

Araştırma Makalesi

**Brezilya’da GSYİH, Gelir Dağılımı ve Yenilenebilir Enerjinin CO2 Emisyonu
Üzerindeki Etkisi: Ampirik Bir Analiz¹**

*The Impact of GDP, Income Distribution and Renewable Energy on CO2 Emissions in Brazil:
An Empirical Analysis*

Ayşe Özge ARTEKİN

Dr. Öğr. Üyesi, Selçuk Üniversitesi

aoartekin@selcuk.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0001-7658-416X>

Makale Geliş Tarihi	Makale Kabul Tarihi
01.10.2023	03.09.2024

Öz

Yenilenebilir enerji ve CO₂ emisyonu ilişkisine yönelik literatürde son dönemlerde yoğun bir ilgi olmasına karşın; GSYİH, yenilenebilir enerji ve gelir eşitsizliğinin tüketime dayalı karbondioksit (CO₂) emisyonları üzerindeki etkisi hem teorik hem de ampirik olarak yeterince araştırılmamıştır. Bu çalışma, dünyanın en büyük 10 ekonomisi arasında yer alan, yenilenebilir enerji ve karbondioksit emisyonları konusunda gösterdiği girişimlerle adını duyuran Brezilya için 1990-2020 yılları arasında GSYİH, yenilenebilir enerji ve gelir dağılımının tüketime dayalı CO₂ emisyonları üzerindeki etkilerini araştırmaktadır. Böylece çalışmada ampirik kanıtları ortaya koyarak etkin politika stratejilerine ulaşılması amaçlanmıştır. Verilerin elde edilmesinde gelir eşitsizliği göstergesi olan Gini endeksi için SWIID veri tabanı kullanılırken, diğer göstergeler için Dünya Bankası veri tabanından yararlanılmıştır. Çalışmada çoklu regresyon analizi, PP ve ADF birim kök analizleri, Johansen eşbütünleşme analizi ve FMOLS tahmin yöntemleri kullanılmıştır. Ekonometrik analizler neticesinde elde edilmiş olan ampirik sonuçlar, Brezilya için 1990-2020 yılları arasında hem değişkenler arası uzun vadeli etkiyi ortaya koymuş hem de tüm bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken olan CO₂ emisyonu etkilediğini göstermiştir. Makalenin sonuç kısmında bu bulgular geniş açıdan ele alınarak tartışılmış, Brezilya devletinin ve politika yapıcıların izlemesi gereken yollar açısından bazı tavsiyeler verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: GSYİH, Yenilenebilir Enerji, Gelir Dağılımı, CO₂ Emisyonları, FMOLS

Abstract

Despite the recent intense interest in the literature on the relationship between renewable energy and CO₂ emissions, the impact of GDP, renewable energy and income inequality on consumption-based carbon dioxide (CO₂) emissions has not been sufficiently investigated both theoretically and empirically. This study investigates the effects of GDP, renewable energy and income inequality on consumption-based CO₂ emissions between 1990 and 2020 for Brazil, one of the world's 10 largest economies, which has made a name for itself with its initiatives on renewable energy and carbon dioxide emissions. Thus, the study aims to reach effective policy strategies by revealing empirical evidence. SWIID database was used for the Gini index, which is an indicator of income inequality, while the World Bank database was used for other indicators. Multivariate regression analysis, PP and ADF unit root analyses, Johansen cointegration analysis and FMOLS estimation methods were used in this

¹ Bu çalışmanın özet bildirisi İtalya’da düzenlenen “International Conference on Applied Economics and Finance (ICOAEF)” isimli kongrede sunulmuştur.

Önerilen Atıf /Suggested Citation

Artekin, A.Ö., 2024, Brezilya’da GSYİH, Gelir Dağılımı ve Yenilenebilir Enerjinin CO2 Emisyonu Üzerindeki Etkisi: Ampirik Bir Analiz, *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 59(3), 1679-1700.

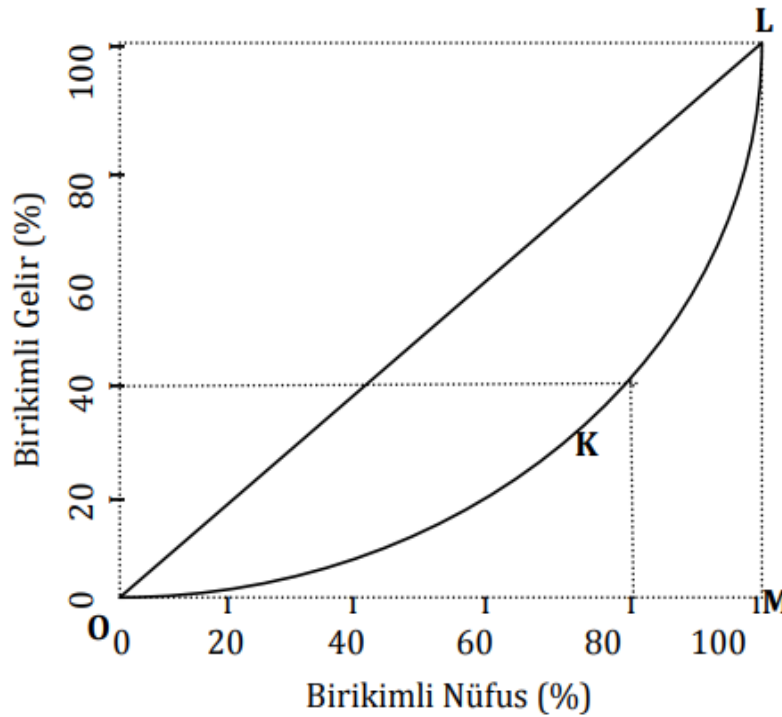
study. The empirical findings demonstrate both the long-term effect between variables and indicate that all independent variables influence the dependent variable CO₂ emission between 1990-2020 for Brazil. In the concluding part of the paper, these findings are discussed in a broad perspective and some recommendations are given to Brazilian government and policy makers.

Keywords: GDP, Renewable Energy, Income Distribution, CO₂ Emissions, FMOLS

1. Giriş

Teknolojik gelişmeler, hızlı nüfus artışı, kentleşme, endüstriyel gelişme ve iş uygulamalarının yaygınlaşması, dünya çapında enerji talebinin artmasına kaydı değer olarak katkıda bulunur. Bununla birlikte, hızla artan enerji talebi, özellikle petrol, doğal gaz ve kömürün tüketilmesiyle ortaya çıkan CO₂ (karbon dioksit) emisyonlarının konsantrasyonunun tetiklediği küresel ısınma başta olmak üzere önemli çevresel sorunları da beraberinde getirmiştir (Altarhouni ve ark., 2021). İktisat literatüründe, ekonomik büyümenin, eğer insanlar arasında daha yüksek bir eşitsizliğe yol açmıyorsa, yoksulluğu azalttığı konusunda geniş bir görüş birliği vardır. Ancak üretim artışları başta çevresel sorunlar olmak üzere bazı sorunlara neden olabilir. Yenilenemeyen kaynakların bilinen ciddi çevresel etkileri göz önüne alındığında, ülkeler düşük karbonlu bir gelecek ve çevre kalitesini güvence altına almak için yenilenebilir enerji kaynaklarını tercih etmektedirler. Ampirik enerji literatürü, karbon emisyonlarının azaltılmasında yenilenebilir enerji tüketiminin destekleyici etkisine ilişkin çok sayıda kanıt sunmuş olup, diğerlerinin yanı sıra yenilenemeyen tüketimin yoğunlaştırıcı etkisi de gösterilmiştir (Topçu ve Tuğcu, 2020).

Şekil 1. Lorenz Eğrisi



Kaynak: Elveren, 2013.

Gini katsayısı tipik olarak iki farklı yöntemle elde edilebilir (Dorfman, 1979). Birincisi, Dorfman'a (1979) göre katsayı, istatistiksel dağılımın veya olasılık dağılımı değişkenliğinin bir ölçüsü olarak tanımlanabilir. Katsayı, her gözlem çiftindeki gelir farklarının ortalamasının yarıya bölünmesiyle hesaplanır (Dorfman, 1979). Dolayısıyla Gini katsayısı göreceli eşitsizliği ölçer (Gastwirth, 1972). Gini katsayısını hesaplamamanın diğer yöntemi de Lorenz eğrisinden elde etmektir. Genel olarak Lorenz eğrisi, her bireyin gelir dağılımının tamamen eşit dağılıma göre sapmasını ifade etmektedir (Aaberge, 2001). Daha spesifik olarak, Lorenz eğrisi, gözlem kümesini en yoksul gelirliden en zengine doğru sıralayarak,

bir bireyin sahip olduğu gelir payını belirtir (Gastwirth, 1971),dolayısıyla 0 ile 1 arasında değerler alır. Şekil 1, Lorenz Eğrisi'nin grafiksel sunumunu göstermektedir. Gini endeksi, 45 derece çizgisi ile Lorenz eğrisi arasındaki alanın Lorenz eğrisinin altındaki toplam alana bölünmesiyle elde edilir (Gastwirth, 1972). Gini endeksi nüfusun büyüklüğüne veya ekonomiye bağlı değildir ve bu nedenle değerler, ölçülen bölgeler ve ülkeler arasında karşılaştırılabilir. Trapeznikova (2019), Gini katsayısını metrik olarak kullanırken ortaya çıkabilecek bazı zorluklardan bahsetmektedir. Katsayının değerleri ölçüm birimine göre değişiklik gösterebileceği gibi örneğin ücret, servet, tüketim veya vergi öncesi veya sonrası gelire göre hesaplanabilmektedir. Aynı Gini değerine sahip ülkeler çok farklı gelir dağılımlarına da sahip olabilir.Bu çalışmada çevre ekonomisi açısından gelir dağılımı değişkenine dair ele alınan Gini katsayısı ve Lorenz eğrisi ekonomideki eşitsizliği ölçmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Geliştirilmiş olan Gini katsayısı, İtalyan bir ekonomistin ismiyle anılmıştır ve Gini katsayısının değeri sıfırdan bire kadar değişmektedir (Gini, 1921). Sıfır değeri gelirin nüfusa eşit olarak dağıldığını, bir değeri ise gelir eşitsizliğinin en yüksek derecesini gösterir. Gini katsayısı birçok alanda eşitsizliğin boyutunu test etmek için geniş çapta benimsenmiştir (Liu ve ark., 2019). Bu çalışmada CO₂ emisyonu eşitsizliğini Denklem (1) aracılığıyla ölçmek için Gini katsayısı kullanılmıştır. CO₂ emisyonları Lorenz eğrisi, CO₂emisyonlarının Gini katsayısı arasındaki korelasyona dair ve dikey bir eksen boyunca dağıtılan CO₂ emisyonlarının kümülatif yüzdesine karşı yatay eksenle nüfusun kümülatif yüzdesinin sıralı bir dağılımıdır (Wu ve ark., 2017).

$$G = \sum_{i=1}^n D_i C_i + 2 \sum D_i = (1 - T_i) - 1 \quad (1)$$

Yukarıdaki denklem 1’de G, CO₂ emisyonlarının Gini katsayısıdır, D_i ve C_i sırasıyla her grubun nüfus ve CO₂ emisyonlarının oranlarıdır, T_i her grubun CO₂ emisyonlarının kümülatif oranıdır ve i grup sayısıdır. G değeri büyüdükçe CO₂ emisyon eşitsizliği de artar.

