

ABD'DE İKLİM POLİTİKASI BELİRSİZLİĞİ YENİLENEBİLİR ENERJİ TÜKETİMİNİ ETKİLER Mİ?

Özlem Gül DİNÇ¹

Öz

Bu çalışmanın amacı ABD'nin 2000M1-2021M12 döneminde sektörler için iklim politikası belirsizliği ile yenilenebilir enerji tüketimi, CO2 emisyonu ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelemektir. Bu amaç doğrultusunda çalışmada yeni bir zamana göre değişen nedensellik testi olan özyinelemeli gelişen pencere nedensellik testi kullanılmıştır. Elde edilen bulgulara göre elektrik ve sanayi sektöründe CO2 emisyonundan iklim politikası belirsizliğine doğru güçlü ilişki bulunurken, konut sektöründe iklim politikası belirsizliğinden CO2 emisyonuna doğru güçlü ilişki bulunmaktadır. Öte yandan ticari sektörde ise iklim politikası belirsizliğinden yenilenebilir enerji tüketimine doğru güçlü bir ilişki bulunmaktadır. Analiz sonuçlarına göre iklim politikası belirsizliğinin azaltılmasına yönelik olarak yapılacak adımların özellikle karbondioksit emisyonunu ve yenilenebilir enerji tüketimini etkileyeceği göstermektedir. Buradan hareketle, iklim politikası belirsizliğini azaltmaya yönelik olarak atılacak adımların başında iklim değişikliği farkındalığının artırılmasını gösterebiliriz.

Anahtar Kelimeler: İklim Politikası Belirsizliği, CO2 Emisyonu, Yenilenebilir Enerji Tüketimi, Zamanla Değişen Nedensellik

JEL Kodları: O40, Q40, C32

DOES CLIMATE POLICY UNCERTAINTY IN THE US AFFECT RENEWABLE ENERGY CONSUMPTION?

Abstract

This study aims to examine the relationship between climate policy uncertainty and renewable energy consumption, CO2 emissions, and economic growth by sectors in the 2000M1-2021M12 period of the USA. For this purpose, the recursive evolving window causality test, which is a new time-varying causality test, was used in this study. According to the findings, there is a strong relationship between CO2 emissions and climate policy uncertainty in the electricity and industry sector, while there is a strong relationship between climate policy uncertainty to CO2 emissions in the housing sector. However, in the commercial sector, there is a strong relationship between climate policy uncertainty and renewable energy consumption. The results of the analysis show that the steps to be taken to reduce climate policy uncertainty will especially affect carbon dioxide emissions and renewable energy consumption. From this perspective, we can indicate that raising awareness of climate change is one of the first steps to be undertaken to reduce climate policy uncertainty.

Keywords: Climate Policy Uncertainty, CO2 Emissions, Renewable Energy Consumption, Time-Varying Causality

JEL Codes: O40, Q40, C32

¹ Dr., Bağımsız yazar, ozlembzkrt@outlook.com, <https://orcid.org/0000-0003-4237-0088>

GİRİŞ

Son dönemde yaşanan COVID-19 Salgını ve Rusya Ukrayna Savaşı ülkelerin özellikle tarım ve enerji konularında dışa bağımlılıklarını sorgular hale getirmiştir. Dışa bağımlılığı yüksek olan ülkeler ekonomik büyüme hedefleri doğrultusunda önemli sorunlar yaşamışlardır. Ekonomilerin üretim süreçlerinin yaklaşık her bölümlerinde enerji tüketimi, emek ve sermaye gibi üretim faktörlerinin tamamlayıcısı olmasından dolayı zorunlu bir girdi faktörü haline gelmiştir (Bhat, 2018). Enerji tüketimi denildiğinde kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtlar olan birincil enerji kaynakları akla gelmektedir. Yenilenemez enerji kaynağı olarak da adlandırılan bu enerji kaynakları sera gazının artmasına neden olmaktadır. 2019 enerji verilerine göre küresel sera gazı emisyonunda %42 kömür, %34 petrol ve %22 doğal gaz paya sahiptir² (IEA, 2020). Artan sera gazı küresel ısınmaya ve iklim değişikliği gibi çevresel bozulmaya neden olmaktadır (Erdoğan, 2020).

Fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanan karbondioksit (CO₂) emisyonu küresel sera gazı emisyonundan yaklaşık olarak %65'lik pay almaktadır.³ CO₂ emisyonu COVID-19 salgını döneminde dünya enerji talebindeki azalmaya bağlı olarak yaklaşık olarak %5 oranında düşüş göstermiştir⁴ (Uluslararası Enerji Ajansı, IEA, 2021). Dünya genelinde en yüksek CO₂ emisyonunda ilk 3 sırada yer alan ülkelerin sırasıyla Çin, ABD ve Hindistan olduğu görülmektedir⁵ (Dünya Bankası, WB). Çalışmamıza konu olan ABD'de sektörlere ait CO₂ emisyon değerlerini incelediğimizde en yüksek emisyon değerine sahip olan sektörlerin sırasıyla ulaşım, elektrik, sanayi, konut ve ticari şeklinde olduğu görülmektedir⁶ (Enerji Bilgi İdaresi, EIA). CO₂ emisyonunun neden olduğu küresel ısınma ve iklim değişikliğinin insan yaşamını, sağlığını ve sonraki nesiller için çevre kalitesini tehdit ettiği konusunda bilim, enerji ve çevre uzmanlarının yanı sıra politika karar alıcı ve uygulayıcılar da hemfikir içerisindeyler (Charfeddine ve Kahia, 2019). İklim değişikliğine yönelik ilk adım 1997 yılında imzalanan ve 2005 yılında yürürlüğe giren ve Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çevre Sözleşmesi'ne (BMİDÇS) yönelik bir protokol olan Kyoto Protokolü⁷'nin amacı 1990 yılındaki sera gazı emisyon seviyesine göre 2008-2012 yılları arasında sera gazı emisyonunu %5 düzeyinde azaltmaktır (Pao ve Tsai, 2011). BMİDÇS bünyesindeki bir diğer anlaşma olan Paris anlaşmasında ise küresel ısınmayı 2 °C'nin altında hatta 1,5 °C düzeyinde sınırlandırma amaçlanmaktadır.⁸

² <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/greenhouse-gas-emissions-from-energy-data-explorer>

³ <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data>

⁴ <https://iea.blob.core.windows.net/assets/c3086240-732b-4f6a-89d7-d8018f5e/GlobalEnergyReviewCO2Emissionsin2021.pdf>

⁵ https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.KT?most_recent_value_desc=true&type=shaded&view=map

⁶ <https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/pdf/flow/CO2-spaghettichart-2021.pdf>

⁷ <https://www.mfa.gov.tr/kyoto-protokolu.tr.mfa>

⁸ https://www.avrupa.info.tr/sites/default/files/2016-08/brochure_4_v2.pdf

Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin etkisini azaltmak için ülkeler CO2 emisyonunu azaltıcı etkiye sahip olan yenilenebilir enerji tüketimine yönelik olarak birtakım politikalar geliştirme başlamışlardır. Alternatif enerji kaynakları ve teknolojik ilerlemeler sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasında ve aynı zamanda çevresel sorunların azaltılmasında önemli bir paya sahip oldukları kabul edilmektedir (Lee, 2019). Bu bağlamda ülkelerin yenilenebilir enerji tüketimine yönelmesi küresel olarak da yenilenebilir enerji tüketiminin artmasına neden olmuştur. Dünya’da yenilenebilir enerji tüketimi 2021 yılında bir önceki yıla oranla yaklaşık %15, son 10 ortalamasına bakıldığında ise yıllık yaklaşık %12 oranında artış göstermiştir. Bölgesel bazda yenilenebilir enerji tüketimini değerlendirdiğimizde Asya Pasifik Bölgesi’nin yaklaşık olarak %43’lük pay sahip olduğunu ve Asya Pasifik Bölgesi’ni sırasıyla, %25’lik pay ile Avrupa ve %21’lik pay ile de Kuzey Amerika Bölgesi’nin takip ettiği görülmektedir. Bölgesel bazda da yenilenebilir enerji tüketimi bir önceki yıla oranla önemli artış sergilemiştir. Yenilenebilir enerji tüketimini ülkeler bazında elde aldığımızda ise Çin ve ABD’nin ön plana çıktığı görülmektedir. Çin küresel yenilenebilir enerji tüketiminden yaklaşık %28’lik pay alırken, ABD ise yaklaşık %19’luk pay almaktadır. Çin’in yenilenebilir enerji tüketimi geçen yıla oranla yaklaşık %33, son 10 yıl ortalama artışı yaklaşık %25 oranında gerçekleşirken, ABD’de ise bu oranlar sırasıyla yaklaşık %13 ve %9 şeklinde gerçekleşmiştir.⁹

Çalışmada kullanılan iklim politikası belirsizliği endeksini¹⁰ (CPU) Gavriilidis (2021) çalışmasında ABD’de önde gelen gazete haberlerinin yanı sıra emisyon düzenlemeleri, küresel grevler ve ABD başkanının iklim değişikliği hakkındaki görüş ve ifadelerinden elde ederek oluşturmuştur. Buradan hareketle, çalışmanın amacı ABD’nin 2000M1-2021M12 döneminde sektörlere göre iklim politikası belirsizliği ile yenilenebilir enerji tüketimi, CO2 emisyonu ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelemektir. Çalışmanın iklim politikası belirsizliği ile yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi Shi, Hurn ve Phillips (2020) tarafından geliştirilen yeni bir nedensellik test yaklaşımı olan özyinelemeli gelişen pencere zamana göre değişen nedensellik testi yardımıyla inceleyen (bilindiği kadarıyla) ilk çalışma olması bakımından literatüre önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Çalışmanın bundan sonraki aşamaları; i) enerji tüketimi (yenilenebilir ve yenilenemez), ekonomik büyüme ve CO2 emisyonu arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmaların yer aldığı literatür taraması kısmı, ii) çalışmada kullanılan veri set ve yöntemin tanıtıldığı veri seti ve yöntem kısmı, iv) zamana göre değişen nedensellik testinden elde edilen sonuçların değerlendirildiği bulgular kısmı, v) elde edilen bulgular çerçevesinde çalışma sonuçlarının tartışıldığı ve bu doğrultuda çeşitli önermelerin yer aldığı sonuç kısmından oluşmaktadır.

