



MİST ÜLKELERİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA VE YEŞİL ENERJİNİN YEŞİL ÜRETİME ETKİSİ

Fatih AKIN¹, Ömer AKÇAYIR²

Öz

Çalışmada, MİST (Meksika, Endonezya, Güney Kore ve Türkiye) ülkelerinde sürdürülebilir kalkınma (HDI) ve yenilenebilir (REN) enerji tüketiminin yeşil üretim (CO₂) üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla 1990-2021 yılları verileri kullanarak panel veri analizi yöntemleri kullanılmıştır. CIPS birim kök testinin kullanıldığı analizde tüm serilerin birinci farkta durağan oldukları belirlenmiş, LM Bootstrap eşbütünlük yöntemiyle eşbütünlük ilişkisi tespit edilmiştir. Modelin katsayıları Artırılmış Ortalama Grup (AMG) yöntemi ile tahmin edilmiş ve nihayetinde Dumitrescu & Hurlin (2012) panel nedensellik testi ile analiz tamamlanmıştır. Panelin genelinde ve ülke bazında istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar ortaya çıkmış, HDI ve yenilenebilir enerji tüketimi CO₂'yi azaltırken, kontrol değişken olan GDP ve yenilenemeyen enerji tüketimi CO₂'yi artırmaktadır. Sürdürülebilir kalkınmanın yeşil üretim üzerindeki etkisinin yenilenebilir enerjinin etkisinden daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bağımsız değişkenlerin her birinden bağımlı değişkene (CO₂) doğru, doğrudan ya da diğer değişkenler aracılığıyla dolaylı olarak nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilir Kalkınma, Yenilenebilir Enerji, Yeşil Üretim, Panel Veri Analizi
JEL Sınıflandırması: O11, Q01, Q56, C33, O13

IMPACT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND GREEN ENERGY ON GREEN PRODUCTION IN MIST COUNTRIES

Abstract

In this study, panel data analysis methods are used to investigate the effects of sustainable development (HDI) and renewable energy consumption (REN) on green production (CO₂) in MIST (Mexico, Indonesia, South Korea and Turkey) countries using data from 1990-2021. In the analysis using the CIPS unit root test, all series were found to be stationary at first difference and cointegration relationship was determined by LM Bootstrap cointegration method. The coefficients of the model are estimated with the AMG method and finally, the analysis is completed with Dumitrescu & Hurlin (2012) panel causality test. Statistically significant results are obtained for the whole panel and for each country, where HDI and REN decrease CO₂, while GDP and non-renewable energy consumption as control variables increase CO₂. The impact of sustainable development on green production is found to be much higher than the impact of renewable energy. In addition, a causality relationship was found from each of the independent variables to the dependent variable (CO₂), either directly or indirectly through other variables.

Keywords: Sustainable Development, Renewable Energy, Green Production, Panel Data Analysis
JEL Classification: O11, Q01, Q56, C33, O13

¹ Öğr. Gör. Dr., Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Refahiye Meslek Yüksekokulu, Büro Hizmetleri ve Sekreterlik Bölümü, fatih.akin@erzincan.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7741-4004

² Öğr. Gör. Dr., Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Yönetim ve Organizasyon Bölümü, omerakcayir@nevsehir.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1645-5312

1. Giriş

Ülkelerin sosyal, ekonomik ve siyasi birçok amacı olmakla birlikte en nihai amacı vatandaşlarına özgürlük ve refah içinde yaşayabilecekleri ve geleceklerini güvende hissedebilecekleri bir ülke inşa etmektir. Bu uzak hedefler doğrultusunda ekonomilerinin dünü, bugünü ve yarını irdelenmekte ve ihtiyati tedbir niteliğinde orta ve uzun dönemli programlar uygulanmaktadır. Tam olarak bu vizyon ve misyonların ardında sürdürülebilir büyüme ve sürdürülebilir kalkınma kavramları yer almaktadır. Büyüme refahın nicel yönünü kalkınma ise nitel yönünü işaret etmektedir. Gelişmiş ülkeler için büyüme, gelişmekte olan ülkeler için ise kalkınma kavramı daha merkezi bir kavramdır (Şahin ve Gökdemir, 2016: 3). Zira kalkınmanın toplumsal refah ile doğrudan ilişkili unsurları söz konusudur.

Özellikle II. Dünya savaşının ardından ülkelerin hızlı büyüme arzuları, tüketim algısının ve üretim olanaklarının değişmesi sadece dünya ekonomisini değil, çevresel koşulları da etkisi altına almıştır. Önce büyüme, sonra kalkınma daha sonra ise sürdürülebilir kalkınma olgularının zihnimizde yerleşmesine neden olmuştur. Sürdürülebilir kalkınmanın, ekonomik, sosyal ve çevresel olmak üzere üç temel bileşeni bulunmaktadır (Munasinghe, 2009). Mevcut kaynakların optimum kullanımıyla yıkıcı zararların, atıkların ve israfın minimize edilerek çevrenin kendini yenilemesine imkân tanıyarak ekonomik ve sosyal olarak gelişmeye sürdürülebilir kalkınma adı verilmektedir (Mawhinney, 2002: 3; Bucak, 2021: 72). Gelişim pozitif anlamda ilerleme olarak tanımlandığı için kalkınma daima ileri yönlü iyileşmedir. Ayrıca bu gelişimin gelecek nesillerin henüz doğmamış refahlarından ve kalkınma kabiliyetlerinden çalmaksızın gerçekleştirilmesi arzu edilmektedir.

Bir ekonominin büyümesi ülkelerin çevre kalitesini etkilediği ve sosyal yönden önemli değişikliklere neden olduğu için sürdürülebilir kalkınmanın tüm boyutları önem arz etmektedir (Vasylieva vd., 2019: 12). İnsanoğlu, küresel rekabetin gereği olarak büyümek pahasına hergün yeni küresel sorunların doğmasına neden olmakta, ekolojik rezervlerini hızla tüketerek henüz doğmamış nesillerine sürdürülemez bir dünya bırakmaktadır. Üretim sonucu ortaya çıkan zarar ile üretimin kendisi her zaman paralel hareket etmemektedir. Dünya'nın fabrikası benzetmesi ile ün yapmış Çin'in 2015 verileriyle küresel karbon emisyonunun %28'inde payı bulunurken, toplam küresel büyümenin sadece %17'sinde pay sahibidir (Paramati vd., 2019: 12) Bu durum dış ticaret kanalı vasıtasıyla ortaya çıkan karbon ithalatı ve ihracatı ile açıklanabilmektedir.

Ek olarak, ülkelerin ekonomik büyüme dinamikleri ile enerji talebi arasında güçlü bir nedensellik ilişkisi söz konusudur. Özellikle yenilenebilir ya da yeşil enerji kullanımı, fosil yakıtlardan (kömür, petrol ve doğalgaz) elde edilen yeşil olmayan enerji kullanımına nispeten büyümenin ötesinde sürdürülebilir kalkınma için çok daha önemlidir. Zira yeşil olmayan enerji tüketimi hem kısa hem de uzun vadede CO₂ emisyonlarını artırırken, yeşil enerji tüketimi uzun vadede CO₂ emisyonlarını azaltmaktadır (Riti vd., 2018: 2007). Zira sürdürülebilirlik kavramı zaten uzun döneme odaklanmakta, dünya kaynaklarının gelecek nesillere daha sağlıklı aktarılmasını hedeflemektedir.

İnsani gelişme endeksi (humanity development index-HDI), ortalama yaşam süresi ve beklentisi, eğitim ve hayat standartları olmak üzere üç ana unsurun endeksleştirilerek geometrik ortalamasının alınmasıyla elde edilen bir endekstir (HDR UNDP, 2024a). Sürdürülebilir kalkınma kavramının tüm boyutlarını mükemmel bir şekilde temsil etmese de literatürdeki çalışmaların çok büyük bir kısmının ampirik analizler için tercih ettiği HDI ülkelerin kalkınma istatistikleri olarak değerlendirilmekte ve kullanılmaktadır.

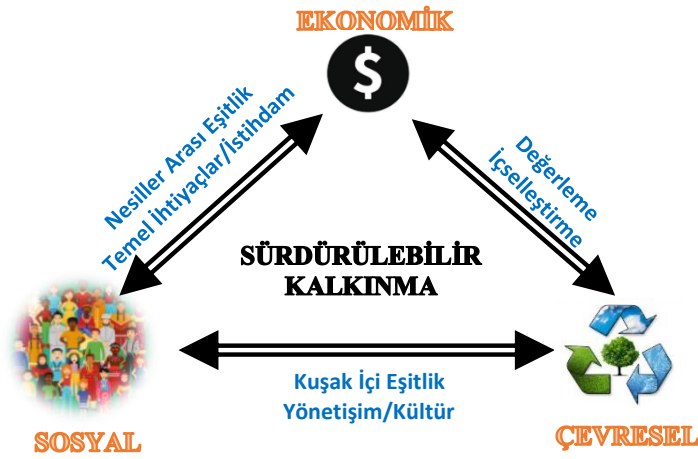
Çalışmada sürdürülebilir kalkınma göstergesi olarak insani gelişmenin ve yeşil enerjiyi temsilen yenilenebilir enerji kullanımının, üretim başına CO₂ emisyonunu yani yeşil üretimi nasıl etkilediği Artırılmış Ortalama Grup (AMG) tahmincisi ile incelenmiştir. Ayrıca, Dumitrescu ve Hurlin (2012) panel nedensellik testi de uygulanmıştır. Örneklem olarak, ABD yatırım bankası Probitas Partners ve Goldman Sachs tarafından 2011 yılında gelecekte büyüme ve kalkınma potansiyeli açısından lider ülke gruplarından birisi olarak gösterilen MIST (Meksika, Endonezya, Güney Kore ve Türkiye) ülkeleri seçilmiştir (Çelebi Boz vd., 2019: 1124). Erişilebilir veri kısıtlılığı nedeniyle 1990-2021 dönemi örneklem olarak ele alınmıştır. Bu perspektifle, ilk olarak çalışmanın teorik arka planı ele

alınmış ardından konuya ilişkin literatürde yer alan çalışmalar değerlendirilmiştir. Daha sonra ise ekonometrik panel veri analizi yapılmış ve nihayet son bölümde sonuç ve değerlendirmeler yapılarak çalışma sonlandırılmıştır.

