

Seçili Güneydoğu Asya Ülkelerinde Enerji Kullanımı, Ekonomik Büyüme ve Karbon Emisyonları Arasındaki Nedensellik Etkileri: Frekans Alanı Nedensellik Testinden Kanıtlar

Causal Effects between Energy Use, Economic Growth and Carbon Emissions in Selected Southeast Asian Countries: Evidence from Frequency Domain Causality Testing

DOI: 10.38155/ksbd.1605795

Araştırma Makalesi /
Research Article

Makale Geliş Tarihi /
Article Arrival Date
23/12/2024

Makale Kabul Tarihi /
Article Accepted Date
24/04/2025

Makale Yayın Tarihi /
Article Publication Date
24/06/2025

KARADENİZ SOSYAL BİLİMLER DERGİSİ

Dr. Öğr. Üyesi, Yılmaz Ulvi UZUN
Bitlis Eren Üniversitesi
İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
İktisat Bölümü
yuuzun@beu.edu.tr
ORCID: [0000-0002-6428-4167](https://orcid.org/0000-0002-6428-4167)

Etik Kurul Beyanı: Bu çalışma, insanlardan veri ve örnek toplamayı gerektiren, anket, inceleme, alan çalışması ve deney içeren araştırmalar kapsamına girmediğinden etik kurul onay belgesi gerektirmemektedir.

*Uzun, Y. U. (2025). Seçili Güneydoğu Asya ülkelerinde enerji kullanımı, ekonomik büyüme ve karbon emisyonları arasındaki nedensellik etkileri: frekans alanı nedensellik testinden kanıtlar. *Karadeniz Sosyal Bilimler Dergisi*, 17(32), 200-223.

Öz

Bu çalışma, Malezya, Filipinler, Singapur ve Tayland ekonomilerinde enerji kullanımı, ekonomik büyüme ve karbon emisyonları arasındaki nedensellik ilişkilerini Breitung-Candelon (2006) frekans alanı testi ile incelemektedir. Ayrıca, doğrusal olmayan yapıların varlığı Kruse (2011) birim kök testi ile değerlendirilmiştir. Sonuçlar, Malezya ve Filipinler’de söz konusu değişkenler arasında anlamlı bir nedensellik olmadığını göstermektedir. Tayland’da ekonomik büyüme, kısa, orta ve uzun vadede karbon emisyonlarını tetiklerken; Singapur’da enerji tüketimi orta vadede emisyonları etkilemektedir. Bu bulgular, enerji-emisyon dinamiklerinin ülke özelinde farklılaştığını ortaya koymakta ve politika yapımında tek tip çözümlerin yetersizliğine işaret etmektedir. Çalışma, ASEAN ülkelerinde enerji verimliliğinin artırılması, düşük karbon teknolojilerinin yaygınlaştırılması ve bölgesel iş birliği mekanizmalarının güçlendirilmesi yoluyla sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşılabileceğini önermektedir.

Anahtar kelimeler: Enerji Kullanımı, Ekonomik Büyüme, Karbon Emisyonları, Frekans Alanı Nedensellik, Sürdürülebilir Kalkınma.

Abstract

This study investigates the causal relationships among energy consumption, economic growth, and carbon emissions in Malaysia, the Philippines, Singapore, and Thailand using the Breitung-Candelon (2006) frequency domain causality test. Additionally, nonlinear dynamics are examined through the Kruse (2011) unit root test. Findings reveal no significant causality among these variables in Malaysia and the Philippines. Conversely, economic growth in Thailand exerts a causal effect on carbon emissions across short, medium, and long terms, while energy consumption in Singapore significantly influences emissions in the medium term. These results underscore the heterogeneous nature of energy-emission linkages across countries and emphasize the insufficiency of one-size-fits-all policy frameworks. The study advocates for enhancing energy efficiency, promoting low-carbon technologies, and strengthening regional cooperation within ASEAN to effectively achieve sustainable development goals.

Keywords: Energy Use, Economic Growth, Carbon Emissions, Frequency Domain Causality, Sustainable Development.

Giriş

Enerji, ekonomik büyümeyi sürdürebilir hale getirmek ve iklim değişikliğine neden olan karbon emisyonlarını azaltmak için kritik bir kaynak olarak, modern kalkınma politikalarının merkezinde yer almaktadır (IEA, 2021; BP, 2022). Fosil yakıtlara dayalı enerji kullanımı, küresel karbon emisyonlarının önemli bir bölümünü oluştururken, bu durum enerji kullanımı, ekonomik büyüme ve çevresel sürdürülebilirlik arasındaki dengenin nasıl sağlanabileceği sorusunu ortaya çıkarmaktadır (Change on climate, 2007). Bu ülkeler arasındaki farklılıklar, politika yapıcılar ve araştırmacılar için önemli dersler sunmaktadır.

Ekonomik büyümeyi destekleyen enerji talebi, aynı zamanda artan karbon emisyonlarının ana sürükleyicisi olarak ele alınabilir (Sadorsky, 2009; Bhattacharya et al., 2014). Ancak, enerji kullanımı ile karbon emisyonlarının ekonomik şartlara göre farklı etkiler göstermesi, bu ilişkilerin karmaşık yapısını ortaya koymaktadır (Sarkodie ve Strezov, 2019). Sanayileşen ve kentleşen ekonomiler, enerji kullanımları nedeniyle daha yüksek emisyon üretirken, yenilenebilir enerji politikalarını hayata geçiren ekonomiler bu etkiyi azaltabilmektedir (Amri, 2017; Zhang ve Wang, 2017).

ASEAN ülkelerinden Malezya, Filipinler, Singapur ve Tayland, hızlı ekonomik büyümelerinin çevresel etkileri üzerindeki dönüşümleri anlamak için önemli örnekler sunmaktadır. Singapur, yenilenebilir enerji kullanımı ve çevre dostu teknolojilere yaptığı yatırımlarla karbon emisyonlarını düşürme konusunda diğer ülkelerden ayrılırken, Malezya ve Tayland gibi enerji yoğun ülkelerde emisyon oranları yüksek seviyelerdedir (Khan et al., 2022; Lu, 2017). Filipinler'in sanayileşme ve kentleşme oranlarındaki artış, enerji kullanımıyla paralel bir karbon emisyonu artışına yol açmıştır (Hashimi et al., 2021; Lau et al., 2019).

Enerji kullanımı, ekonomik büyüme ve karbon emisyonları arasındaki ilişkiler, ülkelerin enerji politikalarındaki farklılıklara göre değişiklik göstermektedir. Bu ilişkilerin karmaşık doğası, enerji yoğun sanayi faaliyetleri, kentsel nüfus artışı ve yenilenebilir enerji kaynaklarının benimsenme oranı gibi faktörlerle derinlemesine inceleme gerektirmektedir (Gyimah et al., 2021; Usman ve Hammar, 2022).

Dolayısı ile bu karmaşık yapıdan dolayı çalışmanın özgün değeri ve literatüre katkısı, kullanılan yöntem ve analiz kapsamı açısından önceki araştırmalardan ayrılmaktadır. Öncelikle, bu çalışmada frekans alanı nedensellik testi kullanılarak enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve karbon emisyonları arasındaki ilişkiler kısa, orta ve uzun vadede analiz edilmiştir. Geleneksel nedensellik testleri genellikle tek bir zaman boyutunda ilişkileri değerlendirirken, frekans alanı

yaklaşımı farklı zaman dilimlerinde değişkenler arasındaki dinamikleri belirleme avantajı sağlamaktadır. Bu metodolojik yaklaşım, enerji ve çevre ekonomisi literatürüne katkı sağlayan önemli bir unsur olarak öne çıkmaktadır.

Ayrıca, çalışmada doğrusal olmayan yapıları tespit etmek amacıyla Kruse (2011) birim kök testi kullanılmıştır. Literatürde enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve karbon emisyonları arasındaki ilişkileri inceleyen birçok çalışma bulunmasına rağmen, doğrusal olmayan ve Fourier fonksiyonları içeren birim kök testleriyle yapılan analizlerin sayısı oldukça sınırlıdır. Bu çalışmada, geleneksel yöntemlerin yanı sıra doğrusal olmayan yapıları da dikkate alan daha geniş bir analiz çerçevesi benimsenerek, enerji politikalarına yönelik daha kapsamlı çıkarımlar yapılmıştır. Bu yönüyle çalışma, sadece Güneydoğu Asya ülkeleri özelinde değil, farklı ülkelerde yapılacak araştırmalar için de metodolojik bir referans niteliği taşımaktadır.

Araştırmanın temel amacı, seçili Güneydoğu Asya ülkelerinde enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve karbon emisyonları arasındaki uzun vadeli nedensellik ilişkisini belirlemek ve sürdürülebilir kalkınma politikalarına yönelik çıkarımlarda bulunmaktır. Bu kapsamda, çalışmada Malezya, Filipinler, Singapur ve Tayland ele alınmış ve söz konusu değişkenler arasındaki ilişkiler farklı zaman aralıklarında değerlendirilmiştir. Çalışma bulguları, ASEAN ülkelerinde sürdürülebilir enerji politikalarının etkin bir şekilde uygulanması ve karbon emisyonlarını azaltmaya yönelik politika önerileri geliştirilmesi açısından önemli sonuçlar ortaya koymaktadır.

Ayrıca, çalışmanın literatürle olan bağıını güçlendirmek ve okuyuculara daha sistematik bir çerçeve sunmak amacıyla, literatür taraması bölümü mevcut çalışmaların araştırma sahasını, kullanılan yöntemi ve analiz kapsamını gösteren bir tablo ile desteklenmiştir. Bu tablo, enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve karbon emisyonları arasındaki ilişkiyi inceleyen önceki çalışmaların temel bulgularını özetleyerek, mevcut çalışmanın literatüre nasıl bir katkı sunduğunu daha net bir şekilde ortaya koymaktadır. Bu sistematik sunum, çalışmanın akademik bütünlüğünü güçlendirmekle kalmayıp, okuyucuların ilgili literatür içindeki boşlukları ve bu çalışmanın özgün yönlerini daha iyi anlamalarına yardımcı olacaktır.

