrik pazarlarından biri haline gelmiştir.

Öte yandan, Türkiye enerji talebini karşılamakta yaklaşık %74 oranında dışa bağımlıdır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022). Türkiye’nin enerji stratejisinin çok yönlü yapısı ve enerjide dışa bağımlılığı bu alanda uluslararası ilişkilerin önemini artırmaktadır.

Enerji arz güvenliğini güçlendirmek için güzergâh ve kaynak çeşitlendirmesini sağlamak Türkiye’nin enerji stratejisinin ana hedeflerinden biridir. Türkiye aynı zamanda bölgesel ve küresel enerji güvenliğine katkıda bulunmayı ve enerjide bölgesel ticaret merkezi olmayı hedeflemektedir. Türkiye’nin enerji stratejisinin uluslararası boyutunu oluşturan temel unsurlar şunlardır:

- Artan talep ve dışa bağımlılığı dikkate alarak, petrol ve doğal gazın tedarikinde güzergâh ve kaynak çeşitlendirmesini sağlamak (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022).
- Bölgesel ve küresel enerji güvenliğine katkıda bulunmak (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022).
- Enerjide bölgesel ticaret merkezi olmak (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022).
- Enerji zincirinin her aşamasında sürdürülebilir kalkınma bağlamında sosyal ve çevresel etkileri dikkate almak (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022).
- Yerli ve yenilenebilir enerjinin elektrik üretimindeki payını artırmak (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022).
- Nükleer enerjiyi sepete dâhil etmek (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022).

Türkiye'nin enerji üretimi, tüketimi ve kurulu güç potansiyeline dair bilgilere Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığımızın (ETKB) aşağıdaki internet bağlantısından erişmek mümkündür:

<https://enerji.gov.tr/enerji>

Türkiye, yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesine büyük önem vermektedir. 2017 yılında kabul edilen Milli Enerji Politikası uyarınca yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması ana öncelikler arasındadır. Türkiye, yenilenebilir enerjide kurulu güç bakımından Avrupa'da 5. ve dünyada 12. sıraya yükselmiştir. Türkiye'de 2023 Eylül sonu itibarıyla kurulu gücün %53'ü yenilenebilir kaynaklardan oluşmaktadır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2023).

Türkiye, artan enerji talebinin karşılanması, enerjide dışa bağımlılığın ve çevresel olumsuz etkilerin azaltılması amacıyla enerji üretiminde nükleer enerjiden de yararlanılması kararı almıştır. Bu çerçevede, halihazırda Akkuyu Nükleer Güç Santrali'nin (NGS) inşası sürmektedir. Akkuyu NGS'de 2024 yılında faaliyete alınması hedeflenmektedir.

Akkuyu NGS, 3+ (artı) nesil bir nükleer santral olup, en ileri güvenlik sistemlerine sahip olacak şekilde tasarlanmıştır. Sahip olduğu tüm güvenlik önlemleri Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı standartlarına uygundur. Ayrıca Sinop'ta ve Trakya bölgesinde kurulacak NGS'ler için çalışmalar sürmektedir.

Türkiye'nin Avrupa'nın enerji arz güvenliğine yıllardır sağladığı katkı 2020 yılında yeni bir seviyeye ulaşmıştır: Avrupa'nın 4. doğal gaz arteri olan Güney Gaz Koridoru 2020 sonunda tamamlanan Trans Adriyatik Boru Hattı (TAP) sayesinde hayata geçmiştir. Güney Gaz Koridoru'nun belkemiği Türkiye'den geçen Trans Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı'dır (TANAP). TANAP'ın 2026 yılında 31 milyar metreküp yıllık kapasiteye ulaşması hedeflenmektedir.

Son dönemde ülkemizin doğal gaz arz güvenliğinin pekiştirilmesine katkı sağlayan diğer bir proje Türk Akım Doğal Gaz Boru Hattı projesidir. Bu proje Karadeniz'in altından döşenen her biri 15,75 milyar metreküp yıllık kapasiteye sahip iki boru hattından oluşmaktadır. İlk hat ülkemize, ikinci hat ise Avrupa ülkelerine doğal gaz sevki gerçekleştirmektedir.

Dünya petrol talebinin yaklaşık %3'ünün Türk Boğazları yoluyla taşınması nedeniyle küresel enerji güvenliği bakımından Türk Boğazlarının da ayrı bir önemi vardır.

Enerji, Türkiye-AB ilişkilerinin en önemli konularından birini oluşturmaktadır. Avrupa'nın enerji güvenliğinin temini konusunda vazgeçilmez bir konumda olan ülkemiz, bölgesel enerji işbirliğine verilen önemin bir göstergesi olarak, 2006 yılında Enerji Topluluğu'na gözlemci olarak katılmıştır.

Avrupa Birliği'nin kendi enerji politikası için belirlediği hedefler Türkiye'nin enerji sektörüne hem olumlu hem de olumsuz etkisi olmuştur. Türkiye'nin AB enerji iç pazarına uyum çerçevesinde başlattığı reform süreciyle enerji sektörümüzün daha şeffaf olması ve fiyatların daha rekabetçi bir ortamda belirlenmesi yönünde çabaların artmasına, enerji kurumlarımızın yeniden yapılandırılmasına, bağımsız denetleyici kurum olan EPDK'nın kurulmasına, enerji verimliliğinin ve tasarrufunun artırılmasına, enerji ile ilgili alt yapıların rehabilitasyonu ve modernizasyonu yönünde yatırımlar yapılmasına, acil durumlar için stok tutma mekanizmasının geliştirilmesine, yenilenebilir enerji kaynakları alanında gelişmeler kaydetmesine ve kayıp-kaçak oranlarının düşürülmesine katkı sağlamaya başlamıştır. Ayrıca Birliğin enerjide ülkemiz gibi yüksek oranda dışa bağımlı olması Türkiye için ayrı bir avantaj olarak görülmelidir. Her iki tarafın enerji arz güvenliği politikalarını yakınlaştıran bu durum aynı zamanda bölgesinde enerji hub'ı olmak isteyen Türkiye'nin bu hedefine ulaşmasına katkı sağlayacaktır. Öte yandan, sanayi gelişimini tamamlamayan Türkiye'nin Kyoto Protokolü'ne üye olması her ne kadar çevreyi korumamız açısından önemli bir adım olarak görülse de sanayimizin entegre olma anlamında bundan olumsuz etkileneceği gerçeğini de göz ardı etmemek gerekir (Yorkan, 2009). Amerika Birleşik Devletleri, Trump başkanlığının ilk döneminde önce Amerika Enerji Planı (America First EnergyPLAN) adıyla bir enerji ajandası belirlemiştir. Enerji bağımsızlığı hedefine odaklanan bu politika, ABD'nin on yıllardır ilk kez tükettiğinden daha fazla enerji ihraç etmeye hazır olduğu bir döneme erişilmesi ile ortaya çıkmıştır. Biden ise yenilenebilir enerji kaynaklarına odaklı, fosil kaynaklara dayalı tüketimi azaltan temiz enerji politikasını benimsemiştir ve Obama Dönemi'nde oluşturulmuş olan Yeşil Yeni Mutabakat (Green New Deal) politikasına devam edileceğini ilan etmiştir. Biden'ın bu yönde hareket etmesinin önemli sebeplerinden biri seçmen davranışlarıdır.

Trump yönetimi iklim değişikliği olgusunun Amerikan ekonomisinin rekabet gücünü azaltmak için ortaya atıldığına inanmaktadır. Bu doğrultuda iklim sorunlarına duyarlı olmaktan ziyade çevreye daha fazla zarar verebilecek fosil enerji kaynaklarının kullanımını artıracak hamleler yine bu dönemin öne çıkan gelişmeleri arasında sayılmaktadır. Dolayısıyla temiz enerji yerine fosil yakıt kullanımı ile ilgili teşvik mekanizmaları harekete geçirilmiş, petrol, kömür ve doğal gaz gibi enerji kaynaklarının üretimi artırılmıştır.

Obama döneminde yine çevresel kaygılardan dolayı iptal edilen Dakota Akım (Dakota Access) ve Keystone XL boru hattı projeleri Trump yönetiminin daha ilk zamanlarında yeniden ele alınmış ve bunların devam etmesi adına başkanlık kararnamesi çıkarılmıştır. Bunun yanında

devlete ait alanların kömür üretimi için kiralanması, Arktik, Atlantik ve Pasifik okyanuslarında yasak olan petrol ve doğal gaz sondaj çalışmalarının yeniden yapılabilmesine onay verilmesi ve elektrik üretim santrallerinin sera gazı salınımları ile ilgili düzenlemelerin kaldırılması Trump yönetiminin diğer önemli icraatları arasında sayılmaktadır.

Trump Dönemi'nde Suudi Arabistan ve ABD ilişkileri her ne kadar yakın gözüktü de esasen son dönem için bunu söylemek pek mümkün değildir. Basra Körfezi'nin en önemli petrol üreticilerinden olan Suudi Arabistan, Trump'ın enerji politikasından en çok rahatsızlık duyan ülkelerden biri olmuştur. Suudi Arabistan, ABD'nin petrol piyasalarını manipüle edebilen bir ülke hâline gelmesinden oldukça rahatsız olmuş, benzer şekilde Trump yönetimi de Suudi Arabistan'ın OPEC nezdinde yürüttüğü politikalarından memnun kalmamıştır. Dolayısıyla petrol üretimi konusunda ABD ve Suudi Arabistan arasında devam eden bu örtülü rekabetin Biden Dönemi'nde merakla benimsenmiştir. Nitekim Türkiye'de başarı kriteri işsizlik oranıyla ölçülürken ABD'de bu petrol fiyatları ile kıyaslanmaktadır. Biden bu konuda ılımlı bir politika takip etsede ABD'nin önceki yıllardan kalma politikaları ve kararları dolayısıyla Suudi Arabistan duruşundan vazgeçmemiş sonuç olarakta petrol fiyatları yükseliş istikametinde ilerlemektedir.

Fosil yakıt kullanımını önceleyen ve iklim sorunlarını arka plana iten Trump dönemi ABD enerji politikalarının küresel düzeyde önemli etkilerinin olması beklenen bir durumdur. Bir önceki yönetimin sorumluluk alarak Paris İklim Anlaşması kapsamında sera gazı salınımlarının azaltılması yönünde karar alması son derece önemliydi. ABD'nin çevreye zararlı emisyonlarda Çin'den sonra ikinci en büyük aktör olması ve bu salınımları azaltma konusunda eyleme geçmesi küresel enerji piyasaları açısından olumlu bir gelişme olmuştu. Ancak Trump'ın seçim propagandalarında da sıklıkla dile getirdiği "Önce Amerika" söylemi kapsamında ABD'nin menfaatinin her şeyden önce gelmesi gerektiğini vurgulaması ve göreve başladıktan sonra bu doğrultuda adımlar atması tüm dünya tarafından endişe ile takip edilmiştir.

ABD'nin küresel enerji sisteminin merkezindeki ülkeler arasında yer alması bu alanda izlediği politikaların yakından izlenmesini sağlamaktadır. 2017 yılının sonunda ilan edilen "Ulusal Güvenlik Stratejisi" kapsamında dünyada "enerji egemen" (energy dominant) bir konuma gelinmesi amacının bizzat Başkan Trump tarafından kamuoyuna açıklanması da küresel aktörlerin dikkatini çekmiştir.

Yeni ABD yönetimi aslında bu amacı daha göreve başlar başlamaz dile getirmişti ve ABD'yi "enerji egemen" bir yapıya kavuşturmak adına çalışmalara devam edildi. Bu söylem aslında enerji konularında bağımsız, güvenli ve küresel enerji çekişmelerinden uzak olma anlamlarına gelmekteydi. Ancak bu dönemde ABD'nin özellikle küresel enerji çekişmelerinin göbeğinde olması dikkat çekmektedir. ABD bölgedeki etkinliğini sürdürmek ve kendi menfaatini artırmak adına bilhassa Ortadoğu, Arap ve Afrika ülkelerindeki siyasi ve ekonomik çekişmelerde baş aktörlerden biri olma rolünü devam ettirmeye çalışmaktadır (Kavaz, 2018). Gelecek

dönemlerde ABD mevcut LNG projelerini hayata geçirerek bu alanda üst sıralara çıkmayı hedeflemektedir.

Bir diğer küresel etki de yıllarca enerji ithal eden bir konumda olan ABD'nin özellikle kaya gazı devriminden sonra enerji ihracatçısı durumuna gelmesi ve bunun sonucunda dünya doğal gaz piyasalarında etkin bir rol almak istemesidir. Keşfedilen doğal gaz kaynaklarını özellikle AB pazarına ulaştırmak adına çalışmalar gerçekleştirilmektedir. AB ülkelerinin doğal gazda Rusya'ya olan bağımlılığı oldukça yüksektir. Söz konusu ülkeler kaynak ülke çeşitlendirmelerini artırmak için ABD'yi alternatif bir tedarikçi olarak görmektedir. ABD de bu ülkelere LNG ihraç ederek hem bölgedeki etkinliğini sürdürmek hem de enerji piyasalarında egemen güç olmak istemektedir. Yukarıda bahsedilen Katar krizinin bir boyutu da dünyanın en büyük LNG ihracatçısı Katar'ın Avrupa piyasasında ABD'ye rakip olmasının istenmemesidir. Kısacası ABD, AB ülkelerinin enerji bağımlılığını kendi lehine çevirmek ve buradan hem siyasi hem de ekonomik faydalar sağlamak adına hamleler gerçekleştirmektedir. Sonuç olarak ABD'nin aldığı kritik kararlardan ve yaptığı eylemlerden tüm dünya ülkeleri önemli ölçüde etkilenmektedir. Enerjinin artık sadece bir kaynak olmadığı, ülkelerin ekonomik ve siyasi ilişkilerinde belirleyici bir faktör olarak masaya konulduğu 21. yüzyılda dünya enerji savaşları pazardan daha fazla pay alma mücadelesine dönüşmüştür. Durum böyle iken enerji kaynaklarına sahip olan, bunlara ihtiyaç duyan ve transferinde rol oynayan ülkelerin birbirleriyle rekabeti şiddetini artırarak devam edecektir.

Türkiye bölgesindeki konumu itibarıyla enerji transferi noktasında oldukça önemli bir avantaja sahiptir. Küresel enerji piyasalarına yeni aktör ve kaynakların dahil olması sonucunda enerji kaynaklarına sahip olan ve bu kaynakları talep edenler arasında stratejik bir konumda bulunan Türkiye gibi ülkelerin önemi artmaktadır. Ortadoğu, Kafkasya ve Asya bölgeleri gibi dünya petrol ve doğal gaz rezervlerinin büyük bir kısmına sahip ülkelere komşu olan Türkiye özellikle son dönemde “enerji merkezi” olma stratejisini gerçekleştirecek hamleler yapmaktadır. Bu durum bazı kesimler tarafından olumlu karşılanırken birtakım çevreler de Türkiye'nin sözü edilen hedefe ulaşmasını yavaşlatmak adına çalışmalar yapmaktadır.

Diğer taraftan ABD'nin Türkiye'nin de içinde bulunduğu bölge üzerindeki politikaları her yönetim döneminde devam etmektedir. Söz konusu coğrafyada ABD tarafından gerçekleştirilen hamleler bölgede kendisine rakip olarak gördüğü ülkelerin manevra alanlarını kısıtlayacak biçimde şekillenmektedir. Enerji bağlamında ABD bölgedeki kaynakları özellikle Rusya'nın hareket alanını daraltarak kendi lehine kullanma adına faaliyetler yapmaktadır. Bu bağlamda bölgenin iki önemli gücü olan Rusya ve Çin ile özellikle doğal gaz kaynakları ve bu kaynakların rotaları kapsamında bir mücadele gerçekleşmektedir. Bunun en bariz örneği ABD'nin “Modern İpek Yolu” projesine Çin'in küresel ekonomide kendisine rakip ve hatta dünyanın yeni süper gücü olma kaygısından dolayı karşı çıkmasıdır. (Diler, 2020)

Bu projede Türkiye'nin rolü ise doğu ile batı arasındaki köprü olması sebebiyle oldukça kritiktir. Türkiye ticaret ve enerji rotalarının tam ortasında bulunması nedeniyle alternatif

güzergahlara göre daha avantajlı bir coğrafi konuma sahiptir. ABD'nin söz konusu projelere karşı çıkması bir anlamda Türkiye'nin enerji ticaret merkezi olma stratejisine de sıcak bakmadığı anlamına gelmektedir.

Türkiye'nin enerji projelerindeki yeri ve jeostratejik konumu itibariyle AB politikalarına etkisinin faydasal oranda büyüklüğü sürekli bir tartışma konusudur. Birçok projede Türkiye'nin öneminin ne denli büyük olduğu vurgulanmaya çalışılmıştır. Türkiye enerji yollarının olan yakınlığı ile yakın gelecekte enerji merkezi olması konumu ve sürekli olarak enerjiyi Avrupa pazarına aktarması görevini yüklenmesi ile birlikte, AB'nin enerji politikalarının karar mekanizması doğrultusunda çok farklı bir konuma yükselmiştir. Türkiye'nin bulunduğu bu stratejik konum, AB'nin Türkiye üzerinden yapacağı enerji politikaları üzerinde önemli bir yere sahiptir. Birliğin enerji politikasındaki gelecekle ilgili proje ve kararlarını etkileyen bu süreç, Türkiye'yi kritik bölge konumuna sürüklenmesi sağlamıştır.

Bu tez çalışmasında, Türkiye, ABD, AB için incelenen tüm senaryolar ve çalışmalarda net sıfır karbon hedefine ulaşılabilmesi için yenilenebilir enerjiye geçiş imkanları belirlenmeye çalışılmıştır. Türkiye, Avrupa Birliği Ülkeleri ve Amerika Birleşik Devletleri için yenilenebilir enerjiye geçişin; güçlü yönleri, zayıf yönleri, fırsatlar ve tehditler Energy PLAN ve SWOT analizi yöntemleri ile incelenmiştir

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Çevre Kavramı

İlgili literatüre baktığımızda, 2001 yılından 2022 yılına kadar yazılan 80 çalışma incelenmiştir. Ancak, bu sayının daha da artması gerektiği görüşündeyiz. Çalışmaların sınırlı olması birçok önemli noktayı ifade etmektedir. Zira, sınırlı çevre bilgisi nedeniyle doğaya verdiğimiz zararın boyutlarını tahmin etmek zorlaşmaktadır. Ayrıca, bu araştırmaların sadece 20 yıllık bir süreyi kapsadığı düşünüldüğünde, çevre sorunlarının boyutlarının arttığı açıkça görülmektedir. Yıllara göre sınıflandırdığımızda ise 2012 yılında en fazla çalışmanın yapıldığı görülmektedir. 2012 yılındaki çalışmalar, çevre sorunlarının yanı sıra sürdürülebilir kalkınmanın amaçlandığı ve gelecek nesillere daha iyi bir çevre bırakma konusundaki çalışmaların öne çıktığını göstermektedir. Bu da şunu ifade edebilir: Yıllardır süren araştırmalar, çevre sorunlarının büyüklüğünün ve bu sorunlarla başa çıkmanın ötesinde, gelecek nesillere daha iyi bir çevre bırakma sorunlarının da artık daha fazla dikkate alındığını göstermektedir. Ancak hala, bireylerin, ülkelerin ve özellikle devletlerin çevre sorunlarına yönelik bakış açıları, alınması gereken önlemler ve mevcut durum ile yapılması gerekenler arasındaki farklılıklar konusunda yeterli bilgiye sahip olmadığımızı belirtmemiz gerekmektedir. Bu durum, bireylerin ve özellikle eğitilmiş olan tüm öğrencilerin gelecekte ne kadar davranış değişikliği, bilgi birikimi, farkındalık ve görüş sahibi olacakları konusunda belirsizlik taşımaktadır.

Sönmez (2017) çevre etiği konusunda eğitim ve öğretim alanında Türkiye’de yapılan çalışmaları betimsel olarak inceleyerek değerlendirmiştir. Bu inceleme sonucunda, Yükseköğretim Kurulu (YÖK) Tez Tarama Merkezi’nde yapılan araştırmaların incelendiği ve 2009 öncesinde çevre etiği konusunda yapılmış bir çalışma olmadığının tespit edildiği belirtilmektedir. Ayrıca, 2011-2012 yılları arasında en fazla çalışmanın gerçekleştirildiği gözlemlenmiştir.

Şimşekli (2014) ise 2002-2003 eğitim öğretim yılında Bursa’da 25 ilköğretim okulunda gerçekleştirilen çevre eğitimi çalışmasını incelemiştir. Öğretmenlerin beş ana tema çerçevesinde yürüttüğü 51 farklı etkinlik ile ilköğrencilerinin çevre konularına dikkat çekildiği belirtilmektedir. Ancak, çalışmanın sonucunda istenilen düzeyde bir çıktının elde edilemediği ifade edilmiştir.

Özer (2015), çevre etiği farkındalık ölçeğinin geliştirilmesi ve fen bilgisi öğretmen adaylarının düzeylerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Bu çalışma Türkiye’deki devlet üniversitelerindeki fen bilgisi öğretmen adaylarıyla gerçekleştirilmiş ve ölçek sonuçlarına göre cinsiyet ve sınıf düzeyi gibi değişkenler arasında anlamlı farklılıklar olduğu vurgulanmıştır.

Özel (2007) çalışmasında ise Klasik Fizik görüşünün çevre sorunlarının başlangıcı olarak incelenmesi üzerine yoğunlaşmaktadır. Bu çalışmada Klasik Fizik’in evrenin ve insanın değişimi ile ilişkilendirildiği ve modern bireyin çevre sorunlarına etkisi üzerinde durulmaktadır.

Yaylı ve Kandemir (2021), çalışmalarında derin ekoloji yaklaşımını ele almaktadır. Bu bağlamda, çevre sorunlarına yönelik yaklaşımlar ve derin ekolojinin temel ilkeleri incelenerek açıklanmaktadır.

Kayaer (2013), çalışmasında çevreci ve etik yaklaşımların çevre sorunlarına karşı geliştirilen çalışmalarını tanımlamıştır. Ayrıca, çevre sorunlarına yönelik düşünsel yaklaşımların çevreyle ilgili problemlere nasıl cevaplar sunduğu üzerinde durulmaktadır.

Yıldırım (2017), ekoloji kavramını ve insan-toplum ilişkisini ele almıştır. Bu bağlamda, eldeki farklı akımların tarihsel olarak nasıl değerlendirildiğine dair bir inceleme yapmaktadır. Sonuç olarak, bu akımların bir bütünsellik açısından bakış açısı oluşturduğu ifade edilmektedir.

Çağlayan ve diğerleri, (2022), makalelerinde, ekolojik krizin anlamını anlamak amacıyla derin ekoloji, eko-feminizm ve toplumsal ekoloji akımlarını irdelemektedir. Bu akımlar aracılığıyla insan ve doğa arasındaki ilişki ve ekolojik krizin çözülmesi ele alınmaktadır.

Altıok (2014), çalışmasında, kapitalist düzen içindeki yapısal kriz dönemlerinin çok yönlü krizleri nasıl etkilediğini ele almaktadır. Bu çerçevede, sermaye birikiminin ve kapitalizmin yapısal krizler sırasında çevresel, ekonomik ve sosyolojik boyutlarına dikkat çekilmektedir. Bu bağlamda, sürdürülebilir kalkınmanın önemi vurgulanmaktadır.

Erten (2007), çalışmasında, çevresel duyarlılıkla ilgili bir ölçeğin Türkçe'ye uyarlanması amacıyla antroposentrik ve non-antroposentrik tutumları analiz etmektedir. Ankara'da görev yapan 250 öğretmenle yapılan bu çalışmada, çevre duyarlılığının sosyolojik, psikolojik ve kültürel boyutlarına odaklanılmıştır.

Harorli ve Türk (2023), çevre etiği ile tüketici etiği arasındaki ilişkiyi incelemektedir. Bu çalışma, İstanbul'da yapılan bir anket aracılığıyla gerçekleştirilmiştir ve ekolojik okuryazarlığın çevre etiğinin algılanışındaki rolünü vurgulamaktadır.

Karakaya ve Çobanoğlu Omca (2012), Ondokuz Mayıs Üniversitesi eğitim fakültesi son sınıf öğrencilerinin çevreyle ilgili yaklaşımlarını incelemiştir. Sonuçlar, öğrencilerin doğa merkezli yaklaşımları benimsediğini göstermektedir.

Sungur ve arkadaşları (2017), Marmara Üniversitesi lisans öğrencilerinin çevreye yönelik etik tutumlarını belirlemeyi amaçlamıştır. Çevre etiği ölçeği kullanılarak gerçekleştirilen bu çalışmada, eğitim düzeyinin artmasının çevre etiği tutumunu olumlu etkilediği sonucuna varılmıştır.

Bozdemir ve Faiz (2018), öğretmen adaylarının antroposentrik, antipatik ve ekosentrik tutumlarını incelemiştir. Çalışma, öğretmen adaylarının çevre eğitimi konusundaki yaklaşımlarının artırılması gerektiğini vurgulamaktadır.

Demirel ve arkadaşları, (2019), toplumun çevre farkındalığına dair geniş bir inceleme yapmıştır. Ulusal basında yer alan çevre haberlerinin analiziyle, toplumun çevreyle ilgili farkındalığının eksik olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Güven ve Aydoğdu (2012), fen bilgisi öğretmen adaylarının çevre sorunlarına yönelik davranış düzeylerini değerlendirmek amacıyla bir ölçek geliştirmiştir. Araştırma sonucunda, öğretmen adaylarının çevre konusundaki davranış düzeylerinin orta düzeyde olduğu belirtilmektedir.

Kanlı, ve arkadaşları (2019), Türkiye Büyük Millet Meclisi'nde bulunan partilerin programlarında sürdürülebilirlik ve çevre konularına ne kadar yer verdiklerini incelemektedir.

Bu çalışmalar, çevre konusundaki farkındalığın artırılması, eğitim ve politika alanında daha fazla çalışmanın yapılması gerektiğini vurgulamaktadır. Bireylerin, toplumun ve devletlerin çevre sorunlarına daha duyarlı bir şekilde yaklaşması için daha fazla çaba sarf edilmesi gerekmektedir.

2.2 Enerji Kavramı

Enerji, ateşin bulunmasıyla tüm insanlık için vazgeçilmez bir temel ihtiyaç haline gelmiştir. Özellikle sanayi devrimi ile birlikte, bu ihtiyaç enerji politikalarıyla insanların hayatlarına yön vermektedir. Fosil kaynaklar, son yüzyılda enerji piyasalarına hükmetse de özellikle son kırk yılda yenilenebilir enerji kaynaklarındaki gelişmeler ve fosil yakıt temelli sera gazı emisyonları nedeniyle artan küresel ısınma endişeleri, enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesine neden olmuştur.

Enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi gerekliliği ve hatta zorunluluğu, enerji politikaları açısından önemli bir konuma gelmiştir. Hükümetlerin enerji konusundaki düzenlemeleri ve yatırımlarıyla çeşitlendirme seçenekleri, enerji piyasa dengesini düzenlemeye yardımcı olmaktadır. Sürdürülebilir bir gelecek için enerji çalışmaları ve enerjinin yerli kaynaklarla karşılanabilmesi ihtiyacı, ülkemiz açısından bir zorunluluk haline gelmiştir.

Enerji talebinin büyük ölçüde farklı ülkelere bağlı olduğu ülkemizde, yerli enerji kaynaklarının kullanılması ve değerlendirilmesi, enerji maliyetlerindeki azalmanın ana hedefi olarak planlanmalıdır. Ülkemiz, jeopolitik konumu gereği Ortadoğu ve Asya'daki enerji kaynaklarının Avrupa'ya geçiş güzergahıdır ve bu nedenle enerji kaynaklarını çeşitlendirmeye yönelik önlemler almaktadır.

Enerji konusundaki çalışmaların yanı sıra iç politika açısından da 2009 yılında yürürlüğe giren Enerji Verimliliği Kanunu ve ilgili yönetmelikleri, enerjinin verimli kullanılması konularında adımlar atmaktadır. Ancak, pandemi süreci gibi faktörlerin enerji ve enerji verimliliği çalışmalarını etkileyebileceği unutulmamalıdır.

Yenilenebilir enerjideki artış, özellikle lisanssız üretim, çatı üstü güneş enerjisi uygulamaları, rüzgâr enerjisi kurulu gücündeki artış, hidroelektrik yatırımları ve jeotermal enerji gibi uygulamalarla kendini göstermektedir. Ancak, bu alandaki yatırımların yerli olmaması ve döviz fiyatları ile ilgili sorunlar dikkatle ele alınmalıdır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının yanı sıra atıkların enerjiye dönüştürülmesi de son yıllarda önem kazanmıştır. Ülkemizde atık yönetimi konusundaki çalışmaların daha da

geliştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, enerjinin depolanması için ısı depolama sistemleri ve trijenerasyon gibi alternatif yöntemlerin geliştirilmesi önemlidir.

Sonuç olarak, enerji konusu ülkemiz için stratejik bir öneme sahiptir. Enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi, yenilenebilir enerji yatırımlarının teşvik edilmesi ve enerji verimliliği çalışmalarının hızlandırılması, sürdürülebilir bir enerji geleceği için önemlidir.

Özellikle yakın bir gelecekte Akkuyu Nükleer Enerji Santrali'nin devreye girmesi, ülkemiz açısından farklı bir enerji kaynağının çeşitlendirilmesine olumlu bir katkı sağlayacaktır. Ancak, bu durum dışa bağımlılığın devam edeceği ve nükleer atık yönetiminin çözümünün tartışılması gereken bir konudur. Nükleer enerjinin getireceği avantajların ayrıntılı olarak ele alınması ve hidrojen teknolojileri ile ilişkilendirilmesi, enerji ekonomisinin daha geniş bir perspektifle değerlendirilmesine yardımcı olacaktır. Kuzey ülkeleri ve özellikle Danimarka'nın %100 yenilenebilir enerji hedefi, yatırımlarını bu yönde yapması ve sahip olduğu bilgi birikiminin önemi oldukça büyüktür. Nükleer enerjiye harcanan ve harcanacak olan kaynakların, %100 yenilenebilir enerji alanındaki bilgi birikimine yatırılması, daha sürdürülebilir bir gelecek ve yerli enerji kaynaklarının etkin kullanımı açısından daha verimli sonuçlar doğurabilirdi.

Son dönemde hızla önem kazanan yeşil hidrojen üretimi (yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı hidrojen üretimi) teknolojilerinin, zamanın gerisinde kalmamak adına hızla Ar-Ge faaliyetlerinin desteklenmesi gerektiği açıktır. Bu bağlamda, bölgesel çözümler elde etmek için bir ana planın oluşturulması gerekliliği vurgulanmalıdır. Bu ana plan, tüm enerji üretim kaynaklarını ve teknolojilerini içermeli, ülkemizin enerji planlaması ve yatırımları ile Ar-Ge çalışmaları bu çerçevede desteklenmelidir. Enerji planlamasıyla ilgili tüm paydaşların seçilerek, ülkemiz için en uygun çözüm önerilerinin tartışılması ve uygulanması önemlidir. Örneğin, pilot bir köy veya bölge projesi ile ilgili tüm paydaşların katılımıyla tasarımların değerlendirilmesi gerekmektedir. Eğer bu bölge sıfırdan tasarlanıyorsa, mikro iklim etkileri, binalar arası etkileşim, altyapı sorunları, yapı elemanları, bölgenin ısıtma-soğutma ve elektrik tüketim profilleri, enerji sağlayıcıları, enerjinin dağıtımı, ölçme sistemleri, yazılım teknolojileri ve sistem kontrolleri gibi birçok paydaşın önerileri ele alınmalı ve hayata geçirilmelidir. Görüleceği üzere, birçok mühendislik ve mimarlık disiplini, hatta sosyal bilimler, bu konuda birlikte çalışmalıdır. Farklı Ar-Ge faaliyetlerinin ayrı ayrı yürütülmesi yerine ana plan hedefine yönelik olarak bir araya gelinmesi, büyük resmi daha iyi görmemizi sağlayabilir.

Bu tez çalışmasında, ana plan hedefine yönelik olarak enerji projeksiyonları temel alınarak bir çözüm önerisi sunulmaya çalışılacaktır. İleri dönemli enerji projeksiyonları, EnergyPLAN ve SWOT Analizi ile analiz edilecektir. Yenilenebilir enerji projeksiyonları ile fosil yakıtlı termik santrallerin enerji arzındaki durumu değerlendirilecektir. Projeksiyonları çerçevesinde enerji çeşitliliği açısından enerji stratejilerinin belirlenmesi amacıyla hesaplamalar gerçekleştirilecektir. Bu projeksiyonlarla, yakın ve orta vadeli dönemde enerji stratejisinin enerji çeşitliliği açısından

değerlendirilmesi hedeflenmektedir. Tez konusunun motivasyonu ve amacı aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Yakın ve orta vadeli enerji projeksiyonlarında enerji çeşitliliğinin incelenmesi,
- Enerji arzının güvenliğinin sağlanabilmesi için kaynak dağılımının belirlenmesi,
- Enerji ana planının oluşturulmasında enerji çeşitliliğinin etkilerinin irdelenmesi.
- Enerji ana planı oluşturulmasında çevre boyutlarının değerlendirilmesi

Lund, 2014'teki yayınında, farklı enerji sistemlerinin dalgalanan ve kesintili yenilenebilir enerji kaynaklarını entegre etme yeteneklerini karşılaştırmak için basit ve kapsamlı bir metodoloji geliştirmiştir. EnergyPLAN ile gerçekleştirilen çalışmalar, birçok kapsamlı enerji sistemi analizi sonucunu sunmakta, yenilenebilir enerjinin mevcut sisteme büyük ölçekli entegrasyonunu incelemekte ve dünya genelinde birçok yenilenebilir enerji sistemi örneğinden somut tasarım örnekleri sunmaktadır. Yenilenebilir enerji alanındaki büyük teknolojik değişikliklerin hem ulusal hem de uluslararası düzeyde nasıl uygulanabileceğini anlamayı amaçlayan teorik bir çerçeve sunularak, yenilenebilir enerji sistemlerinin uygulanmasını yönlendiren sosyopolitik gerçekleri de yansıtmaktadır. Özellikle, enerji stratejilerinin depolama ve altyapı çalışmalarına etkisi incelenmiş ve %100 yenilenebilir enerji sistemine geçişle ilgili simülasyonlara yer verilmiştir. Bu hedeflere ulaşmak için 2050 yılını belirlemiş ve yatırımlarını buna göre gerçekleştirmektedir. 2030 yılı hedefinde, 1990 yılına göre sera gazı emisyonlarının %70 azaltılması ve yenilenebilir enerjinin toplam tüketimde %50'den fazla paya sahip olması hedeflenmiştir. Ayrıca, tüm kömürlü termik santrallerin 2030 yılında devre dışı bırakılması planlanmaktadır. Bölgesel ısıtma için kullanılacak enerjinin %90'ının fosil dışı kaynaklardan karşılanması beklenmektedir. Bunun yanı sıra, 2030 yılına kadar ülkede dizel veya benzinli araç satışının sonlandırılması hedeflenmektedir. Danimarka, bu hedefleri yakalamak için enerji ana planını öncelikle dönüşüm ve çeşitlendirme temelinde planlamıştır. Özellikle rüzgar enerjisi alanında ve bölgesel ısıtma sistemlerinde kullanılan dünya çapında tanınmış markalar, bu alanlarda birçok Ar-Ge faaliyetini desteklemektedir. Bu sayede, bölgesel çözümlerle dünya genelinde örnek bir konuma gelmiştir.

Belirli yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik tedarik sistemine entegrasyon oranını gösteren bir metodoloji de sunulmuştur (Lund, 2017). Metodoloji, rüzgar, fotovoltaik ve dalga gücünün gelecekteki bir Danimarka referans enerji sistemine büyük ölçekli entegrasyonunda kullanılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik arzına entegre edilme olasılığı, fazla elektrik üretimini önleme yeteneği olarak ifade edilir. Farklı enerji kaynaklarının elektrik talebinin %0 ila 100 arasında değişen oranlarında analiz edilmesi mümkündür. Fazla üretim, EnergyPLAN bilgisayar modeli kullanılarak detaylı enerji sistemi analizlerinden elde edilir. Bu analizler, elektrik tedarik sistemini güvence altına almak için belirli yan hizmetlere ihtiyaç duyulduğunu dikkate almaktadır. Elde edilen sonuçlar, her bir yenilenebilir enerji kaynağının fazla elektrik üretimine

yönelik farklı modellerini içermektedir. Bu tür diyagramlar yıldan yıla farklılık göstermese de, farklı yenilenebilir enerji kaynakları arasında farklılık göstermektedir.

Dominković ve diğerleri 2023, Avrupa'nın toplam nüfusunun %8,9'unu oluşturan yaklaşık 65,5 milyon nüfuslu Güney Doğu Avrupa'daki enerji sistemleri entegrasyonunu incelemişlerdir. Bu bölgedeki ülkeler, farklı coğrafi özelliklere, çeşitli iklimlere ve kişi başına düşen gayri safi yurtiçi hasıla bakımından önemli farklılıklar göstermektedir. Bu nedenle, enerji sistemlerinin entegrasyonu zorlu bir görev olarak kabul edilmektedir. Halen büyük ölçüde fosil yakıt tüketimi hüküm sürdüğünden, enerji karışımları arasında büyük farklar bulunmaktadır. Sıfır karbonlu bir enerji toplumuna ulaşmak için 2050'ye kadar gerçekleştirilmesi gereken %100 yenilenebilir enerji sistemi geçişi adımları sunulmuştur. Ele alınan bölgedeki %100 yenilenebilir enerji sisteminde sürdürülebilir biyokütle kullanımını gösteren bir varsayımda bulunmaktadır. Sürdürülebilir biyokütle kullanımının karbon nötrlüğünü sağlayabileceği vurgulanmıştır. Modelin hesaplanan toplam biyokütle tüketimi, bölgenin biyokütle potansiyeli ile uyumlu olarak 725,94 PJ olarak belirlenmiştir. Sıfır karbonlu enerji sistemi modellemesi, akıllı enerji sistemleri konseptini ve güçten ısıya ve güçten gazla teknolojilerini kullanarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen enerji üretimi karışımı, çeşitli enerji kaynaklarının kullanımını gerektirdiğini ve hiçbir enerji kaynağının toplam üretimin %30'undan fazlasına sahip olmadığını göstermektedir. Rüzgar türbinleri ve fotovoltaik sistemler, %28,9 ve %22,5 oranlarıyla ana teknolojiler olarak belirtilirken, hidroelektrik, odaklı güneş enerjisi, biyokütle ve jeotermal enerji kaynakları da yer almaktadır. Biyokütle tüketimini sürdürülebilirlik sınırları içinde tutabilmek için ulaşım sektöründe bir tür sentetik yakıt ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, hesaplanan sosyoekonomik maliyetlere göre, 2050 yılında baz yıla göre yaklaşık 20 milyar Euro daha düşük olan toplam maliyet, %100 yenilenebilir enerji sistemine geçişin finansal olarak da avantajlı olduğunu göstermektedir. Son olarak, enerji verimliliği önlemleri sıfır karbonlu enerji toplumuna geçişte önemli bir rol oynamaktadır. Modelleme sonuçları, birincil enerji arzının baz yıla göre %50,9 daha düşük olduğunu göstermektedir.

Child ve Breyer (2016), tamamen yenilenebilir enerjiye dayalı bir enerji sistemi, varsayımlara dayalı olarak 2050'de Finlandiya için mümkün olup olamayacağını incelemişlerdir. Fotovoltaiklerin yüksek paylarının, enerji sisteminin diğer yönlerinden yararlanılan esneklikle desteklendiğinde aşırı kuzey enlemlerinde uygulanabilir olduğu kabul edilmiş ve bu, yıl boyunca güneş ışınlarındaki yüksek varyasyonların güneş enerjisi uygulamasına engel olmayabileceğini göstermiştir. Güç, ısıtma/soğutma ve ulaşım sektörleri arasındaki etkileşim sayesinde toplam sistem maliyetleri azaldığından, %100 yenilenebilir enerji (YE) sistemi Finlandiya için kutuplara daha yakın bölgelerde oldukça rekabetçi bir maliyet çözümüne karşılık gelmektedir. Bu sektörler, geçmiş verileri ve EnergyPLAN modelleme aracı kullanarak saatlik bir çözüme dahil edilmektedir. Ek olarak, Finlandiya enerji sistemine ilişkin tüm varsayımların tam şeffaflığı ortaya konmaktadır. 2050 yılında, %100 yenilenebilir enerji senaryosu 24,1 milyar €/yıl ile en düşük toplam yıllık maliyete sahiptir. Bunu, yıllık maliyetleri 26,4 milyar €/yıl'a kadar değişen artan nükleer enerji

seviyelerini içeren birkaç senaryo takip etmektedir. Senaryolar ayrıca farklı seviyelerde orman temelli biyokütle ile modellenmiştir. Sonuçlar, orman temelli biyokütle yakıt kullanımının azalmasıyla yıllık maliyetlerin önemli ölçüde artmadığını göstermektedir. Aynı zamanda, geleceğe maliyet atamanın doğası gereği belirsiz olduğu da unutulmamalıdır. Geleceğin toplumlarının teknolojilere nasıl risk atadığı veya emisyonlara nasıl değer verdiği, araştırılan senaryoları az ya da çok çekici hale getirebilir. İncelenen %100 yenilenebilir enerji senaryoları, bu tür belirsizliğe daha az maruz kalmıştır.

Ostergard ve diğerleri, (2017), yüksek derecede yenilenebilir enerji entegrasyonuna sahip enerji sistemleri, bir yandan sistemlerin ve yolların optimum tasarımı için enerji senaryoları oluşturmayı ve enerji sistemi analizlerini, diğer yandan da karar verme ve enerji sistemi uygunluğunun karakterizasyonu için kriterler gerektirmektedir. Bu makalede üç aşamalı bir amaç vardır. Birincisi, belirli bir enerji sistemi simülasyon modelinin, yani EnergyPLAN uygulamasının, coğrafi düzeydeki uygulamasının yanı sıra, model üzerinde gerçekleştirilen simülasyon ve senaryo analizlerinin türlerini analiz ederek incelemektir. İkinci olarak, söz konusu enerji sistemleri simülasyonlarında uygulanan performans göstergesi türleri gözden geçirilmekte ve üçüncü olarak, mevcut gelişmiş enerji sistemi performans göstergelerini ve önerilen ek göstergeleri gözden geçirilmektedir.

Fernandes ve Ferreira (2017), Portekiz'in yıllar içinde, özellikle enerji sektörü açısından ithal fosil yakıtlara yüksek bir bağımlılık gösterdiği ve bu durumun, elektrik üretim sektörüne özel bir vurgu ile "rekabetçi, sürdürülebilir ve güvenli bir yenilenebilir enerji sistemi" yaratmayı amaçlayan bir Avrupa stratejisiyle çerçevelenen yenilenebilir enerji projelerinin artan gelişimine yol açtığı şeklinde incelenmiştir. Elektrik sektörüyle ilgili olarak, acil arz ve talep dengesinin yanı sıra çevresel konularla ilgili artan endişe, ekonomik ve ekonomik açıdan daha verimli stratejiler arayan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına yönelik önemli bir yatırım gerektirmiştir. Bu nedenle, diğer ülkelere odaklanan farklı çalışmaları takiben, bu makale, EnergyPLAN modelinin uygulanmasıyla desteklenen, Portekiz'deki %100 yenilenebilir elektrik sistemine bir yaklaşım sunmaktadır. Değişken çıktıları yenilenebilir enerji kaynaklarına büyük ölçüde bağımlı bir sistem için istikrar önlemi olarak ara bağlantının önemi kanıtlanmıştır. Sonuçlar ayrıca, her bir senaryonun maliyet yapısının esas olarak yenilenebilir teknolojilerin düşük marjinal maliyetinin yanı sıra yüksek yatırım maliyetlerinden kaynaklandığını da ortaya koymaktadır.

Ćosić ve diğerleri, (2017), Makedonya'da enerji sektörünün karşılaştığı en önemli sorunları, yüksek linyit yaygınlığı, enerji ithalatına güçlü bir bağımlılık, enerji sisteminin kötü durumu ve enerji üretiminde ve kullanımında verimsizlikle birlikte olumsuz bir enerji karışımının olması olarak belirtmiştir. Bu çalışmada, EnergyPLAN modeli kullanılarak Makedonya'da %100 yenilenebilir enerji sisteminin gerçekleştirilmesi olasılıkları ele alınmıştır. 2030 ve 2050 yılları için tasarlanan iki yenilenebilir senaryo için analiz yapılmıştır. İlk senaryo olan %50 yenilenebilir enerji sistemi 2030 yılı için oluşturulup Makedonya'nın %100 yenilenebilir enerji geleceğine doğru ilk

adımı temsil etmektedir. İkinci senaryo, 2050 yılında yalnızca yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı olarak %100 yenilenebilir enerji sistemi için tasarlanmıştır. Bu sistemlerin tasarımına, aralıklı yenilenebilir enerji sistemleri ve depolama teknolojilerine özel önem verilmiştir. Analiz, şu anda %50 yenilenebilir enerji sisteminin %100 yenilenebilir enerji sisteminden daha olası görüldüğünü, ancak tüketimin azalmasına yol açacak ek enerji verimliliği önlemleri ve yeni üretim kapasitelerinin kurulması ile bu hedefin kolaylıkla gerçekleştirilebileceğini ortaya koymaktadır.

Augustine ve diğerleri (2012), gelecekte fosil enerji kaynaklarının fiyatlarının önemli ölçüde artmasının beklendiğini, bu nedenle fosil enerji kaynaklarının uzun vadede Letonya için uygun bir enerji kaynağı olmayabileceği ortaya konmuştur. Tamamen kendi kendine yeten bir enerji tedarik sisteminin kurulması, mevcut enerji tedariki ve ulaşım altyapısında önemli bir dönüşüm gerektirecektir. Böyle bir sistemin erken planlanması, tamamen kendi kendine yeterli bir enerji tedarik sistemi hedefine ulaşmak için mevcut enerji sisteminin gelişimini şekillendirmeyi mümkün kılmaktadır. Çalışmada, 2050 yılına kadar yalnızca yerel birincil kaynaklara dayalı bir enerji ve ulaşım sistemi kurmak için olası bir çözüm gösterilmektedir.

Edenhofer ve diğerleri 2011'de İrlanda'da, yeterli yenilenebilir kaynaklar olmasına rağmen toplam enerji talebinin %96'sının fosil yakıtlarla (%7 yerli ve %89'u ithal) ve %3'ünün yenilenebilir enerji ile karşılandığını belirtmiştir. Enerji fiyatlarının artması ve küresel ısınmanın etkilerinin artmasıyla İrlanda'nın yenilenebilir kaynaklarını daha etkin bir şekilde kullanmaya başlamasının önemi vurgulanmıştır. Bu nedenle, bu çalışma ile İrlanda için %100 yenilenebilir enerji sistemi yol haritasına doğru ilk adımlar ele alınmıştır. Kullanılan enerji sistemi analiz aracı EnergyPLAN'dır. Enerji sisteminin büyük penetrasyonları entegre edilirken dikkate alınması gereken tüm sektörler elektrik, ısı ve ulaşım sektörleridir. Başlangıçta, İrlanda mevcut enerji sisteminin bir referans modeli oluşturulmuş ve ardından her biri farklı bir kaynağa odaklanan üç farklı %100 yenilenebilir enerji sistemi senaryosu oluşturulmuştur. Bunlar biyokütle, hidrojen ve elektrik enerjisi senaryolarıdır. Bu enerji sistemleri, her birinin faydalarının birleştirildiği "optimum" senaryo oluşturmak için karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, İrlanda için potansiyel bir %100 yenilenebilir enerji sistemini göstergede, bu sonuçlar birçok varsayıma dayanmaktadır. Bu nedenle, İrlanda'nın yenilenebilir enerjiye geçiş stratejisinin belirlenmesi için daha fazla çalışmanın gerektiği belirtilmiştir.

Lund ve Münster (2017), büyük ölçekli rüzgar enerjisinin Danimarka elektrik sistemine entegrasyonunu EnergyPLAN'ı enerji sistemi analiz modeli olarak kullanarak incelemişlerdir. EnergyPLAN modeli, farklı ulusal enerji yatırımlarının sonuçlarını analiz ederek uygun enerji planlama stratejileri tasarlamayı amaçlamaktadır. Model, farklı düzenleme stratejileri ve piyasa ekonomik optimizasyon stratejilerinin analizine odaklanmaktadır. 2003 yılında rüzgar enerjisi Danimarka'nın elektrik talebinin %15'ini karşılamaktaydı ve yaklaşık %50'si kombine ısı güç santralinde (KIGS) üretilmekteydi. Model, Danimarka Enerji Ajansı tarafından Danimarka Parlamentosu için yürütülen bir uzman grubunun çalışmasında kullanılmıştır. Gelecekteki

Danimarka enerji arzında arzın %40'ından fazlasının rüzgar enerjisinden gelmesi beklenirken KIGS ve rüzgar enerjisinin entegrasyonu için stratejik sonuçlar değerlendirilmiştir.

Ostergard ve diğerler, (2017), hem KIGS'nin hem de rüzgar enerjisinin Danimarka enerji politikasının önemli unsurları olduğunu belirtmiştir. 2002 yılında Danimarka'nın hem elektrik hem de ısı talebinin yaklaşık %50'si KIGS'lerde üretilmekte ve elektrik talebinin %15'ten fazlası rüzgar türbinleri tarafından üretilmektedir. Her iki teknoloji de Danimarka'nın iklim değişikliği hedeflerine ulaşmasında önemli rol oynadığı ve her iki teknolojinin de gelecekte daha da gelişmesinin amaçlandığı belirtilmiştir. Fosil kaynaklı yakıtların kullanımı son yirmi yıl içinde önemli ölçüde azalmış, biyoyakıtlar ve atık kullanımı artmış ve yerli kaynaklar kullanılarak fosil kaynaklara bağımlılık azaltılmıştır. Rüzgar enerjisinin Danimarka'da hem karasal hem de deniz üstü uygulamaları sayesinde yerli olmayan kaynak bağımlılığı %20'ler seviyesine düşürülmüştür. Bu gelişmeler, Danimarka'nın 2030 ve 2050 hedeflerine ulaşma yolunda ilerlediğini göstermektedir.

Rüzgar türbinlerinin rüzgara, KIGS'lerin ısı talebine bağlı olma sorununu çözmek için iki farklı ulusal strateji tartışılmakta ve analiz edilmektedir. Mevcut resmi hükümet politikası olarak bilinen ihracat stratejisi, elektrik satmak ve satın almak için İskandinav ve Avrupa pazarlarından yararlanmayı önermektedir. Bu durumda, rüzgar enerjisi ve KIGS'den elde edilen fazla elektrik, komşu ülkelere basitçe satılacaktır. Diğer bir strateji olan kendi kendine tedarik stratejisi ise, hem talebi hem de rüzgar çizelgesindeki dalgalanmaları karşılamak için KIGS birimlerini çalıştıracaktır. Bu durumda, ısı depolarına yatırım yapılması ve KIGS ünitelerine ısı pompalarının eklenmesi gerekecektir. İki farklı strateji arasındaki bu sonuçlara dayanarak, kendi kendine tedarik stratejisinin resmi ihracat stratejisine göre daha iyi olduğu görülmüştür.

Lund ve Kempton (2017), CO₂ salımının önemli ölçüde azaltılması için büyük ölçekli sürdürülebilir enerji sistemleri gerekliliğini vurgulamıştır. Büyük ölçekli uygulamanın iki büyük sorunu bulunmaktadır. Birincisi, ulaştırma sektöründe petrolün yerini almak, ikincisi ise günümüzün pahalı olmayan ve bol yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektriğin dalgalanmasını dengelemek için talep ve arz arasında bir denge sağlanması gerekmektedir. Plug-in elektrikli araçlar (EV'ler), hafif araç filosu için benzini azaltabilir veya ortadan kaldırabilir. EV'lere "araçtan şebekeye" (V2G) teknolojisinin eklenmesi, üretim zamanını yük zamanı ile eşleştirerek depolama sağlayabileceği belirtilmiştir. Çalışmada, iki ulusal enerji sistemi modellenmesi yapılmıştır. EnergyPLAN modeli, elektrik, ulaşım ve ısı için enerjiyi entegre eder ve insan ihtiyaçlarını ile çevresel saatlik dalgalanmaları içermektedir. %0 ile %100 arasında değişen rüzgar penetrasyon seviyeleri altında dört farklı araç filosu modellenmesi yapılmıştır. EV'lerin, yüksek güçlü (10 kW) bağlantılara sahip olarak hızlı bir şekilde şarj olabileceği varsayılmıştır. Ulusal enerji sistemlerine EV'lerin ve V2G'nin entegre edilmesinin, fazla elektrik üretimi olmadan çok daha yüksek seviyelerde rüzgar elektriğinin entegre edilmesine olanak tanıdığı ve aynı zamanda ulusal CO₂ emisyonlarını büyük ölçüde azalttığı sonucuna varılmıştır.

Lund (2017), rüzgar enerjisi, fotovoltaik (PV) ve dalga enerjisinin büyük ölçekli entegrasyonunun bir Danimarka referans enerji sistemi üzerindeki analiz sonuçlarını incelemiştir. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını (YEK) elektrik arzına entegre etme olasılığı, aşırı elektrik üretimini önleme yeteneği olarak ifade edilmektedir. Elektrik talebinin %0-100 arasında değiştiği bir elektrik üretimi aralığında farklı kaynaklar analiz edilmiştir. Fazla üretim, EnergyPLAN bilgisayar modeli kullanılarak ayrıntılı enerji sistemi analizleri ile belirlenmiştir. Analizlerde, elektrik tedarik sistemini güvence altına almak için belirli yan hizmetlere ihtiyaç duyulduğu dikkate alınmıştır. Farklı yenilenebilir kaynakların dalgalanmalarındaki farklı modellerden yararlanılmıştır. Amaç, teknik açıdan optimal karışımları belirlemektir. Optimal karışım, kara rüzgar enerjisinin toplam elektrik üretiminin yaklaşık %50'sini oluşturduğu zaman olarak belirlenmiştir. PV ve dalga enerjisi karışımı ise, toplam elektrik üretiminin miktarına bağlı olarak değişmektedir. Toplam yenilenebilir enerji girişi talebin %20'sinin altındayken, PV %40'ını ve dalga enerjisi yalnızca %10'unu kapsamalıdır. Toplam giriş talebinin %80'inin üzerinde olduğu durumlarda ise, PV %20 ve dalga enerjisi %30'u kapsamaktadır. Farklı kaynakların kombinasyonu, tek başına dalgalanan kaynakların büyük ölçekli entegrasyonuna yönelik bir çözüm olmaktan uzaktır. Bu durum, esnek enerji arz ve talep sistemlerine yatırım yapılması ve ulaştırma sektörünün entegrasyonu gibi diğer önlemlerle birlikte ele alınması gerektiği şeklinde ifade edilmiştir.

Meiere ve diğerleri (2010), çalışmada, yeni bir taşıma sistemi olan konveyör tipi sistemin çevresel etkisini mevcut nakliye çözümleriyle karşılaştırmayı amaçlayarak yeni bir yaklaşım geliştirilmiştir. Bu yeni taşıma sistemi, elektrik üreten bir rüzgar santrali, hidrojen deposu ve rüzgar enerjisi üretimini yük taşıma işiyle dengelemek üzere tasarlanmış bir yakıt hücresi ile çalışan bir elektrik motorundan oluşmaktadır. Araştırma, fosil yakıt tüketimi ve mevcut ulaşım sistemlerinin çevresel etkilerinin incelenmesini içermekte olup yeni taşıma sisteminin enerji tüketimi ve ilgili çevresel etkileri ile karşılaştırma amacını taşımaktadır. Konveyör taşıma sisteminin enerji dengelemesi, saatlik bazda analizler yapabilen EnergyPLAN bilgisayar programı kullanılarak aralıklı yenilenebilir enerji teknolojileri, depolama ve taşıma sistemlerinin kombinasyonunu içeren senaryolarla modellenmiştir. Sonuçlar, mevcut ulaşım sistemlerinin önerilen yeni sisteme göre çevresel etkiler açısından daha fazla etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Matschoss, ve arkadaşları (2011), sürdürülebilir bir %100 yenilenebilir enerji sistemi tanımlamak üzere yeni bir metodoloji sunmaktadır. EnergyPLAN modeli, enerji sistemi ve bileşenlerinin termodinamik dengesini hesaba katan matematiksel bir modele dayalı olarak enerji sisteminin objektif analizini birleştirir. Birden fazla senaryo kullanılarak elde edilen sonuçlardan yola çıkarak, en yüksek enerji verimliliğine ve en düşük enerji israfına sahip senaryo belirlenir. Pompeii şehrine uygulanan bir vaka çalışmasıyla bu yeni metodoloji açıklanmaktadır. Çalışma sonucunda, en iyi çözümün 8.10 MWe kapasiteli bir KIGS tesisine entegre edilmiş 21.0 MWe kapasiteli bir PV tesisi olduğu ortaya çıkmaktadır. Yüksek fazla elektrik üretimi nedeniyle, 10

MWe kapasiteli ısı pompalarının kurulması gereklidir ve son olarak güneş enerjisi santrali kurulumu gerekliliği vurgulanmaktadır.

Dorotić ve diğerleri (2019), adaların enerji sistemlerine odaklanmıştır. Enerji kaynaklarının kısıtlı olduğu adalarda enerji planlaması, kendi kendine yetebilme ve sürdürülebilirlik açısından zorluklar sunar. Bu çalışmada, deniz taşımacılığının da dikkate alındığı, araçtan şebekeye (V2G) konsepti ile yalnızca aralıklı yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak karbon nötr bir ada enerji sistemi oluşturmak için yeni bir yaklaşım sunulmaktadır. Bu yaklaşım, enerji, ısıtma, soğutma ve ulaştırma sektörlerinin entegrasyonunu içerir ve EnergyPLAN aracılığıyla güncellenmiş Kasım 2017 versiyonu kullanılarak simüle edilmiştir. Güç kaynağı kapasiteleri, senaryo analizi yerine EnergyPLAN aracındaki simülasyonlara dayalı bir optimizasyon prosedürü kullanılarak belirlenmiştir. En uygun güç kaynağı konfigürasyonunu seçmek için iki sınırlayıcı koşul tanımlanmıştır: İlk olarak, sadece güneş ve rüzgar kapasiteleri kullanılmalıdır. İkincisi, toplam elektrik ithalatı ve ihracatı dengelemelidir, yani ada karbon nötr olmalıdır. Bu yaklaşımı doğrulamak için, Hırvatistan'ın Korčula Adası bir örnek olay çalışması olarak kullanılmıştır. Baz yıl olarak 2011 seçilmiş ve enerji tüketimi analizi yapılmıştır. Optimum kapasitelerin 2030'da kurulduğu son simülasyon sonucunda, 40 MW rüzgar ve 6 MW güneş enerjisi kapasitesine sahip konfigürasyonun en düşük maliyetli çözüm olduğu ve 30 MW güneş enerjisi kapasitesi ile birlikte 22 MW rüzgarın toplam elektrik ithalatı ve ihracatının en düşük seviyede olduğu görülmüştür. Araçtan şebekeye entegrasyonunun analizi, her iki senaryoda da toplam elektrik ithalatı ve ihracatının arttığını göstermektedir.

Francis ve diğerleri, (2015), Macaristan'da, fosil yakıtlara dayalı ve dışa bağımlı enerji sisteminin ayrıntılı alternatiflere ihtiyaç duyduğunu ve %100 yenilenebilir temelli bir senaryo için Macar enerji sisteminin 2009 modelinin referans olarak kullanıldığı bir çalışma sunmaktadır. Bu model, ulusal enerji sisteminin tüm sektörlerini saatlik bazda simüle eden EnergyPLAN yazılımında oluşturulmuş ve sonuçlar 2009 Macaristan enerji istatistikleri ile karşılaştırılarak doğrulanmıştır. Enerji sisteminin nasıl işletilebileceğini incelemek için, EnergyPLAN'da doğalgaz ve biyokütle alternatifleri olarak iki model oluşturulmuştur. Çevresel açıdan optimize edilmiş bir şekilde, mevcut altyapı içinde "Biyokütle" alternatif modelinde birincil yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının neredeyse iki katına çıkarak karbondioksit emisyonunda %10'luk bir azalmaya neden olduğu bulunmuştur. Farklı santral kullanımlarıyla yakıt dağıtımının değiştirilmesiyle, 2009 yılında çevresel açıdan daha uygun yakıt tüketim özelliklerinin elde edilebileceği belirtilmiştir.

Bjelić ve Rajaković (2017), Avrupa Birliği'nin 2030 enerji politikası hedeflerine enerji verimliliği, yenilenebilir enerji ve yapısal tedbirler dahil olmak üzere arz ve talep tarafı teknik önlemlerin optimal karışımını kullanarak maliyet etkin bir şekilde ulaşılması gerektiğini araştırmıştır. Bu hedeflere ulaşmak için, EnergyPLAN'ın jenerik optimizasyon programı (GenOpt) ile sembolik olarak bağlanmasına yönelik yenilikçi bir yöntem sunulmuştur. Bu sembolik bağlantı,

karar vektörlerinin manuel ayarlamaları yerine seçilen optimizasyon algoritmasıyla yönlendirilen simülasyon tabanlı optimizasyonu mümkün kılar. GenOpt'un optimizasyon döngüsü içinde, EnergyPLAN simülasyonları elde etmek için, EnergyPLAN'da oluşturulan senaryolar için karar vektörleri seçilmiş ve GenOpt'ta açıklanmıştır. Politika kaynaklı toplam maliyetlerdeki %3'ün altındaki artışın önemli olmadığı gösterilmiştir. Bu genel yöntemin daha da geliştirilebileceği ve sürdürülebilir ulusal enerji sistemlerinin optimum planlamasında dünya çapında kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Askeland ve diğerleri (2023), Avrupa'nın yenilenebilir enerjiye yönelmesi sürecinde, hidroelektrik enerjisinin dağınık elektrik üretimi ile esneklik sağlayan önemli bir yenilenebilir teknoloji olarak öne çıktığını incelemiştir. İskandinav hidroelektrik kaynaklarının özellikle esneklik sağlayabileceği belirtilmiştir. Norveç, tüm Avrupa ülkeleri arasında en büyük hidroelektrik kaynaklarına ve depolama kapasitesine sahip bir ülke olarak öne çıkmaktadır. Ancak, Norveç aynı zamanda yüksek miktarda elektrikli ısıtma sektörüne sahip olup kış aylarında düşük rezervlerle yüksek elektrik talebiyle karşı karşıyadır. Bu çalışmada, bireysel elektrikli ısıtmadan bölgesel ısıtmaya geçişin, Norveç enerji sisteminin Avrupa'ya sağlayabileceği esnekliği nasıl etkileyebileceğini analiz etmek için EnergyPLAN kullanılmıştır. Çalışma, 2015 referans senaryosunu ve biyokütle ile ısı pompalarına dayalı bölgesel ısıtma senaryolarını içermektedir. Sonuçlar, bölgesel ısıtmanın hidroelektrik santrallerindeki yükü azaltabileceğini ve böylece potansiyel ihracat için kapasite yaratılabileceğini göstermektedir.

Bahadır (2020), ileri düzey enerji düzenlemesi ve uygulaması için elektrik üretim süreçlerinin oluşturulması ve analizi konusunda EnergyPLAN'ı kullanarak farklı senaryolar geliştirmiştir. Güneş, rüzgar ve her iki kaynaktan oluşan kurulu güç potansiyelleri dikkate alınarak üç ayrı senaryo oluşturulmuştur. Her senaryoda kapasiteler %5 artırılmış ve uygun çözümler incelenmiştir. Analiz sonucunda, rüzgar ve güneş enerjisinden elde edilen faydanın ekonomik açıdan piyasa düzlemine %47 ve %41 olarak katkı sağlayabileceği sonucu çıkmıştır. Bu bağlamda, rüzgar ve güneş enerjisi kullanılarak ülke ekonomisine katkı sağlanmasının önemi vurgulanmıştır.

Ayrıca, Türkiye için 2030 ve 2050 yıllarında düşük, orta ve yüksek kapasiteli üretim taleplerinin ve bu taleplerin hangi enerji kaynaklarıyla karşılanması gerektiğinin incelendiği bu çalışmada, enerji politikalarının ve yeşil hidrojenin enerji arzındaki rolünün de ele alındığı belirtilmektedir.

Yeşil hidrojenin gelecek yıllarda önem kazanacağı düşünüldüğünde, enerji arzı sistemlerinin bu yönde değerlendirilmesi gerekmektedir. Aynı şekilde, yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen fazla elektriğin depolanması ve kullanılması da önemli bir konudur. Bu bağlamda, elektrolizör veya diğer üretim teknolojileri ile üretilen hidrojenin doğalgazla karıştırılarak kullanılmasının geçiş sürecinde etkili olabileceği belirtilmiştir. Ayrıca, enerji talebinin karşılanmasında hidrojenin rolü ve ulaşım ile bina sektörlerindeki tüketimi de 2030 ve 2050 projeksiyonlarında değerlendirilmiştir.

Genel bir tasnif ile enerji kaynakları, birincil enerji kaynakları (fosil yakıtlar) ve ikincil enerji kaynakları (yenilenebilir enerji kaynakları) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. 1970’li yılların sonlarına kadar birincil enerji kaynaklarının kullanımının çevresel zararları genel olarak göz ardı edilmiştir. Sonraki zamanlarda ise yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımında artışlar hedeflense de günümüzde kullanılan enerji kaynaklarının büyük bir kısmı halen birincil enerji kaynaklarından oluşmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması veya kullanımlarının artırılması bazı unsurların sağlanmasına bağlıdır. Bu unsurlar; ülkelerin enerji kaynağı için gerekli teknolojiye sahip olması, çevresel sorunlara karşı duyarlılık, yenilenebilir enerji kaynağı üreticilerinin ülke sanayileşmesindeki yeri, devlet desteklerinin düzeyi, enerji maliyetlerindeki değişimler ve enerji üreticilerinin sosyal sorumluluk anlayışı şeklinde belirtilebilir (Koç ve diğerleri (2015).

