

CO₂ Emisyonu ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: Hindistan, Çin, Brezilya ve Güney Afrika için Panel Veri Analizi

Nurgün TOPALLI

*Bozok Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü,
nurgun.topalli@bozok.edu.tr*

Öz

Bu çalışmada Hindistan, Çin, Brezilya ve Güney Afrika ülkelerinde CO₂ emisyonu ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki 1980-2010 dönemi için panel eşbütünleşme testi ve panel nedensellik analizi kullanılarak incelenmiştir. Çalışma sonuçları bu ülkelerde ekonomik büyümedeki %1'lik artışın CO₂ emisyonunu yaklaşık %0.55 oranında yükselttiğini göstermiştir. Ayrıca ülkelerin bireysel sonuçlarına göre bu ülkelerde ekonomik büyüme ile birlikte CO₂ emisyonunda ciddi artışların olduğu gözlemlenmiştir. Örneğin Brezilya'da, Çin'de, Hindistan'da ve Güney Afrika'da ekonomik büyümede %1'lik artış CO₂ emisyonunu sırasıyla yaklaşık %1, %0.5, %0.9, %0.6 oranında artırmaktadır. Panel Vecm nedensellik testi sonuçlarına göre hem kısa dönemde hem de uzun dönemde ekonomik büyümeden CO₂ emisyonuna doğru tek yönlü nedensellik olduğu tespit edilmiştir. Bu ülkelerin çevre politikalarında daha temiz enerji kaynaklarına yer vermeleri gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: CO₂ Emisyonu, Ekonomik Büyüme, Panel Eşbütünleşme Testi, DinamikSur, Panel VECM Nedensellik.

JEL Sınıflandırma Kodları: C12, O44, Q54.

The Relationship between CO₂ Emission and Economic Growth: Panel Data Analysis for India, China, Brazil and South Africa*

Abstract

In this study, the relationship between CO₂ emission and economic growth is investigated in India, China, Brazil and South Africa countries for the period 1980-2010, using panel cointegration test and panel causality analysis. The results indicate that in these countries the increase of GDP by 1% raises CO₂ emission almost by 0.55%. Furthermore, according to countries individual results it is observed that CO₂ emission is increasing with economic growth in these countries. For instance, in Brazil, in China, in India and in South Africa, increasing in economic growth by 1% raises CO₂ emission respectively by 1%, 0.5%, 0.9%, 0.6%. With regard to panel causality test in both short run and long run there is unidirectional causality running from economic growth to CO₂ emission. These countries should give place to more clean energy resources in their energy policy.

Keywords: CO₂ Emission, Economic Growth, Panel Cointegration Test, DynamicSur, Panel VECM Causality.

JEL Classification Codes: C12, O44, Q54.

* Extended abstract is presented at the end of the article.

1. Giriş

Dünya genelinde sanayileşme, kentleşme, nüfus artışı ve insanların yaşam tarzlarındaki değişimler her geçen gün enerji ihtiyacını daha fazla artırmaktadır. Bununla birlikte enerji talebindeki yükseliş küresel ısınma sorununu beraberinde getirmektedir. Ülkelerin ekonomik büyümelerini gerçekleştirmek amacıyla enerji taleplerinin fosil yakıtlardan sağlanması sera gazı emisyonunda özellikle CO₂ emisyonunda artışa neden olmaktadır. Bu nedenle hızlı bir ekonomik büyüme gösteren Çin ve Hindistan gibi ülkelerde ekonomik büyüme ve CO₂ emisyonu arasındaki ilişkinin belirlenmesi ve nedensellik yönünün tespit edilmesi uygulanacak ekonomi ve çevre politikalarında önem göstermektedir. Özellikle bu ülkelerin enerji gereksinimlerinin büyük bir bölümünün hâlâ fosil yakıtlardan karşılanması ve gelecekte mevcut durumun devam etmesi çevresel önlemlerin alınması ve uygulanacak politikalar açısından önemini korumaktadır.

Dünya genelinde enerjiyle ilişkili CO₂ emisyonunun büyük bir bölümü az sayıdaki ülkeden kaynaklanmaktadır. 2012 yılında, Çin, Amerika Birleşik Devletleri ve Hindistan olmak üzere üç ülke küresel fosil yakıt kaynaklı CO₂ emisyonunun yaklaşık yarısına, 10 ülke ise (Çin, Amerika Birleşik Devletleri, Rusya, Almanya, Kore, Kanada, İran ve Suudi Arabistan) yaklaşık üçte ikisine neden olmuştur. 2006 yılında, Çin CO₂ emisyonunda ABD'yi geçerek en büyük CO₂ emisyon yayıcısı ve 2009 yılında da Hindistan dünya genelinde dördüncü emisyon yayıcısı konumuna gelmiştir. 1990-2014 döneminde ekonomik büyüme ile birlikte CO₂ emisyonu Çin'de yaklaşık üç kat, Hindistan'da yaklaşık iki buçuk kat yükselmiştir (IEA, 2015, 26-27). Çin'in enerji ilişkili CO₂ emisyonunun büyük bir bölümü kömür kullanımından kaynaklanmaktadır. IEA(2015)'e göre 2030 yılında Çin dünyanın en büyük kömür üreticisi ve tüketicisi olmaya devam edecektir. Çin'e benzer şekilde Hindistan'ın ekonomik büyümesinde fosil yakıtlar, özellikle kömür, önemli bir yer tutmaktadır. 2013 yılı verilerine göre Hindistan'da enerji talebinin yaklaşık %44'ü kömürden sağlanmaktadır Bu ise Hindistan'ı enerjiyle ilişkili CO₂ emisyonunda dünyanın dördüncü ülkesi yapmaktadır (IEA, 2015, 51-54). IEA(2015)'e göre 2022 yılında Hindistan enerji talebinin yaklaşık %40'ını kömürden elde edecektir. Ayrıca Hindistan'ın enerjiyle ilişkili CO₂ emisyonu 2022 yılında 2013 yılına göre yaklaşık %30 daha yüksek olacaktır. IEA (2015)'e göre Çin ve Hindistan gelecekte CO₂ emisyon hacmi bakımından dünya genelinde önemli bir paya sahip olmaya devam edecektir.

Çalışmada Hindistan, Çin, Brezilya ve Güney Afrika ülkelerinin 1980-2010 dönemi kişi başına CO₂ emisyonu ve kişi başına gayri safi yurtiçi hâsıla (GSYİH) verileri arasındaki uzun dönemli ilişki incelenmiştir. Bu ülkelerin tercih edilme nedeni son yıllarda hızlı bir ekonomik büyüme göstermeleridir. Gelecekte de özellikle Çin ve Hindistan'ın ekonomik büyümelerine devam edeceği ve ekonomik büyümeleri ile birlikte enerji tüketimlerinin de artacağı yönündeki

