

## BÖLÜM 6

# EKOLOJİK AYAK İZİ, TİCARET VE YENİLENEBİLİR ENERJİ İLİŞKİSİ: E7 ÜLKELERİ İÇİN PANEL KANTİL REGRESYON ANALİZİ

Aykut YAĞLIKARA<sup>1</sup>

### GİRİŞ

İnsanlık tarihi boyunca kalkınmanın sağlanabilmesi için artan ekonomik faaliyetler insanların doğaya yönelik taleplerini artırmaktadır. Ekonomik aktivitelerin artmasıyla birlikte enerji talebinin artması, doğal kaynakların çıkarılması ve tükenmesi ile çevrede meydana getirdiği bozukluklar küresel ekosistem üzerinde baskı oluşturmaktadır (Saud vd. 2020). Sera gazı emisyonlarının artışından kaynaklanan çevre bozulmaları sürdürülebilir kalkınmanın önündeki en önemli sorunlardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Literatürde yer alan çevre ve ekonomi arasındaki ilişkileri inceleyen çalışmaların çoğunda çevre göstergesi olarak CO2 emisyonu kullanılmaktadır. Ancak bu noktada çevresel bozulma konusunda daha toplu bir gösterge ihtiyacından kaynaklı ekolojik ayak izi kullanımı yaygınlaşmaktadır. Ekolojik ayak izi çevre üzerindeki insan kaynaklı bozulmaları ve çevrenin yenilenme kapasitesini insan temelli tüketimle karşılaştırmaktadır (Zafar vd., 2019). Üretim ve tüketim kaynaklı doğrudan ve dolaylı etkilerin elde edilmesinde daha iyi olan ekolojik ayak izi göstergesi kullanılmaktadır. Erwing vd. (2010) insanların kaynak üretimi yani biyokapasiteleri tüketimlerinin altında kalmaya başlamasından dolayı sera gazları ve atıklarının artmasına, kaynakların tükenmesine ve ekosistemin büyük zarar görmesine neden olmaktadır. Ülkelerin daha yüksek ekonomik büyüme sağlayabilmek için, artan ekonomik faaliyetleriyle birlikte ticaret hacimleri de artmaktadır. Aynı zamanda ekonomik faaliyetlerin artmasıyla birlikte daha fazla üretim ve tüketim gerçekleşmekte bu durum da enerji tüketimini artırmaktadır. Artan enerji tüketiminin kullanım biçimlerine göre ise çevreye olan etkileri değişmektedir.

Zaidi vd. (2019) ekonomik büyümeyi en önemli olgu olarak gören ülkelerin ekonomik işbirliklerini artırıcı anlaşmalar imzaladıklarını ifade etmektedir. Küreselleşme ve bu anlaşmaların etkisiyle artan ticaret hacimleri ile ekonomik bü-

<sup>1</sup> Arş. Gör. Dr., Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, İktisat Bölümü, aykut.yaglikara@beun.edu.tr

yümeği artırmaya çalışmaktadırlar. Ekonomik ilişkilerin artmasıyla birlikte ekonomik büyüme ve ticaretin meydana getirdiği dışsallıklardan kaynaklı bir takım çevresel değişimler meydana gelmektedir. Ekonomik büyüme ve ticari ilişkilerden kaynaklı ortaya çıkan bu dışsallıkların en az düzeyde çevreye zarar vermesi istenilen sonuçtur. Bu noktada en önemli konu üretim artışıyla birlikte artan enerji tüketiminin sağlandığı kaynaklar belirlenmesi olmaktadır.

Küresel ekonomiler, kalkınma düzeylerini artırmak ve rekabet avantajı elde edebilmek için ekonomik büyüme düzeylerini artırmaları gerekmektedir. Ekonomik büyüme oranlarının artırılabilmesi içinde gerekli olan üretim artışının en önemli ve vazgeçilmez unsuru ise enerjidir. Ülkelerin enerji kullanım türlerine göre çevre üzerinde yarattığı etkiler farklılaşmaktadır. Fosil yakıtların aşırı tüketimi, diğer insan faaliyetleriyle birlikte, sürdürülebilir kalkınmayı tehdit eden iklim değişikliğine ve ekolojik dengesizliğe neden olmaktadır (Saad vd. 2020). Artan enerji ihtiyacıyla birlikte ülkelerin çevreye olan etkilerinin daha az olduğu bilinen yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmeleri ekosistemde yaşanılacak bozulmaların önüne geçmektedir.

İnsan taleplerinin artması ve buna bağlı bir şekilde dünya ekonomilerinin gelişmesi çevre üzerinde bir takım bozucu etkiler meydana getirmektedir. E7 (Emerging Seven) ülkeleri ise 2016 yılından bu yana en yüksek büyüme oranına sahip yedi gelişmekte olan (Brezilya, Çin, Endonezya, Hindistan, Meksika, Rusya ve Türkiye) ülkeden oluşmaktadır. E7 ülkeleri dünyanın en çok karbondioksit emisyonuna neden olan ilk 20 ülke arasında yer almakta ve sahip oldukları büyüme potansiyelleriyle gelecekte daha fazla enerji talep etmeleri kaçınılmaz olacaktır (Tao vd., 2021). Bu çalışmada çevre kalitesi göstergelerinden biri olan ekolojik ayak izi, kişi başına gelir, ticaret ve yenilenebilir enerji arasındaki ilişki E7 (Emerging Seven) ülkeleri (örnekleminde 1992-2017 dönemi için incelenmektedir. Çalışmanın analiz kısmında yatay kesit bağımlılığı, homojenlik, durağanlık, panel eşbütünlük ve panel kantil regresyon testleri uygulanmaktadır. Bu çalışmada çevre kalitesi göstergesi olarak ekolojik ayak izinin kullanılması, gelişmekte olan E7 ülkelerinde bu ilişkinin incelenmesi ve analizde panel kantil yönteminin kullanılması diğer çalışmalardan farklılık yaratmaktadır. Bu çalışmanın geri kalan kısmı şu şekilde ilerlemektedir. İkinci bölümde ekolojik ayak izi ile ilgili çalışmaların yer aldığı literatür tarama yer almaktadır. Üçüncü bölümde veri seti, ekonometrik yöntem ve analiz sonucu elde edilen bulgular yer almaktadır. Son bölüm olan dördüncü bölümde ise sonuçlar ve politika önerileri yer almaktadır.