2. Teorik Çerçeve

Sürdürülebilir kalkınma, uzun dönemi dikkate alarak, toplumun refahında oluşturulan iyileştirmelere yönelik faaliyetler bütünüdür (Munasinghe, 2001: 137). Şekil 1’de görselleştirildiği üzere ekonomik, sosyal ve çevresel olmak üzere üç temel bileşeni bulunan sürdürülebilir kalkınma kavramı, bu üç unsurun karşılıklı ve yoğun etkileşimini gerektirmektedir. Sürdürülebilir kalkınmanın üç sacayağını oluşturan bu unsurların eşgüdümlü hareketi için gelecek vizyonlu stratejik büyümeye ihtiyacı vardır. Büyümenin mutlak unsuru üretim için de sürdürülebilirlik kavramı öne çıkmaktadır.

Şekil 1: Sürdürülebilir Kalkınmanın Unsurları



Kaynak: (Munasinghe, 2001: 136).

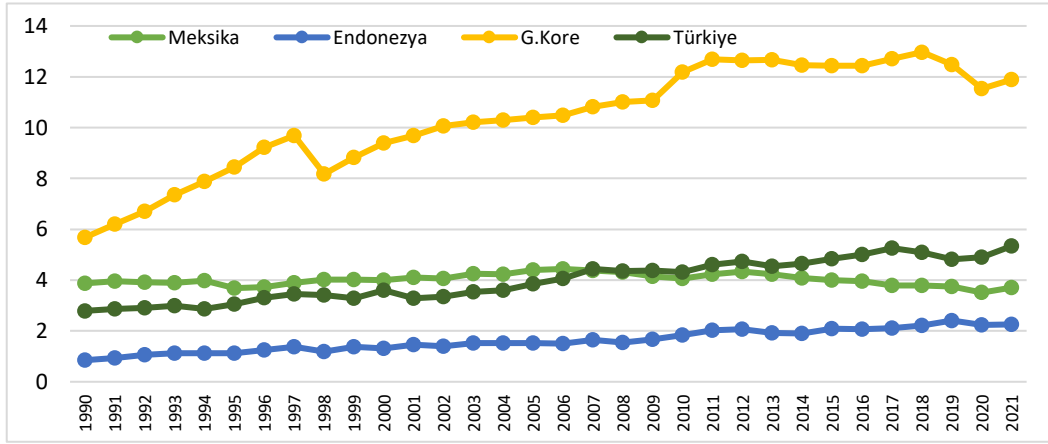
Özellikle son dönemlerde üzerimizde baskısını daha net hissettiğimiz çevresel değişim sinyalleri, üretim konusunda da bakış açısını değiştirmek zorunda bırakmıştır. Bu kapsamda birçok üretim süreci, çevreci vizyon üzerine tesis edilmeye başlanarak yeşil üretim için tedarik süreci de dâhil olmak üzere yeşil stratejiler belirlenmektedir (Hong vd., 2018; Liu vd., 2023). Çevre perspektifinden bakıldığında ise üretimin en dikkat çeken faktörü olarak enerjiyi ifade etmek mümkündür. Zira üretim ile paralel olarak artan enerji talebi, yenilemeyen enerji kaynaklarının kullanım motivasyonunu artırmakta, bu da sera gazı emisyonları başta olmak üzere çok sayıda negatif durum olarak karşımıza çıkmaktadır. En nihayetinde küresel ısınma ve iklim değişikliğinin yıkıcı etkileriyle sürdürülebilir çevre olgusunu gündemde tutmaktadır.

Sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde ekonomik, sosyal ve çevresel unsurlarının birbirleriyle etkileşimi karşılıklı olabilmekte, unsurlardan herhangi birisinde yaşanan değişim doğrudan ya da dolaylı olarak birbirlerini etkilemektedir. Sürdürülebilir büyümeyi temsil kabiliyeti nedeniyle ortaya atılmış olan insani gelişmiş endeksinin alt bileşenleri eğitim, ortalama yaşam beklentisi ve gelir endeksleri, birbirleriyle sıkı bir nedensellik ilişkisine sahiptir.

Özetle sürdürülebilir kalkınma, ekonomik büyüme, yenilenebilir ve yenilenemez enerji kullanımı üretim başına düşen CO₂ emisyon değerlerini, yani yeşil üretimi etkilemektedir. Bu çerçevede oluşturulmuş olan ekonometrik modelde aralarında uzun ya da kısa dönemli bütüncül ilişkinin var olup olmadığı ve bu ilişkilerin yönü ve şiddeti ampirik olarak araştırılmıştır. Büyüme ve kalkınma perspektifi açısından gelecek adına lider ülkeler olarak rapor edilmesi nedeniyle MIST ülkeleri örneklem olarak seçilmiştir.

Grafik 1’de MIST ülkelerinin 1990-2021 yılları arasındaki verileriyle elde edilmiş üretim başına düşen CO₂ emisyon değerleri gösterilmektedir. Güney Kore’nin yeşil olmayan üretim kapsamında en olumsuz durumda olduğu, bunu sırasıyla Türkiye, Meksika ve Endonezya’nın takip ettiği görülmektedir. 2008 yılına kadar Türkiye’nin Meksika’ya nispeten yer değiştirdiği anlaşılmaktadır. Uzun dönem trendi olarak yeşil üretim açısından Güney Kore ve Türkiye olumsuz bir seyir izlerken, Endonezya ve Meksika’nın daha durağan bir seyir izlediği görülmektedir. Bunu büyüme potansiyeli görece yüksek olan Türkiye ve Güney Kore için yeşil yatırımların yetersizliği ile yorumlamak mümkündür.

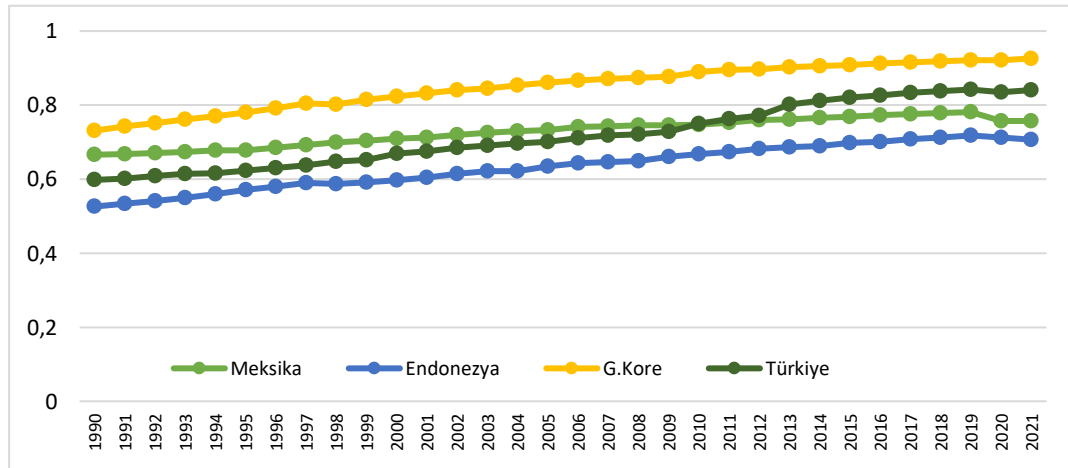
Grafik 1: MIST Ülkelerinde Üretim Başına Düşen CO₂ Emisyon Miktarı



Kaynak: (WB, 2024a).

Grafik 2’de MIST ülkelerinin 1990-2021 yıllarına ait verileriyle elde edilmiş insani gelişme endeksi değerleri gösterilmektedir. Güney Kore’nin insani gelişme düzeyi görece en yüksek olup, sırasıyla Türkiye, Meksika ve Endonezya izlemektedir. Meksika ve Endonezya’nın 2020 sonrasında HDI’nin hafif aşağı doğru yöneldiği görülmekte, bunun dışında neredeyse 30 yıldır hepsinin yükselen bir trend içerisinde olduğu gözlenmektedir. Meksika ve Endonezya’nın ise görece daha yatay bir seyir izlediği görülmektedir. Türkiye’nin insani gelişme endeksi özellikle 2010 sonrasında en yüksek ivmeyle ilerleme kaydettiği görülmektedir. UNDP 2023/2024 insani gelişme raporuna göre, HDI değerine göre yapılan sıralamada 193 ülke arasında Güney Kore 19., Türkiye 45., Meksika 77. ve Endonezya ise 112. sırada yer almaktadır (UNDP HDR, 2024b).

