

YENİLENEBİLİR ENERJİ, EKONOMİK BÜYÜME VE KARBONDİOKSİT EMİSYONU İLİŞKİSİ: MINT ÜLKELERİ ÖRNEĞİ

Hasan Tahsin YÖYEN¹

Öz

Bugün küresel ısınma ve çevre kirliliğinin baş sorumlusu kabul edilen sera gazlarının büyük bir bölümünü karbondioksit oluşturmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma ve daha da önemlisi insan ve çevre sağlığı için karbondioksit salınımının süratle düşürülmesi şarttır. Bu çalışmada karbondioksit salınımı problemi ve buna etki eden değişkenlerden hareketle Meksika, Endonezya, Nijerya ve Türkiye’den oluşan MINT ülkelerinde yenilenebilir enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve karbondioksit emisyonu arasındaki ilişki ele alınmıştır. 1990 – 2020 dönemi yıllık verileriyle yürütülen analizlerde birinci nesil yöntemler kullanılmıştır. Panel eşbütünleşme testinin sonuçlarına göre MINT ülkelerinde yenilenebilir enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve karbondioksit emisyonu arasında uzun dönemli bir ilişki yoktur. Buna paralel olarak panel nedensellik testinden elde edilen bulgular MINT ülkelerinde yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin karbondioksit emisyonu üzerinde etkili olduğu iddiasını desteklememektedir. Zira değişkenler için yalnızca ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir enerji, karbondioksit emisyonu, MINT ülkeleri, panel veri analizi
JEL Sınıflandırması: Q40, Q50, 040

RENEWABLE ENERGY, ECONOMIC GROWTH AND CARBON DIOXIDE EMISSIONS RELATIONSHIP: THE CASE OF MINT COUNTRIES

Abstract

Today, carbon dioxide constitutes a large portion of greenhouse gases considered to be the main culprit of global warming and environmental pollution. For sustainable development and more importantly for human and environmental health, carbon dioxide emissions must be reduced rapidly. In this study, with reference to the problem of carbon dioxide emission and the variables affecting it analyses the relationship between renewable energy consumption, economic growth and carbon dioxide emissions in MINT countries consisting of Mexico, Indonesia, Nigeria and Türkiye. For the 1990-2020 period, first generation methods were used in the analyses conducted with annual data. According to the results of the panel cointegration test, there is no long-run relationship between renewable energy consumption, economic growth and carbon dioxide emissions in MINT countries. In parallel to this, the findings obtained from the panel causality test do not support the claim that renewable energy consumption and economic growth are effective on carbon dioxide emissions in MINT countries. Because only unidirectional causality from economic growth to renewable energy consumption was found for the variables.

Keywords: Renewable energy, carbon dioxide emissions, MINT countries, panel data analysis
JEL Classification: Q40, Q50, 040

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Kazım Karabekir Meslek Yüksekokulu, Sosyal Hizmet ve Danışmanlık Bölümü, e-posta: htahsinyoyen@gmail.com, ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-1019-0453>

1. GİRİŞ

Enerji tüketimi ve tüketilen bu enerjinin hangi kaynaklardan üretildiği her geçen yıl önemi artan bir meseledir. Zira küresel ısınma, iklim değişikliği/iklim krizi veya çevre kirliliği olarak dillendirdiğimiz sorunların temelinde sera gazları yatmaktadır. Dünyada salınan sera gazlarının çoğunluğu ise (yaklaşık %74) karbondioksit (CO₂) emisyonundan meydana gelmektedir. Eğer enerji fosil yakıtlardan elde ediliyorsa çevreye bol miktarda CO₂ salınımı gerçekleşir ve bu durum bahsedilen sorunların daha da derinleşmesine sebep olur. Nitekim fosil yakıtlar (petrol, kömür ve doğal gaz) toplam karbon salınımının neredeyse %92'sinden sorumludur (World Resources Institute [WRI], 2020). Çevresel bozulmanın önüne geçebilmek için atılabilecek ilk adım CO₂ salınımını mümkün olduğunca azaltmak olduğundan, bu noktada da çözüm olarak karşımıza yenilenebilir enerji (YE) kaynakları çıkmaktadır.

1995'ten beri her sene düzenlenen Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Konferanslarında da CO₂ salınımı ve YE'nin önemini görmek mümkündür. Düzenlenen konferanslarda ülkeler kömürün kullanımını sonlandırma, içten yanmalı motorların kullanımını terk etme veya fosil yakıtlar için dış finansman kaynaklarına son verme gibi taahhütlerde bulunmaktadır. Fosil yakıtların kullanımını hızlı ve planlı bir şekilde azaltarak 2050 yılına kadar net sıfıra ulaşma hedefi mevcuttur. Ayrıca iklim değişikliği konferanslarının başlangıcında 130 ülke tarafından taahhüt edilen hedefler arasında olan YE kullanımını 3 katına, enerji verimliliğini 2 katına çıkarmak son iklim değişikliği konferansında² da dile getirilmiştir (WRI, 2021; WRI, 2023).

Son konferansta dikkat çeken sonuçlardan biri karbon yakalama ve depolama teknolojisinin yetersizliğine yapılan vurgudur. Örneğin bu teknolojinin kullanımının 2030 yılına kadar enerji sektörünün ihtiyaç duyduğu karbon emisyonu azaltımının sadece %1'ini karşılaması beklenmektedir (WRI, 2023). Bu durum çevresel bozulmanın önüne geçmede YE kullanımının ne denli önemli olduğunu göstermektedir. Bilimsel çalışmalar CO₂ emisyonunun 2030 yılına kadar yarıya düşürülmesi, 2050 yılına kadar ise sıfırlanması gerektiğini ifade etmektedir. Ancak günümüzde küresel elektrik üretiminin hala %63'ten fazlası fosil yakıtlar yoluyla gerçekleştirilir. YE kaynaklarının buradaki payı %29'dur (Poorvashree vd., 2024). Bilimin şart koştuğu hedeflere ulaşabilmek için ilk oranının hızlı bir şekilde düşürülmesi diğerinin ise artması gerekmektedir.

Buraya kadar anlatılanlar çerçevesinde ekonomik büyüme (EB) ve çevre sağlığı arasındaki dengenin, yani sürdürülebilir kalkınmanın günümüz devletlerinin birincil hedefi haline geldiği söylenebilir. Bu dengeyi koruma noktasında en önemli ayrıntı ise şüphesiz büyüyen ekonominin enerji talebini YE kaynaklarından karşılamaktır. Bu noktada bu çalışma yükselen piyasa ekonomileri arasında sayılan ve ilk olarak ekonomist Jim O'Neill (2013) tarafından dillendirilen MINT ülkelerini (Meksika, Endonezya, Nijerya ve Türkiye) EB, YE tüketimi ve CO₂ emisyonu ilişkisi üzerinden ele almaktadır.

YE'ye geçiş süreci yüksek maliyetli yatırımları gerektirdiğinden EB'ye gelişmiş ülkelerden daha çok ihtiyaç duyan gelişmekte olan ülkeler bu konuda dezavantajlı konumda bulunmaktadır. Örneğin MINT ülkeleri gibi gelişmekte olan ekonomiler ekolojik refahtan ziyade EB'yi öncelikli hedef olarak görmektedirler. Bu durum gelişmekte olan ülkelerin dünya sera gazı emisyonuna, özellikle de CO₂ salımı ile, yaptığı ciddi katkıdan da anlaşılmaktadır (Du vd., 2022: 1270; Adebayo vd., 2022a: 2). Bu gibi sebeplerden gelişmekte olan ekonomilerin diğerlerinden ayrı bir şekilde ele alınması daha sağlıklı bir analiz yapılmasını sağlar.

