



Araştırma Makalesi / Research Article

Çevre Teknolojileri ve Yenilenebilir Enerji Tüketiminin Karbondioksit Emisyonu İle İlişkisi: Türkiye Örneği

Ayşe ERYER¹

Öz

Çevresel kirlilik, doğadaki bütün canlıların hayatını olumsuz bir şekilde etkileyen küresel bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle doğada yenilenemeyen enerji kaynaklarından biri olan fosil yakıtların kullanılması, karbondioksit emisyonunun ortaya çıkardığı çevresel kirlilik yoluyla toplum sağlığını olumsuz bir şekilde etkilemekte, yaşam kalitesini düşürmekte ve küresel ısınmaya sebebiyet vermektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının ve çevre teknolojilerinin kullanımının artması çevresel kirlilik ile mücadele etmede önem teşkil etmektedir. Bu kapsamda çalışmada Türkiye için çevre teknolojileri- yenilenebilir enerji tüketimi ve karbondioksit emisyonu ilişkisi 1990-2020 dönemi için incelenmiştir. ARDL sınır testi ve FMOLS tekniğinden yararlanılmıştır. ARDL analizi sonuçlarına göre, hem kısa hem de uzun dönemde çevre teknolojileri ve yenilenebilir enerji tüketimindeki artış karbondioksit emisyonunu azaltmakta iktisadi büyümedeki artışlar ise karbondioksit emisyonunu artırmaktadır. FMOLS bulgularında ise benzer sonuçların elde edildiği görülmektedir. Hem yenilenebilir enerji tüketimi hem de çevre teknolojileri kullanımı karbon emisyonunu azaltmada önemli rol oynamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Çevre Teknolojileri, İnovasyon, Türkiye

The Relationship of Environmental Technologies and Renewable Energy Consumption with Carbon Dioxide Emissions: The Case of Turkey

Abstract

Environmental pollution is a global problem that negatively affects the lives of all living things in nature. In particular, the use of fossil fuels, one of the non-renewable energy sources in nature, adversely affects public health, reduces the quality of life and causes global warming through environmental pollution caused by carbon dioxide emissions. Increasing the use of renewable energy sources and environmental technologies is important in combating environmental pollution. In this context, this study analyzes the relationship between environmental technologies, renewable energy consumption and carbon dioxide emissions for Turkey for the period 1990-2020. ARDL bounds test and FMOLS technique were utilized. According to the results of ARDL analysis, in both the short and long run, increases in environmental technologies and renewable energy consumption decrease carbon dioxide emissions, while increases in economic growth increase carbon dioxide emissions. FMOLS results show that similar results are obtained. Both renewable energy consumption and the use of environmental technologies play an important role in reducing carbon emissions.

Key Words: Environmental Technology, Innovation, Türkiye

¹ Dr, e-posta: ayse_zabun46@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-6556-1605

1.GİRİŞ

Günümüz dünyasında yaşanan iktisadi faaliyetler ve nüfus artışı çevresel kirliliğin artmasına neden olmakta ve bu konunun daha fazla dikkat çekilmesine sebebiyet vermektedir. (Esen vd., 2021). Buradan hareketle, çevresel kirliliği azaltmaya ilişkin çalışmalar ülkelerin ana gündemleri içerisinde yer almaktadır. Bu çalışmalardan biri de inovasyonlar ve bunun türü olan çevresel teknolojik inovasyonlardır.

İnovasyon kelimesi 2002 yılında OECD tarafından yayınlanan raporda yayınlanmıştır. Bu raporda inovasyon yeni ürünler ve teknoloji sayesinde geliştirilmiş olan ürünler ve süreçler olarak ifade edilirken, sonraki dönemlerde yayınlanan raporlarda pazarlanabilir ve örgütsel yenilikler olarak ifade edilmektedir (Yiğit, 2014: 251-252; Çakmak ve Yıldız, 2018: 2).

İktisadi büyümenin belirleyicileri sıklıkla tartışılan konular arasında yer almaktadır. Bu kapsamda ülkeler doğal kaynak, beşeri sermaye yatırımları ile beraber teknolojik yatırımlarla üretim faktörlerinin etkinliğini artırma çabası göstermektedirler (Aydın ve Artan, 2021: 1114). Bu doğrultuda Schumpeter(1939) çalışmasında iktisadi büyümenin inovasyon ile ilişkili olduğunu, Romer(1986) çalışmasında ise Ar-Ge faaliyetlerinin, beşeri sermayenin, teknolojik gelişmenin faktör verimliliğini artırabileceğini ileri sürmüşlerdir. Bu durumun ise yoğun bir biçimde kullanılan enerji kaynaklarından dolayı çevresel kirliliğin artmasına sebep olabileceği savunulmaktadır (Gültekin, 2023: 27).

İktisadi büyüme ve çevresel kirlilik ilişkisi Kuznets(1955)'in öne sürmüş olduğu iktisadi büyüme ve gelir eşitsizliği arasındaki ters U ilişkisine dayanmaktadır. Grossman ve Krueger(1991) tarafından çevreye uyarlanarak iktisadi büyüme ve çevresel kalite arasındaki ters U ilişkisi ele alınmaya başlanmıştır. Çevresel Kuznets hipotezi olarak nitelendirilen bu hipoteze göre, iktisadi büyümenin ilk safhalarında çevresel kirliliğin arttığı, iktisadi büyüme belirli bir noktaya ulaştıktan sonra çevresel kirliliğin azaldığı belirtilmektedir (Lin ve Zhu, 2019:1507). Son dönemlerde çevresel kirlilik artışından dolayı çevre ile problemlerin etkisini ortadan kaldırmak için ulusal ve uluslararası düzeyde bazı akademik düzenleme ve anlaşmaların yapıldığı ve bunu yaparken de iktisadi araçlardan faydalandığı görülmektedir. Bu araçlardan bir tanesi yenilenilebilir enerji tüketimi diğeri de teknolojik inovasyonlar olarak değerlendirilmektedir (Işık ve Kılıç, 2014: 323; Yiğit, 2014:260)

İnovasyonlar sosyo ekonomik açıdan ortaya çıkardığı faydalar bakımından hem insanların refah seviyesini artırmakta hem de yeni kaynaklar oluşturarak sürdürülebilirliğe de katkı sağlamaktadır. İnovasyon türlerinden biri de çevresel inovasyon olarak literatürde yer almaktadır. Çevresel inovasyonun sürdürülebilirliğe katkısının önemli olduğu belirtilmektedir. Çevresel inovasyon, yeşil inovasyon, eko inovasyon olarak da nitelendirilmektedir (Külahi ve Kazan, 2022: 78). Çevresel inovasyonlar, çevreye faydası olan ve çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlayan yeni ya da değiştirilmiş süreç, uygulama, sistem ve ürünleri içermektedir (Yiğit, 2014: 253). Bu inovasyonlar, doğal kaynakların etkili ve verimli kullanılmasını, kaynak tasarrufunu, çevresel etkilerin azaltılmasını amaç edinmektedir. Dolayısıyla bu türdeki yapılar, bireylerin refah seviyesini artırarak, ekonomik ve sosyal fayda sağlamaktadır. Kaynakların verimli kullanılması, öncelik olarak enerji kaynakları olmak üzere, yeni bir kaynak bulunmasına eş değer bir etki meydana getirmekte bu da bireylerin çevre üzerindeki ortaya çıkaracağı baskıyı minimize eden bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Çevre ile ilgili inovasyon, çevre üzerindeki baskıyı azaltan üretim aşamaları olarak da nitelendirilmektedir (Esen, vd., 2023: 37). Ar-Ge harcamaları, inovasyon sayıları, verimlilik değişimleri, patent sayıları çevresel inovasyon göstergeleri olarak değerlendirilmektedir (Bal, 2019: 17).