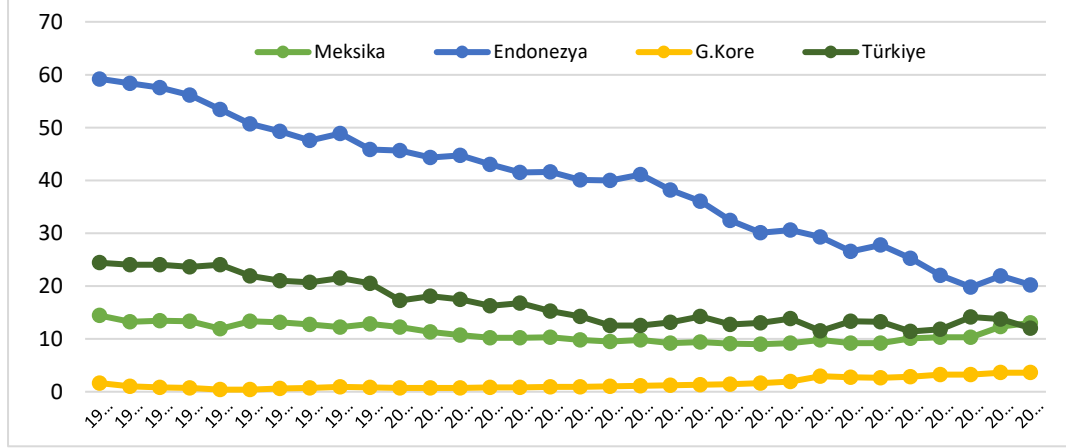
Grafik 2: MIST Ülkelerinde İnsani Gelişme Endeksi



Kaynak: (UNDP, 2024).

MIST ülkelerinin 1990-2021 yıllarına ait verileriyle elde edilmiş yenilenebilir (yeşil) enerji tüketimi değerleri "Grafik 3'te, yenilenemez enerji tüketimi değerleri ise "Grafik 4'te gösterilmektedir. Endonezya hariç MIST ülkelerinin tamamında yenilenebilir enerji tüketiminin hafif artma eğiliminde olduğu, Endonezya'nın ise azalan bir seyir izlediği görülmektedir.

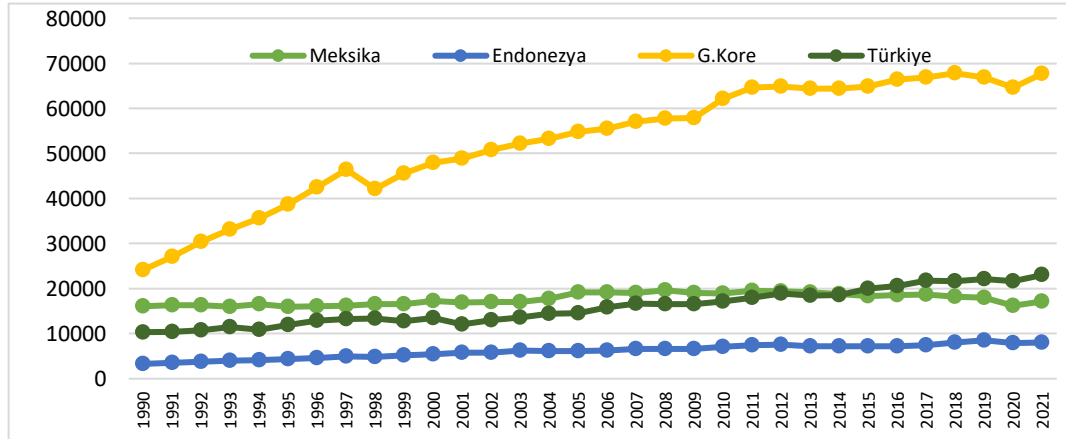
Grafik 3: MIST Ülkelerinde Yenilenebilir (Yeşil) Enerji Tüketimi



Kaynak: (WB, 2024c).

Güney Kore'nin yenilenemeyen enerji kullanımında önemli düzeyde bir artış söz konusu iken, Türkiye'de nispeten daha az bir büyüme söz konusudur. Meksika ve Endonezya için de genel olarak yatay bir seyir gözlenmektedir. 2013 yılından itibaren Meksika ile Türkiye arasında ters bir seyir izlenmektedir.

Grafik 4: MIST Ülkelerinde Yenilenemeyen Enerji Tüketimi



Kaynak: (IEA, 2024).

3. Literatür Özeti

Literatürde yer alan çalışmalar genel olarak ele alındığında, sürdürülebilir kalkınmayı temsilen 1990 yılından itibaren düzenli olarak Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) tarafından kamuoyuna açıklanan HDI verilerinin kullanıldığı görülmektedir. Enerji kullanımı açısından ise özellikle son yıllarda yenilenebilir (yeşil) ya da yenilenemeyen enerji olarak her iki enerji türünün de kullanıldığı görülmektedir. Çevre verilerinde ise çoğunlukla üretim ya da tüketim kaynaklı karbon emisyonu verileri ya da ekolojik ayak izi (EAI) verileri kullanılmaktadır. Ülke örnekleme açısından ise, münferid olarak ülke örneklemlerinin yanı sıra AB, OECD ve BRICS gibi birçok farklı ülke grubu örneklemleri ele alınmaktadır.

Ekonomik büyüme, üretim, karbon emisyonu salımı, yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimi ve sürdürülebilir kalkınma (insani gelişme endeksi) değişkenleri birbirleri ile girift ilişkiler içermektedir. Bu nedenle literatürde bahsi geçen bu değişkenlerin hem bağımlı hem de bağımsız değişkenler olarak ele alındığı görülmektedir. Zira değişkenler aralarındaki nedensellik ilişkisi ve illiyet bağı ülke ve zaman boyutunda farklılıklar göstermektedir. Enerji tüm bu boyutları ile HDI'yi etkilemektedir, bu da ülkelerin sera gazı emisyonlarını azaltmaya ve enerji verimliliği faaliyetlerini geliştirmeye odaklanmalarının nedenlerinden biridir (Pîrlogea, 2012: 500). Sürdürülebilir kalkınma için yeşil olarak nitendirilen yenilenebilir enerji yatırımlarının kamu maliyesi politikalarıyla sübvansede edilerek artırılması gerekmektedir (Ahmed ve Shimada, 2019: 1).

Enerji ve sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde, Steinberger ve Roberts'a (2009) göre enerji ile insani gelişme endeksi arasındaki kabul gören bir ilişkinin var olduğu ve beklenenin aksine bu ilişkinin niteliğinin değiştiği tespit edilmiştir. Pîrlogea (2012) AB ülkeleri örnekleminde, enerji yoğunluğu yüksek ülkelerde HDI'nin olumsuz etkilendiği sonucuna ulaşmıştır. Paramati vd. (2018) G20 ülkelerini araştırdığı çalışmasında, yeşil enerji tüketimini yeşil olmayan enerjilerin tüketimine kıyasen kalkınmaya etkisinin çok daha yüksek düzeyde olduğu ortaya koymuştur. Riti vd. (2018) çalışmasında büyüme lehine çevresel kaliteyi sağlamak için yenilenebilir enerji tüketiminin potansiyel rolünü araştırmıştır. Yeşil olmayan enerji tüketimi kısa ve uzun dönemde çevre kirliliğini artırırken, yeşil enerji tüketimi çevre kirliliğini azaltmaktadır. Ekonomik büyüme ve nüfus kısa vadede CO₂ emisyonlarını artırsa da uzun vadede CO₂ emisyonları üzerindeki etkileri azalmakta ve Çin için çevresel karbon Kuznets eğrisi hipotezini doğrulamaktadır (Riti vd., 2018: 2008). Soukiazis vd. (2019) 28 OECD ülkesini örneklem olarak seçtiği çalışmasında, yeşil enerjinin çevre kirliliğini ve nihayetinde sürdürülebilir kalkınma üzerinde etkili olduğunu ortaya koymuştur. Baloch vd. (2019) BRICS ülkelerini ele aldığı çalışmasında, yenilenebilir enerji kaynaklarının karbon emisyonunu azalttığını tespit etmiştir. Dinçer ve Karakuş (2020) MINT ülkeleri örnekleminde Endonezya için yeşil enerji ve kalkınma arasında uzun dönem nedensellik ilişkisi tespit ederken, BRICS ülkelerinde yeşil enerjinin ekonomik kalkınma üzerindeki etkisinin daha güçlü olduğu çıkarımında bulunmuştur. Kassouri ve Altıntaş (2020) MENA ülkelerinde HDI'nin EAI'ni artırdığı sonucuna ulaşmıştır. Pata vd. (2021) çalışmasında en yüksek ekolojik ayak izine (EAI) sahip on ülkede HDI ve yeşil enerjinin ekolojik ayak izini azalttığı sonucuna ulaşmıştır. Oluç (2023) çalışmasında, Türkiye örnekleminde, çok boyutlu HDI ile EAI arasında ters "U" ilişkisinin var olduğunu ve yeşil enerji tüketiminin ve ekonomik büyümenin EAI'ni ve çevresel bozulmayı azalttığı sonucuna ulaşmıştır.

Bedir ve Yılmaz (2016) Türkiye'nin de aralarında bulunduğu 33 OECD ülkesini ele aldığı çalışmasında, karbon emisyonları ile HDI arasında nedensellik ilişkisi tespit etmiştir. Bieth'in (2021) Japonya ve ASEAN ülkeleri örnekleminde ele aldığı araştırmasına göre, insani kalkınma ve milli gelirdeki artış çevresel bozulmayı artırmaktadır. Koçak ve Uçan (2018) Türkiye, Almanya, ABD, Norveç ve İtalya örnekleminde HDI ile ekonomik büyüme arasında uzun dönemli bir ilişki tespit etmiştir. Wang vd. (2019) çalışmasının bulgularına göre seçilmiş OECD ülkelerinde uzun dönemde HDI'deki artış çevre kalitesini artırmakta olup, tek yönlü bir nedensellik ilişkisi söz konusudur. Steinberger vd. (2012) insani kalkınma ve tüketime dayalı karbon emisyonu arasındaki ilişkiyi araştırmış, sosyo-ekonomik faydanın karbon ihraç eden ülkelerin lehine olduğu sonucuna ulaşmıştır. Ek olarak düşük karbon emisyonları ile yüksek yaşam beklentisi arasında pozitif korelasyon tespit edilirken yüksek gelir ile arasında negatif korelasyon bulunmaktadır. Yıldırım vd. (2022) HDI'nin düşük olduğu örnekleminde EAI'nin büyüdüğünü, HDI'nin yüksek olduğu örnekleminde EAI'nin küçüldüğünü sonucuna varmıştır. Benzer örnekleminde Akbar vd. (2021) çevre kirliliğinden HDI'ye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit etmiş ve karbon emisyonlarının HDI'ye etkisini olumsuz olarak değerlendirilmiştir.

