



**T.C.
AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TÜRKİYE VE AVRUPA BİRLİĞİ'NİN YENİLENEBİLİR ENERJİ
DÖNÜŞÜMÜNDE YOL HARİTALARI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TUNCAY YAZICI

HAZİRAN

**TÜRKİYE VE AVRUPA BİRLİĞİ'NİN YENİLENEBİLİR ENERJİ
DÖNÜŞÜMÜNDE YOL HARİTALARI**

Tuncay YAZICI

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
YENİLENEBİLİR ENERJİ VE UYGULAMALARI ANABİLİM DALI**

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Yusuf Bahadır KESKİN

**AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HAZİRAN 2025

Yüksek Lisans Tezi Kabul ve Onay Sayfası

Tuncay YAZICI tarafından hazırlanan “Türkiye ve Avrupa Birliği’nin Yenilenebilir Enerji Dönüşümünde Yol Haritaları” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yenilenebilir Enerji ve Uygulamaları Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Yusuf Bahadır KESKİN

Yenilenebilir Enerji ve Uygulamaları Anabilim Dalı, Amasya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

Başkan : Prof. Dr. Ünal KURT

Yenilenebilir Enerji ve Uygulamaları Anabilim Dalı, Amasya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

Üye : Dr. Öğr. Üyesi İshak TURAN

Uluslararası İlişkiler Anabilim Dalı, Yalova Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

Tez Savunma Tarihi: 25/06/2025

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Doç. Dr. Ümit YILDIRIM

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Tuncay YAZICI

10.07.2025

TÜRKİYE VE AVRUPA BİRLİĞİ'NİN YENİLENEBİLİR ENERJİ DÖNÜŞÜMÜNDE YOL HARİTALARI

(Yüksek Lisans Tezi)

Tuncay YAZICI

AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2025

ÖZET

Bu çalışma, Türkiye ve Avrupa Birliği'nin (AB) yenilenebilir enerji politikalarını; ekonomik, çevresel, toplumsal, teknolojik ve jeopolitik boyutlarda karşılaştırmalı olarak analiz etmeyi ve potansiyel iş birliği alanlarını ortaya koymayı amaçlamaktadır. Nitel araştırma yöntemi çerçevesinde, Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları (YEKA) ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını Destekleme Mekanizması (YEKDEM) politikaları ile AB'nin Avrupa Yeşil Mutabakatı ve REPowerEU stratejileri incelenmiştir. Analizde, kurumsal raporlar, politika belgeleri ve akademik literatür temel alınmıştır. Çalışmanın bulguları, iki taraf arasındaki temel farklılığın yalnızca stratejik önceliklerden (ithalat bağımlılığına karşı karbon nötrlüğü) değil, aynı zamanda bu hedeflere ulaşmada benimsenen politik-ekonomik modellerin felsefesinden kaynaklandığını göstermektedir. Türkiye'nin, yerli kaynak kullanımını ve enerji arz güvenliğini merkeze alan devlet öncülüğünde, müdahaleci bir yaklaşım benimsediği; AB'nin ise piyasa temelli mekanizmaları, teknolojik liderliği ve rekabeti teşvik eden bir "regülatör devlet" modeliyle hareket ettiği tespit edilmiştir. Türkiye'nin jeotermal ve hidroelektrik alanlarındaki potansiyeli ile stratejik konumu öne çıkarken; AB'nin rüzgâr, güneş, yeşil hidrojen ve enerji depolama alanlarındaki teknolojik ve finansal üstünlüğü belirgindir.

Sonuç olarak, bu tamamlayıcı nitelikteki farklılıkların, her iki tarafın da enerji dönüşüm hedeflerine ulaşmasını hızlandıracak stratejik iş birliği fırsatları yarattığı ortaya konulmuştur. Yeşil hidrojen ve enerji depolama teknolojileri transferi, Türkiye'nin teşvik mekanizmalarının AB modelleriyle reforme edilmesi, Karbon Sınır Düzenleme Mekanizması'na (CBAM) uyum ve Doğu Akdeniz'de ortak enerji projelerinin geliştirilmesi, bu iş birliğinin somut zeminleri olarak önerilmektedir.

Sayfa Adedi : 91
Anahtar Kelimeler : Yenilenebilir Enerji, Enerji Politikası, Avrupa Yeşil Mutabakatı.
Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Yusuf Bahadır KESKİN

ROADMAPS FOR THE RENEWABLE ENERGY TRANSFORMATION OF TURKEY AND THE EUROPEAN UNION

(M. Sc. Thesis)

Tuncay YAZICI

AMASYA UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

June 2025

ABSTRACT

This study aims to comparatively analyse the renewable energy policies of Türkiye and the European Union (EU) in economic, environmental, social, technological and geopolitical dimensions and to reveal potential areas of cooperation. Within the framework of qualitative research method, Türkiye's Renewable Energy Resource Areas (YEKA) and Renewable Energy Resources Support Mechanism (YEKDEM) policies and the EU's European Green Deal and REPowerEU strategies were analysed. The analysis is based on institutional reports, policy documents and academic literature.

The findings of the study show that the main differences between the two sides stem not only from strategic priorities (import dependence versus carbon neutrality), but also from the philosophy of the political-economic models adopted to achieve these goals. Türkiye has adopted a state-led, interventionist approach centred on domestic resource utilisation and security of energy supply, while the EU has adopted a 'regulator state' model that encourages market-based mechanisms, technological leadership and competition. Türkiye's geothermal and hydroelectric potential and strategic position stand out, while the EU's technological and financial superiority in wind, solar, green hydrogen and energy storage is evident.

As a result, these complementary differences have been shown to create strategic cooperation opportunities to accelerate the achievement of both sides' energy transition goals. The transfer of green hydrogen and energy storage technologies, reforming Türkiye's incentive mechanisms with EU models, alignment with the Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) and the development of joint energy projects in the Eastern Mediterranean are suggested as concrete grounds for such cooperation.

Number of pages : 91
Keywords : Renewable Energy, Energy Policy, European Green Deal.
Supervisor : Asst. Prof. Dr. Yusuf Bahadır KESKİN

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu meşakkatli ve bir o kadar da keyifli tez yazım sürecimde, değerli bilgi ve tecrübeleriyle yolumu aydınlatan, sabrı ve teşvikleriyle motivasyonumu her daim yüksek tutan saygıdeğer danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Yusuf Bahadır KESKİN'e en içten şükranlarımı sunarım. Kendisinin yapıcı eleştirileri, derinlemesine analizleri ve vizyoner bakış açısı, bu çalışmanın bugünkü haline ulaşmasında kilit rol oynamıştır.

Hayatımın her aşamasında olduğu gibi, bu zorlu süreçte de yanımda olan, sevgi ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, fedakârlıklarıyla bana güç veren canım aileme sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum. Onların varlığı, sabrı ve anlayışı, en büyük ilham kaynağım olmuştur.

Tez çalışmam boyunca anlayış gösteren, bilgi paylaşımlarıyla ve dostluklarıyla çalışma ortamımı zenginleştiren, değerli mesai arkadaşlarıma da teşekkürü bir borç bilirim. Onların desteği ve teşviki, bu süreci daha kolay ve verimli geçirmemi sağlamıştır.

Ayrıca, çalışmamın çeşitli aşamalarında dolaylı da olsa katkıları bulunan Prof. Dr. Ünal KURT'a ve tüm hocalarıma teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. YÖNTEM.....	4
3. LİTERATÜR TARAMASI.....	5
3.1. Yenilenebilir Enerji Politikaları Üzerine Uluslararası Çalışmalar	5
3.2. AB'nin Yenilenebilir Enerji Dönüşümü	7
3.3. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Politikaları	9
3.4. Türkiye ve AB Arasındaki Enerji İş Birliği Üzerine Çalışmalar	11
3.5. Çalışmanın Literatüre Katkısı.....	13
3.5.1. Teknoloji transferi mekanizmalarındaki boşluklar	13
3.5.2. Finansal sürdürülebilirlik modellerindeki boşluklar	14
3.5.3. Karbon sınır düzenleme mekanizması ve sanayi entegrasyonundaki boşluklar	15
3.5.4. Jeopolitik dinamiklerdeki boşluklar	16
3.5.5. Yenilikçi teknolojilerin entegrasyonundaki boşluklar	17

	Sayfa
4.1. Teorik Çerçeve	20
4.2. Enerji Kaynakları.....	26
4.2.1. Yenilenemez enerji kaynakları.....	28
4.2.2. Yenilenebilir enerji kaynakları	31
4.3. Yenilenebilir Enerji Politikalarının Tarihsel ve Stratejik Çerçevesi	38
4.3.1. Yenilenebilir enerjiye geçişin tarihsel gelişimi.....	39
4.3.2. Yenilenebilir enerji politikalarının teorik dayanakları.....	43
4.3.3. Türkiye ve AB'nin stratejik politikaları ve iş birliği fırsatları	50
5. BULGULAR	55
5.1. Türkiye-AB Yenilenebilir Enerji İş Birliği	55
5.2. İş Birliğini Şekillendiren Faktörler	60
5.3. İş Birliğinin Enerji Güvenliği ve Sürdürülebilir Kalkınmaya Etkileri	63
5.4. Karşılaştırmalı Analiz ve Değerlendirme	65
5.4.1. Ekonomik boyut.....	65
5.4.2. Çevresel boyut	67
5.4.3. Toplumsal boyut	68
5.4.4. Teknolojik boyut.....	71
5.4.5. Jeopolitik boyut.....	72
5.4.6 SWOT analizi.....	74

Sayfa

6. SONUÇ VE ÖNERİLER	77
6.1. Sonuç	77
6.2. Öneriler	80
KAYNAKLAR.....	86
ÖZGEÇMİŞ	91



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. Türkiye ve AB'nin temel yenilenebilir enerji stratejilerinin karşılaştırması ..	42
Çizelge 5.1. Türkiye ve AB'nin yenilenebilir enerji kapasite karşılaştırması.....	56
Çizelge 5.2.Türkiye'nin YEKA ve YEKDEM projelerine örnekler	64



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 4.1. Enerji kaynakları	27
Şekil 4.2. Türkiye güneş enerjisi potansiyel haritası.....	33
Şekil 4.3. Türkiye ve Avrupa'daki rüzgâr enerjisi kapasitesi	34
Şekil 4.4. Türkiye ve AB'de yenilenebilir enerjinin elektrik üretimindeki payı (2004-2023)	40
Şekil 5.1. Türkiye ve AB'nin elektrik üretiminde kaynak dağılımı.....	58

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, yanda açıklamaları verilmek üzere aşağıda listelenmiştir.

Simgeler	Açıklama
CO ₂	Karbondioksit
GWh	Giga watt-saat
GW	Giga watt
kWh	Kilowatt-saat
m ³	Metreküp
MW	Mega watt
MWh	Mega watt-saat
TWh	Terawatt-saat
USD	Amerikan doları
ton CO ₂	Ton karbondioksit emisyonu
%	Yüzde

Kısaltmalar	Açıklama
AB	Avrupa Birliği
A.Ş.	Anonim şirketi
AAYB	Asya altyapı yatırım bankası
CBAM	Karbon sınır düzenleme mekanizması
EEA	Avrupa çevre ajansı
EC	Avrupa komisyonu
ETKB	Enerji ve tabii kaynaklar bakanlığı

ETS	Emisyon ticaret sistemi
Eurostat	Avrupa istatistik ofisi
GAP	Güneydoğu anadolu projesi
GEPA	Güneş enerjisi potansiyel atlası
GES	Güneş enerji santrali
GSYİH	Gayri safi yurt içi hasıla
IEA	Uluslararası enerji ajansı
IPCC	Hükümetlerarası iklim değişikliği paneli
IRENA	Uluslararası yenilenebilir enerji ajansı
MEB	Münhasır ekonomik bölge
MW	Megawatt
MRV	İzleme-raporlama-doğrulama
nZEB	Yaklaşık sıfır enerjili bina
REPowerEU	Avrupa birliği yeniden güçlenme enerji programı
REN21	21. yüzyıl için yenilenebilir enerji politika ağı
RES	Rüzgâr enerji santrali
PV	Fotovoltaik
TANAP	Trans anadolu doğal gaz boru hattı
TEİAŞ	Türkiye elektrik iletim anonim şirketi
TÜBİTAK	Türkiye bilimsel ve teknolojik araştırma kurumu
WCED	Dünya çevre ve kalkınma komisyonu
YEKA	Yenilenebilir enerji kaynak alanları
YEKDEM	Yenilenebilir enerji kaynaklarını destekleme mekanizması

1. GİRİŞ

Enerji, insanlık tarihindeki ekonomik ve toplumsal gelişimin temel dinamiklerinden biridir. 18. yüzyılda başlayan Sanayi Devrimi'nden itibaren kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtlar enerji üretiminde baskın hale gelmiştir. Ancak bu kaynakların yoğun kullanımı çevresel bozulma, karbon emisyonlarının artışı ve rezerv tükenmesi gibi ciddi sorunlara yol açmıştır (Demir, 2009; International Energy Agency [IEA], 2022). Bu sorunlar, enerji sistemlerinin sürdürülebilir ve çevre dostu alternatiflere yönelmesini zorunlu kılmış; enerji politikalarının bu doğrultuda yeniden şekillenmesini stratejik bir öncelik haline getirmiştir. Güneş, rüzgâr, hidroelektrik ve biyokütle gibi yenilenebilir enerji kaynakları, karbon emisyonlarını azaltma ve enerji arz güvenliğini artırma potansiyelleriyle küresel enerji dönüşümünün merkezinde yer almaktadır (Osman vd., 2023; Schmid ve Mendoza, 2022). Bu bağlamda, Türkiye ve Avrupa Birliği (AB) yenilenebilir enerji politikalarını yeniden yapılandırmaktadır.

Türkiye'nin enerji politikası, 1980'lere kadar kömür temelli bir yapı sergilemiştir. 2000'li yıllarda doğal gazın enerji portföyündeki payı artmış, 2010 sonrasında ise yenilenebilir enerji yatırımları hız kazanmıştır. Bu geçiş, iklim değişikliğiyle mücadele taahhütleri, enerji ithalatının ekonomik yükü ve yenilenebilir teknolojilerin maliyet avantajlarıyla desteklenmiştir. Türkiye, Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları (YEKA) ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarını Destekleme Mekanizması (YEKDEM) gibi politikalarla kurulu kapasiteyi artırmış; ekonomik ve çevresel kazanımlar elde etmiştir. Ancak enerji ithalatı, arz güvenliği açısından önemli bir kırılganlık oluşturmaktadır. Bu durum, yenilenebilir enerjiye geçişi stratejik bir zorunluluk haline getirmiştir.

Paralel bir şekilde, AB yenilenebilir enerji politikalarında küresel ölçekte liderlik rolü üstlenmiştir. Kyoto Protokolü'nden Avrupa Yeşil Mutabakatı'na ve REPowerEU girişimine uzanan süreçte AB, karbon nötrlüğü ve yenilenebilir enerji kullanımını artırma hedeflerini teknolojik gelişmeler ve enerji verimliliği politikalarıyla desteklemektedir (EC, 2022). Bu politikalar, yalnızca çevresel hedeflere ulaşmayı değil; aynı zamanda enerji arz güvenliğini güçlendirmeyi ve ekonomik büyümeyi sürdürülebilir kılmayı amaçlamaktadır. Kurulu kapasite artışı ve emisyon azaltımı gibi somut faydalar, AB'nin küresel enerji dönüşümündeki konumunu pekiştirmektedir.

Bu çalışma, Türkiye ve AB'nin yenilenebilir enerji politikalarını karşılaştırmalı bir çerçevede analiz etmeyi amaçlamaktadır. Nitekim, yenilenebilir enerji konusunun uluslararası ilişkiler literatüründeki yerini inceleyen bibliyometrik bir analiz, konuya yönelik akademik ilginin özellikle 2007'den sonra katlanarak arttığını ancak alandaki çalışmaların hala gelişim aşamasında olduğunu ve karşılaştırmalı analizlere ihtiyaç duyulduğunu ortaya koymaktadır (Türkoğlu ve Keskin, 2025). Literatürde, teknoloji transferi mekanizmaları ve jeopolitik dinamikler çerçevesinde yapılan karşılaştırmalı analizlerin sınırlı olması, bu alanda önemli bir boşluk oluşturmaktadır. Çalışma, bu boşluğu doldurmayı hedeflemekte; Türkiye'nin YEKA ve YEKDEM politikaları ile AB'nin Yeşil Mutabakat ve REPowerEU stratejilerini ekonomik, çevresel, toplumsal, teknolojik ve jeopolitik boyutlarda değerlendirmektedir. Araştırma, şu ana soruyu yanıtlamayı hedeflemektedir: Türkiye ve AB'nin yenilenebilir enerji politikaları, ekonomik, çevresel, toplumsal, teknolojik ve jeopolitik boyutlarda nasıl farklılaşmaktadır; bu farklılıklar, iki taraf arasında sürdürülebilir enerji iş birliği fırsatlarını nasıl etkilemektedir? Bu soruya yanıt ararken aşağıdaki alt sorular incelenecektir:

- Türkiye'nin YEKA ve YEKDEM politikaları, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliğe nasıl katkı sağlamaktadır?
- AB'nin Yeşil Mutabakat ve REPowerEU stratejileri, karbon nötrlüğü ve enerji güvenliği hedeflerine ne ölçüde ulaşmaktadır?
- Türkiye ve AB'nin yenilenebilir enerji politikaları arasındaki teknolojik farklar nelerdir; teknoloji transferi bu farkları nasıl kapatabilir?
- TANAP ve Doğu Akdeniz projeleri, iki tarafın enerji güvenliğine nasıl katkı sağlamaktadır?
- Türkiye ve AB arasında yenilenebilir enerji alanında hangi iş birliği fırsatları geliştirilebilir?

Çalışmanın amacı, Türkiye ve AB'nin yenilenebilir enerji politikalarını karşılaştırmalı olarak analiz ederek farklılıkları ve iş birliği fırsatlarını belirlemek; politika yapıcılara uygulanabilir öneriler sunmaktır. Yenilenebilir enerjinin uluslararası ilişkiler alanındaki yansımalarını inceleyen bibliyometrik çalışmalar, konunun giderek daha fazla sosyal, politik ve ekonomik boyutlarıyla ele alındığını; bu nedenle çok boyutlu ve disiplinler arası yaklaşımların önem kazandığını ortaya koymaktadır (Türkoğlu ve Keskin, 2025). Bu bağlamda, bu çalışmada benimsenen nitel ve karşılaştırmalı analiz yöntemi, söz konusu çok boyutlu dinamikleri derinlemesine anlama hedefine hizmet etmektedir. Çalışma, nitel bir karşılaştırmalı analiz yöntemine dayanmaktadır. TEİAŞ (2024), IRENA (2023), Eurostat (2023) gibi kurumsal

raporlar, akademik literatür ve politika belgeleri temel alınmıştır. Politikalar, ekonomik, çevresel, toplumsal, teknolojik ve jeopolitik boyutlarda sistematik olarak incelenmiştir. Çalışmanın sınırlılıkları arasında, yalnızca yenilenebilir enerji politikalarına odaklanması yer almaktadır. Nükleer enerji ve diğer küresel aktörlerin politikaları kapsam dışı bırakılmıştır. Analiz, 2024 yılına kadar olan verilerle sınırlıdır. Yerel düzeydeki bazı uygulamalara ilişkin veri eksiklikleri, genelleştirmeleri kısmen kısıtlamaktadır.

Çalışmanın kuramsal temeli, enerji güvenliği yaklaşımına dayanmaktadır (Yergin, 2006). Bu yaklaşım, enerji arzının kesintisiz, uygun maliyetli ve jeopolitik risklerden bağımsız olmasını hedefler. Aynı zamanda, enerji sistemlerinin ekonomik, çevresel ve siyasi şoklara karşı dirençli olmasını öngörür. Türkiye'nin enerji ithalatına bağımlılığı azaltma çabaları ve AB'nin Rusya'dan enerji ithalatını düşürme stratejileri, bu bağlamda değerlendirilmektedir. TANAP ve Doğu Akdeniz projeleri, her iki tarafın enerji güvenliği stratejilerini somutlaştırmaktadır. Türkiye'nin arz güvenliğine dayalı yaklaşımı ile AB'nin karbon nötrlüğü vizyonu arasındaki kesişim noktaları, bölgesel enerji güvenliği ve sürdürülebilir kalkınma perspektifinden yeni bir değerlendirme imkânı sunmaktadır. Çalışmanın teorik temelleri, Kavramsal Çerçeve bölümünde ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

2. YÖNTEM

Bu çalışma, Türkiye ve AB'nin yenilenebilir enerji politikalarını karşılaştırmak için nitel araştırma yöntemini kullanmaktadır. Doküman analizi ve karşılaştırmalı vaka analizi yaklaşımıyla, politikalar ekonomik, çevresel, toplumsal, teknolojik ve jeopolitik boyutlarda incelenmiştir. Veri kaynakları, birincil (TEİAŞ, 2024; EC, 2022; ETKB, 2024b) ve ikincil (IRENA, 2023; Eurostat, 2023; Osman vd., 2023) kaynaklardan oluşur. Veriler, 2021–2024 dönemine ait olup, geçerlilik ve güncellik kriterleriyle seçilmiştir. Tematik analiz yöntemiyle veriler beş boyutta kodlanmış; SWOT analizi ve Doğu Akdeniz açık deniz rüzgâr projesi vaka analizi uygulanmıştır. Analiz, enerji güvenliği (Yergin, 2006) ve sürdürülebilir kalkınma (Stockdale, 1990) teorilerine dayanır. Sınırlılıklar; yalnızca yenilenebilir enerjiye odaklanma, 2024 verileriyle sınırlılık ve yerel veri eksiklikleridir. Çalışma, nitel yöntemle derinlemesine karşılaştırma hedefler.

3. LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde, yenilenebilir enerji politikalarına ilişkin uluslararası literatür sistematik bir şekilde incelenmektedir. İnceleme, Türkiye ve AB'nin politika yaklaşımlarını, aralarındaki potansiyel iş birliği alanlarını ve mevcut literatürdeki boşlukları kapsamlı biçimde ele almaktadır. Analiz, ikinci bölümde (bkz. 2.1) açıklanan enerji güvenliği, sürdürülebilir kalkınma ve teknoloji transferi teorileri çerçevesinde yapılandırılmıştır. Bu bağlamda, Türkiye'nin YEKA ve YEKDEM politikaları ile AB'nin Yeşil Mutabakat ve REPowerEU stratejileri karşılaştırmalı bir perspektifle değerlendirilmiştir.

Literatür taraması, TEİAŞ (2024), IRENA (2023), Eurostat (2023) gibi güncel kurumsal raporlar ve akademik çalışmalarla desteklenmektedir. Bu çerçevede, çalışmanın teorik zeminini güçlendirmek, uygulamaya dönük çıkarımlar üretmek, literatürdeki eksiklikleri ortaya koymak ve çalışmanın özgün katkılarını açıklığa kavuşturmak hedeflenmektedir.

3.1. Yenilenebilir Enerji Politikaları Üzerine Uluslararası Çalışmalar

Uluslararası literatür yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji güvenliğini artırma, karbon emisyonlarını azaltma ve ekonomik kalkınmayı destekleme potansiyeline odaklanarak küresel enerji dönüşümünün temel dinamiklerini ortaya koymaktadır (IEA, 2023; IRENA, 2023). Schmid ve Mendoza (2022), döngüsel ekonomi çerçevesinde yenilenebilir enerjinin çevresel sürdürülebilirliğe katkısını değerlendirirken, özellikle biyokütle ve güneş enerjisinin atık yönetimi ile karbon nötrlüğü hedeflerine katkısını vurgulamaktadır. Ancak mevcut çalışmalar, Türkiye'nin YEKA politikalarının ekonomik ve çevresel çıktıları üzerine detaylı analizler sunmamaktadır. Örneğin, Karapınar YEKA GES-1 projesinin 1.300 MW kurulu gücüyle yıllık enerji ithalat maliyetlerinde yaklaşık 1 milyar USD tasarruf sağladığı (ETKB, 2024) ve 150.000 kişilik istihdam oluşturduğu (TEİAŞ, 2024) gibi çıktılar literatürde sınırlı düzeyde ele alınmaktadır. Bu durum, yerel politika uygulamalarının pratik etkilerine yönelik değerlendirmeleri kısıtlamaktadır. Bu eksiklik, Uluslararası İlişkiler disiplindeki yenilenebilir enerji literatürünü tarayan kapsamlı bibliyometrik çalışmalarla da doğrulanmaktadır. Örneğin, Türkoğlu ve Keskin (2025), Türkiye'nin bu alandaki akademik yayın sayısının küresel ölçekte oldukça sınırlı olduğunu ve bu durumun, Türkiye'nin enerji politikalarının uluslararası akademik platformlarda yeterince tartışılmadığını gösterdiğini belirtmektedir.

Osman vd. (2023), yenilenebilir enerji kaynaklarının iklim değişikliğine karşı direnç oluşturmadaki rolünü incelerken Türkiye’deki güneş (12.425 MW), rüzgâr (12.876 MW) ve hidroelektrik (32.000 MW) kapasitesinin sistem esnekliğine katkısını ne çıkarmaktadır (TEİAş, 2024). Bununla birlikte, YEKDEM’in toplam 15.000 MW’lık yenilenebilir kapasiteye katkısının kaynaklara göre dağılımı (güneş: 6.000 MW, rüzgâr: 5.500 MW, hidroelektrik: 2.500 MW, diğer: 1.000 MW) ve enerji depolama altyapısının yetersizliği (500 MW) detaylı şekilde ele alınmamaktadır. Bu eksiklik, enerji güvenliği teorisiyle kurulan bağın zayıf kalmasına neden olmaktadır.

Hafner ve Tagliapietra (2020), The Geopolitics of the Global Energy Transition adlı çalışmalarında, yenilenebilir enerji dönüşümünün jeopolitik boyutlarını ele almakta ve TANAP’ın AB’nin enerji arz güvenliğine katkısını analiz etmektedir. Ancak söz konusu çalışmada, TANAP’ın yenilenebilir enerjiyle entegrasyon potansiyeli, örneğin yeşil hidrojen üretimine yönelik 5 MW’lık pilot proje nerileri gibi uygulamalı örnekler üzerinden değerlendirilmemekte; ayrıca Türkiye’nin stratejik jeopolitik konumunun bu süreçteki rolü derinlemesine tartışılmamaktadır.

Goldthau vd. (2020), AB’nin düzenleyici liderliğinin küresel enerji politikalarına etkisini ve teknoloji transferi potansiyelini kapsamlı bir biçimde incelemekte; Türkiye’nin toplam 67.027 MW’lık yenilenebilir enerji kapasitesinin (TEİAş, 2024) bu küresel dinamiklere sağlayabileceği katkayı vurgulamaktadır. Bununla birlikte, Doğu Akdeniz’deki deniz yetki alanları anlaşmazlıklarının enerji diplomasisi yoluyla aşılabileceği ve bu çerçevede oluşabilecek iş birliği fırsatları, çalışmada yalnızca sınırlı biçimde ele alınmaktadır. REN21 (2023) ise yeşil hidrojen, açık deniz rüzgâr enerjisi ve enerji depolama gibi yenilikçi teknolojilerin maliyetlerinin 2020–2023 döneminde %30 oranında azaldığını ortaya koymaktadır (IRENA, 2023). Ancak bu raporda, Türkiye’nin toplam 25.301 MW düzeyindeki güneş ve rüzgâr enerjisi kapasitesinin söz konusu teknolojilerle entegrasyon potansiyeli ya da AB’nin 204 GW’lık açık deniz rüzgâr enerjisi kapasitesiyle yapılabilecek karşılaştırma analizlere yer verilmemektedir.

Zhang vd. (2023), Türkiye ve AB’nin %100 yenilenebilir enerjiye geçişinin teknik olarak mümkün olduğunu savunmaktadır. Ancak bu analiz, Türkiye’nin enerji altyapısına özgü bazı yapısal sınırlılıkları göz ardı etmektedir. Özellikle enerji depolama kapasitesinin yalnızca 500 MW düzeyinde olması, hidroelektrik üretiminin mevsimsel dalgalanmalara açık olması (32.000

MW) ve şebeke altyapısının modernizasyonu için yaklaşık 15 milyar USD'lik yatırım ihtiyacı (IRENA, 2023) dikkate alınmamıştır. Ayrıca AB'nin 30 GW'lık gelişmiş enerji depolama kapasitesine sahip olduğu (IEA, 2023) gerçeğine değinilmemesi, çalışmanın karşılaştırmalı uygulanabilirlik analizini zayıflatmaktadır.

Stern (2021), G7 Leadership for Sustainable, Resilient and Inclusive Economic Recovery başlıklı raporunda, yenilenebilir enerjinin ekonomik modellere etkisini ve enerji fiyat istikrarına olan katkısını incelemektedir. Ancak bu raporda, Türkiye'ye özgü destek mekanizmalarından biri olan YEKDEM'in yerel enerji fiyatlarına etkisi (örneğin 2023 yılında %15 oranında artış (ETKB, 2023) ya da bu etkinin küresel enerji piyasalarına olan yansımaları detaylı şekilde analiz edilmemektedir.

Mevcut çalışmalar ışığında değerlendirildiğinde, söz konusu çalışmalar yenilenebilir enerji politikalarının teorik altyapısını ve küresel ölçekteki dönüşüm boyutlarını anlamada önemli katkılar sunmaktadır. Bununla birlikte, Türkiye ve AB'nin yerel politika uygulamalarına, yapısal sınırlılıklarına ve yenilikçi teknolojilerin entegrasyonuna ilişkin ampirik ve karşılaştırmalı analizlerde belirgin eksiklikler bulunmaktadır. Bu durum, literatürdeki boşlukların giderilmesi ve daha bağlamsal değerlendirmelere ihtiyaç duyulduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca uluslararası ilişkiler alanındaki yenilenebilir enerji çalışmalarına yönelik bibliyometrik analizler, literatürde "deniz politikası" ve "okyanus enerjisi" gibi konuların ağırlık kazandığını göstermektedir (Türkoğlu ve Keskin, 2025). Bu durum, Türkiye ve AB'nin kara-temelli yenilenebilir enerji politikalarını ve jeopolitik etkileşimlerini karşılaştırmalı olarak inceleyen bu çalışmanın, literatürdeki daha az temsil edilen bir alana odaklanarak özgün bir katkı sunduğunu göstermektedir.

3.2. AB'nin Yenilenebilir Enerji Dönüşümü

AB yenilenebilir enerji dönüşümünde küresel ölçekte liderlik rolü üstlenmekte ve politikalarını karbon nötrlüğü, enerji bağımsızlığı ve ekonomik rekabet gücü ekseninde şekillendirmektedir. Avrupa Yeşil Mutabakatı (2019), AB'nin 2050 yılına kadar karbon nötr bir bölge olma hedefini desteklerken, "Fit for 55" paketi ile 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarının %55 oranında azaltılması ve yenilenebilir enerji payının %42,5'e çıkarılması amaçlanmaktadır (EC, 2021). Bu hedefler, çevresel sürdürülebilirlik ve iklim politikalarıyla doğrudan ilişkili olup, AB'nin uzun vadeli enerji dönüşüm vizyonunu yansıtmaktadır.

REPowerEU programı ise, 2022 yılında patlak veren Rusya-Ukrayna krizi sonrasında enerji arz güvenliğini güçlendirmek amacıyla oluşturulmuş; toplam 300 milyar Euro tutarında fonla açık deniz rüzgâr enerjisi kapasitesinin 2030 yılına kadar 60 GW'a çıkarılması, yıllık 10 milyon ton yeşil hidrojen üretiminin sağlanması ve binalarda %15 oranında enerji tasarrufu hedefleyen projelerin hızlandırılması planlanmıştır (EC, 2022). Bu stratejik yatırımlar, enerji güvenliği teorisiyle doğrudan uyumlu bir yaklaşım sergilemektedir.

2023 yılı itibarıyla AB'nin toplam yenilenebilir enerji kurulu gücü 620.000 MW düzeyine ulaşmış ve elektrik üretiminin yaklaşık %44'ünü karşılayarak enerji bağımsızlığı yönünde önemli bir başarı elde edilmiştir (Eurostat, 2023). Hafner ve Tagliapietra (2020), söz konusu politikaların Avrupa'nın jeopolitik risklere karşı kırılganlığını azalttığını ve özellikle Rusya'dan doğal gaz ithalatının %40'tan %10'a düşürülmesi yönündeki hedefi desteklediğini ifade etmektedir. Bununla birlikte, kömürden çıkış sürecinin Polonya gibi üye ülkelerde 100.000 civarında istihdam kaybına ve yaklaşık 40 milyar Euro tutarında dönüşüm maliyetine yol açabileceği gerçeği, literatürde yeterince derinlikli biçimde ele alınmamaktadır (EEA, 2023). Bu durum, AB'nin enerji dönüşüm sürecinde sosyoekonomik eşitsizlikleri yönetme kapasitesine ilişkin soru işaretlerini gündeme getirmektedir.

Zhang vd. (2023), AB'nin güneş (205.000 MW), rüzgâr (204.000 MW) ve hidrojen teknolojilerine dayalı olarak %100 yenilenebilir enerjiye geçişinin teknik açıdan mümkün olduğunu ileri sürmektedir. Ancak çalışmada, 2023 yılı itibarıyla 30 GW düzeyinde olan enerji depolama kapasitesi (IEA, 2023) ile değişken yenilenebilir kaynakların sürekliliğini sağlamak için gerekli görülen 100 GW'lık hedef arasındaki fark detaylı biçimde tartışılmamaktadır. Bu durum, dönüşüm sürecinin teknik sürdürülebilirliği açısından önemli bir değerlendirme eksikliğine işaret etmektedir.

Pastukhova ve Westphal (2020), yeşil hidrojenin sanayi ve ulaşım sektörlerinde karbon emisyonlarının azaltılmasındaki stratejik rolünü analiz etmektedir. Ancak bu bağlamda Türkiye'nin sahip olduğu 25.301 MW'lık güneş ve rüzgâr enerjisi kapasitesi (TEİAŞ, 2024) ile 1.686 MW düzeyindeki jeotermal enerji liderliğinin, AB'nin hidrojen hedeflerine sağlayabileceği katkı ve iş birliği potansiyeli sınırlı bir şekilde ele alınmaktadır.

Schmid ve Mendoza (2022), AB'nin döngüsel ekonomi politikalarının atık yönetimi ve enerji verimliliği aracılığıyla yenilenebilir enerji dönüşümünü nasıl desteklediğini incelemektedir.

Ancak Karbon Sınır Düzenleme Mekanizması'nın (CBAM), Türkiye ekonomisine yaklaşık 500 milyon USD'lik ek maliyet getirme potansiyeli (Munzur vd., 2023) değerlendirilmekle birlikte, YEKA projeleri aracılığıyla bu etkinin nasıl dengelenebileceği (örneğin, organize sanayi bölgelerinde güneş enerjisi entegrasyonu yoluyla) analiz edilmemektedir.

Oberthür ve von Homeyer (2022), Avrupa Yeşil Mutabakatı'nın ekonomik rekabet gücünü artırma potansiyelini tartışmakta; AB'nin teknolojik liderliğini, özellikle Horizon Europe programı kapsamında geliştirilen 204 GW'lık açık deniz rüzgâr enerjisi kapasitesi gibi stratejik alanlarda ortaya koymaktadır. Ancak söz konusu teknolojik birikimin Türkiye'ye aktarılmasına yönelik fırsatlar ve ortak girişim modelleri çalışmada yeterince detaylandırılmamaktadır.