⁹ <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/power-by-fuel.html>

¹⁰ Detaylı bilgi için bakınız Gavriilidis (2021)

LİTERATÜR TARAMASI

Literatürde ekonomik büyüme, CO2 ve enerji tüketimi (yenilenebilir ve yenilenemez) ile arasında ilişkiyi inceleyen birçok çalışma yer almaktadır¹¹. Literatürde ekonomik büyüme ile CO2 emisyonu arasında ilişkiyi inceleyen çalışmaların genellikle Kuznets (1955) tarafından öne sürülen ve ekonomik büyüme ile çevre kirliliğinin belirli bir eşik değere kadar artacağını ve bu eşik değerden sonra ise çevre kirliliğinin azalacağını belirten Çevresel Kuznets Eğrisi olarak adlandırılan hipotezin geçerliliğinin sınanmasına dayanmaktadır. Çalışmalarda Çevresel Kuznets Eğrisi'nin geçerli olup olmamasının yanı sıra ekonomik büyüme ile CO2 emisyonu arasında nasıl bir ilişkinin var olduğu ve bu ilişkide hangi değişkenin nasıl etkilediği sorusunun cevabı da önem arz etmektedir. Bu çalışmalardan Chen, Wang ve Zhong (2019), Saudi (2019), Doğan, Driha, Balsalobre Lorente ve Shahzad (2021), Khan, Khan ve Rehan (2020), Karaaslan ve Çamkaya (2022), Raihan ve Tuspekova (2022)'e göre ekonomik büyümenin CO2 emisyonunu pozitif etkilediği sonucuna ulaşırken, Doğanlar, Mike, Kızılkaya ve Karlılar (2021) negatif etkilediği sonucuna ulaşmışlardır. Öte yandan Abbasi, Jiao, Shahbaz ve Khan (2021), Iqbal, Tang ve Rasool (2022), İnal, Addi, Çakmak, Torusdağ ve Çalışkan (2022)'e göre ise CO2 emisyonu ekonomik büyümeyi pozitif etkilemektedir. Ayrıca Vo, Vo ve Le, (2019), Banday ve Aneja (2019), Adebayo Awosusi ve Adeshola, (2020) ve Banday ve Aneja (2020)'e göre ekonomik büyümeden CO2 emisyonuna doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmaktadır.

Enerji tüketimi ile CO2 emisyonu arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalarda enerji tüketimi toplam, yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimi gibi 3 farklı şekilde de incelenebilmektedir. Toplam enerji tüketimi ile CO2 emisyonu arasındaki nedensellik ilişkisi inceleyen çalışmadan Görüş ve Aydın (2019)'e göre kısa dönemde enerji tüketiminden CO2 emisyonuna doğru tek yönlü, orta ve uzun dönemde ise çift yönlü nedenselliğin olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Ancak Adebayo vd. (2020)'e göre ise CO2'den enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik bulunmaktadır. Enerji türlerinden birisi olan yenilenemez enerji tüketimi ile CO2 emisyonu arasındaki ilişkiyi inceleyenlerden çalışmalardan Awodumi ve Adewuyi (2020)'e göre yenilenemez enerji tüketimi CO2 emisyonunu negatif etkilerken, Chen vd. (2019), Saudi (2019), Karaaslan ve Çamkaya (2022), Pata (2021) göre ise pozitif etkilemektedir. Öte yandan yenilenebilir enerji tüketimi ile CO2 emisyonu arasındaki ilişki beklentiler doğrultusunda Chen vd. (2019), Kahia, Jebli ve Belloumi (2019), Saudi (2019), Akram, Majeed, Fareed, Khalid ve Ye (2020), Doğan vd. (2021), Khan vd. (2020), Saidi ve Omri (2020), Mohsin, Kamran, Nawaz, Hussain ve Dahri (2021), Pata (2021), Muhammad, Özcan, Jain, Sharma ve Shabbir (2022), Karaaslan ve Çamkaya (2022) çalışmalarında negatif bulunmuştur. Ancak Nguyen ve Kakinaka (2019) çalışmalarına göre ise üst gelir grubunda yer alan

¹¹ Kapsamlı literatür taraması için bakınız Waheed, Sarwar ve Wei (2019), Mardani, Streimikiene, Cavallaro, Loganathan ve Khoshnoudi (2019)

ülkelerde iki değişken arasındaki ilişki negatif iken, alt gelir gurubunda bu durum tersini göstermektedir. İki değişken arasında ilişkinin yönünü incelediğimizde Ben Jebli, Ben Youssef ve Apergis (2019)'e göre kısa dönemde yenilenebilir enerji tüketiminden CO2 emisyonuna doğru tek yönlü nedensellik bulunurken, uzun dönemde ve Koengkan, Fuinhas ve Santiago (2020), Kahia vd. (2019) çalışmalarına göre yenilenebilir enerji tüketimi ile CO2 emisyonu arasında çift yönlü nedensellik bulunmaktadır.

Ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalardan Awodumi ve Adewuyi (2020), Nguyen ve Le (2021), Rahman ve Tuspekova (2022) çalışmalarına göre yenilenemez enerji tüketimi ekonomik büyümeyi pozitif etkilerken, Abbasi, Jiao, Shahbaz, Khan (2020)'e göre ise negatif etkilemektedir. Yenilenebilir enerji tüketimi Abbasi vd. (2020), Saidi ve Omri (2020), Wang ve Wang (2020), Muhammad vd. (2022), Rahman ve Tuspekova (2022) çalışmalarına göre ekonomik büyümeyi pozitif etkilemektedir. Değişkenler arasındaki ilişkinin yönüne ilişkin sonuçlar incelendiğinde Banday ve Aneja (2020)'e göre (Güney Afrika hariç) yenilenemez enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü, Özcan ve Öztürk (2019), Banday ve Aneja (2020) Rusya için yenilenebilir enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. Koengkan vd. (2020)'e göre yenilenemez, Ummala ve Samal (2019)'e göre Hindistan'da, Banday ve Aneja (2020)'e göre Çin ve Brezilya'da Eren, Taşpınar ve Gökmenoğlu (2019)'e göre ise Hindistan'da yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü ilişki bulunmaktadır. Diğer taraftan Ben Jebli vd. (2019)'e göre kısa dönemde, Banday ve Aneja (2020)'e göre Güney Afrika'da, Vo vd. (2019)'e göre Endonezya'da ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik bulunmaktadır.

Çalışmanın literatüre iki yönden katkı sağlayacağı düşünülmektedir. İlki iklim politikası belirsizliği ile yukarıda bahsedilen değişkenler arasında ilişkiyi sektörel bazda incelemesidir. İkincisi ise, değişkenler arasındaki ilişkiyi Shi vd. (2020) tarafından geliştirilen özyinelemeli gelişen pencere zamana göre değişen nedensellik testi yaklaşımı ile incelenmesidir.

Tablo 1: Literatür taraması özeti

Yazar	Ülke	Veri seti	Yöntem	Sonuç
Banday ve Aneja (2019)	G7	1971-2014	PMG ARDL, DH, EK Nedensellik	Japonya, İngiltere için ET → EB, Almanya, İtalya, İngiltere ve ABD için EB → CO2
Abbasi vd. (2021)	Pakistan	1972-2018	Dinamik ARDL, Frekans Alan Nedensellik	Kısa dönemde CO2 (+) EB
Aydoğan ve Vardar (2020)	Brezilya, Çin, Hindistan, Endonezya,	1990-2014	Panel Eşbütünlüşme,	NREW ↔ CO2

	Meksika, Rusya, Türkiye		Panel Nedensellik	
Iqbal vd. (2022)	BRICS ülkeleri	2000-2018	Panel ARDL, FMOLS, DOLS, DH Nedensellik	CO ₂ (+) EB, REW (+) EB, CO ₂ ↔ EB
Charfeddine ve Kahia (2019)	24 MENA ülkesi	1980-2015	Panel Eşbütünleşme, Panel VAR	REW (Z) EB
Chen vd. (2019.)	Çin	1980-2014	ARDL, VECM Granger Nedensellik	NREW (+) CO ₂ , EB (+) CO ₂ , REW (-) CO ₂
Chontanawat, (2020)	Endonezya, Malezya, Tayland, Filipinler	1971-2017	Eşbütünleşme, Granger Nedensellik	Endonezya, Malezya, Tayland için EB → ET, Filipinler için ET → EB
Doğanlar vd. (2021)	Türkiye	1965-2018	RALS Eşbütünleşme Bootstrap Nedensellik	EB (-) CO ₂ , ET (+) CO ₂
Muhammad vd. (2022)	23 OECD Ülkesi	1990-2015	Panel Eşbütünleşme, AMG, DH Nedensellik	REW (+) EB, REW (-) CO ₂ , EB → REW
İnal vd. (2022)	Petrol Üreten 9 Afrika Ülkesi	1990-2014	Panel Eşbütünleşme, AMG, Panel Nedensellik	Cezayir, Ekvator Ginesi, Mısır için CO ₂ (+) EB
Koengkan vd. (2020)	Arjantin, Brezilya, Paraguay, Uruguay, Venezuela	1980-2014	Panel VAR,	NREW ↔ EB, REW ↔ CO ₂
Karaaslan ve Çamkaya (2022)	Türkiye	1980-2016	ARDL, TY Nedensellik	EB (+) CO ₂ , NREW (+) CO ₂ , REW (-) CO ₂
Nguyen ve Le (2021)	Vietnam	1990-2019	ARDL	NREW (+) EB
Odugbesan ve Rjoub (2020)	Meksika, Endonezya, Nijerya, Türkiye	1993-2017	ARDL, Granger Nedensellik	Nijerya ve Endonezya için ET → EB, Türkiye ve Mısır için ET ↔ EB
Doğan vd. (2021)	28 OECD Ülkesi	1990-2014	AMG, DOLS, FMOLS, ARDL	REW (-) CO ₂ , EB (+) CO ₂
Ummalla ve Samal (2019)	Çin ve Hindistan	1965-2016	ARDL, Granger Nedensellik	Hindistan için REW ↔ EB
Kahia vd. (2019)	12 MENA Ülkesi	1980-2012	Panel VAR, Panel Granger Nedensellik	REW (-) CO ₂ , REW ↔ CO ₂

