

TÜRKİYE'DE KARBON NÖTR HEDEFİNE ULAŞMADA ÇEVRE POLİTİKASININ ETKİSİ: FOURIER YAKLAŞIMINDAN YENİ KANITLAR

Burhan DURGUN¹

Gönderim tarihi: 28.11.2024

Kabul tarihi: 03.03.2025

ÖZ

Atmosferde biriken sera gazları arasında en büyük orana sahip olan karbon bileşiklerinin azaltılması ve belli bir tarihe kadar sıfırlanması küresel sürdürülebilirlik vizyonunda temel hedef haline gelmiştir. Bu çalışma Türkiye'nin 2053 yılı için beyan ettiği karbon nötr hedefine ulaşmasında büyüme, yenilenebilir enerji, doğrudan yabancı yatırımlar ve çevre politikası sıklığının etkilerini değerlendirmektedir. 1990-2020 dönemi için Fourier tabanlı yaklaşımların kullanıldığı analizlerden elde edilen bulgular, büyüme, yenilenebilir enerji tüketimi ve doğrudan yabancı yatırımların çevresel bozulmayı arttırdığını ve çevre politikası sıklığının etkisinin anlamsız olduğunu ortaya koymuştur. Çalışma sonuçları, büyüme sürecinin - oransal olarak düşüş yaşanmasına rağmen- halen fosil yakıtlara büyük ölçüde bağımlı olduğunu göstermektedir. Ayrıca kirlilik sığnağı hipotezinin geçerli olması Türkiye'de çevresel standartların gözden geçirilmesi gerektiğine işaret etmektedir. Yenilenebilir enerjilerin karbon artırıcı etkisi yenilenebilir enerjilerin kaynak bileşimiyle ilgili olmaktadır. Yenilenebilir enerji yatırımlarının geleneksel alandan ziyade rüzgar ve güneş gibi yeni ve temiz enerjilere yönelik yapılması kritik öneme sahiptir. Kullanılan kompozit karbon göstergesinin artması Türkiye'nin çevre politikasında daha katı düzenlemelerin hayata geçirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Karbon emisyonu, çevre politikası sıklığı, doğrudan yabancı yatırımlar, yenilenebilir enerji

JEL Sınıflaması: F21, O13, O44, Q56

THE IMPACT OF ENVIRONMENTAL POLICY ON ACHIEVING CARBON NEUTRALITY IN TÜRKİYE: FRESH EVIDENCE FROM THE FOURIER APPROACH

ABSTRACT

Reducing carbon compounds, which have the largest proportion among greenhouse gases accumulating in the atmosphere, and zeroing them by a set date has become the main goal in the global sustainability vision. This study evaluates the effects of growth, renewable energy, foreign direct investment (FDI) and environmental policy stringency on Türkiye's ability to achieve its stated carbon neutrality target for 2053. The findings obtained from the analyses using Fourier-based approaches for the period 1990-2020 reveal that growth, renewable energy consumption, and FDI increase environmental degradation. However, the effect of environmental policy stringency is insignificant. The results indicate that the growth process remains significantly reliant on fossil fuels, despite a proportional decrease. Furthermore, the validity of the pollution haven hypothesis suggests that environmental standards in Türkiye should be reevaluated. The carbon-enhancing effect of renewable energies is contingent upon their composition. It is imperative that investments in renewable energy be directed towards new and clean energies, such as wind and solar, rather than traditional energy sources. The upward trend of the composite carbon indicator necessitates the implementation of stricter regulations in Türkiye's environmental policy.

Keywords: Carbon emissions, environmental policy stringency, foreign direct investments, renewable energy

JEL Classification: F21, O13, O44, Q56

¹ Dr. Arş. Gör. Dicle Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İktisat Bölümü, burhan.durgun@dicle.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7742-6059

1. Giriş

Yaşanan iklim değişikliğinin her geçen gün çevresel tahribatı daha fazla derinleştirerek sürdürülebilirliği tehdit etmesi çözüme yönelik girişimlerin küresel gündemde ilk sırada yer almasına neden olmaktadır. Birleşmiş Milletlerin Sürdürülebilir Kalkınma hedeflerinde de İklim Eylemi (SKH.13) başta olmak üzere konunun birkaç yönüne (SKH.11, SKH.14, SKH.15) özel önem atfedilmektedir.

Isıyı dünyaya hapseden sera gazı emisyonları küresel ısınma ve iklim değişikliğinin temel belirleyicisi olarak görülmektedir. Hapsolan ısı, buzulların erimesine, kurak geçen gün sayısının artmasına, deniz seviyesinin yükselmesine ve aşırı hava olaylarının sıkça görülmesine neden olmaktadır. Karbon emisyonları sera gazları içinde en büyük paya sahip olan bileşiklerdir (Majeed ve Tauqir, 2020). Dolayısıyla antropojenik faaliyetlerin kısıtlanıp etkilerinin azaltılması için öncelikle üretim, tüketim ve ticaret kalıplarının karbondan arındırılması gerekmektedir. Ülkeler bu amaçla belirledikleri yılda ulaşmak üzere karbon nötr hedefi belirlemektedir.

Aşamalı bir şekilde karbondan arındırma çabaları doğal olarak çevresel standartların aşamalı bir şekilde katılmasını gerektirmektedir. Bu politik çabaların izlenebilmesi amacıyla OECD tarafından ortaya atılan çevre politikası sıklığı endeksi, iklim ve hava kirliliğiyle ilgili olan 13 çevre politikası aracının sıklık derecesine dayanmaktadır. Bu araçlar arasında yenilenebilir enerji ticaret sertifikası, karbondioksit ticaret planı, zararlı emisyonlar ve fosil yakıtlar için uygulanan vergiler, emisyon sınır değerleri, düşük karbonlu ar-ge faaliyetleri ve güneş ve rüzgar enerjisine yönelik destekler bulunmaktadır. 40 ülke için hesaplanan endeks gevşekten sıklığa doğru 0 ile 6 arasında puanlanmaktadır (Botta ve Koçluk, 2014).

Çevresel kalite serbest piyasa tarafından yeterince sağlanamadığından dolayı devletlerin ekolojik tehditleri ele almak için bazı katı çevre kuralları ve düzenlemelerini geliştirmeleri ve uygulamaları zorunlu olmaktadır. Çevre politikalarının geliştirilmesi ve uygulanmasının temel amaçlarından biri, daha düşük karbon emisyonu ve sera gazı emisyonu gibi sürdürülebilir sonuçlar elde etmektir. Bu bağlamda, çevre politikası sıklık endeksi gibi çeşitli ölçümler, iklim değişikliğine yönelik ampirik sonuçları incelemek amacıyla araştırmacılar tarafından önemli ölçüde ilgi görmüştür (Li vd., 2022).

Çevre politikasının sıklığının yüksek olması ülke içindeki üretim ve tüketim kalıplarını daha çevreci kimliğe zorlamaktadır. Bu etki aynı zamanda dış dünyadan gelen sermaye akımları üzerinde de etkili olabilmektedir. Sıkılaştırılmış çevresel standartlar ülke içine akan çok uluslu şirketlerin yatırımlarının niteliğini de belirleyebilmektedir.

Doğrudan yabancı yatırımlar olarak ifade edilen bu akışlar gelişmekte olan ülkeler için ana finansman kaynaklarından biri olup büyümeyi olumlu etkilemektedir. Buna karşın daha yüksek ekonomik büyüme oranları fosil yakıtlar gibi daha fazla doğal kaynak tüketimiyle ilişkilendirilmekte ve bu nedenle daha yüksek kirlilik seviyelerine neden olabilmektedirler. Bununla bağlantılı olarak karbon ve enerji yoğun endüstrilerin sıkı çevre düzenlemelerine sahip ülkelerden çevresel standartların daha gevşek bir şekilde uygulandığı ülkelere taşınmasıyla kirliliği endüstriler için kirlilik sığınağı oluşmaktadır. Kirlitici teknoloji, mal ve hizmetlerin doğrudan yabancı yatırımlar aracılığıyla gelişmekte olan ülkelere taşınması sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada zorluk yaratabilmektedir (Kim ve Adilov, 2012; Sarkodie ve Strezov, 2019). Bir yandan büyüme süreci için gerekli olan ve ülke içinde bulunmayan sermaye malları, bilgi ve teknolojinin ülke içine akmasını sağlamak diğer yandan bu akışların kaynak tüketen ve çevreyi kirlüten negatif dışsallıklarını engellemek arasında kurulan denge sürdürülebilir büyümenin anahtarı olmaktadır. Bu dengede çevresel standartların belirlenmesi ve uygulanması başat rol oynamaktadır.

Çevresel standartların ilgilendirdiği bir başka alan da ülkelerin kullandıkları enerjilerin niteliğidir. Fosil yakıtlar olarak bilinen kömür, petrol ve doğal gaz gibi geleneksel enerji kaynakları son birkaç yüzyılda güç üretimi için kullanılmış ve sömürülmüştür. Yüksek enerji yoğunluğuna sahip bu kaynaklar kullanım sürecinde karbon başta olmak üzere sera gazı yaymaktadır. Karbon emisyonlarını azaltmak ve iklim değişikliğiyle mücadele etmek için, fosil yakıt tüketimini azaltmak ve enerji sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırmak esastır. Genel olarak emisyonuz olarak kabul edilen yenilenebilir enerjilerin kurulum ve kullanımının tamamen çevre dostu olmayabileceği durumlar da gözlenebilmektedir. Örneğin, geleneksel yenilenebilir enerji kaynağı olarak bilinen hidroelektrik santralleri yenilenebilir enerjiler arasında diğerlerine kıyasla daha fazla ömre, daha ucuz maliyete ve en yüksek güç üretim kapasitesine sahip olmakla birlikte bazı dezavantajları da barındırmaktadır. Kurulumları aşamasında sera gazı yaymakta, kurulduğu yerin hava sıcaklığını arttırmakta ve ayrıca balıkları ve ekosistemi olumsuz etkilemektedir. Doğal ve tarımsal alanların, bitki

örtüsü ve hayvanların zarar görmesi de yine çeşitli tehditler arasındadır. Kullanımı sırasında karbon yaymayan enerjiler olması nedeniyle temiz enerji kaynakları olarak nitelenen diğer yenilenebilir enerjilerin kurulum ve işletme sürecinde de bazı çevresel etkiler bulunmaktadır (Rahman vd., 2022).

1990 yılı verilerine göre Türkiye’nin birincil enerji tüketiminin %12’si yenilenebilir enerjilerden sağlanmaktayken bu oran 2020 yılında %18’e çıkmıştır. Yenilenebilir enerjilerin alt kırılımlarında ise hidroelektrik santrallerinin büyük ağırlığı bulunmaktadır. 1990 yılında yenilenebilir enerjiler neredeyse sadece hidroelektrikten oluşmaktayken 2020 yılında hidroelektriğin payı %60’lara inmiştir (Energy Institute, 2024). Bu eğilimde 2005 yılında yürürlüğe giren Yenilenebilir Enerji Kanunu’nun etkisi öne çıkmaktadır. Çünkü 2006 yılına kadar %1’in altında olan güneş ve rüzgar gibi enerjilerin payı bu yıldan itibaren hızlı bir şekilde artmıştır. Ancak yine de belli bir kullanım ömrü olan hidroelektrik santrallerinin büyük paya sahip olması karbon yaymayan enerjilerin kompozisyonunun sürdürülebilirlik açısından gözden geçirilmesini gerektirmektedir.