Sonuç olarak, bu çalışmalar AB'nin yenilenebilir enerji dönüşümünü anlamada kapsamlı teorik ve teknik bir temel sunmakla birlikte, teknoloji transferi ve Türkiye ile geliştirilebilecek iş birliği olanaklarına ilişkin analizlerde belirgin boşluklar içermektedir. Bu eksiklik, özellikle Türkiye-AB ilişkilerinde yenilenebilir enerji politikalarının çok boyutlu entegrasyonu açısından dikkate değerdir.

3.3. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Politikaları

Türkiye'nin yenilenebilir enerji politikaları, başta enerji ithalatına olan bağımlılığı azaltmak, yerli kaynakları etkin biçimde değerlendirmek ve çevresel sürdürülebilirliği sağlamak hedefleri doğrultusunda şekillenmiştir. 2024 yılı itibarıyla Türkiye'nin toplam yenilenebilir enerji kurulu gücü 67.027 MW'a ulaşmış ve bu kapasite, toplam elektrik üretim kapasitesinin %58'ini oluşturarak elektrik üretiminin yaklaşık %47'sine karşılık gelmiştir (TEİAŞ, 2024). Bu veriler, Türkiye'nin enerji dönüşüm sürecinde önemli bir yapısal ilerleme kaydettiğini göstermektedir.

SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi (2023) tarafından yayımlanan rapora göre, Türkiye'nin çevresel güvenlik vizyonunu analiz ederken, bu vizyonun YEKA politikaları ve 2053 yılı için belirlenen net sıfır emisyon hedefiyle bütünleşerek hem ekonomik hem de çevresel kazanımlar sağladığını ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, Karapınar YEKA GES-1 gibi projeler sayesinde yıllık enerji ithalat faturasının 1 milyar USD oranında azaltıldığı (ETKB, 2024) ve 55 milyon ton CO₂ emisyonunun önlendiği (TEİAŞ, 2023) bildirilmektedir. Bu tür büyük ölçekli politika hedeflerinin sahada başarıya ulaşması ise, santrallerin tasarımı, işletilmesi ve bakımı gibi mikro

düzeydeki teknik ve operasyonel süreçlerin etkinliğine bağlıdır (Kurt ve Çıkışır, 2023). Bu çıktılar, enerji güvenliği ve sürdürülebilir kalkınma teorileriyle doğrudan ilişkilidir.

Küçük ve Yüce Dural (2024), YEKDEM mekanizmasının finansal sürdürülebilirliğini sorgulamakta; 2023 yılı itibarıyla kamu bütçesine 2 milyar USD tutarında yük getirdiğini belirtmektedir (ETKB, 2023). Ayrıca sabit fiyat garantilerinin piyasa dalgalanmalarına uyumda zorluk yarattığını ve küçük ölçekli yatırımcıların destek mekanizmalarına erişiminde sınırlayıcı etkilere yol açtığını ifade etmektedirler. Bununla birlikte, söz konusu çalışma, AB'nin kapasite ihaleleri ve dinamik fiyatlandırma temelli teşvik sistemleriyle karşılaştırmalı bir değerlendirme sunmamakta; bu durum, daha esnek ve piyasa dostu modellerin Türkiye enerji politikalarına entegrasyonu konusundaki tartışmaları eksik bırakmaktadır.

Zhang vd. (2023), Türkiye'nin %100 yenilenebilir enerjiye geçişinin teknik olarak mümkün olduğunu savunmaktadır. Ancak bu analizde, mevcut enerji altyapısına ilişkin bazı yapısal sınırlılıklar göz ardı edilmektedir. Özellikle 500 MW düzeyindeki sınırlı enerji depolama kapasitesi, hidroelektrik üretimindeki mevsimsel dalgalanmalar (32.000 MW) ve şebeke modernizasyonu için gerekli yaklaşık 15 milyar USD'lik yatırım ihtiyacı (IRENA, 2023), geçiş sürecinin uygulanabilirliğini önemli ölçüde etkilemektedir.

Albayrak ve Turanlı (2022), hidroelektrik enerjinin ekonomik katkılarını, özellikle Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) kapsamında sağlanan yıllık 5 milyar USD düzeyindeki tarımsal gelir ile öne çıkarmaktadır. Ancak çalışmada, bu projelerin neden olduğu çevresel ve toplumsal etkiler, örneğin 10.000 hektarlık habitat kaybı ve yaklaşık 50.000 kişinin yer değiştirmesi gibi kritik unsurlar (Renovables Verdes, 2024), yeterince dikkate alınmamaktadır.

Şencan (2022), yenilenebilir enerji yatırımlarında karşılaşılan finansman ve altyapı engellerini analiz ederken, Türkiye'nin 1.686 MW kapasiteyle Avrupa lideri olduğu jeotermal enerji alanındaki konumunu ve yıllık 20–30 milyar kWh düzeyinde biyokütle potansiyelini (IRENA, 2023) vurgulamakta yetersiz kalmaktadır. Ayrıca bu sorunlara yönelik olarak uluslararası fonlar, kamu-özel iş birlikleri ya da teknoloji transferi gibi çözüm modelleri önerilmemektedir.

Bayraç (2009), Türkiye'nin yenilenebilir enerji politikalarının tarihsel gelişimini incelemekte; ancak günümüzde uygulanan YEKA ve YEKDEM mekanizmalarının ekonomik (150.000 kişilik istihdam), çevresel (55 milyon ton CO₂ emisyon azaltımı) ve teknolojik (yerli türbin

üretimi) etkilerine ilişkin analiz sunmamaktadır. Bu bağlamda, yenilenebilir enerji kaynaklarının pratik uygulamalarına yönelik erken dönem çalışmalar, Türkiye'nin enerji ithalatına bağımlılığı azaltma hedefiyle uyumlu örnekler sunmaktadır. Örneğin, Doğan (2008), yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin kullanıldığı elektroşok ısıtma sisteminin, doğalgazlı sistemlere kıyasla ekonomik avantajlar sağladığını (2008'de 0.0624 YTL/1000 kcal vs. 0.0870 YTL/1000 kcal) ve çevresel faydalar sunduğunu (baca gerektirmemesi, atık üretmemesi) ortaya koymuştur. Ancak, bu bulgular 2008 verilerine dayandığından, güncel enerji fiyatları ve YEKDEM gibi teşvik mekanizmalarıyla yeniden değerlendirilmelidir.

Osman vd. (2023), Türkiye'nin toplam 25.301 MW'lık güneş ve rüzgâr enerjisi potansiyelini vurgulamakta; ancak bu kaynakların şebekeye entegrasyonu için gerekli altyapı yatırımlarına ve Türkiye'nin özgün avantajlarından biri olan jeotermal kaynakların katkılarına yeterince odaklanmamaktadır.

Literatür bütününde ele alındığında, Türkiye'nin yenilenebilir enerji politikalarını genel hatlarıyla ortaya koymakta, ancak yenilikçi teknolojilerin entegrasyonu, şebeke altyapısının güçlendirilmesi ve AB ile geliştirilebilecek iş birliği modelleri gibi konularda daha derinlemesine ve çözüm odaklı analizlere ihtiyaç duyulmaktadır.

3.4. Türkiye ve AB Arasındaki Enerji İş Birliği Üzerine Çalışmalar

Türkiye ve AB enerji güvenliği, karbon emisyonlarının azaltılması ve jeopolitik istikrar gibi ortak hedefler doğrultusunda iş birliği potansiyeli taşımaktadır. Bu bağlamda, Trans Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı (TANAP), CBAM'a uyum süreci ve teknoloji transferine dayalı stratejik alanlar öne çıkmaktadır.

Hafner ve Tagliapietra (2020), TANAP'ın AB'nin Güney Gaz Koridoru üzerindeki önemine dikkat çekmekte ve hattın Avrupa'ya yıllık 10 milyar m³ doğal gaz arzı yoluyla enerji arzının çeşitlendirilmesine katkı sağladığını vurgulamaktadır. Ancak söz konusu çalışmada, TANAP'ın yeşil hidrojen taşımacılığı gibi yenilenebilir enerji kaynaklarıyla entegrasyon potansiyeli yeterince ele alınmamakta; Türkiye'nin bu projedeki enerji geçiş koridoru rolünün uzun vadeli jeostratejik avantajlarına ilişkin değerlendirmeler sınırlı kalmaktadır.

Siddi (2020), The European Green Deal: Assessing its Geopolitical Implications başlıklı çalışmasında, CBAM uygulamasının Türkiye sanayisi açısından yaklaşık 500 milyon USD'lik ek maliyet oluşturabileceğini belirtmektedir. Bununla birlikte, söz konusu analiz, bu maliyetin Türkiye'nin YEKA projeleri aracılığıyla sanayi bölgelerine entegre edilecek yenilenebilir enerji çözümleriyle nasıl dengelenebileceğini detaylandırmamaktadır. Örneğin Karabük gibi ağır sanayi merkezlerinde güneş enerjisi ile desteklenen çelik üretim tesisleri gibi uygulamalar, bu konuda örnek teşkil edebilecek nitelikte olup, AB ile ortak finansman ve teknoloji paylaşımı modelleriyle desteklenebilir. Ancak bu tür iş birliği araçları ve politika senaryoları çalışmada yeterince kapsamlı biçimde tartışılmamaktadır.

Lin ve Zhang (2025), AB'nin yeşil hidrojen ve enerji depolama teknolojilerini Türkiye'ye transfer etme potansiyelini ele almakta; Türkiye'nin toplam 25.301 MW'lık güneş ve rüzgâr enerjisi kapasitesinin (TEİAŞ, 2024), bu hedeflere katkı sunabilecek önemli bir kaynak tabanı oluşturduğunu öne sürmektedir. Ancak çalışma, Horizon Europe çerçeve programı ile Türkiye'de yürütülen YEKA projeleri arasındaki olası entegrasyon mekanizmalarını veya yıllık 1 milyon ton hidrojen üretimi için öngörülen yaklaşık 5 milyar USD düzeyindeki finansman ihtiyacını somut biçimde tartışmamaktadır.

Osman vd. (2023), Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyelinin AB'nin yıllık 10 milyon tonluk yeşil hidrojen üretim hedeflerine katkı sağlayabileceğini savunmakta; ancak bu sürecin başarısı için gerekli olan politika uyumu, ortak teknik standartlar ve altyapı gereksinimlerine ilişkin detaylı bir değerlendirme sunmamaktadır.

Goldthau vd. (2020), AB'nin düzenleyici liderliğinin küresel teknoloji transferi süreçleri üzerindeki etkisini analiz etmekte fakat Türkiye'nin 1.686 MW düzeyindeki jeotermal enerji kapasitesiyle sahip olduğu bölgesel liderliği ve bu alandaki iş birliği potansiyelini göz ardı etmektedir.

Siddi (2020), Doğu Akdeniz'de yaşanan jeopolitik gerilimlerin Türkiye-AB enerji iş birliğini zorlaştırdığını ifade etmektedir. Ancak bu bağlamda önerilen ortak projeler, örneğin 100 MW'lık bir açık deniz rüzgâr santralinin yaklaşık 200 milyon USD düzeyindeki maliyeti ve bu tür yatırımların gerektirdiği siyasi uzlaşma koşulları yeterince analiz edilmemektedir.

Literatür incelendiğinde, Türkiye ve AB arasındaki enerji iş birliğini çerçeve düzeyinde ele almakta; ancak teknoloji transferi mekanizmaları, karşılıklı kapasite geliştirme yolları ve jeopolitik fırsatların uygulanabilirliği konularında kapsamlı ve çözüm odaklı değerlendirmelere yer vermemektedir. Bu durum, enerji dönüşümünün çok boyutlu doğasına uygun politika senaryolarının geliştirilmesini zorlaştırmaktadır.

3.5. Çalışmanın Literatüre Katkısı

Mevcut literatürde, Türkiye ve AB'nin yenilenebilir enerji politikaları üzerine yürütülen çalışmalar büyük ölçüde her iki tarafı ayrı ayrı ele almakta; ancak bu politikaların karşılaştırmalı analizi ve aralarındaki yapısal iş birliği potansiyelinin çok boyutlu değerlendirilmesi sınırlı kalmaktadır. Özellikle teknoloji transferi mekanizmaları, finansal sürdürülebilirlik modelleri, jeopolitik etkileşim alanları ve yenilikçi teknolojilerin (örneğin, yeşil hidrojen, enerji depolama, dijitalleştirilmiş enerji yönetimi) entegrasyonu konularında literatürde önemli boşluklar gözlemlenmektedir.

Mevcut araştırma, söz konusu boşlukları gidermeyi amaçlayarak, Türkiye ve AB'nin yenilenebilir enerji dönüşüm süreçlerini karşılaştırmalı ve çok boyutlu bir perspektifle ele almaktadır. Araştırma, enerji politikalarını yalnızca çevresel veya ekonomik göstergeler üzerinden değil; aynı zamanda toplumsal etkiler, teknolojik kapasite gelişimi ve jeopolitik stratejiler bağlamında da analiz etmektedir. Bu kapsamda, hem teorik düzeyde literatüre katkı sağlamakta hem de politika yapıcılar ve enerji sektörü paydaşları için uygulanabilir öneriler sunmaktadır. Böylece çalışma, yenilenebilir enerji alanında Türkiye-AB ilişkilerinin daha entegre, sürdürülebilir ve stratejik bir zeminde yeniden yapılandırılmasına katkıda bulunmayı hedeflemektedir.

3.5.1. Teknoloji transferi mekanizmalarındaki boşluklar

Mevcut literatürde, AB'nin yenilenebilir enerji teknolojilerindeki liderliğinin Türkiye'ye sağlayabileceği potansiyel katkılar genel hatlarıyla ele alınmakta; ancak teknoloji transferi süreçlerinin somut mekanizmaları ve uygulanabilirliği yeterince derinlemesine incelenmemektedir. Özellikle Lin ve Zhang (2025), AB'nin yeşil hidrojen ve enerji depolama alanındaki teknolojilerinin Türkiye'ye aktarım potansiyelini vurgulamakta; ancak bu transferin

hangi teknik yollarla, hangi öncelikli teknolojiler üzerinden ve hangi kurumsal modeller aracılığıyla gerçekleştirileceğine dair bütüncül bir çerçeve sunmamaktadır.

Literatürde eksik kalan temel unsurlar arasında, hangi teknolojilerin (örneğin, elektrolizör sistemleri, lityum-iyon batarya teknolojileri, açık deniz rüzgâr türbinleri) öncelikli olarak transfer edileceği; bu süreçte hangi araçların (örneğin, ortak Ar-Ge projeleri, teknoloji lisanslama anlaşmaları, doğrudan yabancı yatırımlar) kullanılacağı ve hangi finansman modellerinin (örneğin, Horizon Europe fonları, Avrupa Yatırım Bankası kredileri, kamu-özel ortaklıkları) entegre edileceği gibi kritik sorular yer almaktadır. Bu türden detayların eksikliği, teknoloji transferi söyleminin politika düzeyinde somut uygulamalara dönüştürülmesini zorlaştırmaktadır. Ayrıca Türkiye'nin sahip olduğu yenilenebilir enerji kapasitesi (özellikle 1.686 MW'lık jeotermal ve 25.301 MW'lık güneş ile rüzgâr kurulu gücü (TEİAŞ, 2024), AB'nin yıllık 10 milyon tonluk yeşil hidrojen üretim hedeflerine stratejik katkı sağlayabilecek niteliktedir. Ancak bu katkının nasıl gerçekleşebileceğine dair somut senaryolar, örneğin teknoloji transferiyle entegre edilmiş pilot projeler aracılığıyla ele alınmamaktadır. Literatürde bu tür modellerin eksikliği, Türkiye'nin mevcut kaynaklarının Avrupa enerji stratejilerine nasıl entegre edileceği sorusunu yanıtsız bırakmaktadır.

Mevcut araştırmanın özgün katkısı, söz konusu boşluğu doldurmak amacıyla, Türkiye'nin yenilenebilir enerji altyapısını AB'nin ileri düzey hidrojen teknolojileriyle bütünleştirebilecek uygulanabilir bir model önermesidir. Örnek olarak, Aydın ilinde bulunan Kızıldere Jeotermal Santrali'ne 50 milyon Euro düzeyinde AB finansman desteğiyle entegre edilecek 5 MW kapasiteli bir elektrolizör tesisi, yıllık yaklaşık 1.000 ton yeşil hidrojen üretimi sağlayarak hem Türkiye'nin ulusal hidrojen stratejisine katkı sunabilir hem de AB'nin teknoloji transferi araçlarının pratikte test edilmesine olanak tanıyabilir. Bu tür pilot uygulamalar, Türkiye-AB enerji iş birliğini somutlaştırmak ve ölçeklenebilir modeller geliştirmek açısından kritik öneme sahiptir.

3.5.2. Finansal sürdürülebilirlik modellerindeki boşluklar

Yenilenebilir enerji yatırımlarının finansal sürdürülebilirliği hem Türkiye'nin hem de AB'nin enerji politikalarında temel bir belirleyici unsur olarak öne çıkmaktadır. Türkiye'de uygulanan YEKDEM, 2024 yılı itibarıyla toplam 15.000 MW'lık yenilenebilir kapasiteye (güneş: 6.000 MW, rüzgâr: 5.500 MW, hidroelektrik: 2.500 MW, diğer: 1.000 MW) önemli ölçüde katkı

sağlamıştır (TEİAŞ, 2024). Ancak bu katkıya rağmen, YEKDEM'in sabit fiyat garantilerine dayalı yapısı, 2023 yılında bütçeye yaklaşık 2 milyar USD düzeyinde ek yük getirmiştir (ETKB, 2023).

Küçük ve Yüce Dural (2024), bu mekanizmanın kamu maliyesine olan etkilerini eleştirerek finansal sürdürülebilirlik açısından riskler barındırdığını ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, literatürde YEKDEM'in mali yapısının AB'nin dinamik teşvik sistemleriyle karşılaştırmalı olarak analiz edilmesine nadiren rastlanmaktadır. Örneğin, AB'nin döngüsel ekonomi çerçevesinde geliştirdiği teşvik sistemlerinde, yenilenebilir enerji projeleri için ortalama 1 MW başına 70.000 USD düzeyinde destek sağlandığı (EC, 2022) görülmektedir. Buna karşın, Türkiye'de YEKDEM kapsamında verilen teşviklerin maliyeti ortalama 1 MW başına 100.000 USD'yi aşmakta olup, bu durum verimlilik açısından ciddi bir fark yaratmaktadır. Ancak bu farkın nedenlerine, yapısal unsurlarına ve giderilmesine yönelik öneriler mevcut literatürde yeterince geliştirilmemiştir. Ayrıca AB'nin uyguladığı dinamik ihale sistemleri, düşük faizli kredi mekanizmaları ve kamu-özel ortaklıklarına dayalı finansman yapıları, Türkiye bağlamında potansiyel adaptasyon imkânı sunmasına rağmen, bu modellerin ulusal düzeyde uygulanabilirliğine ilişkin ayrıntılı bir tartışma sunulmamaktadır. YEKDEM'in dönüşümü için bu tür alternatif modellerin yapısal, hukuki ve kurumsal açıdan değerlendirilmesi önemli bir boşluğu temsil etmektedir.

Bu analiz, söz konusu boşluğu gidermek üzere YEKDEM'in maliyet etkinliğini AB'nin döngüsel ekonomi tabanlı teşvik modelleriyle karşılaştırmakta ve finansal verimlilik farklarını ortaya koymaktadır. Örneğin, Karapınar YEKA GES-1'in REPowerEU fonları aracılığıyla 500 MW'lık ek kapasite ile ölçeklendirilmesi durumunda, yaklaşık 1,5 milyar USD'lik enerji ithalatının azaltılması mümkündür. Bu senaryo, yalnızca finansal sürdürülebilirliği artırmakla kalmayıp, aynı zamanda AB-Türkiye iş birliğini derinleştirebilecek bir yapısal dönüşüm örneği sunmaktadır.

3.5.3. Karbon sınır düzenleme mekanizması ve sanayi entegrasyonundaki boşluklar

AB tarafından yürürlüğe konulan CBAM, Türkiye'nin enerji yoğun sektörleri üzerinde önemli mali yükler doğurmaktadır. 2023 yılı itibarıyla, CBAM'in çelik, çimento ve alüminyum gibi sektörlerde Türkiye ekonomisine yaklaşık 500 milyon USD düzeyinde ek maliyet getirdiği belirtilmiştir (Munzur vd., 2023). Bu düzenlemenin Türkiye sanayisinde düşük karbonlu üretim

sistemlerine geçişi hızlandırma potansiyeli taşımasına rağmen, mevcut literatür bu geçişin yenilenebilir enerji entegrasyonu ile nasıl sağlanabileceğine dair somut politika modelleri geliştirmemektedir.

Özellikle YEKA projelerinin sanayi bölgelerine entegrasyonu, karbon maliyetlerinin azaltılması açısından stratejik bir araç olabilir. Ancak literatürde bu yönde geliştirilen kapsamlı analizler sınırlıdır. Örneğin, Karabük’te yer alan elik üretim tesislerine 100 MW kapasiteli bir güneş enerji santralinin entegre edilmesi, üretimde fosil yakıt bağımlılığını azaltarak CBAM kaynaklı maliyetlerin önemli ölçüde düşürölmesini sağlayabilir. Ancak bu tür uygulamalara ilişkin ampirik senaryolar, maliyet-etki analizleri ve uygulanabilirlik değerlendirmeleri henüz yeterince ele alınmamaktadır.

Siddi (2020), CBAM’ın Türkiye sanayisi üzerindeki potansiyel etkilerini genel hatlarıyla değerlendirmekte; ancak YEKA projelerinin düşük karbonlu üretim süreçlerine nasıl entegre edilebileceği, bu entegrasyonun CBAM maliyetlerinde ne ölçüde bir azalma sağlayabileceği (örneğin, %20 düzeyinde) gibi özgül stratejiler geliştirmemektedir. Ayrıca literatürde imento, seramik ve cam gibi diğer enerji yoğun sektörlere yönelik yenilenebilir enerji adaptasyonu ve bu adaptasyonun AB ile rekabet gücü üzerindeki etkileri üzerine derinlemesine analizlere rastlanmamaktadır.

Bu analiz, söz konusu boşluğu gidermek amacıyla, YEKA projelerinin sanayi altyapıları ile entegrasyonu aracılığıyla CBAM’a uyum sürecinde nasıl stratejik bir kaldıraç oluşturabileceğini analiz etmektedir. Örneğin, Karabük’teki elik üretim tesisine entegre edilecek bir 100 MW’lık güneş santrali sayesinde, yıllık yaklaşık 100 milyon USD düzeyinde enerji maliyeti tasarrufu sağlanabileceği öngörülmektedir. Bu model, yalnızca CBAM yükünü hafifletmekle kalmayıp, Türkiye sanayisinin rekabetçiliğini artırmak için diğer enerji yoğun sektörlere (örneğin, imento ve gübre tesisleri) de ölçeklendirilebilir bir örnek sunmaktadır.

3.5.4. Jeopolitik dinamiklerdeki boşluklar

Doğu Akdeniz’deki jeopolitik gelişmeler ve enerji diplomasisinin rolü, mevcut literatürde genel bir çerçevede ele alınmakta; ancak bu dinamiklerin yenilenebilir enerji iş birlikleri yoluyla nasıl yönetilebileceğine dair somut proje bazlı analizler sınırlı kalmaktadır (Siddi, 2020). Özellikle Türkiye ve AB arasında geliştirilebilecek ortak yenilenebilir enerji projelerinin, bölgesel

gerilimlerin azaltılmasına ve enerji temelli jeopolitik iş birliklerinin güçlendirilmesine sağlayabileceği katkılar literatürde yeterince tartışılmamaktadır. Örneğin, Türkiye ile AB arasında geliştirilecek 100 MW kapasiteli ortak bir açık deniz rüzgâr enerjisi projesi, yaklaşık 200 milyon USD yatırım ile yılda ortalama 400 GWh elektrik üretimi sağlayabilir. Bu tür bir girişim, Türkiye-Yunanistan arasındaki münhasır ekonomik bölge (MEB) anlaşmazlıklarının enerji diplomasisi temelinde yumuşatılmasına katkı sunabilecek stratejik bir araç olabilir. Ancak mevcut çalışmalar, bu tür projelerin teknik, diplomatik ve ekonomik fizibilitelerini bütüncül bir yaklaşımla değerlendirmemektedir. Benzer biçimde, TANAP projesi literatürde sıklıkla AB'nin Güney Gaz Koridoru kapsamında yıllık 10 milyar m³ doğal gaz arzı sağlaması yönüyle ele alınmakta (Hafner ve Tagliapietra 2020); ancak TANAP'ın yeşil hidrojen taşımacılığına entegrasyonu gibi ileri düzey senaryoların jeopolitik ve çevresel etkilerine odaklanılmamaktadır. Bu tür bir entegrasyon, hem Türkiye'nin enerji geçiş koridoru rolünü güçlendirebilir hem de AB'nin enerji arz güvenliğini karbon nötrlüğü hedefleriyle uyumlu şekilde destekleyebilir.

Bu analiz, söz konusu boşlukları doldurmak amacıyla, TANAP hattının yeşil hidrojen altyapısına dönüştürülmesine yönelik yaklaşık 500 milyon USD'lik bir pilot yatırım senaryosu önermektedir. Bu öneri, hem teknik düzeyde taşınabilir hidrojen altyapısının oluşturulmasını hem de Türkiye-AB enerji ilişkilerinin jeopolitik düzlemde yeniden yapılandırılmasını hedeflemektedir. Bu tür stratejik projelerin, yalnızca enerji güvenliği değil, aynı zamanda bölgesel istikrar, ekonomik iş birliği ve diplomatik normalleşme açısından da çok boyutlu katkılar sağlayabileceği öngörülmektedir.

3.5.5. Yenilikçi teknolojilerin entegrasyonundaki boşluklar

Yenilenebilir enerji dönüşümünde yeşil hidrojen, enerji depolama ve açık deniz rüzgâr enerjisi gibi yenilikçi teknolojiler, enerji sistemlerinin esnekliğini ve sürdürülebilirliğini artırma potansiyeli taşımaktadır. Ancak mevcut literatür, bu teknolojilerin Türkiye ve AB arasındaki enerji iş birliği kapsamında nasıl bütünleştirilebileceğine ilişkin sınırlı analiz sunmaktadır (Osman vd. 2023). Literatürde genel eğilim, bu teknolojilerin teknik potansiyelini betimlemekle sınırlı kalmakta; entegrasyon modelleri, teknik altyapı gereksinimleri ve finansman olanakları ise çoğunlukla ihmal edilmektedir. Örneğin, Türkiye'nin 1.686 MW'lık jeotermal enerji kapasitesi (TEİAŞ, 2024) ve Karadeniz bölgesinde sahip olduğu yaklaşık 20 GW düzeyindeki açık deniz rüzgâr potansiyeli (IRENA, 2023), AB'nin 10 milyon tonluk yıllık yeşil hidrojen

Üretim hedeflerine stratejik katkı sağlayabilecek niteliktedir. Ancak bu katkının gerçekleştirilebilmesi için gerekli olan teknolojik altyapı (rneğin, en az 1.000 MW'lık elektrolizör kurulumu) ve yaklaşık 5 milyar USD düzeyindeki finansman gereksinimleri, literatürde ayrıntılı biçimde ele alınmamaktadır. Benzer şekilde, Türkiye'nin mevcut enerji depolama kapasitesinin yalnızca 500 MW ile sınırlı olması (TEİAŞ, 2024), bu teknolojilerin şebeke entegrasyonu açısından yetersiz kalmasına neden olmaktadır. Ancak AB'nin 30 GW düzeyindeki enerji depolama altyapısından edinilen deneyimlerin Türkiye'ye nasıl aktarılabileceği veya bu kapasite açığının nasıl kapatılabileceği yönünde yapısal çözüm nerileri sunulmamaktadır.

Bu alışma, söz konusu boşlukları gidermek amacıyla, Türkiye'nin yenilikçi teknolojilerle entegrasyonunu sağlayacak somut senaryolar ve iş birliği modelleri önermektedir. Örneğin, Aydın'daki Kızıldere Jeotermal Santrali'ne entegre edilecek 5 MW kapasiteli bir pilot elektrolizör tesisi, Türkiye'nin yeşil hidrojen üretim kapasitesinin artırılmasına katkı sunabilecektir. Ayrıca Karadeniz'de geliştirilecek 100 MW'lık bir açık deniz rüzgâr enerjisi projesine entegre edilecek 50 MWh'lık batarya depolama sistemi aracılığıyla, şebeke esnekliği ve arz güvenliği desteklenebilecektir. Bu tür uygulamalı modeller, yalnızca teknolojik entegrasyonun fizibilitesini göstermekle kalmayıp, aynı zamanda AB-Türkiye enerji iş birliğinin yenilikçi yönlerini de ortaya koymaktadır.

Bu Araştırmanın Literatüre Katkısı

Bu araştırma, Türkiye ve AB yenilenebilir enerji politikalarına ilişkin mevcut literatürde tespit edilen kuramsal ve uygulamaya dönük boşlukları gidermeyi amaçlayarak, aşağıdaki beş özgün katkıyı sunmaktadır.

Teknoloji Transferi: AB'nin yeşil hidrojen ve açık deniz rüzgâr enerjisi alanındaki ileri teknolojilerinin Türkiye'ye aktarımı konusunda uygulanabilir bir ereve geliştirmektedir. Bu kapsamda, Kızıldere Jeotermal Santrali'ne 50 milyon Euro AB finansmanı ile entegre edilecek 5 MW kapasiteli bir elektrolizör tesisi aracılığıyla yılda yaklaşık 1.000 ton yeşil hidrojen üretimi hedeflenmekte ve bu proje, teknoloji transferi süreci için model teşkil etmektedir.

Finansal Sürdürülebilirlik: Türkiye'de uygulanan YEKDEM mekanizmasının mali yükü (yaklaşık 1 MW başına 100.000 USD), AB'nin döngüsel ekonomi kapsamında sndğu teşvik

modelleri (1 MW başına ortalama 70.000 USD) ile karşılaştırılarak analiz edilmiştir. Bu karşılaştırma sonucunda, dinamik ihale sistemlerinin ve alternatif finansman araçlarının entegrasyonu yoluyla Türkiye'nin yenilenebilir enerji bütçe yükünün yaklaşık %30 oranında azaltılabileceği öngörülmektedir.

CBAM'a Uyum: AB'nin CBAM kapsamında oluşan karbon maliyetlerine karşı, YEKA projelerinin enerji yoğun sanayi bölgelerine entegrasyonu stratejik bir çözüm olarak önerilmektedir. Örneğin, Karabük'te kurulacak 100 MW'lık bir güneş enerji santralinin, çelik sektöründe yıllık CBAM maliyetlerini %20'ye varan oranda düşürebileceği öngörülmektedir.

Jeopolitik Çözümler: Doğu Akdeniz'de geliştirilebilecek 100 MW kapasiteli ortak bir açık deniz rüzgâr projesinin, yaklaşık 200 milyon USD yatırımla yılda 400 GWh elektrik üretimi sağlayabileceği ve bu tür projelerin Türkiye-Yunanistan arasındaki jeopolitik gerilimleri enerji diplomasisi yoluyla yumuşatabileceği değerlendirilmektedir. Ayrıca TANAP hattının yeşil hidrojen taşımacılığına entegrasyonu için önerilen 500 milyon USD'lik bir pilot proje hem teknik fizibiliteyi test edebilecek hem de Türkiye'nin enerji koridoru rolünü pekiştirebilecektir.

Yenilikçi Teknolojiler: Türkiye'nin jeotermal ve güneş enerjisi kapasitesinin, AB'nin yeşil hidrojen ve enerji depolama teknolojileriyle bütünleştirilmesi önerilmektedir. Bu entegrasyon sayesinde, 2030 yılına kadar 500 MW hidrojen üretim kapasitesi ve 1.000 MW enerji depolama kapasitesine ulaşılması hedeflenmekte; böylece şebeke esnekliği ve karbon nötrlüğü hedefleri doğrultusunda yapısal katkı sağlanması amaçlanmaktadır.

Bu bütüncül çerçeve doğrultusunda çalışma, yalnızca akademik literatüre teorik katkılar sunmakla kalmayıp, aynı zamanda politika yapıcılar, enerji sektörü temsilcileri ve yatırımcılar için uygulanabilir senaryolar ve stratejik öneriler geliştirmektedir. Türkiye ve AB arasında sürdürülebilir, düşük karbonlu ve karşılıklı faydaya dayalı bir enerji ortaklığının inşa edilmesine yönelik somut bir yol haritası sunmaktadır.

4. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Bu bölümde çalışmanın teorik çerçevesi ele alınmıştır. Bu kapsamda enerji güvenliği teorisi; ekonomik, çevresel, toplumsal, teknolojik ve jeopolitik olmak üzere toplamda beş ana boyutuyla incelenmiştir.

4.1. Teorik Çerçeve

Bu çalışma, yenilenebilir enerji dönüşümünü enerji güvenliği kavramsal çerçevesi içinde ele almaktadır. Enerji güvenliği, genellikle enerji arzının sürekli, uygun maliyetli ve jeopolitik risklerden bağımsız bir şekilde sağlanması olarak tanımlanır (Yergin, 2006). Bu tanım, enerji ekonomisinin temelini oluştursa da, Uluslararası İlişkiler (Uİ) disiplini, kavrama daha rekabetçi ve devlet-merkezci bir boyut kazandırır. Uluslararası ilişkiler perspektifinden enerji güvenliği, yalnızca ekonomik bir mesele değil, aynı zamanda ulusal güvenliğin ve devletin dış politika hedeflerine ulaşma kapasitesinin ayrılmaz bir parçasıdır (Buzan, Wæver, ve de Wilde, 1998).

Bu yaklaşıma göre, enerji kaynaklarına erişim ve bu kaynakları taşıyan altyapıların kontrolü, devletler arasında bir güç mücadelesi alanıdır. Enerji, bir dış politika aracı olarak kullanılabilirken (örneğin, ambargolar veya fiyat manipülasyonları), enerji ithalatına yüksek düzeyde bağımlılık ise bir devletin stratejik otonomisini sınırlandıran bir zafiyet olarak görülür (Ciută, 2010). Dolayısıyla, Türkiye'nin ithalat bağımlılığını azaltma çabaları veya AB'nin Rusya'dan tedarikini çeşitlendirme stratejisi, sadece ekonomik istikrar arayışı değil, aynı zamanda uluslararası sistemdeki kırılganlıklarını azaltarak jeopolitik etkinliklerini artırma hamleleri olarak da okunmalıdır.

Bu çalışma, Yergin'in (2006) temel tanımını Uİ'nin bu jeopolitik güvenlik perspektifiyle birleştirerek, Türkiye ve AB'nin yenilenebilir enerji politikalarını hem ekonomik hem de stratejik bir güvenlik çerçevesinde analiz etmektedir. Bu çerçeve, Türkiye ve AB'nin yenilenebilir enerji politikalarını analiz ederken enerji ithalatına olan bağımlılığı azaltma ve yerli kaynakları kullanarak arz güvenliğini artırma çabalarını anlamak için temel bir bakış açısı sunmaktadır. Türkiye'nin enerji ithalatını azaltma yönündeki hedefi ile AB'nin Rusya'dan doğal gaz ithalatını yüzde 10'a düşürme planı (EC, 2022), bu yaklaşımın pratikteki yansımalarını ortaya koyan örnekler arasında yer almaktadır.