Uluslararası Enerji Ajansı'nın (IEA) verilerine göre 1990-2008 yılları arasında enerji talebi Ortadoğu'da yüzde 170, Hindistan'da yüzde 91, Afrika'da yüzde 70, ABD'de yüzde 20, Latin Amerika'da ise yüzde 66 olarak artış göstermiştir. Genel olarak ise, enerji talebi küresel olarak %39 dolaylarında artmıştır. Ayrıca, gelişen bir yeşil pazar olarak yenilenebilir enerji sektörü, sürdürülebilir kalkınma yaklaşımlarını desteklerken yenilenemeyen enerji tüketiminin olumsuz etkilerini bir dereceye kadar giderebilen veya en aza indirebilen yeni bir ekonomik büyüme biçimine sahiptir (IEA, 2015). Karbon emisyonlarındaki ve iklim değişikliğindeki artışa ilişkin artan endişelere rağmen, yenilenemeyen kaynaklar hâlâ GSYİH büyümesinin temel itici gücü olmaya devam etmektedir. Aynı zamanda sağlık riskleri, iklim değişikliği, ekonomik kayıplar, çevresel kaygılar ve fosil yakıt tüketimi gibi diğer zorlukların tümü, mevcut durumda yeşil enerji kaynaklarına olan ilginin katlanarak artmasına neden olmaktadır (Muhammad ve ark., 2021).Ayrıca gelir eşitsizliğinin ekonomik ve politik kanallardan yenilenebilir enerji tüketimi üzerinde etkisi var olabilir. Ekonomik kanal açısından eşitsizlik, bireycilik, kısa vadeli ve ticarileşme gibi toplumsal kalıpları etkileyerek yeşil enerji tüketimini etkileyecektir. Sonuç olarak, bu gruplar arasındaki güç dinamikleri yenilenebilir enerji dağıtımını etkileyecektir. Aksi takdirde kurumsal yapı, yeşil enerji tüketimi ve çevresel sürdürülebilirlik için güçlü bir katalizör görevi görecektir (Yaqoob ve ark., 2022).

Literatürde yenilenebilir enerji kaynakları, ekonomik eşitsizlik, ticari açıklık, ekonomik büyüme ve karbon ayak izi arasındaki ilişki hakkında çok fazla çalışma olmasına rağmen (Kalaycı ve ark., 2017; Barbaros ve ark., 2018; Gündül ve Kalaycı, 2023), ampirik bulgular hala tartışma konusudur. Kullanılan tahmin yöntemleri yeterli bir niceliksel sisteme dayanmadığı için çoğu çalışma, ölçülen katsayıların ve esnekliklerin geçerliliği açısından eleştirilmektedir (Zahra ve Badeeb, 2022). Bu çalışmanın temel amacı Brezilya için 1990-2020 yılları arasında GSYİH, yenilenebilir enerji ve gelir dağılımının CO₂ emisyonu üzerindeki etkilerini ve değişkenler arasındaki uzun vadeli ilişkilerini ölçmektir. Bu araştırma makalesinin ilk bölümünde konunun değişkenlerine dair tüm kavramlar genel olarak ele alınmıştır. İkinci bölümde ise konuya dair kapsamlı bir literatür özeti sunulmuştur. Üçüncü bölümde ise Brezilya için 1990-2020 yılları arasında GSYİH, yenilenebilir enerji, gelir dağılımı ve CO₂ emisyonu gibi

değişkenler göz önünde bulundurularak ampirik analizler yapılmıştır. Sonuç bölümünde ise konuya dair genel yorumlamalar yapıp, Brezilya hükümeti ve politika yapımcıların izlemeleri gereken yollardan bahsedilmiştir.

2. Literatür Özeti

Akademik literatürde gelir eşitsizliği ve ekolojik sürdürülebilirlik bağlantısı geniş çapta çalışılmış olsa da (Baloch ve Danish 2022; Uzar ve Eyüboğlu 2019; Tan ve Uprasen 2021; Yang ve ark., 2022), yenilenebilir enerji tüketimi ile gelir eşitsizliği arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar nispeten sınırlıdır. Örneğin Apergis (2015), 1998'den 2013'e kadar 32 OECD ülkesinde yenilenebilir enerji tüketiminin gelir eşitsizliği üzerinde etkisi olup olmadığını bulmaya çalışmıştır. Sonuçlara göre yenilenebilir enerji talebi, gelir dağılımı adaletsizliğini arttırmıştır. Benzer şekilde McGee ve Greiner (2019), 175 ülkede, literatürdeki diğer araştırmalardan farklı olarak, CO₂ emisyonu, gelir eşitsizliği ve yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki bağlantıları araştırmışlardır. Bulgular yenilenebilir enerji tüketimi ile gelir eşitsizliği arasında pozitif bir ilişkiye işaret etmiştir. Ayrıca bulgular, gelir eşitsizliği ile yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ emisyonları üzerinde ters bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, Asongu ve Odhiambo (2021), otuz dokuz ülkede yenilenebilir enerji tüketimi ile gelir eşitsizliği arasındaki bağlantıları araştırmak için 2004-2014 dönemini kapsayan niceliksel regresyonları ve genelleştirilmiş momentler yöntemini kullanmıştır. Sonuçlar yenilenebilir enerji tüketimi ile gelir eşitsizliği arasında pozitif bir bağlantı olduğunu ortaya çıkarmıştır. Dahası, Uzar (2020), 2000'den 2015'e kadar kırk üç ülkede yenilenebilir enerji tüketimi ile gelir eşitsizliği arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Bulgular, iki değişken arasında negatif bir ilişki olduğunu göstermiştir.

Yenilenebilir enerji konusunda literatürde son yıllarda belirgin bir biçimde ilerleme görülmektedir. Bunun temel nedeni, yenilenebilir enerji tüketiminin kullanılmasının, enerji sistemindeki CO₂ emisyon miktarını azaltmanın ve iklim değişikliğiyle mücadelenin temel yollarından biri olarak kabul edilmesidir (Beşe ve Kalaycı 2021; Kalaycı ve Özden 2021; Muhammad ve ark., 2022; Zhao ve ark., 2022). Literatüre genel olarak göz gezdirildiğinde yenilenebilir/yeşil enerji kullanımını etkileyen değişkenler üzerine çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Örneğin, son yıllarda birçok araştırmacı yenilenebilir enerji tüketimi ile GSYİH büyümesi arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Bunlardan bazıları bu değişkenler arasında pozitif bir ilişki keşfetmiştir (Ahmad ve ark., 2022; Chen ve ark., 2022; Ehigiamusoe ve Doğan 2022; Namahoro ve ark., 2021; Liu ve ark., 2022; Shabbir ve Zeb 2020; Wang ve ark., 2022), diğerleri ise olumsuz bir ilişki keşfetmişlerdir (Bhattacharya ve ark., 2016; Öcal ve Aslan 2013). GSYİH büyümesi ile yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki negatif ilişki, yenilenebilir enerji kullanımının yüksek maliyetleri nedeniyle ekonominin aşırı yük altında kaldığı ihtimaline işaret eder ve bu da artan giderler sonucunda ekonomik aktivitenin yavaşlamasına neden olmaktadır. Örneğin Bhattacharya ve ark., (2016), yeşil enerji kullanımının artmasının İsrail, ABD, Hindistan ve Ukrayna'da ekonomik büyümede yavaşlamaya yol açtığını ve bu ülkelerin gelecekteki büyüme için fosil yakıtları kullanmaya devam edebileceklerini ifade etmişlerdir.

Üretim ve gelir artışının örtülü rolüne dayanarak, çok sayıda çalışma gelir eşitsizliğinin çevre üzerindeki etkisini araştırmıştır. Baek ve Gweisah (2013) eşit gelir dağılımının çevre üzerinde olumlu bir etkiye yol açtığını bulmuşlardır. Bunun yanında, Drabo (2011) Çin'in doğu ve doğu olmayan bölgelerinde ve ülke genelinde gelir farkının artmasıyla karbon emisyonlarının arttığı ve buna karşın gelir eşitliğinin ABD'de çevre üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu bulmuştur. Ayrıca mevcut araştırmalar gelir eşitsizliği ile yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki bağlantıyı incelemiştir (Shahbaz ve ark., 2022; Sharma ve Rajpurohit 2022). Bu bağlamda, McGee ve Greiner (2019) 1990 ile 2014 yılları arasında 175 ülke için gelir eşitsizliğinin yenilenebilir enerji tüketimi ile karbon emisyonu arasındaki ilişkiyi nasıl etkilediğini araştırmışlardır.