Khan vd. (2020)	192 ülke	1980-2018	Panel Eşbütünleşme, Panel Kantil Regresyon	REW (-) CO ₂ ,
Saidi ve Omri (2020)	15 Ülke	1990-2014	Panel Eşbütünleşme, FMOLS, Panel VECM	REW (+) EB, REW (-) CO ₂ , EB ↔ REW, EB ↔ CO ₂
Mohsin vd. (2021)	25 Asya Ülkesi	2000-2016	Dirençli Sabit Etkiler, Hausman Taylor Regresyonu	REW (-) CO ₂
Nguyen ve Kakinaka (2019)	107 Ülke	1990-2013	Panel Eşbütünleşme, FMOLS, DOLS	Alt gelir grubu için REW (+) CO ₂ , Üst gelir grubu için REW (-) CO ₂
Özcan ve Öztürk (2019)	17 Gelişmekte Olan Ülke	1990-2016	Bootstrap Panel Nedensellik	16 ülke için REW ↔ EB, Polonya için REW → EB
Görüş ve Aydın (2019)	8 MENA Ülkesi	1975-2014	Panel Frekans Alan Analizi, DH Panel Nedensellik	Kısa ve orta dönemde EB → ET, Orta ve uzun dönemde ET ↔ CO ₂ , Kısa dönemde ET → CO ₂
Wang ve Wang (2020)	34 OECD ülkesi	2005-2016	Panel Eşik Model	REW (+) EB
Adebayo vd. (2020)	Meksika, Endonezya, Nijerya, Türkiye	1980-2018	Panel Eşbütünleşme, PMG, DH Nedensellik	EB → CO ₂ , CO ₂ → ET
Adebayo vd. (2021)	Güney Kore	1965-2019	ARDL, DOLS, FMOLS, Fourier Nedensellik	ET → EB
Akram vd. (2020)	BRICS Ülkeleri	1990-2014	Saklı Eşbütünleşme, Panel NARDL	REW (-) CO ₂
Abbasi vd. (2020)	Pakistan	1970-2018	NARDL	NREW (-) EB, REW (+) EB
Awodumi ve Adewuyi (2020)	Cezayir, Angola, Mısır, Gabon, Nijerya	1980-2015	NARDL	Nijerya için NREW (-) CO ₂ , Gabon ve Angola için NREW (+) EB,
Banday ve Aneja (2020)	BRICS Ülkeleri	1990-2017	DH Nedensellik	Rusya hariç EB → CO ₂ , Çin ve Brezilya için REW ↔ EB, Rusya için REW → EB, Güney Afrika için EB → REW, Hindistan için REW ↔ EB, Güney Afrika Hariç NREW → EB,
Khan vd. (2020)	Pakistan	1965-2015	ARDL	ET (+) CO ₂ , EB (+) CO ₂ ,

Odugbesan ve Rjoub (2020)	Meksika, Endonezya, Nijerya, Türkiye	1993-2017	ARDL, Granger Nedensellik	Nijer ve Endonezya için ET → EB, Türkiye ve Meksika için ET ↔ EB
Eren vd. (2019)	Hindistan	1971-2015	Maki Eşbütünleşme, DOLS, Granger Nedensellik	REW ↔ EB
Ben Jebli vd. (2019)	22 Orta ve Güney Amerika Ülkesi	1995-2010	Panel Eşbütünleşme, FMOLS, DOLS, Granger Nedensellik	Kısa dönemde REW → CO ₂ , Uzun dönemde REW ↔ CO ₂ , Kısa dönemde EB → REW
Pata (2021)	ABD	1980-2016	VAR, Eşbütünleşme, Granger Nedensellik	REW (-) CO ₂ , NREW (+) CO ₂
Rahman ve Velayutham (2020)	Bangladeş, Hindistan, Nepal, Pakistan, Sri Lanka	1990-2014	Panel Eşbütünleşme, DOLS, FMOLS, DH Nedensellik	REW (+) EB, NREW (+) EB, EB → REW
Raihan ve Tuspekova (2022)	Malezya	1990-2019	DOLS, FMOLS, CCR, Granger Nedensellik	EB (+) CO ₂
Saudi (2019)	Malezya	1980-2017	ARDL	REW (-) CO ₂ , NREW (+) CO ₂ , EB (+) CO ₂
Vo vd. (2019)	Myanmar, Endonezya, Malezya, Filipinler, Tayland	1971-2014	ARDL, FMOLS, DOLS, Granger Nedensellik	Endonezya için EB → REW, EB → CO ₂

Not: REW: yenilenebilir enerji tüketimini, NREW: yenilenemez enerji tüketimini, ET: enerji tüketimini, EB: ekonomik büyümeyi, CO₂: karbondioksit emisyonunu →: birincisinden ikincisine tek yönlü nedenselliği, ↔: değişkenler arasında çift yönlü nedenselliği, (-): değişkenler arasında negatif ilişkiyi, (+): değişkenler arasında pozitif ilişkiyi, (Z): değişkenler arasında zayıf ilişkiyi, ⇔: değişkenler arasında ilişkinin olmadığını göstermektedir. DH: Dimitrescu-Hurlin, EK: Emirmahmutoglu-Köse, TY: Toda-Yamamoto nedensellik testlerini, ARDL: gecikmesi dağıtılmış otoregresif, NARDL: doğrusal olmayan gecikmesi dağıtılmış otoregresif, PMG: havuzlanmış ortalama grup, AMG: genişletilmiş ortalama grup, FMOLS: tamamen değiştirilmiş en küçük kareler, DOLS: dinamik en küçük kareler, VAR: vektör otoregresif, VECM: vektör hata düzeltme modelini göstermektedir.

VERİ SETİ VE YÖNTEM

ABD'nin 2000M1-2021M12 döneminde sektörlere göre yenilenebilir enerji tüketimi (REW) ile CO₂ emisyonu (CO₂), iklim politikası belirsizlik endeksi (CPU) ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmada CO₂ emisyonu (Milyon metrik ton, Mmt) ve yenilenebilir enerji tüketimi (Trilyon İngiliz ısı birimi, Tbtu)¹² EIA, CPU endeksi¹³ Gavriilidis (2021) ve ekonomik büyüme değişkeni yerine

¹² <https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/>

¹³ https://www.policyuncertainty.com/climate_uncertainty.html

kullanılan sanayi üretim (IP) endeksi¹⁴ FRED veri tabanından elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan değişkenlerden CO2 emisyonu ve yenilenebilir enerji tüketim verileri mevsimsellikten arındırılmış ve diğer değişkenler gibi doğal logaritmaları alınarak analize dâhil edilmiştir.

Çalışmada Phillips, Shi ve Yu (2015) tarafından önerilen ve Shi vd. (2020) tarafından geliştirilen özyinelemeli gelişen pencere (recursive evolving window) zamana göre değişen nedensellik testi kullanılmıştır. Thoma (1994)'ın önerdiği ileriye doğru genişleyen (forward expanding windows) ve Swanson (1998), Balcılar, Özdemir ve Arslantürk (2010)'ün önerdiği kayan pencere (Rolling Windows) nedensellik testlerinin sonlu örneklerde ve asimptotik performans özelliklerine yönelik kısmen açıklık getirilememiştir. Özyinelemeli gelişen pencere nedensellik testi diğer iki testin de asimptotik ve sonlu örnek performansını açıklamanın yanı sıra Toda ve Yamamoto (1995) ve Dolado ve Lütkepohl (1996)'ın önerdiği gecikmesi genişletilmiş vektör otoregresif (Lag-Augmented VAR, LA-VAR) modele dayanmaktadır. LA-VAR yaklaşımı güç noktasında Phillips (1995) tarafından önerilen tamamen değiştirilmiş VAR/VECM (fully modified VAR, FM-VAR) yaklaşımına göre zayıf olsa da boyut istikrarı noktasında değiştirilmiş VAR/VECM yaklaşımına göre daha güçlüdür. Bu nedenden dolayı, özyinelemeli gelişen pencere nedensellik testinde LA-VAR yaklaşımı kullanılmıştır. LA-VAR yöntemine dayalı zamana göre değişen nedensellik testinde değişkenlerin birim köklü veya değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olup olmaması önemli değildir. LA-VAR modeli aşağıdaki gibidir:

$$y_{1t} = \alpha_{10} + \alpha_{11}t + \sum_{i=1}^{p+d} \beta_{1i}y_{1t-i} + \sum_{i=1}^{p+d} \delta_{1i}y_{2t-i} + \varepsilon_{1t} \quad (1)$$

$$y_{2t} = \alpha_{20} + \alpha_{21}t + \sum_{i=1}^{p+d} \beta_{2i}y_{1t-i} + \sum_{i=1}^{p+d} \delta_{2i}y_{2t-i} + \varepsilon_{2t} \quad (2)$$

Burada, p, d, t ve ε_{it} sırasıyla, uygun gecikme uzunluğunu, maksimum entegrasyon düzeyini, zaman trendini ve hata terimini göstermektedir, $H_0: \delta_{11} = \dots = \delta_{1p} = 0$ boş hipotezi y_2 'den y_1 'ye nedenselliğin olmadığını göstermektedir. Genel olarak LA-VAR modeli yazarsak:

$$y_t = \gamma_0 + \gamma_1t + \sum_{i=1}^p J_i y_{t-i} + \sum_{j=p+1}^{p+d} J_j y_{t-j} + \varepsilon_t \quad (3)$$

Burada $J_{p+1} = \dots = J_{p+d} = 0$, regresyon modeli yeniden yazıldığında:

$$y_t = \Gamma \tau_t + \Phi x_t + \Psi z_t + \varepsilon_t \quad (4)$$

¹⁴ <https://fred.stlouisfed.org/series/INDPRO>

Burada $\Gamma = (\gamma_0, \gamma_1)_{nx(q+1)}, \tau_t = (1, t)'_{2x1}, x_t = (y'_{t-1}, \dots, y'_{t-k})'_{npx1}, Z_t = (y'_{t-k-1}, \dots, y'_{t-k-d})'_{ndx1}, \Phi = (J_1, \dots, J_p)_{n \times np}, \Psi = (J_{p+1}, \dots, J_{p+d})'_{n \times nd}$, Boş hipotezi $H_0 = R\phi$ şeklindedir. Nihai d gecikmeli vektörlerin katsayı matrisi Ψ elemanları sıfır olarak alındığından göz ardı edilir, 3 nolu denklem aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$Y = \tau\Gamma' + X\Phi' + Z\Psi' + \varepsilon \quad (5)$$

Burada $Y = (y_1, y_2, \dots, y_T)'_{Txn}, \tau = (\tau_1, \dots, \tau_T)'_{Tx2}, X = (x_1, \dots, x_T)'_{Txnk}, Z = (z_1, \dots, z_T)'_{Txnd}, \varepsilon = (\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_T)'_{Txn}$ ve $Q_\tau = I_T - \tau(\tau'\tau)^{-1}\tau', Q = Q_\tau - Q_\tau Z(Z'Q_\tau Z)^{-1}Z'Q_\tau$, En küçük kareler tahmincisi aşağıdaki gibidir:

$$\hat{\phi} = Y'QX(X'QX)^{-1} \quad (6)$$

Boş hipotezin testi için kullanılan Wald testi şu şekildedir:

$$W = (R\hat{\phi})'[R\{\widehat{\Sigma}_\varepsilon \otimes (X'QX)^{-1}\}R']^{-1}R\hat{\phi} \quad (7)$$

Burada $\hat{\phi} = \text{vec}(\hat{\Phi}), \widehat{\Sigma}_\varepsilon = \frac{1}{T}\widehat{\varepsilon}'\widehat{\varepsilon}$ ve \otimes Krenker çarpanını göstermektedir. Toda ve Yamamoto (1995) ve Dolado ve Lütkepohl (1996) Wald istatistiğinin m kısıt sayılı klasik χ_m^2 asimptotik boş dağılıma sahip olduğunu göstermiştir.

