

RESP

e-ISSN: 2979-9414



Araştırma Makalesi • Research Article

Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Alanındaki İlerlemenin Kapsamlı Bir Analizi *

A Comprehensive Analysis of Progress In Renewable Energy in Turkey

Klemens Katterbauer ^a, Sema Yılmaz ^b & Gözde Meral ^{c,**}

^a Euclid University, Centre for Islamic Metafinance, Bangui, 1450, Central African Republic
ORCID: 0000-0001-5513-4418

^b Yıldız Technical University, Department of Economics, 34220, İstanbul/ Türkiye
ORCID: 0000-0002-3138-1622

^c İstanbul Kent University, Vocational School, 34433, İstanbul/ Türkiye
ORCID: 0000-0002-1918-1249

ANAHTAR KELİMELER

İklim değişikliği
Sürdürülebilir ekonomi
Yenilenebilir enerji

ÖZ

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de yenilenebilir enerji kullanımının gelişim sürecini ve bu sürece yön veren dinamikleri analiz etmektir. Bu doğrultuda, öncelikle küresel ölçekte hızlı nüfus artışı ve sanayileşmenin yol açtığı iklim değişikliği ile çevresel tahribatın önlenmesine yönelik uluslararası girişimler ele alınacaktır. Ardından, Türkiye'nin taraf olduğu uluslararası eylem planları ve bu planlar çerçevesindeki yükümlülükleri değerlendirilecektir. Sürdürülebilir ekonomik büyümenin sağlanması ve iklim değişikliğiyle etkin mücadele açısından, Türkiye'nin yenilenebilir enerjiye geçişi stratejik bir gereklilik haline gelmiştir. Bu bağlamda, diğer ülkelerde olduğu gibi Türkiye'de de yenilenebilir enerjiye geçiş süreci öncelikli bir politika alanı olarak ele alınmalıdır. Çalışmada, 2000'li yılların başından itibaren Türkiye'nin yenilenebilir enerji alanında kat ettiği mesafe değerlendirilecek; bu süreçte karşılaşılan başlıca yapısal sorunlar -altyapı eksiklikleri, düzenleyici çerçevenin yetersizliği, yüksek depolama ve dağıtım maliyetleri ile toplumsal farkındalık eksikliği- analiz edilecektir. Son olarak, yenilenebilir enerji potansiyelinin etkin şekilde kullanılabilmesi için geliştirilen kamusal destek mekanizmalarına yer verilecektir.

KEYWORDS

Climate change
Sustainable economy
Renewable energy

ABSTRACT

The aim of this study is to analyze the development process of renewable energy use in Turkey and the dynamics that drive this process. In this regard, international initiatives aimed at preventing climate change and environmental damage caused by rapid population growth and industrialization on a global scale will be discussed first. Subsequently, the international action plans that Turkey is a party to and its obligations under these plans will be evaluated. In terms of ensuring sustainable economic growth and effectively combating climate change, Turkey's transition to renewable energy has become a strategic necessity. In this context, as in other countries, the transition to renewable energy should be addressed as a priority policy area in Turkey. The study will evaluate the progress made by Turkey in the field of renewable energy since the early 2000s and analyze the main structural problems encountered during this process, such as infrastructure deficiencies, inadequate regulatory frameworks, high storage and distribution costs, and lack of social awareness. Finally, the public support mechanisms developed to effectively utilize renewable energy potential will be discussed.

1. Giriş

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), 2000'lerin başında yayınlamış olduğu raporda önümüzdeki otuz yıl içerisinde dünya enerji talebinin enerji kaynakları ile karşılanmayacak

ölçüde artacağını ve enerji güvenliğinin yanı sıra enerji üretiminden ve kullanımından kaynaklanan çevresel hasarlar konusunda ciddi endişelerin söz konusu olacağını vurgulamıştır (IEA, 2002). Çevre ve insanın korunmasına yönelik ilk uluslararası konferans 1972 yılında İsveç'in

* This study was presented at the International Congress Of Recycling Economy & Sustainability Policy-II held on 17-18 October 2024 in Tekirdağ, Türkiye.

** Sorumlu yazar/Corresponding author.
e-posta: gozde.meral@kent.edu.tr

Atf/Cite as: Katterbauer, K., Yılmaz, S. & Meral, G. (2025). Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Alanındaki İlerlemenin Kapsamlı Bir Analizi. Journal of Recycling Economy & Sustainability Policy, 4(2), 94-109.

Received 12 May 2024; Received in revised form 30 June 2025; Accepted 4 July 2025

This article is published under the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) licence. Anyone may reproduce, distribute, translate and create derivative works of this article (for both commercial and non-commercial purposes), subject to full attribution to the original publication and authors.

Stockholm kentinde düzenlenmiştir. Bu konferansın yirminci yıl dönümünde 3-14 Haziran 1992 tarihlerinde Brezilya'nın Rio de Janeiro kentinde yenilenebilir enerji kaynakları kullanımını da içerisine alan 27 evrensel ilkenin benimsendiği Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı (UNCED) gerçekleştirilmiştir. 179 ülkeden siyasi liderin, diplomatın, bilim insanının, sivil toplum örgütünün ve medya temsilcisinin katılım gösterdiği bu Dünya Zirvesi farklı sosyal, ekonomik ve çevresel faktörlerin yüksek ölçüde birbirine bağlı ve bağımlı yapısını ortaya koymuştur. Bu noktada sürdürülebilir kalkınma kavramının yerel, ulusal, bölgesel ve uluslararası değil dünyadaki tüm insanları kapsayıcı olduğuna vurgu yapılmıştır. Bu Dünya Zirvesinin en önemli çıktılarından biri sürdürülebilir kalkınmaya yönelik yeni strateji çağrısı olmuştur (United Nations, 1992a). "Gündem21" olarak devreye alınan eylem planı enerji ve kaynak kullanımında verimliliğin teşvik edilmesine vurgu yapmıştır. Bu kapsamda mal ve hizmet üretiminde birim başına enerji ve malzeme kullanımının azaltılması, çevresel baskının hafifletilmesi, çevreye duyarlı kaynak kullanımının yaygınlaştırılması amaçlanmıştır. Bu hedef doğrultusunda çevreye duyarlı teknolojilerin araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin teşvik edilmesi, enerji ile ilgili kirliliği azaltmaya yardımcı yenilenebilir enerji kullanımının önceliklendirilmesi şeklinde bir dizi uygulamaya yer verilmiştir (United Nations, 1992b). 1997 yılında Gündem21'de kaydedilen ilerlemenin beş yıllık incelemesi yapılmıştır. Yine yüzü aşkın ülkenin katılımı ile sosyo-ekonomik kalkınmanın çevre üzerinde yaratmış olduğu sorunlar tespit edilmeye çalışılmıştır. 1997 yılının aralık ayında Kyoto Protokolü kabul edilmiş; oldukça karmaşık bir onay sürecinin ardından 2005 yılının şubat ayında yürürlüğe girmiştir. Protokol, sanayileşmiş ve geçiş sürecindeki ekonomilerin sera gazı emisyonlarını sınırlamaya ve azaltmaya mecbur bırakan birtakım politikalar ve önlemler devreye almıştır. Protokol emisyon hedeflerinin izlenmesi noktasında şeffaflığı sağlamak ve tarafların sorumluluk paylaşımını izlemek üzere inceleme ve doğrulama sistemi kurulmuştur (United Nations Climate Change, 2024). 2000 yılının 6-8 Eylül'ünde New York'ta Milenyum Zirvesi toplanmıştır. Devam eden süreçte Johannesburg'da 2002 Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi toplanmış; ekonomik kalkınmaya giden yolda çevreye duyarlı uygulamalar devreye alınmıştır. Su, enerji, sağlık, tarım, biyolojik çeşitlilik gibi konuları kapsayan bir dizi başlık gündeme alınmıştır. Enerji konusunda, enerji tedarikçisini çeşitlendirme ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim ihtiyacı vurgulanmıştır. Kyoto Protokolünü onaylayan devletler açısından sera gazı emisyonunun azaltılmasına yönelik hükümlere de yer vermiştir (United Nations, 2002).

21. yüzyılın ilk on yılında (2005, 2008 ve 2010 yılları) Binyıl Kalkınma Hedefleri görüşülmüş, 2012 yılında Rio+20 toplanmıştır. 2015 yılında ise Gündem 2030 ve on yedi adet sürdürülebilir kalkınma hedefi ortaya koyulmuştur. Sürdürülebilir kalkınma hedeflerinden yedincisi (SDG 7) doğrudan erişilebilir ve temiz enerjiyi

konu almıştır. 2030 yılına kadar uygun fiyatlı, güvenilir ve modern enerji hizmetlerine evrensel düzeyde erişim hedeflenmiştir. Bu doğrultuda yine 2030 yılına kadar yenilenebilir enerji arzının küresel enerji arzı içerisindeki payının artırılması, enerji verimliliğinin iki katına çıkarılması, temiz enerji teknolojilerinde altyapı yatırımlarının teşviki konusunda eylem planları sunulmuştur (UN Türkiye, 2025). Dolayısıyla gezegene insan eli ile verilen zararın azaltılmasına yönelik çabalar 20. yüzyılın son çeyreğinde hız kazanmıştır. Özellikle fosil yakıt kullanımının iklim değişikliği ve küresel ısınma üzerindeki etkileri yenilenebilir enerji konusunu bugün oldukça önemli hale getirmiştir.

Enerji üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması bugün sıklıkla dile getirilen bir konu olsa da tarihi neredeyse bir milyon yıl öncesine dayanmaktadır. Tarihin erken dönemlerinde insanlar kurutulmuş bitkileri ve odunları yakarak, ısınma ve aydınlanma ihtiyacını karşılamıştır. Biyoenerji denilen kaynakların kökeni bu döneme dayanmıştır. M.Ö 3200'lü yıllarda Eski Mısırlılar Nil Nehri'ni yelkenliler ile geçmek üzere rüzgârın gücünden; M.Ö 200'lerde Çin ve Orta Doğu ülkeleri de su pompalamak üzere yel değirmenlerinden faydalanmıştır. Romalıların su ve ev ısıtmak üzere güneş ve jeotermal enerjiden, Yunanlıların buğday öğütmek üzere su gücünden istifade ettiği de bilinmektedir. Su gücü orta çağda en önemli enerji kaynaklarından biri olmuştur. 19. yüzyıl ise yenilenebilir enerji kaynaklarının elektriğe dönüşebilmesi için bilimsel çabaların başladığı döneme tekabül etmiştir. Ancak Sanayi Devrimi gerek ucuz gerekse de kolay bulunabilir olması nedeniyle kömür başta olmak üzere fosil yakıtların kullanımını yaygınlaştırmıştır. Fosil yakıtlar dünyanın enerji tedarikçisine hâkim olmuştur (EIB, 2024).

Kömür, petrol ve gaz gibi fosil yakıtlar küresel sera gazı emisyonlarının %75'inden fazlasını, tüm karbondioksit emisyonlarının ise yaklaşık %90'ını üretmektedir. Güneşin ısısını hapseden sera gazları küresel ısınmaya ve iklim değişikliğine neden olmakta; doğanın olağan dengesini bozmakta, dünyadaki tüm yaşam formları için risk oluşturmaktadır. Sera gazı emisyonlarına bağlı artan küresel yüzey ısıları hastalıkların artmasına, orman yangınlarına, şiddetli fırtınalara, kuraklığa, yükselen okyanuslara, eriyen buzullara, biyoçeşitlilik kaybına, ürün veriminin düşmesine neden olmaktadır (United Nations, 2025). Fosil yakıt kullanımının atmosferde neden olduğu bu ölümcül sonuçlar, doğa temelli çözümlere ihtiyaç yaratmıştır. Yenilenebilir enerji de bu noktada fosil yakıtlara alternatif olarak yeniden gündeme gelmiştir.