Bu çalışmada çevresel teknolojinin ve yenilenebilir enerji tüketiminin karbon emisyonu üzerindeki etkisi 1990-2020 dönemi için ARDL Sınır Testi ve FMOLS tahmin yöntemiyle ortaya koyulmuştur. Çalışmada literatür ele alındığında çevresel inovasyonların ekolojik ayak izi, karbon ayak izi üzerindeki

etkisi ele alınmış ve daha çok OECD ülkeleri, G-20 ülkeleri ve inovasyon alanında önde olan ülkelerin çalışıldığı veya Türkiye'nin de bu ülke gruplarında değerlendirildiği görülmektedir. Bu konunun Türkiye perspektifinden ele alındığı çalışmaların az sayıda olması çalışmanın ana motivasyonunu oluşturmaktadır. Çalışmanın bu yönüyle literatüre katkı sağlayacağı öngörülmektedir. Bu kapsamda çalışmada giriş bölümünü takiben konuyla ilgili teorik çerçeve ele alınmış ve çevresel teknoloji ve çevresel kalite ilişkisinden bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde güncel literatür taramasına yer verilmiştir. Dördüncü bölümde veri seti ve metodoloji tanıtılarak ampirik bulgular ortaya koyulmuştur. Son olarak ise elde edilen bulgular çerçevesinde değerlendirmeler ve politika önerileri ile çalışma sonlandırılmıştır.

2. TEORİK ÇERÇEVE

2.1. İnovasyon ve Çevresel İnovasyonun Kavramsal Çerçevesi

Günümüzde adını sık bir şekilde duyduğumuz inovasyon kavramının iktisat literatüründe kullanılması Schumpeter ile başlamıştır. Literatürde inovasyon kavramıyla ilgili pek çok tanım yapılmıştır. Farklı dönemlerde ele alınan bu tanımlamalar inovasyon kavramının ne kadar geniş bir kapsama sahip olduğunu göstermektedir. Bu tanımlardan bazıları şu şekilde özetlenmektedir:

İnovasyon kavramını ele alan Schumpeter'e göre bu kavram yeni bir üretim yöntemi, yeni ürün ya da malzeme veya daha önceden hiçbir yerde uygulanmayan yeni bir sistemin uygulanması olarak tanımlanmaktadır (Schumpeter, 1961). İnovasyon, yeni bir fikrin geliştirilerek bunun parasal bir değere dönüştürüldüğü, farklı düşünce yapısına sahip insanların etkileşimlerini ve farklı motivasyonları kapsayan dinamik, ekonomik, sosyal ve teknik bir süreç olarak da ifade edilmektedir (Gerguri ve Ramadani, 2010:3).

Bir başka tanımda ise inovasyon, girişimcilerin kullandığı bir kaynak olarak görülmekte ve kaynak sonrasında ortaya çıkan refah olarak tanımlanmaktadır. Bu kaynağın ekonomik bir değerinin olduğu ifade edilmektedir (Bal, 2019:7).

Literatürde inovasyon türleri için çeşitli yaklaşımlar olduğu da belirtilmektedir. Trott(2008)'e göre 7 tür inovasyonun olduğu ifade edilmektedir. Bunlar, ürün inovasyonu, süreç inovasyonu, örgüt inovasyonu, yönetim, üretim, pazarlama ve servis inovasyonudur.

20. yüzyılın sonlarına doğru çevresel problemlerin ekonomi için öneminin artması ile beraber çevreye yönelik kavramlarda birçok araştırmacının da ilgisini çekmeye başlamıştır. Çevresel inovasyon da bu kavramlardan ve inovasyon türlerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Çevresel inovasyon tanımının ilk olarak Fussler ve James (1996) tarafından yapılan çalışmada yer aldığı belirtilmektedir. Fussler ve James çalışmalarında çevresel inovasyonun hem tüketiciye hem de üreticiye katkı sağladığını ve bu katkılar sonucunda da çevreye olan zararını minimum bir şekilde herkese sunabileceklerini vurgulamışlardır. Çevresel inovasyon eko inovasyon, yeşil inovasyon olarak da nitelendirilmektedir. Bu kavramlar birbirinin yakın ikamesi olarak değerlendirilmektedir (Güven, 2022:12).

Çevresel inovasyonlar, teknolojik inovasyonların çevre dostu çözümlere dönüştürerek sürdürülebilir iktisadi büyümeyi teşvik etme potansiyeline sahip olduğu ifade edilmektedir. Bu aşamada fosil yakıtların kullanımını minimize ederek endüstriyel dönüşümü desteklerken, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını da teşvik etmekte, sürdürülebilir büyüme ve kalkınmayı da desteklemektedir (Chen ve Lee, 2020: 1-2;Ahmad vd.,2020: 1-3). Çevresel teknolojik inovasyonların temel amacı, doğal kaynakları koruyarak çevreye verilen zararı minimize etmek, çevre dostu teknolojilerin kullanımını teşvik etmektir. Ayrıca bu inovasyonlar atık ve kirliliği azaltmayı ve tekrardan kullanılabilir, geri dönüştürülebilir ürünler elde etmeyi amaçlamaktadır (İravani, vd., 2017:272-273).

2.2. Çevresel Teknolojik İnovasyon ve Çevre Kalitesi İlişkisi

Çevresel sürdürülebilirlik ve çevresel kaliteye katkı sunmak amacıyla yapılmış olan çevresel teknolojik inovasyonların, enerji verimliliğinden yenilenebilir enerji kaynaklarının üretimine, sürdürülebilir tüketim ve üretime, çevreye yönelik olumsuz etkilerin azaltılmasına kadar geniş bir alanı kapsadığı belirtilmektedir (Kalkış vd.(2023). Dünyanın genelinde gerçekleşen hızlı ekonomik büyüme çevre üzerinde ciddi problemler meydana getirmektedir. Başka bir ifade ile ülkeler ekonomik olarak ilerlemelerini çevresel problemlerinin pahasına gerçekleştirmişlerdir. Grosman ve Krueger 1991 yılında çevre ile kişi başına düşen gelir aralarındaki ilişkiyi incelemiş ve bu eğriyi “Çevresel Kuznets Eğrisi” adı ile isimlendirmiştir. Bu hipoteze göre, kişi başına düşen çevresel kirlilik ile kişi başına gelir arasında önce artan, belirli bir eşikten sonra ise azalan bir ilişki bulunmaktadır. Başka bir deyişle, kişi başına milli gelir arttıkça, başlangıçta çevre kirliliği artarken, belirli bir eşik aşıldığında kirliliğin azalması beklenmektedir. Bu durum, eğrinin dönüm noktası olarak adlandırılan bir noktada gerçekleşmektedir (Özdemir ve Koç, 2020: 67).