² COP28, bkz: <https://www.cop28.com/en/>

MINT ülkeleri artan nüfus, gelişmiş ve gelişmekte olan piyasalara coğrafi olarak yakınlık ve geçmiş yıllarda yakaladıkları yüksek büyüme oranları gibi birtakım ortak özelliklere sahiptir. Örneğin Meksika Amerika'ya, Endonezya Çin'e, Nijerya Afrika'nın ekonomik merkezine, Türkiye ise Avrupa Birliği'ne yakındır. Dünya Bankası verilerine göre Meksika 15, Türkiye 16, Endonezya 17 olan sıralamasıyla dünyanın en büyük 20 ekonomisi arasında yer almıştır (World Bank, 2023). Ham petrol başta olmak üzere önemli doğal kaynaklara sahip Nijerya 24. sırada yer alarak hala büyük bir potansiyeli olduğunu göstermektedir. Meksika, Endonezya ve Nijerya gelişmiş ekonomilere ihraç ettiği birçok doğal kaynağa sahipken Türkiye de ev aletleri, inşaat malzemeleri ve tekstil gibi alanlarda bölgesinin ve hatta dünyanın önde gelen üreticileri arasındadır. Diğer taraftan bu ülkeler genç ve artan nüfusa sahiptirler. Bugün toplam nüfusu 700 milyonun üzerine olan MINT ülkeleri bu nüfusun taleplerine yetişemediği alanlarda (akıllı telefon gibi teknolojik ürünler veya petrol gibi enerji ve hammadde) bol miktarda ithalat yapmaktadırlar (Du vd., 2022: 1270; Akram vd., 2119 – 2120).

MINT ülkelerindeki artan nüfus, sanayileşme arzusu ve EB, çevre üzerinde büyük bir baskı yaratmaktadır. Çünkü bu gelişmeler daha fazla enerji talebi anlamına gelir. Tüm bunlar CO₂ emisyonunu teşvik eden gelişmelerdir Geleneksel yöntemlerden elde edilen enerji sürdürülebilir kalkınmayla ters düşmektedir. Bu sebeple birbirine pek çok açıdan benzeyen bu ülkelerin güneş ve rüzgâr gibi YE kaynaklarına geçişi sürdürülebilir kalkınma için büyük önem taşır. Zira temiz enerji kullanımı çevre üzerindeki baskının azaltılmasını sağlayacak ilk ve en önemli araç olarak görülür. Ayrıca MINT ülkelerinin YE kaynakları açısından büyük bir potansiyele sahip oldukları unutulmamalıdır. Örneğin 2022 yılı için Türkiye'nin güneş enerjisi kapasitesinin yaklaşık 7 gigawatt, rüzgâr enerjisi kapasitesinin ise 10 gigawatt'ın üzerinde olduğu belirtilmiştir (Udo vd., 2024: 138-139). Bu minvalde bu çalışma, EB'nin ve YE kullanımının MINT ülkelerinde CO₂ emisyonu üzerinde etkili olup olmadığı sorusuna panel eşbütünleşme ve panel nedensellik analizleri üzerinden cevap vermeyi amaçlamaktadır.

Çalışma, ele aldığı dönem (1990 – 2020), değişkenler ve nedensel ilişkiye odaklanması itibarıyla söz konusu ülkeler için YE ve EB'nin CO₂ emisyonu üzerindeki etkisini ele alan diğer çalışmalardan ayrılmaktadır. EB değişkeni için ülkelerin reel GSYH'leri, YE için toplam enerji tüketimi içindeki YE tüketiminin payı, CO₂ emisyonu için ise ülkelerde bir yıl içinde salınan toplam CO₂ değerleri dikkate alınmıştır. Literatürdeki çalışmaların daha çok kişi başına GSYH ve kişi başına metrik ton cinsinden karbon emisyonuna (veya tüketime dayalı karbon emisyonuna) odaklandığı görülmektedir. Bu çalışmada MINT ülkelerinde yaratılan toplam gelir, tüketilen YE ve doğaya salınan toplam CO₂ arasındaki ilişki araştırılmaktadır. Zira küresel ısınmayla mücadelede esas olan toplam CO₂ emisyonunun sınırlandırılmasıdır. Bu noktada çalışmanın, toplam gelir ve YE tüketiminin doğaya salınan toplam CO₂ üzerindeki etkisini ortaya koyması bakımından literatüre katkı yapması beklenmektedir.

2. LİTERATÜR

Literatürde karbon emisyonunu dikkate alan pek çok çalışma mevcuttur. Bunların çoğu EB'nin (milli gelir/kişi başına milli gelir) ve enerji tüketiminin (toplam tüketim veya yenilenemeyen/YE tüketimi) CO₂ emisyonu ile olan ilişkisine dair çalışmalardır. Ancak bu iki değişkenin yanı sıra finansal gelişme, küreselleşme, doğrudan yabancı yatırım, kentleşme ve ticaret (ithalat-ihracat) gibi birçok farklı değişkeni dikkate alan çalışmalar da mevcuttur. Elde edilen sonuçlar ülke, dönem, kullanılan yöntem veya kurulan modele göre farklılık gösterebilmektedir. Bu doğrultuda öncelikle genel itibarıyla YE, EB ve CO₂ emisyonu ilişkisini ele alan çalışmalara yer verilmiş sonrasında ise MINT ülkelerini odağına alan çalışmalar sıralanmıştır.

2.1. MINT Haricindeki Ülkelerle Yürütülen Çalışmalar

Bu başlıkta söz konusu değişkenleri farklı ülke grupları üzerinden ele alan bazı araştırmalara yer verilmiştir.

Shafiei ve Salim'in (2014) OECD ülkelerinde 1980 – 2011 döneminde karbon emisyonunun belirleyicilerini araştırdıkları çalışmada elde edilen sonuçlara göre yenilenemeyen enerji karbon emisyonunu arttırırken YE karbon emisyonunu azaltmaktadır. Bilgili vd. (2016) OECD üyesi 17 ülkenin 1977 – 2010 dönemine ait verileriyle bir çalışma yürütmüşlerdir. Analiz sonuçlarına göre kişi başına GSYH karbon emisyonu üzerinde pozitif bir etkiye sahipken YE negatif etkiye sahiptir. Ayrıca Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin geçerliliğinin panelde yer alan ülkelerin gelir düzeyine bağlı olmadığı görülmüştür. Doğan ve Şeker (2016) 1980 – 2012 dönemini ele alan çalışmalarında Avrupa Birliği'nde karbon emisyonu ile YE, yenilenemeyen enerji, reel gelir ve ticari açıklık arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre YE ve ticaret, karbon emisyonunu azaltırken yenilenemeyen enerji karbon emisyonunu arttırmaktadır. Ayrıca nedensellik analizinin sonuçlarına göre YE ile karbon emisyonu arasında çift yönlü nedensellik mevcuttur. Reel gelir ve ticari açıklıktan karbon emisyonuna, karbon emisyonundan da yenilenemeyen enerjiye doğru tek yönlü bir nedensellik vardır. Aynı sene Saidi ve Mbarek'in (2016) gerçekleştirdikleri başka bir çalışmada ise 1990 – 2013 dönemi verileriyle 9 gelişmiş ülke (Kanada, Fransa, Japonya, Hollanda, İsveç, İsviçre, Birleşik Krallık, Amerika Birleşik Devletleri) ele alınmış ve kısa dönemde YE tüketiminden kişi başına GSYH'ye doğru tek yönlü nedensellik olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Uzun dönemde ise bu iki değişken arasında çift yönlü nedensellik tespit edilmiştir. Ek olarak kişi başına GSYH'den karbon emisyonuna doğru tek yönlü nedensellik vardır. Ayrıca YE tüketiminin karbon emisyonunu azalttığı söylenebilir.