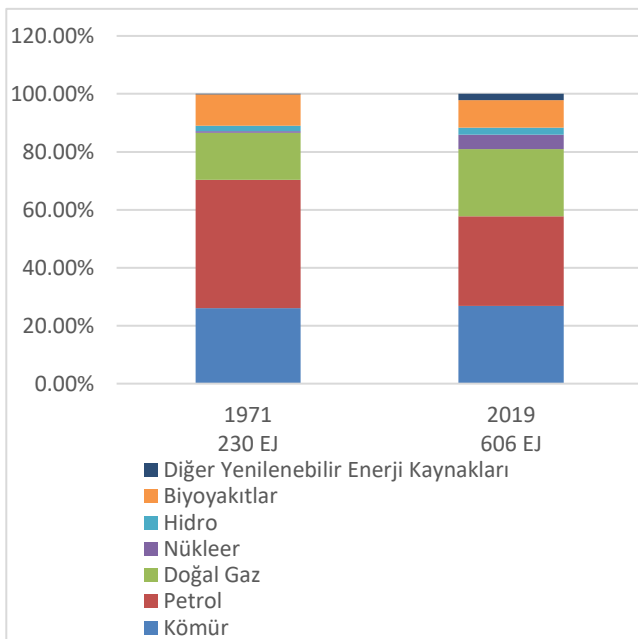
Yenilenebilir enerji güneş, gelgitler ve rüzgâr gibi doğada sınırsız olarak bulunan kaynaklardan elde edilmekte; elektrik üretimi, yaşam alanlarının ve suyun ısıtması/soğutması, ulaşım gibi birçok alanda kullanılabilir. Yenilenebilir enerji çevre korumasına destek olmasının yanı sıra enerjide dışa bağımlılığı azaltmakta, yeni istihdam alanları yaratmaktadır. Su, güneş, rüzgâr, biyokütle, gel-git, dalga gibi yenilenebilir enerji

kaynakları doğanın kendi sistematığı içerisinde gün aşırı kendini yenileyebilmektedir. Dolayısıyla kömür, doğal gaz, petrol gibi fosil yakıtlara alternatif ve çevre dostu kaynaklar olarak kabul edilmektedir (Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, 2024; Sayed vd., 2023).

Enerji tedariginde güvenliği sağlamak ve çevresel olarak sürdürülebilir uygulamalar hayata geçirmek ekonomik kalkınmanın da gerekli koşulu olarak kabul edilmiştir. Önümüzdeki on yıllarda ortaya çıkacak enerji ihtiyacının temiz ve güvenilir bir şekilde karşılanması için yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim de bu doğrultuda önemli bir strateji sunmaktadır. Küresel ısınma, çevre kirliliği, enerjide dışa bağımlılık ve beraberinde getirdiği bir dizi olumsuzluk AB başta olmak üzere dünya üzerinde yenilenebilir enerjiyi uluslararası bir mesele haline getirmiştir. 2030 yılına kadar istikrarlı bir şekilde artması beklenen enerji talebi büyük oranda fosil yakıtlardan karşılanacak ve bu enerji talebinin yaklaşık üçte ikisi gelişmekte olan ekonomilerden kaynaklanacaktır. Mevcut enerji politikaları temelinde enerji kullanımının karbondioksit emisyonlarını artırmaya devam edeceği düşünülmektedir (Özkaya, 2022; IEA, 2002; IEA, 2024).

IEA'nın 2022 yılında yayınlamış olduğu rapor küresel ölçekte dünya enerji kullanımındaki değişimi ortaya koymuştur. Şekil 1'de sunulduğu üzere 1971 ile 2019 yılları arasında dünyadaki toplam enerji arzının 2,6 kat arttığı ve yapısal olarak büyük bir değişim yaşadığı görülmüştür. Petrol arzı 1971 ile 2010 yılları arasında %44'ten %31 seviyesine düşmüş; doğal gaz ise %16'dan %23'e yükselmiştir. Kömür dünya elektrik üretiminin baskın olan yakıtı iken yenilenebilir enerji arzında artış söz konusu olmuştur (IEA, 2022a).

Şekil 1. Yakıt Bazında Toplam Birincil Enerji Arzı, 1971-2019



Kaynak: IEA, 2022a

Özetle ekonomik, sosyal, kültürel gelişim süreci dünya enerji arzının yakın bir gelecekte sınırına ulaşılacağını; ekonomik büyümenin çevresel tahribat pahasına gerçekleşeceğini ve gerekli önlemler alınmadığı takdirde ulusal ve küresel bazda sürdürülebilir kalkınmanın çok uzağına düşüleceğini göstermektedir. Bu doğrultuda yenilenebilir enerji kaynaklarına başvurmak ve yaygınlaştırmak gezegenimiz için önemli bir alternatif sunmaktadır. Maliyet etkinliği sağlaması, kıtlık problemi olmaması ve doğaya duyarlı olması nedeniyle ulusal ve uluslararası ölçekte önemli bir konu haline gelmiştir. Bu kapsamda özellikle on dokuzuncu yüzyılın ikinci yarısından itibaren yenilenebilir enerji konusu gündemi meşgul eder hale gelmiştir.

Çevre, enerji, sürdürülebilir kalkınma konuları her ne kadar küresel hadiseler olsa da çözüme yönelik uygulamaların ülke bazında kabul edilmesi ve hayata geçirilmesi gerekmektedir. Türkiye de bu doğrultuda "Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesini" benimseyen ülkelerden biri olmuştur. AB üyesi ülkelerin enerji tüketimi içerisinde yenilenebilir enerji kaynaklarını artırma yönündeki çabaları, Türkiye'nin AB'ye üyelik sürecinin erken dönemlerine tekabül etmiştir. Bu politik aşama Türkiye'nin uyum sürecinde enerji politikalarını şekillendirmiştir. Üyelik hedefleri ve ulusal çıkarın korunması amacıyla bu dönemde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı teşvik edilmiştir. Bu bağlamda 24 Temmuz 2003 tarihinde, "Avrupa Birliği Müktesebatı'nın Üstlenilmesine İlişkin Türkiye Ulusal Programı" yürürlüğe girmiştir (Özkaya, 2022). Bu düzenlemenin öncelikli hedefleri arasında yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanan enerji üretiminin artırılması yer almıştır. Türkiye ekonomisi açısından enerjide ithalat bağımlılığının azaltılması ve arz güvenliğinin sağlanması için yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının desteklenmesi ulusal enerji politikalarının önemli bir bileşeni olmuştur. Bu bağlamda çevrenin korunması ve yenilenebilir enerjinin nihai tüketim payının artırılması amaçlanmıştır (T.C. Resmî Gazete, 2003).

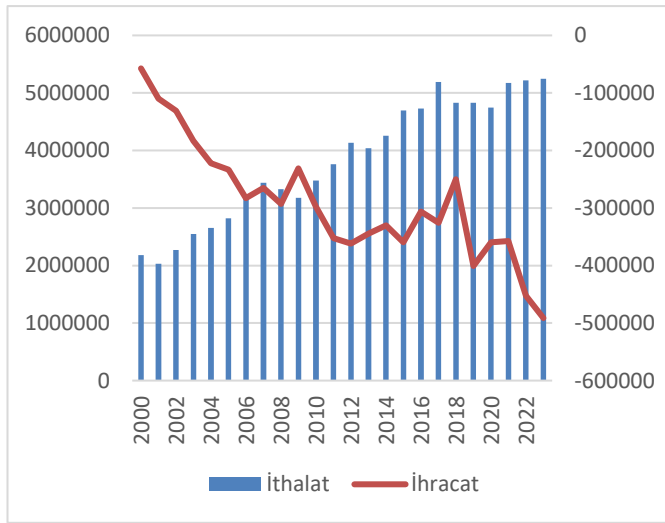
Yenilenebilir enerji kullanımı yeşil dönüşümün yanı sıra ekonomik büyümenin de önemli bir tamamlayıcısı olmaktadır. Gözkün ve Orhangazi (2025), Türkiye'de rüzgâr ve güneş enerjisi yatırımlarının olası etkileri üzerinden 2053 yılına kadar toplam emisyon, ekonomik büyüme, istihdam ve dış ticaret açığı tahminlerini ortaya koymuştur. Enerji sektörünü dönüştüren 10 yıllık temiz enerji yatırımlarının 2020 yılına kıyasen emisyon seviyelerini %28-77 oranında azaltabileceği, ekonomik büyümeye %0,6-1,8 oranında ek katkı sunacağını, %1,3-3,4 seviyelerinde istihdam yaratabileceğini, net ticaret dengesini ise 6,9-14,6 milyar dolar iyileştirebileceğini öngörmüştür. Dolayısıyla yeşil dönüşüm süreci çevresel hedeflere ulaşmanın yanı sıra ekonomik göstergeler açısından da iyileştirici etkiler yaratmaktadır.

Budak (2025), 1990-2022 dönemi için Türkiye ekonomisinde yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi incelenmiş ve benzer sonuçlara

ulaşılmıştır. Çalışma ilgili dönemde ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki uzun ve kısa dönemli ilişkiyi analiz etmiştir. Bulgular uzun dönemde yenilenebilir enerji tüketiminin, toplam enerji tüketimi içerisindeki payının %1’lik artışına büyüme değişkeninin %5,7’lik bir artışla tepki gösterdiğini ortaya koymuştur. Değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi çift yönlü olarak tespit edilmiştir. Dolayısıyla Türkiye ekonomisi açısından enerji arz güvenliğinin ve sürdürülebilir kalkınmanın; yenilenebilir enerji yatırımlarındaki artış, yerli üretim kapasitesindeki iyileştirme ve Ar-Ge çalışmalarıyla sağlanacağı vurgulanmıştır.

Türkiye ekonomisinin 2000 ila 2023 yılları arasındaki toplam enerji ithalatı ve toplam enerji ihracatı rakamları Şekil 2’de sunulmuştur. Türkiye’de enerji ithalatı ilgili yıllar içerisinde istikrarlı bir artış göstermiştir. 2019 ve takip eden yılda pandeminin etkisi ile ekonomideki genel durgunluk halinin bir yansıması olarak düşüş eğilimi göze çarpmıştır. İhracat rakamları ise tersi bir eğilim göstermiştir. Yurtiçinde artan enerji talebi enerji kaynaklarının ülke içerisinde tüketimine tahsis edilirken aynı zamanda da enerji verimliliği ve iklim değişikliği hedefleri nedeni ile uluslararası talepteki düşüş de bu durumu açıklar nitelikte olmuştur.

Şekil 2. Türkiye’de Enerji Ticareti (İthalat-İhracat)



Kaynak: IEA, 2025

Türkiye’de enerji tüketiminin artan hacmi ve enerjinin büyük oranda dış kaynaklardan sağlanıyor olması, enerjide yüksek bir ithalat bağımlılığı yaratmaktadır. IEA’nın raporunda özellikle petrol ve gaz da sırasıyla %93 ve %99 oranlarında yüksek ithalat bağımlılığının altı çizilmiştir. Bu bağlamda ilgili enerji kaynaklarında ithalat bağımlılığını azaltmaya yönelik stratejiler ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı önceliklendirilmiştir. Özellikle de enerji çeşitliliğindeki önemli artışa rağmen yeşil enerji dönüşümünde ve enerji ithalatında istenilen performansa henüz ulaşamamış olması ulusal politikaları yönlendirmiştir (IEA, 2021b). Sekizinci Kalkınma Planı da dâhil olmak üzere ulusal stratejik amaç haline gelen

yenilenebilir enerji kullanıma yönelik teşviklere ek olarak idari yapı içerisinde de birtakım düzenlemelere gidilmiştir. Kurum ve kuruluş nezdinde yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesislerinin kurulmasına ve işleyişine yönelik bir takım kolaylaştırıcı uygulamalara başvurulmuştur (T.C. Resmî Gazete, 2003).

Bu çalışmada Türkiye açısından yenilenebilir enerjiye geçiş süreci, enerji kullanımının sektörel ve bölgesel dağılımı, yine Türkiye ekonomisi açısından yenilenebilir enerji kullanımına ilişkin teşvikler ve engeller, mevcut potansiyel ele alınacaktır. Bu konu özellikle 2053’e kadar karbon nötr uygulamasını içeren iklim değişikliği ile mücadelede önemli bir rol oynamaktadır.

2. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Türkiye’de enerji kullanımı nüfus artış hızına, artan refah düzeyine, hizmet sektörünün güçlenmesine ve sanayileşme hamlelerine bağlı olarak diğer gelişmiş ülkeler nispetinde hızlı bir yükseliş trendi yaşamıştır. Bu durum Türkiye ekonomisi açısından enerji verimliliğini önemli hale getirmiştir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2018). Türkiye ekonomisinin fosil yakıtlara olan yüksek bağımlılığı ve enerji ithalatı göz önüne alındığında kısa dönemde bütünüyle yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş, çok gerçekçi görünmemektedir. Bu nedenle de özellikle fosil yakıt kullanımının neden olduğu çevre hasarının azaltılmasında enerji verimliliğini artıracak teknolojilerin hayata geçirilmesi son derece önemli olmaktadır (Naimoğlu ve Akal, 2023). Artan enerji verimliliği enerji arzında güvenliğin sağlanması, enerjide dış bağımlılığın beraberinde getirdiği risklerin azaltılması ve/veya bertaraf edilmesi, enerji maliyetlerinin sürdürülebilir kılınması, iklim değişikliği ile mücadele ve çevre korumasına yönelik stratejik hedeflerin sağlanması noktasında ek faydalar yaratmaktadır.