Fosil yakıtların etkili bir şekilde kullanılarak, yenilenebilir enerji tüketimini artırmaya yönelik önlemlerin gelir eşitsizliğini azaltmaya katkıda bulunacağını öne sürmüşlerdir. Ayrıca Bai ve ark., (2020), gelir dağılımı adaletinin yeşil enerjide yaşanan teknolojik yeniliklerin karbon emisyonları açısından çevrenin bozulması üzerindeki etkisini azaltabileceğini belirtmişlerdir. Örneğin gelir eşitsizliği, GSYİH büyümesi, sağlık ve refah ve çevre dâhil olmak üzere birçok değişkenle ilişkilendirilmiştir (Sager 2019; Gugushvili ve ark., 2020; Hayat ve ark., 2022; Ramos ve ark., 2021; Yaqoob ve ark., 2022). Ekonomik eşitsizlikle mücadelenin getireceği toplumsal faydalar ve olumlu

dışsallıklar, yeşil enerjinin yayılmasının hızlandırılmasına yardımcı olabileceğini ifade etmişlerdir. Bu nedenle politikayı yönlendirmek için yeşil enerji ile eşitsizlik arasındaki bağlantıyı ampirik olarak göstermek çok önemlidir.

Heerink ve ark., (2001), 64 ülkeden oluşan bir panel grubu için, daha yüksek eşitsizlik oranının karbon emisyonlarında bir azalmaya yol açtığını bulmuşlardır. Ravallion ve ark., (2000) 42 ülkeden oluşan bir panel grubu için daha yüksek eşitsizliğin daha düşük karbon emisyonlarıyla ilişkili olduğu sonucuna varmıştır. Gassebner (2008) ise her ne kadar odak noktası çevreden ziyade elektrik tüketimi olsa da 48 ülke için yüksek eşitsizliğin daha az kirliliğe yol açtığını bulmuştur. Dong ve Hao (2018), gelir eşitsizliğinin Çin eyaletlerindeki elektrik tüketimini olumsuz etkilediğini tespit etmiştir. Bu çalışmaların dışında çevre ile eşitsizlik arasındaki ilişkinin gelir düzeyine bağlı olduğunu da ele alan çalışmalar da bulunmaktadır. Jorgenson ve ark., (2016) daha yüksek bir eşitsizliğin karbon emisyonlarında bir azalmaya yol açtığı düşük gelirli ülkelerdeki durumun aksine, daha yüksek bir eşitsizliğin yüksek gelirli ülkelerde karbon emisyonlarında bir artışa yol açtığını göstermişlerdir. Tooras ve Boyce (1998), eşitsizlikteki artışın çevre kalitesini olumsuz etkilediğini ve bu etkinin düşük gelirli ülkelerde yüksek gelirli ülkelere göre nispeten güçlü olduğunu belirtmektedir. Grunewald ve ark., (2017), yüksek eşitsizliğin düşük ve alt orta gelirli ekonomilerde karbon emisyonlarını azalttığı, yüksek eşitsizliğin ise üst orta ve yüksek gelirli ekonomilerde emisyonları artırdığı sonucuna varmıştır. Ayrıca Borghesi (2006), eşitsizliğin çevre üzerindeki etkisinin sadece gelir düzeyine göre değil aynı zamanda tahmin tekniğine göre de değiştiğini göstermek için farklı gelir düzeylerine sahip 35 ülkeye odaklanmıştır. Sonuç olarak, çalışmaları kapsayan literatürün eşitsizliğin çevre üzerindeki etkisine ilişkin çalışmalar farklı sonuçlar vermiş ve bu iki değişken arasındaki ilişki hâlâ belirliliğini korumaktadır.

Gelir eşitsizliği, bireycilik, tüketimcilik ve kısa vadeliçilik gibi sosyal normları etkileyerek yenilenebilir enerji kullanımını etkileyebilir. Gelir eşitsizliği sosyal uyumu ve güveni zayıflatır (Boyce, 1994; Wilkinson ve Pickett, 2010) ve bu, kolektif eylemi sınırlandırır ve bireyselliği teşvik eder. Eşitsizlikten kaynaklanan sosyal uyum ve kolektif eylem eksikliği ile karakterize edilen toplumlarda, çevresel duyarlılığın yokluğu rant arayışı davranışı ve kişinin kendi ihtiyaçlarını karşılamak için yenilenemeyen enerji kaynaklarının yoğun kullanımı vardır (Laurent, 2015). Bu tür topluluklarda insanlar mevcut tüketim faaliyetlerinin uzun vadeli etkilerini pek umursamazlar. Bunun yerine kısa vadeli çıkarlara değer verirler. Bu kısa vadeli yaklaşım, yenilenebilir enerjinin alımını etkileyebilir ve çevre açısından önemli sonuçlar doğurabilir. Bu tür toplumlar aynı zamanda insanların sosyal statülerini korumak ve geliştirmek için tükettiği gösterişçi tüketim ve statü rekabetiyle de karakterize edilir. Aynı zamanda daha az gelire sahip sosyal gruplar da baskın sosyal grupların tüketim tarzını taklit etmektedir. Çevre kalitesine duyarlılığa değil, sosyal statüye ve nüfuza dayalı olan tüketiciliğin büyümesi, yenilenebilir enerjinin benimsenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Tüketim tarzlarının temiz enerji kullanımını desteklemediği durumlarda çevreye daha fazla zarar verme eğilimi söz konusudur (Berthe ve Elie, 2015).

Gelir eşitsizliği, kurumların kalitesini ve farklı sosyal gruplar arasındaki güç ilişkilerini etkileyerek yenilenebilir enerji tüketimini etkileyebilir. Enerji kullanımı, gelir dağılımı ve çevre politikalarının belirlenmesinde kurumlar için hayati öneme sahiptir (Cadoret ve Padovano, 2016). Gelir eşitsizliği, verimli yatırımları caydıran ve çevre politikalarının etkinliğini zayıflatan kurumları ortaya çıkarır (Fredriksson ve Svensson, 2003). Bu tür zayıf kurumsal ortamlarda elit gruplar çevre dostu olmayan faaliyetlere yönelinmektedir. Genel yatırım eksikliği aynı zamanda yenilenebilir enerjiye yapılan yatırım oranının düşük olmasına da yansır ve bu da temiz enerjinin benimsenmesini etkiler. Buna bağlı olarak gelir eşitsizliği, çevreyle ilgili politikaların belirlenmesinde kritik bir role sahip olan güç eşitsizliklerini yaratmaktadır (Boyce, 1994). Güç eşitsizlikleri, yenilenebilir enerji tüketimini ve çevre politikalarını belirleme yetkisini genellikle geleneksel enerji kaynaklarından kâr elde eden elit gruplara vererek kurumların nasıl işleyeceğini belirler. Kâr en üst düzeye çıkarmak için rant arama davranışı, daha yoksul grupların yenilenebilir enerji tüketiminden faydalanmasını zorlaştırır. (Marques ve ark., 2010). Bunun tersine, alternatif bir olasılık da yüksek gelire sahip elit grupların çevre konusunda daha fazla endişe duyma eğiliminde olmalarıdır. Bu argüman, Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) hipotezi ve insanların kısa vadeli kısıtlamalarını tatmin ettikten sonra çevrecilik de dahil olmak üzere post-materyalist değerleri üstlenme eğiliminde oldukları argümanı ile tutarlıdır (Grossman ve Krueger, 1995).

3. Metodoloji ve Veri Analizi

Bu çalışmanın temel amacı, literatürde bir boşluk olan Brezilya'da 1990-2020 yılları arasında makroekonomik değişkenlerin CO₂ emisyonları üzerindeki etkisini belirlemektir. Bu bağlamda, verilerin elde edilmesinde gelir eşitsizliği göstergesi olan GİNİ endeksi için SWIID (2023) veri tabanı kullanılırken, diğer göstergeler için sırasıyla GSYİH (ekonomik büyüme), karbon emisyonu (CO₂) ve yenilenebilir enerji, Dünya Bankası (2023a, 2023b, 2023c) veri tabanından elde edilmiştir.

Parametrik bir test yapabilmek için N gözlem sayısı 30 senenin üzerinde belirlenmiştir. Bu kapsamda, aşağıda yapılmış olan çoklu regresyon analizinde tüm bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni etkilediği ampirik olarak kanıtlanmıştır. Daha sonraki süreçte ise bu makalede PP (Phillips Perron) ve ADF (Augmented Dickey–Fuller) birim kök analizleri, Johansen eşbütünleşme analizi ve FMOLS tahmin yöntemleri kullanılmıştır.

Veriye dayalı kanıtlar, denklem 2'i doğrulamak için çok değişkenli regresyon analizi kullanılarak sağlanmaktadır. Burada econ_footprntt, GDPT, ntrgas_impt, sırasıyla karbon emisyonu, ekonomik büyümeyi (GSYİH), gelir dağılımını ve yenilenebilir enerjiyi gösterir. β_1 , β_2 , ve β_3 açıklayıcı değişkenlerin (Bağımsız Değişkenler) esnekliğini ifade eder.