Özyinelemeli Granger nedensellik testin Wald istatistiği alt örneklem için hesaplanmaktadır. f_1 ve f_2 değerleri başlangıç ve bitiş noktası olarak alınacak olursa, $f_w = f_2 - f_1$ olacaktır. Bu durumda alt örneklemlerden hesaplanan Wald istatistiği $W_{f_1}^{f_2}$ şeklinde olacaktır. T toplam gözlemi gösterirken, $\tau_1 = [f_1 T], \tau_2 = [f_2 T], \tau_w = [f_w T]$ olduğu varsayıldığında $\tau_0 = [f_0 T]$ ise VAR modeli için gerekli olan minimum gözlem sayısını göstermektedir. İleriye doğru genişleyen pencere prosedüründe başlangıç noktası τ_1 , ilk gözlemde sabitlenir ve τ_0 'dan T'ye doğru genişler bu süreç diğer noktalar için de gerçekleştirilir.

Kayan pencere prosedüründe regresyon boyutu sabittir. Bu prosedürde pencere boyutu τ_0 'e eşit olduğu varsayılmaktadır. Başlangıç noktası τ_1 , ilk gözlemden $T - \tau_0 + 1$ ve bitiş noktası $\tau_2 = \tau_1 + \tau_0 - 1$ 'e hareket eder. Özyinelemeli genişleyen pencere prosedürü aynı kayan pencerede olduğu gibi $\tau_2 = \{\tau_0, \dots, T\}$ bitiş noktasıdır. Ancak başlangıç noktası τ_1 , kayan pencere prosedüründeki gibi τ_2 ile sabit bir mesafe tutmak yerine 1'den $\tau_2 - \tau_0 + 1$ 'e kadar değişir. Her f ile ilgili gözlem için Wald istatistiği dizisi elde edilir. Test istatistiği Wald istatistiği dizisinin en küçük üst sınırı olarak $SW_f(f_0) = \{W_{f_1, f_2}\}$ tanımlanır.

[fT] gözlemi için Granger nedeni değildir çıkarılması, en küçük üst sınır Wald istatistiği $SW_f(f_0)$ 'e dayanmaktadır.

BULGULAR

ABD'de sektörlere göre CPU ile REW, CO2 ve IP arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmada kullanılan geleneksel birim kök test sonuçları Tablo 2'de yer almaktadır.

Tablo 2: Geleneksel birim kök test sonuçları

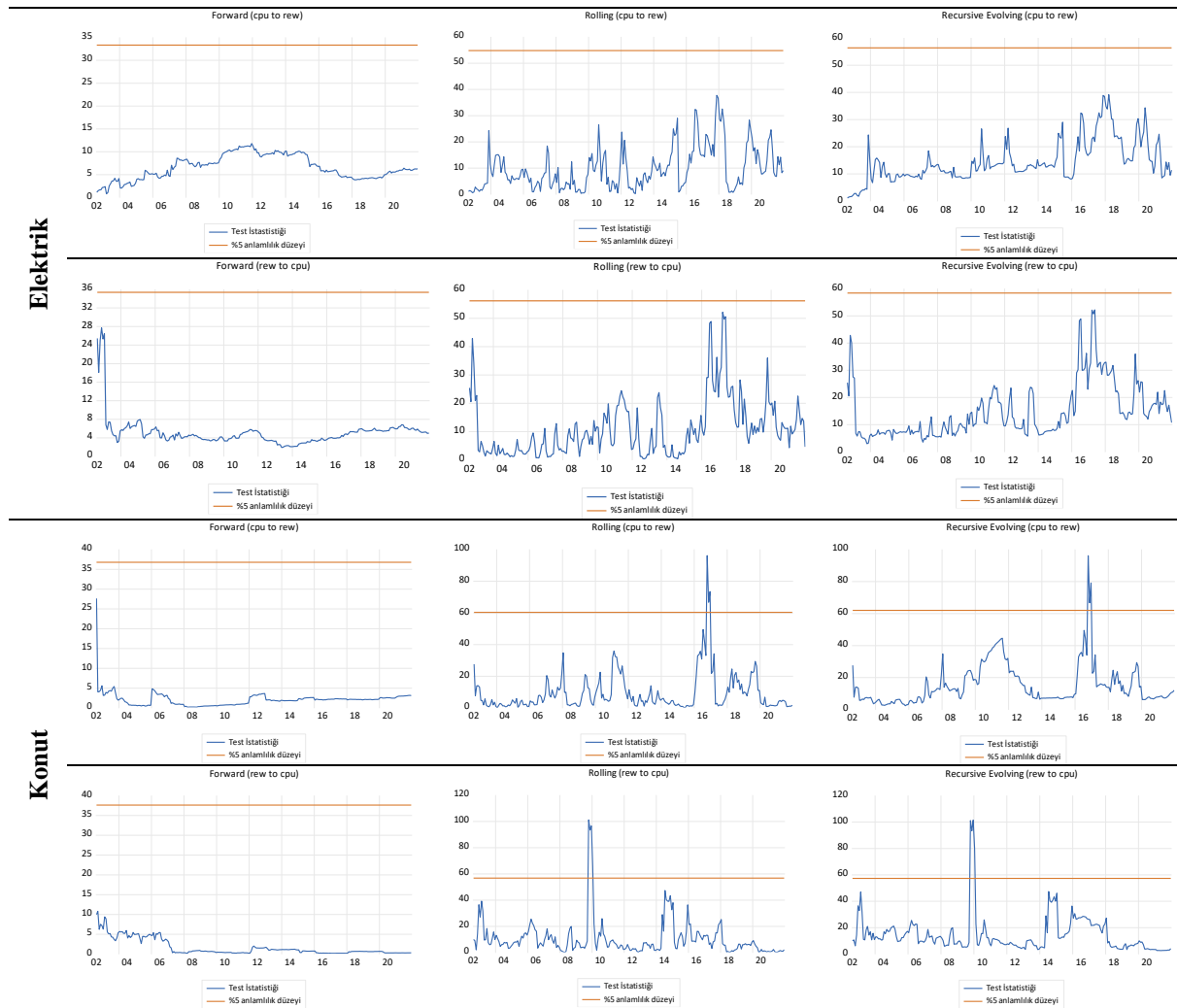
Sektör	Model	Değişken	ADF	KPSS	Değişken	ADF	KPSS
Elektrik	S	Lco2	-0,625	1,815*	Δ Lco2	-22,747*	0,141
		Lcpu	-3,924*	1,519*	Δ Lcpu	-10,918*	0,112
		Lip	-2,068	0,885*	Δ Lip	-12,167*	0,036
		Lrew	0,052	2,041*	Δ Lrew	-15,179*	0,210
	ST	Lco2	-3,125	0,471*	Δ Lco2	-22,768*	0,014
		Lcpu	-9,670*	0,143***	Δ Lcpu	-10,903*	0,112
		Lip	-2,598	0,072	Δ Lip	-12,144*	0,036
		Lrew	-6,040*	0,251*	Δ Lrew	-15,254*	0,040
Konut	S	Lco2	-1,974	1,798*	Δ Lco2	-16,493*	0,229
		Lrew	-0,809	1,965*	Δ Lrew	-18,475*	0,056
	ST	Lco2	-7,617*	0,389*	Δ Lco2	-16,515*	0,040
		Lrew	-3,598**	0,079	Δ Lrew	-18,460*	0,041
Sanayi	S	Lco2	-1,540	1,862*	Δ Lco2	-16,479*	0,030
		Lrew	-1,246	1,813*	Δ Lrew	-22,747*	0,239
	ST	Lco2	-3,605**	0,099	Δ Lco2	-16,447*	0,030
		Lrew	-2,714	0,299*	Δ Lrew	-22,681*	0,072
Ticari	S	Lco2	-0,782	1,704*	Δ Lco2	-16,247*	0,160
		Lrew	0,730	2,033*	Δ Lrew	-18,564*	0,504**
	ST	Lco2	-3,194***	0,423*	Δ Lco2	-16,292*	0,017
		Lrew	-4,894*	0,407*	Δ Lrew	-18,889*	0,136***

Not: *, ** ve *** sırasıyla %1, %5 ve %10'a göre anlamlılık düzeyini, S; sabitli, ST; sabitli ve trendli modeli göstermektedir, AIC bilgi kriterine göre maksimum 8 gecikme alınmıştır.

Tablo 2'e göre sektörlere ait değişkenlerde ikinci dereceden durağanlık süreci diğer bir değişle I(2) süreci gösteren değişken bulunmamaktadır. Çalışmada kullanılan yöntemde maksimum entegrasyon uzunluğunun 1 olarak belirlenmesinin ardından, yöntem gereğince çalışmada Phillips vd. (2015) tarafından