IRENA (2023), raporlarına ait verilerden hareketle 2021 yılları arasında dünya sürdürülebilir enerji kaynakları içerisinde en yüksek üretim gücüne sahip enerji kaynağının hidroelektrik enerji ve en düşük enerji kaynağının ise jeotermal enerji olduğu görülmektedir. Yine söz konusu raporda yer alan verilere göre, 2021 yılında sürdürülebilir enerji kaynakları içerisinde, sırasıyla, hidroelektrik enerjinin % 42,5’lik paya, güneş enerjisinin % 26,6’lık paya, rüzgâr enerjisinin % 25,8’lik paya, biyokütle enerjisinin % 4,4’lük paya ve jeotermal enerjinin ise % 0,4’lük paya sahip olduğu anlaşılmaktadır. Dolayısıyla mevcut verilerden hareketle dünyada üretim yoğunluğu en fazla olan sürdürülebilir enerji kaynaklarının hidroelektrik, güneş ve rüzgâr enerjisi olduğu görülmektedir. Son yıllarda ise birincil enerji kaynağı arzının daralması, çevresel yan etkilerinin fazla olması ve aynı zamanda çevre bilincinin daha da gelişmesinin bir neticesi olarak yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelişin arttığı söylenebilir. Dolayısıyla da birincil enerji kaynaklarının kullanımında düşüş meydana gelmiştir. Türkiye, enerji talebini karşılayacak yeterlilikte enerji kaynaklarına sahip bulunmadığından dolayı, enerji talebinin önemli bir kısmını yurt dışından ithal ederek karşılamaktadır. Özellikle nüfus artışı ve teknolojik gelişmelerin yurtiçi enerji talebini giderek arttırması ve buna paralel yurtiçi enerji kaynaklarının yetersiz kalmasının bir sonucu olarak hem enerji ithalatı hem de enerjide dışa bağımlılık giderek artmakta ve bu durum aynı zamanda dış ticaret bilançosuna cari açık problemi olarak yansımaktadır. Söz konusu durum, Türkiye için yenilenebilir enerji kaynaklarını daha da önemli hale getirmekte ve özellikle sürdürülebilir enerji kaynaklarına yapılacak yatırımların öncelikli teşvik alanı olmasının gerekliliği anlaşılmaktadır (Tüysüz ve diğerleri, 2022).

Türkiye’nin sahip olduğu önemli akarsu ve göl potansiyelleri neticesinde kurulan hidroelektrik enerji santralleri, barajlar kurulması şeklinde faaliyet göstermektedirler. Rüzgâr enerjisi ise düşük maliyet ve uzun ömürlü tesis avantajları sayesinde yatırımcılar tarafından tercih edilen bir diğer sürdürülebilir enerji kaynağıdır. Özellikle son yıllarda cazip bir yatırım alanı olarak görülmesinden dolayı, Türkiye’de kurulu güç bakımından ikinci sırada yer alan sürdürülebilir enerji kaynağı rüzgâr enerjisi olmuştur. Güneş enerjisi ise yüksek kurulum maliyeti ve teknolojik

alt yapı eksikliği nedeniyle hidroelektrik ve rüzgâr enerjisinden daha geç bir zamanda kullanılmaya başlanmış ve yaygınlaşmıştır (Albayrak, 2020). Ancak Türkiye’de sürdürülebilir enerji kaynakları kullanımının henüz oldukça yetersiz olduğu söylenebilir. Leblebicioğlu ve diğerleri (2021), Türkiye için 2023 yılında toplam enerji üretiminin %51’inin sürdürülebilir enerji kaynaklarından karşılanması yönündeki simülasyonu incelendiğinde; bunun ancak yeterli düzeyde yatırım ve gerekli teşviklerin sağlanması durumunda mümkün olabileceği belirtilmektedir. Bir başka çalışmada Karaaslan ve Aydın (2020), Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığındaki uzmanların görüşünü almak suretiyle Türkiye için potansiyeli en yüksek enerji kaynaklarını belirlemeye çalışmışlardır. Yapılan analiz sonucunda Türkiye’de sahip oldukları potansiyellere göre sürdürülebilir enerji kaynakları; hidroelektrik enerjisi, güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji ve biyokütle enerjisi olarak sıralanmıştır. Türkiye’de hidroelektrik enerjinin en uygun enerji kaynağı olarak ortaya çıkmasında etkili olan unsurlar ise enerji depolanmasına imkân sağlaması ve talebe göre üretim yapmaya elverişli olması, ithal ürün kullanılmasının gerekli olmaması ve santral kurulumunun çevreye herhangi bir kirli atık bırakmamasıdır.

2.2.1. Enerji Politikasının Tanımı

Makro bir perspektifte enerji politikaları, hükümetlerin ihtiyaçlarına ve üretimlerine uyan farklı stratejiler olarak değerlendirilecektir. Belirli politikalar, zamansal bir dilimde uzun ve kısa vadeli olarak incelendiğinde; piyasa ve dijitalleşme eksenindeki teknolojik olguların da değerlendirildiği, uzun vadede ise düzenleme ve planlama aşamalarını içerirken, kısa vadede incelendiğinde iktisadi bir kavram olarak üretim ve talebe dayalı bir kavramdır (Bayraç, 2009: 118). Devletlerin uyguladığı enerji politikalarının kapsamı, enerji gereksinimleri, teknolojiye ortaya çıkan gelişmeler, enerji üretimleri ve uyuşan nitelikler kapsamında şablonlaştırılmış gibi görünmektedir. Günümüzü referans alırsak, enerji politikaları günden güne biçimlenmekte ve artmaktadır (Yılmaz, 2018).

Türkiye’nin enerji politikalarıyla ilgili politika stratejileri yoğunlukla irdelenmelidir. Enerji strateji politikaları geliştirilirken, iktisadi etkenler de dikkate alınarak talebin ve üretimin dinamiklerine göre politikalar belirlenmelidir. Stratejik enerji politikalarının temelinde oluşturulması gereken ilk adım, hangi kaynaktan nasıl verim alınabileceği ile ilgilidir. Ayrıca, hükümetin strateji politikalarında çevresel duyarlılığı gözeterek planlamalar gerçekleştirilmelidir. Ekonomik temel bir nitelik olarak iktisadi fayda gözetmeye amaçlayan hükümetler, enerji politikalarında sürdürülebilirliği karşılamaya çalışmaktadır. Kaynağın alıcıya teslim edilirken ki güvenlik hususlarının çözümlenmesi, ekonomik ve iktisadi etkenlerin de göz önünde bulundurulması da ayrıca önemlidir. Bunun yanında enerji ihtiyaçlarının karşılanması konusunda uzman görüşlerinin alınması, enerji politika stratejilerinin devamlılığında ve sürdürülebilirliğinde açıkça ön planda tutulmalıdır.

Hükümetlerin enerji politikaları tarihsel süreçte her alanda gözle görünür niteliktedir. Hükümetin ve devletin gelişiminde enerji stratejileri, kullanımı ve üretimi devletin ilerlemeci bir tutum sergilemesinde önemlidir. Bu anlamda enerji politikalarıyla optimal verimliliğe ulaşan enerji üretimi, gelişmekte olan ülkelerin temel dayanağıdır (Bahar, 20015: 3). Ekonomik anlamda enerji politikalarına yapılacak olan her adımın düşünülmeden ve öncelikle yapılması gerekmektedir. Teknolojik gelişmeler ve ilerlemeci tutum, ilgili politikalar bağlamında da desteklenmelidir (Özsoy, 20016).

Hükümetlerin enerjiyle ilgili aldıkları kararlarla birlikte şekillenen enerji politikaları ve stratejileri, sosyal ve toplumsal konularla birlikte düşünülmelidir. Stratejik enerji politikaları oluşturulurken verilen her karar, toplumsal ilerlemeci bir tutumda önemli olmakla beraber hükümetlerin sonraki süreçlerdeki çıktılarına da belirler niteliktedir (Naimoglu ve diğerleri,2021)

2.3. Enerji Politikalarının Türkiye'deki Görünümü

Türkiye'nin enerji tüketiminin büyük bir bölümü yerli kaynaklardan değil, dışarıdan temin edilmektedir. Fosil yakıtlar (kömür ve doğalgaz) en çok kullanılan enerji kaynakları olup, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji ve diğer kaynaklar da kullanılmaktadır.

Türkiye'nin enerji temini konusundaki bağımlılığı, özellikle Rusya'dan kaynaklanmaktadır. Enerji temini ve güvenliği, Türkiye için bir güvenlik sorunu olarak kabul edilmektedir. Enerji stratejileri ve politikaları, enerjinin sürdürülebilirliği, verimliliği ve çeşitliliği gibi faktörlere dayandırılmalıdır.

Türkiye'nin jeopolitik konumu, enerji politikalarını şekillendirmede önemli bir faktördür. Türkiye'nin stratejik enerji yolları üzerinde bulunması, Doğu ve Batı arasında bir köprü görevi görmesi ve bölgesel enerji ilişkilerinin güçlenmesine katkı sağlaması nedeniyle jeostratejik önemi giderek artmaktadır.

Enerji politikalarının gelecekteki hedefleri, aşağıdaki şekillerde tasarlanabilir:

- Enerji güvenliği ve teknolojik yatırımların desteklenmesi,
- Enerji çeşitliliğinin artırılması ve yerli kaynakların daha etkin kullanılması,
- Enerji ithalatının azaltılması ve yerli kaynaklara ağırlık verilmesi,
- Teknolojik kaynakların enerji üretiminde etkin bir şekilde kullanılması,
- Jeopolitik konumun stratejik olarak kullanılması,
- Enerji verimliliğinin artırılması,
- Enerji piyasasının rekabetçi ve şeffaf bir yapıya kavuşturulması,
- Bölgesel enerji işbirliklerinin geliştirilmesi,
- Çevresel duyarlılığın enerji politikalarına entegre edilmesi.

Son 40 yılda Türkiye'nin enerji tüketimi ve üretiminde artışlar görülürken, ekonomik ve teknolojik gelişmelerin bu artışlarda etkisi büyüktür. Enerji üretimi ve dağıtımında hükümetin rolü belirgin olmakla birlikte, özel sektörün katkısı da artmaktadır. Enerji talebinin karşılanamaması durumunda enerji ithal edilmektedir. Fosil yakıtlar hala ana enerji kaynağı olup, yerli kaynaklar daha fazla kullanılmalı ve enerji çeşitliliği sağlanmalıdır.

Günümüzde, dünya enerji piyasalarında Türkiye'nin konumu son derece önemlidir. Türkiye, enerji piyasaları içerisinde etkin bir tüketici profilini temsil etmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı'na göre, gelecek 10 yıl içerisinde Türkiye'nin enerji tüketimi artış gösterecektir. Ancak stratejik ortaklıkların enerji üretimi ve dağıtımını yeterince sağlamadığı gözlenmektedir. Türkiye'nin enerji tüketiminin %90'a varan kısmını petrol, doğalgaz ve kömür gibi kaynaklar oluşturmakta, bu da Türkiye'nin enerji ithalatına bağımlı hale gelmesine yol açmaktadır

Hem dünya genelinde hem de Türkiye özelinde, yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynaklarına olan talep hızla artmaktadır. Enerji politikaları, çevresel duyarlılık gözetilerek bütüncül bir yaklaşımla şekillenmekte ve yenilenebilir enerji kaynakları öncelikli hale gelmektedir.

Bu bağlamda, Türkiye'nin enerji politikası aşağıdaki şekilde belirlenmiştir: "Sınırlı sayıdaki doğal kaynakları akılcı bir şekilde kullanarak çevre ve insan sağlığına olumsuz etkileri minimuma indirmek, enerji çeşitliliğini ve alternatif enerji kaynaklarını artırarak temiz, güvenli, maliyet-etkin ve sürdürülebilir enerji arzını sağlamak amacıyla yeni kaynaklar ve teknolojileri kullanmak suretiyle ülkenin kalkınmasını ve refah düzeyini artırmak"

2033 yılına yönelik olarak Türkiye'nin yenilenebilir enerji üretim güvenliği hedefleri aşağıdaki şekilde tasarlanabilir:

- Linyit enerji kaynaklarının elektrik üretiminde etkin biçimde kullanılması,
- İki nükleer santralin faaliyete geçirilmesi ve üçüncü nükleer santralin inşasına başlanması,
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki payının artırılması,
- Hidroelektrik santrallerinin daha etkin şekilde kullanılması,
- Rüzgar enerjisinin kapasitesinin 20 bin MW'a yükseltilmesi,
- Toplam elektrik üretim kapasitesinin 110 bin MW'a çıkarılması,
- Elektrik üretiminin 414 kWh'e ulaştırılması.

2015 ve 2019 yılları arasında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Dönemlik ve Bölgesel Stratejik Plan kapsamında önemli ve stratejik maddeler önermiştir. Bu öneriler, enerji üretim güvenliği, enerji tasarrufu, yönetim etkileşimi, uluslararası etkinlik, Ar-Ge, teknoloji ve inovasyon, etkin hammadde kullanımı, ve yatırım mekanizmalarının iyileştirilmesi gibi alanları kapsamaktadır.

Teknolojinin 2000'li yıllardan itibaren hızla hayatımızın bir parçası haline gelmesi, enerji alanında da rekabet ortamını şekillendirmektedir. Ancak, enerji konusundaki rekabetin bir savaş atmosferine dönüşmesine izin verilmeden, teknoloji, nüfus artışı ve kentleşme gibi faktörlerle uyumlu ve verimli stratejik planlar geliştirilmesi gerekmektedir.

Geliştirilen ve uygulanan enerji politikalarının, mevcut durumun analizi ile birlikte incelenmesi, daha ileri düzeylere taşınması ve geliştirilmesi amacıyla çeşitli hedeflerin belirlendiği gözlenmektedir. 1960'lı yıllardan sonra düşünülen enerji politikalarının temel odaklarından biri, dünya çapında kaynak kullanımının azaltılmasına yöneliktir. Ancak, bu amaçlar ile karşılaşılan sonuçlar arasında bazı tutarsızlıklar ve uyuşmazlıklar ortaya çıkmıştır. Türkiye'nin petrol ve doğalgaz rezervlerinin sınırlı olması, ülkeyi enerji konusunda dışa bağımlı bir konuma getirmiştir.

Türkiye'nin yerel kaynaklardan yeterince enerji üretememesi ve artan enerji talebini karşılayamaması, ülkenin enerji açısından dışa bağımlı olmasına neden olmuştur. Bu durum, Türkiye ekonomisinin potansiyel olarak olumsuz etkilenmesine yol açmaktadır. Enerji dışa bağımlılığının azaltılması amacıyla 1960'lı yıllardan sonra Türkiye, çeşitli hedefler ve stratejik politikalar belirlemiştir. Ancak, tarihsel süreç içerisinde Türkiye, ithal enerji politikalarından kurtulma konusunda sınırlı başarılar elde edebilmiştir.

Enerji bağlamında yaşanan bu tür bir dışa bağımlılık durumu, siyasi ve ekonomik bağımsızlığın elde edilmesini zorlaştırmaktadır. Bu olumsuz durum, Türkiye için büyük bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla, Türkiye'nin enerji alanında uygulaması gereken stratejik politikalar, ülkenin enerji bağımsızlığını güçlendirmesi açısından hayati önem taşımaktadır. Bu bağlamda, ilgili politika ve stratejilerin çerçevesi belirlendikten sonra, mevcut durum analizi yapılmalı ve eldeki enerji kaynaklarının etkin ve verimli bir şekilde nasıl kullanılabileceği, tüketici perspektifinden de değerlendirilmelidir.

Eğer mevcut kaynaklar verimli bir biçimde kullanılmazsa ve bilinçli bir enerji kullanımı sağlanmazsa, kaynakların maliyetlerinin göz ardı edilmesi nedeniyle enerji taleplerinde artış görülecektir. Bu artış da zorunlu enerji dışa bağımlılığını artırma riski taşımaktadır.

Sonuç olarak, Türkiye'nin enerji politikalarının daha bağımsız ve sürdürülebilir bir enerji arzını sağlamak amacıyla stratejik olarak geliştirilmesi ve uygulanması, enerji dışa bağımlılığı sorununun çözümünde kritik bir adım olarak görülmelidir.

2020 yılında tüm dünyayı derinden sarsan, ekonomileri kırılganlaştıran, tedarik zincirlerinde kopmalara neden olan Covid-19 salgını neredeyse bütün bir yılı olumsuz yönde etkiledi. 2021 yılında dünya genelinde ekonomik faaliyetlerin yeniden güçlenmesi, doğal olarak enerjiye olan talebin artmasını ve enerji piyasalarının canlanması sonucunu doğurdu.

Coğrafyalar itibarıyla farklılıklar bulunmakla birlikte, imalat sanayii sektörlerinde hem birincil enerji ve hem de konutlarda ve hizmet sektöründe ise elektrik talebinde güçlü bir büyüme eğilimi ortaya çıktı. İklim değişikliği kaynaklı etkilere bağlı olarak, yeryüzünün belli bölgelerinde ciddi kuraklıklar yaşanması, bunun yer yer hidrolik enerji üretimlerini etkilemesi, aşırı hava

olaylarının (aşırı sıcaklar ve beklenmedik soğuk hava dalgaları) enerji talebini yükseltmesi, fosil yakıtlara olan talebi de arttırdı. Gerek doğal afetlerin ve pandemi sonrası şartların etkisiyle, gerekse birtakım teknik ve politik (Rusya'nın ihracat tercihleri vb.) sebeplerle bazı fosil yakıtların arzında yaşanan kısıtlamalar da hem ülkemizde hem de dünya genelinde 2021 yılının ilgi çekici bir başka gelişmesi oldu.

Türkiye Enerji Stratejisi

Türkiye, enerji ihtiyacını karşılamada, %74'lük bir ithalat bağımlılığına sahip. Türkiye'nin enerji stratejisinin çok yönlü yapısı ve enerjide dışa bağımlılığı, bu alanda uluslararası ilişkileri ön plana çıkarmakta. Türkiye'nin enerji stratejisinin ana hedeflerinden biri, enerji arz güvenliğini güçlendirmek için güzergâhları ve kaynakları çeşitlendirmek. Türkiye ayrıca bölgesel ve küresel enerji güvenliğine katkıda bulunmayı ve enerjide bölgesel bir ticaret merkezi olmayı hedeflemekte.

Türkiye'nin enerji stratejisinin uluslararası boyutunu oluşturan temel unsurlar:

1. Artan talep ve ithalat bağımlılığı dikkate alınarak, petrol ve doğalgaz arzında güzergâh ve kaynakların çeşitlendirilmesini sağlamak,
2. Bölgesel ve küresel enerji güvenliğine katkıda bulunmak,
3. Enerjide bölgesel ticaret merkezi olmak,
4. Enerji zincirinin her aşamasında sosyal ve çevresel etkileri sürdürülebilir kalkınma bağlamında dikkate almak,
5. Elektrik üretiminde yerli ve yenilenebilir enerjinin payını artırmak,
6. Nükleer enerji teknolojilerini, enerji karışımına dahil etmek.

Türkiye'de enerji talebi güçlü şekilde büyürken, bu talebin ucuz yoldan karşılanması ise mümkün olmadı. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Ekim 2022 tarihli verilerine göre, Türkiye elektrik enerjisi tüketimi 2021 yılında bir önceki yıla göre % 8,74 artarak 332,9 milyar kWh, elektrik üretimi ise bir önceki yıla göre % 9,14 oranında artarak 334,7 milyar kWh olarak gerçekleşti. 2017-2019 dönemi ile karşılaştırma yapıldığında ise, 2021 yılının ilk 9 ayında ortalama % 8,9'luk bir yıllık büyüme olduğu görülmektedir.

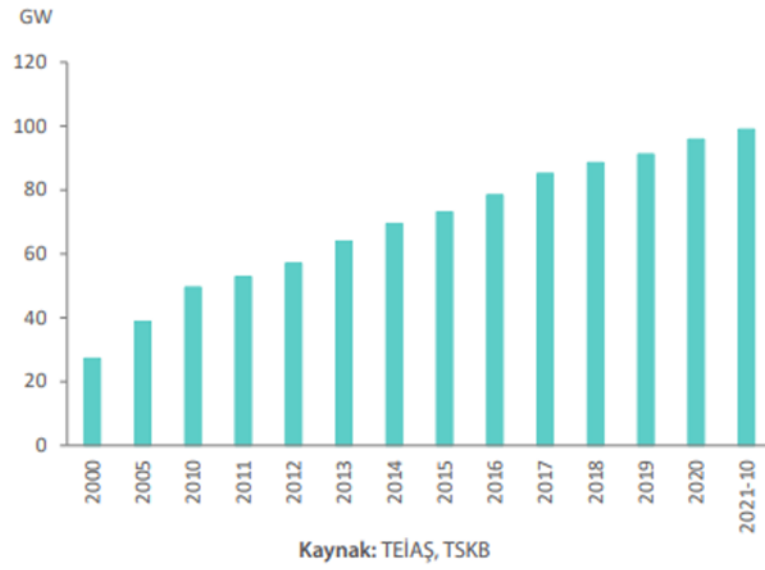
Hem yakıtlarda hem de elektrik tarafında talebin güçlü biçimde canlandığı, ancak arz yönünün yeterince dinamik olmadığı bir konjonktürde, fiyatlar da enflasyon ve kur etkisi hariç olmak üzere yukarı yönlü bir seyir izledi. Küresel piyasalara belli oranda benzer biçimde seyreden fiyat artışlarının, 2022 yılında enerji sektöründe en çok tartışılacak başlıklardan biri olacağı öngörülmektedir.

Türkiye toplam elektrik talebi 2000-2020 yılları arasında 2001, 2009 ve 2019 yılları haricinde bir düşüş göstermemiş ve artış trendini sürdürmüştür. 2018 yılında toplam elektrik talebi

304,2 TWh iken, 2019 yılı sonu itibarıyla 303,3 TWh olarak gerçekleşti. Covid-19 pandemisinin ön plana çıktığı 2020 yılında ise elektrik talebi 2019 yılına göre % 0,9'luk sınırlı bir artış ile 306,1 TWh'e yükseldi.

2000 yılı itibarıyla 27,3 Gigavat (GW) civarında olan Türkiye toplam kurulu gücü, 2023 yılı Eylül ayı sonu itibarıyla ülkemiz kurulu gücü 105.668 MW'a ulaşmıştır.

2021 yılına kadar uygulanan yenilenebilir enerji ve yerli kaynaklardan elektrik üreten santrallere verilen teşviklerin artması ile beraber, Türkiye toplam kurulu gücünde artış eğilimi devam etmektedir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Türkiye Kurulu Gücü (KW) (TEİAŞ, 2022)

2023 yılı Eylül ayı sonu itibarıyla ülkemiz kurulu gücü 102.281 MW'a ulaşmıştır. 2023 yılı Eylül ayı sonu itibarıyla kurulu gücü kaynaklara göre dağılımı; % 29,9'u hidrolik enerji, % 24,0'ü doğal gaz, % 20,6'sı kömür, % 11'i rüzgâr, % 10,3'ü güneş, % 1,6'sı jeotermal ve % 2,6'sı ise diğer kaynaklar şeklindedir

Türkiye'de elektrik enerjisi üretim santrali sayısı, 2023 yılı Eylül ayı sonu itibarıyla 12.562'ye (Lisanssız santraller dâhil) yükselmiştir. Mevcut santrallerin 753 adedi hidroelektrik, 68 adedi kömür, 363 adedi rüzgâr, 63 adedi jeotermal, 343 adedi doğal gaz, 10.479 adedi güneş, 493 adedi ise diğer kaynaklı santrallerdir.

485 MW'lık kurulu güç artışı hidroelektrik santrallerinden (HES) sağlanmış, toplam artışın 1.420 MW'lık kısmı rüzgâr enerjisi santrallerinden (RES), 991 MW'lık kısmı ise güneş enerjisi santrallerinden (GES) kaynaklanmıştır. İlgili dönemde doğal gaz ve çok yakıtlılar kullanarak elektrik üreten santrallerin net toplam kurulu gücü 141 MW azalmıştır.

Türkiye'nin yenilenebilir enerji kurulu gücü yıllar itibarıyla artan bir trend izlemektedir (Çizelge 2.1). 2013 yılında 25,6 GW olan yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı kurulu güç, yıllık ortalama % 10 oranında artarak 2021 yılı Eylül ayı itibarıyla yaklaşık 53 GW düzeyine ulaşmış, 2013 yılında % 40 olan toplam kurulu güç içerisindeki yenilenebilir payı ise 2021 yılı Eylül ayı itibarıyla % 53,2 seviyesine yükselmiştir.

Çizelge 2.1. Yenilenebilir Enerji Kaynak Dağılımı (TEİAŞ, 2022)

Kaynak	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021/9
Hidroelektrik	22.289	23.643	25.868	26.682	27.273	28.291	28.503	30.984	31.447
Rüzgâr	2.760	3.630	4.498	5.751	6.516	7.005	7.591	8.832	10.168
Güneş	0	40	310	833	3.421	5.063	5.995	6.667	7.534
Biyokütle	224	288	345	467	575	739	1.163	1.485	1.782
Jeotermal	311	405	624	821	1.064	1.283	1.515	1.613	1.650
Yenilenebilir Toplam	25.583	28.006	31.645	34.554	38.849	42.381	44.768	49.581	52.581

Kaynak: TEİAŞ, TSKB

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından her iki yılda bir, T.C. Kalkınma Bakanlığı ve Kurum görüşleri alınmak suretiyle hazırlanan, “Türkiye Elektrik Enerjisi Talep Projeksiyonu Raporu” çalışmasının sonuçlarına göre elektrik tüketiminin baz senaryoya göre, 2025 yılında 370 TWh, 2040 yılında ise 591 TWh seviyesine ulaşması beklenmektedir.

2007 yılında yürürlüğe giren 5627 sayılı “Enerji Verimliliği Kanunu” ile enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerjinin kullanımında verimliliğin artırılması amaçlanmıştır. 2012 yılında yayımlanan “Enerji Verimliliği Strateji Belgesi” ile 2023 yılı enerji verimliliği hedefleri oluşturulmuştur. Enerji verimliliği alanındaki başlıca politika belgeleri ve mevzuat’da gösterilmektedir.

Çizelge 2.2. Enerji Verimliliği Alanındaki Başlıca Politika Belgeleri ve Mevzuat (TSKB, 2022)



Kaynak: TSKB

Covid-19 salgını döneminde uygulanan destekleyici para ve maliye politikaları, dünya ekonomisinde hızlı bir toparlanma sağlıyor. Bu süreçte uygulanan parasal ve mali destek politikalarının büyüklüğü ile salgınla mücadele başarısı, ekonomilerin performanslarında belirleyici oldu.

2021 yılı ve sonrası genel itibarıyla 2020 yılında dünya ekonomilerini sarsan ve tedarik zincirinde de oldukça olumsuz bir çizelge çizilmesine neden olan Covid-19 salgınının yol açtığı hasarların sarılması ve şartların salgın öncesi seviyelere gelmesi için yapılan çalışmalarla geçti.

BP'nin yıllık olarak yayımladığı "Dünya Enerji İstatistikleri" raporunda işaret edildiği üzere, 2020 yılında küresel enerji talebinde yaklaşık % 4,5 oranında bir düşüş yaşandığı tahmin edilmektedir. Bu düşüş, II. Dünya Savaşı'ndan bu yana en büyük mutlak düşüştür. "Covid yılı" olarak nitelenen 2020'de, petrol talebindeki azalma ile karbon yoğun yakıtların enerji arzındaki oranı azaldığından, enerji kaynaklı küresel karbon salımı % 6,3 düştü.

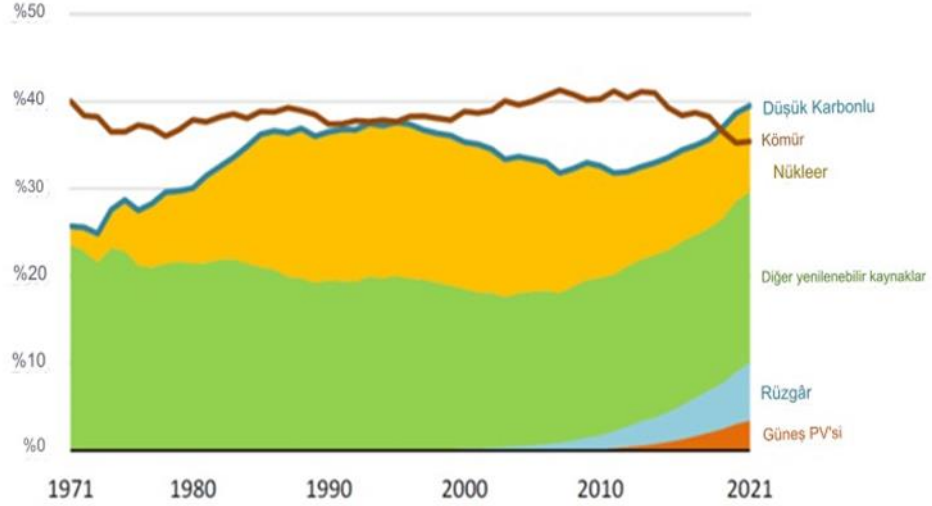
Bu düşüşteki en önemli etmenin, salgın sürecinde yaşanan karantinalar nedeniyle ulaşım sektörünün sekteye uğraması ve petrol talebinde azalma yaşanması olduğu değerlendirilmektedir. Aynı raporda (Dünya Enerji İstatistikleri) belirtildiği üzere, petrol fiyatları ise 2020 yılında varil başına ortalama 41,8 dolara gerileyerek, 2004 yılından bu yana en düşük seviyeyi gördü. Petroldeki bu rekor talep gerilemesi doğal gazda daha mutedil bir seyir izledi; doğal gaz talebindeki % 2,3'lük düşüşe rağmen doğal gazın birincil enerji kaynaklarındaki payının % 27,7 seviyelerine çıktığı izlendi. Doğal gaz talebindeki kısmi düşüşün ana nedeni ABD ve Rusya'daki talep azalmasıdır. Fakat doğal gaz talebinin 2020 yılı içerisinde özellikle Çin ve İran'daki artışı, gazın küresel enerji arzındaki payının yükselmesinde rol oynayan bir diğer faktör oldu.

2021 yılı ve sonrası trendleri ve dünya enerji dönüşümü üzerine yapılan araştırmaların bulunduğu ortak nokta ise, geçtiğimiz yıl yaşanan tüm olumsuzluklara rağmen yeşil ve temiz enerji yatırımlarının hız kazanarak devam etmiş olmasıdır. Rüzgâr ve güneş enerjisi kurulu gücü birlikte düşünüldüğünde, küresel çapta yaklaşık 238 GW ilave kapasite sisteme eklenmiş, böylece yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik kurulu gücü içindeki payı artış göstermiştir.

Dünyada NZE (Net Zero Emission) hedefine ulaşmak için gelecek yaklaşımları, eylemleri ve uygulamalarına bakıldığında aşağıdaki başlıklar öne çıkmaktadır.

- Ulaşım sektöründe 2035 yılı itibarıyla içten yanmalı motorlu taşıtların satışının yasaklanması,
- Hafif taşıtların elektrikli hale getirilmesi ve diğer ulaşım araçlarında hidrojen, hidrojen bazlı yakıt ve biyoenerji kullanımının artması,
- Depolama teknolojileri kullanılarak rüzgâr ve güneş enerjisinden daha fazla yararlanılmasının sağlanması,
- Özellikle enerji ve sanayi sektörlerinde geçiş yakıtı olarak doğal gaz kullanımının artması ve
- Tek kullanımlık plastik yasağının getirilmesi ve plastik geri dönüşümünün artırılması.

Tüm yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimindeki artışlar, elektrik üretim karışımındaki yenilenebilir kaynakların payını 2022’de tüm zamanların en yüksek seviyesi olan % 30’a yaklaştırdı. 2022’de Nükleer ve yenilenebilir enerji toplamı dünyadaki kömür santrallerindeki elektrik üretimini aştı (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Tüm Kaynaklar Türkiye Elektrik Üretimi % (IEA, 2022)

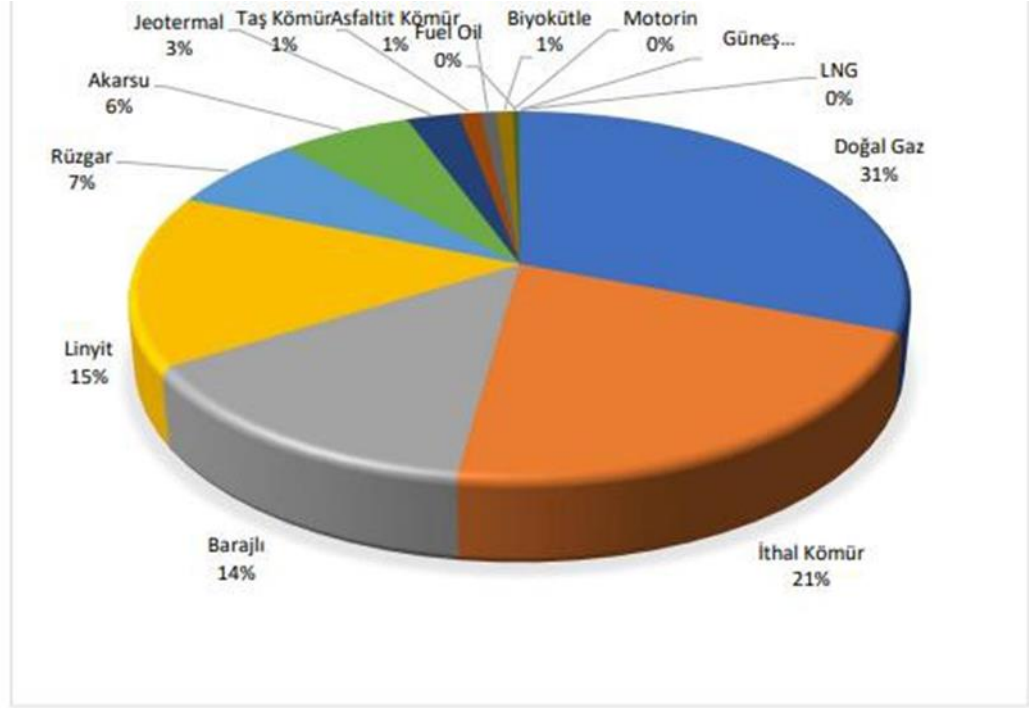
2.3.1. Enerji Politikalarında Türkiye

Türkiye'nin enerji politikaları, ülkenin kalkınmasında temel bir role sahiptir. Rüzgar, güneş, jeotermal ve hidro-enerji gibi yenilenebilir enerji kaynakları, Türkiye'nin büyük bir potansiyele sahip olduğu alanlardır. Rüzgar enerjisi potansiyeli 400 milyar KWh, güneş enerjisi potansiyeli 500 Mtep/yıl, jeotermal enerji potansiyeli 31500 MWt ve hidroelektrik enerjisi potansiyeli 216 milyar KWh olarak belirlenmiştir. Türkiye'nin jeo-politik konumu, bu potansiyelleri değerlendirme açısından büyük bir avantaj sunmaktadır.

Hidroelektrik enerjisi, Türkiye'nin elektrik üretiminde büyük bir paya sahiptir ve yenilenebilir enerji kaynakları arasında %41'lik bir orana sahip en önemli kaynaktır. Bu nedenle, Türkiye'nin hidroelektrik enerji potansiyelinin %90'ının 2025 yılına kadar kullanılması hedeflenmektedir.

Ayrıca, Türkiye'nin jeotermal enerji kaynakları da dikkate değerdir. Şu an itibarıyla 20 megavat elektrik üretimi mümkündür ve bu kapasitenin önümüzdeki yıllarda 1000 MW'a çıkması beklenmektedir.

Elektrik enerjisi üretimi açısından, lisanslı elektrik üretiminin 2022 yılındaki verileri, farklı enerji kaynaklarının kullanımını göstermektedir. Bu veriler, Şekil 2.3'te sunulmuştur.



Şekil 2.3. Lisanslı Elektrik Üretiminin Kaynaklarının Türkiye’deki 2022 Yılı Dağılımı (%) (EPDK, 2022)

Elektrik arzı açısından, Türkiye’de en fazla doğalgazın kullanıldığı görülmektedir. Doğalgazı takiben linyit, rüzgar enerjisi, ithal kömür, baraj ve akarsu enerjisi gelmektedir. Bu bağlamda, rüzgar enerjisinin elektrik üretiminde kullanılması ve geliştirilmesi, enerji bağımlılığının azaltılması açısından büyük öneme sahiptir.

Türkiye’nin enerji sektörü, 2022 yılına ait elektrik üretimi ve enerji politikaları bağlamında önemli gelişmeler yaşamıştır. Bu çalışma, Türkiye’nin elektrik üretimini ve enerji politikalarını inceleyerek, özellikle kömürden temiz enerjiye geçiş açısından diğer Avrupa ülkeleriyle karşılaştırmalı olarak analiz etmektedir [Ember Raporu, 2022].

Türkiye’de elektrik üretimi için kömür ithalatı, 2022 yılında tarihsel bir zirveye ulaşarak 5,3 milyar ABD dolarına çıkmıştır. İthal kömür, Türkiye’nin kömürden elektrik üretimini artırmakta kullanılmıştır. 2022 yılında ithal kömürün toplam elektrik üretimindeki payı % 20’ye ulaşmıştır. Bu ithal kömürün önemli bir kısmı Rusya’dan tedarik edilmiştir. İthal kömüre olan bağımlılık, Türkiye’ye yüksek maliyetler getirerek rekor seviyede bir kömür ithalat faturasına yol açmıştır (Ember Raporu, 2022).

Türkiye, İran ile yaşanan gaz krizi sırasında doğalgaz arzındaki düşüşü telafi etmek amacıyla hidroelektrik üretimini iki katına çıkarmıştır. Bu kriz sırasında, barajlı hidroelektrik santralleri elektrik kesintilerini engellemek için üretimi artırma esnekliğini kullanmıştır (Ember, 2022).

Rüzgar ve güneş enerjisi Türkiye'de önemli bir rol oynamaktadır. Rüzgar enerjisi üretimi özellikle büyümekte olup, Türkiye G20 ülkeleri arasında rüzgar enerjisi payı bakımından öne çıkmaktadır. Ancak güneş enerjisinin payı açısından Polonya ve Ukrayna gibi güneş enerjisi potansiyeli Türkiye'den çok daha düşük olan ülkelerle benzer seviyelerde [Ember Raporu, 2022].

Türkiye'nin enerji planlarına göre, güneş enerjisi kapasitesinin artırılması ve yıllık güneş santrali kurulumlarının hızlandırılması hedeflenmektedir. Ancak bu hedeflere ulaşabilmek için engellerin aşılması gerekmektedir (Ember Raporu, 2022).

Türkiye'nin elektrik üretimi ve enerji politikaları, kömürden temiz enerjiye geçiş açısından önemli zorluklarla karşı karşıyadır. İthal kömüre olan bağımlılık ve kömürden elektrik üretimi, ülkenin enerji maliyetlerini artırmaktadır. Temiz enerji kaynaklarının daha fazla kullanılması, enerji arz güvenliği ve çevresel sürdürülebilirlik açısından önemlidir (Ember Raporu, 2022).

Türkiye'nin enerji sektörü, özellikle doğalgaz tedarikindeki sorunlar nedeniyle hidroelektrik enerji üretimi ile doğalgaz arasında karmaşık bir ilişki yaşamaktadır. 2022 yılında Türkiye'de doğalgazdan elektrik üretimi bir önceki yıla göre yaklaşık olarak 40 TWh azalmıştır. Bu azalmanın başlıca nedenleri arasında yüksek doğalgaz fiyatları, enerji üretiminde kömüre kısmi bir geçiş (+10 TWh), kurak bir yılın ardından hidroelektrik enerjinin toparlanması (+11 TWh) ve rüzgar enerjisi kullanımındaki artış (+4 TWh) bulunmaktadır. Ayrıca, elektrik ithalatındaki artış (+4 TWh) da doğalgaz tüketimini azaltan bir etken olmuştur. Bununla birlikte, nispeten ılıman hava koşulları elektrik talebini azaltarak (-9 TWh) doğalgaz kullanımını daha da düşürmüştür.

Türkiye'nin doğalgaz tedarikinde yaşadığı sorunların başlıca kaynaklarından biri İran'dan gelen doğalgaz tedarikindeki sıkıntılardır. İran, özellikle sert kış günlerinde kapasitesinin tamamını Türkiye'ye taahhüt edemediği için doğalgaz arzını sık sık kısıtlamaktadır. Bu durum, 2023 yılında da devam etmektedir ve "Enerji Araştırmaları Enstitüsü" raporunda detaylı bir şekilde incelenmektedir.

Türkiye'nin enerji arz güvenliğini sağlamak için büyük barajlı hidroelektrik santrallerinin kritik rolüdür. Özellikle Ocak 2022'deki doğalgaz krizi sırasında, hidroelektrik santralleri elektrik üretimini hızlı bir şekilde artırarak doğalgazdan elektrik üretimindeki düşüşü telafi etmiştir. Kriz sırasında, günlük doğalgazla üretilen elektrik miktarı hızla düşerken, hidroelektrik santrallerinin günlük elektrik üretimi iki katından fazla artmıştır. Bu sayede, doğalgaz kaynaklı elektrik üretimindeki ani düşüşe rağmen ülke genelinde elektrik talebi karşılanmıştır.

Hidroelektrik enerji, sadece acil durumlarla sınırlı kalmayıp aynı zamanda Türkiye'nin enerji dönüşümüne de katkı sağlayacak bir potansiyele sahiptir. Özellikle güneş enerjisi kapasitesi büyüdükçe, hidroelektrik enerji yaz aylarında güneş enerjisinin yerini alabilir ve kış ayları için daha fazla suyun barajlarda saklanmasına yardımcı olabilir. Bu sayede yaz aylarındaki hidroelektrik üretimi, soğuk kış aylarında doğalgaz talebini karşılamak için kullanılabilir. Güneş enerjisi ayrıca

kurak dönemlerde hidroelektriği tamamlayarak enerji arzının güvence altına alınmasına katkı sağlayabilir.

Son olarak, Türkiye'de rüzgar ve güneş enerjisi kullanımının artışı da enerji sektörünü etkilemektedir. 2023 yılında rüzgar ve güneş enerjisi toplam elektrik üretimindeki paylarını artırarak % 21.3'e ulaşmıştır. Rüzgar enerjisi, güneş enerjisinin önünde bulunmakta ve elektrik üretiminde % 11'lik bir paya sahiptir. Güneş enerjisi ise henüz % 10.3'lük bir paya ulaşabilmiştir.

Türkiye'nin rüzgar enerjisi potansiyeli özellikle batısındaki dar bir bölgede yoğunlaşmış olsa da, rüzgarın elektrik üretimindeki payı, Avrupa'daki birçok ülkeyi geride bırakmıştır. Örneğin, Türkiye'nin rüzgar enerjisinde elde ettiği %11'lik oran, Fransa (% 8.2) ve İtalya (% 7.1) gibi bazı G20 ülkelerinden daha yüksektir. Ancak bu oran, Türkiye'yi rüzgar enerjisinin elektrik üretimindeki payı açısından Avrupa'nın ilk 15 ülkesi arasına sokmak için yeterli olmamıştır.

Güneş enerjisinin elektrik üretimindeki payı ise Türkiye için hala mütevazıdır. Türkiye, güneş enerjisi potansiyeli açısından diğer Avrupa ülkelerinden daha yüksek bir pozisyonda bulunmasına rağmen, bu avantajı henüz elektrik üretimine yansıtamamıştır. Özellikle Hollanda gibi nispeten düşük güneş enerjisi potansiyeline sahip ülkeler, doğru politika destekleriyle güneş enerjisi kapasitelerini hızla artırarak Türkiye'yi geçmiştir.

Türkiye'nin güneş enerjisi kapasitesini artırma planları ise oldukça iddialıdır. Enerji Bakanlığı tarafından 2022 sonunda yayınlanan yeni enerji planı, 2035 yılına kadar güneş enerjisi kapasitesini beş kat artırmayı hedeflemektedir. Bu, güneş enerjisinin Türkiye'deki tüm elektrik üretimi kaynakları arasında en büyük kapasiteye sahip olmasını ve güneş enerjisinin elektrik üretimindeki payının 2022'deki % 10.3'ten 2035'te % 16,5'e çıkmasını öngörmektedir. Ancak bu hedeflere ulaşmak için Türkiye'nin güneş enerjisi alanındaki kapasite artışını hızlandırması gerekmektedir. Son beş yılda ortalama 1,2 GW'lık yeni güneş santrali kurulurken, yeni plana göre 2022-2025 arasında yıllık 2,8 GW'lık güneş kapasitesi artışı öngörülmekte ve 2030-2035 arasında yıllık eklenen yeni güneş santrali kapasitesinin 4 GW'a ulaşması hedeflenmektedir.

Rüzgar enerjisi konusundaki hedefler ise güneş enerjisi kadar iddialı değildir ve kömür kapasitesinde artış planları da söz konusudur. Bu yeni enerji planı, rüzgar enerjisi için öngörülen yıllık kapasite eklemelerinin son beş yıldaki rakamlardan daha düşük olduğunu göstermektedir.

Ancak tüm bu planların gerçekleşmesini engelleyen bazı faktörler de vardır. Özellikle güneş enerjisi kurulumları için yeterli şebeke kapasitesinin tahsis edilmemesi, güneş enerjisinin büyümesini engelleyen en büyük zorluklardan biridir. Ayrıca, güneş enerjisi kapasitesi artışını hızlandırmak için yapılması gereken yatırımlar ve politika destekleri de göz önünde bulundurulmalıdır.

Sonuç olarak, Türkiye enerji sektöründe büyük değişiklikler yapma yolunda önemli adımlar atmıştır, ancak bu planların gerçekleşmesi için daha fazla çaba ve yatırım gerekmektedir.

2.4. Türkiye'nin Komşularla Olan İlişkisi Kapsamında Enerji Konumu

Türkiye'nin enerji piyasası bağlamında Ortadoğu, yoğun rekabet ve mücadelenin yaşandığı bölgesel bir alandır. Aynı zamanda Türkiye, enerji geçişlerinin Balkanlar ve Avrupa'ya aktarıldığı stratejik bir konumda bulunmaktadır. Bu bağlamda, Kafkasya ile de etkili iletişim ve işbirliği içerisinde. Özellikle tarihsel süreç içerisinde Kafkasya, enerji hususundaki rekabetin merkezi olarak ön plana çıkmıştır. Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği'nin (SSCB) dağılmasının ardından ise bölgede ABD, Çin, Rusya ve diğer batı dünyası ülkelerinin enerji alanında çeşitli girişimlerde bulundukları gözlemlenmektedir.

2.4.1. Azerbaycan

SSCB'nin dağılmasının ardından Azerbaycan, 1991 yılında bağımsızlığını ilan etmiştir. Azerbaycan, enerji mücadelesi bağlamında önemli bir konuma sahiptir ve Türkiye'nin güçlü bir dostudur. Türkiye, Azerbaycan ile siyasi ve ekonomik ilişkilerini bağımsızlık sonrasında güçlendirmiştir. İki ülke arasındaki işbirliği protokolü, 1993 yılında imzalanan ve yürürlüğe giren Ticari ve Ekonomik İşbirliği Anlaşması ile daha da güçlenmiştir.

Ayrıca, enerji alanında zengin petrol ve doğalgaz kaynaklarına sahip olan Azerbaycan ile stratejik bir işbirliği geliştirilmiştir. Bu bağlamda, iki ülke arasında Bakü-Tiflis-Ceyhan (BTC) petrol boru hattı ve Bakü-Tiflis-Erzurum (BTE) doğalgaz hattı gibi enerji taşıma projeleri faaliyete geçirilmiştir. BTC ve BTE boru hatları, Türkiye'ye gerekli enerji kaynaklarının ithal edilmesini sağlamış ve Azerbaycan ile Orta Asya ülkeleri arasındaki ilişkilerin güçlenmesine olanak tanımıştır. Ayrıca, 1991 yılında faaliyete giren Azerbaycan Petrol Devlet Şirketi SOCAR, Türkiye'de 2011 yılında faaliyete başlamıştır.

Türkiye ve Azerbaycan, BTC ve BTE boru hatlarının güzergahları üzerinde anlaşmalar yaparak, Hazar Denizi'ni de kapsayan ve Şah Deniz 2 Gaz Sahası dahilinde arz edilen doğalgazın Türkiye ve Avrupa'ya taşınmasını sağlayan Trans Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı Projesi (TANAP) kapsamında işbirliği yapmıştır.

Türkiye ve Azerbaycan'ın ikili iş birliği, Ermenistan ile olan ilişkiler nedeniyle bazı zorluklar yaşasa da, politikalarını belirlemiş ve bu çerçevede diplomatik ilişkileri dondurmıştır. Bu dönemde Ermenistan'a ambargo uygulanmıştır. Sorunların çözülmesiyle birlikte Türkiye ve Azerbaycan arasındaki ilişkiler olumlu bir şekilde gelişmiştir. Özellikle BTC boru hattının uzatılması gibi önemli gelişmeler yaşanmıştır. Bu hat, Azerbaycan'ın bağımsızlığı için önemli bir unsur olarak kabul edilebilir (Akyüz ve diğerleri, 2018).

2.4.2. Gürcistan

Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği'nin dağılmasının ardından, 1991 yılında Gürcistan bağımsızlığını ilan etmiştir. Gürcistan ile Türkiye arasındaki ilişkiler çok eski tarihlere dayansa da, Türkiye, Gürcistan'ın bağımsızlığını kazanmasının ardından 1991 yılında resmi olarak tanımıştır.

Gürcistan'la ilişkilerin geliştirilmesi ise 1992 yılında gerçekleşen ikili etkileşimler ve iletişimler sonucu başlamıştır. Bu dönemde, "Ticari ve İktisadi İşbirliği Anlaşması" ile "Karşılıklı Yatırımların Korunması ve Teşviki İkili Anlaşması" gibi stratejik anlaşmalar imzalanmıştır. Bu anlaşmalar, Türkiye ile Gürcistan arasında güçlü bir işbirliği temelini atmıştır.

2.4.3. Ermenistan

Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği'nin çöküşü sonrasında, Ermenistan da 1991 yılında bağımsızlığını ilan etmiştir. Ancak, bu bağımsızlık ilanının ardından kısa bir süre içerisinde ekonomik zorluklarla karşılaşmıştır. Bu dönemde, Batı ülkelerinden gelen yardımlar özellikle Türkiye üzerinden Ermenistan'a ulaştırılmıştır.

Ancak ilerleyen süreçte Ermenistan ve Türkiye arasında bir dizi sorun ortaya çıkmıştır. Bu sorunlar arasında Karabağ meselesi, Ermenistan'ın "Ermeni soykırımı" iddiaları ve Rusya'nın etkisi altında olması gibi faktörler yer almaktadır. Bu nedenlerle, iki ülke arasındaki ilişkiler istenilen düzeyde gelişmemiştir. Enerji sektörü de dahil olmak üzere herhangi bir alanda düzenli bir iş birliği görülmemektedir.

Ermenistan ve Türkiye arasındaki ekonomik ilişkiler daha çok İran ve Gürcistan gibi komşu ülkeler aracılığıyla gerçekleşmektedir. Bu durum, aynı zamanda iki ülkenin arasındaki ithalat rakamlarına da yansımaktadır (milliyet.com.tr, 2022).

2.4.4. Irak

Irak ile Türkiye arasındaki ilişkilerin süreç içinde büyük değişimlere uğradığı gözlemlenmektedir. Orta Doğu'daki petrol kaynaklarının önemi, Türkiye'nin enerji politikaları açısından Orta Doğu'nun kritik bir konumda olduğunu göstermektedir. Irak-Türkiye ilişkileri, 1973 yılında devreye giren Kerkük-Yumurtalık boru hattı projesi ile başlamıştır. İki ülke arasındaki enerji ilişkileri, 1973 yılından itibaren Kerkük-Yumurtalık boru hattının faaliyete geçmesiyle gelişmeye başlamıştır. İlk olarak petrol hattı olarak kullanılan Kerkük-Yumurtalık boru hattı projesi, 1977 yılında faaliyete geçmiş ve 1981 yılından itibaren kapasitesinin artırılması yönünde çalışmalar yapılmıştır.

Ancak tarihsel süreçte 1981'den sonra Türkiye ile Irak arasındaki terör sorunları nedeniyle enerji ilişkileri gerilemeye başlamıştır. Bu terör sorunları, enerji ticaretini olumsuz yönde etkilemiştir. Ayrıca, Amerika'nın Irak'ı işgal etmesinin ardından Türkiye, bölgedeki enerji politikalarını yeniden şekillendirmek zorunda kalmıştır.

2.4.5. İran

Ortadoğu'daki enerji kaynakları bakımından zengin ülkelere biri olan İran, Türkiye ile ekonomik ve ticari ilişkilere sahiptir. İran ve Türkiye arasındaki ilişkilerin başlamasında kültürel bağların etkisi büyüktür. Ancak İran, Türkiye'nin bölgede etkin olmamasını tercih etse de, iki ülke

arasındaki ilişkileri önemsemektedir. Bu bağlamda, İran, Rusya ve Çin gibi ülkelerle iş birliği yapma eğilimindedir. İran'ın nükleer enerji çalışmaları nedeniyle Amerika ve Avrupa Birliği tarafından ambargolarla karşılaştığı bilinmektedir.

Türkiye ise, AB ve ABD'nin aksine İran ile ticari ve ekonomik ilişkilerini artırmıştır. Türkiye'nin 1996 yılında İran ile yaptığı anlaşma sayesinde yıllık 10 milyar m³ doğalgaz alımı gerçekleşmiş ve sonuçlanmıştır. Bu nedenle, İran ile yaşanan bazı gerginliklere rağmen Türkiye, enerji sektöründe neredeyse ihtiyacının %90'ını İran'dan karşılamaktadır (botas.gov.tr, 2022).

2.4.6. Yunanistan

Ege ve Kıbrıs sorunları nedeniyle Yunanistan-Türkiye iktisadi ve ticari ilişkileri pek derin değildir. Süreç içerisinde Yunanistan ile iyi ilişkiler kurulmuş ve buna bağlı olarak birçok proje ve anlaşma yapılmıştır. İlgili anlaşmalar kapsamında; Türkiye, Yunanistan ve Avrupa Birliği arasında doğalgaz boru çalışması ve anlaşması, 2000 tarihinde Brüksel'de İNOGATE Programı kapsamındaki toplantıda yapılmıştır (İşcan, 2002, 87-117). AB ve Türkiye enerji şirketlerinin beraber yürüttüğü çalışmalar neticesinde 2003'te Türkiye ve Yunanistan Enterkonnektörü Hükümetler arası Anlaşması ve daha sonra 2005 yılı kapsamında Yunanistan Türkiye doğalgaz boruhattı proje faaliyetlerinin başlamasına ve yürütülmesine yönelik anlaşmalar imzalanmıştır. Bu durumdan sonra 2007'de Yunanistan-Türkiye arasındaki boru hattı hizmete girmiştir. Türkiye'nin Yunanistan ile kurduğu bu stratejik ilişkiler temelde AB'ye üye olabilmek adına önemli garantiler ve neticeler sağlamıştır.

2.4.7. Bulgaristan

Türkiye ve Bulgaristan, kültürel ve tarihi ortak paylaşımı olan ülkeler olarak karşımıza gelmektedir. Bulgaristan'ın Türkiye ile kurduğu ikili ilişkiler, Türkiye'ye pek çok avantaj ve pozitif getiri sağlamakla birlikte Bulgaristan'ın AB üyesi olması ile birlikte bu ilişkiler daha da önemli bir duruma dönüşmüştür. Türkiye'deki enerji talebine yönelik olarak enerji temininde önem arz eden Bulgaristan ile 5 milyar dolar hacimli bir anlaşma yapılmış olması çok önemlidir. Özellikle TANAP ve Nabucco Doğalgaz Hattı projeleri ve faaliyetleri, Türkiye'nin Bulgaristan ile AB açılmasını kolaylaştırmakta ve sağlamaktadır. Bu anlamda 2004'te anlaşmalar yapılmış ve Bulgaristan ve Türkiye arasındaki ortaklık Nabucco Uluslararası Şirketi kapsamında meydana getirilmiştir.

2.4.8. Rusya

Türkiye'nin enerjiye olan ihtiyacının artmasıyla enerji kaynakları temin etmek maksadıyla dışa bağımlı bir ülke olmasından dolayı enerji ihtiyacının büyük payını yurtdışından ithal etmektedir. Rusya'nın Türkiye karşısındaki en önemli özelliği, Türkiye'nin doğal gaz ithalatı açısından bağımlı olduğu ülkelerden birisi olmasıdır. Türkiye'deki doğalgaz talebine yönelik olarak

ihtiyacın %60'ını gerçekleştiren Rusya'nın pazar çeşitlendirme yönünde attığı adımlar büyük etki yaratmaktadır. Enerji piyasasını çok etkin bir şekilde kullanabilen, dünya doğal gaz rezervinin neredeyse %35'ine sahip olan ve sahip olduğu enerjiyle oluşturduğu siyasal ve ekonomik ayrıcalıkla kendini gösteren Rusya, dünya ekonomisinde adından söz ettiren ve önde gelen ülkelerden biridir. Doğalgaz rezervinin fazlalığı dolayısıyla birçok ülkeyi kendine bağımlı hale getirmesine büyük katkı sağlamaktadır. SSCB'nin yıkılması önemli bir durumda nitelendirilirken, son bulan soğuk savaşla beraber ülkemizle olan ikili ilişkileri farklı bir görünüm kazanmıştır. Türkiye'nin hürriyetini ve bağımsızlığını tarihsel aşamalara ve süreçlere baktığımızda yeni kazanan bir ülke olması ve enerji kaynakları bakımından zengin olması, bununla beraber Türk Cumhuriyetleri ile yakın ilişkiler kurması ve enerji bakımından zengin Hazar'a olan jeopolitik konumundan dolayı Rusya'nın ikili ilişkiler kurma konusunda dikkatini çekmiştir. Bu anlamda iki ülke ve coğrafyalar arasında köprü durumunda olan Türkiye konumu dolayısıyla, elinde bulundurduğu enerji kaynaklarının batıya taşınmasının en güzel ve ideal yolu ve enerji mücadele trafiğinin tam merkezinde olan konumuyla boru hatlarının geçiş yolundadır. Türkiye'nin bu konumda olması, uluslararası alanda enerjinin arzdan talebe geçişini sağlayan konumuyla güvenilir güzergâh olarak neticelenmektedir (Hodaloğulları ve Aydın, 2016).

2.4.9. Doğu Akdeniz'in Türkiye Enerji Politikalarındaki Yeri ve Önemi

Stratejik bir konum olarak bakıldığında Doğu Akdeniz, coğrafi açıdan enerji taşımacılığı konusunda önemli bir rol oynamaktadır. Doğu Akdeniz'in önemi, 2008 senesinde ortaya çıkan ve petrol ile doğalgaz rezervlerinin keşfi ile daha da artmıştır (Sel, 2021).

Bu durum hem ekonomik ve iktisadi hem de siyasi ve politik açılardan büyük etkilere sahiptir. Doğu Akdeniz'de bulunan rezervler sadece bölgenin politikalarını değil, aynı zamanda Avrupa ve Ortadoğu enerji piyasalarını da etkilemektedir. Özellikle Avrupa'nın enerji bağımlılığını azaltma ve enerji arz güvenliğini sağlama çabaları, Doğu Akdeniz'deki enerji kaynaklarını daha da önemli hale getirmektedir.

2008 yılında Amerika Jeolojik Araştırmalar Merkezi tarafından yayımlanan bir rapora göre, Levant Havzası olarak adlandırılan bölgede (Filistin-İsrail, Lübnan ve Kıbrıs arasında) Afrodit adı verilen alanda yaklaşık olarak 1.7 milyar varil petrol ve 3.5 trilyon m³ doğalgaz rezervi olduğu tahmin edilmektedir (Katman 2013).

Benzer şekilde, Nil Delta Havzası'nda da önemli miktarda petrol ve doğalgaz rezervlerinin bulunduğu belirtilmektedir. Bu rezervler, bölgesel ve küresel enerji piyasalarını etkileme potansiyeline sahiptir ().

Doğu Akdeniz'deki enerji kaynaklarının toplamda 30 milyar varil petrol eşdeğerinde olduğu düşünülmektedir. Özellikle İsrail'e bağlı Leviathan ve Tamar sahalarında bulunan doğalgaz miktarı, Avrupa ülkelerinin enerji gereksinimini karşılamada önemli bir rol oynamaktadır. Bu

sahalardaki doğalgaz miktarının sadece İsrail'in Münhasır Ekonomik Bölgesi içinde kalan kısmının bile Avrupa'ya uzun süre enerji sağlama potansiyeline sahip olduğu belirtilmektedir (Aksoy, 2016).

Doğu Akdeniz aynı zamanda enerji taşımacılığı açısından da stratejik bir konuma sahiptir. Süveyş Kanalı ve Arap Petrol Boru Hattı gibi ulaşım yolları, Doğu Akdeniz'den Batıdaki enerji pazarlarına taşımacılık için kullanılmaktadır. Bu da bölgenin enerji taşımacılığı açısından kritik bir geçiş noktası olduğunu göstermektedir (Aksoy, 2016).

Sonuç olarak, Doğu Akdeniz'deki enerji kaynakları ve rezervleri, bölgesel ve küresel enerji politikalarını şekillendiren önemli bir faktördür. Bu kaynakların yönetimi ve kullanımı, bölge ülkeleri arasındaki ilişkileri etkileyerek enerji güvenliği ve arzını yeniden tanımlayabilir. Dolayısıyla, Doğu Akdeniz enerji politikalarında merkezi bir role sahiptir (Aksoy, 2016).



Şekil 2.4. Akdeniz Havzası ve Doğu Akdeniz ve ile Kıyı Devletler (Kedikli ve Taşkın, 2015)

Havzanın içerisinde bulunan adalar bağlamında incelendiğinde, Kıbrıs Adası, Malta, Meis ve Sicilya gibi adalarla karşılaştırıldığında, jeostratejik olarak diğer adalara göre daha önemli bir konumda olduğu görülmektedir. Doğu Akdeniz, Cebelitarık, Karadeniz ve Süveyş Kanalı üzerinden gerçekleştirilen uluslararası deniz ticaretini denetleme olanağına sahip bir coğrafi konumda bulunmaktadır (Kısacık ve diğerleri, 2019). Ayrıca, bu bölgede bulunan deniz trafik hatları da dünya ticareti açısından büyük bir öneme sahiptir. Kıbrıs Adası, Afrika ve Ortadoğu'ya yakın konumuyla istihbarat ve askeri faaliyetlerde stratejik bir rol üstlenmektedir.

Kıbrıs Adası, Doğu Akdeniz Havzası'nı içerisinde barındırmaktadır ve Orta Doğu'dan Batı'ya enerji ve ticari malların taşınmasında kritik bir geçiş noktasıdır. Bu nedenle Doğu Akdeniz Havzası, enerji taşımacılığı ve ekonomik ticaret açısından da büyük bir öneme sahiptir. Aynı zamanda Kıbrıs Adası, Süveyş Kanalı üzerinden yürütülen transit deniz taşımacılığının ve

İskenderun Körfezi'nden yapılan deniz taşımacılığının denetimi açısından stratejik bir konumda yer almaktadır. Bu stratejik konum nedeniyle, Kıbrıs Adası'nda söz sahibi olan devletlerin Akdeniz Havzası ve Ortadoğu bölgelerini kontrol altında tutabilmesi muhtemeldir. Kıbrıs'ın jeopolitik önemi, yakınlığı ve ekonomik kaynakları göz önünde bulundurularak değerlendirilmelidir (Dural,2015).

Akdeniz Havzası'nın ekonomik, ticari ve iktisadi alanlarda önem arz etmesinin yanı sıra, Doğu Akdeniz'deki petrol ve doğalgaz kaynakları da bölgeyi etkilemektedir (Karbuz, 2015). Bölgede bulunan enerji sahalarına farklı isimler verildiği görülmektedir. Mısır, Afrodit ve Kıbrıs arasında yer alan saha Doğu Akdeniz enerji havzasının merkezini oluştururken, Leviathan sahası İsrail ve Kıbrıs Adası arasında, Herodot sahası ise Girit Adası ve Kıbrıs Adası'nın güneydoğusunda bulunmaktadır (Aksoy, 2016).

Güney Kıbrıs Rum Yönetimi (GKRY), 1959 ve 1960 yıllarındaki antlaşmalarla kurulan Kıbrıs Cumhuriyeti'nin kanuni temsilcisi olduğunu iddia ederek Ada çevresinde Münhasır Ekonomik Bölge (MEB) ve Kıta Sahanlığı alanlarında egemenlik talep etmektedir. GKRY, komşu ve yakın devletlerle yaptığı sınırlandırma antlaşmalarıyla bu talebi yasal bir zemine oturtmaya çalışmaktadır. GKRY'nin Lübnan, İsrail ve Mısır ile yaptığı ikili anlaşmalar, Doğu Akdeniz'in ticari değerini artırmaktadır (Alper, 2020).

Doğu Akdeniz'deki bu jeopolitik, stratejik ve ekonomik dinamikler, bölge ülkeleri arasındaki ilişkileri ve enerji politikalarını etkilemektedir. Bu nedenle, Doğu Akdeniz enerji politikaları ve kaynak yönetimi açısından büyük bir öneme sahiptir (Aksoy, 2016).



