

**T.C.
GALATASARAY ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI**

**TÜRKİYE’NİN ENERJİ ARZ GÜVENLİĞİNİN AVRUPA
ÜLKELERİ AĞI İÇİNDE KARŞILAŞTIRMALI
OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tolga ÖNKİBAR

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Bilge ÖZTÜRK GÖKTUNA

OCAK 2025

**T.C.
GALATASARAY ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI**

**TÜRKİYE’NİN ENERJİ ARZ GÜVENLİĞİNİN AVRUPA
ÜLKELERİ AĞI İÇİNDE KARŞILAŞTIRMALI
OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tolga ÖNKİBAR

**Tez savunma jürisi: Prof. Dr. Bilge ÖZTÜRK GÖKTUNA(Tez Danışmanı)
Doç. Dr. Ayça AKARÇAY
Dr. Öğr. Üyesi Ayşe ERTUĞRUL**

OCAK 2025

ÖNSÖZ

Tez konusunun belirlenmesinden çalışmanın nihayete ermesine kadar her aşamada bilgi ve tecrübesiyle önemli katkılar sunan tez danışmanım Prof. Dr. Bilge ÖZTÜRK GÖKTUNA'ya şahsi tüm yoğunluğuna rağmen göstermiş olduğu özveriden ve yardımına ihtiyaç duyduğum her durumdaki engin hoşgörüsünden dolayı özel olarak teşekkür etmek istiyorum.

Yüksek lisansa kabul, ders dönemleri ve tez yazımı süreçlerini başarıyla tamamlayabilmek için günlük mesai saatleri sonrasında zaten az kalan zamanımı da kendileriyle paylaşmadığım kızım Erva'ya, oğlum Mert'e ve tüm bu süreçteki anlayışı sebebiyle sevgili eşime ayrıca teşekkür etmek istiyorum.

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
TABLO LİSTESİ	viii
RÉSUMÉ	ix
ABSTRACT	x
ÖZET	xi
1. GİRİŞ	1
2. ENERJİ ARZ GÜVENLİĞİ NEDİR?	5
2.1. Enerji Arz Güvenliğinin Tanımı	5
2.2. Enerji Arz Güvenliğinin Tarihi	7
3. ENERJİ ARZ GÜVENLİĞİ LİTERATÜRÜ	10
4. ENERJİ ARZ GÜVENLİĞİNİN ÖLÇÜLMESİNE İLİŞKİN YAKLAŞIMLAR	14
4.1. Enerji Arz Güvenliğinin Boyutları: 4A Yaklaşımı	14
4.1.1. Bulunabilirlik (Availability)	15
4.1.2. Karşılabilirlik (Affordability)	15
4.1.3. Erişilebilirlik (Accessibility)	16
4.1.4. Kabul Edilebilirlik (Acceptability)	17
4.2. Enerji Arz Güvenliğini Etkileyen Faktörler	18
4.2.1. Basit Göstergeler	18
4.2.1.1. Kaynak Tahminleri	18
4.2.1.2. Rezerv/Üretim Oranı (R/P Oranı)	19
4.2.1.3. Çeşitlilik Endeksleri	19
4.2.1.4. İthalat Bağımlılığı	19

4.2.1.5. Politik İstikrar	20
4.2.1.6. Enerji Fiyatı	21
4.2.1.7. Ortalama Varyans Portföy Teorisi	22
4.2.1.8. Yakıtların Karbon Payının Sıfır Olması	23
4.2.1.9. Piyasa Likiditesi	23
4.2.1.10. Talep Tarafı Göstergeleri	24
4.2.2. Toplu Göstergeler	24
4.2.2.1. Shannon-Wiener Endeksi	24
4.2.2.2. IEA'nın Enerji Güvenliği Endeksi	25
4.2.2.3. Arz/Talep (S/D) Endeksi	25
4.2.2.4. Ödeme İsteği	26
4.2.2.5. Petrol Kırılganlığı Endeksi	26
5. DÜNYADAKİ VE TÜRKİYE'DE ENERJİ PİYASASINA BAKIŞ	28
5.1. Dünyadaki Genel Durum	28
5.1.1. Bölgesel Çapta Birincil Enerjiye Olan Talep Projeksiyonu	28
5.1.2. Birincil Enerjiye Olan Talebin Alt Başlıklarına Göre Projeksiyonu	30
5.2. Türkiye'de Genel Durum	34
5.2.1. Birincil Enerji Tüketimi	34
5.2.2. Enerji Verimliliği	37
5.2.3. Enerji Arz Güvenliğinin Türkiye'nin Enerji Politikası İçerisindeki Yeri	38
6. YÖNTEM	43
6.1. İthalat Bağımlılığı	48
6.2. Shannon-Wiener Endeksi	49
6.3. Herfindahl-Hirschman Endeksi	50
7. TÜRKİYE'NİN ENERJİ ARZ GÜVENLİĞİNİN KARŞILAŞTIRMALI OLARAK ÖLÇÜLMESİ	53
7.1. İthalat Bağımlılığı	53

7.2. Enerji Arz Kaynaklarının Çeşitliliği	56
7.3. Karşılaştırılmış Verinin Analizi	60
8. SONUÇ	65
KAYNAKÇA	69
EK 1	73



KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
BM	: Birleşmiş Milletler
GSYİH	: Gayri Safi Yurt İçi Hasıla
HHI	: Herfindahl Hirschman Index (Herfindahl-Hirschman Endeksi)
IEA	: International Energy Association (Uluslararası Enerji Ajansı)
LNG	: Liquefied Natural Gas (Sıvılaştırılmış doğal gaz)
MERGE	: Model for Evaluating Regional and Global Effects (Bölgesel ve Küresel Etkileri Değerleme Modeli)
MVP	: Mean -Variance Portfolio (Ortalama-Varyans Portföy)
NGS	: Nükleer Güç Santrali
OECD	: Organisation for Economic Cooperation and Development (İktisadi İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı)
SWI	: Shannon-Wiener Index (Shannon-Wiener Endeksi)
SMR	: Small Modular Reactor (Küçük modüler Reaktör)
TANAP	: Trans Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı
UNDP	: United Nations Development Program (Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı)

ŞEKİL LİSTESİ

- Şekil 1:** Birincil enerji talebi projeksiyonu (bölge ve senaryoya göre)
- Şekil 2:** Toplam birincil enerji talebi projeksiyonu (senaryoya göre)
- Şekil 3:** Birincil enerji talebi projeksiyonu (alt kısıtlımlara ve senaryoya göre)
- Şekil 4:** Birincil enerji talebi projeksiyonu (alt kısıtlımlara ve senaryoya göre)
- Şekil 5:** Türkiye'nin geçmişten günümüze birincil enerji talebinin değişimi
- Şekil 6:** Türkiye'nin birincil enerji kaynakları projeksiyonu (miktar)
- Şekil 7:** Türkiye'nin birincil enerji kaynakları projeksiyonu (oran)
- Şekil 8:** Türkiye'nin enerji yoğunluğu gelişimi (Almanya ve Fransa ile karşılaştırmalı olarak)
- Şekil 9-a:** İnceleme kapsamındaki ülkelerin enerji yakıt ithalatına ait ağ grafiği (2018)
- Şekil 9-b:** İnceleme kapsamındaki ülkelerin enerji yakıt ithalatına ait ağ grafiği (2022)
- Şekil 10:** SWI ve HHI değerler grafiği
- Şekil 11:** AB Ülkeleri, İngiltere ve Türkiye'nin Ortalama Birincil Enerji Arzına Katkısı
- Şekil 12:** İthalat Bağımlılığının Avrupa Ülkeleri ve Türkiye İçin 1990-2022 Yılları Arasındaki Değişimi
- Şekil 13:** Birincil enerji arzı çeşitliliği SWI değerleri (1990-2023)
- Şekil 14:** Birincil enerji arzı yoğunlaşması HHI değerleri (1990-2023)
- Şekil 15:** Birincil enerji kaynaklarına katkısı %5'in altındaki enerji kaynaklarının dahil olmadığı durumda SWI değerleri 1990-2023
- Şekil 16:** SWI ve ithalat bağımlılığının 1990-2022 yılları arasında değişimi
- Şekil 17:** 1990-2022 yılları arasında ithalat bağımlılığı ve yenilenebilir enerji kaynaklarının oranlarının değişimi
- Şekil 18:** 1990-2023 yılları arasında yenilenebilir enerjinin payının ve SWI'nin yüzdesel değişimi

TABLO LİSTESİ

Tablo 1: İthalat Bağımlılığının Avrupa Ülkeleri ve Türkiye İçin 1990-2022 Yılları Arasındaki Değişimi

Tablo 2: Birincil enerji arzı çeşitliliği SWI değerleri (1990-2023)

Tablo 3: Birincil enerji arzı yoğunlaşması HHI değerleri (1990-2023)

Tablo 4: Birincil enerji kaynaklarına katkısı %5'in altındaki enerji kaynaklarının dahil olmadığı durumda SWI değerleri 1990-2023

Université	: Université Galatasaray
Institut	: Institut des Sciences Sociales
Département	: Économie
Programme	: Économie
Directrice de recherche	: Prof. Dr. Bilge ÖZTÜRK GÖKTUNA
Diplôme sollicité-Date	: Master-Janvier 2025

RÉSUMÉ

L'ÉVALUATION COMPARATIVE DE LA SÉCURITÉ DE L'APPROVISIONNEMENT EN ÉNERGIE DE LA TURQUIE AVEC LES PAYS EUROPÉENS

TOLGA ÖNKİBAR

La sécurité de l'approvisionnement de l'énergie est l'un des enjeux les plus importants pour les sociétés modernes, qui ont fait du bien-être et du développement durable l'objectif principal des États. Dans notre étude, nous évaluons la sécurité de l'approvisionnement énergétique de la Turquie par rapport au Royaume-Uni et aux pays qui représentent au moins 5% de la consommation totale d'énergie primaire parmi les pays de l'UE pendant la période 1990-2023. Nous utilisons les indicateurs Shannon Wiener (SWI) et Herfindahl-Hirschman (HHI) ainsi que les indicateurs de dépendance à l'importation lors de la mesure de la sécurité de l'approvisionnement en énergie des différents pays. D'après nos résultats, nous constatons que la Turquie a connu une amélioration similaire au moyen des pays comparés en ce qui concerne la diversité de ses sources d'énergie, et que cette amélioration est principalement due à l'inclusion de sources d'énergie renouvelable dans les sources d'énergie primaires pour la Turquie et les autres pays. Cependant, même si on peut mentionner une amélioration de la diversité pour tous les pays, y compris la Turquie, nous constatons que le mouvement positif n'est pas suffisamment encouragé par les sources d'énergie renouvelable et que les fossiles restent la grande majorité des sources d'énergie primaires pour tous les pays étudiés. Dans le cadre de ces questions, nous concluons que l'augmentation des énergies renouvelables a un impact positif indéniable sur l'augmentation de la diversité des sources d'énergie et la réduction de la dépendance à l'importation. Cependant, nous concluons également que la politique de seulement augmenter le taux d'énergie renouvelable n'est pas suffisante pour réduire la dépendance à l'importation et accroître la diversité des sources d'énergie, en se basant sur les résultats de notre étude.

Mots clés: *sécurité de l'approvisionnement énergétique, indice de diversité, dépendance à l'importation*

University	: Galatasaray University
Institute	: Institute of Social Sciences
Department	: Economics
Programme	: Economics
Supervisor	: Bilge Öztürk Göktuna
Degree Awarded-Date	: Msc-January 2025

ABSTRACT

COMPARATIVE EVALUATION OF TURKEY'S ENERGY SUPPLY SECURITY WITHIN THE NETWORK OF EUROPEAN COUNTRIES

TOLGA ÖNKİBAR

Energy supply security is one of the most important issues for modern societies that have made welfare and sustainable development the primary goal for states. In our study, we comparatively evaluate the energy supply security of Turkey with the countries that have at least 5% of the total primary energy consumption of the EU countries and the UK between 1990-2023. We use the Shannon Wiener (SWI) and Herfindahl-Hirschman (HHI) indices and import dependency indicators while measuring the energy supply security of different countries. As a result of the study, we determine that Turkey has shown an improvement parallel to the average of the countries subject to comparison in terms of the diversity of its energy supply sources and that this improvement is mainly due to the inclusion of renewable energy sources in primary energy sources for Turkey and other countries. However, although an improvement in diversity can be mentioned for all countries including Turkey, we observe that the positive trend here does not receive sufficient contribution from renewable energy sources and that fossil fuels continue to constitute the vast majority of the total primary energy sources for all countries under review. Within the framework of the this issues, we reach the conclusion that the increase in renewable energy has an undeniable positive contribution to increasing the diversity of energy sources and improving import dependency. However, we also reach the conclusion that the policy of only increasing the share of renewable energy sources is not sufficient to reduce import dependency and increase the diversity of energy sources, based on the results of the examination.

Keywords: *energy supply security, diversity index, import dependency*

Üniversite : Galatasaray Üniversitesi
Enstitü : Sosyal Bilimler Enstitüsü
Bölüm : İktisat
Program : İktisat
Tez danışmanı : Prof. Dr. Bilge ÖZTÜRK GÖKTUNA
Diploma-Tarih : Yüksek Lisans-Ocak 2025

ÖZET

TÜRKİYE’NİN ENERJİ ARZ GÜVENLİĞİNİN AVRUPA ÜLKELERİ AĞI İÇİNDE KARŞILAŞTIRMALI OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

TOLGA ÖNKİBAR

Enerji arz güvenliği, refahı ve kalkınmanın sürekli hale getirilebilmesini devletler nezdinde temel amaç haline getiren modern toplumlar için en önemli konuların başında gelmektedir. Çalışmamızda AB ülkeleri ve İngiltere’nin 1990-2023 yılları arasındaki toplam birincil enerji tüketiminin en az %5’ine sahip olan ülkeler ile Türkiye’nin enerji arz güvenliğini karşılaştırmalı olarak değerlendiriyoruz. Farklı ülkelerin enerji arz güvenliğini ölçerken Shannon Wiener (SWI) ve Herfindahl-Hirschman (HHI) endeksleri ile ithalat bağımlılığı göstergelerini kullanıyoruz. Çalışma sonucunda Türkiye’nin enerji arz kaynaklarının çeşitliliği açısından karşılaştırmaya konu ülkeler ortalamasına paralel bir iyileşme gösterdiği ve bu iyileşmenin Türkiye ve diğer ülkeler için ağırlıklı olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının birincil enerji kaynakları içerisine dahil olmasından kaynaklandığını tespit ediyoruz. Ancak Türkiye dahil tüm ülkeler için bir çeşitlilik iyileşmesinden bahsedilebilecek olsa da buradaki olumlu seyrin yenilenebilir enerji kaynaklarından yeterli katkıyı alamadığı, mevcut durumda inceleme kapsamındaki tüm ülkeler için fosil yakıtların toplam birincil enerji kaynakları içerisinde büyük çoğunluğu oluşturmaya devam ettiğini gözlemliyoruz. Söz konusu hususlar çerçevesinde yenilenebilir enerjideki artışın enerji kaynaklarının çeşitliliğini artırma ve ithalat bağımlılığını daha iyi seviyeye getirme hususunda olumlu katkısının inkâr edilemez olduğu ancak sadece yenilenebilir enerji kaynaklarının payının artırılması politikasının ithalat bağımlılığının azaltılması ve enerji kaynaklarının çeşitliliğinin artırılmasında hususlarında inceleme sonuçları itibarıyla yeterli gelmediği sonucuna ulaşıyoruz.

Anahtar kelimeler: *enerji arz güvenliği, çeşitlilik endeksi, ithalat bağımlılığı*

1. GİRİŞ

Enerjiye erişim, refahı ve kalkınmanın sürekli hale getirilebilmesini devletler nezdinde temel amaç haline getiren modern toplumlar için en önemli konuların başında gelmektedir. Günümüzde gündelik temel insani ihtiyaçların karşılanmasından büyük sanayi tesislerinin işlevlerini devam ettirebilmesine kadar her alanda enerji olmazsa olmaz koşuldur. Nüfusun artması ve sanayileşme küresel enerji talebini artıran temel unsurları oluşturmaktadır.

Enerji talebinin artması dünya toplam enerji kaynaklarında bir azalma olması sonucunu doğurmaktadır. KOVID pandemisinin yayılmasını önlemek amacıyla insanların daha fazla evlerinde vakit geçirmesi dünya genelinde toplam yakıt kullanımını azaltmıştır. Bu durum emtia fiyatlarında bahse konu dönem itibarıyla bir miktar düşüşe sebebiyet vermiştir. Ancak pandeminin etkilerinin 2021 yılı sonlarına doğru azalmaya başlamasıyla birlikte emtia fiyatları tekrar yükselmeye başlamıştır. Tüm bunlarla birlikte son dönemde bölgesel çapta ortaya çıkan gerilimler enerji fiyatlarının yükselişine neden olmuş ve bu durum ilgili tüm ülkelerin enerji arz güvenliğine yönelik tereddütlerini artırmıştır. Yer verilen sebeplerle enerji tedarikinde ortaya çıkacak bir problem enerji fiyatlarının yükselmesine ve enerji arzının sınırlandırılmasına sebep olmaktadır. Enerjinin sürekli, kaliteli ve güvenli bir arz sistemi içinde karşılanması hem siyasi hem de ekonomik bir zorunluluktur¹. Enerjiye sürekli, kaliteli, güvenli ve ödenebilir koşullarla erişim ise enerji arz güvenliğinin konusunu oluşturmaktadır.

Enerji arz güvenliği devletler nezdinde uygulanan politikaların ana başlıklarından birini oluşturmakta ve resmi metinlerde kendisine sıklıkla yer bulmaktadır. Yine enerji konusundaki uluslararası anlaşmaların da odağında ülkelerin

¹ Enerji Verimliliği 2030 Stratejisi ve II. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

enerji arz güvenliğini iyileştirmelerine yönelik çabaları bulunmaktadır. Enerji arz güvenliği ülkelerin ulusal güvenlik stratejilerinin bir aracı olmalarının yanında aynı zamanda çevreye, topluma ve kendisinden olmayana saygı düşüncesi çerçevesinde gelecek nesillere bırakmak istedikleri ülke idealinin de önemli bir parçasıdır.

Enerji arz güvenliği, tezin ilerleyen bölümlerinde de yer verileceği üzere, ülke ekonomisinden dış politikasına, bireysel tüketim alışkanlıklarından toplumsal kültüre çok farklı alanlarla etkileşimi bulunan bir kapsama sahiptir ve bu etkileşimin farklı zamanlar için farklı bakış açılarıyla farklı şekilde kavranabilmesi nedenleriyle enerji arz güvenliği üzerine yapılan çalışma sayısı zaman içinde artmaktadır. Bu kapsamda, enerji arz güvenliğini incelemenin bir yolu da arz ve talep taraflı etkileri çalışabilmek için enerji tedarikçileri açısından konsantrasyon ve çeşitlilik ile ilgilenmektedir. Türkiye için, enerji tedarikçilerinin konsantrasyon ve çeşitliliği üzerinde sayısal yöntemlerle duran ve karşılaştırmalı bir inceleme sunan çalışmaya çok rastlanmamıştır.

Bununla birlikte, Türkiye örneğinde enerji arz güvenliği gibi kurgusal bir değişkeni, gözlemlenebilir değerlerle ölçen ve bu bağlamda hem enerji arz güvenliği hem de etkileri üzerine yapılan çalışmalardan, Avar (2018), enerji arz güvenliğini, ekonomik savunmasızlık, enerji yoğunluğu, karbon yoğunluğu, yerli enerji üretim oranı ve enerji ithalat bağımlılığı gibi gözlemsel verilerle ifade edip trend ve çevrimsel bileşenlerine ayırarak her bileşenin bölgesel olaylardan nasıl etkilendiğini saptamaya yönelik bir ekonometrik analiz yapar, Peker (2014), kullanılabilirlik, güvenilirlik, ekonomik olma ve çevrecilikten oluşan dört endeks çerçevesinde arz güvenliğini ölçmeye yönelik bir çalışma sunar, Ursavaş ve Yıldırım (2017) 1980-2012 döneminde enerji arz güvenliği riski ile ekonomik büyüme, enflasyon, cari açık ve istihdam arasındaki ilişkiyi araştırır ve Kök ve Nazlıoğlu (2022), enerji güvenliği risk endeksini kullanarak enerji piyasaları ve finansal piyasalar arasındaki ilişkiyi inceler.

Ana başlık itibarıyla çokça çalışılan bir konuda inceleme yapılsa da çalışmamız, Türkiye örneğinde enerji arz güvenliğinin ölçümüne dair yöntem açısından yenilik sunulmaktadır. Bahsedilen çerçevede enerji arz güvenliği üzerinde yapılacak bir çalışma, literatüre katkı sağlama ile birlikte ekonominin daha sürdürülebilir olmasına

katkı sağlayacak politikalar tasarlamaya hizmet edeceği için toplumun refahına katkı sağlayabilme potansiyeli de bulunmaktadır. Toplumsal faydayı önceleyerek katkı sunma motivasyonumuz tez konumuzun seçiminde ana belirleyicilerden birini oluşturmuştur.

Çalışmada, öncelikle enerji arz güvenliğini tanımlanıp yukarıda da belirtilen muhtevasına tarihsel süreci içerisinde nasıl ulaşıldığı bilgisine yer verilecektir. Enerji arz güvenliğine ilişkin tanımlar farklı kurumlar, ülkeler, yazarlar için farklı anlamlar ifade edebilse de tüm farklı tanımların kesişim kümesini, bir enerji kaynağına ulaşım hususundaki engellerin ortadan kaldırılması ya da ani şoklara karşı kırılganlığın kontrol edilebilmesi oluşturmaktadır.

Enerji güvenliğinin tarihine yer verilen ikinci bölümde enerji güvenliği kavramının ilk çağlardan beri enerjiye ihtiyaç duyan topluluklar için bir önem atfettiği, bu önemin sanayi devrimi ile birlikte artan enerji ihtiyaçları doğrultusunda daha fazla devletler nezdinde gündeme gelmeye başladığı, kavramın kapsamının dünya savaşları, uluslararası krizler gibi büyük toplumsal olaylar ekseninde zamanla bugünkü halini aldığı ve günümüzde dahi enerji güvenliği kavramının farklı ülkeler için farklı bağlamlarda değerlendirilebilen çok taraflı ilişkilerden etkilenen bir içeriğe sahip olduğu vurgulanmaktadır.

Çalışmanın üçüncü bölümünde enerji güvenliği kapsamında yapılan çalışmalara yer verilmektedir. Bu bölümde enerji güvenliği hakkındaki çalışmalarla çalışmanın yapıldığı dönemin sosyo-ekonomik ve uluslararası ortamının gerçekleri arasında bir ilgililik olduğu hususuna yer verilmektedir. Enerji güvenliği konusundaki akademik çalışmaların tarihinin 1960'lara kadar dayandığı daha sonra 1970'lerdeki petrol krizi, 2000'lerdeki Asya'da artan enerji talebi ve son olarak Ukrayna krizi bağlamında Avrupa'nın muhtemel enerji kesintisi endişeleri gibi konular enerji güvenliği konusundaki literatürün hareketlenmesine neden olduğu örneklendirilmektedir.

Dördüncü bölümde enerji arz güvenliğinin boyutları ve enerji güvenliğini etkileyen faktörler literatürde en çok yer verilen kavramlar çerçevesinde açıklanmaktadır. Söz konusu kavramlar aynı zamanda çalışmamızda kullanacağımız

ölçüm yöntemlerini de içermektedir. Böylece çalışmada kullanılacak ölçüm yöntemlerini diğerlerinden ayıran özelliklerin de karşılaştırmalı olarak anlaşılabilmesine olanak verilmektedir.

Beşinci bölümde enerji güvenliğinin dünyada ve Türkiye’de yapılan çalışmalarındaki yerini anlatabilmek için uluslararası ve ulusal kurumların raporlarından yararlanılmaktadır. Burada enerji güvenliğine ilişkin konuların hem küresel uzun vadeli projeksiyonlar açısından hem de Türkiye’nin uluslararası anlaşmalara da bağlı kalarak yayını yapıtığı kendi iç politika araçları açısından oldukça önemli bir alanı doldurduğu gözlemlenmektedir. 2050 *net sıfır*² hedefleri doğrultusunda en fazla gelişim göstermesi beklenen yenilenebilir enerji yatırımlarının çevresel-sürdürülebilirlik kaygılarının giderilmesi ile birlikte tüm ülkeler için nasıl enerji güvenliğinin artırılması için de önemli olduğu bu bölümde daha anlaşılabilir hale gelmektedir.

Çalışmanın altıncı bölümünde enerji arz güvenliğinin ölçülmesi için gerekli olan enerji çeşitlilik endeksi, piyasa yoğunlaşma endeksi ve ithalat bağımlılığı göstergelerinin neden ve nasıl kullanılacağı açıklanmaktadır. Bahse konu göstergeleri kullanarak 1990-2023 yılları arasında toplam birincil enerji tüketimi belli bir oranın üzerinde olan Avrupa ülkeleri ile Türkiye’nin enerji arz güvenliği karşılaştırmalı olarak yedinci bölümde ölçülmektedir. Bu bölümde çıkan sonuçlara ilişkin genel değerlendirmeler, yapılan çalışmanın ortaya koydukları ile birlikte geliştirmeye açık tarafları bulunduğu yönelik tespitler ise çalışmanın sekizinci yani son bölümünde yer almaktadır.

² <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>

2. ENERJİ ARZ GÜVENLİĞİ NEDİR?

2.1. Enerji Arz Güvenliğinin Tanımı

Enerji güvenliği terimi, enerji sorunları ve iklim değişikliği hakkındaki çağdaş tartışmalarda her yerde bulunur. Terim, genellikle *enerji kaynaklarına engelsiz erişim veya planlı kesintiler olmaması, sınırlı sayıda enerji kaynağına güvenmemek, enerji kaynakları için belirli bir coğrafi bölgeye bağlı olmamak, bol miktarda enerji kaynağı, dış şoklara dayanabilen bir enerji kaynağı ve/veya bir tür enerji öz yeterliliği* gibi bir avuç kavram etrafında çerçevelenen tartışmalarda gömülü olarak bulunur. Chester (2010) çalışmasına göre, enerji güvenliği kavramı birden fazla boyutla tanımlanabilir ve uygulandığı ülkeye (veya kıtaya), zaman dilimine veya enerji kaynağına³ bağlı olarak farklı nitelikler kazanır.

Enerji arz güvenliği kavramı, kapsam itibarıyla eskiden beri kullanılsa da kurumsal bir şekilde ilk olarak Uluslararası Enerji Ajansının (IEA) kuruluşunda 1974 yılında kullanılmıştır. IEA, enerji güvenliğini, Deese (1979) ve Yergin (1988) tarafından ortaya atıldığı biçimde, enerji kaynaklarına uygun fiyatlardan ve kesinti olmaksızın erişebilme imkânı olarak tanımlamaktadır. Enerji arz güvenliği kısa dönemde, enerji sistemlerinin talepteki ani artışlar veya arz kesintileri gibi kısa vadeli sorunlarla başa çıkabilme kapasitesine işaret ederken uzun dönemde ise yapılan enerji yatırımlarına, enerji kaynaklarının sürdürülebilirliğine, bu çerçevedeki altyapının güçlendirilmesine ve sonuç olarak gelecekteki enerji arzının sürekliliğinin sağlanmasına odaklanmaktadır⁴.

³ Enerji kaynaklarının sınıflandırılmasında sık kullanılan ayrım enerji kaynaklarının dönüştürülebilir olmasına göre sınıflandırılmasıdır. Bu kapsamda doğada var olan ve enerjisi doğrudan kullanılabilen güneş, rüzgâr, su, biokütle, kömür, petrol, doğal gaz ve nükleer enerji gibi kaynaklara birincil enerji kaynakları denilmektedir. İkincil enerji kaynakları ise ancak birincil enerji kaynaklarının dönüştürülmesiyle ortaya çıkarlar. Elektrik, sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG), hava gazı ve petrol türevleri (benzin, mazot, fueloil vb.) ikincil enerji kaynaklarına örnektir.