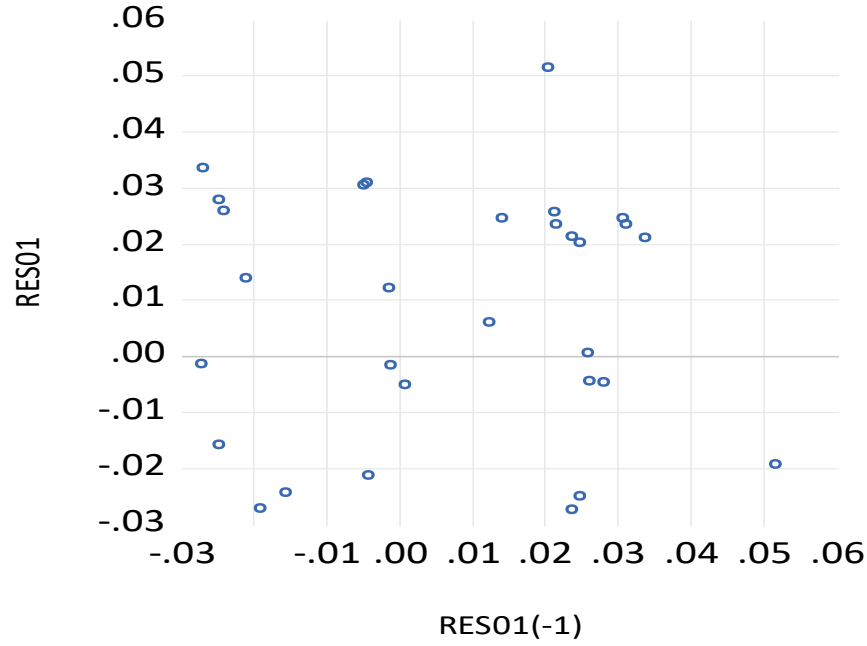
Tablo 1. Brezilya'nın Çoklu Regresyon Analizi

Dependent Variable: CO2 Method: ARMA Maximum Likelihood (OPG - BHHH)				
Sample: 1990 2020, Included observations: 31				
Convergence achieved after 16 iterations				
Coefficient covariance computed using outer product of gradients				
Variable	Coefficient	Std. Error	Prob.	t-Statistic
GINI	-0.268410	0.130068	0.0496	2.063604
GSYIH	0.080917	0.024020	0.0025	3.368755
YENERJI	-4.830425	0.620156	0.0000	-7.789044
C	5.907351	1.279482	0.0001	4.616987
AR(1)	0.979554	0.052230	0.0000	18.75477
SIGMASQ	0.000526	0.000238	0.0364	2.211033
R-squared	0.983386	Mean dependent var	0.592532	
Adjusted R-squared	0.980064	S.D. dependent var	0.180804	
S.E. of regression	0.025529	Akaike info criterion	-4.222580	
Sum squared resid	0.016293	Schwarz criterion	-3.945034	
Log likelihood	71.44999	Hannan-Quinn criter.	-4.132107	
F-statistic	295.9572	Durbin-Watson stat	1.734505	
Prob(F-statistic)	0.000000	Inv AR	Roots	.98

$$InKarbon Emisyonu_t = \beta_0 + \beta_1 In GDP_t + \beta_2 In Gelir Dağılım_t + \beta_3 In Yenilenebilir Enerji_t + \varepsilon_t \quad (2)$$

Yukarıda Tablo 1.'de yapılmış olan çoklu regresyon analizinde p-değerleri incelendiğinde tüm bağımsız değişkenler için rakamların 0.05'in altında olduğu net bir biçimde gözlemlenmiştir. GİNİ katsıyı için p-değerinin "0.0496", GSYİH (ekonomik büyüme) için "0.0025" ve yenilebilir enerji içinise "0.0000" olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 2. Brezilya için yapılmış olan Otokorelasyon grafiği



Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 2. PP ve ADF Birim Kök Testleri I(0)

Null Hypothesis: CO ₂ has a unit root, Exogenous: Constant			
Bandwidth: 2 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel			
		Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic		-1.616802	0.4619
Test critical values:	1% level	-3.67017	
	5% level	-2.963972	
Null Hypothesis: CO ₂ has a unit root, Exogenous: Constant			
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)			
		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-1.610452	0.4651
Test critical values:	1% level	-3.67017	
	5% level	-2.963972	
Null Hypothesis: GSYIH has a unit root, Exogenous: Constant			
Bandwidth: 3 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel			
		Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic		-1.295349	0.6185
Test critical values:	1% level	-3.67017	
	5% level	-2.963972	
Null Hypothesis: GSYIH has a unit root, Exogenous: Constant			
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)			
		t-Statistic	Prob.*

Augmented Dickey-Fuller test statistic	-1.163439	0.6767
Test critical values: 1% level	-3.67017	
5% level	-2.963972	
Null Hypothesis: GINI has a unit root, Exogenous: Constant Bandwidth: 0 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel		
	<u>Adj. t-Stat</u>	<u>Prob.*</u>
Phillips-Perron test statistic	-1.405781	0.5662
Test critical values: 1% level	-3.67017	
5% level	-2.963972	
Null Hypothesis: GINI has a unit root, Exogenous: Constant Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)		
	<u>t-Statistic</u>	<u>Prob.*</u>
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-1.405781	0.5662
Test critical values: 1% level	-3.67017	
5% level	-2.963972	
Null Hypothesis: YENERJI has a unit root, Exogenous: Constant Bandwidth: 2 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel		
	<u>Adj. t-Stat</u>	<u>Prob.*</u>
Phillips-Perron test statistic	-1.935681	0.3123
Test critical values: 1% level	-3.67017	
5% level	-2.963972	
Null Hypothesis: YENERJI has a unit root, Exogenous: Constant Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)		
	<u>t-Statistic</u>	<u>Prob.*</u>
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-1.940236	0.3102
Test critical values: 1% level	-3.679322	
5% level	-2.967767	
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.		

Elde edilmiş olan tüm bu sonuçlar bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken olan CO₂ emisyonunu etkilediğini net bir biçimde göstermiştir. Tüm bu 3 bağımsız değişkenlerden yenilenebilir enerjinin CO₂ emisyonunu en fazla etkileyen değişken olduğu gözlemlenirken diğer bir bağımsız değişken olan GİNİ'nin CO₂ emisyonunu en az etkilediği sonucuna varılmıştır.

Yapılmış olan bu analizin ampirik olarak sağlaması ise çeşitli indikatörlere bakılarak değerlendirilmiştir. İlk olarak otokorelasyon problemi olup olmadığını ortaya koyabilmek için aşağıda Şekil 2.'de yapılmış olan kalıntı grafiği gözlemlenmiştir. Bu grafikte tüm kalıntılar rastgele dağılarak entropiye uğramıştır. Dolayısı ile şekildeki bu yapı modelde otokorelasyon sorunu olmadığını kanıtlamaktadır. Ayrıca, otokorelasyon indikatörlerinden Durbin Watson istatistiği ise 1.73 olarak elde edilerek istenilen optimal değerde çıkmıştır. Durbin Watson istatistiği 2 skoruna ne kadar yakınsa modelde otokorelasyon olma

ihtimalini o kadar azaltır. Dahası, AR(1) sonucu ise 0.0000 olarak elde edilmiştir. Tüm bu 3 indikatörde modelde otokorelasyon sorunu olmadığını göstermektedir.

ADF testi, serilerin durağanlıklarını ortaya çıkarmak için GİNİ katsayısı, ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji ve CO₂ emisyonlarını içeren AIC Akaike Bilgi Kriteri aracılığıyla serilere uyarlanır. Ayrıca Ng ve Perron'un (2001) önerisine göre maksimum gecikme uzunluğu 2 olarak seçilmiştir. ADF birim kök testi, serinin AR(k) sürecini sürdürdüğü ve bağımlı değişkenin gecikmeli fark terminolojisini belirtilen serinin sağ tarafına sürüklediği dikkate alınarak yüksek dereceli korelasyon açısından parametrik bir model içermektedir.

$$\Delta y_t = c + \alpha y_{t-1} + \sum_{j=1}^k d_j \Delta y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (3)$$

$$\Delta y_t = c + \alpha y_{t-1} + \beta t \sum_{j=1}^k d_j \Delta y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (4)$$

Denklem (3) dikkate alındığında sıfır hipotezi, incelenen y zaman serisinin y_t cinsinden ortalama durağan alternatif birim kökünü inceler. Ayrıca denklem (4) alternatif olarak trend-durağanlığın amacını taşımakla birlikte sıfır hipotezinin birim kökünü de göstermektedir. Δ_(yt-j) terimi seri korelasyonu sağlayan hata terimindeki denklemin birinci farkını ifade eder. Son olarak ADF testinde denklem (3) ve (4)'de belirtildiği gibi doğrusal ve sabit bir zaman eğilimi dikkate alınmalıdır.

Çoklu regresyon analizi yapıldıktan sonra Johansen eş-bütünleşme ve FMOLS analizlerini hayata geçirebilmek için serilerin durağan olup olmadıkları test edilmesi gerekir. Öncelikle, tüm 4 serinin durağanlık açısından yapılarının analize uygun olup olmadığına I(0) düzeyinde bakılır. Yukarıda Tablo 2.'de yapılmış olan PP ve ADF testleri göz önünde bulundurulduğunda karbon emisyonu, GSYİH (ekonomik büyüme), gelir dağılımı (GİNİ) ve yenilenebilir enerjinin I(0) düzeylerinde durağan olmadıkları görülmüştür. Bu kapsamda, istatistiki olarak tüm serilerin p-değerlerinin 0.05'den büyük oldukları ve aynı zamanda t-istatistik değerleri mutlak değerleri alındığında yüzde 1 ve yüzde 5 değerlerinde çok daha küçük seviyelerde oldukları bulunmuştur.

Serilerin durağan olabilme şartları göz önünde bulundurulduğunda hem p-değerlerinin 0.05'in altında çıkmaları hem de tüm seriler için t-istatistiklerinin mutlak değerleri alındığında yüzde 1 ve yüzde 5'e tekabül eden rakamlardan daha büyük olması gerekmektedir. Tüm bu şartlar değerlendirildiğinde yukarıda Tablo 2.'de hiçbir serinin I(0) düzeyinde durağan olmadığı görülmüştür. Örnek verecek olursak, karbon emisyonu p-değerinin hem PP için 0.4619, ADF için ise 0.4651 olarak tespit edilmiştir. Dahası, karbon emisyonu için yukarıda Tablo 2.'de t-istatistik değerleri sırasıyla, -1.616802, -1.610452 olarak bulunup, her iki sonucunda mutlak değerleri göz önünde bulundurulduğunda PP için yüzde 1 ve yüzde 5'e tekabül eden -3.670170, -2.963972 bulgularından ve ADF testi için ise yüzde 1 ve yüzde 5'e tekabül eden -3.670170 ve -2.963972 rakamlarından küçük olduğu gözlemlenerek durağan olmadıkları tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar ise diğer seriler için elde edilerek I(0) düzeyinde hiçbirdeğişkenin durağan olmadığı ampirik olarak kanıtlanmıştır.