Türkiye açısından 2007 yılında yürürlüğe giren Enerji Verimliliği Kanunu önemli bir dönüşüm sürecini harekete geçirmiştir. Kanunun amacı enerjinin etkin kullanımını sağlamak, israfı önlemek, enerji maliyetlerini hafifletmek ve çevrenin korunması için enerji kullanımında verimliliği artırmak olarak belirlenmiştir. Bu amaca hizmet edecek eğitim ve bilinçlendirme faaliyetlerinin yanı sıra enerji verimliliğini artırıcı uygulamalar devreye alınmıştır. İzleyen süreçte Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının Enerji Verimliliği Strateji Belgeleri yayınlanmıştır. Belgeler Türkiye’nin mevcut durum analizinin yanı sıra güncel ihtiyaçlarının da altını çizmiştir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2018; T.C. Resmî Gazete, 2007).

Enerji Verimliliği Strateji Belgesi (2012-2023), Türkiye’nin ilgili yıllardaki durum analizini ortaya koymuştur. Türkiye’nin birincil enerji yoğunluğu (Birincil enerji yoğunluğu bir birim gayri safi yurtiçi hasılan yaratabilmek için tüketilen enerji miktarını ifade etmektedir) 2008 yılında 1998 yılı nispetinde %0,24 oranında (dolar cinsinden, baz yılı 2000) azalmıştır. 2007 yılında yürürlüğe giren Enerji Verimliliği Kanunun yarattığı dönüşüm enerji

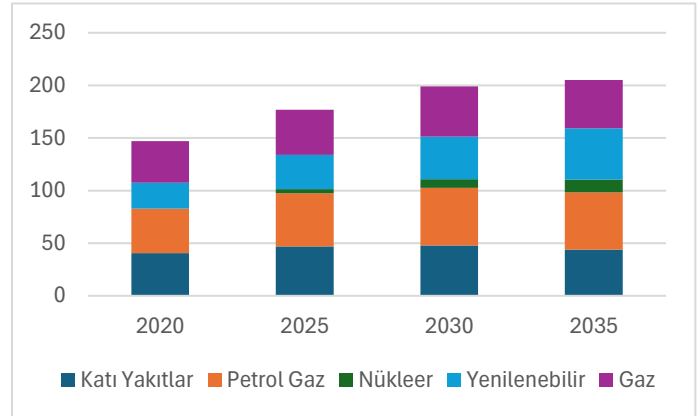
yoğunluğundaki azalmayı desteklese de elektrik enerjisi kullanımının artma eğiliminde olduğunu ifade etmek mümkündür. Bu gelişim eğilimi özellikle elektrik enerjisine yönelik talebin azaltılması gereğini ortaya koymuştur. 1998-2008 dönemi için enerji tüketimindeki artış %3,81 olarak hesaplanmıştır. Sektörel olarak ise sanayide %3,56, konutta %3,49, ulaşıtırmada %4,07, hizmette %7,44 oranında artış yaşanmıştır. Özellikle bireysel araç kullanımı ve hizmet sektörünün bu dönemde yakaladığı yükseliş ivmesi enerji tüketimini bu iki sektör açısından dikkat çekici hale getirmiştir. Yine doğalgaza dayalı tesislerin kapasitesi artarken, yenilenebilir enerji kaynaklarının payı düşüş göstermiştir. Yenilenebilir enerji kaynağı olarak jeotermal, rüzgâr ve biyokütle santrallerinin sayısı artış göstermiş olmasına rağmen enerji üretme kapasitesi oldukça sınırlı kalmıştır. Bu belge ile 2023 yılında Türkiye’de GSYİH başına tüketilen enerji miktarının 2011 yılı değerine göre en az %20 seviyesinde azaltılması hedeflenmiştir. Bu hedef doğrultusunda sanayi ve hizmet sektöründe enerji yoğunluğunun ve enerji kayıplarının azaltılması, yenilenebilir enerji kaynakları kullanan sürdürülebilir çevre dostu binaların yaygınlaştırılması, enerji verimli ürünlerin piyasaya sürülmesi, ileri teknoloji kullanımının yaygınlaştırılması ve bu amaçla uygun finansman oluşturulması şeklinde bir dizi stratejik amaç ortaya koyulmuştur (T.C. Resmî Gazete, 2012).

Bakanlık benzer şekilde 2017-2023 yıllarını içerisine alan ikinci bir eylem planını devreye sokmuştur. Bu eylem planı ise bina ve hizmetler, enerji, ulaşıtırma, sanayi ve teknoloji, tarım ve yatay konular olmak üzere toplamda altı adet kategoride birincil enerji tüketiminin 2023 yılına kadar %14 seviyesinde azaltılmasını hedeflemiştir (T.C. Resmî Gazete, 2017). Dolayısıyla 2000’li yılların erken dönemleri Türkiye ekonomisi açısından enerji verimliliğin sağlanması yönünde hedefler ve bu hedeflere ulaşmak üzere belirlenen stratejilerle beslenen bir dönem olmuştur. Şekil 3. Türkiye’de kaynağına göre birincil enerji tüketimini ortaya koymaktadır. 2020 yılında birincil enerji tüketimi 147,2 Mtep (milyon ton petrol eşdeğeri) olarak gerçekleşmiş ve 2035 yılına kadar bu değerin 205,3 Mtep seviyesine ulaşacağı ve birincil enerji tüketiminde yenilenebilir enerji kullanımının da %16,7’den %23,7 seviyesine ulaşacağı vurgulanmıştır.

Avrupa Birliği, iklim değişikliği ile mücadelede yeşil ve dijital dönüşümün yol haritasını 11 Aralık 2019 Avrupa Yeşil Mutabakatı ile açıklamış ve uluslararası ticari faaliyetleri de içerisine alan birtakım regülasyonlar ortaya koymuştur. AB üyesi ülkelerin Türkiye ekonomisi açısından önemli birer ticaret ortağı olduğu düşünülürse, ticari ilişkilerin devamlılığı açısından Yeşil Mutabakatın gereklerinin sağlanması oldukça önemlidir. Bu amaçla T.C. Ticaret Bakanlığı 2021 yılında “Yeşil Mutabakat Eylem Planını” devreye almıştır. Bu eylem planı ile Türkiye ekonomisi Mutabakatın gereklerine hizmet edecek dönüşüm sürecini kabul ettiğini beyan etmiştir. Türkiye ekonomisi açısından kapsayıcı ve sürdürülebilir bir büyüme hedefi benimsenmiştir. Küresel tedarik zincirinin geliştirilmesi ve

uluslararası yatırımların artırılması da amaçlar arasında sıralanmıştır.

Şekil 3. Kaynaklara Göre Birincil Enerji Tüketimi



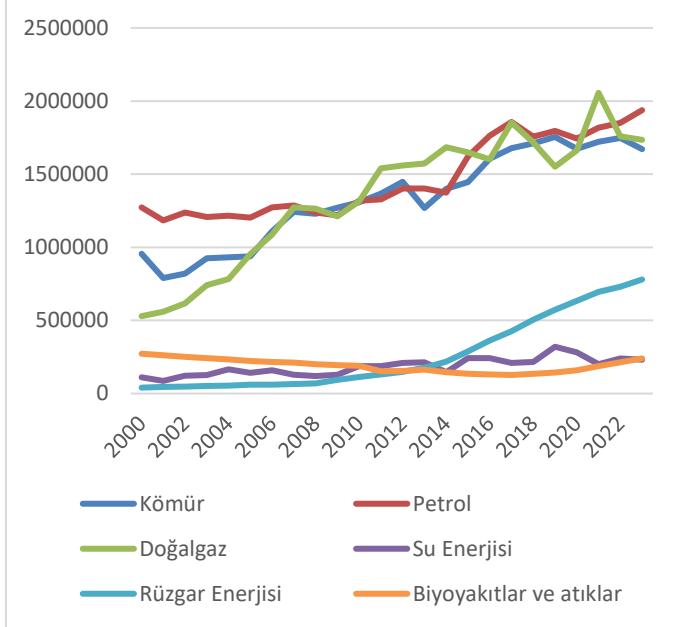
Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022a

Bu süreç ekonominin sanayi, tarım, enerji, ulaşıtırma vd. alanlarında bütüncül bir yaklaşımı gerektirmektedir. Dolayısıyla da eylem planı hazırlık süreci kamunun ilgili tüm kurumlarının koordinasyonu ile mümkün kılınmıştır. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Dışişleri Bakanlığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Hazine ve Maliye Bakanlığı, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Tarım ve Orman Bakanlığı, Ulaşıtırma ve Altyapı Bakanlığı kapsayıcı ve ekonominin her alanına nüfuz edecek stratejileri ortaya koymak üzere birlikte hareket etmiştir. Yeşil üretimi sağlayacak teknolojilerin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması amaçlanmıştır. Bu amaca hizmet edecek araştırma ve geliştirme çalışmalarının, yeşil finansmanın, sürdürülebilir ve akıllı taşımacılık altyapısının güçlendirilmesini içeren bir dizi eylem ortaya koyulmuştur (T.C. Ticaret Bakanlığı, 2021). Dolayısıyla ülkemizde AB Yeşil Mutabakatı çerçevesinde enerji güvenliğinin ve enerji verimliliğini sağlamaya yönelik hamlelerin esasında 2007 yılına uzandığını ifade etmek mümkündür. Ancak yine de Türkiye’nin yeşil dönüşüm taahhüdünün en net şekilde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının 2022 yılında yayınlamış olduğu raporda sunulduğu kabul edilmiştir (PwC, 2023). Bakanlık raporunda elektrik sisteminin mevcut durumu ve gelişme potansiyeli göz önüne alınarak rüzgâr ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam elektrik üretimi içerisindeki payının artırılması hedefi açıkça ifade edilmiştir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022a).

Türkiye’de yenilenebilir enerji arzı büyük oranda hidrolik kaynaklar, rüzgâr, güneş, jeotermal ve biyokütleden (odun, bitki ve hayvan atıkları) oluşmaktadır. 2021 yılının sonunda birincil enerji arzı 159,4 Mtep iken yerli üretim 46,7 Mtep değerine ulaşmış; yerli üretimin %62’si ise yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmıştır. 1990 yılı ile kıyaslandığında 2021 yılında yenilenebilir kaynaklardan sağlanan enerji miktarı %274 oranında artış göstermiştir (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2024). Şekil 4’te de görüldüğü üzere 2000 ila 2023 yılları

arasında rüzgâr enerjisi başta olmak üzere Türkiye’de yenilenebilir enerji konusunda önemli ilerlemeler kaydetmiş olsa da enerji dönüşümü teknik bir değişimin ötesinde ekonomik, siyasi, toplumsal boyutları olan bütünsel bir süreçtir. Ve Türkiye’de bu dönüşüme karşı yapısal engellerle karşı karşıya kalmıştır. Politik belirsizlikler, toplumsal direnç ve finansal erişim sorunları bunların başında gelmektedir (Akıner, 2025).

Şekil 4. Türkiye’de 2000-2023 Yılları Arasında Yerli Enerji Üretiminin Evrimi



Kaynak: IEA, 2025

Çalışmanın bu bölümünde, Türkiye’de enerji güvenliğinin sağlanması ve enerji sektöründe yeşil dönüşümün gerçekleştirilmesi hedefi doğrultusunda ortaya konulan stratejik politikalara yer verilmiştir. Devam eden bölümde Türkiye’nin yenilenebilir enerji kaynakları bakımından mevcut durumu analiz edilecektir. Bu bağlamda, başlıca yenilenebilir enerji kaynakları olan hidroelektrik, rüzgâr, güneş, jeotermal ve biyokütle enerjisine yönelik kurulu güç kapasitesi, üretim potansiyeli ve coğrafi dağılım haritalarına yer verilecektir.