## **LİTERATÜR TARAMA**

Çevre ve ekonomi arasındaki ilişkilerin ekolojik ayak izi değişkeni özelinde ele alındığı çalışmalardan bazılarında literatür tarama kısmında yer verilmektedir. Langnel vd. (2021) doğal kaynak, gelir eşitsizliği ve beşeri sermayenin ekolojik ayak izi üzerindeki etkilerini Batı Afrika Devletleri Ekonomik Topluluğu üye ülkeleri için incelemektedir. Elde edilen Genişletilmiş Ortalama Grup tahminci sonuçlarına göre gelir eşitsizliğinin Benin’de çevreyi bozucu etkisine ulaşılırken, Burkina Faso, Nijerya ve Senegal’de çevre üzerinde olumlu etkisinin olduğu sonucuna varılmaktadır. Beşeri sermaye değişkeninin ise ekolojik ayak izi üzerindeki etkisi Burkina Faso ve Gambiya’da çevre kalitesini artırdığı sonucuna ulaşılmaktadır. Doğal kaynak bolluğunun ise Kamerun ve Nijerya’da ekolojik ayak izi üzerinde negatif etki yaratırken, çevreyi bozucu olduğu tespit edilmektedir.

Doytch (2020) gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler örnekleminde dört farklı ekolojik ayak izi ve doğrudan yabancı yatırımların ilişkisini altı farklı sektör için dinamik panel modeli ile incelemektedir. Elde edilen bulgulara göre yüksek gelirli ülkeler doğrudan yabancı yatırımın tüketim ile ilgili olan ekolojik etkilerini yaşarken, düşük ve orta gelirli ülkeler ise doğrudan yabancı yatırımların üretimle ilgili olan ekolojik etkilerini yaşamaktadır. Aynı zamanda, orta gelirli ülkeler doğrudan yabancı yatırımlar tarafından oluşturulan ihracat ilintili ekolojik yükün kaynağıdır. Diğer bir önemli bulgu da, finansal olmayan hizmetlere yönelik doğrudan yabancı yatırımlar, üretime yönelik doğrudan yabancı yatırımlara göre ekolojik olarak daha zararlıdır.

Yang vd. (2021) en yüksek sağlık harcamasına sahip on ülke örnekleminde sanayileşme, küreselleşme ve ekonomik büyümenin ekolojik ayak izi üzerindeki etkilerin, STIRPAT modeli çerçevesinde incelemektedir. Elde edilen bulgulara göre, sanayileşme, ekonomik büyüme ve sağlık harcamalarının ekolojik ayak izini olumsuz etkilediği sonucuna ulaşılmaktadır. Ayrıca nedensellik testi sonuçlarına göre, sağlık harcamaları, kentleşme, sanayileşme ve ekolojik ayak izi arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisine ulaşılırken, ekonomik büyüme ve küreselleşmeden ekolojik ayak izine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisine ulaşılmıştır.

Khan vd. (2022) yoksulluk, gelir eşitsizliği ve ekolojik ayak izi arasındaki ilişkiyi 2006-2017 dönemi gelişmekte olan 18 Asya ülkesi kapsamında incelemektedir. Elde edilen ampirik sonuçlara göre, yoksul çalışan sayısının artması ekolojik ayak izini olumsuz yönde etkileyerek çevresel bozulmayı artırmaktadır. Bununla birlikte gelir eşitsizliğinin artması da gelişmekte olan Asya ülkelerinde ekolojik ayak izini olumsuz yönde etkileyerek çevresel bozulmayı artırmaktadır. Çalışma-

da incelenen Çevresel Kuznets Eğrisi'nin ele alınan örneklem dahilinde ters U şeklinde olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Ikram vd. (2021) Japonya genelinde ekonomik karmaşıklık ve ekolojik ayak izi değişkenlerini temel alarak ekonomik faaliyetlerin çevre üzerindeki etkisini incelemiştir. Kantil ARDL modeli kullandıkları analize göre, çevre ve ekonomik büyüme arasında kısa ve uzun dönemde asimetrik pozitif bir ilişki olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Bununla birlikte, Granger nedensellik sonuçlarına göre de, ekolojik ayak izi, ekonomik karmaşıklık ve ekonomik büyüme arasında çift yönlü ilişki olduğu tespit edilmiştir.

Usman vd. (2021) en fazla emisyon ortaya çıkaran 15 ülkeyi dahil ettikleri örnekleme 1990-2017 yılları arası için ekolojik ayak izi, finansal gelişme, yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Genişletilmiş Ortalama Grup tahmincisi sonuçlarına göre, finansal gelişme, ticari açıklık ve yenilenebilir enerjinin ekolojik ayak izi üzerinde olumlu etki meydana getirdiği ve çevre bozulmalarını azalttığı sonuçlarına ulaşılmaktadır. Ekonomik büyüme ve yenilenemeyen enerji artışının ise ekolojik ayak izini olumsuz etkilediği ve çevresel bozulmayı artırdığı sonucuna ulaşılmaktadır. Ayrıca nedensellik testi sonuçlarına göre, ekolojik ayak izi, ekonomik büyüme, finansal gelişme ve yenilenebilir enerji arasındaki çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğu tespit edilmiştir.