Sonuç olarak, bu çalışma metodolojik yaklaşımı, doğrusal olmayan testlerin kullanımı ve geniş bir zaman frekans analizi içermesi bakımından literatüre önemli katkılar sunmaktadır. Güneydoğu Asya ülkelerinin enerji kullanımı ve karbon emisyonları konusundaki uzun vadeli dinamiklerini ortaya koyan çalışma, enerji politikalarının sürdürülebilirliği açısından da önemli çıkarımlar yapmaktadır. Yapılan metodolojik ve teorik katkılar, yalnızca incelenen ülkeler için

değil, diğer gelişmekte olan ülkelerdeki enerji ve çevre politikalarına yönelik çalışmalar için de yol gösterici olacaktır.

Bundan sonraki bölümlerde, öncelikle literatür taraması sunulacak; ardından, veri seti ve ekonometrik analiz bulguları detaylandırılarak, çalışma sonuçları ışığında politika önerilerine yer verilecektir.

Literatür Taraması

Tablo 1. Enerji Kullanımı, Ekonomik Büyüme ve Karbon Emisyonları Arasındaki İlişkileri Ele Alan Çalışmalar

Yazarlar	Yıl	Ülke	Dönem	Metodoloji	Bulgular
Kraft ve Kraft	1978	ABD	1947-1974	Sims Tekniği	Büyümeden enerji tüketimine doğru tek yönlü ilişki tespit edilmiştir.
Hamilton	1983	ABD	1948-1972	Granger Nedensellik Testi	Enerji fiyatlarının ekonomik büyümenin Granger nedeni olduğu belirlenmiştir.
Yu ve Choi	1985	Filipinler, Kore	1954-1976	Granger Nedensellik Testi	Filipinler'de enerji tüketimi büyümeye neden olurken, Kore'de büyümeden enerji tüketimine doğru bir nedensellik bulunmuştur.
Paul ve Bhattacharya	2004	Hindistan	1950-1996	Granger Nedensellik Testi	Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında karşılıklı bir etkileşim olduğu saptanmıştır.
Lee ve Chang	2008	Asya	1971-2002	Panel Veri Analizi	Uzun dönemde enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında pozitif bir eşbütünleşme olduğu tespit edilmiştir. Ancak kısa vadede doğrudan bir nedensellik bulunamamıştır.
Yuan vd.	2008	Çin	1963-2005	Johansen-Juselius Eşbütünleşme Testi, ECM	Kısa vadede GSYH'den enerji tüketimine, uzun vadede ise elektrik ve petrol tüketiminden GSYH'ye doğru tek yönlü nedensellik bulunmuştur.
Usta ve Berber	2017	Türkiye	1970-2012	Toda-Yamamoto Nedensellik Testi	Türkiye'de enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğu belirlenmiştir.
Ray vd.	2023	10 Asya Ülkesi	1980-2019	EGLS Modeli	Karbon emisyonları ile ekonomik büyüme arasında hem kısa hem de uzun vadede artan bir ilişki olduğu bulunmuştur.

Seçili Güneydoğu Asya Ülkelerinde Enerji Kullanımı, Ekonomik Büyüme ve Karbon Emisyonları Arasındaki Nedensellik Etkileri: Frekans Alanı Nedensellik Testinden Kanıtlar

Grossman ve Krueger	1991	Meksika vd. 42 Ülke		Çevresel Kuznets Eğrisi	Kişi başına gelir arttıkça çevresel bozulma azalırken, düşük gelir seviyelerinde çevresel bozulmaların arttığı saptanmıştır.
Wang vd.	2011	Çin	1995-2007	Johansen Eşbütünleşme Testi	Ekonomik büyüme ve karbon emisyonu arasında çift yönlü uzun dönemli bir ilişki olduğu belirlenmiştir.
Arı ve Zeren	2011	Akdeniz Ülkeleri	2000-2005	Panel Veri Analizi	Karbon emisyonu ile kişi başına düşen gelir arasındaki ilişkinin N-şeklinde olduğu saptanmıştır.
Kasperowicz	2015	18 AB Ülkesi	1995-2012	Panel Veri Analizi	Uzun dönemde ekonomik büyüme ile karbon salınımı arasında negatif bir ilişki olduğu bulunmuştur.
Xu ve Lin	2015	Çin	1990-2011	Panel Veri Analizi	Sanayileşme ve kentleşmenin karbon emisyonlarını artırdığı belirlenmiştir.
Külünk	2018	Türkiye	1960-2013	Engle-Granger Eşbütünleşme Testi	Uzun dönemde ekonomik büyüme ile karbon salınımı arasında pozitif bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir.
Emek ve Atay Polat	2023	G7 Ülkeleri	1991-2021	Durbin-Hausman, FMOLS-DOLS	Ekonomik büyümenin karbon salınımını azalttığı ve bu ilişkinin negatif olduğu belirlenmiştir.
Chang	2010	Çin	1981-2006	Eşbütünleşme, Hata Düzeltme, Granger Nedensellik	GSYH'den karbon emisyonuna, ham petrol tüketimine ve kömür tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik bulunmuştur.
Öztürk ve Küsmez	2019	Dünya Ortalaması Ülkeler	1995-2014	VAR Tekniği	Enerji tüketimi ile karbon emisyonu arasında negatif ve anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Ayrıca enerji tüketiminden karbon emisyonuna doğru tek yönlü nedensellik tespit edilmiştir.
Zou ve Zhang	2020	Çin	2000-2017	Durbin Modeli	Ekonomik büyümenin karbon emisyonlarını önemli ölçüde artırdığı, karbon emisyonlarının azaltılmasının büyümeyi etkilemeyeceği ve enerji tüketimi ile karbon emisyonu arasında çift yönlü bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir.

Kazanamaz vd.	2023	Türkiye	1967-2017	Johansen Eşbütünleşme, Granger, Vektör Hata Düzeltilme	Elektrik tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde pozitif etkisi olduğu, karbon emisyonu ile büyüme arasında negatif bir ilişki bulunduğu belirlenmiştir. Ayrıca elektrik tüketiminden büyümeye ve karbon emisyonuna doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
------------------	------	---------	-----------	--	---

Metodoloji

Çalışmada kullanılan Kruse (2011) doğrusal olmayan birim kök testi, geleneksel doğrusal birim kök testlerinden farklı olarak ekonomik ve çevresel verilerde sıkça gözlemlenen doğrusal olmayan yapıları ve asimetrik davranışları tespit etme kapasitesine sahiptir. ADF(1979) veya KPSS(1992) gibi geleneksel birim kök testleri, değişkenlerin durağanlık özelliklerini doğrusal bir çerçevede değerlendirirken, Kruse (2011) testi, özellikle ekonomik büyüme ve enerji tüketimi gibi değişkenlerde gözlemlenebilen yapısal kırılmalar, asimetrikler ve doğrusal olmayan dalgalanmaları dikkate alır. Bu testin kullanılması, karbon emisyonlarının ekonomik büyüme ve enerji tüketimi ile olan ilişkilerinin daha gerçekçi bir çerçevede değerlendirilmesine olanak tanır ve literatürde bu tür dinamiklerin incelenmesine önemli bir katkı sağlar (Kruse, 2011).

Breitung-Candelon (2006) nedensellik testi ise, geleneksel Granger nedensellik testlerinden ayrılarak nedenselliği frekans alanında inceleme özelliği taşır. Bu test, kısa, orta ve uzun vadeli nedensellik ilişkilerini ayrı ayrı belirleme kapasitesine sahip olduğu için özellikle ekonomik büyüme ve enerji tüketiminden karbon emisyonlarına doğru nedensellik ilişkilerinin daha ayrıntılı bir şekilde analiz edilmesine olanak tanır. Geleneksel Granger(1969) testleri, genellikle zaman serisi düzeyinde genel bir nedensellik bağıntısı sunarken, Breitung-Candelon (2006) testi, politika yapıcılar ve akademik çalışmalar için kritik öneme sahip olan farklı zaman boyutlarındaki etkileşimleri değerlendirme imkânı sunar (Breitung & Candelon, 2006).

Bu testlerin literatüre katkısı, ekonomik büyüme ve enerji tüketiminin çevresel etkilerini analiz eden çalışmalarda metodolojik sınırlamaları aşarak daha kapsamlı ve detaylı bir çerçeve sunmasında yatmaktadır. Örneğin, ekonomik büyüme ve enerji tüketiminden karbon emisyonlarına doğru nedenselliği araştıran makalelerde genellikle ARDL(2001), Johansen(1988) eşbütünleşme veya geleneksel Granger nedensellik testleri kullanılmaktadır (Örneğin, Zhang et al., 2017; Wang et al., 2018). Ancak bu yöntemler, doğrusal olmayan

yapılar veya farklı zaman ölçeklerindeki nedensellik ilişkilerini yeterince yakalayamamaktadır. Kruse (2011) ve Breitung-Candelon (2006) testlerinin bu çalışmada uygulanması, metodolojik çeşitliliği artırarak literatürdeki bu boşluğu doldurmayı ve daha gerçekçi sonuçlar sunmayı amaçlamaktadır. Bu bağlamda, çalışmanın bulgularının hem politika yapıcılar hem de akademisyenler için yeni bir perspektif sağlayacağı öngörülmektedir.

Veri Seti ve Ekonometrik Analiz Bulguları

Literatür taramasında sunulan bilgiler doğrultusunda, bu bölümde öncelikle çalışmada kullanılan veri seti tanımlanmış, ardından sırasıyla tanımlayıcı istatistiklere, değişkenlerin zaman serisi grafiklerine, doğrusal olmayan birim kök testi sonuçlarına ve frekans alanında gerçekleştirilen nedensellik analizine yer verilmiştir.