⁴ IEA Energy Security, <https://www.iea.org/topics/energy-security>

Tanımın yukarıda yer verilen çerçevenin dışında fiziksel, ekonomik, sosyal ve çevresel boyutları da vardır (Costantini vd., 2007; Colgan, 2013; Kennedy, 2010; Peoples, 2014) :

- i. Bir enerji kaynağı tükendiğinde veya üretim geçici veya kalıcı olarak durdurulduğunda, fiziksel bir kesinti meydana gelebilir.
- ii. Ekonomik kesintiler, enerji kaynakları arzının fiziksel olarak kesintiye uğramasından kaynaklanabilir. Bu durum da enerji fiyatlarının öngörülebilirliğinin azalmasına ve enerji fiyatlarındaki dalgalanmaların artmasına neden olabilir. Tedarikçilerin gelecekteki potansiyel bir kesintiye ilişkin beklentisi, arz ve talep görünüşte dengede olsa bile panik satın alımına yol açar. Sonuç doğrudan işletme maliyetlerini ve özel tüketicilerin satın alma gücünü etkileyen keskin fiyat artışlarıdır.
- iii. Enerji arzındaki istikrarsızlık da ciddi toplumsal kesintilere neden olabilir. Günümüzde petrol, ekonominin işleyişi için hayati önem taşımaktadır ve arzdaki herhangi bir kesinti, toplumsal talepler ve olası toplumsal çatışmalara yol açabilir.
- iv. Son olarak, enerji zincirinin ekosistemlere verdiği zararlar ilgili birçok çevresel endişe bulunmaktadır; bu zararlar kazaların (petrol sızıntıları, nükleer kazalar, metan sızıntıları) veya kirletici emisyonların (kentsel kirlilik ve sera gazı emisyonları) bir sonucu olabilir.

Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı UNDP (2020) raporunda⁵, “çeşitli şekillerde, yeterli miktarlarda ve makul fiyatlarla sürekli enerji bulunabilirliği” şeklinde tanımlanan enerji güvenliğinin birkaç yönü bulunmaktadır. Bu kapsamda ithal edilen kaynakların geçici veya uzun süreli kesintilerine karşı kırılganlığın sınırlı olması ve zamanla artan enerji talebinin makul fiyatlarla karşılamak için yerel ve ithal kaynakların bulunabilmesi enerji güvenliğinin temel bileşenlerini oluşturmaktadır.

⁵ Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı “Dünya Enerji Değerlendirmesi: Enerji ve Sürdürülebilirliğin Zorluğu”, 2000, <https://digitallibrary.un.org/record/429622>

Dünya Bankası ise, enerji güvenliğinin enerji verimliliği, arzın çeşitlendirilmesi ve fiyat oynaklığının en aza indirilmesi olmak üzere üç temele dayandığını belirtmektedir.

2.2. Enerji Arz Güvenliğinin Tarihi

Enerji güvenliğine ait tartışmaların kökeni insanın ve enerjiye olan ihtiyacının en basit haliyle dahi bulunduğu ilk çağlara kadar götürülebilir. Tarihi süreç içerisinde bazı olaylar kişiler arasındaki problemleri aşarak bir toplumsal sorun seviyesinde değerlendirilmiş ve dolayısıyla devletler tarafından takip edilen, yönlendirilen bir kapsama sahip olmaya başlamıştır.

Enerji güvenliğinin gelişiminde, sanayi devrimi ile ortaya çıkan enerji talebi ve enerjiye ulaşabilmenin toplumsal refah için olmazsa olmaz olarak görülmeye başlanması, enerji kaynaklarına güvenilir yollardan erişimi artık devlet politikalarının ana gündemi haline getirmiştir. Enerji kaynaklarına sahip olmak devletler için bir güç kaynağı olmakla birlikte bir yandan da farklı ülkelerin enerji kaynağına ulaşmasını engellemek dış politikada kazanım elde etmenin bir aracı olarak kullanılabilmeye başlamıştır.

Tarihsel olarak, enerji güvenliği öncelikle petrol arzıyla ilişkilendirilmiştir. Petrol arzı önemli bir konu olmaya devam ederken, enerji sistemlerinin artan karmaşıklığı daha geniş bir yelpazedeki zayıflıkların sistematik ve titiz bir şekilde anlaşılmasını gerektirmiştir. Bunun nedeni, enerji kaynağında yaşanacak kesintilerin ilgili olduğu diğer alanları da etkilemesidir. Örneğin kuraklık durumunda hidroelektrikten üretilen enerji düşüşe geçecektir. Veya boru hatlarında meydana gelen bir sorun enerjinin ulaşımını zorlaştıracaktır. Diğer yandan havanın çok sıcak olduğu durumlarda soğutma maksatlı elektrik talebinin artması mümkün olabilecektir. Dolayısıyla enerji güvenliği etkilediği alanlar itibarıyla çok yönlü sonuçlar doğuran kapsama sahiptir. Sonuç olarak, bir ülkenin petrol ithalat bağımlılığının, tedarikçilerinin ve acil durum stoklarının analizi artık enerji güvenliği durumunu anlamak için yeterli değildir ve bu kapsamı da içeren ancak sadece petrol arzı ilişkisiyle yetinmeyen yeni bir bakış açısına ihtiyaç bulunmaktadır (Jewell, 2011).

Enerji güvenliğinin ilk defa bir ulusal strateji haline gelmesi ise Birinci Dünya Savaşı sırasında İngiliz donanmasının gemilerinin güç kaynağını kömürden petrole kaydırması ve böylece filoyu Alman rakiplerine göre daha hızlı hale getirmeyi amaçlaması dolayısıyla artık İngiliz donanmasının Galler'den gelen kömüre değil, İran'dan gelen güvensiz petrol kaynaklarına güveneceği anlamına gelmesi ile olmuştur.

II. Dünya Savaşı sırasında petrolün savaş için stratejik bir kaynak olduğu anlaşılmış ve savaştan sonra enerji politikaları büyük ölçüde petrol kaynaklarının kontrolüne odaklanmıştır. 1960 yılında Petrol İhraç Eden Ülkeler Birliğinin (OPEC) kuruluşu ve petrol üretim kotalarını belirleme konusundaki gücü, petrol arzının kontrolünü büyük ölçüde değiştirerek enerji arz güvenliği tartışmalarında önemli bir dönüm noktası olmuştur.

1970'lerde yaşanan iki büyük petrol krizi enerji güvenliği kavramının ekonomik boyutunu öne çıkarmıştır. Arap-İsrail savaşı sonrasında Arap ülkelerinin koyduğu petrol ambargosu, Batılı ülkeler için önemli bir petrol arzı sıkıntısı oluşturmuştur. Bu kriz sonucunda ortaya çıkan petrol kuyrukları krizin sonuçları itibarıyla doğrudan ülke vatandaşlarının da gündemine oturmasına sebep olmuştur. Petrol krizlerinin ardından özellikle krizden etkilenen ülkeler için ana gündem enerji arz kaynaklarının çeşitlendirilmesi, belli sayıda ülkeye bağlı kalmamak olmuştur. Bu dönemde nükleer enerjinin ve yenilenebilir enerji kaynaklarına sahip olmanın önemi daha fazla vurgulanmaya başlanmıştır. 1970'lerdeki petrol krizleri sonrasında gelişen enerji güvenliği tartışmalarının modern dönem enerji arz güvenliğinin temelini oluşturduğu söylenebilir. Öyle ki kurumsal bir şekilde IEA kuruluşunda ilk olarak, enerji arz güvenliğini, enerji kaynaklarına uygun fiyatlardan ve kesinti olmaksızın erişebilme imkânı olarak tanımlanmıştır.

1990'larda soğuk savaşın sona ermesinin oluşturduğu politik ortam, küreselleşmenin hız kazanması, Rusya'nın doğal gaz ihracatındaki payı ve Avrupa'nın doğal gaz konusunda Rusya'ya bağılılığı enerji güvenliğinin ana başlıklarını oluşturmuştur. Yine ilgili dönem ve sonrasında yaşanan Körfez Krizleri, Arap Baharı

ve bazı Ortadoğu ülkelerinde gerçekleşen devrimler, Rusya-Ukrayna Krizi ile öngörülemeyen uluslararası gelişmeler, küresel enerji piyasası ile ekonomik sistemi olumsuz yönde etkilemiş, enerji güvenliği kapsamını sadece petrole erişim çerçevesinden kurtarıp bugünkü haline dönüştürmüştür.

Günümüzde ise enerji arz güvenliğinin odağını, iklim kriziyle mücadele edebilmek için 197 ülkenin ortak hareket etmeleri gerektiğini 2015 yılında kabul ettikleri *Paris Anlaşması* oluşturmaktadır. Paris Anlaşması, iklim krizinin önüne geçmek için küresel ortalama yüzey sıcaklığındaki artışı 2°C ile sınırlandırmak, mümkünse 1,5°C altında tutmayı amaçlamaktadır. Küresel ısınmayı, Paris Anlaşması'nda talep edildiği gibi 1,5°C'nin altında tutabilmek için emisyonların 2030'a kadar %45 oranında azaltılması ve 2050'ye kadar net sıfıra ulaşması için ülkelerin atacakları adımların birincil enerji kaynaklarına olan talebin içeriğini, yenilenebilir enerji kaynakları lehine değiştireceği ve bu durumun enerji arz güvenliğinin değerlendirildiği koşulları yeniden tanımlayacağı beklenmektedir.

3. ENERJİ ARZ GÜVENLİĞİ LİTERATÜRÜ

Enerji kaynaklarına ulaşmaya dair endişelerin yükselmesiyle enerji güvenliği hakkında akademik çalışma yapılması dönemleri arasında bir paralellik bulunduğu söylenebilir. Enerji güvenliği konusundaki akademik çalışmaların kökeni 1960'lara kadar dayanmaktadır⁶ ve 1970'lerdeki petrol krizinde olgunlaşan enerji arz güvenliği, 2000'lerde Asya'da artan enerji talebi, Avrupa'daki gaz tedariklerindeki kesintiler ve enerji sistemlerinin karbondan arındırılması baskısı nedeniyle bu alanda yeniden ivme kazanmıştır.

Ancak, 'çağdaş' ve 'klasik' enerji güvenliği çalışmaları arasında önemli bir fark vardır. 1970'lerde ve 80'lerde enerji güvenliğinin ana gündemi petrol olduğu için petrol ihracatçıların karşılaşılabileceği ambargolar ve fiyat manipülasyonları gibi tehditlerin ucuz petrole sürekli bir şekilde ulaşımı ne oranda etkileyeceği hususu enerji güvenliğine ait klasik bakış açısının temelini oluşturuyordu. Buna karşılık, çağdaş enerji güvenliği çalışmaları enerji kaynağına ulaşmadaki zorlukları sadece petrol tedariki kapsamından kurtarıp diğer tüm enerji kaynakları için ve bunlarla ilintili tüm konuları da içerecek şekilde tartışmaktadır. Bunun sebebi enerji güvenliğinin artık modern enerjiye eşit erişim sağlama ve iklim değişikliğini azaltma gibi diğer enerji politikası sorunlarıyla yakından iç içe geçmiş durumda olmasıdır. Sonuç olarak klasik çalışmalarda örtük olarak yer alan enerji güvenliği kavramı yoğun bir şekilde yeniden inceleme konusu haline gelmiştir (Cherp ve Jewell, 2014).

Asif ve Muneer (2005) çalışmasına göre kullanılan enerji sistemleri gelecekteki enerji gereksinimleriyle baş edemeyecek durumdadır. Fosil yakıt rezervlerinin tükenmesi, gelişmiş ülkeleri ağırlıklı olarak nükleer enerji kullanmaya itmektedir. Fosil yakıt ve nükleer enerji üretimi ve tüketimi ise insan sağlığını ve yaşam kalitesini tehdit eden ve ekolojik dengeyi ve biyolojik çeşitliliği etkileyen çevresel bozulmayla

⁶ Bakınız örneğin Lubel (1961).

yakından ilişkilidir. Bu nedenle, hızla artan küresel enerji ihtiyaçlarının telafisi mümkün olmayan çevresel hasarlara yol açmaması, mevcut ve gelecek nesillerin yaşamını tehlikeye atmaması için dünya çapında bir çaba gösterilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda yenilenebilir enerji kaynakları sıfır emisyonla enerji üretme potansiyelleri ile öne çıkmaktadır.

Cohen vd. (2011) çalışmasında, politika yapıcılar için genellikle enerji güvenliğinin sağlanması ile enerji bağımsızlığının aynı anlamları belirttiği ifade edilmektedir. Toplam tüketimin bir payı olarak artan ithalat, bir ülkenin arz kesintilerine veya enerji fiyat artışlarına karşı kırılganlığının analizi yapılmadan, daha düşük enerji güvenliği anlamına gelir. Güvenliği bağımsızlıkla eş tutmak, politika yapıcıları, tedarikçileri çeşitlendirerek veya yakıt türleri arasında ikameyi artırarak riski yönetmek için verimli yöntemlere odaklanmak yerine, öncelikle yerel arzın genişletilmesini teşvik etmeye -örneğin yerel üretime sübvansiyonlar vermeye yönlendirmektedir.

Enerji güvenliğinin, Asya-Pasifik bölgesi kapsamında incelendiği Vivoda (2010) çalışmasında, enerji arz güvenliği literatürünün genellikle ekonomiyi ve endüstriyi desteklemek için makul fiyatlardan güvenilir enerjiye ulaşmak sınırları içerisinde hareket ettiği ifade edilmektedir. Daha önceki çoğu çalışmada, enerji güvenliğinin petrol tedariklerinin güvenliği açısından değerlendirildiği ve söz konusu bakış açısına kaynaklık eden düşüncenin yabancı tehditlere veya baskılara karşı kırılganlığı azaltmak, bir tedarik krizinin meydana gelmesini önlemek ve bir tedarik krizi meydana geldikten sonra bunun ekonomik ve askeri etkisini en aza indirmek olduğu iddia edilmektedir. Bu çalışmaya göre odak noktası bir petrol tedarik krizi kapsamında enerji güvenliğini değerlendirmek olan bu çalışmalar enerji güvenliği politikasının analizi için uygulanabilir bir çerçeve ile birlikte daha kapsamlı bir enerji güvenliği tanımına ihtiyaç duymaktadır. Yeni enerji güvenliği tanımı hem enerji ihracatçıları hem de ithalatçıları için daha geniş, daha kapsamlı bir anlamda daha fazla enerji güvenliği sağlamak için elzemdir. Yeni enerji güvenliği tanımını oluşturmak için Von Hippel vd. (2011) çalışmasının, yeni bir enerji güvenliği kavramına dahil edilmesi gerektiğini söylediği dört büyük zorluk olan *çevre, teknoloji, talep tarafı yönetimi ve*

sosyal-kültürel faktörlere üç başlık daha ekler: insan güvenliği, uluslararası durum, hükümet politikası.

Sovacool ve Mukherjee (2011), Vivoda (2011) çalışmasında yapıldığı gibi enerji arz güvenliği için kapsamlı ve standartları olan bir tanım aramaktadır. Bu bağlamda, enerji güvenliği tanımları ya enerji sorunlarının kapsamlılığını göz ardı edecek kadar dar olabilir ya da kesinlik ve tutarlılıktan yoksun olacak kadar geniş olabilir. Birleşmiş Milletler (BM) ve diğer çok uluslu gruplar tarafından ulaştırma verimliliği, çevre kalitesi ve endüstriyel verimlilik gibi bileşik göstergelerin geliştirilmesine önemli çabalar harcanmış olsa da enerji güvenliğini değerlendirmek için standart ölçütlerin olmadığı, bir başka deyişle Vivoda (2011) çalışmasında ifade edildiği gibi daha kapsamlı bir enerji güvenliği tanımının gerektiği sonucuna varmaktadır. Sovacool ve Mukherjee (2011), enerji güvenliğinin *ulaşılabilirlik, ödenebilirlik, teknoloji geliştirme, sürdürülebilirlik ve düzenleme* ile ilgili beş boyutu kapsaması gerektiğini, bu kavramların enerji güvenliğini değerlendirmek için bir standart ölçü koyabileceğini öne sürmektedir. Söz konusu 5 ölçünün 20 alt başlıkta (tedarik ve üretim güvenliği, bağımlılık ve kullanılabilirlik için çeşitlendirme; fiyat istikrarı, erişim ve eşitlik, merkeziyetsizlik ve karşılanabilirlik için düşük fiyatlar; teknoloji geliştirme için yenilik ve araştırma, güvenlik ve güvenilirlik, dayanıklılık, enerji verimliliği ve yatırım; sürdürülebilirlik için arazi kullanımı, su, iklim değişikliği ve hava kirliliği; ve sağlam düzenleme için yönetim, ticaret, rekabet ve bilgi) incelendiği makalede enerji güvenliği kavramının tanımına açıklık ve enerji güvenliğine ölçülebilir bir standart getirilmeye çalışılmaktadır.

Chester (2010) bir ülkenin (veya kıtanın) kısa ve uzun vadede enerji güvenliğini değerlendirmek için her enerji kaynağında ayrışma seviyesinin olması gerektiğinin farkında olarak, ulaşılabilirlik, kapasite yeterliliği, ödenebilirlik ve sürdürülebilirlikten oluşan dört kategorinin kullanılabileceğini ifade etmektedir. Bu yaklaşım enerji güvenliği konusunu geniş bir şekilde kavramsallaştırırken, zamansal boyutu ve enerji piyasası çeşitliliğini açıkça kabul eder. Bu değerlendirme, enerji güvenliğinin küresel düzeyde karşılaştırılması için de kullanılabirse de her kavramın incelenen kapsamına göre sahip olacağı özgünlük enerji güvenliğine atfedilebilecek anlamların çok olması

ve dolayısıyla enerji güvenliğinin ne olduğu konusunda herkese uyan bir çözümün olamayacağı sonucuna ulaştıracaktır.

Manson vd. (2014) çalışmasına göre enerji güvenliğinin farklı boyutlarını ölçmek için yukarıda yer verilen göstergelerin kullanımı değerli bilgiler sağlasa da yalnızca enerji ile güvenlik arasındaki ilişkiyle ilgili sınırlı bir yönü ele almaktadır. Ayrıca, gösterge incelemeleri esas olarak ‘ne’ ölçüleceği konusunu ele alır, ancak ‘nasıl’ ve ‘neden’ ölçüleceğini anlayabilmek için hangi güvenlik düzeyinin yeterli kabul edilebileceği, farklı sistemlerin nasıl karşılaştırılabileceği, farklı politikaların enerji güvenliği üzerindeki etkisinin ne olabileceği, toplumsal hedeflerle de ilişkili olarak, dikkate alınması gereken önemli konulardır.

Yergin (2006) çalışmasına göre artık uluslararası alandaki daha geniş ilişkilerin de içerisinde yer aldığı bir bakış açısıyla enerji güvenliğinin incelenmesi gerektiğine dikkat çekmektedir. Enerji güvenliğinin anahtarı ilk defa ulusal stratejinin bir parçası olarak görülmeye başlandığı yıllardan beri kaynakların çeşitlendirilmesi olsa da tanımı ülkeden ülkeye kendi jeopolitik riskleri çerçevesinde farklılık göstermektedir. Enerji güvenliği konusundaki tecrübeye ülkelerin uyması gereken ilkeler şunlardır: Arzın çeşitlendirilmesi, güvenlik marjı (yeterli yedek üretim kapasitesi, stratejik rezervler, büyük bölgesel kesintilere yanıt verilebilecek planlamalar), entegrasyon (var olan enerji piyasasının istikrarının sağlanmasına katkı sağlamak), bilginin önemi (doğru bilgi alınacak önlemlerin kalitesini arttıracak, gerçek olmayan kriz söylentilerinin önüne geçecektir), Çin ve Hindistan’ın dahil edileceği bir şekilde enerji güvenliği sisteminin küreselleşmesi ve enerji tedarik zincirinin korunması. Enerji kaynaklarının, yenilenebilir enerji yatırımları, temiz kömür teknolojilerinin geliştirilmesi doğal gazın sıvı yakıtıya dönüştürülmesi gibi yollarla çeşitlendirilmesi enerji güvenliğinin gelecekte savaş, terörist saldırısı, fırtına vb. olaylardan kaynaklanan şoklara karşı direncini arttıracaktır.

4. ENERJİ ARZ GÜVENLİĞİNİN ÖLÇÜLMESİNE İLİŞKİN YAKLAŞIMLAR

4.1. Enerji Arz Güvenliğinin Boyutları: 4A Yaklaşımı

Enerji arz güvenliği konusunda yapılmış çalışmaların anlatıldığı bölümde de aktarıldığı üzere literatürde enerji arz güvenliğinin boyutlarına ilişkin farklı sınıflandırmalar yer almakla birlikte en çok kullanılan sınıflandırma 4A kısaltmasıyla ifade edilmektedir: bulunabilirlik (*Availability*), karşılanabilirlik (*Affordability*), erişilebilirlik (*Accessibility*) ve kabul edilebilirlik (*Acceptability*).

Bunlardan ikisi olan bulunabilirlik ve karşılanabilirlik enerji güvenliği çalışmalarının en başlarından beri kullanılmaktadır. Hatta IEA'nın enerji arz güvenliği tanımı da “uygun fiyata kesintisiz enerji kaynağı bulunabilirliği” ifadesiyle bulunabilirlik ve karşılanabilirlik özelliklerine işaret etmektedir. 4A'yı oluşturan diğer ikili olan erişilebilirlik ve kabul edilebilirlik ise Dünya Enerji Konseyi'nin WEC (2000) Bildirgesi'nde⁷ ilan edilen küresel enerji hedefleri arasında bulunmaktadır ancak APERC (2007) raporuna kadar enerji güvenliğiyle ilişkilendirilmemiştir⁸. 4A enerji güvenliğinin boyutlarına ilişkin sınıflandırma aynı zamanda enerji arz güvenliğini güçlendirmek için yapılması gerekenleri göstermektedir.

⁷ WEC (2000). World Energy Council, Energy for Tomorrow's World-Acting Now. World Energy Council, London.

⁸ APERC (2007) A quest for Energy Security in the 21st Century: Resources and Constraints. Asia Pacific Energy Research Centre (APERC), APEC, Tokyo.

4.1.1. Bulunabilirlik (Availability)

Enerji kaynaklarının yeterli düzeyde mevcut olması ve çeşitliliği anlamına gelir. Bir ülkenin enerji kaynaklarına erişimi, iç üretim kapasitesi ve ithalat imkânları bu başlık altında değerlendirilir.

Erdal ve Karakaya (2012) çalışmasına göre bulunabilirlik, mevcut olan bir enerji kaynağının aynı zamanda elde edilebilir olmasını ifade etmektedir. Elde edilebilirlik bir enerji kaynağının fiziksel olarak var olmasıyla birlikte tüketicinin ihtiyacı olan mal ve hizmete ulaşabilmesi olarak da tanımlanmaktadır. Bu nedenle elde edilebilirlik, ticarî, ekonomik, siyasî, stratejik vb. hangi nedenle olursa olsun, enerji mal ve hizmetlerini alan ve satan tarafların üzerinde anlaştığı bir piyasa sistemini gerektirmektedir. Tarafların karşılıklı bağımlılığı, enerji güvenliğinin önkoşuludur. Ancak piyasadaki tarafların birbirleri karşısındaki üstünlükleri ve çıkarları ticarî kuralların sınırlarını belirlemektedir. Enerji piyasası, fiziksel kaynaklar yanında sermaye yatırımı, teknolojinin verimli kullanımı, uygun hukukî ve kurumsal altyapı ve yasal üretim süreci sonunda üretilen hizmetin toplum tarafından sosyal kabul görmesi gibi önemli unsurları da taşımaktadır.

Güncel durumda birincil enerji talebinin büyük çoğunluğunu oluşturan petrol, doğalgaz ve kömür kullanımının zaman içerisinde bu kaynakların rezervlerinin tükenmesine bağlı olarak azalması beklenmektedir. Ayrıca ürettikleri karbon miktarının sıfır emisyon hedefleri doğrultusunda düşürülmesi hususundaki çabalar sebebiyle de petrol, doğalgaz ve kömür kullanımını azalacağı öngörülmektedir. Buna karşılık alternatif olarak düşünülen yenilebilir enerji kaynaklarının ise iklim krizi sebebiyle beklenen çıktıyı sunamaması ve stoklanmasına yönelik problemler yaşanması ihtimali bulunmaktadır. Bahse konu hususlar enerji güvenliğinin bulunabilirlik başlığının gelecekte önemli başlıklarını oluşturmaktadır.

4.1.2. Karşılabilirlik (Affordability)

Karşılabilirlik, enerjinin talep edenler tarafından alınabilir bir fiyata sahip olması anlamına gelir. Kavram üretici açısından, enerji kaynaklarına yapacağı yatırım

sonucunda kâra ulaşabilmeyi ifade ederken tüketici açısından ise enerji kaynaklarının sahip oldukları gelirle satın alınabilir olması anlamına gelir. Dolayısıyla enerji kaynaklarının üretiminde kullanılan kalemlerin maliyetlerinde oluşacak olağandışı artışlar karşılanabilirlik kavramı kapsamında istenmeyen durumu işaret edecektir.

Enerjinin ülke ekonomisini oluşturan tüm bileşenler için gerekli olması ve toplum refahının sağlanmasındaki olmazsa olmaz konumu, piyasadaki arz talep dengesi içerisinde belirlenen enerji fiyatlarındaki beklenmedik artışların ülkeler tarafından doğrudan bir güvenlik sorunu olarak algılanmasına neden olabilmektedir. Örneğin 1973 ve 1979 yıllarında yaşanan petrol krizi sebebiyle petrolün varil fiyatının iki kattan fazla artması batı ülkelerinde benzin kuyruklarına ve toplumsal tepkimeye yol açmıştır.

Enerjinin fiyatının yüksek olması enerji ithal eden ülkeler için olumsuz iken ihraç eden ülkeler için ise olumludur. Bununla birlikte enerji fiyatının çok yüksek olması enerjiye olan talebi azaltması nedeniyle enerji arz eden ülkeler aleyhine bir gelişme olabileceken enerji fiyatının çok düşük olması ise enerji arz eden ülkelerin enerji kaynaklarını arttırma konusundaki motivasyonlarını olumsuz etkileyebilecektir. Bu nedenle enerji fiyatının arz talep dengesinin sağlandığı serbest piyasa koşullarında ve öngörülebilir bir seyrinde devam etmesinin tüm muhatapları açısından ideal senaryoyu ifade ettiğini söylemek mümkündür.

4.1.3. Erişilebilirlik (Accessibility)

Enerjinin erişilebilir olması, bir yandan enerji rezervi veya kaynağı ile enerjinin üreticisi ve tüketicisi arasındaki mesafeyi ya da uzaklığı ifade ederken diğer yandan enerji tedarikinin kesintiye uğramamasını ifade etmektedir. Hayatın gündelik rutin işleyişi için gereken enerjinin kesintiye uğraması, her türlü mal ve hizmet üretimini engelleyen bir durumdur (Erdal ve Karakaya, 2012).

Bir enerji kaynağı ancak kendisine güvenli tedarik yolları sayesinde ulaşılabilirdiğinde anlam ifade edecektir. Örneğin ülkeler arası doğalgaz taşınması için döşenecek boru hatlarının, petrolün talep edilen yere sorunsuz ulaşabilmesi için deniz

tankerlerinin güvenliğini sağlanması gerekecektir. Ülkeler arası çatışmalar, ülke içi karışıklıklar, olağanüstü doğa olayları tedarik güvenliğinin sağlanmasında göz önünde bulundurulması gereken temel konulardır.

Enerji talep eden ya da enerji arz eden ülkeler erişilebilirlik konusundaki güvenlik endişelerini gidermek için enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi konusunda yatırımlar yapmaktadırlar. Örneğin Rusya, Doğu Sibirya petrol ve doğalgazını çoğunlukla Çin'e satmayı planlıyor olsa da 'Sibirya'nın Gücü' boru hattının bir uzantısı Vladivostok limanından, diğer bir uzantısı da Kozumi limanından Sibirya hidrokarbonlarını dünya piyasalarına ulaştırmaktadır. Rus doğalgazına bağımlılıktan büyük rahatsızlık duyan Polonya ve Litvanya, ülkelerini dünya gaz tedarikçilerine açacak yüksek kapasiteli LNG liman terminalleri inşa etmişlerdir. Bu tür çeşitlendirme politikaları, tedarikçi ve tüketici ülkeler arasında gerilim yaratabilmekte, bu gerilim zaman zaman kriz ve hatta askeri gücün kullanıldığı uyuşmazlıklara dönüşebilmektedir (Hatipoğlu, 2019).