Mevcut çalışma Türkiye’nin 2053 yılı için beyan ettiği karbon nötr hedefine ulaşmada büyüme, yenilenebilir enerji, doğrudan yabancı yatırımlar ve çevre politikası sıklığının etkilerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Önceki çalışmalardan farklı olarak veri bölümünde bahsedilen kompozit bir karbon endeksi araştırmanın çevresel bozulma değişkenini temsil etmektedir. Genel olarak kişi başına karbon emisyonu etrafında şekillenen çevre ekonomisi literatüründe oluşturulan karbon endeksinin çevresel bozulmayı daha kapsamlı bir şekilde ifade ettiği düşünülmektedir. Açıklayıcı değişkenlerden biri olan çevre politikası sıklığı ise karar alıcıların çevre koruma alanındaki etkinliğini yansıtmaktadır. Analiz kısmında başvuru ve yumuşak kırılmaları dikkate alan Fourier tabanlı eşbütünleşme ve nedensellik analizleri çalışmanın ampirik katkısını güçlendirmektedir. Özetle araştırmanın modeli ve modelin test edilmesinde kullanılan yeni nesil tekniklerin yanında çevresel bozulmayı ve çevre politikasını daha kapsamlı bir şekilde ifade eden kompozit değişkenler mevcut çalışmanın özgün değerini oluşturmaktadır. Çalışmanın izleyen kısımlarında ilk olarak konuyla ilgili önceki çalışmaların katkıları değerlendirilmiştir. Ampirik kısımda kullanılan veri ve teknikler tanıtılmış ardından analiz bulguları yorumlanmıştır. Sonuç kısmında ise çalışmanın genel değerlendirmesi yapıp politika önerilerinde bulunulmuştur.

2. Teorik Çerçeve ve Ampirik Literatür

Ülkelerin gelişim sürecinin çevresel sonuçlarının değerlendirildiği çalışmada Grossman ve Krueger (1991) ilk safhalarda artan kirliliğin ilerleyen aşamalarda yerini temiz çevre talebinin ağır basmasıyla telafi edici etkiye bıraktığını açıklamışlardır. Çalışmada Kuzey Amerika ülkelerinde kalkınma ve sülfür dioksit emisyonuyla ölçülen çevresel bozulma ilişkisi incelenmiştir. Kişi başına gelir artarken çevresel bozulmayı gösteren eğrinin önce pozitif eğimli, belli bir dönüm noktasından sonra da negatif eğimli olması yani ters U şeklinde bir yön izlemesi nedeniyle Kuznets'in (1955) gelir eşitsizliği-büyüme ilişkisinde belirttiği şekilde benzerliğinden dolayı bu fenomen çevresel Kuznets eğrisi hipotezi olarak adlandırılmıştır (Panayotou, 1993).

Büyüme-çevresel bozulma ilişkisi üzerine yapılan çalışmalar çevre ekonomisi alanında geniş bir yer kaplamasına rağmen ilgili literatüre hızla yeni çalışmalar eklenmektedir. Bu konudaki çalışmalarda büyüme ile çevresel bozulma arasında genellikle ters U şekilli olmak üzere, düz U şekilli, N veya ters N şekilli ilişkiler tespit edilmiştir (Naveed vd., 2022). Büyümenin etkisinin doğrusal olarak değerlendirildiği çalışmalarda ise büyüme süreci çevresel bozulmayla ilişkilendirilmiştir (Liu ve Bae, 2018; Bekun vd., 2019; Shah vd., 2020; Musah vd., 2021; Adebayo vd., 2021; Voumik ve Sultana, 2022; Yilanci, Ulucak vd., 2023; Sreenu, 2024).

Doğrudan yabancı yatırımlar da beşeri sermaye üzerinden büyümeyi etkilemektedir. Bu aracılık içsel büyüme modelleriyle uyumlu olarak artan sermaye stoku ve istihdamla birlikte işgücünün eğitilmesi, bilgi birikimi (know-how), olumlu dışsallıklar, beceri kazandırılması ile etkin yönetim uygulamaları ve organizasyonel düzenlemelerin benimsenmesi gibi bilgi aktarımı yoluyla olmaktadır (Saad, 2013; Iamsiraroj, 2016). Bunun yanında bu sermaye akımlarının rekabet arttırıcı ve yerli piyasaya dinamizm kazandırıcı etkisi de sağlıklı ekonomi için önem arz etmektedir (Aydemir vd., 2012).

Doğrudan yabancı yatırımlar, yeterli beşeri sermaye, gelişmiş finansal sistem ve açık ticaret rejimlerinin varlığında büyümeyi teşvik ediciyken, dışa bağımlılık ve teknolojik boşluk durumunda büyüme sürecini olumsuz etkileyebilmektedir. Ev sahibi ülkenin gelir düzeyi, ödemeler dengesi kısıtlamaları, pazarın ölçek büyüklüğü ve kurumların kalitesi de yine doğ-

rudan yabancı yatırımların olumlu etkisiyle ilişkili olmaktadır (De Mello, 1999; Almfraji ve Almsafir, 2014: 212).

Pethig (1976), doğrudan yabancı yatırımların çevre üzerindeki olumsuz etkisini kirlilik sığınağı hipoteziyle açıklamıştır. Kirlilik sığınağı hipotezi serbestleştirilmiş mal ticaretiyle kirlilik yoğun üretimin yüksek gelirli ve katı çevre düzenlemesi olan ülkelere, düşük gelirli ve gevşek çevre düzenlemesi olan ülkelere taşınmasına yol açacağını anlatmaktadır. Bu hipotez üç önermeyi yansıtmaktadır. İlki dünyada gelir dağılımının son derece eşitsiz olması, ikincisi endüstriler arasında kirlilik açısından büyük farklılıkların bulunması ve üçüncüsü çevre kalitesinin normal bir mal olmasıdır (Taylor, 2005).

Genelde Kuzey’den Güney’e doğru olan doğrudan yabancı yatırım akışlarıyla Kuzey daha temiz malların üretiminde uzmanlaşırken, Güney kirlilik yoğun endüstrilerde karşılaştırmalı bir avantaj sağlamaktadır (Cole, 2004). Ayrıca ABD’den Meksika’ya kirli endüstrilerin taşınması Meksika için çevresel felakete neden olurken bu akışın ABD’ye maliyeti istihdam felaketi şeklinde olmaktadır (Taylor, 2005).

Doğrudan yabancı yatırımların kirlilik yaratacağı önermesi kesin değildir. Bununla ilgili olarak Porter ve Linde (1995), kirlilik sığınağını savunanlar tarafından yüksek çevresel uyum maliyetlerinin abartıldığını ve verimlilikten kaynaklanan faydaların göz ardı edildiğini ifade etmişlerdir. Çevre standartlarının doğru bir şekilde tasarlanmasıyla inovasyonların teşvik edilip şirketlerin kaynak verimliliklerini arttıracaklarını belirtmişlerdir. Bu konuda rekabetin sağlanmasıyla firmadan kaynaklanan kirliliğin azaltılmasının yolu açılacaktır. Bunun için yönelim kirlilik kontrolünden kaynak verimliliğine doğru olmalıdır. Kirlilik sığınağı hipotezinin geçerli olmadığını hatta belli düzenlemeler dahilinde çevresel kalitenin artabileceğini ifade eden bu olgu kirlilik hale hipotezi olarak bilinmektedir. Yilanci, Cutcu vd. (2023) de gelişmiş ülkelerdeki çok uluslu şirketlerin verimli ve çevre dostu teknolojileri geliştirmekte olan ülkelere aktarması durumunda çevre kalitesinin arttırılabileceğini öne sürmektedir.

Ampirik literatürde kirlilik sığınağı hipotezi sıkça çalışmalara konu olmaktadır. Farklı ülke ve ülke gruplarına odaklanan araştırmacıların katkılarıyla hipotez tartışılmaya devam etmektedir. Tek ülkeye odaklanan araştırmalarda Hindistan için Rana ve Sharma (2019) kirlilik sığınağı hipotezini öne sürerken, Zameer vd. (2020) ve Nepal vd. (2021) kirlilik hale hipotezini doğrulamışlardır. Endonezya için Leonardo vd. (2023), kirlilik sığınağı, Yilanci, Cutcu vd. (2023) ise kirlilik hale hipotezinin geçerli olduğunu bulmuşlardır. Yine Pakistan

için Ur Rahman vd. (2019) ve Ali vd. (2021) kirlilik sığınağını savunurken, Huo vd. (2022), kirlilik hale hipotezini ileri sürmektedir. Türkiye üzerine yapılan araştırmalarda ise, Mert ve Çağlar (2020), kirlilik hale hipotezinin geçerli olduğunu belirtirken Temürlenk ve Lögün (2022), kirlilik sığınağı hipotezini desteklemiştir. Her iki çalışmada farklı prosedürler uygulanmış olsa temelde asimetrik yaklaşımlar benimsenmiştir. Güney Kore özelinde yapılan çalışmalarda Bulus ve Koç'un (2021) bulguları kirlilik sığınağını desteklerken Kim ve Seok (2023) düşük gelir düzeyinde kirlilik sığınağı, yüksek gelir düzeyinde ise kirlilik hale hipotezlerinin geçerli olduğunu tespit etmişlerdir.

Çok ülkeli çalışmalarda Sarkodie ve Strezov (2019), en fazla sera gazı emisyonu yayan beş ülkede; Leitão vd. (2023), Visegrad ülkelerinde (V4); Bekun vd. (2024), 5 Güney Asya ülkesinde; Ali vd. (2020), 47 İslam İşbirliği Teşkilatı ülkesinde ve Pata vd. (2023), 6 ASEAN ülkesinde kirlilik sığınağı hipotezini doğrulamıştır.

Ewane ve Ewane (2023), Sahra altı Afrika ülkelerinde doğrudan yabancı yatırımlar ile çevresel bozulma arasında U şekilli bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir. Kisswani ve Zaitouni (2023), 4 Asya ülkesini değerlendirdikleri çalışmalarında Filipinler için kirlilik sığınağı hipotezi, Malezya ve Singapur için kirlilik hale hipotezini doğrularken Tayland'da doğrudan yabancı yatırımların etkisinin anlamsız olduğunu belirtmişlerdir. Mahmood'un (2023) çalışmasında da doğrudan yabancı yatırımların etkisi anlamsız bulunmuştur. Liu vd. (2024), 46 ülkeyi incelemiş ve Avrupa ülkelerinde kirlilik hale hipotezi, diğer ülkelerde ise kirlilik sığınağının geçerli olduğunu bulmuşlardır. Son olarak Sreenu'nun (2024) çalışmasında BRICS ülkeleri için kirlilik sığınağı, OECD ülkeleri için kirlilik hale hipotezi doğrulanmıştır.

Karışık sonuçların elde edildiği literatürde aynı ülke için yapılan çalışmalarda bile farklı sonuçların ortaya çıkmasının sebebinin ele alınan dönem, uygulanan yöntem ve kurulan modeldeki farklılıklar olduğu düşünülmektedir. Ayrıca doğrudan yabancı yatırımların çevrecilik açısından niteliği ve yatırım alan ülkelerdeki farklı düzeyde uygulanan çevresel standartların da etkili olduğu söylenebilmektedir.