Şekil 2.5. Doğu Akdeniz’de Bulunan Doğalgaz Kaynakları (Kedikli ve Taşkın, 2015)

İlgili durumların yanında askeri bir amaç ile yararlanılabilecek olan malzeme akışının kontrole ve denetime tabi tutulması, kitle imha silahları vb. yayılımının önüne geçilmesi uluslararası barış ve ehemmiyet açısından da önemli olduğu da bu havzada göze çarpar niteliktedir. 2001’de bu amaçların gerçekleştirilmesini sağlamak hedefiyle NATO bölge üzerinde “Etkin Çaba Harekâtı’nı” (Active Endeavour) yapmaktadır. 2004 senesinden beri ise bu hareketin paralelinde Türk Silahlı Kuvvetleri de Akdeniz Kalkanı Harekâtı’nı gerçekleştirmektedir. Türkiye’nin yapmış olduğu Akdeniz Kalkanı Harekâtı’nın hedefinde ise, Doğu Akdeniz Bölgesinde enerji taşımacılığının emniyeti başta olmak üzere ulaştırma emniyetini sağlayabilmektir. Bir diğer amacı ise Türkiye’nin denizde yetki varlığını da ortaya koymaktır.

2.5. Türkiye’nin Kullandığı Enerji Kaynaklarının Üretim ve Tüketim Durumu

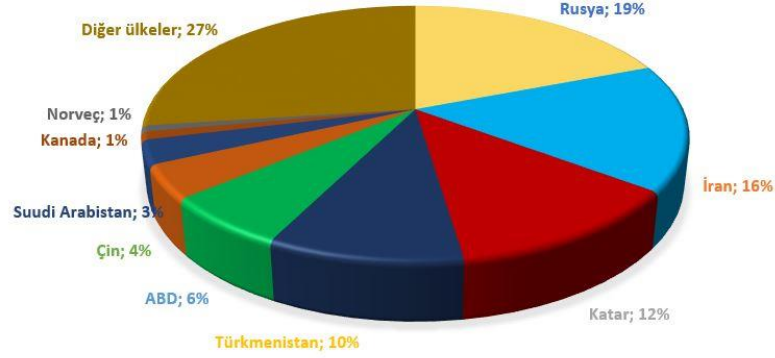
2.5.1. Türkiye’nin Kullandığı Fosil Enerji Kaynaklarının Üretim ve Tüketim Durumu

Türkiye’deki Doğalgaz Üretimi ve Tüketimi

Türkiye’nin ürettiği doğalgazın yıllara göre dağılımı Çizelge 2.3’te gösterilmiştir. İlgili çizelgede görüldüğü gibi, doğalgaz üretiminde 2015 ve 2017 yıllarında belirgin bir düşüş olmuş ve 2018 yılından itibaren de doğalgaz üretimi yükselişe geçme eğiliminde olmuştur. EPDK (Enerji Piyasası Denetleme Kurumu)’nın paylaştığı rapora göre (EPDK, 2020) Türkiye’de bulunan üretilen ve satışa sunulan doğalgazın miktarı yaklaşık olarak 474 milyon Sm³ olarak tahmin edilmekle beraber, açıklanmıştır. Ancak, Türkiye’de tüketilen doğalgaz miktarının ise yaklaşık 45,3 Sm³ olduğu tahmin edilmektedir. İlgili veriler incelendiğinde ise Türkiye’de üretilen doğalgazın, ülkenin ihtiyacını karşılamak konusunda yetersiz olduğu anlaşılmaktadır. Bu yüzden, Türkiye’deki doğalgaz ihtiyacının açıklığını gidermek ve karşılamak için de doğalgaz ithal edilmektedir. Bu anlamda en çok doğalgaz ithal edilen ülke ise Rusya olarak karşımıza çıkmaktadır.

2021 yılı verilerine göre, dünya doğal gaz rezervi yaklaşık 188,1 trilyon m³ olup Rusya % 19’luk payla dünya doğal gaz rezervi sıralamasında ilk sırada yer almaktadır. 2021 yılı üretim verilerine göre, dünyadaki en büyük doğal gaz üreticisi ülke ABD olup dünya üretiminin % 23’ünü karşılamaktadır.

Ülkelere Göre Doğalgaz Rezervleri



Şekil 2.6. Ülkelere göre doğalgaz rezervleri (ETKB, 2023)

Türkiye’de 2022 yılında 408 milyon m³ doğal gaz üretimi yapılmasına karşın 54,6 milyar m³ doğal gaz ithalatı yapılmıştır. Bu verilerden yola çıkarak ülkemizin % 99 oranında doğal gaz ithalatına bağımlı olduğu sonucuna varılmaktadır. Türkiye’nin üretilebilir rezervi 2022 itibarıyla yaklaşık 544 milyar m³’tür. Karadeniz’de keşfedilen Sakarya sahasının geliştirilmesiyle birlikte doğal gaz rezervimizin daha da artması beklenmektedir. Türkiye’deki doğalgazın tüketime bakıldığında genellikle artış trendi görülmektedir. Ancak Çizelge 2.3’e bakıldığında düşüş gösteren dönemler de bulunmaktadır.

Çizelge 2.3. Doğalgaz Tüketimi Yıllara Göre Dağılımı (Gazbir, 2020)

2009	35,2	-4,5%
2010	37,4	6,2%
2011	43,7	16,8%
2012	45,2	3,5%
2013	45,9	1,5%
2014	48,7	6,1%
2015	48,0	-1,5%
2016	46,4	-3,3%
2017	53,9	16,1%
2018	49,3	-8,4%
2019	44,9	-9,0%
2020	47,7	6,5%

Yukarıdaki verilere bakıldığında, doğalgaz tüketiminin her yıl bir önceki yıla göre çok büyük düşüş göstermediği elde edilen sonuç olarak çıkarılmaktadır. Meydana gelen ufak düşüşler ise iklim şartları başta olmak üzere o yılki doğalgaz fiyatlarının artışa geçmesi, doğalgaz kullanarak üretim yapan büyük bir fabrikanın kapanması gibi birçok farklı nedenden dolayı gerçekleşmiştir. Benzer olarak, doğalgaz tüketimindeki yükselişlerin de uzun süren ve soğuk bir kışın etkileri,

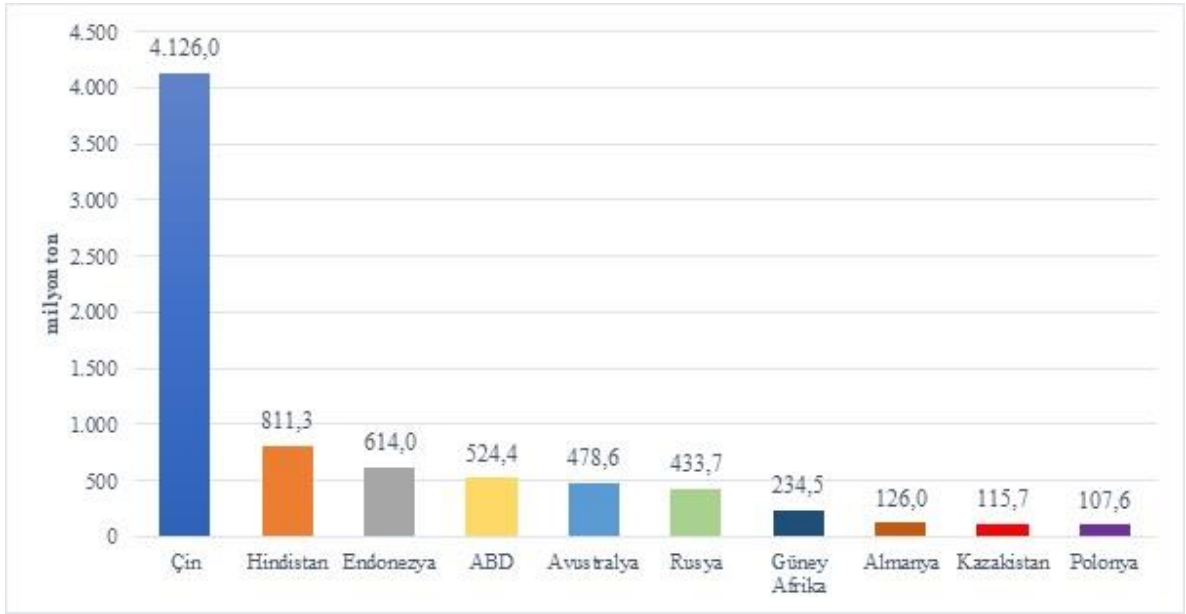
doğalgaz ile üretim yapan yeni fabrikaların açılması ve o yıla ait doğalgaz fiyatlarında indirimlere gidilmesinden dolayı da yaşanmış kabul edilebilmektedir.

Çizelge 2.4. Doğalgaz Tüketim Payları % (Gazbir, 2023)

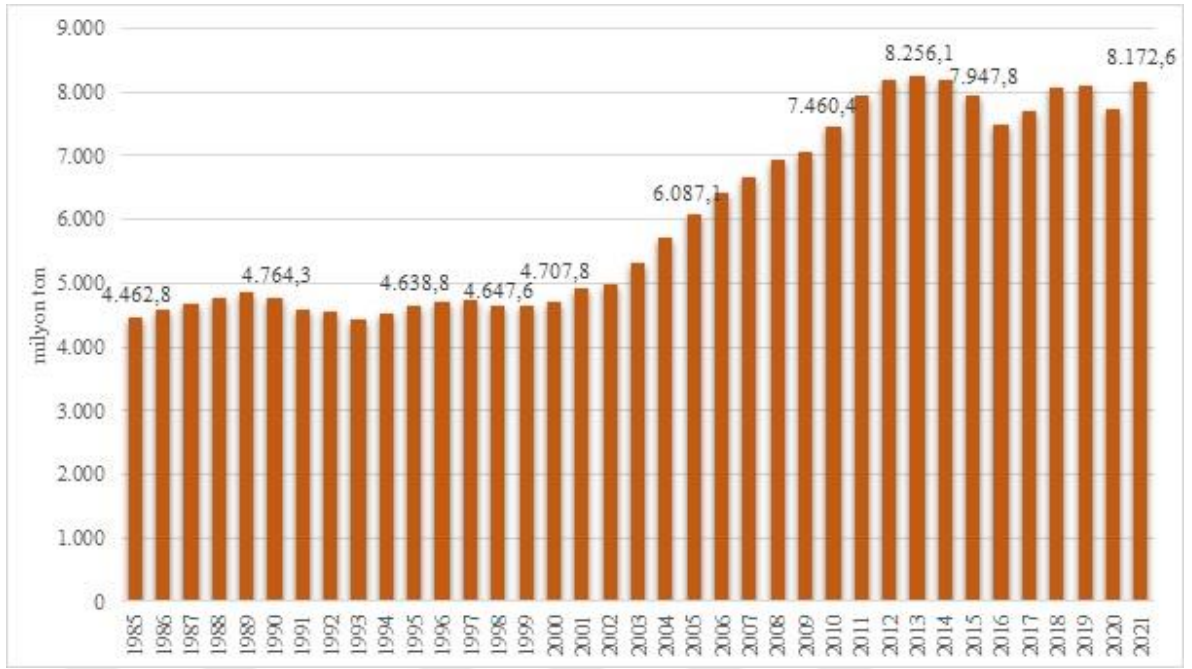
	2022	2021
Konut	% 34	% 28
Elektrik	% 27	% 36
Sanayi	% 25	% 26
Hizmet	% 11	% 7
Enerji	% 3	% 3

Türkiye'nin Kömür Tüketimi ve Üretimi

BP 2022 verilerine göre, dünyada 2021 yılında toplam 8,17 milyar ton kömür üretimi gerçekleştirilmiş olup Çin, 4,1 milyar ton (% 50,5) üretimle ilk sırada yer almıştır.

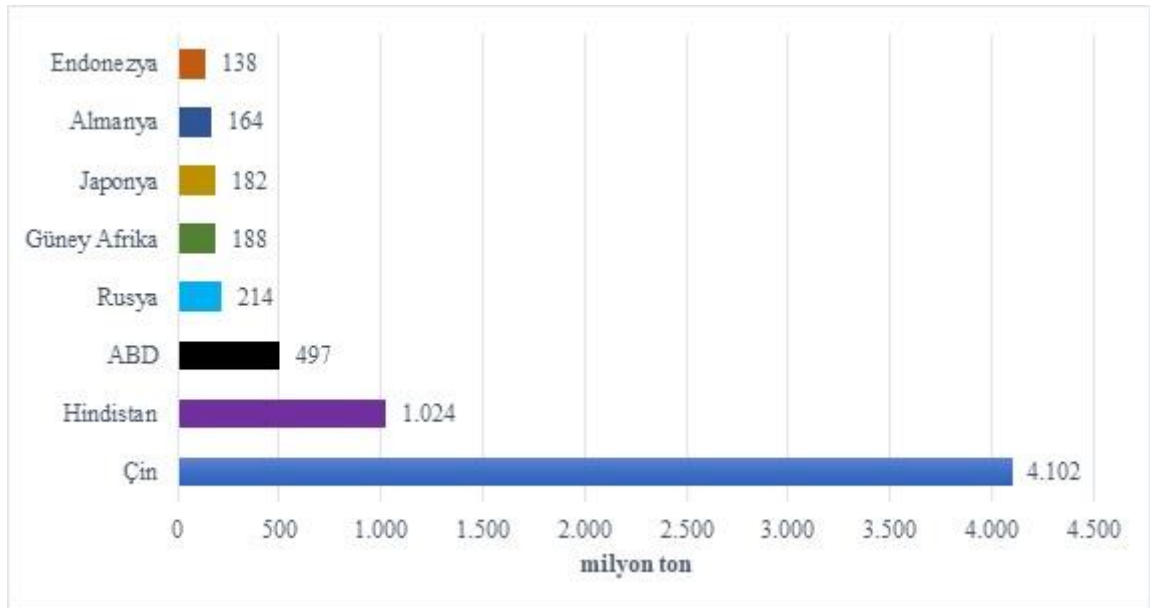


Şekil 2.7. 2021 Yılı Dünya Kömür Üretiminde Başlıca Ülkeler (ETKB, 2022)

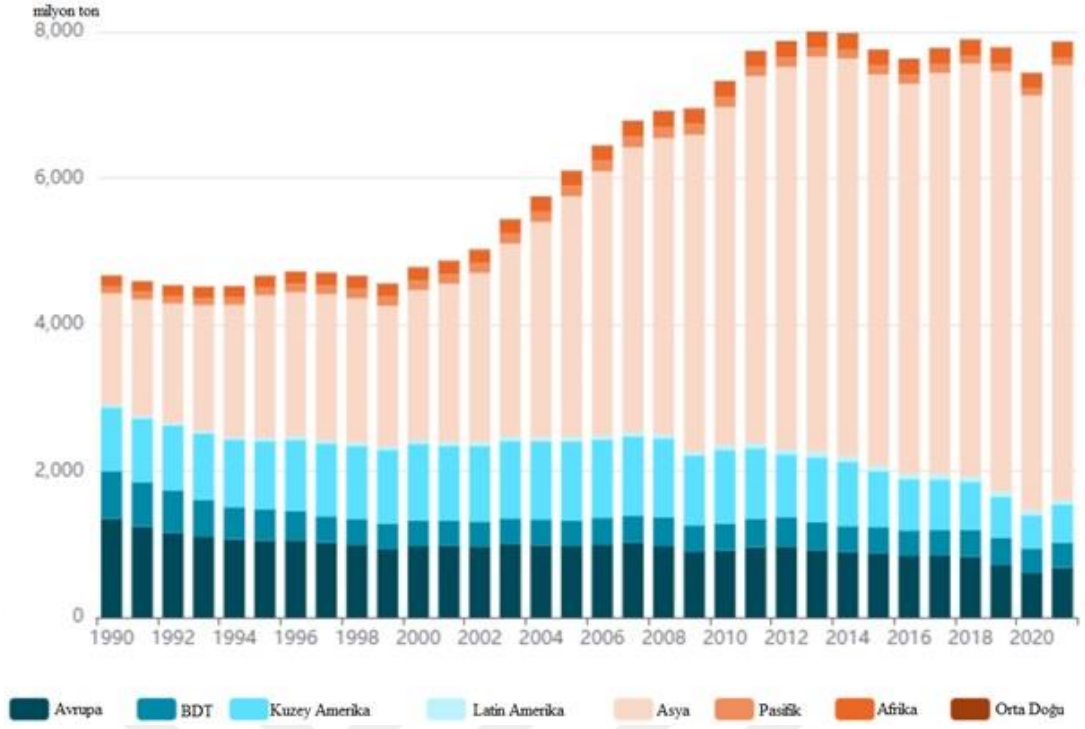


Şekil 2.8. Yıllar İtibarıyla Dünya Kömür Üretimleri (ETKB, 2022)

Enerdata 2022 verilerine göre, dünyada 2021 yılında toplam 7,86 milyar ton kömür tüketimi gerçekleşmiş olup Çin, 4,1 milyar ton (% 52) tüketimle ilk sırada yer almıştır.



Şekil 2.9. 2021 Yılı Dünya Kömür Tüketiminde Başlıca Ülkeler (ETKB, 2022)

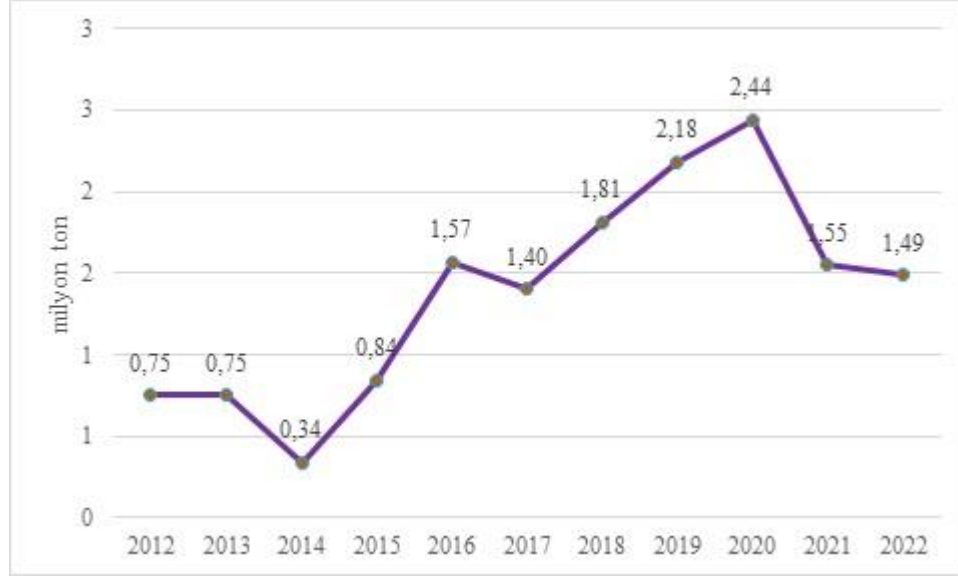


Şekil 2.10. 1990-2021 Arası Dünya Kömür Tüketimleri (ETKB, 2022)

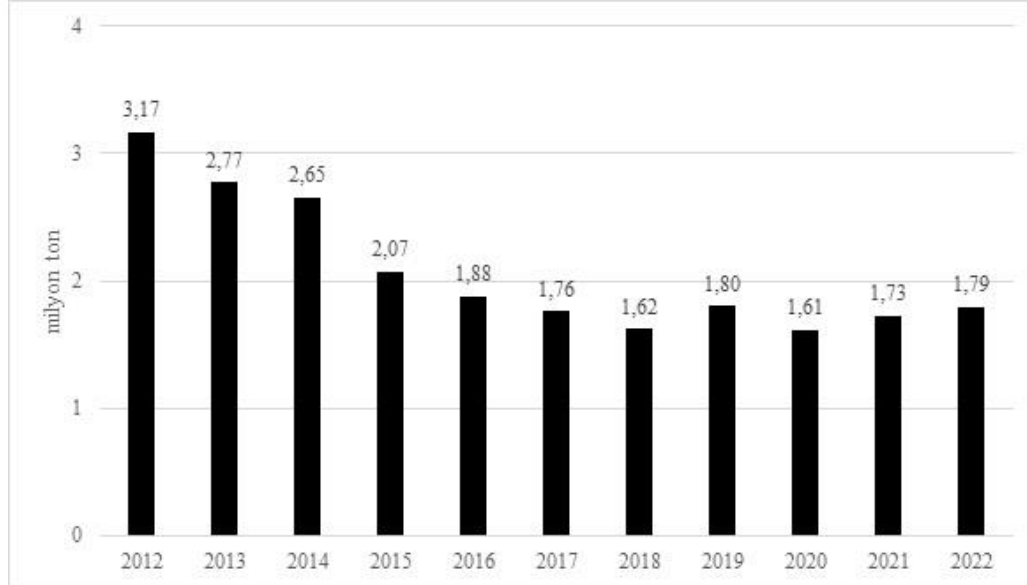
Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü verilerine göre, 2022 yılında Türkiye’de toplam tüvenan kömür üretimi; 102,09 milyon ton linyit, 1,49 milyon ton asfaltit, 1,79 milyon ton taş kömürü olmak üzere toplam 105,37 milyon ton olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 2.11. Yıllar İtibarıyla Türkiye Linyit Üretimleri (MAPEG, 2022)



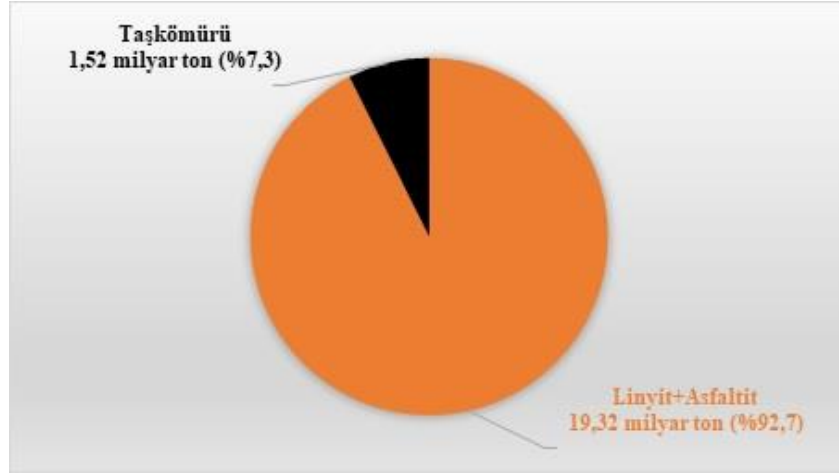
Şekil 2.12. Yıllar İtibarıyla Ülkemiz Asfaltit Üretimleri (MAPEG, 2022)



Şekil 2.13. Yıllar İtibarıyla Türkiye Taş Kömürü Üretimleri (MAPEG, 2022)

Türkiyede 2022 yılında 119,8 milyon ton kömür (35,1 milyon ton taş kömürü+79,1 milyon ton linyit ve asfaltit + 5,6 milyon ton taş kömürü koku) tüketilmiştir. Taş kömürü ile linyit ve asfaltit tüketimlerinde en büyük pay, sırasıyla % 60,2 ve % 83,5'lik oranlarla termik santrallerin olmuştur.

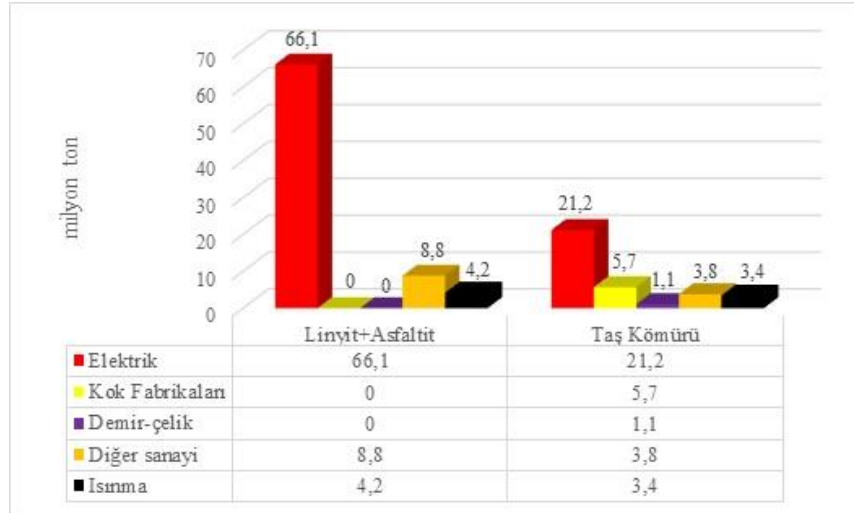
Türkiye'nin 19,32 milyar ton linyit ve asfaltit (% 92,7) ile 1,52 milyar ton taş kömürüyle (% 7,3) birlikte toplam kömür kaynağı yaklaşık 20,84 milyar ton'dur. Taş kömürlerimizin alt ısı değeri 6.200 - 7.250 kcal/kg arasında değişmektedir. Linyit kaynağımızın ısı değeri 1.000 kcal/kg ile 4.200 kcal/kg arasında değişkenlik göstermekle birlikte yaklaşık % 79'unun alt ısı değeri 2.500 kcal/kg'nin altındadır.



Şekil 2.14. Türkiye Kömür Kaynaklarının Dağılımı (MAPEG, 2022)

Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü verilerine göre, 2022 yılında Türkiye’de toplam tüvenan kömür üretimi; 102,09 milyon ton linyit, 1,49 milyon ton asfaltit, 1,79 milyon ton taş kömürü olmak üzere toplam 105,37 milyon ton olarak gerçekleşmiştir.

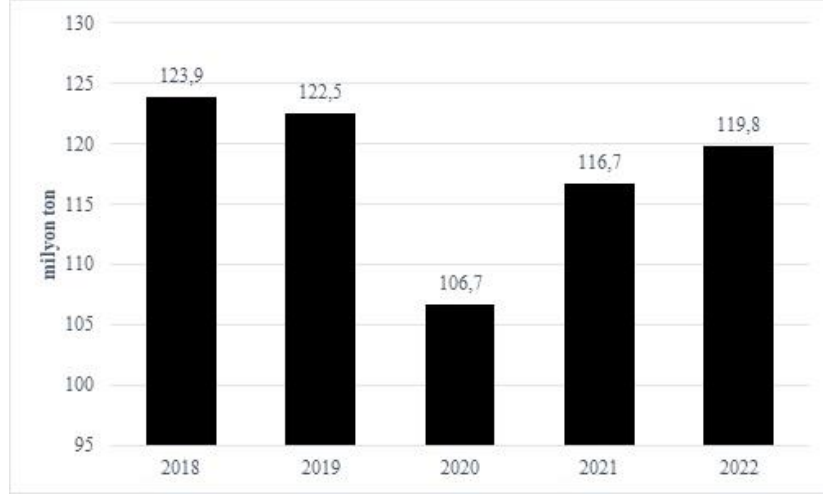
Türkiye’de 2022 yılında 119,8 milyon ton kömür (35,1 milyon ton taş kömürü+79,1 milyon ton linyit ve asfaltit + 5,6 milyon ton taş kömürü koku) tüketilmiştir. Taş kömürü ile linyit ve asfaltit tüketimlerinde en büyük pay, sırasıyla % 60,2 ve % 83,5’lik oranlarla termik santrallerin olmuştur.



Şekil 2.15. Türkiye Kömür Tüketiminin Sektörlere Göre Tüketim Dağılımı (MAPEG, 2022)

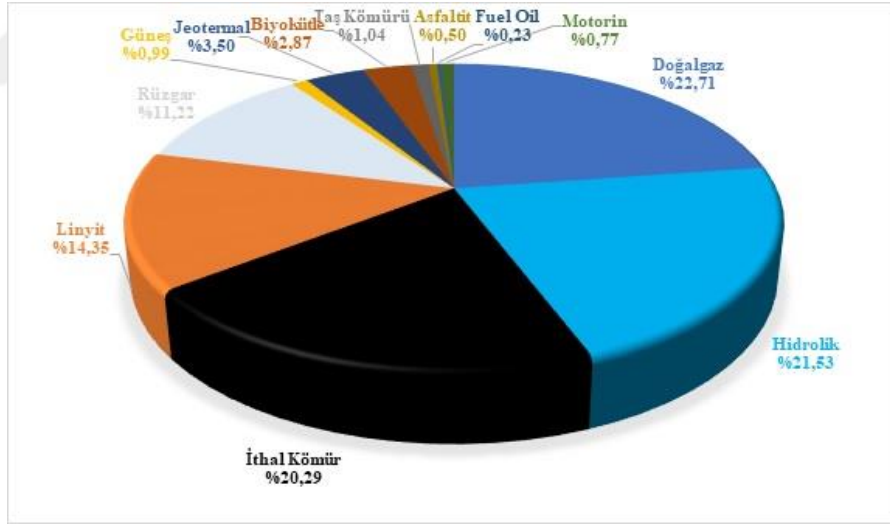
Türkiye’nin 2018-2022 yılları arası ortalama kömür (taş kömürü, taş kömürü koku, linyit ve asfaltit) tüketimi yaklaşık 118 milyon ton olmuştur.

Türkiye’nin 2018-2022 yılları arası ortalama kömür (taş kömürü, taş kömürü koku, linyit ve asfaltit) tüketimi yaklaşık 118 milyon ton olmuştur.



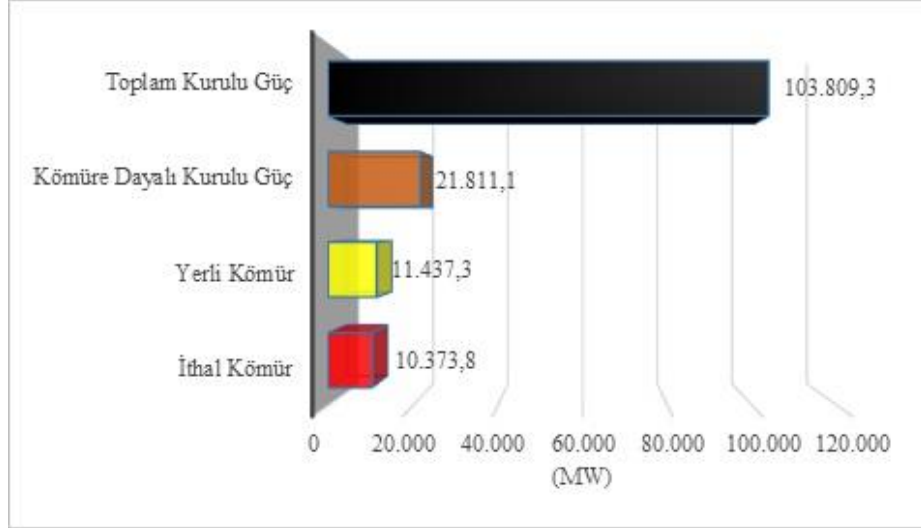
Şekil 2.16. Yıllar İtibarıyla Ülkemiz Kömür Tüketim Miktarları (ETKB, 2022)

Türkiye’de 2022 yılında, yerli kömüre dayalı (linyit+asfaltit+taş kömürü) santrallerden 49.556,15 GWs, ithal kömüre dayalı santrallerden ise 63.259,66 GWs olmak üzere kömüre dayalı santrallerden toplam 112.815,81 GWs elektrik üretilmiştir. 2022 yılında kömüre dayalı santrallerden üretilen elektriğin toplam elektrik üretimi içindeki payı % 36,18 olurken, yerli kömürün (linyit+ taş kömürü+asfaltit) payı ise % 15,89 olmuştur.



Şekil 2.17. Elektrik Üretimi İçinde Kaynakların Payı (ETKB, 2022)

2022 aralık itibarıyla Türkiye’de ; 1 adet asfaltit, 46 adet linyit, 4 adet taş kömürü ve 16 adet ithal kömürle çalışan olmak üzere toplam 67 adet kömürle çalışan elektrik üretim santrali bulunmaktadır. Türkiye’de kömüre dayalı santral kurulu gücü toplam kurulu gücün %21’ine karşılık gelmektedir. Yerli kömüre dayalı kurulu gücün toplam kurulu güce oranı ise %11 olmuştur.



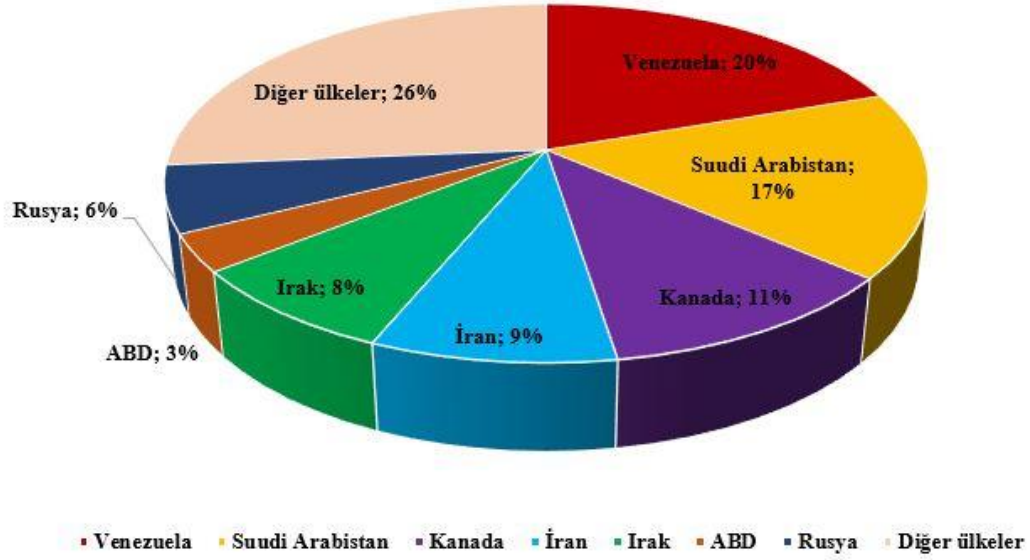
Şekil 2.18. 2022 Aralık İtibarıyla Türkiye Kömüre Dayalı Santral Kurulu Gücü (ETKB, 2022)

Elektrik üretmek amacı ile Türkiye’de çıkartılan linyit kömürleri sanayi sektöründe, termik santrallerde, ve ısınma amaçlı olarak iş merkezleri ve binalarda kullanılmaktadır. Elektrik üretimi amaçlı olarak Linyitin tüketim payı, 1970’li senelerin başlarında % 20 seviyesindeyken, o zamandan sonra düşüş trendine girmeye başlayarak, aynı dönem içerisinde hizmetlerin ve konutların payı % 42’den % 7’ye düşmüş ve sanayi sektörlerinin payı da % 36’dan % 13’e kadar düşmüştür. Gözlenen durum, 2001 yılından itibaren tam zıt bir şekilde işleyerek ve elektrik üretiminde kullanılan miktarın görece düştüğü görülürken, hizmetlerde, konutlarda ve sanayi sektörlerinde tüketim artmıştır.

Petrolün Türkiye’deki Tüketimi ve Üretimi

Petrol, günümüz ekonomileri açısından oldukça önemli bir enerji girdisidir. Bunun en önemli sebeplerinden biri, petrolün dünya toplam enerji tüketimi içerisindeki yüksek payıdır. Petrolün yoğun kullanımının en önemli sebebi ise yaygın tüketim ağıdır. Günümüzde elektrik üretiminden taşımacılığa kadar çok büyük bir yelpazede kullanımı söz konusudur. Şekilde görüldüğü üzere dünya genelinde petrolün % 64,5’i ulaşım, % 16,6’sı enerji dışı uygulamalar, % 7,8’i sanayi, % 5,4’ü konut, % 5,7’si diğer amaçlarla kullanılmaktadır.

Ülkelere Göre Ham Petrol Rezervleri



Şekil 2.19. Ülkelere göre ham petrol rezervleri (ETKB, 2022)

2021 yılı itibarıyla küresel ölçekte toplam ham petrol rezervi 244,4 milyar ton olup Venezuela %20'lik pay ile ham petrol rezervleri dağılımında en büyük orana sahip ülke konumundadır. 2021 yılı üretim verilerine göre, dünyadaki en büyük ham petrol üreticisi ülke ABD olup dünya üretiminin %17'sini karşılamaktadır.

Türkiye, çok fazla petrol yatağına sahip olmamasıyla bilinir. Bulunan petrol yataklarının büyük bir kısmı Güneydoğu Anadolu bölgesinde, özellikle Adıyaman, Diyarbakır ve Batman bölgelerinde yer almaktadır. Bu nedenle, Türkiye'de üretilen petrol, ülke gereksinimlerinin sadece küçük bir bölümünü karşılamaktadır. Kalan gereksinim ise ithalat yoluyla karşılanmaktadır. Irak-Türkiye boru hattıyla gelen petrolün bir bölümü Yumurtalık Limanı'na taşınmaktadır. Aynı zamanda Azerbaycan petrolü de Bakü-Tiflis-Ceyhan boru hattıyla İskenderun Körfezi'ne ulaştırılmaktadır (TMMOB, 2022).

Türkiye'de 2022 yılında 3,58 milyon ton ham petrol üretimi yapılmasına karşın 33,49 milyon ton ham petrol ithalatı yapılmıştır. Bu verilerden yola çıkarak ülkemizin %90 oranında ham petrol ithalatına bağımlı olduğu sonucuna varılmaktadır. Türkiye'nin üretilebilir rezervi 2022 itibarıyla yaklaşık 70 milyon tondur. 2022 yılında ülkemizde 421.408 metre sondaj yapılarak 191 ham petrol kuyusu açılmıştır.

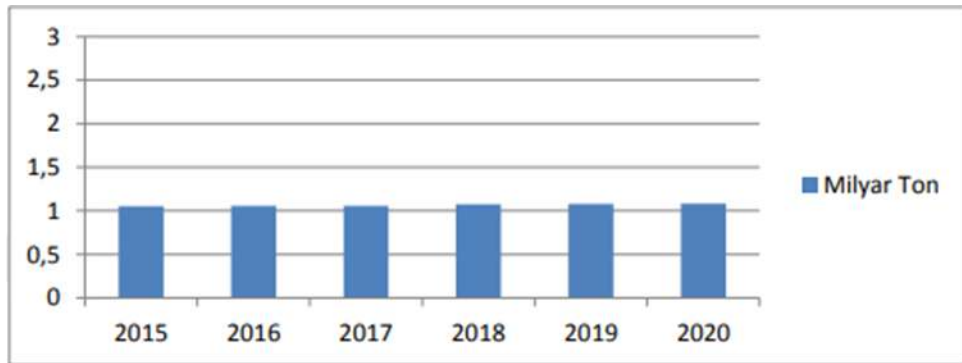
Türkiye, çok fazla petrol yatağına sahip olmamasıyla bilinir. Bulunan petrol yataklarının büyük bir kısmı Güneydoğu Anadolu bölgesinde, özellikle Adıyaman, Diyarbakır ve Batman bölgelerinde yer almaktadır. Bu nedenle, Türkiye'de üretilen petrol, ülke gereksinimlerinin sadece küçük bir bölümünü karşılamaktadır. Kalan gereksinim ise ithalat yoluyla karşılanmaktadır. Irak-

Türkiye boru hattıyla gelen petrolün bir bölümü Yumurtalık Limanı'na taşınmaktadır. Aynı zamanda Azerbaycan petrolü de Bakü-Tiflis-Ceyhan boru hattıyla İskenderun Körfezi'ne ulaştırılmaktadır (TMMOB, 2022).

Türkiye'nin petrol durumu, Suriye, Irak ve İran gibi yakın ve komşu ülkelerle karşılaştırıldığında oldukça yetersiz kalmaktadır. Bu yetersizliğin temel nedeni, Türkiye'nin jeolojik konumu ve yapısıdır. Petrolün varlığını sürdürebilmesi için kum taşı gibi kayaların üzerinin kil gibi tabakalarla örtülü olması gerekmektedir. Petrol yoğunluğu yüksek bölgelerde araziler genellikle düzken, Türkiye'de araziler dağınaktır. Petrol depoları yeraltında, levha çarpışmaları ve bunun sonucunda dağların oluşumuyla küçük parçalara bölünerek dağılmaktadır. Türkiye'nin dağlık arazisi, komşu ülkelerin sınırına yaklaştıkça düzlüğe dönüşmektedir. Petrol yoğunluğu yüksek ülkelerde bu tür jeolojik olaylar ortaya çıkmadığı için yüzeye yakın büyük petrol kaynakları bulunmaktadır. Diğer komşu ülkelerle karşılaştırıldığında, Türkiye'de petrol ancak 4000 metre derinlikte tespit edilebilmekte iken diğer bölgelerde 1000 metreye kadar tespit edilebilmektedir (Yolcan ve diğerleri, 2020).

Petrole olan talebin artmasının temel nedeni, ekonomik büyümenin ve nüfus artış hızının yüksek olmasıdır. Bu artan petrol talebi, Türkiye'nin petrol ithal eden ülkeler sıralamasında 13. sıraya yükselmesine neden olmuştur (Safarlı, 2019).

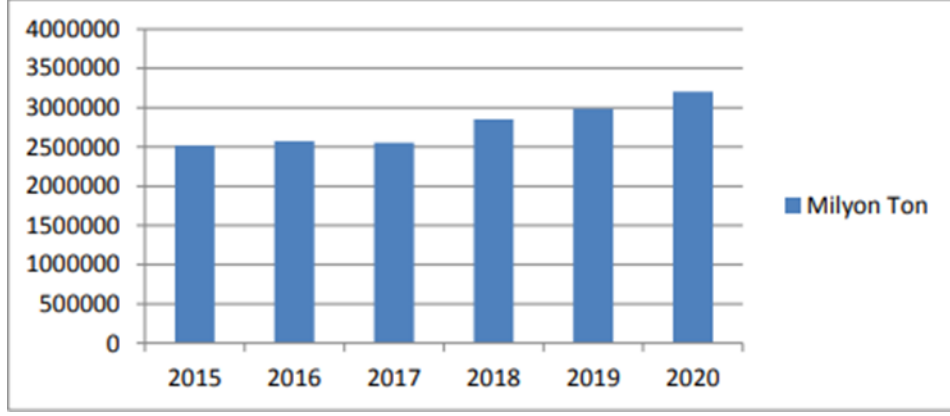
Diğer ülkelerle karşılaştırıldığında, Türkiye'nin petrol rezervleri oldukça sınırlıdır. 2015 ve 2020 arasındaki petrol verileri Şekil 2.20'de görülmektedir.



Şekil 2.20. Türkiye'deki Petrol Rezervleri (MAPEG, 2020)

Çizelge'deki veriler incelendiğinde, 2015'ten 2020 yılına kadar Türkiye çok fazla artış yaşanmamakla beraber aynı seviyelerde duraksamıştır. 2020 yılı, Türkiye'nin petrol rezervinin en yüksek seviyesini göstermektedir. Bu oran 2020 yılında 1.081 milyar ton iken 2015 yılında 1.053 milyar tondadır.

Grafığe bakıldığında Türkiye'deki petrol üretimi yıllara göre artış eğilimindedir. 2015-2020 yılları petrol üretimleri Şekil 2.21'de gösterilmektedir.



Şekil 2.21. Türkiye’de Ham Petrol Üretimi (MAPEG, 2020)

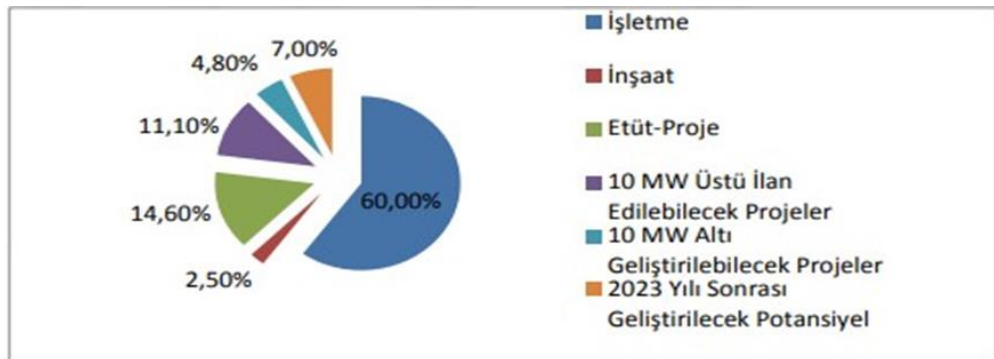
2019 yılı ham petrol üretimi incelendiğinde toplam da 2.984.800 ton ham petrol üretimi gerçekleştirilmiştir. 2020 senesinde ise toplam 3.202.924 ton ham petrol üretilmiştir. Bu durumda 2020 yılında üretilen petrol, 2019 senesinde üretilen petrole göre artış göstermiştir (MAPEG, 2020).

2.5.2. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye'deki Durumu

Türkiye’de Hidroelektrik Enerji Üretimi

Türkiye teknik olarak değerlendirildiğinde, hidroelektrik enerji üretiminin % 1’i Avrupa’nın ise % 12’sini oluşturmaktadır. Türkiye, bu durumuyla uluslararası alanda Rusya’nın ardından ikinci sıraya yerleşmiştir. Ancak Türkiye, bu duruma rağmen kendi potansiyelini geliştirme ve ilerletme konusunda tatmin edici bir seviyeye henüz ulaşamamıştır. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tarafından 2023 yılı ve sonrası için enerji tüketimine dair yapılan değerlendirmelere göre, yenilenebilir enerji ve hidroelektrik enerjisinin payının 2016’ya göre % 53 oranında artması beklenmektedir. Bu artış oranının gözlenmesi makul bir düzeyde kabul edilebilir.

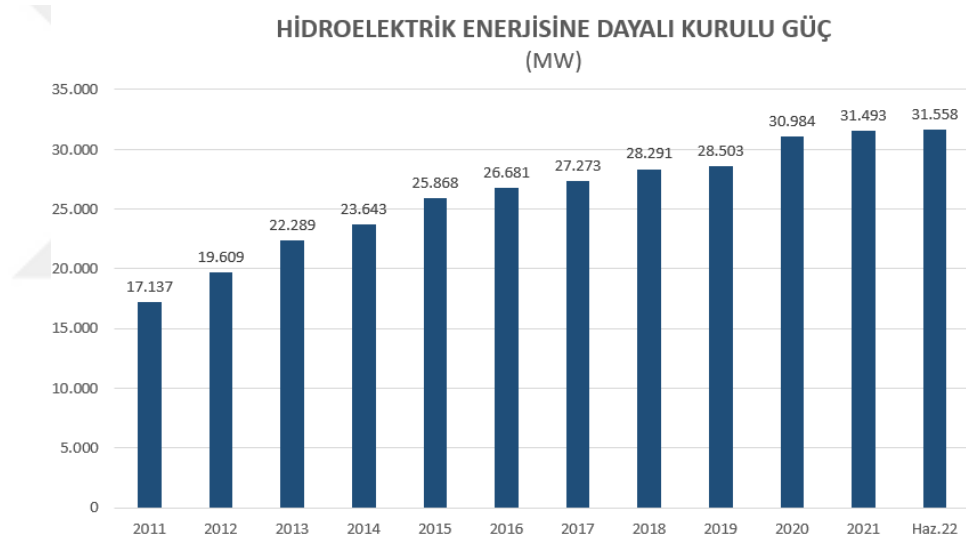
Bu bağlamda, her ölçekteki hidroelektrik potansiyelinin değerlendirilmesi gerektiği şeklinde yorum yapılabilir (Türkoğlu Elitaş, 2016). Türkiye’nin hidroelektrik potansiyeli Şekil 2.22’de gösterilmiştir.



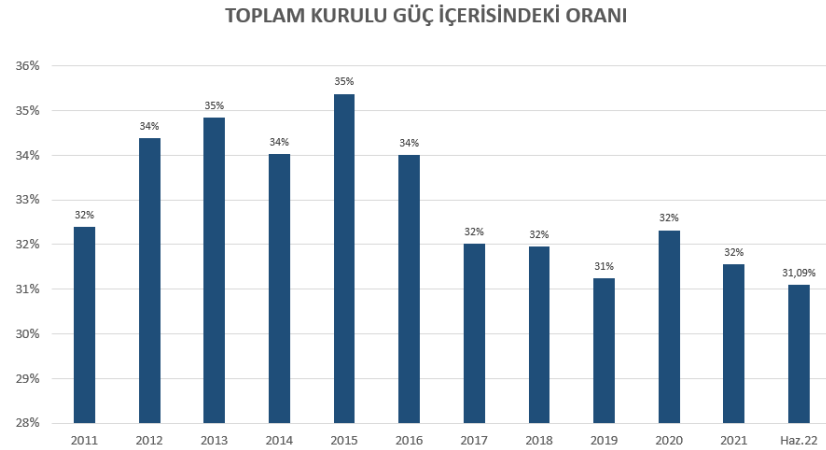
Şekil 2.22. Türkiye’nin Hidroelektrik Potansiyeli Kaynak (DSİ, 2020)

Yenilenebilir enerji, doğada devamlılığı bulunan kaynaklardan meydana gelen enerjidir. Küresel iklim değişiminde enerji üretiminden kaynaklı etkenin azaltılması için temiz yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelinmiştir. Temiz ve yenilenebilir enerji kaynakları, enerji üretiminden kaynaklanan küresel iklim değişimlerinin etkisinin azaltılmasında önemli bir konumdadır. Bu açıdan bakıldığında hidroelektrik enerji üretiminin çoğaltılması iklimsel değişikliklerin azaltılmasında önemli bir etken olduğu gözlemlenmektedir. Ayrıca, kullanılan enerji çeşitliliğinin çoğaltılması ve yerli enerji kaynaklarının kullanılması mevzusu enerji güvenliği için kabullenilen en etkili unsurlardan bir tanesidir. Yenilenebilir enerji kaynakları çevresel duyar gözetilerek oluşturulmakta ve üretilmektedir. Bu açıdan incelendiğinde hidroelektrikten en yüksek seviyede faydalanılması gerektiği görülmektedir (Yılmaz ve diğerleri, 2015).

Haziran 2022 sonu itibarıyla hidrolik enerjisine dayalı elektrik kurulu gücümüz 31.558 MW, toplam kurulu güç içerisindeki oranı %31 olup yıllara göre kurulu güç değişimi ve toplam kurulu güç içerisindeki oranı aşağıdaki grafiklerde yer almaktadır.

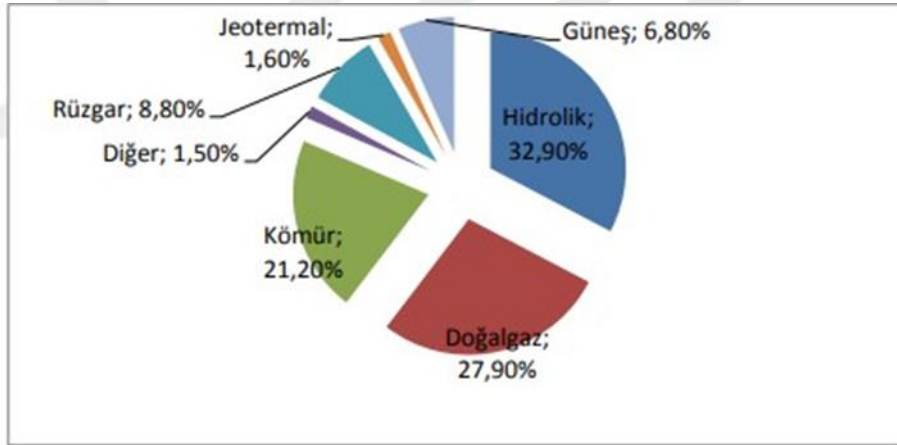


Şekil 2.23. Hidroelektrik Enerjisine Dayalı Elektrik Kurulu Gücü (ETKB, 2022)

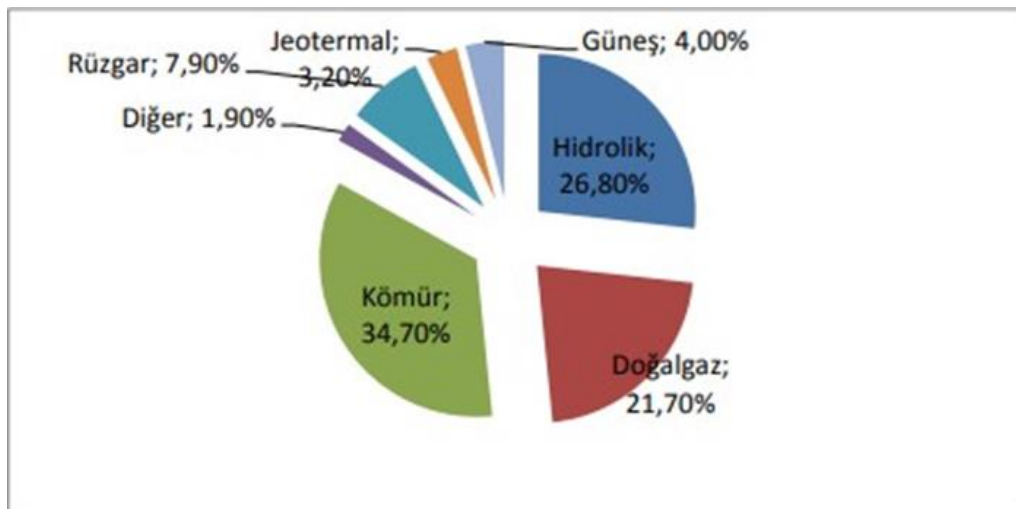


Şekil 2.24. Hidroelektriğin Toplam Kurulu Güç içindeki Oranı (ETKB, 2022)

Türkiye’de bulunan toplam hidroelektrik santralleri ise 653 adet olmuştur (ETKB, 2022). Bu artış oranlarına baktığımızda hidroelektrik santralleri olağan bir durum sergilemektedir. Hidroelektrik üretimleri, Türkiye’de seneden seneye ekolojik etkenlerden dolayı değişimler geçirmektedir (Yılmaz ve diğerleri. 2015). Şekil 2.24’de 2020 yılındaki hidroelektrik enerjinin kurulu güç değerlerine bakıldığında ise birincil enerji üretim kaynakları içindeki payı % 32,9 olarak gerçekleşmiştir. Dolayısıyla birincil enerji kaynakları içerisinde en büyük paya sahip konumdadır. Şekil 2.26’ya baktığımızda ise enerji rezervleri arasında hidroelektrik enerjinin üretim potansiyelleri gözükmemektedir. İlgili değerler gözden geçirildiğinde en büyük paya sırasıyla % 34 oranı ile kömür, % 26 ile hidroelektrik ve % 21 ile doğalgaz konumlanmıştır (DSİ, 2020). Yenilenebilir enerji kaynakları içerisindeki Türkiye’deki diğer kaynakların üretim hacimleri ise daha az oranlarda görülmekte iken; pay olarak büyükten küçüğe rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi ve jeotermal enerji şeklinde görülmektedir.



Şekil 2.25. Türkiye’de Birincil Enerji Üretim Kaynakları İçinde Hidroelektrik Kurulu Gücü (DSİ, 2020)



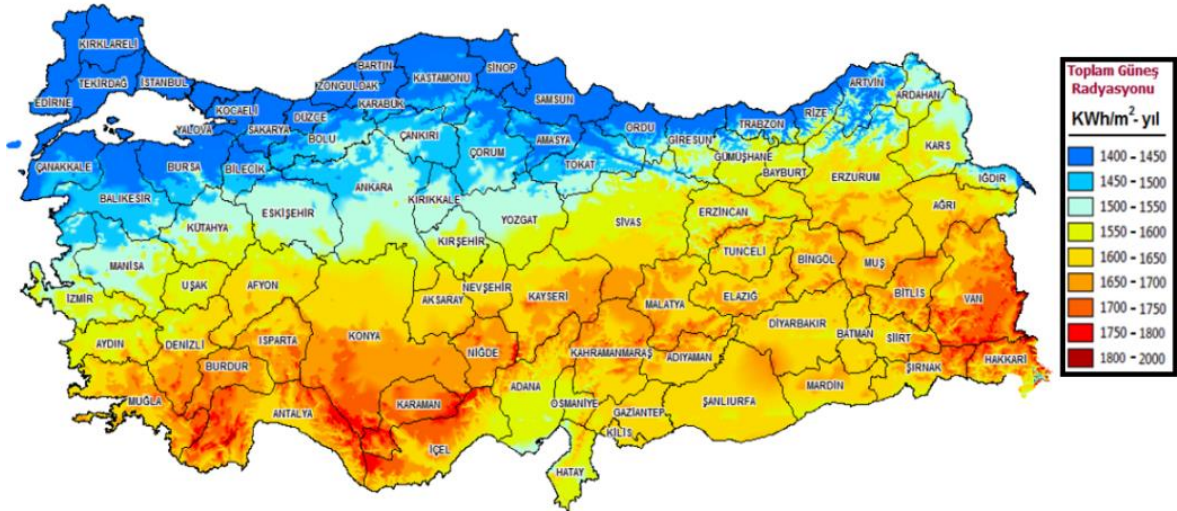
Şekil 2.26. Türkiye’de Enerji Türlerinin Kaynakları İçinde Hidroelektrik Üretim Miktarı (DSİ, 2020)

Türkiye’de Güneş Enerjisi Üretimi

Güneş enerjisi alanında çalışmalar Türkiye’de 1960’lı yılların başlarından bu yana başlamıştır. 1970’li yıllardan itibaren Türkiye’de güneş enerjisinin ısı uygulamaları ile alakalı çalışmalar gelişmeye başlamıştır. İzmir ilinde, Güneş enerjisi ile alakalı ilk ulusal kongre 1975 yılında olmuştur. 1975 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi’nde ilk güneş enerjisi uygulaması kurulmuştur. Tek güneş enerjisi enstitüsü 1978 yılında Ege Üniversitesine bağlı olarak kurulmuştur. Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü tarafından 1977- 85 yılları arasında endüstriyel ısı enerji gereksiniminin modellenmesi ve güneş enerjisi düşük sıcaklık uygulamaları ve amacıyla projeler oluşturulmuştur. 1988 senesinde Ege Üniversitesi Güneş Enerji Enstitüsünde ilk olarak Türkiye’de fotovoltaik güç sistemi destekli su pompası sistemi kurulmuştur. Türkiye’deki ilk şebeke bağlantısı olan 4.8 kWp’lik fotovoltaik güç sistemi, Didim’de elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü tarafından yapılmıştır (Kaplunan, 2014).

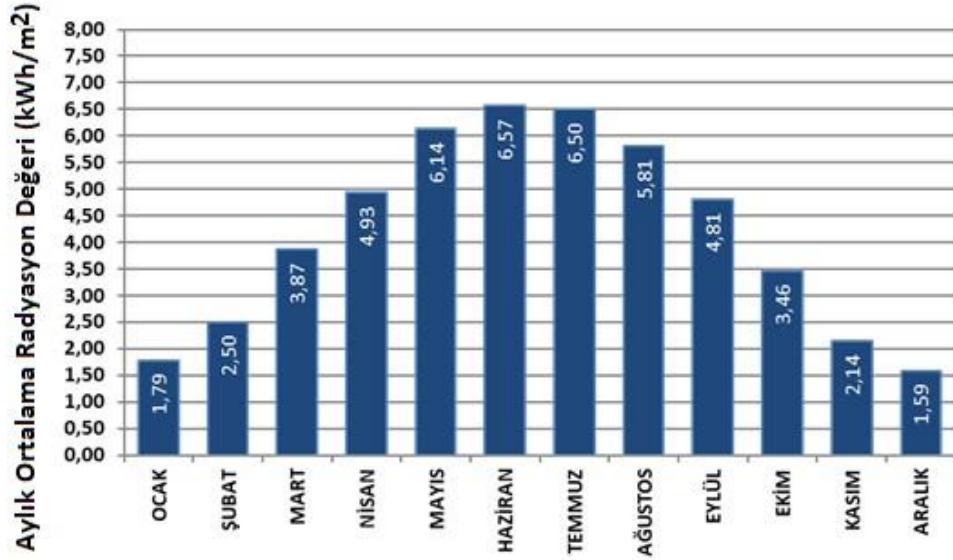
2011 senesine kadar Türkiye’de güneş enerjisi alanında çalışmalar geçmişte Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü tarafından yapılmaktaydı. Güneş enerjisi alanındaki çalışmalar 2 Kasım 2011 tarihinden itibaren ise Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafınca ETKB (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı)’ye bağlı durumda olarak sürdürülmektedir (Çeçen, 2021).

Türkiye , coğrafi konumu nedeniyle önemli bir güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. ETKB tarafından hazırlanan, Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre, ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2.741 saat olup ortalama yıllık toplam ışıınım değeri 1.527,46 kWh/m² olarak hesaplanmıştır. GEPA’da yer alan genel potansiyel görünümü ve aylık ortalama global radyasyon dağılımı aşağıda yer almaktadır.



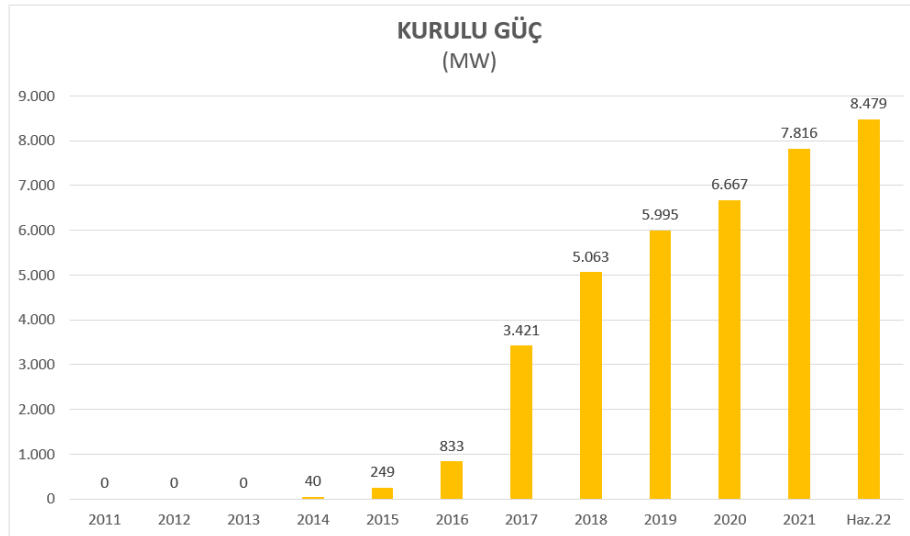
Şekil 2.27. Toplam Güneş Radyasyonu KWh/m²-yıl (ETKB, 2022)

Türkiye'nin yıllık güneşlenme durumu Aralık ve Ocak ayları en düşük olan aylarken, Haziran-Temmuz ve Ağustos aylarında en yüksek düzeydedir. Ortalama olarak yıllık güneşlenme süresi 2.730 saattir. Bu anlamda güneşlenme süresi ortalama günde 7,5 saat demektir. Aylara göre güneşlenme süreleri Şekil 2.28'de gösterilmektedir.

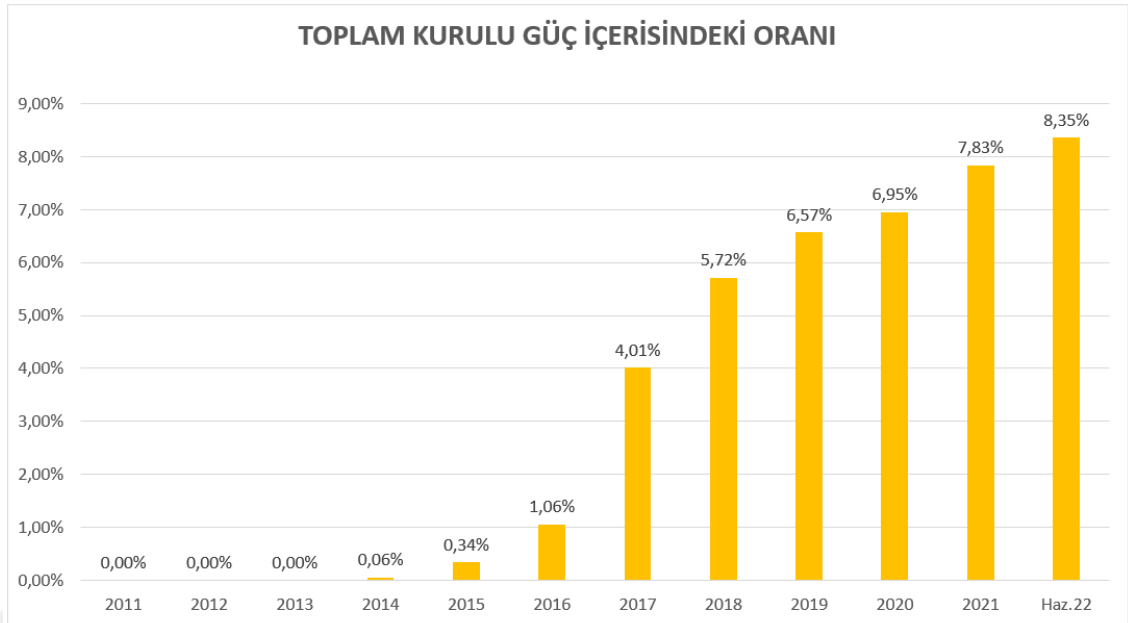


Şekil 2.28. Aylık Ortalama Radyasyon değeri KWh/m²-yıl (ETKB, 2022)

Haziran 2022 sonu itibariyle güneş enerjisine dayalı elektrik kurulu gücü 8,479 MW, toplam kurulu güç içerisindeki oranı % 8,35 olup yıllara göre kurulu güç değişimi ve toplam kurulu güç içerisindeki oranı aşağıdaki grafiklerde yer almaktadır.



Şekil 2.29. Güneş Enerjisi Toplam Kurulu Güç MW (ETKB, 2022)



Şekil 2.30. Güneş Enerjisi Toplam Kurulu Güç İçerisindeki Oranı % (ETKB, 2022)

Türkiye toplam kurulu gücü 2023 yılı itibariyle 105.668 MW olurken kurulu gücün güneş enerji santrallerinden (GES) sağlanan kısmı 8.479 MW'dır. Bu dönemde güneş enerjisinin toplam kurulu güç içindeki payı % 8,5'e ulaşmıştır.