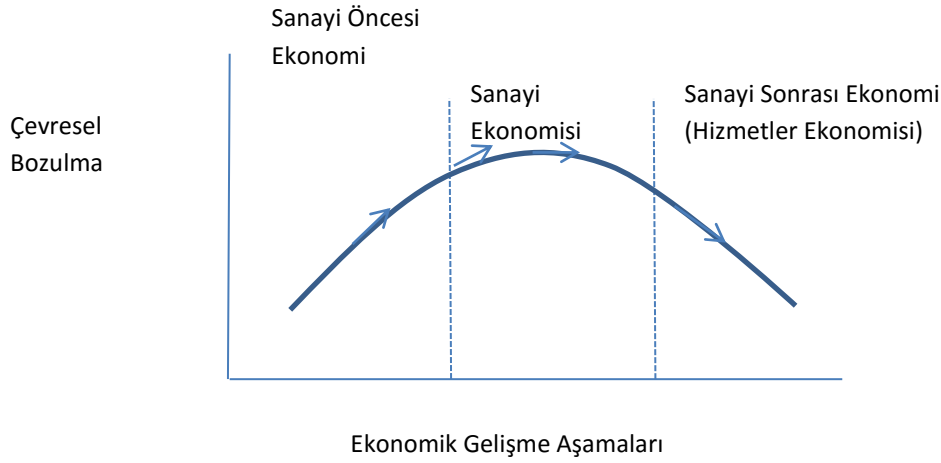
tahminlerdir (IEA, 2015). Analiz başlangıç yılı 1980 olarak tercih edilmiştir. Çünkü dünya genelinde küreselleşme eğilimlerinin arttığı ve ülkelerin gerek mal ve hizmet gerekse finansal olarak serbestleşmelerin yaşandığı bir dönem olarak karşımıza çıkmaktadır. Küreselleşme ile birlikte ülkelerin mal ve hizmet üretim ve tüketimleri artmış bu ise daha çok doğal kaynak ve enerji tüketimine neden olmuştur. Analiz bitiş yılı ilgili ülkelerin verilerinin elde edilebildiği son yıl olan 2010 yılı olarak belirlenmiştir. Çalışmada değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin olup olmadığı Westerlund ve Edgerton (2007) eşbütünleşme testi ile sınanmış ve değişkenlerin katsayıları dinamik sur (DSUR) yöntemi ile elde edilmiştir. Değişkenler arasındaki ilişkinin nedensellik yönü ise panel VECM modeli kullanılarak test edilmiştir. Çalışma altı bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde CO₂ emisyonu ve büyüme arasındaki teorik altyapı, üçüncü bölümde ise konu ile ilgili literatür özetlenmiştir. Dördüncü bölümde veri ve yöntem üzerinde durulmuştur. Beşinci bölümde elde edilen bulgulara yer verilmiştir. Sonuç bölümünde ise elde edilen bulgular dahilinde genel bir değerlendirme yapılmıştır.

2. Teorik Çerçeve

Literatürde ekonomik büyüme ve CO₂ emisyonu arasındaki ilişki genel olarak Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) çerçevesinde incelenmektedir. Kuznets (1955) çalışmasında kişi başına gelir ve gelir adaletsizliği arasında ters U şeklinde bir ilişkinin olduğu tahmin edilmiştir. İlk olarak, kişi başına gelir yükseldiğinde gelir adaletsizliği de yükselmektedir. Ancak kişi başına gelir belirli bir dönüm noktasına ulaştıktan sonra gelir adaletsizliği düşmeye başlamaktadır. Diğer bir ifadeyle gelir büyümesinin ilk aşamalarında gelir dağılımındaki bozulmalar daha adaletsizken, ekonomik büyüme devam ettikçe gelir adaletsizliği daha adil hale gelmektedir. 1990'lı yıllarda çevresel bozulma ve kişi başına gelir arasında, kişi başına gelir ve gelir adaletsizliği ilişkisine benzer şekilde ters U şeklinde bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle ekonomik büyüme ve çevre kalitesi arasındaki ters U ilişkisi Kuznets Eğrisi olarak adlandırılmaya başlanmıştır (Dinda, 2004, 432-433)

Ekonomik büyüme ve çevre kalitesi arasındaki ilişkinin pozitif ya da negatif olması ülkenin gelişme süreci boyunca değişmektedir. Ekonomik gelişmenin ilk aşamasında çevresel bozulmanın miktarı ve yoğunluğu geçimlik ekonomik faaliyetler ve çevreye zarar vermeyen atıklar ile sınırlıdır. Kişi başına gelirin düşük olduğu bu aşama sanayi öncesi ve tarımsal ekonomi niteliğindedir. Faaliyetler daha çok geçimlik tarımsal faaliyetlere dayandığı için ekonomik faaliyetler nedeniyle bozulmamış çevre koşulları mevcuttur. Ancak sanayileşme tarımsal hammadde ve doğal kaynak kullanımını artırmakta bu ise çevresel kaynakların bozulmasına ve atık yaratımının hızlanmasına neden olmaktadır. Çünkü gelişme ve sanayileşme süreci ile birlikte daha fazla doğal kaynak kullanılmakta, daha fazla kirletici emisyon salınmakta, çevre kirletici ve daha az etkin teknolojiler kullanılmaktadır. Diğer taraftan ekonomik büyüme sürdükçe ve

beklenen yaşam süresi uzadıkça, insanlar için temiz su, kaliteli hava ve temiz bir yaşam alanı daha değerli hale gelmektedir. Sanayi sonrası ekonomide temiz teknolojilere, bilgi ve hizmet tabanlı ekonomik faaliyetlere doğru bir yapısal değişim gerçekleşmektedir. Çevre kalitesini artırma isteği ve kaliteli çevreye olan talebin yükselmesi çevresel bozulmanın azalmasına neden olmaktadır. Böylece gelir ve çevresel bozulma arasındaki ilişki pozitiften negatife dönmektedir (Focacci, 2003, 335; Panayotou, 2003, 2-3; Yandle vd., 2004, 3-4). Şekil 1’de görüldüğü gibi sanayi öncesi ekonomi aşamasında ekonomik gelişme ile birlikte çevresel bozulma artmaktadır. Ekonomi belirli bir gelişme aşamasına ulaştıktan sonra, sanayi sonrası ekonomi, ekonomik gelişme ile birlikte çevresel bozulma da azalmaktadır.



Şekil 1: Çevresel Kuznets Eğrisi: Gelişme –Çevre İlişkisi

Çevresel Kuznets Eğrisi'nin şeklini etkileyen çok sayıda faktör vardır. Bu faktörlerden bazıları; ölçek etkisi, teknolojik etki ve yapısal etki, kaliteli çevre talebinin gelir esnekliği, uluslararası ticaret, teknolojinin yayılması, uluslararası kuruluşlar, küreselleşme, katı çevre düzenlemeleri, çevresel farkındalığın artması ve eğitim şeklinde özetlenebilir (Focacci, 2003, 335; Dinda, 2004, 435-437; Orubu ve Omotor, 2011, 4179). Bununla birlikte Çevresel Kuznets Eğrisinin ters U şeklinde olması açıklanırken en çok ölçek etkisi, yapısal etki (kompozisyon etkisi) ve teknoloji etkileri üzerinde durulmaktadır. Şekil 1’de eğrinin artan kısmı ölçek etkisini, eğrinin azalan kısmı ise yapısal ve teknolojik etkileri açıklamakta kullanılmaktadır (Dinda, 2004, 435-437; Başar ve Temurlenk, 2007, 2; Akbostancı vd., 2009, 862).

Grossman ve Kruger (1991) çalışmasında büyümenin çevre üzerine etkisi ölçek etkisi, teknoloji etkisi ve yapı (bileşim) etkisi kullanılarak açıklanmaktadır. Dış ticaret ve doğrudan yatırım politikaları bu üç etki aracılığıyla kirlilik düzeyini ve kıt olan çevresel kaynakların bozulma oranını etkilemektedir. İlk olarak ticaret ve