Çevresel Kuznets hipotezinin açıklanmasında ölçek, kompozisyon ve teknolojik etki başvuru alanları arasında yer almaktadır. Ölçek etkisi, iktisadi faaliyetlerin en başında olan üretimin artırılması fakat üretim aşamasında gerekli olan girdilerin artması ile mümkün hale gelmektedir. Bu bağlamda ekonomide teknolojik inovasyon yokken üretim işlemi ile CO2 emisyonları arasında pozitif bir ilişkinin olduğu belirtilmektedir. Fabrikalardan ve üretim yerlerinden üretim miktarı artış gösterdikçe CO2 emisyonu artmakta ve çevresel kalite bozulmaktadır. Kompozisyon etkisi ise, iktisadi büyümenin çevresel kalite üzerinde olumlu etkisinin olduğunu göstermektedir. Bir ekonomide sektörel ve yapısal değişikliklerin gerçekleşmesi ile kompozisyon etkisinin gerçekleşeceği belirtilmektedir. Ülkelerin sanayileşme süreçlerini tamamlamasıyla birlikte refah seviyeleri yükselmektedir. Bu refah artışı, hane halklarının daha temiz bir çevre talep etme isteğini artırmaktadır. Gelişmiş ülkelerde, artan refahla birlikte çevre koruma yasaları ve düzenlemeleri de çoğalmaktadır. Çevre koruma yasalarının ve yaptırımların artması, çevreye zarar veren fabrikalar ve üretim tesisleri için maliyetleri yükseltmekte; bu durum ise şirketleri çevre kirliliğini azaltmaya yönelik yatırımlar yapmaya yönlendirmektedir (Türkoğlu, 2021: 36).

Teknolojik etki ise, teknolojik inovasyonun gelişmesi ile çevresel etkileri olumlu yönde etkilediği belirtilmektedir. Ülkelerin kişi başına düşen milli gelirleri ve refah seviyeleri arttıkça, araştırma ve geliştirme (AR-GE) harcamaları da yükselmektedir. Ekonomik büyüme sağlandıkça, teknolojik gelişmelerden yararlanarak çevreye zarar veren üretim yöntemleri ve sanayileşme, çevreye duyarlı ve insan sağlığını önceliklendiren bir üretim modeline dönüşmektedir (Türkoğlu, 2021: 38).

Çevreye yönelik teknolojik inovasyonlar karbon emisyonlarının azaltılmasında kritik bir öneme sahiptir. Sürdürülebilir büyüme, çevre ve iklim değişikliği ile mücadele etmede önem teşkil etmektedir. Çevresel inovasyonların, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırmakta, çevresel kaliteyi iyileştirmekte, fosil yakıt bağımlılığını azaltmada merkezi bir role sahip olduğu belirtilmektedir (Kuang vd., 2022:1; Usman ve Radulescu, 2022:2).

3.GÜNCEL LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Çevresel kalite ve teknolojik inovasyonların ilişkisini ele alan çalışmalarda farklı göstergelerin kullanıldığı görülmektedir. Çevresel teknoloji ile ilgili Ar-Ge harcamaları, enerji teknoloji patentleri, çevre ile ilgili patentler kullanılmakta, çevresel kaliteyi belirlemede ise karbondioksit emisyonu, ekolojik ayak izi, karbon ayak izi göstergelerin kullanıldığı görülmektedir.

Yenilenebilir enerji, teknolojik inovasyon ve karbon emisyonları arasındaki ilişki üzerine yapılan araştırmalar, çevresel politikalar ve kamu Ar-Ge harcamalarının yenilenebilir enerji inovasyonlarını

teşvik ederek karbon emisyonlarını azaltmada kritik bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Örneğin, Johnstone ve ekibi (2010), 25 yüksek gelirli ülkede kamu politikalarının güneş ve rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir enerji teknolojilerinin gelişiminde etkili olduğunu tespit etmiştir. Çin’de yapılan çalışmalarda Wang, vd.(2012) ve Zhao, vd.,(2013), karbonsuz enerji patentlerinin artışının karbon emisyonlarını azalttığını bulmuştur. Tnani (2018) ise, Ar-Ge harcamaları ve çevre vergilerinin CO2 emisyonlarını azalttığını, ancak nüfus artışı gibi faktörlerin emisyonları artırıcı etkisi olduğunu vurgulamaktadır. Benzer şekilde, Chen ve Lee (2020) yüksek gelirli ülkelerde teknolojik inovasyonun emisyonları azalttığını, düşük gelirli ülkelerde ise artırıcı etkide bulunduğunu belirtmiştir. Son olarak, Sagip ve ekibi (2023), OECD ülkelerinde yenilenebilir enerji kullanımının CO2 emisyonlarını azalttığını göstermiştir. Bu çalışmalar, yenilenebilir enerji ve inovasyon yatırımlarının karbon emisyonları üzerindeki olumlu etkisini güçlü bir şekilde desteklemektedir.

Gelişmekte olan ülkelerde ekonomik büyüme, finansal gelişme ve çevresel etkiler üzerine yapılan araştırmalar, inovasyonun karbon emisyonları üzerindeki karmaşık etkilerini gözler önüne sermektedir. Demir ve arkadaşları (2019), Türkiye’de yerli inovasyonun çevresel bozulmayı belirli bir noktaya kadar artırdığını, ancak bu noktadan sonra emisyonları azalttığını bulmuşlardır. Dauda ve ekibi (2019), enerji tüketiminin 18 gelişmiş ve gelişmekte olan ülkede karbon emisyonlarını artırdığını, ancak inovasyonun G6 ülkelerinde emisyonları düşürürken, MENA ve BRICS ülkelerinde artırıcı etkiye sahip olduğunu tespit etmiştir. Ullah ve arkadaşları (2023), 14 finansal olarak gelişmiş ülkede finansal gelişmenin çevresel kirliliği artırırken, inovasyonun emisyonları azalttığını belirtmiştir. Gültekin (2023) ise Türkiye’de ekonomik büyüme ve finansal gelişmenin CO2 emisyonlarını artırdığını, inovasyonun ise bu emisyonları azalttığını göstermektedir. Bu bulgular, gelişmekte olan ülkelerde ekonomik büyüme ve finansal gelişmenin çevresel etkilerinde inovasyonun karmaşık bir role sahip olduğunu göstermektedir.

OECD ve Avrupa ülkeleri ile gelişmekte olan ülkelerde yapılan çevresel inovasyon çalışmaları, ülkelerin gelişmişlik seviyelerine göre karbon emisyonları üzerinde farklı etkiler yarattığını ortaya koymaktadır. Khattak ve arkadaşları (2020), çevresel inovasyonun Brezilya’da karbon emisyonunu azalttığını, Rusya, Çin, Hindistan ve Güney Afrika’da ise karbon emisyonunu artırdığına yönelik bulguların olduğunu öne sürmüşlerdir. Fernandez ve ekibi (2018), 15 Avrupa Birliği ülkesi, ABD ve Çin’de Ar-Ge harcamalarının karbon emisyonlarını düşürdüğünü bulmuştur. Benzer şekilde, Ganda (2019) ve Chen ve ekibi (2021), OECD ülkelerinde inovasyonun karbondioksit emisyonlarını azalttığını belirtmiştir. Akyol ve Mete(2021), 18 OECD ülkesinde çevresel inovasyonların karbon emisyonunu azalttığı, enerji tüketimi ve büyümenin karbon emisyonunu artırdığı yönünde bulgular elde etmiştir. Erdoğan vd.(2019), ise 14 G20 ülkesinde sanayi sektöründeki inovasyon artışının karbon emisyonunu azalttığını, inşaat sektöründeki inovasyon artışının ise karbon emisyonunu artırdığını ileri sürmüşlerdir. Yıldırım ve arkadaşları (2022), enerji sektörü odaklı çevresel inovasyonun OECD ülkelerinde emisyonları azaltıcı etkisini göstermiştir. Ancak, Mongo ve ekibi (2021), 15 Avrupa ülkesinde çevresel inovasyonun uzun vadede emisyonları düşürürken, kısa vadede artışa neden olabileceğini belirtmektedir. Gelişmekte olan ülkeler üzerine yapılan araştırmalarda ise Tekbaş ve Yıldırım (2023), inovasyonun Ermenistan ve Kuzey Makedonya’da emisyonları azaltırken, Türkiye gibi ülkelerde artırıcı bir etkiye sahip olduğunu bulmuşlardır. Esen ve ekibi(2023), Türkiye’de çevresel inovasyon karbon ayak izi üzerinde artırıcı bir etkisi olduğu öne sürmüşlerdir.