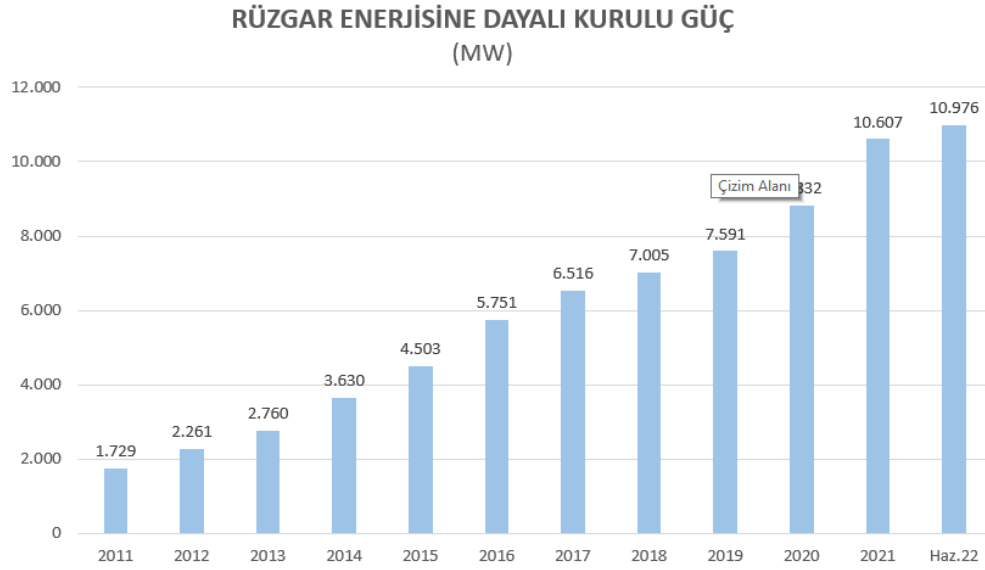
Türkiye'de Rüzgâr Enerjisi Üretimi

Türkiye birçok yenilenebilir enerjide olduğu gibi rüzgâr enerjisi konusunda da oldukça avantajlı bir jeopolitik bir konuma sahiptir (Bekar, 2020: 3). Türkiye yenilenebilir enerji kaynakları içinde gelişme potansiyeli en yüksek olan enerji çeşidi rüzgâr enerjisidir. Bu durumun en büyük nedenlerinden biri ise Türkiye'nin 3 tarafının denizle kaplı olması ve bu sayede denizlerden gelen hava akımlarına maruz kalmasıdır.

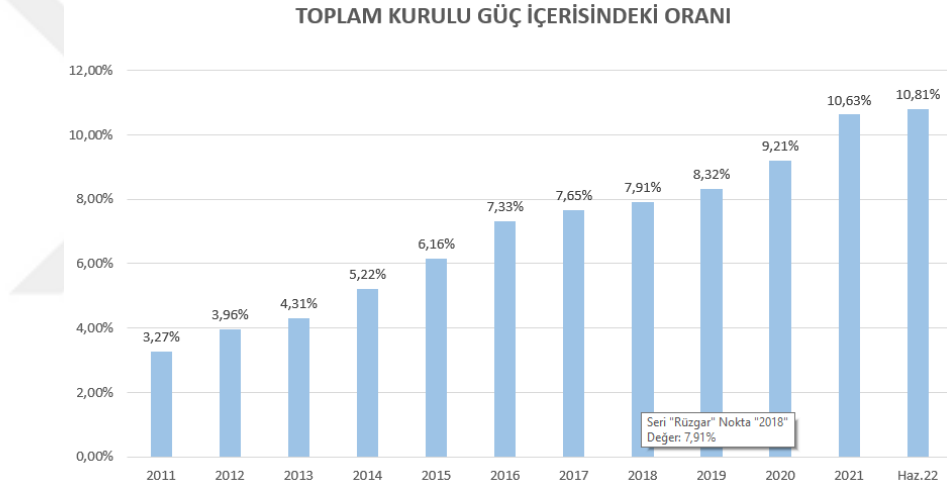
Türkiye'de kurulan ilk rüzgâr enerjisi santrali Çeşme Germiyan'da kurulmuş ve ikinci kurulan santral de aynı yıl içinde kurulan Çeşme Alaçatı santralidir. Çeşme Germiyan santralinin gücü 1,7 MW iken Çeşme Alaçatı santralinin gücü ise 7,2 MW'tır. Bunlarla birlikte ülkemizdeki en büyük rüzgâr enerjisi santrali Balıkesir Şamlı'da bulunan santraldir (Koçarlan, 2010).

2006 yılında orta-ölçekli sayısal hava tahmin modeli ve mikro-ölçekli rüzgâr akış modeli kullanılarak 200 m yatay çözünürlükte hazırlanan Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli Atlası (REPA-V1) verilerine göre yer seviyesinden 50 metre yükseklikte ve 7,5 m/s üzeri yıllık ortalama rüzgâr hızlarına sahip kullanılabilir alanlarda kilometrekare başına 5 MW gücünde rüzgâr santrali kurulabileceği kabul edilmiş ve Türkiye'de kurulabilecek rüzgar elektrik santrallerinin toplam kapasitesinin 47.849,44 MW olduğu belirlenmiştir.

Bu potansiyele karşılık gelen toplam alan Türkiye yüz ölçümünün % 1,30'una denk gelmektedir. REPA'da orta-ölçekli sayısal hava tahmin modeli ve mikro-ölçekli rüzgar akış modeli



Şekil 2.32. Rüzgar Enerjisine dayalı kurulu güç (MW) (ETKB, 2022)



Şekil 2.33. Rüzgar Enerjisinin toplam kurulu güç içindeki oranı (%) (ETKB, 2022)

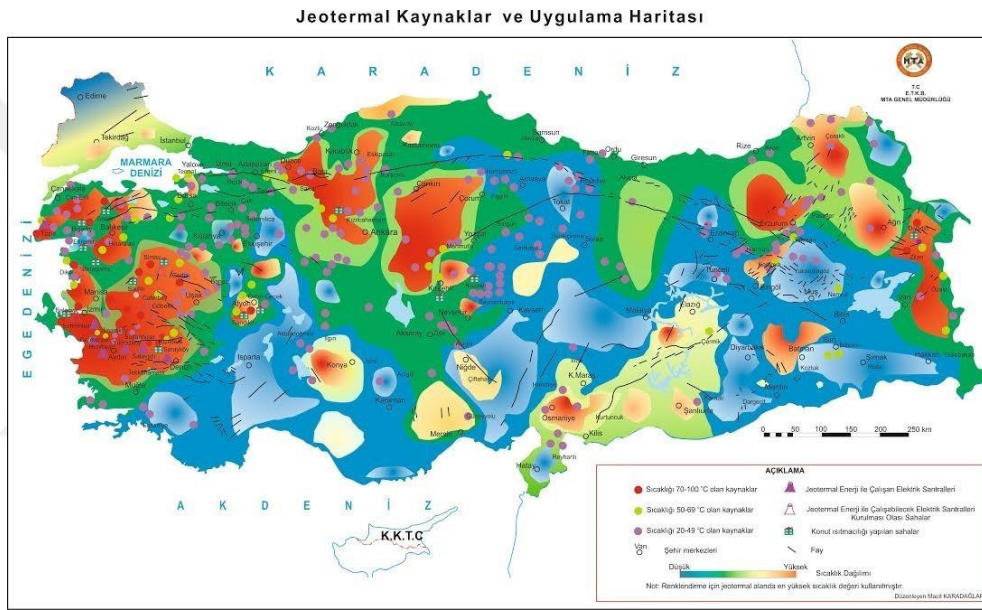
Şekil 2. 32’de Türkiye’de 2011 ve 2022 yılları arasındaki rüzgâr enerji santrallerinin kurulu gücünü vermektedir. Bu verilere baktığımızda Türkiye’de kurulu enerji gücünün her yıl yükseldiği ve 2021 yılında bu değer 10.976 seviyesine ulaştığı görülmektedir. Şekil 2.33 rüzgar enerji santrallerini toplam kurulu içindeki oranını vermektedir ve bu oran 2022 yılı itibarıyla % yaklaşık % 11’e ulaşmıştır.

Türkiye’de Jeotermal Enerji Üretim

1960’lı yıllarda Türkiye’de ilk olarak jeotermal aranmaya başlanmıştır. 1963 senesinde Açılan ilk kuyu ise İzmir’e bağlı Balçova’da bulunmaktadır. Başlarda arama çalışmaları, elektrik arzı için etkisi fazla olan belirli derecede yüksek ısı derecesi olan alanlar üzerine odaklanılmış ve Birleşmiş Milletler Kalkınma Teşkilatı ile ve beraber yapılan araştırmalar sonucunda Kızıldere sahası 1968 senesinde ısı derecesi yüksek bir jeotermal alan olarak saptanmıştır. İleriki zamanlarda

yapılan çalışmalarda 1960 ve 1970’li senelerde bulunan ve üzerinde çalışılan orta derecede sıcak alanlar olarak kabul edilen yine Seferihisar ve İzmir’e bağlı Balçova ve yaklaşık olarak 150 derecelik bölgelendir. 1980’li yıllarda keşfedilen, birisi yüksek ısı değerli ve bir diğeri orta ısı değerli olarak kabul edilen iki jeotermal alan ve çalışma sahası daha saptanmıştır. Bu sahalardan yüksek ısılı olanı Germencik’te ve orta sıcaklıklı olanları ise Simav ve Salavatlı alanlarıdır (Yılmaz,2012).

Türkiye jeotermal potansiyeli bakımından Avrupa’nın 1. ülkesi ve kurulu güç bakımından ise Dünyanın 4. ülkesi konumundadır. Jeotermal enerjiden elektrik üretiminde ilk beş ülke; ABD, Endonezya, Filipinler, Türkiye ve Yeni Zelanda şeklindedir. Ülkemizde yer alan jeotermal kaynakların dağılımını gösteren harita aşağıda yer almaktadır.



Türkiye jeotermal potansiyeli oldukça yüksek olup potansiyel oluşturan alanların % 78'i Batı Anadolu'da, % 9'u İç Anadolu'da, % 7'si Marmara Bölgesi'nde, % 5'i Doğu Anadolu'da ve % 1'i diğer bölgelerde yer almaktadır. Jeotermal kaynakların % 90'ı düşük ve orta sıcaklıkta olup doğrudan uygulamalar (ısıtma, termal turizm, çeşitli endüstriyel uygulamalar vb.) için, % 10' u ise dolaylı uygulamalar (elektrik enerjisi üretimi) için uygundur. Jeotermal enerji uygulamalarında ilk elektrik üretimi 1975 yılında 0,5 MWe güce sahip Kızıldere Santrali ile başlatılmıştır.

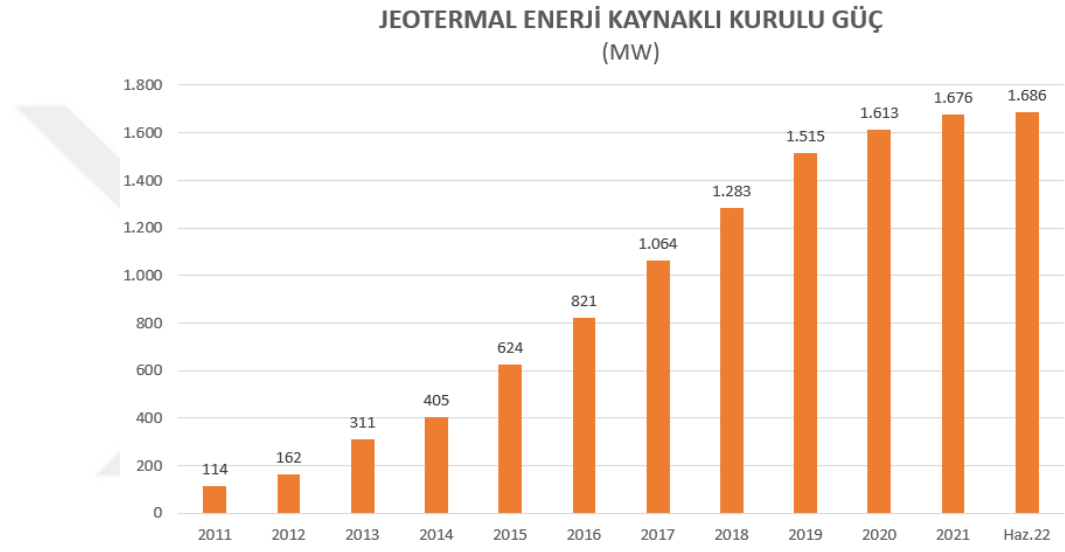
Jeotermal kaynakların % 90'ı düşük ve orta sıcaklıklı olup, doğrudan uygulamalar (ısıtma, termal turizm, mineral eldesi vb.) için uygun olup, % 10'u ise dolaylı uygulamalar (elektrik enerjisi üretimi) için uygundur.

2005 yılından itibaren Bakanlığımız desteğiyle, mevcut kaynakların geliştirilmesi ve yeni kaynak alanlarının aranmasına ağırlık verilmiştir. 2004 sonu itibari ile 3.100 MWt olan kullanılabilir jeotermal ısı kapasitesi; 2008 yılında, Jeotermal Kaynaklar ve Doğal Mineralli Sular

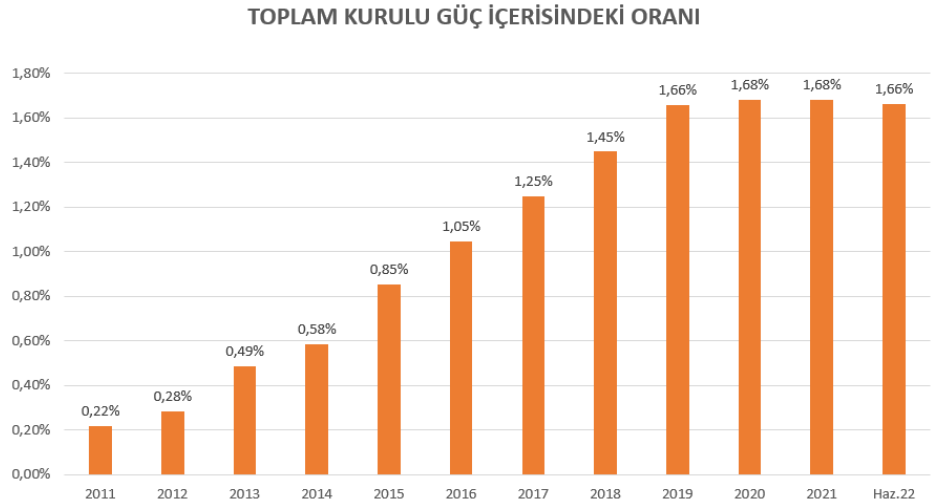
Kanunu'nun yürürlüğe girmesi sonrasında, özel sektörün jeotermal arama, geliştirme ve yatırım çalışmalarına katılımı ile hızla artmıştır. Türkiye'nin muhtemel jeotermal ısı potansiyeli 35500 MW'te elektrik üretimi potansiyeli ise 4500 MWe olarak tahmin edilmektedir.

Jeotermal Elektrik Üretimi

Bölgesel ısıtmanın yanı sıra elektrik üretiminde de yaygın olarak kullanılan jeotermal enerji kurulu gücü Haziran 2022 sonu itibariyle 1686 MW, toplam kurulu güç içerisindeki oranı % 1,66 olup yıllara göre kurulu güç değişimi ve toplam kurulu güç içerisindeki oranı aşağıdaki grafiklerde yer almaktadır.



Şekil 2.35. Jeotermal Kaynaklı Toplam Kurulu Güç (MW) (ETKB, 2022)



Şekil 2.36. Jeotermal Enerjinin toplam kurulu güç içindeki oranı (%) (ETKB, 2022)

Türkiye’de var olan ve saptanan ilgili jeotermal enerjinin tüketim alanlarına odaklanıldığında da genelde termal alanlarda tüketildiği gözükmemektedir. Jeotermal alanlar Türkiye’de genellikle düşük ve orta sıcaklıktadır. Bilinen jeotermal sahaların hemen hemen hepsi doğrudan tüketim için mümkün mertebe elverişlidir. Çizelge 2.5’de doğrudan tüketim kapasiteleri gösterilmektedir.

Çizelge 2.5. Jeotermal Kurulum Kapasiteleri MWt (ETKB, 2021)

Kullanım Yeri	Kurulu Kapasite, MWt
Bölgesel Isıtma	1205
Termal ve Sağlık Tesisleri	420
Sera	820
Termal Su Isıtma (Kaplıca)	1005
Toplam	3450

Türkiye’de kayıtlı 2022 yılı itibariyle 66 tane jeotermal santrali bulunmaktadır. Günümüzde var olarak bulunan santrallerin projelerine ve güç kapsamına bakılırsa; aktif bir durumda olan jeotermal santrallerin şu anki gücü 1.686 MWe olarak gözükmemektedir (ETKB, 2023).

Türkiye’deki Biyokütle Enerji Üretimi

Günümüzde fosil yakıtların azalışa gittiği görülmekte olup buna önlem olarak Türkiye’de yenilenebilir enerji çalışmaları hızlanmış ve biyokütle enerjisine dayalı enerji üretimi oranının artırılması için amaçlar ve stratejiler oluşturulmuştur. Türkiye biyokütle enerjisi üretiminde gerekli olan bitkilerin yetiştirilmesi için buna uygun iklim ve toprak şartlarına ve durumuna sahip olması ve atıl durumda bulunan büyük ölçekteki biyokütle potansiyeli nedeni ile Türkiye biyokütle enerji kaynakları bağlamında iyi durumda olan ülkelerden biridir (Kaygusuz ve Türker, 2002).

Biyokütle kaynakları, Türkiye’de 4 başlıkta incelenmektedir. 4 başlığın içeriğinde ise:

- Ormana dayalı biyokütle kaynakları,
- Bitkilere dayalı biyokütle kaynakları,
- Şehirsel atıklar,
- Hayvan temelli biyokütle kaynaklarıdır.

Dünya enerji kaynaklarında biyokütleyle dayalı enerji, dünya enerji kaynaklarının %10’luk bir bölümünü meydana getirmektedir. Fakat bu miktarın büyük bir kısmı klasik yöntemlerle yakılarak ısınma için kullanılmaktadır. Bu durum Türkiye’de de aynı durumda olup meydana gelen biyokütle kaynaklarının önemli bir kısmı genellikle kırsal alanlarda yemek pişirme ve gibi ihtiyaçları karşılamak için verimsiz bir şekilde kullanılmaktadır. Biyokütle enerji kaynaklarından daha etkin bir anlamda faydalanmak için YEP (Yeni Ekonomi Programı)’te belirtilen hedefler

arasında biyokütle enerjisine dayalı olarak elektrik üretimi amacıyla mevcut kurulu güç üretim kapasitesini 1000 MW (4533 GWh)'e yükselmektedir (Aslantaş, 2018).

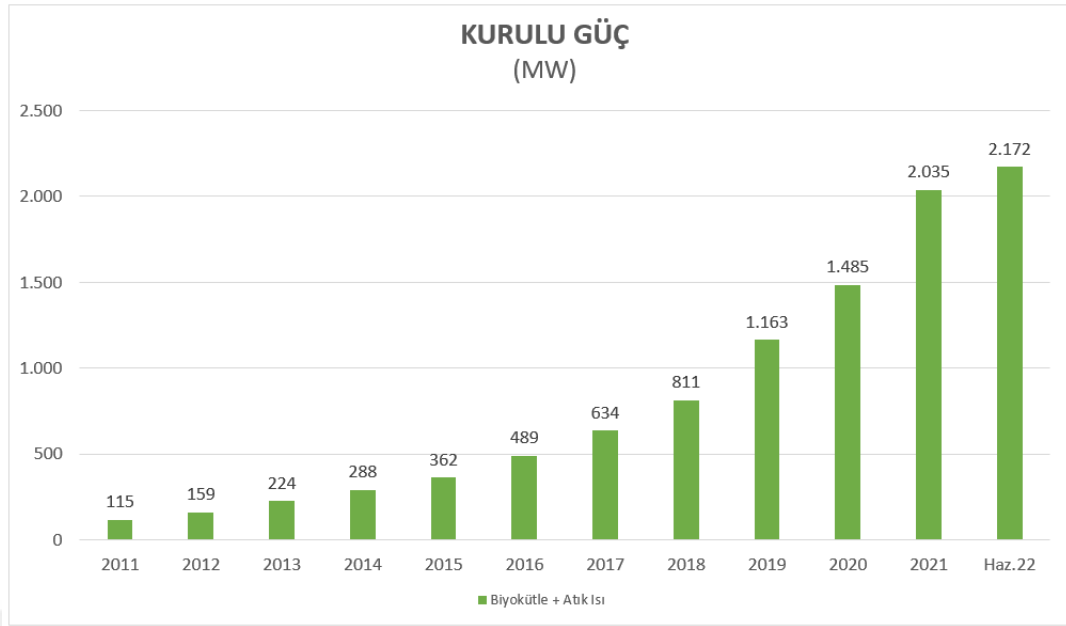
Biyogaz, en başında İstanbul, Ankara, Samsun, Kayseri ve Gaziantep şehirlerinde çöplerden biyogaz oluşturulması, Orman ve Su İşleri Bakanlığı aracılığıyla Anadolu'nun birçok yerinde sürdürülen gazifikasyon, demonstrasyon projeleri ve özel kurumlarda devam etmekte olan çok az sayıda olsa da nitelikli biyogaz projelerinde meydana gelmektedir. 22 MW'lık elektrik arz edebilme teçhizatına sahip olan Ankara Mamak çöplüğünden arz edilen elektriğin yanında meydana gelen atık ısı çöplük arazisinde meydana getirilen seralarda kullanılmaktadır. Bunun yanında toplamda 2000 metre kareyi tamamlanabilecek havuzlarda verimli bir biyoyakıt hammaddesi olan algler meydana getirilmektedir. (Tuçbilek, 2015: 32).

Makro bir perspektifte, Avrupa'da bulunan biyogaz sektöründe en büyük çöp biyogaz tesisine sahip olan şehir İstanbul olarak söylenebilir. Oldukça temiz bir çevre sağlayan Biyokütle enerjisi üretimden sonraki durumunda ortaya çıkan atıklar organik gübreye çevrilmektedir. Türkiye'nin hayvansal atık potansiyeline baktığımızda meydana getirilebilecek biyogaz miktarını 1,5 veya 2 MTEP (milyon ton eşdeğer petrol) olduğu düşünülmektedir. Türkiye'nin biyokütle kaynakları hayvan, tarım, orman ve organik şehir atıklarından meydana gelmektedir. Türkiye'nin atık potansiyeli tahmini olarak 8 MTEP olup bu potansiyelin 6 MTEP'i ısıdan faydalanılmak üzere tüketilmektedir (Gökmen, 2015).

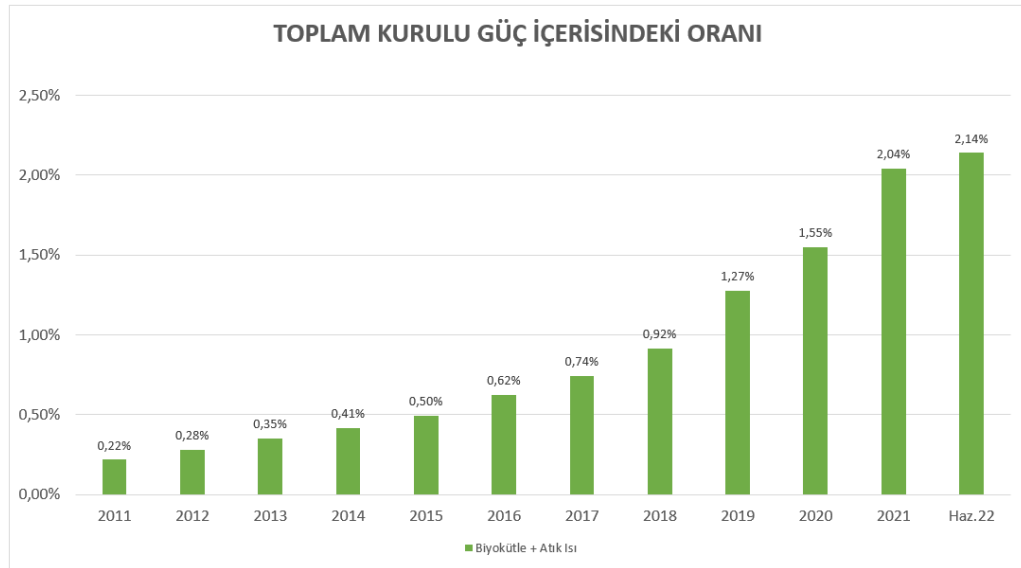
Türkiye'de 2000'li yıllarında başlayan biyodizel girişimi şuan sürmekte olan riskli bir sektör pozisyonundadır. Türkiye'de 56'sı lisanslı olmak kaydıyla 200 tesisten fazla biyodizel tesisi oluşturulmuştur. Bu kurulan tesislerin toplam kapasiteleri 1,5 milyon ton civarındadır ama Türkiye'de yeteri kadar hammadde olmadığı için birçok tesis kapanmıştır. Türkiye'de sadece yerli tarım ürünlerinden aktif bir şekilde biyodizel üreten tek bir firma vardır. Bu firma (DB Tarımsal Enerji Sanayi ve Ticaret AŞ.) İzmir'de faaliyet göstermektedir. Bu firma Uşak'tan Siirt'e Eskişehir'den Turhal'a kadar varolan uygunsuz ve verimsiz topraklarda ortaya çıkarılan aspir bitkisi ile biyodizel üretmektedir. Firma yılda 20 bin ton olan üretim kapasitesini yılda 80 bin tona çıkarmayı hedef koymaktadır (Türkoğlu Elitaş, 2016).

ETKB lığı tarafından biyokütle enerji potansiyelin belirlenmesi amacıyla hazırlanan Biyokütle Enerjisi Potansiyel Atlası (BEPA) verilerine göre toplanabileceği değerlendirilen atıkların toplam ekonomik enerji eşdeğeri yaklaşık 3,9 MTEP/yıl'dır.

Biyokütle ve atık ısı enerjisine dayalı kurulu güç Haziran 2022 sonu itibarıyla 2.172 MW, toplam kurulu güç içerisindeki oranı % 2.14 olup yıllara göre kurulu güç değişimi ve toplam kurulu güç içerisindeki oranı aşağıdaki grafiklerde yer almaktadır.



Şekil 2.37. Biyokütle Enerjisi toplam kurulu güç (MW) (ETKB, 2023)



Şekil 2.38. Biyokütle Enerjisinin toplam kurulu güç içindeki oranı (%) (ETKB, 2023)

Türkiye’de Hidrojen Enerji Üretimi

Türkiye’nin 7. Beş Yıllık Kalkınma planına ait yenilenebilir enerji raporunda bahsedilen durumda, resmileşen kalkınma planında hidrojen teknolojisinden söz edilmiş ve hidrojen enerjisinin kullanımda ve üretimdeki yeri belirtilmiştir. Fakat hidrojen enerjisi ne araştırma kuruluşlarında ne de üniversitelerde değerlendirilmeye alınmamıştır. Hidrojen enerjisi konusunda Marmara Araştırma Merkezi’nde ve Uluslararası Enerji Ajansı programları çerçevesinde üzerinde çalışma yapmak istese de 1996 yılında anlaşmalar ve işbirlikleri sona ermiştir. Hidrojen enerjisi ilk olarak İstanbul’da, Birleşmiş Milletler Uluslararası Hidrojen Enerjisi Teknolojileri Merkezi projesi ile meydan getirilerek kullanılmaya başlanmıştır. Birleşmiş Milletler destekleriyle, 1996 yılında merkezi Viyana’da olan 16. Endüstriyel Kalkınma Kurulu toplantısında Türkiye’de ICHET

kurulmasının kararına varılmıştır. ICHET'in kurulma nedeni, gelişmekte olan ve gelişmiş devletlerin bütünlüğüyle hidrojen teknolojileri için destek olmak, ilgili teknolojilerin gelişmesini sağlamak ve araştırma ve geliştirme çalışmalarına yoğun bir şekilde odaklanmaktır (Şenaktaş, 2005).

Hidrojenin görece büyük bir bölümü kimyasal bileşiklere bağlıdır. Nedensel olarak, ilgili büyük projelerde kullanmaya yönelik olarak hidrojen; doğalgaz, kömür ve su ve bitkilerden elde edilebilmektedir. Projelerde kullanmaya yönelik olarak elde edilmesi gereken hidrojen, büyük ölçüde enerji tüketimi gerçekleştirildiğinden, hidrojenin enerji taşımacılığı konusunda kullanılması, enerji kaynağı olarak kullanılmasından daha mantıklıdır. Tüm bu etkenler dahilinde hidrojenin nerede ve ne biçimde kullanılması gerektiği önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır (Çevik, 2017).

Hidrojenin bir yakıt olarak kullanılması için gereken enerji kaynakları; rüzgâr enerjisi, hidrolik enerji, jeotermal enerji, güneş enerjisi, deniz veya dalga enerjisi, ve henüz meydana getirilmemiş nükleer enerjidir. Fotovoltaik güneş hidrojen sistemi kullanılması, başta Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde, uzun projelerde önerilmektedir. Suyun elektrolizinden hidrojen üretilmesini sağlayan bu teknik, ilgili teçhizat ve sistemlerle elde edilebilecek elektrik enerjisi ile bir metre küp olan 108.7 kg hidrojen elde edilebilir ve bu miktarda 422 litre benzine denktir. Türkiye'nin hidrojen üretimi için başka bir avantajı ise Karadeniz'de bulunan depolanmış hidrojenlerdir. Karadeniz'in suyunda %90 oranında anaerobiktir ve hidrojen sülfid bulunmaktadır (Şenaktaş, 2005).

Türkiye'de Deniz Kökenli Enerji

Deniz kaynaklı yenilenebilir enerji kaynakları; dalga enerjisi, gelgit (medcezir) enerjisi ve okyanus termal enerji dönüşümü olarak sınıflandırılabilir. Türkiye'de gelgit enerjisi imkânı olmayıp dalga enerjisi ve boğazlarda deniz akıntıları enerjisinden faydalanma imkânı vardır (Önal, Yarbay 2010: 94). Türkiye kıyılarından balıkçılık turizm gibi faaliyetler çıkarıldığında dalga enerjisi için kıyılardan 1/5 oranında fayda sağlanabilmektedir. Yıllık sağlanan dalga enerjisi teknik potansiyeli ise 18,5 milyar kWh olarak tahmin edilip enerji ihtiyacımızın %13'üne karşılık gelmektedir (Sağlam, Uyar 2005: 3).

Dalga yoğunluğunun en fazla olduğu bölgenin 3.91-12.05 kWh/m ile İzmir-Antalya çevresi, dalga yoğunluğunun en düşük olduğu bölgenin ise Marmara Bölgesi olduğu görülmektedir. Bu nedenle dalga enerjisinden enerji temini için en elverişli bölgenin İzmir-Antalya çevresindeki denizler olduğu anlaşılmaktadır.

Nüfus yoğunluğu olarak Türkiye'nin durumu incelendiğinde, kıyı alanlardaki ve bölgelerdeki nüfusun yoğunluğu ile doğru orantılı olarak enerji harcamaları artış göstermektedir. Dalga potansiyelinin ve nüfusun görece yoğun olduğu bu alanlarda yapılacak olan inovasyonların bir çıktısı olarak enerji harcamalarında azalma görülmesi beklenmektedir. Negatif bir durum olarak

yapılan ilk yatırım harcamaları ile sonuç alma arasındaki ilişki yatırımların yapılıp yapılmayacağı hususunda ana etken olarak saptanacaktır (Köse, Genç, Demiralp 2015: 158). Çeç tarafı denizlerle çevrili bir ÷lke olmasına rağmen Türkiye, jeopolitik lokasyonunun pozitif etkisini kullanamamaktadır. Örneğın, dalga enerjisi hususunda meydana getirilecek araştırma ve geliştirme çalışmaları ile enerji harcamalarının düşür÷lmesi ve bunun sonucunda iktisadi kalkınmaya önemli katkılar sunması hedeflenmektedir (Yılmaz 2020: 55).

Türkiye’de Nükleer Enerji

Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ile Rusya Federasyonu Arasında Akkuyu Sahasında Bir Nükleer Güç Santralının Tesisine ve İşletimine Dair İşbirliğine İlişkin Anlaşma’nın 12 Mayıs 2010 tarihinde imzalanması, Türkiye’nin yarım asırlık nükleer güç santrali kurma hedefi açısından son derece önemli bir kilometre taşı olmuştur. Anlaşmanın imzalanmasını takiben 13 Aralık 2010 tarihinde Proje Şirketi kurulmuş ve çalışmalara başlanmıştır. 1 Aralık 2014 tarihinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığından ÇED Olumlu kararı, 15 Haziran 2017 tarihinde de EPDK’dan elektrik üretim lisansı alınmıştır. 3 Mart 2017 tarihinde ilk ünite için inşaat lisansı başvurusunda bulunulmuş ve 19 Ekim 2017 tarihinde alınan sınırlı çalışma izni ile sahada nükleer güvenlikle ilgili olmayan yapıların inşaat faaliyetleri başlamıştır.

2 Nisan 2018 tarihinde ilk ünite için inşaat lisansının verilmesiyle birlikte ilk ünitenin reaktör binasının inşası da başlamıştır. Benzer şekilde ikinci ünite için yürüt÷len çalışmalarda, 30 Kasım 2018’de sınırlı çalışma izni alınmış ve 26 Ağustos 2019’da ikinci üniteye de inşaat lisansı verilmiştir. İkinci ünitenin temeli 8 Nisan 2020 tarihinde atılmıştır. Proje Şirketi, 28 Mart 2019’da üçüncü ünite için ve 12 Mayıs 2020 tarihinde de dördüncü ünite için inşaat lisansı başvurusunda bulunmuştur. 13 Kasım 2020 tarihinde üçüncü ünitenin inşaat lisansı verilmiş olup 10 Mart 2021 tarihinde de temeli atılmıştır. 28 Ekim 2021 tarihinde Nükleer Düzenleme Kurumu (NDK) tarafından dördüncü ünite için de lisans verilmesiyle dört ünite de inşa aşamasına gelmiştir. Böylelikle Akkuyu NGS sahası Dünya’nın en büyük nükleer santral inşaatı haline gelmiştir.

Çizelge 2.6. Akkuyu Nükleer Enerji Santrali Kapasite ve Planlanan Üretimi ((ETKB, 2023)

Birim	Tip/Model	Net Üretim Kapasitesi	İnşaat başlangıcı	Elektrik üretimi
Akkuyu 1	VVER V-509	1114 MW	3 Nisan 2018	2024 (planlı)
Akkuyu 2	VVER V-509	1114 MW	26 Haziran 2020	2025 (planlı) ^l
Akkuyu 3	VVER V-513	1114 MW	10 Mart 2021	2026 (planlı)
Akkuyu 4	VVER V-513	1114 MW	21 Temmuz 2022	2027 (planlı)

Her bir güç ünitesinin üreteceği miktar 1198 MW'tır. Bu üretimin yaklaşık %7'si, ünitenin kendisi tarafından harcanacak olup net üretim miktarı yaklaşık 1114 MW'tır. Dört güç ünitesi baz yük güçte çalışırken elektrik üretim miktarının yılda 34.790 milyon kW/saat'e ulaşması beklenmektedir.

2.6. Türkiye'nin Yenilenebilir ve Sürdürülebilir Enerji Politikaları

2023 Enerji ve Madencilik Strateji Belgesi: Türkiye'nin enerji politikalarının temelini oluşturan bu belge, enerji arz güvenliği, enerji verimliliği ve temiz enerji kullanımı gibi temel hedefleri içermektedir. Belge, enerji politikalarının yol haritasını çizer ve 2023 yılına kadar ulaşılması hedeflenen çeşitli amaçları belirler. Ayrıca, enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve sürdürülebilirliği gibi konuları ele alır (ETKB, 2023).

Türkiye, bu belge doğrultusunda yenilenebilir enerjiye büyük önem vermektedir. Özellikle güneş enerjisi ve rüzgar enerjisi alanında kapasite artırımı hedeflenmektedir. Bu hedefler, 2023 Strateji Belgesi ile belirlenmiştir.

Türkiye, güneş enerjisi potansiyelini değerlendirmek için büyük ölçekli güneş enerjisi santrallerini teşvik etmektedir. Ülke genelinde pek çok güneş enerjisi santrali kurularak temiz enerji üretimi artırılmıştır.

Rüzgar enerjisi, Türkiye'nin enerji portföyünün önemli bir parçasını oluşturur. Türkiye, rüzgar enerjisi kapasitesini artırarak temiz enerji üretimine önem vermektedir.

Su kaynaklarına dayalı enerji üretimi, Türkiye'nin enerji politikalarında önemli bir yer tutar. Büyük barajlar ve hidroelektrik santralleri bu amaçla kullanılır.

Bu politikaların uygulanmasında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) önemli bir rol oynamaktadır (ETKB, 2023).

2.7. Yenilenebilir ve Sürdürülebilir Enerji ile İlgili Türkiye'nin Devlet Politikalarının AB ile Uyum

AB'nin enerji ve çevre arasındaki uyuma öncelik vermesi nedeniyle AB'ne uyum sürecinde bu uyumun sağlanması önemlidir. Bu anlamda çevre, AB enerji planlaması ve arzı ile bütünleştirilmeli, daha az CO₂ salınımı sağlayan sistemler üzerine yatırımlar yapılmalıdır.

AB'nin Birinci Çevre Eylem Planı çerçevesindeki kalkınma sürecine Türkiye, Üçüncü Beş Yıllık Kalkınma Planı ile hazırlanmaya ve girişmeye başlamıştır. Diğer her plan döneminde yapılması hedeflenen politikaların çoğu (özellikle Altıncı Plan'daki sürdürülebilirlik kavramı) AB politikalarıyla uyumlu olmuştur. Fakat Türkiye'nin bütün çevresel planlamaları daha çok kalkınmayı sağlama yönündedir. Sadece bu yönüyle AB'nin çevre koruma yaklaşımından farklılaşmaktadır. Diğer tüm yönleri AB program ve politikaları çerçevesinde şekillenmiştir.

Sekizinci Kalkınma Planı ve sonrasında çevre sorunları için çevresel yatırım ve harcamalarda önemli adımlar atılmıştır (Erdem ve Yenilmez, 2017: 117).

Türkiye’de çevre yatırım ve harcamaları büyük ölçüde kamu tarafından karşılanır. Büyük kaynak aktarımı gerektiren bu durum özel sektöre çevre maliyetinin yansıtılmamasının sonucudur. Bu nedenle özel sektör yatırım ve harcamaları da içeren bütüncül politikalar geliştirilmelidir (Erdem ve Yenilmez, 2017: 117).

Dünya Bankasının düzenlemiş olduğu Karbon Piyasasına Hazırlık Ortaklığı (PMR) Birinci Faz etkinlikleri bağlamında paylaşılan “Türkiye’de Sera Gazı Emisyon Ticaret Sistemi Kurulmasına Yönelik Yol Haritası Raporu” geniş kapsamlı ilk çalışmadır. PMR, piyasa temelli emisyon azaltma sistemlerinin etkin kullanılması amacıyla uygulayıcı ülkelere rehber uygulamadır. 18 ülke tarafından uygulanmakta olan PMR programını imzalayan ilk ülke Türkiye’dir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın talepleri doğrultusunda yürütülen Birinci Faz etkinlikleri 2014-2018 yılları arasında tamamlanmıştır. (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2022).

2.8. Türkiye ve İklim Taahhütlerine Genel Bir Bakış

Türkiye 2021 yılında 2053’e kadar ulaşmayı amaçladığı net sıfır hedefini açıkladı. Şimdi ülkenin uzun vadeli enerji planını buna uygun hale getirmesi gerekiyor. Net sıfır planıyla uyumlu bir enerji sistemi sadece elektriği karbonsuzlaştırmakla kalmayacak, aynı zamanda Türkiye’yi daha bağımsız hale getirecektir.

Türkiye 2022 yılında elektriğinin %50’sini ithal kömür ve doğalgazdan üretmiştir. Hızlandırılmış bir temiz enerji dönüşümü ile ülke 2030 yılına kadar elektrik üretiminde dışa bağımlılığını %25’in altına düşürebilir. Ancak bunun için rüzgar ve güneş enerjisinin toplam elektrik üretiminin üçte birinden fazlasını oluşturması gerekmektedir.

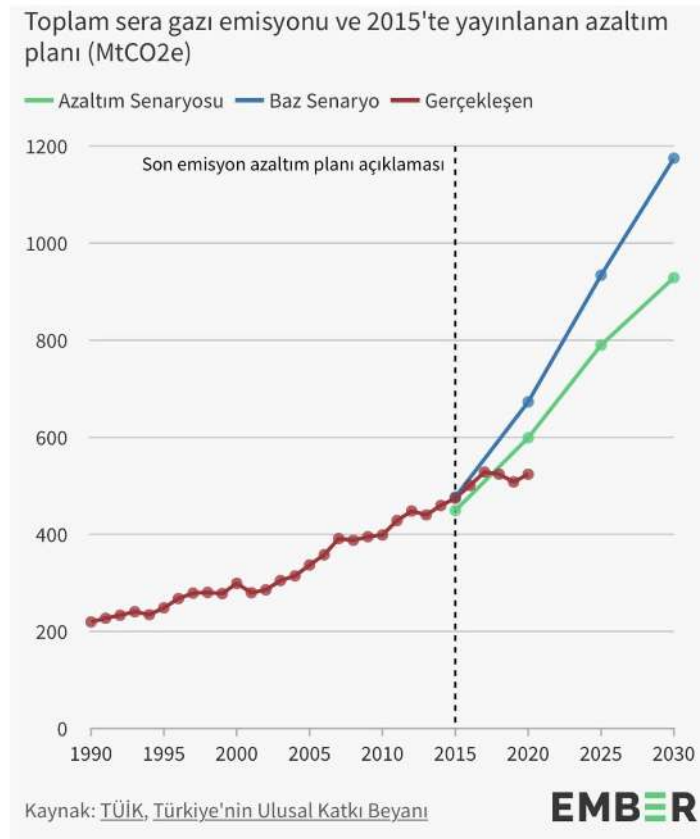
Elektrik üretiminde dışa bağımlılığı yarıya indirmek için toplam 40 GW güneş enerjisi kapasitesine ihtiyaç vardır. Türkiye’de fosil yakıt ithalatına bağımlılığı yarıya düşürmek için 2030 yılına kadar her yıl yaklaşık 4 GW yeni güneş enerjisi kapasitesine ihtiyaç duyulacaktır. Güneş enerjisi ihalelerine ihale edilen kapasiteden 10-15 kat daha büyük kapasite başvuruları yapılmasına rağmen, yakın zamandaki güneş kurulumları yılda sadece 1 GW civarında seyretmektedir. Yerli panel üretim kapasitesi ise bunun sekiz katı seviyesindedir.

2030 yılına kadar toplam en az 30 GW rüzgar enerjisi kapasitesine ihtiyaç var. Fosil yakıt ithalatına bağımlılığı yarıya indirmek için, Ağustos 2022 itibarıyla 11,1 GW olan rüzgar enerjisi kapasitesinin 2030 yılına kadar yaklaşık üç kat artması gerekmektedir. Bu, 2030 yılına kadar her yıl yaklaşık 2,5 GW yeni rüzgar enerjisi kapasitesinin eklenmesi anlamına gelecektir. Son yıllardaki yaklaşık 1 GW’lık yıllık rüzgar enerjisi kurulumları düşünüldüğünde bu oran önemli ölçüde daha yüksektir.

Türkiye 2021 yılında Paris Anlaşması’nı onaylamış ve net sıfır hedefini belirlemiştir.

Türkiye, anlaşmanın ekinde gelişmiş bir ülke olarak kategorize edilmeyi reddettiğinden Paris Anlaşması'nın ilk imzacıları arasında yer almasına rağmen anlaşmayı 2021 yılına kadar onaylamamıştır. Bu kategorizasyona olan muhalefet, özellikle Türkiye'nin gelişmekte olan ülkeler için sağlanan mali destekten yararlanmaksızın emisyon azaltma hedeflerini karşılamasını gerektirmesi sebebiyle ortaya çıkmıştır. Ancak 2021'in sonlarında Türk hükümeti bu talebinden vazgeçerek Paris Anlaşması'nı onaylamıştır. Ardından da Türkiye Cumhuriyeti'nin 130. yıldönümüne denk gelecek şekilde 2053 yılına kadar net sıfıra ulaşma hedefini açıklamıştır.

Türkiye, 2015 yılında bir emisyon azaltım planı (INDC veya Niyet Edilen Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkı) sunmuş ve o zamandan beri bunu güncellememiştir. INDC'sinde Türkiye, sera gazı emisyonlarını 2030 yılında kendi tanımladığı Baz Senaryo'ya (BAU) göre % 21 oranında azaltmayı hedeflemiştir. 2030'da 929 MtCO₂ toplam yıllık emisyon hedefleyen Türkiye'nin 2020'deki toplam emisyonlarına kıyasla bu, % 77'lik bir artış anlamına gelmektedir.



Şekil 2.39. Türkiye Toplam Sera Gazı Emisyonu ve 2015'te yayımlanan azaltım Planı (EMBER, 2023)

Gelişmekte olan bir ekonomi olarak Türkiye'nin artan emisyonları ekonomik büyümesiyle paralellik göstermektedir. Ancak, Türkiye'nin 2015 yılında sunduğu emisyon azaltım planında emisyon artışında yavaşlama dahi öngörülmemektedir. Bu durum Türkiye'nin net sıfıra giden yolun önünde bir engel teşkil etmektedir.

Türkiye'nin sera gazı emisyonlarının ortalama yıllık artış oranı 2000-2015 yılları arasında %3,1 civarındaydı. Öte yandan, Türkiye'nin emisyon azaltım planında varsaydığı baz senaryosunun ortalama yıllık emisyon artışı oranı 2015-2030 yılları arasında %6,2 olmuştur. Azaltım senaryosunda bile emisyonlardaki yıllık büyüme oranı yaklaşık %5 olarak hedeflenmiştir.

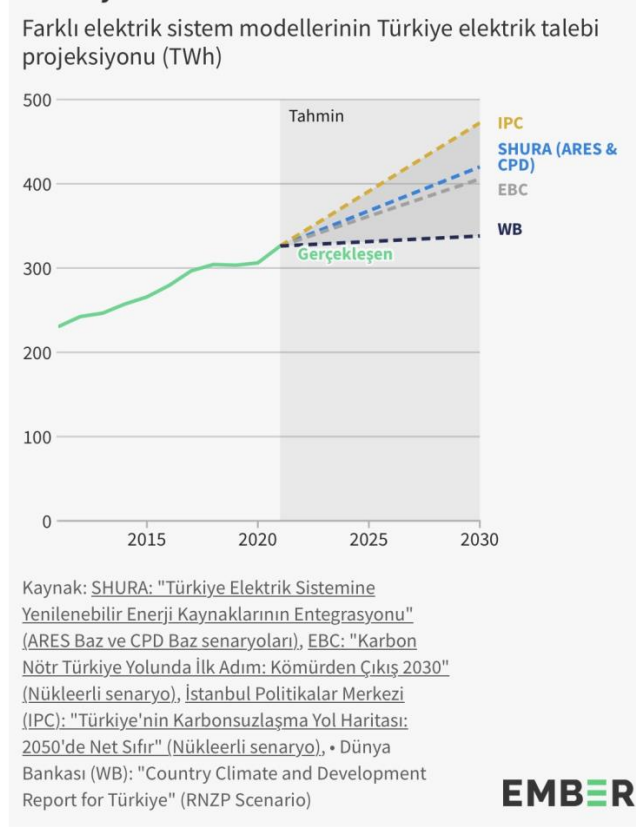
Paris Anlaşması'nın onaylanmasının ardından Türkiye'nin güncellenmiş bir NDC ile yeni bir emisyon azaltım planı sunması gerekmektedir. Bu doğrultuda, Şubat 2022'de gerçekleştirilen İklim Şurası bildirgesinde, ülkenin 2053 net sıfır hedefi doğrultusunda yeni bir NDC üzerinde çalışıldığı belirtilmiştir.

Net sıfır hedefini takiben, Resmi Gazete'nin Aralık 2021 tarihli sayısında, Enerji Bakanlığı'na bir sonraki yıl, her beş yılda bir revizyona tabi olacak yeni bir uzun vadeli ulusal enerji planı hazırlama görevi verilmiştir.

Türkiye'de net sıfır hedefinin açıklanmasından bu yana, ülkenin enerji sektörünün 2053 hedefine doğru nasıl ilerleyebileceğini modelleyen dört farklı çalışma yayınlanmıştır.

- İstanbul Politikalar Merkezi'nin (IPC) çalışması, 2050 yılına kadar tüm sektörlerde net sıfıra ulaşmak için bir yol çizmektedir.
- Dünya Bankası'nın (WB) İklim ve Kalkınma raporu, tüm sektörleri kapsayan çalışmasında 2040 yılına kadar enerji sektörü emisyonlarında önemli bir azalma öngörmektedir.
- Europe Beyond Coal (EBC) ve diğer yerel çevre örgütleri tarafından hazırlanan bir rapor, Türkiye'nin 2030 yılına kadar kömürden nasıl çıkabileceğini tahlil etmektedir.
- Türkiye'nin enerji dönüşümüne ilişkin düşünce kuruluşu SHURA'nın analizi, çeşitli hassasiyet analizleriyle birlikte iki ana karbonsuzlaştırma senaryosunu ortaya koymaktadır: Hızlandırılmış Yenilenebilir Enerji Arzı (ARES) ve Kömür Azaltım Senaryosu (CPD).

Ele alınan tüm modeller enerji verimliliğinin rolünü kabul etmekle birlikte, elektrik talebindeki artışı kontrol altında tutmak için ulaşım ve binalar gibi diğer sektörlerin elektrifikasyonunun nasıl hızlanacağı konusunda farklı yaklaşımlar göstermektedir.



Şekil 2.40. Farklı modellerin Türkiye elektrik talebi projeksiyonu (EMBER, 2023)

Tüm modellerin sonucunda Güneş enerjisi tüm senaryolarda yükselişe geçmektedir.

Değerlendirilen dört model de güneş enerjisine çok önemli bir rol biçmekte ve Ağustos 2022 itibariyle 8,8 GW olan güneş enerjisini 2030'a kadar 34-41 GW olarak modellemektedir. 2030 yılına kadar 40 GW toplam güneş enerjisi kapasitesine ulaşmak için Türkiye'nin mevcut güneş enerjisi kapasitesinin (8,8 GW) dört kattan fazla artması, yani her yıl 4 GW yeni güneş enerjisi kapasitesi eklenmesi gerekmektedir. Bu, yılda 1 GW'ı biraz aşabilen son güneş enerjisi kapasitesi kurulum oranından dört kat daha fazladır.

Tüm farklı senaryolar arasında Türkiye'nin 2030 yılına kadar en az 30 GW toplam rüzgar enerjisi kapasitesine ulaşacağı konusunda bir fikir birliği bulunmaktadır. Ancak EBC, 2030 yılına kadar 42 GW rüzgar enerjisi kapasitesi öngörerek diğerlerinden ayrışmaktadır. Daha yüksek rüzgar enerjisi hedefi, EBC'nin 2030'a kadar kömürden iddialı bir şekilde çıkma planı varsayımı ile birlikte rüzgar ve güneş dışında önemli yenilenebilir kapasite ilavesi içermemesinden de kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, bu analizde rüzgar kapasitesi hedefi için diğer senaryoların sonuçları esas alınmıştır.

Modellenen projeksiyonlara göre, Türkiye'nin 2030 yılına kadar en az 30 GW toplam rüzgar enerjisi kapasitesine ulaşması gerekmektedir ki bu da mevcut rüzgar enerjisi kapasitesinin (11,1 GW) neredeyse üç katıdır. Bu, önümüzdeki sekiz yıl içinde her yıl yaklaşık 2,5 GW yeni

rüzgar enerjisi kapasitesi devreye alınması anlamına gelmektedir. Bu kapasite artışı, yakın zamandaki 1 GW/yıl rüzgar enerjisi kurulum oranının oldukça üzerindedir.

Temiz enerji Türkiye'yi daha bağımsız yapabilir. Türkiye'nin net sıfır hedefiyle uyumlu enerji dönüşümü yolları, ülkenin elektrik üretiminde ithalat bağımlılığını 2030 yılına kadar yarıya indirebilir. Türkiye büyük ölçüde fosil yakıt ithalatına bağımlı bir ulkedir. Türkiye'nin elektrik üretiminde dışa bağımlılığı son 25 yılda % 50 civarında seyretmektedir. Bu dönemde sadece iki istisna, Covid'in başladığı 2020 yılı ve ülkenin rekor düzeyde hidroelektrik üretimi gerçekleştirdiği 2019 yılı olmuştur.

Karbonsuzlaşma senaryolarına göre, Türkiye'nin 2030 yılında 40 GW güneş ve 30 GW rüzgar enerjisi kapasitesine ihtiyacı olacaktır. Bu hedeflere ulaşılmasıyla, rüzgar ve güneş enerjisi 2030 yılına kadar toplam elektrik üretiminde % 34-38 arasında bir paya ulaşacaktır. 2023 itibariyle, rüzgâr ve güneş enerjisi ülkedeki toplam elektrik üretiminin % 15.7'sini oluşturmaktadır.

Aynı senaryolar altında, rüzgar ve güneş enerjisinin elektrik üretimindeki % 34-38'lik payı, ithal fosil yakıtların elektrik üretimindeki payını 2022'de ulaştığı % 50'den % 23-24 seviyelerine kadar düşürecektir. Başka bir deyişle, rüzgar ve güneş enerjisi, elektrik üretiminde üçte bir paydan biraz daha fazlasına ulaşarak, ithal fosil kaynakların elektrik üretimindeki payını yarıya indirebilecektir. (EMBER 2023, ETKB, 2023)

Türkiye'nin Kalkınma Politikasında İklim Değişikliği

Kalkınma Planı 2001-2005: Hazırlanma aşamasında ayrı bir İklim Değişikliği Özel İhtisas Komisyonu (ÖİK) kurulmuş olsa da Planın kendisinde iklim değişikliğine sadece birkaç noktada yer verildi. Küresel iklim sisteminin korunması ve iklim değişikliği ile mücadelede Türkiye'nin sorumlulukları, halen geçerli olan farklılaştırılmış yükümlülükler ilkesine bağlandı. Planda; ulaştırma, enerji, sanayi ve konut sektörlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarını kontrol etmek ve azaltmak amacıyla enerji verimliliğinin artırılması ve tasarruf sağlanması yönünde düzenlemeler yapılması hedefi yer alır.

Kalkınma Planı 2007-2013: İklim değişikliğine bir önceki Plandan daha az yer verilmiştir. Türkiye'nin Kyoto Protokolüne taraf olmasının tartışıldığı bir dönemde hazırlanan Plan'da sadece "Çevrenin Korunması ve Kentsel Altyapının Geliştirilmesi" başlığı altında, taraf olunan BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesinden doğan yükümlülüklerin yerine getirileceği ifade edilmiş; sera gazı salımlarının azaltılmasına dair politika ve tedbirleri ortaya koyan bir Ulusal Eylem Planının hazırlanacağı belirtilmiştir.

Kalkınma Planı 2014-2018: İklim değişikliği konusuna daha geniş yer verilerek "İklim Değişikliği ve Çevre", "Gıda, Su ve Doğal Kaynakların Etkin Kullanımı" ile "Yaşanabilir Mekânlar, Sürdürülebilir Çevre" başlıkları altında değerlendirmelere gidilmiştir. Başta iklim değişikliğiyle mücadele olmak üzere, çevre konularına dair politikaların sürdürülebilir kalkınma ilkeleri çerçevesinde yürütüldüğü ifade edilen Plan'da; üretim ve tüketimde çevre standartlarının

rekabetçilik ve yeşil büyüme anlayışıyla geliştirilmesi ile biyolojik çeşitliliğin sürdürülebilir kullanımı vurgulanır. “Temiz üretim” kavramının da geçtiği Planda, temel yapısal sorun alanları için tasarlanmış 25 adet “Öncelikli Dönüşüm Programları” arasında iklim değişikliğini yakından ilgilendiren; enerji verimliliğinin geliştirilmesi, yerli kaynaklara dayalı enerji üretimi, tarımda su kullanımının etkinleştirilmesi programları belirtilebilir.

Kalkınma Planı 2019-2023: İklim değişikliğine sıkça atıf yapılan Planda Türkiye’nin gelişmekte olan ülke konumuna işaret edilerek yeşil büyüme ve emisyon artış eğiliminin sınırlandırılması yönünde bir politika izlendiği, iklim değişikliğine uyum çabalarına önem verildiği belirtilir. Sanayi yoğun ekonomide iklim finansmanına erişimin, emisyon azaltmada marjinal maliyeti düşüreceği vurgulanmıştır. İklim değişikliğinin gıda güvenliği ve suyun etkin kullanımı ile ilişkisine değinilmiş; “Yaşanabilir Şehirler, Sürdürülebilir Çevre” başlığı altında iklim değişikliğine dirençli yerleşim anlayışı yansıtılmıştır.

İklim değişikliğinin etkileri doğrultusunda yeraltı su havzaları ve barajlarının oluşturulması; istilacı türler ve tarımsal patojenlerle mücadele; tarımda ürün desen değişimi; turizm sektörünün durumu; başta Karadeniz Bölgesi olmak üzere 7 bölge için İklim Değişikliği Eylem Planları hazırlanması gibi somut hususlara da Plan’da yer verilmiştir.

12. Kalkınma Planında İklim Değişikliği Yansımaları

2024-2028 yıllarını kapsayan 12. Kalkınma Planının hazırlık çalışmaları esnasında oluşturulan 60 ÖİK’ten biri de “İklim Değişikliğinin Sürdürülebilir Kalkınmaya Etkisi” konu başlıklıdır.⁵

Plan’ı oluşturan 5 ana eksen arasında iklim yoğun tespit ve değerlendirmeler içeren “yeşil ve dijital dönüşümle rekabetçi üretim” ile “afetlere dirençli yaşam alanları, sürdürülebilir çevre” eksenleri yer almaktadır. Bununla birlikte genel olarak, Planda ele alınan çoğu sektörde iklim değişikliği etkileşiminin oldukça belirleyici bir faktör olarak işlendiği görülmektedir. Plan’da doğrudan iklim değişikliğiyle ilgili olarak yer verilen çeşitli hususlar aşağıdadır:

- Düşük karbonlu büyüme ve yeşil ekonomi yaklaşımlarının giderek güçlenmesi; iklim değişikliğine uyum ve emisyon azaltım politikalarının önemli bir dönüşüm fırsatı sunması; uluslararası alanda iklim adaleti politikalarının öne çıkması,
- Paris Anlaşmasının karbon fiyatlandırma mekanizmalarını, yeşil teşvik ve düzenlemeleri hareketlendirmesi; 2021’de taraf olunan Anlaşma doğrultusunda 2053 net sıfır emisyon hedefi konulması; 2022’de Ulusal Katkı Beyanının güncellenmesi; Avrupa Yeşil Mutabakatına uyum gerekliliği doğrultusunda 2021’de Yeşil Mutabakat Eylem Planının hazırlanması;
- İklim finansmanının önemli ve öncelikli olması, sınırda karbon düzenlemesi mekanizmasından etkilenecek sektörler için en düşük maliyetle emisyon azaltımının desteklenmesi, Emisyon Ticaret Sisteminin uygulamaya konulması,

- Yeşil teknolojilerin yeterince gelişmediği Türkiye’de yeşil işlerin yeni fırsatlar sunması, başta emisyon yoğun sektörler olmak üzere imalat sanayiinde yeşil dönüşümün hızlandırılması,
- Enerji arz güvenliğinde iklim değişikliğiyle mücadelenin yenilenebilir enerji, enerji verimliliği, enerji depolama, nükleer enerji ve yeşil hidrojen üretimini öne çıkarması, binaların enerji dönüşümünün hızlandırılması, jeotermal kaynaklı ısıtmanın artırılması,
- Gıda güvenliği ve suyun etkin kullanımında iklim değişikliğinin etkilerinin göz önünde tutulması; yağmur suyu ve gri su gibi alternatif su kaynaklarından istifade edilmesi;
- Küresel olarak iklim dostu, sürdürülebilir, akıllı, saikin ve dirençli kentler gibi yaklaşımların önemini koruması; iklim değişikliği etkisiyle artan afetlerde risk yönetiminde Sendai Çerçeve Belgesinin bulunması,
- 2053 net sıfır emisyon hedefinin enerji dengesini ve kömür politikalarının geleceğini etkilemesi; doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi, enerji dönüşümü, yeşil altyapı ve döngüsel ekonomi yatırımları, çevre koruma ve yeşil teknolojilerin yerli üretim imkânlarıyla yaygınlaştırılmasıyla kalkınma önceliklerine hanel getirmeden net sıfır emisyon hedefine ulaşılması; bu doğrultuda enerji, binalar, sanayi, ulaştırma, tarım ve ormancılık sektörlerinde milli gelire oranla en az yıllık ortalama 1,7 seviyelerinde dönük ilave yatırımların yapılması;
- Ormanların iklim değişikliğine uyum yeteneğinin geliştirilerek karbon yutak alanlarının artırılması,
- Emisyon azaltımında maliye politikası araçlarından yararlanılması; karbon vergisi niteliği taşıyan vergilerin gözden geçirilerek tamamlayıcı karbon vergisi dâhil karbon fiyatlandırma araçlarının analiz edilmesi; enerji tüketiminde verimliliğin artırılması, iklim değişikliği ve çevre kirliliği ile mücadelede yönelik vergi uygulamalarına devam edilmesi,
- Karbon ve su ayak izi hesaplama ve doğrulamasında ulusal standart uygulamalar geliştirilmesi,
- İklim değişikliğinin sağlık üzerine olan etkisinin belirlenmesi ve azaltılması için kurumsal kapasitenin güçlendirilerek kurumlar arası iş birliğinin artırılması,
- Turizm sektörünün iklim değişikliğine uyum kapasitesinin artırılması,
- Kırsal kesimde iklim değişikliği ve kuraklık kaynaklı yoksulluğun etkilerinin hafifletilmesi için tarımsal faaliyetlerin çeşitlendirilmesi, tarım arazilerinin etkin ve verimli kullanılması.

Planda iklim değişikliğiyle mücadele ve etkilere uyuma yönelik hassasiyet kapsamlı yansıtılmakla birlikte bu yaklaşımla çok da bağdaşmayan bazı hususlara da rastlanmaktadır. Örnek olarak, enerji arz güvenliğinin sağlanması kapsamında çevresel etkiler azami ölçüde göz önünde bulundurularak yerli kömürün kullanımına devam edileceği, mevcut kömür yakıtlı santrallarda rehabilitasyon yapılacağı, rezervlerin temiz kömür teknolojileriyle kullanılması için Ar-Ge

çalışmalarının yapılacağı, kömür ve biyokütleden değerli kimyasalların üretilmesinin sağlanacağı, başta linyit olmak üzere yüksek potansiyeli bulunan yerli kaynaklara yönelik arama, üretim ve Ar-Ge faaliyetlerinin artırılacağı, denizlerde petrol ve doğalgaz arama faaliyetlerinin yoğunlaştırılacağı şeklindeki hususlar belirtilebilir.

Kalkınma Planı, iklim değişikliği ile mücadele ve uyum politikaları ile sürdürülebilir kalkınma hedeflerini bünyesinde buluşturan üst politika belgesi olarak yüksek bir ilgiyi hak etmektedir. İklim değişikliğinin artık her yeni planda daha fazla yer bulduğu görülmektedir. 12. Kalkınma Planı da, sosyal uyum ve iklim adaleti dâhil iklim değişikliğiyle mücadele ve etkilere uyumu kapsamlı olarak içermiştir. Paris Anlaşması ve 2053 net sıfır hedefi doğrultusunda iklim değişikliğinin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmadaki etkilerini çevresel, sosyal ve ekonomik bütün boyutlarıyla ele alarak Türkiye'nin uzun dönemli düşük karbonlu kalkınma stratejisine yönelik analizler yaparak politika önerileri geliştirmiştir. Fosil yakıtlarla ilgili bazı hususların geçiş sürecinde zorunlu duyulan tercihler olduğu düşünülmektedir. Ormanlar dışındaki yutak alanların yeterince ele alınmadığı da eleştirilere eklenebilir. 12. Planın TBMM Plan ve Bütçe Komisyonunda ve Genel Kuruldaki görüşmelerinde, iklim değişikliğine ilişkin parlamenter farkındalığın ve duyarlılığın tutanaklara yansıdığı görülür. Ancak, Planın içeriğindeki iklim yoğunluğunun Meclis görüşmelerinde aynı oranda gerçekleştiği söylenemez. Kalkınma Planının, çok sektörlü kapsamına uygun olarak Çevre Komisyonu; Sanayi, Ticaret, Enerji Tabii Kaynaklar, Bilgi ve Teknoloji Komisyonu; Tarım, Orman ve Köyışleri Komisyonu gibi diğer ihtisas komisyonlarında tali komisyon olarak görüşülmesi, iklim değişikliğine ilişkin boyutların Mecliste daha çok ele alınmasını sağlayabilir.

Ekonomik büyüme politikasının ekolojik ve toplumsal açıdan sürdürülebilirlik hedeflerini yakalaması için Kalkınma Planındaki iklim duyarlı, yeşil, döngüsel ekonomi stratejilerinin bağlayıcı, destekleyici, teşvik edici düzenlemeler ve uygulamalarla hayata geçirilmesi beklenmektedir.