Çalışmada kullanılan değişkenlerin tanımları ve veri kaynakları Tablo 1’de sunulmuştur. Tablo 1, çalışmada kullanılan değişkenlerin tanımlarını, ölçü birimlerini, veri kaynaklarını ve analiz dönemi kapsamını sunmaktadır. Bu tablo, veri setinin temel özelliklerini ve analizde kullanılan değişkenlerin kapsamını sistematik bir biçimde açıklamaktadır.

Tablo 2: Analizde Kullanılan Değişkenler

Sembol	Tanım	Ölçü Birimi	Kaynak	Zaman aralığı
CO2	Karbon emisyonu	Kişi Başı Metrik Ton		
ENUSE	Enerji Kullanımı	Kişi Başına Kg Petrol Eşdeğeri	Dünya Bankası	1990-2014
GDDPC	KBGSYİH	Dolar-2015 Sabit Değerlerle		
URPOP	Kentsel Nüfus	Milyon		

Tablo 2’de sunulan değişkenlerin tanımları ve veri kaynaklarının ardından, Tablo 2’de bu değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler sunulmaktadır. Tanımlayıcı istatistikler, veri setinin temel özelliklerini ortaya koyarak, veri setinin genel yapısını daha iyi anlamak için önemli bir katkı sağlamaktadır.

Tablo 3: Tanımlayıcı İstatistikler

	CO2	ENUSE	GDPPC	URPOP
	Maleziya			
Ortalama	5.6225	2197.9	6773.6	15.482
Medyan	5.6489	2178.4	6518.9	15.416
Maksimum	7.7194	2930.8	9369.1	22.519
Minimum	3.1178	1246.4	4260.2	8.7224

Std.Sap.	1.3519	468.65	1385.2	4.3705
Jarque-Bera	1.5669	1.2548	0.6321	1.6864
Olasılık	0.4568	0.5339	0.7290	0.4303
Fillipinler				
Ortalama	0.8556	463.36	2038.2	37.385
Medyan	0.8789	464.36	1877.6	37.363
Maksimum	1.0237	512.96	2843.8	46.703
Minimum	0.6415	410.84	1655.8	28.924
Std.Sap.	0.1028	27.889	353.60	5.3415
Jarque-Bera	1.2068	0.7142	3.0494	1.3604
Olasılık	0.5469	0.6997	0.2176	0.5065
Singapur				
Ortalama	9.3236	5137.7	37830	4.2068
Medyan	9.5073	5069.2	34890	4.1380
Maksimum	11.108	7370.6	54682	5.4697
Minimum	7.7857	3782.72	23273	3.0471
Std.Sap.	1.0024	746.60	9560.9	0.7393
Jarque-Bera	1.5368	8.2535	1.5563	1.3006
Olasılık	0.4637	0.0161	0.4592	0.5219
Tayland				
Ortalama	2.9407	1328.3	4068.2	23.087
Medyan	2.9759	1280.8	3786.3	21.664
Maksimum	3.8041	1950.5	5561.6	32.842
Minimum	1.5934	759.46	2608.2	16.250
Std.Sap.	0.6323	356.33	884.03	5.5385
Jarque-Bera	1.9776	1.3552	1.4859	2.4272
Olasılık	0.3720	0.5078	0.4757	0.2971

Malezya, 5.62 ortalama CO2 emisyonu ile ülkeler arasında orta düzeyde bir emisyonuna sahiptir; Singapur ise 9.32 ortalama değeriyle en yüksek CO2 emisyonuna sahiptir. Filipinler ise 0.85 ortalama ile en düşük değeri sergilerken, Tayland 2.94 ile Filipinler ve Malezya arasında bir emisyon düzeyine sahiptir. Maksimum ve minimum değerler incelendiğinde, Singapur (11.11 maksimum, 7.78 minimum) en geniş varyasyona sahipken, Filipinler (1.02 maksimum, 0.64 minimum) en düşük varyasyonu göstermektedir. Standart sapma açısından Singapur (1.00) en yüksek varyasyona sahipken, Filipinler (0.10) en düşük varyasyona sahiptir. Jarque-Bera

testine göre, tüm ülkelerde p-değerleri %5'ten büyük olduğundan CO2 emisyonlarının normal dağılıma uygun olduğu söylenebilir.

Singapur, 5137.7 ortalama enerji kullanımı ile diğer ülkeleri açık ara geride bırakırken, Malezya 2197.9 ile ikinci sıradadır. Tayland (1328.3) ve Filipinler (463.36) ise daha düşük seviyelerde enerji kullanımına sahiptir. Maksimum ve minimum enerji kullanımı açısından da Singapur (7370.6 maksimum, 3782.72 minimum) en geniş aralığa sahiptir. Standart sapma bakımından Singapur (746.60) ve Malezya (468.65) daha yüksek varyasyon gösterirken, Filipinler (27.88) en düşük varyasyona sahiptir. Jarque-Bera testine göre, Singapur'da p-değeri %5'ten küçük olduğundan enerji kullanımının normal dağılıma uymadığı, diğer ülkelerde ise normal dağılıma uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

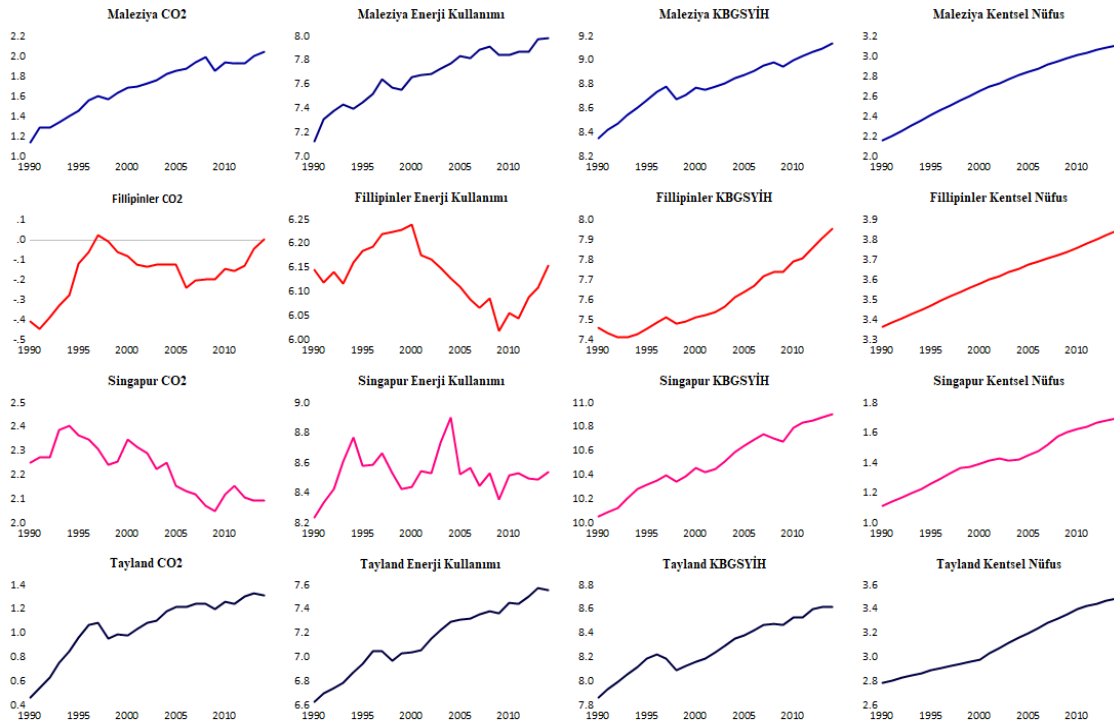
Singapur, 37,830 ortalama kişi başına düşen gelir ile en yüksek seviyeyi sergilerken, Malezya 6773.6 ile ikinci sıradadır. Tayland (4068.2) ve Filipinler (2038.2) ise daha düşük seviyelerdedir. Maksimum gelir Singapur'da 54,682, minimum ise 23,273 olarak en geniş aralığı göstermektedir. Standart sapma açısından da Singapur (9560.9) en yüksek varyasyona sahiptir. Jarque-Bera testine göre, p-değerleri %5'ten büyük olduğundan tüm ülkelerde kişi başına düşen GSYİH'nın normal dağılım gösterdiğini ifade etmek mümkündür.

Filipinler, 37.38 milyon kişi ortalama kentsel nüfus ile en yüksek değere sahipken, Tayland (23.08 milyon) ve Malezya (15.48 milyon) daha düşük seviyelerdedir. Singapur ise 4.21 milyon kişi ile en düşük kentsel nüfusa sahiptir. Maksimum değer Filipinler'de 46.70 milyon ile en yüksekken, Singapur'da 3.05 milyon ile en düşüktür. Standart sapma açısından Filipinler (5.34 milyon) en yüksek varyasyona sahipken, Singapur (0.73 milyon) en düşük varyasyonu göstermektedir. Jarque-Bera testine göre, tüm ülkelerde p-değerleri %5'ten büyük olduğundan kentsel nüfusun normal dağılıma uygun olduğu söylenebilir.

Tablo 3'de sunulan tanımlayıcı istatistikler, değişkenlerin merkezi eğilimleri ve yayılımı hakkında temel bilgiler sunmakta olup, bu verilerin zaman içindeki hareketliliğini ve olası trendlerini yansıtmakta yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle, değişkenlerin zaman serisi grafiğiyle incelenmesi, verilerin dinamik yapısını ve zamanla nasıl değiştiklerini daha net bir şekilde ortaya koyacaktır. Şekil 1'de sunulan zaman serisi grafiği, her bir değişkenin zaman içerisindeki gelişimini görselleştirerek, tanımlayıcı istatistiklerin sunduğu statik bilgilerden öte, verilerin zamanla nasıl evrildiğini ve olası döngüsel ya da trendsel hareketleri gözler önüne serme imkânı sunmaktadır.

