

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE


DOI: 10.52122/nisantasisbd.1811109

FOSİL YAKIT TÜKETİMİNİN EKOLOJİK AYAK İZİNE ETKİSİ: SEÇİLİ AB ÜYE
ÜLKELERİNE YÖNELİK 1981-2022 DÖNEMİNİ KAPSAYAN BİR UYGULAMA¹

Arş. Gör. Dr. Leyla BAŞTAN TÖKE

KTO Karatay Üniversitesi, Enerji Yönetimi
Bölümü.

e-posta: leyla.toke@karatay.edu.tr

 0000-0002-2377-0249

ÖZ

Bu çalışmada 1981-2022 yılları arasındaki veriler kullanılarak seçili AB üye ülkelerinde gerçekleşen fosil yakıt tüketiminin ekolojik ayak izine olan etkisi araştırılmaktadır. Araştırma kapsamında, 2022 ve 2023 yıllarında en yüksek oranda fosil yakıt tüketimini gerçekleştiren ilk 6 ülkeye (Almanya, Fransa, Hollanda, İspanya, İtalya ve Polonya) ait veriler kullanılmıştır. Ampirik analizde bağımlı değişken ekolojik ayak izi iken; kömür tüketimi, petrol tüketimi ve doğal gaz tüketimi ise bağımsız değişken olarak belirlenmiştir. Çalışmanın veri setine uygun modelin tahmin edilmesi amacıyla öncelikle birim bazında yatay kesit bağımlılık testi uygulanmıştır. Bir sonraki adımda, panel birim kök testlerinden CIPS, Fisher PP ile Fisher ADF testleri uygulanmış ve bu analizler sonucunda serilerin durağanlığının birinci mertebede olduğu belirlenmiştir. Üçüncü aşamada, modelin yatay kesit bağımlılık durumu ve homojenlik yapısı incelenmiştir. Analizler sonucunda modelin yatay kesit bağımlılığına sahip ve heterojen bir yapıda olduğu belirlendiğinden, bu duruma uygun olarak Westerlund eş bütünleşme testi uygulanmıştır. Test sonuçları değişkenler arasındaki ilişkinin uzun dönemli olduğunu göstermiştir. Son aşamada ise nihai model, DOLSMG Tahmincisi yöntemi ile tahmin edilmiştir. Ampirik sonuçlar ekolojik ayak izine petrol ve doğal gazın aynı oranda etki ettiğini; kömürün etkisinin ise daha düşük oranda olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Ekolojik ayak izi, Çevresel sürdürülebilirlik, Fosil yakıt tüketimi, Panel veri analizi

PUT THE IMPACT OF FOSSIL FUEL CONSUMPTION ON ECOLOGICAL FOOTPRINT: AN APPLICATION FOR SELECTED EU MEMBER STATES FOR
THE PERIOD 1981-2022

ABSTRACT

This study uses data from 1981 to 2022 to examine the consequences of using fossil fuels the ecological footprint in a few EU member states. Data from the top 6 nations with the largest fossil fuel use in 2022 and 2023 (Germany, Spain, France, Italy, the Netherlands and Poland) were used in the study. Coal, natural gas, and oil consumption are the independent factors in the empirical study, while the dependent variable is the ecological footprint. To find the best model for the study's dataset, a unit-level cross-sectional dependence test was performed. In the subsequent phase, the data was subjected CIPS, Fisher PP, and ADF. The outcomes of these analyses showed that in the first difference, the series were stationary. Analyzing the model's cross-sectional dependence and homogeneity structure came next. According to the analysis, the model has a horizontal cross-sectional dependence and a heterogeneous structure. The second-generation Westerlund cointegration test was applied in light of this. The test results show a long-term link between the elements. The DOLSMG Estimator method was used in the last step to estimate the final model. Empirical results have shown that oil and natural gas have the same impact on the ecological footprint, while coal has a lower impact.