2.1. Hidroelektrik Enerji

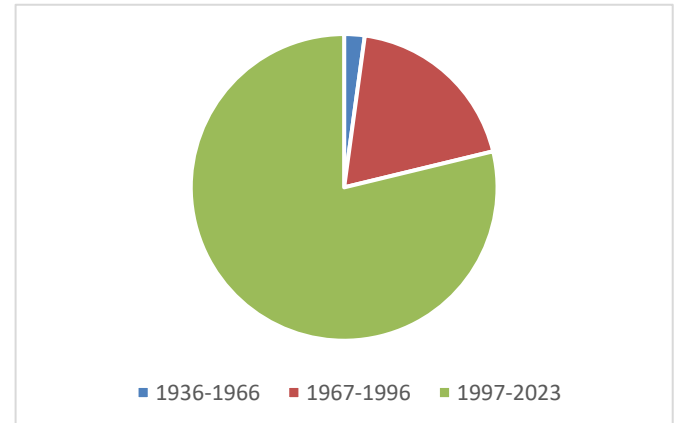
Hidroelektrik enerji, akarsu ve nehir gibi hareketli su kaynaklarından elde edilmektedir. Enerji üretim sürecinde su, yüksek bir seviyeden daha düşük bir seviyeye çeşitli kanallar ve/veya borular aracılığı ile yönlendirilmektedir. Seviye farkından dolayı belirli bir hareket kazanan su, akış güzergahı üzerinde yer alan ve türbin adı verilen yapılarda belirli bir dönüş hareketi yaratmaktadır. Bu sayede suyun akışından kaynaklanan kinetik enerji, türbinlerde mekanik enerjiye dönüşmektedir. Ardından da jeneratörler aracılığı ile elektrik enerjisi üretilmektedir. Hidroelektrik enerjisi, dünya genelinde tüm yenilenebilir teknolojilerin toplamından daha fazla elektrik üretmektedir. IEA tahminleri hidroelektriğin mevcut üstünlüğünü 2030 yılına

kadar korumaya devam edeceğini ortaya koymaktadır (IEA, 2024). Dünya elektriğinin yaklaşık %20’sini üreten hidroelektrik küresel ölçekte önemli bir enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Çevreye duyarlı, verimliliği yüksek, görece maliyet etkin ve uzun ömürlü yerli bir kaynak olan hidroelektrik santraller enerji kaynağı olarak tercih edilmektedir. Hidrojen tamamen yeşil enerji üretmekte ve üretilen elektrik çevre kirliliği yaratmamaktadır. Hidroelektrik enerjisinin kullanımına yönelik büyük ölçekli uygulamalar biyoçeşitliliğin kaybolması, toprak erozyonu, akarsuların serbest akışına ket vurma ve canlı nüfusu yerinden etme gibi bir takım olumsuz sonuçlar ortaya çıkarsa da sera gazı emisyonu üretmemektedir. Ek olarak santrallerin işletilmesinde doğaya herhangi bir zehirli atık bırakılmamaktadır (Önal ve Yarbay, 2010; Ürker ve Çobanoğlu, 2022; Karayel vd., 2023).

Dünyada olduğu gibi Türkiye’de de yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının başında hidroelektrik enerji gelmektedir. Alternatif enerji kaynakları arasında geniş kullanım ağına ve yüksek enerji rezervine sahip önemli bir enerji kaynağıdır. Modern yenilenebilir enerji kaynakları arasında hidroelektrik üretimi %2,3 payla ilk sırada yer almakta; bunu rüzgâr ve biyoyakıt enerjisi takip etmektedir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022b, DSİ, 2023a; IEA, 2022b).

Türkiye’de hidroelektrik enerjisi üretme potansiyeli ülkenin doğu kesimlerinde; tüketimi ise İstanbul, İzmir, Bursa başta olmak üzere batı bölgelerinde yoğunlaşmıştır. Hidrolik enerji elektrik üretiminin yanı sıra Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) gibi tarımsal sulama amaçlı da kullanılabilir. Ek olarak turizm, ulaşım ve spor amaçlı faaliyetlere imkân sunarken, ekonomik değer ve istihdam yaratma potansiyeli son derece yüksektir (Sarhan vd., 2023). Devlet Su İşleri (DSİ)’nin 2023 yılı resmi su kaynakları istatistiklerine göre Türkiye’de 1936-2023 yılları arasında, hidroelektrik enerjisi üretmek üzere yapımı tamamlanan baraj sayısı 1018 olarak kaydedilmiştir. Şekil 5.’te yapımı tamamlanmış baraj sayısını yıllara göre görmek mümkündür (DSİ, 2023b).

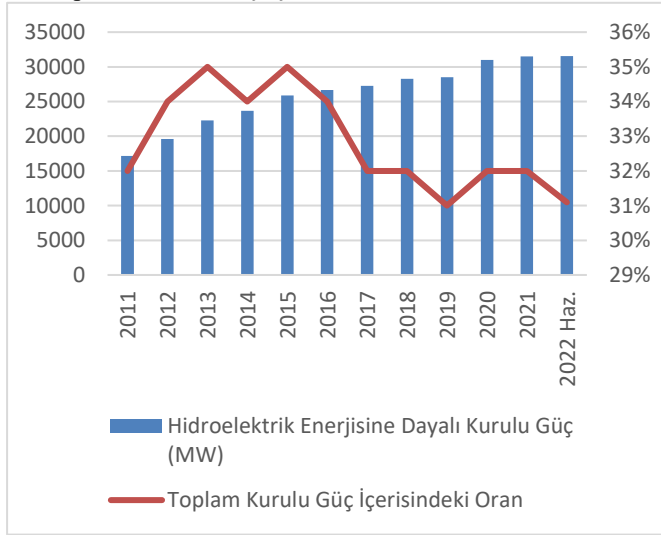
Şekil 5. Yapımı Tamamlanmış Baraj Sayısı



Kaynak: DSİ, 2023b

Artan tesis sayısı ile paralel olarak Türkiye’de 2011-2022 yılları arasında hidroelektrik enerjisine dayalı kurulu güç (Kurulu güç, bir enerji santrali veya üretim tesisinin genellikle megawatt (mw) cinsinden olmak üzere maksimum üretim kapasitesini ifade etmektedir. Başka bir ifade ile bir tesisin en yüksek verime ulaştığı anda üretebileceği maksimum enerji düzeyidir) (megawatt-mw) sürekli bir artış eğilimi göstermiştir. Hidroelektrik enerjisine dayalı kurulu güç ve hidroelektrik enerjisinin toplam kurulu güç içerisindeki payı Şekil 6’da sunulmuştur. Ancak burada dikkat çeken bir gelişme hidroelektrik enerjisine dayalı kurulu güç sürekli bir artış gösterirken, toplam kurulu güç içerisindeki payı benzer şekilde mutlak bir yükselme eğilimi içerisinde olmamıştır. Bu durum özellikle güneş ve rüzgâr enerjisine dayalı güç üretimindeki hızlı ve agresif büyüme ile ilişkilendirilebilmektedir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022b, DSİ, 202; IEA, 2022b) 2024 yılında da benzer bir yükseliş eğilimi gözlenmiştir; Türkiye’de üretilen enerjinin %20’den fazlası hidroelektrik santrallerden sağlanmıştır. Ülkenin hidroelektrik potansiyeli devlet ve özel sektör iş birliği ile artmaya devam etmekte; bu bağlamda enerji bağımlılığın azaltılması hedeflenmektedir (DSİ, 2025).

Şekil 6. Hidroelektrik Enerjisine Dayalı Kurulu Güç (MW) – Toplam Kurulu Güç İçerisindeki Oran



Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022b

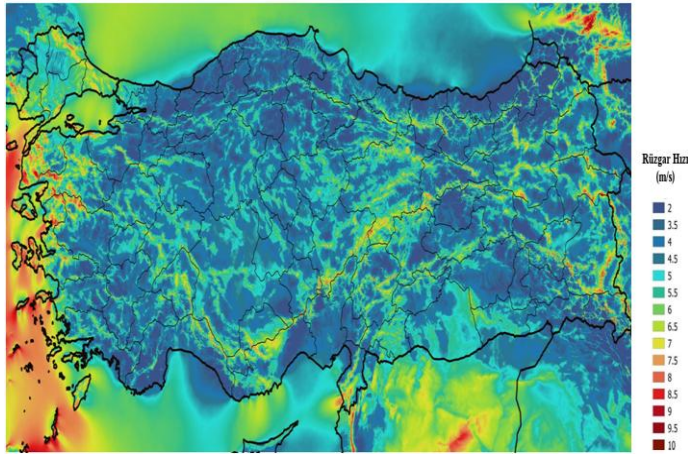
Ancak kurulu güç kapasitesinin tamamıyla üretilen enerji miktarına denk olmadığını da eklemek gerekmektedir. Santrallerde ortaya çıkan teknik arızaların, bakım için faaliyetlerdeki duraklamaların, mevsimsel etkiler ile yaşanan kuraklığın ve diğer dizi etkenin üretim kapasitesini olumsuz yönde etkilediğini ifade etmek mümkündür. Yapılan çalışmalar hidroelektrik santrallerinde yıllık ortalama olarak kurulu gücün yaklaşık %70’lik bir kısmının çalışmadığını ortaya koymuştur. Özellikle kuraklığa bağlı olarak düşen yağış miktarı santrallerin çalışma düzenini etkilemiştir (Sarhan vd., 2023). Ek olarak hidroelektrik enerji santrallerinin belirli bir planlama dahilinde inşa edilmesi son derece önemli bir konu olmaktadır. Kontrolsüz

bir şekilde inşa edilen tesisler su kaynaklarına zarar verdiği gibi su kalitesine de zarar vermektedir (Bilhan, 2024).

2.2. Rüzgâr Enerjisi

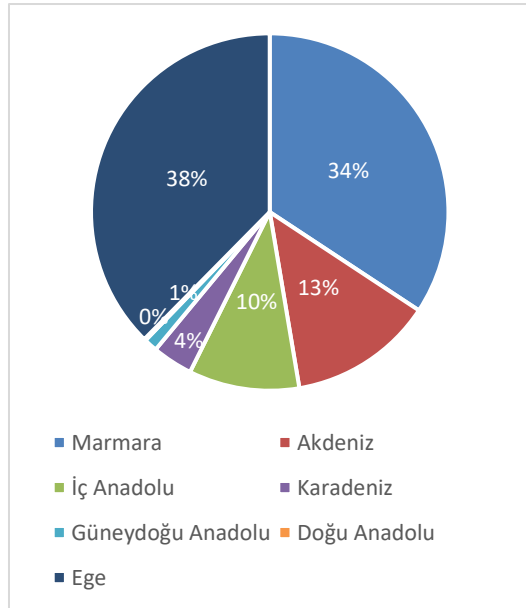
Rüzgâr enerjisi yeryüzünün coğrafi farklılıklarından ve ısının homojen olmayan yayılımından kaynaklanmaktadır. Güneşin yeryüzüne göndermiş olduğu enerjinin %1 ila 2 gibi oldukça küçük bir bölümü rüzgâr enerjisine dönüşmektedir. Hız ve yön parametrelerine bağlı olarak oluşan kinetik enerji, rüzgâr türbinleri aracılığı ile elektrik enerjisine dönüştürmektedir. Rüzgâr enerjisinin elektrik enerjisine dönüşümüne imkân sağlayan tesislerin ilk yatırım maliyetlerinin yüksek oluşu ve enerji üretiminin doğa durumuna bağlı olarak değişkenlik göstermesi bir handicap olarak görülmektedir. Mevcut dezavantajlarına rağmen aynı zamanda da yenilenebilir ve temiz bir enerji kaynağıdır. Rüzgâr enerjisi ek olarak tükenme riski ve maliyet artışı söz konusu olmayan, bakım ve işletme harcamaları düşük, teknolojisini görece basit ve üretime geçiş süreci son derece hızlı bir enerji kaynağıdır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022c). Rüzgâr enerjisi aynı zamanda yenilenebilir enerji kaynakları arasında en büyük üretim kapasitesine ve kullanım alanına sahip enerji kaynağıdır. Türkiye rüzgâr enerjisi açısından son derece elverişli coğrafyada iken bu potansiyelin ortaya çıkarılmasına yönelik çabalarda geç kalınmıştır. Ticari ölçekte elektrik üretimi yapan rüzgâr türbinleri ilk olarak 1984 yılında Çeşme’de kurulmuştur. Rüzgâr çiftlikleri ise Avrupa’da 1990’ların başında kurulmaya başlamışken Türkiye’de 1998 yılına kadar uzanmıştır (Başkaya, 2017). Kurulu gücün bölgesel dağılımına bakıldığında Marmara Bölgesi en yüksek rüzgâr enerjisi kapasitesini sahip iken Ege Bölgesi ikinci sırada yer almaktadır. İzmir, Balıkesir, Çanakkale, İstanbul ve Manisa ise sırası ile en yüksek kurulu güce sahip şehirler olarak sıralanmaktadır (Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği, 2025).