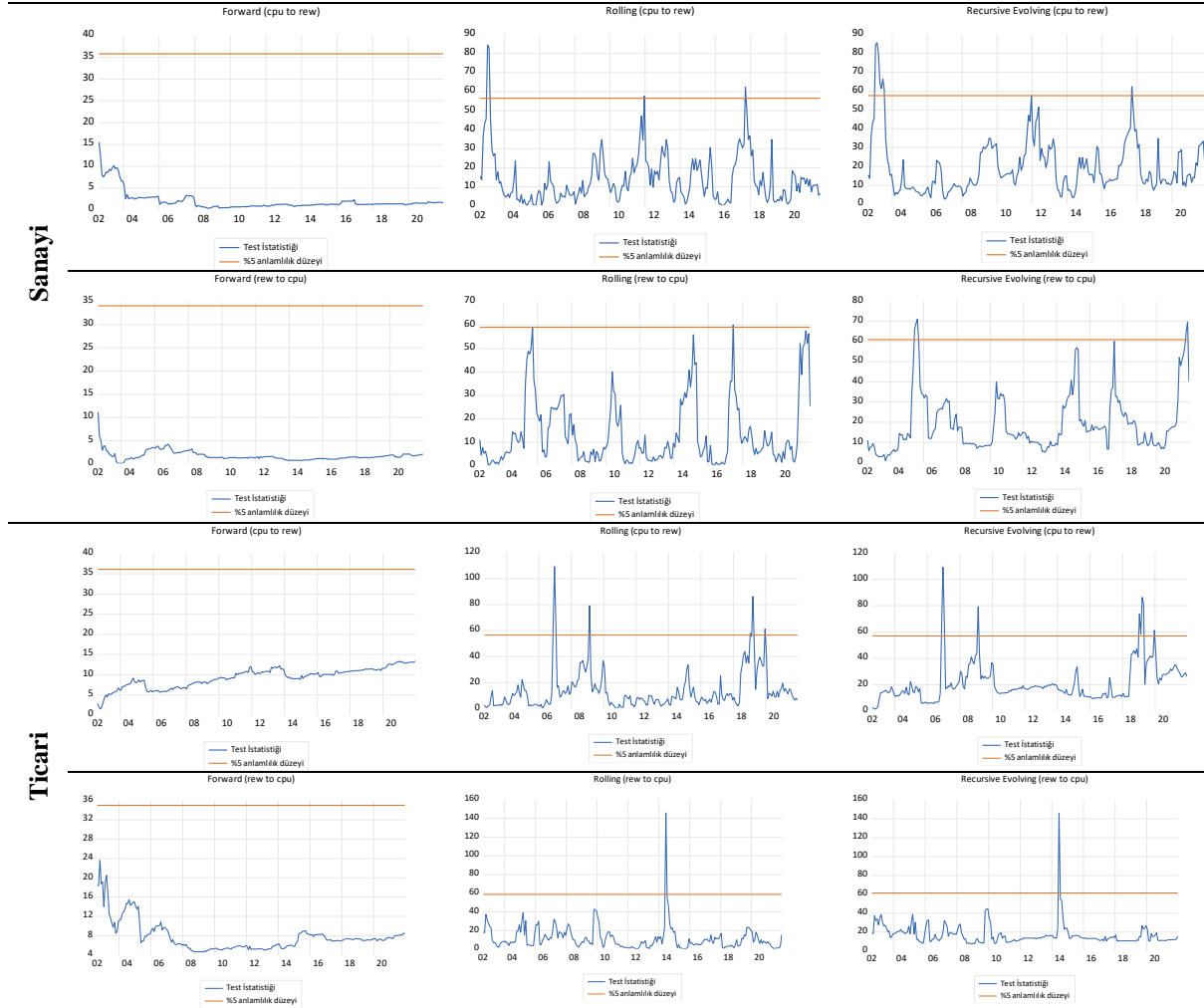
önerilen formülasyon¹⁵ yardımıyla alt örneklem büyüklüğü 32 olarak belirlenmiştir. Sektörlere göre REW ile CPU arasında zamana göre değişken nedensellik ilişkisi Şekil 1'de yer almaktadır. Buna göre, çalışmada kullanılan tüm sektörlerde ileriye doğru genişleyen nedensellik analizi sonucuna REW ile CPU arasında ilişki bulunmamaktadır. Kayan pencere nedensellik test sonucuna göre ise konut sektöründe 09M10; 09M11; 09M12; 10M01 tarihlerinde, sanayi sektöründe 17M06 tarihinde, ticari sektörde ise 14M06 tarihinde¹⁶ REW'den CPU'ya doğru nedensellik ilişkisi bulunmaktadır.

Şekil 1: Yenilenebilir enerji tüketimi ile iklim politikası belirsizliği arasında zaman göre değişen nedensellik sonuçları



¹⁵ Alt örneklem büyüklüğü belirleme formülü $r0=[T(0.01+1.8/T)]$

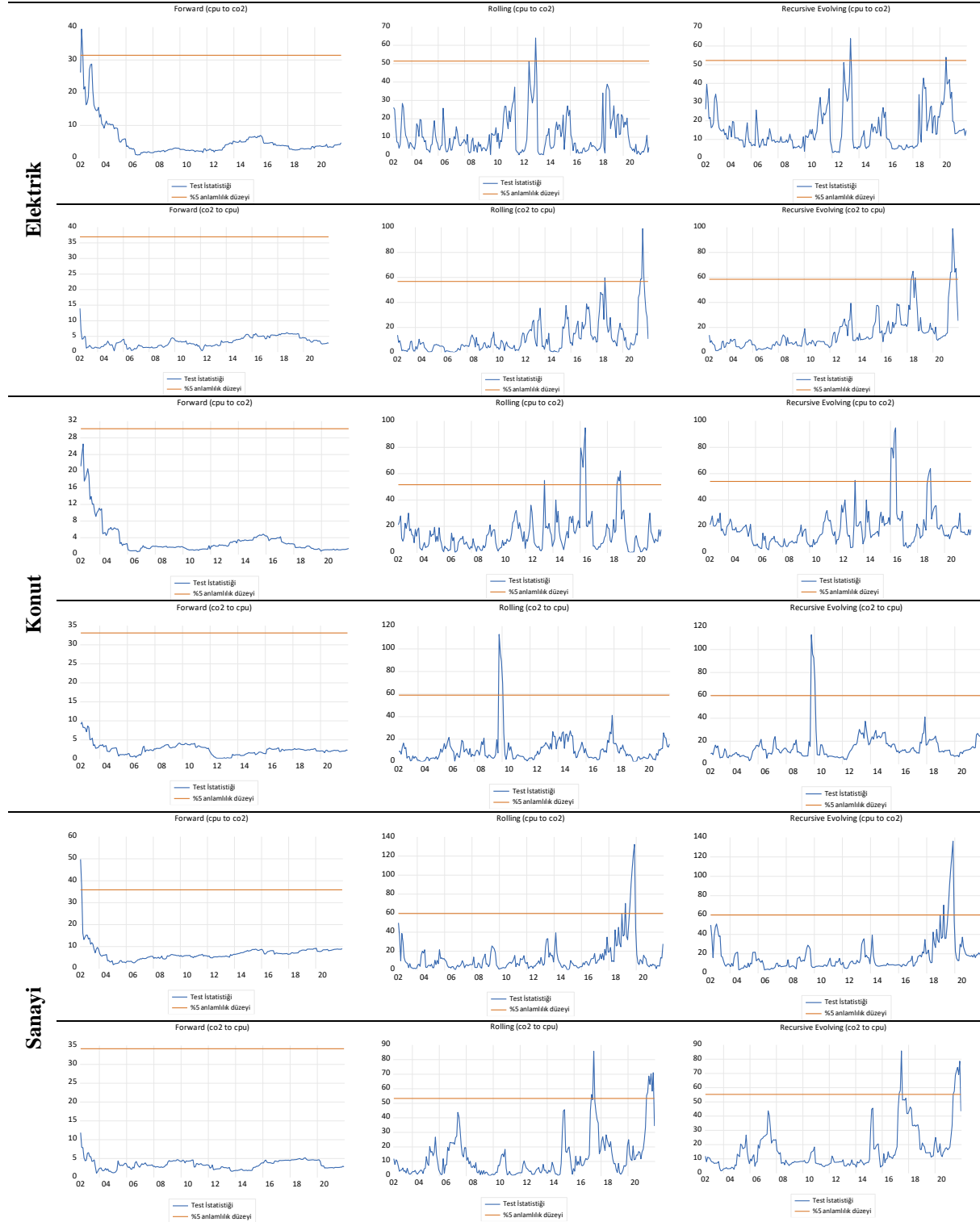
¹⁶ Çalışma sonucunda elde edilen kırılma tarihleri EK1'de yer almaktadır.

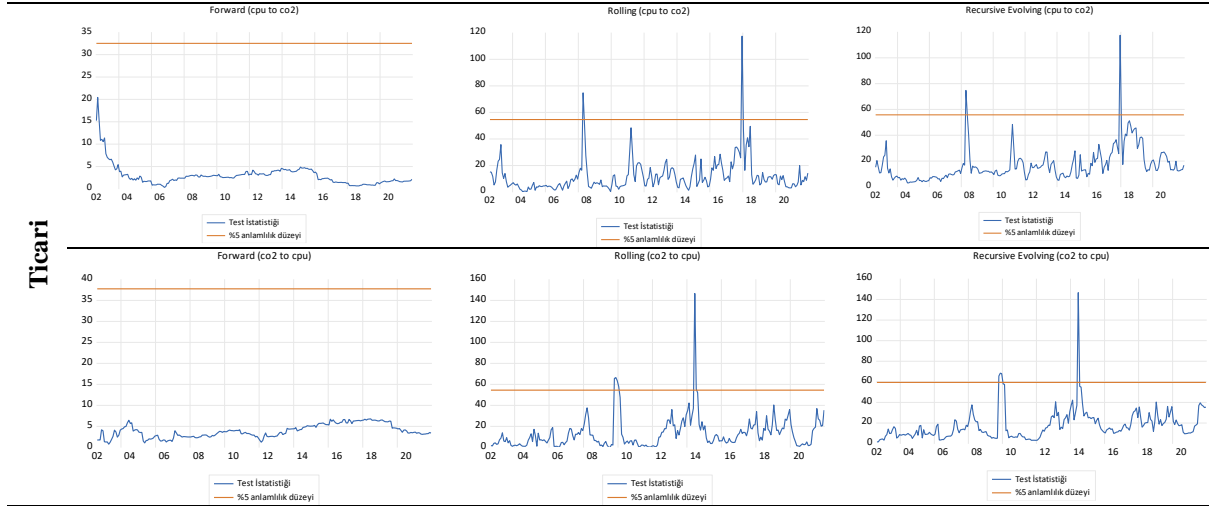


Not: Uygun gecikme uzunluğu AIC, 1000 bootstrap, alt örneklem olarak ise Phillips vd. (2015) 32 olarak belirlenmiştir.

Diğer taraftan ise konut sektöründe 16M10; 16M11; 16M12 tarihlerinde, sanayi sektöründe 03M01; 03M02; 11M12; 17M09 tarihlerinde, ticari sektöründe ise 06M11; 06M12; 07M01; 09M02; 19M01; 19M03; 19M12 tarihlerinde CPU'dan REW'e doğru nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. Özyinelemeli gelişen pencere sonuçlarını incelediğimizde ise, elektrik sektöründe yine REW ile CPU arasında ilişki bulunmaz iken, konut sektöründe 09M10; 09M11; 09M12; 10M01 tarihlerinde, sanayi sektöründe 05M06; 05M07; 05M08; 21M10; 21M11 tarihlerinde, ticari sektörde ise 14M06 tarihinde REW'den CPU'ya doğru nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. CPU'dan REW'e doğru nedensellik ilişkisinin ise konut sektöründe 16M10; 16M11; 16M12 tarihlerinde, sanayi sektöründe 03M01; 03M02; 03M03; 03M04; 03M05; 03M06; 03M07; 11M12; 17M09 tarihlerinde, ticari sektörde ise 06M11; 06M12; 07M01; 09M02; 19M01; 19M02; 19M03; 19M04; 19M12 tarihlerinde gerçekleştiği görülmektedir.