Enerji güvenliği teorisi çalışmanın beş ana boyutuyla doğrudan bağlantılıdır:

Ekonomik boyut: Yenilenebilir enerji dönüşümü, ithal enerji kaynaklarına olan bağımlılığı azaltarak mali sürdürülebilirliği artırma potansiyeli taşımaktadır. Türkiye, enerji ithalatına olan yüksek bağımlılığı nedeniyle yenilenebilir enerjiye geçişi ekonomik bir öncelik olarak değerlendirmektedir. 2023 yılında 97 milyar ABD doları tutarındaki enerji ithalat faturası (ETKB, 2023), bu geçişin önemini pekiştirmektedir. Bu bağlamda YEKA projeleri somut bir çözüm olarak öne çıkmaktadır. Örneğin, Karapınar YEKA GES-1 projesi 1.300 MW kurulu kapasitesiyle yıllık 2,6 milyar kWh elektrik üretmekte ve bu üretim sayesinde yaklaşık 1 milyar dolarlık ithalat maliyetinden tasarruf sağlanmaktadır (ETKB, 2024). Bu durum enerji güvenliği yaklaşımının, ithalat bağımlılığını bir risk olarak tanımlayan bakış açısıyla örtüşmektedir (Yergin, 2006) ve Türkiye'nin yerli kaynakları kullanarak ekonomik dayanıklılığını artırma hedefini yansıtmaktadır. AB ise 2022'de başlayan Rusya-Ukrayna krizi sonrasında artan enerji fiyatlarına karşı REPowerEU stratejisini geliştirmiştir. Bu strateji kapsamında, 300 milyar Euro'luk bir yatırımla yenilenebilir enerji kapasitesinin 2030 yılına kadar 1.236 GW'a çıkarılması hedeflenmektedir (EC, 2022). AB'nin yaklaşımı, ekonomik büyümeyi desteklemeyi ve enerji piyasalarındaki dalgalanmaları azaltmayı amaçlamakta, bu yönüyle sürdürülebilir kalkınma teorisinin ekonomik uygulanabilirlik ilkesine dayanmaktadır (Stockdale, 1990). Türkiye'nin ithalat faturasını düşürmeye yönelik stratejisi ile AB'nin fiyat istikrarı hedefi, her iki bölgenin ekonomik kazanımları farklı yollarla maksimize etmeye çalıştığını göstermektedir. Ancak Türkiye'de YEKDEM'in bütçeye getirdiği yük, ekonomik sürdürülebilirliği tehdit edebilmektedir. 2023 yılı itibarıyla YEKDEM'in maliyeti 2 milyar ABD doları düzeyindedir (ETKB, 2023). Bu durum, yenilenebilir enerji politikalarının uzun vadeli finansal sürdürülebilirliği açısından dikkatle değerlendirilmesi gereken bir husustur. Sürdürülebilir kalkınma teorisi bu noktada, YEKDEM'in maliyetlerini dengelemek adına AB'nin döngüsel ekonomi modellerinden öğrenme gerekliliğine işaret etmektedir. Örneğin, AB'de 1 MW kurulu güç için yaklaşık 70.000 ABD doları tutarında verilen teşvikler (EC, 2022), Türkiye'nin ekonomik modeline katkı sağlayabilecek uygulamalar arasında değerlendirilebilir.

Çevresel boyut: Yenilenebilir enerjiye geçiş, karbon emisyonlarını azaltarak iklim değişikliğiyle mücadelede kritik bir rol oynamaktadır. Türkiye, fosil yakıtların yoğun kullanımından kaynaklanan çevresel bozulmayı tersine çevirmek amacıyla yenilenebilir enerji yatırımlarını artırmıştır. Örneğin, elektrik üretiminde kömürün yaklaşık yüzde 30'luk payı (TEİAŞ, 2024), bu dönüşümün aciliyetini ortaya koymaktadır. 2023 yılı itibarıyla yenilenebilir

kaynaklar sayesinde yaklaşık 55 milyon ton CO₂ salınımı önlenmiş, bu başarı büyük ölçüde hidroelektrik (32.000 MW) ve güneş enerjisi (12.425 MW) gibi yerli kaynakların kullanımına dayandırılmıştır (TEİAŞ, 2023; ETKB, 2024). Bu gelişmeler, Türkiye'nin 2053 net sıfır emisyon hedefiyle de uyumludur. Ancak bu kazanımların çevresel maliyetleri de göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin, GAP gibi büyük hidroelektrik projeleri biyolojik çeşitlilik kaybına ve yer değiştirme sorunlarına neden olabilmektedir. Yaklaşık 10.000 hektarlık habitat kaybı ve 50.000 kişilik nüfusun yer değiştirmesi (Renovables Verdes, 2024), bu projelerin sürdürülebilirlik açısından dikkatle yönetilmesi gereken yönlerini ortaya koymaktadır. Bu durum, çevresel fayda ile ekolojik maliyet arasında dengeli bir yaklaşımı zorunlu kılar.

AB ise daha iddialı bir çevresel vizyonla hareket etmektedir. 2022 yılında REPowerEU ve Yeşil Mutabakat politikaları kapsamında sağlanan 430 milyon tonluk CO₂ azaltımı (EEA, 2023), AB'nin 2050 karbon nötrlüğü hedefinin somut bir göstergesidir. Bu başarı, rüzgâr (204 GW) ve biyokütle (40 GW) gibi farklı yenilenebilir kaynakların çeşitlendirilmesine ve katı çevresel standartlara dayanmaktadır (Eurostat, 2023). AB'nin yaklaşımı, sürdürülebilir kalkınma teorisinin çevresel sürdürülebilirlik ilkesine uygun bir şekilde politikalarını şekillendirmektedir (Stockdale, 1990).

Türkiye ile AB karşılaştırıldığında, Türkiye'nin çevresel kazanımları daha çok yerel kaynakların etkin kullanımıyla sınırlı kalmakta, AB ise daha gelişmiş teknolojik altyapısı ve düzenleyici çerçevesi sayesinde emisyon azaltımını daha geniş bir ölçekte gerçekleştirmektedir. Bu bağlamda sürdürülebilir kalkınma teorisi, Türkiye'nin özellikle GAP gibi projelerde yaşadığı çevresel maliyetleri dengeleyebilmesi için AB'nin "Adil Geçiş Mekanizması" gibi politika araçlarından faydalanabileceğine işaret etmektedir.

Toplumsal boyut: Yenilenebilir enerji politikaları, istihdam yaratma ve enerjiye erişimi iyileştirme yoluyla sosyal refahı artırma potansiyeline sahiptir. Türkiye'de YEKA ve YEKDEM gibi mekanizmalar yenilenebilir enerji sektöründe yaklaşık 150.000 kişiye istihdam sağlamıştır. Özellikle Karapınar GES-1 ve Çanakkale RES-2 gibi projeler, kırsal bölgelerde iş olanakları yaratmış ve enerjiye erişimi yüzde 10 oranında artırmıştır (ETKB, 2024). Bu durum, sürdürülebilir kalkınma teorisinin sosyal kapsayıcılık ilkesine dayanmaktadır (Stockdale, 1990) ve enerji güvenliği yaklaşımının toplumun kesintisiz enerjiye erişimini sağlama hedefiyle örtüşmektedir (Yergin, 2006). Ancak istihdamın büyük bir kısmı inşaat ve kurulum aşamalarına yoğunlaşmış olup uzun vadeli teknik iş gücünün sürdürülebilirliği için mesleki eğitim ve

teknoloji odaklı insan kaynağı yatırımları gerekmektedir. Bu eksiklik, sektörün uzun vadeli istihdam kapasitesini sınırlayabilir.

AB’de ise yenilenebilir enerji dönüşümü daha geniş çapta bir toplumsal etki yaratmıştır. Yaklaşık 1,2 milyon kişiye istihdam sağlayan bu dönüşüm (Eurostat, 2023), REPowerEU ve Adil Geçiş Mekanizması gibi politikalarla desteklenmiştir. Bu politikalar, özellikle kömür bölgelerinde yaşanabilecek iş kayıplarını dengelemeyi amaçlamakta; örneğin Polonya’da 100.000’e yakın potansiyel iş kaybı, yenilenebilir enerji sektöründeki yeni fırsatlarla telafi edilmeye çalışılmaktadır (EEA, 2023). Ayrıca AB’nin yaklaşık sıfır enerjili bina (nZEB) standartları, hanehalkı enerji maliyetlerini yüzde 15 oranında azaltarak enerji yoksulluğunun önlenmesine katkı sağlamış ve sosyal faydayı artırmıştır.

Türkiye’nin kırsal odaklı yaklaşımı ile AB’nin hem kırsal hem de kentsel alanları kapsayan stratejisi, toplumsal kazanımları farklı ölçeklerde ele almaktadır. Her iki bölgenin politikaları, istihdam ve enerji erişimi gibi somut çıktılarla sosyal adaleti desteklemektedir. Ancak AB’nin daha gelişmiş altyapısı ve düzenleyici çerçevesi, bu faydaların sistematik olarak yaygınlaştırılmasına olanak sağlamaktadır. Sürdürülebilir kalkınma teorisi bu noktada, Türkiye’nin istihdam odaklı projelerini AB’nin kapsayıcı modelleriyle entegre ederek sosyal kapsayıcılığı daha güçlü hale getirme potansiyelini vurgulamaktadır.

Teknolojik boyut: Yenilenebilir enerji dönüşümü, inovasyonu teşvik ederek enerji sistemlerinin verimliliğini ve esnekliğini artırma potansiyeline sahiptir. Türkiye’de YEKA projeleri, yerli üretim kapasitesini güçlendirme hedefiyle öne çıkmaktadır. Karapınar GES-1 ve Çanakkale RES-2 gibi projeler, yerli güneş paneli ve rüzgâr türbini üretimini teşvik etmiş ve bu sayede teknolojik bağımsızlık yönünde önemli adımlar atılmıştır (ETKB, 2024). Bu yaklaşım, enerji güvenliği teorisinin yerli kaynakları çeşitlendirme stratejisine dayanmakta ve Türkiye’nin enerji ithalatına olan bağımlılığını azaltma çabasını desteklemektedir (Yergin, 2006). Buna karşın Türkiye’nin enerji depolama kapasitesi halen sınırlıdır. 2024 yılı itibarıyla sadece 500 MW düzeyindeki depolama kapasitesi, güneş ve rüzgâr gibi değişken yenilenebilir kaynakların şebekeye entegrasyonunda teknolojik bir eksiklik yaratmaktadır (TEİAŞ, 2024). Bu durum, enerji sisteminin esnekliğini ve güvenilirliğini olumsuz etkileyebilecek bir zayıflık olarak değerlendirilmelidir.

AB ise teknolojik liderliğini pekiştirmek amacıyla Horizon Europe programı çerçevesinde 2021–2027 döneminde yaklaşık 95 milyar Euro tutarında yatırım yapmaktadır. Bu yatırımlar yeşil hidrojen, açık deniz rüzgâr enerjisi (204 GW) ve enerji depolama sistemleri (30 GW) gibi yenilikçi teknolojilere yöneliktir (EC, 2022). Yeşil hidrojen üretimi, AB'nin 2030 yılına kadar 10 milyon tonluk üretim hedefi açısından stratejik öneme sahiptir. Bu bağlamda teknoloji transferi teorisi, söz konusu yeniliklerin Türkiye gibi ortak ülkelere aktarılabilceğini ileri sürmektedir (Lin & Zhang, 2025).

Türkiye'nin 25.301 MW'lık güneş ve rüzgâr kurulu gücü (TEİAŞ, 2024), AB ile ortak yürütülecek pilot projeler aracılığıyla bu teknolojilere entegre edilebilir. Örneğin 5 MW kapasiteli bir yeşil hidrojen tesisi, iş birliği çerçevesinde hayata geçirilebilecek örnek uygulamalar arasında yer almaktadır. AB'nin küresel liderliği, teknolojik ilerlemeyi sistematik bir şekilde desteklemekte; buna karşılık Türkiye'nin yerli üretim odaklı yaklaşımı daha sınırlı ancak yerel bağlama özgü bir inovasyon modeli sunmaktadır. Bu farklılıklar, iki bölge arasında teknoloji transferi yoluyla kurulabilecek iş birliği fırsatlarını gündeme getirmektedir. Bu kapsamda teknoloji transferi teorisi, AB'nin açık deniz rüzgâr teknolojisinin (204 GW, WindEurope, 2024) Türkiye'nin Karadeniz bölgesindeki potansiyel kapasitesiyle (20 GW, IRENA, 2023) entegre edilerek teknolojik boyutun daha da güçlendirilebileceğini vurgulamaktadır.

Jeopolitik boyut: Yenilenebilir enerji politikaları, enerji arz çeşitliliğini artırarak jeopolitik riskleri azaltma ve stratejik konumları güçlendirme potansiyeli taşır. Türkiye, TANAP gibi projelerle bu alanda önemli bir rol üstlenmektedir. Yıllık 16 milyar m³ gaz taşıma kapasitesine sahip olan TANAP, Güney Gaz Koridoru'nun bir parçası olarak AB'nin Rusya'ya olan enerji bağımlılığını yüzde 40'tan yüzde 10'a düşürme hedefini desteklemektedir (EC, 2022). Enerji güvenliği teorisi, bu tür projelerin arz güvenliğini artırdığı ve jeopolitik riskleri azalttığı yönünde bir yaklaşım sunar (Yergin, 2006). Türkiye'nin coğrafi konumu, Doğu Akdeniz'deki yenilenebilir enerji potansiyeli (20 GW açık deniz rüzgâr enerjisi, IRENA, 2023) ve jeotermal kaynaklardaki liderliği (1.686 MW, TEİAŞ, 2024) ile birleştğinde ülkeyi stratejik bir enerji koridoru haline getirmektedir. Ancak Doğu Akdeniz'deki Türkiye-Yunanistan deniz yetki alanları anlaşmazlığı, bu potansiyelin tam olarak kullanılmasını engellemektedir (Siddi, 2020).

AB ise REPowerEU stratejisi ile enerji tedarikinde çeşitlendirme arayışını yenilenebilir kaynaklarla desteklemektedir. Açık deniz rüzgâr enerjisi ve yeşil hidrojen gibi projeler

aracılığıyla jeopolitik bağımlılıkları azaltmayı hedeflemektedir (WindEurope, 2024). TANAP'ın yeşil hidrojen sevkiyatı gibi yenilenebilir enerjiyle entegrasyonu Türkiye'nin stratejik rolünü daha da güçlendirebilir ancak bu tür bir dönüşüm ek altyapı yatırımları gerektirmektedir (Hafner ve Tagliapietra 2020). Türkiye'nin enerji koridoru konumu AB ile enerji diplomasisinde iş birliğini jeopolitik bir avantaja dönüştürebilir. Sürdürülebilir kalkınma teorisi bu projelerin yalnızca arz güvenliğini değil uzun vadeli istikrarı ve çevresel faydayı da gözetmesi gerektiğini vurgular (Stockdale, 1990). Her iki taraf, enerji diplomasisi aracılığıyla jeopolitik gerilimleri aşarak ortak projeler geliştirebilir ve bölgesel güvenliği artırabilir. Örneğin, 100 MW'lık açık deniz rüzgâr çiftliği gibi projeler bu yönde iş birliği imkânı sunmaktadır. TANAP'ın yenilenebilir enerjiyle entegrasyonu, sürdürülebilir kalkınma yaklaşımı içinde bölgesel istikrarın güçlenmesine katkı sağlayabilir.

Çalışma, enerji güvenliği kavramsal çerçevesine dayanmakla birlikte analizini sadece arz güvenliğiyle sınırlamamış, sürdürülebilir kalkınma teorisiyle çevresel ve toplumsal boyutları da içerecek şekilde genişletmiştir. Sürdürülebilir kalkınma teorisi, ekonomik büyüme, çevresel koruma ve sosyal adalet arasında denge kurmayı amaçlar. 1987 tarihli Brundtland Raporu'nda "gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğini tehlikeye atmadan bugünün ihtiyaçlarını karşılamak" biçiminde tanımlanan bu yaklaşım (Stockdale, 1990), günümüzde enerji politikalarının şekillenmesinde temel bir referans çerçevesi olarak kullanılmaktadır. Teori; çevresel sürdürülebilirlik, ekonomik uygulanabilirlik ve sosyal kapsayıcılık olmak üzere üç temel ilkeye dayanır. Çevresel sürdürülebilirliğin amacı, doğal kaynakları korumak ve ekosistemlerin uzun vadeli sağlığını güvence altına almaktır. Ekonomik uygulanabilirlik, kaynakların verimli kullanılmasına ve ekonomik büyümenin sürdürülebilir hale getirilmesine odaklanır. Sosyal kapsayıcılık ilkesi ise tüm bireylerin enerjiye ve refaha eşit şekilde erişimini hedefler. Bu ilkeler çevre üzerindeki baskıyı azaltırken ekonomik kalkınmayı teşvik eder ve toplumsal eşitsizliklerin giderilmesine katkı sunar.

Yenilenebilir enerji politikalarının tasarımı ve uygulanmasında bu üç ilke yol gösterici niteliktedir. Fosil yakıtların çevresel zararlarını en aza indirmek, uzun vadeli ekonomik istikrar sağlamak ve istihdam gibi toplumsal faydalar yaratmak sürdürülebilir kalkınmanın temel hedefleri arasında yer alır (Hafner ve Tagliapietra 2020). Örneğin Türkiye'nin 2053 net sıfır emisyon hedefi, çevresel sürdürülebilirlik ilkesine dayalı olarak karbon ayak izini azaltmayı amaçlarken, YEKA projeleriyle yaratılan 150.000 kişilik istihdam sosyal kapsayıcılığı desteklemektedir (ETKB, 2024). AB'nin 2050 karbon nötrlüğü vizyonu da REPowerEU

aracılığıyla hem enerji verimliliğini artırmakta hem de çevresel koruma ile ekonomik uygulanabilirliği birleştirmektedir (EC, 2022). Ayrıca sürdürülebilir kalkınma yaklaşımı, TANAP gibi projeler üzerinden enerji güvenliğini desteklerken, jeopolitik istikrarı da güçlendiren bir araç olarak değerlendirilir. Bu yönüyle hem Türkiye'nin enerji koridoru konumunu hem de AB'nin arz çeşitlendirme çabalarını tamamlayıcı bir biçimde desteklemektedir.

Çalışmada ayrıca teknoloji transferi teorisi, AB'nin yenilenebilir enerji teknolojilerindeki liderliğinin Türkiye'ye potansiyel katkılarını değerlendirmek için bir analiz aracı olarak kullanılmıştır. Teori, gelişmiş ülkelerdeki teknolojik yeniliklerin daha az gelişmiş ülkelere aktarılmasıyla hem yerel üretim kapasitesinin artabileceğini hem de enerji geçiş süreçlerinin hızlanabileceğini savunur. AB'nin Horizon Europe programı kapsamında Türkiye'ye sağlanabilecek güneş, rüzgâr ve hidrojen teknolojileri, Türkiye'nin enerji dönüşümünü hızlandırabilir ve teknolojik bağımsızlık hedefini destekleyebilir. Örneğin, Kızıldere Jeotermal Santrali'ne entegre 5 MW'lık bir hidrojen tesisi, AB'nin sağladığı 50 milyon Euro'luk finansmanla yeşil hidrojen üretimini mümkün kılabilir (ETKB 2024).

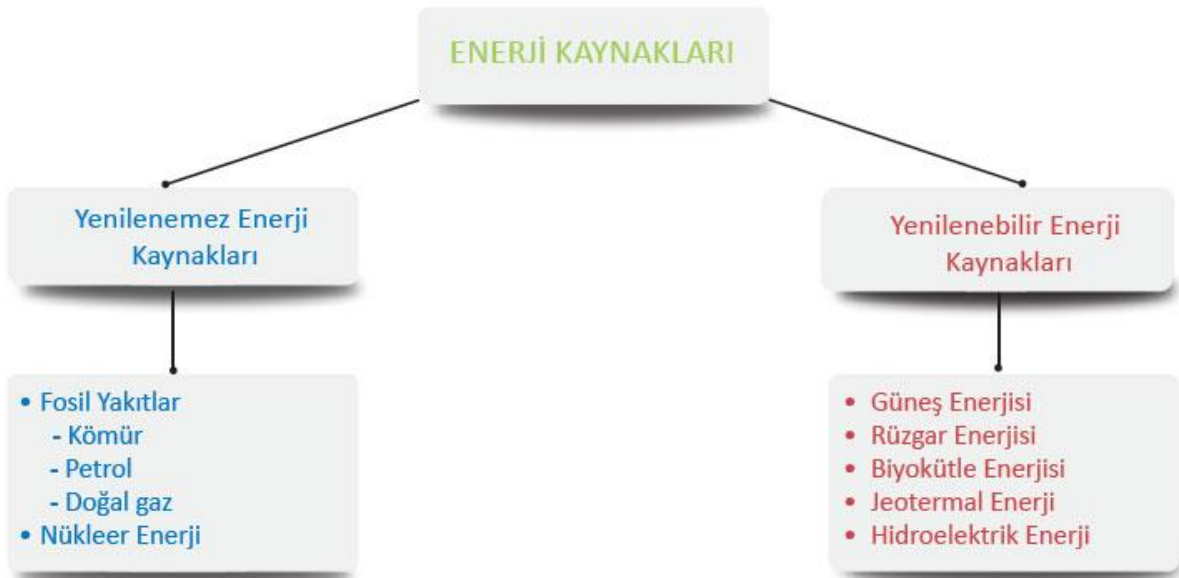
Bu teorik çerçeve, Türkiye ve AB'nin yenilenebilir enerji politikalarını ekonomik, çevresel, toplumsal, teknolojik ve jeopolitik boyutlarıyla bütüncül bir biçimde değerlendirmeyi mümkün kılmaktadır. Enerji güvenliği teorisi ithalat bağımlılığını azaltmayı ve yerli kaynak kullanımını ön plana çıkarırken, sürdürülebilir kalkınma teorisi çevresel ve toplumsal faydaları merkeze alır. Teknoloji transferi teorisi ise yeniliklerin ve iş birliğinin rolünü vurgular. Bu bütünsel yaklaşım, sadece mevcut durumu analiz etmeye değil aynı zamanda geleceğe dönük uygulanabilir enerji politikaları önermeye de olanak sağlar (Lin & Zhang, 2025).

4.2. Enerji Kaynakları

Enerji, toplumların ekonomik kalkınması, teknolojik ilerlemesi ve günlük yaşamın sürdürülebilmesi için vazgeçilmez bir unsurdur. Enerji kaynakları temel olarak yenilenebilir ve yenilenemez olmak üzere iki ana kategoriye ayrılır. Bu sınıflandırma, yenilenemez kaynakların sınırlı rezervlere sahip olması ve uzun vadede tükenme riski taşımasıyla, yenilenebilir kaynakların ise doğal döngülerle sürekli olarak yenilenebilmesi ve çevresel etkilerinin daha düşük olması bakımından önemli bir ayrım ortaya koyar.

Şekil 4.1, enerji kaynaklarını temel iki kategori altında sınıflandırmaktadır: Yenilenemez enerji kaynakları (kömür, petrol, doğal gaz, nükleer) ve yenilenebilir enerji kaynakları (güneş, rüzgâr, biyokütle, jeotermal, hidroelektrik). Bu sınıflandırma, enerji kaynaklarının tükenebilirlik düzeyleri ve çevresel etkileri doğrultusunda yapılan temel bir ayrımı yansıtmaktadır. Yenilenemez kaynaklar sınırlı rezervlere ve yüksek karbon salınımına sahipken; yenilenebilir kaynaklar doğal süreçlerle sürekli yenilenebilme kapasitesine sahiptir. Dolayısıyla bu görsel, yenilenebilir enerji kaynaklarının çevresel sürdürülebilirlik ve uzun vadeli erişilebilirlik bağlamındaki önemini kavramsal olarak ortaya koyan bir çerçeve sunmaktadır.

Türkiye’de 2024 yılı itibarıyla yenilenebilir enerji kurulu gücü 67.027 MW’a ulaşmış ve bu miktar toplam kurulu gücün yüzde 58’ini oluşturmaktadır. Elektrik üretimindeki payı ise yüzde 47 seviyesindedir (TEİAŞ, 2024). AB’de ise yenilenebilir enerji kapasitesi 620.000 MW’a ulaşmış olup toplam elektrik üretiminin yaklaşık yüzde 44’ü bu kaynaklardan sağlanmaktadır (Eurostat, 2023). Yenilenebilir enerji kaynakları, karbon emisyonlarını azaltma ve enerji arz güvenliğini güçlendirme potansiyelleriyle hem Türkiye’nin hem de AB’nin enerji dönüşüm politikalarının temel yapı taşını oluşturmaktadır. Örneğin 2023 yılında Türkiye’de 55 milyon ton, AB’de ise 430 milyon ton karbon emisyonu bu kaynaklar sayesinde önlenmiştir (TEİAŞ, 2023; EEA, 2023).



Şekil 4.1. Enerji kaynakları

4.2.1. Yenilenemez enerji kaynakları

Yenilenemez enerji kaynakları, fosil yakıtlar (kömür, petrol, doğal gaz) ve nükleer enerjiyi kapsamaktadır. Bu kaynaklar, 2022 yılı itibarıyla dünya birincil enerji talebinin yaklaşık yüzde 86'sını karşılamaktadır (IEA, 2022). Sanayi Devrimi'nden bu yana kömür, petrol ve doğal gaz ekonomik büyüme ile endüstrileşmenin temel itici gücü olmuş; nükleer enerji ise 20. yüzyılın ortalarından itibaren karbon emisyonu üretmeyen bir alternatif olarak enerji sistemlerinde yer edinmiştir (Smil, 2017). Ancak bu kaynakların yoğun ve uzun süreli kullanımı ciddi çevresel sorunlara neden olmaktadır. Örneğin, küresel karbon emisyonlarının yüzde 75'inden fazlası fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanmakta ve bu durum iklim değişikliğini hızlandırmaktadır (IEA, 2022). Buna ek olarak, yenilenemez kaynakların sınırlı rezervlere sahip olması uzun vadede tükenme riskini beraberinde getirmekte ve bu da enerji arz güvenliği açısından önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Paris Anlaşması gibi uluslararası iklim taahhütleri ile birlikte yenilenebilir enerji teknolojilerinde yaşanan maliyet düşüşleri, bu kaynaklardan çevre dostu ve sürdürülebilir alternatiflere geçişi kaçınılmaz hale getirmiştir (REN21, 2023). Bu bağlamda yenilenebilir enerjiye yönelim, yalnızca çevresel bozulmayı azaltmakla kalmayıp aynı zamanda enerji sistemlerinin gelecekteki güvenliğini sağlamak açısından da kritik bir adım olarak öne çıkmaktadır.

Kömür

Kömür, organik maddelerin milyonlarca yıl boyunca yüksek basınç ve sıcaklık altında dönüşmesiyle oluşan bir fosil yakıttır. Sanayi Devrimi ile birlikte buhar makinelerinin yaygınlaşması kömürü sanayi üretiminin temel enerji kaynağı haline getirmiş, 19. yüzyılın sonlarında ise elektrik üretiminde de kullanılmaya başlanmıştır (Smil, 2017). Ekonomik büyüme ve enerji bağımsızlığı açısından stratejik bir kaynak olarak görülen kömür, aynı zamanda yüksek karbon salınımı nedeniyle çevresel etkileri bakımından yoğun biçimde eleştirilmektedir.

Türkiye'de kömür, özellikle yerli linyit rezervleri sayesinde enerji arz güvenliğinde önemli bir rol oynamaktadır. 2023 yılı itibarıyla elektrik üretiminin yüzde 31'i kömür kaynaklı santrallerden sağlanmaktadır (TEİAŞ, 2023). Ancak düşük kalorili linyit kömürünün elektrik üretiminde yaklaşık yüzde 70 oranında kullanılması, yüksek karbon salınımı nedeniyle iklim değişikliğiyle mücadele açısından önemli bir engel teşkil etmektedir (IEA, 2021). AB ise

kömürden çıkış sürecini hızlandırmaktadır. “Adil Geçiş Mekanizması” kapsamında kömür bölgelerinde ekonomik ve sosyal dönüşüm desteklenmekte, 2030 yılına kadar kömür kullanımının büyük ölçüde azaltılması hedeflenmektedir (EC, 2022).

Petrol

Petrol, sıvı hidrokarbonlardan oluşan bir fosil yakıt olup 19. yüzyılın ikinci yarısında modern sondaj tekniklerinin gelişmesiyle ticari bir kaynak olarak önem kazanmaya başlamıştır (Yergin, 2012). Ulaşım, sanayi ve petrokimya sektörlerinde vazgeçilmez bir kaynak olan petrol, 20. yüzyıl boyunca jeopolitik dengeleri şekillendiren stratejik bir unsur haline gelmiştir. Türkiye, petrol ihtiyacının yüzde 90’ından fazlasını ithalat yoluyla karşılamakta, bu durum hem ekonomik açıdan ciddi bir yük oluşturmakta hem de enerji arz güvenliği bakımından risk teşkil etmektedir (IEA, 2021). AB ise “Fit for 55” paketi kapsamında petrol tüketimini azaltmayı, elektrikli araçlar gibi alternatif teknolojileri teşvik etmeyi ve bu yolla karbon emisyonlarını düşürmeyi hedeflemektedir (EC, 2021). Petrolün çevresel etkileri küresel ısınma ve hava kirliliği gibi sorunları artırır da, stratejik önemi özellikle enerji ve ulaşım alanlarında varlığını sürdürmektedir (Schmid vd. 2022).

Doğal gaz

Doğal gaz, fosil kökenli bir gaz yakıt olup enerji üretiminde ilk kez 19. yüzyılın sonlarında kullanılmaya başlanmıştır. ABD’de, örneğin Pittsburgh gibi sanayi bölgelerinde 1880’lerde doğal gaz yataklarından çıkarılan metan borularla taşınarak ısıtma ve aydınlatma amacıyla kullanılmış; İngiltere’de ise 1890’larda gaz şebekeleri aracılığıyla ticari ölçekte yaygınlaşmıştır (Smil, 2017). Kömüre göre daha temiz ve verimli bir alternatif sunması, bu gelişmenin sanayiciler ve mühendisler tarafından desteklenmesini sağlamış; 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren doğal gaz enerji sistemlerinde yaygın bir yer edinmiştir. Günümüzde ise kömür ve petrole kıyasla daha düşük karbon emisyonuna sahip olması nedeniyle çevre dostu bir seçenek olarak görülmekte, yenilenebilir enerjiye geçişte “köprü yakıt” rolü üstlenmektedir (IEA, 2020).

Türkiye, yıllık yaklaşık 50 ila 60 milyar metreküp doğal gaz tüketimiyle enerji ihtiyacının yüzde 25’ini bu kaynaktan karşılamakta ancak tüketimin yüzde 99’u ithalatla sağlanmaktadır (IEA, 2022). Bu yüksek bağımlılık, 2022 yılında 30 milyar ABD dolarını aşan ithalat maliyetiyle

ekonomik bir yük yaratmaktadır. Karadeniz'deki Sakarya Gaz Sahası bu tabloyu değiştirmeyi hedeflemektedir. 540 milyar metreküplük rezerve sahip saha 2023'te üretime başlamış olup ilk aşamada günlük 10 milyon metreküp, 2026 itibarıyla ise yıllık 40 milyar metreküp üretimle toplam talebin yaklaşık yüzde 30'unu karşılamayı ve ithalatı azaltmayı amaçlamaktadır (ETKB, 2023). Ancak mevcut rezervler ve altyapı kapasitesi, Türkiye'nin ithalat bağımlılığını kısa vadede tamamen ortadan kaldırmak için yeterli görünmemektedir.

AB ise doğal gazı, kömürden çıkış sürecinde geçici bir çözüm olarak konumlandırmakta ve tedarik çeşitliliğini artırmayı hedeflemektedir. Güney Gaz Koridoru bu çerçevede stratejik bir rol oynamakta ve Azerbaycan'dan yıllık 10 milyar metreküp gaz sağlayarak Rusya'ya olan bağımlılığın 2022'deki yüzde 40 seviyesinden 2023'te yüzde 10'a düşürülmesi hedefini desteklemektedir (EC, 2022). AB'nin "Fit for 55" paketi kapsamında 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarının yüzde 55 azaltılması hedeflenmekte, bu hedef doğrultusunda doğal gaz kullanımının kademeli olarak sınırlandırılması ve yenilenebilir kaynaklara geçişin hızlandırılması planlanmaktadır. Ancak kısa vadede doğal gazın enerji güvenliğindeki stratejik önemi devam etmektedir (EC, 2021).

Nükleer enerji

Nükleer enerji, ağır atom çekirdeklerinin fisyon (bölünme) reaksiyonları yoluyla enerji üretimini sağlar ve 20. yüzyılın ortalarından itibaren stratejik bir kaynak olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu süreç, 1951 yılında ABD'de Argonne Ulusal Laboratuvarı tarafından deneysel bir reaktörle (EBR-I) ilk elektrik üretiminin gerçekleştirilmesiyle başlamış; 1954 yılında ise Sovyetler Birliği'nde Obninsk Nükleer Santrali'nin 5 MW kapasiteyle devreye girmesiyle ticari ölçekte uygulanmaya başlamıştır (Smil, 2017). Nükleer fisyon yöntemiyle uranyum çekirdeklerinin bölünmesinden ısı enerjisi üretilmekte, bu enerji türbinleri çalıştırarak elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Yüksek verimliliği ve fosil yakıtlara alternatif oluşturma potansiyeli nükleer enerjinin yaygınlaşmasında belirleyici olmuştur. Karbon emisyonu üretmemesi bu kaynak için çevresel bir avantaj sağlasa da, radyoaktif atıkların yönetimi ve Çernobil (1986) ile Fukushima (2011) gibi kazaların yarattığı güvenlik riskleri, nükleer enerjiye yönelik küresel tartışmaların temelini oluşturmaktadır (IEA, 2021).

Türkiye, Akkuyu Nükleer Santrali projesiyle enerji güvenliğini artırmayı ve ithalat bağımlılığını azaltmayı hedeflemektedir. Mersin'de inşa edilmekte olan santral 4.800 MW kurulu güce sahip olacak ve tamamlandığında yıllık 35 milyar kWh elektrik üretimiyle

Türkiye'nin elektrik ihtiyacının yaklaşık yüzde 10'unu karşılayacaktır. İlk ünitenin 2025 yılında devreye alınması planlanmaktadır (ETKB, 2023). AB'de ise nükleer enerjiye yaklaşımlar ülkelere göre farklılık göstermektedir. Almanya, 2023 yılında son nükleer santralini kapatarak nükleer enerjiden tamamen çıkmış; buna karşılık Fransa, elektrik üretiminin yaklaşık yüzde 70'ini nükleer kaynaklardan sağlamaya devam etmekte ve yeni nesil reaktör yatırımlarıyla karbon nötrlüğü hedeflerini desteklemektedir (Osman vd. 2023). Almanya'nın yaklaşımı, enerji güvenliğini tamamen yenilenebilir kaynaklarla sağlama arayışını yansıtırken; Fransa'nın stratejisi, nükleer enerjiyi karbon emisyonlu bir temel kaynak olarak değerlendirmeye devam ettiğini göstermektedir.

4.2.2. Yenilenebilir enerji kaynakları

Yenilenebilir enerji kaynakları, doğada sürekli olarak yenilenebilen ve fosil yakıtlara kıyasla daha az çevresel etkiye sahip enerji türlerini kapsar. Bu kaynakların kullanımı insanlık tarihinde oldukça eskiye dayanır. Örneğin Mezopotamya'da MÖ 2000'lerde suyun kinetik enerjisi değirmenlerde tahıl öğütmek için kullanılmış, Persler ise MS 7. yüzyılda rüzgâr enerjisini yel değirmenleri aracılığıyla sulama ve öğütme işlerinde değerlendirmiştir (Smil, 2017). Bu erken dönem uygulamaları, insanların günlük yaşam ihtiyaçlarını karşılamak üzere doğal süreçlerden faydalanma çabalarının bir yansımasıdır. Modern çağda ise bu kaynaklar bilimsel gelişmelerle birlikte elektrik üretimine uyarlanmış ve küresel enerji sistemlerinde yaygınlaşmıştır.