Şekil 7. üzerinden Türkiye genelinde yıllık ortalama rüzgâr hızı dağılımını görmek mümkündür. Ege kıyıları ve Marmara’nın kuzeybatı kesimlerinin yanı sıra Hatay’ın kıyı kesimleri ve Mersin dolayları da yüksek rüzgâr hızlarının görüldüğü iller arasındadır. Yine sahip olduğu yükseltilerin de etkisi ile Doğu Karadeniz özellikle de Artvin yüksek oranda rüzgâr enerjisi potansiyeline sahiptir. Doğu ve Güneydoğu Anadolu’nun iç bölgeleri ile İç Anadolu’nun merkezi ise düşük rüzgâr hızına sahip alanlardır. Bu bölgelerin denizden uzak olması ve çoğunlukla dağlık araziler ile çevrelenmiş yüksek platolar oluşu rüzgâr akışını zayıflatmakta ve enerji potansiyeli düşük olmaktadır. Bu nedenle de ülkemizdeki rüzgâr enerjisi yatırımları çoğunlukla batı kıyılarında yoğunlaşmaktadır.

Şekil 7. Yıllık Ortalama Rüzgâr Hızı Dağılımı

Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2025a

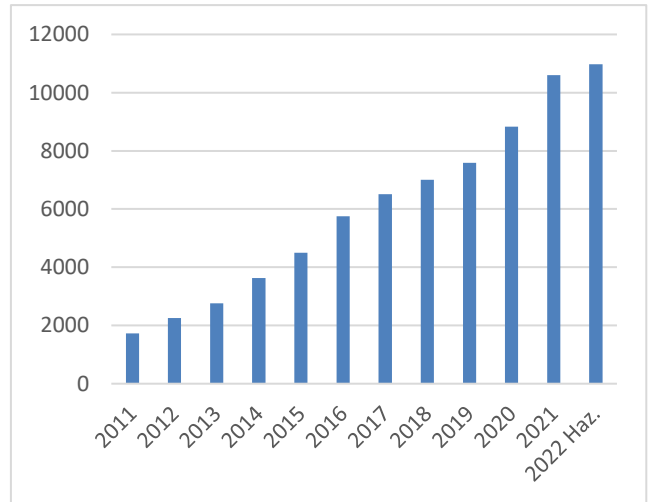
Rüzgâr enerji santrallerinin 2019 yılı itibari ile bölgesel dağılımı Şekil 8.'de sunulmuştur. Yıllık ortalama rüzgâr hızına paralel olarak tesis yoğunlukları da Marmara ve Ege Bölgelerinde toplanmıştır.

Şekil 8. Rüzgâr Enerji Santrallerinin Bölgesel Dağılımı-2019

Kaynak: Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği, 2019

Türkiye rüzgâr enerjisi kurulu güç anlamında da önemli bir ilerleme kaydetmiştir. Şekil 9. ilgili göstergedeki değişimi 2011 ila 2022 Haziran dönemi için ortaya koymuştur. 10 yıllık periyotta rüzgâr enerjisine dayalı kurulu güç yaklaşık altı katlık bir artış göstermiştir. 2022 yılı haziran sonunda rüzgâr enerjisine dayalı kurulu güç 10.976 MW ölçeğindedir ve 2011 yılından itibaren istikrarlı bir artış göstermiştir. Bu değer Türkiye açısından toplam kurulu gücün %10,81'ine tekabül etmektedir. Türkiye'nin rüzgâr enerjisi üretme potansiyeli değerlendirildiğinde özellikle kıyı şeritleri, yüksek bayırlar, dağların tepeleri ve açık alanlar oldukça önemli rüzgâr kaynakları olmaktadır. 7 m/s'den büyük

rüzgâr hızı göz önüne alındığında Türkiye'nin enerji potansiyelinin 48.000 MW olduğu tespit edilmiştir. Bu üretim potansiyeli Türkiye'ye dünya pazarında ciddi avantajlar sunabilecek ölçektektir. Bu noktada rüzgâr sanayisinin gelişimine katkıda bulunmak yeni yatırım fırsatları da doğuracaktır (Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği, 2024). Türkiye 2024 yılının sonunda rüzgâr enerjisine dayalı kurulu güç anlamında Almanya, Birleşik Krallık, İspanya, Fransa ve İsveç'in ardından altıncı ülke olarak yerini almıştır (Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği, 2025).

Şekil 9. Rüzgâr Enerjisine Dayalı Kurulu Güç (MW)

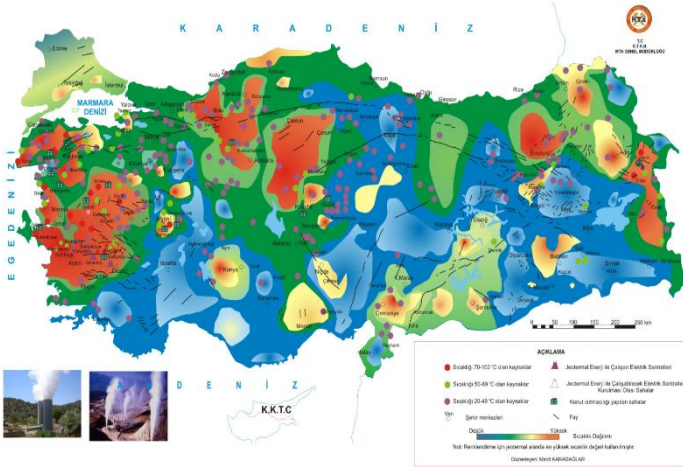
Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022c

2.3. Güneş Enerjisi

Güneş, yeryüzünün en temel ve en güçlü enerji kaynağıdır. Güneşin enerjisi ısı ve ışık kaynağı olarak kullanılmakta; çeşitli teknolojiler aracılığı ile elektrik enerjisine dönüştürülebilmektedir. Yapılan çalışmalar güneşin enerji üretme potansiyelinin; fosil yakıtlar, nükleer enerji ve hidroelektrik enerjisinin mevcut toplam kapasitesinin yaklaşık 15 katına tekabül ettiğini ortaya koymaktadır. Güneşin potansiyelinden faydalanmak üzere 1970'li yıllardan itibaren çeşitli teknolojiler geliştirilmiştir. Güneş enerjisi teknolojileri; ısı güneş teknolojileri ile fotovoltaik güneş teknolojileri olarak kategorize edilmektedir. Isıl güneş sistemleri; düşük sıcaklıklı uygulamalar ile yüksek sıcaklığa ihtiyaç duyan ısı işlemleri ifade etmektedir. Bu sistemler sıcak su temini ve ısı enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesini sağlamaktadır. Fotovoltaik teknolojiler ise güneş ışığının doğrudan elektrik enerjisine dönüştüğü sistemlerdir. Günümüzde güneş enerjisi; konut ve iş yerlerinde ısıtma-soğutma sistemleri, sıcak su temini, tarımsal faaliyetler, sera iklimlendirmesi, deniz suyundan tatlı su elde edilmesi, güneş pilleri, ulaşım, iletişim ve sinyalizasyon gibi çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Türkiye içerisinde bulunduğu iklim kuşağı nedeniyle güneş enerjisinden yararlanma potansiyeli yüksek bir ülkedir (Varınca ve Gönüllü, 2006; T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022d). Güneş enerjisi doğa dostu olması ve bol miktarda bulunması nedeniyle alternatif bir enerji kaynağı

olduğunu göstermektedir.

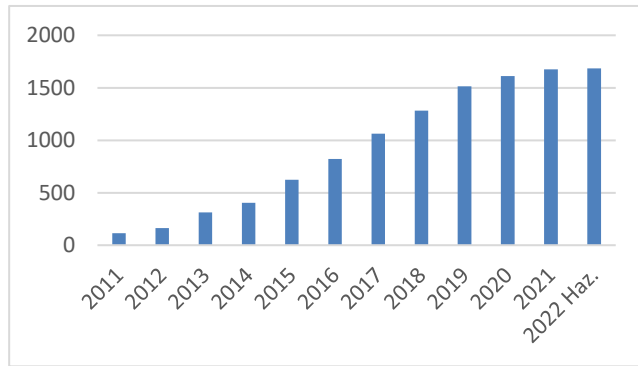
Şekil 13. Jeotermal Kaynaklar ve Uygulama Haritası



Kaynak: MTA, 2025

Ek olarak Türkiye jeotermal potansiyeli açısından Avrupa'da ilk sırada ve kurulu güç bakımından ise Dünya'da dördüncü sırada yer almaktadır. 2022 Haziran sonu itibarıyla bölgesel ısıtmanın yanı sıra elektrik üretiminde de yaygın olarak kullanılan jeotermal enerjiye dayalı kurulu güç 1.686 MW olarak ölçülmüş; toplam kurulu güç içerisinde bu oran %1,66'ya tekabül etmiştir. Şekil 14'te 2011-22 dönemi için jeotermal enerjiye dayalı kurulu gücün değişimini görmek mümkündür (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022e).

Şekil 14. Jeotermal Enerjiye Dayalı Kurulu Güç (MW)



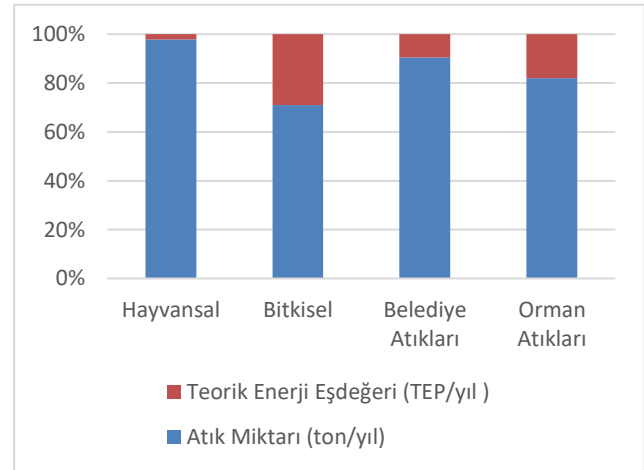
Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022e

2.5. Biyokütle Enerjisi

Biyokütle yaşayan veya yakın bir zaman içerisinde yaşamış olan canlılardan elde edilen fosilleşmemiş biyolojik malzemelerin bütünü ifade etmektedir. Bu kapsamda biyoenerjinin ana bileşeni bitkisel ve hayvansal kökenli organik maddelerdir. Biyokütle yakıt olarak kullanılabileceği gibi katı, gaz ve sıvı formlarda da kullanılabilir. Klasik kullanımı odun, bitkisel ve hayvansal atıkların doğrudan yakılması ile ortaya çıkan enerjidir. Modern kullanım ise hayvansal, tarımsal, evsel-kentsel-endüstriyel organik içerikli atıkları ile diğer sucul ve karasal atıkların dönüştürülerek ısı ve elektrik enerjisine

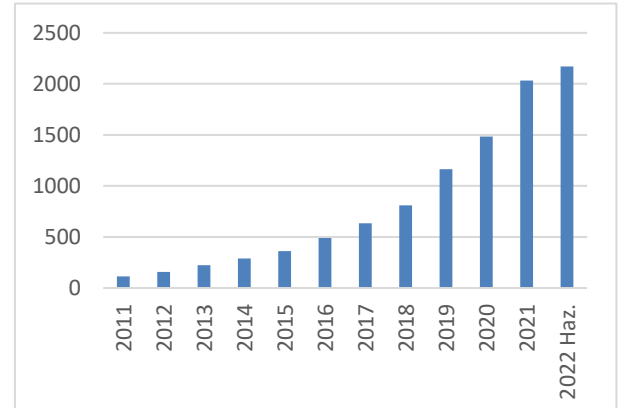
dönüştürülmesidir (İllez, 2020). Şekil 15 üzerinden hayvansal ve bitkisel atık miktarı, enerji eşdeğeri ve ekonomik enerji eşdeğerine ulaşmak mümkündür. Şekilden anlaşılacağı üzere Türkiye'de bitkisel atıklardan enerji üretme potansiyeli diğer atıklara göre oldukça yüksektir. Orman atıklarının enerjiye dönüşme potansiyeli %22, belediye atıklarının %10, hayvansal atıkların ise %2 seviyelerindedir. Bitkisel atıklar için bu oran yaklaşık %41 seviyelerindedir. Bu durum büyük oranda Türkiye'nin zengin bir tarım ülkesi olması açıklanabilmektedir. Özellikle de şekerpancarı, mısır, buğday, ayçiçeği gibi bitkisel ürünlerin atık yoğunluğu düşünüldüğünde biyoenerji açısından zengin olması şaşırtıcı değildir. Hayvansal atıklar açısından sınırlı potansiyel ise hayvan yetiştiriciliğinin tarımsal üretim kadar yaygın olmayışı ve hayvansal atıkların görece yüksek taşıma ve depolama maliyetleri ile açıklanabilmektedir. Orman atıkları açısından ise özellikle ormanların ekosistem dengesi ve sağlığı açısından koruma alanları olması ve belirli sınırlamalara tabi olmasından kaynaklanmaktadır. Belediye atıkları açısından mevcut durum ise ayrıştırma ve geridönüşüm süreçlerindeki operasyonel zorluklardan kaynaklanmaktadır.