Çevresel inovasyon ve çevre ile ilgili çalışmalar incelendiğinde karbon emisyonu dışında ekolojik ayak izinin de kullanıldığı görülmektedir. Alan yazında Sahoo ve Sethi (2021), 10 sanayileşen ülkede ekonomik büyüme, sanayileşme, nüfus yoğunluğu, kentleşme, doğuşta yaşam beklentisi, tarım ve enerji tüketiminin ekolojik ayak izini artırdığı, teknolojik inovasyonun ise ekolojik ayak izini düşürdüğü yönünde bulgular elde etmişlerdir. Zeraibi vd., (2021), ASEAN ülkelerinde yenilenebilir elektrik üretimi ve teknolojik inovasyonların ekolojik ayak izini azalttığını bulmuşlardır. Gupta vd.(2022),

Bangladeş için yaptığı çalışmasında nüfus yoğunluğu, kentleşme ve enerji tüketiminin ekolojik ayak izini artırdığını, teknolojik gelişmelerin ve doğal kaynakların ekolojik ayak izini azalttığını elde etmişlerdir. Çevresel inovasyonların ekolojik ayak izi üzerindeki etkisini inceleyen bir diğer çalışma olan Jahenger ve ekibi (2022), 73 gelişmekte olan ülkede teknolojik inovasyonun ekolojik ayak izini azalttığı yönünde bulgular öne sürmüşlerdir.

Genel olarak bakıldığında elde edilen bu sonuçlar, çevresel inovasyonun emisyonları azaltmadaki etkisinin ülkelerin ekonomik yapısına ve sektörel odaklarına göre değişiklik gösterdiğini ortaya koymaktadır.

4. AMPİRİK BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1 Veri seti- Model

Bu çalışmada Türkiye için çevreye yönelik gerçekleştirilen teknolojik inovasyonların, yenilenebilir enerji tüketiminin ve GSYH'nin karbon emisyonları üzerindeki etkisi 1990-2020 dönemi için incelenmektedir. Çalışmada literatürdeki çalışmalar baz alınarak bağımlı değişken olarak karbondioksit emisyonu kullanılırken, çevreyle ilgili teknolojik patentler, kişi başı GSYH, ve yenilenebilir enerji tüketimi bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Modelde kullanılan değişkenlere ait özellikler Tablo 1'de özetlenmektedir.

Tablo 1. Değişkenler ve Açıklamaları

Değişkenler	Açıklamaları	Kaynak- Dönem
LCO	Karbondioksit Emsiyonu(metrik ton)	WDI- 1990-2020
LÇE	Çevre Teknolojileri ile İlgili Patent	OECD-1990-2020
LEN	Yenilenebilir enerji tüketimi(Toplam Enerji Tüketimi%)	WDI-1990-2020
LGSYH	Kişi başına düşen Gelir(2015 sabit fiyatlarla)	WDI-1990-2020

$$LCO_t = \alpha_0 + \alpha_1 LÇE_t + \alpha_2 LEN_t + \alpha_3 LGSYH_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

Denklem 1'de gösterilen LCO; karbondioksit emisyonunu, LÇE; çevreyle ilgili teknolojik patentleri, LEN; yenilenebilir enerji tüketimini, LGSYH; kişi başı gelir düzeyini göstermektedir. Modelde değişkenlerin logaritmik dönüşümlerinden faydalanılmıştır. Modelde yer alan $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki katsayısını göstermektedir.

4.2 Metodoloji ve Bulgular

- **Birim Kök Testi**

Ekonometride zaman serileri, trend, mevsim, konjonktür gibi düzenli olmayan akımların tesirinde kalabilmektedir. Zaman serisi analizlerinin özellikleri genel olarak stokastik ve deterministik olarak iki kategoride değerlendirilmektedir. Deterministik özellikler, serilerin genellikle sabit, trend ve mevsimsellik akımlarının içerip içermemesi ile ilgili olduğu belirtilmektedir. Stokastik özellikler ise,

parametrelerin durağan özellik gösterip göstermemesi ile ilgilidir. Bu bağlamda ekonometrik analizlerde seriler arasında anlamlı bir ilişki elde edebilmek için serilerin durağanlık analizlerinin yapılması gerekmektedir (Tarı, 2011: 374).

Durağanlık analizleri zaman serisi tekniklerinde ilk basamak olarak değerlendirilmektedir. Elde edilen sonuçlar eş bütünleşme, uzun dönem kat sayı tahminleri, nedensellik analizlerinin hangisinin kullanılabilmesi hakkında ön bilgi vermektedir. Ayrıca serilerin durağan seviyelerinin tespit edilmemesi elde edilen regresyon neticelerinin sahte regresyon sorununu ortaya çıkarmaktadır (Ecevit ve Çetin, 2022: 89).

Çalışmada değişkenlerin birim kök seviyesini belirlemek için Augmented Dickey Fuller (ADF) ve Philips –Perron(PP) testinden faydalanılmıştır. Birim kök analizinde her iki testinden kullanılmasının sebebi elde edilen sonuçları kıyaslama amaçlıdır. Tablo 2’de Türkiye için ADF ve PP birim kök test sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 2 ADF ve PP Birim Kök Testi Sonuçları

		ADF		PP	
		Seviye	Birinci Fark	Seviye	Birinci Fark
Değişkenler					
LCO	Sabit	-0.8264 [0.7969]	-5.9089 [0.0000]	-0.7388 [0.8217]	-7.7386 [0.0000]
	Sabitli& Trendli	-3.2841 [0.1882]	-5.8206 [0.0003]	-3.0223 [0.1430]	-7.5333 [0.0000]
LGSYH	Sabitli	-0.1046 [0.9603]	-5.4235 [0.0001]	0.2628 [0.9721]	-5.6128 [0.0000]
	Sabitli & Trendli	-2.4900 [0.3300]	-5.3319 [0.0009]	--2.5285 [0.3132]	-5.8661 [0.0002]
LÇE	Sabitli	-5.7444 [0.0005]	-4.8069 [0.0007]	-6.4036 [0.0000]	-2.9452 [0.0001]
	Sabitli&Trendli	-5.6742 [0.0003]	-4.3094 [0.0003]	-6.3446 [0.0001]	-4.7070 [0.0000]
LEN	Sabitli	-1.4930 [0.5233]	-5.8816 [0.0000]	-1.4746 [0.5325]	-6.5054 [0.0000]
	Sabitli &Trendli	-1.9216 [0.6185]	-6.2938 [0.0001]	-1.6640 [0.7421]	-7.3631 [0.0000]

Tablo 2’de yer alan ADF ve PP birim kök testleri sonucunda karbondioksit emisyonu ve GSYH değişkeni birinci farkında durağan hale gelmiştir. Modelde yer alan çevresel teknolojilerdeki patent sayısı değişkeninin ise seviyede durağan olduğu belirlenmiştir. Yapılan birim kök testleri sonucunda serilerden biri I(0) diğeri ise I(1) seviyesinde durağan oldukları için aralarındaki eşbütünleşme ilişkisi ARDL sınır testi ile test edilebilmektedir.