I(0) düzeyinde durağan olmadığı anlaşılan tüm serilerin birinci dereceden farkları alınarak tekrar hem PP hem de ADF testleri yapılmıştır. Aşağıda Tablo 3.'de birinci dereceden farkları alınan serilerin tamamının durağanlaştığı tespit edilmiştir. Sonuçların mutlak değerleri alındıktan sonra hem p-değerleri 0.05'in altında bulunmuş hem de t-istatistik değerleri yüzde 1 ve yüzde 5.'e tekabül eden bulgularından yüksek çıkarak serilerin durağan olma durumları kanıtlanmıştır. Aşağıda karbon emisyonu için Tablo 3.'de t-istatistik değerleri sırasıyla, -4.138005, -4.086821 olarak bulunup, her iki sonucunda mutlak değerleri göz önünde bulundurulduğunda PP için yüzde 1 ve yüzde 5'e tekabül eden -3.679322, -2.967767 bulgularından ve ADF testi için ise yüzde 1 ve yüzde 5'e tekabül eden -3.679322 ve -2.967767 rakamlarından büyük olduğu gözlemlenerek durağan oldukları tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar ise diğer seriler için elde edilerek I(1) düzeyinde tüm değişkenlerin durağan oldukları ampirik olarak kanıtlanmıştır.

Tablo 3. PP ve ADF Birim Kök Testleri I(I)

Null Hypothesis: CO21 has a unit root, Exogenous: Constant Bandwidth: 2 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel		
	<u>Adj. t-Stat</u>	<u>Prob.*</u>
Phillips-Perron test statistic	-4.138005	0.0032
Test critical values: 1% level	-3.679322	
5% level	-2.967767	
Null Hypothesis: CO21 has a unit root, Exogenous: Constant Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)		
	<u>t-Statistic</u>	<u>Prob.*</u>
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-4.086821	0.0037
Test critical values: 1% level	-3.679322	
5% level	-2.967767	
Null Hypothesis: GSYIH1 has a unit root, Exogenous: Constant Bandwidth: 3 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel		
	<u>Adj. t-Stat</u>	<u>Prob.*</u>
Phillips-Perron test statistic	-3.848194	0.0066
Test critical values: 1% level	-3.679322	
5% level	-2.967767	
Null Hypothesis: GSYIH1 has a unit root, Exogenous: Constant Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)		
	<u>t-Statistic</u>	<u>Prob.*</u>
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-3.771383	0.0080
Test critical values: 1% level	-3.679322	
5% level	-2.967767	
Null Hypothesis: GINI1 has a unit root, Exogenous: Constant Bandwidth: 2 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel		
	<u>Adj. t-Stat</u>	<u>Prob.*</u>
Phillips-Perron test statistic	-6.295961	0.0000
Test critical values: 1% level	-3.679322	
5% level	-2.967767	
Null Hypothesis: GINI1 has a unit root, Exogenous: Constant Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)		
	<u>t-Statistic</u>	<u>Prob.*</u>
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-6.100236	0.0000
Test critical values: 1% level	-3.679322	
5% level	-2.967767	

Null Hypothesis: YENERJI1 has a unit root, Exogenous: Constant		
Bandwidth: 1 (Newey-West automatic) using Bartlett kernel		
	Adj. t-Stat	Prob.*
Phillips-Perron test statistic	-3.265725	0.0261
Test critical values:	1% level	-3.679322
	5% level	-2.967767
Null Hypothesis: YENERJI1 has a unit root, Exogenous: Constant		
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=7)		
	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-3.285566	0.0250
Test critical values:	1% level	-3.679322
	5% level	-2.967767
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.		

Uygulanmış olan hem PP hem de ADF testleri neticesinde durağanlaşmış olan tüm seriler için Johansen eş-bütünleşme, etki tepki, varyans ayrıştırması ve FMOLS analizleri yapılabilir. Johansen eş-bütünleşme testi değişkenler arasında uzun vadeli ilişki olup olmadığını test eder. VAR analizinden sonra yapılmış olan etki tepki ve varyans ayrıştırması analizleri ise hangi bağımsız değişkenin diğer bağımsız değişkene göre bağımlı değişkeni etkileyip etkilemediğini tespit eder. Son olarak uygulanmış olan FMOLS analizi ise hem değişkenler arası uzun vadeli ilişkiyi ölçer hem de hangi bağımsız değişkenin bağımlı değişkeni etkileyip etkilemediğini ortaya koyar.

Tablo 4. Johansen Eş-Bütünleşme Testi

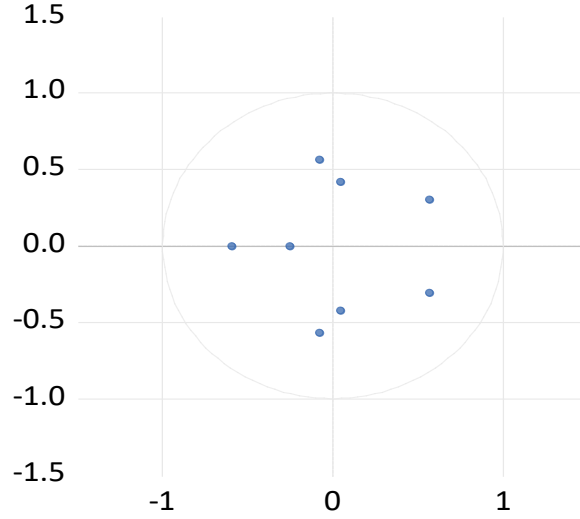
Sample: 1990 2020, Included observations: 31				
Lags interval (in first differences): 1 to 1				
Endogenous variables: CO2I, GINI1, GSYIH1, YENERJI1				
Deterministic assumptions: Case 3 (Johansen-Hendry-Juselius): Cointegrating relationship includes a constant. Short-run dynamics include a constant.				
	Unrestricted	Cointegration	Rank Test (Trace)	
Hypothesized		Trace	0.05	Prob.**
No. of CE(s)	Eigenvalue	Statistic	Critical Value	Critical Value
None *	0.838887	86.12650	47.85613	0.0000
At most 1 *	0.470668	35.00826	29.79707	0.0115
At most 2 *	0.361772	17.19635	15.49471	0.0275
At most 3 *	0.152188	4.622688	3.841465	0.0315
Trace test indicates 4 cointegrating equation(s) at the 0.05 level				
* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level				

Yukarıda Tablo 4.'de Brezilya için 1990-2020 yılları arasında yapılmış olan Johansen eş-bütünleşme testi sonuçlarına göre p-değerleri 0.05'in altında elde edilerek karbon emisyonu, GSYİH (ekonomik

büyüme), gelir dağılımı (GİNİ) ve yenilenebilir enerji arasındaki uzun vadeli ilişki ampirik olarak kanıtlanmıştır. P değerleri ise sırasıyla "0.0000", "0.0115", "0.0275" ve "0.0315" olarak bulunmuştur.

Şekil 3. VAR Analizi

Inverse Roots of AR Characteristic Polynomial



Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Johansen eş-bütünleşme testi neticesinde değişkenler arası uzun-vadeli ilişki tespit edildikten sonra etki tepki ve varyans ayrıştırması testlerini yapabilmek için öncelikle VAR analizi yapılmıştır. Bu araştırmada dört değişkenin trendinin detaylı analizini yapabilmek için VAR modeli kullanılmıştır. Gelir dağılımı, yenilenebilir enerji, GSYİH ve CO₂ emisyonları içsel değişkenler olarak belirlenerek gecikme değerleri (lag order) 1 – 2 olarak alınmıştır. Lag aralığı Ayrıca karakteristik polinomun ters kökleri uygulandıktan sonra kök ortalamasının tüm özellikleri dairenin içinde kalır. Bu şekilde model, Şekil 3'deki durağan bir VAR olup, etki tepki analizi ve varyans ayrıştırmasının kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Daha sonra, gösterilen değişkenler arasındaki ilişkilerin seyrini analiz etmek için etki tepki modeli gerçekleştirilir. Sonuçlar GİNİ'nin karbon emisyonları üzerindeki etkisinin yenilenebilir enerji ve GSYİH'ye göre nispeten daha fazla olduğunu göstermektedir (Bkz. Tablo 5). Sonuçlar yukarıdaki çok değişkenli regresyon analiziyle tutarlıdır. Etki tepki analizi sonucu, varyans ayrıştırması ile tutarlıdır (Bkz. Şekil 4,5,6 ve Tablo 5).

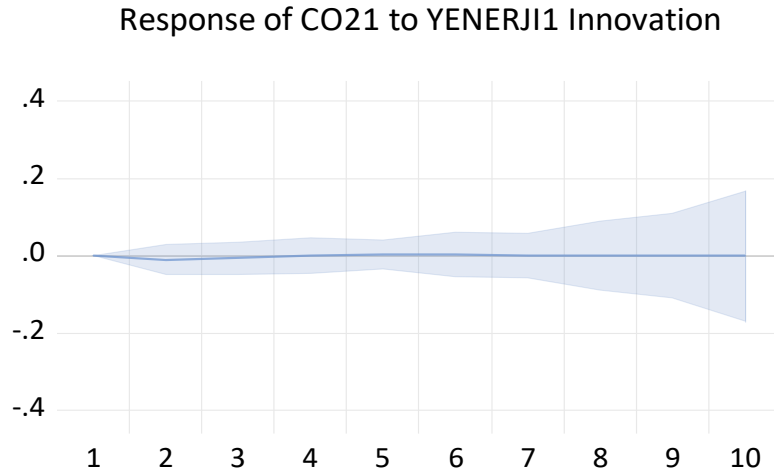
Tablo 5. Varyans Ayrıştırması Analizi

Variance Decomposition of CO21:					
Period	S.E.	CO21	GINI1	GSYIH1	YENERJI1
1	0.102885	100.0000 (0.00000)	0.000000 (0.00000)	0.000000 (0.00000)	0.000000 (0.00000)
2	0.114100	84.25089 (11.3034)	4.871479 (8.59471)	10.06603 (8.22172)	0.811601 (3.95825)
3	0.121203	81.80669 (12.3632)	6.280779 (9.72803)	10.95400 (7.87555)	0.958535 (4.08200)
4	0.122267	80.81596 (12.7575)	6.197074 (10.1704)	12.04504 (8.65281)	0.941918 (4.76791)
5	0.122390	80.71385	6.193748	12.02276	1.069646