Türkiye'de 2024 yılı itibarıyla toplam yenilenebilir enerji kapasitesi 67.027 MW'a ulaşmış, bu değer toplam kurulu gücün yüzde 58'ini oluştururken elektrik üretiminde yenilenebilir kaynakların payı yaklaşık yüzde 47 düzeyindedir (TEİAŞ, 2024). Bu oran farkı, kapasite kullanım oranlarındaki değişkenlikten kaynaklanmakta; özellikle güneş ve rüzgâr gibi kaynakların mevsimsel verimlilik dalgalanmaları etkili olmaktadır. AB'de ise 2023 yılı itibarıyla yenilenebilir enerji kapasitesi 620.000 MW'a ulaşmış ve toplam elektrik üretiminin yüzde 44'ü bu kaynaklardan sağlanmaktadır (Eurostat, 2023). Bu kaynaklar, karbon emisyonlarını azaltma, enerji arz güvenliğini güçlendirme ve ekonomik sürdürülebilirlik sağlama gibi işlevleriyle hem Türkiye'nin hem de AB'nin enerji dönüşüm politikalarının temelini oluşturmaktadır. Örneğin Türkiye'de hidroelektrik (32.000 MW) ve jeotermal (1.686 MW) kapasitesi yerli kaynak kullanımını artırmakta; AB'nin rüzgâr (204.000 MW) ve biyokütle (40.000 MW) kapasitesi ise bölgenin teknolojik liderliğini göstermektedir (TEİAŞ, 2024; Eurostat, 2023). Ayrıca yeşil hidrojen, açık deniz rüzgâr enerjisi ve enerji depolama gibi

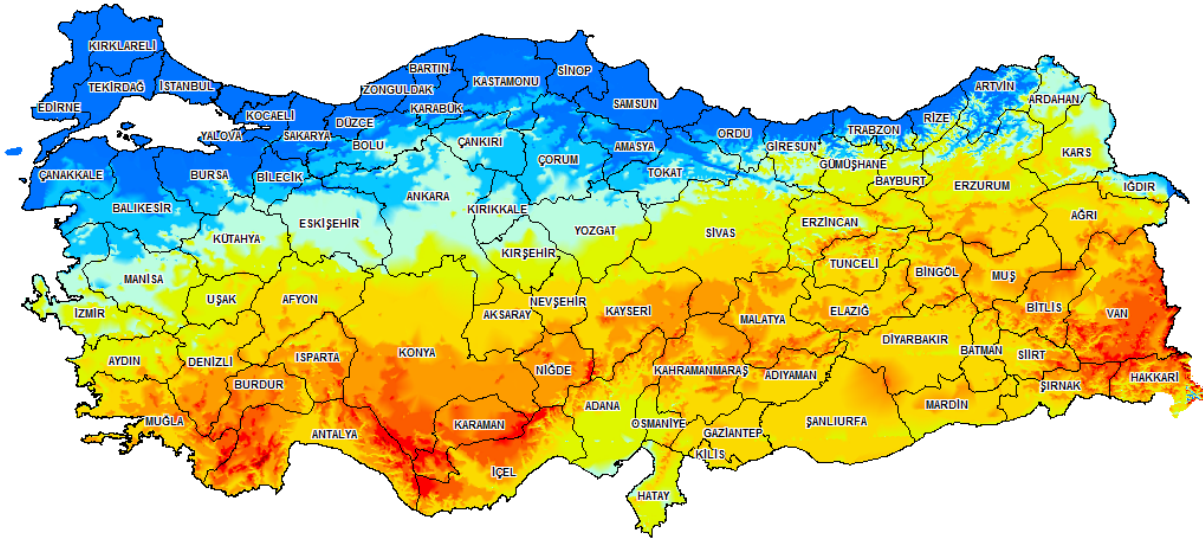
yenilikçi teknolojilerle desteklenen bu kaynaklar, enerji sistemlerinin verimliliğini ve esnekliğini artırmaktadır (REN21, 2023). Aşağıda her bir yenilenebilir enerji kaynağı ayrıntılı olarak incelenmiş ve bu kaynakların potansiyelini güçlendiren teknolojilere ayrı bir başlık altında yer verilmiştir.

Güneş enerjisi

Güneş enerjisi, güneş ışınlarının fotovoltaik (PV) hücreler veya termal kolektörler aracılığıyla elektrik ya da ısıya dönüştürülmesiyle elde edilmektedir. Sınırsız potansiyeli ve karbon emisyonu olmaksızın enerji üretimi sağlaması nedeniyle yenilenebilir enerji kaynakları arasında öne çıkmaktadır. Türkiye, Akdeniz iklim kuşağında yer alması ve yıllık ortalama 2.700 saatlik güneşlenme süresiyle güneş enerjisi açısından yüksek bir potansiyele sahiptir (Çanka Kılıç, 2015). Bu potansiyel, Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA) verilerine dayanarak belirlenmiş olup, Şekil 4.2. bu potansiyelin bölgesel dağılımını göstermektedir (ETKB, 2024a). Harita, özellikle Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz bölgelerinin yıllık ortalama 1.800 kWh/m² düzeyindeki yüksek radyasyon seviyeleriyle öne çıktığını ortaya koymakta; bu veriler, YEKA projelerinde stratejik yer seçimi açısından önemli bir referans olarak kullanılmakta ve büyük ölçekli güneş santrallerinin ekonomik ve çevresel faydalarının maksimize edilmesini sağlamaktadır. Örneğin, Karapınar YEKA GES-1 (1.300 MW), bu bölgelerdeki yüksek potansiyeli değerlendirerek Türkiye'nin enerji ithalat bağımlılığını azaltmaya katkı sunmaktadır. 2014 yılında yalnızca 40 MW olan Türkiye'nin güneş enerjisi kurulu gücü, 2023 itibarıyla 11.316 MW'a, 2024 yılı Şubat ayı itibarıyla ise 12.425 MW'a ulaşmış ve toplam elektrik kapasitesinin %7,5'ini oluşturmuştur (TEİAŞ, 2024). YEKA projeleri, aynı zamanda yerli güneş paneli üretimini teşvik ederek ekonomik katma değer yaratmakta ve enerji arz güvenliğini güçlendirmektedir (ETKB, 2024a).

AB'de Almanya ve İspanya gibi ülkeler, fotovoltaik teknolojilere yaptıkları yatırımlarla güneş enerjisinde lider konumdadır. 2023 yılı itibarıyla AB'nin güneş enerjisi kapasitesi 205.000 MW'a ulaşmış olup, bu değer toplam yenilenebilir enerji kapasitesinin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır (Eurostat, 2023). "2030 Yenilenebilir Enerji Direktifi" kapsamında AB, güneş enerjisi kapasitesini 2030 yılına kadar 320 GW'a çıkarmayı hedeflemekte; bu strateji, karbon nötrlüğü ve enerji güvenliği hedeflerinin temel bileşenlerinden biridir (EC, 2022). Güneş enerjisiyle yeşil hidrojen üretimi ve enerji depolama sistemleri gibi güncel teknolojik gelişmeler, bu kaynağın hem verimliliğini hem de kullanım alanlarını genişletmektedir.

Türkiye'nin 12.425 MW'lık mevcut güneş enerjisi kapasitesi, AB ile ortak yeşil hidrojen projeleri açısından önemli bir potansiyel sunmakta; ayrıca Karapınar GES-1'e entegre edilmesi planlanan 50 MWh kapasiteli batarya sistemleri gibi çözümler, elektrik şebekesinin güvenilirliğini artırma yönünde katkı sağlayabilmektedir (IRENA, 2023). Şekil 4.2.'de Türkiye güneş enerjisi potansiyeli haritası sunulmuştur.



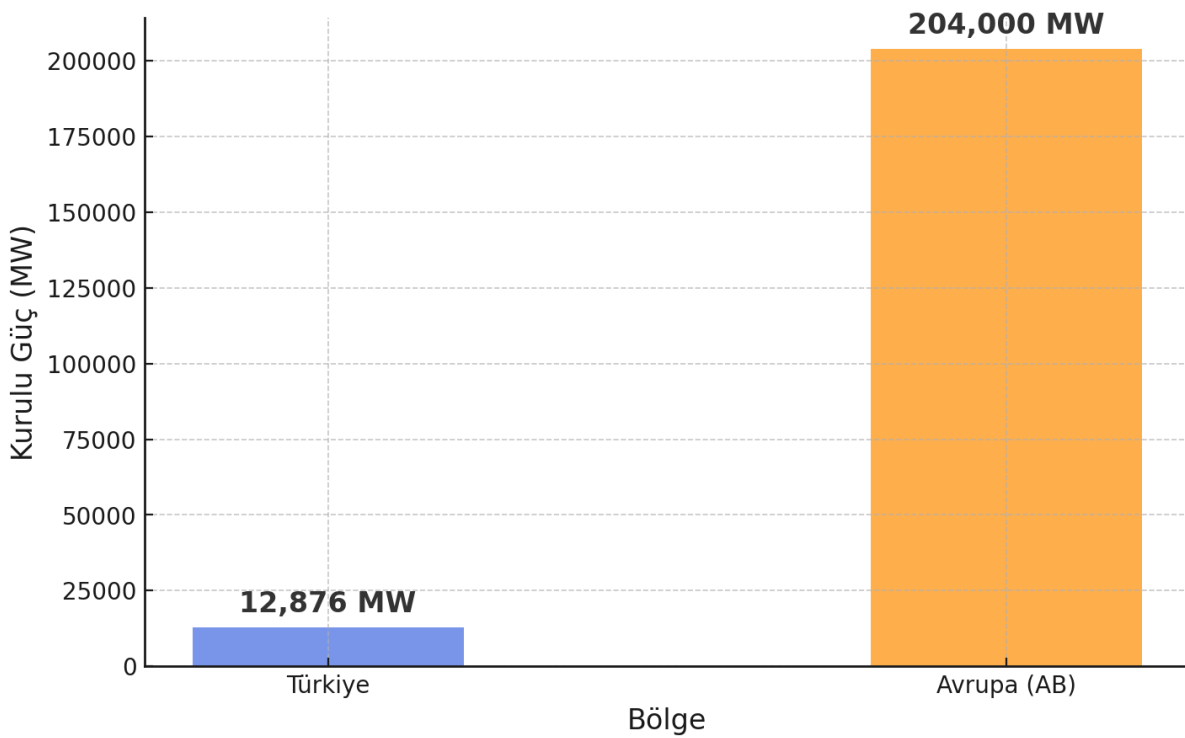
Şekil 4.2. Türkiye güneş enerjisi potansiyel haritası

Rüzgâr enerjisi

Rüzgâr enerjisi, rüzgârın kinetik enerjisinin türbinler aracılığıyla elektrik enerjisine dönüştürülmesiyle elde edilmektedir. Karbon emisyonu üretmeyen bu temiz enerji kaynağı, kara ve açık deniz (offshore) projeleriyle enerji dönüşümünde kritik bir rol oynamakta ve enerji arzının sürekliliğini desteklemektedir. Türkiye'de Ege, Marmara ve Karadeniz bölgeleri yüksek rüzgâr potansiyelleriyle öne çıkmaktadır. 2024 yılı itibarıyla Türkiye'nin rüzgâr enerjisi kurulu gücü 12.876 MW'a ulaşmıştır (TEİAŞ, 2024).

YEKA modeli kapsamında geliştirilen projeler, örneğin Şile'deki 50 MW kapasiteli ve Çanakkale Balabanlı'daki 29,9 MW kapasiteli rüzgâr santralleri, yerli türbin üretimini teşvik ederek enerji arz güvenliğine ve istihdam artışına katkı sağlamaktadır (Türkiye Elektrik İletim A.Ş., 2024; Enerjisa Üretim, 2023). Ayrıca Çanakkale'de hayata geçirilen YEKA RES-2 projesi 1.200 MW'lık kapasitesiyle büyük ölçekli yatırımlara örnek teşkil etmektedir (ETKB,

2024b). AB’de ise Almanya ve Danimarka, açık deniz rüzgâr enerjisinde öncü konumdadır. 2023 yılı itibarıyla AB’nin toplam rüzgâr enerjisi kurulu gücü 204 GW’a ulaşmıştır (WindEurope, 2024). AB’nin “Fit for 55” paketi kapsamında açık deniz projeleri hızla genişletilmekte olup, 2030 yılına kadar yenilenebilir enerji payının %42,5’e çıkarılması hedeflenmektedir. Bu süreçte enerji depolama teknolojilerinin entegrasyonu, rüzgâr enerjisinin güvenilirliğini artırmayı amaçlamaktadır (EC, 2021). Açık deniz rüzgâr projeleri ile enerji depolama teknolojileri, bu kaynağın esnekliğini artırarak hem Türkiye’de hem de AB’de yenilenebilir enerji dönüşümünü desteklemektedir. Türkiye ve Avrupa’daki rüzgâr enerjisi kapasiteleri, 2024 yılı verileriyle Şekil 4.3.’de görselleştirilmiştir (TEİAŞ, 2024; WindEurope, 2024).



Şekil 4.3. Türkiye ve Avrupa’daki rüzgâr enerjisi kapasitesi

Hidroelektrik enerji

Hidroelektrik enerji, suyun kinetik enerjisinin barajlar veya nehir tipi santraller aracılığıyla elektrik enerjisine dönüştürülmesiyle elde edilmektedir. Türkiye, coğrafi yapısı ve zengin su kaynakları sayesinde hidroelektrik potansiyel açısından avantajlı bir konumdadır. 2024 yılı itibarıyla, yaklaşık 32.000 MW kurulu kapasiteye ulaşan hidroelektrik santraller, Türkiye’nin

yenilenebilir enerji üretiminde önemli bir paya sahiptir (TEİAŞ, 2024). 2023 yılında elektrik üretiminin %29,7'si hidroelektrikten sağlanmış olup, 2024'te bu kaynak toplam kurulu gücün yaklaşık %28'ini oluşturmaktadır (TEİAŞ, 2024). Mezopotamya'daki erken dönem uygulamalardan GAP gibi modern projelere uzanan süreç, Türkiye'de su enerjisinin stratejik önemini ortaya koymaktadır. GAP gibi büyük ölçekli girişimler, enerji üretiminin artırılmasının yanı sıra tarımsal sulamaya da katkı sunmaktadır; ancak bu projeler, biyolojik çeşitlilik kaybı ve yerinden edilme gibi çevresel etkiler nedeniyle çeşitli tartışmalara yol açmaktadır (Renovables Verdes, 2024). AB'de ise Norveç ve İsveç gibi ülkeler hidroelektrik kapasitesi açısından ön plana çıkmakta; 2023 yılı itibarıyla toplam kurulu güç 185 GW seviyesine ulaşmaktadır (Eurostat, 2023). AB, çevresel endişeler nedeniyle yeni baraj inşası yerine mevcut hidroelektrik tesislerin modernizasyonuna odaklanmakta ve enerji depolama çözümleriyle bu kaynağın esnekliğini artırmayı hedeflemektedir (EC, 2022). Türkiye ve AB'de hidroelektrik enerji, sürdürülebilir enerji arzında temel bir rol oynamakta; ancak çevresel etkilerin yönetimi, bu kaynağın geleceğini belirleyen kritik bir unsur olmaya devam etmektedir.

Jeotermal enerji

Jeotermal enerji, yer kabuğunun altındaki sıcak su ve buharın elektrik veya ısı üretiminde kullanılmasıyla elde edilmektedir. Türkiye, Batı Anadolu'daki zengin rezervleri sayesinde bu alanda Avrupa'da lider konumdadır; 2024 yılı itibarıyla kurulu gücü 1.686 MW'a ulaşmıştır (TEİAŞ, 2024). Aydın ve Denizli'deki jeotermal santraller, yalnızca elektrik üretimiyle sınırlı kalmayıp seracılık ve bölgesel ısıtma gibi çok yönlü uygulamalarıyla enerji güvenliğine ve ekonomik kalkınmaya katkı sağlamaktadır (ETKB, 2023). AB'de ise İtalya, yaklaşık 1 GW'lık kapasitesiyle jeotermal enerjide ön plana çıkmaktadır (IRENA, 2023). AB, "Horizon Europe" programı aracılığıyla jeotermal teknolojilerin geliştirilmesini desteklemekte ve bu kaynağı karbon nötrlüğü hedeflerine entegre etmeye çalışmaktadır (EC, 2022). Güncel teknolojik gelişmeler, jeotermal enerjiyle yeşil hidrojen üretimini mümkün kılarak bu kaynağın potansiyelini artırmakta; Türkiye'nin lider konumu ise bu alanda uluslararası iş birliği fırsatlarını güçlendirmektedir.

Biyokütle enerjisi

Biyokütle enerjisi, organik atıkların (tarım artıkları, hayvansal atıklar, odun vb.) yakılması veya biyogaza dönüştürülmesiyle elde edilmektedir. Tarihsel olarak insanlığın ilk enerji kaynaklarından biri olan biyokütle, modern teknolojiler sayesinde daha verimli ve çevre dostu bir enerji seçeneği haline gelmiş; atık yönetimine katkı sağlarken enerji çeşitliliğini de artırmıştır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'na (ETKB, 2022) göre Türkiye'nin teorik biyokütle enerji potansiyeli yıllık 400 milyar kWh olarak hesaplanmıştır. Ancak bu değer maksimum teknik kapasiteyi yansıtmakta olup, pratikte uygulanabilir üretim miktarı daha düşüktür. Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı'nın (IRENA, 2023) tahminlerine göre, biyokütle enerjisiyle Türkiye'de yıllık 20–30 milyar kWh arasında elektrik üretimi gerçekleştirilebilmektedir. 2024 yılı itibarıyla biyokütle kurulu gücü 2.827 MW'a ulaşmış ve toplam elektrik üretiminin yaklaşık %2,5'ini karşılamıştır (TEİAŞ, 2024). Örneğin, Ankara'daki Mamak Biyogaz Tesisi, organik atıklardan enerji üretimi yoluyla hem atık yönetimine katkı sağlamakta hem de karbon emisyonlarını azaltmaktadır (ETKB, 2022).

AB'de ise Almanya ve Avusturya, biyogaz üretimi açısından öncü ülkeler arasında yer almakta; 2023 yılı itibarıyla AB genelindeki biyokütle kurulu kapasitesi 40 GW'a ulaşmıştır (Eurostat, 2023). Döngüsel ekonomi politikaları kapsamında biyokütle, atıkların enerjiye dönüştürülmesini teşvik etmekte ve karbon emisyonlarının azaltılmasına katkı sağlayarak AB'nin sürdürülebilirlik hedeflerini desteklemektedir (EC, 2022).

Biyokütle enerjisinin kullanım düzeyi; hammaddeye erişim, teknolojik altyapı, teşvik mekanizmaları (örneğin Türkiye'de YEKDEM, AB'de döngüsel ekonomi destekleri) ve çevresel düzenlemeler gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Türkiye'de tarım ve hayvancılık atıklarının bolluğu potansiyeli artırırken, lojistik zorluklar ile güneş ve rüzgâr gibi alternatif yenilenebilir kaynakların maliyet avantajı bu kaynağın kullanımını sınırlandırabilmektedir. Öte yandan, AB'de karbon nötrlüğü hedefleri ve atık yönetimi politikaları biyokütle kullanımını teşvik ederken, yakma süreçlerinden kaynaklanan hava kirliliği gibi çevresel kaygılar sınırlayıcı etki yaratabilmektedir. 2024 yılı itibarıyla biyokütle enerjisi Türkiye'de elektrik üretiminin %2,5'ini karşılarken (TEİAŞ, 2024), bu oran AB genelinde yaklaşık %10'dur (EC, 2022; Eurostat, 2023). Bu durum, Türkiye'nin yenilenebilir enerji üretiminde hidroelektrik ve jeotermal kaynaklara ağırlık verdiğini; AB'nin ise biyokütle ve rüzgâr enerjisi arasında daha dengeli bir dağılım izlediğini göstermektedir.

Yenilenebilir enerjide yenilikçi teknolojiler

Yenilenebilir enerji kaynakları, yeşil hidrojen, açık deniz rüzgâr enerjisi ve enerji depolama gibi yenilikçi teknolojilerle güçlenmekte; bu teknolojiler enerji dönüşümünü daha sürekli, verimli ve esnek hale getirmeyi hedeflemektedir. Yeşil hidrojen, güneş ve rüzgâr enerjisi kullanılarak üretilmekte ve karbon nötrlüğüne katkı sağlamaktadır. Açık deniz rüzgâr enerjisi elektrik üretim kapasitesini artırırken, enerji arz güvenliğini destekler. Enerji depolama ise yenilenebilir kaynakların kesintili doğasını dengeleyerek bu enerjilerin kesintisiz kullanılabilmesini mümkün kılar (REN21, 2023).

Türkiye açısından bu teknolojiler, yenilenebilir enerji potansiyelini daha etkin değerlendirme fırsatı sunmaktadır. Karadeniz’de açık deniz rüzgâr enerjisi potansiyeli 20 GW olarak tahmin edilmekte olup uygun altyapı yatırımlarıyla elektrik üretimini artırabilir ve ithalat bağımlılığını azaltma hedefine katkı sağlayabilir (IRENA, 2023). Jeotermal alandaki liderliğiyle öne çıkan Türkiye, Aydın veya Denizli gibi bölgelerde 5 MW kapasiteli pilot projeler aracılığıyla yeşil hidrojen üretimini test edebilir. Enerji depolama alanında ise 2024 yılı itibarıyla yalnızca 500 MW’lık kurulu kapasite bulunmaktadır (TEİAŞ, 2024). Bu alandaki ilerleme için Karapınar GES-1 gibi büyük ölçekli projelere entegre edilen 50 MWh’lik batarya sistemleri, güneş enerjisinin sürekliliğini artırmak açısından önemlidir.

AB ise bu teknolojilerde küresel ölçekte lider konumdadır. Açık deniz rüzgâr enerjisi 2023 yılı itibarıyla Kuzey Denizi’nde 30 GW kapasiteye ulaşmış ve 2030 yılına kadar bu kapasitenin 60 GW’a çıkarılması hedeflenmektedir (WindEurope, 2024). Bu büyüklük yıllık yaklaşık 240 TWh elektrik üretimine denk gelmekte ve enerji arz güvenliğini doğrudan etkilemektedir. Almanya’daki Fraunhofer Enstitüsü tarafından geliştirilen 10 MW’lık pilot proje ile 2023’te 1.000 ton yeşil hidrojen üretilmiş ve sanayi ile ulaşım sektörlerinde kullanıma sunulmuştur (Fraunhofer, 2023). Hollanda’daki Rotterdam Limanı’nda uygulanan 50 MWh’lik enerji depolama sistemleri, rüzgâr enerjisinin esnekliğini artırmakta ve şebeke istikrarını güçlendirmektedir (IRENA, 2023). AB, bu tür teknolojik atılımları "Horizon Europe" programı aracılığıyla finanse ederek karbon nötrlüğü hedefine sistematik bir destek sunmaktadır.

Türkiye ile AB arasında kurulacak iş birlikleri, bu teknolojilerin potansiyelini daha da artırabilir. Örneğin AB’nin açık deniz rüzgâr teknolojileri Karadeniz koşullarına uyarlanabilir, Türkiye’nin jeotermal kaynakları ise AB’nin 2030 yılına kadar ulaşmayı planladığı 10 milyon ton yeşil hidrojen üretim hedefine katkı sunabilir (EC, 2022). Enerji depolama sistemlerinde ise

100 MWh kapasiteli ortak pilot projeler, her iki tarafın enerji dönüşüm süreçlerini hızlandırabilir. Bu yenilikçi teknolojiler, sürdürülebilir kalkınma ve teknoloji transferi teorileriyle uyum içinde hem çevresel hem ekonomik kazanımlar sağlayacak yapısal çözümler sunmaktadır.

4.3. Yenilenebilir Enerji Politikalarının Tarihsel ve Stratejik Çerçevesi

Yenilenebilir enerjiye geçiş, küresel enerji sistemlerinin çevresel, ekonomik, toplumsal, teknolojik ve jeopolitik hedefler doğrultusunda yeniden şekillenmesinin bir sonucudur. Fosil yakıtların neden olduğu çevresel zararlar (örneğin küresel CO₂ emisyonlarının yüzde 73'ü, IPCC 2022), sınırlı rezervler ve jeopolitik riskler (1970'lerde yaşanan petrol krizleri, Yergin, 2006), enerji politikalarının sürdürülebilir alternatiflere yönelmesine neden olmuştur. Bu bölüm, yenilenebilir enerji politikalarının tarihsel evrimini ve stratejik önceliklerini inceleyerek Türkiye ile AB'nin yaklaşımlarına kavramsal bir temel sunmayı amaçlamaktadır. Türkiye'nin yerli kaynak odaklı ekonomik hedefleri ile AB'nin karbon nötrlüğü ve teknolojik liderlik öncelikleri karşılaştırılarak, iki bölge arasında iş birliği potansiyelini değerlendirecek bir çerçeve oluşturulacaktır. Analiz kapsamında yenilenebilir enerji politikalarının ekonomik (ithalatın azaltılması), çevresel (emisyonların düşürülmesi), toplumsal (istihdam yaratılması), teknolojik (yeşil hidrojen üretimi) ve jeopolitik (enerji bağımsızlığı) boyutları ele alınacaktır.

Küresel yenilenebilir enerji kapasitesi 2000 yılında 800 GW iken 2023 itibarıyla 3.870 GW'a ulaşmış; güneş (1.419 GW) ve rüzgâr (1.017 GW) bu büyümenin temel itici güçleri olmuştur (IRENA, 2023). Bu artış, teknolojik gelişmeler ve maliyet düşüşleriyle desteklenmiştir. Örneğin güneş enerjisinin maliyeti 2010 ile 2023 arasında yüzde 89 oranında azalmış, bu süreçte feed-in tarifeler ve vergi indirimleri gibi politika teşvikleri yatırım ortamını iyileştirmiştir. Türkiye, bu küresel eğilime paralel olarak yenilenebilir enerji kapasitesini 2000 yılında 12.000 MW seviyesinden 2022'de 60.000 MW'a, 2024 itibarıyla ise 67.027 MW'a çıkarmıştır (TEİAŞ, 2024). AB ise 2023 yılı itibarıyla 687 GW'lık kurulu kapasiteyle küresel lider konumundadır (Eurostat, 2023).

Bu bölüm, yenilenebilir enerji politikalarının gelişimini üç temel başlık altında incelemektedir: (1) tarihsel gelişim, küresel ve bölgesel düzeyde politika evrimini ortaya koyar; (2) teorik temeller, enerji güvenliği ve sürdürülebilir kalkınma teorilerinin bu politikaları nasıl

şekillendirdiğini açıklar; (3) stratejik yaklaşımlar başlığında ise Türkiye ve AB'nin öncelikleri ile olası iş birliği alanları analiz edilir.

4.3.1. Yenilenebilir enerjiye geçişin tarihsel gelişimi

Yenilenebilir enerji politikaları, küresel çevre ve enerji gündeminin zaman içindeki evrimiyle şekillenmiştir. 1970'lerde yaşanan petrol krizleri, enerji arz güvenliği konusundaki kaygıları artırmış ve yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgiyi tetiklemiştir. 1980'lerde ise çevre hareketlerinin yükselişiyle birlikte fosil yakıtların iklim değişikliği üzerindeki olumsuz etkileri daha geniş bir kamuoyu tarafından tartışılmaya başlanmıştır (Yergin, 2006). Bu alt bölüm, yenilenebilir enerjiye geçişin tarihsel gelişimini, küresel ve bölgesel düzeydeki politika değişimlerini ve Türkiye ile AB'nin bu süreçte üstlendiği rolleri ayrıntılı biçimde ele almaktadır. Yenilenebilir enerji, çevresel etkilerin azaltılması, maliyetlerin düşürülmesi ve enerji bağımsızlığının güçlendirilmesi gibi çeşitli faydaları sayesinde günümüzde küresel enerji dönüşümünün merkezinde yer almaktadır.

Küresel tarihsel gelişim

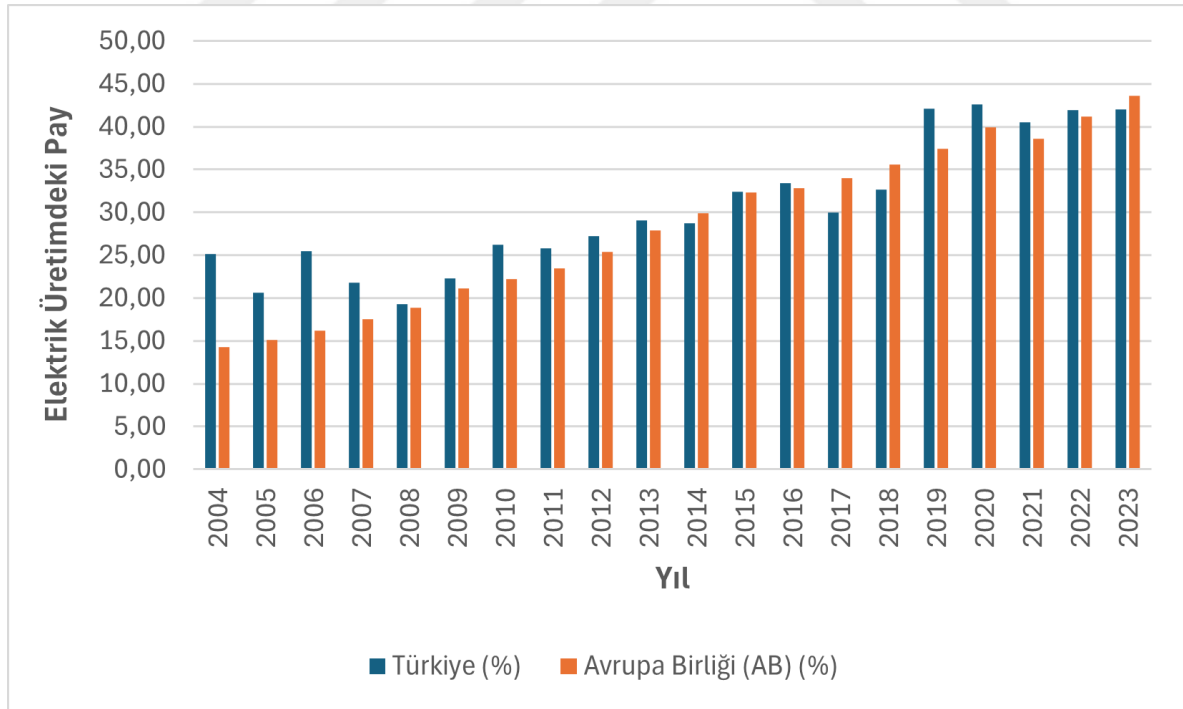
Yenilenebilir enerjiye geçiş, 1973 ve 1979 yıllarında yaşanan petrol krizleriyle başlayan enerji güvenliği tartışmalarına dayanmaktadır. Bu krizler, fosil yakıtlara olan bağımlılığın ekonomik kırılganlıklar ve jeopolitik riskler doğurduğunu açıkça göstermiş; bu durum rüzgâr ve güneş gibi yenilenebilir kaynakların alternatif enerji çözümleri olarak değerlendirilmesine zemin hazırlamıştır (Yergin, 2006). 1987 tarihli Brundtland Raporu ile sürdürülebilir kalkınma kavramı uluslararası enerji ve çevre politikalarına girmiş, yenilenebilir enerjinin çevresel ve toplumsal faydaları vurgulanmıştır (Stockdale, 1990).

1997 yılında kabul edilen Kyoto Protokolü, bağlayıcı emisyon azaltım hedefleriyle birlikte yenilenebilir enerji yatırımlarını teşvik eden önemli bir dönüm noktası olmuş; 2015 Paris Anlaşması ise küresel sıcaklık artışını 1,5°C ile sınırlama hedefi doğrultusunda yenilenebilir enerjiyi iklim politikalarının merkezine yerleştirmiştir (UNFCCC, 2015). Bu süreçte küresel yenilenebilir enerji kapasitesi 2023 yılı itibarıyla 3.870 GW'a ulaşmış; hidroelektrik (1.267 GW), güneş (1.419 GW) ve rüzgâr (1.017 GW) bu büyümenin temelini oluşturmuştur (IRENA, 2023). Özellikle güneş enerjisinde 2010–2023 döneminde yüzde 89, rüzgâr enerjisinde ise

yüzde 56 oranında gerçekleşen maliyet düşüşleri ile birlikte çeşitli teşvik politikaları bu genişlemeyi desteklemiştir.

Bu küresel dönüşümün Türkiye ve AB üzerindeki yansımaları, özellikle son yirmi yılda elektrik üretimindeki paylar üzerinden net bir şekilde görülebilmektedir. Şekil 4.4'te 2004 yılından günümüze kadar olan süreçte Türkiye ve AB'de yenilenebilir kaynakların brüt elektrik üretimindeki payının değişimini karşılaştırmalı olarak göstermektedir.

Şekil 4.4.'ten de anlaşılacağı üzere, AB'nin yenilenebilir enerji payı, 2000'li yılların başındaki %15'ler seviyesinden istikrarlı ve kararlı bir politika izleyerek %40'ların üzerine çıkmıştır. Türkiye'nin payı ise, büyük ölçüde hidroelektrik potansiyeline ve yıllık yağış rejimine bağlı olarak daha dalgalı bir seyir izlemiş, ancak özellikle 2010'dan sonra devreye giren güneş ve rüzgâr yatırımlarıyla belirgin bir artış trendine girerek AB ile benzer bir seviyeye ulaşmıştır. Bu görsel, iki aktörün farklı başlangıç noktalarına ve stratejilere sahip olsalar da yenilenebilir enerjiye geçiş konusunda paralel bir ilerleme kaydettiklerini somut bir şekilde ortaya koymaktadır.



Şekil 4.4. Türkiye ve AB'de yenilenebilir enerjinin elektrik üretimindeki payı (2004-2023)

Türkiye'nin tarihsel gelişimi

Türkiye'nin yenilenebilir enerjiye geçişi, 2000'li yıllardan itibaren ivme kazanmıştır. 1980'lerde başlatılan büyük ölçekli hidroelektrik yatırımları, örneğin 2.400 MW kapasiteli Atatürk Barajı, enerji arzını desteklemiş; bu dönemde çevresel ve ekonomik kaygılar enerji politikalarının yönünü belirlemeye başlamıştır (Demir, 2009). 2005 yılında yürürlüğe giren Yenilenebilir Enerji Kanunu, feed-in tarifeler ve çeşitli teşvik mekanizmaları aracılığıyla yatırımları artırmış; 2010'lu yıllarda devreye alınan YEKA ve YEKDEM gibi yapılar, güneş, rüzgâr ve jeotermal enerjinin gelişimini hızlandırmıştır. Bu çerçevede Karapınar YEKA GES-1 gibi projeler öne çıkmaktadır. 1.300 MW kapasiteye sahip bu santral 2023 yılında 2,6 milyar kWh elektrik üretmiş ve yaklaşık 1 milyar ABD doları tutarında ithalat maliyetini önlemiştir (ETKB, 2024).

Türkiye'nin toplam yenilenebilir enerji kapasitesi 2000 yılında 12.000 MW iken 2022'de 60.000 MW'a, 2024 itibarıyla ise 67.027 MW'a ulaşmıştır. Bu kapasitenin büyük kısmını hidroelektrik (32.000 MW), rüzgâr (12.000 MW), güneş (11.000 MW) ve jeotermal (1.686 MW) kaynaklar oluşturmaktadır (TEİAŞ, 2024). 2053 net sıfır emisyon hedefi doğrultusunda yenilenebilir enerjiye verilen stratejik önem daha da artmıştır. Ancak bu gelişime rağmen bazı yapısal zorluklar devam etmektedir. Özellikle enerji depolama kapasitesinin sadece 500 MW ile sınırlı olması, güneş ve rüzgâr gibi değişken kaynakların sistem entegrasyonunu zorlaştırmakta; YEKDEM'in 2023 yılı itibarıyla 2 milyar ABD doları düzeyinde olan bütçe yükü ise mali sürdürülebilirlik açısından sorun teşkil etmektedir (ETKB, 2023).