4.1.4. Kabul Edilebilirlik (Acceptability)

Enerji güvenliğinin çevresel, sosyal ve politik açılardan toplum tarafından kabul edilebilir olmasını ifade eden kabul edilebilirlik enerji güvenliğinin en önemli başlıklarından birini oluşturmaktadır. Enerji politikalarının sürdürülebilir olması ve toplumun enerji projelerine yönelik bakış açılarının dikkate alınması enerji güvenliğini yorumlamada ana kolonları oluşturmaktadır.

Çevresel açıdan kabul edilebilirlik, enerji üretiminde kullanılan teknolojilerin çevresel kaygılara duyarlı olmasını, fosil yakıt kullanımı ve karbon emisyonlarındaki azalışın takip edilmesi gereken bir hedef olduğunu ve bu sebeple yenilenebilir enerji kaynaklarının daha fazla tercih edilmesi gerektiğini ifade eder. Kabul edilebilirliğin sosyal yönü ise enerji yatırımlarının yerel halkın düzenini bozmamasını ve onlar tarafından olumlu karşılanmasını konu alır. Tüm bunların uygulamaya geçebilmesi için ise yer verilen hususların politikacılar tarafından hayata geçirilecek yasal düzenlemelerle de desteklenmesi gerekmektedir. Örneğin, Paris Anlaşması'nın koyduğu uzun vadeli küresel ısınmanın 1,5°C ile sınırlaması hedefi de enerji

güvenliğinin kabul edilebilir-sürdürülebilir çerçevede düşünülmesi için üye ülkeler için önemli yasal düzenlemelerden birini oluşturmaktadır.

4.2. Enerji Arz Güvenliğini Etkileyen Faktörler

Enerji arz güvenliğinin boyutlarının daha anlaşılır hale gelmesi ve bir açıdan da kapsamının genişletilmesi için belli göstergeler kullanılabilmektedir. Bu konuda farklı yaklaşımlar olmakla birlikte literatürde en çok yer verilen kapsamlardan biri, öncesinde yapılan çoğu çalışmanın gözden geçirilmesiyle oluşturulan Kruyt vd. (2009) olarak görülmektedir. Buna göre enerji arz güvenliği göstergeleri başlıklar halinde aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir.

- i. **Basit göstergeler:** Kaynak tahminleri, rezerv/üretim oranları, çeşitlilik endeksleri, ithalat bağımlılığı, politik istikrar, enerji fiyatı, ortalama varyans portföy teorisi, yakıtların karbon payının sıfır olması, piyasa likiditesi ve talep tarafı göstergeleri.
- ii. **Toplu göstergeler:** Shannon-Wiener endeksi, IEA'nın enerji güvenliği endeksi, S/D endeksi, ödeme isteği, petrol kırılabilirliği endeksi.

4.2.1. Basit Göstergeler

4.2.1.1. Kaynak Tahminleri

Kaynak tahmini, enerji arz güvenliğini sağlamada kritik bir rol oynar. Kaynak tahminleri, hem mevcut enerji kaynaklarının doğru bir şekilde yönetilmesini sağlar hem de gelecekteki enerji ihtiyaçlarının öngörülmesine yardımcı olur. Kaynak tahminlerinin doğru yapılabilmesi; ülkelerin uzun vadeli stratejik planlamalarının ve yatırım kararlarının doğru veri üzerinden yapılabilmesi, bu çerçevede kaynak çeşitlendirme alternatiflerinin düşünülerek enerji bağımlılığının azaltılmasına yönelik çalışmalar yapılabilmesi, olası arz kesintileriyle nasıl mücadele edileceğine yönelik doğru risk yönetiminin kurulabilmesi, enerjinin sürdürülebilirliğinin sağlanması ve

piyasada istikrarsızlığa yol açmayacak bir enerji fiyatının belirlenebilmesi gibi tüm konuların gerçeğe en yakın şekilde planlanabilmesi için en önemli başlıktır.

4.2.1.2. Rezerv/Üretim Oranı (R/P Oranı)

Rezerv/Üretim Oranı (R/P Oranı), bir enerji kaynağının mevcut rezervlerinin, o kaynağın yıllık üretim miktarına bölünmesiyle hesaplanan bir ölçüttür. Bu oran, bir kaynağın kaç yıl boyunca mevcut üretim hızıyla kullanılabileceğini gösterir ve enerji arz güvenliği analizlerinde kritik bir gösterge olarak kabul edilir. R/P oranı, ülkelerin ve enerji şirketlerinin gelecekteki enerji arzını planlamalarına, kaynak çeşitlendirmesi yapmalarına ve sürdürülebilir enerji politikaları geliştirmelerine yardımcı olur.

4.2.1.3. Çeşitlilik Endeksleri

Çeşitlilik endeksleri, enerji kaynaklarının ne kadar çeşitlendirildiğini ve bir enerji sisteminin risklere karşı ne kadar dayanıklı olduğunu ölçmek için kullanılır ve enerji arz güvenliği için önem taşır. Yüksek çeşitlilik endeksleri, enerji arz güvenliğinin arttığını, jeopolitik ve ekonomik risklerin azaldığını ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlandığını gösterir. Bu nedenle, ülkeler ve enerji şirketleri, enerji arz güvenliğini artırmak için çeşitlilik endekslerini dikkate alarak stratejik kararlar alırlar.

4.2.1.4. İthalat Bağımlılığı

Enerji kaynaklarının büyük ölçüde ithalat yoluyla karşılanması, ülkeleri çeşitli ekonomik, jeopolitik ve teknik risklere karşı savunmasız hale getirebilir. Enerji ithalat bağımlılığı, ülkelerin dış politikalarını ve ilişkilerini doğrudan etkiler. Enerji arzının büyük ölçüde dış kaynaklardan karşılanması, Orta Doğu’da yaşanan krizlerin petrol arzında kesintilere neden olması ve bunun sonucunda küresel enerji fiyatlarının etkilenmesinde veya Rusya-Ukrayna krizinde Rusya’nın Avrupa’yı doğal gaz tedarikiyle tehdit etmesinde olduğu gibi ilgili ülkeler için jeopolitik risklerin de büyük olduğu anlamına gelebilir. İthalat bağımlılığının azaltılması için yerli enerji

kaynaklarının kullanımına ağırlık verilmesi, enerji kaynaklarında çeşitlendirmeye gidilmesi, enerji tüketiminin optimize edilerek verimlilik artırıcı uygulamalara geçilmesi ve acil durumlar için stratejik rezervlerin oluşturularak depolama kapasitesinin artırılması gerekmektedir.

4.2.1.5. Politik İstikrar

Enerji politikalarının etkin uygulanması, yatırım ortamının güvenilirliği ve tedarik zincirlerinin sürdürülebilirliği açısından politik istikrar enerji arz güvenliği üzerinde kritik bir rol oynar. Politik istikrarın sağlanabildiği ülkelerde enerji politikaları çoğunlukla tutarlı ve öngörülebilir olması yenilenebilir enerji yatırımları, altyapı projeleri ve enerji verimliliği gibi uzun vadeli stratejilerin başarıyla uygulanmasına olanak tanır. Politik istikrarın varlığı ile birlikte enerji sektöründe düzenleyici kurumların bağımsızlığı ve karar alma süreçlerinin politik müdahalelerden uzak olması, hukukun üstünlüğü konusunda ülke vatandaşlarının ve yabancı yatırımcıların mutlak güveni enerji arz güvenliğinin olmazsa olmazlarıdır.

Enerji yatırımları genel olarak yüksek bütçe gerektirmeleri ve uzun vadeli yatırım konusu olmaları itibarıyla yabancı yatırımcılar için önemli riskler teşkil edebilmektedir. Bu risklerin en aza indirilebilmesi için yatırım ortamı olan ülkedeki siyasi risklerin düşük olması, yabancı yatırımcıyı, ülkedeki enerji altyapısına (enerji iletim hatları, boru hatları ve enerji depolama tesisleri vb.) ve/veya yenilenebilir enerji projelerine daha fazla yatırım yapmaya teşvik eder. Bu projeler, enerji arz güvenliğini artırarak arz kesintilerini en aza indirir.

Politik istikrar, enerji ithalatı ve ihracatı yapan ülkeler arasındaki uzun vadeli anlaşmaların güvenilirliğini artırır. Örneğin, Türkiye'nin Azerbaycan ile yapmış olduğu Trans Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı (TANAP) gibi projeler, taraflar arasında istikrarlı politik ilişkiler gerektirir. Politik istikrarsızlık, bu bağlamda, enerji tedarik zincirlerinde kesintilere yol açabilir.

Kamuoyu desteğiyle oluşan ve ülke vatandaşları için daha iyi yaşam kalitesi sunan politik istikrarın, enerji projelerinin planlanması ve hayata geçirilmesi sırasında

kamuoyunun desteğini arkasına alacağı için, kamuoyunun enerji fiyatlarındaki dalgalanmalara karşı tepkisini azaltacağı söylenebilir. Politik olarak istikrarlı ülkelerin, hükümet, özel sektör ve düzenleyici kurumlar arasında iş birliği ve bilgi akışı daha verimli bir şekilde ilerleyeceği için, aynı zamanda enerji krizlerine karşı daha güçlü bir yönetme kapasitesine sahip olacağı beklenmektedir (Joskow, 2008). Yine politik olarak istikrarlı ülkeler, iklim değişikliğiyle mücadele kapsamında da daha etkin politikalar geliştirebilir ve bu politikaları sürdürülebilir bir şekilde uygulayabilir.

4.2.1.6. Enerji Fiyatı

Enerji fiyatı, enerji arz güvenliğini doğrudan etkileyen önemli bir faktördür ve hem tüketici hem de üretici tarafında çeşitli riskler yaratabilir. Tüketici açısından bakıldığında, yüksek enerji fiyatları, hane halkı bütçelerine ek yük getirerek enerjiye erişimi kısıtlayabilir. Bu durum, özellikle düşük gelirli haneler için enerji yoksulluğuna neden olabilir. Üretici açısından bakıldığında ise, yüksek enerji maliyetleri, sanayi üretim maliyetlerini artırarak ekonomik büyümeyi olumsuz etkileyebilir. Aynı kapsamda, enerji yoğun sektörlerin rekabet gücünü azaltarak, ekonomik istikrarı tehdit edebilir. Enerji fiyatlarının yüksek olmasının yukarıda yer verilen olumsuzluklar yanında, fiyatı yükselen enerji türünden farklı enerji türlerine enerji yatırımlarını artırabilir. Örneğin, doğal gaz fiyatlarının yükselmesi, güneş enerjisi projelerine yapılan yatırımları artırabilir.

Enerji fiyatlarının çok yüksek olmamasıyla birlikte aşırı dalgalanmaması da önemlidir. Fiyat dalgalanmalarına karşı korunmak için enerji şirketleri ve ithalatçılar, vadeli işlem sözleşmeleri ve risk yönetimi araçlarını kullanır. Bu stratejiler, arz güvenliğini artırabilir.

Enerji fiyatına, enerjiyi ihraç ve ithal eden ülke açısından bakıldığında ise enerji fiyatının yüksekliği ihracatçı ülke için ihracat gelirlerinin artması anlamına gelirken, ithalatçı ülke için gelirinin daha fazla kısmını enerjiye harcamak zorunda kalması anlamına gelecektir.

Enerji fiyatlarının sürekli düşük kalmasının enerji yoğunluğunu artırması ve kişilerin enerji tasarrufu konusundaki motivasyonlarını azaltması nedeniyle salt iyi bir anlama gelmediğini savunan metinler de bulunmaktadır. Örnek olarak Uluslararası Enerji Ajansı'nın (IEA) raporunda düşük petrol fiyatlarının toplamda 0,8 trilyon USD enerji verimliliği yatırımının önünü keseceği ve verimlilik nedeniyle sağlanacak tasarrufun yüzde 14'ünün iptal olmasına neden olacağı belirtilmektedir⁹. Dolayısıyla arz güvenliğini sağlayacak enerji fiyatının ne olacağı hususunda herkesin mutabık kalacağı bir kural söylemek zordur. Bununla birlikte enerji fiyatlarının piyasa koşulları çerçevesinde belirlendiği, enerji fiyat şoklarına karşı hükümetlerin enerji arz güvenliğini güçlendirecek politikaları bir bütün halinde uygulamaya çalıştığı ve bunlarla birlikte enerji verimliliği politikaları ile enerji yoğunluğunun azaltılmaya çalışıldığı bir çerçevede oluşmuş fiyatın ideale en yakın enerji fiyatını oluşturacağını söylemek mümkündür.

4.2.1.7. Ortalama Varyans Portföy Teorisi

Ortalama-Varyans Portföy (MVP) Teorisi, 1952 yılında Harry Markowitz tarafından geliştirilmiştir¹⁰. Bu teori, yatırımcıların risk ve getiri arasındaki dengeyi optimize ederek portföylerini değerlendirdiklerini öne sürmektedir. MVP teorisi, yatırımcıların portföylerini oluştururken, en çok getiri elde edecek ve en az risk altında olacak şekilde çeşitli varlıkları bir araya getirerek portföy oluşturduklarını önermektedir. Portföy analizi, tek bir optimum üretim karışımı sunmak yerine, maliyet-risk alanında bir sınır olan '*verimli sınır*' sonucuna ulaştırır; bu sınırın ötesinde (enerji) yatırım portföyleri, risklerini artırmadan daha az maliyetli hale getirilemez veya tam tersi, maliyetlerini artırmadan daha risksiz hale getirilemez. Analizde geçmişteki yakıt maliyetlerine ilişkin veriler, gelecekteki fiyat hareketlerinin riskini ve büyüklüğünü tahmin etmek için kullanılır (Kruyt vd., 2009). Ancak bu analiz geçmişteki koşulların kesinlikle gelecekte de tekrar edeceğinin kabulüne dayanması yönüyle itirazlara da konu olmuştur (Stirling, 1999).

⁹ IEA, Dünya Enerji Görünümü Raporu, 2015, s. 387.

¹⁰ Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. The Journal of Finance, 7(1), 77-91.

4.2.1.8. Yakıtların Karbon Payının Sıfır Olması

Güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, hidroelektrik enerji, nükleer enerji, biokütle ve hidrojen gibi karbon emisyonu üretmeyen veya çok düşük emisyonlara sahip kaynaklardan üretilen enerji sıfır karbonlu enerji kapsamında değerlendirilir. Bu yakıtların enerji portföyündeki payının artırılması, fosil yakıtlara bağımlılığı azaltarak enerji ithalatını azaltabilir. Bununla birlikte üretimin kaynağı daha çok yerli imkanlarla sürdürüleceği için enerji fiyatlarındaki aşırı dalgalanmalara karşı ülke ekonomilerini korur. Yine sıfır karbonlu yakıtlardan enerji üretimi ayrı bir teknolojik yetkinlik gerektireceğinden bu konudaki teknolojik kapasiteyi artırır. Tüm bunlarla birlikte iklim değişikliğiyle mücadele konusunda küresel çapta yapılan çalışmalardan en verimlilerinden biri olan sera gazı salınımlarını azaltarak sıfır karbon hedefine ulaşma çabasına katkı sağlanmış olur¹¹.

4.2.1.9. Piyasa Likiditesi

Piyasa likiditesi, piyasada varlıkların hızlı bir şekilde ve fiyat istikrarını bozmadan alınıp satılabilme kapasitesini ifade eder. Bir başka deyişle piyasa likiditesi, piyasaların arz ve talepteki dalgalanmalarla başa çıkma kapasitesine ilişkindir.

Enerji piyasalarında likidite, petrol, doğal gaz ve elektrik gibi enerji ürünlerinin ticaretinde istikrar ve esneklik sağlar. Yüksek likidite, enerji ticaretinin daha hızlı ve etkin bir şekilde gerçekleşmesine olanak tanır. Likiditesi yüksek piyasalar, enerji şirketlerinin vadeli işlem sözleşmeleri ve türev ürünler kullanarak risklerini yönetmesine olanak tanır. Bu araçlar, fiyat dalgalanmalarına karşı koruma sağlar ve enerji arz güvenliğini destekler. Likidite, enerji şirketlerinin finansal esnekliğini artırarak, ani piyasa değişimlerine hızlı tepki verme kabiliyetini geliştirir. Bu esneklik, arz güvenliğinin sağlanmasında önemli bir faktördür.

¹¹Paris Anlaşması, Madde 2, 2015.

4.2.1.10. Talep Tarafı Göstergeleri

Enerji arz güvenliği genellikle arz tarafındaki riskler üzerinden değerlendirilse de talep tarafı göstergeleri de kritik bir rol oynar. Örneğin enerji talebinin ne kadar büyüdüğüne analizi bir ekonominin geçmiş verisine bakılarak gelecekte ne kadar enerjiye ihtiyacı olacağına hesaplanmasında ve buna bağlı olarak enerji stratejisinin oluşturulmasında önemlidir, ya da enerji yoğunluğu ölçümleri ülkedeki enerji verimliliği çalışmalarının ne yönde seyrettiğinin saptanması ve buna bağlı olarak verimlilik artırıcı önlemlerin alınması açısından hayattır. Enerji talebine sektörel açıdan bakmak ise sektör bazlı derin analizler yapılmasına katkı sunar. Örneğin ulaştırma sektöründeki petrolün payının az esnek olması ve ikame edilebilirlik düzeyinin düşük olması, bu verinin ulaştırma sektörünün enerji ihtiyacının karşılanmasına yönelik politikalarda göz önünde bulundurulmasını zorunlu kılar.

4.2.2. Toplu Göstergeler

4.2.2.1. Shannon-Wiener Endeksi

Shannon-Wiener Endeksi, çeşitliliği ve dengeyi ölçmek için kullanılan istatistiksel bir göstergedir ve özellikle ekoloji, ekonomi ve enerji alanlarında çeşitliliği analiz etmek için yaygın olarak kullanılır. Enerji arz güvenliğinin değerlendirilmesi açısından, enerji kaynaklarının veya tedarikçi ülkelerin çeşitliliğini saptayabilmek ve bu kaynaklarının ne kadar dengeli dağıldığını anlayabilmek için kullanılmaktadır. Enerji arz güvenliği, bir ülkenin enerji kaynaklarına sürekli ve istikrarlı bir şekilde erişimini sağlama kapasitesi olarak tanımlanır. Enerji kaynaklarının çeşitli ve dengeli olması arz kesintilerine karşı daha dirençli durabilme imkânı sağlaması yönüyle enerji arz güvenliğini artırıcı etki yapmaktadır. Bu bağlamda Shannon-Wiener Endeksi, enerji kaynaklarının veya ithalatçı ülkelerin dağılımındaki çeşitliliği ve dengeyi analiz etmek için etkili bir araçtır. Shannon-Wiener endeksi *SWI* hesabı Denklem (1) ile verilmektedir:

$$SWI = - \sum_{i=1}^R (p_i) \ln(p_i) \quad (1)$$

Burada, p_i her bir enerji kaynağının ($i \in \{1, 2, \dots, R\}$) toplam enerji arzındaki payını göstermektedir. Shannon endeksinin yüksek olması daha dengeli ve çeşitli enerji portföyünü gösterirken düşük olması ise enerji kaynaklarının az çeşitlendirilmiş olduğu portföye işaret eder, bu durum tek bir kaynağa aşırı bağımlılık olduğunu gösterir.

4.2.2.2. IEA'nın Enerji Güvenliği Endeksi

IEA enerji arz güvenliğini değerlendirmek için iki gösterge kullanmaktadır.

- i. Birinci gösterge, enerji fiyatlarının düzenlendiği piyasalara fiziksel olarak erişilememesiyle ilgilidir ve bir ülkenin toplam enerji talebinin ne kadarının boru bazlı gaz ithalatı (petrol endeksli sözleşmeler aracılığıyla) tarafından karşılandığını tanımlar. Bu göstergenin kullanılmasının birinci nedeni, boru hatlarının genellikle tüketicilerin LNG bazlı ticaretin aksine, bir arz kesintisi durumunda başka tedarikçilere geçmesine izin vermemesi ve ikinci nedeni, gaz fiyatlarının petrol endekslenmesinin, piyasa güçlerinin arz kesintilerini hafifletmesini engellemesidir.
- ii. Diğer göstergede ise bir yakıtın birincil enerji arzındaki payına göre ağırlıklandırılması yapılırken HHI (Herfindhal Hirschman Endeksi) kullanılmaktadır. Böylece incelenen yakıtın arz yoğunlaşması bulunarak ilgili ülkenin bu yoğunlaşma risklerine karşı kırılganlığı tespit edilmeye çalışılmaktadır.

4.2.2.3. Arz/Talep (S/D) Endeksi

Arz/Talep (S/D) Endeksi, enerji arz güvenliğini analiz etmek ve değerlendirmek için kullanılan önemli bir göstergedir. Bu endeks, enerji arzının talebe olan oranını ölçer ve arz güvenliğini sağlamak için kritik bir veri sağlar. Endeks, orta ve uzun vadede enerji talebinin, arzının, dönüşümünün ve taşınmasının değerlendirilmesi için

arz kaynaklarına, kaynakların verimliliğine, rezerv miktarına, şebeke kapasitesine, depolama kapasitesine ve ilgili diğer unsurlara ilgili alanların uzmanları tarafından puan verilmesiyle yapılan bir değerlendirmeyi içerir. Buradaki değerlendirmenin diğer göstergelerle temel farkı, SD endeksinin dönüşüm, taşıma ve talep dahil olmak üzere tüm enerji spektrumunu kavramaya çalışmasıdır çünkü enerji kullanımındaki bir azalma, arz kesintilerinin genel etkisini düşürür (Kruyt vd., 2009).

4.2.2.4. Ödeme İsteği

Bollen (2008), MERGE (Model for Evaluating Regional and Global Effects) modelinde uygulanmak üzere enerji arz güvenliğinin değerlendirilmesi için bir ‘*ödeme isteği fonksiyonu*’ oluşturmuştur. Bu fonksiyon, bir ülkenin arz güvenliği risklerini düşürmek için GSYİH’nin ne kadarını harcamaya istekli olduğunu tespit etmek üzere tasarlanmıştır. Bir ülkenin, enerji arz güvenliğindeki bir eksikliği gidermek için ödeme isteği $IMP_{t,r}$ formülü Denklem (2)’de verilmektedir:

$$IMP_{t,r} = A i_{t,r}^{\alpha} c_{t,r}^{\beta} E_{t,r}^{\gamma} \quad (2)$$

Burada, t zaman, r bölge, $IMP_{t,r}$, enerji arz güvenliğindeki bir eksikliği gidermek için ödeme yapma isteği, i yakıtın ithalat içindeki payını, c yakıtın TPES’teki payını, E enerji yoğunluğunu, A ilgili bölgeye ilişkin bir kalibrasyon sabitini göstermektedir.

4.2.2.5. Petrol Kırılganlığı Endeksi

Bir ülkenin petrol fiyatlarındaki değişimlere ve arz kesintilerine karşı ne kadar savunmasız olduğunu ölçmek için kullanılan petrol kırılganlığı endeksi özellikle petrol ithalatına bağımlı ülkelerin risklerini değerlendirmede önemli bir göstergedir. Petrol, dünya enerji tüketiminin büyük bir kısmını oluşturduğu için, bu kırılganlık endeksi enerji arz güvenliği açısından kritik bir rol oynar. Gupta (2008), yedi göstergeye dayalı olarak birleştirilmiş bir petrol kırılganlığı endeksi hesaplar:

- (1) petrol ithalatının GSYİH'ye oranı;
- (2) GSYİH birimi başına petrol tüketimi;
- (3) kişi başına GSYİH;
- (4) toplam enerji arzındaki petrol payı;
- (5) yurtiçi rezervlerin petrol tüketimine oranı;
- (6) net petrol ithalat bağımlılığı, tedarik kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve petrol tedarik eden ülkelerdeki siyasi risk ile ölçülen jeopolitik petrol arzı yoğunlaşma risklerine maruz kalma
- (7) piyasa likiditesi.



5. DÜNYADAKİ VE TÜRKİYE’DE ENERJİ PİYASASINA BAKIŞ

5.1. Dünyadaki Genel Durum

BM’nin güncel çalışmalarına göre 1990 yılında 5,3 milyar olan dünya nüfusu 2024 yılı itibarıyla 8 milyar seviyesine ulaşmıştır¹². Dünya nüfusunun kentlerde yaşayan kısmının özellikle son yıllarda önemli ölçüde arttığı ve yaklaşık %58’inin kentlerde yaşadığı bilinmektedir. IMF raporlarına göre¹³, dünya nüfusunun bahsedildiği şekilde arttığı bu dönemde dünya büyümesi de pandemi ve finansal krizlerin yaşandığı yıllar hariç her yıl ortalama %3-4 bandında gerçekleşmiştir. Nüfusun ve buna paralel olarak ekonomik ve sosyal aktivitenin arttığı bir dönemde enerjiye olan ihtiyacın da artacağı açıktır. 1990’da 8,7 milyar ton petrol eşdeğeri olan küresel enerji talebi 2024’te 14,5 milyar ton petrol eşdeğerine ulaşarak yaklaşık %66 oranında artmıştır¹⁴. Bu artışın ana nedenleri küresel nüfus artışıyla birlikte sanayileşmenin hızlanması, ekonomik büyümeye paralel olarak enerjiye olan talebin büyümesi, ulaşım, sanayi ve binalarda enerji tüketiminin artmasıdır. 2020’li yıllarda enerji verimliliği iyileştirmeleri ve yenilenebilir enerjiye geçiş süreci, enerji talebindeki büyümenin hızını yavaşlatmış olsa da enerji kaynaklarına güvenilir bir şekilde erişim ülkelerin ana gündemlerindeki yerini korumaya devam etmektedir.

5.1.1. Bölgesel Çapta Birincil Enerjiye Olan Talep Projeksiyonu

BP (2024)¹⁵ raporuna göre gelişmekte olan ülkelerdeki artan refah, enerji talebini arttırırken enerji verimliliğinde sağlanan kazanımlar enerji talebindeki bahse konu

¹² UN, World Population Prospects (2024)

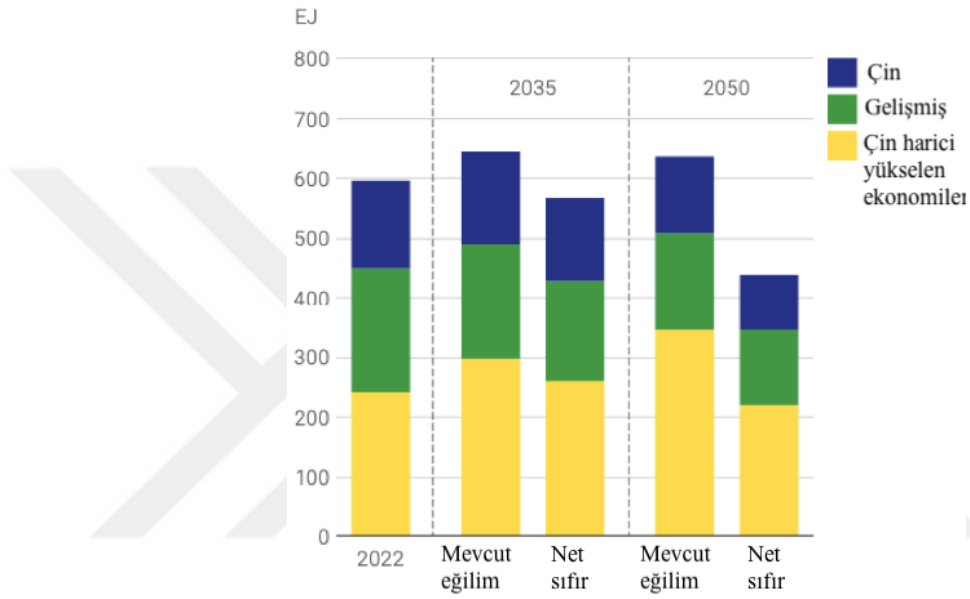
¹³ IMF, World Economic Outlook Reports, <https://www.imf.org/en/Publications/WEO>.

¹⁴ IEA, World Energy Outlook

¹⁵ BP Energy Outlook: 2024 Edition, <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2024.pdf>

artışın dizginlenmesine katkıda bulunmaktadır. Raporda iki farklı senaryo değerlendirilmektedir: 2050 yılına kadar küresel sera gazı emisyonu seviyesini sıfıra indirme hedefini taşıyan Paris Anlaşması ile uyumlu ‘*net sıfır*’ senaryosu ve ülkelerin karbon emisyonlarını azaltma ve iklim değişikliğiyle mücadele konusunda kararlı olmaması, halihazırdaki politikaların devamlılığı ve sonucunda önemli sıcaklık artışlarını öngören ‘*mevcut eğilim*’ senaryosu.