yatırım serbestliği ekonomik faaliyetlerin artmasına neden olursa toplam kirlilik miktarı yükselecektir. Diğer bir ifadeyle ekonomik yapının ve teknolojinin değişmediği bir durumda üretimdeki bir artış kirlilik ve çevresel bozulmanın yükselmesine neden olacaktır (Grossman ve Kruger, 1991, 3). Üretim ve tüketim artışları sonucu ölçek etkisinin çevre üzerinde olumsuz etkisi olacaktır. Ekonomik büyümenin artması daha fazla hammadde ve doğal kaynak kullanımına neden olmaktadır. Ayrıca üretim aracılığıyla çıktının artması çöp ve emisyon miktarını artırmaktadır. Üretim ölçeğinin genişlemesini gerektiren ekonomik büyüme hem girdi hem de çıktı nedeniyle çevre kalitesi üzerinde olumsuz etkide bulunmaktadır (Orubu ve Omotor, 2011, 4179). Yapısal etki durumu ise gelişme sürecine göre değişmektedir. İlk olarak ekonomik büyüme sanayileşmeye neden olmaktadır. Bu nedenle mal dengesinin tarım ürünlerinden sanayi ürünlerine doğru kayması çevresel zararı artırmaktadır. Daha sonraki aşamada hem talep hem de arz yapısının değişmesi sonucu sanayi malları üretiminin ileri teknoloji ve hizmetler üretime doğru kayması çevreye verilen zararın düzeyini azaltmaktadır (Everett vd., 2010, 20). Teknoloji etkisi teknoloji sürecindeki gelişmelerin girdi materyalleri tüketimini azaltma sonucu dolaylı olarak ortaya çıkmaktadır. Tüketimde meydana gelen azalma çevre kirliliğinin de azalmasına neden olmaktadır (Orubu ve Omotor, 2011, 4179). Teknolojik gelişmenin üretim açısından çevre üzerindeki etkisi değişebilmektedir. Bu etki iki türlü olabilmektedir. İlk olarak teknolojik gelişme enerji etkinliğini ve emisyon avantajını artırarak çevresel zararı azaltmaktadır. İkinci olarak teknolojik gelişme daha çok enerji kullanımına neden olarak daha büyük çevresel zarar vermektedir (Everett vd., 2010, 20)

3. Literatür

Çevre ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin incelendiği çalışmalarda çevre değişkeni olarak çevresel bozulma ya da çevre kirliliği değişkenleri kullanılmaktadır (Dinda, 2004, 441). Değişkenler arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmaların büyük bir bölümü ÇKE hipotezini test etmekte ve/veya değişkenler arasındaki nedensellik ilişki yönünün belirlenmesi yönünde analizler gerçekleştirmektedir. Bir grup çalışmada (Narayan ve Narayan, 2009; Fodha ve Zaghoud, 2010; Choi vd., 2010; Oruba ve Omotor, 2011) ÇKE hipotezini destekler sonuçlar elde edilirken diğer bir grup çalışmada (Focacci, 2005; Choi vd., 2010; Sarısoy ve Yıldız, 2013) ise hipotezin geçerli olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Örneğin Grossmann ve Kruger (1991) çalışmasında 42 ülkede hava kalitesi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışma sonucunda iki hava kirleticisi (sülfür dioksit ve duman) yoğunluğunun kişi başına gelirin düşük olduğu gelir düzeylerinde yükseldiği, ekonomik büyüme ile birlikte kirleticisi yoğunluğunun yüksek gelir düzeylerinde azaldığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca üçüncü kirleticisi olarak havada asılı bulunan partiküller dikkate alındığında ise kirlilik ve GSYİH arasında monotonik (tekdüze-monoton) azalan bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir.

Coondoo ve Dinda (2002) çalışmasında 88 ülkenin (Kuzey Amerika, Batı ve Doğu Avrupa, Orta ve Güney Amerika, Okyanusya, Asya ve Afrika, Japonya) 1960-1990 dönemi Granger Nedensellik testi ile incelenmiştir. Çalışma sonucunda Kuzey Afrika ve Batı Avrupa'da karbondioksitten (CO₂) gelire doğru tek yönlü nedensellik; Orta Afrika, Güney Amerika, Japonya'da gelirden CO₂'ye doğru tek yönlü nedensellik; Asya ve Avrupa ülkelerinde ise çift yönlü nedensellik olduğu tespit edilmiştir. 88 seçilmiş ülkenin vektör hata düzeltme modeli kullanılarak incelendiği Dinda ve Coondoo (2006) çalışmasında değişkenler arasında çift yönlü nedensellik olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Vektör hata düzeltme modeli kullanılarak Fransa'nın incelendiği diğer bir çalışma olan Ang (2007)'de gelirden CO₂'ye doğru tek yönlü nedensellik elde edilmiştir. Buna karşılık Granger nedensellik testi kullanılarak Amerika'nın 1960-2004 döneminin incelendiği Soytaş vd. (2007) çalışmasında ve Türkiye'nin 1960-2000 döneminin incelendiği Soytaş ve Sarı (2009) çalışmasında gelir ve CO₂ değişkenleri arasında uzun dönemli ilişki olmadığı bulgusu elde edilmiştir. Narayan ve Narayan (2009) çalışmasında panel eşbütünleşme yöntemi kullanılarak reel GSYİH ve CO₂ emisyon miktarı arasındaki ilişki 1980-2004 dönemi için incelenmiştir. Orta Doğu, Güney Afrika, Latin Amerika, Doğu Asya, Afrika ülkelerinin incelendiği çalışma sonucunda sadece Orta Doğu ve Güney Asya ülkelerinde gelir arttıkça CO₂ emisyon miktarının azaldığı sonucuna ulaşılmıştır. Lee ve Lee (2009) çalışmasında panel Sur ve FMOLS tahmin yöntemleri kullanılarak 109 ülkenin 1971-2003 dönemi incelenmiştir. Çalışma sonucunda kişi başına CO₂ emisyon ve kişi başına GSYİH değişkenlerinin eş bütünleşik olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca 54 ülkede GSYİH'deki %1'lik artışın CO₂ emisyonunu yaklaşık %0.6 ile %0.9 oranında yükselttiği bulgusu elde edilmiştir.

Chang (2010) çalışmasında Çin'in 1981-2006 dönemi vektör hata düzeltme modeli kullanılarak incelenmiş ve değişkenler arasında uzun dönemde çift yönlü nedensellik olduğu tespit edilmiştir. Fodha ve Zaghoud (2010) çalışmasında Tunus'un 1961-2004 dönemi, kişi başına CO₂, kişi başına SO₂ ve kişi başına GSYİH verileri zaman serisi eşbütünleşme testi kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda iki kirletici ve kişi başına GSYİH arasında uzun dönemli ilişki olduğu tespit edilmiştir. Lean ve Smyth (2010) çalışmasında 5 ASEAN ülkesinin 1980-2006 dönemi panel vektör hata düzeltme modeli ile incelenmiştir. Çalışma sonucunda hem kısa hem de uzun dönemde CO₂'den gelire doğru tek yönlü nedensellik bulgusu elde edilmiştir. Panel vektör hata düzeltme modeli ve Granger nedensellik testi kullanılarak Kanada'nın 1970-2007 döneminin analiz edildiği Hamit-Hagar (2012) çalışmasında ise hem kısa hem de uzun dönemde gelirden CO₂'ye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Shahbaz vd. (2013) çalışmasında Güney Afrika'nın 1965-2008 dönemine ait finansal gelişme, ekonomik büyüme, kömür tüketimi ve ticari açıklığın CO₂ emisyonu üzerindeki etkisi sınır testi ve hata düzeltme modeli kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda değişkenler arasında uzun dönemli ilişki olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca ekonomik büyümenin enerji emisyonunu artırırken, finansal gelişmenin

enerji emisyonunu düşürdüğü bulgusu elde edilmiştir. Ticari açıklık ise enerji kirleticilerinin büyümesini azaltarak çevresel kaliteyi iyileştirmektedir. Govindaraju ve Tang (2013) çalışmasında Çin ve Hindistan'ın 1965-2009 dönemine ait CO₂ emisyon, ekonomik büyüme ve kömür tüketimi verileri incelenmiştir. Çalışmada Bayer ve Hanck (2010) tarafından geliştirilen eşbütünleşme testi ve Granger nedensellik testi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda Çin'de değişkenler arasında uzun dönemli ilişki tespit edilirken, Hindistan'da değişkenler arasında uzun dönemli ilişki elde edilememiştir. Ayrıca Çin'de ekonomik büyümeden CO₂ emisyonuna doğru güçlü bir nedensellik olduğu gözlemlenmiştir. Hem uzun hem de kısa dönemde ekonomik büyüme ile kömür tüketimi ve CO₂ emisyonu ile kömür tüketimi arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Hindistan'da ise sadece kısa dönemli nedensellik tespit edilmiştir. Ekonomik büyümeden kömür tüketimine doğru tek yönlü nedensellik; ekonomik büyüme ile CO₂ ile kömür tüketimi ve CO₂ arasında çift yönlü nedensellik olduğu bulgusu elde edilmiştir.