Şekil 2: CO2 emisyonu ile iklim politikası belirsizliği arasındaki zaman göre değişen nedensellik sonuçları

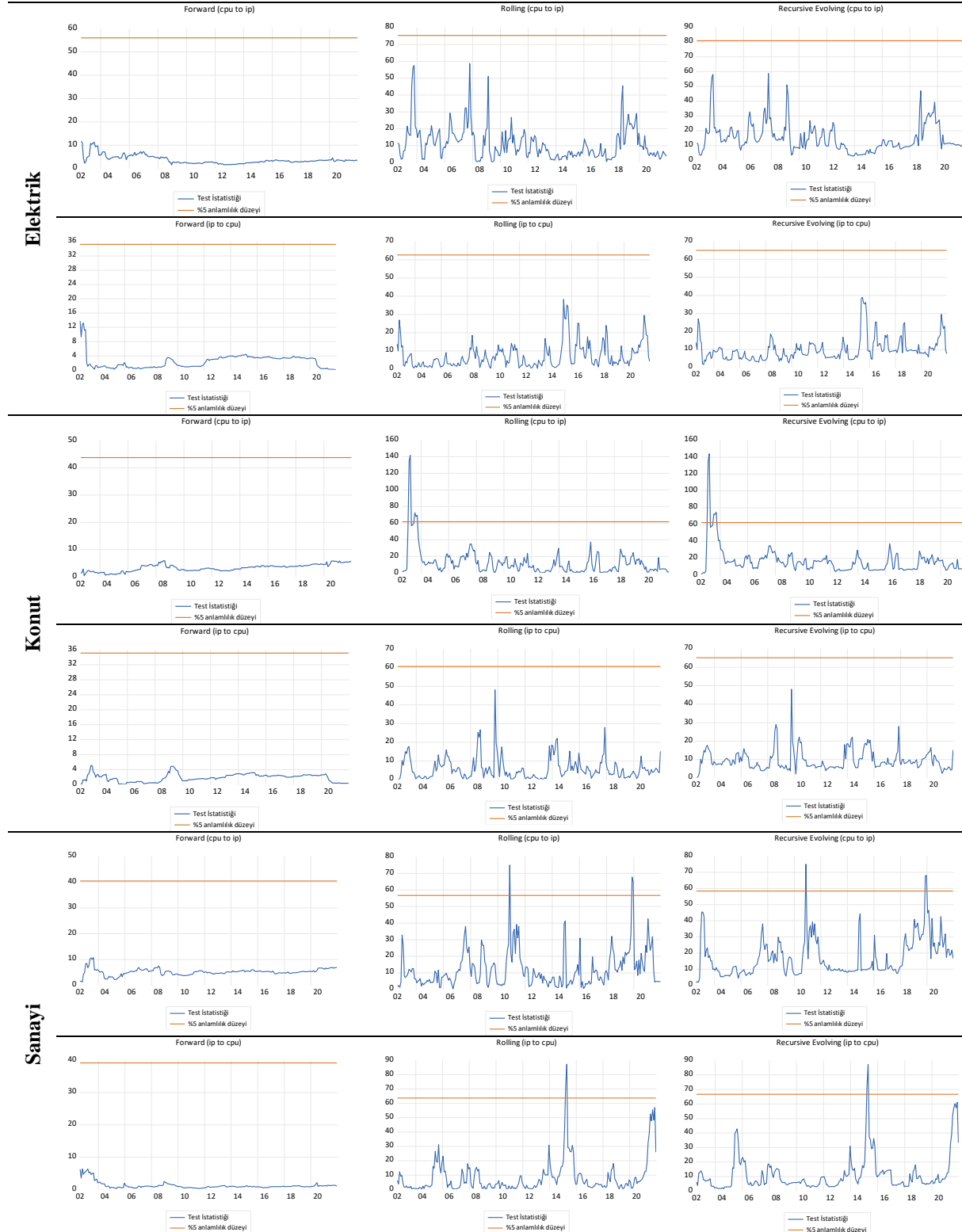


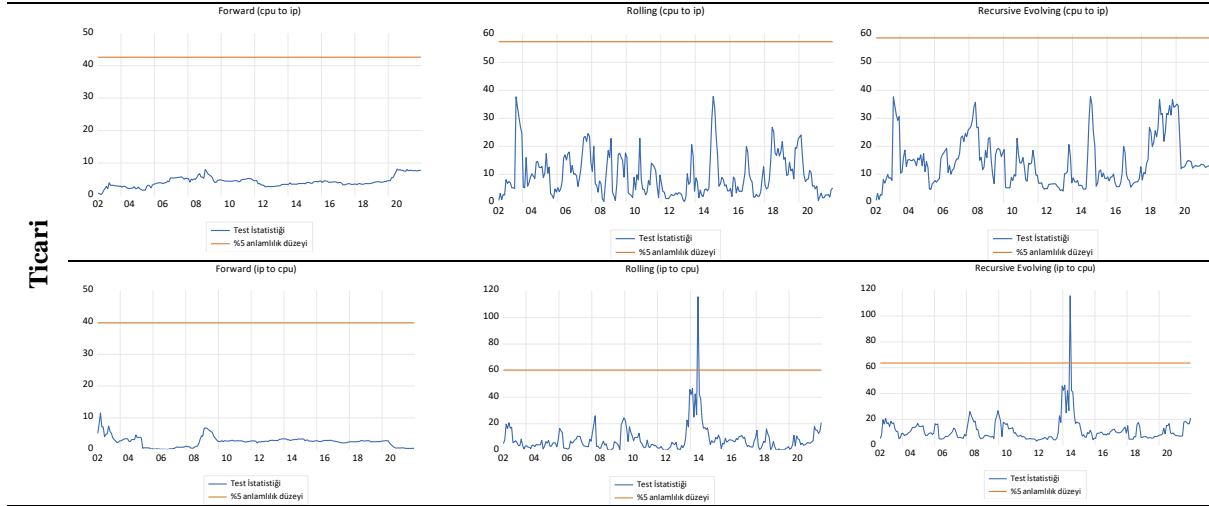


Not: Uygun gecikme uzunluğu AIC, 1000 bootstrap, alt örnekleme olarak ise Phillips vd. (2015) 32 olarak belirlenmiştir.

CO₂ emisyonu ile CPU arasında zamana göre değişen nedensellik sonucuna göre tüm sektörlerde ileriye doğru genişleyen nedensellik analizine göre CO₂'den CPU'ya doğru nedensellik ilişkisi bulunmazken tersi durumda ise elektrik sektöründe 02M09; 02M10 tarihlerinde, sanayi sektöründe ise 02M08; 02M09 tarihlerinde CPU'dan CO₂'e doğru nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. Kayan pencere sonuçlarına göre elektrik sektöründe 18M08; 21M05; 21M06; 21M07; 21M08 tarihlerinde, konut sektöründe 09M10; 09M11; 09M12; 10M01 tarihlerinde, sanayi sektöründe 17M04; 17M06; 21M05; 21M06; 21M07; 21M08; 21M09; 21M10; 21M11 tarihlerinde, ticari sektörde ise 09M10; 09M11; 09M12; 10M01; 14M06; 14M07 tarihlerde CO₂'den CPU'ya doğru nedensellik ilişkisi gözlemlenmektedir. CPU'dan CO₂'e doğru nedensellik ilişkisinde ise elektrik sektöründe 13M05 tarihinde, konut sektöründe 13M05; 16M01; 16M02; 16M03; 16M04; 16M05; 18M09; 18M10; 18M11; 18M12 tarihlerinde, sanayi sektöründe 19M03; 19M07; 19M08; 19M09; 19M10; 19M11 tarihlerinde ve ticari sektörde ise 08M04; 17M12 tarihlerinde gerçekleştiği görülmektedir. Özyinelemeli gelişen pencere sonucuna göre elektrik sektöründe 18M05; 18M06; 18M08; 21M05; 21M06; 21M07; 21M08; 21M09; 21M10 tarihlerinde, konut sektöründe 09M10; 09M11; 09M12; 10M01 tarihlerinde, sanayi sektöründe 17M04; 17M05; 17M06; 21M05; 21M06; 21M07; 21M08; 21M09; 21M10; 21M11 tarihlerinde ve ticari sektörde ise 09M10; 09M11; 09M12; 14M06 tarihlerinde CO₂'den CPU'ya doğru nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Öte yandan CPU'dan CO₂'e doğru nedensellik ilişkisi sonuçlarına göre ise elektrik sektöründe 13M05; M06 tarihlerinde, konut sektöründe 13M05; 16M01; 16M02; 16M03; 16M04; 16M05; 18M10; 18M11; 18M12 tarihlerinde, sanayi sektöründe 19M03; 19M07; 19M08; 19M09; 19M10; 19M11 tarihlerinde ve ticari sektörde ise 08M04; 08M05; 17M12 tarihlerinde nedensellik ilişkisi bulunmaktadır.

Şekil 3: Sanayi üretim endeksi ile iklim politikası belirsizliği arasındaki zaman göre değişen nedensellik sonuçları





Not: Uygun gecikme uzunluğu AIC, 1000 bootstrap, alt örnekleme olarak ise Phillips vd. (2015) 32 olarak belirlenmiştir.

Şekil 3’de IP ile CPU arasındaki zaman göre değişen nedensellik ilişkisine yer verilmiştir. Buna göre elektrik sektöründe 3 farklı nedensellik test yaklaşımına göre IP ile CPU arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi bulunmamaktadır. Konut sektöründe IP’den CPU’ya doğru yine 3 yaklaşıma göre de nedensellik ilişkisi bulunmaz iken, CPU’dan IP’e doğru nedensellik ilişkisi kayan pencere ve özyinelemeli gelişen pencere sonuçlarına göre 03M02; 03M03; 03M07; 03M08; 03M09 tarihlerinde söz konusudur. Sanayi sektöründe ise ileriye doğru genişleyen nedensellik analizine göre IP ile CPU arasında herhangi bir ilişki bulunmamaktadır. Kayan pencere ve özyinelemeli gelişen pencere analizine göre 15M03; 15M04 tarihlerinde IP’den CPU’ya, 10M11; 19M11; 19M12 tarihlerinde ise CPU’dan IP’e doğru nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. Son olarak, IP ve CPU arasındaki nedensellik ilişkisini ticari sektör adına değerlendirdiğimizde, sadece kayan pencere nedensellik ilişkisine göre 14M06 tarihinde IP’den CPU’ya doğru nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. CPU’dan IP’e doğru 3 model için de nedensellik ilişkisi bulunmamaktadır.

