



## TÜRKİYE'NİN YEŞİL BÜYÜME PERFORMANSININ PARİS ANLAŞMASI BAĞLAMINDA KARBON VERİMLİLİĞİ ÜZERİNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ

Meltem TARI ÖZGÜR<sup>1</sup>

### Öz

Günümüzde iklim değişikliğinin, Dünya'nın geleceği ile ilgili en ciddi tehditlerden birisi olduğu herhangi bir şüpheye yer kalmayacak şekilde açıklığa kavuşmuştur. İklim değişikliğinin büyük oranda insan faaliyetleri tarafından tetiklendiği de bilinmektedir. Bu nedenle Paris Anlaşması'na taraf olan ülkeler, ortalama yüze sıcaklığı artışının 2100 yılına kadar sanayileşme öncesindeki seviyeye kıyasla 2,0 °C ile sınırlandırılması konusunda anlaşmaya varmıştır. Bu hedef için gerekli sera gazı azalımının ekonomik büyümeden ödün vermeden sağlanabilmesi için yeşil büyüme modeli benimsenmiştir. Bu çalışmada ilk olarak gerçek yeşil büyüme (GYB) tanımı yardımıyla yeşil büyüme modelinin Paris Anlaşması'na uyumu sağlanmıştır. GYB'nin sağlanabilmesi başka bir deyişle 2,0 °C hedefine ulaşılabilmesi için yıllık karbon verimliliği artışının %5 olması gerektiği, çalışmada kullanılan küresel ekonomik büyüme projeksiyonu ve sera gazı salımı senaryosu göz önünde bulundurularak gösterilmiştir. Ardından Türkiye'nin GYB performansı, 2004-2020 yılları arasında seçilmiş ülkeler ve ülke grupları ile karşılaştırılmıştır. Türkiye'nin çalışma döneminde kaydettiği görece yüksek büyüme ve karbondioksit salımında sergileyemediği iyileşme nedenleriyle 2,0 °C hedefine uzak kaldığı sonucuna varıldığından, toplam enerji temininde teknolojik dönüşüme ihtiyacı olduğu değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** İklim Değişikliği, Küresel Isınma, Yeşil Büyüme, Karbon Verimliliği.  
**JEL Sınıflandırması:** F64, O44, Q56.

## EVALUATION OF TÜRKİYE'S GREEN GROWTH PERFORMANCE BASED ON CARBON EFFICIENCY IN THE CONTEXT OF THE PARIS AGREEMENT

### Abstract

Today, it has become clear beyond any doubt that climate change is one of the most serious threats to the future of the Earth. It is also known that climate change is largely triggered by human activities. For this reason, countries party to the Paris Agreement agreed to limit the increase in average surface temperature to 2.0 °C compared to the pre-industrialization level by 2100. The green growth model has been adopted to achieve the greenhouse gas reduction required for this target without compromising economic growth. In this study, firstly, the compliance of the green growth model with the Paris Agreement was ensured with the help of the definition of real green growth (RGG). It has been shown that the annual carbon efficiency increase must be 5% in order to achieve the RGG, in other words to reach the 2.0 °C target, considering the global economic growth projection and greenhouse gas emission scenario used in this study. Then, Türkiye's RGG performance was compared with selected countries and country groups between 2004-2020. Since it was concluded that Türkiye remained far from the 2.0 °C target due to the relatively high growth recorded and the lack of improvement in carbon dioxide emissions during the study period, it was evaluated that Türkiye needs a technological transformation in total energy supply.

**Keywords:** Climate Change, Global Warming, Green Growth, Carbon Productivity.  
**JEL Classification:** F64, O44, Q56.

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lapseki Meslek Yüksekokulu, Finans Bankacılık ve Sigortacılık Bölümü, mtozgur@comu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0756-0882

## 1. Giriş

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde ekonomik büyüme ile iklim değişikliğine yol açan karbondioksit (CO<sub>2</sub>) salımı arasında güçlü bir ilişki söz konusudur (Cohen vd., 2018: 25). Bu yüzden ekonomik büyümeye yönelik geleneksel “önce büyü, sonra temizle” yaklaşımları, bölgesel ekonomilerin ve toplumların geleceğini giderek daha fazla riske atmaktadır (UNESCAP, 2013: 3). İklim değişikliğinin Dünya’nın geleceği için en büyük küresel tehditlerden birisi olarak uluslararası kamuoyunda gündemin değişmez maddelerinden biri haline gelmesiyle, yeşil büyüme geniş kesimler tarafından benimsenerek daha fazla dikkat çekmeye başlamıştır (Hussain vd., 2022: 1). Yeşil büyüme teori olarak, devam eden ekonomik genişlemenin gezegenimizin ekolojisiyle uyumlu hale getirilmesi gerektiğini ve istenirse getirilebileceğini öne sürmektedir. Uzun zamandır Ekolojik Modernizasyon veya Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezleri ile şekillenen sürdürülebilir kalkınma retoriğinde gizli kalmış olan bu görüş, yeşil büyüme teorisi ile resmi bir iddia olarak ortaya konulmaktadır (Hickel ve Gallis, 2020: 469). Günümüzde Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD), Dünya Bankası (WB), Avrupa Komisyonu (EC), Birleşmiş Milletler (BM) ve diğer önemli uluslararası organizasyonlar yeşil büyüme teorisini desteklemektedir. Avrupa Birliği (AB) ise yeşil büyümeye dayalı bir kalkınma modeli aracılığıyla 2050 yılında iklime zararsız (iklim-nötr) ilk kıta olma hedefini ortaya koymuştur.

Öte yandan yeşil büyüme teorisi üzerine görüş birliğinin güçlendiği bu süreçte iklim değişikliği nedeniyle çevresel ve sosyal şartlarda yaşanan olumsuz etkiler her geçen gün yoğunlaşarak daha büyük boyutta hissedilmektedir. İklim değişikliğine bağlı küresel yüzey sıcaklığı artışı (küresel ısınma) hız kesmeden devam etmektedir. Küresel yüzey sıcaklığı 2011-2020 döneminde 1850-1900 dönemine göre 1,1 °C artmıştır. Üstelik bu artışın güneş ve volkanik etkilerden bağımsız olarak neredeyse tamamen insan aktiviteleri ile ortaya çıkan sera gazlarından kaynaklandığı Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından ortaya konulmuştur. Önemli bir sera gazı olan CO<sub>2</sub> salımı ele alındığında 1850 yılından bu yana toplam salımın yaklaşık yarısı son 30 yıl içinde gerçekleşmiştir. Sadece 2010’lu yıllarda net sera gazı salımında görülen artış %12 civarındadır. Küresel ısınma nedeniyle tüm dünyada afetlerin sayısı ve boyutunda artış görülmektedir. Üstelik bu afetlerden etkilenen insanların büyük bir çoğunluğu sera gazı salımında en düşük paya sahip olan bölgelerde yaşamaktadır. Bu açıdan değerlendirildiğinde küresel ısınma önemli bir sosyal adaletsizliği de beraberinde getirmektedir (IPCC, 2023: 14). IPCC projeksiyonlarına göre küresel ısınmanın uzun vadede (2100 yılına kadar) farklı sera gazı salımı senaryolarına göre 1,0 °C ile 5,7 °C aralığında olacağı beklenmektedir. Küresel yüzey sıcaklığında artışla beraber buzulların erimesi, deniz seviyesinde yükselme, yangınların süresinde ve sıklığında artış, biyolojik çeşitliliğin kaybı, karasal kesimlerde su kaynaklarına erişim zorluğu, gıda arzının tehlikeye girmesi ve benzeri olumsuzluklar daha fazla hissedilir olacaktır (IPCC, 2021: 29). WB, 2018 yılında yayımladığı raporda uzun vadede küresel ısınmanın 2,6 °C ile 4,8 °C aralığında olması durumunda sadece Sahra Altı Afrika, Güney Asya ve Latin Amerika bölgelerinde ülke içi iklim göçmeni sayısının 2050 yılına kadar 143 milyona ulaşacağı tahmininde bulunmuştur (Rigaud vd., 2018: 109). Ekonomi ve Barış Enstitüsü (The Institute for Economics and Peace, IEP), 2023 yılı itibarıyla küresel nüfusun %22’sine tekabül eden 1,8 milyar insanın çevresel tehditlerden en az birine maruz kaldığını ortaya koymuştur. Çevresel tehdit olarak değerlendirilen gıda güvenliği, doğal afetler, demografik baskı ve içme suyu riski açısından tehdit altında kalacak insanların sayısının 2050 yılında 2,8 milyara ulaşması beklenmektedir (IEP, 2023: 12). Bu sebeple iklim değişikliğini sınırlandırmak üzere 2015 yılında imzalanan ve eşine az rastlanır şekilde sadece 1 yıl sonra yürürlüğe giren Paris Anlaşması’nda küresel ortalama sıcaklık artışının sanayileşme öncesi döneme (1850-1900 yılları arası) kıyasla 2 °C’nin altında tutulması ve aynı döneme kıyasla 1,5 °C’nin altında tutulması için gerekli çabanın gösterilmesi gerektiği ifade edilmiştir.

Bu çalışmada giriş bölümünden sonra yeşil büyüme kavramının tarihsel sürecine ve tanımına ilişkin literatüre yer verilmiş, Paris Anlaşması’nda ifade edilen 2 °C sınırını sağlamak için gerekli yeşil büyümenin şartları ortaya konulmuştur. Bu bölümleri takiben 2021 yılında Paris Anlaşması’na taraf olan Türkiye’nin 2004-2020 yılları arasındaki yeşil büyüme performansı seçilen ülkelere ilaveten

OECD ve AB gibi ülke gruplarının ortalamaları ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Son bölümde ise elde edilen bulgular ışığında varılan sonuç ve yeşil büyüme politikası üzerine öneriler ifade edilmiştir.

## **2. Literatür Özeti**

### **2.1. Yeşil Büyümenin Tarihsel Süreci**

Sanayi Devrimi ile 18. yüzyılda başlayan ve zamanla yoğunlaşan ekonomik faaliyetlerin ekonomik ve sosyal gelişme düzeyinde meydana getirdiği iyileşme, 20. yüzyıla gelindiğinde insanoğlunu üstesinden gelmesi oldukça güç zor olan çevre problemleriyle karşı karşıya getirmiştir. Bir yandan sosyo-ekonomik gelişme düzeyi yükseltmeye çalışılırken, diğer yandan doğal çevrenin kalitesinin ve toplumun refahının korunması gerekliliğinin farkına varılmıştır. Bu süreç "sürdürülebilirlik" kavramının öneminin algılanmasını sağlayarak, gelecek nesillere yaşanılabilir bir dünya bırakabilmek ve yaşanan iklim değişikliğine karşı tedbir almak amacına sahip olan sürdürülebilir kalkınma konusunu gündeme taşımıştır.

1970'lerle birlikte sera etkisi ve ormansızlaşmanın yol açtığı iklim değişikliği ile doğal kaynakların tükenmesi problemleri günümüzde küresel sorunların başında gelmektedir. Bununla birlikte sanayileşmenin hız kazanması, teknolojik gelişmeler ve dünya nüfusundaki artış dolayısıyla geleneksel yakıtlara ve enerji kaynaklarına olan bağımlılığın artması dolayısıyla karbon salımının artması ve ortaya çıkan asit yağmurları hem ulusal hem de uluslararası boyutta çevresel zarara yol açmaktadır (Rusu, 2013: 128; Tarı Özgür, 2021: 151). Çevresel sorunlara olan farkındalığın ve duyarlılığın artması sürdürülebilir kalkınma ekseninde yeni bir küresel bakış açısının ortaya çıkmasını sağlamıştır.