Şekil 1: Birincil enerji talebi projeksiyonu (bölge ve senaryoya göre)



Kaynak: BP (2024)

Rapor, bu iki farklı senaryoda da GSYİH artışının yıllık yaklaşık %2,4 olacağı ve bu oran önceki 25 yıllık ortalaması olan %3,5'tan düşük olmasına rağmen, dünya ekonomisi büyüklüğünün 2050 yılına kadar 2 katına çıkacağını öngörmektedir. Yavaşlayan ekonomik büyüme ve enerji verimliliğinin arttığı durumda küresel çapta birincil enerjiye olan talebin de azalacağı hesaplanmaktadır. Son 25 yılda birincil enerjiye olan talep yıllık ortalama %1,8 artarken 2050 yılına kadar süreçte mevcut eğilim senaryosunda yıllık ortalama %0,2 artacağı, net sıfır senaryosunda ise yıllık ortalama %1,1 azalma olacağı tahmin edilmektedir. Söz konusu verimlilik artışında temel nedenleri, rüzgâr ve güneş enerjisi kullanımına daha fazla yönelme, enerji kullanımı dolayısıyla oluşan karbon miktarının azaltılması hususundaki uluslararası düzenlemeler ve enerji güvenliğini artırma konusundaki devlet istekliliği oluşturmaktadır.

Mevcut eğilim senaryosunda 2035 ve 2050 yıllarındaki enerji talebindeki artışın önemli nedenlerinden biri olarak Çin dışında kalan gelişmekte olan ülkeler gösterilmektedir. Bu ekonomilerdeki enerji talebi karbon azaltma hızına bağlı olacaktır. Buna karşılık net sıfır senaryosunda gelişmekte olan ekonomilerdeki enerji talebinin 2030'ların başında zirveye ulaşacağı ve sonrasında düşeceği, böylece 2050'ye gelindiğinde 2022 seviyelerinin yaklaşık %10 altında kalacağı tahmininde bulunmaktadır.

Mevcut eğilim senaryosuna göre Çin ve gelişmiş ekonomilerdeki enerji talebindeki büyümenin daha ılımlı olacağı bunun nedeninin daha yavaş ekonomik büyüme ve enerji verimliliğindeki büyük kazanımlarla ilişkili olacağı öngörülmektedir. Şekil 1'de de görüleceği üzere Çin'deki talebin hem mevcut eğilim senaryosunda hem de net sıfır senaryosunda 2020'lerin ortalarından sonlarına doğru zirveye ulaşacağı, 2022 yılındaki enerji talebinin 2050 yılında mevcut eğilim senaryosuna göre %15, net sıfır senaryosuna göre %35 düşeceği düşünülmektedir.

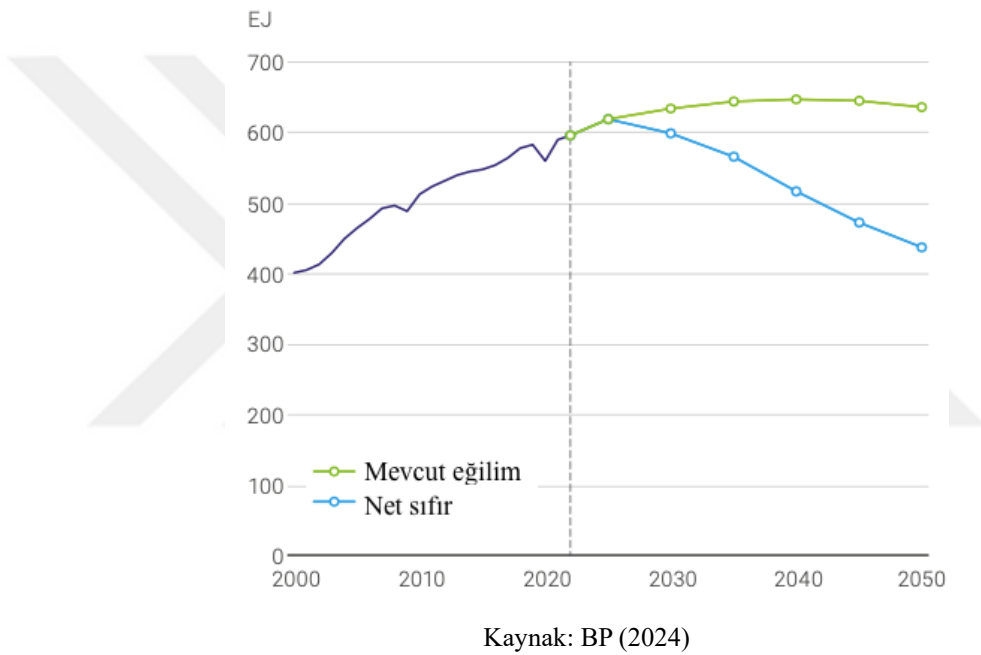
5.1.2. Birincil Enerjiye Olan Talebin Alt Başlıklarına Göre Projeksiyonu

Şekil 2'de görüleceği üzere, birincil enerji talebinin yakıtlardaki karbon miktarının azalmasıyla bir süre daha yükseldikten sonra azalacağı öngörülmektedir. Mevcut eğilim senaryosuna göre birincil enerji talebinin Çin hariç gelişmekte olan ülkelerdeki artışlarının, Çin ve gelişmiş ekonomilerdeki düşüşlerle telafi edilmesine bağlı olarak 2030'ların ortalarına kadar artacağı daha sonra büyük ölçüde sabit kalacağı beklenmektedir. Buna karşılık net sıfır senaryosuna göre enerji sistemlerini karbondan arındırma konusundaki çabalar daha hızlı kazanımlar sağladığından 2030 yılına varmadan enerji talebinin düşmeye başlayacağı düşünülmektedir. Sonuç olarak 2050'ye gelindiğinde mevcut eğilim senaryosu altında birincil enerji talebinin 2022'ye kıyasla %5 daha yüksek olacağı, net sıfır senaryosu altında ise %25'ten biraz daha düşük olacağı öngörülmektedir.

Şekil 3'e göre birincil enerjinin en hızlı büyüyen kaynağı, rüzgâr ve güneş enerjisi, biyoenerji ve jeotermal enerjiyi (hidroelektrik hariç) içeren yenilenebilir

enerjidir. Yenilenebilir enerjinin, mevcut eğilim senaryosunda 2050'ye kadar iki katından fazla, net sıfır senaryosunda ise üç katından fazla artması beklenmektedir. Yenilenebilir enerjinin birincil enerjideki payı, 2022'de %10'un biraz üzerindeyken mevcut eğilim senaryosunda 2050'ye kadar dörtte birinden fazlasına ve net sıfır senaryosunda yarısından fazlasına kadar yükseleceği öngörülmektedir. Bir başka deyişle birincil enerjideki yenilenebilir enerjinin payındaki artış, fosil yakıtların mevcut eğilim senaryosuna göre üçte bir, net sıfır senaryosuna göre üçte iki oranındaki düşüşünden kaynaklanmaktadır.

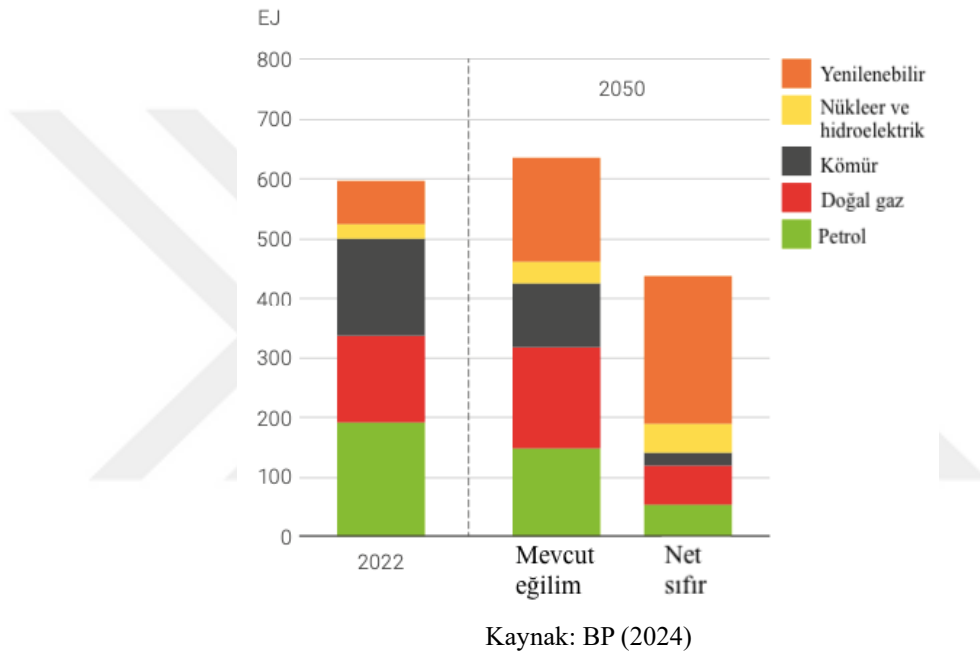
Şekil 2: Toplam birincil enerji talebi projeksiyonu (senaryoya göre)



Fosil yakıtların içerisindeki en büyük düşüşlerin dünya genelinde sanayi ve enerjide daha düşük karbonlu yakıtlara doğru yönelmesine bağlı olarak kömür payında meydana geleceği, 2050 yılına kadar kömür tüketiminin her iki senaryoda da %35-85 arasında daha düşük olacağı düşünülmektedir. Petrol talebinin her iki senaryoda da karayolu taşımacılığında petrol kullanımının azalmasıyla düşeceği, petrolün birincil enerjideki payının, 2022 yılındaki üçte bir seviyesinden 2050 yılında; mevcut eğilim senaryosuna göre dörtte bir seviyesine, net sıfır senaryosuna göre ise yaklaşık %10 seviyesine ineceği beklenmektedir.

Doğal gaza olan talebin mevcut seviyesinden yükselip yükselmeyeceği, karbon azaltma hızına bağlıdır. Mevcut eğilim senaryosunda, gelişmekte olan ekonomiler doğal gaza olan bağımlılıklarını artırdıkça doğal gaz talebi yaklaşık beşte bir oranında artmaktadır. Buna karşılık, net sıfır senaryosunda elektrifikasyona ve daha düşük karbonlu enerji kaynaklarına doğru daha fazla yönelme sonucunda doğal gaz talebinin 2020'lerin sonuna kadar durağanlaşacağı ve 2050 itibarıyla ise 2022 seviyesinin yaklaşık yarısına düşeceği beklenmektedir.

Şekil 3: Birincil enerji talebi projeksiyonu (alt kırılımlara ve senaryoya göre)

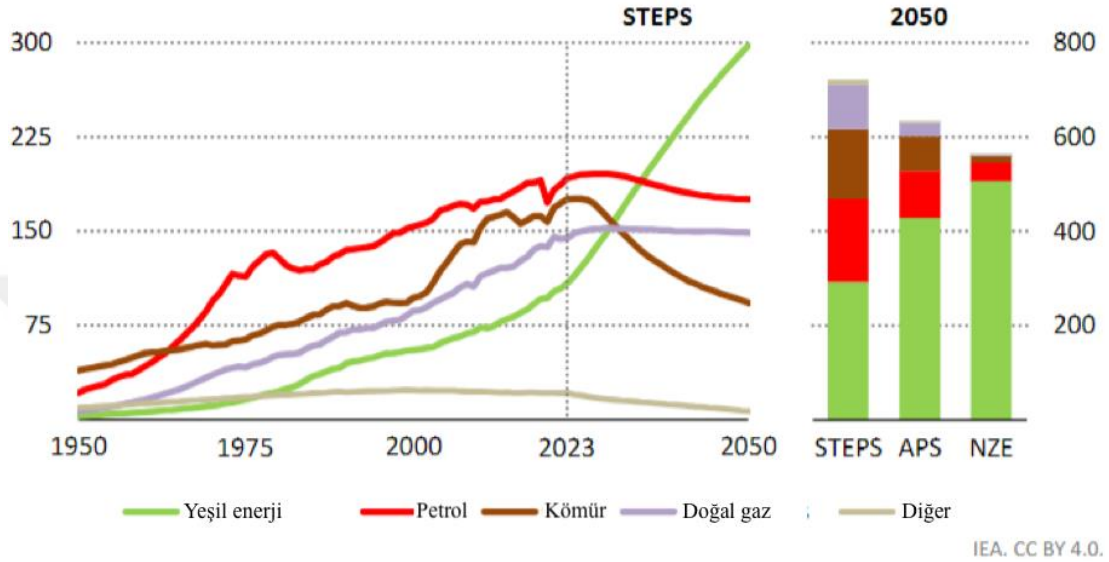


IEA (2024)¹⁶ raporunun birincil enerji talebinin gelecekteki değişimine dair tahminleri de benzer kapsama sahiptir. Bu rapora göre son on yılda, küresel enerji talebindeki fosil yakıtların payının 2013'teki %82 seviyesinden 2023'te %80 seviyesine kademeli olarak düştüğü, enerji talebinin bu dönemde %15 arttığı ancak bu büyümenin %40'ının yenilenebilir enerji kaynakları tarafından karşılandığı açıklanmaktadır. Dünya nüfusunun neredeyse %85'ini kapsayan gelişmiş ve gelişmekte olan ekonomilerde enerji talebinin son on yılda yaklaşık %2,6 arttığı, bunun altında yatan etkenlerin, 720 milyondan fazla nüfus artışı, ekonominin büyüklüğünde %50, endüstriyel üretimde %40 artış olduğu belirtilmektedir. Aynı

¹⁶ IEA (2024), World Energy Outlook 2024, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024>, Licence: CC BY 4.0 (report); CC BY NC SA 4.0 (Annex A)

dönemde binalardaki taban alanı da Hollanda'nın tamamını kaplamaya yetecek kadar (40.000 kilometrekare) artmıştır. Sonuç olarak yer verilen bilgiler doğrultusunda yenilenebilir, temiz enerjinin petrol, gaz ve kömürün yerini almak için daha fazla çalışması gerektiği kanaatine yer verilmektedir.

Şekil 4: Birincil enerji talebi projeksiyonu (alt kırılımlara ve senaryoya göre)



Kaynak: IEA (2024)

IEA (2024) raporunda ise üç farklı senaryo değerlendirilmektedir: STEPS: (belirtilen politikalara uygun oluşturulan senaryo), APS (duyurulan taahhütlere göre oluşturulmuş senaryo) ve NZE (2050'ye kadar net sıfır emisyonu ulaşılabileceği öngörüsüne göre oluşturulmuş senaryo). Şekil 4'te yer alan grafik bu senaryolara göre, birincil enerji alt kırımlarının talep projeksiyonlarını sunmaktadır.

STEPS senaryosu, yenilenebilir enerjinin büyük bir büyümeye hazır olduğu, kömür, petrol ve doğal gazın ise her birinin 2030 yılına kadar zirveye ulaşacağı ve ardından düşüşe geçeceği öngörüsüne ulaştırmaktadır. Yenilenebilir enerjideki artışın ise 2050'ye kadar yapılan öngörü boyunca devam edileceği tahmin edilmektedir. Kömür talebindeki 2030 sonrasındaki azalmalar, kömüre olan talebin doğal gaz ile ikame edilebileceğini, bu zamandan sonra doğal gaz talebinin kömür talebini geçeceğine işaret etmektedir. 2023 ile 2050 yılları arasında yenilenebilir enerjideki büyümenin fosil yakıtlardaki büyümeden daha fazla olacağı tahmin edilmektedir. 2030'ların ortalarından itibaren yenilenebilir enerjinin birincil enerji kaynaklarına olan

talepte ilk sıraya yükselmesinin nedeni olarak rüzgâr ve güneş enerjisi kullanımının artması gösterilmektedir. Buna karşılık, fosil yakıt kullanımının birincil enerji talebindeki payının 2023'te %80 iken 2050'de %58'e düşmesinin nedeni ilgili yıllar arasında yenilenebilir enerjideki talebin 3 kat artmasından kaynaklanmaktadır. STEPS senaryosunda, APS'de ve NZE'de öngörülen yenilenebilir enerjideki artış miktarından, özellikle de NZE senaryosundaki artış miktarından, çok geride kalınacağı tahmin edilmektedir. APS ve NZE Senaryolarında yenilenebilir enerjilerin fosil yakıt pazar payını hızla tüketmeye başlayacağı öngörülmektedir. 2035'e kadar yenilenebilir enerjinin, APS senaryosuna göre küresel enerji talebinin %40'ını karşılayacağı ve oranın 2050'ye kadar neredeyse dörtte üçe yükseleceği, NZE Senaryosunda ise yenilenebilir enerjinin 2050'de küresel enerji talebinin %90'ını oluşturacağı öngörülmektedir.

5.2. Türkiye'de Genel Durum

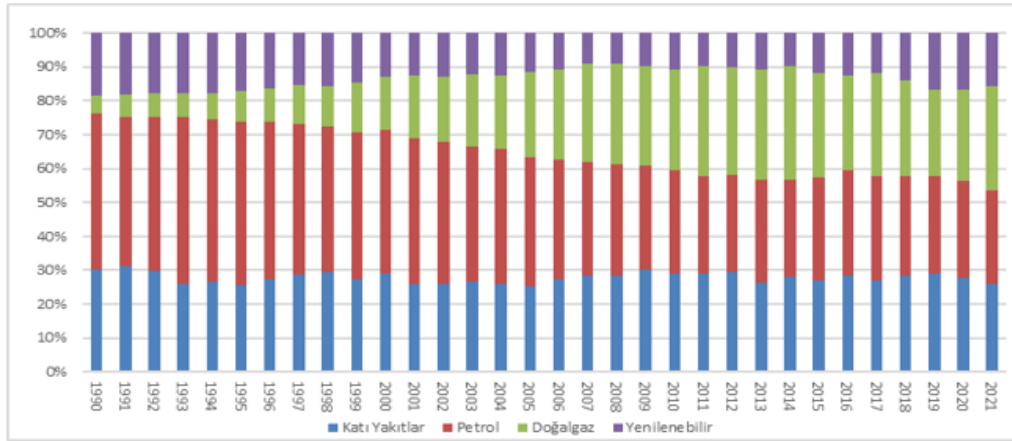
5.2.1. Birincil Enerji Tüketimi

Türkiye'nin 1990 yılında birincil enerji tüketimi miktarı 52 Mtep'tir. Aynı dönemde bahse konu enerji tüketiminin %30,2'si katı yakıtlardan, %46,1'i petrol ürünlerinden, %5,4'ü doğalgazdan, %18,4'ü ise yenilenebilir enerji kaynaklarından oluşmaktadır. 2021 yılına gelindiğinde ise Türkiye'nin birincil enerji tüketimi 1990 yılına göre 3 kat artarak 159 Mtep'e yükselmiş ve birincil enerji tüketiminin alt kırılımları %26 katı yakıtlar, %27,6 petrol ürünleri, %30,9 doğalgaz, %15,6 yenilenebilir enerji kaynakları şeklinde oluşmuştur¹⁷.

Şekil 5'te Türkiye'nin son 30 yılda birincil enerji tüketiminin arttığı bu artışın oransal anlamda daha çok yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmaya başladığı görülmektedir. Bununla birlikte güncel durumda hala birincil enerji tüketiminin büyük bir kısmı fosil yakıtlardan (petrol, doğal gaz, katı yakıtlar) karşılanmaya devam etmektedir.

¹⁷Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/>.

Şekil 5: Türkiye'nin geçmişten günümüze birincil enerji talebinin değişimi

Kaynak: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı¹⁸

Birincil enerji tüketiminin gelecekte nasıl seyredeceğini analiz edebilmek için Enerji ve Tabii Kaynakları Bakanlığı tarafından hazırlanan Türkiye Ulusal Enerji Planı (2022)¹⁹ çalışmasından yararlanılmıştır. Bu çalışmaya göre 2020 yılında 147,2 Mtep olan birincil enerji tüketiminin 2035 yılına kadar 205,3 Mtep'e yükselmesi böylece 2000-2020 döneminde yıllık ortalama %3,1 oranında artış göstermiş olan birincil enerji tüketiminin, 2020-2035 döneminde %2,2 düzeyinde artması öngörülmektedir (Şekil 6). Bununla birlikte 2020 yılında 1,7 tep/kişi olan kişi başı birincil enerji tüketiminin 2035 yılında 2,1 tep/kişi düzeyine çıkacağı hesaplanmaktadır.

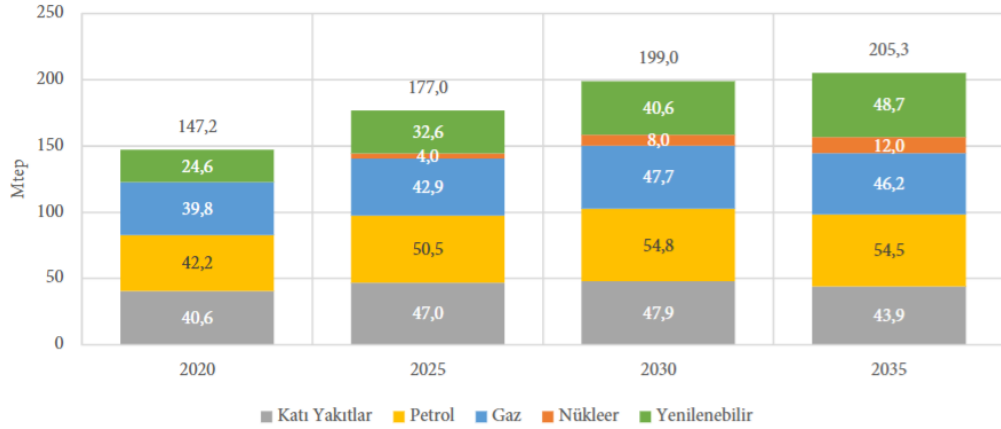
2020 yılında %16,7 olan birincil enerji tüketimi içindeki yenilenebilir enerji kaynakları payının 2035 yılına kadar %23,7 bandına yükselmesi beklenmektedir. Nükleer enerjinin ise 2035 yılına kadar %5,9'luk paya ulaşması öngörülmektedir. 2020 yılında %83,3 olan fosil kaynakların payı 2035 yılına kadar %70,4 olarak gerçekleşmektedir. Kömürün payı %21,4'e inerken, petrol %26,5, doğal gaz %22,5'e gerilemektedir (Şekil 6).

Yukarıdaki veriler ışığında artan birincil enerji talebinin daha çok yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmaya başlaması sebebiyle oransal olarak petrol, kömür, doğal gazın payı azalıyor olsa da miktarsal olarak bir azalmanın olmayacağı değerlendirilmektedir.

¹⁸ <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/yakita-gore-birincil-enerji-tuketimi-i-85801>

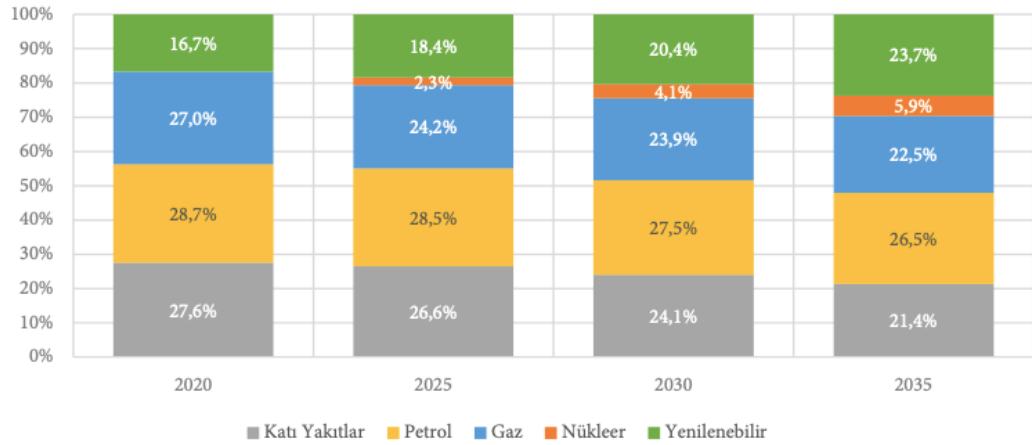
¹⁹ Türkiye Ulusal Enerji Planı (2022) https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/EIGM/tr/Raporlar/TUEP/Turkiye_Ulusal_Enerji_Planı.pdf

Şekil 6: Türkiye'nin birincil enerji kaynakları projeksiyonu (miktar)



Kaynak: Türkiye Ulusal Enerji Planı (2022)

Şekil 7: Türkiye'nin birincil enerji kaynakları projeksiyonu (oran)



Kaynak: Türkiye Ulusal Enerji Planı (2022)

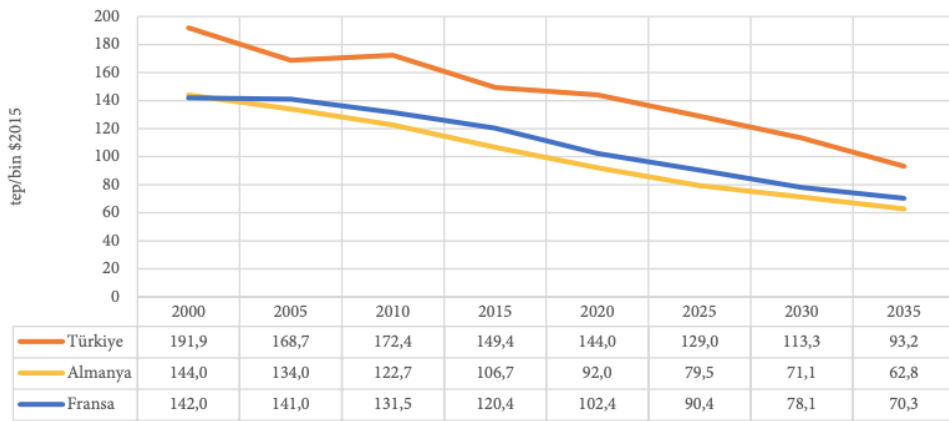
Sonuç olarak geçtiğimiz 30 yılda olduğu gibi yakın gelecekte de birincil enerji tüketiminin içindeki fosil yakıtların payının önemli bir yer tutacağı değerlendirilmektedir. Söz konusu veri IEA'nın 2050 beklentileri içerisinde yer verdiği birincil enerji tüketimindeki payın daha çok yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanacağı ancak fosil yakıtların birincil enerji tüketimindeki payının en az %50 olarak kalacağı hususundaki öngörüsüyle örtüşmektedir (IEA, 2024).

5.2.2. Enerji Verimliliği

Enerji arz güvenliğinin bir yönünü enerji kaynağıyla ya da bu kaynağa sahip olan ülkeyle talep edildiği anda makul fiyatlarla enerjiye ulaşabilecek şekilde bir ilişki kurmak oluşturuyorsa da enerji talebinin kontrolsüz bir şekilde büyümesini engelleyecek enerji verimliliğine yönelik politikalar da diğer yönünü oluşturmaktadır.

Enerji kaynaklarının üretiminden tüketimine kadarki tüm süreçlerde en yüksek etkinlikte değerlendirilmesi anlamına gelen enerji verimliliği hem enerji arz güvenliğini sağlamaya yönelik katkılarıyla hem de çevresel sürdürülebilirliğin ve toplumsal refahın teminine katkıda bulunduğu için enerji stratejilerinin temelinde yer almaktadır. Enerji verimliliği Türkiye'nin enerji politikasının ana kolonlarından birini oluşturmaktadır. Bu kapsamda 12. Kalkınma Planında (2024-2028), Ulusal Enerji Planında (2022), Orta Vadeli Programda (2024-2026), Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Stratejik Planında (2019-2023) ve sair belge ve planlarda enerji verimliliği önemli bir başlık olarak yer almıştır.

Şekil 8: Türkiye'nin enerji yoğunluğu gelişimi (Almanya ve Fransa ile karşılaştırmalı olarak)



Kaynak: Türkiye Ulusal Enerji Planı (2022)

Türkiye Ulusal Enerji Planı (2022), Türkiye'nin enerji yoğunluğundaki değişimi, 2000 ile 2035 yılları arasını kapsayacak ve Fransa ve Almanya ile karşılaştırılacak şekilde analiz etmiştir. Buna göre 2000-2020 yılları arasında ülkemizdeki enerji yoğunluğu %25 oranında azalırken Almanya ve Fransa'da enerji

yoğunluğundaki azalma %28-36 bandında gerçekleşmiştir. AB Referans Senaryo 2050 çalışmasında, Almanya ve Fransa için elde edilen sonuçlar dikkate alındığında, 2000-2035 döneminde enerji yoğunluğu %50-56 oranında düşüş göstermektedir. Ülkemiz için aynı dönemde enerji yoğunluğundaki iyileşmenin %51 olarak gerçekleşmesi öngörülmektedir. Söz konusu iyileşme oranları Almanya ve Fransa’da kaydedilmesi öngörülen iyileşmeye benzer düzeydedir.