Araştırma konusuna ilişkin literatürde yer alan çalışmaların bütünü dikkate alındığında, üretim başına düşen CO₂ emisyonu, insani gelişme endeksi, yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimi ve GDP değişkenleri farklı kombinasyonları ile farklı örneklem için ele alınmıştır. Bu değişkenler arasındaki ilişkilerin varlığına dair literatürde çok sayıda çalışma yer almış olsa da MIST ülkeleri örnekleminde bu model ve yöntemin kullanıldığı bir çalışma bulunmamaktadır. Ayrıca bağımlı

değişken olarak üretime dayalı CO₂ emisyonunun kullanıldığı bir çalışma bulunmamaktadır. Bu perspektiften bakıldığında çalışmanın model ve yöntem açısından literatürdeki boşluğu doldurarak, olumlu katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

4. Model, Veri Seti ve Yöntem

Bu çalışmada, 1990-2021 dönemi için MIST ülkelerinde (Meksika, Endonezya, Güney Kore ve Türkiye) sürdürülebilir kalkınmanın ve yeşil enerjinin yeşil üretime etkisi panel veri analizi kullanılarak incelenmiştir. Araştırmada bağımlı değişken olarak yeşil üretimi temsilen üretim bazlı CO₂ emisyonu kullanılırken, bağımsız değişken olarak sürdürülebilir kalkınmayı temsilen insani gelişme endeksi (HDI) ve yeşil enerjiyi temsilen ise yenilenebilir enerji tüketimi (REN) kullanılmaktadır. Ayrıca yenilenemez enerji tüketimi (NREN) ve ekonomik büyüme (GDP) ise kontrol değişkeni olarak modele dâhil edilmiştir. Çalışma tarihi itibarıyla en güncel REN verilerinin 2021 yılına kadar var olması bir kısıt olarak karşımıza çıkmakta, veri seti bu nedenle ilgili dönemlerle sınırlandırılmıştır. Çalışmada, aykırı (outlier) değerlerin analizdeki olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak amacıyla seri değişkenlerin logaritmaları alınmıştır. Analizde birden fazla ekonometrik paket programlarından yararlanılmıştır. Modelin kurulmasında Steinberger & Roberts (2009) ve Ağaoğlu (2023) çalışmalarından esinlenilmiş olup çalışmanın ekonometrik modeli Denklem 1’de gösterilmiştir.

$$CO2_{it} = \beta_0 + \beta_{i1}HDI_{it} + \beta_{i2}REN_{it} + \beta_{i3}NREN_{it} + \beta_{i4}GDP_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Değişkenlere ait açıklamalar ve veri kaynakları Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1: Değişkenler

Değişken	Ölçüm	Kaynak
CO ₂	Üretim Bazlı Kişi Başına Metrik Ton	Dünya Bankası (WB, 2024a)
HDI	Endeks Değeri (0-1 arası)	Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP,2024)
REN	Toplam Enerji İçindeki Payı (%)	Dünya Bankası (WB,2024c)
NREN	Kişi Başına Birincil Enerji Tüketimi (Kwh)	Uluslararası Enerji Ajansı (IEA, 2024)
GDP	Kişi Başına Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla (Sabit 2015 ABD \$)	Dünya Bankası (WB, 2024b)

Ampirik analizde ilk olarak, seriler arasındaki yatay kesit bağımlılığının varlığı araştırılmaktadır. Küreselleşmiş ekonomik piyasaların günümüzdeki yapısında, çeşitli faktörler ülkeleri birbirine oldukça bağımlı hale getirebilir. Bu durum, belirli bir bölgedeki bir parametredeki değişikliğin başka bir bölgeyi veya ülkeyi etkileyebileceği anlamına gelmektedir. Yatay kesit bağımlılığının göz ardı edilmesi, hatalı veya yanlış sonuçlara yol açabilir (De Hoyos ve Sarafidis, 2006; Pesaran, 2004). Bu sorunu ele almak için, MIST ekonomileri arasındaki karşılıklı bağımlılığı değerlendirmek amacıyla Breusch & Pagan (1980) tarafından geliştirilen CD_{lm} ve Pesaran vd., (2008) tarafından geliştirilen LM_{adj} yatay kesit bağımlılık testleri kullanılmaktadır. Testlerin temel ve alternatif hipotezleri “ H_0 : Yatay kesit bağımlılığı yoktur. H_1 : Yatay kesit bağımlılığı vardır.” şeklindedir.

Bu testlerin matematiksel olarak yazılımları Denklem 2 ve 3’de gösterilmektedir.

Breusch & Pagan (1980) CD_{lm} testi (2)’nolu denklemde yer almaktadır:

$$CD_{lm}(BP, 1980) = T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N (\hat{\rho}_{ij}^2) \rightarrow X^2 \frac{N(N-1)}{2} \quad (2)$$

Pesaran vd. (2008) LM_{adj} testi (3)’nolu denklemde verilmiştir.

$$LM_{adj} = \left(\frac{2}{N(N-1)} \right)^{\frac{1}{2}} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \left[\hat{\rho}_{ij}^2 \left(\frac{T-K-\hat{\rho}_{ij}-\hat{\mu}_{Tij}}{v_{Tij}} \right) \right] \rightarrow N(0,1) \quad (3)$$

İkinci olarak, panel verilerinde eğim heterojenliğinin var olup olmadığı ele alınmalıdır. Bu ekonomiler bazı ortak özelliklere sahip olsalar da, bu benzerlikler ekonometrik analizlerde, özellikle panel tahminlerinde hatalı sonuçlara yol açabilmektedir (Baltagi ve Li, 2002). Bu nedenle, MIST

ekonomisinin benzer veya farklı özellikler açısından değerlendirmesi önem arz etmektedir. Çalışmada, Pesaran ve Yamagata (2008) tarafından tanıtılan Delta testleri eğim katsayı heterojenliği testi uygulanmıştır. Testlerin temel hipotezi temel hipotez H_0 : Eğim katsayılarının homojen olduğunu, alternatif hipotez ise H_1 : Eğim katsayılarının heterojen olduğu şeklindedir. Bu testlerin matematiksel olarak gösterimleri Denklem 4 ve 5'te verilmiştir.

$$\Delta Tilde = \sqrt{N} \frac{N^{-1}\hat{\delta}-k}{\sqrt{2k}} \quad (4)$$

$$\Delta Tilde_{adj} = \sqrt{N} \frac{N^{-1}\hat{\delta}-k}{var(t,k)} \quad (5)$$

Üçüncü olarak, panel veri analizinde sıkça karşılaşılan yatay kesit bağımlılığı ve eğim katsayısı heterojenliği gibi zorlukları ele almak için uygun bir birim kök tahmin yöntemi kullanılması gereklidir. Çalışmada, Levin, Lin, Chu, Dickey-Fuller ve artırılmış Dickey-Fuller testlerine kıyasla güvenilirliği ile bilinen Pesaran'ın (2007) yatay kesit IPS (CIPS) testine dayanmaktadır. İlk olarak, Pesaran (2006) yatay kesit bağımlılığı ile ilişkili açıklanamayan yatay kesit ortalamalarını incelemek için bir faktör modeli önermiştir. Sıradan ve birinci farkı alınmış yatay kesit gecikmeleri, panelin dengesiz ($T < N$ ve $T > N$) olup olmamasına bakılmaksızın aynı teknikler kullanılarak Artırılmış Dickey-Fuller doğrusal ifadesinde birleştirilmiştir (Pesaran, 2007). Bu yaklaşım, yatay kesit bağımlılığına izin vermektedir. Testin temel hipotezi H_0 : Birim kökün olduğunu, alternatif hipotezi ise H_1 : Birim kökün olmadığı şeklindedir. Bu testin matematiksel olarak yazılımı Denklem 6'da gösterilmektedir.

$$CIPS = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N CADF_i \quad (6)$$

Dördüncü olarak, MIST ülkeleri örneğinde ele alınan modelde, bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki olup olmadığı, Lagrange Çarpanı (LM) Bootstrap panel eşbütünleşme yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Westerlund ve Edgerton (2007) tarafından önerilen bu yöntem, bootstrap tekniğine dayanmakta ve böylece yatay kesit bağımlılığını dikkate almaktadır. Testin temel ve alternatif hipotezleri " H_0 : Eşbütünleşme vardır, H_1 : Eşbütünleşme yoktur." şeklindedir. Bu testin matematiksel olarak gösterimi Denklem 7'de verilmiştir.

$$LM_N^+ = \frac{1}{NT^2} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \hat{\omega}_i^{-2} S_{it}^2 \quad (7)$$

Beşinci olarak, panel veri modellerinde, değişkenler arasında uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisi bulunduğu bu ilişkinin boyutunu belirlemek için uzun dönem katsayı tahmincileri kullanılmaktadır. Bu çalışmada, uzun dönem katsayı tahminleri, Eberhardt ve Bond (2009) tarafından önerilen ve yatay kesit bağımlılığını dikkate alan Artırılmış Ortalama Grup (AMG) tahmincisi yöntemi ile incelenmiştir. Bu uzun dönem katsayı tahmincisi iki aşamalı bir süreçten oluşmaktadır. İlk aşamada, durağan olmayan değişkenlerle yapılan regresyon modelleri yanlı sonuçlar verebileceğinden, model birinci farklarla tahmini Denklem 8'de verilmiştir.