Malezya ve Tayland'da CO₂ emisyonları 1990'dan itibaren sürekli bir artış gösterirken, bu durum sanayileşme, enerji tüketimindeki artış ve ekonomik büyümeyle doğrudan ilişkilendirilebilir. Filipinler'de ise CO₂ emisyonları dalgalı bir seyir izlemekte; 1990'ların başında düşüş gözlemlenirken, 2000'lerden itibaren toparlanma yaşanmıştır, bu da ekonomik faaliyetlerdeki değişikliklerle açıklanabilir. Singapur'da ise diğer ülkelerden farklı olarak CO₂ emisyonlarında dalgalanma ve 2000'li yılların ortasından itibaren belirgin bir düşüş görülmektedir; bu durum enerji verimliliği ve temiz enerji politikalarının etkisini yansıtmaktadır. Genel olarak, Malezya ve Tayland'da emisyonlar artış eğilimindeyken, Filipinler'de dalgalı bir seyir, Singapur'da ise çevreye duyarlı politikalar sayesinde azalma eğilimi dikkat çekmektedir.

Malezya ve Tayland'da enerji kullanımı 1990'dan itibaren sürekli bir artış göstermiş, bu da sanayileşmenin ve ekonomik büyümenin enerji talebini artırdığını göstermektedir. Filipinler'de enerji kullanımı 1990'larda nispeten durağan bir seyir izlerken 2000'li yıllarda artış eğilimine girmiştir; bu durum ekonomik toparlanma ve gelişim süreçlerini yansıtmaktadır. Singapur'da ise enerji kullanımı 1990'ların başından itibaren artış göstermiş, ancak dalgalı bir seyir izlemiştir; bu dalgalanmalar enerji tüketimindeki verimlilik politikaları ve nüfus artışıyla ilişkilendirilebilir.



Şekil 1: Ülkeler Üzere Değişkenlerin Zaman Serisi Grafikleri

Malezya, Singapur ve Tayland'da KBGSYİH sürekli bir artış trendi göstermektedir. Malezya ve Tayland'da bu artış kademeli ve istikrarlıyken, Singapur'daki artış daha hızlıdır ve yüksek gelir grubuna geçişi yansıtmaktadır. Filipinler'de ise KBGSYİH artışı daha dalgalı bir seyir izlemekte, ancak genel olarak yükselme eğilimindedir; bu durum ülkedeki ekonomik reformlar ve toparlanma süreçleriyle ilişkilidir. Özellikle Singapur'un yüksek KBGSYİH seviyeleri, bu ülkenin bölgesel ekonomik lider konumunu göstermektedir.

Kentsel nüfus tüm ülkelerde artış göstermektedir. Malezya ve Tayland'da kentsel nüfus artışı düzenli bir şekilde sürerken, Filipinler'de bu artış daha hızlı ve keskin bir eğilim göstermektedir; bu durum kırsaldan kente göç ve kentleşme politikalarının etkisine işaret etmektedir. Singapur'da ise kentsel nüfusun artış oranı daha yavaştır, çünkü ülke zaten yüksek bir kentleşme oranına sahiptir. Genel olarak, kentsel nüfusun artışı, enerji talebini ve karbon emisyonlarını artıran önemli bir faktör olarak öne çıkmaktadır.

Şekil 1'de sunulan zaman serisi grafiklerinin, verilerin genel eğilimlerini ve dönemsel dalgalanmalarını görselleştirme açısından sağladığı faydalar yadsınamaz olmakla birlikte, bu grafiklerin verilerin durağanlık (istasyoneryoluk) özelliklerini belirlemede yetersiz kaldığı söylenebilir. Zira, zaman serisi verilerinin durağanlık durumu, ekonomik ve finansal analizlerde kritik bir öneme sahiptir; çünkü durağan olmayan bir veri seti, tahminleme ve modelleme süreçlerinde yanıltıcı sonuçlara yol açabilir. Bu eksikliklerin giderilmesi amacıyla, doğrusal olmayan birim kök testlerinden Kruse (2011) testi uygulanmıştır.

Kruse testi, zaman serisinin doğrusal olmayan birim köklerini tespit ederek, verinin durağanlık özelliği hakkında daha derinlemesine bilgi sunmaktadır. Grafiklerin, verilerin genel yapısını görselleştirdiği halde, Kruse testi zaman serisinin durağan olup olmadığını belirleyerek modelleme için gerekli olan uygunluk koşullarını daha sağlam bir biçimde ortaya koymaktadır. Bu test, serinin doğrusal olmayan yapısını ve olası yapısal kırılmalarını dikkate alarak, verilerin doğru bir şekilde analiz edilmesini sağlayacak ek bir perspektif sunmaktadır. Dolayısıyla, Kruse testinin sonuçları, zaman serisinin doğasına dair daha kesin ve güvenilir bir değerlendirme yapılabilmesine olanak tanımaktadır.

Tablo 4: Doğrusal Olmayan Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	Test istatistiği	Optimal Gecikme Uzunluğu	Sonuç
LMALCO2	18.45***	0	I(0)
LMALENUSE	20.26***	0	I(0)
LMALGDPPC	10.80	0	I(1)

LMALURPOP	0.055	0	I(1)
LPHCO2	1.924	0	I(1)
LPHENUSE	8.407	1	I(1)
LPHGDPPC	5.675	0	I(1)
LPHURPOP	4.410	0	I(1)
LSİNCO2	4.289	0	I(1)
LSİNENUSE	14.84**	0	I(0)
LSİNGDPPC	13.07**	0	I(0)
LSİNURPOP	1.345	0	I(1)
LTHCO2	5.691	0	I(1)
LTHENUSE	5.580	0	I(1)
LTHGDPPC	2.777	0	I(1)
LTHURPOP	28.62***	1	I(0)

***, ** sırasıyla %5 ve %1 anlamlılık düzeylerini ifade etmektedir.

Tablo 4'te sunulan bilgilere göre, LMALCO2, LMALENUSE, LSİNENUSE, LSİNGDPPC ve LTHURPOP değişkenleri için hesaplanan test istatistikleri, Kruse (2011) çalışmasında belirtilen kritik değerlerden büyük olduğundan, bu değişkenlerin birim kök içerdiğini ifade eden sıfır hipotezi reddedilmiştir. Bu durum, söz konusu değişkenlerin birim kök içermediği ve düzeyde durağan oldukları sonucuna işaret etmektedir. Diğer değişkenler için hesaplanan test istatistikleri ise kritik değerlerden küçük olduğu için, sıfır hipotezi reddedilememiş ve bu değişkenlerin düzeyde durağan olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 4'teki birim kök testi sonuçlarının ardından, çalışmada Breitung-Candelon (2006) nedensellik testi uygulanmıştır. Bu testin sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için, öncelikle uygun VAR modelinin gecikme uzunluklarının belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla, AIC ve BIC kriterleri dikkate alınarak Malezya için optimal gecikme uzunluğu 3, Filipinler, Singapur ve Tayland için sırasıyla 2, 4 ve 2 olarak tespit edilmiştir.

Breitung-Candelon (2006) testi, frekans alanında nedensellik ilişkilerini analiz etmeye yönelik önemli bir yöntemdir. Çalışmada bu testin uygulanması için Tastan (2015) tarafından sunulan Stata kodlarından faydalanılmıştır. Test sonuçları, ülkeler ve değişkenler bazında ayrıntılı bir şekilde Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4 Panel A'da sunulan Breitung-Candelon (2006) nedensellik testine dayanan sonuçlara göre, Malezya için ENUSE (Enerji Kullanımı) ile CO2 (Karbon Emisyonları) ve GDPPC (Kişi Başı Gayri Safi Yurt İçi Hasıla) ile CO2 arasında kısa, orta ve uzun dönemde bir

nedensellik ilişkisi tespit edilmemiştir. Bu bulgu, Malezya ekonomisinde enerji kullanımı ile ekonomik büyüme ve karbon emisyonları arasındaki doğrudan nedensel bağlantıların zayıf olduğu veya bu değişkenlerin birbirini etkilemediği şeklinde değerlendirilmiştir.

Bu sonuç, Malezya ekonomisinin enerji kullanımının çevresel etkilerle, özellikle karbon emisyonlarıyla, güçlü bir şekilde ilişkilendirilmediğini ortaya koymaktadır. Malezya'nın hızla büyüyen ekonomisi ve düşük maliyetli enerji kaynaklarına olan bağımlılığı, enerji tüketiminin ve ekonomik büyümenin karbon emisyonları üzerinde doğrudan bir etkisi olmadığı şeklinde açıklanmıştır. Bu durum, Malezya'nın enerji üretiminde yerel kaynakların kullanılması ve çevre dostu teknolojilerin sınırlı seviyede uygulanmasından kaynaklanmaktadır. Ekonomik büyüme ile karbon emisyonları arasındaki ilişki, daha çok gelişmiş ve sanayileşmiş ülkelerde gözlemlenen bir durum olup, Malezya gibi gelişmekte olan ülkelerde bu ilişki daha az belirgindir (Al-Mulali & Ozturk, 2022).

Benzer çalışmalarda da, enerji tüketimi ile karbon emisyonları arasında doğrudan bir ilişkinin bulunamayacağı vurgulanmıştır. Örneğin, Apergis ve Payne (2010) tarafından yapılan bir çalışmada, gelişmekte olan ülkelerde enerji tüketiminin çevresel etkilerle doğrudan ilişkilendirilmediği, çünkü bu ülkelerin enerji verimliliği ve çevre dostu teknolojilerde daha düşük seviyelerde olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca, Malezya'nın büyüme modelinin enerji yoğun sektörel yapıya dayanmadığı ve bunun da enerji kullanımı ile ekonomik büyümenin doğrudan çevresel sonuçlar yaratmamasına yol açtığı belirtilmiştir.