2.9. AB Ülkeleri Destek Mekanizmalarının Türkiye ile Karşılaştırılması

Kearney (Uluslararası danışmanlık şirketi), “Covid-19’un Enerjiye Etkileri” raporuna göre, salgın sırasında doğalgaz ve petrol karında ciddi düşüşler olmuş, yenilenebilir enerji ise bu krizi güçlü yönetmiştir. Bunun en önemli sebebi tarife garantilerinin, rüzgar ve güneşi fiyat düşüşlerinden korumasıdır. 2020’nin başlarında enerji talebi küresel bazda % 2.5 azalırken yenilenebilir enerjiye talep, geçen yılın ilk çeyreğine oranla % 1.5 artmıştır (Adler, 2020: 38). Türkiye’nin Covid19 iyileştirme paketinde YEK’ten gelen enerji ve güneş enerjisine destek için “Yeşil Tarife” açıklanmıştır (Climate Transparency Report, 2020).

Teşvik türleri ve/veya araçları karşılaştırıldığında sabit fiyat garantisi açısından; örneğin Norveç’te ulusal ölçekte uygulanan herhangi bir fiyat garantisi mevcut değilken, sübvansiyon, krediler ve vergi düzenlemeleri uygulayan Almanya örneğin güneş için 9,23–13,50 €/cent/kWh

destek sağlamaktadır. Türkiye’de ise çarpıcı olarak özel bir kaide mevcut olmamakta, yatırım varlıkları satın alımında KDV ve gümrük vergisi istisnası gibi teşviklerin genel bir profili ortaya konmaktadır(Yılmaz, Hotunluoğlu 2015).

İddialı hedefleri ve bu hedeflere yönelik politika uygulamalarına sahip ülkelerden Almanya, İspanya, Brezilya ve Çin’in yenilenebilir enerji konusunda rekabetçi güçlerini pozitif yönde ilerletmeleri, yenilenebilir enerjiye yönelik destek mekanizmalarının ne kadar önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Destek mekanizmalarının uygulamada başarısını ölçmek için “etkinlik” ve “ekonomik verimlilik” kriterleri kullanılmaktadır (Şekil 2.41).



Şekil 2.41. Destek Mekanizmalarının Değerlendirilmesindeki Temel Kriterler (Deloitte, 2022)

Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği’ne göre 27 Avrupa Birliği üyesi devletlerde aktif bir şekilde uygulanan teşvik sistemlerini etkinlik ve verimlilik açısından değerlendirdiği çalışması neticesiyle sabit fiyat garantisi uygulanan ülkelerdeki destek sistemlerinin, kotalamaya yönelik olarak yeşil sertifika mekanizmaları uygulanan diğer Avrupa Birliği dışındaki ülkelere göre daha etkin ve aktif olduğu, kurulu gücü görece daha hızlı ve etkili bir şekilde yükselttiği saptanmıştır (Deloitte, t.y. 8).

Maliyetleri yansıtan düzeyin üzerinde verilen teşvikler bazı yenilenebilir enerjiye yönelik hedeflere daha erken ulaşılmasını ve birim üretim maliyetlerinin hızla düşmesini sağlarlar. Böylece üreticiler planladıklarından fazla kazanç elde etmiş olurlar. Fazla kazanç elde eden üreticiler, görevini kısa bir zamanda yerine getirmiş olan teşvik sistemlerinin, aktif olduğu kalan süre boyunca kamu maliyesine ekstra harcamalar ve maliyetler getirmesine neden olmaktadır (Deloitte,2022).

Sadece kota mekanizmasını uygulayan İngiltere, Belçika, ve İtalya’da teşvik, üretim giderlerinden ve harcamalarından çok daha fazladır. Söz konusu durum, yüksek risk primiyle beraber yeşil sertifika piyasalarının söz konusu yıllarda henüz olgunlaşmamış olmasıyla açıklanmaktadır (Deloitte 2022).

Avrupa’da 1980’li yıllarda uygulamalar ağırlıklı olarak yatırım teşviki ve vergi indirimi şeklindedir. Almanya ve Danimarka’nın rüzgar santrali arazileri için gayrimenkul kredi vermeleri örnek olarak verilebilir. 1990’lara gelindiğinde düzenlemeye tabi tarife uygulamaları (sabit fiyat garantisi ve prim garantisi mekanizmaları) son dönemlerde ise, yeşil sertifika ve kota uygulamaları ağırlık kazanmıştır. Destekleyici mekanizmalar (yatırım teşviki ve vergi avantajları) ise yalnızca Finlandiya ve Malta’da uygulanmaktadır (Deloitte, 2022).

“2020 İklim Şeffaflığı Raporu” G20 ülkelerinin iklim değişikliği ile mücadele politikalarını ele almaktadır. Rapora göre Fransa’da açıklanan teşvik harcamalarının yaklaşık % 30’u ekolojik ve düşük karbonlu geçişe yönlendirilecektir. Eylül 2020’de, bir hidrojen endüstrisinin ve diğer yeşil teknolojilerin geliştirilmesi için 30 milyar Euro ek destek miktarı açıklanmıştır. Emisyon yoğun endüstriler için (havayolları ve otomotiv) destek de çevre ve iklim performansına bağlı hale getirilmiştir (Climate Transparency Report, 2020).

Almanya 2020 yılında destek paketini endüstrilere, sağlık hizmetlerine, refaha ve aşı Ar-Ge harcamalarına odaklı açıklamıştır. Avustralya mali paketi, sağlık harcamalarını ve haneler, işçiler ve işletmeler için destekleri içermektedir. Temiz enerji için federal ve eyalet hükümetleri aracılığıyla hidrojen ve pil depolama gibi bazı fonlar sağlanmıştır. Victoria eyaletinde, ağaç kesimi endüstrisindeki koruma yasaları askıya alınmıştır (Climate Transparency Report, 2020).

İtalya işletmeler için sağlık, refah ve acil durum desteğine odaklanmıştır. Devlet enerji verimliliği iyileştirmelerine; ısı pompaları, güneş fotovoltaikleri ve elektrikli araç şarj noktalarının aktif ulaşım ve özel kurulumlarına destek sağlamıştır (Climate Transparency Report, 2020).

1990’dan bu yana Almanya’da sabit fiyat garanti politikası yürürlüktedir. Sabit fiyat garantisinin uygulanma şekli Türkiye’deki YEK Destekleme Mekanizmasına benzemektedir. Sistem işletmecisi her dönemde ne kadar yenilenebilir enerjiye dayalı elektrik enerjisi üretileceğini tahmin etmekte ve kendisi satın almakta, ardından söz konusu enerjinin tamamını fiyat bağımsız teklif ile Gün Öncesi Piyasasına satmaktadır (Deloitte, 2022).

1994’ten günümüze, aynı şekilde İspanya’da da sabit fiyat politikaları uygulanmaktadır. Teknik Yapı Yönetmeliği (2006) ile biyogaz, biyokütle, solar ısı elektrige olan destek artan bir pozitif durum sergilemiştir. 2007 yılında tavan ve taban fiyat uygulamasına sahip bir prim garantisi sistemi uygulanmaya başlanmıştır. İlgili durumda, elektrik ücretlerindeki dönüşümler saatlik olarak takipte kalınıp, elektrik fiyatında artma meydana geldiğinde prim miktarı düşürülmekte, elektrik fiyatında düşüş olduğunda ise prim miktarı arttırılmaktadır. Elektrik fiyatının garanti edilen ödeme miktarının üstüne çıkması durumunda, prim miktarı sıfırlanmaktadır. Böylece, yatırımcı için görece sabit bir getiri garanti edilmiş olup, aynı zamanda son tüketiciye yansıyan maliyetin de fiyatın arttığı dönemlerde üzerine eklenen prim ile daha da artması önlenmektedir. Prim garantisi sisteminin toplam maliyeti böylece daha kontrol edilebilir bir biçimde uygulanmaktadır (Deloitte, 2022).

Hollanda’da 2003 yılında uygulamaya alınan Çevresel Kalite Programı kapsamında prim garantisi mekanizması uygulanmıştır. Prim garantisi mekanizmalar, fiyat sinyallerine cevap vermek açısından önemlidir. Bunun yanında sertifika uygulaması da bulunmaktadır. Bu sistem ile beraber, sabit fiyat garantisi ile prim garantisi sistemlerinin karma bir uygulaması meydana getirilmiş, spot pazar piyasa fiyatının üzerine bir prim eklenmesi şeklinde kararlaştırılmıştır. Fakat ilgili sisteme yeterince bütçe ayrılmadığı için 2006 senesinden başlayarak tarifelerin yüksek bir kısmında prim uygulanmaya girilmemiştir.

2.10. Enerji Güvenliği, Çevre Koruması ve Sürdürülebilirlik Arasındaki İlişki

Enerji güvenliği ile çevre koruması arasındaki ilişki, öncelikle çeşitli enerji piyasası rekabetçilerinin dengelemesinde ve sürdürülebilir enerji politikasında yatmaktadır. Yani enerji güvenliği düşünceleri çevresel faktörlerin önüne geçerse. Uluslararası Enerji Ajansı'na göre, enerji güvenliğinde iyileşme, bir ülkenin ekonomik faaliyetlerinin enerji arzının potansiyel kesintilere karşı hassasiyetini azaltarak elde edilir. Enerji güvenliği, daha kırılgan kaynakları daha istikrarlı kaynaklarla değiştirerek artırılabilir.

İkinci olarak, çevre koruması, enerji güvenliği bağlamında kirlilik ve iklim değişikliği koruması olarak geniş bir şekilde yönlendirilmiştir. İklim değişikliği koruması riskleri, yalnızca son yıllarda iyi anlaşılmaya başlanan birçok faktöre bağlıdır, bu da çevre koruması ve enerji güvenliği arasındaki ilişkinin dinamik olduğunu gösterir. 2007 yılında yapılan Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli Değerlendirme raporu, fosil yakıtların küresel iklim değişikliğinde oynadığı rol konusunda öncekinden daha kesin bir bilgi sunmaktadır, ancak sera gazı (GHG) konsantrasyon seviyelerinin toplamında hem antropojenik hem de doğal kaynakların göreceli önemi konusunda hala belirsizlikler bulunmaktadır. Benzer şekilde, GHG konsantrasyonu ile daha detaylı iklim değişikliği etkileri arasındaki kesin ilişki aktif olarak araştırılmaktadır. Bu bağlamda, çevre koruması açısından hukuk, bilimsel araştırmaların bir adım gerisinde kalmaktadır.

Üçüncü olarak, uzun vadede sürdürülebilir kalkınma, hukukun ekonomik konuları çevre korumasıyla uzlaştırma gücü haline gelmiştir. Ekonomik düşünceler genellikle enerji politikasını yönlendirirken, çevresel, sosyal ve kültürel faktörleri de dikkate alan, yönetim unsurlarını içeren ve ekonomik endişelerin yanı sıra sürdürülebilir kalkınma konusunda kabul görmüş hukuki prensipleri unutmamak önemlidir.

Ancak, 2000 yılında Avrupa Komisyonu, Enerji Güvenliği konusunda "Yeşil Kitap" adı verilen bir strateji belgesi yayımladı. Bu belge, bir bütüncül strateji oluşturarak gelecek 20 veya 30 yıl için enerji arzının güvenliğini güçlendirmeyi amaçlamıştır. Bu belge, AB'nin yapısal zayıflıklarını vurgularken, çevresel eksikliklere de dikkat çekmiş, özellikle de AB'nin Kyoto Protokolü'ndeki taahhütlerine ilişkin olarak. Aynı zamanda talebi ve arzı düzenlemek, ithalat kaynaklarını çeşitlendirmek ve birleşik bir AB pazarı geliştirmek için öncelikler belirlemiştir ve üretici ülkelerle diyalog üzerinde durulmuştur.

Çevresel haklar konusunda, sürdürülebilir kalkınmanın uygulanması yoluyla çevre koruması ve ekonomik kalkınmanın uzlaştırılması konusu yeni değildir; zaten ilk anlaşma olan 1992 Rio de Janeiro Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda, özellikle madde 4'te, her iki yönü de uyumlu hale getirme çabası göstermiştir.

Ancak pratikte, çevresel düzenlemenin enerji güvenliği üzerinde s etkileri her zaman çok net değildir. Gerçekten de çevre hukuku, enerji güvenliği üzerinde olumsuz etkilere sahip olabilir.

Örneğin, yasalar kömür üretimine yatırım yapmaktan veya nükleer enerji inşasını engellemekten kaçındığında, enerji güvenliği üzerinde olumsuz etkileri olabilir. Bununla birlikte,

sürdürülebilir kalkınmanın temel amacının gelişimi durdurmamak, ancak güvenlik politikalarıyla uyumlu akılcı gelişim seçimleri yapmak olduğunu hatırlatır. Bu, sürdürülebilir enerji ihtiyaçlarının yanı sıra ilkeler ve uygulamaların da tanınmasını gerektirir.

Ayrıca, çevre koruma için önemli derecede uluslararası düzenleme, enerji güvenliği konuları üzerinde dolaylı etkilere sahiptir. Çevre konularında enerji güvenliğinin diğer tüm düşüncelerin üstün geleceği riski, yasa tarafından çok az durumda kabul edilir.

İlk olarak, çevreyi, biyolojik çeşitliliği veya doğal/kültürel mirası koruma yükümlülüğü gibi esaslı antlaşma yükümlülükleri, aşırı durumlar veya temel değişiklikler dışında güvenlik amaçları için antlaşma feragatlarına tabi değildir. Ulusal düzeyde, uluslararası çevre standartlarının uygulanması, halk katılımı ve uluslararası antlaşma yükümlülüklerinin enerji meselelerinde güvenlik konularıyla doğrudan bağlantısı vardır.

İkinci olarak, uzun vadeli enerji güvenliği endişeleri, 1992 BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (UNFCCC) ve 1997 Kyoto Protokolü'nün ulusal uygulaması yoluyla paylaşılmıştır. Söz konusu protokoller, sera gazı emisyonlarının 2008-2012 hedef dönemi içinde yaklaşık 1990 seviyelerine indirilmesini amaçlamıştır. 1997 Protokolü, gelişmiş ülkelere (Ek I) sera gazı emisyonlarını azaltma konusunda özel taahhütler içermektedir. Yillardır birçok ülke ve AB, bu hedeflere yönelik adımlar atmaktadır.

Son olarak, Optimal politika hem enerji güvenliği hem de çevre önlemlerini ek maliyeti, her iki boyutta da elde edilen marjinal faydalarla eşitlenecek şekilde fiyatlandırarak elde edilebilir.

2.11. Enerji Güvenliğinin Çok Yönlü Kavramı

Yine de, kesintisiz ve ekonomik enerjiye erişim, modern ekonomilerin işleyişi için temel hale gelmiştir. Ancak, enerji kaynaklarının ülkeler arasında eşitsiz dağılımı ciddi kırılganlıklara yol açmıştır. Enerji verimliliği için fırsatlar geniş coğrafi alanlarda var olabilir, örneğin sınırlı sayıda ülkede yoğunlaşan diğer enerji kaynaklarına karşı yenilenebilir enerjilerin kullanımıyla çözüm bulunabilir.

Bu yönlerden yola çıkarak, erişim, arz, güvenilirlik ve sürdürülebilirliğin bu önemli unsurlarının farklı zamanlarda ve yerlerde değiştiğini gözlemleyebiliriz. Gerçekten de bugün enerji ihtiyaçları, karmaşık altyapıların yönetimi, yüksek düzeyde artan piyasa rekabeti, iyi gelişmiş enerji ticareti ve çevresel kısıtlamalarla dengelemek durumundadır. Ayrıca, hangi enerji kaynağının söz konusu olduğuna bağlı olarak da değişkenlik gösterirler. Örneğin, AB içinde, yenilenebilir enerjiler 2020 ve sonrası için enerji payının % 20'sini hedefleyen 2009/28/EC Direktifi ile artırılmıştır. Yenilenebilir enerji payı 1990 yılında yalnızca % 4 iken bu artış dikkat çekicidir. Bu nedenle enerji güvenliği statik bir kavram değildir: başlangıçta petrolle ilgili olsa da, şimdi farklı ulusal, bölgesel ve uluslararası düzenleyici yanıtları gerektiren geniş bir sorun yelpazesini içerir hale gelmiştir. Gerçekten 1974 yılında petrol güvenliği ile ilgilenen IEA(Uluslararası Enerji Ajansı), şimdi üç E'ye (enerji verimliliği, enerji güvenliği ve çevresel koruma) odaklanmaktadır.

Bu örnekler, enerji güvenliği yasalarının sektörel, zaman ve mekânsal boyutlarının karmaşık etkileşimlerini vurgulamaktadır ki bunlar dikkate alınması gereken konulardır.

Sürdürülebilir kalkınma hem ihtiyaçları hem de sınırlamaları içerir. Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Komisyonu, " çevre üzerindeki enerji arzı ve kullanımının etkisini hafifleterek ve bu şekilde yaşam alanımızın uzun vadeli kalitesini garanti ederek enerji talebinin artan talebini nasıl karşılayacağımız" olduğunu belirtmiştir.

Bu ifadeden iki enerji verimliliği unsuru çıkarılabilir: artan enerji talebine yardımcı olmak için en iyi altyapı ve ağlara ihtiyaç; ve enerji karışımının seçimini etkilemek, kullanımları etkilemek ve düşük karbonlu teknolojiler aracılığıyla iklim değişikliği hedeflerine ulaşmada AB'ye kolaylık sağlamak için araştırma ve teknoloji geliştirmektir.

2.12. Verimli Enerji Kullanımına Uyum Sağlama: Sürdürülebilir Kalkınmanın Önemi

Bu bağlamda, AB, 2020 yılında Avrupa'nın yıllık birincil enerji tüketimini % 20 azaltmayı hedeflemiş ve daha uzun vadeli olarak, 2011 Enerji Yol Haritası AB'yi 2050 yılına kadar sera gazı emisyonlarını 1990 seviyelerinin % 80-95 altına indirme taahhüdünde bulunmaktadır. Komisyon, AB vatandaşlarının refahının, AB endüstrilerinin rekabet gücünün ve toplumun genel işleyişinin güvenli, güvenli, sürdürülebilir ve uygun maliyetli enerjiye bağlı olduğuna inanmaktadır. Enerji Yol Haritası 2050, uzun vadeli bir Avrupa çerçevesi geliştirmek için tüm paydaşlarla birlikte temel olarak kabul edilmektedir.

2.13. Enerji Verimliliği ve Altyapı

Bu unsurlara dayanarak, AB Enerji Verimliliği Direktifini başlattı, bu direktif AB içinde enerji verimliliğinin teşvik edilmesi için ortak bir çerçeve önlemi sağlamaktadır. AB'nin 2020 yılına kadar % 20 enerji verimliliği hedefine ulaşarak ve bu tarihten sonraki enerji verimliliği iyileştirmelerinin yolunu açmayı amaçlamaktadır. Enerji arz ve kullanımında verimliliği engelleyen enerji pazarındaki engelleri kaldırmaya yönelik kuralları belirler İlk olarak, Direktif, kamusal binaların görünürlüğünü ve kamusal harcamaların gücünü kullanarak piyasa dönüşümünü sağlamayı ve yenilikçi finansmanı teşvik etmeyi amaçlamaktadır, kamu kurumlarına ait binaların yenilenmesi ve enerji verimli binalar haline getirilmesi, son tüketiciler arasında enerji tasarruflarını tetikleyen yeni veya güçlendirilmiş politika araçlarının enerji verimliliği yükümlülüğü düzenlemeleri yoluyla kurulmasını sağlar, büyük ölçekli şirketlerde genellikle bilgi sağlamak ve eylemi başlatmak için enerji denetimleri düzenler, tüketicilere daha verimli enerji kullanımını seçmek için şeffaf bilgilere erişim sağlar. Kojenerasyon konusunda 2004 yılından bu yana elektrik üretimindeki payı değişmeyen sürdürülebilir enerji dönüşümü çözümlerini teşvik eder. Son olarak, enerji altyapısının yönetiminden verimliliği artırmayı amaçlamaktadır.

Sonuç olarak, Enerji Eylem Planı ve aynı doğrultuda Enerji Verimliliği Direktifi, AB'deki enerji kullanımlarını düzenlemeye yönelik açık girişimler olarak kabul edilebilir. İlk olarak tasarruf

tedbirlerinin uygulanması yoluyla, ancak aynı zamanda altyapı yatırımlarının seçimi aracılığıyla da, bu kullanımları daha da belirleyebilecek hala getirmiştir. Gerçekten de AB'deki enerji arzı ve çeşitlendirme politikaları, gaz ve elektrik için artan ağ kapasitesine yönelik olarak net bir şekilde yönlendirilmiştir, aynı zamanda yenilenebilir kaynaklar açısından da çok büyük adımlar atılmasına imkân vermiştir. Enerji verimliliğini artırmak, doğrudan AB enerji payındaki potansiyellerini etkiler.

2.14. Etkili ve Çeşitli Enerji İçin Teknoloji Politikası: Düşük Karbonlu Teknolojiler ve Enerji Tasarrufu

Altyapı ve ağ politikaları daha büyük enerji verimliliği sağlasada, sadece bunlara odaklanmak yanıltıcı olur, çünkü enerji arzı aynı zamanda çevresel ve iklim değişikliği ile teknik ve yenilikçi girişimler gibi diğer kamu politikalarından da etkilenir. Daha fazla enerji tasarruf edildiğinde, mevcut depolama kapasitesi ve talebin üzerindeki kurulu kapasite marjları daha uygun olur ve ithalata bağımlılık daha düşük olur; ekonominin enerji bağımlılığını azaltmak, ithalata bağımlılığı ve bununla birlikte gelen arz güvenliği riskini azaltmanın en açık yoludur.

Enerji Ajansı tarafından da belirtildiği üzere, fosil yakıtlar hala egemen durumdadır ve talep artmaya devam etmektedir, bu sonuçta hala günümüzde yüksek karbon altyapısına yönelmeye sebep olmaktadır. Enerji verimliliği ve düşük karbonlu teknolojilerin hızlı bir şekilde kullanılmasının hükümet harcamalarını azaltmaya, enerji ithalat bağımlılığını düşürmeye ve emisyonları azaltmaya nasıl yardımcı olabileceğini açık şekilde birçok kez anlatmıştır. Dolayısıyla teknolojiler, enerji sistemini dönüştürmede bütünsel bir rol oynayabilir ve oynamalıdır. Bu nedenle bugün yapılan yatırımlar, 2050'de yerleşik olacak enerji sistemini belirleyecektir; bu nedenle temiz enerjideki ilerlemenin eksikliği endişe vericidir.

AB düzeyinde, 2007 Stratejik Enerji Teknolojisi Planı (SET-plan), Avrupa Birliği'nin enerji ve iklim politikasının bir teknoloji direği olarak yer alır, Avrupa için bir teknoloji politikası oluşturarak. Bilgi geliştirmeyi, teknoloji transferini ve benimsemeyi hızlandırmayı, düşük karbonlu enerji teknolojilerinde AB endüstri liderliğini sürdürmeyi, 2020 Enerji ve İklim Değişikliği hedeflerini gerçekleştirmek için bilime dayanmayı ve 2050'ye kadar dünya çapında düşük karbonlu bir ekonomiye geçişi desteklemeyi amaçlamaktadır. SET-Plan'ın iki ana zaman çizelgesi vardır: 2020, maliyet etkin düşük karbonlu teknolojilerin gelişimini ve kullanımını hızlandırmak; 2050, AB sera gazı emisyonlarını % 80-95 azaltarak küresel sıcaklık artışını 2°C ile sınırlamaya katkıda bulunmak, düşük karbonlu enerjinin maliyetini düşürmek ve AB enerji endüstrisini hızla büyüyen düşük karbonlu enerji teknolojisi sektörünün önüne koymaktır.

Buna dayanarak, yenilenebilir enerji teknolojisinin teknolojik gelişimine ilişkin olarak,, Üye Devletlere destek sistemleri işletme ve işbirliği önlemleri uygulama olanağı sağlar. AB'nin yenilenebilir enerji sektörü, Direktifin hazırlandığı dönemde ön görüldüğünden çok daha hızlı

gelişmiştir. Gerçekten de yenilenebilir enerji üreticileri, enerji pazarında önemli bir rol oynamaktadır.

Ayrıca, Enerji Yol Haritasında 2050'nin izlemesine yönelik bir Avrupa enerji teknolojisi politika perspektifi sunmayı amaçlayarak enerji teknolojisi ve yenilik ve yenilenebilir politikasına yer verilmiştir.

Uluslararası Enerji Ajansı'na göre, enerji verimliliği ve CO₂ emisyonu azaltma teknolojilerinin 10 tanesinden 9 tanesi hedeflenen objektiflere ulaşsa da düşük karbonlu teknolojilere geçişte başarısızdır. Düşük karbonlu elektrik üretimi, sürdürülebilir enerji sistemlerinin ana hareket noktasını oluşturur ve elektrik sektörünün çok ötesinde avantajlara sahiptir. Ayrıca, CO₂ emisyonlarını endüstride, ulaşımda ve yapı sektöründe büyük ölçüde azaltma potansiyeli taşır.

Uluslararası Enerji Ajansı'na göre karbon yakalama ve depolama teknolojisindeki gelişmeler oldukça yavaş ilerlemektedir. Bu teknoloji daha hızlı geliştirilebilirse, 2025 yılına kadar toplam CO₂ emisyonunda % 20 azalmaya katkı sağlayabilir.

Daha çeşitli enerji kaynakları içeren düşük karbonlu bir enerji sistemi, yeni sistemin daha entegre ve karmaşık olması anlamına gelir ve farklı kaynaklara dayalı üretime dayanır. Bugüne kadar AB politikaları bu yönde şekillendirilmiştir, ancak hedefleri destekleyen politikalar aynı zamanda yeni teknolojilere bağlı finansal riskleri yeterince ele almalıdır.

Gerçek uygulamalar, belirleyici politika adımlarının ilerleme için bir katalizör olduğunu göstermektedir. Bazı yenilenebilir enerji teknolojilerinin başarısı, yeni gelişen teknolojilerin pazarı ele geçirip rekabet edebileceğini göstermektedir. Dünya genelinde güneş fotovoltaik, son yıllarda yıllık ortalama % 4.5 üretim artışı kaydederken, rüzgar enerjisi üretimi ise ortalama % 14 seviyesine ulaşmıştır.

Sonuç olarak, Komisyonun enerji verimliliğine olan ilgisi göz önüne alındığında, muhtemelen beklenenden daha az ilerleme kaydedildi. CO₂ emisyonlarının azaltılması ve yenilenebilir enerji üretiminin artırılması için 2020 hedefleri bağlayıcıdır, ancak enerji verimliliği hedefi bağlayıcı değildir. Ayrıca, enerji tasarrufunu teşvik eden direktifler her zaman tam enerji verimliliği potansiyelini yakalayamamıştır, bu da enerji verimliliği hedefinin bağlayıcı olmayan doğasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca daha akıllı iletim ağları, enerji üretimindeki çeşitlilik gibi unsurlar kısa ve uzun vadeli iyileştirmeler için önem taşır.

Komisyonun Enerji Verimliliği ve Yenilenebilir Kaynaklara ilişkin gelecekteki senaryolarına dair araştırması, mevcut AB direktiflerinin tam olarak uygulandığı varsayıldığında bile, 2030'da Avrupa'nın enerji ithalatının 2000 seviyesinden daha yüksek olabileceğini göstermektedir. Özellikle yenilenebilir kaynaklara yönelik olarak, enerji çeşitlendirmesi gibi diğer enerji tedarik önlemleri de dikkate alınmalıdır.

2.15. Yerli Enerji Tedarikinin Teşvik Edilmesi, Kömür Üretiminin Paradoksu: Hukuki Perspektifler ve Ar-Ge Tarafından Desteklenen Görünüm

Ocak 2008'de Komisyon, iklim değişikliği ve yenilenebilir enerjilerle ilgili 2020 hedeflerine ulaşmak için "enerji ve iklim değişikliği" paketinin bir parçası olarak tutarlı ve kapsamlı bir dizi önlem başlattı. AB sera gazı emisyonlarının 1990 seviyelerine göre % 20 azaltılması ve AB'nin yenilenebilir kaynaklardan üretilen enerji tüketimindeki payının % 20 artırılması, ortalama küresel sıcaklık artışını 2 santigrat derecenin altında tutmak için gerekliliğini vurguladı; Aksi takdirde iklim değişikliğinin yönetilemez olduğu düşünülmektedir. 2050 Yol Haritası ayrıca küresel sera gazı emisyonlarının 2050'ye kadar % 80 oranında azaltılması gerektiğini açıklığa kavuşturmuştur. Bununla birlikte, AB'nin mevcut enerji karışımı, tüketimin %79'unu oluşturan karbon yoğun fosil yakıtlarla karakterize ediliyor. Bu sebeple politika, "temiz kömür" teknolojileri, nükleer enerji güvenliği ve yenilenebilir enerji payının artırılması üzerinde yoğunlaşmıştır.

Kömür, küresel ölçekte, 2005 ile 2030 arasında beklenen % 73'lük artışla şu anda en hızlı büyüyen fosil enerji taşıyıcısı ve gerçekten de petrole aradaki farkı yavaş yavaş kapatarak ikinci en önemli fosil yakıt olmaya devam ediyor. Ancak Avrupa'da talebin sabit kalması, 2030'a kadar sabit, yerel üretim hacminin düşmesi ve AB'yi ithalata her zamankinden daha fazla bağımlı hale getirmesi bekleniyor. Komisyon rakamları bu nedenle kömür piyasasının bölgesel olarak daha çeşitli olduğunu ve doğal gaz ithalatına göre daha açık olduğunu, ithalatın tek bir pazarın hakimiyeti altında olmadığını gösteriyor. Tüm bu faktörler, AB'nin ithalat bağımlılığının uzun vadede kesintisiz kömür arzına yüksek bir risk oluşturmadığı değerlendirilmesine katkıda bulunuyor.

Ancak kısa vadede bazı riskler olabilir. Gerçekten de, küresel kömür piyasası geçici arz kesintilerine karşı savunmasız olmaya devam ediyor; 2008'in başlarında beş büyük ihracatçı ülkeden üçündeki kesintilerin rekor küresel kömür fiyatlarına yol açmasıyla doğrulandı. Kömürün çıkarılması ve yakılmasıyla ilgili çevresel riskler de işin farklı bir boyutunu oluşturmaktadır; büyük miktarlarda toprak erozyonu, su kirliliği, yerel biyoçeşitlilik üzerindeki etkiler ve büyük miktarlarda sera gazı salınımı bunlardan bazılarıdır. Ancak Avrupa'nın kömür tüketimiyle ilgili uzun vadeli sorumlulukları ve aynı zamanda AB'nin çevre güvenliği standartlarına ulaşamayan kömür ihraç eden ülkelerin teknolojik altyapılarını yansıtacak şekilde dikkate alınmaları gerekmektedir.

Çok daha büyük bir uzun vadeli risk iklim değişikliğidir. Gerçekten de, elektrik üretiminde kömür kullanımı, diğer herhangi bir enerji üreticisine kıyasla çok daha fazla sera gazı emisyonuna neden olur. Bunu bir perspektife oturtmak gerekirse, 2008'de % 28 ile kömür, AB'de nükleer enerjinin hemen ardından en büyük ikinci elektrik üretim kaynağıydı. AB'nin iddialı enerji ve iklim değişikliği hedefleri göz önüne alındığında, temiz kömür teknolojileri hızla geliştirilmektedir. Bu kapsamda, fosillerden sürdürülebilir enerji üretimi olasılığını ve CCS (Karbon Tutma Depolama) teknolojisi için yasal bir çerçevenin sağlanmasını, yakın gelecekte uygulanabilir projelerle

araştırma ve geliştirmeyi artırma bakış açısıyla tanımlar. AB, bu kapsamda karbon yakalama ve jeolojik depolamanın zararlı gaz emisyonlarını ortadan kaldıracabileceğini vurgular ve bu konuda çalışmalara aralıksız devam etmektedir.

Karbon Tutma ve Depolama konusuna gelindiğinde, konuyla ilgili yönerge, depolama alanlarının çevresel etkisi üzerinde sağlam güvenceler ve denetim sunmaktadır. Bu düzenleyici girişim aynı zamanda pazar mekanizmalarının henüz karbonizasyonu gerçekleştirmiş olması nedeniyle, 2020 ve uzun vadeli 2050 hedeflerine uygun olarak emisyon performans teknolojilerinin gerekliliğini vurgulamaktadır. Ancak düzenlemeler daha ileriye taşınabilir, örneğin birim elektrik üretimi başına izin verilen sera gazı miktarına bir sınır koymak ve böylece (CCS) Karbon Tutma ve Depolama olmadan yeni kömür santrali inşaatını engellemek gibi tedbirlerle bu düzenlemeler daha ileri seviyelere taşınabilirdi.

Mevcut teknolojik koşullar altında, Karbon Tutma ve Depolama süreçleri yayılan CO₂'nin yaklaşık %85'ini yakalayabilir. Ancak bu süreçler enerji santrallerinin verimliliğini düşürerek kömür talebini artırır. Ayrıca bu konuda Uluslararası Enerji Ajansı, depolanan CO₂ için uzun vadeli sorumluluk ve risk yönetimi prosedürleri konusundaki endişelerini dile getirmiş, ancak yönerge sorumluluğun transferine dair protokoller belirlemiştir.

Yönerge mali mekanizmaları ve maliyet tahminleri içerse de, Karbon Tutma ve Depolama sistemlerinin etkinliği hala sorgulanmaktadır; yüksek maliyeti, diğer teknolojilere kıyasla rekabet gücünü engellemektedir. Ayrıca, rezervuarların izolasyonu ve uzun vadeli CO₂ sızıntısı potansiyeli ile ilgili teknik zorluklar bulunmaktadır.

Bu bağlamda, halkın farkındalığı ve kabulü önemli rol oynamaktadır ve yönerge, halka şeffaf bilgi sağlayarak bu konuda kısmen adımlar atmaktadır. Enerji Ar-Ge çalışmaları, en yüksek karbon azaltmalarına odaklanmalı ve öncelikli olarak AB bütçesinde yeniden yapılandırılmalıdır. Benzer şekilde, Emisyon Ticaret Sistemi, en umut verici düşük karbon teknolojilerinin gelişimini hızlandırmak için tutarlı politikaların uygulanmasıyla birlikte emisyon azaltma hedeflerine ulaşmak için olanak sağlayıcı olmalıdır.

2.16. Nükleer Enerjinin Düzenleyici Enerji Güvenliği Etkileri: Güvenlik ve Maliyet-Etkin Düşük Karbon Teknolojileri

Nükleer enerji santralleri, geleneksel fosil yakıtlı enerji santrallerine göre daha temizdir ve AB enerji karışımında ilgi çekici bir payı temsil etmektedir. 27 AB ülkesinin 14'ünde nükleer reaktörler bulunmaktadır. Fransa, işletmede olan 58 nükleer enerji santrali ile öne çıkmaktadır. Slovenya ise bir nükleer santrale sahiptir. Gerçekten nükleer enerji, AB'nin yetkisine girmemekle birlikte, üyeler kendi enerji karışımlarını seçerler. Şu ana kadar düzenlemeler, uzun vadeli güvenlik önlemleri, şeffaflık ve daha yakın zamanda olası düşük karbon teknolojileri üzerine odaklanmış ve sistemin dayanıklılığını değerlendirmek için stres testlerinin uygulanmasına dikkat edilmiştir. Üye Devletler nükleer enerji kullanımını tercih ettiklerinde, 1957 EURATOM Antlaşması tarafından

belirlenen yüksek seviyeli nükleer güvenlik önceliklerine sıkı bir şekilde uymalıdır. Nükleer tesisler, işletim ömürlerinin sonunda anlaşmaya varılan güvenli ve çevresel açıdan uygun uygulamaya göre kapatılmalıdır ve radyoaktif malzemelerin taşınmasında yüksek standartlar gereklidir. Geçmişteki kazalar, özellikle Japonya'daki Fukushima Daiichi kazası, enerji güvenliği için teknolojik, organizasyonel ve düzenleyici koşulların artırılmasının kaçınılmaz olduğunu göstermiştir. Halka doğru ve şeffaf bilgi sağlamak da kaçınılmazdır.

Şu anda nükleer endüstri, AB'nin elektriğinin 1/3'ünü sağlamaktadır. Radyolojik bir acil durumda AB, ECURIE (The European Community Urgent Radiological Information Exchange) uyarı sistemini devreye sokacaktır. Bu sistem, yaklaşan bir nükleer tehlikeyi tüm ulusal otoritelere anında bildirir. Fukushima'nın kazasının ışığında, Avrupa Komisyonu sonunda Avrupa'daki tüm nükleer santraller için bir stres testi önermektedir. Bu testler, nükleer filonun şoklara dayanıp dayanamayacağını kanıtlamak ve gerçekten dayanıklılığını değerlendirmek amacıyla yapılacaktır. Testler, AB'ye yakın ülkelerdeki nükleer enerji kullanan ülkeler için de önerilmektedir. Avrupa Komisyonu, düşük karbonlu teknolojilerin geliştirilmesi ve dağıtılmasının hızlandırılması için aynı zamanda "sürdürülebilir nükleer inisiyatifi"ni de araştırma öncelikleri olarak belirtmektedir. AB, tehlikeli atık üretmeyen mevcut nükleer enerjiye zıt olarak nükleer füzyon yoluyla elektrik enerjisi üretme çabasına Amerika Birleşik Devletleri ve birçok diğer ülkeyle katılmıştır. İlk tesis Fransa'da inşa edilecektir, ancak başlangıç sonuçlarının en az 15-20 yıl sonra beklenmesi gerekmektedir.

Son yıllarda nükleer kapasitenin uygulaması ve nükleer enerji santrallerinden elde edilen elektrik neredeyse sabit kalmıştır. Fukushima'daki önemli olayın ardından nükleer politikanın gözden geçirilmesi gerekmektedir. Almanya'nın sekiz reaktörünü kalıcı olarak kapatması ve geri kalanlarını kapatmayı taahhüt etmesi gibi uygulamalar vardır. Önümüzdeki yıllarda hukuki durumu öngörmek belirsizdir. Sonuç olarak, nükleer enerjinin kullanımı konusunda ortak bir yaklaşım yoktur: nükleer güvenlik, genellikle nükleer atık ve kapatma öncelikleri içinde sınırlıdır. Enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesine ve "temiz kömür" ve nükleer perspektif konusundaki belirsizliğe ilişkin ihtiyaca gelince, AB politikasını daha çok yenilenebilir kaynaklara yönlendirmiştir.

2.17. Yenilenebilir Kaynaklara Doğru Bir Yönlendirme: RES Direktifi

Son yıllarda AB, yenilenebilir enerjinin gelişimini hızlandırmayı ve sağlamayı amaçlayan bir dizi program ve politika başlatmıştır. Yenilenebilir enerji, rüzgar, güneş, hidroelektrik ve gel-git enerjisi yanı sıra jeotermal enerji ve biyokütle içerir. 2021 yılında yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerji, AB'de brüt nihai enerji tüketiminin % 22'sini oluşturmaktadır; ki bu oran 2004 yılında % 7,9'du. AB'nin yenilenebilir enerji hedefi 2030 yılı için % 42,5'tir. Yenilenebilir enerjiye verilen yüksek öncelik, öncelikle iklimi olumsuz etkileyen fosil yakıt bağımlılığını azaltma ve enerji güvenliğini artırma potansiyeli nedeniyle belirlenmiştir. Gerçekten de yenilenebilir enerji, yapısal ve teknik avantajlar sunar; örneğin güneş, rüzgar ve jeotermal kaynaklar gibi birçok yenilenebilir kaynak için kıtlık, fosil yakıtlar ve uranyum gibi kaynaklarda olduğu gibi bir endişe kaynağı

değildir. Bu da uzun ve kısa vadede enerji arzı güvenliğini artırır. İkinci olarak, enerji verimliliği ve güvenilirliği açısından, yenilenebilir enerji teknolojileri ölçekte ve kullanım türünde esneklik sağlar. Örneğin yenilenebilir enerji kullanılarak sağlanan elektrik veya ısı, fosil yakıt santrallerinin aksine yakıt dalgalanmalarına daha az duyarlıdır. Son olarak, yenilenebilirlerin payının artırılması kırsal ve izole bölgeler için enerji perspektiflerini iyileştirebilir.

Bugün çevresel endişeler ve enerji çeşitlendirme tartışmasında bu sektörün uygunluğu, enerji güvenliği perspektifine eklenmektedir. Gerçekten de (çoğu yenilenebilir enerji için) sürdürülebilirliği engellemeden, yenilenebilir enerjinin yaygınlaştırılmasını önceliklendirmek AB'nin sera gazı emisyonlarını azaltmayı teşvik etmesini sağlamaktadır. 2006 Yenilenebilir Enerji yol haritası, toplam enerji tüketiminde % 20 yenilenebilir enerji payına ulaşma hedefiyle 2020'ye kadar taahhüt içermekte olup bunun % 10'u taşıma için ayrılmıştır. AB Üye Devletlerinin enerji arzının önemli bir bölümünü yenilenebilir enerji kaynaklarıyla üretme hedefini doğrulamaktadır. "Enerji ve İklim" paketinin bir parçası olarak, bu hedef daha sonra RES Direktifi'nde de yer almış olup, yenilenebilir kaynaklardan enerji üretimi ve teşviki için ortak bir çerçeve oluşturmakta ve Üye Devletlere önceden anlaşılan belirli bir kota üretmelerini (en az % 5,5 enerjilerini) ve bu kota Üye Devletlerin farklı başlangıç noktalarına, yenilenebilir enerji potansiyeline ve ekonomik performansına dayanarak belirlenmektedir.

Neden hedefler belirlenmeli? Enerji, Avrupa'nın ekonomik motorunun yakıtı olduğundan, yönetim için yasa tek kaynak değildir. Avrupa'nın enerji talebi yüksek ve istikrarsız enerji fiyatları ortamında artmaktadır, bu nedenle ekonomik araçlar birincil bir faktördür. Yenilenebilir enerjiler hala fosil yakıtlar kadar ucuz değil ve karbon fiyatı yenilenebilir enerjiyi yeterince çekici hale getirmek için henüz yeterli değil. Bu nedenle enerji politikasındaki hedefler, yatırımcılara uzun vadeli güvence sağlama imkanı tanır.

RES Direktifi aynı zamanda Üye Devletler arasında ve AB dışındaki ülkelerle yenilenebilir enerji ticaretini teşvik etmek için düzenlemeleri içerir. Örneğin, bir Üye Devlette üretilen yenilenebilir enerji, başka bir Üye Devletin hedefine sayılabilir. Kabulünden önceki müzakereler sırasında bazı çevre grupları bu kavramı karşı çıktı ve hedeflerin, hedefin uygulandığı ülkede üretilen enerjiyi sayması gerektiğini savundu, çünkü enerji sistemi dönüşümünü hızlandırabileceğini öne sürdüler. Ancak iklim değişikliği açısından bakıldığında, yenilenebilir üretimin nerede olduğunun pek önemi olmadığı söylenebilir. Uygulamada, RES işbirliği düzenlemeleri geniş ölçüde kullanılmamış ve AB organlarından bunu teşvik etmek için çok az destek almıştır. Bu zorluğun üstesinden gelmek için Komisyon, yenilenebilir enerjiyle sınır ötesi ticareti kolaylaştırmak için yönergeler çıkarmıştır.

Yenilenebilir Enerji Kaynakları Direktifi, yenilenebilir kaynakların (biyoenerji dahil) gelişimi için yol haritaları belirler. Bu, diğer enerji verimliliği önlemlerinin nihai enerji tüketimi üzerindeki etkilerini dikkate almalıdır (enerji tüketimindeki azalma ne kadar yüksekse, hedefe ulaşmak için yenilenebilir kaynaklardan gereken enerji o kadar az olacaktır). Ayrıca, planlama ve

fiyatlandırma düzenlemelerinin ve enerji kaynaklarından gelen enerjiye erişimin yeniden düzenlenmesi için prosedürleri kapsar. Bu nedenle RES direktifi, AB'nin hedeflerine maliyet etkin bir şekilde ulaşmaya yönelik işbirliği mekanizmaları oluşturur. Ayrıca, idari engelleri kaldırmak, yetkilendirme prosedürlerini hızlandırmak ve özellikle biyokütle kaynaklarının daha iyi kullanılmasıyla yenilenebilir enerjinin enerji sistemine entegrasyonunu güçlendirmek için önlemler oluşturur. Son olarak, Üye Devletlerin, taşıma sektöründe yenilenebilir kaynaklardan enerji için gerekli altyapıyı oluşturmalarını sağlar.

Avrupa Komisyonu, Üye Devletlerin 2020, 2030 ve 2050 hedeflerine ve göstergelerine uyumlu bir şekilde hareket ettiğinden emin olmada önemli bir rol oynamaktadır. Komisyon, Üye Devletlerin hedeflere ulaşma konusundaki önlemlerin yeterliliğini değerlendirir ve öneride bulunabilir. Hedeflere ulaşmamış olan Üye Devletler, hedeflere ulaşmak için önlemleri belirlemek üzere takip eden yılın 30 Haziran'ına kadar Komisyona değiştirilmiş bir ulusal eylem planı sunmak zorundadır.

RES Direktifi, AB için sürdürülebilir bir enerji geleceği için sağlam bir temel oluşturmaktadır. AB, yenilenebilir enerji payını iklim hedefleriyle açıkça ilişkilendirmiştir. Bu bağlamda, tüm yenilenebilir kaynaklar çevresel etkileri açısından aynı değildir ve çeşitlilik yolunda tercih edilen bazı kaynaklar önemlidir. RES Direktifi uyarınca Komisyon'un gelecek dönem için önerilerde bulunması beklenmemektedir. Şu anda, Danimarka dışında, 2050 yılına kadar enerjisinin yüzde 100'ünü yenilenebilir kaynaklardan elde etmeyi amaçlayan cüretkar ve ilerici bir hedef koyan başka bir ülke bulunmamaktadır. İklim değişikliği perspektifinden bakıldığında, hedefler yalnızca 2028'e kadar belirlenmiş olup, sera gazı emisyonlarının 2021'den itibaren yıllık olarak % 1.74 oranında düşürülmesi ve sera gazlarındaki aspirasyonel olmayan, bağlayıcı olmayan bir 2050 hedefi (sera gazı emisyonlarında % 80-95 oranında azalma) bulunmaktadır.

2050 Enerji Yol Haritası, Avrupa ekonomisini daha iklim dostu ve enerji tüketimini daha aza dönüştürmek için etkin maliyet yollarını incelemekte ve yenilenebilir enerjilerin muhtemelen enerji arzının en büyük bölümünü oluşturacağını önermektedir. Gerçekleştirilebilir 2030 kilometre taşları için farklı politika seçeneklerini dikkate almak son derece önemlidir. Bu seçenekler: önce karbonsuzlaştırma amaçlı yenilenebilir enerji hedefleri olmaksızın, karbon piyasasına ve revize edilmiş ETS'ye dayanma; mevcut rejimin sürdürülmesi, bağlayıcı yenilenebilir enerji, emisyon azaltma ve enerji verimliliği hedefleri; veya AB'nin enerji sektörünün daha uyumlu ve işbirlikçi bir şekilde yönetilmesi ve AB yenilenebilir enerji hedefidir.

Ekonomik fırsatları artırmak, yenilenebilir enerjinin iç içe entegrasyonunu artırmak ve önemli düzeyde ticareti sürdürmek amacıyla, Komisyon ayrıca fosil yakıt sübvansiyonlarını aşamalı olarak kaldırmak, iyi işleyen bir karbon piyasasını teşvik etmek ve uygun şekilde tasarlanmış enerji vergilerini teşvik ederek yenilenebilir yatırımları engelleyen politikaları caydırmaktadır. Örneğin, fotovoltaiik sistemler ve kara rüzgar enerjisi üretimi gibi birçok AB pazarında rekabetçi olmaya başlamıştır. 2030 sonrası dönemde yenilenebilir enerji kilometre

taşlarının nasıl olacağına bakılmaksızın, gerekli olduğunda etkili destek sağlamalı, AB'nin araştırma ve endüstri liderliğini sürdürmeli, maliyet etkin bir şekilde yenilenebilir enerji kaynaklarını geliştirmeye devam etmeli ve enerji güvenliği için gereken rekabetçiliği yakalamalıdır.

Komisyon, her şeyin yenilenebilir olarak adlandırılmasının arzu edilmez olduğunu ve AB'nin biyoenerjinin iklim etkisini iyileştirmek için zorunlu standartlar benimsemesi gerektiğini savunur. Zaten 2009/28/EC RES Direktifi, biyoyakıtların belirli sürdürülebilirlik kriterlerini karşılaması gerektiğini öngörmektedir. Bunlar, yakıtların kullanımından kaynaklanan sera gazı emisyonları tasarruflarını ve biyoyakıt üretimi için dönüştürülebilecek arazi türlerini kapsar. Avrupa biyoyakıt üretimi için tarım sürdürülebilirlik kuralları ile çapraz uyum koşulları da bulunmaktadır. Sera gazı emisyonları açısından RES Direktifi, bir biyoyakıtın, Üye Devlet yenilenebilir enerji politikaları kapsamında destek alabilmek için belirli bir fosil yakıt karşılaştırmasında karbon tasarrufu yapılması gereken minimum eşikleri belirler; biyoyakıtların en az % 35 sera gazı emisyonu azaltmasına katkı sağlaması gerekmektedir. Son olarak, direktif biyoyakıtların kökenlerini garanti altına almak için kriterler belirler.

Komisyon'un Üye Devletlerin biyoyakıt sürdürülebilirlik kriterlerinin uyumlaştırılmasına ilişkin denetimi, bazı boşlukların olduğunu ve etkili sürdürülebilirlik rejimlerinin tüm Üye Devletlerde yerine getirilmesini sağlamak için yasal işlemlerin başlatıldığını göstermektedir. Ayrıca, ana ihracat ülkeleri (Arjantin, Brezilya, Endonezya ve Malezya), biyoyakıtlarla ilgili alanlarda çevresel uygulamalarını iyileştirmek için yeni düzenleyici önlemler benimsemiştir. Komisyon sadece bir Biyoyakıt Direktifi önerisinde bulunmuştur, bu da konvansiyonel biyoyakıtların RES Direktifi hedeflerine katkısını sınırlamayı amaçlamaktadır. Ayrıca, yeni kurulumlar için karbon tasarrufu eşikliğini yükselterek GHG performansını iyileştirmeyi amaçlar; ileri düzey biyoyakıtların daha fazla katkıda bulunmasına izin vererek RES Direktifi hedeflerine daha fazla pazara nüfuz etmesini teşvik eder ve biyoyakıtların tahmini dolaylı arazi kullanım değişikliği emisyonlarını Üye Devletlerin ve yakıt tedarikçilerinin rapor etmelerini zorunlu kılar.

2.18. Enerji Politikalarının Avrupa'daki Görünümü

Avrupa'da temiz enerjiye yönelik ilerlemeler ve zorluklar şöyledir:

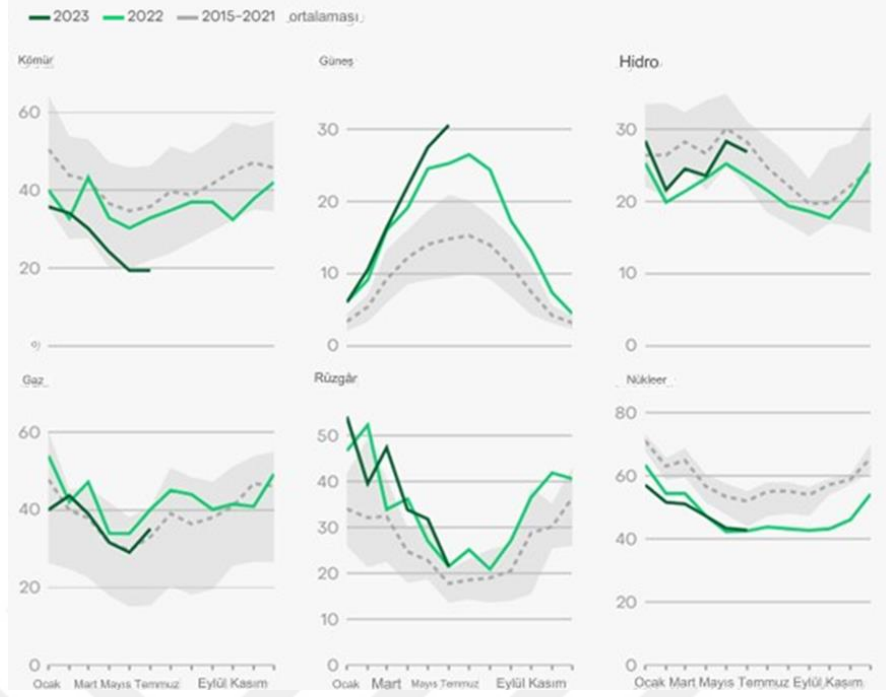
- **Temiz Üretilen Elektriğin Artışı:** Avrupa, elektriğinin % 55'ini temiz kaynaklardan elde etmektedir. Bu kapsamda nükleer enerji (% 19), hidroelektrik (% 15) ve hızla büyüyen rüzgar ve güneş enerjisi (% 16) gibi kaynaklardan sağlanmaktadır.
- **Emisyon Azaltımı:** Avrupa, enerji sektöründen kaynaklanan emisyonlarını son yirmi yılda % 24'ten % 12'ye düşürmüştür. Bu düşüş, iklim değişikliği ile mücadelede olumlu bir adımdır.

- Kömür Kullanımı Azaltılması: Kömür kullanımının elektrik üretimindeki payı, 2015'ten bu yana % 25 azalmış ve kömür kullanımı çoğunlukla rüzgar ve güneş enerjisi ile yer değiştirmiştir. Bu geçiş, özellikle Batı Avrupa'da daha belirgin olmuştur.
- Bölgesel Farklılıklar: Karbon giderimi konusundaki ilerleme eşit olmamıştır; Batı Avrupa bu konuda öncüdürken, Doğu ve Güneydoğu Avrupa şimdiye kadar sınırlı ilerleme kaydetmiştir. Avrupa'da enerji üretiminin hala % 45'i fosil yakıtlardan kaynaklanmaktadır.
- Enerji Görünümünün Değişmesi: Küresel doğalgaz fiyat krizi ve Rusya'nın Ukrayna'yı işgal etmesi, Avrupa'nın enerji haritasını hızla değiştirmiştir. Bazı ülkeler hem kömürden hem de gazdan hızla uzaklaşma sinyali vermektedir ve temiz teknolojilerin pazarları hızla genişlemektedir.
- Karbon Giderimi Hedefleri: Uluslararası Enerji Ajansı'nın Net Sıfır yol haritasına ve IPCC tarafından kullanılan son iklim modellerine göre, 1.5°C sınırlamasını koruyan hedefi koruyabilmek için Avrupa, 2030'ların ortasına kadar tamamen karbonsuz bir enerji sistemine ulaşmalıdır. İngiltere ve Almanya, 2035'e kadar tamamen karbonsuz enerji için hedefler belirlemişlerdir.
- Birlikte Hareket Etme İhtiyacı: İngiltere ve Almanya gibi bireysel ülkeler karbonsuzlaşma hedefleri belirlemiş olsalar da, şu anda Avrupa ve AB'de toplu bir hareket mevcut değildir. Avrupa için birlikte hareket etmek, iddialı iklim hedeflerini başarmak için işbirliği ve koordinasyon, fosil yakıt bağımlılığını azaltmak ve iklim değişikliğinden kaynaklanan zorlukları ele almak için gereklidir.

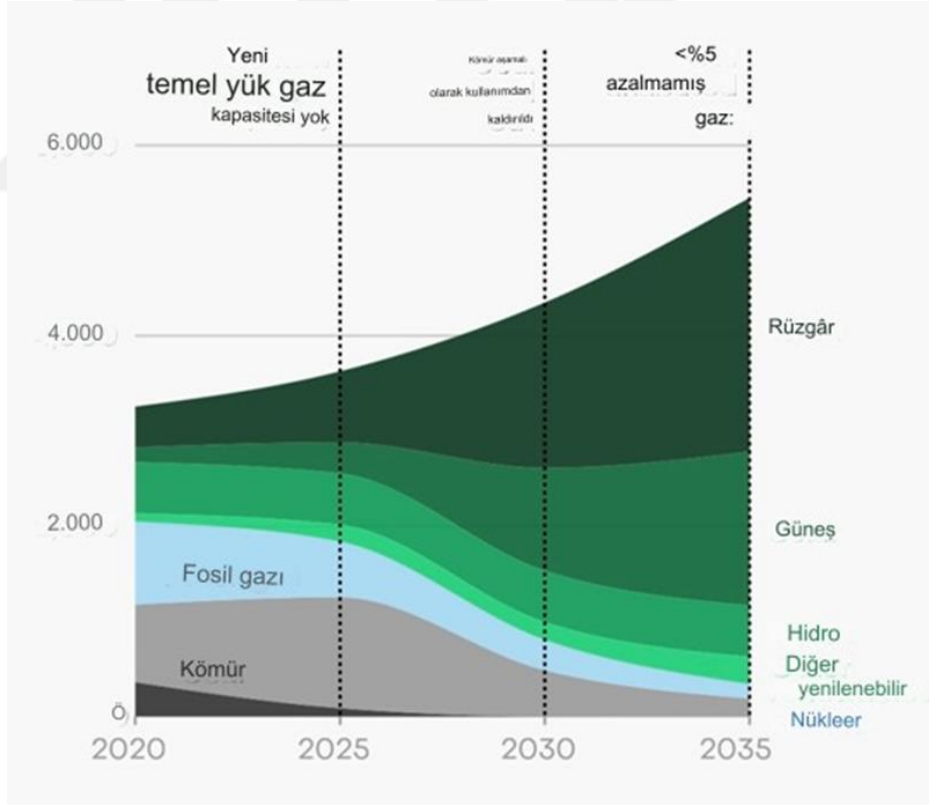
Özetle, Avrupa enerji sektörü karbonsuzlaşma konusunda önemli adımlar atmış olsa da, bazı ülkelerde çok sınırlı ilerleme kaydedilmiş ve hala kaydedilmesi gereken çok fazla ilerleme bulunmaktadır. Avrupa'da tamamen karbonsuzlaşmış bir enerji sistemine ulaşmak, fosil yakıt bağımlılığı ve iklim değişikliği tarafından ortaya konulan zorlukları ele almak için birleşik çaba ve koordinasyon gerekmektedir.



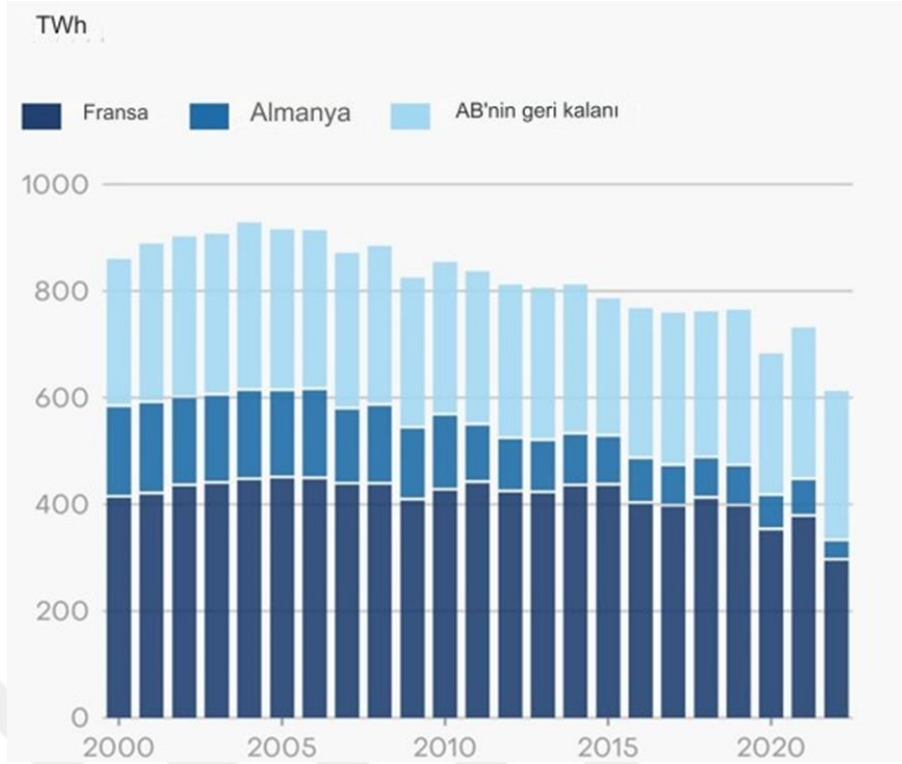
Şekil 2.42. AB de fosil yakıta karşı Güneş ve rüzgarın yükselişi (EMBER, 2023)



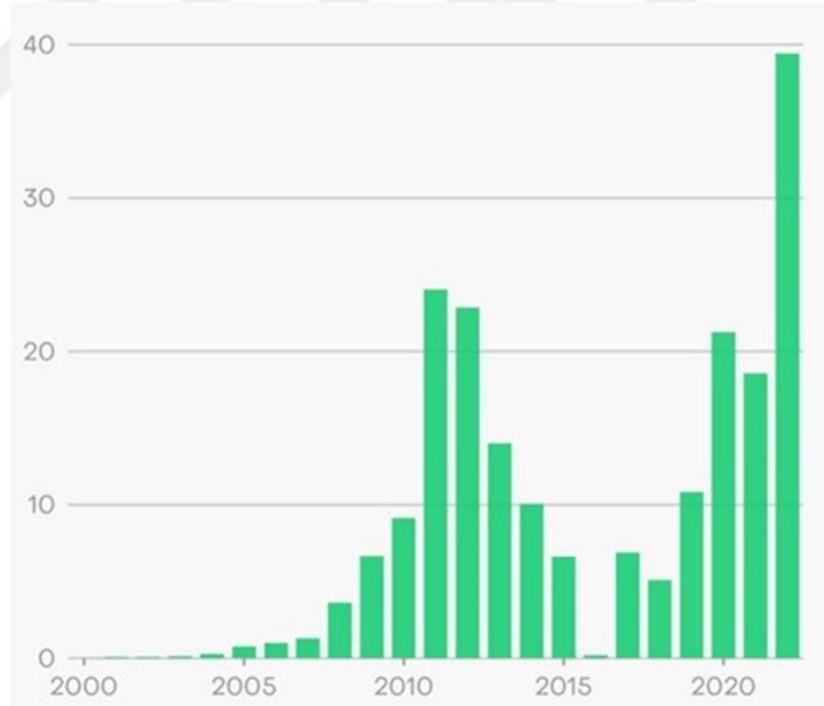
Şekil 2.43. Avrupa Birliği Enerji Üretimi (EMBER, 2023)



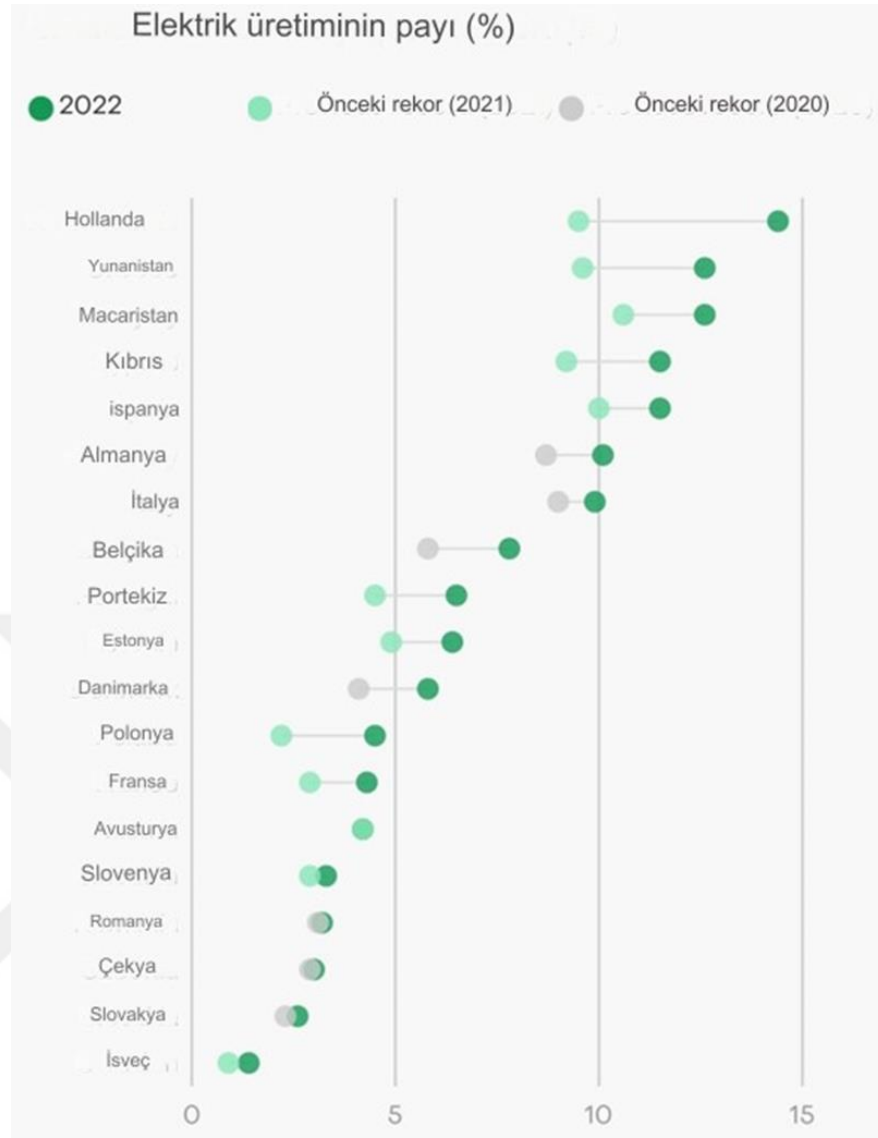
Şekil 2.44. Avrupa Birliği 1.5°C Hedefe Ulaşmada 2035'e kadar yol haritası (EMBER, 2023)



Şekil 2.45. Avrupa Birliği Nükleer enerji üretiminde 2022 düşüş (EMBER, 2023)



Şekil 2.46. Avrupa Birliği Güneş enerjisinde artış (EMBER, 2023)



Şekil 2.47. Avrupa Birliği Güneş Enerjisinde 2022 Ülke Hedefleri (EMBER, 2023)

Covid-19 pandemi süreci, Rusya'nın Ukrayna'ya saldırması sonucu ortaya çıkan gaz krizine yanıt olarak 19 Avrupa hükümetini karbon azaltma çabalarını hızlandırmıştır.