1970'lerden itibaren araştırmacılar tarafından ekonomik kalkınma ile çevre arasındaki ilişki ön plana çıkarılmıştır. Teknolojik ilerlemeler ve yeni doğal kaynak rezervlerinin keşfedilmesi ile ortaya çıkan büyümenin sürdürülebilir olması gerektiği ifade edilmiştir. Sürdürülebilirliğin, nesillerin refah seviyesi ve fırsat eşitliği anlamında önceki nesillerden geride kalmadığı müddetçe sağlanabileceği düşüncesi öne çıkmıştır. Böylelikle doğal kaynakların rasyonel kullanımına ve çevrenin korunmasına daha fazla önem verilmeye başlanmıştır (Diniz ve Bermann, 2012: 323-324). Bu bakış açısı 1972 yılında Stockholm'de gerçekleştirilen BM İnsan Çevresi Konferansı ile ilk kez somut bir adıma dönüşmüştür. Stockholm bildirisinin ardından uluslararası çevre hukukunun oluşturulmasında çok önemli role sahip olan BM Çevre Programı (UNEP) 1972 yılında kurulmuştur.

1987 yılında BM tarafından yayımlanan ve sürdürülebilir kalkınmanın ilk tanımının yapılarak temellerinin atıldığı, Ortak Geleceğimiz (Our Common Future) başlığı ile sunulan Brundtland Raporu ile birlikte, ekonomik gelişme, toplumsal refah ve çevre problemleri bir arada ele alınmaya başlanmıştır. Rapora göre insanoğlu gelecek nesillerin ihtiyaçlarının karşılanmasına engel teşkil etmeyecek şekilde kendi ihtiyaçlarını karşılayabileceği bir sürdürülebilir kalkınma potansiyeline sahip olabilmektedir. Teknolojik ve çevresel sınırlar söz konusu olsa da bu alanlardaki düzenlemelerle çevreyi koruyarak ekonomik büyümenin sağlanması mümkün hale gelmektedir (BM, 1987).

Küresel iklim değişikliği ile mücadele kapsamında BM'nin Haziran 1992'de düzenlediği ve Rio Dünya Zirvesi olarak anılan BM Çevre ve Kalkınma Konferansı çevre konusunda yeni bir uluslararası eylem planı oluşturulması açısından büyük öneme sahiptir. Bu zirve ile çevre ve kalkınma konularında uluslararası iş birliğinin sağlanması hedeflenmiştir. Bu zirvenin sonucunda, ilk uluslararası çevre sözleşmesi olarak BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) ortaya çıkmış ve taraflarca onaylanarak 1994 yılında uygulamaya konulmuştur (Baker, 2006, p.6; BM, 1992).

2000 yılında düzenlenen Binyıl Zirvesi ile 2002 yılında düzenlenen Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi (Rio+10) sürdürülebilir kalkınma modelini teşvik etmede önemli bir rol oynamıştır (Baker, 2006, p.6). Rio+10'da imzalanan sözleşmenin uygulamaya konulmasından sonra 1997

yılında imzalanmış olan Kyoto Protokolü 2005 yılında yürürlüğe girmiştir. Kyoto Protokolü ile taraflar BMİDÇS kapsamında üzerinde anlaşmaya varılan hedeflere uygun olarak CO<sub>2</sub> ve sera etkisine neden olan diğer gazların salımının azaltılmasını, iklim değişikliğiyle ilgili önlemler alınmasını ve alınan önlemlere ilişkin olarak belirli aralıklarla rapor verilmesini taahhüt etmişlerdir (BM, 1997). 2012 yılındaki Rio+20 Sürdürülebilir Kalkınma Konferansı'nda yeşil büyüme kavramı ilk kez ana tema olarak ortaya çıkmış ve eş zamanlı olarak 'yeşil ekonomi' ve 'sürdürülebilir ekonomik büyüme' çağrısında bulunan İsteddiğimiz Gelecek (The Future We Want) (BM, 2012) isimli sonuç belgesinde belirgin bir şekilde yer almıştır. 2015 yılında Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarının BM'de kabulü ile iklim değişikliği ile mücadele büyük ivme kazanmıştır. Yeşil büyüme açıklanan kalkınma amaçlarının önemli bir kısmına ulaşmak için son derece etkili bir araç olarak değerlendirilmektedir (Houssam vd., 2023: 1). 2016 yılında yürürlüğe giren Paris Anlaşması, Kyoto Protokolü'nün geçerliliğini yitirdiği 2020 yılı sonrasına yönelik olarak iklim değişikliği tehdidini kontrol altına almayı hedeflemektedir. Paris Anlaşması ile küresel ortalama sıcaklık artışının sanayileşme öncesi döneme (1850-1900 yılları arası) kıyasla 2 °C altında tutulması ve aynı döneme kıyasla 1,5 °C altında tutulması için gerekli çabanın gösterilmesi gerektiği ifade edilmiştir. Paris Anlaşması'nın devamı niteliğinde bir eylem planı olan ve 2019 yılında açıklanan Avrupa Yeşil Mutabakatı (AYM) sera gazı salımı ile küresel sıcaklıkların düşürülmesini ve iklim ve çevre sorunlarının giderilmesini hedefleyen önemli bir diğer uluslararası adımdır (EC, 2019). AB, iklime zararsız ilk kıta olma hedefine ulaşmak için yeşil büyüme stratejisini kullanacağını AYM ile ilan etmiştir.

Yeşil büyüme konusunda sağlanan görüş birliğinin dışında kalarak çevresel zararı azaltmanın yolu olarak ekonomik küçülmeyi savunuların sayısı da giderek artmaktadır (Weiss ve Cattaneo, 2017: 222). Ekonomik küçülme yaklaşımı, sürekli ekonomik büyümenin sürdürülebilirliğini sorgular ve doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımının sağlanması için toplumun organizasyonunda daha temel değişiklikler gerektiğini savunur; bunlar arasında gelişmiş ülkelerde üretim ve tüketim düzeylerinde önemli düşüşler de bulunur (D'Alisa vd., 2015: 213). Ekonomik küçülme, lehindeki argümanlara rağmen marjinal bir yaklaşım olarak çevresel sürdürülebilirlik için politika girişimlerinde nadiren dikkate alınırken, yeşil büyüme çevresel sürdürülebilirlik için baskın çözüm olmaya devam etmektedir (Sandberg vd., 2019: 133).

## 2.2. Yeşil Büyümenin Tanımı

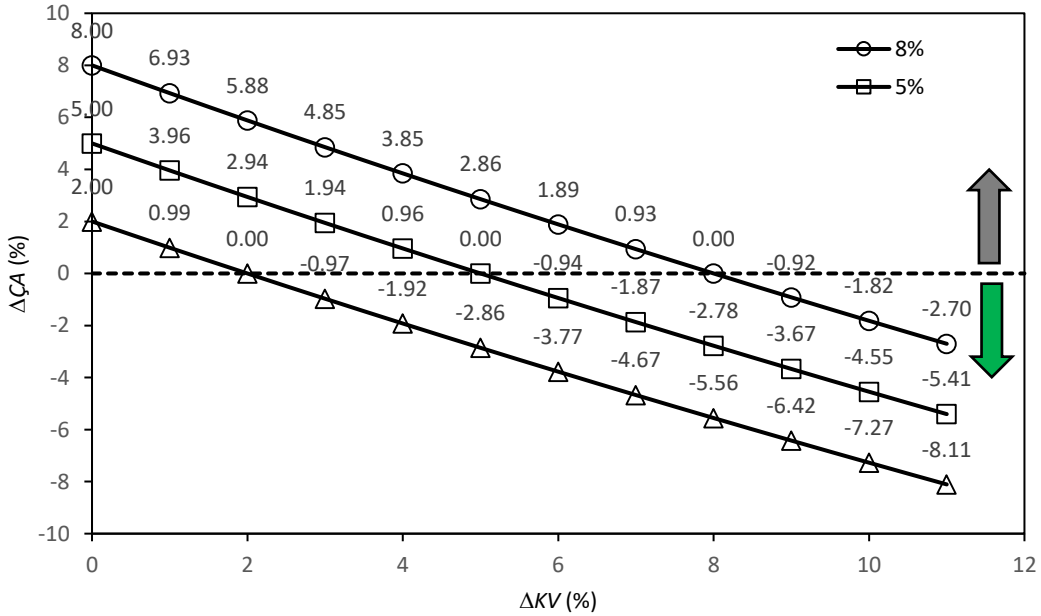
Uluslararası organizasyonların yeşil büyüme kavramını açıklamak için kullandıkları ifadeler farklılık göstermektedir. OECD yeşil büyümeyi, ekonomik büyüme ve kalkınma kaydedilirken toplum refahının dayandığı kaynakların ve çevresel hizmetlerin doğal varlıklardan sağlanabilmesinde devamlılığın korunması olarak tarif etmektedir. Bununla birlikte yeşil büyüme sürdürülebilir büyümenin desteklenmesi ve yeni ekonomik fırsatların ortaya çıkmasının sağlanması için yatırım ve inovasyonun teşvik edilmesini de içermektedir (OECD, 2011: 18). Dünya Bankası'nın tanımına göre yeşil büyüme, doğal kaynakların kullanımı açısından verimli, kirliliği ve çevresel etkileri en aza indirmesi açısından temiz ve doğal tehlikeleri hesaba katması açısından dirençli bir büyümedir (WB, 2012: 2). EC ise yeşil büyümenin amacını daha az kaynak kullanarak daha fazla değer yaratmak ve mümkün olan her yerde bunları çevreye daha uygun seçeneklerle değiştirmek olarak açıklamaktadır (EC, 2017: 5). UNEP insan refahını ve sosyal eşitliği iyileştirirken çevresel riskleri ve ekolojik kısıtları da önemli ölçüde azaltan ekonomi modeli için yeşil ekonomi ifadesini kullanmıştır. Yeşil büyüme ise yeşil ekonomi içinde kamu ve özel sektör yatırımları ile CO<sub>2</sub> salımını ve kirliliği azaltan, enerji ve kaynak verimliliğini artıran, biyolojik çeşitlilik ve ekosistem hizmetlerinin kaybını önleyen gelir artışı olarak tanımlanmaktadır (UNEP, 2011; 1). Söz konusu tanımlamaların tamamı yeşil büyümenin çevre dostu ve sosyal açıdan kapsayıcı olması gerekliliğine işaret etmektedir. Fakat hiçbirisi yeşil büyüme için ölçülebilir bir kıstas tanımlamamaktadır. Paris Anlaşması ile karar verilen küresel sıcaklık artışı sınırlaması için yeterli olmayan bir büyüme yaklaşımı, çevre dostu ve sosyal açıdan kapsayıcı olsa da yeşil büyümenin sağlanıp sağlanmadığı halen tartışmaya açık bir konudur.

Bu konuda öne çıkan çalışmalardan birinde Stoknes ve Rockström (2018: 42), yeşil büyümeyi toplam çevresel ayak izini azaltan ekonomik çıktındaki artış olarak tanımlamıştır. Çalışmada yeşil büyümenin biri zayıf, diğeri güçlü olmak üzere iki tanımı önerilmiştir. Her ikisi de kaynak ve karbon verimliliği ölçümlerine dayanıyor olmakla birlikte zayıf yeşil büyüme mutlak ayrıştırılmayı gerektirirken, güçlü veya "gerçek yeşil büyüme" (GYB) gezegensel sınırlar dâhilinde bilime dayalı hedeflere ulaşmak için yeterli ayrıştırılmayı gerektirmektedir. Başka bir deyişle zayıf yeşil büyüme ile çevresel ayak izi azalıyor olsa da sıcaklık artışının 2 °C altında tutulması mümkün olmazken GYB ile söz konusu hedefe ulaşılabilir. Bir ülkede yurtiçi madde tüketimi başına elde edilen gayrisafi yurtiçi hâsıla (GSYH) olarak tanımlanan kaynak verimliliği (KV) boyutunda kaydedilen yıllık değişim ( $\Delta KV$ ),  $\Delta GSYH$  ile ifade edilen ekonomik çıktının yıllık değişiminden büyükse yeşil büyüme mevcut denilebilir (Denklemler 1).

$$\Delta KV > \Delta GSYH \quad (1)$$

Örneğin bir ülkede yıllık %2'lik bir GSYH artışı kaydedilirken aynı dönemde KV artışı %4 olursa yıllık CO<sub>2</sub> salımı (ton) ile ifade edilebilen çevresel ayak izi (ÇA) %2 kadar azalmış olmaktadır. Grafik 1'de %2, %5 ve %8 ekonomik büyüme değerleri için çevresel ayak izinin kaynak verimliliği artışı ile değişimi görülmektedir. Daha büyük GSYH artışı ile yeşil büyümenin sağlanabilmesi, başka bir deyişle çevresel ayak izinin azaltılması için kaynak verimliliğinde daha büyük artışlara ihtiyaç doğduğu Grafik 1'den anlaşılmaktadır. Çevresel ayak izinin azaltılması için büyümeden ödün verilmesi durumunda ise istihdam ve yoksulluk gibi çok temel meselelerde sorun yaşanacağı açıktır.