Bu bulgular, Malezya'nın sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşabilmesi için daha uzun vadeli stratejiler ve politika değişikliklerinin gerekli olduğunu göstermektedir. Ayrıca, çevre dostu enerji teknolojilerine ve enerji verimliliği önlemlerine yapılan yatırımların artırılması gerektiği vurgulanmaktadır.

Tablo 4 Panel A'da verilen sonuçlara göre, Malezya için ekonomik büyüme (GDPPC) ile CO2 arasında kısa, orta ve uzun dönemde bir nedensellik ilişkisi bulunamaması, Malezya ekonomisinin büyüme ile çevresel etkiler arasındaki doğrudan bağlantılarının zayıf olduğuna işaret etmektedir. Bu durum, Malezya'nın enerji yoğun sektörlerle dayanmayan büyüme modelinin bir sonucu olarak değerlendirilebilir. Ekonomik büyüme ile karbon emisyonları arasındaki ilişkinin, gelişmiş ekonomilerde daha belirgin olduğu ve gelişmekte olan ülkelerde, özellikle düşük karbonlu enerji kaynaklarının daha yaygın kullanıldığı yerlerde zayıf kalabileceği literatürde vurgulanmaktadır (Al-Mulali & Ozturk, 2022). Ayrıca, Apergis ve Payne (2010), gelişmekte olan ülkelerde enerji tüketimi ile çevresel etkiler arasındaki doğrudan

ilişkinin bulunmadığını, bu ülkelerin enerji verimliliği ve çevre dostu teknolojilerde daha düşük seviyelere sahip olduğunu belirtmişlerdir. Bu bağlamda, Malezya'daki ekonomik büyümenin çevresel etkilerle güçlü bir şekilde ilişkilendirilmemesi, enerji verimliliği ve çevre dostu teknolojilere yapılan sınırlı yatırımlar ile de açıklanabilir. Stern (2004), ekonomik büyüme ile çevresel etkiler arasındaki ilişkinin, gelişmiş ülkeler yerine gelişmekte olan ülkelere daha zayıf olduğunu ve bu ilişkinin zamanla daha fazla politika değişikliği gerektirdiğini ifade etmiştir. Benzer şekilde, Sikder vd(2022), ASEAN ülkelerinde enerji tüketimi ve karbon emisyonları arasındaki zayıf ilişkiyi, bu ülkelerdeki enerji verimliliği eksiklikleri ve çevre dostu teknolojilerin sınırlı uygulanabilirliği ile ilişkilendirmiştir.

Tablo 4 Panel B'de sunulan Breitung-Candelon (2006) nedensellik testine dayanan sonuçlara göre, Filipinler için de, ENUSE (Enerji Kullanımı) ile CO2 (Karbon Emisyonları) ve GDPPC (Kişi Başı Gayri Safi Yurt İçi Hasıla) ile CO2 arasında kısa, orta ve uzun dönemde bir nedensellik ilişkisi tespit edilmemiştir.

Filipinler için elde edilen sonuçların Malezya ile bire bir aynı olması, her iki ekonominin de enerji kullanımı, ekonomik büyüme ve karbon emisyonları arasındaki doğrudan nedensel ilişkiyi göstermediğini ortaya koymaktadır. Bu durum, her iki ülkenin de ekonomik yapılarının, karbon emisyonları ile enerji tüketimi arasındaki doğrudan bağları zayıf hale getirdiğini göstermektedir.

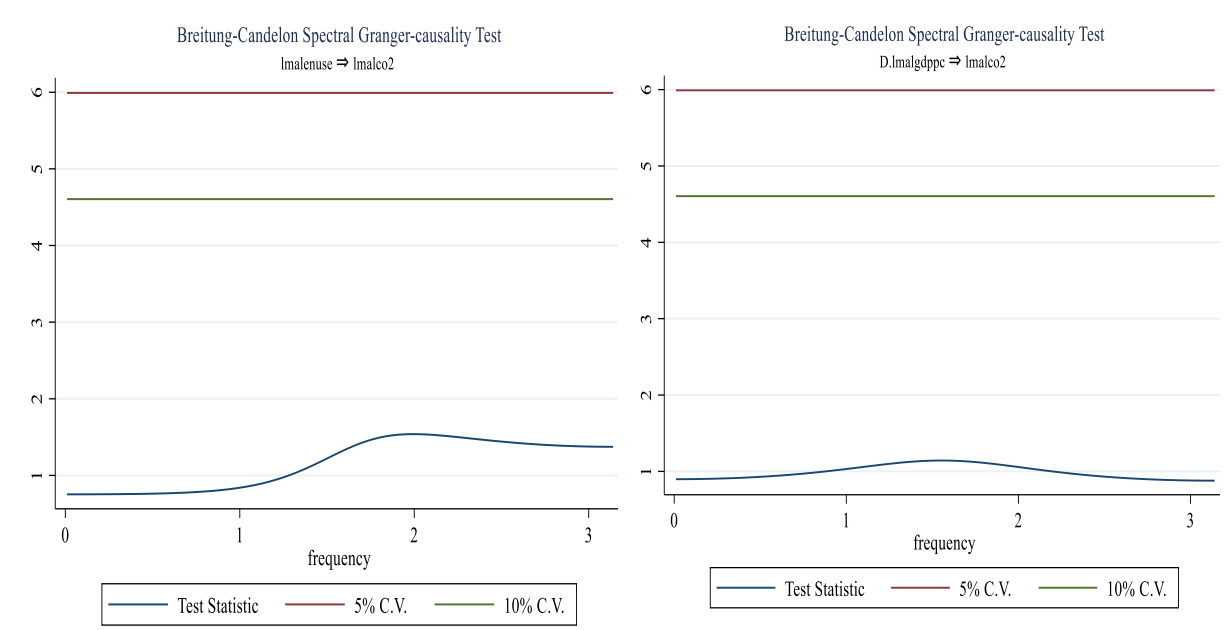
Filipinler'in hızla gelişen ekonomisi, enerji verimliliği konusunda sınırlı gelişme ve çevre dostu teknolojilerin sınırlı uygulanabilirliği gibi faktörlerle şekillenmiştir. Ayrıca, her iki ülkenin de enerji üretiminde büyük ölçüde yerel ve geleneksel kaynaklara dayalı bir yapı benimsemesi, enerji tüketiminin ve ekonomik büyümenin doğrudan çevresel etkiler yaratmamasına yol açmıştır. Bu tür sonuçlar, gelişmekte olan ülkelere genellikle gözlemlenen bir durumdur, çünkü bu ülkeler gelişmiş ülkelerle karşılaştırıldığında enerji verimliliği ve çevre dostu teknolojilere daha az yatırım yapmaktadır (Apergis & Payne, 2010; Al-Mulali & Ozturk, 2022).

Sonuç olarak, Filipinler için de tıpkı Malezya'da olduğu gibi enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ile karbon emisyonları arasında doğrudan bir nedensellik ilişkisi bulunamaması, bu ülkelerin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmalarında daha uzun vadeli stratejiler ve çevre dostu teknolojilere yapılan yatırımların artırılması gerektiğini göstermektedir.

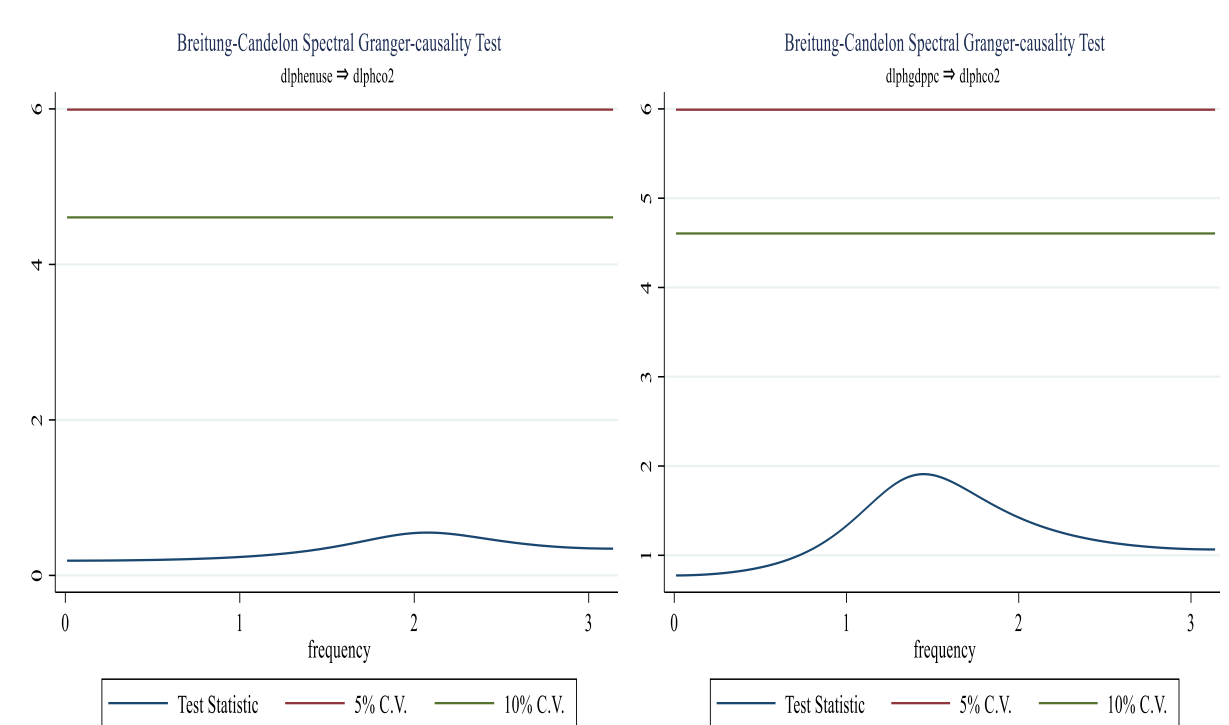
Seçili Güneydoğu Asya Ülkelerinde Enerji Kullanımı, Ekonomik Büyüme ve Karbon Emisyonları Arasındaki Nedensellik Etkileri: Frekans Alanı Nedensellik Testinden Kanıtlar