- **ARDL Sınır Testi Yaklaşımı**

Pesaran vd.(2001), değişkenler arasındaki eş bütünleşme ilişkisini tespit edebilmek için otoregresif dağıtılmış gecikme ARDL yaklaşımını geliştirmişlerdir. ARDL Sınır Testi analizi, uygulamada baz alınan serilerin I(0) veya I(1) olmasını dikkate almadan kullanılabilir olması, sınırsız hata düzeltme modeli kullanıldığında Engle –Granger metodundan istatistiki özelliklerinin iyi düzeyde olması, küçük

örneklem grubunda da bu analiz yönteminin uygulanabilir olması gibi temel avantajları bulunmaktadır (Pamuk ve Bektaş, 2014:82). Ayrıca hata düzeltme modeli seriler arasında uzun ve kısa dönemli ilişkiler hakkında bilgiler sunmaktadır (Akel ve Gazel, 2014: 31).

ARDL sınır testi denklemi şu şekilde gösterilmektedir (Koç, vd., 2023: 213):

$$\Delta Y_t = \alpha + \sum_{i=1}^m \beta_1 \Delta Y_{t-i} + \sum_{i=0}^m \beta_2 X_{t-i} + \beta_3 Y_{t-1} + \beta_4 X_{t-1} + \nu_t \quad (2)$$

Eşitlikte H0: $\beta_3 = \beta_4 = 0$ (Eş bütünleşme yoktur)

H1: $\beta_3 \neq \beta_4 \neq 0$ (Eş bütünleşme vardır)

Hipotezleri ile test edilmektedir. Değişkenler için gecikme sayısı dikkat edilerek oluşturulan modelde, otokorelasyonun olmadığı belirlendikten sonra Pesaran vd.(2001)'in oluşturduğu kritik değerler tablosu ile F istatistik değeri kıyaslanmaktadır. F değeri, kritik değerlerden büyük ise değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkiden bahsedilmektedir. F değeri eğer kritik değerinin altında ise değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin olmadığı belirtilmektedir (Sarı ve Yıldırım, 2022:382; Pesaran vd., 2001: 290).

F testi ile değişkenler arasında eş bütünleşme ilişkisi tespit edildikten sonra uzun ve kısa dönemli ilişkiler tespit edilmektedir. Uzun dönem eş bütünleşme ilişkisinin gösterildiği denklem ise şu şekildedir:

$$y_t = \alpha + \sum_{i=1}^m \beta_1 y_{t-i} + \sum_{i=1}^m \beta_2 x_{t-i} + \varepsilon_t \quad (3)$$

Uzun dönemli ilişkide parametre tahmininden sonra modelde otokorelasyon, normal dağılım, değişen varyansa, CUSUM-CUSUMQ testleri yapılmaktadır. Kısa dönem katsayı tahminlerinin daha güvenilir olabilmesi için bu testlerin yapılmasının gerekli olduğu ifade edilmektedir. Seriler arasındaki kısa dönemli katsayı tahmininin yapılacağı hata düzeltme modelinin fonksiyonel biçimde gösterimi ise şu şekildedir (Koç, vd., 2023: 213).

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^m \lambda_{1i} \Delta Y_{t-i} + \sum_{i=0}^n \lambda_{2i} \Delta X_{t-i} + \lambda_3 ECM_{t-1} + \nu_t \quad (4)$$

4 numaralı denklemde uzun dönem eşitliğinden elde edilmiş olan ve kısa dönem dengesizliğinin ne kadarının uzun dönemde ortadan kalkacağını ifade eden hata teriminin gecikmeli değerine yönelik katsayının negatif ve anlamlı olması beklenmektedir. Model de ECM_{t-1} hata düzeltme terimini göstermektedir. Bu katsayının istatistiki olarak anlamlı ve 0 ile -1 arasında değer alması durumu kısa dönem dengesizliklerin giderilmiş olduğunu ifade etmektedir (Çetin ve Şeker, 2014: 222).

ARDL sınır testinin gerçekleştirilebilmesi için öncelik olarak uygun gecikme uzunluğu tespit edilmesi gerekmektedir. Modelin optimum gecikme uzunluğu Akaike Bilgi Kriterine göre belirlenmiştir. Tablo 3'te ARDL sınır testinin bulguları verilmiş ve F değerine göre eş bütünleşme ilişkisinin olup olmadığına karar verilecektir.

Tablo 3. ARDL Sınır Testi Sonuçları

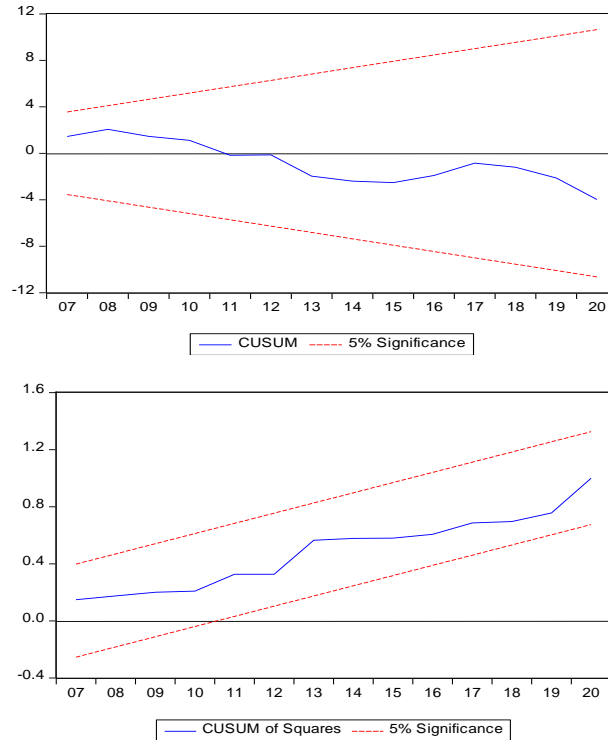
F Değeri	6.3117993		
ARDL Modeli (3,3,3,3)			
	%1	%5	%10
I(0)	4.428	3.164	2.618
I(1)	5.816	4.194	3.532

Tablo 3'te yer alan F istatistiği hesaplanarak bu değer kritik alt ve üst değerlerden büyük olduğu görülmektedir. Bu sonuca göre değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olduğu belirlenmiştir. Böylece 1990-2020 döneminde karbondioksit emisyonu, çevresel teknolojik inovasyon, yenilenebilir enerji tüketimi ve kişi başı gelir arasında uzun dönemli bir ilişkinin olduğuna yönelik yorum yapılabilmektedir.

Tablo 4. Tanısal Testler

Tanısal Testler	İstatistik	Olasılık değeri
Jarque- Bera- Normallik	1.3062	0.5204
ARCH- Heteroskedasticity	0.3171	0.5788
Breusch- Godfrey Seri Korelasyon LM Testi	0.4603	0.6438
Ramsey- RESET	9.554	0.1987
CUSUM		istikrarlı
CUSUMQ		istikrarlı

Tablo 4'te gösterilen tanısal testlere göre; model normal dağılımlı olup, değişen varyans, otokorelasyon ve spesifikasyon hatası probleminin olmadığı tespit edilmiştir.

Şekil 1 CUSUM ve CUSUMQ Testleri

Şekil 1'e bakıldığında modelin istikrarlı olup olmadığı bulgusunu gösteren CUSUM ve CUSUM of Squares testleri gösterilmektedir. Test bulguları %5 anlamlılık seviyesinde modellerin durağanlığını test eden sınırları aşmadığını göstermektedir. Başka bir ifade ile katsayıların ele alınan dönemde istikrarlı olduğu bulgusu elde edilmektedir (Brown, vd., 1975).