		(13.6807)	(10.6760)	(9.04314)	(5.12720)
6	0.123067	80.62284	6.297837	11.89123	1.188096
		(14.2809)	(10.9958)	(9.41761)	(5.24816)
7	0.123244	80.50463	6.388301	11.89970	1.207377
		(14.7144)	(11.2230)	(9.54707)	(5.41019)
8	0.123334	80.49944	6.400172	11.89306	1.207327
		(14.9927)	(11.5383)	(9.54359)	(5.52694)
9	0.123348	80.48439	6.400981	11.90691	1.207727
		(15.2084)	(11.8196)	(9.42494)	(5.65545)
10	0.123352	80.48170	6.401818	11.90882	1.207663
		(15.4406)	(12.0614)	(9.45235)	(5.74730)

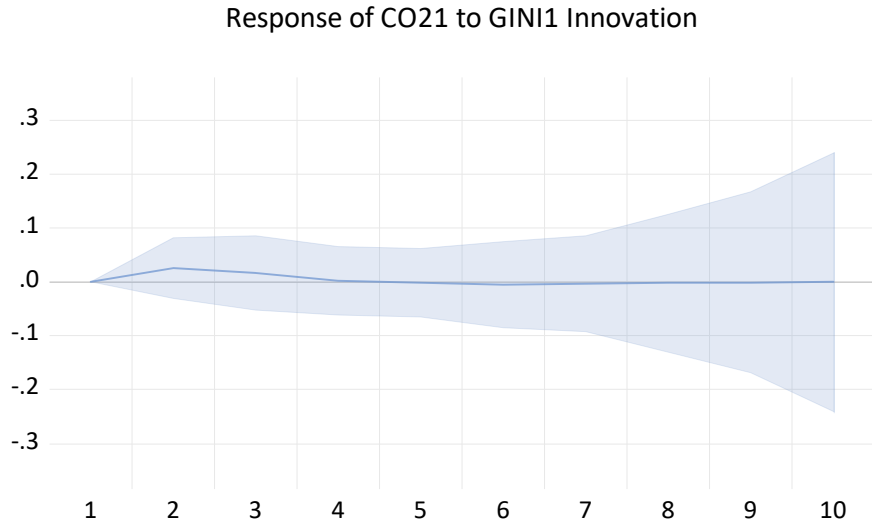
Şekil 4. Yenilenebilir Enerji için Etki Tepki Analizi

Response to Cholesky One S.D. (d.f. adjusted) Innovations
95% CI using Monte Carlo S.E.s with 100 replications



Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

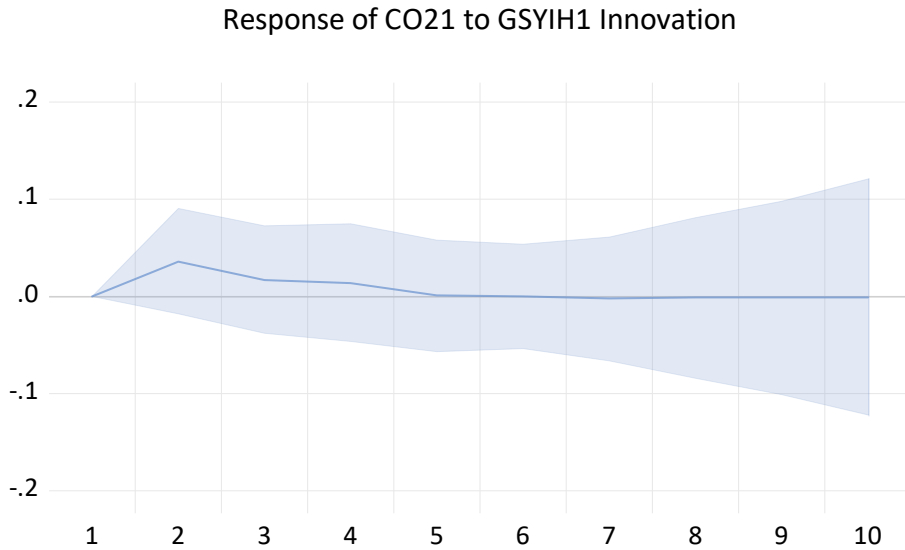
Şekil 5. Gini Katsayısı için Etki Tepki Analizi
Response to Cholesky One S.D. (d.f. adjusted) Innovations
95% CI using Monte Carlo S.E.s with 100 replications



Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Şekil 6. GSYİH için Etki Tepki Analizi

Response to Cholesky One S.D. (d.f. adjusted) Innovations
95% CI using Monte Carlo S.E.s with 100 replications



Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Şekil 4., Şekil 5. ve Şekil 6.'daki yapılmış olan etki tepki analizlerine göre bağımsız değişkenlere şok uygulandığında en fazla karbon emisyonunu etkileyen değişkenin sırasıyla GSYİH ve Gini katsayısının olduğu gözlemlenmiştir. En az etkileyen bağımsız değişkenin ise yenilenebilir enerji olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar varyans ayrıştırması analiz ile paralellik göstermektedir.

Tablo 6. FMOLS Analizi Sonuçları

Dependent Variable: CO2I				
Method: Fully Modified Least Squares (FMOLS)				
Sample (adjusted): 1992 2020				
Included observations: 29 after adjustments				
Cointegrating equation deterministics: C @TREND @TREND^2				
Long-run covariance estimate (Bartlett kernel, Andrews bandwidth = 4.2352 (with offset=1))				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
YENERJI1	-0.056115	0.005536	-10.13650	0.0000
GINI1	-0.009092	0.003511	-2.589558	0.0164
GSYIH1	6.90E-14	3.22E-14	2.141101	0.0431
C	-0.022155	0.023533	-0.941443	0.3563
@TREND	0.007053	0.003459	2.039023	0.0531
@TREND^2	-0.000223	0.000106	-2.104976	0.0464
R-squared	0.812179	Mean dependent var		0.020776
Adjusted R-squared	0.771348	S.D. dependent var		0.098236
S.E. of regression	0.046974	Sum squared resid		0.050751
Long-run variance	0.001105			

Yukarıda Tablo 6.'da yapılmış olan FMOLS (Tam Modifiye Edilmiş En Küçük Kareler) yönteminin sonuçlarına göre yenilenebilir enerji, Gini katsayısı, GSYİH ve karbon emisyonu arasında uzun vadeli ilişki söz konusudur. Tüm bağımsız değişkenlerin p-değerleri incelendiğinde yenilenebilir enerji 0.0000 olarak bulunmuştur. Bu bir önemli bulgudur ve yukarıda Şekil 4.'deki etki tepki analizi sonuçları ile net bir biçimde örtüşmektedir. Ayrıca tüm bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni etkilediği ortaya çıkmış ve Tablo 1.'de yapılan çoklu regresyon analizi ile paralellik gösterdiği anlaşılmaktadır.

Sonuç

Yenilenemeyen enerji kaynaklarının zararlı etkileri çok fazla dikkat çekmiş ve küresel kamu politikasında bir endişe olarak kabul edilmiştir. Bu nedenle yenilenebilir enerji kullanımının teşvik edilmesi küresel iklim politikasının amacı olmuştur. Yenilenebilir enerjinin benimsenme oranları, ülkeye özel girişimlerle zaman içinde bu oranların artırılmasına rağmen hala belirlenen hedeflerin çok gerisindedir. Literatürde, uygulanan bu politikayı kavramak amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasını etkileyen bir dizi husus incelenmiştir. İklim değişikliği küresel bir sorun olmaya devam ettikçe ve nüfus artışı hızlandıkça enerji ihtiyaçlarına olan talep de artmaya devam edecektir. İklimle ilgili sorun doğrudan sera gazlarının emisyonundan kaynaklanmakta ve enerji talebi de ekonomik büyümeyi desteklemektedir. Tüm ülkeler ekonomik kalkınmayı gerçekleştirmek için çok çeşitli planlar geliştirirler ancak bu arada hayata geçirilen mevcut enerji üretiminden kaynaklanan önemli CO₂ emisyonları çevresel bozulmaya da doğrudan katkıda bulmaya devam etmektedir. Bu nedenle ülkelerin ekonomik önemini korumak adına yeşil enerji, dünya enerji ihtiyacının en uygun alternatifi olmaya devam etmektedir. Yenilenebilir enerji, CO₂ emisyonlarını azalttığı veya ortadan kaldırdığı için iklim dostudur. Birçok ülke, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelerek düşük karbonlu bir ekonomik kalkınma planlamışlardır.

Bu bilgiler göz önüne alındığında, mevcut çalışmanın amacı 1990-2020 yılları arasında Brezilya için ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji ve gelir eşitsizliğinin CO₂ emisyonları üzerindeki etkilerini analiz etmektir. Bu bağlamda yapılmış olan çoklu regresyon analizinin 3 bağımsız değişkenin de bağımlı değişken olan CO₂ emisyonunu etkilediğini ortaya koymuştur. Ayrıca tüm değişkenler arasında uzun vadeli bir ilişki olduğu da ampirik olarak kanıtlanmıştır. Brezilya ekonomisinde çevre kalitesini daha da artırmak için çalışmanın bulgularına dayanarak çeşitli politikalar uygulanabilir. Karbon emisyonlarında tutarlı ve istikrarlı bir azalma sağlamak için Brezilya politika yapıcılarının ekonomik genişleme politikaları ve gündemleri hazırlaması ve uygulaması gerekmektedir. Örneğin Brezilya ekonomisinin gelirleri arttıkça çevre bilincini artırabilecek, katı çevre dostu prosedürler oluşturabilecek ve yenilenebilir enerji tüketimi için çevre dostu yeşil teknolojileri uygulanmalıdır. Yenilenebilir enerji üretimini artırmak

için Brezilya genelinde teknik ilerlemelerin artırılması da kritik önem taşımaktadır. Ayrıca, yenilenebilir enerji tüketiminin masraflarını en aza indirmek, yeşil enerji kaynaklarını içeren iş girişimlerini cesaretlendirmek ve yenilenebilir enerji kaynaklarının avantajlarını elde etmek için sıfırdan nasıl başlanacağı konusunda farkındalık yaratmak amacıyla Brezilya politika yapıcıları tarafından bazı sübvansiyonlar sağlanmalıdır. Brezilya hükümeti tarafından yenilenemeyen kaynaklara bağımlılığın ve hava kirliliğinin azaltılması gibi bir dizi önlemler alınmalıdır. Ayrıca yenilenebilir enerji kullanımının artırılması için işletmelerin ve bireylerin yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapmalarının önündeki ekonomik ve hukuki engellerin kaldırılması büyük önem taşımaktadır. Yeni yapılacak olan araştırmalarda ise çok taraflı ticaret ve temiz enerji üretiminin nicelik düzeyindeki analizlerini ve mekânsal boyutlarını da hesaba katarak çeşitli çalışmalar kaleme alınabilir.