Grafik 1: Farklı Ekonomik Büyüme Değerleri İçin Çevresel Ayak İzinin Kaynak Verimliliği Artışı ile Değişimi



Grafik 1'den görülebileceği üzere kaynak verimliliği artışının ekonomik büyümenin altında kalması durumunda çevresel ayak izi artmaktadır. Ekonomik büyümenin çevreye olumsuz etkileri barındırdığı bu tür büyüme gri büyüme olarak ifade edilmektedir (Denklemler 2).

$$\Delta KV < \Delta GSYH \quad (2)$$

Gri büyüme kavramı, kirlilik yoğun endüstrilerdeki üretim süreçlerinin eklediği ekonomik büyümenin çevre dostu olmayan bileşenlerini tanımlamak için kullanılan nispeten yeni bir kavramdır (Demiral ve Demiral, 2021: 5). Verimlilik artışı sonrasında kaynak kullanımında net bir azalma yoksa bu durum Jevons Paradoksu olarak anılır ve geri tepme etkisini açıklamak için kullanılır. Jevons Paradoksu'nun doğasını anlamak Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri ve dolayısıyla

yeşil büyüme teorisi açısından önemlidir. Çünkü Jevons Paradoksu enerji verimliliğinde iyileştirmeler için çabalayan sürdürülebilir enerji politikalarının ardındaki anlatılara meydan okur (Giampietro ve Mayumi, 2018: 2).

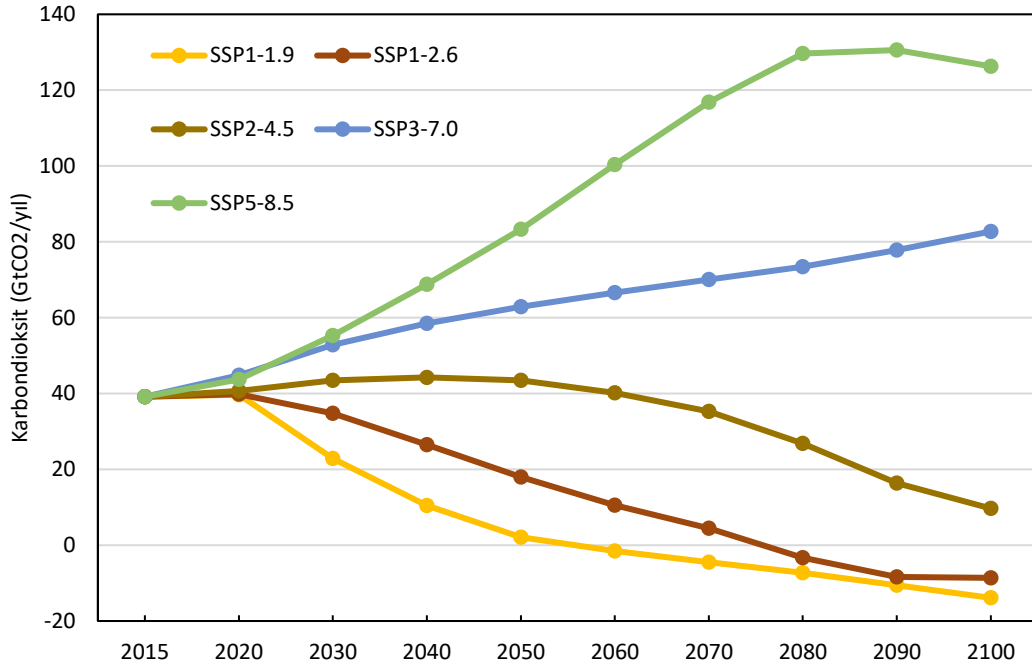
### 3. Yöntem

Literatür özeti GYB'nin varlığına karar verebilmek için KV ve GSYH değişkenlerindeki gelişmelerin küresel ısınma projeksiyonları ile birlikte değerlendirilmesi gerektiğine işaret etmektedir. Bu bölümde ilk olarak farklı sera gazı salımı senaryolarında beklenen küresel ısınma projeksiyonları değerlendirilerek 2 °C hedefine uygun senaryo belirlenmiştir. Ardından belirlenen senaryo yardımıyla GYB için gerekli KV yıllık artış oranına karar verilmiştir.

#### 3.1. Küresel Isınma Projeksiyonları

BM bünyesinde faaliyet gösteren Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ve UNEP tarafından 1988 yılında kurulan IPCC, iklim değişikliğinin sınırlandırılması ve iklim değişikliğine uyum sağlanması amacıyla mevcut verilerin toplanması ve değerlendirilmesi yoluyla hazırladığı değerlendirme raporlarını kamuoyu ile paylaşan bir uzman kuruluştur. IPCC tarafından 2021 yılında yayımlanan 6. Değerlendirme Raporu (AR6) en güncel rapordur. Bu raporda farklı sera gazı salımı seviyeleri ile oluşturulan senaryolar yardımıyla kısa (2021-2040), orta (2041-2060) ve uzun vadede (2081-2100) küresel ısınmanın boyutları ile ilgili projeksiyonlara yer verilmiştir. Grafik 2'de projeksiyonlar için kullanılan sera gazı salımı senaryoları görülmektedir.

Grafik 2: Farklı Sera Gazı Salımı Senaryoları



**Kaynak:** (IPCC, 2021: 13).

SSP5-8.5 ve SSP3-7.0 sırasıyla çok yüksek ve yüksek sera gazı salımı senaryolarıdır. En kötümser senaryo olan SSP5-8.5'e göre mevcut sera gazı salımı 2050 ve 2100 yıllarında sırasıyla 2 ve 3 katına çıkacaktır. Orta sera gazı salımı senaryosu olan SSP2-4.5 ile 2050 yılına kadar mevcut salımın yaklaşık aynı kalacağı öngörülmektedir. SSP1-2.6 ve SSP1-1.9 sırasıyla düşük ve çok düşük sera gazı salımı senaryolarıdır. SSP1-2.6 senaryosu 2075 sonrasında, SSP1-1.9 senaryosu ise 2050 sonrasında salım seviyesinin negatife dönüşeceği gibi oldukça iyimser bir öngörülere dayanmaktadırlar. Tablo 1'de ise söz konusu senaryolar dâhilinde gerçekleşmesi beklenen küresel ısınma seviyeleri paylaşılmıştır.

Tablo 1: Seçilen 20 Yıllık Zaman Dilimleri ve Dikkate Alınan Beş Sera Gazı Salımı Senaryosu İçin Küresel Yüzeysel Sıcaklığındaki Değişiklikler

Senaryo	Yakın vade (2021-2040)		Orta vade (2041-2060)		Uzun vade (2081-2100)	
	Beklenti (°C)	Olası aralık (°C)	Beklenti (°C)	Olası aralık (°C)	Beklenti (°C)	Olası aralık (°C)
SSP1-1.9	1,5	1,2 - 1,7	1,6	1,2 - 2,0	1,4	1,0 - 1,8
SSP1-2.6	1,5	1,2 - 1,8	1,7	1,3 - 2,2	1,8	1,3 - 2,4
SSP2-4.5	1,5	1,2 - 1,8	2,0	1,6 - 2,5	2,7	2,1 - 3,5
SSP3-7.0	1,5	1,2 - 1,8	2,1	1,7 - 2,6	3,6	2,8 - 4,6
SSP5-8.5	1,6	1,3 - 1,9	2,4	1,9 - 3,0	4,4	3,3 - 5,7

**Kaynak:** (IPCC, 2021: 14).

Tablo 1'den görülebileceği üzere sıcaklık artışında Paris Anlaşması'nda karara bağlanan 2 °C değerinin aşılmaması, uzun vadede SSP1-1.9 veya SSP1-2.6 senaryoları ile mümkün olabilmektedir. Sınır durum konumunda olan SSP1-2.6 senaryosunda uzun vadede beklenti 1,8 °C olup senaryonun geçerli olabilmesi için net CO<sub>2</sub> salımının 2050 yılına kadar yarıya indirilmesi, daha uzun vadede 2075 yılında ise sıfırlanması gerektiği Grafik 2'den görülebilir. Bu hedeflere ulaşılabilmesi için kaynak verimliliğinde yeterli bir iyileşme kaydedilmesi büyük önem taşımaktadır. Sınırlandırılmaya çalışılan CO<sub>2</sub> salımı olduğu için konuya kaynak verimliliği yerine daha dar kapsamlı olan karbon verimliliği penceresinden bakmak tercih edilebilir. Mevcut çalışmalarda karbon verimliliği, birim karbon salımı başına üretilen gelir miktarı (firma düzeyinde) veya GSYH (ulusal düzeyde) olarak tanımlanmaktadır (Jung vd., 2023: 3).

### 3.2. 2 °C Hedefi İçin Gerekli Karbon Verimliliği

2 °C hedefinin aşılmaması için SSP1-2.6 senaryosu kapsamında CO<sub>2</sub> salımının 2050 yılına kadar yarıya düşürülmesi gerekliliğinden hareketle yakalanması gereken yıllık karbon verimliliği artışının ne kadar olması gerektiği konusunda önemli çalışmalar mevcuttur. Karbon verimliliğinde sağlanan artışın GSYH büyümesini dengelemesinin yanı sıra büyümenin bir miktar üzerine çıkarak mevcut CO<sub>2</sub> salımı eğilimini tersine çevirmesi gerekmektedir.