Keywords: Ecological footprint, Environmental sustainability, Fossil fuel consumption, Panel data analysis

Geliş Tarihi/Received: 26.10.2025

Kabul Tarihi/Accepted: 27.12.2025

Yayın Tarihi/Printed Date: 31.12.2025

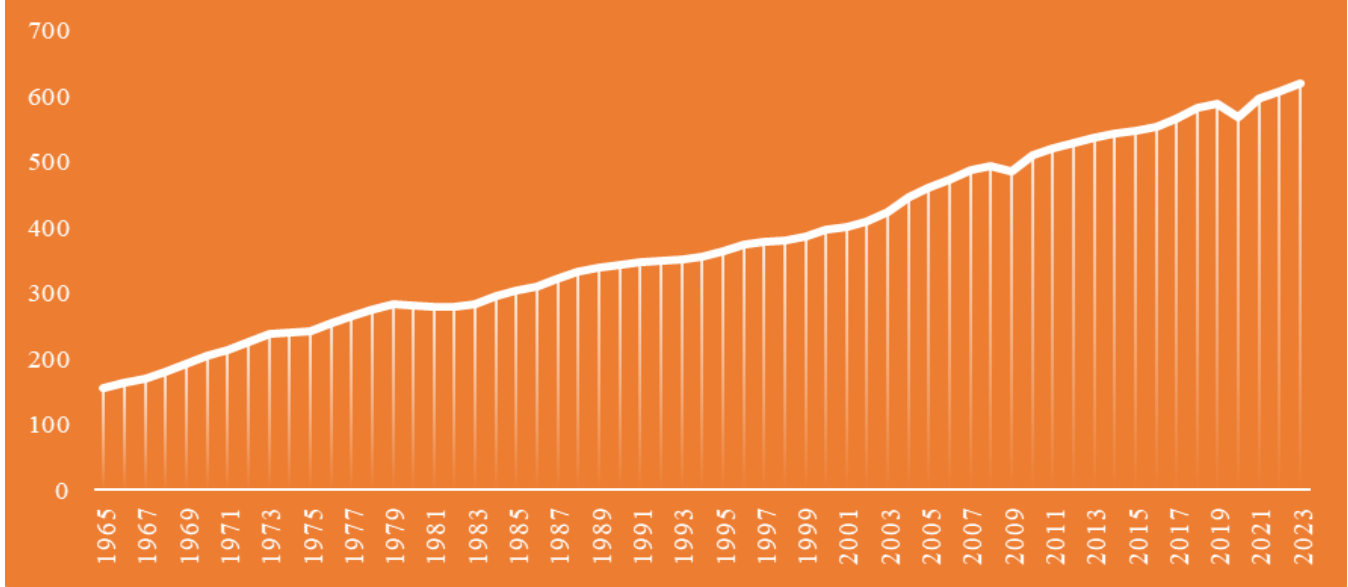
Kaynak Gösterme: Baştan Töke, L. (2025). "Fosil Yakıt Tüketiminin Ekolojik Ayak İzine Etkisi: Seçili AB Üye Ülkelerine Yönelik 1981-2022 Dönemini Kapsayan Bir Uygulama". *İstanbul Nişantaşı Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 13(2) 00-00.

¹ IERFM 2025 Kongresinde sunulan bildirinin gözden geçirilmiş ve düzenlenmiş halidir.

GİRİŞ

Ekonomik açıdan refah seviyesinin yükseltilmesi ve çevresel sorunların azaltılması 21. yüzyılda küresel bir zorluk olarak bütün toplumların ortak hedefi haline gelmiştir. Refah seviyesinin yükseltilmesi için yürütülen sanayileşme faaliyetleri ile birlikte enerji kaynaklarına olan talepte de artış yaşanmaktadır ve bu ihtiyaç ağırlıklı olarak fosil enerji kaynakları ile giderilmektedir. Fakat, sanayileşmenin sebep olduğu sera gazlarındaki artış, küresel sıcaklıkları büyük bir hızla artırmaktadır. Bu durum ekonomik ve çevresel açıdan negatif etkilere neden olmaktadır (Barbir vd., 1990: 739).