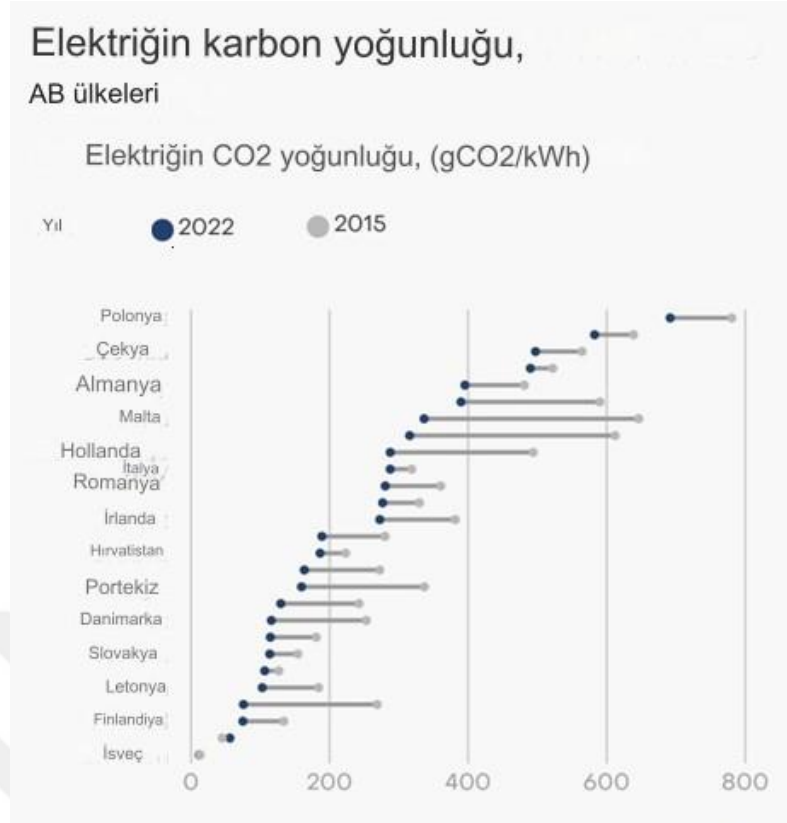
Rusya'nın saldırganlığı ve küresel elektrik fiyatlarında yaşanan dalgalanma, fosil yakıtları Avrupa'da kademeli olarak sona erdirmeye ve karbon azaltma sürecini hızlandırma ihtiyacını gündeme getirmiştir. Bu geçiş, sadece iklim endişeleriyle ilgili bir sorun değil, aynı zamanda Avrupa'daki tüm yerleşim ve sanayii için enerji kaynaklarının istikrarlı bir şekilde temin edilmesi açısından da önemlidir. Özellikle Rusya'nın enerji kaynaklarına en fazla bağımlı olan Almanya, İtalya ve Hollanda gibi ülkeler, rüzgar ve güneş enerjisi hedeflerini artırırken, Fransa konut yalıtımını teşvik etmekte ve diğer ülkeler ısı pompası yatırımlarını hızlandırıp ulaşımı elektrikli araçlar ile gerçekleştirmeye hız vermektedir.

Bu ulusal politikalar, Avrupa Komisyonu'nun REPowerEU* önerisi altında sistemli bir şekilde yer almaktadır. Bu öneri kapsamında, 2030'a kadar yenilenebilir enerji hedefini % 32'den % 45'e çıkarılması ve enerji tüketimini eski % 9'a göre % 13 azaltmayı hedeflemektedir.

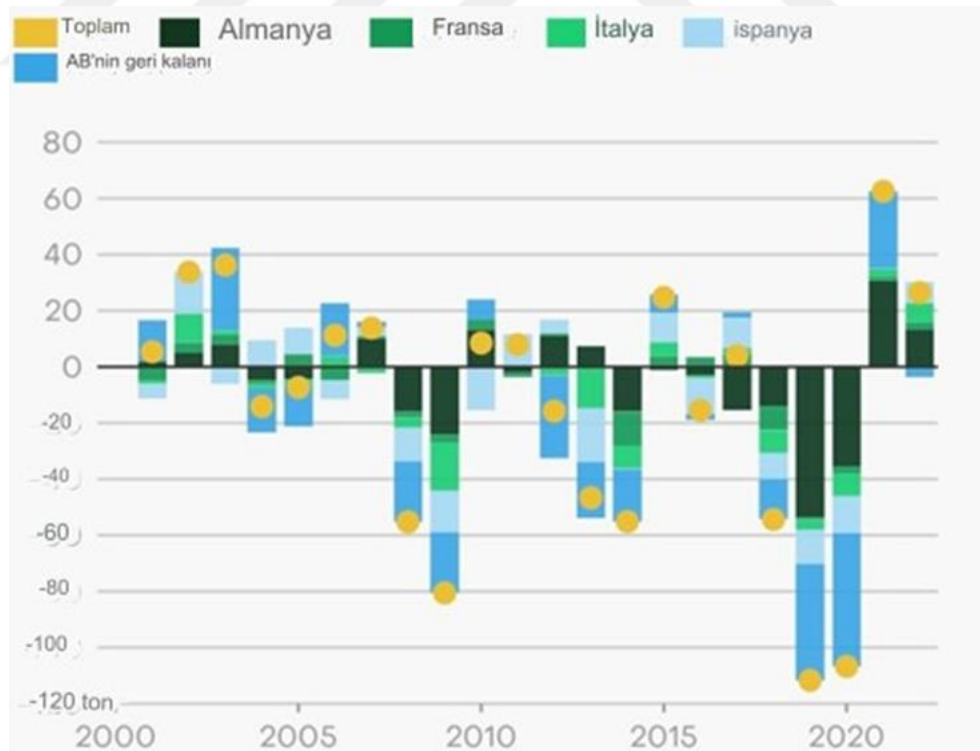
Avrupa, yeni bir jeopolitik oluşuma yanıt verirken dünya genelinde birçok ülke için örnek olma yolunda ilerlemektedir. Bu kapsamda en son AB ülke planları, 2019 stratejilerine göre 2030'da fosil yakıt elektrik üretiminde % 31'lik bir azalma öngörmektedir. 2029 yılı için planlanan fosil yakıt elektrik üretimi şu anda 595 TWh'dir ve bu, önceki planlardaki 867 TWh'lik rakamdan çok keskin bir azalmayı göstermektedir.

AB üye devletleri, fosil yakıtları azaltmak için yenilenebilir enerji kullanımını hızlandırmayı planlamaktadır. Son politikalar, 2030'da elektriğin % 63'lük bir bölümünün yenilenebilir enerjiden sağlanacağını göstermektedir; bu hedef, 2019'da yayınlanan önceki hedef olan % 55'ten daha yüksek bir değerdir. REPowerEU kapsamında bu oranın daha da artırılarak % 69'a çıkarılması planlanmaktadır.

Son iki yılda 19 Avrupa hükümeti karbon azaltma konusundaki hedeflerini artırmıştır. Rusya'dan fosil yakıt ithalatı en yüksek olan ülke olan Almanya, 2030'a kadar planlanan yenilenebilir elektrik payını önceki taahhütlerine göre % 80'e çıkartmıştır; bu oran önceki taahhütlerde 2030'a kadar % 62 olarak belirlenmiştir. Almanya, Hollanda, Danimarka ve Belçika ile birlikte Almanya, 2050'ye kadar deniz üstü rüzgar enerjisi kurulu gücünü 150 GW'a çıkarmayı planlamaktadır. Diğer bir önemli Rus fosil yakıt ithalatçısı olan İtalya ise 2030'a kadar planlanan yenilenebilir enerji payını % 60'tan % 70'e çıkartmayı planlamaktadır.



Şekil 2.48. Avrupa Birliği Ülkeleri Karbon Yoğunluğu (gCO₂/kWh) (EMBER, 2023)



Şekil 2.49. AB Ülkeleri Yıllık Bazda Karbon Emisyonları değişimi (EMBER, 2023)

Ukrayna'nın işgalinin neden olduğu zorluklar ve küresel enerji piyasasındaki bozulma karşısında, Avrupa Komisyonu REPowerEU Planını uygulamaya koymuştur. Mayıs 2022'de başlatılan REPowerEU, AB'ye şu konularda yardımcı olması amacıyla yürürlüğe girmiştir:

- Enerji tasarrufu yapmak
- Temiz enerji üretmek
- Enerji tedariklerini çeşitlendirmek



Şekil 2.50. AB Elektrik Üretim Payları (EMBER, 2023)

AB ülkeleri, 2019'daki ulusal stratejilere göre 2030'daki fosil yakıt kaynaklı enerji üretimini % 31 (272 TWh) oranında azaltacaklarını belirtmişlerdir.

Almanya, Fransa, Birleşik Krallık, İrlanda ve Danimarka, ısıtma, endüstri ve ulaşımın karbonsuzlaştırılmasını geliştirmeyi amaçlayan önlemler açıklayarak, ek düşük karbon önlemlerini tanıtmış ve gelecek beş yıl içinde toplam 10 milyon ısı pompası ünitesini devreye almaya karar vermişler ve endüstride yenilikçi elektrifikasyon ve hidrojen uygulamalarını finanse etmek için 3 milyar Euro'luk fonu iki katına çıkartmışlardır.

AB genel taahhütlerin etkisi göz önüne alınmadan bile, bu yeni ulusal önlemler mevcut politikalara göre elektrik üretiminde yenilenebilir enerji payının artmasına yol açacak ve mevcut politikalara göre % 55'ten, % 63'e çıkacaktır.

Yeni planlara göre, 2030'a kadar Portekiz, Hollanda, Avusturya ve Danimarka elektriğinin neredeyse tamamını yenilenebilir enerjiden üretme kararı almıştır. % 80 hedefiyle Almanya da bu grubun hemen ardında yer almaktadır. İtalya, İrlanda ve Yunanistan ise elektrik üretimindeki yenilenebilir enerji payını % 70'e yükseltmiştir. AB üye devletlerinin çoğu 2030'a kadar % 50'nin üzerinde yenilenebilir hedefine sahiptir ve bu oranın daha da artması muhtemeldir: yeni açıklanan AB Komisyonu stratejisi REPowerEU, 2030'a kadar elektriğin % 69'unu yenilenebilir enerjiden elde etmeyi hedeflemektedir.

AB genelinde yenilenebilir enerji kaynakları ilgi görmeye devam ederken, fosil yakıt kullanımı planlandığından daha hızlı bir şekilde azalmaktadır - önceki planlara göre % 31 (272 TWh) azalmıştır.

2020 ile 2022 arasında Bulgaristan, Hırvatistan, Çek Cumhuriyeti, Polonya, Romanya ve Slovenya gibi birçok ülke kömür kullanımını sonlandırma tarihlerini resmi olarak açıklamış bulunmakta, Almanya ise hedef tarihini 2038'den 2030'a çekmiştir. 2021 ortalarından itibaren yükselen gaz maliyetleri nedeniyle kömürde geçici olarak artan talep yaşanmış, ancak son derece yüksek fiyatı ile Polonya gibi ülkelerde artan tüketici tarifelerine yansıdığı için çok talep görmemektedir.

Planlanan gaz yatırımlarına dair tereddüt, gaz kullanımını yaygınlaştırmayı planlayan Polonya ve Belçika gibi birçok ülkede tekrar gözden geçirilmeye karar verilmiştir. Gaz aynı zamanda İspanya ve İtalya gibi ülkelerde yüksek elektrik fiyatlarını tetiklemektedir ve bu ülkeler, fosil yakıtlara bağımlılığın ekonomik etkileriyle başa çıkmak için yenilenebilir yatırımlarını hızlandırma kararı almışlardır.

Avrupa yukarıda açıklanan sebepler ve hedefler kapsamında Fosil Yakıtlardan Hızla Uzaklaşmaktadır.

Son AB ulusal politikaları, fosil yakıtlara bağımlılığın ülkeleri jeopolitik ve ekonomik tehditlere açık hale getirdiği konusunda büyüyen bir fikir birliğini göstermektedir. Rusya'nın Ukrayna'yı işgal etmesi, Avrupa için fosil yakıt ithalatına bağımlılıkla ilgili güvenlik risklerini net bir şekilde göstermiştir. Bu yeni paradigma altında, sadece iklim değişikliği değil, jeopolitika da yenilenebilir enerji kullanımını hızlandırmakta ve fosil yakıtların kullanımının hızlı bir şekilde sona erdirilmesini tetiklemektedir.

Yukarıda da bahsedildiği üzere, birçok AB ülkesi zaten Yenilenebilir Enerji Kullanımı hedeflerini artırarak ve % 55 olan ortalama hedefleri % 63'e çıkarmışlardır ve bu oranın REPowerEU altında % 69'a kadar yükseleceği açıktır. Aynı zamanda, 2030 planlanan fosil yakıtlardan enerji üretimi üçte bir oranında azaltılmış, bu da ülkelerin fosil yakıt ithalatına bağımlılıkla ilişkilendirilen güvenlik risklerine ne kadar ciddi bir şekilde yaklaştığını göstermektedir.

Isıtma ve endüstrinin karbonsuzlaştırılması kapsamında da birçok adım atılmıştır. Beş Avrupa ülkesi, eski binalarda enerji verimliliği, temiz ısı gibi konuları ele alan politikalar açıklamış, aynı zamanda REPowerEU, önümüzdeki beş yıl içinde 10 milyon ısı pompası dağıtımını hedeflediğini açıklamıştır. Ancak tüm bu çabaların elektrik üretimi sektörünün ötesine geçmesi gerekmektedir. Özellikle ulaşım sektörü çok daha fazla çaba gerektirmektedir - REPowerEU içinde endüstriyi hedefleyen tedbirler kapsamında petrol talebinin azalması öngörüldürken, şimdiye kadar aktif olarak hedeflenmiş bir politika olmamıştır.

Avrupa kıtasının enerji güvenliğinin, fosil yakıtların aşamalı olarak kaldırılmasıyla sağlanabileceği çok açık ve net anlaşılmıştır. Çoğu ülke bu konuda görüş birliği içindedir, geride kalan ülkeler ise söz konusu REPowerEU girişimine hızla katılmalı, rüzgar ve güneş enerjisini artırmalı, enerji verimliliğini artırmalı ve ekonomilerini karbonsuzlaştırmalıdır. Birçok örnek, bunun hem gereksiz hem de faydalı olduğunu göstermekte ve Avrupa dışındaki ülkeler için de bir kılavuz olarak kullanılabileceği görülmektedir.

Avrupa Ülkeleri genel hedefleri aşağıda özet olarak verilmektedir.

2.18.1. Avrupa Birliği

- Yenilenebilir Enerji hedefini 2030'da, ilk hedef % 32'den % 45'e çıkarmak.
- 2025'te 58 TWh solar PV üretimi gerçekleştirmek.
- 2030'da enerji tüketimini %13 azaltmak.
- 2027'de 10 milyon ısı pompasına ulaşmak.

Avusturya

- 2030'da %100 yenilenebilir enerjiye ulaşmak.

Belçika

- 2025 yılından itibaren 10 yıl içinde Nükleer enerji üretiminden tamamen çıkmak.
- 2050 yılında Kuzey denizinde 150 GW kapasiteli rüzgar santrali kurmak.

Bulgaristan

- Rüzgar ve güneş kapasitesini 2026'da 3.5 GW artırmak (2021 verilerine göre ilave 2.5 GW).
- 2038-2040 kömürden tamamen çıkmak.
- Nükleerin yaygınlaştırılması hala tartışılmaktadır.

Hırvatistan

- 2033 yılına kadar kömürden tamamen çıkmak.

Çek Cumhuriyeti

- 2033 yılına kadar kömürden tamamen çıkmak.

Danimarka

- Güneş ve rüzgar enerjisini 2030 yılına kadar 4 katına çıkarmak.
- 2050 yılında Kuzey denizinde 150 GW rüzgar kapasitesi oluşturmak.
- 2028 yılına kadar 400,000 binanın ısınmasını genel ısıtma veya ısı pompası ile sağlamak.
- 2030 yılına kadar yıllık 4-6 GW yeşil hidrojen üretimi gerçekleştirmek.

Fransa

- 2050 yılına kadar denizde 40 GW ve karada 37 GW rüzgar kapasitesi geliştirmek.
- 2050 yılına kadar toplam 25 GW gücünde 14 yeni nükleer reaktör kurmak.
- Düşük karbonlu ev ısınmasını finanse ederek desteklemek.
- 2050'ye kadar karada ve denizde toplam 10 GW kapasitesinde elektrolizörleri kurarak yeşil hidrojen üretmek.

Almanya

- Kömürden tamamen çıkış tarihi 2030'dan 2038'e çekmek.
- Rüzgar ve güneş enerjisinin kapasitesini 2030 yılına kadar iki katına çıkarmak.
- 2045 yılına kadar denizde 50 GW rüzgar kapasitesi oluşturmak.

Yunanistan

- 2030 yılına kadar 19 GW'lık solar PV kapasitesi oluşturmak.
- 2030 yılına kadar yenilenebilir enerji payını % 65'ten % 70'e çıkarmak.
- 204 MW'lık solar park kurmak.
- Bulgaristan ile birlikte nükleer projesi gerçekleştirmek.

Macaristan

- 2030'a kadar % 90 karbonsuz elektriğe ulaşmak (Çoğunluğunun Nükleer güçten sağlanması planlanmaktadır).
- 2025'te kömürden çıkmak.

İtalya

- 2030'da yenilenebilir payını % 60'tan % 70'e çıkarmak (Toplam tüketimin % 55'i).
- Deniz üstü rüzgar kapasitesini hedefinde 2040 yılına kadar 5 GW'a ulaşmak.

İrlanda

- 2030'da elektriğin % 70'ini yenilenebilirden temin etmek.

Norveç

- 2040 yılına kadar deniz üstünde 30 GW rüzgar kapasitesi oluşturmak.

Hollanda

- Rüzgar kapasitesini 2 katına çıkararak 2030'da 21 GW kapasiteye sahip olmak.
- 2050'de Kuzey Denizi'nde 150 GW rüzgar kapasitesi kurmak.

Polonya

- 50 GW yenilenebilir kapasiteye sahip olabilmek amacıyla, 2040'a kadar yenilenebilir payını % 40'tan % 50'ye çıkarmak.
- 2049'a kadar kömürden tamamen çıkmak.

Portekiz

- 2026'ya kadar yenilenebilir payını % 80'e çıkarmak.

Romanya

- 2032'ye kadar kömürden tamamen çıkmak.

Slovakya

- 2033'e kadar kömürden tamamen çıkmak.

İspanya

- Yenilenebilir enerji ve depolanmasına 1 milyar Euro finans ayırmak.

Birleşik Krallık

- Yenilenebilir enerji kapasitesinde % 15 artış sağlamak.
- 2035'e kadar 5 katı fazla solar kapasite oluşturmak.
- 2030'a kadar 50 GW deniz üzeri rüzgar kapasitesi oluşturmak.
- 2028'e kadar 600.000 ısı pompası kurmak.

2.18.2. Ülke Özelinde Açıklamalar

Danimarka

- Ortak offshore rüzgar enerjisi projesi; 2050'ye kadar Almanya, Belçika ve Hollanda ile birlikte inşa edilecek, 150 GW kapasiteye sahip olacak ve bu enerji kısmen hidrojen ve diğer ağır sanayi için yeşil yakıtlar üretmek amacıyla kullanılacaktır. Danimarka, 2030'a kadar yıllık 4 ila 6 GW yeşil hidrojen üretmeyi hedeflemektedir. Ayrıca ev ısıtma sistemlerini yeniden düzenlemek ve 2028'e kadar yaklaşık 400.000 haneyi gaz ısıtmadan çıkararak bölgesel ısıtma veya elektrikli ısı pompalarına geçirmek istemektedir.

Yunanistan

- Yunanistan, Nisan 2022'nin başlarında 204 MW'lık yeni bir güneş enerjisi parkı açmış ve bu park tüm Avrupa'da en büyük güneş çiftliği haline getirilmiştir. İzlenen politikalar, yenilenebilir enerji projelerini hızlandırmayı, izinler ve lisansları artırmayı ve ülkenin 2030'a kadar yenilenebilir kapasitesini şu ankinin iki katına çıkarmayı amaçlamaktadır. Ayrıca nükleer enerji konusunda, Yunanistan ve Bulgaristan birlikte hareket etme kararı almıştır, bu kapsamda Bulgaristan'da inşa edilecek ve Yunanistan'a da enerji sağlayacak yeni bir nükleer enerji projesi üzerine görüşmelerini sürdürmektedir.

Portekiz

- Portekiz'in yeni hükümeti 1 Nisan 2022'de programını açıklamış ve ülke elektrik üretimi için yenilenebilir enerji kaynaklarını 2026'ya kadar % 80'e çıkarmayı amaçlamaktadır. Ayrıca önümüzdeki on yıl içinde toplam kurulu yenilenebilir kapasitesini iki katına çıkarmayı hedeflemektedir.

Belçika

- Belçika, Kuzey Denizi'nde büyük ölçekli offshore rüzgar enerjisi kapasitesinin artırılması için anlaşmaya varan dört ülkeden biridir. Belçika, 2025 için bir nükleer aşama planı belirlemiş ancak diğer ülkelere fazla bağımlı olmamak ve yükselen enerji fiyatları nedeniyle bunu 10 yıl ertelemeye karar vermiştir.

Orta ve Doğu Avrupa

- Polonya'da, mevcut hedef olan % 32'nin yerine 2030'a kadar % 50 yenilenebilir enerji payını elde etme konusunda büyüyen destek bulunmaktadır. Yakın zamanda 2030'da 50 GW yenilenebilir enerjiye ulaşmanın mümkün olduğunu belirtilmiş ve yeni ulusal strateji için taslaklar yayınlanmıştır, 2040'ta % 50 yenilenebilir elektrik hedefi bulunmaktadır. Bulgaristan'ın 15 GW'lık yenilenebilir enerji projeleri yatırımı bulunurken, Romanya'nın 15 ila 30 GW arasında proje yatırımı bulunmaktadır. Romanya, 500 milyon euro değerindeki

yenilenebilir enerji projelerini desteklemek için bir çalışma başlatmıştır. Slovakya, enerji üretimi, yeniden güçlendirme ve iletim şebekesinin esnekliği için 220 milyon euronun üzerinde finansman sağlamak üzere toplam dokuz anlaşma yürürlüğe koymuştur.

Almanya

- Ukrayna'nın işgalinden bu yana Almanya fosil yakıtları aşamalı olarak kaldırmanın önemini vurgulamakta ve yenilenebilir enerjideki hedeflerini artırmaktadır. Almanya, 2030'a kadar yenilenebilir enerjinin payını % 65'ten % 80'e çıkarmayı hedeflemektedir. Bu hedef, 2030'a kadar 110 GW onshore rüzgar kapasitesi eklemeyi içermektedir, rüzgar kapasitesi 2021'de 54.4 GW'e çıkmıştır. Şu anda mevcut 7.7 GW kapasiteye ilave, 2030'a kadar 30 GW deniz üstü rüzgar ve 2045'e kadar 70 GW daha eklenmesini içermektedir. Ayrıca, 2030'a kadar mevcut güneş PV kapasitesinin 53.8 GW'dan 200 GW arttırılması planlanmaktadır. Almanya, 2021'in başlarında binalarda fosil yakıtların yanmasından kaynaklanan karbon emisyonlarına yönelik vergi getirmiştir. Vergi şu anda ton başına 30 avro seviyesindedir ve 2025 yılında 55 avroya çıkması beklenmektedir. Alman hükümeti, 2025 yılından itibaren binalarda fosil yakıt ısınmasını yasaklamayı planlamaktadır.

İtalya

- İtalya'nın ilk deniz üstü rüzgar çiftliği ve Akdeniz'deki ilk rüzgar çiftliği Nisan 2022'nin sonunda devreye alındı. Ülke ayrıca deniz üstü rüzgar hedefini 2030'a kadar 5 GW'a çıkarma konusunda çalışmalarını sürdürmektedir. Ukrayna'nın işgali sırasında İtalya'nın Rus fosil yakıtlarına olan bağımlılığına dikkat çekilmiş ve uzun vadede tek sürdürülebilir stratejinin yenilenebilirlerle hızlı bir geçiş olduğunu açıklanmıştır. Hükümet şu anda elektrik üretiminde yenilenebilirlerin payını % 60 olan önceki hedeften %70'e çıkarma çalışmalarını sürdürmektedir. Son olarak, İtalya hükümeti Mart 2022'de altı yeni kara rüzgar çiftliği projesini onaylamıştır.

Hollanda

- Hollanda, deniz üstü rüzgar kapasitesini 2030'a kadar ikiye katlama planlarını duyurdu. Planlar uygulanırsa, rüzgar enerjisi 2030'a kadar elektriğin en büyük kaynağı olacaktır. Bu elektrik enerjisi sanayi ve binalar için kullanılacaktır. Ülkenin enerji tedarikinin tamamının 2050'ye kadar yenilenebilirlerden gelmesi için iddialı planları bulunmakta ve bu yıl sonunda Avrupa'nın en büyük kara doğal gaz sahasının üretimini durdurma kararını üzerinde çalışmalar devam etmektedir.

Fransa

- Şubat ayının başlarında Fransa yenilenebilir enerji hedefleriyle birlikte nükleer enerji endüstrisinin "yeniden doğuşunu" duyurdu. İleriki yıllarda 40 GW deniz üstü ve 37 GW kara üstü rüzgar enerjisi üretim kapasitesine sahip olma hedefi bulunmaktadır, ayrıca 100 GW güneş fotovoltaik parkına sahip olmayı hedeflemektedir. Diğer yandan, nükleer enerji üretiminin inşa edilecek 14 yeni reaktörle birlikte 25 GW artırılması planlanmaktadır. Bu, nükleer bağımlılığın azaltılmasıyla ilgili daha önceki söylemlerine aykırı bir karardır. Bina ısıtmaları ile ilgili olarak, şirketlere ve belediyelere yenilenebilir ısınmaya geçiş konusunda yardımcı olmak için, özellikle biyokütle konusunda, devlet çevre ve enerji ajansı aracılığıyla 150 milyon avro yeni destek sunulmaktadır. Ayrıca, kamu binalarının enerji tasarrufu yapmak için sıcaklıklarını 1°C düşürmeleri teşvik edilmektedir.

Birleşik Krallık ve Norveç

- Birleşik Krallık, yenilenebilir enerji kapasitesini artırmaya karardır. Şu anda 14 GW'lık kara rüzgar kapasitesi bulunmaktadır ve 2030'a kadar bu kapasiteyi 30 GW'a çıkarmayı hedeflemektedir. Ayrıca deniz üstü rüzgar kapasitesini 2030'a kadar 50 GW'a çıkarmayı planlamaktadır. Ayrıca, 2028'e kadar 600.000 ısı pompası kurarak ev ısıtma sistemlerini elektrikle çalışan daha sürdürülebilir seçeneklere geçirmeyi amaçlamaktadır.
- Norveç, 2040 yılına kadar deniz üstü rüzgar enerjisi kapasitesini 30 GW'a çıkarmayı planlamaktadır. Bu büyük ölçekli projeler, Norveç'in enerji üretimini daha da yeşil hale getirmeyi amaçlamaktadır.

2.19. Enerji Politikalarının Amerika'daki Görünümü

1970'lerden beri Amerika Birleşik Devletleri'nin enerji politikasının üç temel amacı, Kongre Araştırma Servisi tarafından belirtildiği şekliyle şunlardır.

2.19.1. Enerji Arzının Güvence Altına Alınması

Amerika Birleşik Devletleri'nin ihtiyaçlarını karşılamak için güvenilir ve istikrarlı bir enerji kaynağına sahip olmasının sağlanması. Bu, yabancı enerji kaynaklarına bağımlılığı azaltmak, enerji çeşitliliğini teşvik etmek ve enerji altyapısının dirençli kalmasını içerir.

2.19.2. Enerji Maliyetlerini Düşük Tutmak

Ekonomik büyümeyi desteklemek ve tüketiciler için uygun enerji fiyatlarını korumaya çalışılması. Bu amaç, enerji fiyatlarını kontrol etmek, enerji verimliliğini artırmak ve maliyet-etkin enerji üretimini teşvik etmek için çeşitli önlemleri içermektedir.

2.19.3. Çevreyi Korumak

Enerji üretimi ve tüketimi ile çevre koruma ve sürdürülebilirlik arasındaki dengenin sağlanması. Bu amaç, enerji üretiminin çevresel etkisini azaltma, sera gazı emisyonlarını sınırlama ve daha temiz ve sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik etme çabalarını içermektedir.

Söz konusu amaçlar, Amerika Birleşik Devletleri'nin enerji politikasının çok yönlü doğasını yansıtmaktadır. Ekonomik, güvenli ve çevresel endişelerinde ele alındığı ülkenin enerji geleceğini şekillendirmeyi amaçlayan bir enerji politikasını yansıtmaktadır.

Ukrayna'daki savaş, küresel enerji piyasalarının olumsuz etkilere maruz kalmasının yol açtığı enerji sorunları, ekonomi, ulusal güvenlik ve iklim risklerini ortaya koydu. Görünen odur ki küresel enerji zorlukları hızlı ve kolay bir şekilde çözülmeyecek ve Amerika da bu sorunlardan payını alacaktır.

Amerika Birleşik Devletleri'nde tüm diğer ülkelerde olduğu gibi, enerji arzı kesintilerini hafifletmek ve daha temiz enerjiye geçişin uygun ve güvenilir kaynak yeterliliği ile birleştirilmesini sağlamak için kapsamlı kısa ve uzun vadeli bir enerji stratejisinin gerekliliğine inanılmaktadır.

Son dönemdeki Rusya'nın petrol ve doğalgazına getirilen yasağı desteklemekte ve Stratejik Petrol Rezervinin kullanılmasını göz önünde bulundurarak Kongre ve Beyaz Saray için en öncelikli görev, kapsamlı ve çeşitli bir enerji stratejisi oluşturmaktır. ABD, temiz enerji geçişini hızlandıran, geleneksel yerel enerji üretimini ve ihracatını artıran ve genel enerji talebini azaltan bir dizi politikayı hızla hayata geçirerek adapte olmayı amaçlamaktadır.

Bu kapsamda ABD için aşağıda belirtilen adımların hızla hayata geçirilmesi çok büyük önem arz etmektedir.

2.19.4. Temiz Enerji Geçişini Hızlandırmak

ABD, güneş, rüzgar ve hidroelektrik enerji gibi temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarına öncelik vermelidir. Bu, yenilenebilir enerji altyapısını genişletmek, yenilenebilir enerji projelerini teşvik etmek ve gelişmiş temiz teknolojilere yönelik araştırmaları desteklemek içerebilir.

2.19.5. Geleneksel Yerel Enerji Üretimini Artırmak

Temiz enerjiyi teşvik etmenin yanı sıra, ABD aynı zamanda yerel petrol, doğalgaz ve kömür kaynaklarını sorumlu bir şekilde geliştirmeyi sürdürmelidir. Yerel enerji üretimini artırmak enerji güvenliğini sağlamak ve yabancı kaynaklara olan bağımlılığı azaltmak açısından önemlidir.

2.19.6. Enerji İhracatını Güçlendirmek

Enerji ihracatını genişletmek ABD ekonomisini canlandırabilir ve enerji güvenliğini artırabilir. Bu, sıvılaştırılmış doğalgaz (LNG), petrol ve kömürün küresel pazarlarda talep olan yerlere ihracatını artırmayı içerir.

2.19.7. Enerji Verimliliğine Yatırım Yapmak

Enerji verimliliğini artırmak, genel enerji talebini azaltmanın maliyet etkin bir yoludur. ABD, endüstride, ulaşımda ve konutlarda enerji verimli uygulamaları teşvik etmeli, düzenlemeli ve halkı bilinçlendirmeyi içeren önlemler almalıdır.

2.19.8. Enerji Altyapısını Modernize Etmek

Enerji altyapısını güncellemek, temiz ve geleneksel enerji kaynakları için önemlidir. Bu, akıllı şebekeler, enerji depolama çözümleri ve güvenilir enerji iletim hatlarına yatırım yapmayı içerir.

2.19.9. Enerji Kaynaklarını Çeşitlendirme

Tek bir enerji kaynağı veya tedarikçiye bağımlılığı azaltmak çok büyük önem arz eder. Çeşitlendirme, yenilenebilir enerji kapasitesini artırmak ve yenilikçi enerji teknolojilerini keşfetmeyi içerir.

2.19.10. Enerji Güvenliği Planlaması

Farklı senaryoları içeren, enerji arzındaki kesintilere yanıt vermenin yanı sıra stratejik rezervlerin yeniden doldurulması gibi acil durumları ele alan kapsamlı enerji güvenliği planları oluşturulmalıdır.

2.19.11. Çevresel Faktörler

Stratejinin bir parçası olarak çevresel sürdürülebilirlik öncelikli olmalıdır. Enerji güvenliğini üst düzey çevresel uygulamalarla dengelemek uzun vadeli refah için çok önemlidir.

2.19.12. Uluslararası İşbirliği

Enerji ile ilgili konularda uluslararası işbirliğini ve ortaklıkların güçlendirilmesi gereklidir. İşbirliği çabaları enerji kaynaklarını güvence altına almak, teknolojiyi paylaşmak ve küresel enerji zorluklarına çözüm üretmek açısından yardımcı olacaktır.

2.19.13. Yasal Eylem

Kongre ve Beyaz Saray, bu politika hedeflerini destekleyen yasaları geçirmek için birlikte çalışmaktadır. İki parti arasındaki işbirliği anlamlı enerji politikası reformlarının hayata geçirilmesi için çok önemlidir.

2.19.14. Halkı Katılıma Teşvik Etmek

Halk ve paydaşlar enerji politikası tartışmalarına her düzeyde dahil edilmelidir. Kamu desteği, başarılı uygulama için esastır ve geniş bir perspektif yelpazeyle çalışmak daha iyi bilgilendirilmiş kararlar alınmasına yol açabilir.

Sonuç olarak, kapsamlı bir enerji stratejisi, enerji güvenliğini, ekonomik büyümeyi ve çevresel sorumluluğu teşvik eden bir dizi politika ve önlemi içermelidir. Değişen enerji manzarası ve küresel zorluklar göz önüne alındığında, uyum kabiliyeti ve geleceği düşünen politikalar ABD'nin enerji geleceği için kritiktir.

2.19.15. Amerika Birleşik Devletleri Hedefleri

Amerika Birleşik Devletleri'nin 2050 yılına kadar net sıfır emisyon hedefi ve 2035 yılına kadar net sıfır enerji sektörü hedefine ulaşma taahhüdü, mevcut politikaların temelini oluşturmaktadır. ABD Enerji sektörü, küresel sera gazı emisyonlarının yaklaşık % 75'ini oluşturmakta ve karbon ayak izini azaltmak, Dünyanın sıcaklığını 1.5 derece Celsius'den fazla artırmak için öngörülen küresel hedefe ulaşmak için kritik bir faktördür. ABD Başkanı Biden'ın "Daha Temiz Kurulum" Gündemi, temiz enerjide Amerika'nın liderliğini ilerletmek, sağlam, güçlü ve şeffaf enerji sistemleri geliştirmek ve iklim değişikliği tehdidi ile başa çıkmak için sürdürülebilir yatırımları teşvik etmeyi, geleceğin işlerini yaratmayı amaçlamaktadır.

Beyaz Saray Çevresel Kalite Konseyi (CEQ), bir önerge yayınlamıştır. CEQ'nun Uygulama Kuralı, Ulusal Çevresel Politika Yasası (NEPA) altındaki çevresel incelemeleri modernize etmeyi, hızlandırmayı, erken toplum katılımını teşvik etmeyi, temiz enerji girişimlerini hızlandırmayı, enerji güvenliğini güçlendirmeyi ve çevresel yaptırımları ileriye götürmeyi amaçlamaktadır.

Önerilen kural kapsamında, Biden-Harris Yönetimi çevresel etki faktörlerinin daha önceki yönetimde olduğundan daha hızlı tamamlandığı bir süreç içindedir. Başkan Biden'ın uyguladığı yönetim, temiz enerji ve altyapı hedeflerine ulaşmak için, federal izinleri hızlandırma konusuna odaklanmakta ve aynı zamanda çevresel korumayı ve toplum katılımını güçlendirmektedir. CEQ, çevresel tedbirleri daha net hale getirmiş, yeniden tesis etmiş ve ilgili ajanslara iklim değişikliği ve sera gazı emisyonlarını dikkate alırken rehberlik sağlamıştır.

Önerilen reformlar federal çevresel inceleme ve izin süreçlerinin etkinliğini, verimliliğini ve şeffaflığını artırmayı hedeflemektedir. Bunlar, en iyi mevcut bilime ve uygulamalara dayanmakta, olumlu çevresel ve toplumsal sonuçları teşvik etmektedir . Ayrıca söz konusu

kural, projeler ve paydaşlar için verimlilik ve kesinlik oluşturmak için yeni araçlar tanımlamaktadır:

1. Temiz enerji, temiz iletim, temiz su ve diğer altyapı projelerinin hızlandırılmasını hedefler.
2. İklim değişikliği ile başa çıkmayı, kamu sağlığını korumayı ve daha iyi çevresel sonuçları teşvik etmeyi amaçlar.
3. Çevresel yaptırımları ve yasaları daha ileriye götürmeyi ve kamu katılımını teşvik etmeyi amaçlar.

Bu kural, Başkan Biden'ın çevresel korumayı ve toplum katılımını önceliklendiren bir izin reformu gündeminin çok önemli bir parçasıdır. Yukarıda sözü geçen kural, yatırım ve mevcut yönetim uygulamaları ABD'nin tüm enerji üretimi, iletimi ve kullanımında çevre boyutunu dikkate alırken hala çok yol katetmesi gerektiği çok net ve açıktır.

Amerika Birleşik Devletleri, zaman zaman birçok çözümler sunsa da ithal edilen petrol bağımlılığını azaltmak zorlanmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunan araçların çoğu, ithal edilen petrolle üretilen yakıtlarla çalışmaktadır. Aynı zamanda Amerika Birleşik Devletleri, enerji güvenliğinin bir ülkenin ihtiyaç duyduğu miktar ve kalitede enerjiye erişim olarak gördüğü için, kendi enerji kaynaklarının kullanılması ve işletilmesinden vazgeçilmiş ve enerji güvenliği açısından ithal enerji kullanımına karar verilmiştir. Bu konuda genel bir uzlaşma olmasa da, gerçek şudur ki Amerika Birleşik Devletleri ithal enerjiye olan bağımlılığını sürdürmektedir.

Amerika Birleşik Devletleri'nin modern koşullardaki enerji güvenliği önemi, enerji güvenliğinin devletin dış politikasına olan etkisi göstermektedir. Bu nedenle Amerika Birleşik Devletleri, karlı ve istikrarlı petrol ithalatını sağlamak amacıyla Orta Doğu'da çıkarlarını savunmaktadır. Ayrıca hükümet, ülkenin iç enerji rezervlerini geliştirmeye ve yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru geçiş yapmaya önem vermektedir.

Çevresel kaygılarda enerji güvenliğini etkileyen önemli bir faktördür. Bu nedenle Amerika Birleşik Devletleri, fosil yakıtlı elektrik üretiminin payını yavaş yavaş azaltmaktadır. . Bununla birlikte, petrol hala ana enerji kaynağı olmaya devam etmekte, ve doğalgaz ise onu takip etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları şu anda ABD enerji yelpazesinin nispeten küçük bir bölümünü kapsasa da, payları yavaşça artmaktadır.

Son yıllarda ABD'nin enerji sistemi hızla değişmektedir. Teknolojide kaydedilen ilerlemeler, yenilenebilir enerjinin hızla yayılmasını hızlandırmakta, elektrikli araçlar için pazarlar genişletmekte ve petrol, doğalgaz üretiminde rekor seviyelere ulaşılmaktadır. Artan jeopolitik riskler de enerji sistemini etkilemektedir. Ayrıca, ABD de yürürlükte olan federal yasalar Biden hükümeti ile birlikte, temiz enerji teknolojilerine çok üst düzeyde yatırım yapılmasını yetkilendiren seviyelere çıkarılmıştır.

Enerji üretimi kaynaklı CO₂ emisyonları ABD enerji senaryolarında, artan elektrifikasyon, daha yüksek ekipman verimliliği ve daha fazla sıfır karbonlu elektrik üretimi nedeniyle düşüş göstermektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nin Paris Anlaşması kapsamında sunduğu ulusal katkı, 2030'a kadar net sera gazı emisyonlarının % 50 ile % 52 arasında, 2005 seviyesinin altında düşürülmesi hedefi vardır. 2050'de toplam enerji ile ilgili CO₂ emisyonları, bu yılın Referans senaryosuna göre geçen yıla göre % 17 azalma görülmektedir . Bu değişikliğe katkıda bulunan ana faktörler arasında IRA (İklim İyileştirme ve Rekabet Yasası), enerji sistemi genelinde teknoloji maliyetleri ve performansına yönelik güncellemeler ve makro ekonomik yapıdaki değişiklikler bulunmaktadır. Bununla birlikte, emisyon azaltımları, Amerika Birleşik Devletleri'nin ulaşım ve endüstriyel faaliyetlerinde uzun vadeli büyümeye bağlı olarak sınırlıdır. Bu nedenle, uzun dönemli emisyon azaltımları, ekonomik büyüme ve sıfır karbonlu üretim teknolojilerinin maliyetine bağlıdır.

Amerika Birleşik Devletleri'nin tüm ülke kapsamında yenilenebilir üretim kapasitesi, kurulu kapasitenin büyümesini destekleyerek artmaktadır. Artan elektrifikasyon ve devam eden ekonomik büyüme nedeniyle 2050'ye kadar Amerika Birleşik Devletleri'nin elektrik talebinde istikrarlı bir büyüme görüleceği kesindir. Azalan sermaye maliyetleri ve IRA girişimleri de dahil olmak üzere hükümet teşvikleri, güneş ve rüzgar gibi elektrik üretimi için yenilenebilir teknolojilerin artmasını desteklemektedir. Yatırım gerçekleştikten sonra, rüzgar ve güneş, sıfır yakıt maliyetlerine sahip oldukları için elektrik talebini karşılamak için en düşük işletme maliyetli kaynaklardır. Zaman içinde, düşük işletme maliyeti avantajı ile sıfır karbonlu elektrik üretiminin payını artıracaktır. Sonuç olarak, Amerika Birleşik Devletleri'nde tüm senaryolarda yenilenebilir üretim kapasitesinin arttığını görülmektedir. 2022'ye kıyasla, güneş üretim kapasitesinin 2050'ye kadar yaklaşık % 325 ile % 1019 arasında, rüzgar üretim kapasitesinin ise yaklaşık % 138 ile % 235 arasında artacağı öngörülmektedir. Söz konusu yenilenebilir enerji büyümesini desteklemek için tüm senaryolarda kurulu kapasitesinin arttığını görülmektedir.

Doğalgazda ise, 2022'ye göre üretim kapasitesi, 2050'ye kadar % 20 ile % 87 arasında artacağı öngörülmektedir.

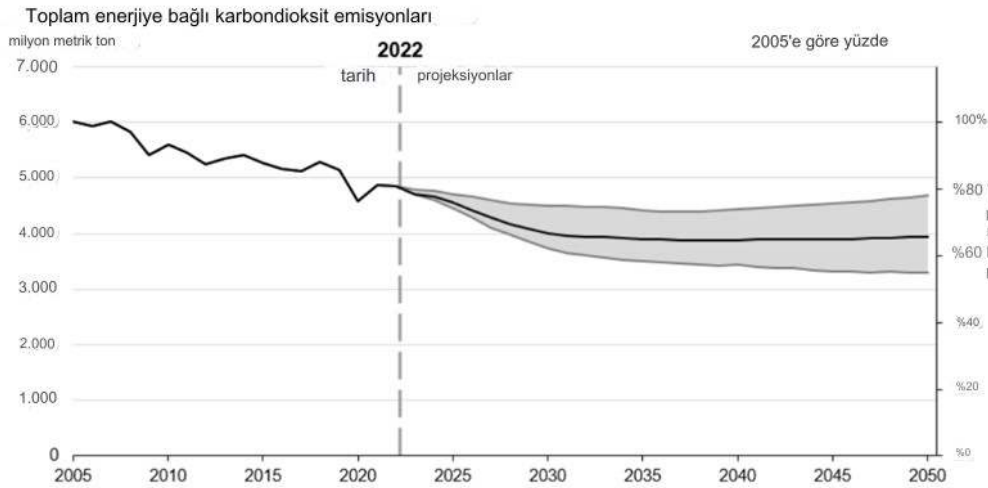
Sadece enerji sektöründe değil son enerji kullanıcıları da bu değişim görülmektedir. Daha fazla ısı pompası ve elektrikli araç kullanılmakta, demir ve çelik endüstrisinde giderek daha fazla elektrikli ark fırınlarında kullanılması yaygınlaştırılma kidadır. Konut ve ticari sektörlerde ise, daha yüksek ekipman verimliliği ve daha yüksek yaptırıma sahip bina kodları kullanımı enerji yoğunluğundaki düşüşleri uzamaktadır. Isı pompalarının kullanımında artış olmasına rağmen, doğalgazlı ısıtma ekipmanları, fırınlar ve kazanlar da dahil olmak üzere, 2050'ye kadar Amerika Birleşik Devletleri'ndeki konut ve ticari binaların ısınma enerji tüketiminin en büyük payını oluşturmaya devam edeceğini öngörülmektedir.

Ulaştırma sektöründe, hafif ticari araç enerji talebi, daha fazla elektrikli araç kullanılması ve daha sıkı yaptırımlar uygulanması, seyahat talebinin devam eden büyümesini büyük ölçüde

dengelediği için 2045'e kadar azalacağı tahmin edilmektedir. Ulaşım sektörü enerji talebi, artan seyahat talebi nedeniyle artacak fakat artan verimlilik ile dengelenecektir. Birçok senaryoya göre hafif ticari araç enerji talebinin 2050'de % 3 ila % 28 arasında azalacağı öngörülmektedir.

2040'a kadar ülke iç petrol ve sıvı yakıt tüketimde önemli bir değişiklik olmamasına rağmen, uluslararası talebin artmasıyla nihai ürün talebi ve ihracatı arttıkça Amerika Birleşik Devletleri'nin üretiminin tarihsel olarak yüksek kalmasını beklenmektedir. Elektrik üretiminde yenilenebilir kaynaklara ve pillere doğru kayma olmasına rağmen, enerji üretiminde doğal gaz tüketiminin nispeten istikrarlı kalmaya devam etmesi beklenmektedir. Bununla birlikte, uluslararası talep nedeniyle sıvılaştırılmış doğal gaz için doğal gaz üretimi, ham petrolle birlikte artmaya devam edecektir. İç tüketimde nispeten azalan büyüme ve üretimdeki devam eden büyüme kombinasyonu göz önüne alındığında, Amerika Birleşik Devletleri'nin 2050'ye kadar petrol ürünleri ve doğal gazda net bir ihracatçı olarak kalacağını tahmin edilmektedir.

Paris Anlaşması kapsamında, Amerika Birleşik Devletleri, 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarını 2005 seviyelerinin % 50 ila % 52 altına indirme hedefini belirlemiştir. Yüksek ekonomik büyüme ve yüksek sıfır karbonlu teknoloji maliyeti varsayımlarının bir araya geldiği durumda, emisyonlar 2030'da 2005'e göre % 25 azalabilir ve düşük ekonomik büyüme ve düşük sıfır karbonlu teknoloji maliyeti varsayımları altında % 38'e kadar azalabilir. Yüksek Ekonomik Büyüme senaryosunda, emisyonlar başlangıçta hızla düşmesi beklenmekte ve ardından 2040'ta endüstriyel faaliyetler ve artan seyahat talebi ve elektrik enerjisi sektöründen kaynaklanan emisyon azalmalarının önüne geçerek tekrar artması beklenmektedir.

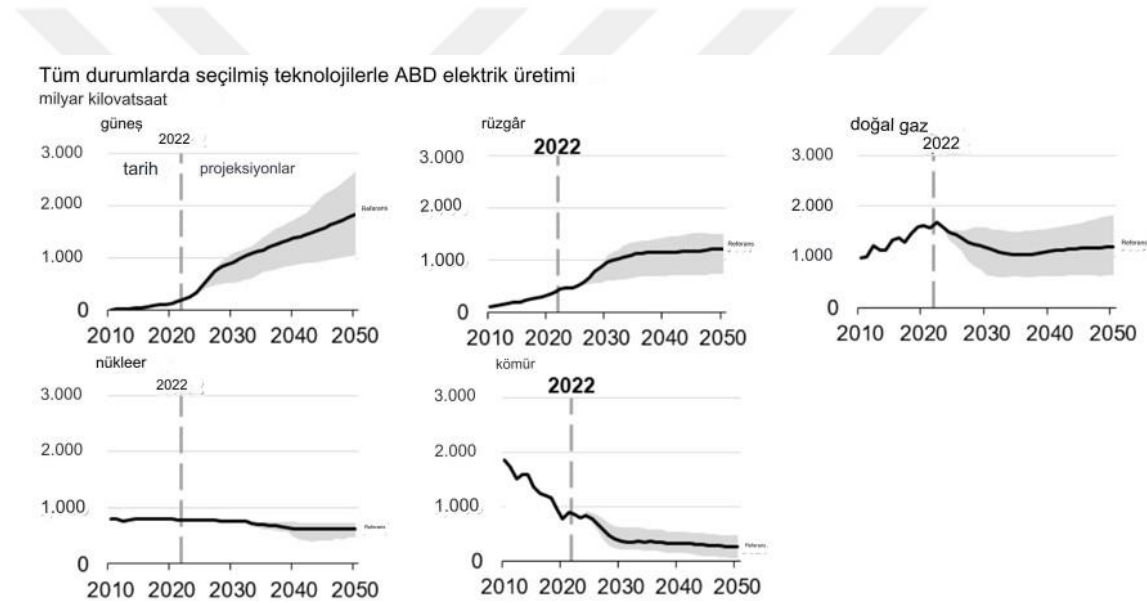


Şekil 2.51. ABD Toplam Enerji Kaynaklı CO₂ emisyonları (EIA, 2023)

ABD ve tüm dünya genelinde Yenilenebilir enerji teknolojilerinin maliyetlerinin düşmesi ve yenilenebilir enerjiye yönelik teşviklerin artması, elektrik enerjisi sektöründe fosil yakıtların kullanımı azaltmaktadır.

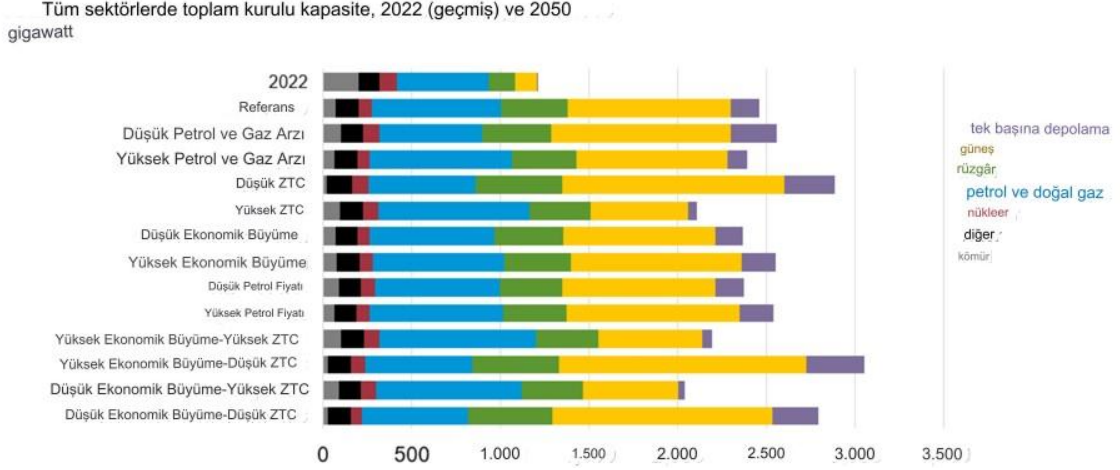
Ekonomik büyüme, son kullanım sektörlerinde artan elektrifikasyon ile birleşerek 2050'ye kadar Amerika Birleşik Devletleri'nin elektrik enerjisi talebinde istikrarlı bir büyüme olacağı öngörülmektedir. Güneş panelleri, rüzgar türbinleri ve pil depolama için sermaye maliyetlerinin düşmesi, ayrıca IRA gibi hükümet teşvikleri, yeni güç kapasitesi inşa edilirken yenilenebilir enerjilerin alternatiflere göre giderek daha düşük maliyetli hale gelmesine neden olmaktadır.

Yenilenebilir enerji, ABD genelinde enerji talebini giderek daha fazla karşılamaktadır (Şekil 2.52). Doğal gaz, kömür ve nükleer enerji üretim payları azalmaktadır. Yenilenebilir enerji, hatta Düşük Sıfır-Karbon Teknoloji Maliyeti (ZTC) senaryosunda bile, nükleer enerjiyi geride bırakmaktadır. Doğal gaz ile çalışan çoğu elektrik üretimi, basit döngü yanma türbinlerine göre kombine çevrimli santrallerden gelmektedir. Doğal gaz fiyatlarındaki belirsizlik, farklı projeksiyonlara yol açsa da uzun vadede elektrik enerjisi sektöründen doğal gaz talebi tüm senaryolarda istikrarlıdır.



Şekil 2.52. ABD Toplam Elektrik Üretimi (EIA, 2023)

Artan elektrik enerjisi talebini karşılamak için, ongorülen odur ki toplam kurulu güç kapasitesi neredeyse iki katına çıkmaktadır, hatta Düşük Ekonomik Büyüme senaryosunda bile (Şekil 2.53). Üretim karışımında yenilenebilir enerjinin daha yüksek bir paya sahip olduğu senaryolarda, güneş ve rüzgarın, kömür, nükleer enerji ve kombine çevrim santralleri gibi tesislerle karşılaştırıldığında doğal olarak daha düşük kapasite faktörlerine sahip olmasından dolayı, toplam elektrik şebekesi kapasitesinde yeri daha yüksektir.

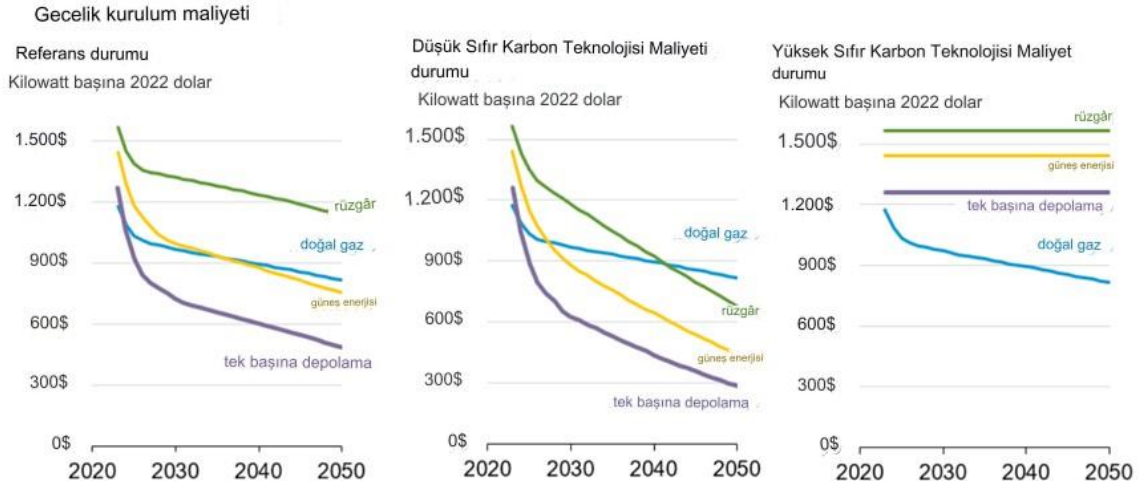


Şekil 2.53. ABD Toplam Kurul Güç 2022 ve 2050 (GW) (EIA, 2023)

Amerika Birleşik Devletleri'nin tümünde yenilenebilir enerji kapasitesinin artacağını tahmin edilmektedir, ancak bölgesel kaynakların farklı yenilenebilir kaynak karışımlarına yol açtığı görülmektedir. Tüm senaryolar kapsamında, 2050'de orta bölgelerde yenilenebilir enerji kapasitesinin % 40 ila % 60'ı rüzgardan geleceği, ve Güneydoğu ve California Bağımsız Sistem İşletmecisi (CAISO) tarafından yönetilen bölgelerde, büyük miktarda güneş ve az miktarda rüzgar enerjisi kapasitesi olacağı görülmektedir.

Rüzgar ve güneş enerjisi üretimi, inşa edildikten sonra sıfır yakıt maliyetine sahip oldukları için diğer teknolojilere göre üstünlük sağlarlar. Fakat, bazen kullanılamaz ve kesintiye uğrayabilir, genellikle güneş üretiminin bazı bölgelerde ve mevsimlerde talebi aşılabileceği öğle saatlerinde kesintiye uğrayabilir. Bu sebeple bu yatırımlarda depolama amaçlı pil kapasitesi kullanılır. Pil kapasitesinde üretimin bir kısmı daha sonraki saatlerde depolamak ve dağıtmak üzere toplanır, bu da fosil yakıt kapasitesine olan bağımlılığı azaltır. Pil depolama aynı zamanda rezerv kapasite sağlamak için doğal gazla çalışan kapasiteyi dengelemek için de kullanılır. 2050 Referans senaryosunda 160 gigavatlık (GW) bağımsız pil depolama kapasitesi öngörülüp, diğer senaryolarda dağıtım 40 GW ile 260 GW arasında değişmektedir.

Yenilenebilir teknoloji maliyetlerinin, doğal gazla çalışan üretim teknolojilerine göre sürekli düşüş göstermesi, üretim dağılımında değişime katkıda bulunur. Ayrıca, üretim dağılımında yenilenebilirler de öncelik tanıyan son politikalarında buna katkısı fazladır.



Şekil 2.54. ABD Düşük Sıfır Karbon ve Yüksek Sıfır Karbon Yatırım Bedelleri (EIA, 2023)

Yenilenebilir enerjide büyümenin bir sonucu olarak, Amerika Birleşik Devletleri'nde kömürle çalışan üretim kapasitesinin 2030'a kadar mevcut seviyelerin yaklaşık % 50'sine (yaklaşık 200 GW) keskin bir şekilde düşeceğini ve ardından daha ılımlı bir düşüş yaşanacağını tahmin edilmektedir. 2050'de 23 GW ile 103 GW arasında kömürle çalışan kapasite olacağı tahmin edilmektedir. IRA, rüzgar ve güneş enerjisi üretimine ek teşvikler sağlamakta, bu da elektrik enerjisi sektöründe kömürle çalışan üretim kapasitesinin kısa vadeli düşüşünü hızlandırmaktadır ve Amerika Birleşik Devletleri'ndeki kömür filosunun emekliliği için gerekli zaman çizelgesini de hızlandırmaktadır.

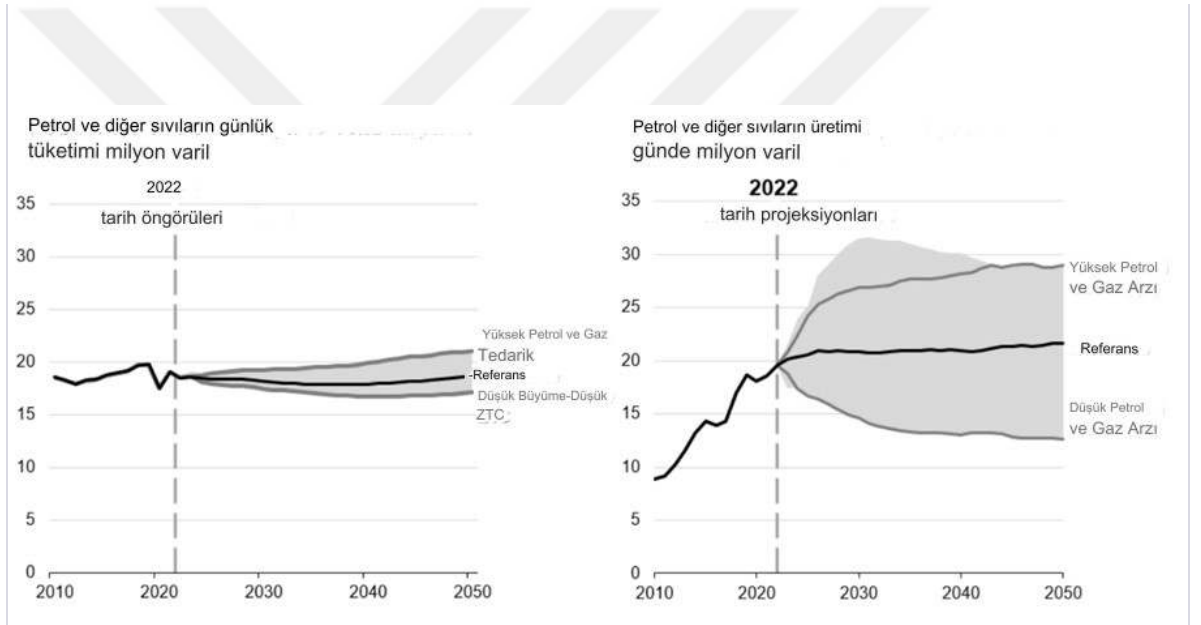
Amerika Birleşik Devletleri'nin enerji tüketimi 2050'ye kadar artmaya devam edecektir ve elektrik çok daha büyük bir rol oynayacaktır. Elektrik kullanımı ve elektrikle ilgili kayıpları içeren toplam enerji tüketimi, 2022'den 2050'ye kadar % 15'e kadar artacağı öngörülmektedir. Yüzde olarak en büyük artışlar, endüstri sektöründe enerji tüketimi %3 2'ye varan artış ve ulaştırma sektöründe enerji tüketimi % 8'e kadar olan artıştır. Konut ve ticari sektörlerdeki enerji tüketimi artışının en az değişime uğraması beklenmektedir.

Amerika Birleşik Devletleri elektrik enerjisi sektöründeki kömür tüketimi, 2022'deki 458 milyon kısa ton (MMst) seviyesinden 2030'da 189 MMst'ye ve 2050'de 131 MMst'ye düşeceği hesaplanmaktadır. Düşük senaryoda 2050'de 170 MMst gibi düşük bir seviyeye düşebilir. Düşük petrol ve doğal gaz arzı ve yüksek doğal gaz fiyatı olduğu durumda, kömür kullanımı 2050'de 350 MMst'ye kadar yükselebilir. Tüm tahminlerde, 2050'de yıllık kömür ihracatları ortalama olarak yaklaşık 110 MMst ve son kullanım kömür talebi yaklaşık olarak 36 MMst olacağı öngörülmektedir.

Enerji tüketiminin artması, son kullanıcı ve elektrik enerjisi sektörü teknolojilerinin ve verimliliğinin geliştirilmesi ve sıfır karbonlu üretim teknolojilerinin maliyetlerinin düşmesi, bunun sonucunda daha ucuz elektrik temini ve son kullanıcıda elektrifikasyonun artmasına neden olacaktır. Konut ve ulaştırma sektörlerindeki elektriğin payı, özellikle soğutma talebi arttıkça ve

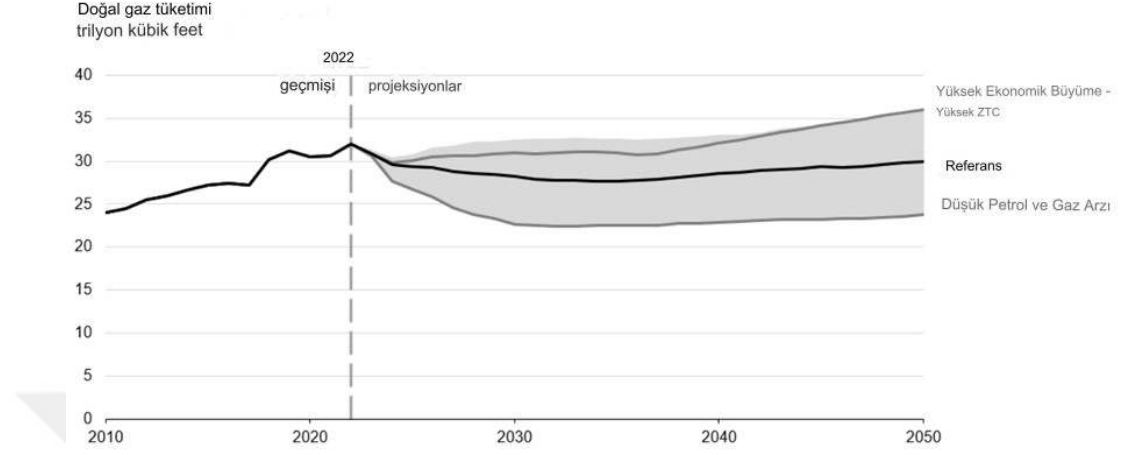
elektrikli araçlar daha büyük bir pazar payına sahip oldukça daha fazla artacaktır. Konut sektörü, 2022'de 5.1 kadrilyon İngiliz termal birim (quads) elektrik satın almıştır ve satın alınan elektriğin konut tüketimi, 2022'den 2050'ye kadar yaklaşık % 14 ile % 22 arasında artacağı öngörülmektedir. Ulaşım amaçlı kullanılan elektrik, 2022'de 0.1 quads olup 2050'de 0.6 quads ile 1.3 quads arasında olacağı varsayılmaktadır ve % 892 ile % 2,038 arasında artacağı tahmin edilmektedir. Endüstri sektöründe kullanılan elektrik, düşük ekonomik büyüme senaryolarında yaklaşık % 3 artar, 2022'de 3.5 quads olarak kullanılan elektrik 2050'de yaklaşık olarak 3.6 quads'a ulaşacağı öngörülmekte ve % 36 ile % 38 arasında artış gösterdiği tahmin edilmektedir.