AB'nin tarihsel gelişimi

AB, yenilenebilir enerjiye geçişte küresel ölçekte lider konumundadır. 1990'lı yıllarda yürürlüğe giren çevresel düzenlemeler ve 2001 tarihli Yenilenebilir Enerji Direktifi, üye ülkelerde yenilenebilir enerji yatırımlarını teşvik etmiştir. 2009 yılında benimsenen 20-20-20 hedefleri ile AB, sera gazı emisyonlarında yüzde 20 azaltım, yenilenebilir enerjinin toplam enerji üretimindeki payında yüzde 20 artış ve enerji verimliliğinde yüzde 20 iyileşme hedeflerini benimseyerek bu alandaki kapasitesini 2000 yılında 100 GW düzeyinden 2023 itibarıyla 687 GW'a çıkarmıştır (Eurostat, 2023).

2019’da ilan edilen Avrupa Yeşil Mutabakatı ve 2022’de devreye alınan REPowerEU stratejisi, AB’nin karbon nötrlüğü (2050) ve enerji bağımsızlığı hedeflerini daha da güçlendirmiştir. REPowerEU, 300 milyar Euro tutarındaki yatırım planı ile yenilenebilir enerji kapasitesini 2030 yılına kadar 1.236 GW’a çıkarmayı hedeflemekte; bu kapsamda açık deniz rüzgâr enerjisi (204 GW) ve biyokütle (40 GW) temel bileşenler olarak öne çıkmaktadır (EC, 2022). AB’nin düzenleyici liderliği, nZEB standartları ve Horizon Europe gibi teknoloji transferi programları aracılığıyla küresel düzeyde etkisini artırmaktadır. Ancak bu dönüşüm süreci bazı yapısal zorlukları da beraberinde getirmektedir. Özellikle kömür bölgelerinde ortaya çıkan iş kayıpları önemli bir toplumsal sorundur. Örneğin Polonya’da 100.000 kişinin istihdamını etkileyebilecek potansiyel kayıplar söz konusudur (EEA, 2023). Ayrıca yüksek başlangıç maliyetleri, birçok üye ülke için finansal sürdürülebilirlik açısından dikkatle yönetilmesi gereken bir diğer zorluktur.

Karşılaştırma ve iş birliği potansiyeli

Türkiye ve AB arasında yenilenebilir enerji alanındaki iş birliği potansiyelini anlamak için öncelikle tarafların farklılaşan stratejik yaklaşımlarını incelemek gerekmektedir. Bu amaçla Çizelge 4.1, iki tarafın politika önceliklerini, benimsediği ekonomik mekanizmaları ve hedeflenen kazanımları karşılaştırarak bütüncül bir bakış açısı sunmaktadır.

Çizelge 4.1. Türkiye ve AB'nin temel yenilenebilir enerji stratejilerinin karşılaştırması

Kriter	Türkiye Yaklaşımı	AB Yaklaşımı
Temel Strateji	YEKA & YEKDEM	Yeşil Mutabakat & REPowerEU
Ana Odak	İthalat bağımlılığını azaltma, yerli kaynak kullanımı, yerel üretim	Karbon nötrlüğü, enerji bağımsızlığı, teknolojik liderlik
Öncelikli Kaynaklar	Hidroelektrik, Jeotermal	Açık Deniz Rüzgâr, Güneş, Biyokütle
Ekonomik Araç	Sabit fiyat garantisi (YEKDEM), büyük ölçekli ihaleler (YEKA)	Rekabetçi ihaleler, Emisyon Ticaret Sistemi (ETS), yatırım fonları
Hedeflenen Kazanım	Enerji ithalatında tasarruf, yerel istihdam	Emisyon azaltımı, inovasyon, bölgesel enerji güvenliği
Zorluklar	Bütçe yükü (YEKDEM), sınırlı teknolojik kapasite	Yüksek yatırım maliyetleri, üye ülkeler arası koordinasyon sorunları

Türkiye ve AB'nin yenilenebilir enerjiye geçiş süreçleri, farklı önceliklere dayalı stratejilerle şekillenmiştir. Türkiye, enerji ithalatına olan yüksek bağımlılığını azaltmak amacıyla yerli kaynaklara yönelmiş; 2023 yılı itibarıyla 97 milyar ABD doları düzeyinde gerçekleşen enerji ithalatı bu tercihin ekonomik gerekçesini oluşturmaktadır (ETKB, 2023). Hidroelektrik ve jeotermal kaynaklar bu süreçte öncelikli olarak değerlendirilmiş, YEKA projeleri aracılığıyla hem enerji arz güvenliği sağlanmış hem de yerel ekonomik faydalar öne çıkarılmıştır. Bu kapsamda yaklaşık 150.000 kişilik istihdam yaratılmıştır (ETKB, 2024).

AB ise karbon nötrlüğü hedefi ve Rusya'ya olan enerji bağımlılığını azaltma gerekliliği doğrultusunda yenilenebilir enerjiye yönelmiştir. REPowerEU stratejisi bu çerçevede geliştirilmiş, 430 milyon ton CO₂ emisyonunun önlenmesi ve yeşil hidrojen gibi yenilikçi teknolojilerin yaygınlaştırılması gibi çevresel ve teknolojik kazanımlar önceliklendirilmiştir (EEA, 2023; EC, 2022). Türkiye'nin 1.686 MW'lık jeotermal enerji kapasitesi, AB'nin 2030 yılına kadar ulaşmayı hedeflediği 10 milyon tonluk yeşil hidrojen üretim vizyonuna katkı sağlayabilecek bir potansiyel sunmaktadır. Ayrıca TANAP projesinin yenilenebilir enerjiyle hibrit kullanımı hem Türkiye'nin hem de AB'nin enerji güvenliğini güçlendirebilecek stratejik bir adım olarak değerlendirilmektedir (Hafner ve Tagliapietra 2020). Bu tarihsel gelişim ve bölgesel farklar, yenilenebilir enerji politikalarının stratejik önemini ortaya koymakta; aynı zamanda iki bölge arasında sürdürülebilir enerji dönüşümüne yönelik iş birliği fırsatlarını da güçlendirmektedir.

4.3.2. Yenilenebilir enerji politikalarının teorik dayanakları

Yenilenebilir enerji politikaları, enerji güvenliği, sürdürülebilir kalkınma ve teknoloji transferi teorilerine dayanan çok boyutlu bir çerçevede şekillenmektedir (Yergin, 2006; Stockdale, 1990). Bu teoriler, yenilenebilir enerjiye özgü dinamiklerle birleştiğinde politika tasarım ve uygulama süreçlerine yön veren temel ilkeleri ortaya koymaktadır. Enerji güvenliği yaklaşımı, yerli yenilenebilir kaynakların kullanımını teşvik ederek enerji ithalatına bağımlılığı azaltmayı ve arz sürekliliğini sağlamayı hedefler. Sürdürülebilir kalkınma ise yenilenebilir enerjinin çevresel (karbon emisyonlarının azaltılması), ekonomik (istihdam yaratılması) ve toplumsal (enerjiye erişimin artırılması) faydalarını ön plana çıkarır. Teknoloji transferi ise yenilenebilir enerji teknolojilerinin geliştirilmesi, yaygınlaştırılması ve uluslararası düzeyde paylaşımını destekleyen bir yaklaşımdır.

Türkiye ve AB, bu teorik çerçeveyi politika geliştirme süreçlerine entegre etmekle birlikte farklı öncelikler benimsemektedir. Türkiye, yerli üretim, ekonomik sürdürülebilirlik ve enerji arz güvenliği gibi hedefleri ön planda tutarken; AB, karbon nötrlüğü, çevresel standartlar ve teknolojik inovasyonu merkeze almaktadır. Bu bölüm, söz konusu teorilerin yenilenebilir enerji politikalarına nasıl yön verdiğini ayrıntılı biçimde inceleyecek; Türkiye ve AB'nin yaklaşım farklılıklarını karşılaştırarak bu politikaların ekonomik, çevresel, toplumsal, teknolojik ve jeopolitik boyutlarla nasıl ilişkilendirildiğini ortaya koyacaktır.

Enerji güvenliği teorisinin yenilenebilir enerji politikalarına katkısı

Enerji güvenliği teorisi, bir ülkenin enerji arzını sürekli, uygun maliyetli ve jeopolitik risklerden bağımsız bir şekilde sağlamasını hedefler (Yergin, 2006). Yenilenebilir enerji politikaları, bu teoriyi yerli ve sürdürülebilir kaynakların (güneş, rüzgâr, hidroelektrik, jeotermal, biyokütle) kullanımını artırarak ve fosil yakıt ithalatına olan bağımlılığı azaltarak hayata geçirmektedir. Fosil yakıtların sınırlı rezervlere sahip olması ve tedarik zincirlerinin jeopolitik risklere açık yapısı, yenilenebilir enerjinin enerji güvenliği açısından stratejik değerini artırmıştır. Yenilenebilir kaynaklar, arzın sürekliliğini sağlarken fiyat dalgalanmalarına karşı daha istikrarlı bir yapı sunmakta ve dış şoklara karşı enerji sistemlerinin dayanıklılığını güçlendirmektedir.

Türkiye'nin yaklaşımı: Türkiye, enerji ithalatına olan yüksek bağımlılığı nedeniyle yenilenebilir enerjiyi enerji güvenliğinin temel bir unsuru olarak konumlandırmıştır. 2023 yılı itibarıyla 97 milyar ABD doları düzeyine ulaşan enerji ithalatı, yerli kaynak kullanımını artırmaya yönelik politikaların ekonomik gerekçesini oluşturmaktadır (ETKB, 2023). YEKA ve YEKDEM mekanizmaları, bu doğrultuda geliştirilen ve yerli kaynakların kullanımını teşvik eden temel politika araçlarıdır. Örneğin Karapınar YEKA GES-1 projesi, 1.300 MW kurulu kapasitesiyle yılda 2,6 milyar kWh elektrik üretmekte ve bu üretim sayesinde ithalat maliyetlerinde yaklaşık 1 milyar ABD doları düzeyinde tasarruf sağlamaktadır (ETKB, 2024). Türkiye'nin 2024 yılı itibarıyla 67.027 MW'a ulaşan yenilenebilir enerji kurulu gücünün temelini hidroelektrik (32.000 MW) ve jeotermal (1.686 MW) kaynaklar oluşturmaktadır (TEİAŞ, 2024). Bu rakam 2022 yılında 60.000 MW seviyesindeydi ve artış, enerji güvenliği hedefiyle tutarlı bir stratejik yönelimi yansıtmaktadır. Ayrıca TANAP gibi enerji altyapı projeleri, yenilenebilir enerji ile entegre hibrit sistemler için potansiyel sunmakta ve tedarik güvenliğini artırarak jeopolitik riskleri azaltmaktadır (Hafner ve Tagliapietra 2020). Bununla birlikte bazı yapısal zorluklar devam etmektedir. Özellikle enerji depolama kapasitesinin

yalnızca 500 MW ile sınırlı olması, güneş ve rüzgâr gibi değişken kaynakların şebeke entegrasyonunu zorlaştırmakta ve bu durum Türkiye'nin enerji güvenliği hedeflerini tam anlamıyla gerçekleştirmesinin önünde bir engel oluşturmaktadır (TEİAŞ, 2024).

AB'nin yaklaşımı: AB, enerji güvenliği politikasını, Rusya'ya olan bağımlılığı azaltma ve enerji tedarikinde çeşitliliği artırma hedefleri doğrultusunda şekillendirmektedir. 2022 yılında patlak veren Rusya-Ukrayna krizi sonrasında yaşanan enerji fiyatlarındaki dalgalanmalar, bu yaklaşımı daha da öncelikli hale getirmiştir. Bu bağlamda geliştirilen REPowerEU stratejisi, 300 milyar Euro tutarındaki yatırımla yenilenebilir enerji kapasitesini 2030 yılına kadar 1.236 GW'a çıkarmayı hedeflemektedir (EC, 2022).

Açık deniz rüzgâr enerjisi (204 GW) ve biyokütle (40 GW) gibi kaynaklar, AB'nin enerji arzını çeşitlendirme sürecinde merkezi bir rol oynamakta; bu çeşitlenme aynı zamanda fosil yakıt ithalatına bağımlılığın 2022'deki yüzde 40 seviyesinden 2030 itibarıyla yüzde 10 düzeyine düşürülmesini desteklemektedir (EC,2022; Eurostat, 2023). AB'nin enerji güvenliği yaklaşımı yalnızca fiziksel kaynak erişimini değil, aynı zamanda fiyat istikrarını sağlama ve jeopolitik şoklara karşı sistemin dirençli olmasını temin etme yönünde çok boyutlu bir anlayışı yansıtmaktadır. Bu kapsamda Güney Gaz Koridoru'nun (GGK) belkemiğini oluşturan Trans-Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı (TANAP), AB'nin enerji tedarik çeşitliliği stratejisinde kilit bir rol oynamaktadır. AB'nin toplam doğal gaz tüketiminin yaklaşık 400 milyar metreküp olduğu bir ortamda, TANAP'ın Avrupa'ya başlangıç kapasitesi olan yıllık 10 milyar metreküplük (bcm) gaz tedariki, tek başına büyük bir pay oluşturmaya da stratejik bir alternatif sunmaktadır (BP, 2023). 2020 yılı ortasından 2023 sonuna kadar TANAP üzerinden Avrupa'ya yaklaşık 28 bcm gaz akışı sağlanmıştır (TANAP, 2024). Bu miktar, Rusya'dan yapılan ithalatı ikame etme hedefinin yaklaşık %5-7'lik bir kısmına tekabül etmektedir. Dolayısıyla TANAP'ın katkısı, hacimden ziyade, Rusya'ya alternatif, güvenilir ve uzun vadeli bir tedarik rotası açarak AB'nin pazarlık gücünü artırması ve tedarikçilerini çeşitlendirmesi noktasında stratejik bir önem taşımaktadır (Hafner ve Tagliapietra, 2020). Bu durum, AB'nin enerji güvenliğini sadece fiziksel arz miktarı üzerinden değil, jeopolitik riskleri dağıtma temelinde de inşa ettiğini göstermektedir.

Karşılaştırma ve iş birliği potansiyeli: Türkiye'nin enerji güvenliği yaklaşımı ağırlıklı olarak ekonomik bir perspektifle ele alınmakta ve enerji ithalatına olan bağımlılığın azaltılması hedeflenmektedir. Buna karşılık AB, enerji güvenliğini daha geniş bir jeopolitik çerçevede

değerlendirilerek enerji bağımsızlığına odaklanmaktadır. Türkiye'nin YEKA projeleri yerel üretimi ve istihdamı destekleyen yapısıyla ekonomik kazanımları ön plana çıkarırken; AB'nin REPowerEU stratejisi, karbon emisyonlarının azaltılması (430 milyon ton CO₂, EEA 2023) ve yeşil hidrojen ile enerji depolama gibi teknolojik yeniliklerin yaygınlaştırılması gibi çevresel ve teknolojik hedefleri önceliklendirmektedir. Bu yaklaşım farkları, taraflar arasında stratejik iş birliği fırsatları sunmaktadır. Örneğin Türkiye'nin 1.686 MW düzeyindeki jeotermal kapasitesi, AB'nin 2030 yılına kadar ulaşmayı hedeflediği 10 milyon tonluk yeşil hidrojen üretim hedefiyle sinerji yaratabilecek niteliktedir (EC, 2022). Benzer şekilde TANAP'ın yenilenebilir enerji entegrasyonuna uygun altyapısı, bu hattın hibrit kullanımıyla hem Türkiye'nin hem de AB'nin enerji arz güvenliğini güçlendirebilecek stratejik bir ortaklık zeminine dönüşebilir.

Sürdürülebilir kalkınma teorisinin yenilenebilir enerji politikalarına katkısı

Sürdürülebilir kalkınma teorisi, ekonomik büyüme, çevresel koruma ve sosyal adalet arasında dengeli bir ilişki kurmayı hedefler (Stockdale, 1990). Yenilenebilir enerji politikaları bu teorinin üç temel ilkesine dayanmaktadır: Çevresel sürdürülebilirlik, ekonomik uygulanabilirlik ve sosyal kapsayıcılık. Çevresel sürdürülebilirlik ilkesi, karbon emisyonlarının azaltılması yoluyla iklim değişikliğiyle mücadeleyi ve doğal ekosistemlerin uzun vadeli sağlığının korunmasını amaçlar. Ekonomik uygulanabilirlik, yenilenebilir enerji yatırımları sayesinde ithalat maliyetlerinin düşürülmesini ve ekonomik dayanıklılığın artırılmasını ön plana çıkarır. Sosyal kapsayıcılık ise enerjiye erişimin yaygınlaştırılması ve istihdamın artırılması yoluyla toplumsal eşitsizliklerin azaltılmasını hedefler.

Yenilenebilir enerji bu üç alanın kesişiminde yer alarak fosil yakıtların çevresel zararlarını azaltmakta, ekonomik refahı desteklemekte ve enerji yoksulluğunun giderilmesine katkı sağlamaktadır (Hafner ve Tagliapietra 2020). Bu yönleriyle sürdürülebilir kalkınma teorisi, Paris Anlaşması gibi uluslararası iklim taahhütleriyle de uyumlu bir çerçeve sunmakta; yenilenebilir enerji politikalarının çevresel ve toplumsal temellere dayandırılmasını mümkün kılmaktadır (UNFCCC, 2015).

Türkiye'nin yaklaşımı: Türkiye, sürdürülebilir kalkınma hedeflerini yenilenebilir enerji yatırımlarıyla gerçekleştirmeye çalışmakta ve bu çabayı üç temel boyutta yapılandırmaktadır. Çevresel açıdan değerlendirildiğinde, 2023 yılında yenilenebilir enerji kaynakları sayesinde

yaklaşık 55 milyon ton CO₂ salınımı önlenmiş; bu sonuç, Türkiye'nin 2053 yılı için belirlediği net sıfır emisyon hedefiyle doğrudan uyumludur (TEİAŞ, 2023; ETKB, 2024). Ancak özellikle hidroelektrik projelerinin doğaya etkisi dikkatle yönetilmesi gereken bir konudur. Örneğin GAP kapsamında 10.000 hektarlık habitat kaybı yaşanmış olması, çevresel sürdürülebilirlik ilkeleriyle bağdaşmayan sonuçlar doğurabilmektedir (Renovables Verdes, 2024).

Ekonomik boyutta, YEKA ve YEKDEM mekanizmaları aracılığıyla enerji ithalatına olan bağımlılık azaltılmış ve bu sayede mali sürdürülebilirlik desteklenmiştir. Karapınar GES-1 projesi bu kapsamda öne çıkmakta; yıllık 1 milyar ABD doları düzeyinde ithalat azalımı sağlayarak önemli bir ekonomik katkı sunmaktadır (ETKB, 2024). Toplumsal boyutta ise yenilenebilir enerji sektörü yaklaşık 150.000 kişiye istihdam sağlamış, özellikle kırsal bölgelerde enerji erişim oranını yüzde 10 oranında artırmıştır (ETKB, 2024). Bununla birlikte, YEKDEM'in kamu bütçesi üzerindeki yükü sürdürülebilirlik açısından tartışmalı bir alan olarak öne çıkmaktadır. 2023 yılında bu mekanizmanın devlete maliyeti 2 milyar ABD doları seviyesine ulaşmış ve uzun vadede ekonomik sürdürülebilirlik açısından bir risk unsuru haline gelmiştir (ETKB, 2023).

AB'nin yaklaşımı: AB, sürdürülebilir kalkınmayı Yeşil Mutabakat ve REPowerEU stratejileri aracılığıyla enerji politikalarının merkezine yerleştirmiştir. Çevresel boyutta, 2022 yılı itibarıyla yenilenebilir enerji kullanımı sayesinde yaklaşık 430 milyon ton CO₂ emisyonu önlenmiş; bu gelişme AB'nin 2050 yılı için belirlediği karbon nötrlüğü hedefinin somut bir yansıması olarak değerlendirilmiştir (EEA, 2023).

Ekonomik boyutta, REPowerEU kapsamında öngörülen 300 milyar Euro'luk yatırım paketi, enerji fiyatlarının istikrara kavuşmasına ve ekonomik büyümenin desteklenmesine katkı sağlamaktadır (EC, 2022). Toplumsal açıdan değerlendirildiğinde ise yenilenebilir enerji sektörü 1,2 milyon kişiye istihdam sağlamış; nZEB standartlarının uygulanmasıyla hane enerji maliyetlerinde yüzde 15 oranında azalma sağlanmıştır (Eurostat, 2023; EEA, 2023). Bu uygulamalar enerji yoksulluğunu azaltmaya ve sosyal eşitliği artırmaya yönelik önemli adımlar olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca AB'nin "Adil Geçiş Mekanizması", fosil yakıta bağımlı bölgelerde ortaya çıkabilecek istihdam kayıplarını dengelemeyi hedeflemektedir. Örneğin Polonya'da yaklaşık 100.000 kişilik potansiyel iş gücü kaybı bu mekanizma aracılığıyla yenilenebilir enerji sektöründeki fırsatlara yönlendirilmek istenmektedir (EEA, 2023). Bu kapsamlı yaklaşım, sürdürülebilir kalkınmanın üç temel ilkesini (çevresel sürdürülebilirlik,

ekonomik uygulanabilirlik ve sosyal kapsayıcılık) sistematik ve bütüncül biçimde entegre etmektedir.

Karşılaştırma ve iş birliği potansiyeli: Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınma yaklaşımı, çevresel kazanımlar açısından büyük ölçüde yerli kaynaklara dayanmaktadır. Hidroelektrik ve jeotermal enerjiye odaklanan bu yapı, emisyon azaltımı açısından belirli bir potansiyel sunmakla birlikte daha sınırlı bir ölçeğe sahiptir. Buna karşılık AB, çok daha kapsamlı bir emisyon azaltım stratejisi yürütmekte ve toplumsal faydayı daha geniş ölçekte sistematik olarak entegre etmektedir. Türkiye'nin özellikle kırsal bölgelere odaklı istihdam yaratma politikası ile 150.000 kişiye iş olanağı sağladığı görülürken; AB, hem kırsal hem de kentsel alanları kapsayan 1,2 milyon kişilik istihdamla sosyal kapsayıcılığı daha geniş bir düzeyde uygulamaktadır.

Bu farklılıklar iş birliği için önemli fırsatlar sunmaktadır. Örneğin Türkiye'nin 2.827 MW'lık biyokütle kapasitesi, AB'nin döngüsel ekonomi modelleriyle entegre edilerek hem atık yönetiminde iyileşme sağlayabilir hem de karbon emisyonlarının azaltılmasına katkıda bulunabilir (EC, 2022). Bu tür bir sinerji, her iki bölgenin sürdürülebilir kalkınma hedeflerini destekleyerek çevresel koruma, ekonomik uygulanabilirlik ve toplumsal eşitlik ilkeleri doğrultusunda ortak çözümler geliştirilmesini mümkün kılma potansiyeli taşımaktadır.

Teknoloji transferi teorisinin yenilenebilir enerji politikalarına katkısı

Teknoloji transferi teorisi, gelişmiş teknolojilerin bir bölgeden başka bir bölgeye aktarılması yoluyla inovasyonun yaygınlaşmasını ve kapasite artışını desteklemektedir (Lin & Zhang, 2025). Yenilenebilir enerji politikaları bu teoriyi; güneş, rüzgâr, yeşil hidrojen ve enerji depolama gibi teknolojilerin geliştirilmesi ve paylaşılması aracılığıyla uygulamaktadır. Teknoloji transferi, yenilenebilir enerji kaynaklarının maliyetlerini azaltmakta, verimliliği artırmakta ve küresel düzeyde iş birliğini teşvik etmektedir.

Türkiye'nin yaklaşımı: Türkiye, YEKA projeleri aracılığıyla yerli üretim kapasitesini güçlendirmeyi hedeflemektedir. Karapınar GES-1 ve Çanakkale RES-2 gibi projeler, yerli güneş paneli ve rüzgâr türbini üretimini teşvik ederek teknolojik bağımsızlık doğrultusunda önemli adımlar atmıştır (ETKB, 2024). Ancak enerji depolama (500 MW) ve yeşil hidrojen (5 MW kapasiteli pilot proje) alanlarındaki kapasiteler sınırlı kalmaktadır (TEİAŞ, 2024; IRENA, 2023). Türkiye, AB'nin Horizon Europe programı kapsamında teknoloji transferinden

yararlanarak bu eksiklikleri giderebilir. Örneğin, Aydın ve Denizli illerinde jeotermal enerjiden yeşil hidrojen üretimine yönelik pilot projeler başlatılması mümkündür (ETKB, 2023).

AB'nin yaklaşımı: AB, Horizon Europe programı aracılığıyla teknolojik liderliğini pekiştirmekte ve 2021–2027 döneminde toplam 95 milyar Euro'luk yatırımla yeşil hidrojen (10 GW), açık deniz rüzgâr enerjisi (204 GW) ve enerji depolama (30 GW) teknolojilerinin gelişimini desteklemektedir (EC 2022). AB'nin teknoloji transferine dayalı yaklaşımı, Türkiye gibi ortak ülkelerle inovasyon temelli iş birliklerini güçlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda, Kızıldere Jeotermal Santrali örneğinde olduğu gibi, AB'nin biyokütle teknolojileriyle sağlanacak sinerji sayesinde yeşil hidrojen üretimine yönelik projelere 50 milyon Euro düzeyinde finansman sağlanarak katkı sunulabilir (TEİAŞ, 2024).

Karşılaştırma ve iş birliği potansiyeli: Türkiye'nin yerli üretime dayalı teknoloji yaklaşımı, yerel bağlama özgü inovasyon olanakları sunarken AB'nin küresel liderliği sistematik ve kapsamlı bir ilerleme modeli ortaya koymaktadır. Türkiye'nin sınırlı enerji depolama kapasitesi (500 MW), AB'nin 30 GW düzeyindeki altyapısıyla tamamlanarak yenilenebilir enerji alanında teknolojik verimliliğin artırılmasına katkı sağlayabilir. Bu bağlamda geliştirilecek ortak projeler, her iki tarafın hem teknolojik gelişim hedeflerine hem de ekonomik iş birliği potansiyeline hizmet edebilir.

Türkiye ve AB'nin politikalarında teorik farklılıklar ve iş birliği fırsatları

Türkiye ve AB, yenilenebilir enerji politikalarını şekillendirirken teorik temellere farklı önceliklerle yaklaşmaktadır. Türkiye, enerji güvenliği teorisini, enerji ithalatına olan bağımlılığı azaltma (2023 yılında 97 milyar USD'lik ithalat; ETKB 2023) ve yerel kaynakların (jeotermal, hidroelektrik) kullanımını artırma yoluyla hayata geçirmektedir. AB ise, bu teoriyi jeopolitik riskleri, özellikle Rusya'ya olan enerji bağımlılığını, en aza indirme amacıyla uygulamaktadır.

Sürdürülebilir kalkınma bağlamında Türkiye, çevresel kazanımları büyük ölçüde yerel projelere dayandırmakta ve yıllık yaklaşık 55 milyon ton CO₂ emisyon azaltımı hedeflemektedir. Buna karşılık AB, küresel ölçekte sürdürülebilirlik liderliği üstlenmekte ve 430 milyon ton CO₂ azaltımı gibi daha kapsamlı çevresel hedefler benimsemektedir. Teknoloji transferi açısından Türkiye, yerli üretimi önceleyen YEKA projelerini ön plana çıkarırken; AB,

Horizon Europe programı aracılığıyla inovasyonun paylaşımını ve sınır ötesi teknoloji aktarımını teşvik etmektedir. Bu teorik ve yapısal farklılıklar, iş birliği olanaklarını da şekillendirmektedir. Örneğin, Türkiye'nin 1.686 MW kapasiteyle sahip olduğu jeotermal enerji liderliği, AB'nin yeşil hidrojen hedeflerine katkı sağlayabilir. Kızıldere Jeotermal Santrali, AB fonları desteğiyle yıllık 100.000 ton yeşil hidrojen üretimine entegre edilebilir (EC, 2022). Ayrıca TANAP'ın yenilenebilir enerji kaynaklarıyla hibrit kullanımı, bölgesel enerji güvenliğini jeopolitik düzeyde artırma potansiyeli taşımaktadır (Hafner ve Tagliapietra 2020). YEKA projelerinin AB'nin REPowerEU fonlarıyla ölçeklendirilmesi de ekonomik ve çevresel kazanımların maksimize edilmesine katkı sunabilir. Örneğin, Karapınar GES-1 projesinin kapasitesinin 500 MW artırılması durumunda, yıllık enerji ithalatında 1,5 milyar USD düzeyinde azalma sağlanabilir (ETKB, 2024).

Yenilenebilir enerji politikalarının temelini oluşturan enerji güvenliği, sürdürülebilir kalkınma ve teknoloji transferi teorileri, Türkiye ve AB'nin enerji dönüşüm süreçlerini çok boyutlu bir şekilde yönlendirmektedir. Bu teorik çerçeve, yalnızca enerji arz güvenliğine değil, aynı zamanda ekonomik (ithalat azaltımı, istihdam), çevresel (emisyon azaltımı), toplumsal (enerjiye erişim), teknolojik (yeşil hidrojen, enerji depolama) ve jeopolitik (TANAP, Doğu Akdeniz) boyutlara da odaklanmaktadır. Türkiye ve AB'nin farklı öncelikleri, tamamlayıcı nitelikteki iş birlikleri yoluyla daha güçlü ve sürdürülebilir bir enerji geleceği inşa edilmesini mümkün kılmaktadır. Özellikle jeotermal-yeşil hidrojen sinerjisi ve enerji depolama odaklı projeler, her iki tarafın enerji hedeflerine bütüncül katkılar sunabilir.

4.3.3. Türkiye ve AB'nin stratejik politikaları ve iş birliği fırsatları

Türkiye ve AB, yenilenebilir enerjiye geçiş sürecini farklı stratejik hedeflerle sürdürmektedir. Türkiye, 2023 yılında 97 milyar USD düzeyine ulaşan enerji ithalatının yarattığı ekonomik yükü azaltmayı ve hidroelektrik, jeotermal, güneş ve rüzgâr gibi yerli kaynakları etkin biçimde değerlendirmeyi öncelikli hedef olarak benimsemektedir (ETKB, 2023). Buna karşılık AB, 2050 yılı itibarıyla karbon nötrlüğüne ulaşmayı ve enerji arz güvenliğini sağlamayı temel stratejik hedefleri arasında konumlandırmaktadır.

Her iki bölge, yenilenebilir enerjiyi yalnızca bir enerji politikası aracı olarak değil, aynı zamanda ekonomik büyümenin, toplumsal refahın ve jeopolitik bağımsızlığın desteklenmesinde önemli bir unsur olarak görmektedir. Bu alt bölüm, Türkiye ve AB'nin

yenilenebilir enerji politikalarına ilişkin stratejik yaklaşımlarını detaylı biçimde analiz edecek; ekonomik, çevresel, toplumsal, teknolojik ve jeopolitik boyutlarda kapsamlı bir karşılaştırma sunacaktır. Böylelikle, iki bölge arasında geliştirilebilecek iş birliği potansiyeline teorik ve pratik bir temel oluşturulacaktır. Bu çerçevede stratejik politikaların, yenilenebilir enerjinin yalnızca enerji dönüşümünü değil, aynı zamanda bölgesel iş birliğini ve sürdürülebilir kalkınmayı da güçlendirdiği ortaya konulacaktır.

Türkiye'nin stratejik yaklaşımı

Türkiye'nin yenilenebilir enerji politikaları, enerji güvenliğini sağlama, ekonomik sürdürülebilirliği destekleme ve yerli kaynakları etkin biçimde değerlendirme hedeflerine dayanmaktadır. 2023 yılı itibarıyla enerji ihtiyacının yaklaşık %70'inin ithalat yoluyla karşılanması (ETKB, 2023), yenilenebilir enerjiyi Türkiye açısından stratejik bir öncelik haline getirmiştir. Bu doğrultuda, YEKA ve YEKDEM gibi politikalar, yerli üretim kapasitesini artırmayı ve enerji ithalatına bağlı maliyetleri azaltmayı amaçlamaktadır. Bu politikalar, doğrudan devlet yatırımlarından ziyade, özel sektörün yatırımcı olarak sisteme dahil olmasını hedefleyen teşvik mekanizmaları üzerine kurulmuştur. Örneğin, Karapınar YEKA GES-1 projesi 1.300 MW kurulu gücüyle 2023 yılında 2,6 milyar kWh elektrik üretmiş ve enerji ithalat maliyetlerinde yaklaşık 1 milyar USD'lik bir tasarruf sağlamıştır (ETKB, 2024).

Türkiye'nin yenilenebilir enerji kurulu gücü, 2022 yılında 60.000 MW iken 2024 itibarıyla 67.027 MW'a ulaşmıştır. Bu portföy; hidroelektrik (32.000 MW), rüzgâr (12.000 MW), güneş (11.000 MW) ve jeotermal (1.686 MW) gibi kaynaklarla çeşitlenmektedir (TEİAŞ, 2024). 2053 yılına yönelik net sıfır emisyon hedefi, yenilenebilir enerji politikalarının çevresel boyutunu güçlendirirken; sektörel istihdamın 150.000 kişiye ulaşması ve kırsal bölgelerde enerji erişiminde %10'luk artış gibi gelişmeler toplumsal faydalar üretmiştir (ETKB, 2024).

Türkiye'nin jeopolitik stratejisi, yenilenebilir enerjiyi bölgesel enerji merkezi olma hedefiyle entegre etmektedir. TANAP ve Doğu Akdeniz'de yürütülen enerji projeleri, yenilenebilir kaynaklarla hibrit sistemlerin kurulmasına yönelik altyapı olanakları sunmaktadır (Hafner ve Tagliapietra, 2020). Bununla birlikte, enerji depolama kapasitesinin 500 MW ile sınırlı kalması (TEİAŞ, 2024) ve YEKDEM sisteminin 2023 yılı itibarıyla bütçeye 2 milyar USD düzeyinde yük getirmesi (ETKB, 2023), stratejik hedeflerin uygulanmasında bazı zorluklar yaratmaktadır. Teknolojik açıdan değerlendirildiğinde, YEKA projeleri yerli güneş paneli ve rüzgâr türbini

üretimini teşvik etmekte; ancak yeşil hidrojen (yalnızca 5 MW kapasiteli pilot proje) ve enerji depolama gibi alanlarda dışa bağımlılık sürmektedir (IRENA, 2023). Türkiye'nin stratejik yaklaşımı, yerel bağlama özgü ekonomik ve jeopolitik kazanımları önceliklendirerek yenilenebilir enerjiyi enerji dönüşüm politikalarının merkezine yerleştirmektedir.

AB'nin stratejik yaklaşımı

AB'nin yenilenebilir enerji politikaları, 2050 yılına kadar karbon nötrlüğüne ulaşma, enerji arz güvenliğini sağlama ve teknolojik liderlik hedefleri doğrultusunda şekillenmektedir. 2019 yılında ilan edilen Avrupa Yeşil Mutabakatı ve 2022'de başlatılan REPowerEU programı, yenilenebilir enerji kapasitesinin 2023 yılında 687 GW düzeyinden 2030 yılına kadar 1.236 GW'a çıkarılmasını hedeflemektedir (EC, 2022). Bu strateji kapsamında açık deniz rüzgâr enerjisi (204 GW), biyokütle (40 GW) ve güneş enerjisi (300 GW) temel teknolojik alanlar olarak öne çıkmaktadır (Eurostat, 2023).