Yenilenebilir enerji tüketimi ile çevresel bozulma ilişkisinde hakim görüş negatif yönlü olduğu yönündedir (Dogan ve Ozturk, 2017; Bello vd., 2018; Uzar, 2020; Magazzino vd., 2022; Kwakwa, 2023; Dam ve Sarkodie, 2023; Adebayo ve Özkan, 2024; Kozal, 2024; Mulidar vd., 2024). Yine de sınırlı çalışmada pozitif veya anlamsız etki tespit edilmiştir. Al-Mulali vd. (2015) Avrupa ülkelerinde yenilenebilir enerjilerden elektrik üretiminin etkisini

incelemiş ve diğer kaynakların aksine güneş ve rüzgar enerjilerinin etkilerinin anlamsız olmasını toplam enerjilerdeki düşük oranlarına bağlamıştır. Al-Mulali, Solarin vd. (2016) ise U şeklindeki bir ilişki tespit etmiş ve gelecekte bu enerjilerin su ve toprak verimsizliğine yol açabileceği uyarısında bulunmuştur. Sahra altı Afrika ülkelerine odaklanan Al-Mulali, Ozturk vd. (2016) anlamsız etkinin; Adams ve Nsiah (2019) ise pozitif yönlü etkinin toplam tüketim içindeki düşük paydan kaynaklandığını belirtmişlerdir. Bilgili vd. (2021), ABD’de kısa dönemde hidroelektrik enerjisi tüketiminin çevresel bozulmayı arttırıcı, uzun dönemde ise azaltıcı etkisini raporlamışlardır. Kısa dönemdeki etki hidroelektrik bazlı elektrik piyasalarına girmenin finansal kısıtlamaları ve teknolojik engelleriyle açıklanabilmektedir. Türkiye özelinde yapılan çalışmada Yurtkuran (2022) yenilenebilir enerji tüketiminin büyük ölçüde hidroelektrik enerjiye dayanması nedeniyle karbon emisyonlarını artırdığını ileri sürmüştür. Mohsin vd. (2023), Avrupa ülkelerini incelemiş ve karışık etkiler tespit etmişlerdir. Net pozitif etkinin sadece Portekiz’de olduğu belirtilmiştir.

Mevcut çalışma uyguladığı nedensellik analiziyle enerji ekonomisi literatüründeki çalışmalara sıkça konu olan bazı hipotezleri de test etmektedir. Literatürde enerji tüketimi ile büyüme arasındaki nedensel etkileşimler dört farklı hipotezle açıklanmaktadır. Bunlar sırasıyla büyüme, koruma, geri besleme ve yansızlık hipotezi şeklinde ifade edilmektedir (Ozturk, 2010). Enerji tüketiminden büyümeye doğru tek yönlü nedensel bağlantı büyüme hipotezi olarak adlandırılmaktadır. Bu hipotez enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi teşvik edeceğini ve bu yüzden enerji tasarrufuna yönelik girişimlerin büyüme sürecinde olumsuz etki yaratacağını ima etmektedir. Tam tersi bir şekilde büyümeden enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ise ekonomik büyümenin enerji talebini yükselteceğini belirtmektedir. Bu hipoteze göre artan refahla talep edilen mal ve hizmetlerin hem üretimi hem de tüketimi için daha fazla enerji gerekecektir. Her iki yönlü etkinin de geçerli olduğu geri besleme hipotezi enerji tüketiminin büyümeye neden olacağı ancak büyümeyle birlikte yine enerji talebinin artacağını ileri sürmektedir. Son olarak yansızlık hipotezi enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında herhangi bir nedensel bağlantının bulunmadığını ve enerji koruma politikalarının büyüme sürecinde olumsuz bir etkisinin olmayacağını ifade etmektedir. Enerji türlerinden biri olan yenilenebilir enerjinin ekonomik büyümeyle nedensel bağlantısının tespiti Türkiye’de uygulanabilecek enerji politikaları açısından önem arz etmektedir.

2014 yılında açıklanan çevre politikası sıklığı endeksinin etkilerini inceleyen literatür iklim değişikliğinin tehdit seviyesi arttıkça çevre ekonomisi çalışmalarında daha fazla yer bulmaktadır. Her ne kadar 40 ülke için ve milenyumdan önceki 10 yıla kadar veriler mevcut olsa da endeksi hesaplanan ülkelerin çevresel kirliliğin büyük çoğunluğundan sorumlu olmaları yapılan çalışmaların geneli yansıtma konusunda yeterli olduğu düşünülmektedir. Endeksin çevre kalitesiyle ilişkisini inceleyen bazı çalışmaların özeti aşağıda yer almaktadır.

32 ülkeyi inceleyen de Angelis vd. (2019), büyümeyle karbon emisyonu arasında ters U ve N şekilli bir ilişki bulunduğunu ve çevresel politikada sıkılaştırmanın çevresel bozulmayı azalttığını ortaya koymuşlardır. Wang vd. (2020), 23 OECD ülkesinde çevre politikası sıklığının hava kalitesine etkisini araştırmışlardır. Endeks karbon, azot ve sülfür bileşikleri üzerinde negatif etkiye sahipken PM2.5 maruziyeti üzerindeki etkisi anlamsızdır. Yazarlar anlamsız bulguyu ince partikül maddenin karmaşık yapısı ve endekste yer verilmemesine bağlamışlardır. Pehlivanoğlu ve Solmaz (2020), BRIC ve MIST ülkelerinde doğrudan yabancı yatırımların karbon emisyonunu arttırdığını ve çevre politikası sıklığının doğrudan yabancı yatırımları azalttığını tespit etmişlerdir.

Ahmed (2020), 20 OECD ülkesinde endeksteeki artışın karbon emisyonlarını azalttığını, çevresel teknolojileri teşvik ettiğini fakat büyüme üzerinde olumsuz etkisinin bulunduğunu raporlamıştır. Wolde-Rufael ve Weldemeskel (2020), BRIICTS ülkeleri özelinde yaptıkları çalışmada endeks ile emisyonlar arasında ters U şekilli bir ilişki tespit etmişlerdir. Ayrıca yenilenebilir enerji emisyon azaltıcı iken gelir, fosil enerji tüketimi ve petrol fiyatları arttıracıdır. Albulescu vd. (2022), 32 ülkeyi ele almış ve sıkılaştırma politikalarının karbon emisyonlarını azalttığını belirtmişlerdir. Çevre koruyucu etki düşük karbon emisyonlu ülkelerde daha güçlü olmaktadır. Çalışmada ayrıca gelir ve enerji kullanımının kirletici etkisinin bulunduğu ve kirlilik sığınağı hipotezinin geçersiz olduğu öne sürülmüştür.

BRICS ülkelerini inceleyen Wang vd. (2022), hem kısa hem de uzun dönemde karbon emisyonlarını azaltmada çevre politikası sıklığı ve yenilenebilir enerjilerin etkisini açığa çıkarmışlardır. Büyüme ve sanayi katma değerinin ise çevre kirletici etkisi bulunmaktadır. Yirong (2022), Çin, ABD, Hindistan, Rusya ve Japonya'da çevre politikası sıklığının karbon emisyonu üzerindeki etkisini incelemiştir. Uzun dönemde hem simetrik modelde hem de asimetrik modelde endeksteeki iyileşmelerin çevre koruyucu etkisi tespit edilmiştir. Ancak kısa dönemde simetrik modelde etki pozitifdir. Çin'i inceleyen Chen vd. (2022), çevre politikası

sıklığı, büyüme, yenilenebilir enerji, doğrudan yabancı yatırımlar ve çevre vergilerinin 4 farklı kirlilik göstergesiyle ilişkisini araştırmışlardır. Bulgular sıkı çevre politikası, doğrudan yabancı yatırımlar, yenilenebilir enerji ve çevresel vergilerin kirlilik azaltıcı etkisini, büyümenin ise kirletici etkisini öne çıkarmıştır.

Mihai vd. (2023), 20 OECD ülkesinde çevre politikası sıklığının üç alt endeksinin sera gazı emisyonuna ve yenilenebilir enerji tüketimine etkisini değerlendirmişlerdir. Bulgular, piyasa tabanlı olmayan araçlar endeksinin etkisinin anlamsız diğer iki endeksin sera gazı emisyonu azaltıcı etkisi olduğunu ve her üç endeksin de yenilenebilir enerji tüketimini teşvik ettiğini göstermiştir. Li vd. (2023), BRICS ülkelerini inceledikleri çalışmalarında sıkılaştırılan çevre standartları ve yenilenebilir enerjinin tüketim bazlı karbon emisyonlarını düşürdüğünü, büyüme ve yenilenemeyen enerji ve kamu harcamalarının arttırdığını tespit etmişlerdir.

Çevre politikası sıklığında genel olarak çevre koruyucu etki öne çıkarılmaktadır. Chen vd.’nin (2022) çalışması haricindeki çalışmaların çok ülkeyi baz alması, ülke özelinde değerlendirme yapmaya olanak tanımamaktadır. Bu bakımdan mevcut çalışmanın ampirik katkısı değerli olmaktadır. Türkiye özelinde bir çalışmanın bulunmamasının yanı sıra çevre ekonomisinde bileşik bir karbon endeksinin kullanımının literatürde çok sınırlı olması da çalışmanın özgün katkısını ortaya çıkarmaktadır. Çalışmanın bu bakımdan literatür boşluğunu doldurması hedeflenmiştir.

3. Veri ve yöntem

3.1. Veri

Bu çalışma Türkiye’nin karbon nötr hedefine ulaşmada büyüme, yenilenebilir enerji, doğrudan yabancı yatırımlar ve çevre politikası sıklığının etkilerini değerlendirmektedir. Yıllık frekanslı ikincil verilerin kullanıldığı çalışmanın örneklem dönemi çevre politikası sıklığı değişkeninin kullanılabilir verileri kısıtında 1990-2020 arası şeklinde belirlenmiştir. Büyüme değişkeni 2015 sabit fiyatlarıyla ABD Doları cinsinden kişi başına gayrisafi yurt içi hasıla verileriyle; yenilenebilir enerji değişkeni, kişi başına MegaJoule biriminden hidroelektrik dahil yenilenebilir enerji tüketimi verileriyle; doğrudan yabancı yatırımlar değişkeni, ülke içine net akışın gayrisafi yurt içi hasılaya oranı verileriyle ve çevre politikası sıklığı değişkeni 0-6 arasında kompozit bir endeks verileriyle temsil edilmektedir. Büyüme ve doğrudan yabancı

yatırımlar Dünya Bankası'nın Dünya Gelişim Göstergelerinden, Yenilenebilir enerji tüketimi Energy Institute verilerinden ve çevre politikası sıklığı OECD istatistiklerinden derlenmiştir. Çevresel bozulmayı temsilen Murshed ve Rahman (2024) ve Murshed'in (2024) çalışmalarını takip ederek karbon endeksi kullanılmıştır. Karbon endeksi çevresel bozulma göstergelerinden biri olan karbon salınımı ile ilgili dört göstergenin temel bileşen analiziyle birleştirilmesiyle elde edilmiştir. Bu dört bileşen karbon ayak izi (*cfp*), kişi başına karbon emisyonu (*co2pc*), karbon yoğunluğu (*co2i*) ve karbon verimliliği (*co2en*) göstergeleridir. Karbon ayak izi, bir birey, faaliyet veya organizasyon tarafından yayılan karbon miktarını ifade etmektedir (GFN, 2024). Ekolojik ayak izi bileşenleri arasında en büyük paya sahip olan karbon ayak izi verileri, karbon emisyonlarını hapsetmek için gerekli üretken arazi miktarını göstermektedir.