Kaynakça

- Aaberge, R. (2001). Axiomatic characterization of the Gini coefficient and Lorenz curve orderings. *Journal of Economic Theory*, 101(1), 115-132.
- Ahmad, U. S., Usman, M., Hussain, S., Jahanger, A., & Abrar, M. (2022). Determinants of renewable energy sources in Pakistan: An overview. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(19), 29183-29201.
- Altarhouni, A., Danju, D., & Samour, A. (2021). Insurance market development, energy consumption, and Turkey's CO₂ emissions. New Perspectives from a Bootstrap ARDL Test. *Energies*, 14(23), 7830.
- Apergis, N. (2015). Does renewables production affect income inequality? Evidence from an international panel of countries. *Applied Economics Letters*, 22(11), 865-868.
- Asongu, S. A., & Odhiambo, N. M. (2021). Inequality, finance and renewable energy consumption in Sub-Saharan Africa. *Renewable Energy*, 165, 678-688.
- Baek, J., & Gweisah, G. (2013). Does income inequality harm the environment?: Empirical evidence from the United States. *Energy Policy*, 62, 1434-1437.
- Bai, C., Feng, C., Yan, H., Yi, X., Chen, Z., & Wei, W. (2020). Will income inequality influence the abatement effect of renewable energy technological innovation on carbon dioxide emissions?. *Journal of Environmental Management*, 264, 110482.
- Baloch, M. A., & Danish. (2022). The nexus between renewable energy, income inequality, and consumption-based CO₂ emissions: An empirical investigation. *Sustainable Development*, 30(5), 1268-1277.
- Barbaros, M., Par, A., & Kalaycı, S. (2018). Türkiye'de Ekonomik Büyüme ve Enerji Tüketiminin Cari Açık Üzerindeki Etkisi. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 5(10), 94-113.
- Berthe, A., & Elie, L. (2015). Mechanisms explaining the impact of economic inequality on environmental deterioration. *Ecological Economics*, 116, 191-200.
- Beşe, E., & Kalaycı, S. (2021). Environmental Kuznets curve (EKC): empirical relationship between economic growth, energy consumption, and CO₂ emissions: evidence from 3 developed countries. *Panoeconomicus*, 68(4), 483-506.

- Bhattacharya, M., Paramati, S. R., Ozturk, I., & Bhattacharya, S. (2016). The effect of renewable energy consumption on economic growth: Evidence from top 38 countries. *Applied Energy*, 162, 733-741.
- Borghesi, S. (2006). Income inequality and the environmental Kuznets curve. *Environment, inequality and collective action*, 33.
- Boyce, J. K. (1994). Inequality as a cause of environmental degradation. *Ecological Economics*, 11(3), 169-178.
- Cadoret, I., & Padovano, F. (2016). The political drivers of renewable energies policies. *Energy Economics*, 56, 261-269.
- Chen, Y., Mamon, R., Spagnolo, F., & Spagnolo, N. (2022). Renewable energy and economic growth: A Markov-switching approach. *Energy*, 244, 123089.
- Dong, X. Y., & Hao, Y. (2018). Would income inequality affect electricity consumption? Evidence from China. *Energy*, 142, 215-227.
- Dorfman, R. (1979). A formula for the Gini coefficient. *The Review of Economics and Statistics*, 146-149.
- Drabo, A. (2011). Impact of income inequality on health: does environment quality matter?. *Environment and Planning A*, 43(1), 146-165.
- Dünya Bankası (2023a). GSYİH – (GDP Growth) “<https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators/Series/NY.GDP.MKTP.KD.ZG>” 22.05.2023 tarihinde Dünya Bankası veri tabanından alınmıştır.
- Dünya Bankası (2023b). Karbon Emisyonu CO₂ emissions (metric tons per capita) “<https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.PC>” 22.05.2023 tarihinde Dünya Bankası veri tabanından alınmıştır.
- Dünya Bankası (2023c). Yenilenebilir Enerji - Renewable Energy Consumption (% of total final energy consumption) “<https://data.worldbank.org/indicator/EG.FEC.RNEW.ZS>” 22.05.2023 tarihinde Dünya Bankası veri tabanından alınmıştır.
- Ehigiamusoe, K. U., & Dogan, E. (2022). The role of interaction effect between renewable energy consumption and real income in carbon emissions: evidence from low-income countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 154, 111883.
- Elveren, A. Y. (2013). Gelir Dağılımı Çalışmaları İçin Bir Alternatif: Texas Üniversitesi Eşitsizlik Projesi Veri Setleri. *Anadolu University Journal of Social Sciences/Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 13(2).
- Fredriksson, P. G., & Svensson, J. (2003). Political instability, corruption and policy formation: the case of environmental policy. *Journal of Public Economics*, 87(7-8), 1383-1405.
- Gassebner, M., Gaston, N., & Lamla, M. J. (2008). Relief for the environment? The importance of an increasingly unimportant industrial sector. *Economic Inquiry*, 46(2), 160-178.
- Gastwirth, J. L. (1971). A general definition of the Lorenz curve. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1037-1039.
- Gastwirth, J. L. (1972). The estimation of the Lorenz curve and Gini index. *The Review of Economics and Statistics*, 306-316.
- Gini, C. (1921). Measurement of inequality of incomes. *The Economic Journal*, 31(121), 124-125.
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic growth and the environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 110(2), 353-377.
- Grunewald, N., Klasen, S., Martínez-Zarzoso, I., & Muris, C. (2017). The trade-off between income

- inequality and carbon dioxide emissions. *Ecological Economics*, 142, 249-256.
- Gugushvili, A., Reeves, A., & Jarosz, E. (2020). How do perceived changes in inequality affect health?. *Health & Place*, 62, 102276.
- Güdül, S., & Kalayci, S. (2023). Examining the Nexus among Migration and Poverty in Terms of Economic Development: An Empirical Investigation from Middle East Countries within The Perspective of International Relations. *Third Sector Social Economic Review*, 58(1), 300-318.
- Hayat, K., Yaqub, K., Aslam, M. A., & Shabbir, M. S. (2022). Impact of societal and economic development on academic performance: a literature review. *iRASD Journal of Economics*, 4(1), 98-106.
- Heerink, N., Mulatu, A., & Bulte, E. (2001). Income inequality and the environment: aggregation bias in environmental Kuznets curves. *Ecological Economics*, 38(3), 359-367.
- IEA (2015). International Energy Agency, World Energy Outlook, <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2015.pdf>.
- Jorgenson, A. K., Schor, J. B., Knight, K. W., & Huang, X. (2016, September). Domestic inequality and carbon emissions in comparative perspective. In *Sociological Forum* (Vol. 31, pp. 770-786).
- Kalaycı, S., Öztürk, A., & Gündüz, M. A. (2017). Kuzey Avrupa ve Latin Amerika ülkeleri arasında gelir dağılımı adaletsizliği açısından ekonometrik bir analiz. *Electronic Turkish Studies*, 12(29), 335-347.
- Kalaycı, S., & Özden, C. (2021). The linkage among sea transport, trade liberalization and industrial development in the context of CO₂: An empirical investigation from China. *Frontiers in Environmental Science*, 9, 633875.
- Laurent, E. (2015). Social-ecology: Exploring the Missing Link in Sustainable Development.
- Liu, Q., Wang, S., Zhang, W., Li, J., & Kong, Y. (2019). Examining the effects of income inequality on CO₂ emissions: Evidence from non-spatial and spatial perspectives. *Applied Energy*, 236, 163-171.
- Liu, Z., Lan, J., Chien, F., Sadiq, M., & Nawaz, M. A. (2022). Role of tourism development in environmental degradation: A step towards emission reduction. *Journal of Environmental Management*, 303, 114078.
- Marques, A. C., Fuinhas, J. A., & Manso, J. P. (2010). Motivations driving renewable energy in European countries: A panel data approach. *Energy Policy*, 38(11), 6877-6885.
- McGee, J. A., & Greiner, P. T. (2019). Renewable energy injustice: The socio-environmental implications of renewable energy consumption. *Energy Research & Social Science*, 56, 101214.
- Muhammad, I., Shabbir, M. S., Saleem, S., Bilal, K., & Ulucak, R. (2021). Nexus between willingness to pay for renewable energy sources: evidence from Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 2972-2986.
- Muhammad, I., Ozcan, R., Jain, V., Sharma, P., & Shabbir, M. S. (2022). Does environmental sustainability affect the renewable energy consumption? Nexus among trade openness, CO₂ emissions, income inequality, renewable energy, and economic growth in OECD countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(60), 90147-90157.
- Namahoro, J. P., Wu, Q., Zhou, N., & Xue, S. (2021). Impact of energy intensity, renewable energy, and economic growth on CO₂ emissions: Evidence from Africa across regions and income levels. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 147, 111233.
- Ng, S., & Perron, P. (2001). Lag length selection and the construction of unit root tests with good size and power. *Econometrica*, 69(6), 1519-1554.
- Öcal, O., & Aslan, A. (2013). Renewable energy consumption–economic growth nexus in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28, 494-499.