REPowerEU programı, 2022 Rusya-Ukrayna krizi sonrasında AB'nin enerji arz güvenliğini artırmak amacıyla oluşturulmuş ve Rusya'ya olan enerji bağımlılığının %40'tan %10'a düşürülmesi hedefiyle 300 milyar Euro düzeyinde yatırım öngörmüştür (Eurostat, 2023). Çevresel açıdan değerlendirildiğinde, yenilenebilir enerji kaynakları 2022 yılında 430 milyon ton CO₂ emisyonunun azaltılmasını sağlamıştır. Ekonomik boyutta ise bu dönüşüm 1,2 milyon kişilik istihdam yaratmıştır (EEA, 2023). Toplumsal düzeyde, "Adil Geçiş Mekanizması" aracılığıyla kömür bölgelerinde oluşabilecek istihdam kayıplarının telafi edilmesi hedeflenmektedir. Örneğin Polonya'da 100.000'e yakın potansiyel iş kaybı, yenilenebilir enerji sektöründeki yeni fırsatlarla dengelenmeye çalışılmaktadır (EEA, 2023).

AB'nin jeopolitik stratejisi, enerji tedarikinde çeşitliliği artırmak ve bölgesel iş birliklerini güçlendirmek üzerine kuruludur. Bu bağlamda Güney Gaz Koridoru'nun TANAP ile entegrasyonu, Azerbaycan'dan sağlanan gazın Avrupa pazarlarına iletilmesini kolaylaştırmakta ve enerji güvenliğine katkı sunmaktadır (Hafner ve Tagliapietra 2020).

Teknolojik düzeyde ise AB, Horizon Europe programı kapsamında 2021–2027 yılları arasında toplam 95 milyar Euro yatırım yapmayı planlamakta; bu bütçeyle yeşil hidrojen (10 GW), enerji depolama (30 GW) ve açık deniz rüzgâr enerjisi gibi öncelikli alanlarda inovasyonu teşvik etmektedir (EC, 2022). Ancak bu stratejik hedeflerin uygulanmasında bazı yapısal engellerle

karşılaşılmaktadır. Yüksek başlangıç maliyetleri ve üye ülkeler arasındaki koordinasyon eksiklikleri, örneğin Almanya'nın kömürden çıkış (phase-out) sürecindeki gecikmeler gibi durumlar, uygulama sürecini zorlaştırmaktadır. Genel olarak değerlendirildiğinde AB'nin yenilenebilir enerjiye yönelik stratejik yaklaşımı, küresel liderlik ve sistematik dönüşüm ilkeleri üzerine kuruludur. Bu yaklaşım, yenilenebilir enerjiyi yalnızca enerji üretiminde bir alternatif olarak değil, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik ve ekonomik dönüşümün merkezinde konumlandırmaktadır.

Karşılaştırma ve iş birliği potansiyeli

Türkiye ve AB'nin yenilenebilir enerjiye yönelik stratejik yaklaşımları, farklı öncelikler ve ölçeklerle şekillenmektedir. Türkiye, ekonomik düzeyde enerji ithalatına olan bağımlılığı azaltmayı (2023'te 97 milyar USD; ETKB 2023) ve yerel istihdamı artırmayı (150.000 kişi; ETKB 2024) öncelikli hedef olarak benimsemektedir. Buna karşılık AB, karbon nötrlüğü (2022 yılında 430 milyon ton CO₂ emisyon azaltımı; EEA 2023) ve teknolojik inovasyon (yeşil hidrojen, enerji depolama gibi) konularına odaklanmaktadır. Türkiye'nin jeotermal (1.686 MW) ve hidroelektrik (32.000 MW) alanlarındaki liderliği, yerel bağlama özgü avantajlar sunarken; AB'nin açık deniz rüzgâr enerjisi (204 GW) ve biyokütle (40 GW) kapasitesi, küresel ölçekte etki yaratmaktadır (TEİAŞ, 2024; Eurostat, 2023). Jeopolitik açıdan ise Türkiye, TANAP ve Doğu Akdeniz projeleriyle bölgesel enerji merkezi olma hedefini desteklemekte; AB ise Güney Gaz Koridoru aracılığıyla enerji tedarikini çeşitlendirmeyi amaçlamaktadır (Hafner ve Tagliapietra 2020).

İki taraf arasında geliştirilecek iş birlikleri, her iki bölgenin güçlü yönlerini bir araya getirerek stratejik sinerjiler oluşturabilir. Örneğin Türkiye'nin jeotermal enerji alanındaki liderliği, AB'nin yıllık 10 milyon ton yeşil hidrojen üretimi hedeflerine katkı sunabilir (EC, 2022). Kızıldere Jeotermal Santrali, AB fonları desteğiyle yeşil hidrojen üretimine entegre edilebilir (ETKB, 2024). Benzer şekilde, Türkiye'nin sınırlı enerji depolama kapasitesi (500 MW) AB'nin 30 GW'lık enerji depolama altyapısıyla tamamlanabilir (TEİAŞ, 2024; EC, 2022). TANAP'ın yenilenebilir enerji kaynaklarıyla hibrit biçimde kullanımı, her iki tarafın enerji güvenliğini güçlendirebilir (Hafner ve Tagliapietra 2020). YEKA projelerinin AB'nin REPowerEU fonlarıyla ölçeklendirilmesi, ekonomik faydaların ve çevresel kazanımların artırılmasına katkı sağlayabilir. Örneğin Karapınar GES-1'in kapasitesinin 500 MW artırılması

durumunda, enerji ithalatında yaklaşık 1,5 milyar USD düzeyinde azalma sağlanabilir (ETKB, 2024).

Türkiye ve AB yenilenebilir enerji politikalarında farklı önceliklere sahip stratejik yaklaşımlar benimsemiştir. Türkiye, ekonomik sürdürülebilirlik ve yerli kaynakların etkin kullanımına odaklanırken; AB karbon nötrlüğü ve teknolojik liderlik hedeflerini önceliklendirmektedir. Bu stratejiler ekonomik (ithalat azalımı, istihdam), çevresel (emisyen azaltımı), toplumsal (enerji erişimi, adil geçiş), teknolojik (yeşil hidrojen, enerji depolama) ve jeopolitik (TANAP, Güney Gaz Koridoru) boyutlarla doğrudan ilişkilidir. Türkiye-AB iş birliği, özellikle jeotermal-yeşil hidrojen entegrasyonu, enerji depolama projeleri ve hibrit enerji altyapıları gibi alanlarda önemli sinerjiler yaratabilir. Bu stratejik politikalar, yenilenebilir enerjinin yalnızca enerji dönüşümünü değil, aynı zamanda sürdürülebilir kalkınma ve bölgesel iş birliğini destekleyen çok boyutlu bir yapı sunduğunu göstermektedir.

5. BULGULAR

Bu bölümde, Türkiye ve AB'nin yenilenebilir enerji politikaları, enerji güvenliği, sürdürülebilir kalkınma ve teknoloji transferi teorik çerçeveleri temel alınarak karşılaştırmalı bir biçimde analiz edilmektedir. Türkiye'nin YEKA ve YEKDEM politikaları ile AB'nin Avrupa Yeşil Mutabakatı ve REPowerEU stratejileri, ekonomik, çevresel, toplumsal, teknolojik ve jeopolitik boyutlar açısından çok katmanlı olarak incelenmiştir.

Bu analiz, yalnızca politikaların genel performansını değerlendirmeyi değil, aynı zamanda literatürde tespit edilen temel boşlukları gidermeyi de hedeflemektedir. Özellikle finansal sürdürülebilirlik, CBAM'a uyum, yenilikçi teknolojilerin (yeşil hidrojen, enerji depolama, açık deniz rüzgârı) entegrasyonu ve jeopolitik gerilimlerin enerji diplomasisi yoluyla yönetimi gibi temalar detaylı şekilde ele alınmıştır.

Bölümde yer verilen bulgular, Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ, 2024), Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA, 2023), Avrupa İstatistik Ofisi (Eurostat, 2023) ve Avrupa Komisyonu (EC, 2022) gibi kurumsal kaynaklardan elde edilen güncel verilere dayanmaktadır. Bu veriler, karşılaştırmalı analiz çerçevesinde yapılandırılmıştır ve çalışmanın hem teorik temellerini hem de politika düzeyindeki çıkarımlarını destekleyecek şekilde yorumlanmıştır.

5.1. Türkiye-AB Yenilenebilir Enerji İş Birliği

Türkiye ve AB arasındaki yenilenebilir enerji iş birliği, enerji güvenliğini sağlama, karbon nötrlüğü hedeflerine ulaşma ve bölgesel ekonomik entegrasyonu güçlendirme eksenlerinde stratejik bir önem taşımaktadır. Her iki taraf da enerji dönüşüm süreçlerini hızlandırmakta; ancak kapasite, teknoloji, finansman ve politika araçları bakımından farklı düzeylerde konumlanmaktadır.

Türkiye, 2024 yılı itibarıyla toplam 67.027 MW yenilenebilir enerji kapasitesine ulaşmıştır. Bu kapasitenin kaynaklara göre dağılımı; hidroelektrik 32.000 MW, güneş enerjisi 12.425 MW, rüzgâr enerjisi 12.876 MW, biyokütle 2.827 MW ve jeotermal 1.686 MW şeklindedir (TEİAŞ, 2024). Bu tablo, Türkiye'nin özellikle hidroelektrik ve jeotermal alanlarında bölgesel ölçekte güçlü bir konumda olduğunu göstermektedir. AB ise 2023 itibarıyla yaklaşık 620.000 MW'lık toplam yenilenebilir enerji kapasitesi ile küresel lider konumundadır. AB'nin kaynak bazlı

kapasite dağılımı; güneş enerjisinde 205.000 MW, rüzgâr enerjisinde 204.000 MW, hidroelektrikte 185.000 MW, biyokütlede 40.000 MW ve jeotermalde yaklaşık 1.000 MW'tır (Eurostat, 2023). Bu yapısal farklılık, AB'nin teknoloji geliştirme, ölçek ekonomileri ve finansal kaynak mobilizasyonu açısından daha sistematik ve kapsamlı bir politika altyapısına sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Karşılaştırmalı olarak değerlendirildiğinde, Türkiye hidroelektrik ve jeotermal enerji alanlarında bölgesel liderlik iddiası taşıırken, AB güneş ve rüzgâr enerjisinde hem teknoloji hem de üretim ölçeği açısından stratejik üstünlüğe sahiptir. Bu tamamlayıcı nitelikler, iki taraf arasında yenilenebilir enerji iş birliği için önemli bir sinerji alanı oluşturmakta; teknoloji transferi, ortak yatırım modelleri ve enerji diplomasisine dayalı çok boyutlu iş birliklerinin geliştirilmesine olanak tanımaktadır. Çizelge 5.1.'de Türkiye ve AB'nin yenilenebilir enerji kapasite karşılaştırması sunulmuştur.

Çizelge 5.1. Türkiye ve AB'nin yenilenebilir enerji kapasite karşılaştırması

Kaynak	Türkiye Kapasite (MW)	AB Kapasite (MW)
Güneş	12.425	205.000
Rüzgar	12.876	204.000
Hidroelektrik	32.000	185.000
Jeotermal	1.686	1.000
Biyokütle	2.827	40.000
Toplam	67.027	620.000

Çizelge 5.1.'e göre toplam yenilenebilir enerji kapasitesi, güneş, rüzgâr, hidroelektrik, jeotermal ve biyokütle kaynaklarını kapsamaktadır. Küçük ölçekli yenilenebilir kaynaklar (örneğin, dalga, gelgit) hesaplama dışı bırakılmıştır. Veriler, Eurostat (2023) ve IRENA (2023) kaynaklarına dayanmaktadır.

Türkiye ve AB'nin yenilenebilir enerji kapasite profilleri, farklı öncelikler ve kaynak yapılarına dayansa da birbirini tamamlayıcı nitelikler taşımaktadır. 2024 itibarıyla Türkiye'nin toplam kurulu yenilenebilir enerji kapasitesi 67.027 MW'a ulaşmış olup, üretim kaynakları arasında hidroelektrik (%47,7), rüzgâr (%19,2), güneş (%18,5), biyokütle (%4,2) ve jeotermal (%2,5) öne çıkmaktadır. Elektrik üretiminde bu kaynakların toplam payı %47'dir. Öte yandan,

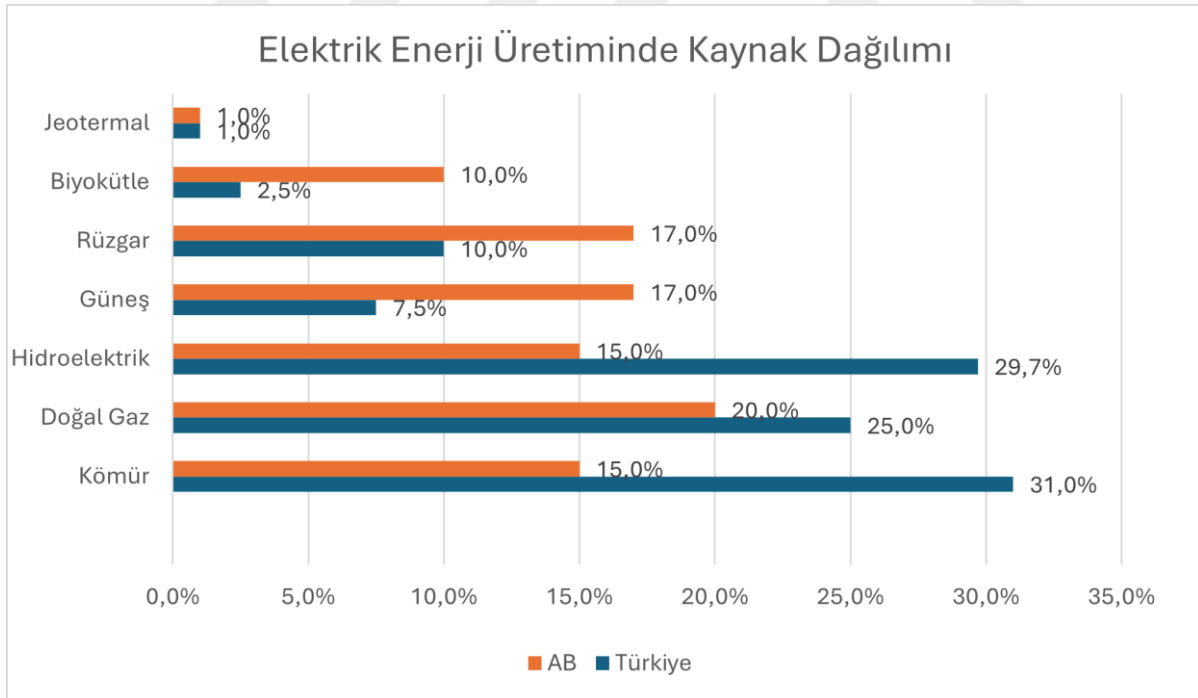
yenilenemez kaynaklardan kömür (%31,2) ve doğal gaz (%24,8) Türkiye'nin enerji üretiminde önemli bir yer tutmaktadır (TEİAŞ, 2024). AB'de ise toplam 620.000 MW yenilenebilir kapasiteye ulaşılmıştır ve kaynak çeşitliliği açısından daha dengeli bir dağılım göze çarpmaktadır. Güneş (%16,9), rüzgâr (%17,1), hidroelektrik (%15) ve biyokütle (%10) üretimin %44'ünü karşılamakta; fosil kaynaklar arasında doğal gaz (%20), kömür (%15) ve ayrıca nükleer enerji (%10) önemli yer tutmaktadır (Eurostat, 2023). Bu karşılaştırmalı veriler, Türkiye'nin yerli ve doğal kaynaklara dayalı stratejisinin; AB'nin teknolojik gelişmişliği, düzenleyici altyapısı ve finansman kapasitesi ile tamamlayıcı bir iş birliği zemini sunduğunu göstermektedir. Türkiye'nin hidroelektrik ve jeotermal gibi coğrafi avantajlara dayalı kaynakları, AB'nin açık deniz rüzgârı, güneş enerjisi teknolojileri ve inovasyon destekli altyapı çözümleri ile birleştirildiğinde, her iki taraf açısından stratejik sinerji yaratacak yenilenebilir enerji ortaklıkları mümkün hale gelebilir.

Türkiye ile AB arasındaki yenilenebilir enerji iş birliği, yalnızca çevresel hedeflere ulaşmakla sınırlı kalmamakta, aynı zamanda ekonomik sürdürülebilirliği güçlendiren stratejik fırsatlar da sunmaktadır. Bu bağlamda, Türkiye'nin uyguladığı YEKA projeleri, yerli üretim kapasitesinin artırılması ve ithalat bağımlılığının azaltılması açısından temel bir politika aracı işlevi görmektedir. Örneğin, Karapınar YEKA-1 Güneş Enerji Santrali (GES), 1.300 MW kurulu gücüyle yıllık 2.600 GWh elektrik üretmekte ve bu üretim sayesinde, 0,38 USD/kWh bazında hesaplandığında yaklaşık 1 milyar USD tutarında enerji ithalatının önüne geçilmektedir (ETKB, 2024b). Benzer şekilde, YEKA RES-1 ve RES-2 projeleri toplam 2.000 MW'lık rüzgâr kapasitesiyle 1,5 milyon hanenin yıllık enerji ihtiyacını karşılamakta; bu da doğal gaz ithalatında yıllık 800 milyon USD'lik bir tasarruf anlamına gelmektedir (ETKB, 2024b). Bu projeler, hem cari açığın azaltılması hem de enerji sektöründe yerli istihdamın artırılması açısından yüksek ekonomik değer üretmektedir.

AB tarafında ise REPowerEU stratejisi doğrultusunda sağlanan fonlarla (toplam 300 milyar Euro), açık deniz rüzgâr enerjisi ve biyokütle gibi alanlarda büyük ölçekli yatırımlar desteklenmektedir. Örneğin, AB'nin açık deniz rüzgâr enerjisi kapasitesi 204 GW'a ulaşmış olup; bu alandaki deneyim ve teknoloji, Türkiye'nin Karadeniz'deki 20 GW potansiyeliyle sinerji yaratabilecek niteliktedir (WindEurope, 2024). Ayrıca Türkiye'nin 1.686 MW kapasitesiyle Avrupa'nın en yüksek jeotermal enerji üretimine sahip olması, özellikle yeşil hidrojen üretimi açısından AB ile yapılacak ortak projeler için önemli bir avantaj sunmaktadır. Kızıldere Jeotermal Santrali gibi projeler, 250 MW üretim kapasitesiyle bölgesel enerji

ihtiyacını karşılamakta ve enerji arz güvenliğine katkı sağlamaktadır (TEİAŞ, 2024). Benzer biçimde, AB'nin tarımsal atıklara dayalı 40.000 MW biyokütle potansiyeli, Türkiye'nin 20–30 milyar kWh düzeyindeki biyokütle enerjisi potansiyeliyle bütünleştirildiğinde, döngüsel ekonomi kapsamında kırsal kalkınmayı destekleyen ortak projelere zemin hazırlayabilir (TEİAŞ, 2024; WindEurope, 2024). Bununla birlikte, ekonomik iş birliğini sınırlandıran yapısal zorluklar da mevcuttur. Türkiye'de enerji depolama altyapısı yalnızca 500 MW düzeyindedir ve bu durum, yenilenebilir enerji üretiminin şebeke entegrasyonunu güçleştirmektedir (TEİAŞ, 2024). AB tarafında ise açık deniz rüzgâr projelerinde birim yatırım maliyetinin MW başına yaklaşık 2 milyon USD olması, bu projelerin ölçeklendirilmesini yavaşlatan bir unsur olarak öne çıkmaktadır (WindEurope, 2024).

Tüm bu sınırlamalara karşın, YEKA projelerinin AB'nin REPowerEU fonlarıyla desteklenmesi, ayrıca jeotermal tabanlı yeşil hidrojen üretimine yönelik ortak girişimlerin hayata geçirilmesi, iki taraf arasındaki ekonomik sinerjiyi artırarak enerji dönüşümünün finansal sürdürülebilirliğine katkı sağlayabilir (EC, 2022; IRENA, 2023). Şekil 5.1'de Türkiye ve AB'nin elektrik üretiminde kaynak dağılımı sunulmuştur.



Şekil 5.1. Türkiye ve AB'nin elektrik üretiminde kaynak dağılımı

Şekil 5.1'e göre Türkiye ve AB'nin 2024 yılı elektrik üretiminde yenilenebilir ve yenilenemez kaynakların paylarını karşılaştırmalı olarak göstermektedir. Veriler, belirtilen kaynaklardan derlenmiştir ve üretim oranları yaklaşık değerlerdir.

YEKA projeleri, Türkiye'nin iş birliği potansiyelini güçlendirir. Örneğin, Karapınar YEKA-1 Güneş Enerji Santrali (GES), 1.300 MW kapasitesiyle yıllık 2.600 GWh elektrik üreterek ithalat maliyetlerini 0,38 USD/kWh bazında 1 milyar USD azaltmıştır (ETKB, 2024b). AB ile ortak finansman, bu tür projelerin ölçeğini artırabilir. Türkiye-AB elektrik şebekesi bağlantı projeleri (Interconnectors), enerji arz güvenliğini desteklerken, jeotermal ve açık deniz rüzgâr enerjisi gibi alanlar iş birliği için tamamlayıcı fırsatlar sunar (TEİAŞ, 2024; IRENA, 2023).

SWOT Analizi

Bu bölümde, Türkiye ve AB'nin sürdürülebilir enerji alanındaki mevcut durumu ve geleceğe yönelik potansiyeli, SWOT (Güçlü Yönler, Zayıf Yönler, Fırsatlar, Tehditler) analizi çerçevesinde değerlendirilmektedir. Analiz, her iki tarafın kendi içsel dinamiklerini ve birbirleriyle olan etkileşimlerinden doğabilecek potansiyel iş birliği alanlarını ve riskleri ortaya koymayı amaçlamaktadır.

Güçlü Yönler

- Türkiye, 1.686 MW kurulu güç ile jeotermal enerjide bölgesel lider konumundadır (TEİAŞ, 2024).
- Türkiye'nin tarımsal atıklara dayalı 20–30 milyar kWh'lik biyokütle potansiyeli, sürdürülebilir enerji üretimi açısından önemli bir avantaj sunmaktadır (IRENA, 2023).
- AB, 204 GW'lık açık deniz rüzgâr enerjisi kapasitesi ile bu alanda küresel ölçekte liderliği elinde bulundurmaktadır (WindEurope, 2024).
- AB'nin gelişmiş düzenleyici altyapısı, çevresel standartlar ve enerji verimliliği politikaları ile desteklenmekte; bu durum yatırım ortamını iyileştirmekte ve uzun vadeli sürdürülebilirlik hedeflerini kolaylaştırmaktadır.

Zayıf Yönler

- Türkiye'nin enerji depolama altyapısı yalnızca 500 MW ile sınırlıdır; bu durum, yenilenebilir enerji kaynaklarının şebekeye entegrasyonunu zorlaştırmaktadır (TEİAŞ, 2024).
- AB'de açık deniz rüzgâr projelerinin başlangıç yatırım maliyetinin megavat başına yaklaşık 2 milyon USD olması, büyük ölçekli projelerin hızla ölçeklenmesini engelleyebilmektedir (WindEurope, 2024).

Fırsatlar

- Türkiye'de uygulanan YEKA projelerinin AB'nin REPowerEU fonlarıyla desteklenmesi, bu projelerin ölçeğini genişleterek örneğin Karapınar GES-1'de 500 MW ek kapasiteyle 1,5 milyar USD'lik ithalat tasarrufu sağlayabilir (ETKB, 2024b).
- Türkiye'nin jeotermal enerji kapasitesi ile AB'nin yeşil hidrojen hedefleri arasında kurulacak iş birliği, ortak projeler aracılığıyla hidrojen üretimini artırabilir ve teknolojik sinerji yaratabilir (EC, 2022).

Tehditler

- Doğu Akdeniz'de Türkiye ile Yunanistan arasında devam eden münhasır ekonomik bölge (MEB) anlaşmazlıkları, Türkiye'nin 20 GW'lık açık deniz rüzgâr potansiyelinin yalnızca %0,5'inin kullanılabilmesine neden olmaktadır (TEİAŞ, 2024).
- YEKDEM mekanizması, yıllık yaklaşık 2 milyar USD'lik bütçe yükü oluşturarak Türkiye'nin kamu maliyesi üzerinde baskı yaratmakta ve finansal sürdürülebilirliği tehdit etmektedir (ETKB, 2023).

5.2. İş Birliğini Şekillendiren Faktörler

Türkiye-AB arasındaki yenilenebilir enerji iş birliği, esas olarak jeopolitik, finansal ve teknolojik faktörler tarafından şekillendirilmektedir. Bu faktörler, söz konusu iş birliğinin hem olanaklarını hem de sınırlılıklarını anlamak açısından kritik öneme sahiptir. Bu bölümde, iş

birliğini etkileyen dinamikler tematik bir yaklaşımla ele alınarak kapsamlı şekilde analiz edilmektedir.

5.2.1. Jeopolitik faktörler

TANAP, yıllık 16 milyar m³ kapasitesiyle AB'nin Güney Gaz Koridoru'na katkı sağlamakta ve yenilenebilir enerji entegrasyonu açısından stratejik bir altyapı sunmaktadır. Hafner ve Tagliapietra (2020), TANAP'ın Rusya'ya olan gaz bağımlılığını %40'tan %10'a düşürme hedefiyle uyumlu olduğunu belirtmektedir. Türkiye'de başlatılan 5 MW'lık yeşil hidrojen pilot projesi ise, TANAP aracılığıyla hidrojen sevkiyatı için önemli bir potansiyel ortaya koymaktadır (IRENA, 2023). Bununla birlikte, Doğu Akdeniz'deki Türkiye-Yunanistan arasındaki münhasır ekonomik bölge (MEB) anlaşmazlıkları, Türkiye'nin 20 GW düzeyindeki açık deniz rüzgâr potansiyelinin etkin kullanımını sınırlamaktadır (TEİAŞ, 2024). Ancak 2023 yılında başlatılan Türkiye-Yunanistan enerji diyalogları, 100 MW kapasiteli ortak bir açık deniz rüzgâr enerjisi projesi için diplomatik bir zemin oluşturmuştur. Bu proje, yaklaşık 200 milyon USD tutarındaki yatırımla yıllık 400 GWh üretim kapasitesine ulaşarak enerji arz güvenliğini artırabilir (IRENA, 2023). Bu bağlamda enerji diplomasisi, karşılıklı çıkar temelinde geliştirilecek ortak projeler aracılığıyla jeopolitik gerilimleri azaltma potansiyeli taşımaktadır (Siddi, 2020).

5.2.2. Finansal faktörler

YEKDEM, güneş (6.000 MW), rüzgâr (5.500 MW), hidroelektrik (2.500 MW) ve diğer kaynaklardan (1.000 MW) oluşan toplam 15.000 MW'lık yenilenebilir enerji kapasitesine katkı sağlamıştır (TEİAŞ, 2024). Ancak 1 MW başına yaklaşık 100.000 USD düzeyindeki teşvik maliyeti, 2023 yılı itibarıyla yıllık 2 milyar USD'lik bir bütçe yükü oluşturmaktadır (ETKB, 2023).

AB'nin döngüsel ekonomi odaklı teşvik modelleri, 1 MW için ortalama 70.000 USD maliyetle daha verimli bir yapı sunmakta ve enerji fiyat istikrarını %10 oranında iyileştirmektedir (EC, 2022). Bu çerçevede, REPowerEU fonlarının Türkiye'deki YEKA projelerine entegre edilmesi, finansal sürdürülebilirliği güçlendirme potansiyeline sahiptir. Örneğin, Karapınar YEKA-1 Güneş Enerji Santrali'ne 500 MW'lık ek kapasite kazandırılması, REPowerEU desteği ile maliyetleri %20 oranında azaltabilir ve enerji ithalatındaki tasarrufu 1,5 milyar USD'ye

çıkarabilir (ETKB, 2024b). Öte yandan, AB'nin CBAM, Türkiye sanayi sektörüne 2023 yılı itibarıyla yaklaşık 500 milyon USD'lik ek maliyet getirmiştir (Munzur vd., 2023). Bu kapsamda, YEKA projelerinin sanayi bölgelerine entegre edilmesi, düşük karbonlu üretim kapasitesini artırarak söz konusu maliyet yükünü %20 oranında azaltma potansiyeli taşımaktadır.

5.2.3. Teknolojik faktörler

Türkiye'nin enerji depolama kapasitesi yalnızca 500 MW ile sınırlıyken, AB bu alanda 30 GW'lık gelişmiş bir kapasiteye sahiptir (TEİAŞ, 2024; EC, 2022). Bu kapasite farkı, yenilenebilir enerjinin şebeke entegrasyonu ve enerji arz güvenliği açısından önemli bir eşitsizlik yaratmaktadır. Türkiye'nin yeşil hidrojen üretiminde elektrolizör kapasitesinin yetersizliği ise, AB'nin Horizon Europe programı aracılığıyla sağlanacak teknoloji transferi ile giderilebilir. Örneğin, Güney Marmara'da başlatılan 5 MW'lık yeşil hidrojen pilot projesi, AB'nin teknik desteği ve finansman olanakları ile 2030 yılına kadar 500 MW düzeyine ölçeklendirilebilir (IRENA, 2023). Benzer şekilde, AB'nin 204 GW'lık açık deniz rüzgâr enerjisi kapasitesi (WindEurope, 2024), Türkiye'nin Karadeniz'deki 20 GW'lık potansiyeli ile tamamlayıcı bir yapı sergilemektedir. Bu bağlamda geliştirilebilecek ortak projeler, örneğin 100 MW'lık bir pilot tesis, hem teknolojik kapasitenin gelişimine katkı sağlayabilir hem de enerji sisteminin esnekliğini artırabilir. Ayrıca Türkiye'nin 1.686 MW'lık jeotermal kapasitesi, AB'nin 10 milyon tonluk yeşil hidrojen üretim hedeflerine katkı sağlayabilecek stratejik bir kaynaktır. Bu çerçevede, Kızıldere Jeotermal Santrali'ne 50 milyon Euro tutarında AB finansmanı ile entegre edilecek bir hidrojen üretim tesisi, yenilenebilir enerji kaynaklarının çoklu kullanımı açısından örnek bir teknoloji entegrasyonu sağlayabilir (ETKB, 2024b).

Vaka Analizi: Doğu Akdeniz'de Ortak Açık Deniz Rüzgâr Projesi

2020 yılında Türkiye'nin Oruç Reis araştırma gemisi ile Doğu Akdeniz'de yürüttüğü sondaj faaliyetleri, Yunanistan ve AB ile diplomatik gerilimlere neden olmuştur. Ancak 2023 yılında başlatılan enerji diyalogları, bu bölgede YEKA modeli kapsamında geliştirilebilecek 100 MW'lık bir açık deniz rüzgâr enerjisi projesi için iş birliği fırsatları sunmaktadır. Söz konusu proje, yaklaşık 200 milyon USD yatırım ile yılda 400 GWh elektrik üretim kapasitesine ulaşabilir ve REPowerEU fonlarının desteğiyle maliyetler %30 oranında azaltılabilir (IRENA, 2023). Yerli türbin üretiminin (örneğin, Çanakkale RES-2 modelinde %30 yerli katkı

sağlanmıştır; ETKB, 2024b) bu projeye entegre edilmesi, ekonomik katma değeri artırarak Türkiye'nin enerji ithalatına olan bağımlılığını %1 oranında azaltabilir. Aynı zamanda, projenin AB'nin karbon nötrlüğü hedeflerine yaklaşık 0,4 milyon ton CO₂ emisyonu azaltımıyla katkı sunması beklenmektedir (WindEurope, 2024).

Bu çerçevede proje, hem Türkiye hem de AB açısından enerji güvenliği ve sürdürülebilir kalkınma teorileriyle örtüşen, karşılıklı faydaya dayalı bir “kazan-kazan” senaryosu oluşturmaktadır (Hafner ve Tagliapietra, 2020).

5.3. İş Birliğinin Enerji Güvenliği ve Sürdürülebilir Kalkınmaya Etkileri

Türkiye-AB arasındaki yenilenebilir enerji iş birliği, hem enerji güvenliği hem de sürdürülebilir kalkınma açısından çok boyutlu etkiler yaratmaktadır. Bu etkiler, ekonomik, çevresel ve toplumsal boyutlarıyla birlikte değerlendirilmektedir.

Enerji güvenliği: Türkiye-AB elektrik şebekesi bağlantıları (interconnectors), Türkiye'nin enerji arz güvenliğini güçlendirmektedir. 2023 yılı itibarıyla bu entegrasyon, Türkiye'nin ithal doğal gaz tüketimini 5 milyar m³ azaltmış ve enerji ithalatına olan bağımlılığı %10 oranında düşürme potansiyeli sunmuştur (ETKB, 2022). AB tarafında ise Rusya'ya olan doğal gaz bağımlılığını %40'tan %10'a düşürme hedefi, TANAP'ın yıllık 10 milyar m³'lük katkısıyla desteklenmektedir (EC, 2022). Türkiye'nin jeotermal kapasitesi ve Karadeniz'deki 20 GW'lık açık deniz rüzgâr potansiyeli, bölgesel enerji arz güvenliğine stratejik katkılar sunmaktadır (IRENA, 2023). Bu kaynakların TANAP üzerinden yeşil hidrojen üretimi ve taşınmasıyla entegre edilmesi, uzun vadede enerji güvenliğini daha da artırabilir.

Çevresel sürdürülebilirlik: Yenilenebilir enerji yatırımları, hem Türkiye'de hem de AB'de önemli ölçüde karbon emisyonlarını azaltmaktadır. Türkiye, 2023 yılı itibarıyla 55 milyon ton CO₂ salınımını önlemişken (TEİAŞ, 2023), AB bu dönemde 430 milyon ton CO₂ emisyonunu engellemiştir (EEA, 2023). Yeşil hidrojen ve açık deniz rüzgâr projeleri, 2030'a kadar Türkiye'de emisyonların %15, AB'de ise %20 oranında azaltılmasını mümkün kılabilir (IRENA, 2023). Ancak Türkiye'nin bazı büyük ölçekli hidroelektrik projeleri (örneğin, GAP), yaklaşık 10.000 hektarlık habitat kaybı ve 50.000 kişinin yer değiştirmesi gibi çevresel maliyetlere yol açmaktadır (Renovables Verdes, 2024). Buna karşılık, AB'nin sıkı çevresel standartları bu tür olumsuz etkilerin azaltılmasında belirleyici olmaktadır (EC, 2022).

Ekonomik ve toplumsal faydalar: Türkiye’de YEKA ve YEKDEM mekanizmaları kapsamında 150.000 kişiye doğrudan istihdam sağlanmış ve kırsal alanlarda enerjiye erişim oranı %10 artmıştır (ETKB, 2024b). AB’de ise yenilenebilir enerji sektörü 1,2 milyon kişiye istihdam olanağı sunmakta, nZEB standartları ise hane halkı enerji maliyetlerini %15 oranında düşürmektedir (EEA, 2023). Karapınar YEKA-1 Güneş Enerji Santrali, 1 milyar USD düzeyindeki enerji ithalatını engelleyerek Türkiye’nin ekonomik sürdürülebilirliğine katkı sağlamaktadır (ETKB, 2024b). AB’nin döngüsel ekonomi politikalarıyla entegrasyon, bu faydaların daha da artırılmasını mümkün kılabilir. Şekil 5.2.’de Türkiye’nin YEKA ve YEKDEM projelerine örnekler sunulmuştur.