Kişi başına karbon emisyonu, yıllık toplam karbon emisyonlarının ülkenin o yıla ait ortalama nüfusuna oranlanmasıyla elde edilmektedir. Literatürde sıklıkla kullanılan bu göstergeyle nüfus değişiminin marjinal karbon emisyonu izlenebilmektedir.

Karbon yoğunluğu, üretilen hasıla için ne kadar karbon salındığını ifade etmektedir. Toplam yıllık karbon emisyonunun toplam gayrisafi yurt içi hasılaya oranlanmasıyla hesaplanmaktadır. Üretim sürecinin dekarbonize bir kimliğe evrilip evrilmediği bu göstergeyle izlenebilmektedir. Karbon yoğunluğunun artması üretilen her birim hasıla için daha fazla karbon salınımı yapıldığı anlamına gelmektedir. Karbon yoğunluğundaki azalma ise birim hasıla üretiminin daha az karbon salınımı gerektirdiğini ifade etmektedir.

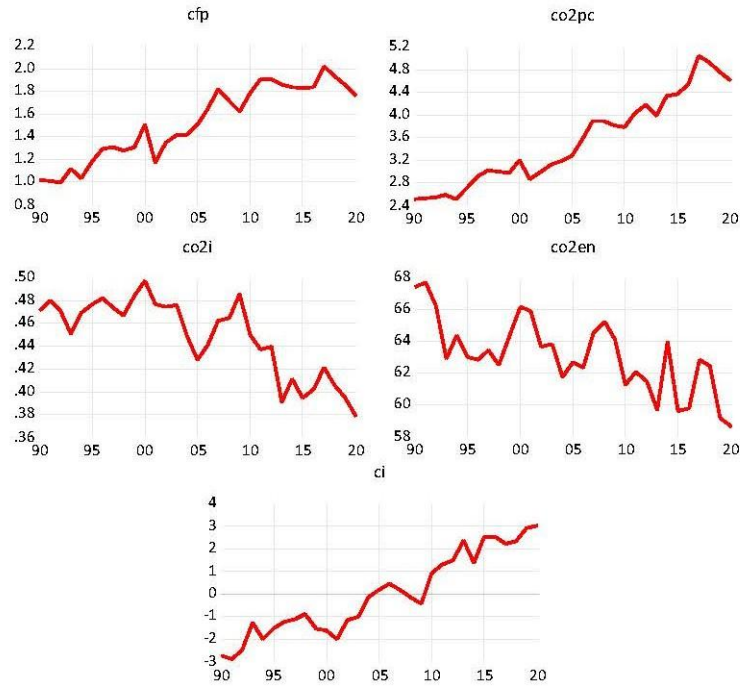
Son olarak karbon verimliliği verileri ise toplam yıllık karbon emisyonlarının toplam yakılan enerjiye oranlanmasıyla elde edilmektedir. Karbon verimliliği kullanılan enerjide temiz enerjilerin payı hakkında da bilgi verebilmektedir. Karbon verimliliğinin artması kullanılan enerjinin daha çok fosil yakıtlardan sağlandığını gösterirken düşmesi yenilenebilir enerjilerin payının arttığı anlamına gelmektedir.

Murshed ve Rahman (2024), karbon emisyonlarının enerji tüketimiyle normalize edilmesini karbon yoğunluğu; gayrisafi yurt içi hasılayla normalize edilmesini karbon verimliliği olarak tanımlamıştır. Mevcut çalışmada bu tanımlamalar Waggoner ve Ausubel'in (2002) önerdiği doğrultuda tam tersi şekilde yapılmıştır. Dong vd. (2018) ve Huang vd.'nin (2018) çalışmalarında da yoğunluk emisyon/çıkıtı şeklinde ifade edilmiştir. Yang ve Kim (2022),

karbon verimliliği ve karbon yoğunluğu kavramlarının tanımlamalarında bir fikir birliğinin olmadığını bazen karbon performansı, karbon üretkenliği ve karbon etkinliği gibi ifadelerin kullanılabildiğini bununla birlikte araştırma alanının erken aşamalarında karbon verimliliğinin enerji tüketimiyle ilişkilendirildiğini ileri sürmektedir.

Şekil 1'de karbon endeksi ve karbon endeksini oluşturmak için kullanılan göstergelerin zaman yolu grafikleri gösterilmektedir. Serilerin eğilimleri incelendiğinde karbon ayak izi ve kişi başına karbon emisyonunun yukarı yönlü bir seyir izlediği buna karşılık karbon verimliliği ve karbon yoğunluğunun azaldığı görülmektedir. Dönem içinde nüfus ve ekonomik büyümeyle artan talep her ne kadar mal ve hizmetlerin üretim ve tüketimi için bir karbon emisyonu artışına neden olmuşsa da başta enerji alanında olmak üzere verimlilik artışı ve yenilenebilir enerji yatırımlarındaki genişlemenin nispeten bir iyileşme sağladığı söylenebilmektedir.

Şekil 1: Karbon Endeksi ve Alt Bileşenlerinin Zaman Yolu Grafikleri



Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Temel bileşen analiziyle elde edilen endeks sıfır ortalamaya sahip olup dört bileşeni de temsil etmektedir. Bu temsili aynı zamanda Tablo 1’de sunulan bileşenler ve genel endeks arasındaki korelasyonlarda da görmek mümkündür. Oluşturulan endeks karbon ile ilgili göstergelerle yüksek derecede korelasyonludur.

Tablo 1: Karbon Endeksi ve Alt Bileşenlerinin Korelasyon Matrisi

	<i>ci</i>	<i>cfp</i>	<i>co2en</i>	<i>co2i</i>	<i>co2pc</i>
<i>ci</i>	1				
<i>cfp</i>	0.913	1			
<i>co2en</i>	-0.840	-0.630	1		
<i>co2i</i>	-0.905	-0.695	0.784	1	
<i>co2pc</i>	0.941	0.947	-0.639	-0.784	1

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Temel bileşen analiziyle ilgili sonuçlar Tablo 2’de verilmiştir. KMO istatistiğinin 0,5’ten büyük olması karbon endeksini oluşturmak için kullanılan değişkenlerin yeterli olduğunu göstermektedir (Bello vd., 2024).

Tablo 2: Temel Bileşen Analizi

Bileşen	Özdeğer	Fark	Oran	Kümülatif	KMO İst.
<i>cfp</i>	3.2445	2.7365	0.8111	0.8111	0.6256
<i>co2en</i>	0.5080	0.2977	0.1270	0.9381	0.7135
<i>co2i</i>	0.2103	0.1732	0.0526	0.9907	0.6618
<i>co2pc</i>	0.0371	0.0	0.0093	1	0.6121
<i>Tümü</i>					0.647

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Değişkenleri uyumlaştırmak ve değişen varyans sorununu gidermek adına büyüme ve yenilenebilir enerji değişkenlerinin doğal logaritmik dönüşümleri yapılmıştır. Analizlerde büyüme *lgdp*, yenilenebilir enerji *lrnw*, doğrudan yabancı yatırımlar *fdi*, çevre politikası sıklığı *eps* ve karbon endeksi *ci* şeklinde gösterilmektedir. Kısmi logaritmik dönüşümün uygulandığı modelin ekonometrik gösterimi şu şekildedir:

$$ci_t = \beta_0 + \beta_1 lgdp_t + \beta_2 lrnw_t + \beta_3 fdi_t + \beta_4 eps_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

Modelde β_0 , sabit katsayıyı β_1 , β_2 , β_3 ve β_4 ekolojik esneklikleri ε_t ise hata terimini ifade etmektedir. Ekolojik esnekliklerin pozitif ve anlamlı olması karbon endeksinin yükseldiğini ifade etmektedir.

Modelin tahmininden önce tahmin yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir. Tahmin prosedüründe sırasıyla birim kök testi, eşbütünleşme testi, uzun ve kısa dönem parametre tahmini ve son olarak nedensellik testi şeklinde bir akış izlenmiştir. Benzer bir akışı Yilanci, Ulucak vd.'nin (2023) çalışmasında da görmek mümkündür.

3.2. Yöntem

3.2.1. Birim Kök Testleri

İktisadi zaman serilerinin gelecek davranışlarını kestirebilmek ve doğru ekonomik modeller belirleyebilmek için serilerin birim kök içerip içermediğinin belirlenmesi gerekmektedir. Birim kök içeren seriler yanıltıcı sonuçlara neden olabildiği gibi uzun dönem ilişkilerinin doğru bir şekilde tespit edilmesini etkileyebilmektedir. Bu anlamda sıklıkla başvurulan sınamalar arasında Dickey ve Fuller (1979) tarafından geliştirilen ADF testi ile Phillips ve Perron (1988) tarafından geliştirilen PP testi başı çekmektedir. Her iki yöntem de benzer şekilde durağanlığı test etmekteyken PP sınaması otokorelasyon gibi sorunlara karşı daha düzeltici olduğundan nispeten daha esnek bir yöntem olarak kabul görmektedir.

Yapısal kırılmalar zaman serilerinin durağanlığını etkileyebilmektedir. Geleneksel birim kök testleri yapısal kırılmalar altında güvenilir sonuçlar verememektedir. Bu bağlamda yapısal kırılmaları yakalayan testler geliştirilmiştir. Bu testlerden biri olan ve Enders ve Lee (2012) tarafından önerilen esnek Fourier ADF birim kök testi, Dickey-Fuller türünde regresyon modeline sahip olup düşük frekanslı Fourier fonksiyonu yardımı ile bir veya daha fazla yapısal kırılmayı tespit edebilmektedir. Yöntemin en geniş modeli klasik ADF regresyonuna trigonometrik terimlerin eklenmesiyle (2) numaralı denklemde gösterilmektedir.

$$\Delta x_t = \rho x_{t-1} + a_1 + a_2 t + a_3 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + a_4 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + e_t \quad (2)$$

Denklemde k frekans sayısını ($1 \leq k \leq 5$), sinüs ve kosinüs ise diğer deterministik bileşenleri göstermektedir. Kalıntı kareleri toplamını en küçük yapan k değeri uygun k değerini ve-

ren model olarak kabul edilmektedir (Enders ve Lee, 2012: 197). Modeldeki trigonometrik değerlerin istatistiksel olarak anlamlılığına $F(\hat{k})$ test istatistiğiyle bakılmaktadır (Hepsağ, 2022: 168). $F(\hat{k})$ test istatistiğinin, istatistiksel olarak anlamlı olması esnek Fourier birim kök testinin kullanılabilirliğini göstermektedir. Esnek Fourier birim kök testinin test istatistiği $\tau_{DF,t} = \frac{\hat{\rho}}{SE(\hat{\rho})}$ ile hesaplanmaktadır. Hem $F(\hat{k})$ test istatistiğinin kritik değerleri hem de esnek Fourier birim kök testinin kritik değerleri Enders ve Lee'nin (2012) çalışmasında bulunmaktadır.