Dünya genelindeki birincil enerji tüketim verilerine göre günümüze yaklaştıkça tüketimdeki artış devam etmektedir. "2024 Energy Institute Statistical Review of World Energy" verileri ile oluşturulan ve 1965-2023 yıllarında gerçekleşen birincil enerji tüketim verileri Şekil 1.'de gösterilmektedir:



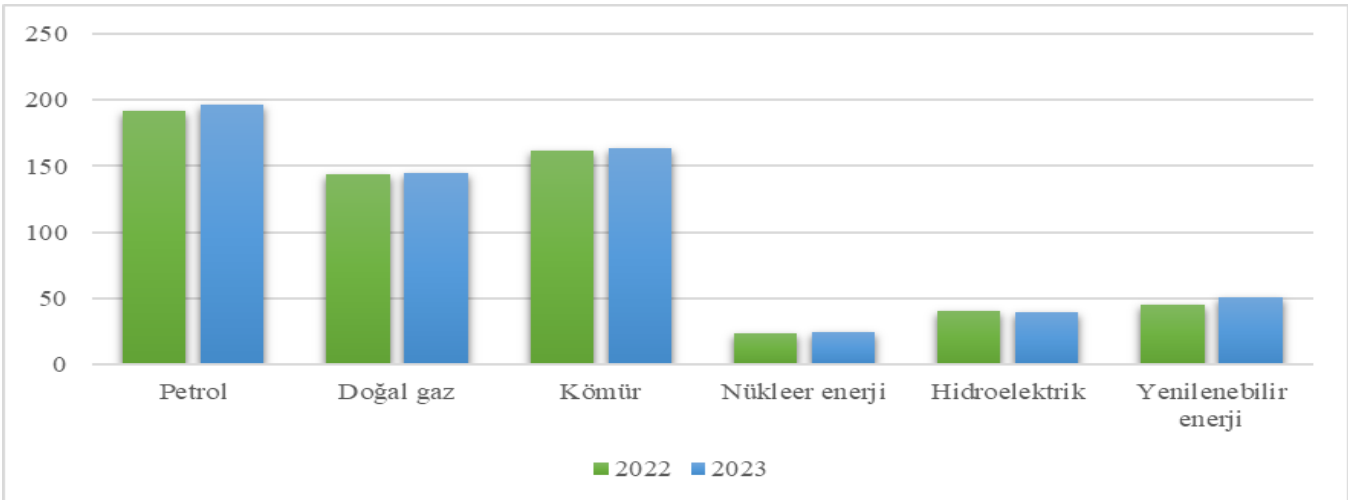
Şekil 1. 1965-2023 döneminde gerçekleşen toplam birincil enerji tüketimi

Kaynak: Statistical Review of World Energy, 2024

Şekil 1.'de birincil tüketim verileri incelendiğinde bazı yıllarda tüketimde azalma yaşansa da incelenen dönem aralığında genel bir artışın yaşandığını söylemek mümkündür. 1965 yılında 156,10 exajoule tüketim gerçekleşirken 2023 yılında tüketim 619,63 exajoule değerine ulaşmıştır.

Doğal kaynaklara olan talepteki artış, dünyanın biyolojik kapasitesinin yenilenme hızından çok daha yüksek olduğu sürece çevresel bozulmaların da hızlanması muhtemeldir (Wackernagel vd., 2021: 731). Bu açıdan enerji, refah seviyesinin yükseltilmesinde önemli bir girdi olsa da iklim değişikliği ile refah seviyesinin yükseltilmesi arasındaki ilişkinin azaltılabilmesi için fosil yakıt tüketiminin azaltılması gerekmektedir (Wood ve Roelich, 2019: 114).

Dünya genelinde gerçekleşen enerji tüketimi kaynak özelinde irdelendiğinde henüz fosil yakıt tüketiminde bir azalma yaşanmamaktadır. Tüketimin kaynaklara göre dağılımı ise Şekil 2.'de gösterilmektedir:



Şekil 2. 2022 ve 2023 yıllarında kaynak özelinde gerçekleşen birincil enerji tüketimi

Kaynak: Statistical Review of World Energy, 2024

Şekil 2.'deki veriler incelendiğinde diğer kaynakların tüketiminde artış yaşansa da en fazla fosil enerji kaynaklarının tüketildiği görülmektedir. Toplam enerji tüketimi içindeki en fazla paya fosil enerji kaynakları sahiptir. Fakat, fosil yakıt tüketimi bu şekilde devam ettiği sürece çevresel sorunların artması muhtemeldir ve yenilenebilir enerji kaynaklarının tüketiminin artırılması önemli bir alternatiftir (Liu vd., 2025: 47).