Zoundi (2017) 1980 – 2012 dönemini ele aldığı çalışmada 25 Afrika ülkesini içeren bir panel veri seti kullanmıştır. Analiz bulguları karbon emisyonunun kişi başına gelirle birlikte arttığını göstermektedir. YE'nin karbon emisyonu üzerinde negatif etkisi vardır. Ancak geleneksel enerji kaynaklarının yarattığı karbon emisyonun yanında YE'nin azaltıcı etkisi zayıflamaktadır. Chen vd. (2022) 1995 – 2015 dönemini kapsayan ve 97 ülkeden oluşan bir panel veri setini kullandıkları çalışmalarında yenilenemeyen ve YE tüketimi ile EB'nin kişi başına karbon emisyonu üzerindeki etkisini incelemiştir. Elde edilen bulgular YE tüketiminde belli bir eşiği aşan ülkelere, kişi başına YE tüketimi kişi başına karbon emisyonunu azaltmaktadır. Bu durum daha çok gelişmiş ve güçlü kurumlara sahip ülkeler için geçerlidir. Arslan Gürdal (2024) E7 (Türkiye, Rusya, Hindistan, Meksika, Endonezya, Çin ve Brezilya) ülkelerinde karbon emisyonu, YE tüketimi ve EB arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Yürütülen eşbütünleşme testinin sonuçlarına göre söz konusu değişkenler birlikte hareket etmemektedirler. Yapılan nedensellik testinin sonucunda ise YE'den karbon emisyonuna doğru tek yönlü bir nedensellik bulunmuştur. Han (2024) çalışmasında BRICS-T ülkeleri için karbon emisyonu, YE ve EB arasındaki ilişkiyi ele almıştır. Elde edilen sonuçlara göre karbon emisyonuyla EB arasında bir nedensellik ilişkisi yoktur. Karbon emisyonundan YE'ye doğru ise tek yönlü bir nedensellik vardır. Son olarak EB'den de YE'ye doğru bir nedensellik ilişkisi bulunmuştur.

2.2. MINT Ülkelerini Dikkate Alan Çalışmalar

Bu başlık altında, modeline YE, EB ve CO₂ emisyonu değişkenlerini dahil eden ve MINT ülkelerini ele alan bazı araştırmalar özetlenmiştir. Ayrıca bağımsız değişken olarak CO₂ emisyonu yerine ekolojik ayak izini dikkate alan çalışmalara da yer verilmiştir.

Okumuş vd. (2016) çalışmalarında MINT ülkeleri için 1971 – 2011 döneminde karbon emisyonu, reel GSYH, reel GSYH'nın karesi, kişi başına enerji tüketimi, ticari dışa açıklık oranı ve kentleşme arasındaki uzun dönemli ilişkiyi incelemiştir. Pedroni eşbütünleşme testinin sonuçlarına göre

karbon emisyonuyla diğer değişkenler arasında bir eşbütünleşme ilişkisi vardır. Enerji tüketimi ve kişi başına milli gelir karbon emisyonunu arttırmaktadır. Diğer taraftan ticari serbestleşme, kentleşme ve kişi başına milli gelirin karesi karbon emisyonunu azaltmaktadır. Yılmaz vd. (2017) BRICS ve MINT ülkelerinde doğrudan yabancı yatırımlar, EB ve karbon emisyonu arasındaki eşbütünleşme ilişkisini ele almıştır. 1997 – 2013 dönemi verileriyle yürütülen çalışmanın elde ettiği bulgulara göre doğrudan yabancı yatırımlar ile karbon emisyonu uzun dönemde eşbütünleşiktir. Diğer taraftan EB ve karbon emisyonu arasında eşbütünleşme yoktur. Doğan vd. (2019) çevresel bozulmanın ölçütü olarak ekolojik ayak izinin ele alındığı çalışmalarında Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin geçerliliğini sorgulamıştır. Buna göre 1971 – 2013 döneminde MINT ülkelerinin her biri için Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezi geçerlidir. Çalışmadaki genişletilmiş Çevresel Kuznets Eğrisi modelinin uzun dönem katsayılarına göre fosil yakıt tüketimi, ihracat, kentleşme ve finansal gelişme çevre kirliliğinin en önemli nedenlerindendir. Söz konusu değişkenlerin çevresel bozulma üzerindeki etkisi ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir. Finansal gelişme Meksika, Endonezya ve Nijerya’da istatistiki olarak anlamlı ve negatif etki göstermektedir. YE tüketimi ise hem Türkiye hem de Nijerya’da çevresel bozulmayı azaltan etkiye sahiptir. Ayrıca Endonezya, Nijerya ve Türkiye’de ithalat çevre kirliliğini artırırken ihracat azaltıcı etkide bulunmaktadır.

Adebayo ve Rjoub (2021)’un araştırmasında ticaret, finansal gelişme ve YE tüketiminin, tüketime dayalı karbon emisyonu üzerindeki etkisi ele alınmıştır. 1990 – 2017 dönemi verileriyle yürütülen Westerlund eşbütünleşme testinden elde edilen bulgular değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki olduğunu göstermektedir. İthalat ve EB tüketime dayalı karbon emisyonlarını artırırken ihracat ve YE kullanımı azaltmaktadır. Adebayo ve Ağa (2022) 1991 – 2019 dönemine ait çeyreklik verilerden hareketle bölünmüş ticaret, finansal gelişme ve YE’nin tüketime dayalı karbon emisyonu üzerindeki etkisini Bootstrap Fourier Granger nedenselliği ile test etmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre her bir MINT ülkesinde EB ve YE’den karbon emisyonuna doğru tek yönlü bir nedensellik vardır. YE ve ihracat Nijerya dışındaki ülkeler için karbon emisyonunu azaltan temel faktörlerdir. Adebayo vd. (2022a) çalışmalarında 1990 – 2018 dönemi ait verilerle nüfus yoğunluğu, YE, doğrudan yabancı yatırım, finansal gelişme ve EB’nin çevre kirliliğine etkisini araştırmıştır. Çalışmada MMQR, AMG ve CCEMG gibi ileri ekonometrik modeller uygulanmıştır. Modellerden elde edilen sonuçlara göre EB ekolojik refahı azaltmakta yani ekolojik ayak izini arttırmaktadır. Doğrudan yabancı yatırım, nüfus yoğunluğu ve YE ise ekolojik ayak izini azaltmaktadır. Finansal gelişmenin ekolojik ayak izi üzerinde önemli bir etkisi yoktur. Ayrıca çalışmadaki Dumitrescu-Hurlin panel nedensellik testi sonuçlarına göre finansal gelişme ile ekolojik ayak izi arasında bir nedensellik yoktur. Buna karşın EB, nüfus yoğunluğu ve YE’den ekolojik ayak izine doğru tek yönlü nedensellik mevcuttur. Adebayo vd. (2022b) araştırmalarında 1990 – 2018 dönemini ikinci nesil panel eşbütünleşme testiyle ele almışlardır. Elde edilen sonuçlara göre MINT ülkelerinde yenilenemeyen enerji kullanımı ve EB çevre kirliliğini artırırken YE kullanımıyla küreselleşme azaltıcı etkide bulunmaktadır. Ayrıca nedensellik testinin sonuçlarına göre tüm değişkenler tüketime dayalı karbon emisyonunu tahmininde etkilidir.