Şekil 15. Türkiye Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası



Kaynak: Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, 2025b

Şekil 16. Biyokütle ve Atık Enerjisine Dayalı Kurulu Güç (MW)



Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022f

2022 yılının haziran sonunda biyokütle ve atık ısı enerjisine dayalı kurulu güç 2172 MW olarak hesaplanmış; bu değer toplam kurulu gücün %2,14'üne karşılık gelmiştir. (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022f).

Özet olarak Türkiye artan enerji talebini karşılamak, enerjide dışa bağımlılığı azaltmak, enerji kullanımının yarattığı çevresel hasarı önlemek ve sürdürülebilir bir ekonomik büyüme sağlamak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarına öncelik vermiştir. Bu amaçla ulusal ve bölgesel düzeyde çeşitli stratejiler belirlemiştir; özellikle 2000'li yıllar itibarıyla enerji politikalarında önemli dönüşümler gerçekleştirilmiştir. Toplam enerji arzı içerisinde hidroelektrik, rüzgâr, güneş, jeotermal ve biyokütle enerjisinin ağırlığını artırmak hedeflenmiştir. Avrupa Yeşil Mutabakatına Uyum ve Paris İklim Anlaşması hedeflerini sağlamak üzere mevzuat değişiklikleri ve kamusal teşvikler devreye alınmıştır. Yenilenebilir enerjiye dönüşümünde Türkiye, dünya sıralamasında önemli bir ilerleme kaydetmiştir. Özellikle hidroelektrik enerji üretme kapasitesinde ciddi artışlar söz konusu olmuş; hidroelektrik santrallerinin sayısı büyük ölçüde artırılmıştır. Rüzgâr enerjisi üretim kapasitesi de kayda değer bir artış göstermiştir. Güneş enerjisinde de yine çok sayıda küçük ölçekli lisanslı ve lisanssız proje devreye alınmıştır (PwC, 2021). Jeotermal ve biyokütle enerjisi ise bahsi geçen kaynaklara nispeten sınırlı düzeyde kalmıştır. Ancak Türkiye'nin sahip olduğu coğrafi konum ve jeolojik yapı, yenilenebilir enerji kaynakları açısından önemli bir potansiyel sunmakla birlikte, bu potansiyelin yeterli düzeyde değerlendirilemediğini ifade etmek mümkündür. Özellikle de enerji dönüşümünde karşılaşılan yüksek maliyetler ve finansal kaynağa erişimde yaşanan engeller bu durumu açıklamaktadır. Bu kapsamda dönüşüm sürecini finansal, bürokratik ve toplumsal açıdan kolaylaştıracak kamusal ve özel teşvikler son derece önemlidir. Enerji arz güvenliğini sağlamak adına kaynak çeşitliliğine dayalı bir yaklaşımın benimsenmesi gerekmektedir. Özellikle güneş ve rüzgâr gibi doğa durumuna bağlı enerji kaynaklarında yaşanması olası kesintiler kaynak erişiminde güçlükler yaratabilecektir. Dolayısıyla tek bir kaynağa bağımlı kalmamak enerji tedariki sürecinde olası aksamaların önüne geçecektir. Son olarak dönüşüm sürecinde enerji altyapısının sağlıklı ve uzun ömürlü çalışmasını mümkün kılan bütüncül bir planlama yapılması da altı çizilmesi gereken bir konu olmaktadır.

3. Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Teşvikleri ve Karşılaşılan Zorluklar

3.1 Yenilebilir Enerjiye Geçişte Karşılaşılan Zorluklar

Yenilenebilir enerji potansiyelinin değerlendirilmesi ve mevcut kapasitenin geliştirilmesi her zaman mümkün olmamaktadır. Sürdürülebilir bir dünya için yenilenebilir enerjinin önünde birtakım engeller bulunmaktadır. Bu engellerin başında yüksek kurulum maliyetleri gelmektedir. Doğal kaynakları yenilenebilir enerjiye dönüştürecek ve nihai tüketicinin kullanımına sunacak teknoloji bugün hala

oldukça maliyetlidir. Yenilenebilir enerji maliyetlerindeki düşüşe rağmen maliyetlerin ciddi bir engel olduğunu ifade etmek mümkündür (Akdoğan, 2016; Kayışoğlu ve Diken, 2019). Aynı zamanda yenilenebilir enerji üretiminin yapılacağı tesislerin başlangıç sermaye maliyetleri, işlem maliyetleri, yönetim maliyetleri de ciddi dezavantajlar yaratmaktadır. Yenilenebilir enerji sektöründe piyasa başarısızlıkları söz konusu olmakta bu durum kamu müdahalesini gerekli hale getirmektedir. Yerli üretimin yaygınlaşmasını sağlayacak kamusal müdahaleler ve teşvik sistemleri beraberinde yatırımcılar için bir dizi bürokratik süreci de yaratmaktadır. Lisans almak ve bir tesis kurmak için gerekli belge ve bilgi temini oldukça katı bir düzenlemeye tabi tutulmuştur. Yenilebilir enerji kullanımının ulusal ve küresel olarak kullanımının sağlayacağı avantajlar konusunda bilgi ve farkındalık eksikliğinden söz etmek de mümkündür. Aynı zamanda yenilenebilir enerjiye dayalı ekonomi Türkiye açısından henüz gelişim aşamasında olduğundan bu alanda nitelikli eleman bulma konusu da önemli bir handikap olmaktadır (Akdoğan, 2016; Kayışoğlu ve Diken, 2019).

Ek olarak şirketlerin karbonsuzlaşma hedeflerine ulaşmak ve gelecekte ortaya çıkması olası fiyat oynaklıklarına karşı korunmak üzere hükümet politikalarının dışında doğrudan rüzgâr ve güneş enerjisine artan yatırımları da bir noktada olumsuz durum yaratabilmektedir. Artan yatırım projelerine devam eden süreçte düşen elektrik talebi ve elektrik fiyatları eşlik etmektedir. Bu noktada projelerde yeniden değerlendirme riski ve buna bağlı zayıf finansman ortamı doğmaktadır (IEA, 2021a). Yenilenebilir enerji yatırımlarının yaygınlaştırılması noktasında kredi sağlayıcı kuruluşlar diğer tüm kredilerde olduğu gibi anapara ve faizin geri ödenmesine odaklanmaktadır. Başka bir ifade ile yenilenebilir enerji potansiyelini ortaya çıkaracak projeler herhangi bir özel yatırım ve/veya finans modeli olmadan serbest piyasa koşulları altında finanse edilmektedir. Bu iş modeli de ilgili alanlarda yatırımların tamamlanması noktasında riskler oluşturmakta; enerji yatırımlarını teşvik edecek politik/kurumlar üstü düzenlemeleri önemli hale getirmektedir (Akdağ ve Gözen, 2020).

Akner (2025), Türkiye'de enerji dönüşümünün önündeki yapısal engelleri ortaya koyacak bir çalışma yürütmüştür. Çalışmanın bulguları yenilenebilir enerji teknolojilerine geçişte ihtiyaç duyulan finansal kaynakların ve teşviklerin önemli bir engel olduğu yönündedir. Düzenleyici çerçeveler, parasal kısıtlamalar, teknolojik engeller ve sosyokültürel faktörler de yine geçiş sürecinde karşılaşılan zorluklar arasında sıralanmıştır. Türkiye açısından güneş ve rüzgâr enerjisinde ortaya çıkan kesintiler de yenilenebilir enerjiye geçişteki engellerden biri olmaktadır. Özellikle yenilenebilir enerji arzındaki dalgalanma enerji dağıtımı ve depolaması açısından da önemli handikaplar oluşturmaktadır. Kamuoyu algısı ve katılımı geçiş sürecini etkileyen önemli unsurlardır. Türkiye açısından yeni teknolojilere direnç ve yenilenebilir enerjiye karşı şüpheli yaklaşım oldukça yaygın bir durum olmuştur. Aynı zamanda Türkiye'de enerji dönüşümünün kömür madenlerinin

kapatılması örneğinde olduğu gibi işsizliğe yol açması, toplumsal eşitsizlikler yaratmakta ve kamu direncine yol açmaktadır.

Türköz (2023), 1970-2020 dönemi için Türkiye'deki doğrudan yabancı yatırımların yenilenebilir enerji ve fosil enerji tüketimi üzerindeki etkisini analiz etmiştir. Ampirik sonuçlar, Türkiye'de doğrudan yabancı yatırım girişlerinin uzun dönemde fosil yakıt tüketimi üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkisi olduğu sonucunu göstermiştir. Dolayısıyla doğrudan yabancı yatırımların temiz enerji tüketimini desteklemek bir yana fosil yakıt kullanımını artırdığını ve sürdürülebilir çevresel hedeflerden uzaklaştırdığını ifade etmektedir.

Ural ve Karaca (2016)'nın çalışmasında ele aldığı hidrojen ekonomisine geçiş sürecinde karşılaşılan güçlükler, Akıner (2025)'in ortaya koymuş olduğu bulgular ile büyük oranda benzerlik taşımaktadır. Hidrojen ekonomisine geçiş, enerjide kaynak güvenliğinin yanı sıra çevre koruması sağlayacak olsa da piyasanın direnç göstermesi ve finansal kaynağa erişememe bu dönüşümü sektöre uğratmaktadır. Ek olarak mevcut durumda fosil yakıtlara yüksek bağımlılık da dönüşüm sürecini engelleyen unsurlardan biridir. Bu noktada geçişi mümkün kılan altyapı yatırımlarının oluşturulması, maliyetlerin düşürülmesi, hükümet ve sanayiden gelen finansman desteği önemli olacaktır.

Kılınç ve Şahbaz (2021), seçili ülkelerde 2003-2019 dönemi için enerjiye yönelik Ar-Ge harcamalarının ve inovasyonun yenilenebilir enerji üretimi üzerindeki etkisini analiz etmiştir. Panel ARDL yönteminden elde edilen bulgular uzun dönemde Ar-Ge ve demonstrasyon harcamaları ile inovasyon göstergesi olan patent başvurusu sayısında meydana gelecek %1'lik artışın, yenilenebilir enerji üretimini sırası ile %0,23 ve %0,42 oranında artıracığını ortaya koymuştur. Çalışma bulgularını tersten okumak gerekirse, yenilenebilir enerji dönüşümünü sağlayacak Ar-Ge ve inovasyon yatırımlarının göz ardı edilmesi dönüşüm süreci önündeki engeller arasında sıralanmaktadır.

3.2. Yenilenebilir Enerji Teşvikleri

Türkiye'de yenilenebilir enerji kullanımını teşvik etmeye yönelik uygulamaların tohumları 2000'li yılların başında atılsa da 2010 yılı itibarıyla hız kazandığını söylemek mümkündür. Sabit fiyat garantisi, lisanssız üretim, KDV muafiyeti ve gümrük vergisi muafiyeti gibi mali teşvikler, yeşil sertifika, paya dayalı kitle fonlaması vd. şeklinde sıralamak mümkündür (Yılmaz ve Hotunluoğlu, 2015; Akdağ ve Gözen, 2020). Bu teşvikler doğrudan devlet yardımları yerine daha ziyade uygulamada kolaylıklar şeklinde sunulmaktadır. Bu bağlamda elektrik enerjisi satın alım teminatları, şebekeye satılan elektrik enerjisi için satış tarifesi, yenilenebilir enerji santrallerine yönelik belirlenen satış tarifeleri, şebekeye bağlanan enerjide önceliğin yenilenebilir enerjiye sağlanması, lisans işlemlerinde indirim ve 500 kW altında ücret muafiyetleri şeklinde sıralanmaktadır (WWF, 2011).