3.2.2. RALS-FADL Eşbütünleşme Testi

Yılanci, Ulucak vd. (2023), değişkenler arasındaki uzun dönem denge ilişkisini araştırmak için Banerjee vd.'nin (2017) çalışmasını genişleterek Fourier otoregresif dağıtıcı gecikme (FADL) modeline kalıntılarla genişletilmiş en küçük kareler (RALS) yöntemini uygulayarak RALS-FADL eşbütünleşme sınavasını geliştirmişlerdir. Lee vd. (2015: 2), RALS tabanlı sınamaların hatalar normal olsun ya da olmasın daha güçlü sonuçlar vereceğini ileri sürmektedir. Sınama yapısı itibarıyla sayıları veya konumları testin gücünü etkilemeyen çoklu yapısal değişikliklere izin verebilmekte ve normal olmayan hataların içerdiği bilgileri dikkate alabilmektedir (Yılanci, Ulucak vd., 2023: 816) Gregory ve Hansen (1996) yapmış oldukları çalışmalarda, yapısal kırılmaların varlığı durumunda kırılmaları dikkate almadan yapılan eşbütünleşme testlerinin sapmalı sonuçlara neden olacağını tespit etmişlerdir. Bu bağlamda kırılmaları içsel olarak belirleyen Hatemi-J (2008) ve Maki (2012) gibi sınamalar geliştirilmiştir. Ancak bu sınamalar 0 ve 1 değerini alan kukla değişkenler içerdiğinden keskin yapısal kırılmaları yakalayabilmekteyken yavaş değişimleri göz ardı edebilmektedir (Yılanci, Ulucak vd., 2023: 816). Sınamada kullanılan Fourier yaklaşımli deterministik terim denklem (3)'te verilmiştir.

$$d(t) = \beta_0 + \phi_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \phi_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) \quad (3)$$

Deterministik terimin ilave edilmesiyle elde edilen FADL modeli denklem (4)'te ifade edilmiştir (Banerjee vd., 1998: 269; Banerjee vd., 2017: 3).

$$\Delta y_{1t} = d(t) + \delta_1 y_{1,t-1} + \gamma' y_{2,t-1} + \alpha \Delta y_{2t} + e_t \quad (4)$$

Sınamanın sıfır hipotezi $\delta_1 = 0$ (eşbütünleşme yok) ile ifade edilmekirken araştırma hipotezi $\delta_1 < 0$ (eşbütünleşme var) şeklinde gösterilmektedir. Sınamaya ait test istatistiği denklem (5) ile elde edilmektedir.

$$t_{ADL} = \frac{\hat{\delta}_1}{se(\hat{\delta}_1)} \quad (5)$$

FADL eşbütünleşme test regresyonunu genişleten terim denklem (6)'da verilmiştir.

$$\hat{\omega}_t = [\hat{u}_t^2 - \hat{m}_2, \hat{u}_t^3 - \hat{m}_3 - 2\hat{m}_2\hat{u}_t]' \quad (6)$$

Böylece RALS-FADL test istatistiği, genişletilmiş modelin EKK yöntemiyle tahmin edilmesi ve $\phi = 0$ için t istatistiğinin hesaplanmasıyla elde edilmektedir (Yılanci, Ulucak vd., 2023: 817). t test istatistiği denklem (7) ile ifade edilmektedir.

$$\tau_{RLM} \rightarrow \rho\tau_{LM} + \sqrt{1 - \rho^2}Z \quad (7)$$

Eşbütünleşmenin varlığı durumunda uzun dönem katsayılarının tahmin edilerek yorumlanması gerekmektedir. Bu tahminler için Tam Değiştirilmiş En Küçük Kareler (FMOLS) metodu kullanılabilir. FMOLS metodunu Phillips ve Hansen (1990) geliştirmiştir. Endojenite ile 2. derece sapmaları (otokorelasyon ve değişen varyans gibi) gidermede kullanılan etkin bir tahmincidir (Şanlısoy ve Kök, 2010: 110-111). Tahminciler denklem (8)'deki formülle elde edilmektedir (Phillips ve Hansen, 1990: 101-102).

$$\hat{\Phi}_{FMOLS} = \begin{bmatrix} \hat{\lambda} \\ \hat{\delta} \end{bmatrix} = (\sum_{t=1}^T X_t Y_t' - T \hat{\psi}_{12}^+) (\sum_{t=1}^T X_t X_t')^{-1} \quad (8)$$

3.2.3. Fourier Granger Nedensellik Testi

Fourier Granger nedensellik sınaması Enders ve Jones (2016) tarafından geliştirilmiştir. Enders ve Jones'a (2016: 399) göre VAR modellerinin yapısal kırılmaları (keskin veya yumuşak) ihmal etmesi, Granger nedensellik sınamalarının yanlış boyut kazanmasına buna bağlı olarak da yanlış tanımlanmış modellerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu bağlamda önerdikleri Fourier yaklaşımı keskin yapısal kırılmaların olduğu durumda makul boyut ve güç özelliklerine sahip olmaktadır yumuşak kırılmaların olduğu durumda daha iyi performans göstermektedir (Enders ve Jones, 2016: 418). Sınamanın uygulanabilmesi için seri-

lerin birim köklü olmaması gerekmektedir. Sınamada kullanılan Fourier fonksiyonlu VAR modeli denklem (9) ve (10)'deki gibi ifade edilmektedir.

$$Y_t = c_{01} + \sum_{i=1}^p \alpha_{1i} Y_{t-i} + \sum_{i=1}^p \beta_{1i} X_{t-i} + \gamma_1 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \gamma_2 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \varepsilon_{1t} \quad (9)$$

$$X_t = c_{02} + \sum_{i=1}^p \alpha_{2i} Y_{t-i} + \sum_{i=1}^p \beta_{2i} X_{t-i} + \gamma_3 \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \gamma_4 \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \varepsilon_{2t} \quad (10)$$

4. Ampirik Bulgular

Ampirik analizde ilk olarak kullanılan değişkenlerin birim köklü olup olmadığı yani durağanlıkları araştırılmıştır. Tablo 3'te görüldüğü üzere geleneksel testlerden ADF birim kök testi değişkenlerin seviyesinde birim köklü olduğunu ancak birinci farkları alındığında tüm değişkenlerin durağan olduğunu göstermektedir. PP birim kök testi de ADF birim kök testinin sonuçlarını doğrulamıştır. Değişkenlerin durağanlığı son olarak FADF birim kök testi kullanılarak sınanmıştır. FADF istatistikleri incelendiğinde doğrudan yabancı yatırımların seviyesinde durağan olduğu görülmektedir. Ancak F kısıt testi için hesaplanan istatistik değeri anlamlı olmadığı için doğrudan yabancı yatırımların seviye değerinin değerlendirilmesinde FADF yerine klasik ADF testine güvenmek daha doğru olmaktadır. Bu durumda *fdi* değişkeninin seviyesinde birim köklü olduğu sonucuna varılmaktadır. Diğer değişkenlerin seviye değerlerine bakıldığında FADF istatistiklerinin birim kök sürecini ima ettiği ancak F kısıt testinin anlamsız olması nedeniyle ADF birim kök testinin sonuçlarının güvenilir olduğu değerlendirilmektedir. Fark serilerinde tüm değişkenlerin FADF istatistikleri durağanlığı ima etse de *ci* değişkeni haricindeki değişkenler için hesaplanan F kısıt testinin yine anlamsız oluşu bağımsız değişkenlerin kararı için ADF sonuçlarına yönlendirmektedir. *ci* değişkenin fark serisinin durağanlığının anlamlı çıkan F kısıt testi gereği FADF test istatistiklerine bakılarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Hesaplanan istatistik %1 düzeyinde anlamlı olduğu için *ci* değişkeninin I(1) sürecine tabi olduğu sonucuna varılmaktadır. Birim kök testi sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde modeldeki tüm değişkenlerin seviyesinde birim köklü olup birinci farklarında durağan oldukları görülmüştür. Bu bulgu değişkenler arasında bir uzun dönem ilişkisinin olabileceğini ima etmektedir. Bunun teyidi için RALS-FADL eşbütünleşme testine başvurulmuştur.

Tablo 3: Birim Kök Testleri

Değişken	ADF	PP	FADF		
			Frekans	F Kısıt Testi	FADF İst.
<i>ci</i>	-0.6934	-0.4419	4	6.2286	0.4467
<i>lgdp</i>	-0.1504	-0.0991	4	2.8302	-0.1518
<i>lmw</i>	-1.2418	-1.1279	1	5.5078	-1.9477
<i>fdi</i>	-2.1625	-2.0518	1	4.3555	-3.8348**
<i>eps</i>	-0.2477	-0.0191	1	4.5981	-1.3795
Δci	-7.3019***	-8.4243***	4	6.3879*	-4.2717***
$\Delta lgdp$	-5.9673***	-5.9817***	4	2.8879	-3.7538***
Δlmw	-7.9853***	-8.3481***	4	4.7753	-4.1591***
Δfdi	-4.9657***	-7.2237***	5	1.9255	-5.1638***
Δeps	-5.9429***	-6.3504***	1	2.4902	-5.6287***

Not: *, ** ve ***, sırasıyla %10, %5 ve %1 düzeyinde anlamlılığı temsil etmektedir. F kısıt test istatistiği için %10 kritik değeri 6.35'tir.

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Modele uygulanan yeni nesil eşbütünleşme testlerinden RALS-FADL testi sonuçları Tablo 4'te verilmiştir. Uygun frekans sayısının 4 olarak tespit edildiği testte hesaplanan test istatistiği %1 kritik değerinden küçük olduğu için değişkenler arasında eşbütünleşik ilişkinin var olduğu sonucuna varılmaktadır.

Tablo 4: RALS-FADL Eşbütünleşme Testi

Frekans	4	Kritik Değerler	
		%1	%5
Minimum AIC	-0.8621	-4.006	-3.405
RALS-FADL Test İst.	-4.0845	-3.405	-3.052
ρ^2	0.6379	-3.052	

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Eşbütünleşik seriler arasındaki uzun dönem esneklikleri FMOLS yöntemiyle tahmin edilmiş ve sonuçlar Tablo 5'te sunulmuştur. Büyüme değişkeninin katsayısının pozitif ve anlamlı olması artan refahın karbon endeksini artırıcı etkisini yansıtmaktadır. Yenilenebilir enerji tüketiminin model içinde etkisinin pozitif çıkması yenilenebilir enerji yatırımlarının niteliğini gündeme getirmektedir. Modelde kullanılan yenilenebilir enerji değişkeninin hidroelektrik santrallerini de kapsaması ve 2000'li yıllarda artan temiz enerji yatırımlarına rağmen büyük çoğunluğunun hidroelektrik enerjisinden oluşması etkinin bu yönde çıkmasına neden olduğu düşünülmektedir. Doğrudan yabancı yatırımların etkisine bakıldığında pozitif katsayı

Türkiye için kirlilik sığınağı hipotezinin geçerli olduğunu göstermektedir. Son olarak çevre politikası sıklığının etkisinin istatistiksel olarak anlamsız olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada çevreyle ilgili konularda bazı alanlarda ilerlemelere rağmen Türkiye'nin gerekli çabadan uzak olduğunu göstermektedir.