Sharif vd. (2020) 1965-2017 dönemi için Türkiye'nin ekolojik ayak izi, yenilenebilir enerji, yenilenemez enerji ilişkisini Kantil ARDL yaklaşımı kullanarak incelemektedir. Yenilenebilir enerjinin uzun dönemde her bir kantilde ekolojik ayak izini azalttığı bulguları elde edilmektedir. Ekonomik büyüme ve yenilenemeyen enerjinin ise kantillerin hepsinde uzun vadede pozitif yönde etkilediği sonuçlarına ulaşılmaktadır. Bununla birlikte nedensellik testi sonuçlarına göre, ekolojik ayak izi, yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji, ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi bulunmaktadır.

Ahmed vd. (2020) G7 ülkeleri için 1971-2014 dönemi verilerini kullanarak ekolojik ayak izi, beşeri sermaye ve kentleşme ilişkisini incelemektedir. Elde edilen panel veri analiz sonuçlarına göre, beşeri sermaye artışlarının ekolojik ayak izini azalttığı, kentleşmenin ise ekolojik ayak izini artırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca, enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve ithalat çevresel bozulmayı artırırken, ihracat ve doğrudan yabancı yatırımlar çevresel bozulmayı azalmaktadır. Uygulanan nedensellik testinin sonuçlarına göre ise, ekonomik büyüme, kentleşme ve beşeri sermaye arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi bulunurken, kentleşme ve beşeri sermayeden ekolojik ayak izine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmaktadır.

Salman vd. (2022) kentleşmenin ekolojik ayak izi üzerindeki etkileri nüfus, ekonomik büyüme ve yenilenemeyen enerji değişkenleri de modele dahil edilerek 1980-2017 dönemi için ASEAN-4 ülkelerinde incelenmektedir. Kentleşme ve ekolojik ayak izi arasındaki ilişkinin hem kısa hem de uzun dönemde ters U şeklinde bir ilişki meydana getirmediği ve Tayland ve Endonezya’da kentleşmenin ekolojik ayak izi üzerindeki etkisinin daha yüksek olduğu sonucuna varılmaktadır. Ekonomik büyüme, nüfus ve yenilenemeyen enerji ekolojik ayak izini artırırken, yenilenebilir enerji ise ekolojik ayak izini azaltmaktadır. Ayrıca, ASEAN-4 ülkelerinde ekolojik ayak izi ve kentleşme arasında çift yönlü nedensellik ilişkisine ulaşılmaktadır.

Usman vd. (2021) 1980-2018 dönemi arasında BRICS-T ülkelerinde ekolojik ayak izi, finansal gelişme, yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji kullanımı arasındaki ilişki incelenmektedir. Elde edilen analiz sonuçlarına göre, yenilenemeyen enerji kullanımında ve finansal gelişmede meydana gelen artışlar ekolojik ayak izini artırmaktadır. Yenilenebilir enerji kullanımının artması ise ekolojik ayak izini azaltırken uzun dönemde çevresel kaliteyi artırmaktadır. Bununla birlikte nedensellik testi sonuçları, ekolojik ayak izi ve finansal gelişme arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğunu göstermektedir.

Alvarado vd. (2021) doğal kaynak kiralalarının ve ekonomik karmaşıklığın ekolojik ayak izi üzerindeki etkilerini küreselleşme, eşitsizlik, ticaret ve kredi kontrol değişkenlerini kullanarak Latin Amerika için incelemektedir. Doğal kaynak kiralaları ve ekonomik karmaşıklığın ekolojik ayak izi üzerinde heterojen bir etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Eşitsizlik düzeyinin yüksek olduğu durumlarda ekolojik ayak izi üzerindeki doğal kaynak kira etkilerinin alt kantillerde artırıcı, üst kantillerde ise azaltıcı etkisi olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Çağlar vd. (2021) çevresel bozulmanın en fazla olduğu 10 ülkede ekolojik ayak izi, bilgi ve iletişim teknolojileri, yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketimi, finansal gelişme ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelemektedir. Elde edilen panel ARDL test sonuçlarına göre, yenilenebilir enerji tüketimi, finansal gelişme ve bilgi ve iletişim teknolojilerindeki artışların çevre bozulmalarını azalttığı, yenilenemeyen enerji tüketiminin ise çevre bozulmalarını artırdığı ifade edilmektedir.

Alvarado vd. (2021) ticaret, tarım ve Ar-Ge’nin ekolojik ayak izi üzerindeki etkilerini 1996-2016 dönemi dahilinde 77 ülke için panel veri analiz yöntemiyle incelemektedir. Analiz sonuçlarına göre ekolojik ayak izi, Ar-Ge, ticaret ve tarım arasında uzun dönemli istikrarlı bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, ekolojik ayak izi ve Ar-Ge arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğu tespit edilmiştir.

Doğu Asya, Pasifik bölgesi, Orta Doğu ve Kuzey Afrika’da ekolojik ayak izinden Ar-Ge’ye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi varken, Kuzey Amerika, Avrupa ve Orta Asya’da Ar-Ge’den ekolojik ayak izine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmaktadır.

Sharma vd. (2021) 1990-2015 dönemi için sekiz gelişmekte olan Güney ve Güneydoğu Asya ülkesinde kişi başına gelir, yenilenebilir enerji, yaşam beklentisi ve nüfus yoğunluğunun ekolojik ayak izi üzerindeki uzun ve kısa vadeli etkilerini CS-ARDL yaklaşımı kullanarak incelemiştir. Çalışma sonuçlarına göre, yenilenebilir enerji kullanımının ekolojik ayak izini azalttığı, nüfusun yoğunluğunun artmasının ise çevreyi bozucu etki yaptığı tespit edilmiştir. Aynı zamanda, ekolojik ayak izi ve kişi başına düşen gelir arasındaki ilişkinin N şeklinde olduğu ve bu durumda düşük kirlilik yoğunluklu enerji kaynaklarının kullanılmasının teşvik edilmesi gerektiğini ifade etmektedir.