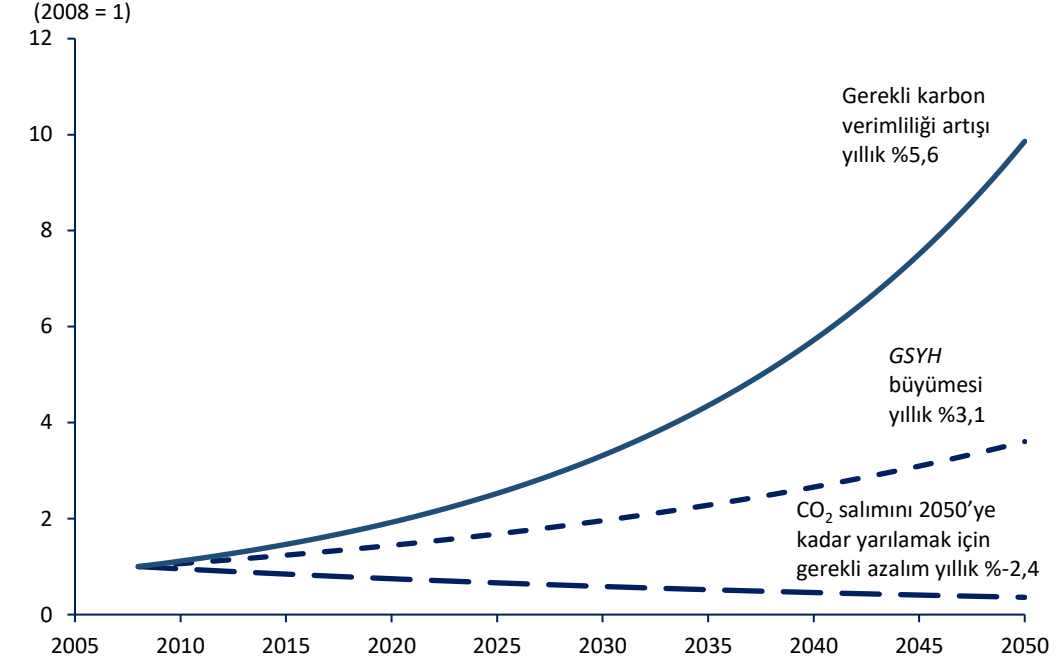
Akimoto vd. (2014: 251), Kaya denklemi (Kaya identity) ve gelecekteki GSYH büyüme senaryolarını kullanan makro faktör analizi yoluyla CO<sub>2</sub> salımının 2050 yılına kadar yarıya indirilmesi için yılda yaklaşık %4'lük benzeri görülmemiş bir karbon verimliliği artışı gerektirdiğini ifade etmiştir. Ekonomi ve İklim Küresel Komisyonu (GCEC), aynı hedefin yakalanması için karbon verimliliği artışının 2030 yılına kadar yıllık %3-4, 2030-2050 yılları arasında yıllık %6-7 civarında olması gerektiğini raporlamıştır (GCEC, 2014: 23). Beinhocker vd. (2008: 11), McKinsey Küresel Enstitüsü için 2008 yılında hazırladıkları raporda CO<sub>2</sub> salımının 20 Gt (gigaton) CO<sub>2</sub> seviyesine düşürülmesi için salımın yıllık %2,4 azaltılması gerektiği belirtmişlerdir. Yıllık GSYH büyümesi ise %3,1 kabul edilerek sağlanması gereken karbon verimliliği artışının yıllık değeri %5,6 olarak hesaplanmıştır (Grafik 3).

Bu çalışmada karbon verimliliğinin ulaşması gereken değer konusunda daha güncel veriler kullanılarak yeni bir hesaplama yapılmıştır. Küresel GSYH büyümesi, OECD projeksiyonu göz önüne alınarak 2020-2050 dönemi için yıllık %2,4 kabul edilmiştir (OECD, 2023a). CO<sub>2</sub> salımı senaryosu olarak kullanılan SSP-2.6, Uluslararası Uygulamalı Sistem Analizi Enstitüsü (IIASA) tarafından sunulan AR6 Senaryonun Gezgini ve Senaryo Veri Tabanı'ndan elde edilmiştir. SSP-2.6 senaryosuna göre küresel CO<sub>2</sub> salımı 2050 yılında, 2020 yılında ulaşılan 42,88 Gt seviyesinden 20,17 Gt seviyesine düşmelidir (IIASA, 2022). Bu veriler yardımıyla küresel CO<sub>2</sub> salımının yıllık %2,5 azaltılması gerektiği belirlenmiştir. CO<sub>2</sub> salımı ve GSYH büyümesi birlikte değerlendirildiğinde 2 °C hedefi için gerekli karbon verimliliği artışı yıllık %4,9 olmaktadır (Grafik 4).

Baz yılı olarak 2020 kullanıldığında karbon verimliliğinin 2050 yılında 4,2 katına çıkarılması gerektiği görülmektedir. Grafik 3 yardımıyla aynı oranın Beinhocker vd. (2008: 11) tarafından 5,1

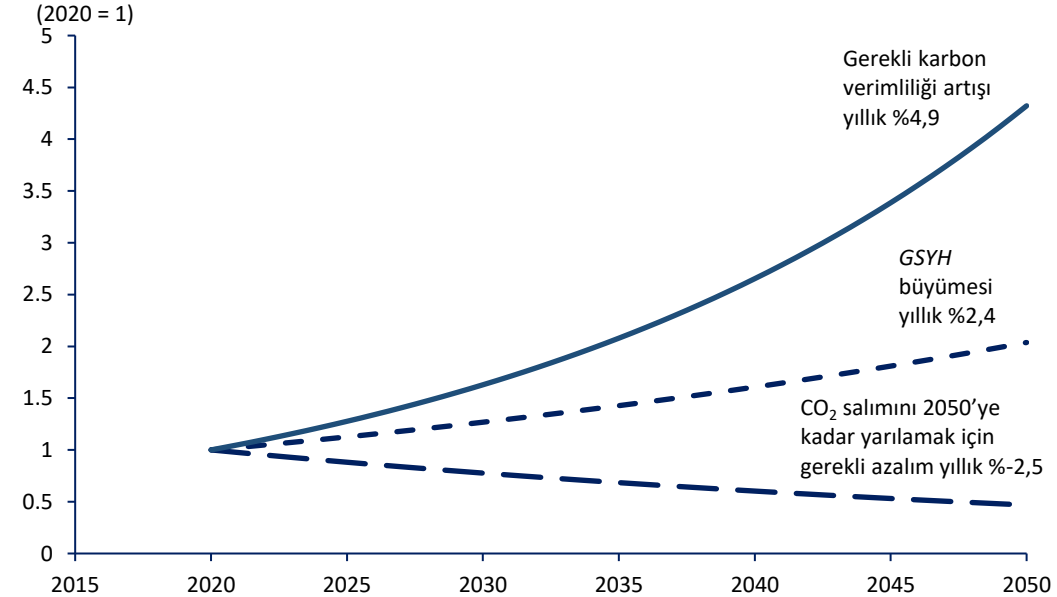
olarak belirlendiği görülebilir. Aradaki farkın küresel GSYH büyümesi için kullanılan projeksiyonlardan kaynaklandığı söylenebilir.

Grafik 3: 2 °C Hedefi İçin Gerekli Karbon Verimliliği



Kaynak: (Beinhocker vd., 2008: 11).

Grafik 4: Bu Çalışmada Belirlenen 2 °C Hedefi İçin Gerekli Karbon Verimliliği



Kaynak: (OECD, 2023a) ve (IIASA, 2022).

Karbon verimliliği artışı için bu çalışmada elde edilen yıllık %4,9'luk artış değeri önceki çalışmalarda önerilen değerlerle uyumlu olduğundan, 2 °C hedefi için gerekli karbon verimliliği artışı yıllık %5 kabul edilebilir. Bu durumda GYB'nin varlığı ancak Denklem 3'ün geçerli olması durumunda mevcut olabilir. Başka bir deyişle büyüme Paris Anlaşması çerçevesinde ele alındığında



yıllık karbon verimliliği artışı %5'in altında kalıyorsa gri büyüme, %5'in üzerinde gerçekleşiyorsa yeşil büyüme mevcuttur.

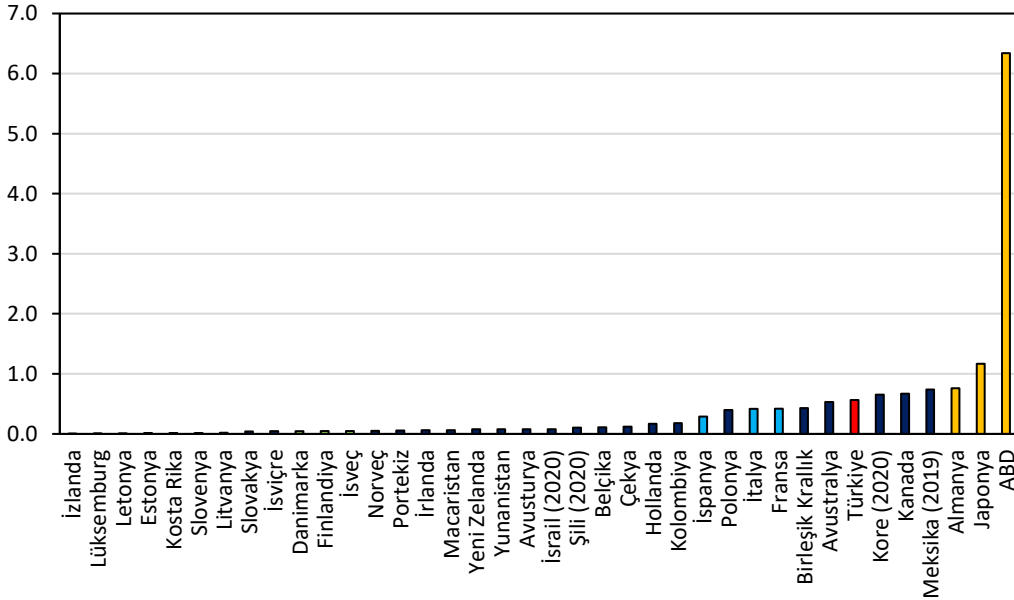
$$\Delta KV > \%5 \quad (3)$$

#### 4. Türkiye'nin GYB Performansı

GYB'nin Denklem 3 ile tanımlanmasının ardından Türkiye'nin GYB performansının karşılaştırılmalı değerlendirmesini yapmak mümkün olmuştur. Bu karşılaştırma için kullanılacak ülkelerin seçiminde OECD Çevre İstatistikleri veri tabanından elde edilen 2021 yılı sera gazı salımı seviyeleri ele alınmıştır (OECD, 2023b). Grafik 5'ten görülebileceği üzere 7'ler grubu (G7) üyesi olan ABD, Almanya ve Japonya sera gazı salımında ilk üç sıradadır. Bu sebeple karşılaştırılmalı değerlendirme için seçilen ilk grupta yer almışlardır. Diğer bir grup, Türkiye ile benzer sera gazı salımı seviyesine sahip olan Kara Avrupası ülkeleri Fransa, İtalya ve İspanya ile oluşturulmuştur. Türkiye ile karşılaştırıldığında oldukça düşük seviyelerde sera gazı salımına sahip Kuzey Avrupa ülkeleri Danimarka, Finlandiya ve İsveç oluşturulan bir diğer gruptur. Son olarak karşılaştırmanın daha kapsayıcı olması için AB, OECD ve BRIICS (Brezilya, Rusya, Hindistan, Endonezya, Çin ve Güney Afrika) üyesi ülkelere ilaveten tüm ülkeleri kapsayan Dünya ile bir grup daha oluşturulmuştur.

Seçilen ülkelerin karbon verimliliği OECD yeşil büyüme göstergeleri veri tabanından derlenmiştir (OECD, 2023c). Üretim tabanlı karbon verimliliği, birim enerji kaynaklı CO<sub>2</sub> salımı (kilogram) başına sağlanan GSYH (sabit PPP\$, 2015=100) olarak hesaplanmıştır. Enerji kaynaklı CO<sub>2</sub> salımı kömür, petrol, doğal gaz ve diğer yakıtların yanması ile ortaya çıkan salımı ifade etmektedir. Bu çalışmada 2000-2004 (baz) dönemi yıllarında kaydedilen karbon verimliliği değerlerinin ortalaması 1 birim kabul edilerek ölçü çizgisi oluşturulmuş ve 2000-2020 yılları arasında karbon verimliliği değerleri ölçü çizgisine göre oranlanarak endeks değerine çevrilmiştir. Son aşamada ise endeks değerlerinin yıllık değişimi hesaplanarak yıllık karbon verimliliği değişimleri elde edilmiştir.