Enerji ihtiyacının büyük oranının fosil enerji kaynakları ile karşılandığı dikkate alındığında toplumlar bazı sorunlar ile karşı karşıyadır. İlk olarak mevcut enerji sisteminin fosil enerji kaynaklarına dayalı olması iklim değişikliği vb. sorunlara yol açmaktadır. İkinci olarak ise bu kaynaklara yeterli ölçüde erişim sağlanamamaktadır (Ritchie vd., 2023). Çevresel sorunlara ek olarak fosil kaynakların dünyada eşit dağılıma sahip olmaması enerji güvenliği kavramının önemini artırmaktadır. Buna ek olarak bu kaynakların yenilenme ömrünün uzun olup tükenme riskinin yüksek olması da gelecek nesiller için önemli bir sorundur (Martins vd., 2019: 2).

Enerji talebinde yaşanan artış ile bu artışın sebep olduğu çevresel sorunlar arasındaki dengeyi sağlamak giderek zorlaşmaktadır. Çünkü içinde bulunduğumuz dönemde toplumların artan enerji talebi ağırlıklı olarak sera gazı emisyonlarına sebep olan fosil enerji kaynaklarından karşılanmaya devam etmektedir (Uddin vd., 2017: 166).

Çevresel sürdürülebilirliğin araştırıldığı çalışmalar incelendiğinde çevresel kalitenin en önemli göstergesinin ekolojik ayak izi olduğu kabul edilmektedir (Addai vd., 2022: 27749). Ekolojik ayak izi, toplumlar tarafından yürütülen faaliyetlerin yani antropojenik baskının çevre üzerinde oluşturduğu etkiyi ortaya koyan kapsamlı bir göstergedir (Almulali vd., 2015: 316; Uddin vd., 2017: 166; Vackár, 2012: 41; Wackernagel ve Rees, 1996; York vd., 2009: 134).

Ekolojik ayak izine antropojenik faaliyetler etki etmekte ve ekolojik ayak izi arttıkça çevresel sorunlar da artış göstermektedir. Biyolojik açıdan üretken alan olarak tanımlanan, belli bir nüfus tarafından talep edilen kaynakları ve açığa çıkan atıkların emilim ihtiyacı için doğal sermayenin ne kadarına ihtiyaç duyulduğu ekolojik ayak izi aracılığı ile ölçümlenmektedir (Wackernagel vd., 2004: 271). Günümüzde, ekolojik varlıklara yönelik talebin biyolojik kapasitenin üzerine çıkması sonucunda, ekolojik ayak izi ile ekosistemin sağladığı biyolojik kapasite arasındaki açık giderek artmakta ve bu durum çevresel kalitenin azalmasına neden olmaktadır (Ahmed vd., 2020: 1; Rashid vd., 2018: 362-363).

Çevreye olan insan kaynaklı baskı ile enerji tüketimi arasındaki ilişkinin anlaşılmasına katkı sağlamayı hedefleyen bu çalışmada fosil enerji kaynaklarının kaynak özelinde kullanımına bağlı olarak ekolojik ayak izi üzerindeki değişim durumu irdelenmiştir. Bu kapsamda mevcut literatüre birkaç noktada katkı sağlanması hedeflenmektedir. İlk olarak; çalışmanın kısıtı açısından literatüre katkı sağlanması amacıyla 2022 ve 2023 yıllarında en yüksek oranda fosil yakıt tüketimini gerçekleştiren ilk 6 AB üye ülkesinin 1981-2022 dönemine ait yıllık verileri ile analiz yürütülmüştür. İkinci olarak; ikinci kuşak heterojen ekonometrik bir yaklaşım ile fosil yakıt tüketiminin kaynak özelinde ekolojik ayak izine olan etki oranları incelenmiştir.