Tablo 5: Breitung-Candelon(2006) Testi Sonuçları

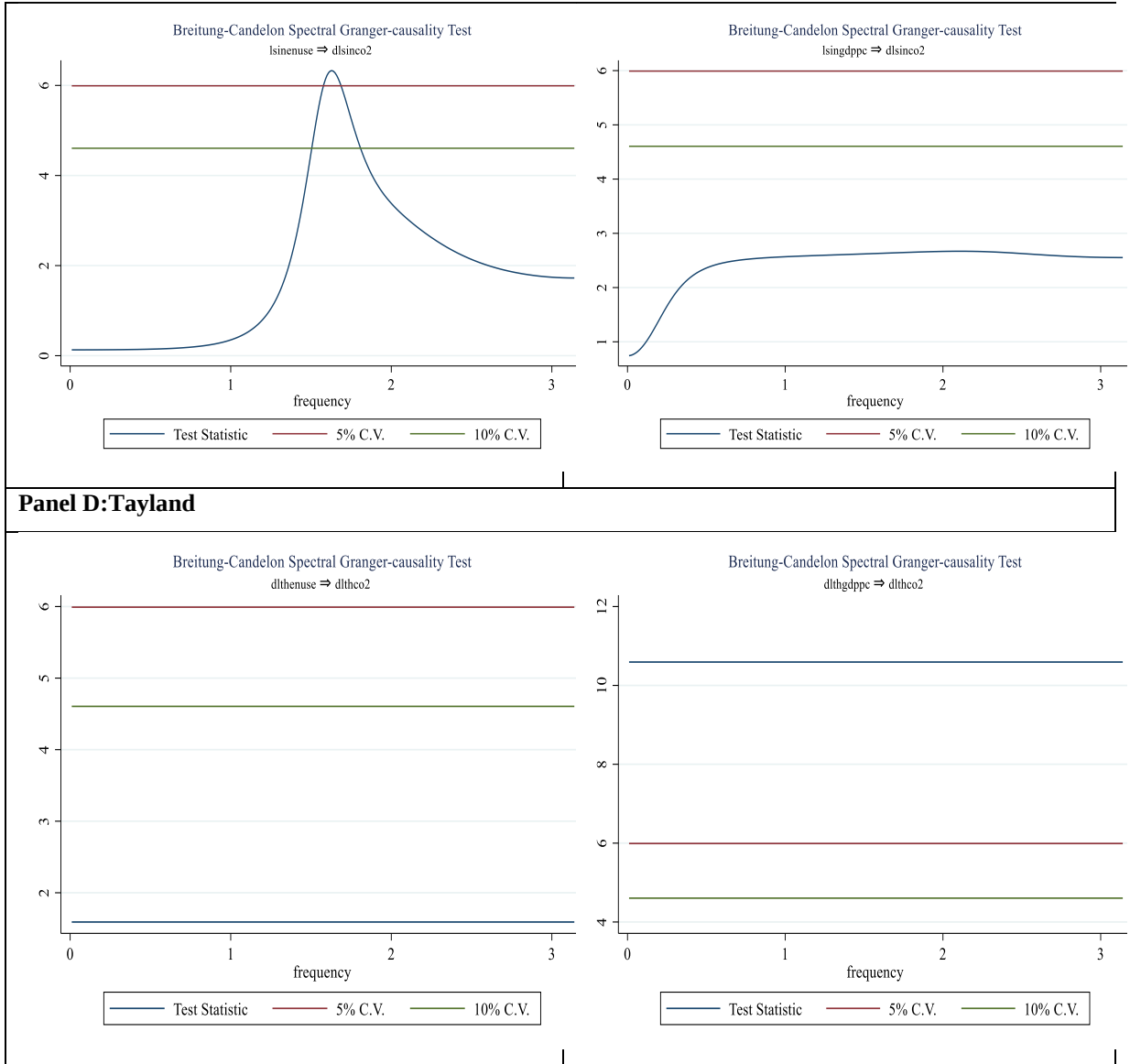
Panel A:Maleziya



Panel B:Fillipinler



Panel C:Singapur



Tablo 5 Panel C’de sunulan Breitung-Candelon (2006) nedensellik testine dayalı sonuçlara göre, Singapur’da enerji tüketiminden karbon emisyonlarına doğru bir nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Bu nedensellik ilişkisi, frekansın 1.4-1.6 arasında olduğu bir aralıkta test istatistiğinin kritik değeri geçmesiyle belirlenmiştir. Frekansın 1.4-1.6 aralığında olması, bu ilişkinin orta vadeye denk geldiğini göstermektedir. Frekans alanının zaman birimine çevrilmesi için $T=2\pi/f$ formülü kullanarak, $T_{1.4} \approx 3.93$ ve $T_{1.6} \approx 4.5$ olduğunu hesaplayabiliriz. Böylece bu örnekte, orta vadenin 3.9 ile 4.5 yıl arasındaki bir döneme tekabül ettiğini ifade edebiliriz. Böylece enerji tüketimi ile karbon emisyonları arasındaki nedensellik ilişkisini yaklaşık 3.9 ile 4.5 yıl arasında bir süre içinde etkili kılacak bir bağa işaret ettiği söyleyebiliriz. Singapur ekonomisinin yapısına bakıldığında, bu nedensellik ilişkisi, enerji tüketiminin çevresel etkilerle,

özellikle karbon emisyonlarıyla, doğrudan bağlantılı olduğunu göstermektedir. Singapur, yüksek enerji tüketimi ve sanayileşmiş yapısı ile bilinen bir ekonomiye sahiptir. Bu durum, enerji tüketiminin çevresel etkiler yaratmasına yol açmaktadır. Singapur'un enerji üretiminde büyük ölçüde fosil yakıtlara dayalı kaynaklar kullanılması, enerji tüketiminin karbon emisyonlarına olan etkisini güçlendirebilir. Ayrıca, sanayileşme ve ekonomik büyüme süreçlerinin enerji talebini artırarak karbon emisyonları ile enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi daha belirgin hale getirdiği düşünülebilir (Apergis & Payne, 2010).

Tablo 5 Panel C'deki bir diğer sonuç, Singapur'da GDPPC (Kişi Başı Gayri Safi Yurt İçi Hasıla) ile CO₂ (Karbon Emisyonları) arasında bir nedensellik ilişkisinin tespit edilememesi ile ilgilidir. Bu durum, Singapur ekonomisinde ekonomik büyüme ile karbon emisyonları arasındaki doğrudan bir ilişki bulunmadığını göstermektedir. Singapur, yüksek gelir düzeyine sahip gelişmiş bir ülke olmasına rağmen, ekonomik büyümenin çevresel etkilerle doğrudan bir bağ kurmadığı bu bulgu ile ortaya çıkmaktadır. Bu, Singapur'daki ekonomik büyümenin daha çok hizmetler sektörü ve teknoloji odaklı bir yapı üzerinde yoğunlaşmasından, dolayısıyla enerji tüketiminin çevresel etkilerle daha düşük düzeyde ilişkilendirilmesinden kaynaklanıyor olabilir. Ayrıca, Singapur'un karbon emisyonlarını sınırlamak için çevre dostu teknolojilere yaptığı yatırımlar ve enerji verimliliği önlemleri, bu ilişkinin zayıf olmasına yol açmış olabilir.

Sonuç olarak, Singapur'daki enerji tüketimi ile karbon emisyonları arasındaki nedensellik ilişkisi orta vadede, yani yaklaşık 3.9-4.5 yıl süresince geçerli olabilir. Ancak, ekonomik büyüme ile karbon emisyonları arasındaki ilişki, özellikle gelişmiş ekonomilerde gözlemlenen bir durum olmasına rağmen, Singapur örneğinde belirgin bir şekilde gözlemlenmemektedir. Bu durum, çevre dostu teknolojilerin kullanımı ve enerji verimliliği önlemleri ile açıklanabilir.

Tablo 5 Panel D'de sunulan sonuçlara göre, Tayland için enerji kullanımından karbon emisyonlarına doğru bir nedensellik ilişkisi bulunmamaktadır. Ancak, GDPPC (Kişi Başı Gayri Safi Yurt İçi Hasıla) ile CO₂ (Karbon Emisyonları) arasında kısa, orta ve uzun dönemde bir nedensellik ilişkisi gözlemlenmiştir. Bu bulgu, Tayland ekonomisinin yapısal özellikleri ve ekonomik büyüme süreçleri göz önünde bulundurularak açıklanabilir.

Tayland, gelişmekte olan bir ekonomi olarak hızla sanayileşmiş ve enerji tüketimi ile karbon emisyonları arasında doğrudan bir ilişki kurulamamıştır. Bu durum, Tayland'daki enerji tüketiminin çevresel etkilerle, özellikle karbon emisyonlarıyla, güçlü bir bağlantı oluşturmadığını göstermektedir. Tayland'ın enerji üretiminde daha temiz enerji kaynaklarına yönelme çabaları, enerji verimliliğini artırmaya yönelik adımlar ve çevre dostu teknolojilere

yapılan yatırımlar, enerji tüketiminin karbon emisyonları üzerindeki etkisini zayıflatmış olabilir. Bunun yanı sıra, Tayland'ın ekonomik büyümesi, daha çok üretim ve sanayi sektörlerinden ziyade hizmetler sektörüne dayanmaktadır. Bu da enerji kullanımının çevresel etkilerle daha düşük düzeyde ilişkilendirilmesine yol açabilir (Apergis & Payne, 2010).