## VERİ VE YÖNTEM

### Veri

Bu çalışmada ekolojik ayak izi, ekonomik büyüme, ticaret ve yenilenebilir enerji arasındaki ilişki 1992-2017 dönemi için E7 (Emerging Seven) ülkeleri (Brezilya, Çin, Endonezya, Hindistan, Meksika, Rusya ve Türkiye) incelenmektedir. Çalışmanın analiz kısmında yatay kesit bağımlılığı, homojenlik, durağanlık, eşbütünlük ve kantil regresyon testleri uygulanmaktadır. Ekolojik ayak izi verisi Global Footprint Network veri setinden, kişi başına gelir, ticaret ve yenilenebilir enerji verisi ise Dünya Bankası veri setinden elde edilmektedir. Değişkenlere ait bilgilerin yer aldığı Tablo 1 aşağıda yer almaktadır:

Tablo 1. Değişkenlere Ait Bilgiler			
Değişken	Kısaltması	Birim	Kaynak
Ekolojik Ayak İzi	ECF	Kişi başına Ekolojik ayak izi tüketimi	GFN
Kişi Başına Gelir	GDP	Kişi başına GSYİH sabit 2015\$	Dünya Bankası
Ticaret	TRD	% GSYİH	Dünya Bankası
Yenilenebilir Enerji	RNW	% toplan enerji tüketimi	Dünya Bankası

Çalışmada kullanılan ekolojik ayak izi, kişi başına GSYİH, ticaret ve yenilenebilir enerji değişkenlere ait verilerin logaritmaları alınarak analizde kullanılmaktadır. Bu değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 2’de gösterilmektedir:

Tablo 2. Tanımlayıcı İstatistikler

Değişkenler	Inecf	lngdp	Intrd	Inrnw
Mean	0.849	8.385	3.747	2.957
Median	1.000	8.780	3.867	3.179
Max.	1.922	9.378	4.705	4.047
Min.	-0.245	6.301	2.749	1.163
Std. Dev.	0.538	0.853	0.374	0.896
Skewness	-0.367	-0.848	-0.709	-0.661
Kurtosis	2.352	2.442	2.975	2.282
Jarque-Bera	7.274	24.187	15.292	17.185
Olasılık	0.026	0.000	0.000	0.000
Gözlemler	182	182	182	182

### Ekonometrik Yöntem

Bu çalışmanın yöntem kısmında ilk olarak değişkenlerin yatay kesit bağımlılıkları ve eğim homojenlikleri test edilmektedir. Ardından yatay kesti bağımlılığı ve heterojenlik sorunlarını varsayan durağanlık ve eşbütünlük testi uygulanmaktadır. Son olarak kişi başına gelir, ticaret ve yenilenebilir enerjinin çevre üzerindeki etkilerini görebilmek için panel kantil regresyon testi uygulanmaktadır.

### Yatay Kesti Bağımlılığı ve Eğim Homojenliği Testi

İlk olarak ülkeler arasındaki ekonomik, sosyal ve politik etkileşimlerden kaynaklanan karşılıklı bağımlılık, elde edilen bulguların yanlış olması problemini ortaya çıkarmaktadır. Yatay kesitler arasında meydana gelen bu bağımlılık probleminin incelenebilmesi için Breusch ve Pagan (1980) LM testi ve Peseran (2004) CD testi analizde kullanılmaktadır. Breusch ve Pagan (1980) LM testi ve Peseran (2004) CD testine ait modeller aşağıdaki şekilde formüle edilmektedir:

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

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

Yukarıda yer alan Eşitlik (1) ve Eşitlik (2)'de, T zaman boyutunu, N örneklem boyutunu gösterirken,  $\hat{\rho}_{ij}$  i ülkesi ve j ülkesi arasındaki artıkların ikili korelasyon tahminini göstermektedir. İkinci olarak analizde eğim heterojenlik probleminden kaynaklanabilecek yanlış sonuçları önleyebilmek için, eğim katsayılarının homo-

jenliği Peseran ve Yamagata (2008) tarafından önerilen delta eğim homojenliği testi kullanılmaktadır. Eğim katsayılarının heterojen mi yoksa homojen mi olduğunun test edildiği Peseran ve Yamagata (2008)  $\bar{\Delta}$  testine ait modelin formülü aşağıda gösterilmektedir:

$$\bar{\Delta} = \sqrt{N} \left( \frac{N^{-1} \bar{\xi} - k}{\sqrt{2k}} \right) \quad (3)$$

$$\bar{\Delta}_{adj} = \sqrt{N} \left( \frac{N^{-1} \bar{\xi} - k}{\sqrt{\frac{2k(T-K-1)}{T+1}}} \right) \quad (4)$$

Eğer analizde kullanılan örneklem küçükse daha iyi sonuçlar veren  $\bar{\Delta}_{adj}$  testi kullanılmalıdır. Peseran ve Yamagata (2008) testlerine ait hipotezler ise:

$H_0 : \beta_i = \beta$  Eğitim katsayıları homojen ve

$H_1 : \beta_i \neq \beta$  Eğitim katsayıları heterojen şeklindedir.

**Tablo 3. Yatay Kesit Bağımlılığı ve Homojenlik Testi Sonuçları**

Yatay Kesit Bağımlılığı Testi				
	Inecf	Ingdp	Intrd	Inrnw
LM test	145.359(0.000)*	459.885(0.000)*	155.205(0.000)*	297.803(0.000)*
CD test	19.189(0.000)*	67.721(0.000)*	20.708(0.000)*	42.711(0.000)*
Homojenlik Testi				
Test	$\hat{\Delta}$		$\hat{\Delta}$	
LM istatistik	3.880 (0.000)*		5.000 (0.000)*	

**Not:** \* %1 anlamlılık düzeyine göre boş hipotezin reddini göstermektedir.

Tablo 3'te LM ve CD test istatistik değerlerine göre değişkenlerde yatay kesit bağımlılığı yoktur şeklinde olan boş hipotez reddedilmektedir. Inecf, Ingdp, Intrd ve Inrnw değişkenlerinin hepsinde ülkelerarası etkileşimden kaynaklanan yatay kesit bağımlılığı yer almaktadır. Ardından yapılan eğim homojenlik test sonuçları da yukarıda Tablo 3'te yer almaktadır. Delta LM test istatistik sonuçlarının her ikisine göre de eğim katsayıları homojendir boş hipotezi reddedilmekte ve eğim katsayılarının heterojen olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