SONUÇ VE ÖNERİ

COVID-19 Salgını ve Rusya-Ukrayna Savaşı birçok piyasayı etkilemişse de enerji piyasasına olan etkinin en büyük olduğunu söyleyebiliriz. Küresel boyuta ulaşan enerji piyasasındaki gelişmeler ülkelerin yüksek ekonomik büyüme hedeflerini gerçekleştirmesi konusunda enerji bakımından dışa bağımlılığını azaltması gerektiğini bir kez daha göz önüne getirmiştir. Üretim sürecinin her aşamasının temel girdi bileşeni olarak kabul edebileceğimiz enerjinin çevresel sorunların da ana nedenleri arasında kabul edebiliriz. Özellikle yenilenemez enerji türü olarak kabul edilen fosil yakıtların kullanımından kaynaklanan CO2 emisyonu artışı çevre bozulmalarının en büyük nedeni olan sera gazı emisyonunun da artmasına neden olmaktadır. Son dönemlerde başta iklim değişikliği olmak üzere birçok çevresel bozulmalarının yaşanması

hem uzmanların hem de politika yapımcıların dikkatini çekmiş ve Kyoto Protokolü, Paris Anlaşması gibi bir takım çevresel problemlerin azaltılmasına yönelik olarak adımların atılmasına neden olmuştur. Buradan hareketle, ABD'de sektörlere göre CPU ile REW, CO2 ve IP arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmada Phillips vd. (2015) tarafından önerilen ve Shi vd. (2020) tarafından geliştirilen özyinelemeli gelişen pencere zamana göre değişen nedensellik testi kullanılmıştır. İleriye doğru genişleyen nedensellik analizi sonucuna göre elektrik ve sanayi sektörlerinde sadece CPU ile CO2 arasında iki dönem olmak kaydı ilişkisinin söz konusu olduğunu ve diğer değişkenler arasında ilişkinin bulunmadığını söyleyebiliriz. Kayan pencere ve özyinelemeli gelişen pencere nedensellik test sonuçlarının neredeyse aynı sonuçlara ulaştığını ancak özyinelemeli gelişen pencere sonuçlarının birkaç noktada kayan pencere sonuçlarına göre daha güçlü sonuçlar verdiğini söyleyebiliriz. Bu iki test sonuçlarını birlikte değerlendirdiğimizde, elektrik sektöründe REW ile CPU ve IP ile CPU arasında herhangi bir ilişkinin bulunmamaktadır. Ancak diğer sektörlerde değişkenler arasında ilişkinin söz konusu olduğu görülmektedir. Özellikle konut ve sanayi sektöründe CPU ile CO2 arasında çok güçlü bir ilişki bulunmaktadır. CPU ile IP arasında ilişkinin ise diğer değişkenlere göre daha zayıf olduğu görülmektedir.

İklim politikası belirsizliğinin karbondioksit emisyonu ve yenilenebilir enerji tüketimi arasında daha güçlü bir ilişkiye sahip olması diğer bir ifade ile bu değişkenin diğer değişkenleri etkilemesi beklenen bir sonuç olarak karşımıza çıkmaktadır. Elde edilen sonuç iklim politikası belirsizliğinin azaltılmasına yönelik olarak yapılacak adımların özellikle karbondioksit emisyonunu ve yenilenebilir enerji tüketimini etkileyeceği bilgisini vermektedir. Buradan hareketle, iklim politikası belirsizliğini azaltmaya yönelik olarak atılacak adımların başında iklim değişikliği farkındalığının artırılmasını gösterebiliriz. Uluslararası düzeyde bir farkındalık yaratma noktasında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçevesi Sözleşmesi kapsamında olan Paris Anlaşması gösterebiliriz. Paris Anlaşması'nda da yer aldığı gibi iklim değişikliği kavramı, nedenleri ve sonuçları doğrultusunda yaratacağı çevre sorunu ve buna bağlı olarak yaşam koşullarının olumsuz yönde etkileneceği yönünde gerekli bilgilendirmeler yapılmalıdır. Bu doğrultuda yerel yönetimler, üniversiteler ve sivil toplum kuruluşları arasında iş birliğinin artırılması gerekmektedir. Bireysel olarak ise olan karbon ayakizi olarak tanımlanan insan faaliyetlerinden kaynaklanan ve sera gazı emisyonunun artmasına neden olan fosil yakıtla bağlı ulaşım, aydınlatma, ısınma ve sanayi süreçlerinin azaltılması gerekmektedir.

YAZAR BEYANI / AUTHOR STATEMENT

Araştırmacı(lar) makaleye ortak olarak katkıda bulunduğunu bildirmiştir. Araştırmacı(lar) herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

KAYNAKÇA

- Abbasi, K. R., Shahbaz, M., Jiao, Z., & Tufail, M. (2021). How energy consumption, industrial growth, urbanization, and CO2 emissions affect economic growth in Pakistan? A novel dynamic ARDL simulations approach. *Energy*, 221, 1-12. doi: 10.1016/j.energy.2021.119793
- Abbasi, K., Jiao, Z., Shahbaz, M., & Khan, A. (2020). Asymmetric impact of renewable and non-renewable energy on economic growth in Pakistan: New evidence from a nonlinear analysis. *Energy Exploration & Exploitation*, 38(5), 1946-1967. doi: 10.1177/01445987209464
- Adebayo, T. S., Awosusi, A. A., & Adeshola, I. (2020). Determinants of CO2 emissions in emerging markets: An empirical evidence from MINT economies. *International Journal of Renewable Energy Development*, 9(3), 411-422. doi: 10.14710/ijred.2020.31321
- Adebayo, T. S., Awosusi, A. A., Kirikkaleli, D., Akinsola, G. D., & Mwamba, M. N. (2021). Can CO2 emissions and energy consumption determine the economic performance of South Korea? A time series analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(29), 38969-38984. doi: 10.1007/s11356-021-13498-1
- Akram, R., Majeed, M. T., Fareed, Z., Khalid, F., & Ye, C. (2020). Asymmetric effects of energy efficiency and renewable energy on carbon emissions of BRICS economies: evidence from nonlinear panel autoregressive distributed lag model. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(15), 18254-18268. doi: 10.1007/s11356-020-08353-8
- Avrupa Birliği Türkiye Delegasyonu (2016). Geleceğe dair: Paris iklim anlaşması. <https://www.iklimin.org/wp-content/uploads/2016/12/paris-iklim-anla%C5%9Fmas%C4%B1-EUD-Brochure.pdf> adresinden erişildi.
- Awodumi, O. B., & Adewuyi, A. O. (2020). The role of non-renewable energy consumption in economic growth and carbon emission: Evidence from oil producing economies in Africa. *Energy Strategy Reviews*, 27, 1-19. doi: 10.1016/j.esr.2019.100434
- Aydoğan, B., & Vardar, G. (2020). Evaluating the role of renewable energy, economic growth and agriculture on CO2 emission in E7 countries. *International Journal of Sustainable Energy*, 39(4), 335-348. doi: 10.1080/14786451.2019.1686380
- Balcilar, M., Z. A. Ozdemir, & Y. Arslanturk (2010). Economic growth and energy consumption causal nexus viewed through a bootstrap rolling window. *Energy Economics*, 32, 1398–1410. doi: 10.1016/j.eneco.2010.05.015
- Banday, U. J., & Aneja, R. (2018). Energy consumption, economic growth, and CO2 emissions: Evidence from G7 countries. *World Journal of Science, Technology and Sustainable Development*, 16(1), 22-39. doi: 10.1108/WJSTSD-01-2018-0007
- Ben Jebli, M., Ben Youssef, S., & Apergis, N. (2019). The dynamic linkage between renewable energy, tourism, CO2 emissions, economic growth, foreign direct investment, and trade. *Latin American Economic Review*, 28(1), 1-19. doi: 10.1186/s40503-019-0063-7
- Bhat, J. A. (2018). Renewable and non-renewable energy consumption—impact on economic growth and CO2 emissions in five emerging market economies. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(35), 35515-35530. doi: 10.1007/s11356-018-3523-8

- BP. (2021). Statistical review of world energy. <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/power-by-fuel.html> adresinden erişildi.
- Charfeddine, L., & Kahia, M. (2019). Impact of renewable energy consumption and financial development on CO2 emissions and economic growth in the MENA region: A panel vector autoregressive (PVAR) analysis. *Renewable Energy*, 139, 198-213. doi: 10.1016/j.renene.2019.01.010
- Chen, Y., Wang, Z., & Zhong, Z. (2019). CO2 emissions, economic growth, renewable and non-renewable energy production and foreign trade in China. *Renewable Energy*, 131, 208-216. doi: 10.1016/j.renene.2018.07.047
- Chontanawat, J. (2020). Dynamic modelling of causal relationship between energy consumption, CO2 emission, and economic growth in SE Asian countries. *Energies*, 13(24), 6664. doi: 10.3390/en13246664
- Doğan, B., Driha, O. M., Balsalobre Lorente, D., & Shahzad, U. (2021). The mitigating effects of economic complexity and renewable energy on carbon emissions in developed countries. *Sustainable Development*, 29(1), 1-12. doi: 10.1002/sd.2125
- Doğanlar, M., Mike, F., Kızılkaya, O., & Karlılar, S. (2021). Testing the long-run effects of economic growth, financial development and energy consumption on CO2 emissions in turkey: new evidence from RALS cointegration test. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(25), 32554-32563. doi: 10.1007/s11356-021-12661-y
- Dolado, J. J., & Lutkepohl, H. (1996). Making Wald tests work for cointegrated VAR systems. *Econometric Reviews* 15, 369–386. doi: 10.1080/07474939608800362
- Economic Policy Uncertainty (2022) Climate Policy Uncertainty Index, https://www.policyuncertainty.com/climate_uncertainty.html adresinden erişildi.
- EIA (2022) Total energy. <https://www.eia.gov/totalenergy/data/monthly/> adresinden erişildi.
- EPA (2022). Global greenhouse gas emissions data. <https://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data> adresinden erişildi.
- Erdoğan, S. (2020). Enerji, çevre ve sera gazları. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(1), 277-303. doi: 10.18074/ckuiibfd.670673
- Eren, B. M., Taspınar, N., & Gokmenoglu, K. K. (2019). The impact of financial development and economic growth on renewable energy consumption: empirical analysis of India. *Science of the Total Environment*, 663, 189-197. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.01.323
- FRED (2022) Industrial production: Total index. <https://fred.stlouisfed.org/series/INDPRO> adresinden erişildi.
- Gavriilidis, K. (2021). Measuring climate policy uncertainty. *SSRN Electronic Journal*, 1-9. doi: 10.2139/ssrn.3847388
- Gorus, M. S., & Aydin, M. (2019). The relationship between energy consumption, economic growth, and Co2 emission in MENA countries: Causality analysis in the frequency domain. *Energy*, 168, 815-822. doi: 10.1016/j.energy.2018.11.139