Çalışmanın kalan bölümlerine ait planı şöyledir: 1. bölümde ekolojik ayak izi ile ilgili yürütülmüş olan çalışmaların incelemesi sunulacaktır. 2. bölümde çalışmanın veri setine yer verilecektir. 3. bölümde çalışmaya yönelik olarak oluşturulan model ve analizden elde edilen bulgular açıklanacaktır. Son bölümde ise bulgulara yönelik genel sonuçlara ve önerilere değinilecektir.

1. Literatür İncelemesi

Ekolojik ayak izinin etkileşim içinde olduğu faktörler literatürde kapsamlı bir şekilde incelenmektedir. Bu çalışmalarda farklı ülke veya ülke grupları üzerinde farklı dönemlerde, farklı değişkenlerle ve farklı yöntemlerle değerlendirmeler yapılmaktadır. Bahsedilen farklılıklardan kaynaklı olarak günümüze kadar yürütülen çalışmalarda genel bir fikir birliği oluşmamıştır. Çalışmanın bu bölümünde ekolojik ayak izinin analizlere dahil edildiği çalışmaların genel bir değerlendirmesi yapılacaktır.

Örneğin; Sharma vd., (2021) tarafından Güney ve Güneydoğu Asya'daki sekiz gelişmekte olan ülkede yürütülen çalışmada, yenilenebilir enerji kullanımı, kişi başına gelir, yaşam beklentisi ve nüfus yoğunluğunun etkileri ekolojik ayak izi kapsamında analiz edilmiştir. Araştırma bulgularına göre, yenilenebilir enerji tüketiminde gerçekleşen artışın ekolojik ayak izinde azalmaya sebep olurken; nüfus yoğunluğundaki artışın ekolojik ayak izini yükselttiği sonucuna ulaşılmıştır. Baz vd., (2020), Pakistan'da enerji tüketimi ve çevre kalitesi arasındaki ilişkinin anlamlı olduğunu tespit etmişlerdir. Bunun yanında bu anlamlı ilişkinin uzun dönemli olduğu belirtilmiştir. Ekonomik büyüme ve enerji tüketiminin ise asimetrik bir şekilde bağlantılı olduğu belirtilmiştir. Georgescu ve Kinnunen, (2024), 1990-2021 döneminde Finlandiya'ya ait yıllık verileri kullanarak GSYİH, FDI ve enerji tüketiminin ekolojik ayak izi ile ilişkisini incelemişlerdir. Elde edilen bulgular; GSYİH'nin ve FDI'nın ekolojik ayak izine etkisinin olumsuz olduğunu gösterirken; enerji kullanımının ekolojik ayak izine etkisinin olumlu olduğunu göstermiştir. Adedoyin vd., (2020) ise, 16 Avrupa Birliği ülkesinde yaptıkları analizde GSYİH, Ar-Ge harcamaları, yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketimi ile ekolojik ayak izi arasındaki bağlantıyı incelemişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre, değişkenler arasındaki ilişkinin uzunluğunda önemli olduğu belirtilmiştir. Ar-Ge harcamaları ve ekolojik ayak izinin arasındaki ilişkinin anlamlı olduğu tespit edilirken; ilişki yönünün negatif olduğu vurgulanmıştır. Ekolojik ayak izi ile Ar-Ge harcamaları arasında anlamlı ve negatif ilişkinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bunun yanında ekolojik ayak izini yükselten faktörlerin fosil enerji tüketimi ve ekonomik büyümede olduğu tespit edilirken; ekolojik ayak izini azaltan faktörün yenilenebilir enerji kaynak