### **Durağanlık Testi**

Yatay kesit ve eğim homojenlik testlerinin ardından değişkenlerin birim kök içerip içermediklerinin kontrol edilmesi gerekmektedir. Analizin bu adımında yatay



kesit bağımlılığı sorununu da hesaba katan ikinci nesil birim kök testlerinden Peseran (2007) CIPS testi kullanılmaktadır. CIPS testi bireysel CADF istatistiklerine dayalı olarak hesaplandığından öncelikle CADF testine ait model aşağıda gösterilmektedir:

$$\Delta Y_{it} = a_i + b_i Y_{i,t-1} + c_i \bar{Y}_{t-1} + c_i \Delta \bar{Y}_t + \mu_{it} \quad (5)$$

Y değişken olarak kabul edildiğinde,  $\bar{Y}_t = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Y_{it}$ ,  $\Delta \bar{Y}_t = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Delta Y_{it}$ , iken, hata terimini göstermektedir. Bireysel CADF istatistiklerinden üretilen CIPS teste ait model aşağıdaki şekilde formüle edilmektedir:

$$\text{CIPS } N^{-1} \sum_{i=1}^N \text{CADF}_i \quad (6)$$

CIPS testine ait boş hipotez değişkenin durağan olmadığı şeklinde iken, alternatif hipotez ise değişkenin durağan olduğunu varsaymaktadır.

**Tablo 4. Durağanlık Testi Sonuçları**

	lnecf	lngdp	lntrd	lnrnw
Düzey	-0.810(0.209)	0.358(0.640)	-2.489(0.007)*	-0.105(0.458)
Birinci Fark	-4.383(0.000)*	-2.102(0.018)**	-5.623(0.000)*	-2.482(0.007)*

**Not:** \* ve \*\* sırasıyla %1 ve %5 anlamlılık düzeyine göre boş hipotezin reddini göstermektedir.

Tablo 4'te yer alan CIPS testi sonuçlarına göre lnecf, lngdp ve lnrnw değişkenlerinin düzey değerlerinde birim kök vardır boş hipotezi reddedilememekte, değişkenlerin birinci farkları alındığında ise durağan hale gelmektedirler I(1). lntrd değişkeninin düzey değerinde birim kök vardır boş hipotezi reddedildiğinden dolayı, değişken düzey değerinde durağandır I(0).

### **Panel Eşbütünleşme Testi**

Ardından analizde değişkenlerin uzun dönemde istikrarlı bir şekilde birlikte hareket edip etmediklerinin araştırılması için eşbütünleşme testi uygulanmaktadır. Yatay kesit bağımlılığı sorununu varsayarak oluşturulan Westerlund (2007) panel eşbütünleşme testi kullanılmıştır. Westerlund (2007) eşbütünleşme testinin dayandığı hata kontrol modeli şu şekilde formüle edilmektedir:

$$\Delta y_{it} = \delta_i d_t + \varphi_i y_{it-1} + \lambda_i x_{it-1} + \sum_{j=1}^{p_i} \varphi_{ij} \Delta y_{it-j} + \sum_{j=0}^{p_i} \gamma_{ij} \Delta x_{it-j} + e_{it} \quad (7)$$

Yukarıdaki Eşitlik (7)'de yer alan  $\delta$ ,  $d_t$  ve  $\varphi$ , ve sırasıyla parametrelerin vektörü, deterministik bileşenler ve hata düzeltme parametrelerini göstermektedir. Ardından, eşbütünleşmenin varlığını belirleyebilmek için dört test oluşturulmuştur. Bu testlerden ikisi grup ortalama istatistiklerinden oluşmakta ve aşağıdaki şekilde formüle edilmektedir:

$$G_{\tau} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{\hat{\alpha}_i}{SE(\hat{\alpha}_i)} \quad \text{ve} \quad G_{\alpha} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{T\hat{\alpha}_i}{\hat{\alpha}_i(1)} \quad (8)$$

Eşitlik (8)'de standart hata olarak şeklinde gösterilmektedir. Ardından panel istatistiklerinden oluşan iki teste ait formüller aşağıda gösterilmektedir.

$$P_{\tau} = \frac{\hat{\alpha}}{SE(\hat{\alpha})} \quad \text{ve} \quad P_{\alpha} = T\hat{\alpha} \quad (9)$$

**Tablo 5. Panel Eşbütünleşme Testi Sonuçları**

	$G_t$	$G_a$	$P_t$	$P_a$
Z-değeri	-0.233	0.269	-3.710	-2.672
Olasılık Değeri	0.001*	0.606	0.000*	0.004*
Robust Olasılık Değeri	0.048**	0.005*	0.030**	0.023**

**Not:** \* ve \*\* sırasıyla %1 ve %5 anlamlılık düzeyine göre boş hipotezin reddini göstermektedir.

Tablo 5'te yer alan panel eşbütünleşme sonuçlarına göre, yatay kesit bağımlılığı altında daha güvenilir sonuçlar veren robust olasılık değerlerine göre eşbütünleşme yoktur boş hipotezi reddedilmektedir. Değişkenlerin uzun dönemde birlikte istikrarlı bir şekilde hareket ettikleri anlaşılmaktadır.