Zeb vd. (2014) çalışmasında SAARC ülkelerinin 1975-2010 dönemi FMOLS yöntemi ve çok değişkenli Granger nedensellik testi ile sınanmıştır. FMOLS sonuçları GSYİH ve yoksulluğun enerji tüketimi üzerinde pozitif etkisi olduğunu, CO₂ emisyonunun enerji tüketimi üzerinde negatif etkisi olduğunu göstermiştir. Benzer şekilde enerji üretimindeki artış CO₂ emisyonunda azalışa neden olurken, doğal kaynak tahribatı CO₂ emisyonunu yükseltmektedir. Nedensellik sonuçlarına göre; Nepal için CO₂ emisyonu ve doğal kaynak bozulması arasında çift yönlü nedensellik, Pakistan için enerji üretimi ve yokluk arasında çift yönlü nedensellik tespit edilmiştir. Diğer üç ülkede ise Bangladeş ve Hindistan'da enerji üretiminden yoksulluğa doğru tek yönlü nedensellik, Sri-Lanka'da ise yoksulluktan enerji üretimine doğru tek yönlü nedensellik elde edilmiştir. Cowan vd. (2014) çalışmasında panel nedensellik testi kullanılarak BRICS ülkelerinin elektrik tüketimi, ekonomik büyüme ve CO₂ verileri kullanılarak 1990-2010 dönemi incelenmiştir. Çalışma sonucunda Rusya için geri besleme hipotezinin geçerli olduğu, Brezilya'da CO₂ emisyonundan GSYİH'ya doğru tek yönlü nedensellik olduğu bulgusu elde edilmiştir. Ancak Hindistan ve Çin'de değişkenler arasında nedensellik ilişkisi elde edilememiştir. 6 Afrika ülkesinin 1971-2009 döneminin Toda-Yamamoto nedensellik testi ile incelendiği Mensah (2014) çalışmasında Niyerya, Senegal ve Kenya'da gelirden CO₂'ye doğru tek yönlü; Güney Afrika'da CO₂'den gelire doğru tek yönlü nedensellik elde edilirken, Gana'da değişkenler arasında ilişki olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Saidi ve Hammami (2015) çalışmasında 58 ülkenin 1990-2012 dönemi GMM modeli kullanılarak incelenmiştir. Ekonomik büyüme ve CO₂ emisyonunun enerji tüketimi üzerindeki etkisinin incelendiği çalışmada sonucunda CO₂ emisyonunun ve ekonomik büyümenin enerji tüketimi üzerinde pozitif etkileri olduğu bulgusu elde edilmiştir.

Nedensellik yönü ile ilgili yapılan çalışmalar karma sonuçlar göstermektedir. Karma sonuçların elde edilmesinde kullanılan yöntemlerin, değişkenlerin, verilerin farklı olması etkili olabilmektedir. Bazı çalışmalarda zaman serisi, bazılarında panel yöntemleri kullanılmaktadır. Çalışmaların farklı sonuçlar göstermesindeki diğer bir neden, ülkeler ile ilgili spesifik verilerin elde edilmesinin her zaman mümkün olmamasıdır. Son olarak ise kullanılan ülkelerin farklı olması ülkelerin farklı karakteristik özellikler göstermesine neden olarak sonuçları etkileyebilmektedir.

4. Veri ve Yöntem

Çalışmada Hindistan, Çin, Brezilya ve Güney Afrika ülkelerinin 1980-2010 dönemi yıllık verileri kullanılmıştır. Başlangıç ve bitiş yılı verilerin elde edilebilirliğine göre seçilmiştir. Bu ülkelerinin seçilme nedeni bu ülkelerin hızlı bir ekonomik büyüme geçirmeleri ve gelecekte bu ülkelerin ekonomik büyümelerinin devam etmesi nedeniyle enerji tüketimlerinin daha da artması yönündeki öngörülerdir. Çalışmada kişi başına GSYİH serisi ve kişi başına CO₂ emisyon serisi kullanılmıştır. Değişkenlerin yorumunu kolaylaştırmak amacıyla serilerin logaritmik halleri kullanılmıştır.

Tablo 1: Değişkenlerin Tanımlanması

Değişkenler	Açıklama	Kaynak
LNCO ₂	Kişi başına CO ₂ emisyonu (Metre ton cinsinden)	Dünya Bankası
LN _Y	Kişi başına gayri safi yurtiçi hâsıla (2005 yılı dolar cinsinden)	Dünya Bankası

Çalışmada ilk olarak paneli oluşturan yatay kesitler arasındaki bağımlılık ve değişkenlerin homojen olup olmadıkları test edilmiştir. Bu iki test uygulanacak birim kök ve eşbütünleşme testlerinin seçiminde etkili olmaktadır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda yatay kesit bağımlılığını dikkate alan ikinci nesil SURADF, CADF birim kök testleri, Westerlund ve Edgerton (2007) eşbütünleşme testi uygulanmıştır. Parametreler dinamik sur tahmincisi kullanılarak elde edilmiştir. Değişkenler arasındaki nedensellik ilişki panel VECM modeli kullanılarak analiz edilmiştir.

4.1. Yatay Kesit Bağımlılığının Test Edilmesi

Yatay kesit bağımlılığının test edilmesinde çeşitli testler kullanılmaktadır (Breusch ve Pagan, 1980; Pesaran, 2004; Pesaran vd., 2008).

Yatay kesit bağımlılığının test edildiği Breusch ve Pagan (1980) çalışmasında test istatistiği aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir (Pesaran vd., 2008):

$$LM = T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij}^2, \quad \sim X^2N(N-1)/2 \quad (1)$$

Sıfır hipotezi altında LM testi $N(N-1)/2$ serbestlik derecesinde asimtotik kıkare dağılımına sahiptir. LM testi N küçük ve T yeterince büyük olduğunda geçerlidir.

Pesaran (2004) tarafından geliştirilen test istatistiği aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir (Pesaran vd. 2008):

$$CD = \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)}} \left(\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij} \right) \quad (2)$$

Boş H_0 hipotez altında, T yeterli büyüklükte iken $CD \rightarrow N(0,1)$ fonksiyonun limiti $N \rightarrow \infty$ 'dur. Ayrıca LM testinden farklı olarak sabit T ve N değerlerinde ortalaması sıfırdır.

Breusch ve Pagan(1980) testi faktörler sıfır ortalamaya sahip olduğunda boş hipotezi red etmekte başarısız olmaktadır. Bu sorunu çözmek amacıyla Pesaran vd. (2008) tarafından $CDLM_{adj}$ testleri geliştirilmiştir. Bu testte LM istatistiğinin varyans ve ortalaması kullanılarak LM testi geliştirilmiştir.

Pesaran vd. (2008) tarafından geliştirilen $CDLM_{adj}$ istatistiği aşağıda belirtilmiştir:

$$LM(p)_{adj} = \sqrt{\frac{2}{p(2N-p-1)}} \sum_{s=1}^p \sum_{i=1}^{N-s} \frac{(T-k)\hat{\rho}_{i,i+s}^2 - \mu_{Ti,i+s}}{\sigma_{Ti,i+s}} \sim N(0,1) \quad (3)$$

M_{Tij} ve V_{Tij} sırasıyla ortalamayı ve varyansı ifade etmektedir. Sıfır hipotezi altında ilk olarak $T \rightarrow \infty$ ve daha sonra $N \rightarrow \infty$ yakınsadığında LM_{adj} asimptotik olarak normal dağılıma sahiptir.