Tablo 5'te bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki kısa ve uzun dönem etkilerini gösteren ARDL sınır testine ait sonuçlar verilmektedir.

Tablo 5. ARDL Katsayı Tahmini Sonuçları

Değişkenler	Katsayı	Olasılık Değeri
Kısa Dönem		
LÇE	-0.0441	0.0151**
LEN	-0.2663	0.0244**
LGSYH	0.9081	0.0000*
ECM(-1)	-1.3619	0.0000*
Uzun Dönem		
LEN	-0.2090	0.0048**
LÇE	-0.2160	0.0564**
LGSYH	0.2771	0.0183**

Not *,**,*** sırasıyla %1, %5, %10

Tablo 5'te uzun dönem ve kısa dönem tahmin sonuçları yer almaktadır. Kurulan modelde bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki etkisi test edildiğinde hem kısa hem de uzun dönemde anlamlı olduğu tespit edilmiştir. ARDL sınır testi uzun dönem tahmin sonuçlarına göre, GSYH'nın karbondioksit emisyonu üzerindeki etkisi pozitif, çevreyle ilgili patentlerin ve yenilenebilir enerji tüketiminin karbondioksit emisyonu üzerindeki etkisi ise negatif olarak elde edilmiştir. Uzun dönem sonuçlarında GSYH'daki %1'lik bir artış karbondioksit emisyonunu %0.27 oranında artırmaktayken, çevreyle ilgili patentlerde ve yenilenebilir enerji tüketiminde meydana gelen %1'lik artış ise sırasıyla karbondioksit emisyonunu %0.21 ve %0.20 oranında azaltmaktadır.

ARDL sınır testi kısa dönem sonuçları değerlendirildiğinde de çevreyle ilgili patentlerin ve yenilenebilir enerji tüketiminin karbondioksit emisyonu üzerindeki etkisi negatif, GSYH'nın karbondioksit emisyonu üzerindeki etkisi ise pozitif olarak elde edilmiştir. Çevreyle ilgili patentlerde ve yenilenebilir enerji tüketiminde meydana gelen artış sırasıyla karbondioksit emisyonunu %0.04 ve %0.26 oranında azaltmakta, GSYH'da meydana gelen %1'lik artış ise karbondioksit emisyonunu %0.90 oranında artırmaktadır. Tabloda yer alan ECM(-1) kısa dönem hata düzeltme modeli terimini göstermektedir. ECM(-1) değeri -1.3619'dir. Hata düzeltme terimi için beklenen değer negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olması durumu bu model için geçerli bir sonuçtur. Bu durum kısa dönemdeki sapmaların uzun dönemde ortadan kalkacağını göstermektedir (Coskun ve Eygu, 2020:239).

• FMOLS Yöntemi Sonuçları

Tablo 6. FMOLS Yöntemi

FMOLS Yöntemi				
Değişkenler	Katsayı	Standart Hata	t-ist	Prob değeri
LÇE	-0.0610	0.0521	-1.1706	0.0026**
LEN	-0.2814	0.1451	-1.9339	0.0785*
LGSYH	0.8868	0.3185	2.7837	0.0178**
C	-0.2992	1.5095	-0.1982	0.8465

Not ***, **, * sırasıyla %1, %5, %10 anlamlılık düzeyleri

Tablo 6 Tamamen Geliştirilmiş En Küçük Kareler (FMOLS) tahmin sonuçlarını göstermektedir. Phillips ve Hansen (1990) tarafından geliştirilen bu yöntem tahmin sürecinde ortaya çıkan içsellik sorunu ve elde edilen uzun dönem katsayıların yorumlanamaması dolayısıyla tercih edilmektedir. Çalışmada ARDL'nin yanı sıra FMOLS yöntemi de kullanılarak ulaşılan sonuçları hem doğrulamak hem de elde

edilen bulguların güvenilirliğini artırmak hedeflenmektedir. FMOLS yöntemi küçük örneklemede de güvenilir sonuçlar elde edebilen bir metod olarak bilinmektedir. Kernel tahmincileri ile içsellik problemini çözen FMOLS yöntemi, stokastik süreçler ve eşbütünlük denklemleri arasındaki uzun dönem korelasyonlardan kaynaklanan problemleri çözmek adına, hata terimlerinin ko-varyans matrisini kullanmaktadır (Erdoğan vd., 2018: 48).

Tablo 6’da gösterilen FMOLS bulgularına göre de, ARDL bulgularına benzer sonuçlar elde edilmiştir. Çevresel teknoloji ve yenilenebilir enerji tüketimindeki artış karbondioksit emisyonunu azaltırken, ekonomik büyümedeki artış karbondioksit emisyonunu artırmaktadır.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

Dünya genelinde hızlı nüfus artışının yaşanması, teknolojik gelişmeler ve küreselleşme ile birlikte enerjiye olan talep her geçen gün artmaktadır. Bilhassa fosil yakıt temelli enerji kaynaklarının kullanılmasıyla dünyanın birçok yerinde karbondioksit emisyonu artmakta, küresel ısınmaya sebebiyet vermektedir. Karbondioksit emisyonunun yarattığı çevresel kirlilik toplum sağlığını olumsuz etkilemekte, yaşam kalitesini düşürmekte ve iklimsel değişikliklere yol açmaktadır. Bu durum ise çevre dostu enerji kaynaklarının ve teknoloji kullanımının giderek artmasını sağlamaktadır.

Bu çalışmada Türkiye ekonomisi için çevresel teknoloji, yenilenebilir enerji tüketimi ve karbondioksit emisyonu arasındaki ilişki 1990-2020 dönemi kapsamında ele alınmıştır. Ele alınan modelde bağımlı değişken olarak karbondioksit emisyonu kullanılırken, çevreyle ilgili teknolojik patentler, yenilenebilir enerji tüketimi ve kişi başı GSYH bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Değişkenlerin durağanlık düzeyleri ADF ve PP birim kök testleri ile belirlenmiştir. Türkiye’de çevresel teknoloji, yenilenebilir enerji tüketimi ve karbondioksit emisyonu arasındaki ilişki ARDL sınır testi analizi yöntemiyle test edilmiştir. ARDL analizi bulgularına göre, kısa ve uzun dönemde çevresel teknoloji ve yenilenebilir enerji tüketimindeki artışlar karbondioksit emisyonunu azaltmakta, GSYH’deki artışlar ise artırmaktadır. Elde edilen bulgular literatürde Wang vd.,(2012); Zhao vd.,(2013); Chen vd.(2021); Sagip vd.,(2023) çalışmaları ile uyumluluk göstermektedir.

Elde edilen bulgular ışığında iktisadi büyüme karbondioksit emisyonunu artırmaktadır. Bu durum çevre kalitesi üzerinde olumsuz bir etki olduğunu göstermektedir. Türkiye’de ele alınan dönemde yenilenebilir enerji tüketimi ve çevresel teknoloji kullanımı karbondioksit emisyonunu azaltmaktadır. Bakıldığında hem yenilenebilir enerji tüketimi hem de çevresel teknoloji kullanımı karbon emisyonunu azaltmada önemli rol oynamaktadır. Dolayısıyla çevre dostu, teknolojisi ve verimliliği yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı artırılmalı buna yönelik adımlar teşvik edilmelidir. Çevresel teknolojiye dayalı Ar-Ge harcamaları, patent sayıları, inovasyonlar artırılmalıdır. Tarım arazileri, ormanlar, otlaklar gibi biyolojik olarak yüksek verim ve getiriye sahip alanlar korunmalıdır.