Tablo 5: Uzun dönem Esneklikleri (FMOLS)

Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-İst.	Olasılık
<i>lgdp</i>	3.3068	0.8410	3.9322	0.0006
<i>lrnw</i>	1.6034	0.3459	4.6356	0.0001
<i>fdi</i>	0.2407	0.0925	2.6030	0.0153
<i>eps</i>	0.2657	0.1921	1.3834	0.1788
<i>c</i>	-44.5016	5.9153	-7.5232	0.0000
R^2	0.9776			
Düz. R^2	0.9740			

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Uzun dönem katsayılarının tahmininden elde edilen kalıntıların bir gecikmeli değeri eklenerek oluşturulan hata düzeltme modelinin tahmin sonuçları Tablo 6'da verilmiştir. Kısa dönem dinamiklerini gösteren model sonuçlarında ilk olarak hata düzeltme terimine bakılmıştır. Negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bulunan katsayı uzun dönem dengesinden sapmaların istikrarlı bir şekilde düzeleceğini ifade etmektedir. Katsayının büyüklüğü bu düzelmenin iki dönemden az bir süre alacağını göstermektedir. Modeldeki değişkenlerin kısa dönemdeki etkileri uzun dönemdeki etkileriyle paralellik göstermektedir. Hem kısa hem de uzun dönemde büyümenin etkisinin pozitif olması büyüme ile çevre ilişkisinde ÇKE hipotezinin geçerli olmadığını ve artan refahın çevre kirlenici etkisinin sürdüğünü ifade etmektedir.

Tablo 6: Hata Düzeltme Modeli

Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-İst.	Olasılık
$\Delta lgdp$	4.7839	1.0903	4.3877	0.0002
$\Delta lrnw$	2.0925	0.2802	7.4690	0.0000
Δfdi	0.1905	0.0742	2.5665	0.0173
Δeps	-0.0001	0.1922	-0.0003	0.9998
<i>ect(-1)</i>	-0.5335	0.1971	-2.7066	0.0126
<i>c</i>	0.0030	0.0503	0.0593	0.9532
R^2	0.8821			
Düz. R^2	0.8564			

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Ampirik analizlerde son olarak değişkenler arasındaki nedensel bağlantılar incelenmiştir. Fourier Granger nedensellik testinin sonuçları Tablo 7’de gösterilmektedir. Test sonuçlarına göre doğrudan yabancı yatırımlardan karbon endeksine doğru tek yönlü, yenilenebilir enerji tüketiminden karbon endeksine doğru tek yönlü, çevre politikası sıklığından doğrudan yabancı yatırımlara doğru tek yönlü, karbon endeksinden büyümeye doğru tek yönlü, doğrudan yabancı yatırımlardan büyümeye doğru tek yönlü ve yenilenebilir enerji tüketiminden büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

Tablo 7: Fourier Granger Nedensellik Testi

Nedensellik Yönu	Wald İstatistiği	Test Asimptotik Olasılık Değeri	Bootstrap Olasılık Değeri	Frekans (Gecikme)
<i>fdi</i> → <i>ci</i>	11.6068**	0.0089	0.0434	1 (3)
<i>lrnw</i> → <i>ci</i>	10.8593*	0.0125	0.0541	1 (3)
<i>eps</i> → <i>ci</i>	1.7251	0.6314	0.6451	1 (3)
<i>lgdp</i> → <i>ci</i>	2.6293	0.4524	0.4828	1 (3)
<i>ci</i> → <i>fdi</i>	0.8332	0.8415	0.8406	1 (3)
<i>lrnw</i> → <i>fdi</i>	1.1569	0.7634	0.7742	1 (3)
<i>eps</i> → <i>fdi</i>	18.8458**	0.0003	0.0118	1 (3)
<i>lgdp</i> → <i>fdi</i>	5.8041	0.1215	0.1815	1 (3)
<i>ci</i> → <i>lrnw</i>	6.2100	0.1018	0.1728	1 (3)
<i>fdi</i> → <i>lrnw</i>	7.4337	0.0593	0.1161	1 (3)
<i>eps</i> → <i>lrnw</i>	3.2691	0.3520	0.3993	1 (3)
<i>lgdp</i> → <i>lrnw</i>	1.8455	0.6051	0.6142	1 (3)
<i>ci</i> → <i>eps</i>	0.7013	0.8729	0.8691	1 (3)
<i>fdi</i> → <i>eps</i>	1.4364	0.6970	0.7010	1 (3)
<i>lrnw</i> → <i>eps</i>	1.9953	0.5734	0.5962	1 (3)
<i>lgdp</i> → <i>eps</i>	6.8271	0.0776	0.1368	1 (3)
<i>ci</i> → <i>lgdp</i>	9.9483*	0.0190	0.0676	1 (3)
<i>fdi</i> → <i>lgdp</i>	11.7023**	0.0085	0.0436	1 (3)
<i>lrnw</i> → <i>lgdp</i>	13.6054**	0.0035	0.0295	1 (3)
<i>eps</i> → <i>lgdp</i>	3.1198	0.3735	0.4119	1 (3)

Not: *, ** ve ***, sırasıyla %10, %5 ve %1 düzeyinde anlamlılığı temsil etmektedir. Bootstrap değerleri 10000 döngüyle elde edilmiştir.

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Nedensel bağlantılar Türkiye’de doğrudan yabancı yatırımların çevre kirliliğine neden olduğunu ve bunun kirlilik sığınağı hipoteziyle uyumlu olduğunu göstermektedir. Ayrıca yenilenebilir enerji yatırımlarının ağırlıklı olarak biyoçeşitliliğe zarar verip kurulduğu ve etilediği alanın karbon absorbe etme yeteneğini azaltan bunun yanında kurulumu esnasında kar-

bon emisyonuna sebep olan hidroelektrik santrallerine yönelik olması karbon endeksine doğru nedensel bağlantının bir açıklaması olmaktadır. Çevre politikası sıklığının doğrudan yabancı yatırımlara neden olması kirliliğin endüstrilerin Türkiye'ye doğru akışını açıklamaktadır. Bu nedensellik ülke içine akacak yatırımların çevresel riskler içerebileceğini göstermektedir. Büyümeye doğru nedensellikler ise Türkiye'nin büyümesinin karbona, doğrudan yabancı yatırımlara ve yenilenebilir enerji yatırımlarına bağlı olduğunu göstermektedir.

Elde edilen sonuçlar önceki çalışmalarla kıyaslandığında bazı benzerlik ve farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Büyüme sürecinin kirlilikli olması literatürdeki genel eğilimi yansıtmaktadır. Kirlilik sığnağı hipotezinin desteklenmesi yakın metodolojik yaklaşımlarla Türkiye'yi ele alan ve aynı çevresel bozulma göstergesi kullanan çalışmalardan Temürlenk ve Lögün'ün (2022) çalışmasıyla uyumlu olurken Mert ve Çağlar'ın (2020) bulgusuna ters bir sonuç olmaktadır. Yenilenebilir enerji tüketiminin kirlilik artırıcı etkisi Yurtkuran'ın (2022) çalışmasının bulgularıyla paraleldir. Son olarak literatürdeki kirlilik azaltıcı bulgulara kıyasla çevre politikası sıklığı endeksinin anlamsız etkisi kurulan model ve düşük çevre standartlarına bağlanabilmektedir.

5. Sonuç

Bu çalışmada 2053 yılı için karbon nötr hedefi açıklayan Türkiye'de büyüme, yenilenebilir enerji, doğrudan yabancı yatırımlar ve çevre politikası sıklığının karbon azaltımına etkisi değerlendirilmiştir. Yeni nesil yaklaşımların benimsendiği analizlerden elde edilen bulgular, büyüme, yenilenebilir enerji tüketimi ve doğrudan yabancı yatırımların çevresel bozulmayı arttırdığını, çevre politikası sıklığının etkisinin ise anlamsız olduğunu ortaya koymuştur. Bu sonuçlar büyüme sürecinin oransal olarak düşüş yaşanmasına rağmen halen fosil yakıtlara büyük ölçüde bağımlı olduğunu göstermektedir. Bu bağımlılığın azaltılması ve daha verimli işletilmesi için yenilenebilir enerjilerin payının artırılması ve enerji kullanımında verimliliğin yükseltilmesi önem arz etmektedir.

Doğrudan yabancı yatırımların karbon endeksi üzerindeki pozitif etkisi Türkiye için kirlilik sığnağı hipotezinin geçerli olduğunu ima etmektedir. Bu durumun yakın zamanlı somut göstergelerinden biri çok uluslu şirketlerin madenlerden altın çıkarırken kullandıkları siyanür nedeniyle biyoçeşitliliğin ve orman alanlarının azaltılmasıdır. Yenilenebilir enerji tüketiminin karbon endeksini artırması doğal olarak beklenen bir sonuç değildir. Ancak Türkiye'nin

enerji dengesinde yenilenebilir enerjilerin ağırlıklı olarak hidroelektrik santrallerden oluşmasının bu sonucun oluşmasında etken olduğu düşünülmektedir. Son olarak çevre politikası sıklığının anlamsız etkisi karar alıcıların çevreyle ilgili tasarruflarının henüz karbon azaltımına sebep olacak düzeye erişmediğini göstermektedir.

Nedensel bağlantılar incelendiğinde ise doğrudan yabancı yatırımların kirlilik sığınağı hipotezine uygun olarak karbon endeksine neden olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca hidroelektrik santrallerinin kurulum aşamasında neden olduğu emisyonlar ve biyoçeşitliliğe verdiği zararlar da yine karbon endeksine doğru nedenselliği açıklayabilmektedir. Çevre politikası sıklığından doğrudan yabancı yatırımlara doğru nedensellik kirlilik sığınağı hipotezinin geçerliliğiyle ilgili olmaktadır. Düşük çevresel standartlar doğal olarak kirli endüstrileri ülke içine çekmektedir. Karbon endeksinden büyümeye doğru nedensellik Türkiye’de büyüme sürecinde karbon yayan fosil yakıtların etkisinin olduğunu göstermektedir. Doğrudan yabancı yatırımların büyümeye neden olması da yine yabancı sermaye akışlarının büyüme için önemini vurgulamaktadır. Yenilenebilir enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ise Türkiye için büyüme hipotezinin doğrulandığını ifade etmektedir. Bu hipoteze göre yenilenebilir enerji yatırımları ekonomik büyümeye katkıda bulunmaktadır.

Çalışmanın bulguları karbon nötr hedefine ulaşmada belli politikaların uygulanmasını zorunlu kılmaktadır. Temelde çevresel standartların yükseltilerek çevre politikasının sıklık düzeyinin yükseltilmesi gerekmektedir. Bu amaca yönelik olarak çevresel vergilerin yükseltilmesi ve rüzgar ve güneş gibi temiz yenilenebilir enerjilere teşviklerin arttırılması öncelikli olarak atılması gereken adımlardır. Ekonomik büyümenin karbon emisyonuna sebep olan fosil yakıtlara bağlı olması aynı zamanda yenilenebilir enerji tüketiminin büyümeye neden olabileceği bulgusu fosil yakıtlardan temiz enerjilere doğru yaşanabilecek bir enerji dönüşümünün büyüme sürecine olumsuz yansımayaacağı fikrini vermektedir. Bu dönüşümün gerçekleştirilebilmesine yönelik olarak yenilenebilir enerjilere uygulanan teşvik ve sübvansiyonların arttırılması gibi maliyet düşürücü önlemler etkili olmaktadır. Bunun yanında maliyetleri düşürüp verimliliği arttırabilecek ve üretilen temiz enerjinin uygun koşullarda depolanmasını sağlayabilecek ar-ge çalışmaları desteklenmelidir. Daha da önemlisi yenilenebilir enerji kompozisyonunda hidroelektrik santralleri yerine güneş, rüzgar ve dalga gibi temiz enerji santrallerine yer verilmelidir. Temiz enerji farkındalığının topluma kazandırılmasına yönelik eğitimler yenilenebilir enerjilerin talep tarafını teşvik edecek girişimler olarak önem

arz etmektedir. Tüm eğitim kademelerinde okutulacak dersler, yapılacak etkinlik ve projeler temiz enerji bilincinin içselleştirilmesini sağlayabilecektir.