Uluslararası petrol ve doğal gaz talebi, ABD iç tüketim artıyor ya da azalıyor olsa bile iç üretimini etkilemektedir. ABD'nin petrol ürünleri tüketimi nispeten istikrarlı kalırken, uluslararası ticaretin dinamikleri doğal gaz ve petrol gibi diğer sıvıların yerli üretimini etkileyecektir.

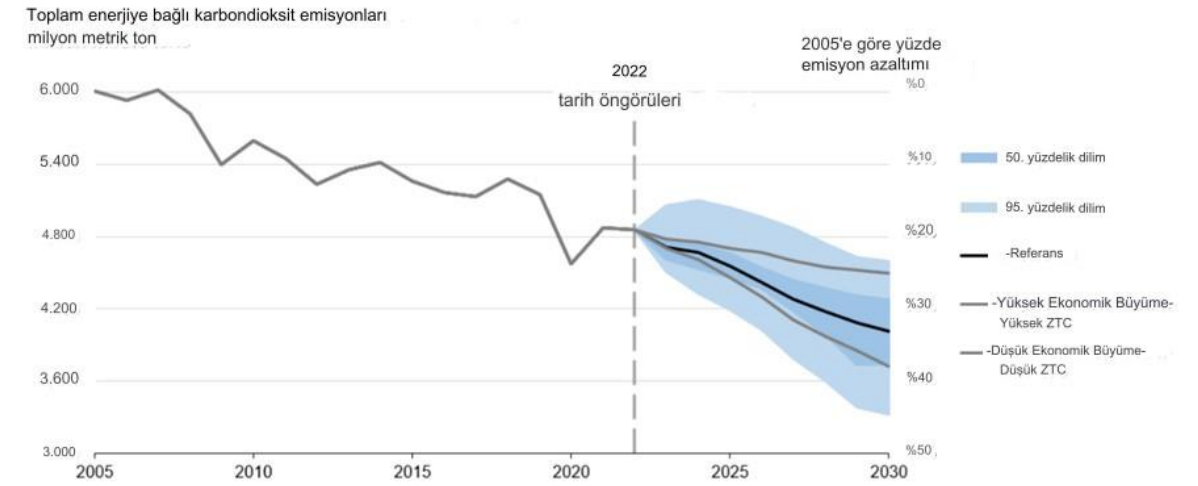


Ham petrol, küresel bir emtia olup Amerika Birleşik Devletleri, ham petrol ve ilişkili ürünlerin hem ithalatçısı hem de ihracatçısı olarak küresel pazarda yer almaktadır. Ham petrolün türü - hafif veya ağır, düşük kükürt (tatlı) veya yüksek kükürt (ekşi) - onu dizel yakıt yağı veya propan gibi bir petrol ürününe dönüştüren işlemleri belirlemeye yardımcı olur. Kısacası, Amerika Birleşik Devletleri, çeşitli rafinerileri arasında üretimi optimize etmek için farklı türde ham petrol ithal etmektedir. Rusya'nın 2022'nin başlarında Ukrayna'ya yönelik tam ölçekli saldırısına yanıt olarak, Amerika Birleşik Devletleri Rusya'dan petrol ithalatını yasakladı. Ancak, Rusya'dan Amerika Birleşik Devletleri'ne ham petrol ithalatı (özellikle işlenmemiş petrol ithalatları) seviyesinde diğer ülkelerden eşdeğer ithalatların yapıldığını varsayıldığında petrol fiyatı belirlenmesinde iç piyasalara olan etkileri minimize etmektedir.

Amerika Birleşik Devletleri'nde. Elektrik üretimi daha fazla yenilenebilir ve pil kaynaklarını kullanmaya kaydıkça, iç tüketim doğal gazın elektrik üretimi için 2022'ye göre 2050'de azalacağı öngörülmektedir. (Şekil 2.56).



Şekil 2.56. ABD Toplam Doğalgaz Tüketimi Projeksiyonları (EIA, 2023)



Şekil 2.57. ABD Enerji Kaynaklı CO₂ Emisyonu Projeksiyonları (EIA, 2023)



3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

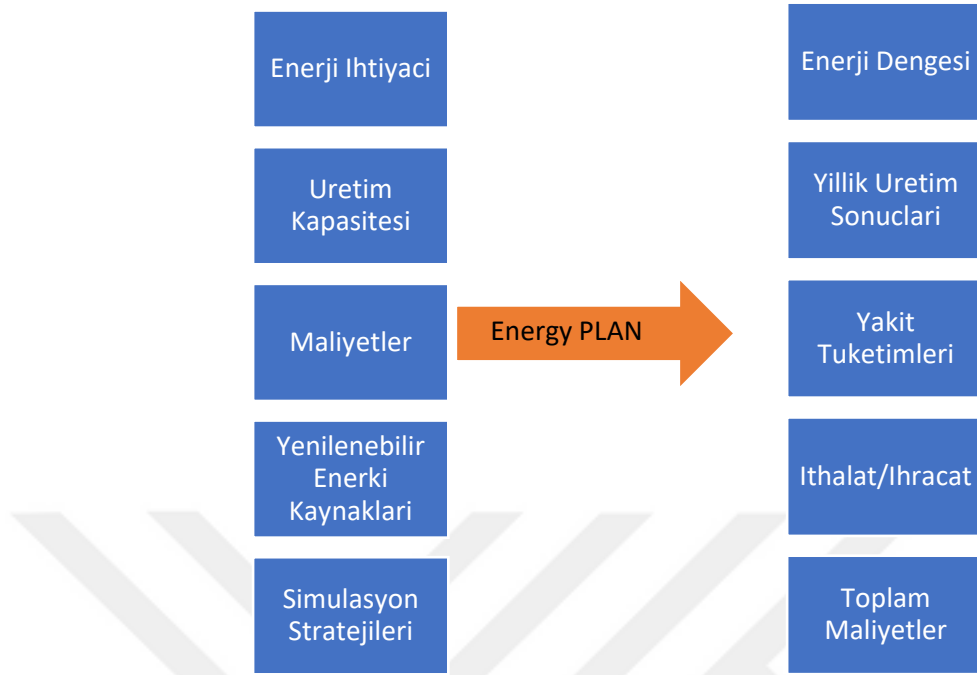
Çalışma EnergyPLAN modeli ve SWOT Analizi kullanılarak yapılan modellerin karşılaştırılmasını içermektedir. Literatüre dayalı bir çalışma olup, bu kapsamda konuyla ilgili Türkiye, Avrupa Birliği ve Amerika Birleşik Devletleri için EnergyPLAN modeli kullanılarak yapılan çalışmalar iklim değişikliği ve yeşil mutabakat doğrultusunda karşılaştırılmıştır. Bu doğrultuda, yerli ve yabancı çalışmalar ve ilgili kurum verileri materyal olarak kullanılmıştır. Bu amaçla, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, EPDK, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Ekonomi Bakanlığı, Dışişleri Bakanlığı, Dünya Enerji Ajansı, IPCC, TEİAŞ, EÜAŞ, EPIAŞ, IEA, EMBER, OECD, Dünya Bankası gibi ulusal ve uluslararası kurumların bilgi ve belgelerinden yoğun olarak yararlanılmıştır ve uluslararası kuruluşların verileri göz önüne alınmıştır.

3.2. Metod

3.2.1. Energy Plan Modeli

EnergyPLAN, ulusal veya bölgesel düzeyde enerji sistem analizi için kullanılan saatlik girdi/çıkış tabanlı bir simülasyon aracıdır. EnergyPLAN bilgisayar modeli, Danimarka'da bulunan Aalborg Üniversitesi tarafından geliştirilmiştir. Bu model yıllık bir süre boyunca saatlik değerlere dayalıdır. Teknik simülasyonlar ve piyasa ekonomik simülasyonlar da gerçekleştirir. Bu modelin temel amacı, bölgesel ve ulusal enerji sistem stratejileri ve politikalarının tasarımına yardımcı olmaktır (Lund & Thellufsen, 2019). Modelin girdileri ve çıktıları vardır. Girdiler yenilenebilir enerji kaynakları, talepler, maliyetler, kurulu santral kapasiteleridir. Çıktılar enerji dengeleri, yakıt tüketimi, toplam maliyetler, ithalat/ihracatlar ve yıllık üretimlerdir.

EnerjiPLAN Modeli Girdi ve Çıktıları



Şekil 3.1. EnerjiPLAN Modeli Girdi ve Çıktıları (Özçakır, 2012)

Çalışmada EnergyPLAN modeli ile elde edilen sonuçlar literatürden toplanarak üç farklı bölge için değerlendirilmiş Amerika Birleşik Devletleri, Avrupa Birliği ve Türkiye özelinde koşullar modelden elde edilen çalışmaların sonuçları ile kıyaslanmıştır. Analiz edilen bölgelerde, dikkate aldıkları teknolojiler ve yerine getirdikleri hedefler açısından çeşitlilik gösteren çok sayıda farklı enerji aracı mevcut olduğundan, bir çalışmanın başında uygun bir enerji modeli seçilmiştir. Çalışmanın özellikle yenilenebilir enerji kaynakları bu kaynakların gelişimi ve ileriye dönük işleyişi temel hedef olarak belirlenmiştir. Temel bir hedef belirledikten sonra, enerji kaynaklarını, bu hedefi yerine getirme yeteneklerine göre birbirlerine karşı değerlendirilmeye çalışılmıştır. EnergyPLAN Seçilme nedenleri;

1. EnergyPLAN bir dizi sekme sayfası halinde tasarlanmış kullanıcı dostu bir araçtır ve bu nedenle gerekli eğitim süresi, gerekli karmaşıklık düzeyine bağlı olarak genellikle birkaç günden bir aya kadar değişir (Aalborg University. EnergyPLAN 2014).
2. EnergyPLAN yazılımı ücretsiz bir yazılımdır.
3. EnergyPLAN, elektrik, ısı ve ulaştırma sektörlerini içeren herhangi bir ulusal enerji sisteminin üç ana sektörünü dikkate alır. Rüzgar enerjisi gibi dalgalanan yenilenebilir enerji, enerji sistemleri içinde daha belirgin hale geldikçe, esneklik hayati bir konu haline gelecektir. Günümüz dünyasında, ısı pompaları, elektrikli araçlar ve hidrojen gibi teknolojileri kullanarak elektrik, ısı ve ulaştırma sektörlerinin entegrasyonu önemli olacaktır.

4. EnergyPLAN daha önce Danimarka için %100 yenilenebilir bir enerji sistemini simüle etmek için kullanılmıştır (Mathiesen ve diğerleri, 2008).
5. EnergyPLAN kullanılarak geliştirilen sonuçlar politika yapıcılar tarafından kabul görmektedir.

3.2.2. SWOT Analizi

SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats - Güçlü yönler, Zayıf yönler, Fırsatlar, Tehditler) Analizi, bu tezde ele alınan ülkeler olan Türkiye, AB ve ABD için uzun dönemli karbon nötr enerji üretimine geçiş için tüm çalışma ve modellerde önerilen yenilenebilir enerjinin güçlü ve zayıf yönlerini belirlemek ve fırsat ve tehditleri saptamak için EnergyPLAN modelinin yanında ikincil metot olarak kullanılmıştır. SWOT analiz yöntemi, 1960'larda Harvard Üniversitesi'nin profesörleri olan Learned, Christensen, Andrews ve Guth tarafından geliştirilmiştir (Ghazinoory,2011)

SWOT analizi, çevresel faktörlerin incelenmesini, karbonsuzlaştırmaya gidilmesinin geleceği açısından önemli olan fırsatların saptanmasını, tehdit unsuru oluşturabilecek faaliyetlerin fark edilip önlem alınmasını, güçlü yönlerinin ortaya çıkmasını ve bunların hangi durumlarda, koşullarda ve ortamlarda kullanılması gerekebileceğinin saptanmasını, kapsamaktadır.

Bu tez çalışmasında Türkiye, ABD, AB için işlenen tüm senaryolar ve çalışmalarda net sıfır karbon hedefine ulaşılabilmesi için önerilen tamamen yenilenebilir enerjiye geçiş sağlanmasıdır. Burada uygulanan SWOT analizinde bahsi geçen tüm ülkeler için tamamen yenilenebilir enerjiye geçişin;

- Güçlü yönleri
- Zayıf yönleri
- Tehditleri
- Fırsatları

İncelenmiştir.



4. BULGULAR

4.1. Amerika Birleşik Devletleri EnergyPLAN model sonuçları değerlendirmesi:

Eyaletlere Bağlı Değerlendirmeler:

Amerika Birleşik Devletlerinde değerlendirme yaparken ve model üzerinde çalışılırken eyalet sistemi öncelenerek incelenmelidir. Her bir eyalette hedeflenen emisyonların tahminini etkileyen her eyalete özgü üç faktör vardır:

- 1) Mevcut enerji santrallerini beslemek için kullanılan yakıt karışımı,
- 2) Mevcut fosil yakıtlı enerji santrallerinin emisyon oranı
- 3) Her bir eyaletteki PV sisteminin kapasite faktörü.

Örneğin, Kaliforniya'daki kömür yakıtlı enerji santralleri elektriğin % 1'inden daha azını sağlarken, Batı Virginia'da üretilen elektriğin neredeyse tamamını sağlamaktadır. Buna göre, Batı Virginia'da daha yüksek bir PV penetrasyonu, yerel kömür üretiminin başka bir yere aktarılmadığı ve yer değiştirdiği varsayıldığında, mevcut üretimin daha temiz enerji kaynaklarından elde edildiği eyaletlerle karşılaştırıldığında, kWh üretim başına emisyonlarda daha büyük bir oransal azalmaya yol açacaktır.

Yirmi beş yıl önce (Calzonetti ve diğerleri 2012), enerji santrali konumları ve yakıt türleri hakkındaki kararların çevresel düzenlemelere, yakıtların fiyatına, elektrik şirketi politikasına, yakıt bulunabilirliğine, elektrik talebine, komşu güç sistemleriyle karşılıklı ilişkilere ve diğer faktörlere dayandığını belirtmiştir. Kaliforniya da dahil olmak üzere Pasifik Kıyısı eyaletleri elektriklerinin büyük bir kısmını doğal gaz ve hidroelektrik kaynakları kullanarak üretmektedir. Buna karşılık, ABD'nin Ortabatı ve Batı Virginia, Indiana, Kentucky, Pennsylvania ve Ohio gibi bazı Doğu eyaletleri tipik olarak elektriklerinin çoğunu kömür kullanarak üretmektedir. Daha yüksek PV (veya diğer yenilenebilir) penetrasyon seviyeleri, yeni kapasitenin konumuna bağlı olarak farklı enerji santrallerinden sağlanan enerjinin yerini alabilir. Örneğin, Batı Virginia'da PV'den üretilen elektriğin artması, PV'nin doğal gazın daha büyük bir payını ikame edebileceği Kaliforniya'ya kıyasla kömürle çalışan üretimin daha büyük bir payını ikame edebilir. Bununla birlikte, yenilenebilir kaynaklardan üretilen gerçek enerji -ve yer değiştiren fosil ünitelerden kaçınılan emisyonlar - eyaletten eyalete değişen yerel hava koşullarından da etkilenir.

EnergyPLAN modelinin çalıştırıldığı ABD genelinde coğrafi olarak dağılmış ve tipik olarak elektriklerinin çoğunu kömür veya doğal gazdan üreten 10 eyaletin değerleri literatürden alınarak analiz edilmiştir. Çizelge 4.1'deki analizde on eyalet için elektrik üretmek için kullanılan yakıt payını göstermektedir.

Çizelge 4.1. ABD Enerji sisteminde kullanılan yakıt türleri (<http://www.eia.gov/state/>).

Eyalet	(GWh)	Enerji kaynakları yüzdesi(%)			
		Kömür	Doğal Gaz	Nükleer	Diğer
Batı Virginia	70,780	96.2	0.4	0	3.4
Indiana	116,670	92.8	3.4	0	3.7
Kentucky	90,630	92.7	3.2	0	4.1
Ohio	139,090	81.8	4.3	10.9	3.0
Colorado	50,570	62.6	27.4	0	10.0
Pennsylvania	219,500	48.1	13.7	35.2	3.0
Illinois	193,860	46.4	2.4	49.2	2.0
Texas	397,170	35.0	48.0	10.4	6.6
New York	133,150	9.6	33.4	32.7	24.4
California	204,780	1.0	56.2	15.5	27.3
ABD	3,950,330	44.4	23.3	20.2	12.0

Çizelge 4.1’de görüldüğü gibi, mevcut fosil yakıtlı enerji santrallerinden kaynaklanan emisyon yoğunluğunun on eyalet arasında önemli ölçüde değiştiğini göstermektedir. Örneğin, kömür santrallerinden kaynaklanan SO₂ emisyonları Colorado’da 1,87 (g/kWh) ile Pennsylvania’da 8,22 (g/kWh) arasında değişmektedir.

Çizelge 4.2’de Seçilen eyaletlerde CO₂ Emisyonlarının değişimi gösterilmektedir.

Çizelge 4.2. ABD Seçilen eyaletlerde CO₂ Emisyonlarının değişimi (eia.gov.state, 2023)

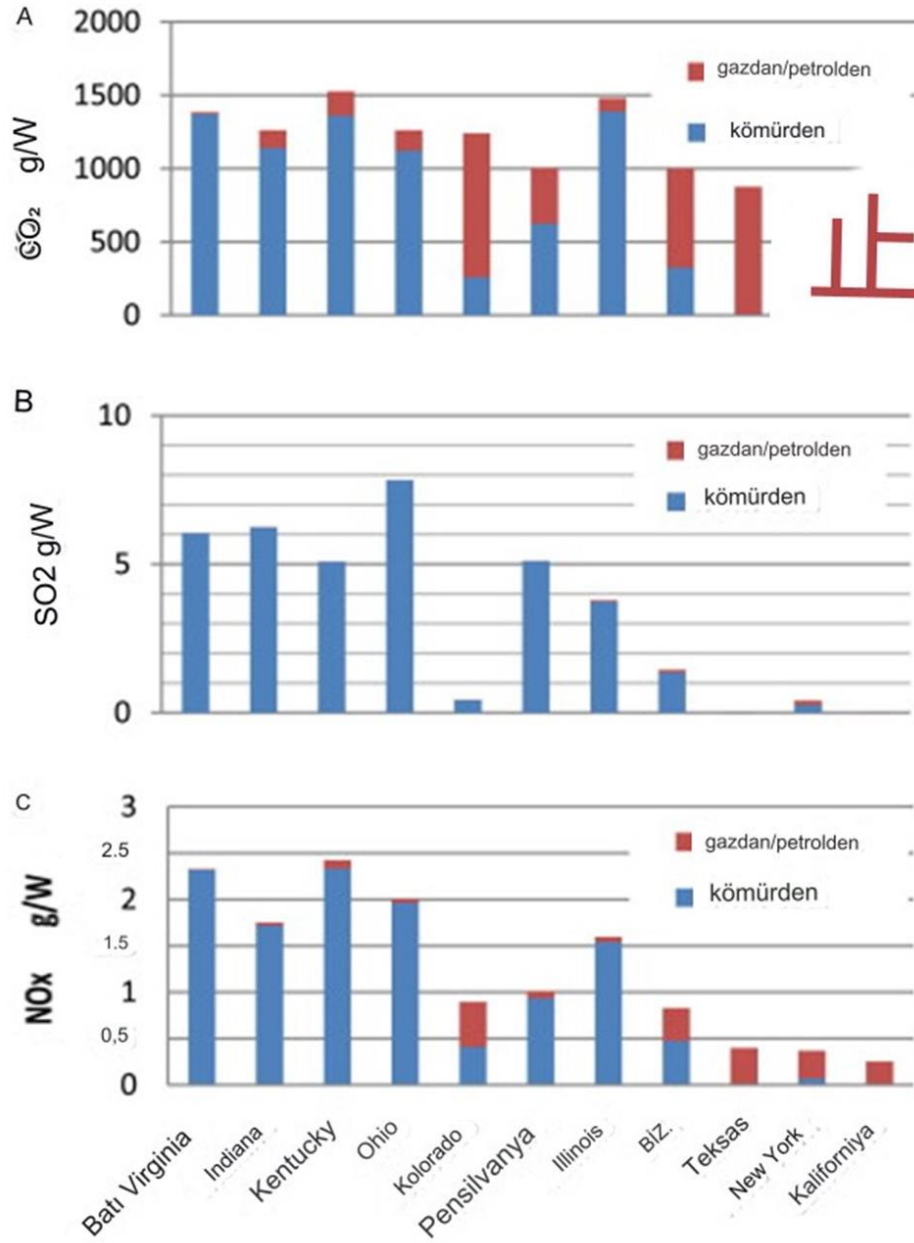
Eyalet	CO ₂ (g/kWh)		SO ₂ (g/kWh)	NO _x (g/kWh)
	Kömür Santralleri	Doğalgaz Santralleri	Kömür Santralleri	Kömür Santralleri
West Virginia	1005	690	4.43	1.70
Indiana	1067	519	5.85	1.61
Kentucky	1080	703	4.03	1.85
Ohio	1029	546	7.17	1.80
Colorado	1139	511	1.87	1.80
Pennsylvania	1005	479	8.22	1.51
Illinois	1125	520	3.03	1.25
Texas	1141	469	3.34	0.84
New York	1046	532	4.38	1.18
California	822	456	4.37	3.47
ABD	1077	482	4.49	1.58

Güneş ışınımının eyalete özgü değişimi, aynı PV teknolojileri ve işletme uygulamaları varsayıldığında, bir PV sisteminin kapasite faktörünün birincil belirleyicisidir. Analizimizdeki on eyalette saatlik PV elektrik çıktısı üretmek için Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı'nın Sistem Danışmanı Model'inin çıktıları kullanılmıştır(SAM). Çizelge 4.3, bu çalışmada değerlendirilen on eyalette kurulu PV sistemleri için SAM tarafından üretilen kapasite faktörü varsayımlarını göstermektedir.

Çizelge 4.3. ABD Seçilen On Eyalet İçin %10 PV Kurulumuyla PV Kapasitesi (nrel.gov.tr, 2022)

Eyalet	PV (GWh)	Kapasite Faktörü	PV kapasitesi (MW)
Batı Virginia	7080	0.158	5110
Indiana	11,670	0.173	7700
Kentucky	9060	0.175	5910
Ohio	13,910	0.158	10,050
Kolorado	5060		2550
Pennsylvania	21,950	0.172	14,570
Illinois	19,390	0.168	13,170
Texas	39,720	0.245	18,510
New York	13,320	0.156	9740
California	20,480	0.261	8960
ABD	395,030	0.226	199,540

Her bir eyalet için CO₂, SO₂ ve NO_x'in temel emisyonlarını ve % 10 PV penetrasyonundan sonra kaçınılan tahmini emisyonları (yüzde azalma olarak ifade edilir) göstermektedir. Beklendiği gibi, önlenen emisyon yüzdesi on eyalet arasında önemli ölçüde değişmektedir. Örneğin, Batı Virginia için önlenen SO₂ emisyonu % 10,2 iken, Teksas için sadece % 0,1'dir. Bu farkın başlıca nedeni, Batı Virginia'da elektrik üretmek için kullanılan kömür oranının Teksas'a kıyasla daha yüksek olmasıdır.



Şekil 4.1. Kömür veya Doğal Gaz/Petrol %10 PV sonrasında önlenen emisyon: (a) CO₂; (b) SO₂; (c) NO_x. (nrel.gov.tr, 2022)

Şekil 4.1 yenilenebilir kapasitesinin kullanılması ile emisyonların eyaletlere göre önemli ölçüde düşebildiğini göstermektedir. Bu çeşitliliği açıklamak için herhangi bir niceliksel analiz yapılmadan önce, kömür santrallerinin diğer tüm enerji santrallerinden daha yüksek emisyonu sahip olduğu göz önüne alındığında, CO₂, SO₂ ve NO_x'in önlenen emisyonlarının kömür santrallerinin payının daha yüksek olduğu yerlerde, örneğin Batı Virginia'da, niteliksel olarak daha yüksek olması zaten tüm hipotezleri desteklemektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş ile önlenen emisyonlar (g/W) ile eyalete özgü faktörler arasındaki ilişkiyi niceliksel olarak araştırmak için yapılan duyarlılık analizi duyarlılık analizi yapılmıştır. Yıllık talebin 100 TWh olduğu ve üretim yakıt türlerinin kömür ve doğal gaz olduğu genel bir devlet profili varsayılmaktadır (Zhai ve

diğerleri 2012). Daha sonra EnergyPLAN modelini değişen faktörlerle (kömür veya gaz üretiminin payı) çalıştırıldığında alınan sonuçlar değerlendirildiğinde genel olarak, kömür santrallerinin payının (kömür payı) daha yüksek olduğu eyaletlerde kaçınılan emisyonların daha yüksek olduğunu ortaya çıkmaktadır. Bunun doğrusal bir ilişki mi yoksa bir eşik noktası olan doğrusal olmayan bir ilişki mi olduğu konusundaki analizler de ise, kömür payı arttığında kaçınılan emisyonların neredeyse sabit kaldığını, ancak % 60'lık bir noktadan sonra kömür payıyla birlikte arttığını bulduk. Bunun açıklamasının, kömürün payı % 60'ın altındaysa, kömürün payı % 50 ya da % 10 olsun, PV'nin yerini alan tek fosil yakıtın doğal gaz/petrol olması olduğudur. Ancak kömürün payı % 60'ın üzerindeyse, PV kömür ve doğal gaz/petrol karışımının yerini alacaktır. Gaz payının yanı sıra, mevcut kömür santrallerinin çeşitli emisyon yoğunluklarının kaçınılan emisyonları nasıl etkilediğine de bakılması gerekmektedir.

Hassasiyet analizinde özellikle SO₂ ve NO_x için de yapılması sonuçları etkileyecektir, çünkü sonuçlar CO₂'ye göre daha büyük farklılıklar gösterebilmektedir. Çizelge 4.2'ye bakarsak, mevcut kömür santrallerinin SO₂ emisyon yoğunluğunun eyaletler arasında ne kadar dramatik bir şekilde değiştiğini açıklamak zor değildir. Bu bulgu, kirleticilerin azaltılmasının çevresel faydaları göz önünde bulundurulduğunda, yüksek kömürlü ancak düşük güneş enerjisi kapasitesine sahip eyaletlerin yüksek önlenmiş emisyon potansiyeli nedeniyle yine de dikkate alınması gerektiği düşünüldüğünde, eyaletler arasında PV yerleştirme kararını veren politika yapıcılar için önemli olabilir. Kaçınılan emisyon oranını etkileyen üçüncü değişken faktör PV kapasite faktörüdür. PV kapasite faktörü aralığı 0.15 ila 0.25 arasındadır ve bu da ABD genelinde PV kapasite faktörü aralığını temsil etmektedir.

EnergyPLAN modeli ile elde edilen sonuçlar, elektrik şebekesinin kendisinin PV'den gelen tüm elektriği sindirecek kadar esnek ve güvenilir olduğu varsayımına dayanmaktadır. Ancak, PV de dahil olmak üzere kesintili yenilenebilir kaynaklar için daha yüksek penetrasyon seviyelerini (örneğin % 10 ve üzeri) sınırlayan birçok kısıt vardır. Bu tarz çalışmalarda birden fazla operasyonel/teknik kısıt olduğu belirtilmelidir. Burada değerlendirilmeyen diğer operasyonel kısıtlar arasında gerilim ve frekansla ilgili kararlılık sorunları, yer almaktadır(Öztürk, Alkan 2013). Bu tarz operasyonel kısıtlar ve çözüm önerileri Western electricity coordinating council tarafından 2011 yılında, 2020 yılı için oluşturulmuş olmasına rağmen çözüm önerileri henüz hayata geçirilmemiştir.

4.2. Avrupa Birliği EnergyPLAN Model Sonuçları Değerlendirmesi

AB'nin sera gazı emisyonlarını azaltma ve yenilenebilir enerji paylarını artırma hedefleri doğrultusunda, Avrupa enerji sistemi şu anda büyük bir geçiş sürecinden geçmektedir(Calzonetti ve diğerleri 1984) . Sevk edilebilir üretim birimlerinden elde edilen geleneksel fosil yakıt bazlı enerji üretiminin yerini, doğal olarak dalgalı bir davranış sergileyen güneş ve rüzgar gibi değişken yenilenebilir elektrik ve ısı kaynakları almaktadır. Değişken yenilenebilir enerji kaynaklarının

(YEK) büyük oranlarda devreye girmesi, her iki taraftaki değişkenlik nedeniyle üretim ve talebin eşleştirilmesi açısından zorluklar doğurmaktadır. Bu nedenle, değişken yenilenebilir enerji üretiminin yüksek penetrasyonuna sahip enerji sistemlerinde esneklik ve arz güvenliğinin ek önlemlerle sağlanması gerekmektedir (Lukasz, 2018). Avrupa Komisyonu, değişken yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonunun enerji sisteminde hızlı tepki veren üretim arzı, depolama ve talep yanıtı gibi ek esneklik önlemleri gerektirdiğini kabul etmektedir. Yenilenebilir enerji sistemlerindeki esneklik önlemleri literatürde geniş çapta analiz edilmiş ve farklı esneklik önlemleri önem kazanmıştır(Lund ve diğerleri, 2015). Esnekliği artırmanın potansiyel yolları arasında talep tarafı yönetimi, sektörler arası entegrasyon, sınır ötesi entegrasyon ve enerji depoları bulunmaktadır (European Commission, “Electricity Interconnection Targets.”).

Avrupa Komisyonu'na göre ülkeler arasındaki güçlü ve güvenilir enterkonneksiyonlar elektrik kesintisi riskini azaltmakta ve değişken yenilenebilir elektrik üretiminin entegrasyonunu kolaylaştırmaktadır. 2014 yılında, Avrupa Konseyi tarafından 2020 yılına kadar kurulu elektrik üretim kapasitesinin %10'u oranında bir enterkonneksiyon hedefi belirlenmiş ve Avrupa Komisyonu bu hedefin 2030 yılına kadar %15'e çıkarılmasını önermiştir (Communication from the Commission to the European parliament and the council European Energy Security Strategy 2014).

Bununla birlikte, sistem esnekliğini artırmanın bir yolu olarak enterkonneksiyon kapasitesinin genişletilmesi, sınırlar arasındaki üretim ve tüketim modellerindeki mekansal farklılıklara veya enerji sistemi özelliklerindeki ve sistem esnekliğindeki farklılıklara bağlıdır. Enerji depolama teknolojileri, Avrupa Komisyonu tarafından Avrupa'da yenilenebilir elektrik üretimine geçişte kilit unsurlar olarak vurgulanmıştır. Elektrik depolama teknolojileri arasında pompajlı hidroelektrik, volanlar, hidrojen, basınçlı hava ve batarya teknolojileri yer almakta olup, pompajlı hidroelektrik dünya çapında sistemdeki mevcut en büyük depolamadır.

Yüksek oranda yenilenebilir Avrupa enerji sisteminde esneklik sağlamak için hem enterkonneksiyonların hem de depolama teknolojilerinin kullanımıyla ilgili olarak Norveç, hem bilimsel literatürde hem de medyada Avrupa'nın 'yeşil bataryası' olarak anılmaktadır (Kalterborn ve diğerleri, 2023). Norveç, Avrupa'nın en büyük kurulu hidroelektrik üretim kapasitesine sahip ülkesidir ve Avrupa'da hidroelektrikten üretilen yıllık elektriğin % 24'ünü karşılayarak Avrupa'nın açık ara en büyük hidroelektrik üreticisidir (International Hydropower Association, 2017). 'Yeşil batarya' fikri, değişken RES ağırlıklı Avrupa enerji sistemine esneklik sağlamak için geniş Norveç hidroelektrik kaynaklarının kullanımına dayanmaktadır. Çoğu durumda 'yeşil batarya' fikri, Avrupa enerji sisteminde değişken YEK'ten fazla üretim olduğunda elektriği depolamak ve değişken YEK'ten talebe kıyasla üretim açığı olduğunda üretim sağlamak için pompaj depolamalı hidroelektrik tesislerinin kullanımını ifade etmektedir (Kalterborn, ve diğerleri 2023). Ancak Norveç'teki mevcut pompaj depolama kapasitesi sınırlıdır ve toplam barajlı hidroelektrik üretim kapasitesinin yalnızca % 4'ünü oluşturmaktadır (IEA, 2015). Norveç'teki pompajlı hidro depolama tesisleri de çoğunlukla mevsimsel depolama (Rosvold, 2013), sürekli üretim için kullanılırken,

'yeşil batarya' fikri depolama ve üretim için birkaç gün ila birkaç hafta gibi daha kısa zaman aralıklarına dayanmaktadır (Grøv, 2011) .

Çalışmada araştırılan tüm enerji sistemi analiz aracı EnergyPLAN (Lund ve diğerleri, 2021) kullanılarak analiz edilmiş çalışmaların değerleri kullanılarak oluşturulmuştur. EnergyPLAN, tün Avrupa birliği genelinde o saatlik değerlerle çalıştırılabilmektedir (Qustergard, 2015)

EnergyPLAN tüm enerji sektörlerini içerir. Dolayısıyla, kullanıcı elektrik, soğutma, ısıtma, sanayi ve ulaştırma sektörlerini tanımlar ve EnergyPLAN daha sonra sektörler arasındaki enerji akışlarını dengeler. Her sektör için çok sayıda farklı teknoloji kurmak mümkündür, böylece farklı yakıtların, farklı verimliliklerin ve farklı üretim modellerinin kullanımı araştırılabilir. Genel olarak bu, 2050 yılında Avrupa'da yenilenebilir enerjinin verimli bir şekilde uygulanması için elektrik, ısıtma ve gaz şebekelerinin ayrıntılı bir şekilde dahil edilmesini sağlar (Lund ve diğerleri, 2021).

Literatürde özellikle iklim değişikliği konusunda son derece hassas politikalar oluşturduğu bilinen Avrupa birliği için, 2050 yılında Avrupa enerji sistemi için bir olağan durum senaryosu değerleri kullanılmıştır. Bu, 2015'ten 2050'ye kadar Avrupa enerji sektöründe önceden belirlenmiş politikaları temsil eder ve bu nedenle Avrupa enerji hedeflerine ulaşılmasıyla sonuçlanmaz, ancak karbon nötr Avrupa enerji sistemi için bir temel ve karşılaştırma için referans noktası görevi görür. Sistem, "Herkes için Temiz Bir Gezegen" senaryolarından Temel 2050 senaryosuna dayanmaktadır (EU komisyonu, 2015).

EnergyPLAN tüm enerji sektörlerini içerir. Dolayısıyla, kullanıcı elektrik, soğutma, ısıtma, sanayi ve ulaşım sektörlerini tanımlar ve EnergyPLAN daha sonra sektörler arasındaki enerji akışlarını dengeler. Her sektör için çok sayıda farklı teknoloji kurmak mümkündür, böylece farklı yakıtların, farklı verimliliklerin ve farklı üretim modellerinin kullanımı araştırılabilir. Genel olarak bu, 2050 yılında Avrupa'da yenilenebilir enerjinin verimli bir şekilde uygulanması için elektrik, ısıtma ve gaz şebekelerinin ayrıntılı bir şekilde dahil edilmesini sağlar Lund ve diğerleri, 2021).

EnergyPLAN'ın tüm enerji sektörlerini içermesi ve örneğin fazla ısı kullanımı, depolar, ısıdan güce, gazdan güce, sıvıdan güce ve elektrikli araçlar dahil olmak üzere her bir enerji sektörü arasındaki enerji akışlarını modelleme imkanı sayesinde bu araç Akıllı Enerji Sistemlerinin modellenmesi için çok uygundur. Ayrıca, saatlik modelleme yetenekleri, her saatteki sektör bağlantısının faydaları da dahil olmak üzere enerji akışlarının eşleşmesini sağlar.

Örnek olarak, EnergyPLAN her saatteki belirli yenilenebilir enerji üretimini dahil ederek e-metanol üretiminin sonuçlarını modelleyebilir. EnergyPLAN, kalan elektrik talebindeki fazla elektriği hidrojen üretimi için uygun olarak tanımlar. Bu hidrojen daha sonra ya depolanabilir ya da doğrudan metanol üretimi için kullanılabilir. Bu normal sektör birleştirme yaklaşımının yanı sıra, EnergyPLAN ayrıca elektrolizörlerden ve metanol tesisinden gelen fazla ısıyı da tanımlar. Bu, termal depolamanın da dahil olduğu bir bölgesel ısıtma şebekesine verilebilir. Böylece ısı

pompaları ve kazanlara olan ihtiyaç dengelenir ve ısıtma talebi karşılanır. Böylece ulaşım, sanayi, ısıtma ve elektrik sektörleri genelinde çözümler belirlenebilir.

EnergyPLAN modelleri, kullanıcının enerji taleplerini, kapasitelerini, verimliliklerini, maliyetlerini, yakıt türünü ve talep ve yenilenebilir enerji üretimi için zaman serilerini girmesi anlamında kullanıcı tarafından tanımlanır. Kısmen kullanıcı tarafından belirlenen işletme stratejilerine ve sınırlamalara dayalı olarak enerji sisteminin çalışmasını deterministik olarak belirler. Uygun enerji sistemi tasarımlarını belirlemek için, tanımlanan kısıtlamalar dahilinde gerekli performansı elde etmek için parametreleri değiştirerek kullanıcı tarafından bir dizi çalıştırma yapılması gerekir.

"Herkes için Temiz Bir Gezegen" senaryolarının simülasyonları, geliştirilen orijinal modellere dayanan orijinal raporda olduğu gibi benzer birincil yakıt performansları elde etmek için gerçekleştirilmiştir. Bu kısıtlamadan hareketle, 2050 yılında Avrupa için akıllı enerji sistemi modeliyle birlikte kullanılabilecek karşılaştırılabilir modeller elde etmek için daha önce bahsedilen düzeltmeler yapılmıştır.

Akıllı Enerji Avrupa senaryosunun tasarımı için aşağıdaki kısıtlamalar kullanılmıştır:

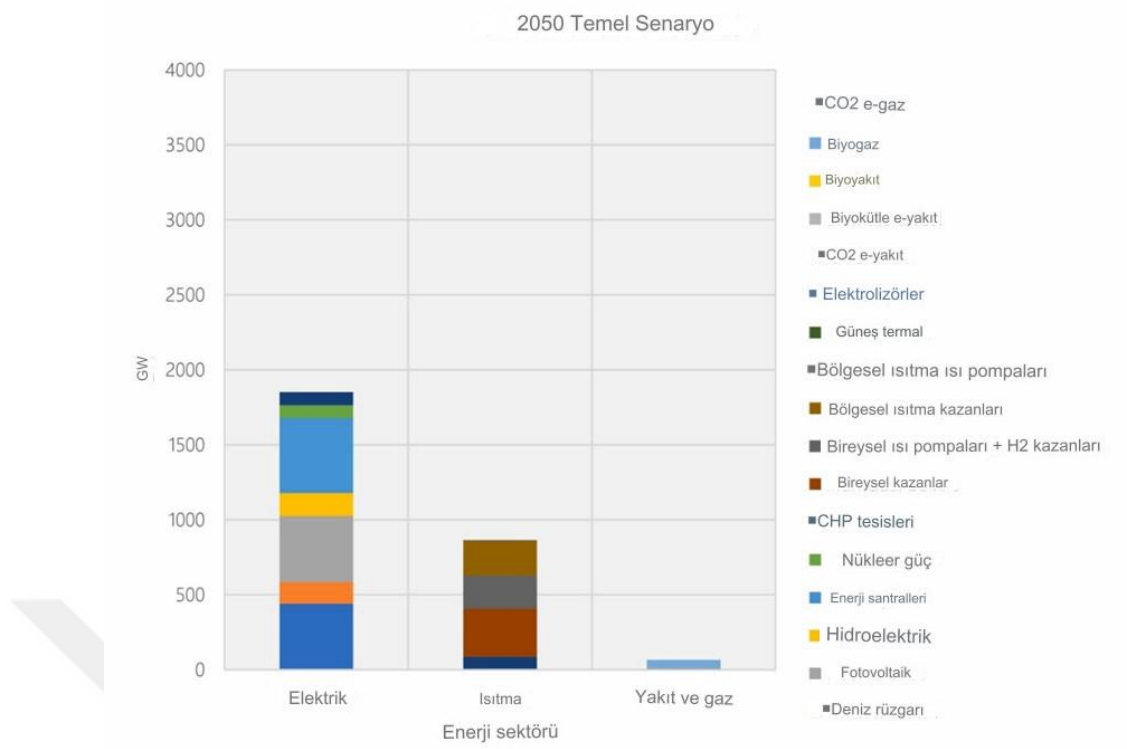
Biyokütle 2.71 PW h/yıl ile sınırlandırılmıştır. Bu değer, 1.5 TECH senaryosunda kullanılan kısıtlama olduğu için seçilmiştir (Balat,2005) Bu değer, yaklaşık 20 GJ/kişi tasarım adımıda tanımlanan kısıtlamalara karşılık gelmektedir.

Modellenen alanın dışından elektrik ithalatına ihtiyaç duyulmamalıdır. Bu kısıt, modellenen bölgede yeterli enerji üretiminin mevcut olmasını sağlamak için dahil edilmiştir. Gerçek hayatta bu senaryo Norveç ve İsviçre gibi ülkelerle elektrik alışverişinden faydalanacaktır.

Her tasarım adımıda, değişken yenilenebilir enerji kapasitesi, talepleri karşılamak ve yukarıdaki tasarım ilkesini yerine getirmek için artırılır. Spesifik sistem tasarımları ek materyalde gösterilmektedir. Avrupa enerji sisteminin ithal elektriğe bağımlı olmaması, sistemde yeterli enerji santrali kapasitesinin bulunması ile sağlanmaktadır.

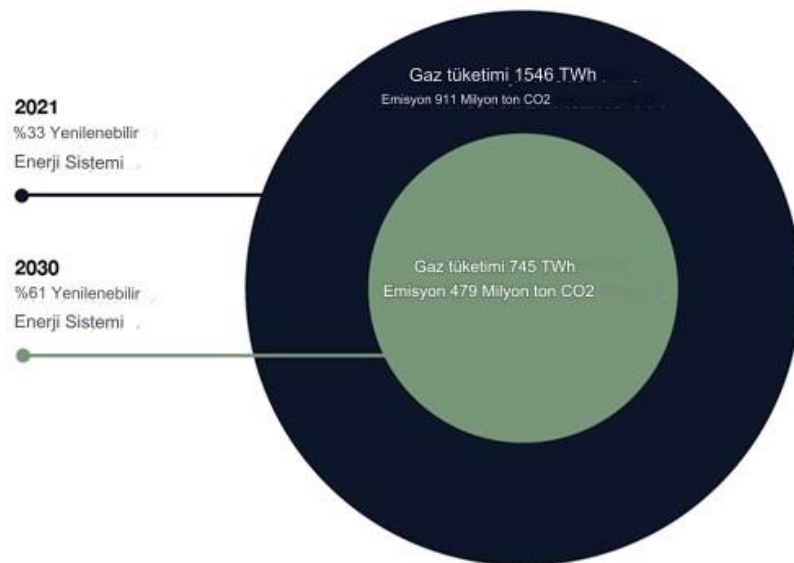
Enerji sisteminin simülasyonunda EnergyPLAN'da teknik simülasyon stratejisi kullanılmıştır. Teknik simülasyon stratejisi, enerji sistemlerini liyakat sıralamasına göre işleterek, yenilenebilir enerji, atık ısı, ısı pompaları, elektrik santralleri ve sadece ısı kazanlarının kullanımını sağlar. Buradaki amaç, enerji sisteminin yenilenebilir açısından en verimli şekilde çalışmasını sağlamaktır. Dolayısıyla bu, Avrupa'da yenilenebilir enerji kullanımını en üst düzeye çıkarma hedefiyle de uyumludur.

Önerilen EnergyPLAN modeli, Avrupa Enerji Sistemini tek bir enerji modeli olarak basitleştirmektedir.



Şekil 4.2. 2050 Avrupa Enerji Elektrik, ısıtma (sanayi hariç) ve 2050 Avrupa Enerji Referans sistemindeki yakıt üretimi için kullanılması planlanan enerji kaynakları ve oranları (Theellussen ve diğerleri, 2021)

Şekil 4.2’de da görüldüğü gibi 2050 senaryosunda Avrupa Birliği Ülkelerinin fosil yakıtlar ve doğal gaz payı yalnızca sistemde baz yükü sağlayacak şekilde planlanmıştır (Kılış ve diğerleri, 2023). Ancak 2030 senaryolarında halihazırda sistemde Avrupa birliğinde % 61 kadar yenilenebilir öngörülmektedir.



Şekil 4.3. Avrupa, 2030'dan önce yılda 80 GW yenilenebilir enerji kurarak elektrik üretimi emisyonlarını ve gaz tüketimi gösterimi.

Avrupa'da temiz elektriğe yönelik duzensiz ilerleme, düşük karbonlu bir enerji sistemine geçişteki başarılar ve zorluklar :

1. Temiz Uretilen Elektrigin Artisi: Avrupa, elektriğinin %55'ini temiz kaynaklardan elde etmektedir. Bu kapsamda, nükleer enerji (% 19), hidroelektrik (% 15) ve hızla büyüyen rüzgar ve güneş enerjisi (% 16) gibi kaynaklardan sağlanmaktadır.
2. Emisyon Azaltımı: Avrupa, enerji sektöründen kaynaklanan emisyonlarını son yirmi yılda % 24'ten % 12'ye düşürmüştür. Bu düşüş, iklim değışikliği ile mücadele de olumlu bir adımdır.
3. Kömür kullanımı Azaltılması: Kömür kullanımının elektrik üretimindeki pay, 2015'ten bu yana % 25 azalmış ve kömür kullanımı çoğunlukla rüzgar ve güneş enerjisi ile yer değışirmiştir. Bu geçiş, özellikle Batı Avrupa'da daha belirgin olmuştur.
4. Bölgesel Farklılıklar: Karbon giderimi konusundaki ilerleme eşit olmamıştır; Batı Avrupa bu konuda öncülük ederken, Doğu ve Güneydoğu Avrupa şimdiye kadar sınırlı ilerleme kaydetmiştir. Avrupa'da enerji üretiminin hala % 45'i fosil yakıtlardan kaynaklanmaktadır.
5. Enerji Gorunumunun Değışmesi: Küresel doğalgaz fiyat krizi ve Rusya'nın Ukrayna'yı işgal etmesi, Avrupa'nın enerji haritasını hızla değışirmiştir. Bazı ülkeler, hem kömürden hem de gazdan hızlı uzaklaşma sinyali vermektedir ve temiz teknolojilerin pazarları hızla genişlemektedir.
6. Karbon Giderimi Hedefleri: Uluslararası Enerji Ajansı Net Sıfır yol haritasına ve IPCC tarafından kullanılan son iklim modellerine göre, 1.5°C sınırlamasını koruyan hedefi koruyabilmek için Avrupa, 2030'ların ortasına kadar tamamen karbonsuz bir enerji sistemine ulaşmalıdır. İngiltere ve Almanya, 2035'e kadar tamamen karbonsuz enerji için hedefler belirlemişlerdir.
7. Birlikte Hareket Etme İhtiyacı: İngiltere ve Almanya gibi bireysel ülkeler karbonsuzlaşma hedefleri belirlemiş olsalar da, şu anda Avrupa ve AB'de toplu bir hareket mevcut değildir. Avrupa için birlikte hareket etmek, iddialı iklim hedeflerini başarmak için işbirliği ve koordinasyon, fosil yakıt bağımlılığını azaltmak ve iklim değışikliğinden kaynaklanan zorlukları ele almak için gereklidir.

Özetle, Avrupa enerji sektörü karbonsuzlaşma konusunda önemli adımlar atmış olsa da, bazı ülkelerde çok sınırlı ilerleme kaydedilmiş ve hala kaydedilmesi gerekli çok fazla ilerleme bulunmaktadır. Avrupa'da tamamen karbonsuzlaşmış bir enerji sistemine ulaşmak, fosil yakıt bağımlılığı ve iklim değışikliği tarafından ortaya konulan zorlukları ele almak için birleşik çaba ve koordinasyon gerekmektedir.

Bu ulusal politikalar, Avrupa Komisyonu'nun REPowerEU* önerisi altında sistemli bir şekilde yer almaktadır. Bu öneri kapsamında, 2030'a kadar yenilenebilir enerji hedefini % 32'den % 45'e çıkarılması ve enerji tüketimini eski % 9'a göre % 13 azaltmayı hedeflemektedir.

Avrupa, yeni bir jeopolitik olusuma yanıt vermekte ve dünya genelinde birçok ülke için örnek olma yolunda ilerlemektedir. Bu kapsamda en son AB ülke planları, 2019 stratejilerine göre 2030'da fosil yakıt elektrik üretiminde % 31'lik bir azalma öngörmektedir. 2029 yılı için planlanan fosil yakıt elektrik üretimi şu anda 595 TWh'dir ve bu, önceki planlardaki 867 TWh'lik rakamdan çok keskin bir azalmayı göstermektedir.

AB üye devletleri, fosil yakıtları azaltmak için yenilenebilir enerji kullanımını hızlandırmayı planlamaktadır. Son politikalar, 2030'da elektriğin % 63'lük bir bölümünün yenilenebilir enerjiden sağlanacağını göstermektedir; bu hedef, 2019'da yayınlanan önceki hedef olan % 55'ten daha yüksek bir değerdir. REPowerEU kapsamında bu oranın daha da artırılarak % 69'a çıkarılması planlanmaktadır.

Son iki yılda 19 Avrupa hükümeti karbon azaltma konusundaki hedeflerini artırmıştır. Rusya'dan fosil yakıt ithalatı en yüksek olan ülke olan Almanya, 2030'a kadar planlanan yenilenebilir elektrik payını önceki taahhütlerine göre % 80'e çıkartmıştır; bu oran önceki taahhütlerde 2030'a kadar % 62 olarak belirlenmiştir. Almanya, Hollanda, Danimarka ve Belçika ile birlikte Almanya, 2050'ye kadar deniz üstü rüzgar enerjisi kurulu gücünü 150 GW'a çıkarmayı planlamaktadır.

AB ülkeleri, 2019'daki ulusal stratejilere göre 2030'daki fosil yakıt kaynaklı enerji üretimini % 31 (272 TWh) oranında azaltacaklarını belirtmişlerdir.

Almanya, Fransa, Birleşik Krallık, İrlanda ve Danimarka, ısı, endüstri ve ulaşımın karbonsuzlaştırılmasını geliştirmeyi amaçlayan önlemler açıklayarak, ek düşük karbon önlemlerini tanıtmış ve gelecek beş yıl içinde toplam 10 milyon ısı pompası ünitesini devreye almaya karar vermişler ve endüstride yenilikçi elektrifikasyon ve hidrojen uygulamalarını finanse etmek için 3 milyar Euro'luk fonu iki katına çıkartmışlardır.

AB genel taahhütlerin etkisi göz önüne alınmadan bile, bu yeni ulusal önlemler mevcut politikalara göre elektrik üretiminde yenilenebilir enerji payının artmasına yol açacak ve mevcut politikalara göre % 55'ten, % 63'e çıkacaktır.

Yeni planlara göre, 2030'a kadar Portekiz, Hollanda, Avusturya ve Danimarka elektriğinin neredeyse tamamını yenilenebilir enerjiden üretme kararı almıştır. %80 hedefiyle Almanya da bu grubun hemen ardında yer almaktadır. İtalya, İrlanda ve Yunanistan ise elektrik üretimindeki yenilenebilir enerji payını %70'e yükseltmiştir. AB üye devletlerinin çoğu 2030'a kadar % 50'nin üzerinde yenilenebilir hedefine sahiptir ve bu oranın daha da artması muhtemeldir: yeni açıklanan AB Komisyonu stratejisi REPowerEU, 2030'a kadar elektriğin % 69'unu yenilenebilir enerjiden elde etmeyi hedeflemektedir.

AB genelinde Yenilenebilir enerji kaynakları ilgi görmeye devam ederken, fosil yakıt kullanımı planlanandan daha hızlı bir şekilde azalmaktadır - önceki planlara göre % 31 (272 TWh) azalmıştır.

2020 ile 2022 arasında Bulgaristan, Hırvatistan, Çek Cumhuriyeti, Polonya, Romanya ve Slovenya gibi birçok ülke kömür kullanımını sonlandırma tarihlerini resmi olarak açıklamış bulunmakta, Almanya ise , hedef tarihini 2038'den 2030'a çekmiştir. 2021 ortalarından itibaren yükselen gaz maliyetleri nedeniyle kömürde geçici olarak artan talep yaşanmış, ancak son derece yüksek fiyatı ile Polonya gibi ülkelerde artan tüketici tarifelerine yansıdığı için çokta talep görmemektedir.

Planlanan gaz yatırımlarına dair tereddüt, gaz kullanımını yaygınlaştırmayı planlayan Polonya ve Belçika'da gibi bir çok ülkede tekrar gözden geçirilmeye karar verilmiştir. Gaz aynı zamanda İspanya ve İtalya gibi ülkelerde yüksek elektrik fiyatlarını tetiklemektedir ve bu ülkeler, fosil yakıtlara bağımlılığın ekonomik etkileriyle başa çıkmak için yenilenebilir yatırımlarını hızlandırma kararı almışlardır.

Avrupa yukarıda açıklanan sebepler ve hedefler kapsamında fosil yakıtlardan hızla uzaklaşmaktadır.

Son AB ulusal politikaları, fosil yakıtlara bağımlılığın ülkeleri jeopolitik ve ekonomik tehditlere açık hale getirdiği konusunda büyüyen bir fikir birliğini göstermektedir.

Yukarıda da bahsedildiği üzere, birçok AB ülkesi zaten Yenilenebilir Enerji Kullanımı hedeflerini artırarak ve % 55 olan ortalama hedefleri % 63'e çıkarmışlardır ve bu oranın REpowerEU altında % 69'a kadar yükseleceği açıktır. Aynı zamanda, 2030 planlanan fosil yakıtlardan enerji üretimi üçte bir oranında azaltılmış, bu da ülkelerin fosil yakıt ithalatına bağımlılıkla ilişkilendirilen güvenlik risklerine ne kadar ciddi bir şekilde yaklaştığını göstermektedir.

Isıtma ve endüstrinin karbonsuzlaştırılması kapsamında da birçok adım atılmıştır. Beş Avrupa ülkesi, eski binalarda enerji verimliliği, temiz ısı gibi konuları ele alan politikalar açıklamış, aynı zamanda REPowerEU, önümüzdeki beş yıl içinde 10 milyon ısı pompasının dağıtımını hedeflediğini açıklamıştır. Ancak tüm bu çabaların elektrik üretimi sektörünün ötesine geçmesi gerekmektedir. Özellikle ulaşım sektörü çok daha fazla çaba gerektirmektedir. REPowerEU içinde endüstriyi hedefleyen tedbirler kapsamında petrol talebinin azalması öngörüldürken, şimdiye kadar aktif olarak hedeflenmiş bir politika olmamıştır.

Avrupa kıtasının enerji güvenliğinin, fosil yakıtların aşamalı olarak kaldırılmasıyla sağlanabileceği çok açık ve net anlaşılmıştır. Çoğu ülke bu konuda görüş birliği içindedir, geride kalan ülkeler ise söz konusu REPowerEU girişimine hızla katılmalı, rüzgar ve güneş enerjisini artırmalı, enerji verimliliğini artırmalı ve ekonomilerini karbonsuzlaştırmalıdır. Birçok örnek, bunun hem gerekli hem de faydalı olduğunu göstermekte ve Avrupa dışındaki ülkeler için de bir kılavuz olarak kullanılabileceği görülmektedir.

Avrupa ülkeleri genel hedefleri aşağıda özet Çizelgede verilmektedir.

Çizelge 4.4. Avrupa Ülkeleri Genel hedefleri

Avrupa Birliği	Yenilenebilir Enerji hedefini 2030'da, ilk hedef %32'den %45'e çıkarmak. 2025'te 58TWh solar PV üretimi gerçekleştirmek 2030'da enerji tüketimini %13 azaltmak. 2027'de 10 milyon ısı pompasına ulaşmak
Avusturya	2030'da %100 yenilenebilir enerjiye ulaşmak.
Belçika	2025 yılından itibaren 10 yıl içinde Nükleer enerji üretiminden tamamen çıkmak. 2050 yılında kuzey denizinde 150 GW kapasiteye sahip rüzgar santrali kurmak
Bulgaristan	Rüzgar ve güneş kapasitesini 2026'da 3.5 GW artırmak (2021 verilerine göre ilave 2.5 GW) 2038-2040 kömürden tamamen çıkmak Nükleer yaygınlaştırılması hala tartışılmaktadır.
Hırvatistan	2033 yılına kadar kömürden tamamen çıkmak
Çek Cumhuriyeti	2033 yılına kadar kömürden tamamen çıkmak
Danimarka	Güneş ve rüzgar enerjisini 2030 yılına kadar 4 katına çıkarmak. 2050 yılında Kuzey denizinde 150 GW rüzgar kapasitesi oluşturmak. 2028 yılına kadar 400.000 binanın ısınmasını genel ısıtma ya da ısı pompası ile sağlamak 2030 yılına kadar yıllık 4-6 GW yeşil hidrojen üretimi gerçekleştirmek
Fransa	2050 yılına kadar denizde 40 GW ve karada 37 GW rüzgar kapasitesi geliştirmek. 2050 yılına kadar toplam 25 GW gücünde 14 yeni nükleer reaktör kurmak. Düşük karbonlu ev ısıtmasını finanse ederek desteklemek.

Almanya	2030'a kadar yenilenebilir enerjinin payını % 65'ten % 80'e çıkarmak. 2050 yılına kadar kuzey denizinde 150 GW rüzgar kapasitesi oluşturmak. 2025'ten itibaren yeni binalarda fosil yakıtlar ile ısınmayı yasaklamak.
Yunanistan	2030 yılına kadar 19 GW solar PV kapasitesi oluşturmak. 2030 yılına kadar yenilenebilir enerji payını % 65'ten % 70'e çıkarmak. 204 MW solar park kurmak Bulgaristan ile birlikte Nükleer Projesi gerçekleştirmek.
Macaristan	2030'a kadar % 90 karbonsuz elektriğe ulaşmak (Çoğunluğunun Nükleer güçten sağlanması planlanmaktadır) 2025'te kömürden çıkmak
İtalya	2030'da yenilenebilir payını % 60 dan % 70'e çıkarmak (Toplam tüketimin % 55'i) Deniz üstü rüzgar kapasitesi hedefinde 2040 yılına kadar 5 GW'a ulaşmak
İrlanda	2030'da elektriğin % 70'ini yenilenebilirlerden temin etmek.
Norveç	2040 yılına kadar deniz üstünde 30 GW rüzgar kapasitesi oluşturmak.
Hollanda	Rüzgar kapasitesini 2 katına çıkararak 2030'da 21 GW kapasiteye sahip olmak 2050'de Kuzey Denizi'nde 150 GW rüzgar kapasitesi kurmak.

Polonya	50 GW yenilenebilir kapasiteye sahip olabilmek amacıyla, 2040'a kadar yenilenebilir payını % 40'tan % 50'ye çıkarmak 2049'a kadar kömürden tamamen çıkmak
Portekiz	2026'ya kadar yenilenebilir payını % 80'e çıkarmak.
Romanya	2032'ye kadar kömürden tamamen çıkmak.
Slovakya	2033'e kadar kömürden tamamen çıkmak.
İspanya	Yenilenebilir enerji ve depolanmasına 1 milyar Euro finans ayırmak
Birleşik Krallık	Yenilenebilir enerji kapasitesinde % 15 artış sağlamak 2035'e kadar 5 katı fazla solar kapasite oluşturmak. 2030'a kadar 50 GW deniz üzeri rüzgar kapasitesi oluşturmak. 2028'e kadar 600.000 ısı pompası kurmak.

Fosil yakıt bağımlılığının ülkeleri jeopolitik ve ekonomik tehditlere maruz bıraktığı, son Avrupa Birliği (AB) ulusal politikalarında, fosil yakıt bağımlılığına yönelik güvenlik risklerinin açık bir şekilde ortaya konduğunu göstermektedir. Bu yeni paradigma altında, sadece iklim değişikliği değil, aynı zamanda jeopolitika da, yenilenebilir enerjiyi hızlı bir şekilde uygulamaya ve fosil yakıtların hızlı bir şekilde aşamalı olarak kaldırılmasını hızlandırmaktadır.

Bu yeni durumu ele alırken, AB ulusal hükümetleri zaten yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik hedeflerini arttırmış durumdadır, bu hedeflerin ortalama %55'ten %63'e çıkacağı ve fosil yakıt kullanımının 2030 yılına yönelik planlarda üçte bir oranında azalacağını göstermektedir. Bu durum, ulusal hükümetlerin fosil yakıt ithalatına bağımlılıkla ilişkilendirilen güvenlik risklerini ne kadar ciddiye aldığını göstermektedir.

Isı ve sanayinin karbonsuzlaştırılması da gereken ilgiyi görmüştür. Beş Avrupa ülkesi, yeniden düzenlemeler, binalarda enerji verimliliği ve temiz ısı ile ilgili politikalar duyururken, önümüzdeki beş yıl içinde 10 milyon ısı pompası dağıtım hedeflenmiştir. Bunun yanı sıra bazı sektörlerde, örneğin ulaştırma sektörü gibi, daha fazla çaba harcanması gerekmektedir.

Günümüzde Avrupa kıtası için ileriye yönelik yol net bir şekilde görülmektedir - Avrupa kıtasının enerji güvenliği, fosil yakıtları aşamalı olarak kaldırarak sağlanabilir. Çoğu hükümet zaten bu zorluğa karşı adım atmış durumdadır ve birçok ülke yenilenebilir enerjiyi geçişi hızlandırarak, enerji verimliliğini artırarak ve ekonomilerini karbonsuzlaştırarak birleşik REPowerEU çabasına hızla katılmaktadır. Bu adımların hem gerekli hem de faydalı olduğunu görülmekte ve fosil yakıtlar

dalgalanmasının etkileri daha fazla yayıldıkça, Avrupa dışındaki ülkeler içinde bir kılavuz görevi görmektedir.

4.3. Türkiye EnergyPLAN Model Sonuçları Değerlendirmesi

İleri düzey enerji düzenlemesi ve uygulaması için elektrik üretim süreçlerinin oluşturulması ve analizi konusunda EnergyPLAN'ı kullanarak farklı senaryolar geliştirmiştir. Güneş, rüzgar ve her iki kaynaktan oluşan kurulu güç potansiyelleri dikkate alınarak üç ayrı senaryo oluşturulmuştur. Her senaryoda kapasiteler %5 artırılmış ve uygun çözümler incelenmiştir. Analiz sonucunda, rüzgar ve güneş enerjisinden elde edilen faydanın ekonomik açıdan piyasa düzlemine % 47 ve % 41 olarak katkı sağlayabileceği sonucu çıkmıştır. Bu bağlamda, rüzgar ve güneş enerjisi kullanılarak ülke ekonomisine katkı sağlanmasının önemi vurgulanmıştır (Bahadır,2020).

Ayrıca, Türkiye için 2030 ve 2050 yıllarında düşük, orta ve yüksek kapasiteli üretim taleplerinin ve bu taleplerin hangi enerji kaynaklarıyla karşılanması gerektiğinin incelendiği bu çalışmada, enerji politikalarının ve yeşil hidrojenin enerji arzındaki rolünün de ele alındığı belirtilmektedir.

Yeşil hidrojenin gelecek yıllarda önem kazanacağı düşünüldüğünde, enerji arzı sistemlerinin bu yönde değerlendirilmesi gerekmektedir. Aynı şekilde, yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen fazla elektriğin depolanması ve kullanılması da önemli bir konudur. Bu bağlamda, elektrolizör veya diğer üretim teknolojileri ile üretilen hidrojenin doğalgazla karıştırılarak kullanılmasının geçiş sürecinde etkili olabileceği belirtilmiştir. Ayrıca, enerji talebinin karşılanmasında hidrojenin rolü ve ulaşım ile bina sektörlerindeki tüketimi de 2030 ve 2050 projeksiyonlarında değerlendirilmiştir.

LEBLEBİCİOĞLU Emre , SULUKAN Egemen, UYAR Tanay Sıdkı, yaptıkları çalışmada Türkiye'nin enerji sistemleri analiz edilip simüle edilmesi için EnergyPLAN modeli kullanılmıştır. Bu çalışmada, enerji talebi, enerji santrali kapasiteleri, maliyetler ve yenilenebilir enerji kaynaklarına ait veriler, referans ve %50 yenilenebilir enerji senaryoları için yazılıma girilmiştir. Ayrıca toplam maliyetler, yıllık üretim gibi çıkış parametreleri analiz edilerek ve karşılaştırılmıştır.

EnergyPLAN, ulusal veya bölgesel düzeyde enerji sistem analizi için kullanılan bir giriş/çıkış saatlik simülasyon aracıdır. EnergyPLAN bilgisayar modeli, Danimarka'daki Aalborg Üniversitesi tarafından geliştirilmiştir. Bu model yıllık bir süre boyunca saatlik değerlere dayanmaktadır. Ayrıca teknik simülasyonlar ve pazar-ekonomik simülasyonlar da gerçekleştirmektedir. Bu modelin temel amacı bölgesel ve ulusal enerji sistem stratejileri ve politikalarının tasarımına yardımcı olmaktır (Lund ve Thellufsen, 2019). Referans enerji modeli, 2018 yılında mevcut olan enerji sistemini temsil etmektedir.