Akram vd. (2022) enerji verimliliği, YE, nükleer enerji ve EB’nin MINT ülkelerindeki karbon emisyonu üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. 1990 – 2014 yıllarını kapsayan NPARDL panel veri analizden elde edilen sonuçlara göre YE ve enerji verimliliği karbon emisyonunu azaltmaktadır. Enerji verimliliğindeki %1’lik bir artış karbon emisyonunu %0,232 oranında azaltmaktadır. YE’deki %1’lik bir artış ise karbon emisyonunu %0,846 oranında azaltmaktadır. Buna karşın EB’deki %1’lik bir artışın karbon emisyonunu %0,886 arttırdığı görülmüştür. Ayrıca nedensellik analizi sonuçlarına göre enerji verimliliği karbon emisyonunun Granger nedenidir. Yani enerji verimliliğindeki artışlar karbon emisyonunun azalmasında etkilidir. Ayla (2022) çalışmasında 1980 – 2020 döneminde kişi başına GSYH, ticari açıklık oranı ve kişi başına enerji tüketimiyle karbon emisyonu arasındaki ilişkiyi

incelemiştir. Analiz sonuçları söz konusu değişkenlerin uzun dönemde birlikte hareket ettiğini göstermektedir. Kişi başına GSYH ve kişi başına enerji tüketimindeki artışlar karbon emisyonunu arttırmaktadır. Bu artışa en çok katkırı enerji tüketimi yapmaktadır. Du vd. (2022) 1990 – 2018 dönemini ele alan panel veri analizinde ikinci nesil yöntemler kullanmışlardır. Analiz sonuçlarına göre EB, yüksek teknolojlili sanayi ve doğrudan yabancı yatırımlar karbon emisyonunu arttırmaktadır. YE tüketimi ise tam aksine azaltmaktadır. Çalışmadaki panel nedensellik analizine göre de söz konusu bağımsız değişkenlerden karbon emisyonuna doğru bir nedensellik vardır. Çalışmada MINT ülkeleri için Çevresel Kuznets Eğrisi'nin varlığı da doğrulanmıştır.

Adebayo vd. (2023) çalışmalarında ülke risklerinin ve YE tüketiminin çevresel kalite üzerindeki etkisini ortaya çıkarmaya odaklanmışlardır. Bu bağlamda; EB, ticari açıklık ve şehirleşmeyi dikkate alan çalışma 1990-2018 yılları arasındaki verileri içermektedir. Ampirik sonuçlar: EB, politik risk, kentleşme ve ticari açıklığın ekolojik ayak izinin artmasına katkıda bulunduğunu, ekonomik ve finansal risklerin yanı sıra YE kullanımının çevresel kalite üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu, ekonomik risk, finansal risk, politik risk, EB, kentleşme ve ticari açıklıktan ekolojik ayak izine doğru tek yönlü bir nedensellik olduğunu göstermektedir. Ayrıca MINT ekonomileri için Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin geçerliliği doğrulanmıştır. Prince vd. (2023) çalışmalarında 1990 – 2022 dönemi için MINT ülkelerinde enerji verimliliği, YE ve EB'nin karbon emisyonu üzerindeki etkisini incelemektedir. Elde edilen sonuçlara göre EB ve karbon emisyonu arasındaki ilişki Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezini desteklemektedir. Nükleer enerji ile karbon emisyonu arasındaki ilişki negatif ve anlamsız çıkmıştır. Bu durum MINT ülkelerinde önemli miktarda nükleer enerji kullanılmamasıyla açıklanabilir. Enerji verimliliği ve YE ise karbon emisyonunu azaltmakta, çevresel kaliteyi arttırmaktadır.

Türkmen vd. (2023) 1990 – 2020 döneminin ele alındığı çalışmalarında MINT ülkelerinde kişi başına toplam enerji tüketimi, kişi başına karbon emisyonu ve EB arasında uzun dönemli bir ilişki bulmuşlardır. Kişi başına toplam enerji tüketimindeki artış EB'yi arttırmaktadır. Elde edilen bu sonuçlar sürdürülebilir EB için YE kullanımının önemini vurgulamaktadır. Udo vd. (2024) çalışmalarında 1990 – 2023 dönemini ele almış ve enerji verimliliği, YE ve EB'nin karbon emisyonu üzerindeki etkisini incelemiştir. Panel ARDL modelinin kullanıldığı çalışmada elde edilen bulgulara göre yeşil enerji kaynakları karbon emisyonunu azaltmakta ve ekolojik kaliteyi arttırmaktadır. EB ve karbon emisyonu arasındaki ilişki ise Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezini destekler. Yani EB'nin ilk evrelerinde çevresel kalite azalırken, ekonomi çevresel kaliteyi dikkate alacak şekilde geliştikçe çevresel kalite artmaktadır. Ayrıca nükleer enerji ve karbon emisyonları arasında da negatif yönlü bir ilişki mevcuttur.

Literatürde yer alan çalışmaların çoğunluğunun YE ve EB'nin CO₂ ile ilişkili olduğu sonucunu elde ettiği görülmektedir. Genel olarak EB'nin karbon emisyonunu arttırdığı, YE'nin ise azalttığı sonucuna erişilmiştir. Buna karşın söz konusu değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki veya nedensellik ilişkisi olmadığı yönünde bulgular da mevcuttur. Elde edilen sonuçların döneme, kullanılan veri ve yönteme göre değişkenlik gösterdiği söylenebilir.

3. VERİ VE YÖNTEM

Çalışmada MINT ülkelerinde YE, EB ve CO₂ emisyonu arasındaki ilişki Pedroni (1999) panel eşbütünlük testi ve Dumitrescu – Hurlin (2012) panel nedensellik testi üzerinden ele alınmıştır.

3.1. Veri

Analizde kullanılan verilere dair bilgiler aşağıdaki tabloda yer almaktadır. Logaritması alınan değişkenlerden “lnre” YE tüketimini, “lngdp” EB'yi, “lnco” ise CO₂ emisyonunu temsil etmektedir. Meksika, Endonezya, Türkiye ve Nijerya'nın söz konusu değişkenlere ait verileri Dünya Bankası veri

tabanından 1990 – 2020 dönemi için erişilebilir olduğundan çalışma bu dönemle sınırlandırılmıştır. 31 yılı kapsayan veriler yıllıktır. Ampirik analiz için “EViews 13” paket programı kullanılmıştır.

Tablo 1. Veri Setinin Tanımı

Değişken	Tanım	Kaynak
lnre	YE Tüketimi (YE kaynaklarının toplam nihai enerji tüketimindeki payı, %)	Dünya Bankası
lngdp	Gayri Safi Yurt İçin Hasıla (ABD Doları, 2015 Sabit Fiyatlarıyla)	Dünya Bankası
lnco	CO ₂ Emisyonu (kilon)	Dünya Bankası

Söz konusu üç değişken üzerinden kurulan tam logaritmik model aşağıdaki denklemde görüldüğü gibidir.

$$\ln CO_{it} = \alpha_i + \beta_1 \ln RE_{it} + \beta_2 \ln GDP_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

(i=1,...,4) ve (t=1990,...,2020)

Modelde “i” kesit boyutunu, “t” zaman boyutunu ifade eder. “ α_i ” ülkeye özgü sabit etki, “ β_1 ” ve “ β_2 ” sırasıyla YE tüketiminin ve EB’nin CO₂ emisyonu üzerindeki etkisini gösteren katsayılar, “ ε ” ise hata terimidir.