kullanımı olduğu tespit edilmiştir. Shahzad vd., (2021)'in çalışmasından elde ettiği bulgulara ABD'de ekonomik karmaşıklık ve konvansiyonel yakıt tüketimi ekolojik ayak izini büyük ölçüde artırmaktadır ve bu faktörler arasında nedensellik ilişkisi vardır. 16 AB üye ülkesi özelinde sera gazını azaltan unsurları ekolojik ayak izi, reel GSYİH, ticaret açıklığı ve doğurganlık oranı özelinde inceleyen Alola vd., (2019)'ne göre reel GSYİH ve yenilenebilir enerji tüketimindeki artış çevre kalitesini artırmaktadır ve doğurganlık oranının ekolojik ayak izine etkisi, analize dahil edilen ülkelerin doğurganlık oranı ile bağlantılıdır. Raghutla vd., (2022), N-11 ülkelerinde yürüttükleri çalışmada, ekonomik büyüme ve "çevresel kalite göstergesi" olarak tanımlanan ekolojik ayak iziyle olan ilişkisini incelemiştir. Analizden elde edilen sonuçlara göre iki gösterge arasında istatistiksel açıdan pozitif ilişki tespit edilirken; ekolojik ayak izinin yüksek olduğu ülkelerde gerçekleşen yenilenebilir kaynak tüketimine bağlı olarak ekolojik ayak izinde azalma yaşanması açısından yetersiz kaldığı ifade edilmiştir. Charfeddine (2017) ise, Katar'da ekolojik ayak izi elektrik üretimi ve finansal gelişme arasındaki bağlantıyı incelemiştir. Analiz bulgularına göre bahsi geçen göstergeler arasındaki ilişkinin yönünün pozitif olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Nathaniel vd., (2021), N-11 ülkelerinde çevresel düzenlemelerin ekolojik ayak izi ile ilişkisini incelemiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda mevcut düzenlemelerin ekolojik ayak izini azaltma konusunda etkili olmadığı, enerji tüketimi ve ticaret açıklığının ise ekolojik ayak izini artırdığı belirtilmiştir.

Shahbaz vd., (2023) tarafından, en yüksek ekolojik ayak izine sebep olan ilk 10 ülke özelinde yapılan incelemede finansal gelişme, ekonomik büyüme, yenilenemeyen enerji kullanımı, ticaret açıklığının ekolojik ayak izi üzerine etkisi analiz edilmiştir. Analiz sonuçları, bu değişkenler arasındaki ilişkinin uzun dönemli olduğunu göstermiştir. Ayrıca ekolojik ayak izini artıran göstergelerin ekonomik büyüme, finansal gelişme ve yenilenemeyen enerji tüketimi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Belcaid ve El-Karimi, (2025), gelişmekte olan 10 Akdeniz ülkesi için iklim finansmanı, yenilenebilir enerji tüketimi, ekonomik ve demografik büyüme, ticaret açıklığı ve ekolojik ayak izi arasındaki ilişkiyi irdelediklerinde elde ettikleri bulgular; iklim finansmanının ekolojik ayak izini azalttığını, yenilenebilir enerji tüketiminin asimetrik etki gösterdiğini, ticaret açıklığının ise karışık etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

Liu vd., (2025), BRICS ülkelerinde doğal kaynaklar, insan sermayesi, yenilenebilir enerji ile ekolojik ayak izinin arasındaki bağlantıyı incelediklerinde ekonomik büyüme ve doğal kaynak mevcudiyetinin ekolojik ayak izini artırdığını, yenilenebilir enerjinin ise ekolojik ayak izini azalttığını tespit etmişlerdir. Tsompo vd., (2025), 6 Asya ülkesi için 1995-2020 döneminde ekonomik büyüme, enerji yoğunluğu, finansal kalkınma, insani gelişim ve girişimcilik ticareti ile ekolojik ayak izi arasındaki ilişkiyi incelediklerinde; ele alınan bağımsız değişkenler ile ekolojik ayak izi arasında uzun vadeli bir ilişki olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Ekonomik büyümenin, finansal kalkınmanın ekolojik ayak izini arttıran göstergeler olduğunu tespit etmişlerdir.