Grafik 5: Ülkeler Arası Sera Gazı Salımı Karşılaştırması (2021, Gt CO<sub>2</sub> Eşdeğeri)

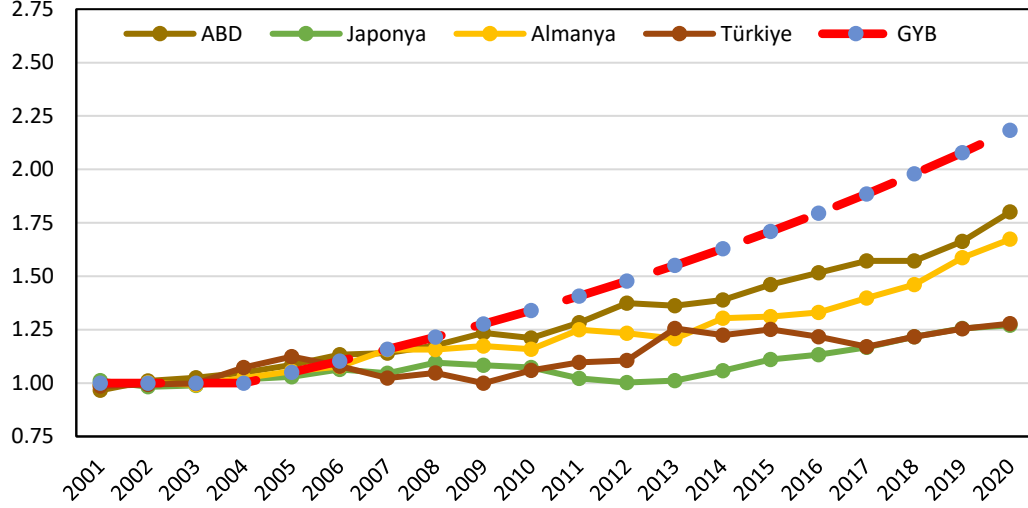


**Kaynak:** (OECD, 2023b).

Grafik 6'da Türkiye'nin karbon verimliliği, sera gazı salımı en yüksek 3 ülke olan ABD, Japonya ve Almanya ile karşılaştırılmıştır. Grafikte görülen GYB eğrisi, 2 °C hedefi için gerekli karbon verimliliği artışı olan %5 iyileşme eğrisini temsil etmektedir. Baz döneminde 1 birim kabul edilen GYB eğrisinin 2004'ten itibaren yıllık %5 iyileşme ile 2020'de 2,18 değerine ulaşmış olması gerektiği görülmektedir. Ülkelerin karbon verimliliğinde sağladığı iyileşmenin GYB eğrisinin üzerine çıkması GYB kaydettikleri anlamına gelmektedir. Bu şekilde bir değerlendirme yapıldığında Grafik 6'da ele

alınan ülkelerin hiçbirisi GYB kaydedememiştir. Söz konusu ülkeler içinde GYB'ye en çok yaklaşan ülke ABD olurken, Türkiye ve Japonya 2017-2020 döneminde karbon verimliliği bağlamında benzer zayıflıkta bir performans göstermiştir.

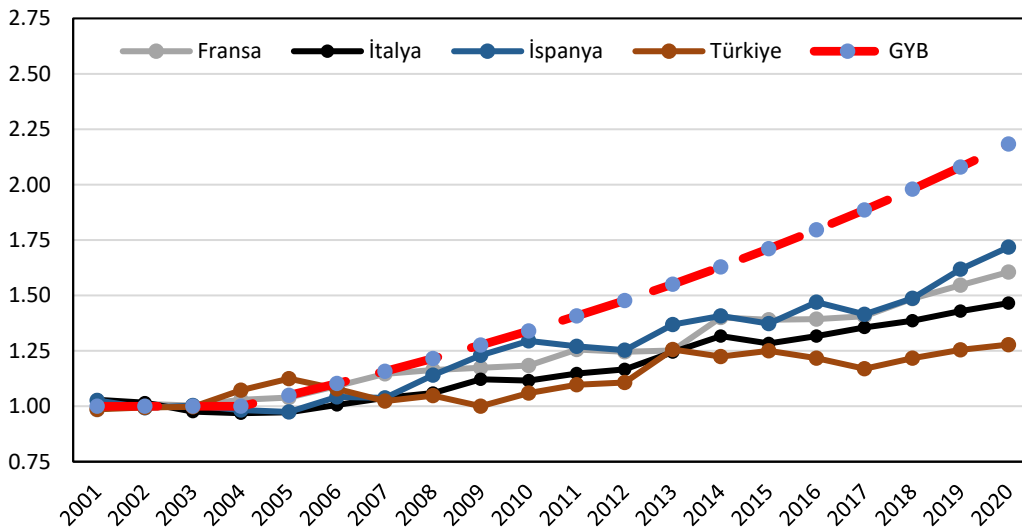
Grafik 6: Karbon Verimliliği Performansı; Türkiye ile ABD, Japonya ve Almanya Karşılaştırması



Kaynak: (OECD, 2023c).

Fakat Japonya'nın Türkiye'den farklı olarak 2012-2020 döneminde karbon verimliliğinde iyileşme sergilediği görülmektedir. Türkiye, 2000'li yılların başlarında karbon verimliliği açısından G7 üyesi olan söz konusu ülkelere üstünlük sağlamasına rağmen 2007 yılından itibaren geride kalmıştır. ABD ve Almanya'nın değerlendirme döneminin son 10 yılında pozitif bir ivme yakaladığı ve GYB eğrisine paralel seyrettikleri görülse de farkın kapanması yakın dönemde mümkün görünmemektedir. Kümülatif sera gazının artmasında en büyük paya sahip olan ABD, Japonya ve Almanya'nın karbon verimliliğinde gerekli iyileşmeyi sağlayamıyor olmasının, iklim değişikliğinin sınırlandırılması amacına zarar verme potansiyeli oldukça büyüktür. Grafik 7'de Türkiye'nin karbon verimliliği, benzer sera gazı salımı seviyesine sahip olan Kara Avrupası ülkeleri Fransa, İtalya ve İspanya ile karşılaştırılmıştır.

Grafik 7: Karbon Verimliliği Performansı; Türkiye ile Fransa, İtalya ve İspanya Karşılaştırması

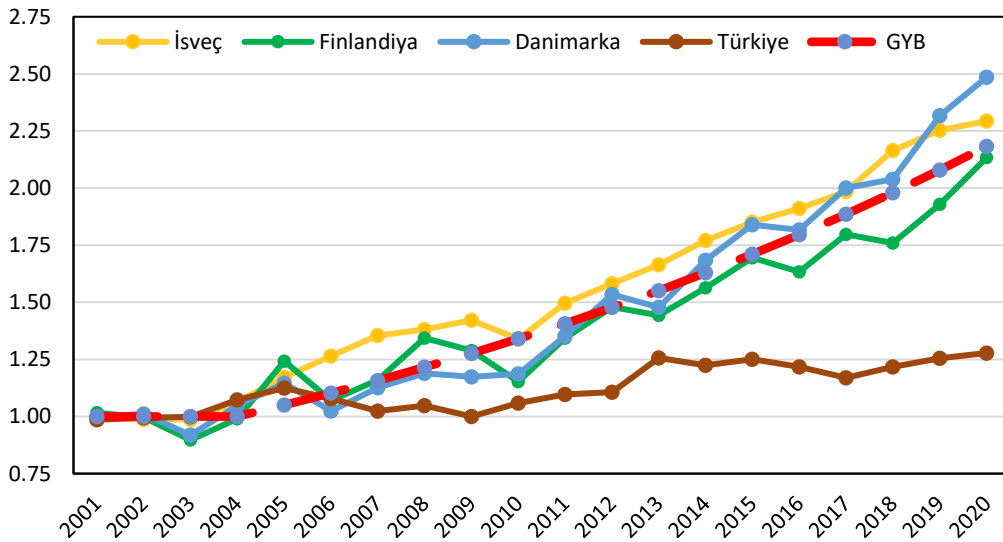


Kaynak: (OECD, 2023c).

Bu ülkelerin sera gazı salımı en yüksek olan 3 ülke ile benzer bir karbon verimliliği performansı sergilemiş olması olumlu bir durum olsa da GYB'nin sağlanamamış olduğu görülmektedir. İspanya 2010 yılına kadar olan süreçte GYB eğrisine yaklaşmış olmakla birlikte sonrasında İtalya ve Fransa gibi 2 °C hedefinden uzaklaşmıştır. Türkiye'nin 2013 yılında diğer ülkelerle arayı kapattığı görülürken sonrasında negatif ayrıştığı ifade edilebilir. Bu grupta yer alan ülkelerin Türkiye de dâhil olmak üzere zayıf bir performans da olsa 2017'den bu yana iyileşme kaydediyor olması ileriye dönük umut verici bir durumdur.

Grafik 8'de Türkiye'nin karbon verimliliği, görece düşük seviyelerde sera gazı salımına sahip Kuzey Avrupa ülkeleri Danimarka, Finlandiya ve İsveç ile karşılaştırılmıştır. Bu ülkeler sadece Türkiye'ye değil aynı zamanda görece yüksek salıma neden olan önceki gruplardaki ülkelere de karbon verimliliği açısından büyük üstünlük sağlamışlardır. İsveç'in çalışma dönemi boyunca sürekli olarak GYB eğrisinin üzerinde bulunduğu, Danimarka'nın ise aynı başarıyı 2014 yılı itibarıyla yakaladığı görülmektedir. Finlandiya'nın ise 2020 yılında GYB eğrisine çok yaklaştığı ve son 3 yılda gösterdiği performansı devam ettirirse GYB eğrisini aşacağı söylenebilir. Bu ülkelerin GYB'nin mümkün olabileceğini göstermiş olması son derece önemlidir.

Grafik 8: Karbon Verimliliği Performansı; Türkiye ile Danimarka, Finlandiya ve İsveç Karşılaştırması



Kaynak: (OECD, 2023c).

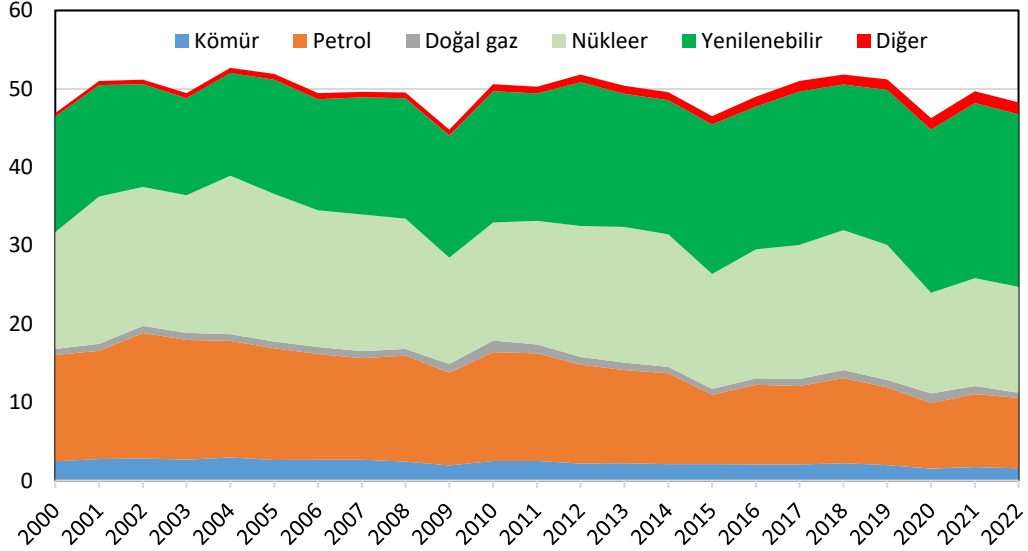
İsveç özelinde bakılacak olursa toplam enerji temininde yenilenebilir kaynakların payının artmasının GYB için çok önemli bir itici güç teşkil ettiği görülebilir. İsveç'in Grafik 9'da görülen toplam enerji temininde kaynak kırımına bakıldığında yenilenebilir enerji kaynaklarının payı 2022 yılı itibarıyla %46'ya çıkmıştır. Bu oran 2000 yılına oranla yaklaşık 1,5 kat fazladır. Kaynak kırımında sağlanan bu iyileşme enerji üretiminde CO2 salımında çok büyük paya sahip olan petrolün payında %33'lük bir azalma oranını beraberinde getirmiştir (IEA, 2023a).

Danimarka ise elektrik üretiminde 2000 yılında %15,5 olan yenilenebilir kaynakların kullanım oranını 2022 itibarıyla %81,1'e çıkarmıştır. Bunun karşılığını 2021 yılında toplam sera gazı salımını 2000 yılına oranla %24 azalimla 45 Mt (megaton) CO<sub>2</sub> eşdeğerine düşürerek almıştır (OECD, 2023b).