5.2.3. Enerji Arz Güvenliğinin Türkiye’nin Enerji Politikası İçerisindeki Yeri

Türkiye, geçtiğimiz 20 yılda İktisadi İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (OECD) ülkeleri arasında enerji talebinin en hızlı arttığı ülkedir²⁰. Bu dönemde, elektrik ve doğalgaz talep artışında Çin’den sonra dünyada ikinci sırada Türkiye gelmektedir. Dünyadaki ispatlanmış petrol ve doğal gaz rezervlerinin yaklaşık %60’ına komşu bir bölgede yer alan Türkiye, bölgesindeki en büyük doğal gaz ve elektrik pazarlarından biri haline gelmiştir. Öte yandan, Türkiye enerji talebini karşılamakta yaklaşık %70 oranında dışa bağımlıdır²¹. Türkiye’nin enerji stratejisinin çok yönlü yapısı ve enerjide dışa bağımlılığı bu alanda uluslararası ilişkilerin önemini artırmaktadır. Enerji arz güvenliğini güçlendirmek için güzergâh ve kaynak çeşitlendirmesini sağlamak, Türkiye’nin enerji stratejisinin ana hedeflerinden biridir. Türkiye aynı zamanda bölgesel ve küresel enerji güvenliğine katkıda bulunmayı ve enerjide bölgesel ticaret merkezi olmayı hedeflemektedir. Dış İlişleri Bakanlığının açıklamalarına göre²², “Türkiye’nin enerji stratejisinin uluslararası boyutunu oluşturan temel unsurlar şunlardır:

- i. *Artan talep ve dışa bağımlılığı dikkate alarak, petrol ve doğal gazın tedarikinde güzergâh ve kaynak çeşitlendirmesini sağlamak,*
- ii. *Bölgesel ve küresel enerji güvenliğine katkıda bulunmak,*
- iii. *Enerjide bölgesel ticaret merkezi olmak,*

²⁰ OECD, <https://data-explorer.oecd.org/>.

²¹ EUROSTAT, <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser>.

²² Türkiye Cumhuriyeti Dış İşleri Bakanlığı, Türkiye’nin Uluslararası Stratejisi, <https://www.mfa.gov.tr/>

- iv. *Enerji zincirinin her aşamasında sürdürülebilir kalkınma bağlamında sosyal ve çevresel etkileri dikkate almak,*
- v. *Yerli ve yenilenebilir enerjinin elektrik üretimindeki payını artırmak,*
- vi. *Nükleer enerji sepetimize dâhil etmek.”*

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının enerji arz güvenliği kapsamında yaptığı çalışmalar enerjide verimlilik sağlanması ile birlikte düşünülmektedir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından hazırlanan Enerji Verimliliği 2030 Stratejisi ve II. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı UEVEP (2024-2030)²³ enerji verimliliği, ithalata olan bağımlılığı azaltarak enerji arzının daha güvenli bir hale getirilmesini sağlamakta, mevcut kaynakların tüketim hızını yavaşlatmakta, ekonomik büyüme ve kalkınmaya katkıda bulunarak enerji talebini azaltmaktadır.

Bütün bu açılardan Türkiye'nin öncelikli ekonomik politikalarıyla örtüşen enerji verimliliği, enerji arz güvenliğine de hizmet eden bir niteliğe sahiptir. UEVEP (2024-2030) *“arz güvenliğinin güçlendirilmesi, net sıfır emisyon hedefine ulaşılması ve toplam faktör verimliliğinin yükseltilmesi perspektifi çerçevesinde, enerji verimliliğini karar alma süreçlerinin tamamında dikkate alınan bir politika bileşeni haline getirmek”* hedeflerine bir stratejik amaç olarak yer vermektedir. Enerji arz güvenliğine stratejik amaç olarak yer verilmesi ile enerji verimliliğinin ekonominin bütün alanlarında öncelikli bir faktör olarak gözetilmesini sağlamak ve net sıfır emisyon hedefine ulaşabilmesi için politika tasarım süreçlerinde politika ve mevzuat konusunun enerji ve kaynak verimliliği ile ilgisini gözetecek şekilde düzenlemeler yapmak amaçlanmaktadır. Bunun yanında *“enerji verimliliğinin bir toplumsal seferberlik yaklaşımı içinde değerlendirilmesini sağlamak üzere, tüm kesimlere yönelik bilinçlendirme ve farkındalık oluşturma faaliyetlerini artırmak, dış paydaşlarla işbirliğini güçlendirmek”* ve *“yeşil dönüşümü teşvik edecek ve enerji verimliliğini artıracak yatırımları desteklemek, yenilikçi finansman araçları ile dönüşümü hızlandırmak”* stratejik amaçları da enerji arz güvenliğinin sağlanmasında en önemli görülen stratejilerden diğer ikisini oluşturmaktadır.

²³ Enerji Verimliliği 2030 Stratejisi ve II. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı, https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/BHIM/tr/Duyurular/TurkiyeninEnerjiVerimliliği2030StratejisiVeIIUlusalEnerjiVerimliliğiEylemPlanı_202401161407.pdf

2024-2028 yılları arasını kapsayan 12. Kalkınma Planında²⁴ enerji güvenliğinin güçlendirilmesi ve tedarik zincirlerinin çeşitlendirilmesi ile ortaya çıkabilecek yeni şoklara karşı dayanıklılığın artacağı, net sıfır emisyon hedefine ulaşılabilmesi için araştırma geliştirme faaliyetlerinin kritik önemde olduğu ve bu alanlarda bugünden araştırma geliştirme faaliyetlerine daha fazla kaynak ayırma yoluna giden ülkelerin geleceğin dünyasını şekillendirmede daha önde olacakları ifade edilmektedir. Enerjide dönüşümün temelinde fosil kaynakların yerini yenilenebilir kaynaklara bırakması bulunduğu, yenilenebilir kaynakların 2025 yılında kömürü geride bırakarak küresel elektrik üretimini karşılamadaki en büyük kaynak olacağının tahmin edildiği belirtilmektedir. Planda enerji dönüşüm sürecinde verimliliğin öneminin Rusya-Ukrayna savaşıyla birlikte daha da arttığı ve enerji verimliliğine odaklanmanın; enerji talebinin azaltılması, maliyet etkinliği, arz güvenliği ve iklim hedeflerine yönelik yüksek bir potansiyele sahip olduğunun görüldüğü ifade edilmektedir. Bu kapsamda nükleer enerji yatırımlarına eğilimin arttığı ve günümüzde büyük çoğunlukla fosil kaynaklardan elde edilen hidrojenin kullanımının ulaşım, ısı ihtiyacı ve elektrik üretimi gibi çeşitli alanlarda yaygınlaşacağı ve özellikle net sıfır emisyon hedefleri çerçevesinde yeşil hidrojen üretiminin daha önemli hale geleceği öngörüsüne yer verilmektedir. Yenilenebilir enerji, elektrifikasyon, enerji verimliliği, yeşil hidrojen ve enerji depolama yatırımları 2053 yılı net sıfır emisyon hedefi için kritik rol oynayacaktır. Ayrıca Akkuyu NGS'ye (Nükleer Güç Santrali) ilave yeni nükleer santraller ve yerli küçük modüler reaktörlerle (SMR) elektrik üretimi artırılarak nükleer enerjinin ülkemizde kullanımının yaygınlaşması hedeflenmektedir. Bu şekilde, Türkiye'nin yerli ve yenilenebilir kaynaklarıyla arz güvenliğini sağlamış bir ülke konumuna gelmesi hedeflenmektedir.

Strateji ve Bütçe Başkanlığı tarafından hazırlanan Orta Vadeli Programda (2024-2026)²⁵ dijital ve yeşil dönüşüm kapsamında, ithalata bağımlılığı azaltmaya ve arz güvenliğini temin etmeye yönelik ulusal kritik hammaddeler stratejisi hazırlanacağı, stratejik ekonomik ve ticari ilişkilerin geliştirilmesi, enerji ve gıda arz güvenliğinin temini, bölgesel bağlantısallığın artırılması ve uzak kıtalarla bağların kuvvetlendirilmesine yönelik politikaların, ulusal öncelikler doğrultusunda etkin ve

²⁴ T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, On İkinci Kalkınma Planı (2024-2028)

²⁵ T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, Orta Vadeli Program (2024-2026)

bütüncül bir biçimde sürdürüleceği hususlarına ilgili dönem politika ve tedbirleri başlığında yer verilmiştir.

2022 yılının Kasım ayında Türkiye'nin iklim değişikliği ile mücadele hedefleri güncellenmiş ve yeni Ulusal Katkı Beyanı²⁶ ilan edilmiştir. Ulusal Katkı Beyanı emisyon miktarının azaltılabilmesi hususunda yapılabilecekleri sektörel bazda değerlendirip bu kapsamda 2030 yılına kadar uygulanacak azaltım politikalarını içermektedir.

Şubat 2012 tarihli Enerji Verimliliği Strateji Belgesinde enerji yoğunluğunun 2023 yılında 2011 yılına göre en az %20 oranında azaltılması ve enerji kayıplarının önlenmesi hedeflenmiştir²⁷. Enerji Verimliliği Strateji Belgesi kapsamında alt sektörler bazında stratejik amaçlar, sorumlu kurumlar ve yapılacak eylemler ile birlikte tamamlanma süreleri belirlenmiştir. Türkiye'nin Enerji Verimliliği Strateji Belgesi ile sanayi ve hizmetler sektöründe enerji yoğunluğunu ve enerji kayıplarını azaltmak, binaların enerji taleplerini düşürmek ve sürdürülebilir binaları yaygınlaştırmak amaçlanmaktadır.

Enerjinin geleceğine ilişkin küresel projeksiyonları belirtmek için önceki kısımlarda atıf yapılan uluslararası raporlar (IEA Energy Outlook, BP Energy Outlook) enerji talebinin var olan düzenlemeler çerçevesinde ilerlendiğinde 2050'li yıllarda dahi büyük oranda fosil yakıtlara bağlı olarak şekilleneceğini vurgulamaktadır. Aynı çerçevede Türkiye içinde yapılan yetkili kurum çalışmaları da enerji talebinin yakın gelecekte büyük oranda fosil yakıtlara bağlı olarak karşılanacağını ifade etmektedir (Türkiye Ulusal Enerji Planı, 2022).

Bahse konu tespitler, enerjide yenilenebilir enerji kaynaklarının artırılması ve bu sayede enerji arz güvenliğinin hem enerji ithalatının azaltılması hem de enerji kaynaklarında çeşitliliğe gidilmesi yoluyla artırılması hususundaki çabanın yakın gelecekte devletler nezdinde önem arz etmeye devam edeceğini göstermektedir. Dolayısıyla ithalat bağımlılığı yüksek olan her ülke için olduğu gibi Türkiye için de

²⁶ <https://www.iklim.gov.tr>, Türkiye Cumhuriyeti Güncellenmiş Birinci Ulusal Katkı Beyanı

²⁷ <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/02/20120225-7.htm>, Enerji Verimliliği Strateji Belgesi

ithalat kaynaklı fosil yakıtlara duyulan ihtiyacın azaltılmasına yönelik çabalar enerji arz güvenliği bağlamında ulusal güvenliğin de konusuna girecek öneme sahiptir. Enerji arz güvenliğinin güçlendirilmesine yönelik çabaların geçmişte olduğu gibi gelecekte de en önemli politika başlıklarından birini oluşturacağını düşündüren ilgili tespitler ışığında Türkiye'nin enerji arz güvenliğinin geçmişten bugüne ne şekilde değiştiğini tespit etmenin faydalı olacağı düşünülmüştür. Söz konusu çaba aynı zamanda, geleceğin enerji politikalarını belirleyicilerine hangi sorunları önceliklendirmeleri gerektiği hususunda bir bakış açısı sunma potansiyeline sahiptir.



6. YÖNTEM

Türkiye’yi merkeze alan enerji arz güvenliği çalışmaları baktığımızda, son dönemde özellikle yüksek lisans ve doktora seviyesinde bu alanda yeni çalışmalar yapıldığını ve ağırlıklı olarak AB’nin enerji arz güvenliğinin sağlanmasında Türkiye’nin rolünün tartışıldığını (Özkan, 2008; Önk, 2010; Bakır, 2016; Yıldız, 2020), enerji arz güvenliğinin sağlanmasında yenilenebilir enerji kaynaklarının öneminin vurgulandığını (Ergin, 2020; Tatlıcı, 2023), enerji politikaları ile enerji arz güvenliği arasındaki ilişkinin incelendiğini (Yavuz, 2024; Öznazık, 2019; Erdoğan, 2015) görüyoruz. Giriş bölümünde de ifade ettiğimiz gibi enerji arz güvenliğini, Türkiye örneğinde ölçen çalışmalar da bulunmaktadır. Avar (2018), enerji arz güvenliğinin trend ve çevrimsel bileşenlerine ayırarak her bileşenin bölgesel olaylardan nasıl etkilendiğini saptamaya yönelik bir ekonometrik analiz yapmaktadır. Peker (2014) kullanılabilirlik, güvenilirlik, ekonomik olma ve çevrecilikten oluşan dört endeks çerçevesinde arz güvenliğini ölçer ve Erdal (2011) enerji arz güvenliğini etkileyen faktörleri belirlemek ve bunların Türkiye için geçerliliğini ampirik olarak test etmek için bağımlılık, yoğunluk, yerli üretim ve bileşik endekslerinin kullanır. Birol (2015) ise Türkiye’nin 2005, 2010 ve 2013 yılları için AB ülkelerine göre petrol ve doğal gazda ne kadar dışa bağımlı olduğunu HHI ve Shannon-Weiner-Neumann endeksi kullanarak hesaplar.

Toplu göstergeler yardımıyla enerji arz güvenliğine yaklaşan çalışmalar kapsamında geriye gittiğimizde, Kendel (1998) çalışmasını görebiliriz. Bu çalışmada, 1970’li yıllardan 2020 yılına kadar ABD için enerji arz güvenliğinin petrol bağımlılığı çerçevesinde ölçülebilmesi için bağımlılık ve kırılganlık ölçütleri belirlenmiştir. Ardından, uzun dönemli enerji arzı güvenliği için anlamlı göstergeler üzerine yapılmış Jansen vd. (2004) çalışmasını görüyoruz. Çıkış noktası Shannon-Weiner Endeksi olan enerji tedarikinde kaynakların çeşitlendirilmesi, ithal edilen enerji kaynakları açısından ithalatın çeşitlendirilmesi, enerji kaynağına sahip bölgelerdeki uzun vadeli

politik istikrar ve enerji kaynağına sahip bölgelerdeki rezervlerin tükenmesi gibi dört farklı gösterge tasarlanmış ve 2000-2040 döneminde dört senaryoya bu tasarlanmış göstergeler uygulanmıştır. Gupta (2008), 2004 yılına ait veriyi kullanarak yaptığı çalışmada 26 ülkenin petrol kırılabilirlik endeksini farklı göstergeler üzerinden değerlendirmiştir. Göstergeler, arz riski ve piyasa riski olarak iki başlıkta sınıflandırılmıştır. Çalışmada, arz riski göstergeleri yurt içi petrol rezervlerinin toplam yurt içi petrol tüketimine oranı, politik risk verileri kullanılarak düzeltilmiş HHI ve piyasa likiditesiyken piyasa riski göstergeleri ise kişi başı GSYİH, petrol tüketiminin GSYİH içindeki payı, net petrol ithalatının GSYİH'ye oranı ve toplam birincil enerji tüketimi içerisinde petrolün payıdır. Kruyt vd. (2009), öncelikle literatürde enerji arz güvenliğinin ölçülmesinde herkes tarafından kabul görmüş bir standart ölçüm yöntemi bulunamadığı gözlemini yapar ve uzun dönem enerji arz güvenliğinin ölçülebilmesi için kullanılabilecek göstergeleri basit (kaynak tahminleri, rezerv üretim oranı, çeşitlilik, ithalat bağımlılığı, politik istikrar, fiyat vb.) ve toplu göstergeler (Shannon endeksi, arz/talep endeksi vb.) olmak üzere iki başlık altında inceler. Chalvatzis ve Ioannidis (2017) ise Avrupa Birliği ülkelerinin enerji arz güvenliğini 1990-2013 yılları arasında SWI, HHI ve ithalat bağımlılığı göstergeleri üzerinden değerlendirir. İlk kez çeşitlilik ve yoğunlaşmayı gösteren SWI ve HHI ile bağımlılık endeksini, tüm AB üye ülkelerinin ayrıntılı birincil enerji yakıt karışımı için kullanan Chalvatzis ve Ioannidis (2017), AB genelinde bağımlılıktan çeşitliliğe doğru bir değişim olduğu bu şekilde gözlemlemektedir.

Çalışmamızda, Chalvatzis ve Ioannidis (2017) çalışmasından yola çıkılmıştır. Türkiye'nin enerji arz güvenliğini AB ülkeleri ile öncelikle ithalat bağımlılıkları açısından karşılaştıracakız. Sonrasında birincil enerji arz kaynaklarının çeşitliliğini inceleyebilmek için SWI ve HHI göstergeleri sonuçlarını yine ilgili ülkeler için karşılaştırmalı olarak kullanacağız. İthalat bağımlılığı ölçümleri ve çeşitlilik endekslerinin Türkiye için ne olduğu ile nasıl olması gerektiği arasında fikir vermesi açısından, Avrupa Birliği ülkeleri ile (İngiltere dahil) karşılaştırmalı bir analiz yapılmasının sebebi Avrupa Birliği ülkelerinin Türkiye ile coğrafi olarak yakınlığı ve coğrafi konumun enerji kaynaklarına ulaşım konusunda temel belirleyicilerden biri olması, Avrupa Birliği ülkeleri arasında nüfus sayısı/yoğunluğu, ekonomik büyüklüğü ve yıllara sair enerji talebindeki dönüşüm gibi noktalarda Türkiye ile aynı zeminde

karşılaştırılabilecek ülkeler olmasıdır. Veri setimizi IEA ile EUROSTAT kurumunun 1990-2023 yılları arasındaki verileri oluşturmaktadır. Güncel veriler ile AB’de gerçekleşen değişimin Türkiye’de yaşanan değişim ile karşılaştırmalı olarak izlenmesi ve yeniden yorumlanması, yukarıdaki çalışmaların devamı olacak şekilde katkı sağlayacaktır.

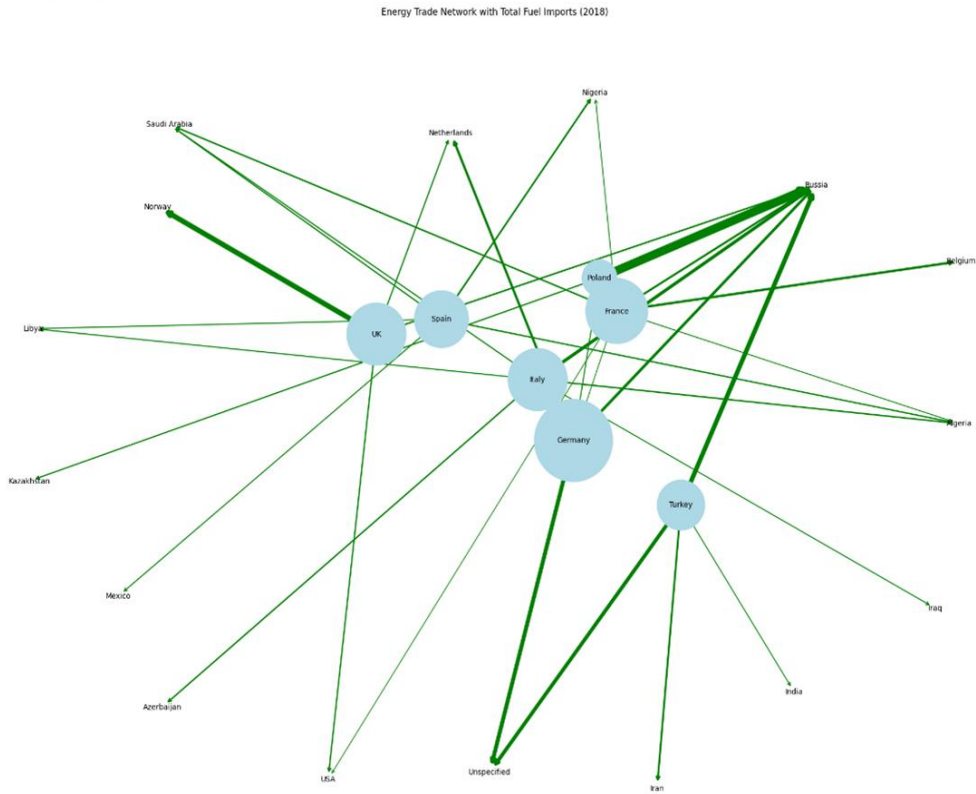
Türkiye ve AB ülkeleri enerjide özellikle petrol ve doğalgazda Ortadoğu ülkeleri ve Rusya’ya bağımlı konumdadır. Bu bağımlılık ilgili ülkeler için yüksek enerji ithalat bağımlılık oranlarına neden olur. Tezin ilgili bölümlerinde de yer verildiği üzere 1990-2023 yılları arasındaki ortalama ithalat bağımlılık oranı Türkiye için %67 olarak hesaplanmışken karşılaştırmaya konu edilen diğer ülkeler için %50 bulunmaktadır. Dolayısıyla Türkiye de Avrupa ülkeleri de enerjide dışa bağımlılığı azaltacak politikalara ihtiyaç duymaktadır²⁸. Türkiye ve AB ülkelerinin enerji temin ettiği kaynaklar, Ortadoğu’daki savaş ortamı, Rusya-Ukrayna krizi gibi sebeplerle jeopolitik risklerle karşı karşıyadır. Sonuç olarak, enerji kaynaklarını böyle riskli tek bir yere bağımlılıktan kurtarıp çeşitlendirme hususunda çalışmalar yapmaktadırlar. Akkuyu Nükleer Santralinin yapılması Türkiye için; yenilenebilir enerji kaynaklarının miktarının artırılması hem Türkiye hem de AB için bu kapsamdaki çalışmalara örnek olarak gösterilebilir. Enerjiye erişimdeki aynı jeopolitik risklerin varlığı Türkiye ve AB ülkelerinin risk yönetim stratejilerini diğer ilgili tüm politikaları için de etkilemektedir. Türkiye ve AB ülkelerinin karşılaştırılabilir olmasının bir diğer sebebi ise Türkiye’nin AB ülkelerine enerji geçişinin sağlanmasındaki coğrafi konumu itibarıyla taraflar arasında farklı stratejik iş birliklerinin yapılmasının bir zorunluluk olarak ortaya çıkmasıdır. (TürkAkım, TANAP projeleri) Söz konusu iş birlikleri ülkelerin enerji arz güvenlikleri konusundaki endişelerinin ortaklaşabildiğini göstermektedir.

Bahse konusu hususlar çerçevesinde Türkiye ile karşılaştırmaya konu yapacağımız ülkeleri yakıt ithalatları açısından şekil 9-a ve şekil 9-b’de olduğu gibi bir ağ grafiği içerisinde göstermenin faydalı olacağını düşündük. Burada pandemi öncesine (2018) ve pandemi sonrasına (2022) ait ağ etkileşimi göstererek inceleme kapsamımızdaki ülkelerin yakıt ithalatında Rusya’nın iki dönemde de önemli yerini

²⁸ Bakınız Paris İklim Anlaşması, 2015 ve Avrupa Yeşil Mutabakatı.

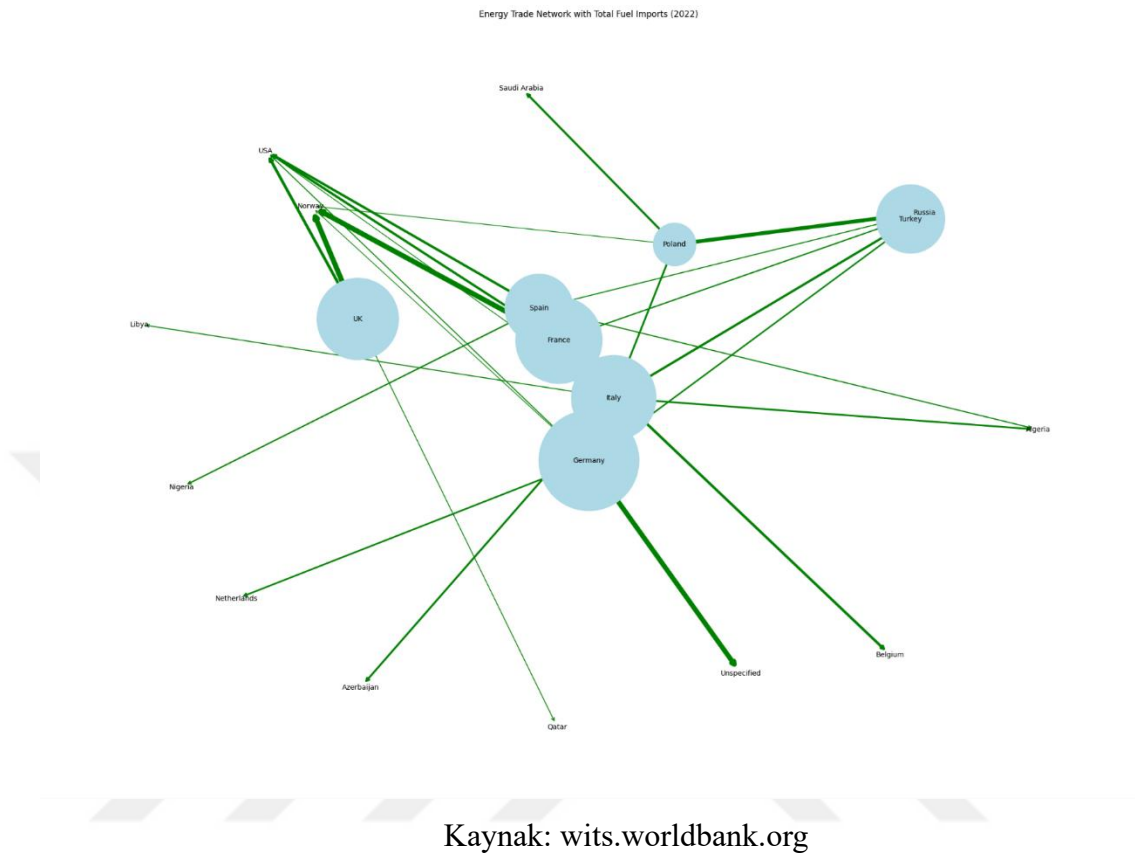
koruduğunu 2022 yılı özelinde ise ABD'nin yakıt ithalatı konusunda belirgin bir alternatif haline geldiğini gözlemliyoruz. 2018'deki Rusya'nın yakıt ithalatındaki ağırlığının 2022'de ABD başta olmak üzere diğer ülkelerle ikame edilmesinde temel sebeplerden birinin de 2021 yılında Ukrayna ve Rusya arasında oluşan savaş durumunun olduğunu söylemek mümkündür. Buradan hareketle incelenen ülkelerin sosyal ya da siyasal krizlerden birlikte etkilenebildikleri ve bu doğrultuda verdikleri politik tepkilerin birbirleriyle uyum içinde olabildiği hususundaki ulaştığımız sonuç, ilgili ülkelerin enerji arz güvenliği çerçevesinde karşılaştırılabilir olduğu konusundaki kanaatimizi güçlendiriyor.