$$\Delta y_{it} = b' \Delta x_{it} + \sum_{t=2}^T c_t \Delta D_t + e_{it}; \quad \Rightarrow \hat{c}_t \equiv \mu_t^* \quad (8)$$

Burada, μ_t^* zaman kukla katsayılarını göstermektedir. İkinci aşamada, her bir bölüm biriminin regresyonuna zaman kuklası dâhil edilerek model tahmini Denklem 9'da verilmiştir.

$$y_{it} = \alpha_i + b_i' x_{it} + c_i t + d_i \mu_t^* + e_{it} \quad (9)$$

Kesitsel tahminlerin ortalaması alınarak elde edildiği AMG tahmincisi Denklem 10'da verilmiştir.

$$\hat{b}_{AMG} = N^{-1} \sum_i \hat{b}_i \quad (10)$$

Son olarak çalışmada, Dumitrescu ve Hurlin (2012) tarafından geliştirilen panel nedensellik testi kullanılmıştır. Hem $T > N$ hem de $T < N$ durumlarında kullanılabilir. Testin temel hipotezi H_0 : Tüm birimler için nedensellik olmadığını, alternatif hipotezi ise H_1 : Tüm birimler için nedensellik olduğunu varsaymaktadır. Dumitrescu ve Hurlin (2012) tarafından ortaya konan doğrusal model Denklem 10'da gösterilmektedir.

$$y_{i,t} = \alpha_i + \sum_{k=1}^K \beta_{i,k} y_{i,t-k} + \sum_{k=1}^K \gamma_{i,k} X_{i,t-k} + \varepsilon_{it} \quad (11)$$

Panel veri setinde her bir birim için Granger nedensellik testi yapılır ve test istatistikleri hesaplanır. Bu istatistikler daha sonra ortalamaları alınarak panel veri seti için genel bir test istatistiği elde edilir. Aşağıda sırasıyla Denklem 12 ve 13'te ortalama ve standartlaştırılmış test istatistikleri verilmiştir (Dumitrescu ve Hurlin, 2012).

$$W_{N,T}^{HNC} = N^{-1} \sum_{i=1}^N W_{i,T} \quad (12)$$

$$Z_{N,T}^{HNC} = \sqrt{\frac{N}{2M}} (W_{N,T}^{HNC} - M) \rightarrow N(0, 1) \quad (13)$$

5. Ampirik Bulgular

Çalışmada kullanılan CO₂, HDI, REN, NREN ve GDP değişkenlerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler Tablo 2'de sunulmaktadır. Bu istatistikler, değişkenlerin merkezi eğilim ve dağılım ölçüleri hakkında bilgi sağlamaktadır. Tanımlayıcı istatistiklerin her birisi kendi içinde özel anlamlar içermekle birlikte bazı istatistikler daha ziyade göze çarpmaktadır. Örneğin, standart sapma serilerin iniş çıkış hareketlerini (volatilitite) temsil etmektedir. Standart sapma değeri en yüksek serinin REN, en düşük serinin ise HDI olduğu göze çarpmaktadır. Ayrıca çarpıklık ve basıklık değerleri, değişkenlerin dağılımının normal dağılıma ne kadar yakın olduğunu göstermektedir. Jarque-Bera testi sonuçlarına göre, REN dışında diğer değişkenlerin normal dağılıma yakın olduğu yorumlanabilmektedir.

Tablo 2: Tanımlayıcı İstatistikler

	CO ₂	HDI	REN	NREN	GDP
Ortalama	1.376	-0.320	2.249	9.734	8.949
Medyan	1.387	-0.324	2.557	9.737	9.132
Maksimum	2.562	-0.076	4.080	11.124	10.397
Minumum	-0.162	-0.642	-0.916	8.100	7.302
Std. Sapma	0.695	0.136	1.332	0.800	0.815
Çarpıklık	-0.067	-0.138	-0.835	0.087	-0.297
Basıklık	2.375	2.411	2.642	2.293	2.369
Jarque-Bera	2.181	2.257	15.554	2.826	4.014
Olasılık	0.335	0.323	0.000	0.243	0.134
Gözlem Sayısı	128	128	128	128	128

Tablo 3'te yatay kesit bağımlılık ve homojenite test bulguları sunulmaktadır. CD_{LM1} ve LM_{adj} testlerinin sonuçlarına göre hem değişkenler hem de model için yatay kesit bağımlılığın olmadığını ifade eden sıfır hipotezinin %1 anlamlılık düzeyinde reddedildiğini göstermektedir. Bu durum, tüm değişkenler için yatay kesit bağımlılığının varlığını ve incelenen ülkelerin politikalarının birbirlerinden etkilendiğinin bir göstergesi olarak yorumlanmaktadır. Yani, MIST ülkelerinin birinde meydana gelen rastgele bir şok, diğer ülkeleri de etkilemektedir. Bu sonuç analiz edilen ülkeler için yeşil büyümeyi artırıcı ortak politikalarının oluşturulabileceğini göstermektedir. Delta_Tilde ve Delta_Tilde_{adj} sonuçlarına göre modelin homojen olduğunu ifade eden sıfır hipotezinin %1 anlamlılık düzeyinde reddedildiğini göstermektedir. Yani model heterojen bir yapıya sahiptir.

Tablo 3: Yatay Kesit Bağımlılık ve Homojenite Test Bulguları

CD Tests	CO ₂	HDI	REN	NREN	GDP	Model
CD_{LM1}	21.502	19.990	26.720	53.396	53.396	85.084
(BP, 1980)	(0.000)***	(0.000)***	(0.001)***	(0.003)***	(0.003)***	(0.000)***
LM_{adj}	12.437	14.112	13.209	13.844	13.347	53.501
(PUY, 2008)	(0.000)***	(0.000)***	(0.000)***	(0.000)***	(0.000)***	(0.000)***
Homojenite Test	İstatistik			Olasılık		
Delta_Tilde	8.779			0.000*		
Delta_Tilde_{adj}	9.740			0.000*		

Not: ***, %1 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Tablo 4’de CIPS birim kök testinin bulguları sunulmaktadır. Karbon emisyonu (CO₂), insani gelişme endeksi (HDI), yenilenebilir enerji tüketimi (REN), yenilenemez enerji tüketimi (NREN) ve ekonomik büyüme (GDP) serilerinin düzeyde birim kök sorunu içerdiği görülmektedir. Ayrıca, değişkenlerin birinci farkları dikkate alındığında bu sorunun ortadan kalktığı serilerin durağan oldukları anlaşılmaktadır. Sonuç olarak, tüm değişkenler birinci farklarında durağandır. Değişkenlerde birim kök sorunu olmasına rağmen, uzun dönemde bu değişkenlerin birleştirilmesiyle istatistiksel olarak anlamlı bir eşbütünleşme ilişkisi elde edilebilmektedir.

Tablo 4: CIPS Birim Kök Test Bulguları

Düzyer Deęer	CO ₂	HDI	REN	NREN	GDP
CIPS	-1.845	-1.354	-0.919	-1.833	-1.525
ΔBirinci Fark	ΔCO ₂	ΔHDI	ΔREN	ΔNREN	ΔGDP
ΔCIPS	-3.287***	-3.500***	-4.164***	-2.987***	-4.621***
Sonuç	I(1)	I(1)	I(1)	I(1)	I(1)
Kritik Deęerler	-2.55 [%1]		-2.33 [%5]		-2.21 [%10]

Not: ***, **, ve * sırasıyla 1, 5, ve 10% anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Tablo 5’te Lagrange Çarpanı (LM) bootstrap panel eşbütünleşme testi bulguları rapor edilmiştir. Lagrange Çarpanı (LM) testi, yatay kesit bağımlılığı olduğunda bootstrap olasılık değerlerine, yatay kesit bağımlılığı olmadığına ise asimptotik olasılık değerlerine göre değerlendirilir. Uzun dönem modelinde yatay kesit bağımlılığı tespit edildiği için, bootstrap olasılık değerlerine dayanarak %1 anlamlılık düzeyinde hem sabit hem de sabit trend modelinde H₀ hipotezi kabul edilmiştir. Bu da değişkenler arasında uzun dönemde eşbütünleşme ilişkisinin var olduğunu göstermektedir.

Tablo 5: LM Bootstrap Panel Eşbütünleşme Testi Bulguları

LM Bootstrap (H ₀ : Eşbütünleşme var)	İstatistik	Asimptotik Olasılık	Bootstrap Olasılık
Sabit	0.877	0.190***	0.999***
Sabit & Trend	3.141	0.001	0.995***

Not: ***, %1 anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Eşbütünleşme ilişkisinin varlığı tespit edildiği için, bu bölümde uzun dönem parametre tahminlerinin bulguları ele alınmaktadır. Yatay kesit bağımlılığını dikkate alan ve panel verileri için genel sonuçlar sunabilen Eberhardt ve Bond (2009) tarafından geliştirilen AMG (Genişletilmiş Ortalama Grup) tahmin yöntemi kullanılmaktadır. Tablo 6’da AMG testi bulguları sunulmaktadır. AMG katsayı tahmincisinin panel sonuçlarına göre, tüm değişkenlerin olasılık değerleri istatistiki olarak anlamlı çıkmıştır. HDI ve REN değişkeninde %5 anlamlılık düzeyinde meydana gelen %1’lik artış sırasıyla CO₂’yi %-0.953 ve %-0.179 oranında azaltmaktadır. Yani, insani gelişme ve yenilenebilir enerji tüketimi yeşil enerji kullanımına katkı sağlamaktadır. NREN ve GDP değişkeninde meydana gelen %1’lik artış sırasıyla CO₂’yi %0.765 ve %0.513 oranında artırmaktadır. Yani, yenilenemeyen enerji tüketimi ve ekonomik büyüme yeşil enerji kullanımını azaltmaktadır.