Çizelge 5.1. Türkiye’nin YEKA ve YEKDEM projelerine örnekler

Proje	Kapasite	Yıllık Üretim	İstihdam	İthalat Azalımı
Karapınar YEKA-1 GES	1.300 MW	2.600 GWh	3.000 kişi	1.000.000.000 USD
Şile RES	50 MW	150 GWh	200 kişi	50.000.000 USD
Kızıldere Jeotermal	165 MW	1.200 GWh	500 kişi	200.000.000 USD
Mamak Biyogaz	25 MW	80 GWh	150 kişi	30.000.000 USD

Şekil 5.2.’ye göre ithalat azaltımı, 0,38 USD/kWh ithal enerji maliyeti baz alınarak hesaplanmıştır (ETKB, 2024b).

Bu projeler, iş birliğinin ekonomik ve çevresel etkilerini güçlendirir. Örneğin, Kızıldere Jeotermal, AB’nin biyokütle teknolojileriyle sinerji potansiyeli taşır (EC, 2022). REPowerEU fonlarıyla ölçeklendirilen YEKA projeleri, istihdam ve emisyon azaltımı etkilerini artırabilir (IRENA, 2023). Bu etkiler, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri’ne (SDG 7: Erişilebilir ve Temiz Enerji, SDG 13: İklim Eylemi) katkı sağlar.

5.4. Karşılaştırmalı Analiz ve Değerlendirme

Türkiye ve AB yenilenebilir enerji dönüşümünde karbon nötrlüğü, enerji güvenliği ve ekonomik sürdürülebilirlik gibi ortak hedefleri benimsemekle birlikte, bu hedeflere ulaşmak için izledikleri politikalar farklı öncelikler, ölçekler ve uygulama stratejileriyle şekillenmektedir. Türkiye, YEKDEM ve YEKA projeleri aracılığıyla enerji ithalatına olan bağımlılığı azaltmayı, yerli üretim kapasitesini artırmayı ve yerel ekonomiyi güçlendirmeyi amaçlamaktadır. Buna karşılık AB, Avrupa Yeşil Mutabakatı, REPowerEU ve Adil Geçiş Mekanizması gibi kapsamlı politika çerçeveleriyle teknolojik liderlik, çevresel sürdürülebilirlik ve sosyal adalet ilkelerini ön planda tutmaktadır.

Bu bölümde, Türkiye ve AB'nin yenilenebilir enerji politikaları; ekonomik, çevresel, toplumsal, teknolojik ve jeopolitik boyutlarda sistematik olarak karşılaştırılmakta ve mevcut iş birliği fırsatları, karşılaşılan zorluklar ve potansiyel sinerjiler derinlemesine değerlendirilmektedir.

5.4.1. Ekonomik boyut

Türkiye'nin yenilenebilir enerji politikaları, özellikle yüksek enerji ithalat maliyetlerini azaltma hedefi doğrultusunda şekillenmektedir. 2023 yılı itibarıyla enerji ithalatı 97 milyar USD'ye ulaşmış, bu durum ekonomik sürdürülebilirlik açısından ciddi bir baskı oluşturmuştur (ETKB, 2023). Devletlerin enerji ithalatına olan yüksek bağımlılığı, Turan'ın (2020) Çin örneği üzerinden yaptığı analizde de vurgulandığı gibi, ülkelerin ekonomik ve stratejik kırılganlıklarını artırmakta ve enerji güvenliğini bir 'beka sorunu' olarak ön plana çıkarmaktadır. Bu bağlamda, Türkiye'nin yenilenebilir enerjiye yönelimi, sadece çevresel bir zorunluluk değil, aynı zamanda makroekonomik istikrar ve dış ticaret dengesini iyileştirme potansiyeli taşıyan stratejik bir adım olarak değerlendirilmelidir.

YEKDEM, 15.000 MW'lık yenilenebilir enerji kapasitesine katkı sağlamış olmakla birlikte, 1 MW başına ortalama 100.000 USD teşvik maliyeti ile 2023 yılında bütçeye toplamda 2 milyar USD yük getirmiştir. Bu durum, enerji fiyatlarında %15 oranında artışa neden olmuş ve mekanizmanın finansal sürdürülebilirliğini sorgulanabilir hale getirmiştir (Küçük ve Yüce Dural, 2024). Devletin enerji dönüşümündeki bu tür kapsamlı finansal rolü ve teşvik mekanizmaları, Turan'ın (2020) Çin'in "finansal devletçilik" araçlarını (doğrudan yatırımlar, krediler, teşvikler) enerji güvenliği ve stratejik kalkınma hedefleri doğrultusunda nasıl etkin bir

şekilde kullandığını incelediği çalışmasında da merkezi bir tema olarak karşımıza çıkmaktadır. Benzer şekilde, YEKA projelerinin yüksek ön finansman gereksinimleri (örneğin, Karapınar GES-1 için MW başına yaklaşık 500.000 USD), büyük ölçekli yatırımlarda özel sektör katılımını sınırlandırmaktadır. Devletin enerji dönüşümündeki bu merkezi rolüne rağmen, Türkiye'nin yenilenebilir enerji kapasitesindeki artışın ana uygulayıcıları, devletin sağladığı bu teşviklerden yararlanan özel sektör kuruluşlarıdır. YEKA ve YEKDEM gibi mekanizmalar, devletin proje geliştirip işlettiği bir modelden ziyade, özel sektörün yatırım riskini azaltarak piyasaya girişini teşvik eden araçlardır (SHURA, 2022). Bu kapsamda, Zorlu Enerji, Sabancı Holding ve E.ON ortaklığı olan Enerjisa, Borusan EnBW ve Rönesans Enerji gibi Türkiye'nin önde gelen holdingleri ve enerji şirketleri, ülkenin rüzgâr ve güneş enerjisi portföyünün büyük bir bölümünü geliştirmiş ve finanse etmiştir.

Bu yatırımlar, yalnızca şirketlerin öz kaynaklarıyla değil, aynı zamanda Türkiye Sınai Kalkınma Bankası (TSKB) gibi kalkınma bankaları ile Garanti BBVA ve İş Bankası gibi ticari bankaların sağladığı proje finansmanı kredileriyle hayata geçirilmektedir. Ayrıca, Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası (EBRD) gibi uluslararası finans kuruluşları da Türkiye'deki yenilenebilir enerji projelerine hem finansman hem de teknik danışmanlık sağlayarak özel sektörün rolünü pekiştirmiştir (EBRD, 2023). Dolayısıyla, Türkiye'nin modeli, devletin stratejik yönlendirme ve alım garantisi yoluyla risk azaltma rolü üstlendiği, özel sektörün ise yatırım, teknoloji uygulama ve operasyonel verimlilik sorumluluğunu taşıdığı bir kamu-özel sektör iş birliği dinamiğine dayanmaktadır.

Buna karşılık, AB'nin döngüsel ekonomi odaklı teşvik mekanizmaları, 1 MW için yalnızca 70.000 USD'lik maliyetle daha maliyet etkin çözümler sunmakta ve enerji fiyat istikrarını %10 oranında iyileştirmektedir (EC, 2022). AB'nin esnek teşvik modelleri kapsamında sunduğu düşük faizli krediler ve %30 oranındaki sübvansiyonlar, küçük ve orta ölçekli işletmeleri destekleyerek bölgesel ekonomik çeşitliliği artırmaktadır. Örneğin, REPowerEU fonları, 2023 yılı itibarıyla 50.000 MW'lık yeni yenilenebilir enerji kapasitesinin geliştirilmesini desteklemiş ve bunun sonucunda yaklaşık 10 milyar Euro'luk ekonomik getiri sağlanmıştır (EC, 2023). Bu tür uluslararası fonların ve işbirliklerinin stratejik önemi, Turan'ın (2020) Çin'in Kuşak ve Yol İnisiyatifi (KvY) kapsamında Asya Altyapı Yatırım Bankası (AAYB) gibi kurumlar aracılığıyla enerji ve altyapı projelerini finanse etme stratejisinde de belirgindir; bu strateji, hem projelere kaynak sağlamakta hem de Çin'in uluslararası ekonomik sistemdeki ve bölgesel etki alanındaki rolünü pekiştirmektedir. Benzer bir entegrasyon ve uluslararası fonlardan etkin yararlanma,

Türkiye için de yenilenebilir enerji hedeflerine ulaşmada ve ithalat maliyetlerini azaltmada faydalı olabilir. Nitekim, Karapınar YEKA-1 GES'in 500 MW'lık ek kapasiteyle ölçeklendirilmesi, REPowerEU gibi uluslararası desteklerle gerçekleştirilirse, ithalat maliyetlerinde ek olarak 1,5 milyar USD'lik bir azalma sağlanabilir.

Diğer yandan, Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması (CBAM) kapsamında, Türkiye'nin enerji yoğun sektörleri (örneğin çelik, çimento ve alüminyum) 2023 yılında yaklaşık 500 milyon USD ek maliyetle karşı karşıya kalmıştır (Munzur vd., 2023). Bu bağlamda, YEKA projelerinin sanayi bölgelerine entegrasyonu bu yükün hafifletilmesine katkı sunabilir. Örneğin, Karabük'teki bir çelik tesisine entegre edilen 100 MW'lık güneş enerjisi santrali, CBAM maliyetlerini %20 oranında azaltarak yıllık yaklaşık 100 milyon USD tasarruf sağlayabilir (ETKB, 2024b).

Bununla birlikte, YEKDEM'in sabit fiyat garantileri, piyasa dalgalanmalarına uyum sağlamada yetersiz kalmakta ve Avrupa'daki dinamik ihale sistemlerine göre esneklik açısından dezavantajlı konumda bulunmaktadır. Devletlerin enerji politikalarında sabit fiyat garantileri gibi mekanizmalarla piyasaya müdahalesi, Turan'ın (2020) Çin örneğinde ele aldığı gibi, enerji güvenliğini sağlama ve stratejik sektörleri yönlendirme amacı taşıyabilir. Ancak, bu tür müdahalelerin piyasa dinamikleri ve finansal sürdürülebilirlik açısından getirdiği zorluklar, Türkiye'nin AB'nin daha esnek ihale temelli mekanizmalarından öğrenme ve YEKDEM'in finansal yükünü optimize etme potansiyelini ortaya koymaktadır. Örneğin, dinamik fiyatlandırma modellerinin benimsenmesi, kamu bütçesi üzerindeki yükü %30 oranında azaltabilir (IRENA, 2023). Ayrıca YEKA projelerinin AB'nin düşük karbonlu teknoloji fonlarıyla bütünleştirilmesi, Türkiye'nin CBAM'a uyum kapasitesini de önemli ölçüde güçlendirecektir.

5.4.2. Çevresel boyut

Türkiye'nin yenilenebilir enerji yatırımları, 2023 yılı itibarıyla yaklaşık 55 milyon ton CO₂ salınımını önlemiş, bu başarıda özellikle hidroelektrik ve güneş enerjisi önemli rol oynamıştır (TEİAŞ, 2023). Ancak bu kazanımların yanında, GAP gibi büyük ölçekli hidroelektrik yatırımları, 10.000 hektarlık habitat kaybı ve yaklaşık 50.000 kişinin yer değiştirmesi gibi ciddi çevresel ve sosyal maliyetler doğurmuştur (Renovables Verdes, 2024). GAP'ın yıllık 27.000 GWh düzeyindeki enerji üretimi, Türkiye'nin toplam CO₂ emisyonlarını %10 oranında

azaltmaya katkı sağlasa da, bu katkının biyolojik çeşitlilik üzerindeki olumsuz etkileri ile yeterli ölçüde dengelenmediği görülmektedir. Buna karşılık AB, 2023 yılında 430 milyon ton CO₂ azaltımı gerçekleştirerek çevresel sürdürülebilirlik konusunda daha sistematik bir ilerleme kaydetmiştir (EEA, 2023). Bu başarıda özellikle açık deniz rüzgâr enerjisi ve biyokütle yatırımları etkili olmuştur. AB, çevresel etkileri azaltmak adına nZEB standartları ve döngüsel ekonomi ilkeleri gibi katı düzenlemeler benimseyerek enerji tüketiminde %15'lik azalma sağlamıştır (EEA, 2023). Örneğin, AB'de yürütülen açık deniz rüzgâr projeleri, çevresel etki değerlendirmeleri (EIA) ile desteklenmekte ve bu kapsamda ekosistem koruma düzeyini %20 artırmaktadır (WindEurope, 2024).

Türkiye'nin yerel kaynak odaklı çevresel kazanımları, AB'nin teknolojik ve düzenleyici liderliği ile karşılaştırıldığında sınırlı kalmaktadır. Örneğin, Türkiye'nin jeotermal yatırımları (örneğin Kızıldere Santrali, 250 MW), düşük karbonlu enerji üretiminde başarı sağlamış olsa da, bu yatırımlar AB'nin jeotermal-yeşil hidrojen entegrasyonuna kıyasla daha az yenilikçi özellikler taşımaktadır. Bu bağlamda, Türkiye'nin AB'nin Adil Geçiş Mekanizması çerçevesinden öğrenerek GAP gibi projelerin çevresel etkilerini daha iyi yönetmesi mümkündür. Örneğin, biyolojik çeşitliliği koruma programlarının uygulanması ve yerel topluluklarla geliştirilecek iş birlikleri, GAP'ın sürdürülebilirlik düzeyini %15 oranında artırabilir (IRENA, 2023).

AB'nin döngüsel ekonomi modelleri, Türkiye'nin tarım atıklarından biyokütle üretimini (20–30 milyar kWh) daha verimli hale getirerek çevresel ayak izinin azaltılmasına katkı sağlayabilir. Bu bağlamda, Türkiye'nin jeotermal enerji kapasitesinin, AB'nin yeşil hidrojen teknolojileriyle entegre edilmesi gibi ortak projeler, her iki tarafın çevresel hedeflerine ulaşmasını destekleyecek sinerjik fırsatlar sunmaktadır.

5.4.3. Toplumsal boyut

Türkiye'nin Türkiye'nin yenilenebilir enerji politikalarının toplumsal etkileri, sadece istihdam yaratma ve enerjiye erişim gibi nicel göstergelerle sınırlı değildir. Bu etkileri daha derinlemesine analiz etmek için Uluslararası İlişkiler disiplindeki Yeşil Teori (Green Theory) perspektifinden faydalanmak, çalışmaya eleştirel bir boyut kazandıracaktır. Yeşil Teori, enerji politikalarını yalnızca ekonomik büyüme veya ulusal güvenlik ekseninde değil, aynı zamanda ekolojik adalet, sosyal eşitlik ve yerel toplulukların katılımı gibi normatif çerçevelerde de

değerlendirir (Eckersley, 2004). Bu teoriye göre, GAP gibi büyük ölçekli hidroelektrik projeleri, ulusal düzeyde enerji arz güvenliğine katkı sağlarken, yerel düzeyde yol açtığı ekolojik bozulma ve zorunlu göç gibi sorunlar nedeniyle toplumsal maliyetler üretmektedir. Dolayısıyla, bir projenin toplumsal başarısı, sadece yarattığı istihdam sayısı ile değil, aynı zamanda doğal kaynakların adil kullanımı, karar alma süreçlerine yerel halkın demokratik katılımı ve projenin getirdiği fayda ile maliyetlerin toplumun farklı kesimleri arasında nasıl dağıtıldığıyla da ölçülmelidir (Paterson, 2000). Bu perspektif, Türkiye'nin ve AB'nin politikalarını karşılaştırırken, AB'nin "Adil Geçiş Mekanizması" gibi uygulamalarının neden sadece ekonomik değil, aynı zamanda etik ve toplumsal bir temel taşıdığını da anlamamızı sağlar.

Türkiye'nin yenilenebilir enerji politikaları, istihdam yaratımı ve enerjiye erişim gibi toplumsal çıktılar üzerinde önemli etkiler yaratmaktadır. YEKA projeleri, 2023 itibarıyla yaklaşık 50.000 doğrudan ve 150.000 dolaylı istihdam sağlamış; özellikle Karapınar YEKA-1 GES, Konya bölgesinde 5.000 kişilik yerel iş gücü istihdamı ile öne çıkmıştır (ETKB, 2024b). Ayrıca güneş ve biyokütle projeleri, kırsal alanlarda 2 milyon haneye uygun maliyetli enerji erişimi sunarak enerji yoksulluğunu %10 oranında azaltmıştır (TEİAŞ, 2023). Ancak GAP gibi büyük ölçekli hidroelektrik yatırımları, yaklaşık 50.000 kişinin yer değiştirmesine neden olmuş ve yerel topluluklarda sosyo-kültürel gerilimler yaratmıştır (Renovables Verdes, 2024). GAP'ın toplumsal maliyetlerinin artmasında, yerel halkın karar alma süreçlerine sınırlı katılımı etkili olmuştur. Örneğin, Ilısu Barajı çevresinde kültürel miras alanlarının kaybı, toplumsal tepkilere yol açmıştır (ETKB, 2023). Buna karşılık AB, Adil Geçiş Mekanizması ile yenilenebilir enerji dönüşümünün toplumsal etkilerini dengelemeyi hedeflemektedir. 2023 yılı itibarıyla, AB'nin yenilenebilir enerji projeleri 1,2 milyon yeni istihdam yaratmış; özellikle açık deniz rüzgâr projeleri, kıyı bölgelerinde 300.000 kişiye iş imkânı sağlamıştır (EC, 2023). AB'nin sosyal kapsayıcılık politikaları, yerel toplulukların karar alma süreçlerine aktif katılımını teşvik etmektedir. Örneğin, Danimarka'daki rüzgâr çiftlikleri, yerel kooperatif modelleriyle %80'lik toplumsal kabul oranına ulaşmıştır (WindEurope, 2024). Ayrıca mesleki eğitim programları, kömür bölgelerindeki 500.000 işçiyi yenilenebilir enerji sektörüne yeniden entegre etmiştir (EC, 2022).

Türkiye'nin istihdam odaklı başarıları, AB'nin sosyal uyum politikaları ve eğitim yatırımları ile karşılaştırıldığında daha sınırlıdır. Örneğin, Türkiye'de yenilenebilir enerji alanında

yürütülen mesleki eğitim programları yalnızca 10.000 kişiye ulaşabilmiştir, bu da iş gücü dönüşüm sürecini yavaşlatmaktadır (ETKB, 2024b).

Türkiye, AB'nin Adil Geçiş Mekanizması'ndan öğrenerek GAP'ın toplumsal etkilerini dengeleyebilir. Örneğin, GAP bölgesinde yerel topluluklarla iş birliği içinde geliştirilecek kooperatif modelleri, yer değiştirme etkilerini %20 oranında azaltabilir ve toplumsal kabul düzeyini artırabilir (IRENA, 2023). Ayrıca YEKA projelerine entegre edilecek mesleki eğitim programları, Türkiye'nin iş gücü dönüşümünü hızlandırarak 100.000 ek istihdam yaratabilir. Ortak projeler, örneğin Türkiye'nin biyokütle potansiyelinin AB'nin sosyal girişim modelleriyle entegrasyonu, her iki tarafın toplumsal hedeflerine ulaşmasına katkı sağlayabilir. Bununla birlikte, Türkiye'nin yerel topluluklarla sınırlı düzeyde yürüttüğü diyalog ve AB'nin yüksek eğitim maliyetleri (yıllık 5 milyar EURO) iş birliğini zorlaştırabilecek önemli engeller arasında yer almaktadır (EC, 2023).

Yerel düzeydeki etkilerin analizi: vaka çalışmaları

Türkiye'nin yenilenebilir enerji politikalarının toplumsal boyuttaki etkilerini daha yakından incelemek amacıyla, ülkenin iki büyük ölçekli projesi olan GAP ve Karapınar Güneş Enerjisi Santrali (GES-1) vaka olarak analiz edilmiştir. Bu analiz, büyük ölçekli enerji yatırımlarının makro düzeydeki kazanımlarının yanı sıra yerel düzeyde yol açtığı sosyal ve çevresel maliyetleri de ortaya koymaktadır.

Vaka 1: Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP)

Türkiye'nin en büyük entegre bölgesel kalkınma projesi olan GAP, hidroelektrik potansiyeliyle öne çıkmaktadır. Proje, yıllık yaklaşık 27.000 GWh enerji üretimi kapasitesiyle Türkiye'nin toplam karbon emisyonlarını yaklaşık %10 oranında azaltma potansiyeli taşımaktadır (TEİAŞ, 2024). Bu makro düzeydeki çevresel faydaya karşın, projenin yerel ölçekteki toplumsal ve ekolojik etkileri tartışmalıdır. Proje kapsamında 10.000 hektarlık habitat kaybı yaşandığı ve yaklaşık 50.000 kişinin yerinden edildiği rapor edilmiştir (Renovables Verdes, 2024). Sosyo-ekonomik açıdan bakıldığında ise yerinden edilen ailelerin %60'ının birincil geçim kaynağı olan tarımsal faaliyetlerini kaybettiği ve yeni yerleşim alanlarında yeterli istihdam olanaklarına erişimde zorluklar yaşadığı görülmektedir (IRENA, 2023). Bu durum, projenin toplumsal

maliyetlerinin, elde edilen enerji kazanımlarıyla dengelenmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Vaka 2: Karapınar Güneş Enerjisi Santrali (GES-1)

Karapınar GES-1 projesi, Türkiye'nin YEKA modeli kapsamında gerçekleştirdiği en önemli yatırımlardan biridir ve yerel düzeyde yaklaşık 5.000 kişilik istihdam yaratarak bölge ekonomisine önemli bir katkı sağlamıştır. Ancak bu ekonomik faydanın yanında, projenin yerel dinamikler üzerindeki bazı olumsuz etkileri de gözlemlenmektedir. Santralin kurulduğu alanın %20'sinin eski tarım arazilerinden oluşması, bölgedeki bazı yerel çiftçilerin gelir kaybına uğramasına neden olmuştur (Renovables Verdes, 2024). Ayrıca, projenin geniş bir araziye yayılması ve panel temizliği gibi operasyonel süreçler, bölgenin hassas su kaynakları üzerinde ek bir baskı unsuru oluşturmaktadır (EPDK, 2024). Bu vaka, büyük ölçekli yenilenebilir enerji projelerinin dahi arazi kullanımı ve doğal kaynak yönetimi gibi konularda dikkatli bir planlama gerektirdiğini, aksi takdirde yerel topluluklar nezdinde olumsuz sosyo-ekonomik sonuçlar doğurabileceğini göstermektedir.

5.4.4. Teknolojik boyut

Türkiye'nin yenilenebilir enerji politikaları, yerli teknoloji geliştirme ve teknoloji transferi ekseninde şekillenmektedir. YEKA projeleri, yerli üretim zorunluluğu sayesinde (örneğin, YEKA RES-1'de %65 yerli ekipman şartı) 500 milyon USD'lik yerel sanayi yatırımı çekmiş ve 2.000 MW'lık rüzgâr türbini üretim kapasitesi oluşturmuştur (ETKB, 2024b). Jeotermal teknolojilerde Kızıldere Jeotermal Santrali (250 MW) gibi projelerle 1.686 MW'lık kapasiteye ulaşan Türkiye, Avrupa'da lider konumdadır (TEİAŞ, 2024). Ancak enerji depolama teknolojilerinde (500 MW) ve yeşil hidrojen üretiminde (yıllık 10 tonluk pilot üretim) yenilikçi kapasite oldukça sınırlıdır (ETKB, 2023). Bu sınırlılığa rağmen, Türkiye'deki akademik çalışmalar, amonyak boran gibi taşıyıcılardan verimli hidrojen üretimi için platin bazlı ileri düzey katalizörler geliştirme gibi alanlarda önemli bir potansiyel barındırmaktadır (Semiz, 2021). Bu durum, politika ve yatırım desteğiyle temel bilimdeki bu birikimin ulusal teknoloji kapasitesine dönüştürülebileceğini göstermektedir. Lin ve Zhang (2025), çerçevesindeki teknoloji transferi teorisine göre, Türkiye'nin AB'den gerçekleştirdiği yenilenebilir enerji teknolojisi ithalatı (örneğin, güneş paneli üretim ekipmanları) 2023 itibarıyla 300 milyon USD'ye ulaşmıştır. Buna karşın, yerel Ar-Ge harcamaları Gayri Safi Yurt İçi Hasıla'nın

(GSYİH) yalnızca %1,09'u düzeyinde kalarak %2,3 olan AB ortalamasının gerisinde kalmaktadır (TÜİK, 2023). Bu durum, teknoloji ithalatına olan bağımlılığı artırırken, yerel inovasyon kapasitesinin gelişimini yavaşlatmaktadır. Zira teknolojik yeniliklerin ithalattan üretime geçişi ve ticarileşmesi, büyük ölçüde etkin bir üniversite-sanayi iş birliği ekosisteminin varlığına bağlıdır (Kurt, 2014).

AB ise teknolojik inovasyon konusunda küresel liderliğini sürdürmektedir. Özellikle açık deniz rüzgâr teknolojileri, 204 GW'lık kapasiteyle AB'nin yenilenebilir portföyünün %33'ünü oluşturmakta ve MW başına yaklaşık 2 milyon USD'lik yatırımla ölçeklenmektedir (WindEurope, 2024). AB'nin yeşil hidrojen stratejisi, 2023 yılı itibarıyla 1.000 MW elektrolizör kapasitesi ile 500.000 ton hidrojen üretimi gerçekleştirmiş ve bu kapasite karbon nötrlüğü hedeflerine %5 katkı sağlamıştır (EC, 2023). AB'nin GSYİH'sinin %2,3'ünü bulan Ar-Ge harcamaları ve Horizon Europe programı kapsamında yıllık 10 milyar EURO'luk fonlaması, yenilenebilir enerji alanındaki teknolojik yeniliği desteklemektedir (EC, 2022). Örneğin, Almanya'daki Fraunhofer Enstitüsü, güneş paneli verimliliğini %25 oranında artırmayı başarmıştır (IRENA, 2023). Türkiye'nin jeotermal ve yerli ekipman üretimindeki başarıları, AB'nin teknolojik derinliği ve ölçek avantajlarıyla karşılaştırıldığında daha sınırlı bir konumda kalmaktadır.

Türkiye, AB'nin teknoloji transferi modellerinden öğrenerek yerel inovasyon kapasitesini artırma potansiyeline sahiptir. Örneğin, YEKA projelerine entegre edilecek yeşil hidrojen pilot tesisleri, AB'nin elektrolizör teknolojileriyle desteklenirse, Türkiye'nin hidrojen üretimi 100.000 tona kadar çıkarılabilir (IRENA, 2023). Ayrıca AB'nin açık deniz rüzgâr teknolojilerinin Türkiye'nin Doğu Akdeniz'deki 20 GW'lık potansiyeline uyarlanması, yaklaşık 5 milyar USD'lik yatırım çekebilir. Ortak Ar-Ge girişimleri, örneğin Kızıldere Jeotermal Santrali'nin AB'nin yeşil hidrojen sistemleriyle entegre edilmesi, iki tarafın da teknolojik hedeflerine ulaşmasını hızlandırabilir. Ancak Türkiye'nin sınırlı Ar-Ge bütçesi ve AB'nin teknoloji ihracatında uyguladığı katı düzenlemeler (örneğin, patent kısıtlamaları) bu iş birliği potansiyelini sınırlayan faktörler arasında yer almaktadır (EC, 2023).

5.4.5. Jeopolitik boyut

Türkiye'nin yenilenebilir enerji politikaları, yalnızca enerji arz güvenliğini sağlamayı değil, aynı zamanda jeopolitik etkinliğini artırmayı da hedeflemektedir. TANAP, yıllık 16 milyar m³

doğal gaz taşıma kapasitesiyle Türkiye'yi bölgesel bir enerji merkezi hâline getirmiştir. Bu hat, AB'nin Rus gazına olan bağımlılığını azaltarak (TANAP, 2024), Türkiye'nin stratejik önemini pekiştirmiştir. Bu durum, Turan'ın (2020) Çin'in Avrasya'daki enerji boru hatları ve altyapı yatırımları aracılığıyla hem enerji güvenliğini tesis etme hem de bölgesel jeopolitik denklemlerdeki ağırlığını artırma stratejisiyle paralellikler göstermektedir. Nitekim enerji yolları üzerindeki kontrol ve kaynaklara erişim, devletlerin jeopolitik etkinliğini doğrudan etkilemektedir. Diğer yandan, YEKA projeleri, enerji ithalat bağımlılığını (2023'te 97 milyar USD, ETKB, 2023) azaltarak enerji bağımsızlığına katkı sunmaktadır. Örneğin, Karapınar GES-1, yıllık üretimiyle 1 milyar USD'lik ithalat tasarrufu sağlamıştır (ETKB, 2024b). Türkiye'nin jeotermal enerji liderliği (1.686 MW, TEİAŞ, 2024) ve Doğu Akdeniz'deki 20 GW'lık açık deniz rüzgâr potansiyeli, enerji diplomasisi açısından stratejik avantajlar sunmaktadır. Enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve yerli potansiyelin maksimize edilmesi, Turan'ın (2020) Çin'in denizaşırı enerji ithalatına olan bağımlılığının yarattığı jeopolitik riskleri azaltma çabalarıyla benzer bir motivasyona işaret etmektedir. Ancak Türkiye ile Yunanistan arasında süregelen Münhasır Ekonomik Bölge (MEB) anlaşmazlıkları, bu potansiyelin yalnızca %0,5'inin hayata geçirilmesine olanak tanımaktadır (TEİAŞ, 2024).

AB ise REPowerEU ve Avrupa Yeşil Mutabakatı gibi girişimlerle jeopolitik liderlik ve enerji arz güvenliğini güçlendirmeyi amaçlamaktadır. 2023 yılı itibarıyla AB'nin 204 GW açık deniz rüzgâr kapasitesi ve 150 milyar m³'lük LNG ithalatı, Rusya'ya olan enerji bağımlılığını %40 azaltmıştır (EC, 2023). AB'nin enerji diplomasisi, Norveç, Katar ve ABD gibi tedarikçilerle yaptığı uzun vadeli LNG anlaşmalarıyla desteklenmektedir ve bu anlaşmaların enerji arz güvenliğini %20 oranında artırdığı bildirilmektedir (Eurostat, 2023). Bu stratejiler, Turan'ın (2020) Çin'in Kuşak ve Yol İnisiyatifi (KvY) ve Asya Altyapı Yatırım Bankası (AAYB) gibi girişimlerle uluslararası enerji ve altyapı yatırımlarında etkinliğini artırarak küresel ekonomik ve siyasi düzende kendi çıkarlarını gözetken bir pozisyon alma çabasıyla benzer bir rekabetçi dinamik sergilemektedir. Ayrıca CBAM, AB'nin küresel karbon rekabetçiliğini koruma hedefiyle yürürlüğe girerken, Türkiye gibi ticaret ortaklarına yıllık 500 milyon USD düzeyinde ek maliyet getirmiştir (Munzur vd., 2023). Bu bağlamda, Türkiye'nin yerel kaynaklara dayalı stratejik avantajları, AB'nin küresel enerji pazarındaki liderliğiyle kıyaslandığında daha bölgesel ölçekte kalmaktadır.

Türkiye, AB'nin enerji diplomasisi modellerinden faydalanarak jeopolitik etkinliğini genişletebilir. Örneğin, Doğu Akdeniz'de Türkiye-AB ortaklığında geliştirilecek 100 MW'lık

açık deniz rüzgâr pilot projesi, MEB gerilimlerini azaltabilir ve yaklaşık 1 milyar USD tutarında yatırım çekebilir (IRENA, 2023). TANAP'ın, AB'nin Güney Gaz Koridoru ile entegrasyonunun derinleştirilmesi ise her iki tarafın enerji arz güvenliğini %15 oranında güçlendirebilir. Ayrıca Türkiye'nin jeotermal enerji kapasitesinin, AB'nin yeşil hidrojen talebiyle eşleştirilmesi, enerji diplomasisine dayalı bölgesel istikrarı destekleyebilir. Ancak, Turan'ın (2020) Çin-Rusya ilişkileri bağlamında ele aldığı gibi, büyük güçlerin stratejik ortaklıkları dahi kendi içlerinde rekabet ve çıkar farklılıkları barındırabilir ve bölgesel projelerin ilerleyişini etkileyebilir. Benzer şekilde, Doğu Akdeniz'de süregelen jeopolitik gerilimler ve CBAM kaynaklı ticaret kısıtlamaları, iki taraf arasındaki stratejik iş birliği potansiyelini sınırlandırıcı faktörler arasında yer almaktadır (EC, 2023).

5.4.6 SWOT analizi

Türkiye ve AB'nin yenilenebilir enerji politikalarının karşılaştırmalı analizi, stratejik iş birliği için bütüncül bir çerçeve sunmaktadır. Aşağıdaki SWOT analizi, bu politikaların güçlü ve zayıf yönlerini, fırsatlarını ve tehditlerini önceki boyutlardan elde edilen bulgular doğrultusunda sistematik olarak değerlendirmektedir:

Güçlü Yönler

- Türkiye'nin hidroelektrik (32.000 MW) ve jeotermal (1.686 MW) kapasitesi, yerel kaynaklara dayalı enerji güvenliği sağlamaktadır.
- YEKA projeleri, 50.000 istihdam ve 1 milyar USD düzeyinde ithalat tasarrufu ile ekonomik katkı sunmaktadır (ETKB, 2024b).
- AB'nin açık deniz rüzgâr kapasitesi (204 GW) ve teknolojik inovasyonu (örneğin, 1.000 MW'lık elektrolizör kapasitesi), küresel liderlik rolünü güçlendirmektedir.
- Adil Geçiş Mekanizması aracılığıyla sağlanan 1,2 milyon kişilik istihdam, sosyal uyumu desteklemektedir (EC, 2023).

Zayıf Yönler

- Türkiye'nin enerji depolama kapasitesinin (500 MW) düşük olması ve Ar-Ge yatırımlarının GSYİH'nin yalnızca %1'i düzeyinde kalması, teknolojik sürdürülebilirliği sınırlandırmaktadır.
- YEKDEM'in 2 milyar USD'lik bütçe yükü, finansal sürdürülebilirliği tehdit etmektedir (TEİAŞ, 2024).
- AB'nin yenilikçi projelerinin yüksek maliyetli oluşu (MW başına 2 milyon USD) ve CBAM'in ortak ülkelere getirdiği ek maliyet (Türkiye için 500 milyon USD) ölçeklenebilirliği zorlaştırmaktadır (WindEurope, 2024).

Fırsatlar

- YEKA projelerinin REPowerEU fonları ile ölçeklendirilmesi, 1,5 milyar USD ek ithalat tasarrufu potansiyeli taşımaktadır.
- Jeotermal-yeşil hidrojen entegrasyonu ile Türkiye'nin hidrojen üretimi 100.000 ton seviyesine çıkarılabilir (IRENA, 2023).
- Türkiye-AB ortaklığı ile geliştirilecek 100 MW'lık açık deniz rüzgâr projeleri, yaklaşık 1 milyar USD yatırım çekebilir.
- AB'nin Adil Geçiş Mekanizması, GAP'ın toplumsal etkilerini %20 oranında azaltma potansiyeli taşımaktadır (EC, 2023).

Tehditler

- Doğu Akdeniz'deki Münhasır Ekonomik Bölge (MEB) anlaşmazlıkları, 20 GW'lık rüzgâr potansiyelinin yalnızca %0,5'inin kullanılmasına neden olmaktadır (TEİAŞ, 2024).
- CBAM, Türkiye'ye yılda 500 milyon USD ek maliyet yüklemektedir (Munzur vd., 2023).
- AB'nin teknoloji ihracatında uyguladığı patent kısıtlamaları ve Türkiye'nin düşük Ar-Ge bütçesi, teknoloji transferini sınırlandırmaktadır (EC, 2023).