Finlandiya'nın karbon verimliliğinde yakaladığı başarının arkasında ise toplam enerji temininde biyoyakıt ve atık kaynağının daha yaygın kullanılması vardır. Biyoyakıt ve atık ile üretilen enerjinin payı toplam içinde 2021 itibarıyla %35 olmuştur. Böylelikle enerji üretiminde petrol kullanımı 2021'de net 290 PJ (petajoule) seviyesine gerilemiştir. Bu seviye 2000 yılına oranla %23 azalmayı işaret etmektedir. Toplam enerji temininde kömürün payı ise 2000 yılına oranla yaklaşık yarılanarak

%9'a düşmüştür. Petrol ve kömürün kullanımının sınırlandırılması ile bu kaynaklardan oluşan CO<sub>2</sub> salımı 2020 yılında 30 Mt seviyesine düşmüştür. Bu seviye 2002 yılına oranla (61 Mt) yaklaşık yarı yarıya azalım anlamına gelmektedir. Türkiye'de ise enerji üretiminde petrol kullanımı 2021'de net 1819 PJ seviyesindedir. Son 10 yılda yaklaşık %38'lik bir artış söz konusudur. Kömür ve petrol kaynaklarından oluşan CO<sub>2</sub> salımı ise 2000 yılına kıyasla %57 artarak 2020 yılında 271 Mt olmuştur. Bu veriler ışığında Türkiye'nin enerji üretiminde kaynak kullanımı açısından Kuzey Avrupa ülkelerinden önemli ölçüde farklılaştığı söylenebilir.

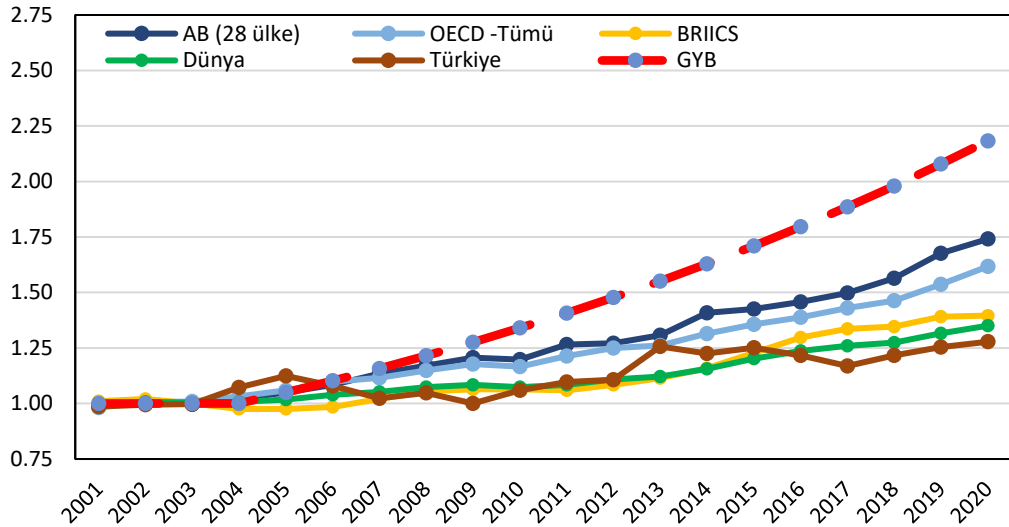
Grafik 9: İsveç'in Toplam Enerji Temininde Kaynak Kırınımı, Mt Petrol Eşdeğeri



Kaynak: (IEA, 2023a).

Grafik 10'da Türkiye'nin karbon verimliliği Dünya, AB, OECD ve BRIICS ülke grupları ile karşılaştırılmıştır. Bu ülke gruplarının hiçbirisinin çalışma dönemi boyunca GYB eğrisini yakalayamadığı görülmektedir. Bir başka deyişle kalkınma GYB barındırmamaktadır.

Grafik 10: Karbon Verimliliği Performansı; Türkiye ile Ülke Grupları Karşılaştırması



Kaynak: (OECD, 2023c).

Bu grup içinde karbon verimliliği açısından en iyi performans, 2050 yılında iklime zararsız ilk kıta olma hedefini açıklamış olan AB'ye aittir. Diğer ülke grupları olan OECD ve BRIICS, karbon

verimliliğinde Dünya ortalamasının üzerinde bir iyileşme eğilimi yakalamış olsalar da 2020 hedefi olan 2,18 endeks değerinin ortalama olarak yaklaşık %32 altında bir değere sahiptirler. Türkiye'nin karbon verimliliğinde 2013 yılı seviyelerinde takılı kalıp yatay bir seyre sahip olması nedeniyle 2016 yılı itibarıyla Dünya ortalamasının da altına düştüğü görülmektedir.

Türkiye'nin GYB hedefinden çok uzak olduğu görülmektedir. Bu durumun iki temel sebebi vardır. Bunları ifade etmeden önce çalışma kapsamında değerlendirilen tüm ülkelerde 2004 ve 2020 yıllarında GSYH ve CO<sub>2</sub> salımı verilerini içeren Tablo 2'ye göz atmakta fayda vardır.

Tablo 2: Seçilen Ülkelerin 2004 ve 2020 Yıllarında GSYH ve CO<sub>2</sub> Salımı Verileri

Ülkeler	GSYH, milyar dolar (sabit PPP\$, 2015)		GSYH büyümesi (%)	CO <sub>2</sub> salımı (2000 =100)		CO <sub>2</sub> salımı azalımı (%)	Karbon verimliliği (2004=1)	Baz yılı düzeltme katsayısı	Karbon verimliliği (2000-2004=1)
	2004	2020	2004-2020	2004	2020	2004-2020	2020	2020	
Danimarka	252,8	298,9	18,2	102,0	51,0	50,0	2,4	1,05	2,5
Finlandiya	215,5	247,0	14,6	123,0	65,5	46,8	2,2	0,99	2,1
Fransa	2439,0	2696,5	10,6	101,2	71,6	29,3	1,6	1,03	1,6
Almanya	3348,5	4007,3	19,7	99,1	72,6	26,7	1,6	1,02	1,7
İtalya	2333,2	2130,4	-8,7	108,2	65,2	39,7	1,5	0,97	1,5
Japonya	4859,8	5111,1	5,2	102,3	86,1	15,9	1,2	1,02	1,3
İspanya	1493,0	1594,6	6,8	114,6	69,8	39,1	1,8	0,98	1,7
İsveç	384,6	512,4	33,2	100,6	62,1	38,2	2,2	1,06	2,3
Türkiye	1128,1	2376,7	110,7	103,1	182,2	-76,8	1,2	1,07	1,3
ABD	15075,1	19377,4	28,5	99,3	74,3	25,2	1,7	1,05	1,8

**Kaynak:** (OECD, 2023d) ve (OECD, 2023c).

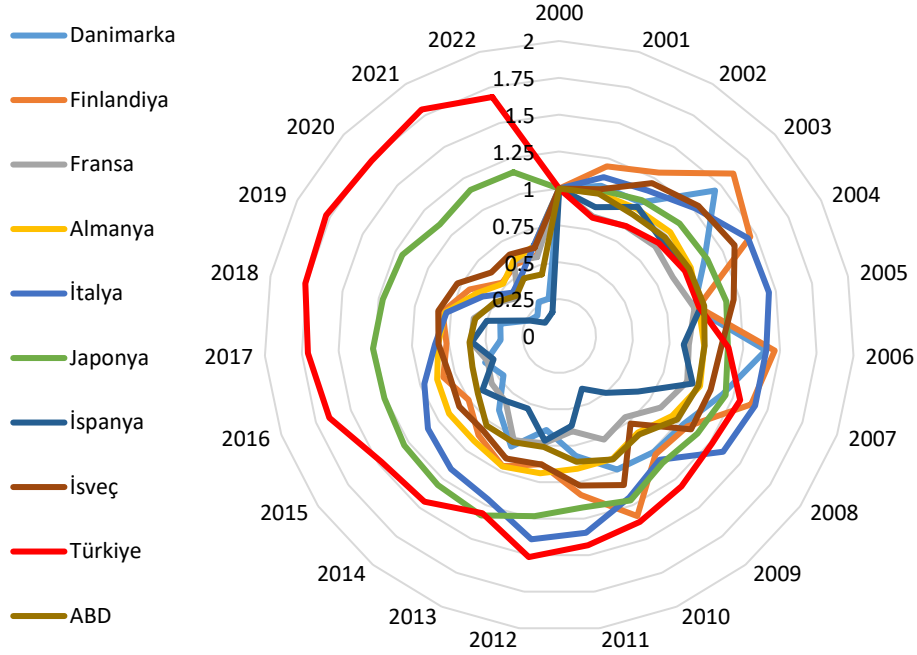
Tablo 2'de Danimarka'nın 2004-2020 yılları arasında %18,2 ekonomik büyüme kaydettiği, aynı dönemde CO<sub>2</sub> salımını %50 azalttığı görülmektedir. Başka bir deyişle Danimarka 2004 yılında 1 birim GSYH için 1 birim CO<sub>2</sub> salımı gerçekleştirirken, 2020 yılında 1,18 birim GSYH için 0,5 birim CO<sub>2</sub> salımı gerçekleştirmiştir. Bu veriler ışığında Danimarka'nın 2004 yılında 1 (1/1) birim olan karbon verimliliğinin 2020 yılında yaklaşık 2,4 (1,18/0,5) katına çıktığı sonucu elde edilmiştir. 2004 yılı baz alınarak elde edilen bu sonuç düzeltme katsayısı ile çarpılarak çalışmada kullanılan baz dönemi için (2000-2004 yılları arası) 2,5 olarak revize edilmiştir.

Türkiye'nin karbon verimliliği ve paralelinde GYB performansı diğer ülkelerle karşılaştırıldığında ortaya çıkan zayıf görüntünün ilk sebebi Türkiye'nin çalışma döneminde diğer ülkelere oranla çok daha fazla GSYH büyümesi kaydetmiş olmasıdır. Türkiye'nin 2004-2020 yılları arasında GSYH büyümesi %110,7 olurken bu göstergede Türkiye'yi en yakından izleyen ülke % 33,2 GSYH büyümesi ile İsveç olmuştur. ABD ekonomik büyüme oranı olarak %28,5 değerine ulaşmış, ekonomik daralma yaşayan İtalya haricinde diğer ülkelerde ekonomik büyüme %20'yi geçmemiştir. Türkiye'nin görece çok büyük olarak ifade edilebilecek böylesine bir ekonomik büyümenin çevresel etkilerini sınırlandırmak ve mümkünse azaltmak için CO<sub>2</sub> salımında ciddi bir azalma gerçekleştirilmesi gerektiği açıktır. Fakat yine Tablo 2 yardımıyla 2020 yılında Türkiye'nin CO<sub>2</sub> salımının 2004 yılına oranla yaklaşık %77 arttığı görülebilir. Bu olumsuz gelişme karbon verimliliğinde Türkiye'nin çok geride kalmasına neden olan ikinci faktördür. GYB kaydeden Kuzey Avrupa ülkelerinde CO<sub>2</sub> salımının çok ciddi oranlarda azaltıldığı görülmektedir. Kuzey Avrupa ülkelerinin karbon verimliliği 2020 yılında baz dönemine kıyasla ortalama 2,3 katına çıkmıştır. Aynı oran Türkiye'de ve CO<sub>2</sub> salımının azaltılması konusunda Türkiye'nin ardından en kötü ikinci performansı sergileyen Japonya'da 1,3 olarak hesaplanmıştır. Bu değer 2 °C hedefine uygun olarak bu çalışmada belirlenen 2,18 endeks değerinin çok altındadır.