4.2. Değişkenlerin Homojenliğinin Test Edilmesi

Pesaran ve Yamagata (2008) tarafından eğim katsayılarının homojen olup olmadığının test edilmesi amacıyla delta testi geliştirilmiştir.

$$\tilde{\Delta} = \sqrt{N} \left(\frac{N^{-1}\tilde{S}-k}{\sqrt{2k}} \right) \quad (4)$$

$(N,T) \rightarrow \infty$ giderken sıfır hipotezi altında hata terimi normal dağılım göstermektedir. Delta testi asimptotik normal dağılıma sahiptir.

Delta test istatistiği ise aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$\tilde{\Delta}_{adj} = \sqrt{N} \left(\frac{N^{-1}\tilde{S}-E(\tilde{z}_{iT})}{\sqrt{\text{Var}(\tilde{z}_{iT})}} \right) \quad (5)$$

Yukarıdaki eşitlikte ortalama $E(\tilde{z}_{iT}) = k$ ve varyans $Var(\tilde{z}_{iT}) = \left(\frac{2k(T-k-1)}{T+1}\right)$ eşittir.

4.3. SURADF Birim Kök Testi

SurADF (Seemingly Unrelated Regression Augmented Dickey Fuller) yöntemi Breuer vd. (2001) tarafından geliştirilmiştir. SurADF testi görünüşte ilişkisiz regresyon panel tahmin yöntemine dayalı genişletilmiş Dickey-Fuller testine dayanmaktadır. Tahmin edilen ADF istatistiği aşağıda verilmiştir (Breuer vd., 2001, 487)

$$\begin{aligned}\Delta y_{1,t} &= \alpha_1 + (\rho_1 - 1)y_{1,t-1} + \sum_{i=1} \delta_i \Delta y_{1,t-i} + u_{1,t} \\ \Delta y_{2,t} &= \alpha_2 + (\rho_2 - 1)y_{2,t-1} + \sum_{i=1} \delta_i \Delta y_{2,t-i} + u_{2,t} \\ \Delta y_{N,t} &= \alpha_N + (\rho_N - 1)y_{N,t-1} + \sum_{i=1} \delta_i \Delta y_{N,t-i} + u_{N,t}\end{aligned}\quad (6)$$

ρ_i i serisinin otoregresif katsayısını göstermektedir. SURADF yönteminde yukarıdaki sistem SUR yöntemi ile tahmin edilmekte ve her bir $(\rho_i - 1)$ 'in anlamlılığı bootstrap simülasyonundan elde edilen kritik değerlere göre test edilmektedir.

4.4. CADF Birim Kök Testi

Pesaran (2007) tarafından geliştirilen CADF testi aşağıdaki regresyon modeline dayanmaktadır. t istatistiği $t_i(N, T)$ aşağıda verilmiştir (Pesaran, 2007, 269):

$$\Delta y_{it} = \alpha_i + b_i y_{i,t-1} + c_i \bar{y}_{t-1} + d_i \Delta \bar{y}_t + e_{it}\quad (7)$$

$$t_i(N, T) = \left(\frac{\Delta \hat{y}_i \bar{M}_w y_{i,-1}}{\hat{\sigma}_i (\hat{y}_{i,-1} \bar{M}_w y_{i,-1})^{1/2}} \right)\quad (8)$$

Panel istatistiğinin hesaplanması ise aşağıdaki eşitlikten elde edilmektedir:

$$CIPS(N, T) = \bar{t} = N^{-1} \sum_{i=1}^N t_i(N, T)\quad (9)$$

Hesaplanan CIPS istatistiği her bir yatay kesitin t istatistiklerinin ortalaması alınarak hesaplanmaktadır.

4.5. Westerlund ve Edgerton (2007) Panel Bootstrap Eşbütünleşme Testi

Westerlund ve Edgerton (2007) eşbütünleşme testi McCoskey ve Kao (1998) tarafından ileri sürülen Langrage testi çarpanına dayanmaktadır. Bu eşbütünleşme testinde yatay kesit birimleri arasındaki bağımlılık dikkate alınmaktadır. Ayrıca Westerlund ve Edgerton (2007) eşbütünleşme testinin küçük örneklerde iyi

sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Bu testte H_0 hipotezinin red edilememesi tüm kesitler için eşbütünleşme ilişkisinin olduğunu göstermektedir (Westerlund ve Edgerton, 2007, 185-190).

Değişkenler arasındaki ilişki eşitlik 10'daki modelden elde edilmektedir (Westerlund ve Edgerton, 2007, 186):

$$y_{it} = \alpha_i + \dot{x}_{it}\beta_i + z_{it} \quad (10)$$

$t=1, \dots, T$ ve $i=1, \dots, N$ endeksleri sırasıyla zaman serisi ve yatay kesit birimlerini ifade etmektedir. Z_{it} hata terimini göstermektedir.

Westerlund ve Edgerton (2007) eşbütünleşme testinde hipotezler şu şekildedir:

$H_{0i}: \Theta_i^2 = 0$ tüm i 'ler için (Eşbütünleşme vardır)

$H_{1i}: \Theta_i^2 > 0$ bazı i 'ler için (Eşbütünleşme yoktur)

LM test istatistiği aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır

$$LM_N^+ = \frac{1}{NT^2} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \hat{w}_i^2 S_{it}^2 \quad (11)$$

S_{it} terimi z_{it} hata terimlerinin kısmı toplamını, \hat{W}_i^{-2} u_{it} 'nin uzun dönem varyansı göstermektedir.

4.6. Dinamiksur Tahmincisi

DSUR istatistiği aşağıda verilmiştir (Mark vd. , 2005, 181):

$$\hat{\beta}_{-2dsur} = \left[\sum_{t=p+1}^{T-p} \hat{x}_t \mu_{uu}^{-1} \hat{x}_t' \right]^{-1} \left[\sum_{t=p+1}^{T-p} \hat{x}_t' \mu_{uu}^{-1} \hat{y}_{-t} \right] \quad (12)$$

Dinamik sur tahmincisinde yatay ve zaman kesit bağımlılığı birlikte ele alınmakta ve modele öncüller ve gecikmeler dahil edilerek içsellik sorunu giderilmektedir. Bu model yatay kesit boyutu zaman boyutuna göre küçük olan örneklerde etkilidir.

5. Tahmin Sonuçları

Çalışmada ilk olarak ilgili değişkenlerde ve modelde yatay kesit bağımlılığı test edilmiştir.

Tablo 2: Yatay Kesit Bağımlılığı Sonuçları

Yatay kesit bağımlılığı	LNCO ₂		LNY		Model	
	istatistik	p-değeri	istatistik	p-değeri	istatistik	p-değeri
CD _{LM1} (BP,1980)	22.017***	0.001	20.866***	0.002	21.212***	0.002
CD _{LM2} (Pesaran, 2004)	4.624***	0.000	4.292 ***	0.000	4.391***	0.000
CD (Pesaran, 2004)	-3.485***	0.000	-	0.000	-2.228**	0.013
LM _{ADJ} (PUY, 2008)	13.76***	0.000	3.751***	0.000	5.486***	0.000

Not: *, **, *** sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeylerini göstermektedir

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda %5 anlamlılık düzeyinde değişkenlerde ve modelde yatay kesit bağımlılığı yoktur boş hipotezi reddedilmiştir. Bu nedenle çalışmada yatay kesit bağımlılığını dikkate alan İkinci Nesil Birim kök ve eşbütünleşme testleri kullanılmıştır.

Tablo 3: Delta Testi Sonuçları

Test	Test İstatistiği	Prob.
Delta_tilde:	15.466***	0.000
Delta_tilde_adj	16.246***	0.000

Not: *, **, *** sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeylerini göstermektedir

Delta test sonuçlarına göre değişkenlerin homojen olduğu boş hipotezi %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerinde reddedilmektedir. Modelde kullanılan değişkenlerin eğim katsayısı heterojendir.