Bulgulara göre büyümeye neden olan aynı zamanda da çevresel risk oluşturan doğrudan yabancı yatırımların ülkeye girişinde kurulacak denge sürdürülebilir büyümede kritik rol oynayacaktır. Doğrudan yabancı yatırımlarla ülke içine akabilecek kirli endüstrilerin neden olabileceği çevresel felaket riski, çevre standartları yükseltilerek ve bu standartların imtiyazsız bir şekilde uygulanmasını sağlayacak kurumlar güçlendirilerek azaltılmalıdır. Temiz çevre-büyüme dengesinde kazançlı duruma gelmek için öncelikle bilgi ve teknoloji üretimi için uygun ortamın ülke içinde sağlanması gerekmektedir. Kirliliğe neden olan endüstrilerden hasarın tazminine yönelik katı düzenlemelerin varlığı ülkenin en azından tam bir kirlilik cenneti olmadığını gösterecektir. Doğrudan yabancı yatırımların kirliliği azaltmaya yardım eden kimliğe kavuşturulması için ekseriyetle çevre dostu teknolojilerin ve düşük karbonlu üretim sistemlerin teşviklerle ülke içine çekilmesi sağlanmalıdır.

Çalışmanın veri kısıtından dolayı 2020 yılına kadar olan dönemi ele alması çalışmanın eksikliklerinden biridir. 2021 yılında açıklanan karbon nötr hedefinin yüklediği sorumlulukların çevre politikası sıklığı endeksinde araştırma döneminden sonra daha belirgin bir şekilde görülebileceği düşünülmektedir. Bu anlamda ilerleyen yıllarda veri kullanılabilirliği nispetinde çevre politikasının anlamlı bir karbon azaltıcı etki yaratacağı öngörülmektedir. Karbon nötr hedefine odaklanan çalışma çevresel bozulmanın temsilcisi olarak karbon ile ilgili değişkenleri baz almıştır. Çevresel bozulmaya en büyük katkıyı yapan etken olması karbonu güçlü bir temsilci olarak sunmasına rağmen çevresel bozulmanın diğer bileşenlerini göz ardı etmesi yine gelecek çalışmaların katkılarıyla giderilebilecektir. Yeni katkıların ekolojik ayak izi veya ters yük kapasite faktörü gibi değişkenlerin ele alınarak yapılması önerilmektedir. Araştırma modelinin farklı değişkenler eklenerek genişletilmesiyle çevresel bozulmayı kontrol etmede daha farklı mekanizmaların varlığı doğrulanabilecektir. Ayrıca tek ülke özelinde yapılan çalışmanın çeşitli ülke grupları özelinde karşılaştırmalı olarak tekrarlanması konuya global bir bakış açısı kazandırabilecektir. Son olarak her ne kadar yeni nesil yöntemlerle analiz edilmişse de asimetrik etki gibi farklı varsayımları göz önüne alan metodolojik yaklaşımların katkısı da değerli olacaktır.

Kaynakça

- Adams, S., & Nsiah, C.; (2019), “Reducing carbon dioxide emissions: Does renewable energy matter?”, *Science of the Total Environment*, 693, 133288.
- Adebayo, T. S., & Özkan, O.; (2024), “Investigating the influence of socioeconomic conditions, renewable energy, and eco-innovation on environmental degradation in the United States: A wavelet quantile-based analysis”, *Journal of Cleaner Production*, 434, 140321.
- Adebayo, T. S., Ramzan, M., Iqbal, H. A., Awosusi, A. A., & Akinsola, G. D.; (2021), “The environmental sustainability effects of financial development and urbanization in Latin American countries”, *Environmental Science and Pollution Research*, 28(41), pp. 57983-57996.
- Ahmed, K.; (2020), “Environmental policy stringency, related technological change and emissions inventory in 20 OECD countries”, *Journal of environmental Management*, 274, 111209.
- Albulescu, C. T., Boatca-Barabas, M. E., & Diaconescu, A.; (2022), “The asymmetric effect of environmental policy stringency on CO2 emissions in OECD countries”, *Environmental Science and Pollution Research*, 29(18), pp. 27311-27327.
- Ali, S., Yusop, Z., Kaliappan, S. R., & Chin, L.; (2020), “Dynamic common correlated effects of trade openness, FDI, and institutional performance on environmental quality: evidence from OIC countries”, *Environmental Science and Pollution Research*, 27(11), pp. 11671-11682.
- Almfraji, M. A., & Almsafir, M. K.; (2014), “Foreign direct investment and economic growth literature review from 1994 to 2012”, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 129, pp. 206-213.
- Al-Mulali, U., Ozturk, I., & Lean, H. H.; (2015), “The influence of economic growth, urbanization, trade openness, financial development, and renewable energy on pollution in Europe”, *Natural Hazards*, 79, pp. 621–644.
- Al-Mulali, U., Ozturk, I., & Solarin, S. A.; (2016), “Investigating the environmental Kuznets curve hypothesis in seven regions: The role of renewable energy”, *Ecological Indicators*, 67, pp. 267–282.

- Al-Mulali, U., Solarin, S. A., Sheau-Ting, L., & Ozturk, I.; (2016), “Does moving towards renewable energy cause water and land inefficiency? An empirical investigation”, *Energy Policy*, 93, pp. 303–314.
- Aydemir, C., Arslan, İ., & Uncu, F.; (2012), “Doğrudan yabancı yatırımların Dünya’daki ve Türkiye’deki gelişimi”, *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 23, ss. 69-104.
- Banerjee, A., Dolado, J., & Mestre, R.; (1998), “Error-correction Mechanism Tests for Cointegration in a Single-equation Framework”, *Journal of Time Series Analysis*, 19(3), pp. 267–283.
- Bekun, F. V., Alola, A. A., & Sarkodie, S. A.; (2019), “Toward a sustainable environment: Nexus between CO2 emissions, resource rent, renewable and nonrenewable energy in 16-EU countries”, *Science of the Total Environment*, 657, pp. 1023–1029.
- Bello, A. A., Hassan, A., Bekun, F., Aliyu, U., & Akadiri, S.; (2024), “Does ICT diffusion exacerbate or mitigate the environmental impacts of renewable energy projects in Sub-Saharan Africa?”, [Preprint], <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4959123/v1>
- Bello, M. O., Solarin, S. A., & Yen, Y. Y.; (2018), “The impact of electricity consumption on CO2 emission, carbon footprint, water footprint and ecological footprint: The role of hydropower in an emerging economy”, *Journal of Environmental Management*, 219, pp. 218–230.
- Bilgili, F., Lorente, D. B., Kuşkaya, S., Ünlü, F., Gençoğlu, P., & Rosha, P.; (2021), “The role of hydropower energy in the level of CO2 emissions: An application of continuous wavelet transform”, *Renewable Energy*, 178, pp. 283–294.
- Botta, E. & Koçluk, T.; (2014), “Measuring Environmental Policy Stringency in OECD Countries: A Composite Index Approach”, *OECD Economics Department Working Papers*, No. 1177, OECD Publishing, Paris.
- Bulus, G. C., & Koc, S.; (2021), “The effects of FDI and government expenditures on environmental pollution in Korea: the pollution haven hypothesis revisited”, *Environmental Science and Pollution Research*, 28(28), pp. 38238-38253.
- Chen, M., Sohail, S., & Majeed, M. T.; (2022), “Revealing the effectiveness of environmental policy stringency and environmental law on environmental performance: does asymmetry matter?”, *Environmental Science and Pollution Research*, 29(60), pp. 91190-91200.

- Cole, M. A.; (2004), “Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: examining the linkages”, *Ecological Economics*, 48(1), pp. 71-81.
- Dam, M. M., & Sarkodie, S. A.; (2023), “Renewable energy consumption, real income, trade openness, and inverted load capacity factor nexus in Türkiye: Revisiting the EKC hypothesis with environmental sustainability”, *Sustainable Horizons*, 8, 100063
- de Angelis, E. M., Di Giacomo, M., & Vannoni, D.; (2019), “Climate Change and Economic Growth: The Role of Environmental Policy Stringency”, *Sustainability*, 11(8), 2273.
- De Mello, L.; (1999), “Foreign direct investment-led growth: evidence from time series and panel data”, *Oxford Economic Papers*, 51(1), pp. 133-151.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A.; (1979), “Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root”, *Journal of the American Statistical Association*, 74(366a), pp. 427–431.
- Dogan, E., & Ozturk, I.; (2017), “The influence of renewable and non-renewable energy consumption and real income on CO2 emissions in the USA: Evidence from structural break tests”, *Environmental Science and Pollution Research*, 24, pp. 10846–10854.
- Dong, F., Yu, B., Hadachin, T., Dai, Y., Wang, Y., Zhang, S., & Long, R.; (2018), “Drivers of carbon emission intensity change in China”, *Resources, Conservation and Recycling*, 129, pp. 187-201.
- Enders, W., & Jones, P.; (2016), “Grain prices, oil prices, and multiple smooth breaks in a VAR”, *Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics*, 20(4), pp. 399-419.
- Enders, W., & Lee, J.; (2012), “The flexible Fourier form and Dickey–Fuller type unit root tests”, *Economics Letters*, 117(1), pp. 196-199.
- Energy Institute; (2024), “Statistical Review of World Energy 2024”, Energy Institute, London. <https://www.energyinst.org/statistical-review/home>
- Ewane, E. B., & Ewane, E. I.; (2023), “Foreign direct investment, trade openness and environmental degradation in SSA countries. A quadratic modeling and turning point approach”, *American Journal of Environmental Economics*, 2(1), pp. 9-18.
- GFN; (2024), “Climate Change”, retrieved from <https://www.footprintnetwork.org/our-work/climate-change/>

- Gregory, A. W., & Hansen, B. E.; (1996), “Tests for cointegration in models with regime and trend shifts”, *Oxford Bulletin of Economic and Statistics*, 58, pp. 555–560.
- Grossman, G., & Krueger, A. B.; (1991), “Environmental impacts of a North-American free trade agreement”, NBER Working Paper 3914,
- Hatemi-J, A.; (2008), “Tests for cointegration with two unknown regime shifts with an application to financial market integration”, *Empirical Economics*, 35(3), pp. 497–505.
- Hepsağ, A.; (2022), “*Ekonometrik Zaman Serileri Analizlerinde Güncel Yöntemler (WinRATS Uygulamalı)*”, Der Yayınları, İstanbul.
- Huang, J., An, L., Peng, W., & Guo, L.; (2023), “Identifying the role of green financial development played in carbon intensity: evidence from China”, *Journal of Cleaner Production*, 408, 136943.
- Huo, W., Ullah, M. R., Zulfıqar, M., Parveen, S., & Kibria, U.; (2022), “Financial development, trade openness, and foreign direct investment: a battle between the measures of environmental sustainability”, *Frontiers in Environmental Science*, 10, 851290.
- Iamsiraroj, S.; (2016), “The foreign direct investment–economic growth nexus”, *International Review of Economics & Finance*, 42, pp. 116-133.
- Kim, M. H., & Adilov, N.; (2012), “The lesser of two evils: an empirical investigation of foreign direct investment-pollution tradeoff”, *Applied Economics*, 44(20), pp. 2597–2606.
- Kim, S. E., & Seok, J. H.; (2023), “The impact of foreign direct investment on CO2 emissions considering economic development: Evidence from South Korea”, *The Journal of International Trade & Economic Development*, 32(4), pp. 537-552.
- Kisswani, K. M., & Zaitouni, M.; (2023), “Does FDI affect environmental degradation? Examining pollution haven and pollution halo hypotheses using ARDL modelling”, *Journal of the Asia Pacific Economy*, 28(4), pp. 1406–1432.
- Kozal, Ö.; (2024), “Unraveling the Nexus of Industrialization, Human Development, Democracy, Trade Openness, and Renewable Energy in EU Environmental Degradation”, *Bulletin of Economic Theory and Analysis*, 9(3), pp. 927-952.