Şekil 9-a: İnceleme kapsamındaki ülkelerin enerji yakıt ithalatına ait ağ grafiği (2018)



Kaynak: wits.worldbank.org

Şekil 9-b: İnceleme kapsamındaki ülkelerin enerji yakıt ithalatına ait ağ grafiği (2022)



Bunun yanında, çalışmanın coğrafi kapsamı, ülkeler arasında yararlı karşılaştırmalar yapılmasına ve endekslere göre bir kıyaslama aracı oluşturulmasına olanak tanımaktadır. Chalvatzis ve Ioannidis (2017) çalışması, genel olarak, AB’de enerji arz çeşitliliğinin 1990’dan bu yana %14,2 (SWI) ve %22,6 (HHI) oranında önemli ölçüde iyileştirildiğini gözlemlemektedir. İnceleme kapsamımızda yer alan AB ülkelerinde ise, benzer şekilde çeşitlilik 1990-2023 yılları arasında %21 (SWI) ve %26 (HHI) oranında önemli ölçüde iyileştirilmiştir. Bu bağlamda, yenilenebilir enerjinin bağımlılık ve çeşitlilik üzerindeki etkisinin boyutları ve sınırları da görmek mümkün olacaktır. Yenilenebilir enerji, özellikle rüzgâr, güneş ve biokütle, çeşitliliğin artmasında ana itici güç olmuştur ve yerli enerji kullanımına olumlu katkı sağlamaktadır. Böylece enerji ithalatına olan bağımlılığın azaltılması üzerine çalışılmaktadır. Bu yöntemle, yenilenebilir enerjinin yanı sıra enerji bağımlılığına katkıda bulunan çok çeşitli faktörlerin bulunduğunu ve yenilenebilir enerjinin hemen

hemen tüm AB28 ülkelerinin çeşitliliğine olumlu katkıda bulunduğunu göstermek mümkün olacaktır.

Öncelikle, aşağıda kullanacağımız göstergeler hakkında detaylı bilgi vererek devam edeceğiz.

6.1. İthalat Bağımlılığı

Bir ülkenin kendi ihtiyaçlarını karşılamak için gerekli olan bir mal veya hizmeti kendi kaynaklarıyla üretememesi dolayısıyla ülke dışından temin etmek zorunda kalmasına **ithalat bağımlılığı** denilmektedir. İthalat bağımlılığının çok yüksek olması, zaman zaman ulusal güvenliği ilgilendirecek kapsamda sorunlara sebebiyet verebilecektir. Bu nedenle ithalat bağımlılığının yüksek olması, üzerine düşünülmesi gereken ve bağımlılığa yol açan unsurların ortadan kaldırılmasına yönelik çalışmaların önemli olduğu bir alandır.

İthalat bağımlılığı ölçümleri, özellikle petrol, gaz ve kömür gibi belirli fosil yakıtlar kullanılarak yapıldığında, enerji arz güvenliğinin hesaplanmasında en yaygın kullanılan yöntemlerden biridir. Türkiye'nin enerji arz güvenliğini karşılaştırmalı olarak değerlendirebilmek için kullanacağımız ithalat bağımlılığı oranı *IDR*, Denklem (3) ile verildiği şekilde hesaplanır:

$$IDR = \frac{\text{Net I}}{C} \times 100 \quad (3)$$

Burada Net I, net enerji ithalatını ve C, toplam enerji tüketimini ifade etmektedir. Bu durumda, ithalatın tüketimin ne kadarını sağladığını, tüketimin ne kadar ithalata bağlı olduğunu ölçer. Hesaplama sonucunun yüksek çıkması ilgili ülkenin enerjide yüksek oranda dışa bağımlı olduğunu ve uluslararası krizler, arz kesintileri, ambargolar gibi şoklara karşı dayanımının zayıf olduğunu ifade etmektedir.

6.2. Shannon-Wiener Endeksi

Bölüm 4.2.2.1 başlığında açıkladığımız *SWI* (Shannon-Wiener Endeksi), enerji kaynaklarının veya ithalatçı ülkelerin dağılımındaki çeşitliliği ve dengeyi analiz etmek için etkili bir araçtır. *SWI*'nin yüksek olması daha dengeli ve çeşitli bir enerji portföyünü gösterirken düşük olması ise enerji kaynaklarının az çeşitlendirilmiş ve tek bir kaynağa aşırı bağımlı olduğunu gösterir. *SWI*'nin hesaplanması için, mevcut olan her birincil enerji kaynağı bir seçeneği temsil eder. Her seçenek, hesaplanan sayının yüzdelik değeri olarak hesaba katılmaktadır. Örneğin, i seçeneği toplam birincil enerji miktarının %10'unu oluşturuyorsa, endekste $p_i = 0,10$ olarak hesaba dahil edilecektir.

Şekil 10'da gösterildiği gibi sistem bir seçeneğe dayandığında endeks en düşük değeri ($SWI = 0$) alır. İki eşit ağırlıklı enerji alternatifine sahip bir sistemin çeşitliliği 0,69 olacaktır ve seçenek sayısı arttıkça endeksin değeri de büyümektedir. Endeks, seçenek sayısı ile birlikte artmakla birlikte artış oranı kademeli olarak azalmaktadır. Şekil 10, *SWI* değerleri konusunda bir fikir verebilmek amacıyla, 1 ile 10 arası enerji alternatifi için, tüketim paylarının eşit olduğu durumda *SWI* değerlerini vermektedir.

Grubb vd. (2006) çalışmasına göre *SWI*'nin 1'in altında olması durumunda herhangi bir sürekli enerji arzı kesintisi durumuna karşı hazırlıklı olunmadığı ve bu durumun bir arz güvenliği sorununa yol açma olasılığı bulunduğu, *SWI*, 2'nin üzerinde hesaplandığı durumda ise arz güvenliğini sağlama hususunda yeterli alternatif kaynakların bulunduğu ve dolayısıyla enerji arz güvenliğinin önemli ölçüde sağlandığı belirtilmektedir.

Enerji tedarikçilerinin çeşitlendirilmesi, enerji arzı güvenliğine yönelik riskleri en aza indirmeye yönelik önemli bir stratejidir. Enerji tedarik yollarının çeşitlendirilmesi yalnızca tedarikçilerle sınırlı kalmamaktadır. Çin'in varsayıma dayalı savaş senaryosunda²⁹ ortaya çıkan '*Malakka İkilemi*' ülkeler için istikrara kavuşturmak, güvenlik sağlamak için çeşitlendirmeye verdikleri önemi göstermektedir. Benzer şekilde, Avrupa ülkeleri Rusya'nın doğal gaz arzı üzerindeki

²⁹ <https://gjia.georgetown.edu/2023/03/22/chinas-economic-security-challenge-difficulties-overcoming-the-malacca-dilemma/>

kontrolünü hafifletmek için enerji pazarlarını ve geçiş rotalarını çeşitlendirmeye çalışıyor (Krickovic 2015).

Tedarikçileri çeşitlendirmek yanında, enerji kaynaklarını çeşitlendirmeye çalışmak bir başka stratejidir. Petrol bağımlılığı kapsamında, şist yağı, kömür, doğal gaz, nükleer enerji ve yenilenebilir enerji gibi alternatif enerji kaynakları enerji güvenliği sorunları için çözüm olabilir (Duffield 2012; Peoples 2014).

6.3. Herfindahl-Hirschman Endeksi

HHI (Herfindahl-Hirschman Endeksi), bir piyasadaki yoğunlaşmayı veya çeşitliliği ölçmek için kullanılan bir göstergedir. Enerji arz güvenliği bağlamında *HHI*, bir ülkenin enerji tedarik kaynakları veya tedarikçi ülkeler arasındaki yoğunlaşmayı, bu çerçevede enerji arzında tek bir kaynağa veya tedarikçiye ne kadar bağımlı olduğunu anlamak için kullanılır. Konsantrasyon ölçümü, enerji kaynaklarının ve tedarikçilerin çeşitliliğini ve güvenilirliğini değerlendirmek açısından enerji arz güvenliği analizinde önemli taşımaktadır. *HHI* hesabı, denklem (4)'te verilmektedir:

$$HHI = \sum_{i=1}^n s_i^2 \quad (4)$$

Burada, n enerji veya tedarikçi alternatifi sayısını, i enerji alternatifini, s_i her bir alternatif miktarının toplam içerisindeki oranını ifade etmektedir. *HHI* endeksi hesaplamasında birincil enerji arz kaynakları içerisinde yer alan her kaynak türünün toplam kaynak içerisindeki oransal karşılığı bulunacak daha sonra bu oransal karşılıkların kareleri alınarak toplanacaktır. Daha yüksek değerler, sınırlı sayıda kaynağa daha fazla bağımlılığı gösterir ve böylece enerji arz güvenliğinde artan kırılganlığa işaret eder.

Şekil 10, *HHI* değerleri konusunda bir fikir verebilmek amacıyla, 1 ile 10 arası enerji arz eden taraf için, bunların paylarının eşit olduğu durumda *HHI* değerlerini vermektedir. Şekilden görüleceği gibi, sadece bir alternatif bulunduğu durumda *HHI* en yüksek değeri olan 10.000 değerini alır, bu durumda enerji piyasası açısından tek

durumu söz konusudur. Devamında, iki aynı oranda katkı sağlayan alternatifin olduğu durumda *HHI* endeksi 5.000 olur ve *HHI*'nin alabileceği değer, alternatif sayısı arttıkça azalır, yüksek sayıda alternatif olduğunda sıfıra yaklaşır, bu durum piyasada rekabetçi bir sonucun bulunduğu anlamına gelir. Bu durumda, *HHI* değeri yüksek olan durumlar, hem alternatiflerin azlığı hem de piyasa güçleri açısından enerji arz güvenliği açısından sorunlu olabilmektedir³⁰. Enerji kaynaklarının bir veya birkaç elde (tek el veya oligopol) veya belirli bir bölgede yoğunlaşması, enerji güvenliği için birincil tehdit olarak görülmektedir.

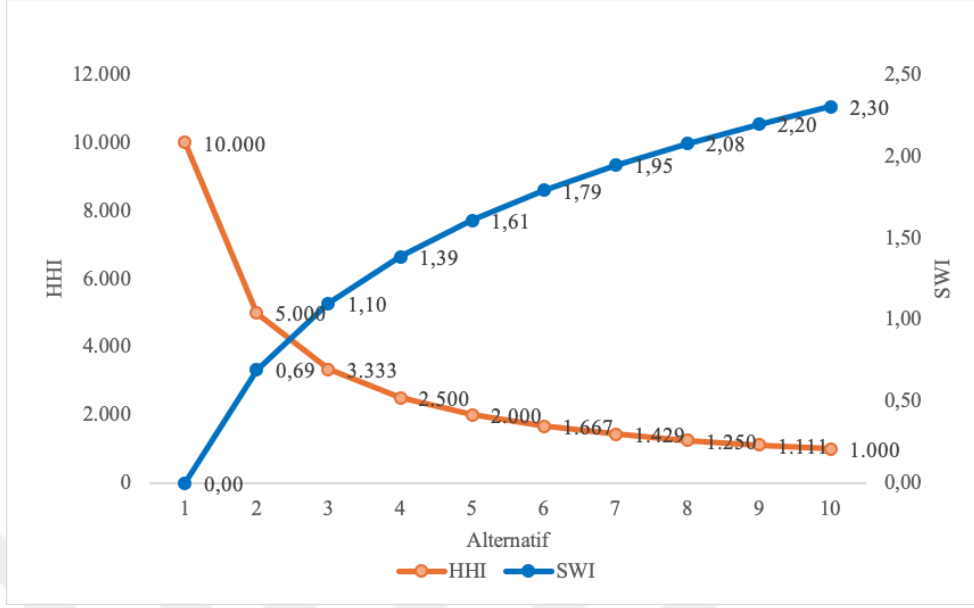
Petrol örneğinde, bahsi geçen konsantrasyon durumu açıktır³¹. 2022'de, toplam dünya petrol üretiminin %38'ine denk olacak biçimde, tahmini 28,7 milyon varil/gün ham petrol üretmiş olan topluluk içinde en büyük üretici ve en etkili üye, ABD'den sonra dünyanın ikinci büyük petrol üreticisi olan Suudi Arabistan'dır³². Yine 2022 yılı için, OPEC ve OPEC+ ülkeleri beraber küresel petrol üretiminin yaklaşık %59'unu, karşılayarak 48 milyon varil/gün üretmişlerdir. OPEC toplantıları ve birlikte belirlenen üretim hedefleri her zaman küresel petrol fiyatlarını etkilemiştir. OPEC ülkelerinden ithal edilen petrole olan güçlü bağımlılık, enerji kartellerinin gücünü artırmaktadır (Levi 2013).

³⁰ Literatürde *HHI* endeksinin 1.500 veya altında olduğu durumlar düşük yoğunlaşma ve yüksek rekabet ortamı olarak ve 2500'den yüksek olduğu durumlar yoğun piyasalar olarak değerlendirilir. *HHI* değeri 1500-2500 arası olan durumlar orta yoğun piyasalara işaret etmektedir. Rekabet Kurumları tarafından *HHI* değeri 1500 olan piyasalarda firma birleşmeleri özel incelemeye tabidir.

³¹ Az sayıda üretici bulunan piyasada, başta 5 üye (Irak, İran, Kuveyt, Suudi Arabistan ve Venezuela) ile kurulan OPEC, kuruluşundan bu yana üye sayısını 13'e çıkarmıştır. OPEC'in kuruluşunda belirtilen amacı, üreticiler için fiyatlandırmayı, tüketiciler için arzı ve yatırımcılar için sermaye getirisini güvence altına almak için "üye ülkeler arasında petrol politikalarını koordine etmek ve birleştirmektir".

³² Today in Energy, **In-brief analysis**, 18 Aralık 2023, <https://www.eia.gov/todayinenergy/>.

Şekil 10: *SWI* ve *HHI* değerler grafiği (*SWI* için $R \in \{1,2, \dots, 10\}$ ve $p_i = p \forall i \in \{1,2, \dots, p\}$ ve *HHI* için $n \in \{1,2, \dots, 10\}$ ve $s_i = s \forall i \in \{1,2, \dots, n\}$)



Bu endekslerin aralarında bir ilişki olduğu açıkça görülmektedir, *HHI*'nin konsantrasyon ve *SWI*'nin aksine çeşitliliği ölçtüğünü biliyoruz. Ancak, denklem (1) ve (4) ile verilen fonksiyon formlarından, bunların ölçeklerinin farklı olduğunu görebiliriz. Bunları aynı ölçekte Denklem 5.1 ve 5.2'de olduğu gibi ifade edebiliriz:

$$R(s) = \frac{n-1}{n} \left(1 - \sum_{i=1}^n s_i^2 \right) \quad (5.1)$$

$$S(p) = -\frac{1}{\log R} \sum_{i=1}^R p_i \log(p_i) \quad (5.2)$$

HHI ve *SWI*, yukarıdaki fonksiyonların lineer transformasyonu sonucu elde edilebilir. Bu fonksiyonlar üzerinde çalışarak, belirli bir payı artırmanın, bu payın diğer payların aritmetik ortalamasının altında veya üstünde olmasına bağlı olarak $R(s)$ değerini artıracak veya azaltacağını gösterebiliriz. Aksine, belirli bir payı artırmak, bu payın diğer payların geometrik ortalamasının altında veya üstünde olmasına bağlı olarak $S(p)$ değerini artıracak veya azaltacaktır. Bunun yanında, yüksek oranlı bir alternatif bulunduğunda, bunu daha da artırmak $S(p)$ 'yi, $R(s)$ 'yi azalttığından çok daha hızlı azaltacaktır. Tersine, düşük oranlı bir alternatiflerin baskın olduğu durumda, bu oranı artırmak $S(p)$ 'yi, $R(s)$ 'yi artırdığından çok daha hızlı artırır ve bu özellikle n büyük olduğunda belirgindir.

7. TÜRKİYE’NİN ENERJİ ARZ GÜVENLİĞİNİN KARŞILAŞTIRMALI OLARAK ÖLÇÜLMESİ

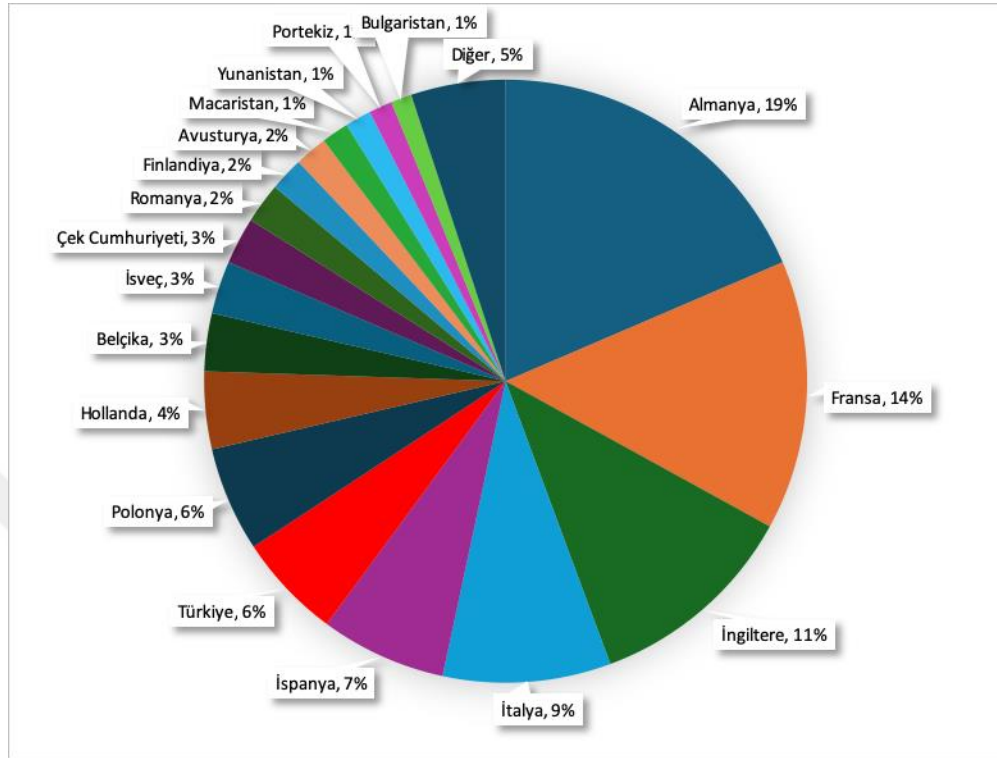
7.1. İthalat Bağımlılığı

IEA verileri kullanılarak oluşturulan Şekil 11’de, 1990-2023 yılları arasında Avrupa Birliği ülkelerine ilave olarak İngiltere ve Türkiye’nin birincil enerji arzına olan katkısının ortalaması gösterilmektedir. “Diğer” kategorisi; Danimarka, Slovakya, İrlanda, Litvanya, Hırvatistan, Slovenya, Estonya, Letonya, Lüksemburg, Kıbrıs ve Malta olmak üzere 11 ülkeden oluşmaktadır. Bu ülkelerin inceleme kümemizdeki ülkelerin 1990-2023 yılları arasındaki toplam birincil enerji arzı içindeki payı %5’tir. Söz konusu 11 ülkenin ortalama katkısı ise %0,47’dir. Dolayısıyla bu 11 ülkeyi bir kategori altında birlikte göstermeyi uygun bulduk.

Şekil 11’de verilen pay grafiğine göre 1990-2023 yılları arasında Türkiye ve İngiltere’ye ait verilerin de dahil edildiği toplam birincil enerji arzının yarısından fazlasının (%53) Almanya, Fransa, İngiltere ve İtalya tarafından ortaya çıkarıldığı anlaşılmaktadır. Bahse konu ülkelerin aynı zamanda Avrupa ülkeleri arasında en çok nüfusa ve en yüksek GSYİH’ye sahip ülkeler olması çıkan sonucun ana nedenini oluşturmaktadır. Türkiye ise karşılaştırmaya konu Avrupa ülkeleri arasında en fazla birincil enerji arzına katkı sağlayan 6. ülke konumundadır.

İthalat bağımlılığında, Türkiye’nin seçili AB ülkeleri ve İngiltere ile karşılaştırılabilmesi için Şekil 12’de, Şekil 11’e göre 1990-2023 yılları arasındaki toplam birincil enerji arzına katkısı %5 ve üzerinde olan ülkelere, bu ülkelerin Türkiye hariç ortalaması ve Türkiye’ye ayrı olarak yer verilmiştir. Birincil enerji arzına katkısı %5’in altında olan ülkelere, ithalat bağımlılığı analizinde karşılaştırmalı olarak yer verilmemesinin temel nedeni ilgili ülkelerin nüfus büyüklüğü ve GSYİH olarak %5 ve üzerinde katkı veren ülkelere önemli ölçüde ayrışması ve enerji arz miktarındaki temel belirleyicilerin nüfus ve ekonomik büyüme tarafından belirleniyor olmasıdır.

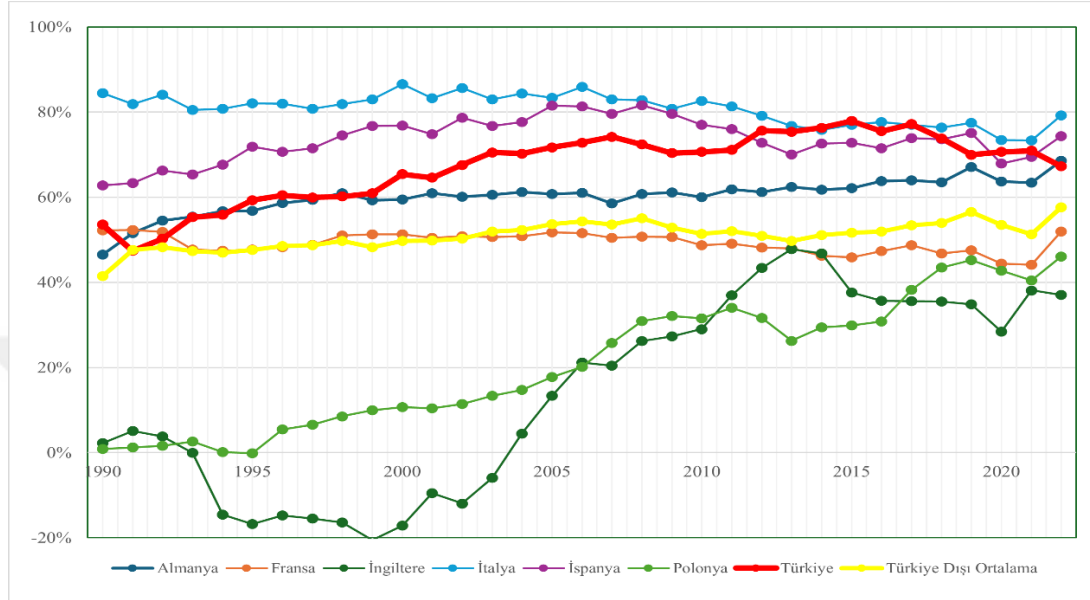
Şekil 11: AB Ülkeleri, İngiltere ve Türkiye'nin Ortalama Birincil Enerji Arzına Katkısı



Şekil 12'deki verilere göre Türkiye ithalat bağımlılığında inceleme dönemindeki yıllar içerisinde 1995 sonrasında, %60'tan fazla oranda enerji arz kaynaklarına ulaşmada ithalata bağımlı olmuştur. Bu konuda sadece İspanya ve İtalya Türkiye'den daha fazla oranda 2010'lara kadar ithalat bağımlılık oranlarına sahip olsalar da sonrasında 2015 yılında Türkiye en yüksek ithalat bağımlılık oranına sahip ülke konumuna gelmiştir. Türkiye hariç ortalamanın 1990'larda %40'larda iken 2022'ye gelindiğinde %60'a kadar dayanması enerji ithalat bağımlılığı hususundaki sorunların Türkiye dışındaki ülkeler için de önemini korumaya devam edeceği anlamına gelmektedir. Bu noktada İngiltere ve Polonya gibi ithalat bağımlılık artışı oransal olarak daha fazla miktarda gerçekleşen ülkeler için konunun diğerlerine göre çok daha fazla önem arz edeceği sonucuna ulaşılmaktadır. Tüm bunlarla birlikte Türkiye'nin ithalat bağımlılığı oranlarının 2015 yılından itibaren kademeli olarak azalırken Türkiye dışı ortalamanın artış eğilimini sürdürdüğü ve 2022 yılı itibarıyla yaklaşık 30 yıl sonra en yakın konuma geldiği gözlemlenmektedir. Dolayısıyla ***Türkiye'nin Avrupa ülkelerindeki genel eğilim ithalat bağımlılık oranını arttırmak iken kendi***

ithalat bağımlılık oranını azaltabilmesi, genel eğilimin dışına çıkan bir iyileşmeye işaret etmektedir.

Şekil 12: İthalat Bağımlılığının Avrupa Ülkeleri ve Türkiye İçin 1990-2022 Yılları Arasındaki Değişimi³³



Kaynak: EUROSTAT

Dikkat çekici diğer nokta 2010 itibarıyla, 2009 AB krizinin vurduğu ülkelerden İtalya ve İspanya’da ithalat bağımlılığının azalıyor olmasıdır. Bu durum ekonomik krizle birlikte üretimin azalmasından ve buna bağlı olarak enerji tüketiminin daralmasından kaynaklanmıştır. Krizle birlikte ülkeler pahalı ithal enerji kaynakları yerine yerli yenilenebilir enerji kaynaklarını arttırmaya daha fazla önem verir hale gelmiştir. Türkiye dışı ortalamada ithalat bağımlılığı 2000’den bu yana yaklaşık %20 artmıştır. Bu artışın önemli bölümü, 2002 ile 2010 arasında gerçekleşmiştir ve büyük oranda 2001’den bu yana İngiltere’nin ithalat bağımlılığının artmasından ve enerji arzında ihracatçı bir ülkeden %50’lere varacak şekilde ithalatçı bir ülkeye dönüşmesinden kaynaklanmaktadır.

Bahse konu veriler ışığında, Türkiye’nin enerjide dışa bağımlılık probleminin geçmişten bugüne gelen kronik problemlerden biri olduğu, ithalat bağımlılığı seviyesinin incelemeye konu dönem itibarıyla genel olarak Türkiye dışında kalan

³³ Ek 1, Tablo 1 bu verileri sunmaktadır.

Ülkelerin ortalamasından daha yüksek seyrettiği bununla birlikte son yıllarda ithalat bağımlılığı seviyesinin Türkiye dışında kalan ülkeler ortalaması yükseldiği halde azalabilmesiyle ithalat bağımlılığının iyileştirilmesinde gözle görünür bir gelişme sağladığı anlaşılmıştır.

7.2. Enerji Arz Kaynaklarının eşitliliği

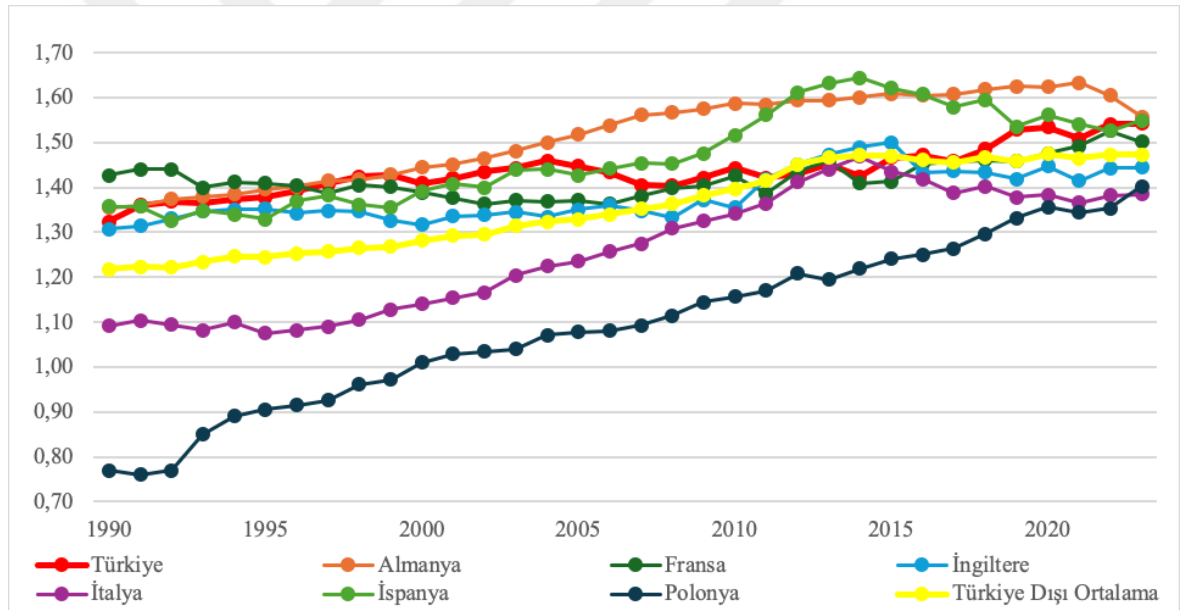
Yukarıda da bahsedildiği üzere, enerji arz güvenliğinin sağlanması enerji ithalatına olan bağımlılığın ani şoklara karşı kontrol edilebilir bir seviyede kalabilmesi için ülkelerin başlıca atması gereken adımlardan birini enerji kaynaklarında çeşitliliği sağlamak oluşturmaktadır. Bu bağlamda, kaynaklardaki çeşitliliğin yerli imkanlarla üretilenler lehine gelişmesinin öncelikli strateji olması beklenmekle birlikte kaynak çeşitliliğinin yerli imkanlar lehine gelişmediği senaryoların da kaynak alternatiflerinin kısıtlı olduğu durumlara göre daha fazla arz güvenliğini garanti ettiğini söylemek mümkündür. Bu çerçevede, enerji kaynaklarının çeşitliliği, ulusal veya uluslararası yapılan ve konusu enerji arz güvenliği olan tüm çalışmalarda ve raporlamalarda çözüm nerileri kapsamında en çok üzerinde durulan konu başlıklarından biri olmakta ve enerji arz güvenliğinin farklı bakış açısına sahip tüm değerlendirmelerinde kendisine yer bulmaktadır.