Tablo 4: SURADF Birim Kök Testi Sonuçları

	Gecikme Sayısı	Sabitli Model			
		SurADF t istatistiği	% 10	% 5	% 1
LNCO ₂	1	-0.09411	-3.170	-3.559	-4.343
	1	0.7253	-3.251	-3.641	-4.576
	1	-0.06039	-3.351	-3.738	-4.518
	1	-1.748	-3.395	-3.828	-4.575
	Gecikme Sayısı	Sabitli ve Trendli Model			
		SurADF t istatistiği	% 10	% 5	% 1
LNCO ₂	1	-3.538	-4.127	-4.521	-5.411
	1	-2.442	-4.263	-4.670	-5.569
	1	-1.968	-4.264	-4.647	-5.583
	1	-3.002	-4.432	-4.827	-5.735

Tablo 4'ün devamı

	Gecikme Sayısı	Sabitli Model			
		SurADF t istatistiği	% 10	% 5	% 1
LNY	4	2.700	-5.018	-5.708	-6.975
	6	1.838	-3.323	-3.814	-4.983
	1	2.516	-3.210	-3.613	-4.407
	6	-1.894	-1.081	-2.118	-3.614
	Gecikme Sayısı	Sabitli ve Trendli Model			
		SurADF t istatistiği	% 10	% 5	% 1
LNY	3	-0.4950	-4.068	-4.549	-5.549
	2	-2.460	-4.608	-5.128	-6.296
	1	-0.5205	-4.150	-4.551	-5.571
	3	-2.224	-4.171	-4.647	-5.749

Not: Gecikme uzunlukları, Schwarz Bilgi Kriterine göre belirlenmiştir. Kritik değerler, 10.000 bootstrap dağılımında elde edilmiştir

SURADF sonuçlarına göre panelde yer alan tüm ülkelerin hem LNCO₂ hem de LNY değişkeninde birim kök vardır.

Tablo 5: Panel CADF Birim Kök Testi Sonuçları

	Seviyede		Birinci Farkta	
	Sabit	Sabit+Trend	Sabit	Sabit+Trend
LNCO ₂	-1.96	-1.679	-2.766***	-2.754***
LNY	-1.93	-2.881	-3.077*	-2.862***

Not: Gecikme uzunlukları, Schwarz bilgi kriterine göre belirlenmiştir.***,**,* sıfır hipotezinin sırasıyla %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeyinde reddedildiğini göstermektedir. Panel istatistiği kritik değerleri, sabitli modelde -2.57 (%1), -2.33 (%5) ve -2.21 (%10) (Pesaran 2007, tablo II(b), s:280) ; sabit ve trendli modelde -3.10 (%1), -2.86 (%5) ve -2.73 (%10) (Pesaran 2007, tablo II(c), s:281) alınmıştır. Panel istatistiği, CADF istatistiklerinin ortalamasıdır.

CADF panel CIPS istatistiklerine göre her iki değişkende birim kök olduğu hipotezi red edilememektedir. Suradf ve CADF birim kök test sonuçları CO₂ ve GSYİH serilerinin düzeyde durağan olmadığını diğer bir ifadeyle birim kök içerdiklerini, değişkenlerin I(1) düzeyinde durağan olduğunu göstermektedir.

Tablo 6: Westerlund ve Edgerton (2007) Eşbütünleşme Testi Sonucu

	LM İstatistiği	Asimtotik p-değeri	Bootstrap p-değeri
LM_N^+	4.627	0.000	0.201

Not: Bootstrap olasılık değerleri 10.000 tekrarlı dağılımdan elde edilmiştir. Asimptotik olasılık değerleri, standart normal dağılımdan elde edilmiştir. Gecikme ve öncül bir olarak alınmıştır. Sabitli model kullanılmıştır.

Elde edilen sonuçlar dahilinde “eşbütünleşme vardır” boş hipotezi %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerinde reddedilememektedir. CO₂ emisyonu ve GSYİH değişkenleri arasında eş bütünleşme ilişkisi olduğu bulgusu elde edilmiştir.

Tablo 7: Dinamik Sur Tahmin Sonuçları

Ülke	Katsayı	Standart Hata	T -istatistiği
Brezilya	1.052*	0.357	2.94677
Çin	0.568*	0.108	5.25925
Hindistan	0.989 *	0.120	8.24166
G.Afrika	0.676 *	0.289	2.33910
Panel	0.557 *	0.050	11.14

Not: * %5 anlamlılık düzeyini göstermektedir. Katsayılar sabit içeren modelden elde edilmiştir.

Dinamik sur tahmin sonuçlarına göre LNY değişkeninin katsayısı % 5 anlamlılık düzeyine göre hem her bir ülke için hem de panel için istatistiksel olarak anlamlıdır. Bireysel ülkeler dikkate alındığında Brezilya’da GSYİH’deki %1’lik artış CO₂ emisyonunu yaklaşık %1 oranında artırmaktadır. Çin’de GSYİH’deki %1’lik artış CO₂ emisyonunu yaklaşık %0.5 artırmaktadır. Hindistan’da GSYİH’deki %1’lik artış CO₂ emisyonunu %0.9 artırmaktadır. Güney Afrika’da ise GSYİH’deki %1’lik artış CO₂ emisyonunu yaklaşık %0.6 oranında artırmaktadır. Analize dahil edilen tüm ülkelerde ekonomik büyüme ile birlikte CO₂ emisyonunda ciddi artışların olduğu gözlemlenmiştir. Tüm panel için değerlendirildiğinde GSYİH’deki %1’lik artış CO₂ emisyonunu yaklaşık %0.55 oranında yükseltmektedir. Bunun nedeni bu ülkelerin enerji kullanımında hâlâ fosil yakıtlara bağımlı olmaları, üretimlerinde çevre dostu kaynaklar yerine kömür gibi CO₂ emisyonu yüksek olan kaynakları tercih etmeleri görülebilir.

Tablo 8: Panel VECM Nedensellik Sonuçları

Kısa Dönem Nedensellik		
Hipotez	Ki-Kare değeri	Prob. Değeri
Y Granger nedeni değildir CO ₂	6.272174**	0.0435
CO ₂ Granger nedeni değildir Y	0.608542	0.7377
Uzun Dönem Nedensellik		
	$\Delta \ln \text{CO}_2$	$\Delta \ln \text{GDP}$
ECT(-1)	-0.142563 (0.05332) [-2.67354]	0.003659 (0.03576) [0.10230]

Not: Köşeli parantez içindeki değerler t-istatistiklerini, parantez içindeki değerler standart hata değerleri göstermektedir. : *** ve ** sırasıyla %10 ve %5 anlamlılık düzeyini göstermektedir.

Kısa dönem nedensellik sonuçlarına göre %5 anlamlılık düzeyinde “Y granger nedeni değildir CO₂” boş hipotezi reddedilmektedir. Kısa dönemde ekonomik büyüme CO₂ emisyonunun nedenidir. Buna karşın %5 anlamlılık düzeyinde “CO₂ granger nedeni değildir Y” boş hipotezi reddedilememektedir. Hata düzeltme katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olması ilgili değişkenler arasında nedensellik ilişkisinin olduğunu, hata düzeltme katsayısının negatif olması ise hata düzeltme mekanizmasının işlediğini ve kısa dönemde meydana gelen sapmaların ne kadar süre ile düzeltilmiş olduğunu ifade etmektedir. Uzun dönem panel nedensellik sonuçlarına göre ect(-1) katsayısının istatistiksel olarak anlamlı olması uzun dönemde ekonomik büyümeden CO₂ emisyonuna doğru nedensellik ilişkisi olduğunu göstermektedir. Ancak uzun dönemde CO₂ emisyonundan ekonomik büyümeye doğru nedensellik ilişkisi elde edilememiştir. Çalışma sonuçları hem kısa dönemde hem de uzun dönemde ekonomik büyümeden CO₂ emisyonuna doğru tek yönlü nedensellik olduğunu doğrulamaktadır. Elde edilen bulgular Coondoo ve Dinda(2002), Lean ve Smyth (2010) ve Mensah (20014), çalışmaları ile benzer sonuçlar vermektedir.