Öte yandan, Tayland'daki GDPPC ile karbon emisyonları arasındaki nedensellik ilişkisi, ekonomik büyüme ile çevresel etkiler arasında belirgin bir ilişkiyi işaret etmektedir. Tayland'da kişi başına düşen gelir arttıkça, artan ekonomik faaliyetler ve endüstriyel üretim, enerji talebini ve dolayısıyla karbon emisyonlarını artırmaktadır. Bu durum, Tayland'ın ekonomik büyümesinin çevresel maliyetler oluşturduğunu ve büyüme ile karbon emisyonları arasında güçlü bir bağın zamanla şekillendiğini göstermektedir. Bu tür bir ilişki, genellikle hızlı büyüyen ve gelişmekte olan ülkelerde gözlemlenmektedir (Shafiei & Salim, 2014).

Sonuç olarak, Tayland'daki enerji kullanımının karbon emisyonlarına etkisi zayıf iken, ekonomik büyüme ile karbon emisyonları arasındaki nedensellik ilişkisi kısa, orta ve uzun vadede geçerliliğini korumaktadır. Bu bulgu, Tayland ekonomisinin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşabilmesi için enerji verimliliğini artırmaya ve çevresel etkileri azaltmaya yönelik daha güçlü politikaların uygulanmasını gerektirebilir.

Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmada, enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve karbon emisyonları arasındaki nedensellik ilişkileri, Breitung-Candelon frekans alanı nedensellik testi ile analiz edilmiştir. Test sonuçlarına göre, Singapur'da enerji tüketiminden karbon emisyonlarına doğru bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Bu ilişki, frekans aralığının 1.4 ile 1.6 arasında olduğu orta vadeli bir dönemle sınırlıdır. Frekansların zamana çevrilmesi sonucunda, bu ilişkinin yaklaşık 3.9 ila 4.5 yıl süresince etkili olduğu görülmüştür. Ancak, kişi başına düşen gayri safi yurt içi hasıla (GDPPC) ile karbon emisyonları arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi bulunamamıştır.

Singapur'da enerji tüketimi ile karbon emisyonları arasındaki bu ilişki, ülkenin yüksek enerji tüketimi ve sanayileşmiş ekonomik yapısı ile ilişkilendirilebilir. Singapur'un enerji üretiminde büyük ölçüde fosil yakıtlara dayalı kaynaklar kullanması ve sanayileşme süreçleri, enerji tüketiminin çevresel etkilerini artırdığına işaret etmektedir. Benzer şekilde, Apergis ve Payne (2010), yüksek enerji tüketiminin karbon emisyonları üzerindeki etkisinin, sanayileşmiş ve enerji yoğun ekonomilerde daha belirgin olduğunu belirtmiştir.

Öte yandan, Singapur'da ekonomik büyüme ile karbon emisyonları arasında nedensellik ilişkisinin bulunamaması dikkat çekicidir. Bu bulgu, Singapur'daki ekonomik büyümenin daha

çok hizmet sektörü ve teknoloji odaklı bir yapıya sahip olmasından kaynaklanabilir. Bu durum, karbon emisyonlarını azaltmaya yönelik çevre dostu politikaların ve enerji verimliliği önlemlerinin etkisini de yansıtmaktadır. Stern (2004), ekonomik büyüme ile çevresel etkiler arasındaki ilişkinin, enerji yoğun sektörlerden uzaklaşıldıkça zayıfladığını ifade etmiştir.

Tayland özelinde, kişi başına düşen gelir (GDPPC) ile karbon emisyonları arasında kısa, orta ve uzun vadede nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Bu, Tayland'daki ekonomik büyümenin artan enerji talebi ve endüstriyel faaliyetler yoluyla karbon emisyonlarını artırdığına işaret etmektedir. Shafiei ve Salim (2014) tarafından yapılan çalışmada, gelişmekte olan ülkelerde ekonomik büyümenin çevresel maliyetler oluşturduğu ve enerji tüketimi ile karbon emisyonları arasında güçlü bir bağın zamanla geliştiği belirtilmiştir.

Malezya ve Filipinler için ise enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ile karbon emisyonları arasında herhangi bir nedensellik ilişkisinin bulunmaması, bu ekonomilerin enerji tüketimi ve çevresel etkiler arasındaki doğrudan bağlantılarının zayıf olduğunu göstermektedir. Bu bulgu, her iki ülkede de enerji verimliliği ve çevre dostu teknolojilerin sınırlı düzeyde uygulanması ile açıklanabilir. Sikder vd. (2022), gelişmekte olan ülkelerde enerji verimliliği eksikliklerinin ve çevre dostu teknolojilerin sınırlı kullanımının, enerji tüketimi ile karbon emisyonları arasındaki ilişkinin zayıf olmasına neden olduğunu belirtmiştir.

Sonuç olarak, bu çalışma, enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve karbon emisyonları arasındaki ilişkilerin ülkeden ülkeye değişkenlik gösterebileceğini ortaya koymuştur. Singapur örneğinde enerji tüketiminin çevresel etkileri belirginleşirken, ekonomik büyüme ile karbon emisyonları arasında bir bağ gözlemlenmemiştir. Tayland'da ekonomik büyüme çevresel maliyetler yaratırken, Malezya ve Filipinler'de enerji tüketimi ve karbon emisyonları arasında doğrudan bir ilişki bulunmamıştır. Bu bulgular, enerji verimliliği politikalarının ve çevre dostu teknolojilere yönelik yatırımların önemini bir kez daha vurgulamaktadır.

Politik Öneriler

Enerji verimliliği ve çevre dostu teknolojilerin teşvik edilmesi, Malezya ve Filipinler gibi ülkeler için öncelikli bir hedef olmalıdır. Bu ülkelerde, enerji tüketiminin karbon emisyonları üzerindeki doğrudan etkisinin sınırlı olduğu görülmektedir; dolayısıyla yenilenebilir enerji kaynaklarına daha fazla yatırım yapılarak fosil yakıtlara bağımlılığın azaltılması hedeflenmelidir. Ayrıca, mevcut üretim ve tüketim süreçlerinde daha az enerji harcayan teknolojilerin geliştirilmesi teşvik edilmeli ve bu doğrultuda kamu-özel sektör

ortaklıkları güçlendirilmelidir. Singapur ve Tayland gibi daha fazla enerji kullanan ülkeler ise, temiz enerji üretimine geçişe öncelik vermelidir.

Hızlı kentleşme, özellikle Filipinler ve Tayland gibi ülkelerde enerji talebini artıran ve karbon emisyonlarını yükselten temel bir unsur olarak dikkat çekmektedir. Bu bağlamda, enerji tasarrufunu artırmayı hedefleyen akıllı şehir uygulamaları yaygınlaştırılmalıdır. Düşük emisyonlu toplu taşıma sistemlerinin tasarlanması, yeşil bina sertifikalarının zorunlu hale getirilmesi ve enerji verimliliğini teşvik eden kentsel dönüşüm politikaları önceliklendirilmelidir. Singapur'un çevre dostu kentleşme modelleri, ASEAN ülkelerinde uygulanabilir bir örnek olarak değerlendirilebilir.

Sanayi ve üretim sektörlerinde düşük karbonlu üretim yöntemlerine geçilmesi gereklidir. Singapur'da enerji tüketimi ve karbon emisyonları arasındaki doğrudan bağlantı, özellikle üretim süreçlerinin çevresel etkilerini azaltma ihtiyacını vurgulamaktadır. Malezya ve Filipinler'de ise karbon emisyonlarının düşük olması avantajına rağmen enerji yoğun sanayi kollarında çevresel standartların artırılması bir zorunluluk haline gelmiştir. Tayland'da ise ekonomik büyüme ile karbon emisyonları arasındaki güçlü bağ, bu tür önlemlerin uzun vadeli sürdürülebilirlik için kritik olduğunu göstermektedir.

ASEAN ülkeleri, enerji tüketimi ve çevresel etkileri konusunda ulusal politikalarının sınır ötesi etkilerini dikkate almalıdır. Bölgesel iş birliğini artırmak için karbon ticareti piyasalarının oluşturulması ve ülkeler arası ortak çevresel standartların benimsenmesi önemlidir. Singapur gibi gelişmiş ekonomiler, temiz enerji teknolojileri konusunda Malezya ve Filipinler gibi gelişmekte olan ülkelere teknik ve mali destek sağlayarak bu geçiş süreçlerini hızlandırabilir. Ayrıca, bölgesel iş birliğini teşvik eden bir platform oluşturarak çevresel uyum politikalarını daha etkili hale getirmek mümkündür.

Çalışmanın sonuçları, bu ülkelerin ekonomik büyüme ile çevresel etkileri dengeleyen politikalar geliştirmeleri gerektiğini göstermektedir. Daha fazla enerji verimliliği sağlayan teknolojilerin kullanımı, karbon vergisi reformlarının benimsenmesi ve karbon ayak izini azaltmaya yönelik teşvikler, bu hedeflere ulaşmada önemli araçlar olabilir. Özellikle Malezya ve Tayland gibi ekonomiler, hizmet ve teknoloji ağırlıklı sektörlerle geçiş yaparak ekonomik büyümeyi daha az enerji tüketen ve çevreye zarar vermeyen bir yapı üzerinden sürdürmeyi amaçlamalıdır.

Son olarak, enerji tasarrufu ve çevresel sürdürülebilirlik konularında toplumsal farkındalık artırılmalıdır. Halkın ve iş dünyasının çevreye duyarlı teknoloji kullanımı, enerji

tasarrufu ve yeşil enerji politikalarına olan desteğini artırmak için uzun vadeli farkındalık kampanyaları düzenlenmelidir. Eęitim programları, bireylerin ve işletmelerin enerji tüketimini optimize etme yollarını öğrenmesine katkı sağlayacak ve çevresel hedeflerin toplumsal düzeyde desteklenmesine olanak tanıyacaktır.