Çevre ile bireysel faaliyetler sürekli bir etkileşim halindedir. Çevresel sorunlar sadece devletlerin veya politika yapıcılarının tek başlarına çözüme kavuşturabileceği problemler değildir. Özellikle son zamanlarda çevresel sorunların, iklimsel değişikliklerin, küresel ısınmanın gittikçe artış gösterdiği görülmektedir. Biz bireylerde gelecek nesillere daha yaşanabilir bir dünya bırakmak için bu konuda mücadele etmeliyiz. Ev ve işyerlerinde enerji tasarrufu bilincinin yaygınlaştırılması, motorlu araç kullanımı yerine bisiklet kullanımı ve yürümenin artırılması önerilebilmektedir.

Bu öneriler Türkiye’de çevresel kalitenin artırılmasına yönelik önlemler olarak değerlendirilebilir. Ancak bu önerilerin gerçekleştirilebilmesi ve başarılı olabilmesi için birlikte mücadele edilmesi gerekmektedir. Ayrıca bu konu ile ilgili çalışmak isteyen akademisyenler için de şu öneriler geliştirilmiştir: Çevresel kirlilik göstergesi olarak ekolojik ayak izi, karbon ayak izi ve karbon emisyonunun kullanıldığı görülmektedir. Bu üç göstergenin alt bileşenlerinin modele dahil edilmesi

farklı sonuçlar elde edilmesini sağlayabilir. Ülke-ülke grupları karşılaştırmaları yapılarak sektörel inovasyon verileri ve farklı değişkenler modele eklenerek yapısal kırılmaları dikkate alan zaman serisi ve panel yöntemlerinin kullanılması literatürün gelişmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Ahmad, M., Jiang, P., Majeed, A., Umar, M., Khan, Z., & Muhammad;(2020a). The Dynamic Impact of Natural Resources, Technological Innovations and Economic Growth on Ecological Footprint: An Advanced Panel Data Estimation. *Resources Policy*, 69, 101817. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2020.101817>
- Akel, V. ve Gazel, S. (2014). Döviz Kurları ile BİST Sanayi Endeksi Arasındaki Eş bütünleşme İlişkisi: Bir ARDL Sınır Testi Yaklaşımı, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (44), 23-41.
- Akyol, M., & Mete, E. (2021). Çevresel Teknolojik İnovasyonların CO2 Emisyonu Üzerindeki Etkisi: OECD Ülkeleri Örneği, *İstanbul İktisat Dergisi*, 71(2), 569-590.
- Aydın, S., & Artan, S. (2021). İnovasyonların Ticaret Akımları Üzerindeki Etkileri: OECD Ülkeleri Örneği. *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 20(3), 1112-1123. <https://doi.org/10.21547/jss.925732>
- Bal, E. (2019). Çevresel İnovasyon Faaliyetlerinin İşletmelerin Uluslararası Rekabetçiliğine Etkisi: Marmara Bölgesi Kimya Sektörü Örneği. [Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi].
- Brown, R. L., Durbin, J. & Evans, J. M. (1975). “Techniques for Testing the Constancy of Regression Relations Over Time”, *Journal of the Royal Statistical Society: Series B*, 37, 149-92
- Chen, Y. ve Lee, C.C. (2020). Does Technological Innovation Reduce CO2 Emissions? Cross-Country Evidence, *Journal of Cleaner Production*, 263, 1-11.
- Cheng C., Ren, X., Dong, K., Dong, X., ve Wang, Z.(2021).How Does Technological Innovation Mitigate CO2 Emissions in OECD Countries? Heterogeneous Analysis Using Panel Quantile Regression, *Journal of Environmental Management*, 280, 1-11.
- Coşkun, H. & Eygü, H. (2020). Ar-Ge Harcamaları ve İhracat İlişkisinin İncelenmesi: Türkiye Örneği, *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(İİB) 233-242
- Çakmak, E., & Yıldız, G. (2018). Teknolojik İnovasyonun İhracat Üzerindeki Etkisi: Türkiye-Ab 15 Ülkeleri Örneği. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 19(2), 1-16.
- Çetin, M. ve Seker, F. (2014) “Ekonomik Büyüme ve Dış Ticaretin Çevre Kirliliği Üzerindeki Etkisi: Türkiye İçin Bir ARDL Sınır Testi Yaklaşımı”. *Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21(2): 213-230.
- Dauda, L., Long, X., Mensah, C.N., Salman, M., 2019. The Effects of Economic Growth and Innovation on CO2 Emissions in Different Regions. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 26, 15028–15038
- Demir, C., Cergibozan, R., Ari, A., 2019. Environmental Dimension of Innovation: Time Series Evidence from Turkey. *Environ. Dev. Sustain.* <https://doi.org/10.1007/s10668-018-00305-0>.
- Ecevit, E. & Çetin, M. (2022). Ekonomik Büyüme, Yenilenebilir Enerji Tüketimi, Finansal Gelişme ve Kentleşmenin Sağlık Harcamaları Üzerindeki Etkisi: Türkiye Ekonomisi Üzerine Bir Zaman Serisi Kanıtı, *Sosyal Bilimler Metinleri*, 2022(2), 84-98

- Esen, Ö., Yıldırım, D. Ç., & Yıldırım, S. (2021). Pollute less or tax more? Asymmetries in the EU Environmental Taxes–Ecological balance nexus. *Environmental Impact Assessment Review*, 91, 106662. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2021.106662>.
- Esen, Ö., Yıldırım, D.Ç. ve Güven, M.(2023). Çevresel İnovasyonun Karbon Ayak İzi Üzerindeki Doğrusal Olmayan Etkilerinin Değerlendirilmesi: Türkiye İçin Eşik Değer Analizi, International Congress Of Recycling Economy & Sustainability Policy October 12, 2023 / Baku, Azerbaijan, 37-48.
- Erdoğan, L., Tiryaki, A. ve Ceylan, R. (2018). Türkiye'de Uzun Dönem Ekonomik Büyümenin Belirleyicilerinin ARDL, FMOLS, DOLS ve CCR Yöntemleriyle Tahmini, *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 36(4), 39-57. doi: 10.17065/huniibf.336371
- Erdoğan, S.,Yıldırım, S., Yıldırım, D.Ç. ve Gedikli, A., (2019). The Effects of Innovation on Sectoral Carbon Emissions: Evidence From G20 Countries, *Journal of Enviromental Management*, 267, 1-8.
- Fernández, Y. F., López, M. F., & Blanco, B. O. (2018). Innovation for sustainability: The Impact of R&D Spending on CO2 Emissions. *Journal of Cleaner Production*, 172, 3459-3467
- Fussler, C., & James, P. (1996). *Driving Eco-innovation: A Breakthrough Discipline for Innovation and Sustainability*. London: Pitman Publishing.
- Ganda, F., 2019. The Impact of Innovation and Technology Investments on Carbon Emissions in the Selected Organization for Economic co-operation and Development Countries. *J. Clean. Prod.* 217, 469–483.
- Gerguri, S. & Ramadani, V.(2010). The Impact of Innovation into the Economic Growth, *MPRA Dergisi*, Paper No: 22270, 1-22.
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1991). Environmental impacts of a North American free trade agreement (No. w3914). National Bureau of Economic research.
- Gupta, M., Saini, S., & Sahoo, M. (2022). Determinants of ecological footprint and PM2. 5: Role of urbanization, natural resources and technological innovation. *Environmental Challenges*, 7, 100467. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100467>
- Gültekin, H. (2023). Finansal Gelişme, İnovasyon ve CO2 Emisyonları: ARDL Sınır Testi Yaklaşımı. *Econder International Academic Journal*, 7(1), 25-39. <https://doi.org/10.35342/econder.1269394>
- Güven, M.(2022). Türkiye’de Çevresel İnovasyonun Karbon Ayak İzi Üzerine Etkisi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Tekirdağ.
- Iravani, A., Akbari, M. H., & Zohoori, M. (2017). Advantages and disadvantages of greentechnology; goals, challenges and strengths. *Int J Sci Eng Appl*, 6(9), 272-284.
- Işık., N. & Kılıç, E. (2014). Ulaştırma Sektöründe CO2 Emisyonu ve Enerji Ar-Ge Harcamaları İlişkisi. *Sosyoekonomi*, 22(22).