2023 yılı, Türk Cumhuriyeti'nin kuruluşunun 100. yılıdır. Bu nedenle, Türkiye'nin 2023'e kadar başarılması gereken birçok hedefi bulunmaktadır. Bu çalışmada, 2023 enerji hedefleri, % 50

yenilenebilir enerji senaryosuna ulaşmak için referans olarak alınmıştır. 2023 için ana enerji hedefleri aşağıdaki Çizelge 4.5'te gösterilmektedir.

Çizelge 4.5. 2023 Türkiye Enerji ve Madencilik Hedefleri. (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2020).

2023 yılı Türkiye Enerji ve Madencilik Hedefleri	
Birincil Enerji İhtiyacı ((BTEP	174.279
Elektrik İhtiyacı (TWh)	375.8
Elektrik Üretiminde Doğalgazın Payı (%)	20,7
Elektrik Üretiminde Yenilenebilir Payı (%)	38,8
Toplam Kurulu Güç (MW)	109.474

Türkiye'nin enerji hedefleri ve yatırımları, 2023 yılı için en gerçekçi enerji sistem senaryosunu oluşturmak için analiz edilmiştir. Güç kapasitesi genişlemeleri, tahmini enerji kapasitelerine ve Türkiye'nin ekonomik büyümesine göre belirlenmemiştir. Referans yılı olarak 2018 seçilmiştir.

Türkiye'nin uzun vadeli enerji stratejisi, enerji bağımsızlığına ulaşmayı hedeflemektedir. Türkiye ayrıca elektrik üretimini fosil yakıtlardan temiz enerji kaynaklarına kaydırarak karbon emisyonlarını azaltmayı amaçlamaktadır. Ancak Türkiye, büyük miktarda kömür rezervine sahip olması nedeniyle kısa vadeli olarak kömürden vazgeçememektedir. Türkiye, daha fazla yerli kömür ve yenilenebilir enerji kullanarak elektrik üretimi için kömür ve doğalgaz ithalatını azaltmayı hedeflemektedir. Nükleer enerji, Türkiye'nin 2023 enerji stratejisinin bir parçasıdır. Mersin'deki Akkuyu Nükleer Santrali şu anda devreye alınma çalışmaları devam etmektedir ve 2024 yılında tam kapasitesi olan 4800 MW ile operasyonel hale gelecek. Akkuyu nükleer santrali yılda 35 TWh elektrik üretecek, bu da 2023 yılındaki toplam elektrik talebinin neredeyse %9'una denk gelmektedir (Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022). Akkuyu nükleer santrali aynı zamanda bu çalışmanın temel bir parçası olarak kullanılmıştır. 2023 için enerji senaryosunun temel amacı, ülkenin daha düşük karbon emisyonlarına sahip enerji sistemini modellemektir ve daha fazla yerli ve yenilenebilir kaynak kullanmaktır.

Bu modelin temel amacı, sonuçları 2023 için öngörülen % 50 yenilenebilir senaryosu ile karşılaştırmaktır. 2018 yılında onaylanan tüm enerji sistemine ait veriler toplanmış ve EnergyPLAN yazılımına eklenmiştir. Ayrıca, 2018 yılında Türkiye'nin toplam elektrik talebi 304,2 TWh/yıl olarak kaydedilmiştir. Türkiye'nin enerji kaynaklarına göre kurulu güç kapasitesi aşağıdaki Çizelge 4.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6. Kaynaklara göre toplam Kurulu Güç (MW) (TEİAŞ 2018).

Taş kömürü + Linyit	10213
İthal Kömür	8939
Asfaltit	405
Fuel Oil	739
Doğal Gaz	25647
Nehir Hidro	7749
Hidroelektrik	20505
Jeotermal	1260
Biokütle+Atık	946
Rüzgar Enerjisi	6950

Model senaryosunda, gerçek enerji talep ve arz verileri ile oluşturulmuştur. Tüm veriler, enerji denge çizelgelerinden (Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2018) ve EPIAS-Şeffaflık Platformu'ndan alınmıştır. Referans EnergyPLAN modelinin oluşturulmasının ardından, bu modelin çıktıları EPIAŞ elektrik üretim ve üretim verileri ile karşılaştırıldı, aşağıdaki Çizelge 4.7’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.7. EPIAŞ verileri ve EnergyPLAN modeli doğrulaması

Arz ve Talep	EPIAŞ Verileri (TWh/yıl)	EnergyPLAN Model Çıktısı (TWh/yıl)	Fark (%)
Talep	304,2	304,2	0,01
Rüzgar	19,85	19,9	0,25
Güneş	5,76	5,84	1,37
Hidro-Baraj	41,01	41,06	0,12
Jeotermal	6,92	6,92	0,02
Hidro-Nehir	18,88	19,86	0,1
Termal Güç	203,7	205,53	0,89

Çizelge 4.7’de görüldüğü gibi, EnergyPLAN çıktısı ile EPIAŞ verileri arasındaki farklar kabul edilebilir aralıktadır, bu da yıllık saatlik arz ve talep verileri gibi tüm teknik verilerin doğru bir şekilde yazılıma tanımlandığı anlamına gelmektedir. Yenilenebilir enerji ve yerli senaryolar bu referans senaryo üzerine inşa edilebilir. Referans enerji senaryosunun sonucu, RES payının % 31,6

ve yenilenebilir enerji tarafından yıllık üretilen elektrik miktarının 96,20 TWh/yıl olduğunu göstermektedir.

2018 yılı için referans enerji senaryosu doğrulandıktan sonra, 2023 için %50 yenilenebilir enerji senaryosu, 2018 senaryosunu genişleterek uygulanmıştır. Bu senaryo, elektrik üretiminde yenilenebilir enerjinin yüksek payına dayanmaktadır. Daha önce belirtildiği gibi, enerji bağımsızlığı ve yüksek yenilenebilir enerji penetrasyonu, Türkiye'nin enerji stratejisini ve politikalarını şekillendirir. Bu senaryo, Türkiye'nin 2023 Enerji Planı'nın yeniden düzenlenmiş bir versiyonudur.

Türkiye'nin yenilenebilir enerji sisteminin kurulu kapasitesi, Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyelleri, zaman ve politika sınırlamaları dikkate alınarak artırılmıştır. Ayrıca, Türkiye'nin 2019-2023 Ulusal Enerji Stratejik Planı, 2023 yılına kadar kaynaklara göre kurulu güç kapasitesini belirlemek için bir referans olarak kabul edildi. Bu plana göre, 2023 yılında tahmini kurulu yenilenebilir ve yerli güç kapasiteleri Çizelge 4.8'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.8. 2023 Kurulu Güç Hedefleri (ETKB, 2020)

Kaynaklar	Tahmini Kurulu Güç 2023 (Mwe)
Güneş PV	10.000
Rüzgar	11.883
Jeotermal	2884
HidroGüç	32.037
Kömür	14.664

2023 yılı % 50 yenilenebilir senaryo için kurulu güç kapasiteleri aşağıdaki gibi oluşturulmuştur;

Kömür: 14664 MW

Doğalgaz: 19736 MW

Biokütle: 3400 MW

Nükleer: 4800 MW

Güneş: 13950 MW

Karada Rüzgar: 15350 MW

Barajlı Hidro: 24737 MW

Nehir Hidro: 9650 MW

Jeotermal: 2450 MW

Çizelge 4.9. Kurulu Güç ve %50 Yenilenebilir Enerji Senaryosu Arasındaki Farklar

Kaynak	2023 Yılı Kurulu Güç (MWe)	2023 Yılı %50 Yenilenebilir Senaryosu (Mwe)	Fark %
Güneş PV	10000	13950	39,5
Rüzgar	11883	15350	29,18
Jeotermal	1550	2450	58,06
Hidroelektrik	32037	34387	7,33
Kömür	14664	14664	0
Doğalgaz	19736	19736	0
Nükleer	4800	4800	0

Çizelge 4.10, 2023 yılı için kurulu kapasite ile %50 yenilenebilir senaryolar arasındaki kaynaklara göre elektrik kapasitesi değişikliklerini göstermektedir. Görüldüğü üzere, biyokütle, jeotermal, güneş PV ve rüzgar enerjisi alanlarında önemli bir elektrik kapasitesi artışı bulunmaktadır. Öte yandan doğal gaz ve yerli kömür elektrik santrallerinin kapasitesi sabit kalmıştır. Şu anda Türkiye'de inşa halinde olan yalnızca bir nükleer santral bulunduğundan, nükleer kapasite daha gerçekçi bir senaryo elde etmek için aynı kalmıştır.

Çizelge 4.10. %50 Yenilenebilir Senaryosuna Göre Yıllık Elektrik Üretim ve Tüketimi (TWh/yıl)

Kaynaklar	Üretim ve Tüketim (TWh/yıl)
Elektrik İhtiyacı	375,8
Rüzgar	51,86
Güneş PV	23,6
Nehir Hidro	35,8
Baraj Hidro	53,37
Biyokütle	16
Doğalgaz	77,8
Jeotermal	14,63
İthal Elektrik	0

Çizelge 4.10, %50 Yenilenebilir Enerji Senaryosu için kaynaklara göre yıllık tahmini elektrik üretimini ve tüketimi göstermektedir. Çizelge'de görüldüğü gibi, hedeflendiği gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının payı toplam elektrik üretiminin % 50'sini oluşturmaktadır Öte yandan doğal gazın payı Türkiye'nin 2023 enerji hedefleri doğrultusunda % 20'dir. Ayrıca yerli ve yenilenebilir enerjinin oranı % 70'tir. Bu oran, ülkenin enerji bağımlılığını azaltmak için de önemlidir.

EnergyPLAN yazılımındaki analizler yalnızca elektrik için uygulanmıştır. Isıtma, soğutma ve taşımacılık bu çalışmada göz önüne alınmamıştır. Temel karşılaştırma parametreleri, yenilenebilir enerji elektrik üretimi ve yıllık CO₂ emisyonunu içerir. Bu parametreler, elektrik üretiminde yenilenebilir enerji penetrasyonunun faydalarını göstermektedir.

Çizelge 4.11, referans senaryo ile %50 yenilenebilir senaryo arasındaki farkları açıklar. Referans enerji senaryosu, 2018'deki Türkiye'nin mevcut enerji sistemini temsil eder. Öte yandan %50 yenilenebilir enerji senaryosu bu çalışmanın hedefidir. Bu iki senaryo arasındaki temel fark, elektrik üretiminde yenilenebilir enerji penetrasyonudur.

Çizelge 4.11. Referans enerji senaryosu ile %50 yenilenebilir enerji senaryosu arasındaki karşılaştırma

Kaynak	Referans Yılı: 2018	2023, %50 Yenilenebilir Senaryosu	Fark %
Güneş PV	5064	13950	175,47
Rüzgar	6950	15350	120,86
Jeotermal	1260	2450	94,44
Hidroelektrik	27455	34387	25,35
Biyokütle	946	3400	259,41
Kömür	10213	14,664	43,58
Doğalgaz	25647	19736	-23,04
Nükleer	0	4800	

Çizelge 4.11'de biyokütle, jeotermal, rüzgar, güneş PV ve yerli kömür enerji santrallerinde önemli bir büyüme görülmektedir. Hükümetin enerji politikası nedeniyle yerli kömür enerji santrallerinin kurulu güç kapasitesi yüksektir. Hedef, yerli ve yenilenebilir kaynakların kullanımına dayanmaktadır. 2023 için %50 yenilenebilir senaryo için tahmini yıllık yenilenebilir elektrik üretimi 188,72 TWh/yıl olarak hesaplanırken, 2018 için referans senaryoda bu değer 96,2 TWh/yıl olarak verilmektedir. Bu senaryonun ana hedefi elektrik üretimindeki yenilenebilir enerji kaynaklarının payıdır. 188,72 TWh/yıl, % 50 yenilenebilir enerji senaryosunda toplam elektrik üretiminin % 50,2'sine karşılık gelirken, 96,2 TWh/yıl, referans enerji senaryosunda toplam enerji üretiminin % 31,6'sını oluşturur.

CO₂ emisyonlarının azaltılması, Paris Anlaşması ve küresel temiz enerji hedeflerinin başlıca amaçlarından biridir. Küresel ısınmanın olumsuz etkisini azaltmak için enerji üretimindeki CO₂ emisyonlarının azaltılması gerekmektedir. Bu nedenle bu parametre, bu çalışmanın önemli bir sonucudur. İki senaryonun EnergyPLAN analizlerinin bir sonucu olarak 2018 ve 2023 yıllarının yıllık CO₂ emisyonu, EnergyPLAN senaryo analizlerinin bir sonucu olarak 2018 ile 2023 yılları arasında CO₂ emisyonu 144,587 Mt'den 96,683 Mt'ye azaltılmıştır.

Senaryoların Ekonomik Analizi yapıldığında ise Santrallerin kurulumundan, değişken ve sabit işletme ve bakım maliyetlerine kadar birçok harcamaları vardır. Yüksek yenilenebilir enerji kullanımı önemli yatırımlar gerektirir. Daha yüksek RES payı ve daha fazla kapasite artışı, daha yüksek yatırım maliyetleri anlamına gelir. Burada, %50 RES senaryosuna ulaşmak için gereken yatırım maliyetleride açıklanmaktadır. Kapasite artışlarının toplam yatırım maliyeti, %50 RES senaryosuna ulaşmak için gereken maliyeti temsil eder. %50 RES senaryosunun toplam yatırım maliyeti 100357 milyon ABD dolarıdır. Ayrıca, 2018 ve 2023 yılları arasında iki senaryo arasında 5 yıllık bir zaman dilimi bulunmaktadır. Toplam yatırım maliyeti 5'e bölünür ve yıllık toplam maliyet elde edilir. Bu hesaplamada, yıllık toplam maliyet 20071,4 milyon ABD dolarıdır. Bu, %50 RES senaryosunun 2023 yılına kadar gerçekleştirilmesi için yıllık 20071,4 milyon ABD doları yatırım yapılması gerektiği anlamına gelir. Toplam yatırım maliyeti, % 50 RES senaryosunun başarıya ulaştırılması için 100357 Milyon ABD Doları (MUSD) olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte, Akkuyu nükleer santrali bu miktarın dörtte birinden fazlasını, 28877 MUSD ile oluşturmaktadır. Nükleer santral hesaplamada göz ardı edildiğinde, yerli ve yenilenebilir enerji santrallerinin maliyeti 71480 MUSD'dir.

Türkiye için gerçekleştirilen EnergyPLAN çalışmasında, Türkiye'nin 2023 yılı için % 50 yenilenebilir enerji sistemi uygulanmıştır. Sonuçlar, bu senaryoyu 2023 yılında gerçekleştirmenin bir hayal olmadığını, ancak zorlu bir hedef olduğunu göstermektedir. Bu senaryoyu uygulamak için önemli bir yatırım gerekmektedir. Akkuyu Nükleer Enerji Santrali'nin enerji talebine karşılık gelmesine yardımcı olmak için 2023 yılına kadar % 100 operasyonel olması gerekmektedir. Ayrıca, yenilenebilir enerji santrallerinin kurulu kapasitesinin enerji hedeflerinin üzerine çıkarılması gerekmektedir. Referans enerji senaryosunda fosil yakıtların elektrik üretimindeki payı % 68,4 iken, bu pay % 50 RES senaryosunda yaklaşık % 40'a düşmüştür. Bu nedenle, CO₂ emisyonu 144,587 Mt'den 96,683 Mt'ye düşürülmüştür. Bu düşüş, sağlık, çevre ve ekonomik açılardan önemlidir. Ayrıca, bu çalışma, elektrik üretiminde fosil yakıtların payının azaltılmasıyla büyük miktarda CO₂ emisyonunun azaltılmasının mümkün olduğunu göstermektedir. % 50 senaryosunda ithal kömür elektrik payı göz ardı edilmiş ve doğalgazın payı % 30,3'ten % 20'ye düşürülmüştür. Bu, Türkiye'nin enerji bağımlılığının azaldığı ve önemli bir miktarda para tasarrufu sağlandığı anlamına gelmektedir. Düşük CO₂ emisyon maliyeti ve %50 yenilenebilir pay maliyeti 100357 MUSD olarak elde edilmiştir. Bu değer, doğrudan %50 RES senaryosunun toplam maliyeti olarak düşünülebilir. Enerji depolama sistemleri %50 RES senaryosuna entegre edilmemiştir. Çünkü enerji depolama sistemlerinin enerji santrallerine entegrasyonu önemli miktarda para ve zaman gerektirir. Bununla birlikte, daha yüksek bir RES payına sahip senaryolar için enerji depolama sistemlerine ihtiyaç vardır.

Özetlemek gerekirse, ulusal düzeyde yüksek oranda yenilenebilir enerji uygulamak birçok fayda sağlarken, yüksek miktarda maliyete neden olması da beklenmektedir. Ancak bu yüksek yatırım, sağlık masrafları, CO₂ emisyonlarının neden olan çevresel sorunlar gibi birçok açıdan düşünülmelidir.

4.4. SWOT Analizi Bulguları

SWOT analiz yönteminde yönetim, stratejik yönetim, teşhis analizi ve işletme yönetimi gibi çeşitli kaynaklar incelenmektedir (Ghicajanu, 2021: 162). SWOT analizi aslında uygulanan çeşitli stratejik yönetim şekillerinden biri olmakla birlikte, diğerlerinden farklı olarak farklı projelerde mevcut durumun ve algıların analiz edilmesi sayesinde başarılı planların ortaya konulmasına imkân sağlaması yönüyle ön plana çıkmaktadır (Albelbisi vd., 2022: 76). Bu yöntem sayesinde ele alınan konunun Güçlü(S) ve Zayıf(W) yönleri belirlenerek neticede ortaya çıkabilecek, Fırsatlar(O) ve Tehditler(T) değerlendirilecektir. Değerlendirmenin optimal yapılması durumunda oluşturulacak planlar dinamik bir gelişme gösterebilmektedir. Gerçekleştirilen analiz sayesinde, fırsatların değerlendirilmesi ve tehditlerin elimine edilmeye çalışılması yönünde politika ve öneriler geliştirilebilmektedir.

Tez kapsamında incelenen ABD, AB ve Türkiye enerji üretimi ve tüketiminde içinde bulunduğu mevcut durum, sürdürülebilir enerji kaynaklarına duyulan ihtiyaç ve ülkelerin sahip olduğu potansiyeller birlikte düşünüldüğünde sürdürülebilir enerji kaynakları bakımından sahip olunan güçlü yönlerin, zayıflıkların, fırsatların ve tehditlerin bir bütün olarak ele alınması gerekli görülmektedir. Bu bağlamda çalışmamızın buraya kadarki kısımlarında tartışılan hususlardan da hareketle izleyen kısımda Yenilenebilir Enerji Kaynakları açısından SWOT analizi dizayn edilmeye çalışılmıştır.

S: Güçlü Yönler

- ABD, AB ve Türkiye , jeopolitik konumları sayesinde çoğu sürdürülebilir enerji kaynağı için önemli bir potansiyele sahiptir. Bu durum yeşil ekonomiye geçişini kolaylaştıracaktır.
- Sürdürülebilir enerji kaynakları, çoğunlukla yüksek teknoloji gerektirmeyen (jeotermal enerji hariç) kaynaklardan oluşmaktadır. Bu durum sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanımını kolaylaştırmaktadır.
- Sürdürülebilir enerji kaynaklarının elektrik olarak kullanımı, elektrik tüketimi içinde fosil yakıt kullanımının payını azaltacaktır. Bu durum ekolojik dengenin sağlanması açısından olumlu etkiler ortaya çıkarma potansiyeli taşımaktadır
- Sürdürülebilir enerji kaynakları sayesinde tüm ülkeler için enerji ithalatı büyük ölçüde azalacaktır

- Önemli sürdürülebilir enerji kaynakları potansiyeline sahip olunması ve enerji santrallerinin uzun vadede kullanımının mümkün olması, yatırımcıların yenilenebilir enerjiye yönelmesi için önemli bir teşvik unsurudur.
- Birincil enerji kaynakları açısından dışa bağlı olan ve bu kaynaklarda yaşanan fiyat dalgalanmalarının olumsuz etkilerine maruz kalınması sürdürülebilir enerji kaynakları ile zengin alternatif enerji kaynağı avantajını elinde bulundurmaktadır.
- Sürdürülebilir enerji kaynakları, tespit ve üretiminin kolay ve işletme maliyetlerinin düşük olması ayrıca yatırımının kısa sürede geri dönmesi nedeniyle tercih edilen bir enerji türüdür.
- Yenilenebilir enerji, bir kez kullanıldıktan sonra doğal yollarla eski haline dönüşerek, tekrardan yararlanılabilir hale gelmektedir. Fosil kaynaklar olan petrol, kömür, doğalgaz veya nükleer enerji gibi limitli değildir. Bu özellikleri ile yenilenebilir enerjiden neredeyse sınırsız olarak faydalanma imkanı sunar.
- Yenilenebilir enerji bazı istisnalar haricinde bedelsiz bir yakıt olarak düşünülebilir. Çünkü petrol kartellerinin veya çok uluslu şirketlerin kontrolüne tabi değildir. Bağımsız olarak ülkelerce hedeflenen düzeylerde üretimi mümkündür.
- Temiz bir enerji türüdür. İmalat ve kurulum aşamalarında makul seviyelerde tahribatlara yol açıyor olsa da, enerji üretim safhasında genel olarak çevreye duyarlı, kirliliğe sebep olmayan bir yapı sergiler.
- CO₂ emisyonlarının azaltılmasına yönelik mücadelede emisyonların azaltılabilmesi açısından büyük önem taşır.
- Yenilenebilir kaynaklardan enerji elde etmek için gerekli olan teknolojinin önemli bir kısmı günümüz dünyasında mevcuttur. Bazı sahalarda yeterli yatırımlar yapıldığı takdirde maliyetler düşecek ve daha pratik bir şekilde yenilenebilir kaynaklardan enerji üretimi sağlanabilecektir.
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının büyük bir bölümü merkezileşmemiş durumdadır. Genellikle daha küçük boyutta enerji şirketleri tarafından kontrol edilirler. Bu yüzden sabotaj benzeri tehditlerden uzaktırlar.
- Genellikle sessiz çalışmakta olup gürültü kirliliği yaratmazlar.

W: Zayıf Yönler

- Birçok ülkede, toplam yatırımlar içerisinde sürdürülebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımların payı düşük kalmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının işletme maliyetleri düşük olmasına rağmen ilk yatırım maliyetinin yüksektir. Yenilenebilir enerji yatırım maliyetlerinin yüksek olması ve teknolojilerinin sürekli güncelleniyor olması nedeniyle devlet desteğine ihtiyaç duyulan yatırım alanlarındandır. Düzenli

desteklenmezse enerji maliyetleri yükselebilir. Bu nedenle sektör avantajlarını yitirebilir.

- Küresel boyutta mevsimsel farklılıkların ortaya çıkması ve güneşlenme sürelerinin değişiklik göstermesi, yağış rejimlerinin değişim göstermesi gibi meteorolojik olaylardan olumsuz etkileyebilmektedir.
- Sürdürülebilir enerji politikalarının yetersizliğinin yanı sıra hazırlanan politikaların ve planların etkin şekilde uygulanamaması.
- Sürdürülebilir enerji kaynaklarının üretimi için kurulan tesislerin yerleşim yerlerine yakın olması gerekliliği, toplumun sağlığı ve refahı açısından ilave önlemlerin alınmasını gerektirmekte ve bu durum sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanım maliyetlerini artırmaktadır.
- Sürdürülebilir enerji kaynaklarının üretimi Ar-Ge çalışmalarıyla bağlantılı bir husustur. Bu doğrultuda, Ar-Ge çalışmalarına verilen önem sürdürülebilir enerji kaynakları üretimini geliştirmek için yeterli düzeyde bulunmamaktadır.
- Sürdürülebilir enerji kaynaklarının kurulum maliyetinin yüksekliği, özellikle kısa vadede
- Halka daha yüksek vergi şeklinde yansımaktadır
- Özellikle Türkiye’de mevcut nüfusun düşük ve nispeten niteliksiz eğitime sahip olması, sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanım oranının artmasını engellemektedir.
- Yenilenebilir Enerjinin çevre ve insan sağlığına olumsuz etkilerine yönelik oluşan algılara yönelik yeterince aydınlatıcı ve açıklayıcı bilgilerin yapılamıyor olması santrallere yönelik kamuoyu baskısını artırmaktadır.
- Yenilenebilir enerji yatırımlarının daha çok şehir dışından yatırımcılar tarafından yapılıyor olmasının şehir ekonomisine katkısının istenen düzeyde olmamasını beraberinde getirmektedir.
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının en büyük dezavantajlarından bir tanesi, büyük miktarlardaki talebi karşılamak için gerekli altyapı yatırımlarının pahalı olmasıdır. Özellikle hidroelektrik, güneş ve dalga enerjisi gibi santrallerin barajları yüksek maliyetli inşa yatırımları gerektirmektedir
- Yenilenebilir kaynakların kullanımı gelişme aşamasında olduğundan uzmanlaşma yeterli seviyelerde değildir. Teknik yenilikler çerçevesinde yapılabilirlik, dayanıklılık ve emisyonların azaltılması gibi konularda potansiyel sorunlar mevcuttur.
- Yenilenebilir enerji teknolojileri ve kaynakları bugün için mevcut olan üretim ve tüketim potansiyeli içerisinde küçük bir paya sahiptir. Fakat idareciler, büyük enerji şirketleri ve yasa yapmakla görevli kurum ve kuruluşlar alternatif kaynakların yaygınlaşması için çalışmalar yürütmektedirler.

- Yenilenebilir enerji kaynaklarının bir diğer dezavantajı da maliyetleridir. Kullanılan bazı teknolojiler pahalı olmakla birlikte geleneksel yakıtlarla rekabet edebilecek düzeylerde değildir.
- Güneş ve rüzgâr gibi bazı alternatif enerji kaynakları günün 24 saati ulaşılabilir değildir.
- Birçok alternatif kaynak daha sonra kullanılmak üzere depolanmaya gereksinim duyar. Yenilenebilir kaynakların depolanması işlemi ise maliyetli olduğu kadar zorluklara da sahiptir.
- Güneş ve Hidrolik santraller geniş kurulum arazilerine ihtiyaç duyarlar. Güneş santralleri kurulumu geniş ve açık alanlarda mümkün olmaktadır. Verimli toprakların elektrik üretimi amacıyla ayrılması sorun yaratacağından santraller için genellikle çöller tercih edilir.
- Rüzgâr çiftlikleri görsel anlamda olumsuz etki yaratabilmektedirler. Sık aralıklarla yerleştirilen çok sayıdaki türbinin uygun bir kompozisyon oluşturacak şekilde hizalanması bu açıdan önem taşımaktadır.
- Rüzgâr türbinlerinin neden olduğu bir diğer olumsuz etki de rahatsız edici seslerdir. Mekanik sistemin çıkardığı gürültünün yanında pervane kanatları da aynı etkiyi yaratmaktadır. Nitekim günümüzde gelişen teknoloji sayesinde mevcut sistemin ses problemi önemli ölçüde giderilebilmiştir.
- Doğal yaşam alanlarına veya göç yollarına kurulan santraller kuşların ölmelerine ve büyük türbin kanatları yakın çevrede televizyon, radyo ve iletişim sistemlerinde parazitlenmelere yol açabilmektedir. Bu yüzden rüzgâr enerjisi sistemleri inşa edilirken uygun coğrafi bölgeler dikkatli seçilmelidir.

O: Fırsatlar

- Enerjide dışa bağımlılık problemi sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaşması neticesinde azalma seyri izleyecektir. Bu bağlamda yeşil ekonomiye geçiş süreci de hızlanmış olacaktır.
- Sürdürülebilir enerji kaynakları tesislerinin kurulum aşamasında gerekli olan istihdam mevcut olan işsizliği azaltıcı bir etki ortaya çıkaracaktır.
- Sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması ve teşvik politikalarının oluşturulması yalnızca ekonomik bir etki sağlamakla kalmayıp hem çevresel hem de sosyolojik anlamda gelişmeyi sağlayacaktır.
- Küresel ölçekte ortaya çıkan konjonktürün enerjide dışa bağımlılığı daha fazla tartışılır hale getirmesi ve bununla birlikte sürdürülebilir enerji kaynakları için gerekli olan eğitimler, politikalar ve teşvikleri daha fazla önemseme zorunluluğu.
- Yaşayan bireylerin sürdürülebilirlik yönünde farkındalıklarının artış eğiliminde olması

T: Tehditler

- Sürdürülebilir enerji kaynakları santrallerinin kurulumu için gerekli olan bazı girdilerin ülke içinden temin edilememesi neticesinde dışa bağımlılığın artış göstermesi.
- Sürdürülebilir enerji kaynağı projelerinin finansmanında problemler yaşanabilmesi.
- Mevcut enerji arz ve talebinin birbirini karşılamaması nedeniyle kullanılan enerjinin büyük bir çoğunluğu dış ülkelere karşılanmaktadır. Sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılmaması ve gereken önemin verilmemesi durumda enerjide dışa bağımlılık sürekli hale gelecektir. Bu bağlamda, tüm ülkeler için ekonomik ve politik bir risk unsuru da ortaya çıkabilecektir.
- Halkın düşük gelire sahip olduğu ülkelerde örneğin Türkiye, sürdürülebilir enerji kaynağına geçiş sürecini geciktirmektedir.
- Yenilenebilir enerji kaynakları yağış, rüzgar ve kuraklık gibi doğal tabiat olaylarından yüksek mertebede etkilenirler. Birçok ülke coğrafyasında iklim hızlı ve sürekli değişim gösterdiğinden, zaman zaman yenilenebilir enerji üretiminde aksaklıklarla karşılaşılabilir.
- Tarım açısından elverişli topraklara sahip ülkelerde, Hidrolik baraj yüzey alanları geniş olduğundan daha hızlı buharlaşarak ekosistemi etkilemekte ve civar bölgedeki tarım alanlarının tuzlanarak verimliliklerini yitirmesine sebep olmaktadır. Bu durum tarımsal ekonomik kayıplara yol açmaktadır.

5.SONUÇ

Günümüzde ekonomik kalkınmanın sürdürülebilmesinde, toplumsal refah seviyesinin artırılmasında ve küresel rekabet anlayışı içerisinde sanayi ve diğer ticari faaliyetlerin sağlıklı bir biçimde yürütülebilmesinde itici güç olan enerji, XXI. yüzyılda etkisini daha derinden hissettirmektedir. Dünyanın her geçen gün artan nüfusu ile birlikte yaşam standartları seviyesinin yükselmesi, enerjiye olan talebi de orantılı olarak arttırmaktadır. Diğer taraftan konvansiyonel enerji kaynaklarının tabiatla rezervlerle sınırlı oluşu, insanlığı yeni enerji türlerinin keşfine ve yeni teknolojik gelişmelere doğru yönlendirmektedir. Gelişmişlik düzeyinin bir göstergesi olan ve aynı zamanda uluslararası alanda güç tekil edebilmenin vazgeçilmez unsurlarından biri olan enerji, bu yüzden ülke politikalarının belirlenmesi konusunda da önemli rol üstlenmektedir. Enerji hammaddelerine olan yakınlık, enerji nakil güvenliği, kaynak çeşitliliğinin sağlanması ve verimli üretim teknolojilerinin yanı sıra çevresel duyarlılığın artması, günümüz enerji sektöründe en çok tartışılan konular arasına girmişlerdir. Dünya genelinde yaşanan güncel gelişmeleri yakından takip eden ve enerji sektörünün geleceğinin şekillenmesinde söz sahibi olmak isteyen ülkeler, enerji alanında öngördüğü hedefler doğrultusunda ulusal politikalarını belirlemek durumundadır.

Enerji arzının çeşitlenmesine katkı sağlayan yenilebilir kaynaklar, aynı zamanda enerji ithalatına olan hayati bağımlılığın büyük ölçüde azalmasında, ülke ekonomisinin petrol gibi stratejik yakıtların uluslararası piyasalarda maruz kaldığı fiyat dalgalanmalarından daha az etkilenmesinde ve politik istikrarsızlıkların sebep olduğu kısıtlamalardan korunmasında önemli rol üstlendikleri için tüm ülkeler açısından büyük bir avantaj ortaya koymaktadırlar. Dünya enerji sektöründe yeniden yapılanma sürecine girmiş bulunmaktadır. Konvansiyonel kaynakları meydana getiren fosil yakıtlardan alternatif, yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarına doğru uzanan değişim trendi, her geçen gün daha popüler hale gelmektedir. AB, ABD ve Türkiye’de, vakit kaybetmeden bu değişim sürecinin bir parçası olma yolunda emin adımlar atmak zorundadır.

Dünyada, 1970’li yılların sonlarına kadar çevresel sorunlar ve birincil enerji kaynaklarının diğer olumsuz etkilerinin azaltılması amacıyla ciddi düzenleme veya çalışmalar başlatılmamıştır. Ancak 1970’li yılların sonlarına doğru sürdürülebilir kalkınma ve çevrenin önemi anlaşılmış ve hem ulusal hem de uluslararası düzeyde çalışmalar artmaya başlamıştır. Bu bağlamda geçmişten günümüze kadar yapılan çalışmalarda geline son aşama yeşil ekonomi olgusudur. Yeşil ekonomi, son dönemlerde sürdürülebilir kalkınmayı sağlamanın temel koşulu haline gelmiştir. Yeşil ekonominin sağlanması ancak sürdürülebilir enerji kaynaklarının üretim ve tüketimi ile mümkün görülmektedir. Çevre konusunun gündeme taşınmasıyla birlikte sürdürülebilir kalkınmadan yeşil ekonomiye geçiş sürecinde birçok politika ve hedef oluşturulmuş, ancak oluşturulan politikaların uygulanması ve belirlenen hedeflerin gerçekleştirilmesi noktasında yeterli düzeyde başarı elde edilememiştir.

Mevcut sürdürülebilir enerji kaynakları SWOT analizi ile değerlendirildiğinde, sürdürülebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımların, kaynak üretimi ve üretim tesislerinin kurulumu için büyük önem taşıdığı anlaşılmaktadır. Bu bağlamda verilen teşviklerin ve geliştirilen mevzuatların yatırımları artırıcı bir etki ortaya çıkaracağı ve kurulu gücün artmasını sağlayacağı düşünülmektedir. Teknolojik ilerlemelerin tesis kurulumunda önemli bir yere sahip olmasından dolayı, sürdürülebilirlik konusunda yapılacak Ar-Ge çalışmalarının teşvik edilmesi ve bu çalışmalara öncelik verilmesi önemlidir. Gerçekleştirilen SWOT analizi sonucunda potansiyel sürdürülebilir enerji kaynakları olarak hidroelektrik, rüzgâr ve güneş enerjisinin ön plana çıktığı görülmüştür. Bu enerji kaynaklarına yapılacak yatırımlar, uzun ömürlü kullanımları da düşünüldüğünde oldukça avantajlı olacaktır. Sürdürülebilir enerji kaynaklarının sosyo- ekonomik kalkınma için önemi son dönemlerde daha da anlaşılmıştır. Sürdürülebilir enerji kaynaklarına verilen önem neticesinde enerjide dışa bağımlılığı azaltıcı, istihdam yaratıcı, çevresel zararları diğer kaynaklara göre çok az olan ve sürdürülebilir nitelik taşıyan enerji kaynaklarının gelecek yıllarda kurulu gücünün ve kullanım alanlarının artırılması tüm için zorunlu bir yönelim olarak görülmektedir. Tüm ülkelerde yeşil ekonomiye geçiş sürecinin hızlandırılması amacıyla yerleşik hane halkının çevreci faaliyetlere yönelik farkındalıklarının artırılması önemlidir. Bu amaçla çevre eğitimlerinin sadece teorik düzeyde kalmasından ziyade, uygulama ve yakından takip etme yaklaşımı ile gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Sürdürülebilir enerji kaynaklarının kurulumu ve üretime geçiş süreci esnasında kullanılan girdilerin yurtiçinde üretilebilmesi için Ar-Ge çalışmalarının artırılması, ithal girdi tehdidini ortadan kaldırmaya yardımcı olacaktır. Ayrıca sürdürülebilir enerji kaynaklarına geçiş sürecinde ihtiyaç duyulan finansmanın, ya hane halkının gelirlerine oranla uygulanacak ek bir vergiden ya da yap-işlet-devret projeleriyle sağlanması gerekmektedir. Son olarak, gerekli teşvikler sağlanarak bazı sektörlerde ve kentsel dönüşüm kapsamında yenilenen konutlarda, enerjinin belli bir bölümünün güneş enerjisi başta olmak üzere sürdürülebilir enerji kaynaklarından karşılanması önerilebilecek bir diğer politikadır.

Bu analiz, toplumların gelişiminde enerji kullanımının merkezi bir rol oynadığını ve ülkelerin enerji stratejisinin ana hedeflerini vurgulamaktadır. Enerji, günlük yaşamın temel bir unsurudur ve ekonomik büyüme ile yakından ilişkilidir. Bu bağlamda, enerji politikalarının, enerjinin kesintisiz, güvenilir, temiz ve ekonomik bir şekilde temin edilmesini sağlama amacı gütmelidir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2018)

Sürdürülebilir kalkınma kavramı, enerji kaynaklarının kullanımının çevresel ve sosyal etkilerini göz önünde bulunduran bir yaklaşımı ifade eder. Bu çerçevede, enerji-ekonomi-ekoloji dengesini (3E) gözeterek enerji güvenliği modelleri oluşturulmaktadır (Pamir, 2005).

Türkiye, enerji talebinin hızla arttığı bir ülke olarak öne çıkmaktadır. Bu artış, elektrik ve doğalgaz talebindeki yükselişle birlikte gelmektedir. Dünyadaki ispatlanmış petrol ve doğal gaz rezervlerinin yaklaşık %60'ına komşu bir bölgede yer alan Türkiye, bölgesel bir enerji merkezi haline gelmiştir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2018).

Ancak, Türkiye'nin enerji stratejisi, enerji arz güvenliğini artırmak için enerji kaynaklarının güzergah ve kaynak çeşitliliğini sağlama amacı gütmektedir. Ayrıca, bölgesel ve küresel enerji güvenliğine katkı sağlama ve enerji ticaret merkezi olma hedefleri bulunmaktadır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2018).

Yenilenebilir enerji politikaları, Türkiye'nin enerji portföyünü çeşitlendirmesine yardımcı olmuş, özellikle rüzgar ve güneş enerjisi gibi kaynaklar önem kazanmıştır. Bu politikalar aynı zamanda sürdürülebilir kalkınma hedeflerine de katkı sağlamaktadır (Furuncu, 2020).

Ancak, Türkiye'nin yenilenebilir enerji sektöründe bazı zayıf yönleri bulunmaktadır, özellikle ilk yatırım maliyetleri yüksek olabilir ve uzman personel temininde zorluklar yaşanabilir (Vladimirov ve Özenç, 2019).

Türkiye'nin enerji politikaları, jeopolitik konumu, enerji arz güvenliği ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri gibi faktörleri dikkate alarak şekillenmektedir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2018).

Sonuç olarak, Türkiye'nin enerji politikaları, enerji güvenliğini artırmayı, çevresel sürdürülebilirliği teşvik etmeyi ve ekonomik büyümeyi desteklemeyi amaçlamaktadır. Bu politikalar, enerji sektörünün gelecekteki gelişimini şekillendirecek önemli bir rol oynamaktadır ve Türkiye'nin enerji stratejisi, ulusal ve uluslararası düzeyde büyük etkilere sahiptir.

Yenilenebilir enerjide büyümenin bir sonucu olarak, Amerika Birleşik Devletleri'nde kömürle çalışan üretim kapasitesinin 2030'a kadar mevcut seviyelerin yaklaşık %50'sine (yaklaşık 200 GW) keskin bir şekilde düşeceğini ve ardından daha ılımlı bir düşüş yaşanacağını tahmin edilmektedir. 2050'de 23 GW ile 103 GW arasında kömürle çalışan kapasite olacağı tahmin edilmektedir.

Amerika Birleşik Devletleri'nin enerji tüketimi 2050'ye kadar artmaya devam edecektir ve elektrik çok daha büyük bir rol oynayacaktır. Elektrik kullanımı ve elektrikle ilgili kayıpları içeren toplam enerji tüketimi, 2022'den 2050'ye kadar %15'e kadar artacağı öngörülmektedir. Enerji tüketiminin artması, son kullanıcı ve elektrik enerjisi sektörü teknolojilerinin ve verimliliğinin geliştirilmesi ve sıfır karbonlu üretim teknolojilerinin maliyetlerinin düşmesi, bunun sonucunda daha ucuz elektrik temini ve son kullanıcıda elektrifikasyonun artmasına neden olacaktır. Konut ve ulaştırma sektörlerindeki elektriğin payı, özellikle soğutma talebi arttıkça ve elektrikli araçlar daha büyük bir pazar payına sahip oldukça daha fazla artacaktır. Uluslararası petrol ve doğal gaz talebi, ABD iç tüketim artıyor ya da azalıyor olsa bile iç üretimini etkilemektedir. ABD'nin petrol ürünleri tüketimi nispeten istikrarlı kalırken, uluslararası ticaretin dinamikleri doğal gaz ve petrol gibi diğer sıvıların yerli üretimini etkileyecektir.

Fosil yakıt bağımlılığının ülkeleri jeopolitik ve ekonomik tehditlere maruz bıraktığı, son Avrupa Birliği (AB) ulusal politikalarında, fosil yakıt bağımlılığına yönelik güvenlik risklerinin açık bir şekilde ortaya konduğunu göstermektedir. Bu yeni paradigma altında, sadece iklim değişikliği değil, aynı zamanda jeopolitika da, yenilenebilir enerjiyi hızlı bir şekilde uygulamaya ve

fosil yakıtların hızlı bir şekilde aşamalı olarak kaldırılmasını hızlandırmaktadır. Bu yeni durumu ele alırken, AB ulusal hükümetleri zaten yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik hedeflerini arttırmış durumdadır, bu hedeflerin ortalama % 55'ten % 63'e çıkacağı ve fosil yakıt kullanımının 2030 yılına yönelik planlarda üçte bir oranında azalacağını göstermektedir. Bu durum, ulusal hükümetlerin fosil yakıt ithalatına bağımlılıkla ilişkilendirilen güvenlik risklerini ne kadar ciddiye aldığını göstermektedir.

Isı ve sanayinin karbonsuzlaştırılması da gereken ilgiyi görmüştür. Beş Avrupa ülkesi, yeniden düzenlemeler, binalarda enerji verimliliği ve temiz ısı ile ilgili politikalar duyururken, önümüzdeki beş yıl içinde 10 milyon ısı pompası dağıtımını hedeflenmiştir. Bunun yanı sıra bazı sektörlerde, örneğin ulaştırma sektörü gibi, daha fazla çaba harcanması gerekmektedir.

Günümüzde Avrupa kıtası için ileriye yönelik yol net bir şekilde görülmektedir- Avrupa kıtasının enerji güvenliği, fosil yakıtları aşamalı olarak kaldırarak sağlanabilir. Çoğu hükümet zaten bu zorluğa karşı adım atmış durumdadır ve birçok ülke yenilenebilir enerjiyi geçişi hızlandırarak, enerji verimliliğini artırarak ve ekonomilerini karbonsuzlaştırarak birleşik REPowerEU çabasına hızla katılmaktadır. Bu adımların hem gerekli hem de faydalı olduğunu görülmekte ve fosil yakıtlar dalgalanmasının etkileri daha fazla yayıldıkça, Avrupa dışındaki ülkeler içinde bir kılavuz görevi görmektedir.

KAYNAKLAR

- Aksoy, Merve, “Dünyanın Enerji Görünümü”, İnsani ve Sosyal Araştırmalar Merkezi Araştırma Raporu-25, Ekim 2016, s. 1-26.
- Albayrak, Ö. (2020). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Değerlendirilmesinde Kullanılan Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ve Değerlendirme Kriterlerinin İncelenmesi: 2017-2020 . Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi , 34 (4) , 1287-1310 . DOI: 10.16951/atauniiibd.717808
- Alper, G. (2020). Uluslararası Hukuk Çerçevesinde Doğu Akdeniz’deki Münhasır Ekonomik Bölge İlanları ve Sınırlandırmaları: Türkiye’nin Güvenliği ve KKTC Üzerindeki Etkiler . Anadolu Strateji Dergisi, 2 (2) ,29-42 <https://dergipark.org.tr/tr/pub/anasamasd/issue/56231/775587>
- Altıok, M. (2014). Ekolojik kriz, kapitalist birikimin sürdürülebilirliği, gelecek ve ütopya. Journal of Economic Policy Researches, 1(1), 81-97.
- Askeland, B, Kauko,P Braekken,A. Energy system modelling of a future zero-emission neighbourhood with seasonal thermal energy storage. 2023 9th International Conference on Smart Energy Systems
- B Fernandes, J Cunha, P Ferreira. The use of real options approach in energy sector investments
- Bahadır, I. Uzun dönemli enerji planlaması için elektrik üretim senaryolarının oluşturulması ve analizi. 2020 Yüksek lisans Tezi. Başkent Üniversitesi.
- Balat, M. (2005). “Use Of Biomass Sources For Energy In Turkey And A
- Bozdemir, H., & Faiz, M. (2018). Ecocentric, antropocentric and antipathetic attitudes of teacher candidates towards the environment. Sakarya University Journal of Education, 8(1), 61-75.
- Caglayan, R. Z., Kayisli, K., Zhakiyev, N., Harrouz, A., & Colak, I. (2022). A Review of Hybrid Renewable Energy Systems and MPPT Methods. International Journal of Smart Grid-ijSmartGrid, 6(3), 72-78.
- Calzonetti, F.J. B. Solomon. B. Hobbs, B. 1984. Regional Energy Facility Location Models For Power System Planning And Policy Analysis. In Analytic Techniques Amazon Book
- Child, M.; C. Breyer, Vision and initial feasibility of a recarbonized Finnish energy system, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2016.
- Communication from the Commission to the European parliament and the council European Energy Security Strategy 2014. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014DC0330> . Erişim: 09.09.2023
- COP28, IRENA and GRA (2023), Tripling renewable power and doubling energy efficiency by 2030: Crucial steps towards 1.5°C, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

- Çeçen, H. "Avrupa Birliği Yenilenebilir Enerji Hukukunda Yeni Bir Tüzel Kişilik Olarak "Yenilenebilir Enerji Toplulukları"". Ankara Avrupa Çalışmaları Dergisi 20 (2021): 381-410
- Deloitte. <https://www2.deloitte.com/tr/tr/pages/energy-and-resources/solutions/renewable-energy.html>24.10.2023,
- Demirel, B., Gürdil, G. A. K., & Gadalla, O. (2019). Biomass energy potential from agricultural production in Sudan. ETHABD, 2(2), 35-38.
- DF Dominković, I Bačeković, B Ćosić, G Krajačić, T Pukšec, N Duić, . Zero carbon energy system of South East Europe in 2050. Applied energy 2017 184, 1517-1528
- Diler E, 2020. "İpek Yolu Savaşı", A Haber, 16 Mayıs 2020
- DSİ (2020) <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/1499>. Erişim Tarihi, 06-11-2023
- Dural, H. (2015). Doğu Akdeniz Enerji Kaynakları. Erişim Tarihi: 02.03.2023, <http://docplayer.biz.tr/8686275-Dogu-akdeniz-enerji-kaynaklari.html>.
- EIA 2015. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2015>. Erişim: 19.09.2023
- EIA 2023. <https://www.eia.gov/outlooks/aeo/> Erişim: 24.09.2023,
- EİA 2020 (<http://www.eia.gov/state/>). Erişim: 15.09.2023
- Ember 2022. Global Electricity Review 2022 - Ember Climate <https://ember-climate.org/insights/research/global-electricity-review-2022/> erişim tarihi 15-11-2023
- ENERDATA <https://yearbook.enerdata.net/> Erişim Tarihi, 15-11-2023
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, (2022).
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2020). Bilgi Merkezi, Enerji. Retrieved from: <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-elektrik>
- EPA 2022. (<http://www.epa.gov/cleanenergy/energy-resources/egrid/index.html>). Erişim: 15.09.2023
- EPDK 2020. <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/4-10402/2020-yili-sektor-raporlari>. Erişim tarihi.15.11.2023
- EPDK, Elektrik Piyasası Gelişim Raporu 2022: 21.
- EPDK. [<http://www.mfa.gov.tr/yenilenebilir-enerji>] (Erişim Tarihi: 19.03.2022).
- Erten, Zilan, R Y. M. (2007, November). Use of entropy to control coverage and energy dissipation in wireless sensor networks. In 2007 22nd international symposium on computer and information sciences (pp. 1-6). IEEE.
- ES Meier, F Kienast, PB Pearman, JC Svenning, W Thuiller, MB Araújo, ... Biotic and abiotic variables show little redundancy in explaining tree species distributions. 2010 Ecography 33 (6), 1038-1048
- ETKB 2022. <https://sp.enerji.gov.tr/dergi/index.html> Erişim Tarihi, 15-11-2023
- ETKB 2023. <https://sp.enerji.gov.tr/dergi/index.html> Erişim Tarihi, 15-11-2023

- European Commission, “Electricity Interconnection Targets.” [Online].
<https://ec.europa.eu/energy/en/topics/infrastructure/projects-common-interest/electricity-interconnection-targets>. Erişim: 19.09.2023
- Francis, G, Eveline, T. A review of socio-technical energy transition (STET) models. 2015
Technological Forecasting and Social Change
- GAZBİR (2023) . www.gazbir.org.tr/uploads/page/2023_Yili_Dogal_Gaz_Sektor_Raporu.pdf
Erişim Tarihi: 15.03.2023,
- GAZBİR 2020. www.gazbir.org.tr/uploads/page/2020_Yili_Dogal_Gaz_Sektor_Raporu.pdf.
Erişim Tarihi: 15.03.2023,
- Ghazinoory, S. Abdi, M. Azadegan-Mehr. M. Swot Methodology: A State-Of-The-Art Review
For The Past, A Framework For The Future. J. Bus. Econ. Manag., 12 (2011),
- Ghosh, L. E., Lu, L., Ozer, H., Ouyang, Y., & Al-Qadi, I. L. (2015). Effects of pavement surface
roughness and congestion on expected freeway traffic energy consumption. Transportation
Research Record, 2503(1), 10-19.
- Grøv,E, Bruland, A. Nilsen, B. K. Panthi, M. Lu.2011 Developing Future 20 000 MW Hydro
Electric Power in Norway – Possible Concepts and Need of Resources. (2011), p. 36
- H Dorotić, B Doračić, V Dobravec, T Pukšec, G Krajačić, N Duić. Integration of transport and
energy sectors in island communities with 100% intermittent renewable energy
sources.2019. Renewable and Sustainable Energy Reviews 99, 109-124
- H Lund, PA Østergaard, D Connolly, BV Mathiesen, Smart energy and smart energy systems
Energy 137, 556-565.2017
- H Lund, S Werner, R Wiltshire, S Svendsen... - Energy, 2014 4th Generation District Heating
(4GDH): Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems
- Harorli, E., & Erciş, A. (2023). Examining household intentions to use green power: Insights from
TPB. Energy Strategy Reviews, 50, 101230.
- Hodaloglu, Z Aydın A. Türkiye ile Rusya arasındaki doğal gaz işbirliğinin Türkiye’nin enerji
güvenliğine etkisi. The Journal of International Social Research Cilt: 9 Sayı: 43 2016
- Hodaloğulları, Z. & Aydın, A. (2015). Türkiye’nin Doğalgaz Noktasında Rusya’ya Bağımlılık
Durumunun Soğuk Savaş Sonrası Türk Dış Politikasına Yansıması. Kahramanmaraş Sütçü
İmam Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi , 5 (2) , 83-108
<http://www.milliyet.com.tr/> , Erişim Tarihi: 17.03.2022
- <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-biyokutle> Erişim Tarihi: 19.03.2022
- <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-gunes> Erişim Tarihi: 19.03.2022
- <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-hidrolik> Erişim Tarihi: 19.03.2022
- <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-jeotermal> Erişim Tarihi: 19.03.2022
- <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-nukleer-enerji> Erişim Tarihi: 19.03.2022
- <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-ruzgar> Erişim Tarihi: 19.03.2022

- <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-uretim-faaliyetleri-yeka-modeli>
<https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-uretim-faaliyetleri-yeka-modeli>
[https://www.botas.gov.tr /](https://www.botas.gov.tr/), Erişim Tarihi: 18.03.2022
[https://www.botas.gov.tr /](https://www.botas.gov.tr/), Erişim Tarihi: 18.03.2022
[https://www.botas.gov.tr /](https://www.botas.gov.tr/), Erişim Tarihi: 19.03.2022
<https://www.climate-transparency.org/g20-climate-performance/the-climate-transparency-report-2020> : 24.10.2023,
<https://www.dataforprogress.org/the-green-new-deal-is-popular> Erişim Tarihi: 17.03.2022
([http://www.milliyet.com.tr /](http://www.milliyet.com.tr/), Erişim Tarihi: 17.03.2022).
([https://www.botas.gov.tr /](https://www.botas.gov.tr/), Erişim Tarihi: 19.03.2022).
([https://www.botas.gov.tr /](https://www.botas.gov.tr/), Erişim Tarihi: 19.03.2022).
(IEA 2022) WorldEnergyOutlook2022 29(2005,) s. 32-41.
Kaltenborn, B.P., Keller, R. & Krange, O. Attitudes toward Wind Power in Norway–Solution or Problem in Renewable Energy Development?. Environmental Management 72, 922–931 (2023).
Kandemir, Yayli, M S. Y., O., & Acikkalp, E. (2021, May). Assessment of Electric Energy Generation using Wind Energy in Turkey. In 7th Iran Wind Energy Conference (IWEC2021) (pp. 1-3). IEEE.
Kanlı, İ. B., & Metin, E. R. O. L. (2019). Türkiye Büyük Millet Meclisi’nde Grubu Bulunan Partilerin Programlarında Çevre ve Sürdürülebilirlik Kavramlarının Karşılaştırmalı Analizi. İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi, 8(2), 860-896.
Kaplukan, E. (2014). Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Biyokütle Enerjisinin Dünyadaki Ve Türkiye’deki Kullanım Durumu. Marmara Coğrafya Dergisi.
Karaaslan, A. ve Aydın, S. (2020). Yenilenebilir enerji kaynaklarının çok kriterli karar verme teknikleri ile değerlendirilmesi: Türkiye örneği, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 34(4), 1351-1375.
Karakaya ve Çobanoğlu Omca (2012),
Karbuz, S. (2015). Enerji Merkezli Mısır, Kıbrıs ve İsrail Üçgeni, Enerji Panorama, 3(27), 44-46.
Katman, F. Levant-Doğu Akdeniz ve enerji satrancı. ABMYO Dergisi. 29-30, (2013)
Katman, F. (2013). Levant-Doğu Akdeniz ve enerji satrancı . Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Dergisi , (29) , 17-26 .
Kavaz İ.2018 Küresel Piyasalar Kapsamında ABD’nin Son Dönem Enerji Politikaları. Seta Perspektif Dergisi. sayı:185 Ocak 2018
Kayaer, M. (2013). Tthe use of environmental taxes, subsidies and incentives and foreign aid as the tool of environment protection.

- Kısacık, S. ve Erenel, F. (2019). Doğu Akdeniz Güvenlik Algılamaları Bağlamında, Kalıcı Yapılandırılmış İşbirliği Savunma Anlaşması (The Permanent Structured Cooperation-PESCO) ve Enerji Güvenliği Meselelerinin Avrupa Birliği-Türkiye İlişkilerine Olası Yansımalarını Anlamak. Bozok Üniversitesi:Türkiye Siyaset Bilimi Dergisi, 2(1), 51-76.
- Koç, E., Kaya, K. “Enerji Kaynakları–Yenilenebilir Enerji Durumu,” 2015. Mühendis ve Makina, cilt 56, sayı 668, s. 36-47.
- Koçaslan, G. (2010). Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi Çerçevesinde Türkiye'nin Rüzgar Enerjisi Potansiyelinin Yeri Ve Önemi . Sosyal Bilimler Dergisi , 0 (1) , 53-61 .
- Leblebicioğlu, E., Sulukan E. ve Uyar, T.S. (2021). An energy system simulation of Turkey with a %50 renewable energy scenario. Journal of Naval Sciences and Engineering, 17(1), 1-25.
- Lukasz , K., 2018. In-Depth Analysis In Support Of The Commission Communication Com(2018) 773, European Economic and Social Committee. Belgium.
- Lund H, Mathiesen BV, Karlsson K. The IDA Climate Plan 2050. The Danish Society of Engineers and Aalborg University, 2009. Available from: <http://ida.dk/News/Dagsordener/Klima/Klimaplan2050/Sider/Klimaplan2050.aspx>.
- Lund, H., Østergaard, P. A., Connolly, D., & Mathiesen, B. V. (2017). Smart energy and smart energy systems. Energy, 137, 556-565.
- MAPEG. <https://www.mapeg.gov.tr/> Erişim Tarihi, 09-08-2023
- Mathiesen, B.V. Lund, H. Integrated Transport And Renewable Energy Systems. Utilities Policy, 16 (2) (2008)
- Milliyet Gazetesi. (<http://www.milliyet.com.tr/> , Erişim Tarihi: 17.03.2022).
- N. Rajaković and I. B. Bjelić, "Planning of the optimal energy mix for smart cities," 2017 IEEE Manchester PowerTech, Manchester, UK, 2017, pp. 1-6, doi: 10.1109/PTC.2017.7981182.
- Naimoglu, M. ve Mustafa, A. (2021). “Yükselen Ekonomilerde Enerji Etkinliğini Talep Yanlı Etkileyen Faktörler”, Sosyoekonomi, 29(49), 455-481.
- National Security Strategy of the United States of America”, White House, <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2017/12/NSS-Final-12-18-2017-0905.pdf> Erişim Tarihi: 17.03.2022
- NREL 2022: <https://www.nrel.gov/analysis/sam/>). Erişim: 15.09.2023
- Nuran Talu, Habip Kocaman, “Türkiye’de İklim Değişikliği İle Mücadelede Politikalar, Yasal ve Kurumsal Yapı”, 2019, , https://www.iklimin.org/wp-content/uploads/egitimler/seri_04.pdf, Erişim Tarihi: 17.03.2022).

- Onur Çelik, Sibel Çetiner, “Türkiye Ekonomisinde Kalkınma Planları ve Kalkınma Planlarındaki Söylem Değişiklikleri, International Journal of Economics, Politics, Humanities & Social Sciences, Vol: 2 Issue: 3 Yaz 2019, s. 122, https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/07/Yedinci_Bes_Yillik_Kalkinma_Plani-1996-2000.pdf Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, “On İkinci Kalkınma Planı”, “Özel İhtisas Komisyonları Listesi”, Erişim: 24.10.2023, <https://onikinciplan.sbb.gov.tr/ozel-ihisas-k>, <https://www.ekoik.com/omisyonlari-listesi/iklim-degisikliginin-surdurulebilir-kalkinmaya-etkisi/> Erişim: 24.10.2023,
- Østergaard, J., Christensen, E. D., Halsnæs, K., Riisager-Simonsen, C., Lisbjerg, D., Jensen, A. D., Duus, J. Ø., Madsen, H., Frandsen, H. L., Savaghebi, M., Zhang, W., Keles, D., Ladenburg, J., Vest, M. R., Seger, B., Mortensen, N. H., Sin, G., Kitzing, L., Kolios, A., Thomsen, K., Dominkovic, 2023, Technical University of Denmark. 27 p. Research output:
- Ozel, O Gurakan, B.,, Yang, J., & Ulukus, S. (2013). Energy cooperation in energy harvesting communications. IEEE Transactions on Communications, 61(12), 4884-4898.
- Özçakir, A. 2012 Endüstriyel Ve Evsel Kullanımda Enerji Planlama Proseslerinin Almanya Ve Türkiye’deki Durumu. Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi
- Özsoy, C.E. ve Dinç, A. (2016). Türkiye’nin fosil enerji kaynaklı sorunlarına düşük karbonlu bir çözüm: Yeşil ekonomi. Econworld, 1-15.
- Öztürk, A. Alkan, S. (2013). Parçacık Sürü Optimizasyonu İle Fotovoltaik Sistemlerde Kullanılan Dc-Dc Dönüştürücünün Kontrolü . İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi , 2 (3) , 110-120 .
- P.A.P.A. Østergaard.2015. Reviewing EnergyPLAN simulations and performance indicator applications in EnergyPLAN simulations. Appl Energy, 154 (2015), pp. 921-933, 10.1016/j.apenergy.2015.05.086
- Pamir, N. (2005). ABD, AB, Rusya ve Çin’in Enerji İhtiyaçları ve Stratejileri. Türkiye’nin Enerji Stratejisi Ne Olmalıdır? Sempozyumu (26-27 Ocak 2006). Harp Akademileri Basımevi, İstanbul.Renewable and Sustainable Energy Reviews 15 (9), 2017 4491-4497
- Safarlı, S. Azerbaycan ve Türkiye’de Petrol İşletmelerinde Finansal Analiz: TÜPRAŞ Ve Socar’da Bir Uygulama. 2019 Yüksek Lisans Tezi. Eskişehir Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Sel, A. (2021). Avrupa Bölgesi Ülkelerinin Enerji Kullanımları Açısından Bulanık Kümeleme Yöntemleri İle Analizi . Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi , 16 (1) , 121-135 . DOI: 10.48145/gopsbad.796137
- Sonmez, M., Akgüngör, A. P., & Bektaş, S. (2017). Estimating transportation energy demand in Turkey using the artificial bee colony algorithm. Energy, 122, 301-310.

- Sungur, B., Özdoğan, M., Topaloğlu, B., & NAMLI, L. (2017). Küresel Enerji Tüketimi Bağlamında Mikro Kojenerasyon Sistemlerinin Teknik ve Ekonomik Değerlendirilmesi. *Mühendis ve Makina*, 58(686), 1-20.
- Ş Kılıkş,Ş Goran Krajačić, Neven Duić, Marc A. Rosen, Moh'd Ahmad Al-Nimr. 2023, Sustainable Development Of Energy, Water And Environment Systems In The Critical Decade For Climate Action. *Energy Conversion and Management*, Volume 296, 2023,
- Şimşekli, U., Le Roux, J., & Hershey, J. R. (2014, May). Non-negative source-filter dynamical system for speech enhancement. In 2014 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP) (pp. 6206-6210). IEEE.
- TEİAŞ 2022 Faaliyet raporu.
- Thellufsen,H. Lund, J.Z. P.A. Østergaard, P. Sorknæs, I.R. Skov, B.V. Mathiesen. *EnergyPLAN – Advanced Analysis Of Smart Energy Systems*. *Smart Energy*, 1 (2021),
- TMMOB 2022. <https://www.tmmob.org.tr/yayin/akp-iktidarinin-enerji-karnesi-enerjide-son-20-yi.09-08-2023>
- Türkoğlu Eltaş , M. Türkiye'de Biyokütle Enerji Kaynaklarının Araştırılması ve Oecd Ülkeleri İle Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Tüysüz. Ş. ve Öncel, A. (2022). Türkiye’de yeşil ekonomi açısından sürdürülebilir enerji kaynaklarının SWOT analizi. *İktisadi İdari ve Siyasal Araştırmalar Dergisi*, 7(19), 644-661
- View To Biomass Potential”, *Biomass and Bioenergy*, Sayı:
- www.enerji.gov.tr, Erişim Tarihi: 19.03.2022
- www.enerji.gov.tr, Erişim Tarihi: 19.04.2022
- YAGEM 2023. www.gmka.gov.tr/dokumanlar/yayinlar/2017-2023_Ulusal-Enerji-Verimlilik-Eylem-Plani.pdf/ Erişim Tarihi, 09-08-2023
- YEKA. <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-uretim-faaliyetleri-yeka-modeli>. Erişim Tarihi, 09-08-2023
- Yılmaz, M. (2012). Türkiye’nin enerji potansiyeli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi açısından önemi . *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi* , 4 (2)
- Yılmaz, O. & Hotunluoğlu, H. (2015). Yenilenebilir Enerjiye Yönelik Teşvikler ve Türkiye. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2 (2) , 74-97
- Yılmaz, O. ve Hotunluoğlu, H. (2015). Yenilenebilir enerjiye yönelik teşvikler ve Türkiye. *Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2(2), 74-97.
- Yılmaz, V. (2018). Sürdürülebilir kalkınma ve yeşil büyüme arasındaki ilişki. *Journal of International Management, Educational and Economics Perspectives*, 6(2), 79-89.
- Yildirim, N., & Bilir, L. (2017). Evaluation of a hybrid system for a nearly zero energy greenhouse. *Energy Conversion and Management*, 148, 1278-1290.

- Yolcan, O. Köse, R. (2020). Türkiye' Nin Güneş Enerjisi Durumu Ve Güneş Enerjisi Santrali Kurulumunda Önemli Parametreler. Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 6 (2) , 196-215. DOI: 10,34186/klujes.793471
- Yorcan, A.2009Avrupa Birliği'nin Enerji Politikası ve Türkiye'ye Etkileri. Bilge Strateji, Cilt 1, Sayı 1, 2009



ÖZGEÇMİŞ

Gülben GÜLCAN PEHLİVANZADE, ilk orta ve lise eğitimini Ereğli de almış ve sonrasında ODTÜ Çevre Mühendisliği Bölümünden 1988 yılında mezun olmuştur. Yüksek lisansını yine ODTÜ Çevre Mühendisliğinde tamamlamış ve aynı süreçte TEAŞ'ta çalışmıştır. Sonrasında yabancı ortaklı bir enerji şirketinin Çevre Sağlık ve Güvenlik Birimini kurarak birim sorumlusu olarak görev yapmıştır. Hali hazırda enerji şirketlerine çevre ve güvenlik konularında danışmanlık hizmeti vermektedir.