### **Panel Kantil Regresyon Testi**

Ardından analizsin son kısmında değişkenlerin ekolojik ayak izi üzerindeki etkilerini görebilmek için kantil regresyon modeli kullanılmaktadır. Kantil regresyon yöntemi ilk olarak Koenker ve Bassett (1978) tarafından standart regresyon yönteminin bir uzantısı olacak şekilde ortaya konulmuştur. Bağımsız değişkenlerin tek başına ortalaması yerine bir bağımlı değişkenin dağılımı üzerindeki kapsamlı etkilerini tanımlayabilmekte ve aykırı değerler olduğunda ve rastgele hata teriminin normal dağılım olmadığı durumlarda daha iyi sonuçlar vermektedir. Kantil regresyon modeli Koenker ve Bassett (1978) genel anlamda aşağıda gösterilen iki model şeklinde formüle edilmektedir:

$$y_{it} = x_{it}\beta_{\theta} + u_{\theta it} \quad (10)$$

$$Quant_{\theta}(y_{it}/x_{it}) = x_{it}\beta_{\theta} \quad (11)$$

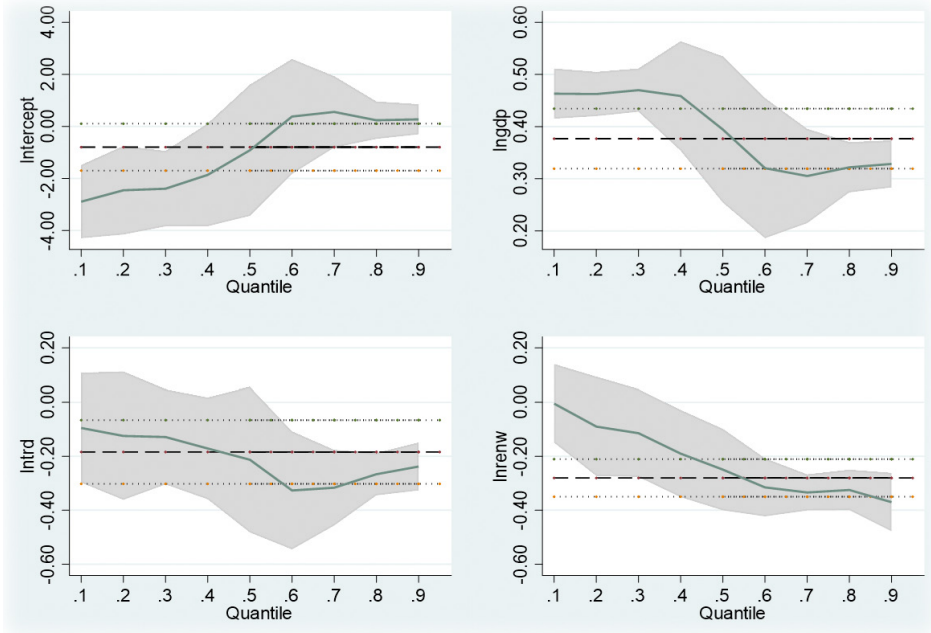
Yukarıda yer alan Eşitlik (10) ve (11)'de  $t$  zamanı,  $i$  bireyi,  $\beta$  parametrelere ait tahminlerin vektörünü,  $u$  hata terimleri vektörünü,  $Quant_{\theta}(y_{it}/x_{it})$   $x$  değişkeninin değişkenine göre koşullu dağılımını her bir kantilde göstermektedir.

Tablo 6. Panel Kantil Testi Sonuçları				
		Ingdp	Intrd	Inrnw
<b>OLS</b>		0.390(0.000)*	-0.225(0.000)*	-0.294(0.000)*
<b>Kantiller</b>	<b>0.10</b>	0.463(0.000)*	-0.094(0.176)	-0.004(0.928)
	<b>0.20</b>	0.462(0.000)*	-0.124(0.122)	-0.089(0.231)
	<b>0.30</b>	0.469(0.000)*	-0.128(0.144)	-0.114(0.149)
	<b>0.40</b>	0.458(0.000)*	-0.170(0.100)	-0.189(0.016)**
	<b>0.50</b>	0.394(0.000)*	-0.212(0.060)**	-0.249(0.000)*
	<b>0.60</b>	0.320(0.000)*	-0.326(0.005)*	-0.315(0.000)*
	<b>0.70</b>	0.305(0.000)*	-0.316(0.001)*	-0.334(0.000)*
	<b>0.80</b>	0.321(0.000)*	-0.266(0.001)*	-0.324(0.000)*
	<b>0.90</b>	0.328(0.000)*	-0.237(0.009)*	-0.369(0.000)*

**Not:** \* ve \*\* sırasıyla %1 ve %5 anlamlılık düzeyine göre boş hipotezin reddini göstermektedir.

Tablo 6'da yer EKK yöntemi kullanılarak elde edilen panel regresyon sonuçlarına göre, kişi başına gelir, ticaret ve yenilenebilir enerji değişkenlerinin ekolojik ayak izi üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır. Kişi başına gelir ekolojik ayak izini artırırken, ticaret ve yenilenebilir enerji ekolojik ayak izini azaltmaktadır. Tablo 6'da yer alan panel kantil testi sonuçlarına göre ise, kişi başına gelirin ekolojik ayak izi üzerinde bütün kantillerde istatistiksel olarak anlamlı ve artırıcı etkisi bulunmaktadır. Fakat kişi başına gelirin ekolojik ayak izi üzerindeki etkisi düşük kantil değerlerinde daha yüksekken, yüksek kantil değerlerinde daha düşüktür. Ticaretin ekolojik ayak izi üzerindeki etkisi ise bütün kantiller için azaltıcı bir etkiye sahipken, düşük kantil değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar vermezken yüksek kantil değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar vermektedir. Yenilenebilir enerji de yine aynı şekilde ekolojik ayak izi üzerinde bütün kantillerde negatif etkiye sahipken, düşük kantil değerlerinde anlamlı sonuçlar vermezken yüksek kantil değerlerinde anlamlı sonuçlara vermektedir. Aşağıdaki

tabloda ise panel kantil regresyon analizi sonucunda elde edilen ekolojik ayak izi bağımlı değişkeni üzerinde kişi başına gelir, ticaret ve yenilenebilir enerji bağımsız değişkenlerinin etkilerinin kantil dağılımları gösterilmektedir.