Enerji kaynaklarına kriz durumlarında dahi ülke ihtiyaçlarını karşılayacak düzeyde ve kesintisiz biçimde ulaşabilme kapasitesi olarak tanımlanan enerji arz güvenliği için kaynak çeşitliliğinin artırılması, kaynağın yerli veya yabancı olmasından bağımsız olarak bir anlam ifade ettiği için öncelikle kaynak çeşitliliğini inceleme kapsamımızda yer alan ülkeler için (AB lkeleri, İngiltere ve Türkiye) *SWI* ve *HHI* değerleri yardımıyla karşılaştırmalı olarak ortaya koyacağız. Sonrasında kaynak çeşitliliğindeki artışın yenilenebilir enerji kaynaklarıyla desteklendiği durumun, bu endekslerin hesaplamalarına katkısını ayrıca göstermeye çalışacağız.

şekil 12’de ithalat bağımlılığına ilişkin ölçümlerimizde olduğu gibi, AB lkeleri, İngiltere ve Türkiye’nin 1990-2023 yılları arasındaki toplam birincil enerji arz toplamalarının içindeki ortalama payı %5 ve üzerinde olan ülkelere ait hesaplamalara yer vereceğiz. şekil 13’e göre, Türkiye’nin birincil enerji arz kaynakları açısından

çeşitliliği incelemeye konu yıllar itibarıyla büyük ölçüde Türkiye dışı ortalamanın üzerindedir. Ancak, Türkiye dışı ortalama da çeşitlilik %20 artarken Türkiye'nin çeşitlilik endeksi %17 artarak paralel bir seyir izlemiştir. Polonya ve İtalya dışındaki ülkelerin çeşitlilik endeksleri yaklaşık 33 yıllık süre içerisinde genel olarak 1,30 ile 1,60 aralığında seyretmişken en yüksek oransal artış %82 ile Polonya'da gerçekleşmiştir. Polonya'daki oransal artışın fazla olmasının temel nedeni, Polonya'nın artış dönemlerinde biyoyakıt ve atıkları enerji kaynak çeşitlendirmesinde daha ağırlıklı olarak kullanmaya başlamasıdır. Tüm ülkelerdeki iyileşmenin ana sebebi ise petrol fiyatlarındaki artış sonucu, ülkelerin enerji kaynaklarını yenilenebilir enerji kaynağı alternatifleriyle çeşitlendirme hususundaki strateji değişikliğidir. Şekil 14'te ise *HHI* ve *SWI* değerleri ile ortaya çıkan çeşitlilikteki artışı teyit etmiş oluyoruz.

Şekil 13: Birincil enerji arzı çeşitliliği *SWI* değerleri (1990-2023)³⁴



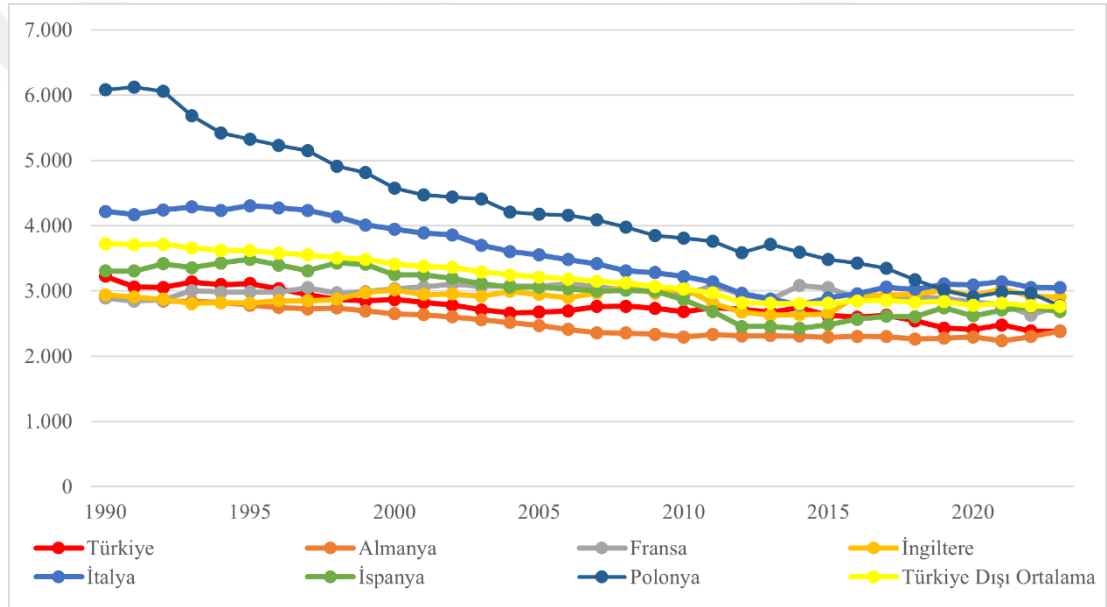
Kaynak: IEA

SWI ve *HHI* endekslerinin daha önce de anlatıldığı gibi enerji tedarik seçeneklerinin sayısına duyarlılığı yüksektir. Yukarıda, Bölüm 6 sonunda da açıkladığımız üzere, belirli bir payı artırmak, bu payın diğer payların geometrik ortalamasının altında veya üstünde olmasına bağlı olarak *SWI* değerini artıracak veya azaltacaktır. Bunun yanında, yüksek oranlı bir alternatif bulunduğu, bunu daha da artırmak *SWI*'yi, *HHI*'yi azalttığından çok daha hızlı azaltacaktır. Tersine, düşük

³⁴ Ek 1, Tablo 2 bu verileri sunmaktadır.

oranlı bir alternatiflerin baskın olduğu durumda, bu oranı artırmak *SWI*'yi, *HHI*'yi artırdığından çok daha hızlı artırır ve bu özellikle n büyük olduğunda belirgindir. Dolayısıyla seçeneklerin bazılarının yalnızca küçük bir katkısı olsa dahi endeks hesaplama sonucunun buna göre daha fazla olarak iyileştirilmiş çeşitliliğe işaret etmesi mümkün olmaktadır. Buradan hareketle veri setimizde yer alan ülkelerin birincil enerji kaynakları içerisindeki payı %5'in altında olan alternatifleri dışarıda bırakarak yeniden bir *SWI* hesaplaması yaptık. Bu noktada çoğunlukla yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam birincil enerji kaynağı içerisindeki payı %5'in altında olduğu için, bunların *SWI* çeşitlilik hesaplaması dışında kaldığını görüyoruz.

Şekil 14: Birincil enerji arzı yoğunlaşması HHI değerleri (1990-2023)³⁵



Kaynak: IEA

Şekil 15'te yer verilen bu kapsamdaki sonuçlara göre enerji çeşitliliğindeki iyileşme, %5'ten daha az oranda bulunan birincil enerji kaynaklarının çeşitlilik hesabına dahil edildiği duruma göre daha azdır. %5'ten daha az payı bulunan enerji kaynaklarının hesaplama dahil edilmediği durumda Türkiye dahil ülkelerin çeşitlilik endekslerindeki değişim tüm seçeneklerin dahil olduğu senaryoya göre kısa vadede daha radikaldir. Türkiye ve diğer ülkelerdeki söz konusu radikal değişikliklerin temel nedeni yenilenebilir enerji kaynaklarından bazısının ilgili dönemde %5'in altına düşmesi ya da çıkmasıdır. Dolayısıyla enerji kaynaklarının çeşitliliğinin sağlanması

³⁵ Ek 1, Tablo 3 bu verileri sunmaktadır.

hususunda en az %5'lik bir katkıyla ve bunu uzun süreli sürdürebilecek şekilde sağlayan ülkelerin diğerlerinden ayrılabilmesine bu grafik katkı sağlıyor. Örnek olarak Almanya'nın 2018 yılında 1,45 olan SWI endeksi 2019, 2020 ve 2021 yıllarında 1,60 seviyelerine çıkmıştır. Bunun nedeni Almanya'nın 2019 yılında bir önceki yıla göre kömür kullanım oranını azaltırken yenilenebilir enerji kaynakları içindeki rüzgâr enerjisi kullanımının %5'in üzerine çıkacak şekilde artmasıdır.

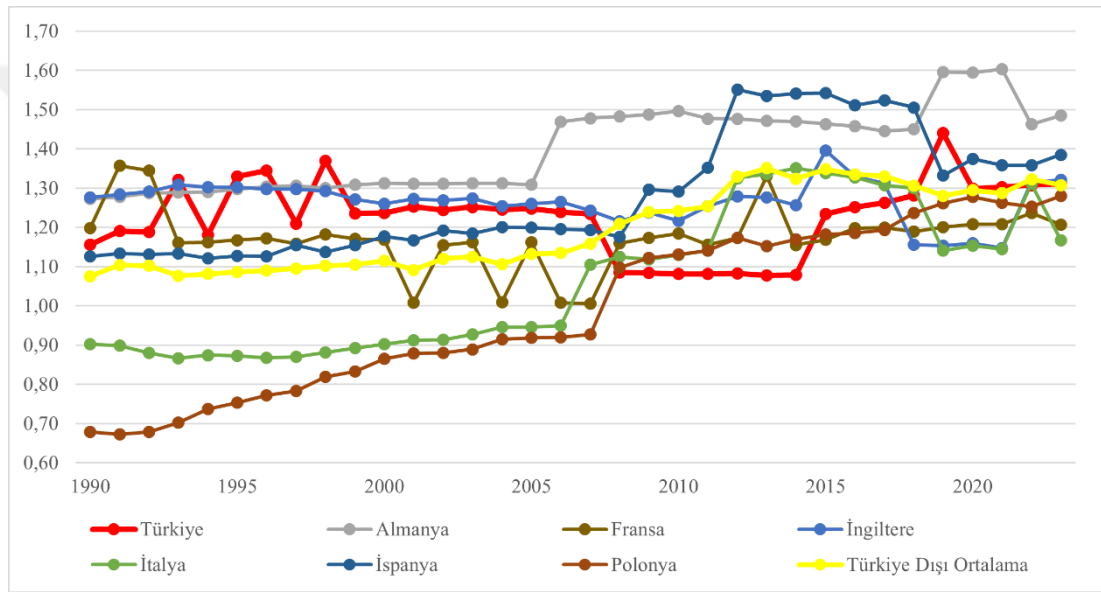
AB'nin toplam birincil enerji arzının %19'unu oluşturan Almanya, 1990'dan beri çeşitliliğini %17 artırmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından özellikle elektrik üretiminde faydalanılmasında önemli atılımlar yapmış olsa da Almanya, birincil enerji kaynaklarının %80'ine yakını hala pahalı ve çevreye zararı olan fosil yakıtlardan karşılamaya devam etmektedir.

AB'nin ikinci büyük birincil enerji arzına ve ikinci büyük ekonomisine sahip ülkesi olan Fransa, ilgili yılların çoğunda Türkiye'ye göre düşük bir çeşitliliğe sahiptir. Fransa, son 33 yıldır AB, İngiltere ve Türkiye'nin toplam birincil enerji arzının %14'ünü oluşturmuştur. Fransa'nın birincil enerji tedariki esas olarak nükleer enerjiye dayanmaktadır. Fransa'nın nükleer enerjideki inceleme dönemimizdeki toplam arzı ikinci sıradaki Almanya'nın arzının 3 katından fazladır. Fransa'nın çeşitliliğinde 2000-2006 arasında bir miktar kötüleşme olsa da 2006'dan itibaren özellikle biyoyakıtlar ve atık enerji olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarındaki artışla ve ham petrol ve petrol ürünlerindeki yaşanan düşüşle tekrar iyileşme yaşanmıştır. Bununla birlikte incelemeye konu 33 yılın başında ve sonunda Fransa'nın çeşitlilik endeksi hemen hemen aynı değerlerdedir.

Sonuç olarak *SWI çeşitlilik endeksi kullanılarak yapılan ölçümlere göre Türkiye'nin enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi hususunda incelemeye konu yıllar boyunca Türkiye dışı ortalamadaki gerçekleştirmelere paralel olarak bir iyileşme yaşadığı ve bu iyileşmenin Türkiye ve diğer ülkeler için de ağırlıklı olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji kaynakları içerisine dahil olmasından kaynaklandığı görülmüştür.* Ancak toplam birincil enerji arzı içindeki payı %5'in altında kalan enerji kaynaklarının SWI çeşitlilik endeksi hesaplamasına katılmadığı senaryoda çeşitlilikteki iyileşme, %5'in altında kalan enerji kaynaklarının da SWI

hesaplamasına dahil edildiği senaryodaki çeşitlilikteki iyileşmeye göre daha az olmuştur. Dolayısıyla Türkiye dahil tüm ülkeler için bir çeşitlilik iyileşmesinden bahsedilebilecek olsa da buradaki olumlu seyrin yenilenebilir enerji kaynakları gibi yerli imkanlarla üretilen ve çevresel kaygılara daha duyarlı enerji alternatiflerinden yeterli katkıyı alamadığı, mevcut durumda inceleme kapsamındaki tüm ülkeler için fosil yakıtların toplam birincil enerji kaynakları içerisinde büyük çoğunluğu oluşturmaya devam ettiği anlaşılmıştır.

Şekil 15: Birincil enerji kaynaklarına katkısı %5'in altındaki enerji kaynaklarının dahil olmadığı durumda SWI değerleri 1990-2023³⁶



Kaynak: IEA

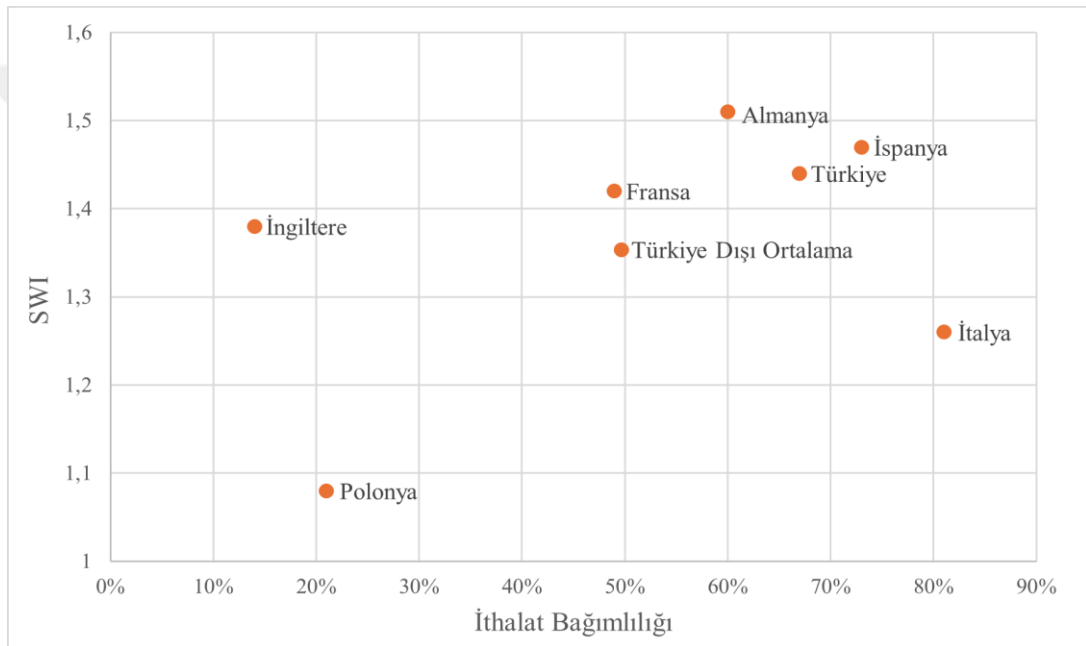
7.3. Karşılaştırılmış Verinin Analizi

Şekil 16'da inceleme kapsamımıza giren ülkeler için çeşitlilik endeksi SWI ile ithalat bağımlılığı oranlarının 1990-2022 yılları arasındaki ortalamasını aynı tabloda görselleştiriyoruz. Şekilde, dizilimin sol üst köşesine daha yakın olmak düşük ithalat bağımlılığı ile birlikte birincil enerji kaynaklarına erişimde daha fazla çeşitliliğe sahip olmayı ifade ediyor. Bu yönüyle grafiğinin sol üst köşesine daha yakın olunması ülkeler için bağımlılık kaynaklı risklerin en aza indirgemiş ve enerji arz güvenliğini sağlanmış olma anlamı taşımaktadır. Türkiye'nin karşılaştırmaya konu edilen ülkelerin

³⁶ Ek 1, Tablo 4 bu verileri sunmaktadır.

Almanya ve İspanya hariç tümünden daha fazla çeşitliliğe sahip olduğu ve yine aynı ülkelerden İtalya, İspanya'ya göre daha az ithalat bağımlılığına sahip olduğunu gözlemliyoruz. Bir diğer deyişle Türkiye karşılaştırmaya konu ülkelerin çeşitlilik endekslerinin ortalamasına göre daha iyi durumdayken ithalat bağımlılığı ortalamasına göre daha kötü konumdadır. Bu çerçevede Türkiye için çeşitliliğin görece iyiliğinin ithalat bağımlılığının azaltılması noktasında yeterli olumlu katkıyı vermediği, Türkiye'nin enerji kaynak çeşitliliğini arttırırken bunu yerli üretim kaynaklarını genişleterek yapması gerektiği sonucuna ulaşıyoruz.

Şekil 16: SWI ve ithalat bağımlılığının 1990-2022 yılları arasında değişimi

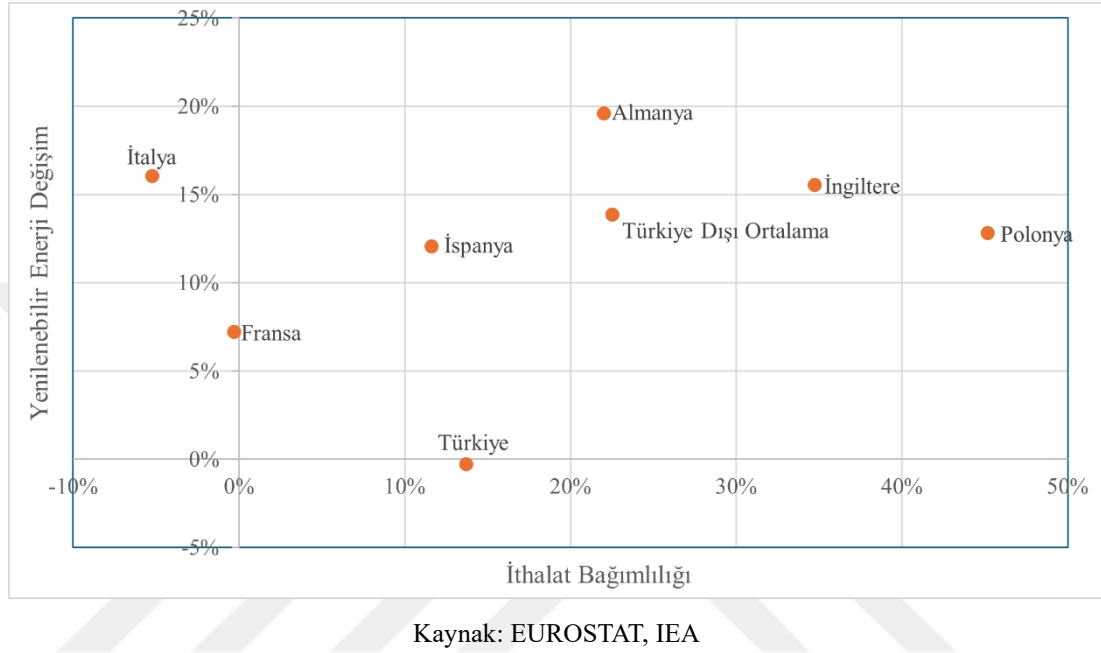


Kaynak: EUROSTAT, IEA

Enerji kaynakları için çeşitliliği yerel kaynaklar lehine arttırmada akla gelen en rasyonel yol yenilenebilir enerji kaynaklarının artırılmasıdır. Rüzgâr, güneş enerjisi gibi kaynağa ulaşmada süreklilik kaygısı taşınmayan yenilenebilir enerji kaynaklarının tamamen yerli bir enerji kaynağı anlamına gelebilmesi için ülkenin coğrafi koşullarının uygun olması yeterli olabilmektedir. Bu çerçevede yenilenebilir enerji kaynaklarındaki değişimin ithalat bağımlılığına ne oranda ve ne yönde etki ettiğini anlayabilmek için yenilenebilir enerji kaynaklarındaki ve ithalat bağımlılığındaki yüzdesel değişimleri 1990 ile 2022 yılları arası için Şekil 17'de gösteriyoruz. Burada, yer alan ithalat bağımlılığı değişim ekseninde inceleme kapsamımıza giren ülkelerin 1990 ile 2022 yılları arasındaki ithalat bağımlılığındaki yüzdesel değişime yer

veriyoruz. Yenilenebilir enerji değişim ekseninde ise inceleme kapsamımıza giren ülkelerin 1990 ve 2023 yıllarındaki birincil enerji arzları içerisindeki yenilenebilir enerji kaynaklarının oranının yüzdesel değişimi yer alıyor.

Şekil 17: 1990-2022 yılları arasında ithalat bağımlılığı ve yenilenebilir enerji kaynaklarının oranlarının değişimi



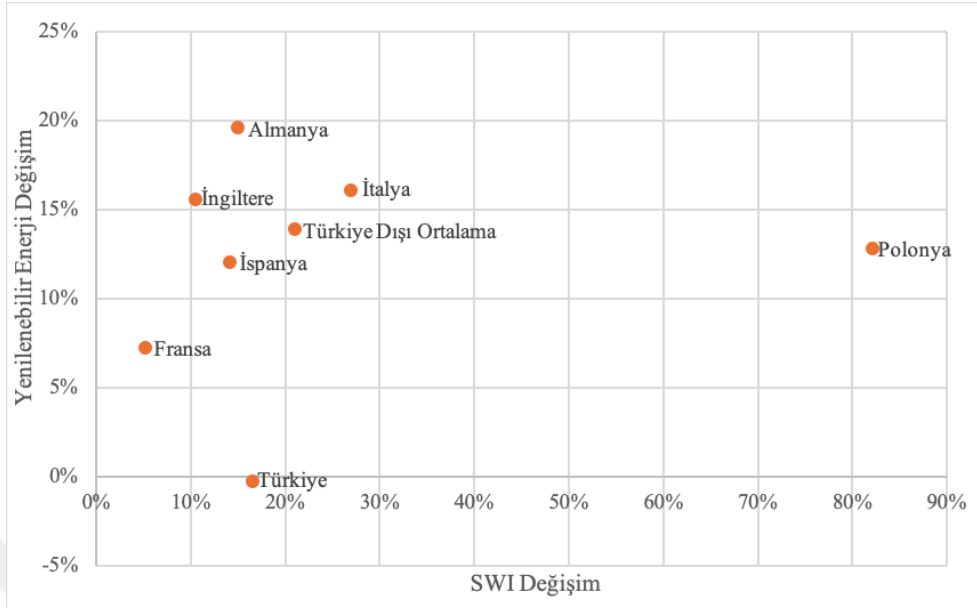
Buna göre inceleme kapsamımızda Türkiye hariç tüm ülkelerde yenilenebilir enerji kaynaklarının tüm birincil enerji arzı içerisindeki payı artmasına rağmen sadece İtalya’da ithalat bağımlılığının karşılaştırmaya konu iki tarih arasında azaldığını görüyoruz. Söz konusu gözlem yenilenebilir enerji kaynakları artsa da bunun tek başına ithalat bağımlılığını azaltıcı etki sunmaya yetmediğini gösteriyor. Diğer taraftan yenilenebilir enerji payının birincil enerji arzı içerisindeki oranı ilgili yıllar içerisinde neredeyse hiç değişmemiş olan Türkiye’nin ithalat bağımlılığının, yenilenebilir enerji kaynaklarının payı daha fazla artmış olan ülkelere göre, ithalat bağımlılığının en azından daha kötüye gitmemesi hususunda, daha iyi durumda olduğunu gözlemliyoruz. Aynı bakış açısıyla Almanya yenilenebilir enerji kaynaklarının payını en fazla artıran ülke olurken ithalat bağımlılığını daha iyi duruma getirme konusunda İtalya, Fransa, Türkiye ve İspanya’dan daha kötü durumdadır.

Tüm bu gözlemler ithalat bağımlılığının iyileştirilmesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının olumlu katkısının fark edilebilir bir sonuç olarak ortaya çıkmadığı hususundaki kanaatimizi güçlendirmektedir. Bu konudaki en önemli sebep ilgili ülkeler için hala petrol ve doğalgaz gibi birincil ve büyük oranda ithalata konu enerji kaynaklarının tüm enerji kaynakları içerisindeki payının yüksek olmasıdır. Dolayısıyla yenilenebilir enerjideki nispi artış ithalat bağımlılığını iyileştirici oranda bir değişime neden olmayabilmektedir.

Şekil 18’de ise yenilenebilir enerjinin birincil enerji arzı içindeki payının 1990 ile 2023 yılları arasındaki yüzdesel değişimi ile birlikte çeşitlilik endeksi *SWI*’nin yine aynı yıllar arasındaki yüzdesel değişimine yer veriyoruz. İncelemeye konu tüm ülkelerde *SWI*’nin iyileştiğini, Türkiye hariç tüm ülkelerde yenilenebilir enerjinin birinci enerji kaynakları içerisindeki payının arttığını görüyoruz. Türkiye’de 2023 yılında 1990’a göre *SWI*’nin artmasının sebebi ağırlıklı olarak 1990 yılında petrole olan %45 düzeyindeki bağımlılığın 2023’te %30 seviyesine inmesi ve rüzgâr-güneş enerjisi kullanım oranının bahse konu yıllar arasında %11 artmasıdır. Ancak yenilenebilir enerji kullanımı artarken diğer enerji kaynaklarının kullanımının da artması yenilenebilir enerjinin tüm enerji kaynakları içerisindeki payının neredeyse değişmemesine neden olmuştur.

Tüm bunlarla birlikte Polonya, Türkiye dışı ortalamanın altında gösterdiği bir yenilenebilir enerji payının artışı performansı ile *SWI* çeşitlilik endeksinde en fazla katkıyı elde eden ülke olmayı başarabilmiştir. Söz konusu hususlar çerçevesinde yenilenebilir enerjideki artışın enerji kaynaklarının çeşitliliğini artırma hususunda olumlu katkısının kesin olduğu ancak sadece yenilenebilir enerji kaynaklarının payının artırılması politikasının ithalat bağımlılığının azaltılması çabasında olduğu gibi enerji kaynaklarının çeşitliliğinin artırılmasında hususunda da yeter gerekçe arz etmediği sonucuna ulaşılmıştır.

Şekil 18: 1990-2023 yılları arasında yenilenebilir enerjinin payının ve SWI'nin yüzdesel değişimi



Kaynak: IEA

8. SONUÇ

Enerji arz güvenliğinin kapsam itibarıyla sadece enerji politikasına değil aynı zamanda ülkenin dış politikasına, ekonomik tercihlerine, küresel vizyonla uyum içerisinde çalışma hususundaki kararlılığına ve ülke/vatandaş menfaatinden öte tüm insanlık için faydayı düşünebilme noktasındaki ahlaki tutuma dokunan taraflarının bulunması, bu konuda yapılan çalışmaların sonuçlarının çok yönlü etki doğurmasına sebep olmaktadır. Buradan hareketle Türkiye için enerji arz güvenliğini ölçmeye yönelik bir çalışma kapsamında nüfusu, ekonomik büyüklüğü, coğrafi yakınlığı, enerji arz güvenliğine yönelik endişeleri gibi noktalarda Türkiye'ye yakınsayan ülkelerin de dahil edildiği karşılaştırmalı bir analiz ortaya koymanın faydalı olacağını düşündük.