6. Sonuç

Çalışmada Hindistan, Çin, Brezilya ve Güney Afrika ülkelerinin 1980-2010 dönemi kişi başına CO₂ tüketimi ve kişi başına GSYİH verileri arasındaki uzun dönemli ilişki Westerlund ve Edgerton (2007) eşbütünleşme testi ve dinamik Sur tahmincisi kullanılarak analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular Brezilya’da, Çin’de, Hindistan’da ve Güney Afrika’da ekonomik büyümede %1’lik artışın CO₂ emisyonunu sırasıyla yaklaşık %1, %0.5, %0.9, %0.6 oranında artırdığı yönündedir. Analize dahil edilen tüm ülkeler değerlendirildiğinde ekonomik büyümedeki %1’lik artış CO₂ emisyonunu yaklaşık %0.55 oranında yükseltmektedir. Bu ülkelerde ekonomik büyüme ile birlikte CO₂ emisyonunda ciddi artışların olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmada değişkenler arasındaki ilişkinin yönü panel VECM modeli kullanılarak test edilmiştir. Nedensellik testi sonuçları

hem kısa dönemde hem de uzun dönemde ekonomik büyümeden CO₂ emisyonuna doğru tek yönlü nedensellik olduğunu göstermektedir. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular Coondoo ve Dinda(2002), Ang (2007), Lee ve Lee (2009), Lean ve Smyth (2010), Hamit-Hagar (2012), Mensah (20014) çalışmalarına paralellik göstermektedir.

IEA (2015) tarafından yapılan tahminler Çin ve Hindistan'ın gelecekte ekonomik büyümelerine devam edeceği ve büyümeleri ile birlikte enerji tüketimlerinin de artacağı yönündedir. Günümüzde bu ülkeler enerji tüketiminde fosil yakıtları yoğun şekilde kullanmaktadır. Özellikle fosil yakıtlar içerisinde kömürün yoğun bir şekilde yer alması CO₂ emisyonunda önemli bir artışa neden olmaktadır. Çin ve Hindistan'ın mevcut üretim ve tüketim yapılarını devam ettirmeleri, CO₂ emisyon hacminin yükseleceği yönündeki kaygıları artırmaktadır. Elde edilen bulgular doğrultusunda ekonomik büyüme ve CO₂ arasında uzun dönemli bir ilişkinin tespit edilmesi ve/veya büyümeden CO₂'ye doğru nedensellik ilişkisinin bulunması bu ülkelerin çevre politikalarında daha temiz enerji kaynaklarına yönelmeleri gerektiğini göstermektedir. CO₂ emisyonundaki yükselişin üretim tekniğinde sağlanan gelişmeler, daha çevre dostu teknolojilerin tercih edilmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması, enerji etkinliği ve gereksiz enerji tüketiminin azaltılması, tüketicinin bilinçlendirilmesi gibi önlemlerle düşürülebilmesi mümkün gözükmektedir. CO₂ emisyonunun azaltılması ile birlikte insanlar daha kaliteli ve daha temiz bir çevrede yaşama imkânına sahip olabileceklerdir. Ancak çevre sorunları ile mücadelede tüm ülkelerin ortak hareket etmesi gerekmektedir. Küresel düzeyde gerçekleştirilen politikalar ile daha etkin sonuçlara ulaşılabilecektir.

Kaynakça

- Akbostancı, E., Türüt-Aşık, S. ve Tunç, G. İ. (2009). The Relationship Between Income and Environment in Turkey: Is There an Environmental Kuznets Curve?. *Energy Policy*, 37, 861-867.
- Ang, J.B. (2007). CO₂ Emissions, Energy Consumption, and Output in France. *Energy Policy*, 35, 4772-4778.
- Başar, S. ve Temurlenk, M.S. (2007). Çevreye Uyarlanmış Kuznets Eğrisi: Türkiye Üzerine Bir Uygulama. *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 1, 1-12.
- Breuer, J.B., McNown, R. ve Wallece, M.S. (2001). Misleading Inferences From Panel Unit-root Tests With An Illustration From Purchasing Power Parity. *Review of International Economics*, 9(3), 482-493.
- 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, 239-253.

- Chang, C. (2010). A Multivariate Causality Test of Carbon Dioxide Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in China. *Applied Energy*, 87, 3533-3537.
- Choi, E., Heshmati, A. ve Cho, Y. (2010). An Empirical Study of The Relationship Between CO₂, Economic Growth and Openness. *IZA Discussion Paper Series*, NO. 5304, 1-27.
- Coondoo, D. ve Dinda, S. (2002). Causality Between Income and Emission: A Country Group- Specific Econometric Analysis. *Ecological Economics*, 40, 351-367.
- Cowan, W.N., Chang, T., Inglesi-Lotz, R. ve Gupta, R. (2014). The Nexus of Electricity Consumption, Economic Growth and CO₂ Emissions in the BRICS Countries. *Energy Policy*, 66, 359-368.
- Dinda, S. (2004). Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey. *Ecological Economics*, 49, 431-455.
- Dinda, S. ve Coondoo, D. (2006). Income and Emission: A Panel Data-based Cointegration Analysis. *Ecological Economics*, 57, 167-181.
- Everett, T., Ishwaran, M., Asalani, G. ve Rubin, A. (2010). Economic Growth and the Environment. *Defra Evidence and Analysis Series*, 2, 1-52.
- Focacci, A. (2003). Empirical Evidence in The Analysis of The Environmental and Energy Policies of A Series of Industrialised Nations, During the Period 1960-1997, Using Widely Employed Macroeconomics Indicators. *Energy Policy*, 31, 333-352.
- Focacci, A. (2005). Empirical Analysis of the Environmental and Energy Policies in Some Developing Countries Using Widely Employed Macroeconomic Indicators: The Cases of Brazil, China, and India. *Energy Policy*, 33, 543-554.
- Fodha, M. ve Zaghdoud, O. (2010). Economic Growth and Pollutant Emissions in Tunisia: An Empirical Analysis of the Environmental Kuznets Curve. *Energy Policy*, 38, 1150-1156.
- Govindaraju, V.G.R. C. ve Tang, C.F. (2013). The Dynamic Links Between CO₂ Emissions, Economic Growth and Coal Consumption in China and India. *Applied Energy*, 104, 310-318.
- Grossman, G. ve Krueger, A.B. (1991). Environmental Impacts of A North American Free Trade Agreement. *NBER Working Papers*, No: 3914, 1-57.

- Hamit-Hagar, M. (2012). Greenhouse Gas Emissions, Energy Consumption and Economic Growth: A Panel Cointegration Analysis from Canadian Industrial Sector Perspective. *Energy Economics*, 34, 358-364.
- IEA (2015). *Energy and Climate Change-World Energy Outlook Special Report*. <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2015SpecialReportonEnergyandClimateChange.pdf> (Erişim Tarihi: 31 Temmuz 2015)
- Lean, H. ve Smyth, R. (2010). CO₂emissions, electricity consumption and output in Asean. *Applied Energy*, 87, 1858-1864.
- Lee, C.C. ve Le, J.D. (2009). Income and CO₂ Emissions: Evidence from Panel Unit Root and Cointegration Tests. *Energy Policy*, 37, 413-423.
- Mark, N.C., Ogaki, M. ve Sul, D. (2005). Dynamic Seemingly Unrelated Cointegration Regression. *Review of Economic Studies*, 72, 797-820.
- Mensah, J. (2014). Carbon Emissions, Energy Consumption and Output: Threshold Analysis on the Causal Dynamics in Emerging African Economies. *Energy Policy*, 70, 172-182.
- Narayan, P.K. ve Narayan, S. (2009). Carbondioxide Emissions and Economic Growth: Panel Data Evidence from Developing Countries. *Energy Policy*, 38, 661-666.
- Orubu, C.O. ve Omotor, D.G. (2011). Environmental Quality and Economic Growth: Searching for Environmental Kuznets Curves for Air and Water Pollutants in Africa. *Energy Policy*, 39, 4178-4188.
- Panayotou, T. (2003). *Economic Growth and the Environment*. <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/ead/sem/sem2003/papers/panayotou.pdf> (Erişim Tarihi: 04.08.2015)
- Pesaran, M.H. (2007). A Simple Panel Unit Root Test in the Presence of Cross-Section Dependence. *Journal of Applied Econometrics*, 22, 365-312.
- Pesaran, M.H., Ullah, A. ve Yamagata, T. (2008). A Bias-adjusted LM Test of Error Cross-Section Independence. *Econometrics Journal*, 11, 105-127.
- Pesaran, M.H. ve Yamagata, T. (2008). Testing Slope Homogeneity in Large Panels. *Journal of Econometrics*, 142, 50-93.
- Saidi, K. ve Hammami, S. (2015). The Impact of CO₂ Emissions and Economic Growth on Energy Consumption in 58 Countries. *Energy Reports*, 1, 62-70.