Türkiye ve Japonya'nın CO<sub>2</sub> salımında ve paralelinde karbon verimliliğinde diğer ülkelere oranla ölçüde negatif ayrışmasının temel bir sebebi olmalıdır. Bu sebebi açıklığa kavuşturmak için enerji

temininde kullanılan alternatif yakıtların sera gazı yoğunluklarına bakmak gerekir. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tarafından sunulan Enerji Kaynaklı Sera Gazı Salımı veri gezgini (IEA, 2023b), enerji temininde yakıtların kullanım paylarını ve toplam sera gazı salımı içindeki paylarını sunmaktadır. Bu çalışmada yazar söz konusu payları oranlayarak birim kullanım başına ortaya çıkan salım payı değerini yakıtların sera gazı yoğunluğu olarak tanımlamıştır. Dünya genelinde 2021 yılında enerji temininde kullanılan yakıtlar içinde kömürün payı yaklaşık %27 olurken sera gazı salımında kömürün katkısı yaklaşık %44 olmuştur. Bu durumda kömürün 2021 yılında sera gazı yoğunluğunun 1,63 olduğu söylenebilir. Aynı değer doğal gaz ve petrol için sırasıyla 0,93 ve 1,08'dir. Biyoyakıt ve atıkların sera gazı yoğunluğu ise 0,17 gibi çok düşük bir değerdir. Su, geotermal, rüzgar ve güneş gibi diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına ilaveten nükleer enerjinin sera gazı salımına katkısı yoktur. Bu veriler ışığında Türkiye ve Japonya'da toplam enerji temininde kömür kullanımının yüksek olması beklenmelidir. Grafik 11'de çalışmada değerlendirilen tüm ülkelerde toplam enerji temininde kömür kullanımının 2000-2022 dönemindeki seyri, baz yılı 2000 ve baz değeri 1 olacak şekilde paylaşılmıştır. Grafik 11, Türkiye ve Japonya'nın toplam enerji temininde kömür kullanımını düşüremediğini göstermektedir. Özellikle 2016 yılı itibarıyla Türkiye ve Japonya dışında toplam enerji temininde kömür kullanımı miktarını 2000 yılına kıyasla azaltamayan ülke olmaması çok dikkat çekicidir. Bir diğer önemli konu ise bu iki ülkenin son 5 yıldır mevcut performanslarını sürdürüyor ve herhangi bir iyileşme kaydedemiyor olmalarıdır.

Grafik 11: Toplam Enerji Temininde Kömür Kullanım Oranının Seyri



Kaynak: (IEA, 2023b).

## 5. Sonuç

İklim değişikliğinin önemli bir yansıması olan küresel ısınma Dünya'nın geleceği üzerinde büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Hükümetlerarası İklim Paneli (IPCC) tarafından oluşturulan küresel ısınma projeksiyonları ele alındığında, 2100 yılına kadar beklenen küresel yüzey sıcaklığı artışının farklı sera gazı salımı senaryoları ile sanayileşme öncesi döneme (1850-1900 yılları arası) göre 1,0 °C ile 5,7 °C arasında olduğu görülmektedir. Küresel yüzey sıcaklığında kaydedilecek her 1 °C artış ile maksimum hava sıcaklığının, yağış miktarının ve kuraklığın daha sık aşılması söz konusudur. Bu sebeple Paris Anlaşması'nda küresel ortalama sıcaklık artışının 2 °C'nin altında tutulması ve 1,5 °C'nin altında tutulması için gerekli çabanın gösterilmesi gerektiği ifade edilmiştir. Söz konusu

hedefler için küresel ısınmayı tetikleyen sera gazı salımının azaltılması gerekmektedir. IPCC, küresel ısınmaya katkı anlamında en yüksek paya sahip sera gazı olan karbondioksit (CO<sub>2</sub>) salımının, 2050 yılına kadar yarıya düşürülmesi ile 2 °C hedefinin başarılabilirliğini öngörmektedir. Mevcut koşullar, çevreye duyarsız geleneksel ekonomik büyüme modelleri ile CO<sub>2</sub> salımının azaltılmadığını ortaya koymaktadır. Alternatif olarak yeşil büyüme modeli, ekonomik genişlemenin gezegenimizin ekolojisiyle uyumlu hale getirilmesi gerektiği teorisine dayanmaktadır. Bu sebeple birçok uluslararası organizasyon yeşil büyüme modelini desteklemektedir. Avrupa Birliği (AB) ise yeşil büyümeye dayalı bir kalkınma yardımıyla 2050 yılında iklimle zararsız (iklim-nötr) ilk kıta olma hedefini ortaya koymuştur.

Bu çalışmada yeşil büyüme ile 2 °C hedefi arasındaki ilişki karbon verimliliği üzerinden kurulmuştur. İlk olarak CO<sub>2</sub> salımının 2050 yılına kadar yarılanması için gerekli karbon verimliliği yıllık artış oranı, küresel yıllık gayrisafi yurtiçi hâsıla (GSYH) olası büyümesi göz önünde bulundurularak %5 olarak hesaplanmıştır. Aynı değer Akimoto vd. (2014: 251) tarafından %4, Beinhooker vd. (2008: 11) tarafından %5,6 olarak belirlenmiş olduğu göz önüne alındığında bu çalışmada hesaplanan %5'lik artış oranının uygun bir değer olduğu ifade edilebilir. Bu çalışmada önerilen %5'lik artış oranının en güncel verilerle hesaplanmış olması konuyla ilgili literatüre önemli bir katkı sağlama potansiyelini barındırmaktadır. GSYH olası büyümesi için Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) projeksiyonundan faydalanılmıştır. Karbon verimliliğinde %5'lik artış barındıran büyüme gerçek yeşil büyüme (GYB) olarak tanımlanmış ve yeşil büyüme için ifade edilen yüzeysel tanımların ötesinde bir yaklaşım geliştirilerek, ekonomik büyüme ile ekolojik şartlar bütünleştirilmiştir. Sonrasında Türkiye'nin GYB performansının karşılaştırmalı değerlendirilmesi yapılmıştır. Değerlendirmeye dâhil edilen ülkelerin seçiminde OECD Çevre İstatistikleri veri tabanından faydalanılmıştır. 2021 yılı sera gazı salımı değerlerine bakıldığında Türkiye'ye oranla yüksek, benzer ve düşük salım seviyelerine sahip ülkeler gruplandırılmıştır. Karşılaştırmanın daha kapsayıcı olması için AB, OECD ve BRIICS (Brezilya, Rusya, Hindistan, Endonezya, Çin ve Güney Afrika) üyesi ülkelere ilaveten tüm ülkeleri kapsayan Dünya ile bir grup daha oluşturulmuştur.

Sera gazı salımı en yüksek 3 ülke olan ABD, Japonya ve Almanya ile birlikte değerlendirildiğinde Türkiye'nin GYB performansının ABD ve Almanya'nın gerisinde kaldığı, fakat Japonya ile çok benzer bir seviyede olduğu görülmüştür. Türkiye ile benzer seviyede sera gazı salımına sahip Kara Avrupası ülkeleri olan Fransa, İtalya ve İspanya ile karşılaştırıldığında, Türkiye'nin 2013 yılında bu ülkeleri yakaladığı fakat sonrasında negatif ayrıştığı söylenebilir. Bu iki grupta yer alan ülkelerin hiçbirinin GYB eğrisine yaklaşmadığı belirlenmiştir. Görece düşük seviyede sera gazı salımına sahip Kuzey Avrupa ülkeleri Danimarka, Finlandiya ve İsveç'in Stoknes ve Rockström (2018: 42) tarafından da ifade edildiği üzere GYB eğrisini yakaladığı ve diğer gruplardaki ülkeleri geride bıraktığı görülmüştür. Türkiye'nin GYB'yi yakalamış olan Kuzey Avrupa ülkeleri ile 2006 yılına kadar benzer bir karbon verimliliği artışı yakalamasına rağmen son yıllarda 2013 yılı seviyelerinde takılı kalıp yatay bir seyirle sahip olması nedeniyle 2016 yılı itibarıyla Dünya ortalamasının da altına düşmüş olması dikkat çekici bir noktadır.

Türkiye'nin karbon verimliliği ve paralelinde GYB performansı diğer ülkelerle karşılaştırıldığında ortaya çıkan zayıf görüntünün ilk sebebi Türkiye'nin çalışma döneminde diğer ülkelere oranla çok daha fazla GSYH büyümesi kaydetmiş olmasıdır. Türkiye'nin 2004-2020 yılları arasında GSYH büyümesi %110,7 (yıllık yaklaşık % 4,8) olurken bu göstergede Türkiye'yi en yakından izleyen ülke % 33,2 ile İsveç olmuştur. İkinci sebep ise Türkiye'nin, bu boyutta bir ekonomik büyümenin çevresel etkilerini dengelemek için gerekli CO<sub>2</sub> salımı azalmasını gerçekleştirememiş olmasıdır. GYB ile kalkınmasını sürdüren Kuzey Avrupa ülkelerinde 2004-2020 döneminde CO<sub>2</sub> salımı ortalama %45 azalırken, Türkiye'de %77 artmıştır. Kuzey Avrupa ülkeleri ile Türkiye arasındaki bu fark, toplam enerji temininde kullanılan kaynakların kırımınıyla yakından ilişkilidir. Kuzey Avrupa ülkelerinde yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam enerji temininde kullanım oranı son 20 yılda önemli oranda artmıştır. Bu artışla beraber petrol ve kömürün payı yine önemli oranda azalmıştır. Türkiye'de ise kömür kullanımında son derece tezat bir görüntü ortaya çıkmaktadır. Sera gazı yoğunluğu en yüksek kaynak olan kömürün Türkiye'de 2022 yılında toplam enerji temininde, 2000

yılına oranla 1,68 kat daha fazla kullanıldığı belirlenmiştir. Çalışmada değerlendirilen ülkeler içinde Türkiye ve Japonya dışında toplam enerji temininde kömür kullanımı miktarını 2000 yılına kıyasla azaltamayan ülke olmaması çok önemli bir gösterge olarak değerlendirilmektedir. Çünkü bu iki ülke aynı zamanda GYB performansı çalışmaya dâhil edilen ülkeler arasında en düşük olan iki ülkedir.

Türkiye'nin önümüzdeki 30 yıl boyunca çalışma döneminde kaydedilen yıllık ortalama ekonomik büyüme (yıllık %4,8) ile devam etmesi durumunda CO<sub>2</sub> salımında yıllık %2,5 azalım için yakalaması gereken yıllık karbon verimliliği artışı %7,3 gibi yüksek bir değere ulaşmalıdır. Bu iyileşmeyi GYB performansı en yüksek olan Kuzey Avrupa ülkeleri bile çalışma döneminde yakalayamamıştır (Danimarka için % 5,9). Mevcut veriler ışığında Türkiye'nin GYB hedefine ulaşabilmesi için alınması gerekli tedbirlerin çok iyi planlanması ve önemli dönüşümleri ihtiva etmesi gerektiği düşünülmektedir. İklim değişikliği ile mücadelenin bir takvimi olduğu düşünüldüğünde gerçekleştirilecek dönüşümlerin kısa sürede sonuç vermesi beklenen alanlarda yoğunlaşması gerektiği çok açıktır. Yerleşik tüketim alışkanlıklarının düzeltilmesi gibi uzun zamana ihtiyaç duyulabilecek dönüşümler yerine kısa vadede yoğun iyileşme sağlayabilecek teknolojik dönüşümlere ağırlık verilmesi gerekmektedir. Türkiye'de toplam enerji temininde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranı 2022 yılı itibarıyla %18,7'dir. Aynı oran İsveç için %51,6'dır. Türkiye'nin bu parametrede çok önemli bir iyileşmeyi özellikle son 5 yılda yakaladığı bilinse de yetersiz kaldığı görülmektedir. Teknolojik dönüşüm aynı zamanda hem birincil hem nihai enerji yoğunluğunu azaltarak, Türkiye'nin toplam enerji temininde kömüre olan ihtiyacını da azaltıp CO<sub>2</sub> salımını sınırlamasına yardımcı olacaktır. Türkiye'nin ihtiyacı olan teknolojik dönüşümün sadece kamu kaynakları ile gerçekleştirilebilmesi söz konusu olmadığından özel sektör çatı kuruluşları ve sivil toplum kuruluşlarının sürece dâhil olması önem arz etmektedir.