3.2. Yöntem

Analizin ilk adımlarında yatay kesit bağımlılığı ve homojenlik testleri yer almaktadır. Zira bu testlerin sonuçlarına göre hangi birim kök testinin uygulanacağına karar verilir. Yatay kesit bağımlılığı durumuyla homojen/heterojenlik durumuna ek olarak birim kök testlerinden elde edilen sonuçlara göre de devamında hangi analizlerin yapılabileceği görülmektedir. Yatay kesit bağımlılık durumunun tespiti için Breusch ve Pagan (1980) LM, Pesaran (2004) Scaled LM, ve Pesaran (2004) CD testlerinden faydalanılmıştır. Pesaran CD testinin sonuçları “T > N” durumunda yanıltıcı olabilir ancak diğer testler zaman boyutunun büyük olduğu durumlarda daha iyi sonuçlar vermektedir. Breusch ve Pagan LM testi “T > N” durumu için ideal iken Pesaran scaled LM testi hem “N > T” hem de “T > N” durumları için elverişlidir. Her bir testin sıfır hipotezi “yatay kesit bağımlılığı yoktur” şeklindedir. Eğim katsayılarının homojenliği/heterojenliğinin tespiti için ise Hsiao (1986) testi gerçekleştirilmiştir. Homojenlik modeldeki tüm birimlerin aynı yapıya sahip olduğunu ifade ederken heterojenlik her birimin farklı bir yapıya sahip olabileceğini söyler. Başka bir deyişle ele alınan ülkelerden birinde meydana gelen değişimin diğer ülkelerde de aynı seviyede mi yoksa farklı seviyelerde mi gerçekleşeceğini anlamamızı sağlar. Bu test H1, H2 ve H3 olarak üç ayrı hipoteze sahiptir. H1 ve H2’de homojenlik savunulurken alternatif hipotezler heterojenliktir. H3’ün alternatif hipotezi ise katsayıların kısmi heterojen olduğudur.

Yatay kesit bağımlılığının varlığında ikinci nesil birim kök testleri, yatay kesit bağımlılığının olmadığı durumda ise birinci nesil birim kök testleri kullanılmaktadır. Ele alınan panel veri setinde yatay kesit bağımlılığı olmadığından birinci nesil birim kök testlerinden heterojenliği dikkate alan Maddala ve Wu (1999) panel birim kök testi kullanılmıştır. Maddala ve Wu (1999) geleneksel birim kök

testlerinin panel verilerde yetersiz kaldığını öne sürerek panel veri birim kök testlerinin kullanılmasını önermişlerdir. Bu testin sıfır hipotezi her bir bireysel zaman serisinin birim kök içerdiğini, alternatif hipotezi ise en az bir bireysel zaman serisinin durağan olduğunu söylemektedir.

Çalışmada panel birim kök testinden elde edilen sonuçlar eşbütünleşme analizine imkân vermiştir. Bu noktada yatay kesit bağımlılığın olmadığı durumda kullanılabilen ve heterojenliğe izin veren Pedroni (1999) panel eşbütünleşme testi gerçekleştirilmiştir. Bu test hem panel hem de grup istatistiklerini içermektedir. Grup istatistikleri paneldeki her bir birimin heterojenliğini dikkate alarak hesaplandığından heterojenliğin olduğu veri setleri için daha iyi sonuçlar üretmektedir. Elde edilen olasılık değerinin 0,05'ten küçük olması durumunda, paneldeki değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin olmadığını ifade eden, “eşbütünleşme yoktur” şeklindeki sıfır hipotezi reddedilebilir.

Ampirik analizde son olarak değişkenler arasındaki nedensel ilişkinin incelenmesi için Dumitrescu ve Hurlin (2012) panel nedensellik testi kullanılmıştır İlk kez Granger (1969) tarafından ortaya atılan nedensellik analizi bir değişkenin diğerini nedensel olarak etkileyip etkilemediğini tespit etmeye çalışmaktadır. Yani bir değişkenin geçmiş değerlerinin diğer değişkenin şimdiki ve gelecekteki değerlerini tahmin etmeye yardımcı olup olmadığını test eder. Burada sıfır hipotezi “X değişkeninin serisinden Y değişkeninin serisine Granger nedenselliği yoktur” şeklindedir. Sıfır hipotezinin reddi X serisinin geçmiş değerlerinin Y değişkenini tahmin etmede etkili olduğu anlamına gelir. Dumitrescu ve Hurlin, Granger nedenselliğinin panel veri setlerine uyarlanmasını sağlamışlardır. Bu analiz özellikle heterojen panel veri setlerinde değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisini incelemek için uygun bir testtir. Bu yöntemle bireysel yatay kesitlerdeki heterojenlik dikkate alınarak Granger nedenselliği panel veri bağlamında test edilir (Bayar, 2019: 77).

4. AMPİRİK BULGULAR

Bu bölümde sırasıyla çalışmada yürütülen testlerin sonuçları ve bunlara dair yorumlar yer almaktadır.

Aşağıdaki tabloda yatay kesit bağımlılığı testlerinden elde edilen sonuçlar görülebilir. Her bir test için olasılık değerleri 0,05'ten büyük olduğundan, “yatay kesit bağımlılığı yoktur” şeklinde sıfır hipotezi kabul edilmiştir. Böylece Breusch ve Pagan (1980) LM, Pesaran (2004) Scaled LM, ve Pesaran (2004) CD testlerinin sonuçlarına göre seriler arasında yatay kesit bağımlılığı olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 2. Yatay Kesit Bağımlılığı Testlerinin Sonuçları

Test	Test istatistiği	Olasılık değeri
Breusch – Pagan LM	3,834165	0,6991
Pesaran scaled LM	-0,625223	0,5318
Pesaran CD	-0,685162	0,4932

Modeldeki eğim katsayılarının homojen yapıda mı yoksa heterojen yapıda mı olduklarını tespit etmek için Hsiao (1986) testi uygulanmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Tablo 3'teki H1 hipotezinin boş hipotezi panelin homojen olduğunu ifade eder ancak olasılık değeri 0,05'ten çok daha küçük bir değer olduğundan boş hipotez reddedilir. H2'de ise boş hipotez H3 iken alternatif hipotez panelin heterojen olduğudur. Yine 0,05'ten küçük bir olasılık değeri hesap edildiğinden boş hipotez reddedilir. Sonuç itibarıyla eğim katsayılarının heterojen olduğu bulgusuna erişilmiştir.

Tablo 3. Homojenlik/Heterojenlik Testi Sonuçları

Hipotez	Test İstatistiği	Olasılık Değeri
H1	173,7254	0,0000
H2	4,885123	0,0001
H3	427,0441	0,0000

Yatay kesit bağımsız ve heterojen sonuçlarından hareketle birinci nesil birim kök testlerinden birimlerin heterojenliğini dikkate alan Maddala ve Wu (1999) panel birim kök testi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 4’te yer almaktadır. Her bir değişken için seviyedeki olasılık değeri 0,05’in çok üzerindeyken birinci farkında bu değerler 0,05’in altındadır. Buna göre 3 değişken de seviyede birim kök içerirken birinci farkları alındığında durağan hale gelmektedir. Yani değişkenlerin I(1) olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 4. Panel Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	Sabit		Sabit + Trend	
	Test İstatistiği	Olasılık değeri	Test İstatistiği	Olasılık değeri
lnre	5,64875	0,6865	4,08807	0,8491
d(lnre)	70,2612	0,0000*	61,8091	0,0000*
lngdp	7,04344	0,5320	3,86732	0,8689
d(lngdp)	65,9132	0,0000*	53,5706	0,0000*
lnco	12,0047	0,1510	10,3595	0,2407
d(lnco)	52,3758	0,0000*	61,5207	0,0000*

*%1 düzeyinde anlamlı

Değişkenlerin seviyede birim kök içermesi ve tümünün birinci farkları alındığında durağan hale gelmeleri bu seriler arasındaki eşbütünleşme ilişkisini sorgulamamıza imkân vermektedir. Aşağıdaki tabloda yatay kesit bağımlılığının olmadığı durumlarda elverişli ve heterojenliğe izin veren Pedroni (1999) panel eşbütünleşme testinin sonuçları verilmiştir. Tablodan görülebileceği gibi hem panel hem de grup olasılık değerleri 0,05’in oldukça üzerindedir. Bu durumda “eşbütünleşme yoktur” şeklinde sıfır hipotezi kabul edilir. Başka bir ifadeyle seriler eşbütünleşik değildir. Böylece değişkenlerin uzun vadede birlikte hareket etmedikleri, aralarındaki farkın durağan olmadığı söylenebilir.