Yenilenebilir Enerji ve Yeni Teknolojiler Dairesi Başkanlığı toplam elektrik enerjisi üretiminde yenilenebilir enerjinin payını artırmaya yönelik teşvik ve mekanizmalarını kategorize etmiştir. Bunlardan ilki "Yenilenebilir Enerji Destekleme Mekanizması (YEKDEM), 2005 yılında çıkarılan 5346 sayılı YEK Kanunu ile devreye alınmıştır. YEKDEM, tarife garantisi ile yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisi için piyasa fiyatının üzerinde sabit bir fiyat garantisi verilmektedir. Bu destek 10 ila 15 yıllık zaman zarfında piyasadaki arz ve talep dengesine, kur riskine, ekonomik ve politik belirsizliklere bağlı fiyat oynaklıklarına karşı koruma sağlamaktadır. YEKDEM yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı yatırımlarda artış, 2011 yılından günümüze CO₂ emisyonunda önemli bir düşüş, doğalgaz ve kömür ithalatında sırasıyla 50 milyar \$ ve 43 milyar \$ seviyesinde azalma ve 300 bine kadar kişiye istihdam olanağı yaratmıştır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2024). Tablo 1. hidrolik, rüzgâr, biyokütle, jeotermal, güneş, depolamalı rüzgâr/güneş, pompaj depolamalı hidroelektrik ve dalga/akıntı türlerindeki yenilenebilir enerji tesislerinin 1/7/2021 öncesi ve sonrasında YEK Belgesi kapsamında destekleme fiyatları ve destekleme sürelerini ortaya koymuştur. YEKDEM Türkiye'nin enerji güvenliğini sağlama, karbon emisyonlarını azaltma ve iklim değişikliği ile mücadele kapsamında hedeflerine ulaşma noktasında önemli bir destek mekanizması sunmuştur. Yenilenebilir enerji tesislerinde üretilen elektrige \$ cinsinden garantili alım imkânı ciddi bir finansman desteği sağlamıştır. YEKDEM, Türkiye'nin kurulu güç kapasitesi içerisindeki yenilenebilir enerji kaynakları payının artmasında önemli bir güce sahiptir (Güler ve Yumurtacı, 2021).

İkinci bir destek mekanizması Yerli Aksam Teşvikidir. Bu mekanizma sayesinde 2024 yılına kadar 126 adet sistem tedarikçisi, 500 adet alt tedarikçi kurulmuş; yaklaşık 50 bin kişilik istihdam sağlanmıştır. Yenilenebilir enerji aksamalarında teknoloji transferi gerçekleştirilmiştir. Bir diğer destek mekanizması ise Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları (YEKA) Modelidir. YEKA Yönetmeliği, 9 Ekim 2016 tarihli ve 29852 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanmıştır. Bu model yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesinde yeni bir dönemi başlatmıştır. Temel amaç kamu ve hazineye ait taşınmazlar ile özel mülkiyete konu taşınmazlarda yenilenebilir enerji kaynaklarının daha etkin ve verimli kullanımını sağlamak olmuştur. Yenilenebilir enerji teknolojilerinin yerleştirilmesi ve bu sayede doğrudan ve dolaylı istihdam alanlarının yaratılması, yan sanayinin geliştirilmesi, araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin yaygınlaştırılması şeklinde bir dizi strateji benimsenmiştir. Büyük ölçekli yenilenebilir enerji kaynak alanları oluşturmak; bu alanlarda üretilen enerjinin görece ekonomik şartlarda satın alınmasını sağlamakla birlikte lojistik fayda da yaratmaktadır. Proje sahası olarak belirlenecek YEKA'lar Bakanlıkça idari ve teknik çalışmalar neticesinde belirlenmekte; uygun yatırımcıya tahsis edilmektedir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2024). Özetle; Türkiye yenilenebilir enerji

potansiyeli son derece yüksek bir ülkedir. Ancak bu potansiyelin ekonomik bir değere dönüştürülmesi ekonomik, sosyal, idari birtakım engellerle karşı karşıya kalmaktadır. Bu aşamada kamu desteği ve toplumsal

bilincin artırılması son derece önemli olmaktadır. Bu bilinçle devreye alınan YEKDEM, YEKA ve Yerli Aksam Teşvikleri yenilenebilir enerjiye geçiş sürecini destekleyici mekanizmalar olarak sıralanmaktadır.

Tablo 1. YEKDEM ve Yerli Katkı Fiyatları

TESİS TİPİ		1/7/2021 TARİHİNE KADAR İŞLETMEYE GİREN YEK BELGELİ TESİSLER				1/7/2021 TARİHİNDEN SONRA İŞLETMEYE GİREN YEK BELGELİ TESİSLER					
		Yekdem fiyatı (\$/kwh)	Yekdem uygulama süresi (yıl)	Yerli katkı fiyatı (\$- kwh)	Yerli katkı fiyatı uygulama süresi (yıl)	Yekdem fiyatı (01- 31.10.2023) (tl/kwh)	Yekdem uygulam a süresi (yıl)	Yekdem taban (\$/kwh)	Yekdem tavan (\$/kwh)	Yerli katkı fiyatı (01- 31.10.2023) (tl/kwh)	Yerli katkı fiyatı uygulama süresi (yıl)
HİDROLİK	Rezervuarlı	7,3	10	2,3	5	215,37	10	6,75	8,25	43,08	5
	Nehir Tipi					201,91	10	6,30	7,70	43,08	5
RÜZGÂR	Karasal	7,3	10	3,7	5	158,54	10	4,95	6,05	43,08	5
	Deniz üstü					215,37	10	6,75	8,25	57,50	5
BİYOKÜTLE	Çöp Gazı/ÖTL					158,54	10	4,95	6,05	43,08	5
	Biyometanizasyon	13,3	10	5,6	5	258,74	10	8,10	9,90	43,08	5
	Termal Bertaraf					201,78	10	5,75	8,00	32,28	5
JEOTERMAL		10,5	10	2,7	5	302,14	15	9,45	11,55	43,08	5
GÜNEŞ	Fotovoltaik	13,3	10	6,7	5	158,54	10	4,95	6,05	43,08	5
	CSP			9,2							
DEPOLAMALI RÜZGÂR / GÜNEŞ		-	-	-	-	186,96	10	5,85	7,15	57,50	10
POMPAJ DEPOLAMALI HİDROELEKTRİK		-	-	-	-	302,14	15	9,45	11,55	57,50	10
DALGA / AKINTI		7,3	10	2,3	5	201,91	10	6,30	7,70	57,50	10

Kaynak: T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2024

4. Sonuç

Türkiye’de yenilenebilir enerji alanında önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik atılan adımlar çevresel hedeflerin yanı sıra enerjide dışa bağımlılığı azaltmak için de son derece önemli olmaktadır. Özellikle fosil yakıt ithalatına yüksek oranda bağımlılık gösteren Türkiye ekonomisi açısından, yerli kaynak kullanımı cari açıklar üzerindeki baskıyı hafifletici bir unsur olacaktır. Yenilenebilir enerjiye geçişin makro iktisadi ve çevresel katkılarına rağmen dönüşüme yönelik somut adımlar Avrupa Birliği Yeşil Mutabakatına uyum süreciyle birlikte daha sağlam atılmıştır. Türkiye’de hidroelektrik, güneş, rüzgâr, jeotermal ve biyokütle enerjisine dayalı yenilenebilir enerji yatırımları büyük ölçüde artış göstermiş olsa da mevcut potansiyelin yeterince kullanılmadığının altını çizmek gerekir. Özellikle Türkiye’nin sahip olduğu coğrafi konum, iklim özellikleri ve jeolojik yapı zengin bir kaynak çeşitliliği sunmaktadır. Yıllık güneşlenme süresi bakımından Güneydoğu Anadolu, Akdeniz ve İç Anadolu Bölgesi güneş enerjisi; Ege ve Marmara Bölgeleri ise rüzgâr enerjisi açısından elverişli bir ortam sunmaktadır. Hidroelektrik elektrik tesisleri de keza ülkenin her yerine

yayılmış, bugün sayısı 1000’i aşmıştır. Yine tektonik hareketlerin ve fay hatlarının yoğunluğuna bağlı olarak jeotermal enerjinin Batı Anadolu başta olmak üzere birçok alanda yayılım gösterdiğini ifade etmek mümkündür. Hayvansal ve bitkisel atıklara bağlı biyokütle enerjisi de yenilenebilir enerji üretimi açısından önemli bir kaynak olmaktadır.

Yenilenebilir enerjideki çeşitliliğe rağmen enerji dönüşümüne imkân sunan başlangıç yatırımlarının yüksekliği, finansal kaynaklara erişim zorluğu, teknik altyapı yetersizliği, yatırımların karlılığa dönüşme hızının uzunluğu ve belirsizliği, bürokratik engeller yatırım iştahını büyük oranda azaltmaktadır. Bu nedenle yenilenebilir enerji yatırımları konusunda özel sektör son derece çekimser kalmaktadır. Yenilenebilir enerji arzını artıracak girişimlerin kamu tarafından desteklenmesi ihtiyacı doğmaktadır. YEKDEM, YEKA ve Yerli Aksam Teşvikleri bu doğrultuda devreye alınan programlar arasında sıralanmaktadır. Bu destekleme mekanizmaları vergi muafiyetleri, satın alım garantisi, şebekeye bağlanan enerjide öncelik, lisans işlemlerinde indirim gibi bir dizi kolaylaştırıcı müdahalede bulunmaktadır. Sivil toplumun, üniversitelerin, özel sektörün ve kamunun eşgüdüm

içerisinde hareketine imkân sunan bilgi ve teknoloji transferinin sağlanması ve toplumsal katılımın teşvik edilmesi de dönüşüm sürecinde önemli olmaktadır.

Sonuç olarak Türkiye’de yenilenebilir enerji potansiyeli oldukça yüksektir. Bu zenginlik enerji bağımsızlığını artırma ve çevresel hedeflere ulaşma açısından oldukça umut vericidir. Uygun stratejik hedefler ve destek mekanizmaları ile Türkiye’nin yenilenebilir enerji alanındaki ilerlemesi, sürdürülebilir ekonomi ve sürdürülebilir çevre koşullarının yaratılmasına imkân sunacaktır.