**Şekil 1.** Ekolojik Ayak İzi Değişkeninde Farklı Bağımsız Değişkenlerin Kantil Dağılımları  
**Not:** Gri alan kantil tahminleri için güven aralığını belirtmektedir. Noktalı çizgiler EKK katsayısının %95 anlamlılık düzeyini göstermektedir. Gri alanın ortasından geçen yeşil çizgi ise kantil regresyon tahminleri için %95 güven seviyesini temsil etmektedir.

## SONUÇ

Küresel anlamda ekonomiler kendi toplumlarının refah seviyesini yükseltmek için ekonomik büyümeyi sürdürülebilir ve yüksek düzeyde olmasını talep ederken, artan üretim kapasiteleriyle daha fazla enerjiye ihtiyaç duymaktadır. Aynı zamanda bu ülkelerin küresel etkileşimlerinin de etkisiyle ticaret hacimleri artmaktadır. Bu sebeple ekonomik aktivitelerin merkezinde yer alan olgulardan olan kişi başına gelir, ticaret ve enerjinin kullanımının çevreye olan etkilerinin de incelenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada gelişmekte olan E7 ülkeleri kullanılarak 1992-2017 yılları arasını kapsayan dönem için kişi başına gelir, ticaret ve yenilenebilir enerjinin çevre üzerindeki etkileri ekolojik ayak izi göstergesi bağımlı değişken olacak şekilde modele dahil edilerek incelenmektedir. Çalışmanın analiz kısmında ilk olarak Breusch ve Pagan (1980) LM testi ve Peseran (2004) CD testi

uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre değişkenlerde yatay kesit bağımlılığı olduğu tespit edilmiştir. Daha sonra uygulanan Peseran ve Yamagata (2008) delta test sonuçlarına göre ise değişkenlerin eğim katsayılarının heterojen olduğu tespit edilmiştir. Ardından yatay kesit bağımlılığını varsayan ikinci nesil birim kök testlerinden Peseran (2007) CIPS testi kullanılmıştır. Elde edilen durağanlık testi sonuçlarına göre, ekolojik ayak izi, kişi başına gelir ve yenilenebilir enerji değişkenlerinin  $I(1)$ , ticaret değişkenini ise  $I(0)$  olduğu tespit edilmiştir. Daha sonra yatay kesit bağımlılığı ve eğim katsayısı heterojenliğini hesaba katarak Westerlund (2007) tarafından geliştirilen panel eşbütünleşme testi kullanılmaktadır. Panel eşbütünleşme sonucuna göre, değişkenlerin eşbütünleşik ilişkiye sahip oldukları yani uzun dönemde birlikte hareket etmektedirler. Analiz kısmında son olarak panel regresyon ve panel kantil regresyon testi uygulanmıştır. Elde edilen panel regresyon sonuçlarına göre kişi başına gelirin ekolojik ayak izini artırarak çevre bozulmalarını artırdığı sonucuna ulaşılırken, ticaret ve yenilenebilir enerji kullanımının ise ekolojik ayak izini azaltarak çevre kalitesini artırmaktadır. Panel kantil regresyon sonuçlarına göre ise, panel regresyon analizinde de olduğu gibi kantillerin hepsinde kişi başına gelir ekolojik ayak izini artırıcı etki yapmakta fakat yüksek kantil değerlerinde etki oranı azalmaktadır. Ticaret değişkeninin ekolojik ayak izi üzerindeki etkisi yüksek kantil değerlerinde anlamlı ve azaltıcı etki meydana getirerek çevre üzerinde olumlu bir etki yaratmaktadır. Yenilenebilir enerjinin ekolojik ayak izi üzerindeki etkisi yine aynı şekilde yüksek kantil değerlerinde anlamlı ve azaltıcı etki yaratmaktadır.

Örneklem dahilinde kullanılan gelişmekte olan E7 ülkelerinde kişi başına gelirin artması çevresel bozulmayı artırması bu ülkelerde ekonomik büyüklüğün çevresel bozulma yaratmayacak üretim kapasitesine ulaşamamasından kaynaklanmaktadır. Beklenen yüksek gelir düzeylerine ulaşılana kadar üretimde kullanılan teknolojilerin daha çevre dostu olarak tercih edilmesi ve bu teknolojilerin teşvik edilmesi gerekmektedir. Ayrıca politika yapıcılar tarafından yüksek gelir düzeyinin sağlanmasında gerekli olan sürdürülebilir kalkınma politikaları oluşturulmalıdır. Ticaretin gelişmekte olan ülkelerde çevre kalitesini iyileştirici bir rol oynaması, ele aldığımız gelişmekte olan ülkeler genelinde enerji kullanım verimliliklerinin artırılması ve daha temiz enerji teknolojilerine erişim kolaylaşması gibi faktörlere bağlanabilir. Bu sebeple bu ülkelerde ticareti engelleyici uygulamalardan uzak durulması ve ticaretin daha fazla serbestleştirilmesi çevre kalitesini artırıcı etki yapması beklenmektedir. Yenilenebilir enerjinin kullanımının çevre kalitesini iyileştirici rol oynamasından dolayı gelişmekte olan ülkeler yenilenebilir enerjinin üretilmesinin artırılması için bu tür altyapı yatırımlarına yönlendirilmelidir. Yenilenebilir enerji yatırımının maliyeti ve süreci konusunda uzun süre-

de geri dönüşünün sağlanmasından dolayı hükümetlerin bu süreçte yenilenebilir enerji yatırımcılarını sübvansede etmeleri gerekmektedir.

Literatürde ekolojik ayak izi ile ilgili birçok çalışma bulunmasına rağmen panel kantil regresyon yöntemi kullanılarak yapılan çalışma sayısı azdır. Ekolojik ayak üzerinde etkileri bulunan değişkenlerin, ekolojik ayak izinin farklı kantil değerlerinde nasıl etkilendiğine dair elde edilecek sonuçlar politika yapımcıların daha güvenilir bulgulara sahip olarak daha etkin çözümler üretmesine yardımcı olacaktır.