- Kuznets, S.; (1955), “Economic Growth and Income Inequality”, *The American Economic Review*, 45(1), pp. 1–28.
- Kwakwa, P. A.; (2023), “Climate change mitigation role of renewable energy consumption: Does institutional quality matter in the case of reducing Africa's carbon dioxide emissions?”, *Journal of Environmental Management*, 342, 118234.
- Lee, H., Lee, J., & Im, K.; (2015), “More powerful cointegration tests with non-normal errors”, *Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics*, 19(4), pp. 397–413.
- Li, S., Samour, A., Irfan, M., & Ali, M.; (2023), “Role of renewable energy and fiscal policy on trade adjusted carbon emissions: Evaluating the role of environmental policy stringency”, *Renewable Energy*, 205, pp. 156-165.
- Li, Z., Kuo, Y. K., Mahmud, A. R., Nassani, A. A., Haffar, M., & Muda, I.; (2022), “Integration of renewable energy, environmental policy stringency, and climate technologies in realizing environmental sustainability: Evidence from OECD countries”, *Renewable energy*, 196, pp. 1376-1384.
- Liu, P., Ur Rahman, Z., Jóźwik, B., & Doğan, M.; (2024), “Determining the environmental effect of Chinese FDI on the Belt and Road countries CO2 emissions: an EKC-based assessment in the context of pollution haven and halo hypotheses”, *Environmental Sciences Europe*, 36(1), p. 48.
- Liu, X., & Bae, J.; (2018), “Urbanization and industrialization impact of CO2 emissions in China”, *Journal of Cleaner Production*, 172, pp. 178-186.
- Magazzino, C., Toma, P., Fusco, G., Valente, D., & Petrosillo, I.; (2022), “Renewable energy consumption, environmental degradation, and economic growth: The greener the richer?”, *Ecological Indicators*, 139, 108912.
- Majeed, M. T., & Tauqir, A.; (2020), “Effects of urbanization, industrialization, economic growth, energy consumption, financial development on carbon emissions: an extended STIRPAT model for heterogeneous income groups”, *Pakistan Journal of Commerce and Social Sciences (PJCSS)*, 14(3), pp. 652-681.
- Maki, D.; (2012), “Tests for cointegration allowing for an unknown number of breaks”, *Economic Modelling*, 29(5), pp. 2011–2015.

- Maulidar, P., Fadila, S., Hafizah, I., Zikra, N., & Idroes, G. M.; (2024), “Enhancing Environmental Quality: Investigating the Impact of Hydropower Energy Consumption on CO2 Emissions in Indonesia”, *Ekonomikalia Journal of Economics*, 2(1), pp. 53–65.
- Mert, M., & Caglar, A. E.; (2020), “Testing pollution haven and pollution halo hypotheses for Turkey: a new perspective”, *Environmental Science and Pollution Research*, 27, pp. 32933-32943.
- Mihai, D. M., Doran, M. D., Puiu, S., Doran, N. M., Jianu, E., & Cojocaru, T. M.; (2023), “Managing Environmental Policy Stringency to Ensure Sustainable Development in OECD Countries”, *Sustainability*, 15(21), 15427.
- Mohsin, M., Orynbassarov, D., Anser, M. K., & Oskenbayev, Y.; (2023), “Does hydropower energy help to reduce CO2 emissions in European Union countries? Evidence from quantile estimation”, *Environmental Development*, 45, 100794.
- Murshed, M., & Rahman, A. A.; (2024), “The importance of settling geopolitical disputes in neutralizing the carbon curse of natural resources: Evidence from South and Southeast Asia”, *Mineral Economics*, 1(16).
- Murshed, M.; (2024), “Can resolving geopolitical tensions help South Asian countries elude the carbon curse of natural resources?”, *Resources Policy*, 90, 104830.
- Musah, M., Kong, Y., Mensah, I. A., Antwi, S. K., & Donkor, M.; (2021), “The connection between urbanization and carbon emissions: a panel evidence from West Africa”, *Environment, Development and Sustainability*, 23, pp. 11525-11552.
- Nepal, R., Paija, N., Tyagi, B., & Harvie, C.; (2021), “Energy security, economic growth and environmental sustainability in India: does FDI and trade openness play a role?”, *Journal of Environmental Management*, 281, 111886.
- Ozturk, I.; (2010), “A literature survey on energy–growth nexus”, *Energy Policy*, 38(1), pp. 340–349.
- Panayotou, T.; (1993), “Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development”, ILO Working Papers WP238, International Labour Organization, Geneva, Switzerland.
- Pata, U. K., Dam, M. M., & Kaya, F.; (2023), “How effective are renewable energy, tourism, trade openness, and foreign direct investment on CO2 emissions? An EKC analysis for

- ASEAN countries”, *Environmental Science and Pollution Research*, 30(6), pp. 14821-14837.
- Pehlivanoğlu, F., & Solmaz, A. R.; (2021), “Kirlilik Sığınağı Hipotezi: BRIC ve MIST Ülkeleri için Dinamik Panel Veri Analizi”, *Bingöl Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5(2), ss. 471-493.
- Pethig, R.; (1976), “Pollution, welfare, and environmental policy in the theory of Comparative Advantage”, *Journal of Environmental Economics and Management*, 2(3), pp. 160-169.
- Phillips, P. C. B., & Perron, P.; (1988), “Testing for a Unit Root in Time Series Regression”, *Biometrika*, 75(2), pp. 335-346.
- Phillips, P. C., & Hansen, B. E.; (1990), “Statistical Inference in Instrumental Variables Regression with I(1) Processes”, *Review of Economic Studies*, 57(1), pp. 99-125.
- Porter, M. E., & Linde, C. V. D.; (1995), “Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship”, *Journal of Economic Perspectives*, 9(4), pp. 97-118.
- Rahman, A., Farrok, O., & Haque, M. M.; (2022), “Environmental impact of renewable energy source based electrical power plants: Solar, wind, hydroelectric, biomass, geothermal, tidal, ocean, and osmotic”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 161, 112279.
- Rana, R., & Sharma, M.; (2019), “Dynamic causality testing for EKC hypothesis, pollution haven hypothesis and international trade in India”, *The Journal of International Trade & Economic Development*, 28(3), pp. 348-364.
- Saad, W.; (2013), “Causal relationship between trade, foreign direct investment and economic growth for Lebanon”, *International Research Journal of Finance and Economics*, 112, pp. 18-29.
- Sarkodie, S. A., & 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, pp. 862-871.
- Shah, S. A. R., Naqvi, S. A. A., & Anwar, S.; (2020), “Exploring the linkage among energy intensity, carbon emission and urbanization in Pakistan: fresh evidence from ecological

- modernization and environment transition theories”, *Environmental Science and Pollution Research*, 27(32), pp. 40907-40929.
- Sreenu, N.; (2024), “Analysing FDI inflow effects on CO2 emissions: a comparative study of OECD and BRICS nations with PHH and PHE models”, *International Journal of Energy Sector Management*. Ahead-of-print.
- Şanlısoy, S., & Kök, R.; (2010), “Politik istikrarsızlık-ekonomik büyüme ilişkisi: Türkiye örneği (1987-2006)”, *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 25(1), ss. 101-125.
- Taylor, M. S.; (2005), “Unbundling the Pollution Haven Hypothesis”, *Advances in Economic Analysis & Policy*, 4(2), pp. 1-26.
- Temurlenk, M. S., & Lögün, A.; (2022), “An analysis of the Pollution Haven Hypothesis in the context of Turkey: A nonlinear approach”, *Economics and Business Review*, 8(1), pp. 5-23.
- Ur Rahman, Z., Chongbo, W., & Ahmad, M.; (2019), “An (a) symmetric analysis of the pollution haven hypothesis in the context of Pakistan: a non-linear approach”, *Carbon Management*, 10(3), pp. 227-239.
- Uzar, U.; (2020), “Is income inequality a driver for renewable energy consumption?”, *Journal of Cleaner Production*, 255, 120287.
- Voumik, L. C., & Sultana, T.; (2022), “Impact of urbanization, industrialization, electrification and renewable energy on the environment in BRICS: fresh evidence from novel CS-ARDL model”, *Heliyon*, 8(11), e11457.
- Waggoner, P. E., & Ausubel, J. H.; (2002), “A framework for sustainability science: a renovated IPAT identity”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(12), pp. 7860-7865.
- Wang, K., Yan, M., Wang, Y., & Chang, C. P.; (2020), “The impact of environmental policy stringency on air quality”, *Atmospheric Environment*, 231, 117522.
- Wang, Z., Yen-Ku, K., Li, Z., An, N. B., & Abdul-Samad, Z.; (2022), “The transition of renewable energy and ecological sustainability through environmental policy stringency: Estimations from advance panel estimators”, *Renewable Energy*, 188, pp. 70-80.

- Wolde-Rufael, Y., & Weldemeskel, E. M.; (2020), “Environmental policy stringency, renewable energy consumption and CO2 emissions: Panel cointegration analysis for BRIICTS countries”, *International Journal of Green Energy*, 17(10), pp. 568–582.
- Yang, M., & Kim, J.; (2022), “A critical review of the definition and estimation of carbon efficiency”, *Sustainability*, 14(16), 10123.
- Yilanci, V., Cutcu, I., Cayir, B., & Saglam, M. S.; (2023), “Pollution haven or pollution halo in the fishing footprint: Evidence from Indonesia”, *Marine Pollution Bulletin*, 188, 114626.
- Yilanci, V., Ulucak, R., Zhang, Y., & Andreoni, V.; (2023), “The role of affluence, urbanization, and human capital for sustainable forest management in China: Robust findings from a new method of Fourier cointegration”, *Sustainable Development*, 31(2), pp. 812-824.
- Yirong, Q.; (2022), “Does environmental policy stringency reduce CO2 emissions? Evidence from high-polluted economies”, *Journal of Cleaner Production*, 341, 130648.
- Yurtkuran, S.; (2021), “The effect of agriculture, renewable energy production, and globalization on CO2 emissions in Turkey: A bootstrap ARDL approach”, *Renewable Energy*, 171, pp. 1236–1245.
- Zameer, H., Yasmeen, H., Zafar, M. W., Waheed, A., & Sinha, A.; (2020), “Analyzing the association between innovation, economic growth, and environment: Divulging the importance of FDI and trade openness in India”, *Environmental Science and Pollution Research*, 27, pp. 29539–29553.