- Shahbaz, M., Tiwari, A.K. ve Nasır, M. (2013). The Effects of Financial Development, Economic Growth, Coal Consumption and Trade Openness on CO₂ Emissions in South Africa. *Energy Policy*, 61, 1452-1459.
- Sarısoy, S. ve Yıldız, F. (2013). Karbondioksit (CO₂) Emisyonu ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkeler İçin Panel Veri Analizi. *Namık Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Metini*, No:2, 1-19.
- Soytaş, U., Sarı, R. ve Ewing, T.B. (2007). Energy Consumption, Income, and Carbon Emissions in the United States. *Ecological Economics*, 62, 482-489.
- Soytaş, U. ve Sarı, R. (2009). Energy Consumption, Economic Growth, and Carbon Emissions: Challenges faced by an EU Candidate Member. *Ecological Economics*, 68, 1667-1675.
- Yandle, B., Bhattarai, M. ve Viayaraghava, M. (2004). Environmental Kuznets Curves: A Review of Findings, Methods, and Policy Implications. *PERC Research Study*, 2(1), 1-38.
- Zeb, R., Salar, L., Awan, U., Zaman, K. ve Shahbaz, M. (2014). Causal Links Between Renewable Energy, Environmental Degradation and Economic Growth in Selected SAARC Countries: Progress Towards Green Economy. *Renewable Energy*, 71, 123-132.
- Westerlund, J. ve Edgerton, D.L. (2007). A Panel Bootstrap Cointegration Test. *Economic Letters*, 97, 185-190.

The Relationship between CO₂ Emissions and Economic Growth: Panel Data Analysis for India, China, Brazil and South Africa

Extended Abstract

1. Introduction

Population, economic growth, urbanization, and technological developments have been increasing rapidly in global scale. Thus, energy consumptions and Carbon Dioxide (CO₂) emissions have been globally raised too. In the literature, the relationship between economic growth and CO₂ emissions is investigated as using Environmental Kuznets Curve, which is based on Kuznets' (1955) study. Kuznets (1955) revealed that, there is an inverted U-shaped relationship in between income and income inequality. Later in 1990's, a similar relationship was found between income and environmental degradation. Therefore, the relationship between economic growth and environmental quality is called Environmental Kuznets Curve (EKC) (Dinda, 2004, 432-433). The empiric literature involved in the relationship between CO₂ emissions and economic growth, shows results which are both supporting and not supporting EKC. For instance, some studies (Narayan & Narayan, 2009; Fodha & Zaghoud, 2010; Choi et al., 2010; Orubu & Omotor, 2011) in the literature indicate that, EKC hypothesis is valid. Conversely, another group of studies (Focacci, 2005; Choi et al., 2010; Sarısoy & Yıldız, 2013) reveals that EKC hypothesis is invalid. Furthermore, in some studies (Coondoo & Dinda, 2002; Lean & Smyth, 2010), a uni-directional causality is found running from CO₂ emissions to economic growth and in some other studies (Coondoo & Dinda, 2002; Ang, 2007), a uni-directional causality is found running from economic growth to CO₂ emissions. While some results (Soytaş et al., 2007; Soytaş & Sarı, 2009) indicate no causality between the variables, others (Dinda & Coondoo, 2006; Chang, 2010) indicate bi-directional causality between them.

The purpose of this study is to investigate the relationship between CO₂ emissions and economic growth in India, China, Brazil and South Africa countries by using panel causality analysis, for the time period 1980-2010. These countries, especially India and China, are growing rapidly and they are expected go on growing in the future. However, these countries are using fossil fuels, especially coal, in their production and economic growth. The CO₂ emissions of these countries are being increased day by day. Investigating the relationship of CO₂ emissions and economic growth and determining the direction of the relationship (if it exists) between them, has a significant role in environmental and economy policies.

2. Method

In this study, the variables of real Gross Domestic Product (GDP) per capita and CO₂ emissions per capita are used. The data set is provided from World Bank Data Statistics. The time period covers the term 1980 – 2010. In the analysis, India, China, Brazil and South Africa were investigated. Firstly, SURADF and CADF unit-root tests were used to determine whether the series have unit-root or not. Secondly, Westerlund & Edgerton (2007) panel cointegration test was employed. Westerlund & Edgerton (2007) panel cointegration test was preferred because it is suitable for small size samples. Furthermore, by using Westerlund & Edgerton (2007) panel cointegration test in the analysis, cross-section dependency was taken into account. Thirdly, the parameters were estimated by using panel dynamic SUR method. Thus, both panel and individual results were obtained in the analysis. Finally the direction of the relationship in between CO₂ emissions and economic growth was investigated as using panel vector error correction model (VECM).

3. Results and Discussion

According to SURADF and CADF unit-root tests, all variables have unit-root in their levels and they are stationary in their first orders. In other words, CO₂ emissions per capita and real GDP per capita are I (1). Westerlund & Edgerton (2007) panel cointegration test results denoted that, CO₂ emission per capita and real GDP per capita are cointegrated in the long run. Results of Panel Dynamic SUR indicated that, 1% increase in GDP has 0.55% increasing effect on CO₂ emission. The individual country results showed mixed conclusions. For instance, in Brazil 1% increase of GDP causes almost 1% increase in CO₂ emission. In China, India and South Africa 1% raise of GDP, increases CO₂ emissions respectively, 0.5%, 0.9% and 0.6%. These results might be interpreted as the share of fossil fuels, especially coal, in energy consumption, is still very high in these countries. With regard to panel VECM, in the long run, there is a uni-directional causality running from economic growth to CO₂ emission. Furthermore, it is found that, there is uni-directional causality running from economic growth to CO₂ emission in the short run, in all the related countries. These results are similar with following studies: Coondoo & Dinda (2002), Ang (2007), Lee & Lee (2009), Lean & Smyth (2010), Hamit-Hagar (2012), Mensah (2014).

4. Conclusion

The relationship between economic growth and environmental degradation is subject of a debate among economist, policy makers and environmentalist. Climate change has serious impacts on natural habitats and human life. For this reason, the relationship between CO₂ emissions and economic growth maintains its importance. The empirical results of this study indicated that, there is a long run relationship in between economic growth and CO₂ emissions. In Brazil, China, India and South Africa, economic growth is increasing while the CO₂ emissions are raising too. Policy-makers may find these results important for implementing their policies. For instance, they may choose to develop more environmental friendly technologies instead of harmful ones or they can decide to use more renewable energy sources in developmental processes. On the other hand, the individual efforts of single countries would not be enough to prevent environmental degradation. Therefore, all the countries across the world should act jointly to fight against environmental problems.

There were some limitations in this study. First of all, in the analysis, the time period was limited by the term 1980 – 2010 and this time period may be expanded for further studies. Additionally, the selected sample size was limited by Brazil, China, India and South Africa in this study. For further studies, country groups to analyze, may be expanded. Also in this study only economic factors were analyzed, for obtaining more accurate outcomes, the impacts of institutional factors also may be examined in the future studies.