## KAYNAKLAR

- Ahmed, Z., Zafar, M.W. & Danish, S.A. (2020). Linking urbanization, human capital, and the ecological footprint in G7 countries: An empirical analysis, *Sustainable Cities and Society*, 55(102064), <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102064>.
- Alvarado, R., Ortiz, C., Jiménez, N., Ochoa-Jiménez, D. & Tillaguango, B. (2021). Ecological footprint, air quality and research and development: The role of agriculture and international trade, *Journal of Cleaner Production*, 288(125589), <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125589>.
- Alvarado, R., Tillaguango, B., Dagar, V., Ahmad, M., Işık, C., Méndez, P. & Toledo, E. (2021). Ecological footprint, economic complexity and natural resources rents in Latin America: Empirical evidence using quantile regressions, *Journal of Cleaner Production*, 318(128585), <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128585>.
- Breusch, T.S. & 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.
- Caglar, A.E., Mert, M. & Boluk, G. (2021). Testing the role of information and communication technologies and renewable energy consumption in ecological footprint quality: Evidence from world top 10 pollutant footprint countries, *Journal of Cleaner Production*, 298(126784), <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126784>.
- Doytch, N. (2020). The impact of foreign direct investment on the ecological footprints of nations, *Environmental and Sustainability Indicators*, 8(100085), <https://doi.org/10.1016/j.inindic.2020.100085>.
- Ewing B, Moore D, Goldfinger S, Oursler A, Reed A, Wackernagel M (2010). Ecological Footprint Atlas 2010. Global Footprint Network, Oakland.
- GFN (2017). Global Footprint Network: National Footprint Accounts. <https://www.footprint-network.org/>. (Erişim Tarihi:15.01.2022)
- Ikram, M., Xia, W., Fareed, Z., Shahzad, U. & Rafique, M.Z. (2021). Exploring the nexus between economic complexity, economic growth and ecological footprint: Contextual evidences from Japan, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 47(101460), <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101460>.
- Khan, S., Yahong, W. & Zeeshan, A. (2022). Impact of poverty and income inequality on the ecological footprint in Asian developing economies: Assessment of Sustainable Development Goals, *Energy Reports*, 8, 670-679, <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.12.001>.
- Koenker, R., & Bassett, G. (1978). Regression quantiles. *Econometrica*, 46(1), 33-50.
- Langnel, Z., Amegavi, G.B., Donkor, P., & Mensah, J.K. (2021). Income inequality, human capital, natural resource abundance, and ecological footprint in ECOWAS member countries, *Resources Policy*, 74(102255), <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102255>.
- Pesaran, M. H., Ullah, A. & Yamagata, T. (2008). A bias-adjusted LM test of error cross-section independence, *The Econometrics Journal*, 11(1), 105-127.
- Pesaran, M.H. (2007). A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. *Journal of Applied Econometrics*, John Wiley & Sons, Ltd., 22(2), 265-312.
- Pesaran, M. (2004). General diagnostic tests for cross section dependence in panels. IZA Discussion

- Paper, 1240.
- Salman, M., Zha, D. & Wang, G. (2022). Interplay between urbanization and ecological footprints: Differential roles of indigenous and foreign innovations in ASEAN-4, *Environmental Science & Policy*, 127, 161-180, <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.10.016>.
- Saud, S., Chen, S., & Sumayya, A.H. (2020). The role of financial development and globalization in the environment: Accounting ecological footprint indicators for selected one-belt-one-road initiative countries, *Journal of Cleaner Production*, 250(119518), <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119518>.
- Sharif, A., Tuzemen, O., Uzuner, G., Ozturk, I. & Sinha, A. (2020). Revisiting the role of renewable and non-renewable energy consumption on Turkey's ecological footprint: Evidence from Quantile ARDL approach, *Sustainable Cities and Society*, 57(102138), <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102138>.
- Sharma, R., Sinha, A. & Kautish, P. (2021). Does renewable energy consumption reduce ecological footprint? Evidence from eight developing countries of Asia, *Journal of Cleaner Production*, 285(124867), <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124867>.
- Tao, R., Umar, M., Naseer, A. & Razi, U. (2021). The dynamic effect of eco-innovation and environmental taxes on carbon neutrality target in emerging seven (E7) economies, *Journal of Environmental Management*, 299(113525), <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113525>.
- Usman, M., & Makhdum, M.S.A. (2021). What abates ecological footprint in BRICS-T region? Exploring the influence of renewable energy, non-renewable energy, agriculture, forest area and financial development, *Renewable Energy*, 179, 12-28, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.07.014>.
- Usman, M., Makhdum, M.S.A. & Kousar, R. (2021). Does financial inclusion, renewable and non-renewable energy utilization accelerate ecological footprints and economic growth? Fresh evidence from 15 highest emitting countries, *Sustainable Cities and Society*, 65(102590), <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102590>.
- Westerlund, J. (2007). Testing for error correction in panel data, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 69, 709-748.
- Yang, B., Usman, M., & Jahanger, A. (2021). Do industrialization, economic growth and globalization processes influence the ecological footprint and healthcare expenditures? Fresh insights based on the STIRPAT model for countries with the highest healthcare expenditures, *Sustainable Production and Consumption*, 28, 893-910, <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.07.020>.
- Zafar, M.W. Zaidi, S.A., N.R. Khan, Mirza, F.M., Hou, F. & Kirmani, S.A. (2019). The impact of natural resources, human capital, and foreign direct investment on the ecological footprint: The case of the United States, *Resources Policy*, 63(101428), <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101428>.
- Zaidi, S.A.H., Zafar, M.W., Shahbaz, M. & Hou, F. (2019). Dynamic linkages between globalization, financial development and carbon emissions: Evidence from Asia Pacific Economic Cooperation countries, *Journal of Cleaner Production*, 228, 533-543, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.210>.