Kaynakça

- Akdağ, V., Gözen, M. (2020). Yenilenebilir enerji projelerine yönelik güncel yatırım ve finansman modelleri: karşılaştırmalı bir değerlendirme. *Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 18(Armağan Sayısı), 139-156.
- Akdoğan, D. A. (2016). *Türkiye’de yenilenebilir enerjiye yönelik teşviklerdeki son gelişmeler*. Political Economy of Taxation, Editors: Murat Aydın, S. Sami TAN, IJOPEC Publication, (23), 151-165.
- Akiner, M. E. (2025). Structural Obstacles to Energy Transition in Türkiye and Holistic Solution Proposals: A Political, Economic and Social Dimensional Analysis. *Energies*, 18(10), 2591.
- Arslan, S., Darıcı, M., ve Karahan, Ç. (2001). *Türkiye’nin jeotermal enerji potansiyeli*. Jeotermal Enerji Semineri, 21-27.
- Başkaya, Z. (2024). Bilecik İlinin Rüzgar Enerjisi Potansiyeli ve Metristepe Rüzgar Enerjisi Santrali. *The Journal of Academic Social Science*, 57(57), 253-276.
- Bilhan, Ö. (2024). Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynakları açısından hidroelektrik ve güneş enerjisinin bölgesel ve iller bazında incelenmesi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 13(4), 1504-1516.
- Budak, Y. (2025). Yenilenebilir Enerji Tüketiminin Ekonomik Büyüme Üzerinde Etkisi: Türkiye Örneğinde Amprik Bulgular (1990-2022). *Journal of Recycling Economy & Sustainability Policy*, 4(1), 93-103.
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ). (2023a). *DSİ 2023 Yılı Faaliyet Raporu*. https://cdnys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetFile/425/Sayfa/759/1107/DosyaGaleri/dsi_2023_yili_faaliyet_raporu.pdf (10.09.2024)
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ). (2023b). *DSİ 2023 Yılı Resmi Su Kaynakları İstatistikleri*, https://cdnys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetGaleriFile/425/DosyaGaleri/7072/4.1.illere_gore_yapimi_tamamlanan_barajlar_ve_faydaları_19362023.xls (29.06.2025)
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ). (2025). 2024 yılında enerjimizin %21,5’i HES’lerden, <https://dsi.gov.tr/Haber/Detay/14826> (29.06.2025)
- Enerji İşleri Genel Müdürlüğü. (2025a), Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası, <https://gepa.enerji.gov.tr/> (29.06.2025)
- Enerji İşleri Genel Müdürlüğü. (2025b). Türkiye Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası, <https://bepa.enerji.gov.tr/> (29.06.2025)
- European Investment Bank (EIB), (2024). Invested In Renewables, A History of Renewable Energy, <https://www.eib.org/en/essays/history-renewable-energy#:~:text=Early%20humans%20discovered%20renewable%20energy,was%20critical%20to%20human%20evolution.> (20.06.2025)
- Gözkün, K. A., & Orhangazi, Ö. (2025). Green transition for Turkey: Growth, employment, and trade deficit effects. *Energy Policy*, 202, 114577.
- Güler, N. Ü., & Yumurtacı, Z. (23-24 Eylül 2021). YEKDEM politikası ve yenilenebilir enerji gelişimi. 6. İzmir Rüzgâr Sempozyumu, İzmir
- International Energy Agency (IEA). (2002). *World Energy Outlook*, Paris, France. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2002> (2.10.2024).
- International Energy Agency (IEA). (2021a). *Challenges and opportunities beyond 2021* <https://www.iea.org/reports/renewable-energy-market-update/challenges-and-opportunities-beyond-2021> (10.09.2024)
- International Energy Agency (IEA). (2021b). Turkey 2021 Energy Policy Review, https://www.oecd.org/en/publications/turkey-2021-energy-policy-review_0633467f-en.html (26.06.2025)
- International Energy Agency (IEA). (2022a). *World Energy Balances: Overview*. <https://www.iea.org/reports/world-energy-balances-overview/world> (5.10.2024)
- International Energy Agency (IEA). (2022b). Tracking SDG7 The Energy Progress Report 2022, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/37fb9f89-71de-407f-8ff4-12f46ec20a16/TrackingSDG7TheEnergyProgressReport2022.pdf> (29.06.2025)
- International Energy Agency (IEA). (2024). Hydroelectricity, <https://www.iea.org/energy-system/renewables/hydroelectricity> (29.06.2025)
- International Energy Agency (IEA). (2025). Energy supply, <https://www.iea.org/countries/turkiye/energy-mix> (25.06.2025)
- İllez, B. (2020). *Türkiye’de biyokütle enerjisi*. Türkiye’nin Enerji Görünümü, 317-346.
- Karayel, G. K., Javani, N., & Dincer, I. (2023). Hydropower

- for green hydrogen production in Turkey. *International Journal of Hydrogen Energy*, 48(60), 22806-22817.
- Kayısoğlu, B. ve Diken, B. (2019). Türkiye'de yenilenebilir enerji kullanımının mevcut durumu ve sorunları. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 15(2), 61-65.
- Kılınç, E. C., & Şahbaz, N. (2021). Ar-Ge ve inovasyonun yenilenebilir enerji üretimi üzerindeki etkisi: Panel veri analizi. *Alanya Akademik Bakış*, 5(2), 1087-1105.
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA). (2024). *Türkiye Jeotermal Enerji Potansiyeli ve Arama Çalışmaları*, <https://www.mta.gov.tr/v3.0/arastirmalar/jeotermal-enerji-arastirmalari> (8.09.2024)
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA). (2025). *Jeotermal Kaynaklar ve Uygulama Haritası*, <https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/jeotermal-harita/images/3.jpg> (29.06.2025)
- Naimoglu, M., & Akal, M. (2023). The relationship between energy technology, energy efficiency, renewable energy, and the environment in Türkiye. *Journal of Cleaner Production*, 418, 138144.
- Office of Energy Efficiency & Renewable Energy. (2024). *Renewable Energy*. <https://www.energy.gov/eere/renewable-energy> (1.10.2024)
- Önal, E., Yarbay, R. Z. (2010). Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli ve geleceği. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9(18), 77-60.
- Özkaya, S. Y. (2022). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları*, T.C. Dışişleri Bakanlığı, <https://www.mfa.gov.tr/yenilenebilir-enerji-kaynaklari.tr.mfa> (3.10.2024)
- PricewaterhouseCoopers (PwC). (2021). *Biyokütle ve Biyoenerji Sektörlerine Genel Bakış*. <https://www.pwc.com.tr/biyokutle-ve-biyoenerji-sektorlerine-genel-bakis> (15.09.2024)
- PricewaterhouseCoopers (PwC). (2023). *Türkiye Elektrik Piyasasına Genel Bakış*. <https://www.pwc.com.tr/tr/sektorler/enerji/2024/turkiye-elektrik-piyasasına-genel-bakis-2023.pdf> (10.09.2024)
- Sahmerdan, O., Cimsit, C., Arici, M., & Colpan, C. O. (2025). Thermodynamic performance assessment of solar-based hydrogen production systems in Turkey: A detailed review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 208, 115034.
- Sarhan, Ö., Atlı, T., Gündoğan, F. (2023). İklim Değişikliği Ve Türkiye Hidroelektrik Enerji Planlaması, M. E. Aydın & A. D. Şahin (Ed.), *İklim Değişimi Çerçevesinde Su Kaynaklarının Mevcut Durumu ve Geleceği*, Türkiye Bilimler Akademisi, 299-318, 10.53478/TUBA.978-625-8352-56-6.ch14
- Sayed, E. T., Olabi, A. G., Alami, A. H., Radwan, A., Mdallal, A., Rezk, A., ve Abdelkareem, M. A. (2023). Renewable energy and energy storage systems. *Energies*, 16(3), 1415.
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2024). *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Tüketim İçindeki Payı*. <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/yenilenebilir-enerji-kaynaklarinin-tuketim-icin-deki-payi-i-85809> (10.09.2024).
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2024). *Yenilenebilir Enerji Yatırımları ve Destekleme Mekanizmaları*. https://ticaret.gov.tr/data/65dc9d3113b8762768385d66/ETKB%20SKDM%20Sunum-Yenilenebilir%20Enerji_23022024.pdf (18.09.2024)
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2025a). *Türkiye rüzgâr enerjisi potansiyeli*, <https://repa.enerji.gov.tr/REPA/bolgeler/TURKIYE-GENELI.pdf> (29.06.2025)
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2018). *Verimli Enerji Güçlü Türkiye*. <https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/EVCED/tr/EnerjiVerimlili%20UlusalEnerjiVerimlili%20EylemPlan%C4%B1/Belgeler/UEVEP.pdf> (19.09.2024)
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2022a). *Türkiye Ulusal Enerji Planı*. https://enerji.gov.tr/Media/Dizin/EIGM/tr/Raporlar/TUEP/T%C3%BCrkiye_Ulusal_Enerji_Plan%C4%B1.pdf (10.09.2024)
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2022b). *Bilgi Merkezi, Enerji, Hidrolik*. <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-hidrolik> (10.09.2024)
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2022c). *Bilgi Merkezi, Enerji, Rüzgar*. <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-ruzgar> (10.09.2024).
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2022d). *Bilgi Merkezi, Enerji, Güneş*. <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-gunes> (09.10.2024)
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2022e). *Bilgi Merkezi, Enerji, Jeotermal*. <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-jeotermal> (09.10.2024)
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2022f). *Bilgi Merkezi, Biyokütle*, <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-biyokutle> (09.10.2024)
- T.C. Resmi Gazete. (2003, Temmuz). *Avrupa Birliği Müktesebatının Üstlenilmesine İlişkin Türkiye Ulusal Programının Uygulanması, Koordinasyonu ve İzlenmesine Dair Karar*. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2003/07/20030724m1.htm> (2.10.2024)
- T.C. Resmi Gazete. (2007, Nisan). *Enerji Verimliliği*

- Kanunu.*
<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2007/05/20070502-2.htm> (09.09.2024)
- T.C. Resmi Gazete. (2012, Şubat). *Enerji Verimliliği Strateji Belgesi, 2012-2023.*
<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/02/20120225-7.htm> (09.09.2024)
- T.C. Resmi Gazete. (2017, Aralık). *Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı 2017-2023.*
<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/01/20180201M1-1.htm> (10.09.2024)
- T.C. Ticaret Bakanlığı. (2021). *Yeşil Mutabakat Eylem Planı 2021.*
<https://ticaret.gov.tr/data/60f1200013b876eb28421b23/MUTABAKAT%20YE%C5%9E%C4%B0L.pdf> (20.09.2024)
- TEİAŞ (2023), 2023 Yılı Türkiye Elektrik Enerjisi Üretiminin Kaynaklara Göre Dağılımı,
<https://webim.teias.gov.tr/file/2e8f7a79-8861-4a1e-8e29-0319f6c0b0af?download> (29.06.2025)
- Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği (2025), Türkiye Rüzgar Enerjisi İstatistik Raporu - Ocak 2025 (Özet),
<https://www.tureb.com.tr/yayin/turkiye-ruzgar-enerjisi-istatistik-raporu-ocak-2025--ozet-/1167> (29.06.2025)
- Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği. (2019). Türkiye rüzgar enerjisi istatistik raporu,
<https://www.tureb.com.tr/lib/uploads/4e77501b714739a9.pdf> (29.06.2025)
- Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği. (2024). *Neden Rüzgar Enerjisi.* <https://tureb.com.tr/eng/kurumsal/neden-ruzgar-enerjisi/3> (11.09.2024)
- Türköz, K. (2023). Doğrudan Yabancı Yatırımların Yenilenebilir ve Fosil Enerji Tüketimi Üzerindeki Etkileri: Türkiye için Saklı Eşbütünleşme Analizi Bulguları. *Yaşar Üniversitesi E-Dergisi*, 18(69), 1-18.
- U.S. Energy Information Administration (EIA). (2024). *What is U.S. electricity generation by energy source?*
<https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=427&t=3> (2.10.2024)
- United Nations (2025). Climate Action, Causes and Effects of Climate Change,
<https://www.un.org/en/climatechange/science/causes-effects-climate-change#:~:text=Fossil%20fuels%20%E2%80%93%20coal%20oil%20and,of%20all%20carbon%20dioxide%20emissions.> (20.06.2025)
- United Nations Climate Change. (2024). *What is the Kyoto Protocol?* https://unfccc.int/kyoto_protocol (1.10.2024)
- United Nations Türkiye (2025). Sustainable Development Goal 7, Affordable and Clean Energy,
<https://turkiye.un.org/en/sdgs/7> (20.06.2025)
- United Nations. (1992a). *United Nations Conference on Environment and Development*, Rio de Janeiro, Brazil, 3-14 June 1992,
<https://www.un.org/en/conferences/environment/rio1992> (1.10.2024)
- United Nations. (1992b). *United Nations Conference on Environment and Development*, Agenda 21,
https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf?_gl=1*1b89vbp*_ga*MjA5NDQyOTE4MS4xNzI4Mjg1NzIy*_ga_TK9BQL5X7Z*MTcyODI4OTg4NC4yLjEuMTcyODI5MTIyMC4wLjAuMA.. (1.10.2024).
- United Nations. (2002). *World Summit on Sustainable Development*, 26 August-4 September 2002, Johannesburg,
<https://www.un.org/en/conferences/environment/johannesburg2002> (2.10.2024)
- Ural, T., & Karaca, G. (2016). Hidrojen ekonomisi. *Küresel Mühendislik Çalışmaları Dergisi*, 3(2), 145-154.
- Ürker, O. ve Çobanoğlu, N. (2012). Türkiye’de Hidroelektrik Santrallerin Durumu (Hes’ler) ve Çevre Politikaları Bağlamında Değerlendirilmesi. *Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(2), 65-88.
- Varınca, K. B., Gönüllü, M. T. (2006). *Türkiye’de güneş enerjisi potansiyeli ve bu potansiyelin kullanım derecesi, yöntemi ve yaygınlığı üzerine bir araştırma.* Ulusal güneş ve hidrojen enerjisi kongresi, 21, 23.
- World Wide Fund For Nature (WWF). (2011). *Yenilenebilir Enerji Geleceği ve Türkiye.*
https://wwftr.awsassets.panda.org/downloads/wwftr_yenilenebilirenerjigelecegiturkiye.pdf (15.09.2024)
- Yılmaz, O. ve Hotunluoğlu, H. (2015). Yenilenebilir enerjiye yönelik teşvikler ve Türkiye. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2(2), 74-97.