OECD ülkelerinde gerçekleşen yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji kaynaklarının tüketimi, ekonomik büyüme, ticaret açıklığının çevresel kalite göstergesi olarak nitelendirilen ekolojik ayak izine olan etkisini inceleyen Destek ve Sinha (2020)'nin bulgularına göre yenilenebilir enerji kaynaklarının tüketiminin ekolojik ayak izinin azaltılmasını desteklerken; yenilenemeyen enerji tüketiminin çevresel sorunları artırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Hasan vd., (2024), 1996-2022 yıllarını kapsayan çalışmasında petrol tüketimi, yenilenebilir enerji kullanımı ve ekolojik ayak izi arasındaki ilişkiyi incelediklerinde; petrol tüketimi ve ekonomik büyümenin ekolojik ayak izini artırdığını, buna karşılık yenilenebilir enerjinin ekolojik ayak izi üzerinde hafifletici bir etkiye sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Shojaenia (2024), temiz enerji tüketimi, kirli enerji tüketimi ve küreselleşmenin ekolojik ayak izine olan etkisini 90 ülke özelinde yürüttüğünde kirli enerji tüketiminin ekolojik ayak izini artırdığını ve tüketimin ekolojik ayak izi üzerindeki etkisinin önemli olduğunu tespit ederken; yenilenebilir enerji tüketiminin ekolojik ayak izi üzerindeki etkisinin olumlu fakat anlamsız olduğu sonucuna ulaşmıştır. Küreselleşmenin de ekolojik ayak izi üzerine olumlu etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Bucak vd., (2024)'nin, 26 AB üye ülkesi için yenilenebilir enerji tüketimi, fosil enerji tüketimi ve küreselleşmenin ekolojik ayak izi ile ilişkisini inceledikleri çalışmalarında elde ettikleri bulgular; fosil enerji tüketiminin ekolojik ayak izini artırdığını, yenilenebilir enerji tüketiminin ekolojik ayak izini azalttığını ortaya koymuştur. Destek vd., (2018), 15 AB ülkesinde yürüttükleri çalışmada yenilenebilir enerji, yenilenemeyen enerji, reel gelirin ekolojik ayak izine olan etkilerini incelemiştir. Araştırma sonuçlarına göre, yenilenemeyen enerji tüketimi çevresel sorunların artış yaşanmasına sebep olurken; yenilenebilir enerji tüketimi ve ticaret açıklığı çevresel sorunların azaltılmasını desteklemektedir.

2. Veri Seti

Bu çalışmada, 1981-2022 döneminde 6 AB üye ülkesinde gerçekleşen fosil yakıt tüketiminin çevre kalitesi ile ilişkisi "panel veri" yöntemi ile değerlendirilmiştir. Bu ilişkinin değerlendirilmesi amacıyla bağımsız değişken ekolojik ayak izi (ekof) olarak belirlenirken; petrol (oil) tüketimi, doğal gaz (gas) tüketimi ve kömür (coal) tüketimi bağımsız değişken olarak belirlenmiştir. Çalışmanın örneklemini 2022-2023 yıllarında en fazla fosil enerji tüketimi gerçekleştiren ilk 6 AB üye ülkesi olan Almanya, Fransa, Hollanda, İspanya, İtalya ve Polonya ile sınırlandırılmıştır[p1.1][LB1.2]. Belirlenen ülkelerde gerçekleşen fosil enerji kaynaklarının (petrol, doğal gaz ve kömür) tüketiminin ekolojik ayak izine olan etkisini değerlendirebilmek için panel veri yöntemi kullanılmıştır. Analize dahil edilen veriler "Global Footprint Network" ve "Statistical Review of World Energy" veri tabanlarından elde edilmiştir. Çalışma, STATA19 paket programı ile yürütülmüştür. Değişkenlere ait tanım, birim, zaman aralığı ve bağımsız değişken ile beklenen ilişki yönünün gösterildiği bilgiler Tablo 1.'de raporlanmaktadır:

Tablo 1. Veri Seti

Değişkenler	Tanım	Birimi	Zaman Aralığı	Bağımsız değişken ile beklenen ilişki yönü
Bağımsız Değişken				
ekof	Ekolojik ayak izi	küresel hektar	1981-2022	
Bağımlı değişkenler				
oil	Petrol tüketimi	exajoule	1981-2022	+/+
gas	Doğal gaz tüketimi	exajoule	1981-2022	+/+
coal	Kömür tüketimi	exajoule	1981-2022	+/+

Çalışmada oluşturulan veri seti ile tahmin edilmesi hedeflenen model Denklem 1.'de gösterilmektedir:

$$lekof_{it} = \beta_0 + \beta_1 oil_{it} + \beta_2 gas_{it} + \beta_3 coal_{it} + u_{it} \quad (1)$$

Denklemden yer alan "ekof" değişkeni ekolojik ayak izini, "oil" değişkeni petrol tüketimini, "gas" değişkeni doğal gaz tüketimini, "coal" değişkeni ise kömür tüketimini ifade etmektedir. Tüm değişkenler için yıllık veriler analiz edilmiştir. Analize dahil edilen değişkenlerden ekolojik ayak izi değişkeninin logaritmik formu kullanılmıştır. Analizde bir değişkenin logaritmik formunun kullanılması sebebiyle model, yarı-logaritmik bir formda oluşturulmuştur.