Enerji arz güvenliği kapsamında yapılan ulusal ya da uluslararası çalışmaların tamamında çözüm önerileri kapsamında yer verilen önerilerin başında enerji kaynaklarının çeşitliliği en önemli başlıklardan birini oluşturmaktadır. Yine enerji arz güvenliğinin kesintisiz ve uygun fiyatlardan enerji kaynaklarına erişim parantezinde anlaşılan ve ortak kabul gören tanımı da doğrudan kaynakların çeşitlendirilmesine işaret etmektedir. Enerji kaynaklarının ne kadar çeşitli olduğunun tespiti noktasında literatürde en çok kullanılan endekslerden biri olan SWI çeşitlilik endeksini Türkiye ve seçilen Avrupa ülkeleri için karşılaştırmalı olarak kullandık. Çeşitlilik enerji kaynaklarına ulaşımında arz güvenliğine katkı sağlayan önemli bir unsur olsa da çeşitliliğin tamamen yabancı kaynaklar lehine gelişip gelişmediğini ve böylece çeşitlilikten sağlanan kazanımların ülkelerin uluslararası şoklara karşı kırılganlığına sebep olup olmadığını değerlendirebilmek için aynı ülkeler için ithalat bağımlılığı analizlerine de yer verdik. Enerji arz güvenliğini daha iyiye götürme iddiasındaki tüm çalışmalarda ilk akla gelen yenilenebilir enerji kaynaklarının gerçekleşen sonuçlar üzerinde nasıl bir etki doğurduğu bölümü ise çalışmanın farkındalık oluşturan diğer bir bölümü oldu.

1990 ile 2023 yılları arasındaki değişimi incelediğimiz çalışmanın sonucunda Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılık probleminin geçmişten bugüne gelen kronik problemlerden biri olduğu, ithalat bağımlılığı seviyesinin incelemeye konu dönem itibarıyla genel olarak Türkiye dışında kalan ülkelerin ortalamasından daha yüksek seyrettiği bununla birlikte son yıllarda ithalat bağımlılığı seviyesinin Türkiye dışında kalan ülkeler ortalamasına inebildiği ve bu değişimin Türkiye dışı ortalamanın aynı kapsamdaki seyri olumsuz ilerlerken ortaya çıktığı anlaşılmıştır. Tezin ilgili bölümlerinde de yer verildiği üzere 1990-2023 yılları arasındaki ortalama ithalat bağımlılık oranı Türkiye için %67 olarak hesaplanmışken karşılaştırmaya konu edilen diğer ülkeler için %50 olarak hesaplanmıştır. Aynı dönemde SWI çeşitlilik endeksi kullanılarak yapılan ölçümlere göre Türkiye'nin enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi hususunda incelemeye konu yıllar boyunca Türkiye dışı ortalamadaki gerçekleştirmelere paralel olarak bir iyileşme yaşandığı ve bu iyileşmenin Türkiye ve diğer ülkeler için de ağırlıklı olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji kaynakları içerisine dahil olmasından kaynaklandığı görülmüştür. Ancak toplam birincil enerji arzı içindeki payı %5'in altında kalan enerji kaynaklarının SWI çeşitlilik endeksi hesaplamasına katılmadığı senaryoda çeşitlilikteki iyileşme, %5'in altında kalan enerji kaynaklarının da SWI hesaplamasına dahil edildiği senaryodaki çeşitlilikteki iyileşmeye göre daha az olmuştur. Dolayısıyla Türkiye dahil tüm ülkeler için bir çeşitlilik iyileşmesinden bahsedilebilecek olsa da buradaki olumlu seyrin yenilenebilir enerji kaynakları gibi yerli imkanlarla üretilebilen ve çevresel kaygılara daha duyarlı enerji alternatiflerinden yeterli katkıyı alamadığı, mevcut durumda inceleme kapsamındaki tüm ülkeler için fosil yakıtların toplam birincil enerji kaynakları içerisinde büyük çoğunluğu oluşturmaya devam ettiği gözlemlenmiştir.

Söz konusu hususlar çerçevesinde yenilenebilir enerjideki artışın enerji kaynaklarının çeşitliliğini artırma ve ithalat bağımlılığını daha iyi seviyeye getirme hususunda olumlu katkısının inkâr edilemez olduğu ancak sadece yenilenebilir enerji kaynaklarının payının artırılması politikasının ithalat bağımlılığının azaltılması ve enerji kaynaklarının çeşitliliğinin artırılması hususlarında inceleme sonuçları itibarıyla yeterli gelmediği sonucuna ulaşılmıştır. Bu konudaki en önemli sebep ilgili ülkeler için petrol, doğalgaz, kömür gibi birincil enerji kaynaklarının toplam enerji kaynakları

içerisindeki payının hala yüksek olması ve bu kaynaklar için büyük oranda ithalata ihtiyaç duyulmasıdır.

Sonuç olarak yenilenebilir enerji kaynaklarındaki artış Türkiye'nin enerji arz güvenliğine günümüze kadarki süreçte belirgin bir katkı sağlamadığını tespit ediyoruz. Ancak bununla birlikte Türkiye'nin enerji arz güvenliğinin artırılmasının ve bu süreçte Paris Anlaşması gibi uluslararası anlaşmalara ve bu kapsamda revize ettiği ulusal mevzuatına uyum konusunda gerekenleri yapabilmesinin, bu vesileyle de emisyonunda net sıfır hedefi gibi küresel faydayı da düşünen sürdürülebilir politikaları hayata geçirebilmesinin yolunun yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılacak yatırımlardan geçtiği kanaatine ulaşıyoruz. Çalışmanın ilgili bölümlerinde yer verildiği gibi IEA ve BP raporlarının 2050 yılına yönelik projeksiyonları, Paris İklim Anlaşması ve bu anlaşmaya uyum sürecinde iç mevzuatı düzenlemeye yönelik taraf ülke olarak Türkiye'nin eylemleri de bu konudaki kanaatimizle örtüşmektedir.

Çalışmamızın sonuçları mevcut durum itibarıyla büyük oranda ithal fosil yakıtlara ihtiyaç duymaya devam eden ülkeler için yenilenebilir enerji kaynaklı çeşitlilik artışının ithalat bağımlılığını azaltmaya yeterince katkı vermeyebildiği hususunda, Chalvatzis ve Ioannidis'in (2017) çalışmasının sonuçlarıyla örtüşmektedir. Mevcut durum analizi bahsedildiği şekilde olmakla birlikte enerji arz güvenliğinin artırılması için ileriye dönük atılabilecek en etkili adımın yenilebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımların olduğu hususunda da aynı kanaati paylaşıyoruz.

Çalışma enerji arz güvenliğinin ölçülmesi konusundaki literatüre belli yöntemler üzerinden ve Türkiye'yi merkeze alarak katkı sunarken aynı kapsamda yapılacak çalışmaların nerelere odaklanması gerektiği hususunda bir bakış açısı sunmayı hedefliyor. Bununla birlikte daha önce de vurgulandığı gibi enerji arz güvenliğinin değerlendirilmesinde herkese uyan bir ölçüm yöntemi bulmak zordur. Her ülkenin kendi kaynaklarını, uluslararası risklerini, nüfus ve ekonomik büyüklüğe ilişkin geçmiş verisini ve geleceğe yönelik projeksiyonunu göz önünde bulundurduğu bir yaklaşımla yeni ölçümlemeler yapması mümkündür. Yer verilen hususlara ilave olarak yeni bir enerji kaynağının bulunması da (kaya gazının başta ABD olmak üzere dünya

birincil enerji arzını şekillendirmedeki potansiyeli³⁷, İsrail'in Leviathan bölgesinde bulunduğu büyük doğalgaz rezervi³⁸ gibi) enerji arz güvenliğinin değerlendirildiği düzlemi önemli ölçüde revize edebilir. Tüm bunların dahil edilerek yapıldığı geniş kapsamlı analizler dahi zaman içerisinde değişen uluslararası şartların yeniden analiz edilmesi gerekliliğini ortadan kaldırmaz. Dolayısıyla enerji arz güvenliğinin ölçülmesine yönelik çalışmaların zamana bağlı olarak değişen şartlarla tekraren yapılması gerektiği düşünülmektedir.



³⁷ dunyaenerji.org.tr/kaya-gazi-devrimi-dunya-pazarlarini-nasil-yeniden-sekillendiriyor/ (erişim tarihi:31.01.2025)

³⁸ tr.euronews.com/2019/12/31/israil-dogu-akdeniz-de-dogal-gaz-cikarmaya-basladi (erişim tarihi: 31.01.2025)

KAYNAKÇA

- Asif, M. & Muneer, T. (2005). Energy supply, its demand and security issues for developed and emerging economies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 11, 1388-1413.
- Avar, A. (2018). Türkiye'nin enerji arz güvenliğinin ekonometrik analizi. *Akdeniz Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*.
- Birol, Y.E. (2015). Avrupa Birliği ülkelerinde ve Türkiye'de enerji ekonomisi: Karşılaştırmalı bir analiz. *Cumhuriyet Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi*.
- Bollen, J. (2008). Energy security, air pollution, and climate change: an integrated cost-benefit approach. *MNP, Bilthoven*.
- BP (2024) BP Energy Outlook: 2024 Edition, <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/energy-outlook/bp-energy-outlook-2024.pdf>
- Chalvatzis, K. J. & Ioannidis, A. (2017). Energy supply security in the EU: Benchmarking diversity and dependence of primary energy. *Applied Energy*, 207, 465-476.
- Cherp, A. & Jewell, J. (2014). The concept of energy security: Beyond the four As. *Energy Policy*, 75, 415-421.
- Chester, L. (2010). Conceptualising energy security and making explicit its polysemic nature. *Energy Policy*, 38(2), 887-895.
- Cohen, G., Joutz, F. & Loungani, P. (2011). Measuring energy security: Trends in the diversification of oil and natural gas supplies. *Energy Policy* 39, 4860-4869.
- Colgan, J.D. (2013). Fueling the Fire: Pathways from Oil to War. *International Security*, 38(2), 147-180.
- Costantini, V., Gracceva, F, Markandya, A. & Vicini, G. (2007). Security of energy supply: Comparing scenarios from a European perspective. *Energy Policy*, 35, 210-226.

- Deese, D.A. (1979). Energy: Economics, Politics, and Security. *International Security*, 4(3), 140-153.
- Duffield, J.S. (2012). The Return of Energy Insecurity in the Developed Democracies. *Contemporary Security Policy*, 33(1), 1-26.
- Erdal, L. (2011). Enerji arz güvenliğini etkileyen faktörler ve yenilenebilir enerji kaynakları alternatifi. *Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü*.
- Erdal, L. & Karakaya, E. (2012). Enerji arz güvenliğini etkileyen ekonomik, siyasi ve coğrafi faktörler. *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 31(1), 107-136.
- Erdoğan, S. (2015). Enerji arz güvenliği bağlamında Türkiye’de enerji politikaları. *Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi*.
- Ergin, M.N. (2020). Enerji arz güvenliği kapsamında yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi ve sürdürülebilir enerji politikaları. *Eskişehir Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*.
- Gupta, E. (2008). Oil vulnerability index of oil-importing countries. *Energy Policy*, 1195-1211.
- Hatipoğlu, E. (2019). Enerji Güvenliği. Güvenlik Yazıları Serisi, 44, 3.
- IEA (2024). World Energy Outlook 2024, IEA, Paris <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024>.
- Jansen, J.C., Van Arkel, W.G. & Boots, M.G. (2004). Designing indicators of longterm energy supply security. ECN-C--04-007, Energy Research Centre of the Netherlands.
- Jewell, J. (2011). The IEA Model of Short-Term Energy Security (MOSES): Primary Energy Sources and Secondary Fuels. *IEA Energy Papers*, No. 2011/17, OECD Publishing, Paris.
- Joskow, P.L. (2008). Lessons Learned From Electricity Market Liberalization, Center For Energy and Environmental Policy Research, MIT, 37.
- Kendell, J. M. (1998). Measures of oil import dependence. EIA Department of Energy. <http://www.eia.gov/oiaf/archive/issues98/oimport.html> (Erişim Tarihi: 03.01.2025).
- Kennedy, A.B. (2010). China’s New Energy-Security Debate. *Survival*, 52(3), 137-158.

- Kök, D., & Nazlıoğlu, E. H. (2022). Enerji Arz Güvenliği, Petrol Fiyatları ve Pay Piyasalarında Nedensellik İlişkisi: BRICS-T Örneği. *Ekonomi Politika Ve Finans Araştırmaları Dergisi*, 7(1), 220-237.
- Krickovic, A. (2015). When Interdependence Produces Conflict: EU–Russia Energy Relations as a Security Dilemma. *Contemporary Security Policy*, 36(1), 3-26.
- Kruyt, B., van Vuuren, D.P., de Vries, H.J.M. & Groenenberg, H. (2009). Indicators for energy security. *Energy Policy*, 37, 2166-2181.
- Levi, M. (2013). The Enduring Vulnerabilities of Oil Markets. *Security Studies*, 22(1), 132-138.
- Lubel, H. (1961). Security of Supply and Energy Policy in Western Europe, *World Politics*, 400-422.
- Mansson, A., Johansson, B. & Nilsson, L.J. Assessing energy security: an overview of commonly used methodologies. *Energy*, 73, 1-14.
- Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, 7(1), 77-91.
- Öznazık, H.A. (2019). Türkiye’de enerji arz güvenliği: Uygulanan politikalar ve etkileri. *Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Doktora Tezi*.
- Özkan, E. (2008). Türkiye-Avrupa Birliği ilişkilerinde enerji politikaları. *Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*.
- Peker, H.S. (2015). Türkiye’nin Enerji Arz Güvenliği Ve Ölçülmesi: Türkiye’nin Enerji Arz Güvenliği Endeksine Yönelik Bir Uygulama. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5(2), 763-783.
- Peoples, C. (2014). New Nuclear, New Security? Framing Security in the Policy Case for New Nuclear Power in the United Kingdom. *Security Dialogue*, 45(2), 156-173.
- Sovacool, B.K. & Mukherjee, I. (2011). Conceptualizing and measuring energy security: A synthesized approach. *Energy*, 36, 5343-5355.
- Stirling, A. (1999). On the economics and analysis of diversity. *SPRU electronic working papers series*, 28.

- Tatlıcı, G.Ö. (2023). Yenilenebilir enerji kaynakları açısından Türkiye’de enerji arz güvenliğinin incelenmesi. *İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*.
- Ursavaş, N., & Yıldırım, E. (2017). Enerji arz güvenliği riskinin Türkiye’nin makroekonomik dengelerine etkisi. *Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 17(4), 55-83.
- Vivoda, V. (2010). Evaluating Energy Security in the Asia-Pacific Region: A Novel Methodological Approach. *Energy Policy*, 5258-5259.
- Von Hippel, D., Suzuki, T., Williams, J.H., Savage, T. & Hayes, P. (2011). Energy security and sustainability in Northeast Asia. *Energy Policy*, 6719-6730.
- Yavuz, S. (2024). Türkiye’nin enerji politikalarının enerji arz güvenliğine etkisi (2005-2022). *Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi*.
- Yergin, D. (1988). Energy Security in the 1990s. *Foreign Affairs*, 67(1), 110-132.
- Yergin, D. (2006). Ensuring Energy Security. *Council on Foreign Relations*, 85(2), 69-82.
- Yıldız, B. 2020, Avrupa Birliği’nin enerji politikası ve enerji arz güvenliği ekseninde Türkiye’nin rolü. *İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi*.
- Önk, Ö. 2010, Avrupa Birliği’nin enerji arz güvenliği ve Türkiye’nin rolü.
- Bakır, A. 2016, Avrupa Birliği enerji arz güvenliğinde Türkiye’nin yeri ve önemi.

EK 1

Tablo 1: İthalat Bağımlılığının Avrupa Ülkeleri ve Türkiye İçin 1990-2022 Yılları Arasındaki Değişimi

	Almanya	Fransa	İngiltere	İtalya	İspanya	Polonya	Türkiye	Türkiye Dış Ortalama
1990	47%	52%	2%	84%	63%	1%	54%	41%
1991	52%	52%	5%	82%	63%	1%	47%	48%
1992	55%	52%	4%	84%	66%	2%	50%	48%
1993	55%	48%	0%	80%	65%	3%	55%	47%
1994	57%	47%	-15%	81%	68%	0%	56%	47%
1995	57%	48%	-17%	82%	72%	0%	59%	48%
1996	59%	48%	-15%	82%	71%	5%	60%	49%
1997	59%	49%	-15%	81%	72%	7%	60%	49%
1998	61%	51%	-16%	82%	75%	9%	60%	50%
1999	59%	51%	-21%	83%	77%	10%	61%	48%
2000	59%	51%	-17%	87%	77%	11%	65%	50%
2001	61%	50%	-10%	83%	75%	10%	65%	50%
2002	60%	51%	-12%	86%	79%	11%	68%	50%
2003	61%	51%	-6%	83%	77%	13%	71%	52%
2004	61%	51%	4%	84%	78%	15%	70%	52%
2005	61%	52%	13%	83%	82%	18%	72%	54%
2006	61%	52%	21%	86%	81%	20%	73%	54%
2007	59%	50%	20%	83%	80%	26%	74%	54%
2008	61%	51%	26%	83%	82%	31%	72%	55%
2009	61%	51%	27%	81%	80%	32%	70%	53%
2010	60%	49%	29%	83%	77%	32%	71%	51%
2011	62%	49%	37%	81%	76%	34%	71%	52%
2012	61%	48%	43%	79%	73%	32%	76%	51%
2013	62%	48%	48%	77%	70%	26%	75%	50%
2014	62%	46%	47%	76%	73%	29%	76%	51%
2015	62%	46%	38%	77%	73%	30%	78%	52%
2016	64%	47%	36%	78%	71%	31%	75%	52%
2017	64%	49%	36%	77%	74%	38%	77%	53%
2018	63%	47%	36%	76%	74%	44%	74%	54%
2019	67%	47%	35%	77%	75%	45%	70%	57%
2020	64%	44%	28%	73%	68%	43%	71%	53%
2021	63%	44%	38%	73%	69%	40%	71%	51%
2022	69%	52%	37%	79%	74%	46%	67%	58%

Tablo 2: Birincil enerji arzı çeşitliliği SWI değerleri (1990-2023)

	Türkiye	Almanya	Fransa	İngiltere	İtalya	İspanya	Polonya	Türkiye Dış Ortalama
1990	1,32	1,35	1,43	1,31	1,09	1,36	0,77	1,22
1991	1,36	1,36	1,44	1,31	1,10	1,36	0,76	1,22
1992	1,37	1,37	1,44	1,33	1,09	1,32	0,77	1,22
1993	1,37	1,38	1,40	1,35	1,08	1,35	0,85	1,23
1994	1,37	1,38	1,41	1,35	1,10	1,34	0,89	1,25
1995	1,38	1,40	1,41	1,35	1,08	1,33	0,91	1,24
1996	1,39	1,40	1,40	1,34	1,08	1,37	0,91	1,25
1997	1,41	1,41	1,39	1,35	1,09	1,38	0,93	1,26
1998	1,42	1,42	1,40	1,35	1,11	1,36	0,96	1,27
1999	1,43	1,43	1,40	1,33	1,13	1,35	0,97	1,27
2000	1,41	1,44	1,39	1,32	1,14	1,39	1,01	1,28
2001	1,42	1,45	1,38	1,34	1,15	1,41	1,03	1,29
2002	1,44	1,46	1,36	1,34	1,17	1,40	1,04	1,29
2003	1,44	1,48	1,37	1,35	1,20	1,44	1,04	1,31
2004	1,46	1,50	1,37	1,33	1,22	1,44	1,07	1,32
2005	1,45	1,52	1,37	1,35	1,24	1,43	1,08	1,33
2006	1,43	1,54	1,36	1,36	1,26	1,44	1,08	1,34
2007	1,41	1,56	1,38	1,35	1,27	1,45	1,09	1,35
2008	1,40	1,57	1,40	1,33	1,31	1,45	1,12	1,36
2009	1,42	1,57	1,40	1,37	1,32	1,48	1,14	1,38
2010	1,44	1,59	1,43	1,36	1,34	1,52	1,16	1,40
2011	1,42	1,58	1,39	1,42	1,36	1,56	1,17	1,41
2012	1,43	1,59	1,43	1,45	1,41	1,61	1,21	1,45
2013	1,45	1,59	1,46	1,47	1,44	1,63	1,20	1,47
2014	1,42	1,60	1,41	1,49	1,47	1,64	1,22	1,47
2015	1,47	1,61	1,41	1,50	1,43	1,62	1,24	1,47
2016	1,47	1,60	1,45	1,43	1,42	1,61	1,25	1,46
2017	1,46	1,61	1,46	1,44	1,39	1,58	1,26	1,45
2018	1,49	1,62	1,46	1,43	1,40	1,59	1,30	1,47
2019	1,53	1,62	1,46	1,42	1,38	1,54	1,33	1,46
2020	1,53	1,62	1,48	1,45	1,38	1,56	1,36	1,47
2021	1,51	1,63	1,49	1,42	1,37	1,54	1,34	1,47
2022	1,54	1,60	1,53	1,44	1,38	1,53	1,35	1,47
2023	1,54	1,56	1,50	1,45	1,38	1,55	1,40	1,47

Tablo 3: Birincil enerji arzı yoğunlaşması HHI değerleri (1990-2023)

	Türkiye	Almanya	Fransa	İngiltere	İtalya	İspanya	Polonya	Türkiye Dış Ortalama
1990	3.223	2.913	2.890	2.939	4.217	3.305	6.080	3.724
1991	3.061	2.887	2.844	2.904	4.169	3.304	6.125	3.706
1992	3.053	2.845	2.859	2.874	4.241	3.414	6.059	3.715
1993	3.135	2.835	3.003	2.805	4.285	3.355	5.681	3.661
1994	3.096	2.823	2.980	2.820	4.235	3.428	5.423	3.618
1995	3.112	2.781	2.983	2.815	4.306	3.482	5.323	3.615
1996	3.034	2.746	2.983	2.849	4.272	3.396	5.230	3.579
1997	2.939	2.725	3.049	2.850	4.233	3.309	5.150	3.552
1998	2.873	2.736	2.967	2.871	4.139	3.427	4.908	3.508
1999	2.846	2.694	2.988	2.973	4.009	3.407	4.815	3.481
2000	2.867	2.648	3.031	3.015	3.945	3.246	4.577	3.410
2001	2.821	2.634	3.061	2.944	3.887	3.246	4.470	3.374
2002	2.782	2.603	3.106	2.951	3.859	3.191	4.441	3.358
2003	2.709	2.556	3.070	2.915	3.698	3.112	4.404	3.292
2004	2.660	2.515	3.078	2.994	3.603	3.055	4.209	3.242
2005	2.671	2.472	3.069	2.944	3.551	3.062	4.179	3.213
2006	2.694	2.411	3.109	2.896	3.481	3.033	4.157	3.181
2007	2.761	2.359	3.063	2.970	3.415	2.999	4.086	3.149
2008	2.766	2.353	3.016	3.064	3.307	3.010	3.977	3.121
2009	2.731	2.336	2.988	2.960	3.279	2.998	3.848	3.068
2010	2.681	2.294	2.930	3.039	3.219	2.866	3.811	3.027
2011	2.744	2.329	3.090	2.815	3.134	2.685	3.758	2.969
2012	2.719	2.309	2.941	2.675	2.960	2.453	3.582	2.820
2013	2.674	2.314	2.870	2.630	2.877	2.456	3.710	2.810
2014	2.744	2.306	3.078	2.633	2.786	2.427	3.592	2.804
2015	2.624	2.290	3.046	2.651	2.893	2.482	3.485	2.808
2016	2.598	2.301	2.886	2.927	2.955	2.565	3.427	2.844
2017	2.627	2.300	2.867	2.935	3.057	2.608	3.345	2.852
2018	2.543	2.263	2.900	2.949	3.025	2.607	3.172	2.819
2019	2.432	2.276	2.885	3.006	3.103	2.743	3.013	2.838
2020	2.407	2.295	2.829	2.928	3.093	2.617	2.908	2.778
2021	2.477	2.235	2.788	3.033	3.140	2.707	2.978	2.814
2022	2.386	2.299	2.630	2.922	3.054	2.751	2.966	2.770
2023	2.380	2.387	2.769	2.905	3.047	2.680	2.775	2.760

Tablo 4: Birincil enerji kaynaklarına katkısı %5'in altındaki enerji kaynaklarının dahil olmadığı durumda SWI değerleri 1990-2023

	Türkiye	Almanya	Fransa	İngiltere	İtalya	İspanya	Polonya	Türkiye Dış Ortalama
1990	1,16	1,27	1,20	1,28	0,90	1,13	0,68	1,08
1991	1,19	1,28	1,36	1,28	0,90	1,13	0,67	1,10
1992	1,19	1,29	1,34	1,29	0,88	1,13	0,68	1,10
1993	1,32	1,29	1,16	1,31	0,87	1,13	0,70	1,08
1994	1,18	1,29	1,16	1,30	0,87	1,12	0,74	1,08
1995	1,33	1,30	1,17	1,30	0,87	1,13	0,75	1,09
1996	1,34	1,30	1,17	1,30	0,87	1,13	0,77	1,09
1997	1,21	1,31	1,16	1,30	0,87	1,15	0,78	1,09
1998	1,37	1,30	1,18	1,29	0,88	1,14	0,82	1,10
1999	1,24	1,31	1,17	1,27	0,89	1,15	0,83	1,10
2000	1,24	1,31	1,17	1,26	0,90	1,18	0,87	1,11
2001	1,25	1,31	1,01	1,27	0,91	1,17	0,88	1,09
2002	1,24	1,31	1,15	1,27	0,91	1,19	0,88	1,12
2003	1,25	1,31	1,16	1,27	0,93	1,18	0,89	1,12
2004	1,25	1,31	1,01	1,25	0,95	1,20	0,91	1,11
2005	1,25	1,31	1,16	1,26	0,95	1,20	0,92	1,13
2006	1,24	1,47	1,01	1,26	0,95	1,20	0,92	1,13
2007	1,23	1,48	1,01	1,24	1,10	1,19	0,93	1,16
2008	1,08	1,48	1,16	1,21	1,12	1,18	1,10	1,21
2009	1,08	1,49	1,17	1,24	1,12	1,30	1,12	1,24
2010	1,08	1,50	1,18	1,22	1,13	1,29	1,13	1,24
2011	1,08	1,48	1,16	1,25	1,14	1,35	1,14	1,25
2012	1,08	1,48	1,17	1,28	1,33	1,55	1,17	1,33
2013	1,08	1,47	1,33	1,28	1,34	1,53	1,15	1,35
2014	1,08	1,47	1,16	1,26	1,35	1,54	1,17	1,32
2015	1,23	1,46	1,17	1,40	1,34	1,54	1,18	1,35
2016	1,25	1,46	1,20	1,33	1,33	1,51	1,19	1,33
2017	1,26	1,45	1,20	1,31	1,31	1,52	1,19	1,33
2018	1,28	1,45	1,19	1,16	1,30	1,51	1,24	1,31
2019	1,44	1,60	1,20	1,15	1,14	1,33	1,26	1,28
2020	1,30	1,59	1,21	1,16	1,15	1,37	1,28	1,29
2021	1,30	1,60	1,21	1,15	1,14	1,36	1,26	1,29
2022	1,31	1,46	1,24	1,31	1,31	1,36	1,25	1,32
2023	1,31	1,49	1,21	1,32	1,17	1,38	1,28	1,31

TEZ ONAY SAYFASI

Üniversite : T.C. GALATASARAY ÜNİVERSİTESİ
Enstitü : SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
Hazırlayanın Adı Soyadı : Tolga ÖNKİBAR
Tez Başlığı : Türkiye'nin Enerji Arz Güvenliğinin Avrupa Ülkeleri
Ağı İçinde Karşılaştırmalı Olarak Değerlendirilmesi
Savunma Tarihi : 27 / 01 / 2025
Danışman : Prof. Dr. Bilge Öztürk GÖKTUNA

JÜRİ ÜYELERİ:

Unvan, Ad-SOYADI

İmza

Prof. Dr. Bilge ÖZTÜRK GÖKTUNA

Doç. Dr. Ayça AKARÇAY

Dr. Öğr. Üyesi Ayşe ERTUĞRUL

Prof. Dr. Ulun AKTURAN
Enstitü Müdürü