Tablo 5. Panel Eşbütünleşme Testi Sonuçları

Test	Sabit		Sabit ve Trendli	
	Test İstatistiği	Olasılık Değeri	Test İstatistiği	Olasılık Değeri
Panel v	-0,358103	0,6399	1,268606	0,1023
Panel rho	0,968679	0,8336	0,139420	0,5554
Panel PP	0,717633	0,7635	-1,073205	0,1416
Panel ADF	1,342328	0,9103	-1,414238	0,0786
Group rho	1,009045	0,8435	0,805111	0,7896
Group PP	0,288131	0,6134	-0,588462	0,2781
Group ADF	-0,718591	0,2362	-1,281525	0,1000

Not: Testte Barlett Kernel yöntemi kullanılmıştır. Bandwith genişliği ise Newey – West metoduyla belirlenmiştir.

Analizin son adımında Tablo 6’da sonuçları sıralanan Dumitrescu – Hurlin (2012) panel nedensellik testi gerçekleştirilmiştir. Olasılık değerlerinden anlaşılabileceği üzere yalnızca EB’nin YE tüketiminin nedeni olmadığı yönündeki sıfır hipotezi reddedilebilmiştir. Yani EB rakamları YE tüketimi üzerinde etkilidir. MINT ülkelerinde milli gelirdeki artış veya azalışlar YE tüketiminin artması veya azalmasına neden olabilir. Diğer taraftan EB ve YE tüketiminin geçmiş değerlerinin CO₂ emisyonunun mevcut ve gelecek değerlerini tahmin etmede etkili olmadığı bulgusu dikkat çekicidir.

Tablo 6. Panel Nedensellik Testi Sonuçları

Sıfır Hipotezi	W-Stat.	Zbar-Stat.	Olasılık Değeri
LNRE --> LNCO	0,20316	-1,07991	0,2802
LNCO --> LNRE	0,34953	-0,89965	0,3683
LNGDP --> LNCO	1,14945	0,08553	0,9318
LNCO --> LNGDP	2,00294	1,13669	0,2557
LNGDP --> LNRE	2,67709	1,96697	0,0492
LNRE --> LNGDP	0,74497	-0,41262	0,6799

Not: Test “1” gecikme ile gerçekleştirilmiştir (bütün bilgi kriterleri için uygun gecikme uzunluğu “1”dir).

SONUÇ

Küreselleşme ve neo-liberalizm rüzgarıyla 1980’lerden itibaren dünya genelinde dış ticaret ve ekonomik büyüme hızlanmıştır. Özellikle gelişmekte olan ülkeler potansiyellerini değerlendirmek adına sağladıkları dış kaynakların yardımıyla yüksek büyüme arzularını gerçekleştirmeye çalışmıştır. Bu durum enerji talebini arttırmış ve karbondioksit emisyonu yükselmiştir. Karbondioksit emisyonu okyanus asitlenmesine, küresel ısınmaya, hava ve su kirliliğine yol açarak solunum yolu hastalıklarına

ve kardiyovasküler sorunlara neden olan; deniz yaşamını, ekosistemleri ve biyolojik çeşitliliği olumsuz etkileyerek tarımı ve gıda güvenliğini tehdit eden çok önemli bir sorundur (Udo vd., 2024: 138).

Bu çalışma sürdürülebilirliğin önünde bir tehdit olarak duran karbon emisyonunu ele almış, bu çerçevede ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerjinin karbon emisyonu ile olan ilişkisini incelemiştir. MINT ülkeleri özelinde yürütülen analizin bulguları değişkenlerin uzun dönemde birlikte hareket etmediğini göstermektedir. Panel nedensellik analizi sonuçları ise MINT ülkelerinde ekonomik büyümenin karbon emisyonunu arttırdığı veya tam aksine yenilenebilir enerji tüketiminin karbon emisyonunu azalttığı yönündeki çıkarımları desteklememektedir. Ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji tüketimine doğru ise tek yönlü nedensellik vardır.

Elde edilen sonuçlar, MINT ülkelerinde yenilenebilir enerji tüketiminin karbon emisyonunu azalttığı sonucunu elde eden Prince vd. (2023) ve Udo vd. (2024) çalışmalarından ayrılmaktadır. Bu durum çalışmaların modellerinin farklı olması (farklı değişkenleri de içermeleri) ve farklı analiz yöntemlerini (ikinci nesil yöntemler) kullanmasıyla açıklanabilir. Diğer taraftan çalışmanın bulguları Yılmaz vd. (2017) (ekonomik büyüme ile karbon emisyonu arasında eşbütünleşme yoktur) ve Akram vd. (2022) (yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ile karbon emisyonu arasında nedensellik ilişkisi yoktur) çalışmalarının sonuçlarıyla paraleldir.

MINT ülkeleri için elde ettiğimiz sonuçlardan yapılacak çıkarımlar şu şekilde sıralanabilir:

- Değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki olmaması MINT ülkelerinde yenilenebilir enerjinin ekonomik yapıya tam entegre olmadığını göstermektedir. Fosil yakıt kullanımının çok daha yaygın olması, yenilenebilir enerjinin büyüme ve çevre kalitesi üzerindeki etkisinin sınırlı kalmasına yol açar.
- Yenilenebilir enerji tüketimi ile karbon emisyonu arasında nedensel ilişki olmaması yenilenebilir enerjinin MINT ülkelerinde karbon emisyonunu azaltacak düzeyde kullanılmadığını gösterir. Enerji kullanımında fosil yakıtlar hala çok baskındır. Nitekim ülkelerin yenilenebilir enerji tüketimlerinin toplam tüketim içindeki payının, ele alınan dönemde, arttığı değil azaldığı görülür. Bu payın arttığı bir gelecekte farklı bir nedensel ilişki çıkabilir.
- Ekonomik büyüme ile karbon emisyonu arasında nedensel ilişki bulunmaması birçok sonuca işaret edebilir. Artan milli gelirle birlikte artan enerji talebinin çoğunluğu fosil yakıtlardan elde edilse de bu alanda yaşanan verimlilik artışı (teknolojik gelişmeler gibi) karbon emisyonu artışlarını sınırlayabilir. Ayrıca ekonomik büyümenin enerji-yoğun sektörlerden ziyade hizmet sektörü üzerinden gerçekleşmesi veya tüketime dayalı bir büyüme yine karbon emisyonunun artışını sınırlandırabilir. Enerji verimliliğindeki artışın yardımıyla emisyon yoğunluğu yani birim milli gelir başına düşen emisyon miktarının azalması böyle bir ilişkiye yol açabilir. Bu durum milli gelir artarken CO₂ emisyonunun milli gelire oranla daha düşük miktarlarda artması anlamına gelir. Nitekim, örneğin Türkiye'nin milli geliri 1990'dan 2020'ye geldiğinde yaklaşık 5 katına çıkmışken, aynı tarihlerde karbon emisyonunun yaklaşık 3 katına geldiği görülmektedir.
- Ekonomik büyümenin yenilenebilir enerjinin nedeni olması ise artan milli gelirin daha fazla enerji talebine neden olduğu ve bu enerjinin bir kısmının yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edildiğini göstermektedir. Bu ilişki ekonomik büyümenin yenilenebilir enerjiyi teşvik ettiği başka bir deyişle MINT ülkelerinin yenilenebilir enerji kullanma eğiliminde oldukları anlamına gelir.