Tablo 6: AMG Tahminci Bulguları

Model: CO ₂ =f(HDI, REN, NREN, GDP)								
Değişkenler	HDI		REN		NREN		GDP	
Ülkeler	Katsayı	Olasılık	Katsayı	Olasılık	Katsayı	Olasılık	Katsayı	Olasılık
Meksika	-2.447	0.000***	-0.276	0.002***	0.548	0.001***	0.549	0.001***
Endonezya	-2.039	0.007***	-0.176	0.004***	0.930	0.000***	0.401	0.000***
Güney Kore	-6.552	0.001***	0.010	0.621	0.887	0.000***	0.982	0.001***
Türkiye	-0.774	0.000***	-0.273	0.000***	0.697	0.000***	0.213	0.000***
Panel	-2.953	0.018**	-0.179	0.008***	0.765	0.000***	0.513	0.004***

Not: ***, **, ve * sırasıyla 1, 5, ve 10% anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Ülke bazlı sonuçlar yorumlandığında; Meksika için AMG tahmincisinin bulguları tüm değişkenler için olasılık değerleri istatistiki olarak anlamlı çıkmıştır. HDI ve REN değişkeninde %1 anlamlılık düzeyinde meydana gelen %1’lik artış sırasıyla CO₂’yi %-2.447 ve %-2.039 oranında azaltmaktadır.

NREN ve GDP değişkeninde meydana gelen %1'lik artış sırasıyla CO₂'yi %0.548 ve %0.549 oranında artırmaktadır. Sonuç olarak, diğer ülkelerden farklı olarak görece daha yatay bir seyir izleyen Meksika'da insani gelişme ve yenilenebilir enerji tüketimi yeşil enerji kullanımını artırırken, yenilenemeyen enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ise yeşil enerji kullanımını azaltmaktadır.

Endonezya için AMG tahmincisinin bulguları tüm değişkenler için olasılık değerleri istatistiki olarak anlamlı çıkmıştır. HDI ve REN değişkeninde %1 anlamlılık düzeyinde meydana gelen %1'lik artış sırasıyla CO₂'yi %-2.039 ve %-0.176 oranında azaltmaktadır. NREN ve GDP değişkeninde meydana gelen %1'lik artış sırasıyla CO₂'yi %0.930 ve %0.401 oranında artırmaktadır. Sonuç olarak, Endonezya'da insani gelişme ve yenilenebilir enerji tüketimi yeşil enerji kullanımını artırırken, yenilenemeyen enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ise yeşil enerji kullanımını azaltmaktadır.

Görece analiz sonucunda kısmen aykırılık gösteren Güney Kore için de AMG tahmincisinin bulguları REN dışındaki tüm değişkenler için olasılık değerleri istatistiki olarak anlamlı çıkmıştır. HDI değişkeninde %1 anlamlılık düzeyinde meydana gelen %1'lik artış CO₂'yi %-6.552 oranında azaltmaktadır. NREN ve GDP değişkeninde meydana gelen %1'lik artış sırasıyla CO₂'yi %0.887ve %0.982 oranında artırmaktadır. REN istatistiki olarak pozitif ve anlamlı çıkmamıştır. Literatürde Güney Kore'de yenilenebilir enerji tüketiminin emisyonları yeterince azaltmamasının başlıca nedenleri şöyle sıralanmıştır. Düşük yenilenebilir enerji payı, fosil yakıt bağımlılığı, elektrik piyasasının tasarımı, altyapı ve teknolojik engeller ve sanayi sektörünün emisyonlarının yüksek olmasıdır (IEA, 2023; Trade, 2023). Güney Kore'nin yenilenebilir enerji tüketimi verilerinin gösterildiği "Grafik 3" incelendiğinde değerlerin beklenenden çok aşağıda olduğu ve negatif bir seyir izlediği görülmektedir. Sonuç olarak, Güney Kore'de insani gelişme yeşil enerji kullanımını artırırken, yenilenemeyen enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ise yeşil enerji kullanımını azaltmaktadır. Ayrıca, yenilenebilir enerji tüketiminin herhangi bir anlamlı etkisi bulunmamaktadır.

Tablo 7: Dumitrescu ve Hurlin Nedensellik Testi Bulguları

H ₀ hipotezi	W-Stat.	Zbar-Stat.	Olasılık	Nedensellik ilişkisi
CO ₂ → HDI	2.162	-0.010	0.992	Yok
CO ₂ → REN	6.364	3.533	0.000***	Var
CO ₂ → NREN	2.482	0.260	0.795	Yok
CO ₂ → GDP	0.916	-0.198	0.921	Yok
HDI → CO ₂	7.321	4.340	0.000***	Var
HDI → REN	8.223	8.848	0.000***	Var
HDI → NREN	2.539	1.811	0.070	Var
HDI → GDP	6.168	3.368	0.000***	Var
REN → CO ₂	1.831	-0.289	0.773	Yok
REN → HDI	2.514	1.779	0.075*	Var
REN → NREN	0.658	0.677	0.604	Yok
REN → GDP	0.169	-1.124	0.261	Yok
NREN → CO ₂	3.347	0.990	0.322	Yok
NREN → HDI	0.481	-0.737	0.461	Yok
NREN → REN	8.601	9.316	0.000***	Var
NREN → GDP	2.993	0.690	0.489	Yok
GDP → CO ₂	2.673	1.976	0.048**	Var
GDP → HDI	2.131	-0.035	0.971	Yok
GDP → REN	9.015	9.828	0.000***	Var
GDP → NREN	1.427	-0.629	0.529	Yok

Not: ***, **, ve * sırasıyla 1, 5 ve 10% anlamlılık düzeyini ifade etmektedir.

Türkiye için analiz sonuçları değerlendirildiğinde, AMG tahmincisinin bulguları tüm değişkenler için olasılık değerleri istatistiki olarak anlamlı çıkmıştır. HDI ve REN değişkeninde %1 anlamlılık düzeyinde meydana gelen %1'lik artış sırasıyla CO₂'yi %-0.774 ve %-0.273 oranında azaltmaktadır. NREN ve GDP değişkeninde meydana gelen %1'lik artış sırasıyla CO₂'yi %0.697 ve %0.213 oranında artırmaktadır. Sonuç olarak diğer ülkeler ile paralel olarak, Türkiye'de insani gelişme ve

yenilenebilir enerji tüketimi yeşil enerji kullanımını artırırken, yenilenemeyen enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ise yeşil enerji kullanımını azaltmaktadır.

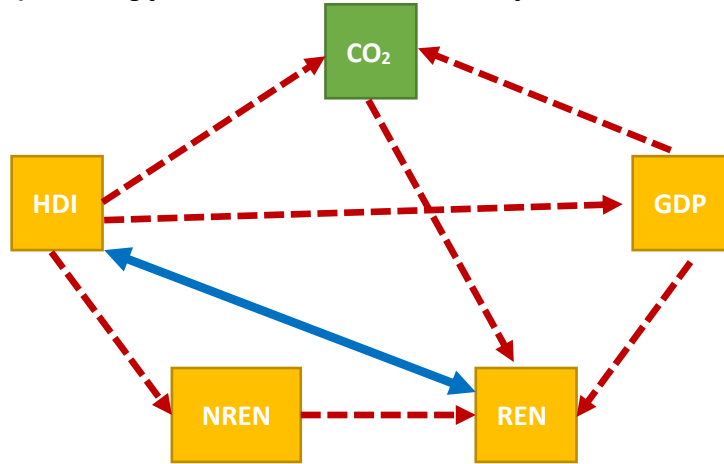
Seriler arasında uzun dönem ilişki tespit edilmesi halinde en az iki değişken arasında en az bir yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmesi, çalışmayı ampirik olarak anlamlı kılacaktır. Bu nedenle Tablo 7’de Dumitrescu ve Hurlin (2012) nedensellik testi bulguları rapor edilmiştir. Test sonuçlarına göre;

i) İnsani gelişme ile yenilenebilir enerji tüketimi arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğuna karar verilmiştir.

ii) CO₂ emisyonundan yenilenebilir enerji tüketimine doğru tek yönlü; insani gelişmeden CO₂ emisyonuna, yenilenemeyen enerji tüketimine ve ekonomik büyümeye doğru tek yönlü; yenilenemeyen enerji tüketiminden yenilenebilir enerji tüketimine doğru tek yönlü; ekonomik büyümeden CO₂ emisyonuna ve yenilenebilir enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

Elde edilen nedensellik ilişkilerine bütüncül bir bakış açısıyla bakmak amacıyla değişkenler arasında tespit edilen nedensellik ilişkileri ve yönleri şekil 2’de modellenmiştir. Elde edilen bulgular, ampirik analizin geçerliliğine dair kanıtları güçlendirmektedir. HDI ve GDP doğrudan CO₂’nin nedeni iken, REN değişkeni HDI üzerinden CO₂’nin nedeni, NREN değişkeni ise sırasıyla REN ve HDI üzerinden CO₂’nin nedeni olmaktadır.