Yazar Katkıları: Bu alışma tek yazar tarafından yürütülmüştür.

ıkar Beyanı: Çalışma tek yazar tarafından yürütüldüğünden dolayı çıkar atışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Amri, F. (2017). Intercourse across economic growth, trade and renewable energy consumption in developing and developed countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69, 527-534. doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.230
- Apergis, N., ve Payne E. J. (2010), The Emissions, Energy Consumption, and Growth Nexus: Evidence from The Commonwealth of Independent States, *Energy Policy*, 38, 650–655. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.08.029
- Arı, A., ve Zeren, F. (2011). CO2 emisyonu ve ekonomik büyüme panel veri analizi. *Ynetim ve Ekonomi Dergisi*, 18(2), 37-47. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/146063
- Bella, G., Massidda, C., & Mattana, P. (2014). The relationship among C02 emissions, electricity power consumption and GDP in OECD countries. *Journal of Policy Modeling*, 36 (6), 970-985. https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2014.08.006
- Bhattacharya, M., ve Bhattacharya, S. N. (2014). Economic growth and energy consumption nexus in developing world: The case of China and India. *Journal of Applied Economics & Business Research*, 4(3).
- BP (2022). BP Statistical Review of World Energy 2022.
- Breitung, J., ve Candelon, B. (2006). Testing for short-and long-run causality: A frequency-domain approach. *Journal of econometrics*, 132(2), 363-378. doi.org/10.1016/j.jeconom.2005.02.004
- Chang, C. C. (2010). A multivariate causality test of carbon dioxide emissions, energy consumption and economic growth in China, *Applied Energy*, 87, 3533–3537. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.05.004.
- Emek, . F., & Atay, Polat. M. (2023). G7 lkelerinde Karbon Emisyonu ile Ekonomik Büyüme İlişkisinin İncelenmesi, Makro Boyutlarıyla evre Ekonomisi, zgr Yayınları, <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub300.c1455>
- CHANGE, O. C. (2007). Intergovernmental panel on climate change. *World Meteorological Organization*, 52, 1-43.
- Dickey, D. A., ve Fuller, W. A. (1981). Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1057-1072. doi.org/10.2307/1912517
- Erdoęan S., ve Gürbüz, S. (2014). Türkiye’de enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisi: yapısal kırılmalı zaman serisi analizi, *Seluk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstits Dergisi*, 32, 79-87. https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1724728.

- Granger, C. W. (1969). Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 424-438. doi.org/10.2307/1912791
- Grossman, Gene. M., ve Krueger, Alan. B. (1991). Environmental impacts of a North American free trade agreement. *NBER Working Paper* 3914. https://www.nber.org/system/files/working_papers/w3914/w3914.pdf.
- Gyimah, J., Yao, X., Tachega, M. A., Hayford, I. S., ve Opoku-Mensah, E. (2022). Renewable energy consumption and economic growth: New evidence from Ghana. *Energy*, 248, 123559. doi.org/10.1016/j.energy.2022.123559
- Hamilton, James, D. (1983). Oil and the macroeconomy since World War II, *The Journal of Political Economy*, ss. 228-248. <https://doi.org/10.1086/261140>
- Hashmi, S. H., Fan, H., Habib, Y. ve Riaz, A. (2021). Non-linear relationship between urbanization paths and CO2 emissions: A case of South, South-East and East Asian economies. *Urban Climate*, 37, 100814. doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100814
- IEA (2021). *International Energy Agency*. World Energy Outlook 2021.
- Johansen, S. (1988). Statistical analysis of cointegration vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12(2-3), 231-254. doi.org/10.1016/0165-1889(88)90041-3
- Kasperowicz R. (2015). Economic growth and CO2 emissions: The ECM Analysis, *Journal of International Studies*, 8(3): 91-98. DOI: 10.14254/2071-8330.2015/8-3/7.
- Khan, M. B., Saleem, H., Shabbir, M. S., ve Huobao, X. (2022). The effects of globalization, energy consumption and economic growth on carbon dioxide emissions in South Asian countries. *Energy & Environment*, 33(1), 107-134. doi.org/10.1177/0958305X209868
- Kraft, J., ve A, Kraft. (1978). On the relationship between energy and GNP, *Journal of Energy and Development*, 3, ss. 401-403. <https://www.osti.gov/biblio/6713220>.
- Kruse, R. (2011). A new unit root test against ESTAR based on a class of modified statistics. *Statistical Papers*, 52, 71-85. doi.org/10.1007/s00362-009-0204-1
- Kwiatkowski, D., Phillips, P. C., Schmidt, P., ve Shin, Y. (1992). Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root: How sure are we that economic time series have a unit root?. *Journal of Econometrics*, 54(1-3), 159-178. doi.org/10.1016/0304-4076(92)90104-Y
- Lee, C. C., ve Chang, C. P. (2008). Energy consumption and economic growth in Asian economies: a more comprehensive analysis using panel data. *Resource and Energy Economics*, 30(1), 50-65.
- Lu, W. C. (2017). Renewable energy, carbon emissions, and economic growth in 24 Asian countries: evidence from panel cointegration analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 26006-26015. doi 10.1007/s11356-017-0259-9
- Öztürk, S., ve Küsmez, T. (2019). Elektrik tüketimi, karbon emisyonu ve ekonomik büyüme ilişkisi (1995-2014). *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 12(2), 316-327. <https://doi.org/10.25287/ohuibf.485988>.
- Paul, S., ve R. N. Bhattacharya. (2004). Causality between energy consumption and economic growth in India: A Note on conflicting results, *Energy Economics*, 26, ss. 977-983. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2004.07.002>.

- Sadorsky, P. (2009). Renewable energy consumption and income in emerging economies. *Energy Policy*, 37(10), 4021-4028. doi.org/10.1016/j.enpol.2009.05.003
- Sarbapriya, R., I., Aditya, ve Kumar P.M. (2023). *The Impact of Environmental Emissions and Aggregate Economic Activity on Industry : Theoretical and Empirical Perspectives*, 06 Feb 2023, pages 93 – 110. DOI: 10.1108/978-1-80382-577-920231008
- Sarkodie, S. A., ve Strezov, V. (2019). Effect of foreign direct investments, economic development and energy consumption on greenhouse gas emissions in developing countries. *Science of the Total Environment*, 646, 862-871. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.365
- Sheikhzeinoddin, A., Tarazkar, M. H., Behjat, A., Al-mulali, U. ve Öztürk, I. (2022). The nexus between environmental performance and economic growth: New evidence from the Middle East and North Africa region. *Journal of Cleaner Production*, 331, 129892.
- Sikder, M., Wang, C., Yao, X., Huai, X., Wu, L., KwameYeboah, F., ve Dou, X. (2022). The integrated impact of GDP growth, industrialization, energy use, and urbanization on CO2 emissions in developing countries: evidence from the panel ARDL approach. *Science of the Total Environment*, 837, 155795. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155795
- Stern, D. I. (2004). The rise and fall of the environmental Kuznets curve. *World Development*, 32(8), 1419-1439. doi.org/10.1016/j.worlddev.2004.03.004
- Tastan, H. (2015). Testing for spectral Granger causality. *The Stata Journal*, 15(4), 1157–1166.
- Tetteh, E. K., Amankwa, M. O., ve Yeboah, C. (2021). Emerging carbon abatement technologies to mitigate energy-carbon footprint-a review. *Cleaner Materials*, 2, 100020. doi.org/10.1016/j.clema.2021.100020
- Usman, O. (2023). Renewable energy and CO2 emissions in G7 countries: does the level of expenditure on green energy technologies matter?. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(10), 26050-26062. doi.org/10.1007/s11356-022-23907-8
- Usta, C., ve Berber, M. (2017). Türkiye’de Enerji Tüketimi Ekonomik Büyüme İlişkisinin Sektörel Analizi, *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 13(1), 173-187. https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/528842.
- Wang S., Zhou D., Zhou P., ve Wang Q. (2011). CO2 Emissions , energy consumption and economic growth in China: A panel data analysis, *Energy Policy*, 39: 4870–4875. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.06.032
- Wang, S., Li, G., ve Fang, C. (2018). Urbanization, economic growth, energy consumption, and CO2 emissions: Empirical evidence from countries with different income levels. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 2144-2159. doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.025
- Xu, B., ve Lin, B. (2015). How industrialization and urbanization process impacts on co2 emissions in China: Evidence from nonparametric additive regression models *Energy Econ.*, 48 (March), 188-202.https://doi.org/10.1016/j.eneco.2015.01.005
- Yu, Eden. S. H., ve Jay, Pil, Choi. (1985). Causal relationship between energy and GNP: An international comparison, *Journal of Energy and Development*, ss. 249-272. https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2373335

- Yuan, J. H., Kang, J. G., Zhao, C. H., ve Hu, Z. G. (2008). Energy consumption and economic growth: evidence from China at both aggregated and disaggregated levels. *Energy Economics*, 30(6), 3077-3094. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2008.03.007>
- Zhang, C., Zhou, K., Yang, S., ve Shao, Z. (2017). On electricity consumption and economic growth in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 353-368.
- Zhang, X., ve Wang, Y. (2017). How to reduce household carbon emissions: A review of experience and policy design considerations. *Energy Policy*, 102, 116-124. doi.org/10.1016/j.enpol.2016.12.010
- Zou, S., ve Zhang, T. (2020). CO₂ Emissions, energy consumption, and economic growth nexus: evidence from 30 provinces in China, Volume 2020 | Article ID 8842770 | <https://doi.org/10.1155/2020/88>