- IEA (2022). Global energy review: CO₂ emissions in 2021. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/c3086240-732b-4f6a-89d7-db01be018f5e/GlobalEnergyReviewCO2Emissionsin2021.pdf> adresinden erişildi.
- IEA (2022). Greenhouse gas emissions from energy data explorer. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/greenhouse-gas-emissions-from-energy-data-explorer> adresinden erişildi.
- Iqbal, A., Tang, X., & Rasool, S. F. (2022). Investigating the nexus between CO₂ emissions, renewable energy consumption, FDI, exports and economic growth: Evidence from BRICS countries. *Environment, Development and Sustainability*, 25, 1-30. doi: 10.1007/s10668-022-02128-6
- İnal, V., Addi, H. M., Çakmak, E. E., Torusdağ, M., & Çalışkan, M. (2022). The nexus between renewable energy, CO₂ emissions, and economic growth: Empirical evidence from African oil-producing countries. *Energy Reports*, 8, 1634-1643. doi: 10.1016/j.egy.2021.12.051
- Kahia, M., Ben Jebli, M., & Belloumi, M. (2019). Analysis of the impact of renewable energy consumption and economic growth on carbon dioxide emissions in 12 MENA countries. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 21(4), 871-885. doi: 10.1007/s10098-019-01676-2
- Khan, H., Khan, I., & Binh, T. T. (2020). The heterogeneity of renewable energy consumption, carbon emission and financial development in the globe: A panel quantile regression approach. *Energy Reports*, 6, 859-867. doi: 10.1016/j.egy.2020.04.002
- Khan, M. K., Khan, M. I., & Rehan, M. (2020). The Relationship between energy consumption, economic growth, and carbon dioxide emissions in Pakistan. *Financial Innovation*, 6(1), 1-13. doi: 10.1186/s40854-019-0162-0
- Koengkan, M., Fuinhas, J. A., & Santiago, R. (2020). The Relationship between CO₂ emissions, renewable and non-renewable energy consumption, economic growth, and urbanisation in the southern common market. *Journal of Environmental Economics and Policy*, 9(4), 383-401. doi: 10.1080/21606544.2019.1702902
- Lee, J. W. (2019). Long-Run dynamics of renewable energy consumption on carbon emissions and economic growth in the European union. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 26(1), 69-78. doi: 10.1080/13504509.2018.1492998
- Mardani, A., Streimikiene, D., Cavallaro, F., Loganathan, N., & Khoshnoudi, M. (2019). Carbon Dioxide (CO₂) emissions and economic growth: a systematic review of two decades of research from 1995 to 2017. *Science of the Total Environment*, 649, 31-49. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.08.229
- Mohsin, M., Kamran, H. W., Nawaz, M. A., Hussain, M. S., & Dahri, A. S. (2021). Assessing the impact of transition from non-renewable to renewable energy consumption on economic growth-environmental nexus from developing Asian economies. *Journal of Environmental Management*, 284, 1-8. doi: 10.1016/j.jenvman.2021.111999
- Muhammad, I., Ozcan, R., Jain, V., Sharma, P., & Shabbir, M. S. (2022). Does environmental sustainability affect the renewable energy consumption? Nexus among trade openness, CO₂ emissions, income inequality, renewable energy, and economic growth in OECD countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(60), 90147-90157. doi: 10.1007/s11356-022-22011-1

- Nguyen, K. H., & Kakinaka, M. (2019). Renewable energy consumption, carbon emissions, and development stages: some evidence from panel cointegration analysis. *Renewable Energy*, 132, 1049-1057. doi: 10.1016/j.renene.2018.08.069
- Nguyen, V. C. T. & Le, H. Q. (2021). Renewable energy consumption, nonrenewable energy consumption, CO2 emissions and economic growth in Vietnam. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 33(2), 419-434. doi: 10.1108/MEQ-08-2021-0199
- Odugbesan, J. A., & Rjoub, H. (2020). Relationship among economic growth, energy consumption, CO2 emission, and urbanization: Evidence from MINT countries. *Sage Open*, 10(2). doi: 10.1177/2158244020914648
- Ozcan, B., & Ozturk, I. (2019). Renewable energy consumption-economic growth nexus in emerging countries: A bootstrap panel causality test. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 104, 30-37. doi: 10.1016/j.rser.2019.01.020
- Pao, H. T., & Tsai, C. M. (2011). Modeling and forecasting the CO2 emissions, energy consumption, and economic growth in Brazil. *Energy*, 36(5), 2450-2458. doi: 10.1016/j.energy.2011.01.032
- Pata, U. K. (2021). Renewable and non-renewable energy consumption, economic complexity, CO2 emissions, and ecological footprint in the USA: Testing the EKC hypothesis with a structural break. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(1), 846-861. doi: 10.1007/s11356-020-10446-3
- Phillips, P. C. (1995). Fully modified least squares and vector autoregression. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 63(5), 1023-1078. doi: 10.2307/2171721
- Phillips, P. C., Shi, S., & Yu, J. (2015). Testing for multiple bubbles: historical episodes of exuberance and collapse in the S&P 500. *International Economic Review*, 56(4), 1043-1078. doi: 10.1111/iere.12132
- Rahman, M. M., & Velayutham, E. (2020). Renewable and non-renewable energy consumption-economic growth nexus: new evidence from South Asia. *Renewable Energy*, 147, 399-408. doi: 10.1016/j.renene.2019.09.007
- Raihan, A., & Tuspekova, A. (2022). Toward a sustainable environment: Nexus between economic growth, renewable energy use, forested area, and carbon emissions in Malaysia. *Resources, Conservation & Recycling Advances*, 15, 1-11. doi: 10.1016/j.rcradv.2022.200096
- Saidi, K., & Omri, A. (2020). The impact of renewable energy on carbon emissions and economic growth in 15 major renewable energy-consuming countries. *Environmental Research*, 186, 1-11. doi: 10.1016/j.envres.2020.109567
- Saudi, M. H. M. (2019). The role of renewable, non-renewable energy consumption and technology innovation in testing environmental Kuznets curve in Malaysia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 9(1), 299-307. doi: 10.32479/ijeeep.7295
- Shi, S., Hurn, S., & Phillips, P. C. (2020). Causal change detection in possibly integrated systems: revisiting the money-income relationship. *Journal of Financial Econometrics*, 18(1), 158-180. doi: 10.1093/jjfinec/nbz004
- Swanson, N. R. (1998). Money and output viewed through a rolling window. *Journal of Monetary Economics*, 41, 455-474. doi: 10.1016/S0304-3932(98)00005-1

- Thoma, M. A. (1994). Subsample instability and asymmetries in money–income causality. *Journal of Econometrics*, 64, 279–306. doi: 10.1016/0304-4076(94)90066-3
- Toda, H. Y., & Yamamoto, T. (1995). Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. *Journal of Econometrics*, 66, 225–250. doi: 10.1016/0304-4076(94)01616-8
- Türkiye Cumhuriyeti Dışişleri Bakanlığı (2022). Kyoto Protokolü. <https://www.mfa.gov.tr/kyoto-protokolu.tr.mfa> adresinden erişildi.
- Ummalla, M., & Samal, A. (2019). The impact of natural gas and renewable energy consumption on CO2 emissions and economic growth in two major emerging market economies. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(20), 20893-20907. doi: 10.1007/s11356-019-05388-4
- Vo, A. T., Vo, D. H., & Le, Q. T. T. (2019). CO2 emissions, energy consumption, and economic growth: new evidence in the ASEAN countries. *Journal of Risk and Financial Management*, 12(3), 145. doi: 10.3390/jrfm12030145
- Waheed, R., Sarwar, S., & Wei, C. (2019). The survey of economic growth, energy consumption and carbon emission. *Energy Reports*, 5, 1103-1115. doi: 10.1016/j.egy.2019.07.006
- Wang, Q., & Wang, L. (2020). Renewable energy consumption and economic growth in OECD countries: a nonlinear panel data analysis. *Energy*, 207, 1-11. doi: 10.1016/j.energy.2020.118200
- WB (2022). CO2 Emissions. https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.KT?most_recent_value_desc=true&type=shaded&view=map/ adresinden erişildi.

EK-1:

	İleriye Doğru Genişleyen	Kayan Pencere	Özyinelemeli Gelişen Pencere	
Elektrik	Rew => Cpu	-	-	
	Cpu => Rew	-	-	
	Co2 => Cpu	-	18M08; 21M05; 21M06; 21M07; 21M08	18M05; 18M06; 18M08; 21M05; 21M06; 21M07; 21M08; 21M09; 21M10
	Cpu => Co2	02M09; 02M10	13M05	13M05; M06
	Ip => Cpu	-	-	-
	Cpu => Ip	-	-	-
Konut	Rew => Cpu	-	09M10; 09M11; 09M12; 10M01	09M10; 09M11; 09M12; 10M01
	Cpu => Rew	-	16M10; 16M11; 16M12	16M10; 16M11; 16M12
	Co2 => Cpu	-	09M10; 09M11; 09M12; 10M01	09M10; 09M11; 09M12; 10M01
	Cpu => Co2	-	13M05; 16M01; 16M02; 16M03; 16M04; 16M05; 18M09; 18M10; 18M11; 18M12	13M05; 16M01; 16M02; 16M03; 16M04; 16M05; 18M10; 18M11; 18M12
	Ip => Cpu	-	-	-
	Cpu => Ip	-	03M02; 03M03; 03M07; 03M08; 03M09	03M02; 03M03; 03M07; 03M08; 03M09
Sanayi	Rew => Cpu	-	17M06	05M06; 05M07; 05M08; 21M10; 21M11
	Cpu => Rew	-	03M01; 03M02; 11M12; 17M09	03M01; 03M02; 03M03; 03M04; 03M05; 03M06; 03M07; 11M12; 17M09
	Co2 => Cpu	-	17M04; 17M06; 21M05; 21M06; 21M07; 21M08; 21M09; 21M10; 21M11	17M04; 17M05; 17M06; 21M05; 21M06; 21M07; 21M08; 21M09; 21M10; 21M11
	Cpu => Co2	02M08; 02M09	19M03; 19M07; 19M08; 19M09; 19M10; 19M11	19M03; 19M07; 19M08; 19M09; 19M10; 19M11
	Ip => Cpu	-	15M03; 15M04	15M03; 15M04
	Cpu => Ip	-	10M11; 19M11; 19M12	10M11; 19M11; 19M12
Ticari	Rew => Cpu	-	14M06	14M06
	Cpu => Rew	-	06M11; 06M12; 07M01; 09M02; 19M01; 19M03; 19M12	06M11; 06M12; 07M01; 09M02; 19M01; 19M02; 19M03; 19M04; 19M12
	Co2 => Cpu	-	09M10; 09M11; 09M12; 10M01; 14M06; 14M07	09M10; 09M11; 09M12; 14M06
	Cpu => Co2	-	08M04; 17M12	08M04; 08M05; 17M12
	Ip => Cpu	-	14M06	-
	Cpu => Ip	-	-	-

Not: “=>” notasyonu birincisi ikincisinin nedeni değildir hipotezini göstermektedir.