Şekil 2: Değişkenler Arasındaki Nedensellik İlişkileri ve Yönü



6. Sonuç

Çalışmada sürdürülebilir kalkınma göstergesi olarak insani gelişme endeksi ve yeşil enerjiyi temsilen yenilenebilir enerji kullanımının üretim başına CO₂ emisyonunu yani yeşil üretimi nasıl etkilediği ekonometrik panel veri analizi ile araştırılmıştır. Örneklem olarak, büyüme ve kalkınma potansiyeli açısından geleceğin lider ülke gruplarından birisi olarak gösterilen MIST (Meksika, Endonezya, Güney Kore ve Türkiye) ülkeleri seçilmiştir.

Ekonometrik panel veri analizinde ilk olarak, seriler arasındaki yatay kesit bağımlılığının var olup olmadığı CD_{lm} ve LM_{adj} yatay testleri ile araştırılmıştır. Ardından panel verilerinde eğim heterojenliğinin var olup olmadığının tespiti için Delta testleri ile eğim katsayı heterojenliği testi uygulanmıştır. Devamında CIPS birim kök testinin kullanıldığı analizde tüm serilerin birim kök içerdikleri fakat birinci farkta durağan oldukları belirlenmiştir. Lagrange Çarpmanı (LM) Bootstrap panel eşbütünleşme yöntemi ile uzun dönemde bu değişkenler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir eşbütünleşme ilişkisinin var olduğu tespit edilmiştir. Modelin katsayılarının belirlenmesi için uzun dönem parametre tahminleri Eberhardt ve Bond (2009) tarafından önerilen ve yatay kesit bağımlılığını dikkate alan Artırılmış Ortalama Grup (AMG) tahmincisi yöntemi ile incelenmiştir. Son

olarak çalışmada, değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisinin varlığı ve yönünün tespiti için Dumitrescu ve Hurlin (2012) tarafından geliştirilen panel nedensellik testi kullanılmıştır.

AMG katsayı tahmincisinin panel sonuçlarına göre, tüm değişkenlerin olasılık değerleri istatistiki olarak anlamlı çıkmıştır. HDI ve REN değişkeninde %5 anlamlılık düzeyinde meydana gelen %1'lik artış sırasıyla CO₂'yi %-0.953 ve %-0.179 oranında azaltmaktadır. Yani, insani gelişme ve yenilenebilir enerji tüketimi yeşil enerji kullanımına katkı sağlamaktadır. Kalkınmanın yeşil üretim üzerindeki etkisinin yenilenebilir enerjinin etkisinden çok daha fazla olduğu görülmektedir. Zira ekonomik, sosyal ve çevresel unsurları içine alan insani gelişme endeksi ile birlikte çevresel duyarlılık artmakta ve çevre bilinci yükselmekte, doğrudan ve dolaylı olarak yeşil üretimi bu durumdan etkilenmektedir.

Ampirik bulgular ülke bazında ele alındığında sadece Güney Kore için yenilenebilir enerjinin katsayı değeri istatistiksel olarak anlamsız çıkmaktadır. Bu anlamsızlığın ardında Güney Kore'de yenilenebilir enerji tüketiminin görece çok düşük olduğu düşünülmektedir. Türkiye, Meksika ve Endonezya için elde edilen bulgular, panelin bütünüyle örtüşmektedir. Hepsi için sürdürülebilir kalkınma (insani gelişme endeksi) ve yenilenebilir enerjinin yeşil üretimi artırdığı, yenilenemeyen enerji ve ekonomik büyümenin yeşil üretimi azalttığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca çalışmada elde edilen nedensellik ilişkisi ampirik analizin güvenilirliğini desteklemekte, bağımsız değişkenlerin her birinden bağımlı değişkene doğru doğrudan ya da diğer değişken vasıtasıyla dolaylı olarak nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

Bu çalışma ile literatürde yer alan herhangi bir çalışmanın model, yöntem ve veri seti yönüyle birebir aynı olmamakla birlikte örtüşen yönleri açısından birçoğuyla uyumlu sonuçlar içermektedir. Çalışmanın bulguları, Steinberger ve Roberts (2009), Pîrlogea (2012), Bedir ve Yılmaz (2016), Paramati vd. (2018), Riti vd. (2018), Soukiazis vd. (2019), Baloch vd. (2019), Dinçer ve Karakuş (2020), Bieth (2021) ve Oluç (2023) çalışmalarının bulguları ile büyük oranda Steinberger vd. (2012) ve Akbar vd. (2021) bulgularıyla kısmen örtüşmektedir. Kurulan modelin ve elde edilen sonuçların anlamlı olduğu ve literatüre önemli katkılar sağlayacağı öngörülmektedir.

Sürdürülebilir büyüme ve kalkınma için, bilinçli ve sistematik çabaların gösterilmesi zorunludur. Zira son otuz yılda gözle görülebilir düzeyde belirgin olarak ortaya çıkan çevresel bozulma, küresel ısınma ve iklim değişikliği sorunları marjinal kararlar almak konusunda çok hızlı davranmayı gerektirmektedir. Özellikle yeşil üretimin sağlanması için yenilenebilir enerji tüketiminin yenilenemeyen enerji tüketimleri ile çok hızlı ikamesine yönelik teşviklerin küresel bir sinerji yaratarak artırılması gerekmektedir. Ayrıca ekonomik, sosyal ve çevresel boyutuyla sürdürülebilir kalkınma programlarının yeşil stratejiler ile sürekli desteklenmesi, bunun için en önemli kısıt olarak karşımıza çıkacak olan finansal destekler konusuna yoğunlaşarak, tüm kurumların eşgüdümü çalışmasının sağlanması gerekmektedir. Gelecekteki araştırmacıların yeşil yatırımlar için gerekli yeşil finans ya da iklim finansı yöntemlerine odaklanarak, para ve sermaye piyasasının yeşil stratejiler konusundaki derinliğinin artırılmasına ilişkin yöntemler üzerine araştırma yapmaları tavsiye edilmektedir.

Kaynakça

- Ağaoğlu, N. (2023), Sürdürülebilir Kalkınma Bağlamında Büyümeme ve Yeşil Büyüme, ARHUSS, (2023), 6(2), 83-105.
- Ahmed, M. M. ve Shimada, K. (2019). The Effect of Renewable Energy Consumption on Sustainable Economic Development: Evidence from Emerging and Developing Economies. *Energies*, 12(15), 2954.
- Akbar, M., Hussain, A., Akbar, A. ve Ullah, I. (2021). The Dynamic Association Between Healthcare Spending, CO₂ Emissions, and Human Development Index in OECD Countries: Evidence from Panel VAR Model. *Environment, Development and Sustainability*, 23(7), 10470-10489.

- Baloch, M. A., Mahmood, N. ve Zhang, J. W. (2019). Effect of Natural Resources, Renewable Energy and Economic Development on CO₂ Emissions in BRICS Countries. *Science of the Total Environment*, 678, 632-638.
- Baltagi, B. H. ve Li, Q. (2002). Testing for Slope Homogeneity in a Panel Data Model. *Journal of Econometrics*, 109(1), 1-27.
- Bedir, S. ve Yilmaz, V. M. (2016). CO₂ emissions and Human Development in OECD Countries: Granger Causality Analysis With A Panel Data Approach. *Eurasian Economic Review*, 6(1), 97-110.
- Bieth, R. C. E. (2021). The Influence of Gross Domestic Product and Human Development Index on CO₂ emissions. *Journal of Physics: Conference Series*, 1808(1), 012034.
- Breusch, T. S. ve Pagan, A. R. (1980). The Lagrange Multiplier Test and its Applications to Model Specification in Econometrics. *The Review of Economic Studies*, 47(1), 239-253.
- Bucak, Ç. (2021). AB15 Ülkelerinde ve Türkiye’de Ekonomik Karmaşıklık Endeksi, İnsani Gelişme Endeksi Ve Karbon Emisyonu: Panel Veri Analizi. *Ege Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 12(1), 71-88. <https://doi.org/10.18354/esam.763411>
- Çelebi Boz, F, Gültekin, Ö. ve Bayramoğlu, T. (2019). BRICS ve MIST Ülkelerinde Ar-Ge Harcamaları İle Yüksek Teknolojili Ürün İhracatı Arasındaki İlişki Üzerine Bir Araştırma. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 8(2), 1111-1124.
- De Hoyos, R. E. ve Sarafidis, V. (2006). Testing for Cross-Sectional Dependence in Panel Data Models. *The Stata Journal*, 6(4), 482-496.
- Diñçer, H. ve Karakuş, H. (2020). Yenilenebilir Enerjinin Sürdürülebilir Ekonomik Kalkınma Üzerindeki Etkisi: BRICS Ve MINT Ülkeleri Üzerine Karşılaştırmalı Bir Analiz. *ESAM Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 1(1), 100-123.
- Dumitrescu, E. I. ve Hurlin, C. (2012). Testing for Granger Non-Causality in Heterogeneous Panels. *Economic Modelling*, 29(4), 1450-1460.
- Eberhardt, M. ve Bond, S. (2009). Cross-Section Dependence in Nonstationary Panel Models: A Novel Estimator. MPRA Paper No. 17692.
- Hong, Z., Wang, H. ve Yu, Y. (2018). Green Product Pricing with Non-Green Product Reference. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 115, 1–15.
- International Energy Agency. (2023). Reforming Korea's electricity market for net zero. Erişim Adresi <https://www.iea.org/reports/reforming-koreas-electricity-market-for-net-zero/executive-summary>
- International Energy Agency. (2024). Primary Energy Consumption Per Capita (kWh). Erişim Adresi <https://www.iea.org>
- Kassouri, Y. ve Altıntaş, H. (2020). Human Well-Being Versus Ecological Footprint in MENA Countries: A Trade-off? *Journal of Environmental Management*, 263, 110405.
- Koçak, E. ve Uçan, O. (2018). İnsani Gelişme Endeksi ile Büyüme İlişkisi: Pedroni Eşbütünleşme Örneği. *Journal of Politics Economy and Management*, 1(2), 55-61.
- Liu, S. S., Hua, G., Ma, B. J. ve Cheng, T. C. E. (2023). Competition between Green and Non-Green Products in the Blockchain Era. *International Journal of Production Economics*, 264, 108970.
- Mawhinney, M. (2002). *Sustainable Development, Understanding the Green Debates*. Oxford: Blackwell Science Publishing.