#### Kaynakça

- Akimoto, K., Sano, F., Homma, T., Tokushige, K., Nagashima, M. ve Tomoda, T. (2014). Assessment of the Emission Reduction Target of Halving Co<sub>2</sub> Emissions by 2050: Macro-Factors Analysis and Model Analysis Under Newly Developed Socio-Economic Scenarios. *Energy Strategy Reviews*, 2(3-4), 246-256.
- Baker, S. (2006). *Sustainable Development*. London and New York: Routledge.
- Beinhocker, E., Oppenheim, J., Irons, B., Lahti, M., Farrell, D., Nyquist, S. vd. (2008). *The Carbon Productivity Challenge: Curbing Climate Change and Sustaining Economic Growth*. Sydney: McKinsey Global Institute.
- Birleşmiş Milletler (BM) (1987). *Our Common Future*. Oxford: Oxford University Press.
- Birleşmiş Milletler (BM). (1992). United Nations Framework Convention on Climate Change. Erişim adresi [https://unfccc.int/files/essential\\_background/background\\_publications\\_htmlpdf/application/pdf/conveng.pdf](https://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/conveng.pdf)
- Birleşmiş Milletler (BM). (1997). Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. Erişim adresi <https://unfccc.int/documents/2409>
- Birleşmiş Milletler (BM). (2012). Rio+20 The Future We Want: Outcome Document Adopted at Rio+20. Erişim adresi <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/13662/N1238164.pdf?sequence=1&isAllowed=1>
- Cohen, G., Jalles, J. T., Loungani, P. ve Marto, R. (2018). The Long-Run Decoupling of Emissions and Output: Evidence from the Largest Emitters. *Energy Policy*, 118, 58-68.
- D'Alisa, G., Demaria, F. ve Kallis, G. (2015). *Degrowth: A Vocabulary for a New Era*, New York: Routledge.



- Demiral, M. ve Demiral, O. (2021). Where is the Gray Side of Green Growth? Theoretical Insights, Policy Directions, and Evidence from a Multidimensional Approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(45), 63905-63930.
- Diniz, E. M. ve Bermann, C. (2012). Green Economy and Sustainability. *Estudos Avançados*, 26, 323-330.
- European Commission (EC). (2017). Green Economy - Opportunities for Rural Europe. Erişim adresi <https://ec.europa.eu/enrd/sites/default/files/publi-enrd-rr-23-2017-en.pdf>
- European Commission (EC). (2019). The European Green Deal. Erişim adresi [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en)
- The Global Commission on the Economy and Climate (GCEC). (2014). Better Growth, Better Climate. Erişim adresi <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1595TheNewClimateEconomyReport.pdf>
- Giampietro, M. ve Mayumi, K. (2018). Unraveling the Complexity of the Jevons Paradox: The Link Between Innovation, Efficiency, and Sustainability. *Frontiers in Energy Research*, 6, 26.
- Hickel, J. ve Kallis, G. (2020). Is Green Growth Possible? *New Political Economy*, 25(4), 469-486.
- Houssam, N., Ibrahim, D. M., Sucharita, S., El-Aasar, K. M., Esily, R. R. ve Sethi, N. (2023). Assessing the Role of Green Economy on Sustainable Development in Developing Countries. *Heliyon*, 9(6), e17306.
- Hussain, Z., Mehmood, B., Khan, M. K. ve Tsimisaraka, R. S. M. (2022). Green Growth, Green Technology, and Environmental Health: Evidence from High-GDP Countries. *Frontiers in Public Health*, 9, 816697.
- International Energy Agency (IEA). (2023a). World Energy Statistics, IEA World Energy Statistics and Balances (database). Erişim adresi <https://doi.org/10.1787/data-00510-en>
- International Energy Agency (IEA). (2023b). Greenhouse Gas Emissions from Energy Data Explorer. Erişim adresi <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/greenhouse-gas-emissions-from-energy-data-explorer>
- Institute for Economics and Peace (IEP). (2023). Ecological Threat Report 2023: Analyzing Ecological Threats, Resilience and Peace. Erişim adresi <http://visionofhumanity.org/resources>
- International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA). (2022). AR6 Scenarios Database. Erişim adresi [data.ece.iiasa.ac.at/ar6/](http://data.ece.iiasa.ac.at/ar6/)
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2021). *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2023). *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report*. Geneva: IPCC.
- Jung, H., Lee, J., Song, C. K. (2023). Carbon Productivity and Volatility. *Finance Research Letters*, 56, 104052.
- Rigaud, K. K., Sherbinin, A., Jones, B., Bergmann, J., Clement, V., Ober, K. vd. (2018). *Groundswell: Preparing for Internal Climate Migration*. Washington, DC: The World Bank.
- The Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). (2011). Towards Green Growth, A Summary for Policy Makers. Erişim adresi <https://www.oecd.org/greengrowth/48012345.pdf>

- The Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). (2023a). Long-term Baseline Projections, No. 109 (Edition 2021), OECD Economic Outlook: Statistics and Projections (database). Erişim adresi <https://doi.org/10.1787/cbdb49e6-en>
- The Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). (2023b). Air and Climate: Greenhouse Gas Emissions by Source, OECD Environment Statistics (database). Erişim adresi <https://doi.org/10.1787/data-00594-en>
- The Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). (2023c). Green Growth Indicators, OECD Environment Statistics (database). Erişim adresi <https://doi.org/10.1787/data-00665-en>
- The Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). (2023d). Gross Domestic Product (GDP) (indicator). Erişim adresi doi: 10.1787/dc2f7aec-en
- Rusu, M. C. (2013). Eco-innovation and Its Contribution to Sustainable Development and Competitiveness. *Network Intelligence Studies*, 1(02), 127-135.
- Sandberg, M., Klockars, K. ve Wilén, K. (2019). Green Growth or Degrowth? Assessing the Normative Justifications for Environmental Sustainability and Economic Growth through Critical Social Theory. *Journal of Cleaner Production*, 206, 133-141.
- Stoknes, P. E. ve Rockström, J. (2018). Redefining Green Growth within Planetary Boundaries. *Energy Research and Social Science*, 44, 41-49.
- Tarı Özgür, M. (2021). Yenilenebilir Enerjinin Türkiye'nin Erişilebilir ve Temiz Enerji Amacına Katkıları Üzerine Bir Değerlendirme. Z. Doğan Çalışkan ve S. G. Beşballı (Der.), *Güncel İktisadi Tartışmalar* içinde (149-172). Ankara: Gazi Yayın Dağıtım.
- United Nations Environment Programme (UNEP). (2011). Towards a Green Economy Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication. A Synthesis for Policy Makers. Erişim adresi [https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/126GER\\_synthesis\\_en.pdf](https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/126GER_synthesis_en.pdf)
- United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (UNESCAP). (2013). Green Growth Indicators: A Practical Approach for Asia and the Pacific. Erişim adresi [https://unescap.org/sites/default/files/publications/GGI\\_2014.pdf](https://unescap.org/sites/default/files/publications/GGI_2014.pdf)
- Weiss, M. ve Cattaneo, C. (2017). Degrowth – Taking Stock and Reviewing an Emerging Academic Paradigm. *Ecological Economics*, 137, 220-230.
- World Bank (WB). (2012). Inclusive Green Growth: The Pathway to Sustainable Development. Erişim adresi <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/8fd533cc-8dd2-5a0a-820b-2de519108f52/content>

---

## EVALUATION OF TÜRKİYE'S GREEN GROWTH PERFORMANCE BASED ON CARBON EFFICIENCY IN THE CONTEXT OF THE PARIS AGREEMENT

---

### *Extended Abstract*

---

**Aim:** Türkiye became a party to the Paris Agreement in 2021 and set a net zero emission of greenhouse gas (GHG) target for 2053. To achieve this goal, the green growth model was adopted. This study intends to evaluate Türkiye's green growth performance comparatively with selected countries and country groups.

**Method(s):** It is clear that green growth is achieved only if the annual rate of resource efficiency increase is above the annual rate of economic growth. However, the annual rate of resource efficiency increase should also be sufficient to meet the goal of limiting global warming to 2 °C, set by the parties in the Paris Agreement. In this study, growth that provides this qualification is defined as real green growth (RGG). Additionally, resource efficiency has been replaced by carbon efficiency due to its strong relationship with the GHG emission levels.

The annual rate of carbon efficiency increase required to achieve RGG can be obtained by adding the absolute value of the annual rate of reduction in carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emission compatible with 2 °C target to the annual rate of global gross domestic product (GDP) growth. For the CO<sub>2</sub> emission, SSP-2.6 scenario that is ensuring the 2 °C target was taken into consideration. The scenario was obtained from the AR6 Scenario Explorer and Scenario Database offered by the International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA, 2022). According to the SSP-2.6 scenario, global CO<sub>2</sub> emissions should decrease to 20.17 Gt in 2050, from the level of 42.88 Gt reached in 2020. In other words, global CO<sub>2</sub> emission should be reduced by 2.5% annually. Global GDP growth is accepted as 2.4% annually for the 2020-2050 period, according to the projection of The Organization for Economic Co-operation and Development (OECD, 2023a). Therefore, the annual rate of carbon efficiency increase required for RGG was calculated as approximately 5%.

**Findings:** When evaluated together with the USA, Japan and Germany, which are the three countries with the highest GHG emissions, Türkiye's RGG performance lags behind the USA and Germany, but is at a very similar level with Japan. When compared to France, Italy and Spain, which are Continental European countries with similar levels of GHG emissions as Türkiye, it can be said that Türkiye caught up with these countries in 2013 but subsequently diverged negatively. It has been determined that none of the countries in these two groups can approach the RGG curve. The Northern European countries Denmark, Finland and Sweden, which have relatively low levels of GHG emissions, have caught up with the RGG curve and outperforms the countries in the previous groups. Although Türkiye achieved a similar increase in carbon efficiency as the Northern European countries until 2006, it has fallen below the world average as of 2016.

The primary factor behind the less favorable perception arising from Türkiye's RGG performance in comparison to other countries is Türkiye's notably higher GDP growth throughout the period. During the period from 2004 to 2020, Türkiye experienced a GDP growth of 110.7% (roughly 4.8% annually), with Sweden being the closest follower at 33.2%. Another factor is Türkiye's inability to attain the required reduction in CO<sub>2</sub> emissions to counterbalance the environmental impact of this economic growth. While Northern European countries, advancing with RGG, achieved an average 45% decrease in CO<sub>2</sub> emissions from 2004 to 2020, Türkiye observed a significant 77% increase in its emissions during the same period.

**Conclusion:** If Türkiye continues with the average annual economic growth recorded during the period of this study for the next 30 years (4.8% annually), the annual carbon efficiency increase required for a 2.5% annual reduction in CO<sub>2</sub> emissions should reach a high value of 7.3%. In the working period, even the Northern European countries with the highest RGG performance could not achieve this improvement (5.9% for Denmark). Measures required for Türkiye to achieve its

RRG target need to be meticulously planned and encompass significant transformations. Considering the timeline for combating climate change, it is evident that these transformations need to focus intensively on areas expected to yield rapid results. Rather than long-term transformations that might require significant time, such as rectifying entrenched consumption habits, emphasis should be placed on technological shifts that can bring about substantial improvements in the short term. As of 2022, renewable energy sources constitute 18.7% of Türkiye's total energy supply, whereas the same figure for Sweden stands at 51.6%. Technological transformation will not only decrease both primary and final energy intensity but also reduce Türkiye's reliance on coal in its total energy supply, thereby limiting CO<sub>2</sub> emissions. Achieving the necessary technological transformation in Türkiye cannot rely solely on public resources, hence the imperative involvement of private sector umbrella organizations and civil society institutions in this process.

---