Bu çıkarımlar MINT ülkelerinin büyük potansiyellerine rağmen yenilenebilir enerjiye olan yönelimlerinin hala yetersiz olduğunu ifade etmektedir. Yenilenebilir enerji tüketimi belirli bir seviyeye eriştikten sonra karbon emisyonu üzerinde negatif etkiye sahip olabilir. Buradan hareketle milli gelirden yenilenebilir enerji yatırımları için ayrılan payın artırılması gerektiği söylenebilir. Ayrıca ekonomik büyümenin karbon emisyonuna sebep olmadığı sonucunun MINT ülkelerinin çevre kalitesini gözetirken büyümeden ödün vermek zorunda kalmayacaklarına işaret eder. Böyle bir durumda ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji yatırımlarını beslemekte daha özgür olacaktır. Sonuç itibarıyla hem sürdürülebilir büyüme hem de insan ve çevre sağlığı için karbon emisyonunun süratle azaltılması şarttır. Bu hedef çerçevesinde MINT ülkelerinde geleneksel yöntemlerden ziyade yenilenebilir enerji kullanılması politika yapımcıların öncelikli gündemi olmalıdır.

Etik Beyan

“Yenilenebilir Enerji, Ekonomik Büyüme ve Karbondioksit Emisyonu İlişkisi” başlıklı çalışmanın yazılması ve yayınlanması süreçlerinde Araştırma ve Yayın Etiği kurallarına riayet edilmiş ve çalışma için elde edilen verilerde herhangi bir tahrifat yapılmamıştır. Çalışma için etik kurul izni gerekmemektedir.

Katkı Oranı Beyanı

Yazar çalışmanın yazılmasından taslağın oluşturulmasına kadar tüm süreçlere katkı yapmış ve nihai halini okuyarak onaylamıştır.

Çatışma Beyanı

Yapılan bu çalışma gerek bireysel gerekse kurumsal/örgütsel herhangi bir çıkar çatışmasına yol açmamıştır.

KAYNAKÇA

- Adebayo, T. S. ve Ağa, M. (2022). The Race to Zero Emissions in Mint Economies: Can Economic Growth, Renewable Energy and Disintegrated Trade Be the Path to Carbon Neutrality?. *Sustainability*, 14(21), 1-20. Doi: 10.3390/su142114178
- Adebayo, T. S., Ağa, M., Agyekum, E. B., Kamel, S., ve El-Naggar, M. F. (2022a). Do renewable energy consumption and financial development contribute to environmental quality in MINT nations? Implications for sustainable development. *Front. Environ. Sci*, 10, 1-13. Doi: 10.3389/fenvs.2022.1068379
- Adebayo, T. S., Awosusi, A. A., Rjoub, H., Agyekum, E. B., ve Kirikkaleli, D. (2022b). The influence of renewable energy usage on consumption-based carbon emissions in MINT economies. *Heliyon*, 8(2), 1-10. Doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e08941
- Adebayo, T. S., Kartal, M. T., Ağa, M., ve Al-Faryan, M. A. S. (2023). Role of country risks and renewable energy consumption on environmental quality: Evidence from MINT countries. *Journal of Environmental Management*, 327, 1-10. Doi: 10.1016/j.jenvman.2022.116884
- Adebayo, T. S. ve Rjoub, H. (2021). Assessment of the role of trade and renewable energy consumption on consumption-based carbon emissions: evidence from the MINT economies. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 58271-58283. Doi: /10.1007/s11356-021-14754-0

- Yöyen, H. T. (2025). Yenilenebilir Enerji, Ekonomik Büyüme ve Karbondioksit Emisyonu İlişkisi: MINT Ülkeleri Örneği. *KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 27(49), 971-986.
- Akram, R., Umar, M., Xiaoli, G., ve Chen, F. (2022). Dynamic linkages between energy efficiency, renewable energy along with economic growth and carbon emission. A case of MINT countries an asymmetric analysis. *Energy Reports*, 8, 2119-2130. Doi: 10.1016/j.egyr.2022.01.153
- Arslan Gürdal, H. (2024). E7 Ülkelerinde Karbondioksit Emisyonu ile Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve İktisadi Büyüme Arasındaki İlişkisinin İncelenmesi. *Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 11(2), 309-324.
- Ayla, D. (2022). Mint Ülkelerinde CO₂ Emisyonu Üzerine Bir İnceleme: Panel Eşbütünleşme ve DOLSMG Analizi. *Alanya Akademik Bakış Dergisi*, 6(3), 2869-2884.
- Bayar, Y. (2019). BRICS Ülkeleri ile Türkiye’de Terörizmin Ekonomik Belirleyicileri: Bir Panel Nedensellik Analizi. *Türk İdare Dergisi*, 91(489), 69-88.
- Bilgili, F., Koçak, E., ve Bulut, Ü. (2016). The dynamic impact of renewable energy consumption on CO₂ emissions: A revisited Environmental Kuznets Curve approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 838-845. Doi: 10.1016/j.rser.2015.10.080
- Breusch, T. S. ve Pagan, A.R. (1980). The lagrange multiplier test and its applications to model specification tests in econometrics. *Review of Economic Studies* 47(1), 239–53. Doi: 10.2307/2297111.
- Chen, C., Pinar, M. ve Stengos, T. (2022). Renewable energy and CO₂ emissions: New evidence with the panel threshold model. *Renewable Energy*, 194, 117-128. Doi: 10.1016/j.renene.2022.05.095
- Dogan, E., Taspinar, N., ve Gokmenoglu, K. K. (2019). Determinants of ecological footprint in MINT countries. *Energy and Environment*, 30(6), 1065-1086. Doi: 10.1177/0958305X19834279
- Dogan, E. ve Seker, F. (2016). Determinants of CO₂ emissions in the European Union: The role of renewable and non-renewable energy. *Renewable Energy*, 94, 429-439. Doi: 10.1016/j.renene.2016.03.078
- Du, L., Jiang, H., Adebayo, T. S., Awosusi, A. A., ve Razzaq, A. (2022). Asymmetric effects of high-tech industry and renewable energy on consumption-based carbon emissions in MINT countries. *Renewable Energy*, 196, 1269-1280. Doi: 10.1016/j.renene.2022.07.028
- Dumitrescu, E. ve Hurlin, C. (2012). Testing for Granger non-causality in heterogeneous panels. *Economic Modelling*, 29(4), 1450-1460. Doi: 10.1016/j.econmod.2012.02.014
- Granger, C. W. J. (1969). Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods. *Econometrica*, 37(3), 424–438. Doi: 10.2307/1912791
- Han, A. (2024). BRICS-T Ülkelerinde Çevresel Sürdürülebilirlik: Karbon Emisyonları, Yenilenebilir Enerji ve Ekonomik Büyüme İlişkileri. *Abant Sosyal Bilimler Dergisi*, 24(1), 136-151. Doi: 10.11616/asbi.1391917
- Hsiao, C. (1986). *Analysis of Panel Data*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Maddala, G. ve Wu, S. (1999). A Comparative Study of Unit Root Tests With Panel Data and a New Simple Test. *Oxford Bulletin Of Economics and Statistics* 61(1), 631-652. Doi: 10.1111/1468-0084.0610s1631.