- Munasinghe, M. (2001). *Implementing Sustainable Development: A Practical Framework*, in Cleveland, C. J., Stern, D. I., Costanza, R. (eds), *The Economics of Nature and The Nature of Economics*. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing.
- Munasinghe, M. (2009). *Sustainable development in practice*. New York: Cambridge University Press. Book Reviews: *Sustainable Development in Practice: Sustainomics Methodology and Applications*, Mohan Munasinghe, Cambridge University Press, 633 pp. *Ecological Economics*, 70(2011), 844-847.
- Oluç, İ. (2023). İnsani Kalkınma İle Karbonsuz Ekolojik Ayak İzi İlişkisi: Sürdürülebilir Kalkınmaya Farklı Bir Bakış Açısı. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 41(2), 271-293.
- Paramati, S. R., Apergis, N. ve Ummalla, M. (2018). Dynamics of Renewable Energy Consumption and Economic Activities Across the Agriculture, Industry, and Service Sectors: Evidence in the Perspective of Sustainable Development. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 1375-1387.
- Paramati, S. R., Shi, Y., & Zhao, Y. (2019). Environmental Challenges and Sustainable Economic Development in the People's Republic of China: The Role of Renewable Energy Across Provinces (No. 1050). ADBI Working Paper Series.
- Pata, U. K., Aydin, M. ve Haouas, I. (2021). Are Natural Resources Abundance and Human Development a Solution for Environmental Pressure? Evidence from Top Ten Countries With The Largest Ecological Footprint. *Resources Policy*, 70, 101923.
- Pesaran, M. H. (2004). General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels. *Cambridge Working Papers in Economics* (No. 0435). Faculty of Economics, University of Cambridge.
- Pesaran, M. H. (2006). Estimation and Inference in Large Heterogeneous Panels with a Multifactor Error Structure. *Econometrica*, 74(4), 967-1012.
- Pesaran, M. H. (2007). A Simple Panel Unit Root Test in the Presence of Cross-Section Dependence. *Journal of Applied Econometrics*, 22(2), 265-312.
- Pesaran, M. H. ve Yamagata, T. (2008). Testing Slope Homogeneity in Large Panels. *Journal of Econometrics*, 142(1), 50-93.
- Pesaran, M. H., Ullah, A. ve Yamagata, T. (2008). A Bias-Adjusted LM Test of Error Cross Section Independence. *The Econometrics Journal*, 11(1), 105-127.
- Pirlogea, C. (2012). The Human Development Relies On Energy. Panel Data Evidence. *Procedia economics and Finance*, 3, 496-501.
- Riti, J. S., Song, D., Shu, Y., Kamah, M. ve Atabani, A. A. (2018). Does Renewable Energy Ensure Environmental Quality in Favour of Economic Growth? Empirical Evidence from China's Renewable Development. *Quality & Quantity*, 52, 2007-2030.
- Soukiazis, E., Proença, S. ve Cerqueira, P. A. (2019). The Interconnections between Renewable Energy, Economic Development and Environmental Pollution: A Simultaneous Equation System Approach. *The Energy Journal*, 40(4), 1-24.
- Steinberger, J. K. ve Roberts, J. T. (2009). Across A Moving Threshold: Energy, Carbon, and The Efficiency of Meeting Global Human Development Needs. Institute of Social Ecology, IFF-Faculty for Interdisciplinary Studies, Klagenfurt University.
- Steinberger, J. K., & Roberts, J. T. (2009). Across a Moving Threshold: Energy, Carbon and the Efficiency of Meeting Global Human Development Needs. Inst. of Social Ecology, IFF-Fac. for Interdisciplinary Studies, Klagenfurt Univ..

- Steinberger, J. K., Roberts, J. T., Peters, G. P. ve Baiocchi, G. (2012). Pathways of Human Development and Carbon Emissions Embodied in Trade. *Nature Climate Change*, 2(2), 81-85.
- Şahin, G. ve Gökdemir, L. (2016). İnsani Gelişme Endeksi Bileşenlerinin Türkiye Ölçeğinde Ardl Sınır Testi İle Sınanması. *Gazi İktisat ve İşletme Dergisi*, 2(1), 1-24.
- Trade (2023). South Korea energy carbon neutrality initiatives. Erişim Adresi <https://www.trade.gov/country-commercial-guides/south-korea-energy-carbon-neutrality-initiatives>
- UNDP HDR, (2024a) Human Development Index (HDI) <https://hdr.undp.org/data-center/human-development-index#/indicies/HDI> (Erişim Tarihi: 17.11.2024)
- UNDP HDR, (2024b). The 2023/2024 Human Development Report <https://www.undp.org/tr/turkiye/publications/human-development-report-2023>
- United Nations Development Programme (UNDP). (2024). HDI: Index value (0-1 range). Erişim Adresi <https://hdr.undp.org>
- Vasylieva, T., Lyulyov, O., Bilan, Y. ve Streimikiene, D. (2019). Sustainable Economic Development and Greenhouse Gas Emissions: The Dynamic Impact of Renewable Energy Consumption, GDP, and Corruption. *Energies*, 12(17), 3289.
- Wang, Z., Rasool, Y., Asghar, M. M. ve Wang, B. (2019). Dynamic Linkages Among CO₂ Emissions, Human Development, Financial Development, and Globalization: Empirical Evidence Based on PMG Long-Run Panel Estimation. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(36), 36248-36263.
- Westerlund, J. ve Edgerton, D. L. (2007). A Panel Bootstrap Cointegration Test. *Economics Letters*, 97(3), 185-190.
- World Bank. (2024a). Annual Production-Based Emissions of Carbon Dioxide (CO₂), Measured in Tonnes Per Person. Erişim Adresi <https://data.worldbank.org>
- World Bank. (2024b). Gross Domestic Product Per Capita (constant 2015 US\$). Erişim Adresi <https://data.worldbank.org>
- World Bank. (2024c). Renewable Energy Consumption (% of total final energy consumption). Erişim Adresi <https://data.worldbank.org>
- Yıldırım, D. Ç., Yıldırım, S., Bostancı, S. H. ve Turan, T. (2022). The Nexus Between Human Development and Fishing Footprint Among Mediterranean Countries. *Marine Pollution Bulletin*, 176, 113426.

IMPACT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND GREEN ENERGY ON GREEN PRODUCTION IN MIST COUNTRIES

Extended Abstract

Aim: This study examines the impact of sustainable development and the use of renewable energy on green production in the MIST countries (Mexico, Indonesia, South Korea and Türkiye), which were identified in 2011 by the US investment bank Probitas Partners and Goldman Sachs as one of the leading groups of countries of the future in terms of growth and development potential. In the 21st century, when the concept of sustainability has become much more important, the aim is to determine the impact of sustainable development on sustainable green production from the perspective of energy use.

Method(s): Human Development Index (HDI), renewable (REN) and non-renewable (NREN) energy consumption, GDP and CO₂ emissions per unit of output of MIST countries between 1990 and 2021 are used. The econometric panel data analysis first examines the existence of cross-sectional dependence (CD) between the series whose descriptive statistics are analysed, using CD_{lm} and LM_{adj} CD tests. Then, the delta test for slope coefficient heterogeneity is applied to determine whether there is slope heterogeneity in the panel data. The CIPS unit root test is then applied and it is found that all series contain unit roots but are stationary at first difference. Using the Lagrangian multiplier (LM) bootstrap panel cointegration method, it is found that there is a statistically significant cointegration relationship between these variables in the long run. To determine the coefficients of the model, the long-run parameter estimates are analysed using the Augmented Mean Group (AMG) estimation method proposed by Eberhardt and Bond (2009), which takes into account horizontal cross-sectional dependence. Finally, the panel causality test developed by Dumitrescu and Hurlin (2012) is used to determine the existence and direction of causality between the variables.

Findings: According to the panel results of the AMG coefficient estimator, the probability values of all variables (except the REN data for South Korea) are statistically significant. 1% increase in HDI and REN at the 5% significance level reduces CO₂ by -0.953% and -0.179% respectively. In other words, human development and renewable energy consumption contribute to green energy use. It can be seen that the impact of development on green production is much higher than that of renewable energy. This is because the HDI, which includes economic, social and environmental factors, increases environmental sensitivity and awareness, which have a direct and indirect impact on green production.

Conclusion: Looking at the empirical results by country, the coefficient value of REN is statistically insignificant only for South Korea. The reason for this insignificance is that the REN in South Korea is relatively very low. The results for Türkiye, Mexico and Indonesia are consistent with the panel as a whole. For all of them it is concluded that sustainable development (HDI) and renewable energy increase green production, while non-renewable energy and GDP decrease green production. Furthermore, the causality obtained in the study supports the reliability of the empirical analysis and a direct causality from each of the independent variables to the dependent variable or an indirect causality through the other variable has been established.

Although this study is not identical to any other study in the literature in terms of model, methodology and dataset, it provides results that are compatible with many of them in terms of overlapping aspects. A conscious and systematic effort is essential for sustainable growth and development. The problems of environmental degradation, global warming and climate change that have become visible over the last three decades require very rapid action on right choices. In particular, incentives for the rapid substitution of renewable energy consumption for non-renewable energy consumption to ensure green production must be increased by creating global synergies.