- Ramos Meza, C. S., Bashir, S., Jain, V., Aziz, S., Raza Shah, S. A., Shabbir, M. S., & Agustin, D. W. I. (2021). The economic consequences of the loan guarantees and firm's performance: a moderate role of corporate social responsibility. *Global Business Review*, 09721509211039674.
- Ravallion, M., Heil, M., & Jalan, J. (2000). Carbon emissions and income inequality. *Oxford Economic Papers*, 52(4), 651-669.
- Sager, L. (2019). Income inequality and carbon consumption: Evidence from Environmental Engel curves. *Energy Economics*, 84, 104507.
- Shabbir, M. S., & Zeb, A. (2020). Nexus and perception of customers toward conventional banking systems: does the Islamic banking system exist as a competitor?. *International Journal of Asian Business and Information Management (IJABIM)*, 11(4), 54-70.
- Shahbaz, M., Rizvi, S. K. A., Dong, K., & Vo, X. V. (2022). Fiscal decentralization as new determinant of renewable energy demand in China: The role of income inequality and urbanization. *Renewable Energy*, 187, 68-80.
- Sharma, R., & Rajpurohit, S. S. (2022). Nexus between income inequality and consumption of renewable energy in India: a nonlinear examination. *Economic Change and Restructuring*, 55(4), 2337-2358.
- SWIID (2023). Gini indeksi "<https://fsolt.org/swiid/>" 22.05.2023 tarihinde SWIID (Standardized World Income Inequality Database) veri tabanından alınmıştır.
- Tan, Y., & Uprasen, U. (2021). Carbon neutrality potential of the ASEAN-5 countries: Implications from asymmetric effects of income inequality on renewable energy consumption. *Journal of Environmental Management*, 299, 113635.
- Topçu, M., & Tuğcu, C. T. (2020). The impact of renewable energy consumption on income inequality: Evidence from developed countries. *Renewable Energy*, 151, 1134-1140.
- Torras, M., & Boyce, J. K. (1998). Income, inequality, and pollution: a reassessment of the environmental Kuznets curve. *Ecological Economics*, 25(2), 147-160.
- Trapeznikova, I. (2019). *Measuring income inequality*. IZA World of Labor.
- Uzar, U., & Eyuboglu, K. (2019). The nexus between income inequality and CO₂ emissions in Turkey. *Journal of Cleaner Production*, 227, 149-157.
- Uzar, U. (2020). Is income inequality a driver for renewable energy consumption?. *Journal of Cleaner Production*, 255, 120287.
- Wang, G., Sadiq, M., Bashir, T., Jain, V., Ali, S. A., & Shabbir, M. S. (2022). The dynamic association between different strategies of renewable energy sources and sustainable economic growth under SDGs. *Energy Strategy Reviews*, 42, 100886.
- Wilkinson, R., & Pickett, K. (2010). *The Spirit Level: Why Equality Is Better for Everyone*. Penguin, U.K.
- Wu, S., Zheng, X., & Wei, C. (2017). Measurement of inequality using household energy consumption data in rural China. *Nature Energy*, 2(10), 795-803.
- Yang, X., Ramos-Meza, C. S., Shabbir, M. S., Ali, S. A., & Jain, V. (2022). The impact of renewable energy consumption, trade openness, CO₂ emissions, income inequality, on economic growth. *Energy Strategy Reviews*, 44, 101003.
- Yaqoob, N., Ali, S. A., Kannaiah, D., Khan, N., Shabbir, M. S., Bilal, K., & Tabash, M. I. (2022). The effects of agriculture productivity, land intensification, on sustainable economic growth: a panel analysis from Bangladesh, India, and Pakistan Economies. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-9.
- Zahra, S., & Badeeb, R. A. (2022). The impact of fiscal decentralization, green energy, and economic policy uncertainty on sustainable environment: a new perspective from ecological footprint in

five OECD countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(36), 54698-54717.

Zhao, J., Patwary, A. K., Qayyum, A., Alharthi, M., Bashir, F., Mohsin, M., & Abbas, Q. (2022). The determinants of renewable energy sources for the fueling of green and sustainable economy. *Energy*, 238, 122029.

Research Article

**Brezilya’da GSYİH, Gelir Dağılımı ve Yenilenebilir Enerjinin CO2 Emisyonu
Üzerindeki Etkisi: Ampirik Bir Analiz**

*The Impact of GDP, Income Distribution and Renewable Energy on CO2 Emissions in Brazil:
An Empirical Analysis*

Ayşe Özge ARTEKİN

Dr. Öğr. Üyesi, Selçuk Üniversitesi

aoartekin@selcuk.edu.tr

<https://orcid.org/0000-0001-7658-416X>

Extensive Summary

Although there are many studies in the literature regarding the relationship between renewable energy sources, income distribution, renewable energy, economic growth and carbon emissions, empirical findings are still a matter of debate. Most studies are criticized in terms of the validity of the measured coefficients and elasticities, since the estimation methods used are not based on an adequate quantitative system (Zahra and Badeeb, 2022). The main purpose of this study is to measure the effects of GDP, renewable energy and income distribution on CO₂ emissions for Brazil between 1990 and 2020 in terms of the long-term relationships between the variables. In the first part of this research article, all concepts related to the variables of the subject are discussed through examples. In the second part, a comprehensive literature summary on the subject is presented as well. In the third part, empirical analyzes were conducted for Brazil between 1990 and 2020, considering the variables including GDP, renewable energy, income distribution and CO₂ emissions. In the conclusion part, general comments in terms of relevant subject are made and the ways that the Brazilian government and policy makers should follow. Despite the recent intense interest in the literature on the relationship between renewable energy and CO₂ emissions, the impact of GDP, renewable energy and income inequality on consumption-based carbon dioxide (CO₂) emissions has not been sufficiently investigated both theoretically and empirically. This study investigates the effects of GDP, renewable energy and income inequality on consumption-based CO₂ emissions between 1990 and 2020 for Brazil, one of the world's 10 largest economies, which has made a name for itself with its initiatives on renewable energy and carbon dioxide emissions. Thus, the study aims to reach effective policy strategies by revealing empirical evidence. SWIID database was used for the Gini index, which is an indicator of income inequality, while the World Bank database was used for other indicators. Multivariate regression analysis, PP and ADF unit root analyses, Johansen cointegration analysis and FMOLS estimation methods were used in this study. The empirical findings demonstrate both the long-term effect between variables and indicate that all independent variables influence the dependent variable CO₂ emission between 1990-2020 for Brazil. In the concluding part of the paper, these findings are discussed in a broad perspective and some recommendations are given to Brazilian government and policy makers.

There has been significant progress in the literature on renewable energy in recent years. The main reason for this is that the use of renewable energy consumption is considered one of the main ways to reduce the amount of CO₂ emissions in the energy system and combat climate change (Beşe and Kalaycı 2021; Kalaycı and Özden 2021; Muhammad et al. 2022; Zhao et al. 2022). When the literature is generally reviewed, various studies have been conducted in terms of the variables affecting the use of renewable/green energy. For example, in recent years, many researchers have investigated the relationship between renewable energy consumption and GDP growth. Some of them have revealed a positive relationship between these variables (Ahmad et al. 2022; Chen et al. 2022; Ehigiamusoe and Doğan 2022; Namahoro et al. 2021; Liu et al. 2022; Shabbir and Zeb 2020; Wang et al. 2022), while others have demonstrated a negative relationship among variables (Bhattacharya et al. 2016; Öcal and Aslan 2013). The negative relationship between GDP growth and renewable energy consumption indicate the possibility that the economy is overburdened due to the high costs of renewable energy use, which in turn causes economic activity to slow down as a result of increasing expenses. For example, Bhattacharya et al. (2016) stated that the increased use of green energy has led to a slowdown in economic growth in Israel, the USA, India and Ukraine, and that these countries may continue to use fossil fuels for future growth.

Income inequality can affect renewable energy consumption by affecting the quality of institutions and power relations between different social groups. Energy use is of vital importance for institutions in determining income distribution and environmental policies (Cadoret and Padovano, 2016). Income inequality gives rise to institutions that discourage productive investment and undermine the effectiveness of environmental policies (Fredriksson and Svensson, 2003). In such weak institutional environments, elite groups turn to environmentally unfriendly activities. The general lack of investment is also reflected in the low rate of investment in renewable energy, which in turn affects the adoption of clean energy. Accordingly, income inequality creates power inequalities that have a critical role in determining environmental policies (Boyce, 1994). Power inequalities determine how institutions operate, giving the power to determine renewable energy consumption and environmental policies to elite groups that often benefit from traditional energy sources. Rent-seeking behavior to maximize profits makes it difficult for poorer groups to benefit from renewable energy consumption (Marques et al. 2010). Conversely, an alternative possibility is that elite groups with higher incomes tend to be more concerned about the environment. This argument is consistent with the Environmental Kuznets Curve (EKC) hypothesis and the argument that people tend to assume post-materialist values, including environmentalism, after satisfying their short-term constraints (Grossman and Krueger, 1995).

The main purpose of this study is to determine the impact of macroeconomic variables on CO₂ emissions in Brazil between 1990 and 2020, which is a gap in the literature. In this context, while SWIID (2023) database was used for the GINI index, which is an indicator of income inequality, for other indicators, respectively, GDP (economic growth), carbon emission (CO₂) and renewable energy, obtained World Bank's (2023a, 2023b, 2023c) official website. In order to perform a parametric test, the number of N observations was determined over 30 years. In this sense, it has been empirically proven in the multivariate regression analysis below that all independent variables affect the dependent variable. In the later process, PP (Phillips Perron) and ADF (Augmented Dickey–Fuller) unit root analyses, Johansen cointegration analysis and FMOLS estimation methods were used in this article.

As a result, some subsidies should be provided by Brazilian policymakers in order to minimize the costs of renewable energy consumption, encourage business ventures involving green energy sources. A number of measures should be taken by the Brazilian government, such as reducing dependence on non-renewable resources and air pollution. In addition, in order to increase the use of renewable energy, it is of great importance to remove the economic and legal obstacles that prevent businesses and individuals from investing in renewable energy sources. In future research, various studies can be written by taking into account the quantitative analysis and spatial dimensions of multilateral trade and clean energy production.