- Yöyen, H. T. (2025). Yenilenebilir Enerji, Ekonomik Büyüme ve Karbondioksit Emisyonu İlişkisi: MINT Ülkeleri Örneği. *KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 27(49), 971-986.
- Okumuş, İ., Yıldırım, A., ve Destek, M. A. (2016). Mint Ülkelerinde Çevresel Kuznets Eğrisi Geçerliliği: Panel Veri Analizi. *ÜNİDAP Uluslararası Kalkınma Konferansı* içinde (ss. 188-195).
- O'Neill, J. (2013, 13 Kasım). Who You Calling a BRIC?. *Bloomberg*. <https://www.bloomberg.com/view/articles/2013-11-12/who-you-calling-a-bric->
- Pedroni, P. (1999). Critical Values for Cointegration Tests in Heterogeneous Panels with Multiple Regressors. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics, Department of Economics, University of Oxford*, 61(1), 653-670. Doi: 10.1111/1468-0084.0610s1653
- Pesaran, M. H. (2004). General Diagnostic Tests for Cross-section Dependence in Panels. *Cambridge Working Papers in Economics*, 0435.
- Poorvashree, K. H., Kalaivi, V., Dharshan, S., Faizullah., Kumari, K., Anagha, H. M., Kumar, N., ve Menon, S. V. (2024). Developing a green and sustainable future: Advancements and integration of renewable energy resources. *Journal of Modern Green Energy*. Doi: 10.53964/jmge.2024007
- Prince, A. I., Edet, I. V., Akpan, B. L., Udo, E. S., ve Akpan, E. E. (2023). Energy Efficiency, Renewable Energy and Economic Growth Nexus on CO2 Emission: Evidence from MINT Countries. *Seybold Report Journal*, 18(10), 253-273. Doi: 10.5110/77.1091
- Saidi, K. ve Mbarek, M. B. (2016). Nuclear energy, renewable energy, CO₂ emissions, and economic growth for nine developed countries: Evidence from panel Granger causality tests. *Progress in Nuclear Energy*, 88, 364-374. Doi: 10.1016/j.pnucene.2016.01.018
- Shafiei, S. ve Salim, R. A. (2014). Non-renewable and renewable energy consumption and CO₂ emissions in OECD countries: A comparative analysis, *Energy Policy*, 66, 547-556. Doi: 10.1016/j.enpol.2013.10.064
- Türkmen, S., Tıraş, H. H., ve Ağır, H. (2023). Enerji Tüketimi – Karbondioksit Emisyonu ve Ekonomik Büyüme: Mint Ülkeleri İçin Panel Veri Analizi. *Maliye Araştırmaları Dergisi*, 9(2), 43-67.
- Udo, E. S., Jack, A. E., Edet, I. V., Agama, E. J., Ugar, O. A., ve Olusegun, J. S. (2024). Unveiling the Transformative Nexus of Energy Efficiency, Renewable Energy, and Economic Growth on CO2 Emission in MINT Countries. *Journal of Renewable Energy and Environment*, 11(2), 138-150. Doi: 10.30501/jree.2024.430213.1770
- World Bank. (2023). https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD?most_recent_value_desc=true (26.07.2024)
- World Resources Institute [WRI]. (2020). Where do emissions come from? 4 charts explain greenhouse gas emissions by countries and sectors. <https://www.wri.org/insights/4-charts-explain-greenhouse-gas-emissions-countries-and-sectors> (20.07.2024)
- World Resources Institute [WRI]. (2021). COP26 Key Outcomes From the UN Climate Talks in Glasgow. <https://www.wri.org/insights/cop26-key-outcomes-un-climate-talks-glasgow> (20.07.2024)

Yöyen, H. T. (2025). Yenilenebilir Enerji, Ekonomik Büyüme ve Karbondioksit Emisyonu İlişkisi: MINT Ülkeleri Örneği. *KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 27(49), 971-986.

World Resources Institute [WRI]. (2023). Unpacking COP28: Key Outcomes From the Dubai Climate Talks, and What Comes Next. <https://www.wri.org/insights/cop28-outcomes-next-steps#fossil-fuels-clean-energy>

(20.07.2024)

Yılmaz, T., Zeren, F., ve Koyun, Y. (2017). Doğrudan Yabancı Yatırımlar, Ekonomik Büyüme ve Karbondioksit Emisyonu İlişkisi: Brics ve Mint Ülkeleri Üzerinde Ekonometrik Bir Uygulama. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22(4), 1235-1254.

Zoundi, Z. (2017). CO2 emissions, renewable energy and the Environmental Kuznets Curve, a panel cointegration approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72, 1067-1075. Doi: 10.1016/j.rser.2016.10.018

Extended Abstract

Renewable Energy, Economic Growth and Carbon Dioxide Emissions Relationship: The Case of Mint Countries

Aim: This study aims to examine carbon dioxide emissions, which are considered the main cause of global warming and environmental pollution, in relation to both renewable energy consumption and economic growth in MINT countries (Mexico, Indonesia, Nigeria, Türkiye). Sustainable development is of great importance for human health as well as environment, and carbon emissions need to be reduced rapidly in order to achieve these development goals. In this context, the main objective of the study is to investigate the relationship between renewable energy consumption, economic growth and carbon dioxide emissions. Developing economies such as MINT countries are in a more disadvantageous position than developed countries in achieving the balance between economic growth and environmental health. Therefore, the study analyses the relationship between these three variables for MINT countries using annual data over the period 1990-2020.

Method: The methods used in the study are grounded in panel data analysis. Firstly, cross-section dependence and homogeneity tests are performed and panel data analysis is continued according to the results of these tests. Since it is determined that there is no cross-section dependence among the series in the panel, Maddala and Wu (1999) test, one of the first generation panel unit root tests, is used. According to the results obtained from the unit root test, Pedroni (1999) panel cointegration test was applied to examine the long-run relationship between the series. Finally, Dumitrescu-Hurlin (2012) panel causality test was applied to determine the causality relationships between the variables. Eviews 13 software package was used for all analyses.

Findings: According to the results of the panel cointegration test, there is no long-run relationship between renewable energy consumption, economic growth and carbon dioxide emissions in MINT countries. This finding indicates that renewable energy is not integrated into the economic structure in these countries and fossil fuels remain a dominant energy source. According to the results of the panel causality test, economic growth is the cause of renewable energy consumption. This result shows that economic growth in MINT countries increases energy demand and some of this increase is met by renewable energy. However, no causality relationship was found between economic growth, renewable energy consumption, and carbon dioxide emissions. These findings indicate that renewable energy consumption does not contribute sufficiently to reducing carbon dioxide emissions in MINT countries. On the other hand, it is seen that the effect of economic growth on carbon dioxide emissions is limited.

Conclusion: The findings of the study show that the dynamics between renewable energy consumption, economic growth and carbon dioxide emissions in MINT countries have not yet reached a level sufficient to achieve the goal of sustainable development. The lack of a long-run relationship between the variables reveals that renewable energy is not sufficiently widespread in these countries and fossil fuels are dominant in energy production. The absence of a causality relationship between renewable energy consumption and carbon dioxide emissions indicates that the use of renewable energy has not yet reached a level sufficient to affect environmental outcomes. This situation emphasises the need to increase investments in renewable energy. The lack of causality between economic growth and carbon dioxide emissions can be explained by changes in the sectoral structure of economic growth and energy efficiency. Although increasing energy demand is largely met by fossil fuels, increases in energy efficiency and technological developments may have limited carbon dioxide emissions. Moreover, the growth of low-carbon sectors such as the services sector may have mitigated the impact of growth on carbon dioxide emissions. Thus, GDPs in the country group increased much more than the increase in carbon dioxide emissions. The fact that economic growth is the cause of renewable energy consumption indicates that some of the increasing energy demand is met from renewable sources and that these countries tend to switch to renewable energy.

As a result, for MINT countries to achieve their sustainable growth targets, renewable energy investments should be increased, dependence on fossil fuels should be reduced and environmentally friendly energy policies should be adopted. By encouraging the use of renewable energy, policymakers can both sustain economic growth and reduce negative impacts on the environment.