- Jahanger, A., Usman, M., Murshed, M., Mahmood, H., & Balsalobre-Lorente, D. (2022). The linkages between Natural Resources, Human Capital, Globalization, Economic Growth, Financial Development, and Ecological Footprint: The Moderating Role of Technological Innovations. *Resources Policy*, 76, 102569. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.102569>
- Johnstone, N., Hascic, I. ve Popp, D. (2010). Renewable Energy Policies and Technological Innovation: Evidence Based on Patent Counts, *Environmental and Resource Economics*, 45, 133-155.
- Kılıkış, Ş., Krajačić, G., Duić, N., & Rosen, M. A. (2023). Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems in the Critical Decade for Climate Action, *Energy Conversion And Management*, 296, 117644. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2023.117644>
- Koç, Ş., Mercan, B. & Gömleksiz, M. (2023). Türkiye’de Bilgi Taşmaları ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: ARDL Sınır Testi Yaklaşımı, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, 5(Özel Sayı), 207-221
- Khattak, S.I., Ahmad, M., Khan, Z.U. & Khan, A. (2020). Exploring the Impact of Innovation, Renewable Energy Consumption, and Income on CO2 Emissions: New Evidence from the BRICS Economies. *Environ Sci Pollut Res* 27, 13866–13881 <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07876-4>
- Kuang, H., Akmal, Z., & Li, F. (2022). Measuring the Effects of Green Technology Innovations and Renewable Energy Investment for Reducing Carbon Emissions in China. *Renewable Energy*, 197, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.06.091>
- Külahi, E.B. & Kazan, H. (2022). Çevresel İnovasyon Türlerinin Etkileşimi, *Holistic Economics*, 1(2): 77-86. DOI: 10.55094/hoec.1.2.02.
- Lin, B., & Zhu, J. (2019). The role of Renewable Energy Technological Innovation on Climate Change: Empirical Evidence from China. *Science of the Total Environment*, 659, 1505-1512
- Mongo, M., Belaïd, F. & Ramdani, B. (2021). The Effects of Environmental Innovations on CO2 Emissions: Empirical Evidence From Europe, *Environmental Science and Policy*, 118, 1-9.
- Özdemir, B. & Koç, K. (2020). Türkiye’de Karbon Emisyonları, Yenilenebilir Enerji ve Ekonomik Büyüme, *Ege Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 11(1), 66-86, DOI: 10.18354/esam.665191
- Pamuk, M. ve Bektaş, H. (2014). Türkiye’de Eğitim Harcamaları ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: ARDL Sınır Testi Yaklaşımı. *Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 2(2), 77-90.
- Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (2001). Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships, *Journal of applied econometrics*, 16(3), 289-326.
- Romer, P. (1986). Increasing Returns and Long Run Growth. *Journal of Political Economy*, 94(5), 1002-1037.
- Sahoo, M. & Sethi, N. (2022). The Dynamic Impact of Urbanization, Structural Transformation, And Technological Innovation on Ecological Footprint and PM2. 5: Evidence From Newly Industrialized Countries. *Environment, Development and Sustainability*, 24(3), 4244-4277. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01614-7>

- Saqib,N., Usman, M., Mahmood, H., Abbas, S., Ahmad, F., Mihai, D. & Mallek, R.S. (2023) The Moderating Role of Technological Innovation and Renewable Energy on CO2 Emission in O.E.C.D. Countries: Evidence from Panel Quantile Regression Approach, *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 36:3, 2168720, DOI:10.1080/1331677X.2023.2168720.
- Sarı, S., Yıldırım, K. (2022). Özel Tasarrufları Belirleyen Faktörlerin ARDL Yöntemiyle İncelenmesi: Türkiye Ekonomisi için Bir Uygulama. *Abant Sosyal Bilimler Dergisi*, 22(1), 375-389. doi: <https://doi.org/10.11616/asbi.1099015>
- Schumpeter, J. A. (1939). *Business Cycles: A Theoretical, Historical, and Statistical Analysis of the Capitalist Process*. New York ve London: McGraw-Hill.
- Schumpeter, J. A. (1961). *The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle*. New York: Oxford University Press.
- Tarı, R. (2011), *Ekonometri, Genişletilmiş 7.baskı*, Umuttepe Yayınları, Kocaeli
- Tekbaş, M., & Yıldırım, M. (2023). Gelişmekte Olan Ülkelerde İnovasyon ve Ekonomik Büyümenin CO2 Emisyonu Üzerine Etkisi, *Journal of Emerging Economies and Policy*, 8(2), 507-516.
- Tnani, M.(2018). Relationships between Economic Growth, CO2 emissions, and Innovation for Nations with the Highest Patent Applications, *Environmental Economics*, Volume 9, Issue 1, [http://dx.doi.org/10.21511/ee.09\(2\).2018.04](http://dx.doi.org/10.21511/ee.09(2).2018.04)
- Trott, P.(2008). *Innovation Management and New Product Development*, Pearson education, s.16.
- Türkoğlu, Ü. Ç. (2021). Çin'de CO2 Emisyonu, Ekonomik Büyüme ve Enerji Tüketimi Arasındaki Nedensellik İlişkisi, Çankaya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Ullah, A., Dogan, M., Topcu, B. A., & Saadaoui, H. (2023). Modeling the Impacts of Technological Innovation and Financial Development on Environmental Sustainability: New Evidence From The World's Top 14 Financially Developed Countries, *Energy Strategy Reviews*, 50, 101229. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2023.101229>.
- Usman, M., & Radulescu, M. (2022). Examining The Role of Nuclear and Renewable Energy in Reducing Carbon Footprint: Does the Role of Technological Innovation Really Create Some Difference?. *Science of The Total Environment*, 841, 156662. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156662>
- Wang, Z., Yang, Z., Zhang, Y., & Yin, J. (2012). Energy technology patents-CO2 emissions nexus: An empirical analysis from China. *Energy Policy*, 42, 248-260.
- Yiğit, S. (2014). İnovasyonun Çevreci Yüzü ve Türkiye, *Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21(1), 251-265. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/yonveek/issue/13700/165848>
- Yıldırım, D.Ç., Esen, Ö. ve Yıldırım, S. (2022). The Nexus Between Environmental Innovation And Carbon Emission From Power Sector For Oecd Countries, *International Congress of Energy Economy and Security*, 13-14 Kasım, 123-131.
- Zeraibi, A., Balsalobre-Lorente, D., & Murshed, M. (2021). The Influences of Renewable Electricity Generation, Technological Innovation, Financial Development, and Economic Growth on

Ecological Footprints in ASEAN-5 Countries, *Environmental Science and Pollution Research*, 28(37), 51003-51021. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14301-x>

Zhao, X., Ma, Q. & Yang, R. (2013). Factors Influencing CO2 Emissions in China's Power Industry: Co-Integration Analysis, *Energy Policy*, 57, 89-98