Bu analiz, Türkiye ve AB'nin yenilenebilir enerji politikalarının birbirini tamamlayan yönlerini ortaya koymaktadır. Türkiye'nin yerel kaynaklara dayalı üretim kapasitesi ve bölgesel liderliği; AB'nin teknolojik, finansal ve düzenleyici kapasitesi ile birleştirildiğinde, karbon nötrlüğü ve

enerji güvenliği hedeflerine ulaşmada ortak faydaya dayalı çözümler üretilebilir. Ortak projeler (örneğin yeşil hidrojen üretimi, açık deniz rüzgâr yatırımları) ve politika uyumu (örneğin dinamik teşvik modelleri, toplumsal geçiş programları), bu potansiyelin gerçekleştirilmesini mümkün kılabilir.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu bölümde çalışmanın sonuç ve önerileri ele alınmıştır. Bu bağlamda sonuçlar Türkiye'nin YEKA ve YEKDEM politikalarının katkıları, AB'nin yeşil mutabakat ve REPowerEU stratejilerinin başarısı, teknolojik farklar ve teknoloji transferi, TANAP ve doğu akdeniz'in enerji güvenliğine katkısı, iş birliği fırsatları ve farklılıkların etkisi kapsamında değerlendirilmiştir. Aynı zamanda öneriler bölümü YEKDEM reformu ve finansal sürdürülebilirlik ve teknoloji transferi ve ortak Ar-Ge merkezleri açısından ifade edilmiştir.

6.1. Sonuç

Bu çalışma, Türkiye ve AB'nin yenilenebilir enerji politikalarını ekonomik, çevresel, toplumsal, teknolojik ve jeopolitik boyutlarda karşılaştırmalı olarak analiz ederek, GİRİŞ bölümünde ortaya konan ana soruya ve alt sorulara yanıt sunmuştur: Türkiye ve AB'nin yenilenebilir enerji politikaları, ekonomik, çevresel, toplumsal, teknolojik ve jeopolitik boyutlarda nasıl farklılaşmaktadır; bu farklılıklar, iki taraf arasında sürdürülebilir enerji iş birliği fırsatlarını nasıl etkiliyor? Aşağıda, çalışmamızın Bölüm 4 ve 5'teki tematik analizlerinden elde edilen bulgulara dayalı olarak bu soruların yanıtları net bir şekilde sunulmaktadır.

Çalışmanın ortaya koyduğu bulgular, Türkiye ve AB'nin yenilenebilir enerji politikaları arasındaki temel farklılığın yalnızca stratejik önceliklerden (enerji arz güvenliği karşısında karbon nötrlüğü) kaynaklanmadığını; aynı zamanda bu hedeflere ulaşmada benimsenen politik-ekonomik modellerin felsefi temelinde de yattığını göstermektedir. Türkiye'nin yaklaşımı, merkeziyetçi ve devlet öncülüğünde bir kalkınma modelini yansıtmaktadır. YEKA ve YEKDEM gibi mekanizmalar, devletin sabit fiyat garantileri ve alım güvenceleri sunarak piyasaya doğrudan müdahale ettiği, stratejik hedeflere (kurulu güç artışı ve ithalatın azaltılması) hızla ulaşmayı amaçlayan bir yapıyı ortaya koymaktadır. Bu model, enerji dönüşümünü bir ulusal güvenlik ve ekonomik istikrar meselesi olarak gören müdahaleci bir devlet anlayışının ürünüdür.

AB'nin modeli ise, piyasa temelli ve regülatör bir çerçeveye dayanmaktadır. Rekabetçi ihaleler, Emisyon Ticaret Sistemi (ETS) gibi karbon fiyatlandırma araçları ve üye ülkeleri bağlayıcı direktifler aracılığıyla AB, doğrudan müdahaleden ziyade piyasa mekanizmalarını ve rekabeti

teşvik ederek maliyet etkinliğini ve teknolojik inovasyonu hedeflemektedir. Bu yaklaşım, AB'nin bir 'regülatör devlet' olarak hareket ettiği, kuralları belirleyip piyasa aktörlerinin bu kurallar içinde en verimli çözümleri bulmasını beklediği bir felsefeyi yansıtmaktadır. Dolayısıyla, iki taraf arasındaki bu yapısal ve felsefi ayrışma, politika transferinin veya iş birliği modellerinin neden dikkatli bir uyumlaştırma süreci gerektirdiğini açıklamaktadır. Türkiye'nin hedefe odaklı hızı ile AB'nin sistemsal verimliliği, bu temel farklılıklar anlaşıldığında birbirini tamamlayıcı bir sinerjiye dönüştürülebilir.

Türkiye'nin YEKA ve YEKDEM politikalarının katkıları: Çalışmamız, Türkiye'nin YEKA ve YEKDEM ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliğe önemli katkılar sağladığını ortaya koymuştur. YEKA projeleri, 150.000 kişilik istihdam yaratmış ve Karapınar YEKA-1 Güneş Enerji Santrali ile enerji ithalatında yıllık 1 milyar USD tasarruf elde edilmiştir. Çevresel olarak, yenilenebilir enerji yatırımları 2023'te 55 milyon ton karbondioksit emisyonunun önlenmesini sağlamıştır. Ancak GAP gibi projeler, 10.000 hektar habitat kaybı ve 50.000 kişinin yerinden edilmesi gibi toplumsal maliyetler doğurmuştur. Ayrıca, YEKDEM'in yıllık yaklaşık 2 milyar USD'lik mali yükü ve enerji depolama kapasitesinin sadece 500 MW ile sınırlı olması, bu politikaların etkinliğini kısıtlamaktadır.

AB'nin yeşil mutabakat ve REPowerEU stratejilerinin başarısı: Analizlerimiz, AB'nin Avrupa Yeşil Mutabakatı ve REPowerEU stratejilerinin karbon nötrlüğü ve enerji güvenliği hedeflerinde önemli ilerlemeler kaydettiğini göstermektedir. AB, 204 GW açık deniz rüzgâr kapasitesi ve 1.000 MW yeşil hidrojen üretimiyle teknolojik liderliğini pekiştirmiştir. 2023'te 430 milyon ton karbondioksit emisyonunun önlenmesi, karbon nötrlüğü hedefinde somut bir adımdır. REPowerEU, Rus gazına bağımlılığı %40'tan %10'a düşürerek enerji güvenliğini güçlendirmiştir. Ancak, yüksek başlangıç maliyetleri ve üye ülkeler arasındaki bölgesel eşitsizlikler, bu stratejilerin uygulanmasında zorluklar yaratmaktadır.

Teknolojik Farklar ve Teknoloji Transferi: Çalışmamız, Türkiye ve AB arasında enerji depolama ve yenilenebilir enerji teknolojilerinde belirgin farklar olduğunu ortaya koymuştur. AB'nin 30 GW'lık enerji depolama altyapısına karşın, Türkiye'nin kapasitesi yalnızca 500 MW'tır. AB, yeşil hidrojen ve batarya teknolojilerinde liderken, Türkiye'nin Ar-Ge yatırımları sınırlıdır. Teknoloji transferi, bu farkları kapatmak için kritik bir araçtır. Ortak Ar-Ge merkezleri, Türkiye'nin teknolojik kapasitesini artırabilir ve CBAM'a uyumu kolaylaştırarak sanayi sektörünün rekabet gücünü koruyabilir.

TANAP ve Doğu Akdeniz'in enerji güvenliğine katkısı: Bulgularımız, TANAP'ın ve Doğu Akdeniz projelerinin Türkiye ve AB'nin enerji güvenliğine stratejik katkılar sunduğunu göstermektedir. TANAP, yıllık 16 milyar m³ doğal gaz taşıma kapasitesiyle AB'nin Rus gazına bağımlılığını %10 azaltmış ve Türkiye'yi bölgesel enerji merkezi haline getirmiştir. Doğu Akdeniz'deki 20 GW'lık açık deniz rüzgâr potansiyeli, enerji arz güvenliğini destekleme kapasitesine sahiptir, ancak Münhasır Ekonomik Bölge (MEB) anlaşmazlıkları bu potansiyelin yalnızca %0,5'inin kullanılmasına izin vermektedir. Bu projeler, enerji güvenliğini güçlendirirken jeopolitik iş birliğini de teşvik etmektedir.

İş birliği fırsatları ve farklılıkların etkisi: Çalışmamız, Türkiye ve AB'nin yenilenebilir enerji politikalarının farklı dinamiklerle şekillendiğini ortaya koymuştur. Türkiye, kaynak bazlı ve yatırım teşvikli bir model (YEKA, YEKDEM) izlerken, AB teknolojik, finansal ve kapsayıcı bir yaklaşım (Yeşil Mutabakat, REPowerEU) benimsemektedir. Bu farklılıklar, tamamlayıcı bir iş birliği potansiyeli yaratmaktadır. Türkiye'nin jeotermal (1.686 MW) ve hidroelektrik (32.000 MW) kapasitesi, AB'nin yeşil hidrojen talebiyle eşleştirilebilir. CBAM, Türkiye sanayisine yıllık yaklaşık 500 milyon USD ek maliyet getirirse de, regülasyon uyumu bu maliyeti bir fırsata dönüştürebilir. Doğu Akdeniz'de 100 MW'lık açık deniz rüzgâr projeleri, MEB gerilimlerini azaltarak iş birliğini destekleyebilir. Ortak Ar-Ge merkezleri, teknoloji transferi, TANAP'ın yeşil hidrojen taşımacılığına entegrasyonu ve CBAM'a uyum için regülasyon harmonizasyonu, iş birliğini güçlendirebilir. Bu ortaklık, enerji güvenliğini %15 artırabilir ve emisyonları %15-20 azaltabilir, böylece bölgesel ve küresel iklim hedeflerine katkı sağlayabilir.

Sonuç olarak çalışmamız, Türkiye ve AB arasındaki stratejik enerji ortaklığının, tamamlayıcı bir modelle hem ulusal enerji hedeflerini hem de 2030 karbon nötr taahhütlerini destekleyeceğini göstermektedir. Bu çalışma, teknoloji transferi ve regülasyon uyumu ekseninde yapılandırılmış bir iş birliği çerçevesi sunarak, literatürdeki karşılaştırmalı analiz boşluğunu doldurmayı hedeflemektedir. Bu hedef, yenilenebilir enerji üzerine yapılan akademik çalışmaların küresel haritasını çıkaran ve özellikle Türkiye gibi ülkelerin politika deneyimlerine odaklanan karşılaştırmalı analizlerin eksikliğini vurgulayan güncel bibliyometrik çalışmaların (Türkoğlu ve Keskin, 2025) bulgularıyla da örtüşmektedir. Dolayısıyla bu çalışma, hem uluslararası ilişkiler literatüründeki tematik bir boşluğa cevap vermekte hem de Türkiye-AB enerji ilişkileri gibi stratejik bir konuda politika odaklı bir analiz sunmaktadır.

6.2. Öneriler

Aşağıdaki öneriler, sonuç kısmında ortaya konan iş birliği fırsatlarını güçlendirmeyi ve Türkiye-AB enerji ortaklığını sürdürülebilir kılmayı hedeflemektedir. Öneriler, çalışmamızın bulgularıyla uyumlu olup, ana sorunun ikinci kısmına (iş birliği fırsatları) ve alt sorulara yanıt vermektedir.

YEKDEM reformu ve finansal sürdürülebilirlik

Bu çalışmanın 5.2.2. ve 5.4.1. bölümlerinde yürütülen finansal analiz, YEKDEM mekanizmasının yenilenebilir enerji kapasitesini artırmadaki rolünü teslim etmekle birlikte, kamu maliyesi üzerindeki sürdürülebilirlik sorunlarını net bir şekilde ortaya koymuştur. Özellikle mekanizmanın 2023 yılı itibarıyla 2 milyar USD'lik bütçe yükü oluşturması ve sabit fiyat garantilerinin piyasa gerçeklerinden kopuk bir yapı arz etmesi, finansal verimliliğin sorgulanmasına neden olmaktadır. Buna karşılık, AB'nin dinamik ihale sistemlerinin 1 MW başına ortalama 70.000 USD gibi daha düşük teşvik maliyetleriyle hedeflere ulaştığı tespit edilmiştir. Bu karşılaştırmalı bulgu, Türkiye'nin YEKDEM mekanizmasını reforme ederek hem mali yükü azaltabileceğini hem de piyasa odaklı daha verimli bir yapıya kavuşabileceğini göstermektedir. Bu bağlamda aşağıdaki reform adımları önerilmektedir:

- Sabit alım garantili mevcut YEKDEM yapısı, bütçeye olan yük nedeniyle sürdürülebilir değildir. Bu nedenle, AB'nin rekabetçi ihale sistemine benzer; dinamik fiyatlamaya dayalı ve bölgesel öncelikleri gözetken esnek mekanizmalar geliştirilmelidir.
- Karbon fiyatlandırma ve yeşil sertifikalandırma gibi piyasa temelli araçlar, Türkiye enerji piyasasına entegre edilmelidir.

Teknoloji transferi ve ortak Ar-Ge merkezleri

- Türkiye'nin sınırlı Ar-Ge yatırımları, dönüşüm kapasitesini sınırlandırmaktadır. Kızıldere ve Karapınar bölgelerinde kurulacak; yeşil hidrojen, batarya teknolojisi ve güneş paneli üretiminde uzmanlaşmış ortak Ar-Ge merkezleri, Horizon Europe fonlarıyla desteklenmelidir.
- Üniversite-sanayi iş birliği kapsamında TÜBİTAK ve Avrupa Teknoloji Platformları üzerinden uzun vadeli projeler teşvik edilmelidir.

Enerji depolama kapasitesinin artırılması

Bu çalışmanın 5.4.4. ve 5.4.6. SWOT Analizi bölümlerinde ortaya konduğu üzere, Türkiye'nin enerji depolama kapasitesinin yalnızca 500 MW ile sınırlı olması, AB'nin 30 GW'lık gelişmiş kapasitesine kıyasla teknolojik bir zayıflık teşkil etmektedir. Bu durum, özellikle güneş ve rüzgâr gibi değişken kaynakların şebekeye entegrasyonunu zorlaştırarak enerji arz güvenliği için bir risk oluşturmaktadır. Analizimiz, bu teknolojik açığın kapatılmasının Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyelini tam olarak kullanabilmesi için kritik bir zorunluluk olduğunu göstermiştir. Bu doğrultuda, depolama kapasitesini artırmaya yönelik aşağıdaki adımlar önerilmektedir:

- Türkiye'nin 2030 yılına kadar enerji depolama kapasitesini en az 2.000 MW'a çıkarma hedefi, YEKA ihalelerine entegre batarya zorunluluğu ile desteklenmelidir.
- Mevcut hidroelektrik ve jeotermal santrallere entegre edilebilecek batarya çözümleri için AB ile teknoloji ortaklıkları geliştirilmelidir.

CBAM'a uyumlu sanayi dönüşümü

Çalışmamızın 5.2.2. Finansal Faktörler ve 5.4.1. Ekonomik Boyut analizlerinde, AB'nin CBAM'ın Türkiye'nin enerji yoğun sanayi sektörleri için yıllık yaklaşık 500 milyon USD ek maliyet getirme potansiyeli taşıdığı tespit edilmiştir. Bu durum, Türkiye'nin ihracat rekabetçiliği açısından önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Ancak analizimiz, bu tehdidin aynı zamanda bir fırsata dönüştürülebileceğini; özellikle sanayi havzalarına entegre edilecek yenilenebilir enerji projelerinin bu maliyetleri %20'ye varan oranlarda azaltılabileceğini ortaya koymuştur. Bu nedenle, CBAM'a uyum süreci, Türkiye için yalnızca bir regülasyon zorunluluğu değil, aynı zamanda düşük karbonlu bir sanayi dönüşümü için stratejik bir fırsattır. Bu dönüşümü sağlamak amacıyla aşağıdaki adımlar önerilmektedir:

- Karabük, Kocaeli ve İskenderun gibi sanayi havzalarında yenilenebilir enerji destekli üretim sistemleri hayata geçirilmeli; 100 MW'lık güneş ve rüzgar enerjisi santralleri ile CBAM kaynaklı maliyetler %20 oranında azaltılmalıdır.
- Türkiye, CBAM'a yönelik MRV (Monitoring-Reporting-Verification) sistemini ve ETS benzeri karbon fiyatlandırma mekanizmasını kurgulamalıdır.

Adil Geçiş ve sosyal katılım politikaları

- GAP gibi büyük ölçekli projelerde ortaya çıkan yerinden edilme ve sosyal eşitsizlik sorunları, Adil Geçiş Mekanizması benzeri sosyal destek programları ile ele alınmalıdır.
- Yenilenebilir enerji projelerinde yerel halkın karar alma süreçlerine katılımı sağlanmalı ve sosyal etki değerlendirme raporları zorunlu hale getirilmelidir.

Ortak açık deniz rüzgar ve hidrojen projeleri

Çalışmamızın 5.2.1. ve 5.4.5. bölümlerinde analiz edilen jeopolitik dinamikler, Doğu Akdeniz'deki Münhasır Ekonomik Bölge (MEB) anlaşmazlıklarının Türkiye'nin 20 GW'lık açık deniz rüzgâr potansiyelini atıl bıraktığını ve bölgesel istikrar için bir risk oluşturduğunu göstermiştir. Aynı zamanda, TANAP gibi mevcut altyapıların enerji diplomasisi için önemli bir araç olduğu vurgulanmıştır. Bu bulgular ışığında, enerji iş birliğinin jeopolitik gerilimleri azaltmada stratejik bir kaldıraç olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Karşılıklı faydaya dayalı ve AB tarafından desteklenen ortak projeler, siyasi diyalogu teşvik ederek kilitlenmiş sorunların çözümüne zemin hazırlama potansiyeli taşımaktadır. Bu çerçevede, aşağıdaki somut projeler önerilmektedir:

- Doğu Akdeniz'de 100 MW'lık açık deniz rüzgâr tesisi ve Karadeniz'de yeşil hidrojen üretimine dayalı pilot projeler geliştirilmelidir. Bu projeler, hem bölgesel gerilimleri azaltacak hem de karbon hedeflerine hizmet eden jeopolitik yatırımlar olacaktır.

Politika uyumu ve ortak regülasyon çerçevesi

- CBAM, ETS, enerji verimliliği direktifleri, sürdürülebilirlik raporlama standartları ve yeşil taksonomi gibi AB regülasyonlarına Türkiye'nin uyum düzeyi artırılmalıdır. Bu amaçla, 2026 yılına kadar Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı koordinasyonunda, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ile TÜBİTAK'ın katılımıyla bir uyum komisyonu kurulmalı; bu komisyon, regülasyon uyumu için yol haritası hazırlamalı ve pilot uygulamaları başlatmalıdır.
- Türkiye'nin REPowerEU ve Horizon Europe gibi programlara aktif katılımı sağlanarak ortak strateji belgeleri hazırlanmalıdır.

Enerji diplomasisi ve çok taraflı iş birlikleri

TANAP, Türkiye ve AB'nin enerji güvenliğine stratejik katkılar sunarken, yeşil hidrojen taşımacılığına entegrasyonu ile bölgesel enerji dönüşümünde önemli bir rol oynayabilir. Karadeniz ve Doğu Akdeniz'deki altyapı projeleri, çok taraflı platformlarla desteklenerek enerji diplomasisi kapsamında değerlendirilmelidir. Enerji diplomasisi, yalnızca teknik değil, aynı zamanda siyasi ve ekonomik iş birliği araçlarıyla yürütülmelidir.

TANAP'ın yeşil hidrojen taşımacılığına entegrasyonu

TANAP'ın mevcut altyapısının %20'sine kadar yeşil hidrojen taşıyabilecek şekilde uyarlanması, hem Türkiye'nin hem de AB'nin karbon nötrlüğü hedeflerine katkı sağlayabilir. Bu entegrasyon için aşağıdaki teknik, finansal ve uygulama adımları önerilmektedir:

Teknik detaylar

- TANAP'ın 100 km'lik bir bölümü pilot proje kapsamında hidrojen taşımacılığına uygun hale getirilebilir. Bu, boru hattı malzemesinin korozyona dayanıklı çelikle güçlendirilmesini ve basınç sistemlerinin 70 bara uygun şekilde yenilenmesini gerektirir.
- *Elektrolizör kapasitesi:* 50 MW'lık yenilenebilir enerjiyle çalışan elektrolizörler kurulmalıdır.
- *Depolama:* 500 ton hidrojen için sıkıştırılmış depolama üniteleri oluşturulmalıdır.
- *Maliyet:* Altyapı uyarlamaları için tahmini 100 milyon USD gereklidir (EPDK, 2024).

Finansal fizibilite

Pilot projenin toplam maliyeti yaklaşık 500 milyon USD'dir (IRENA, 2024). Finansman kaynakları:

- *AB fonları:* Horizon Europe programı kapsamında 200 milyon Euro.
- *Özel sektör:* SOCAR ve BP ile ortaklık yoluyla 150 milyon USD.
- *Ulusal bütçe:* Türkiye'nin Yeşil Mutabakat fonlarından 100 milyon USD.

Faydalar

- 2030'a kadar yıllık 1 milyon ton CO₂ emisyon azaltımı.
- Avrupa'ya yıllık 10.000 MWh hidrojen ihracatı, 50 milyon Euro ek gelir.
- Enerji güvenliğinde %5'lik artış (TEİAŞ, 2024).

Uygulama yol haritası

- 2025-2026: Fizibilite çalışmaları ve pilot proje tasarımı (100 km'lik bölüm).
- 2027-2028: Altyapı uyarlamaları ve 50 MW'lık elektrolizör kurulumu.
- 2029-2030: Pilot projenin tamamlanması ve ölçeklendirme planı.
- *Sorumlu kurumlar:* Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, SOCAR, AB Enerji Komisyonu.

Bu öneri, TANAP'ı yalnızca bir doğal gaz boru hattı olmaktan çıkararak, Türkiye'yi yeşil hidrojen ekonomisinde stratejik bir aktör haline getirebilir ve AB ile enerji iş birliğini güçlendirebilir.

Eğitim ve yeşil istihdam programları

- Yenilenebilir enerji sektöründe 2030 yılına kadar en az 100.000 kişilik istihdam hedeflenmeli; bu doğrultuda teknik lise ve meslek yüksekokullarında özel eğitim programları başlatılmalıdır.
- GAP, Doğu Anadolu ve Karadeniz bölgelerinde kadınların da dâhil edildiği sosyal kalkınma programlarıyla enerji dönüşümü desteklenmelidir.

Biyokütle ve döngüsel ekonomi yaklaşımları

- Türkiye'nin tarımsal ve hayvansal atık potansiyeli, AB'nin döngüsel ekonomi modeliyle bütünleştirilerek kırsal kalkınmaya dayalı biyokütle projeleri geliştirilmelidir.
- Atık yönetimi, karbon azaltımı ve istihdamı birlikte hedefleyen entegre projeler önceliklendirilmelidir.

Bu öneriler, yalnızca enerji sektörüyle sınırlı kalmayan; ekonomik kalkınma, çevresel sürdürülebilirlik ve sosyal eşitlik hedeflerini kapsayan çok boyutlu bir enerji ortaklığı modeline zemin sunmaktadır.



KAYNAKLAR

- Albayrak, S. ve Turanlı, M. (2022). Çok kriterli karar verme yöntemleri ile Türkiye’de HES (hidroelektrik santral) seçimi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 21(41), 68-79.
- Bayraç, H. N. (2009). Küresel enerji politikaları ve Türkiye: petrol ve doğal gaz kaynakları açısından bir karşılaştırma. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(1), 115-142.
- Buzan, B., Wæver, O. and de Wilde, J. (1998). *Security: A new framework for analysis*. Lynne Rienner Publishers.
- Ciută, F. (2010). Conceptual notes on energy security: Total or radical security? *Security Dialogue*, 41(2), 123-144.
- Çanka Kılıç, F. (2015). Güneş enerjisi, Türkiye’deki son durumu ve üretim teknolojileri. *Mühendis ve Makina*, 56(671), 28-40.
- Demir, A. (2009). Küresel iklim değişikliğinin biyolojik çeşitlilik ve ekosistem kaynakları üzerine etkisi. *AÜ Çevrebilim Dergisi*, 1(2), 37-54.
- Doğan, H. (2008). *Elektroşok ısıtma sistem uygulaması ve kombi-kazan sistemleri ile karşılaştırılması*. Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- Eckersley, R. (2004). *The green state: Rethinking democracy and sovereignty*. MIT Press.
- Goldthau, A., Eicke, L. and Weko, S. (2020). The global energy transition and the global south. *The Geopolitics of the Global Energy Transition*, 319–339.
- IRENA. (2024). *Renewable energy statistics 2024*. International Renewable Energy Agency.
- İnternet: BP. (2023). Statistical Review of World Energy. URL: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>. Son erişim tarihi: 10.06.2025.
- İnternet: EBRD. (2023). Strategy for Turkey 2024-2029. European bank for reconstruction and development. URL: <https://www.ebrd.com/home.html#>. Son erişim tarihi: 01.06.2025.
- İnternet: Ember. (2024). European electricity review 2024. URL: <https://ember-climate.org/insights/research/european-electricity-review-2024/>. Son erişim tarihi: 20.05.2025.
- İnternet: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu. (2024). *2023 yılı elektrik piyasası gelişim raporu*. URL: <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-0-102/yillik-rapor-elektrik-piyasasi-gelisim-raporlari>. Son erişim tarihi: 29.05.2025.

- İnternet: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2022). 2022 yılı idare faaliyet raporu. URL: https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/SGB/tr/Faaliyet_Raporlari/2022/ETKB2022FR.pdf. Son erişim tarihi: 10.05.2025.
- İnternet: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2023). Türkiye hidrojen teknolojileri stratejisi ve yol haritası. URL: https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/SGB/tr/Kurumsal_Politikalar/HSP/ETKB_Hidrojen_Stratejik_Plan2023.pdf Son erişim tarihi: 17.05.2025.
- İnternet: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2024a). Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA). URL: <https://gepa.enerji.gov.tr/>. Son erişim tarihi: 05.05.2025.
- İnternet: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2024b). Türkiye'nin enerji verimliliği 2030 stratejisi ve II. ulusal enerji verimliliği eylem planı. URL: https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/BHIM/tr/Duyurular/TurkiyeninEnerjiVerimliliği2030StratejisiVeIIUlusalEnerjiVerimliliğiEylemPlanı_202401161407.pdf. Son erişim tarihi: 02.05.2025.
- İnternet: Enerjisa Üretim. (2023). 2023 faaliyet raporu. URL: <https://faaliyetraporu.enerjisauretim.com/> Son erişim tarihi: 19.05.2025.
- İnternet: European Commission. (2021). 'Fit for 55': Delivering the EU's 2030 climate target on the way to climate neutrality [Communication COM(2021) 550 final]. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021DC0550>. Son erişim tarihi: 22.05.2025.
- İnternet: European Commission. (2022). REPowerEU: A plan to rapidly reduce dependence on Russian fossil fuels and fast forward the green transition [Communication]. URL: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_3131. Son erişim tarihi: 22.05.2025.
- İnternet: European Environment Agency. (2023). Trends and projections in Europe 2023 (EEA Report No 12/2023). URL: <https://www.eea.europa.eu/publications/trends-and-projections-in-europe-2023>. Son erişim tarihi: 03.05.2025.
- İnternet: Eurostat. (2023). Renewable energy statistics 2023. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Renewable_energy_statistics. Son erişim tarihi: 06.05.2025.
- İnternet: Fraunhofer-Gesellschaft. (2023). Green hydrogen pilot project: Annual report 2023. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE. URL: <https://www.ise.fraunhofer.de/en/renewable-energy-data.html>. Son erişim tarihi: 13.05.2025.
- İnternet: Hafner, M. and Tagliapietra, S. (2020). The geopolitics of the global energy transition. Springer. URL: <https://www.irena.org/Publications/2024/Jul/Renewable-energy-statistics-2024>. Son erişim tarihi: 21.05.2025.

- İnternet: International Energy Agency. (2020). World energy outlook 2020. URL: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020>. Son erişim tarihi: 20.05.2025.
- İnternet: International Energy Agency. (2021). Turkey 2021: Energy policy review. URL: <https://www.iea.org/reports/turkey-2021>. Son erişim tarihi: 17.05.2025.
- İnternet: International Energy Agency. (2022). World energy outlook 2022. URL: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>. Son erişim tarihi: 21.05.2025.
- İnternet: International Energy Agency. (2023). World energy outlook 2023. URL: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>. Son erişim tarihi: 07.05.2025.
- İnternet: International Renewable Energy Agency. (2023). Renewable energy statistics 2023. URL: <https://www.irena.org/publications/2023/Jul/Renewable-energy-statistics-2023>. Son erişim tarihi: 21.05.2025.
- İnternet: Pastukhova, M. and Westphal, K. (2020). A common energy market in the Eurasian Economic Union: Implications for the EU and energy relations with Russia. SWP Comment, 2020/C 09. URL: <https://www.swp-berlin.org/10.18449/2020C09/>. Son erişim tarihi: 18.05.2025.
- İnternet: REN21. (2023). Renewables 2023 global status report. URL: <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>. Son erişim tarihi: 15.05.2025.
- İnternet: Renovables Verdes. (2024). Avrupa'da hidroelektrik enerjinin kilit rolü: Bugünü ve geleceği. URL: <https://tr.renovablesverdes.com/avrupa%27da-hidroelektrik-enerji/>. Son erişim tarihi: 21.05.2025.
- İnternet: Schmid, A. G. and Mendoza, J. M. F. (2022, December 16). Circular economy and the clean energy transition. *Future Earth*. URL: <https://futureearth.org/2022/12/16/circular-economy-and-the-clean-energy-transition/>. Son erişim tarihi: 18.05.2025.
- İnternet: SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi. (2022). Türkiye'de yenilenebilir enerji için finansman olanaklarının geliştirilmesi. URL: <https://shura.org.tr/enerji-donusumu/yenilenebilir-enerji/>. Son erişim tarihi: 22.05.2025.
- İnternet: SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi. (2023). Türkiye'nin 2053 net sıfır emisyon hedefi yolunda ulusal elektrik sistemi için yeni bir şebeke. URL: <https://shura.org.tr/wp-content/uploads/2023/12/SHURA-2023-11-Rapor-Enerji-Sektoru-icin-Politikalar.pdf>. Son erişim tarihi: 12.05.2025.
- İnternet: Smil, V. (2017). Energy and civilization: A history. MIT Press. URL: <https://mitpress.mit.edu/9780262536165/energy-and-civilization/>. Son erişim tarihi: 20.04.2025.
- İnternet: Stern, N. (2021). G7 leadership for sustainable, resilient and inclusive economic recovery. Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment, London School of Economics and Political Science. URL: <https://www.lse.ac.uk/granthaminstitute/wp->

- [content/uploads/2021/06/G7_leadership_for_sustainable_resilient_and_inclusive_economic_recovery_and_growth_full_report.pdf](#). Son erişim tarihi: 02.05.2025.
- İnternet: TANAP. (2024). *Trans Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı Projesi*. URL: <https://www.tanap.com/>. Son erişim tarihi: 19.04.2025.
- İnternet: Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (2023). Aralık 2023 kurulu güç raporu. URL: <https://www.teias.gov.tr/kurulu-guc-raporlari>. Son erişim tarihi: 21.05.2025.
- İnternet: Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (2024). Şubat 2024 kurulu güç raporu. URL: https://ytbsbilgi.teias.gov.tr/ytbsbilgi/frm_istatistikler.jsf. Son erişim tarihi: 20.05.2025.
- İnternet: Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2023, 1 Aralık). *Araştırma ve geliştirme faaliyetleri araştırması, 2022*. URL: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Arastirma-ve-Gelistirme-Faaliyetleri-Arastirmasi-2022-49666>. Son erişim tarihi: 21.05.2025.
- İnternet: United Nations. (2015). *Paris Agreement*. URL: https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf. Son erişim tarihi: 20.03.2025.
- İnternet: WindEurope. (2024). Wind energy in Europe: 2023 statistics and the outlook for 2024-2030. URL: <https://windeurope.org/intelligence-platform/product/wind-energy-in-europe-2023-statistics-and-the-outlook-for-2024-2030/>. Son erişim tarihi: 07.05.2025.
- Kurt, U. and Cıkisır, O. (2023). 2, 5 MW Photovoltaic solar power plant maintenance, operation and design: Konya/Comaklı Case. *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 12(2), 2414-2424.
- Kurt, Ü. ve Yavuz, M. (2013). Üniversite-sanayi işbirliği: Dünü, bugünü, geleceği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17(1), 50-57.
- Küçük, G. ve Yüce Dural, B. (2024). Türkiye'nin Avrupa yeşil mutabakatına uyumu kapsamında yeşil ekonomi performansı: değerlendirme ve perspektifler. *Sosyoekonomi*, 32(60), 445-467.
- Lin, B. and Zhang, Z. (2025). China's renewable energy development in the crosshairs of geopolitical risk: Impact mechanisms, heterogeneity, and policy imperatives. *Journal of Environmental Management*, 390, 126317.
- Munzur, A., Koch, K. and Winter, J. (2023). Geopolitical implications of the EU's carbon border adjustment mechanism. *Changing the paradigm of energy geopolitics*. Peter Lang Publishers.
- Oberthür, S. ve von Homeyer, I. (2022). Emisyon ticaretinden Avrupa Yeşil Mutabakatı'na: AB'de iklim politikası karışımının ve iklim politikası entegrasyonunun evrimi. *Journal of European Public Policy*, 30(3), 445-468.

- Osman, A. I., Chen, L., Yang, M., Msigwa, G., Farghali, M., Fawzy, S., Rooney, D. W. and Yap, P.-S. (2023). Cost, environmental impact, and resilience of renewable energy under a changing climate: A review. *Environmental Chemistry Letters*, 21(2), 741-764.
- Paterson, M. (2000). *Understanding Global Environmental Politics*. Palgrave Macmillan UK.
- Semiz, L. (2021). Hydrogen generation from ammonia borane by polymer supported platinum films. *Chemical Physics Letters*, 767, 138365.
- Stockdale, J. (1990). World commission on environment and development: our common future (book review). *Rural sociology*, 55(1), 123.
- Şencan, D. (2022). Yenilenebilir enerjide Türkiye'nin dünyadaki yeri ve uygulanan teşviklerin değerlendirilmesi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15(3), 693-709.
- Siddi, M. (2020). The European Green Deal: Asseasing its current state and future implementation. *Upi Report*, 114.
- Turan, İ. (2020). *Soğuk savaş sonrasında Çin'in enerji güvenliği bağlamında Avrasya politikası*. Yayınlanmış Doktora Tezi. Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi. Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Türkoğlu, H. ve Keskin, Y. B. Uluslararası İlişkiler Disiplininde Yenilenebilir Enerji Çalışmaları Üzerine Bibliyometrik Bir Analiz. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 25(2), 1-32.
- Yergin, D. (2006). Ensuring energy security. *Foreign Affairs*, 85(2), 69-82.
- Yergin, D. (2012). *The prize: The epic quest for oil, money and power*. Simon and Schuster.
- Zhang, P., Li, Z., Ghardallou, W., Xin, Y. and Cao, J. (2023). Nexus of institutional quality and technological innovation on renewable energy development: Moderating role of green finance. *Renewable Energy*, 214, 233-241.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı-Soyadı : Tuncay YAZICI

Bilimsel Faaliyetler (Yayınlar, Bildiriler, Katıldığı Projeler)

A. Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında:

1. YAZICI TUNCAY, KESKİN YUSUF BAHADIR (2025). Türkiye ve Avrupa Birliği'nde Yenilenebilir Enerji Dönüşümü: Politikaların Karşılaştırmalı Değerlendirmesi. Akdeniz 14th International Conference On Applied Sciences, 144. (Özet Metin Bildiri/Sözlü Sunum)