Oluşturulan veri seti ile yürütülen analizde fosil yakıt (petrol, doğal gaz, kömür) tüketimi arttıkça çevresel kalitenin azalacağı, çevre üzerindeki baskının artacağı gerekçesiyle ekolojik ayak izinin artması beklenmektedir. Dolayısıyla ekolojik ayak izi ile diğer faktörler arasındaki ilişkinin pozitif yönlü olacağı öngörülmektedir. Ancak, bu kaynakların tüketimindeki artışın ekolojik ayak izi üzerindeki etkilerinin farklı düzeylerde gerçekleşmesi beklenmektedir.

3. Ampirik Analiz

Çalışmanın analizinden elde edilen sonuçların yer aldığı bu bölümünde seçili 6 AB üye ülkesinde 1981-2022 döneminde yıllık olarak gerçekleşen petrol tüketiminin, doğal gaz tüketiminin ve kömür tüketiminin ekolojik ayak izine olan etkisi analiz edilecektir. Analizin ilk aşamasında değişkenlerin özet istatistik değerleri Tablo 2.'de sunulmaktadır:

Tablo 2. Özet İstatistik Tablosu

Variables	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
ekof	252	2.54e+08	1.25e+08	8.16e+07	5.36e+08
oil	252	2.933363	1.483736	.5895754	5.971961
gas	252	1.480475	.8762252	.0812282	3.312248
coal	252	1.347628	1.400216	.1237897	6.259379

Özet istatistik tablosunda yer alan değerlere göre ekolojik ayak izi değişkeninin logaritması alınarak analize devam edilmiştir. Logaritması alınan değişken ile elde edilen özet istatistik değerleri 3 numaralı tabloda sunulmaktadır:

Tablo 3. Logaritması Alınan Değişken İle Oluşturulan Özet İstatistik Tablosu

Variables	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
lekof	252	19.21777	.5396705	18.21679	20.09965
oil	252	2.933363	1.483736	.5895754	5.971961
gas	252	1.480475	.8762252	.0812282	3.312248
coal	252	1.347628	1.400216	.1237897	6.259379

3.1. Yatay Kesit Bağımlılık (Birimler Arası Korelasyon) Testi

Veri setine uygun olarak tahmin tekniklerinin belirlenebilmesi amacıyla ilk olarak yatay kesit bağımlılık (birimler arası korelasyon) testinin uygulanması gerekmektedir (Yerdelen Tatoğlu, 2021: 9). Yatay kesit bağımlılık testlerinin temel (H0) hipotezi "yatay kesit bağımlılık yoktur" şeklinde kurulurken, alternatif (H1) hipotez "yatay kesit bağımlılık vardır" şeklinde kurulmaktadır.

Uygulanan testte yer alan olasılık değerlerine göre kabul edilmesi gereken hipoteze karar verilmektedir. Testin olasılık değerinin 0,05 değerinden daha az olması halinde temel hipotez reddedilirken; olasılık değerinin 0,05 değerinden daha büyük olması halinde ise temel hipotez kabul edilmektedir.

Bu çalışmada yatay kesit bağımlılık durumunun tespiti için CD testi kullanılmıştır. Uygulanan testin bulguları ise Tablo 4.'te sunulmaktadır:

Tablo 4. Birimler Arası Korelasyon Testi Sonuçları

Değişkenler	CD	CDw	CDw+	CD*	α
lekof	3.39***	-2.46***	41.98***	-3.35***	.7268
oil	1.89**	13.76***	68.88***	2.34**	.9082
gas	15.43***	-3.54***	59.81***	1.02	1.0066
coal	10.20***	-3.87***	47.09***	-0.57	.7887

Not: * :%10'daki anlamlılığı; ** : %5'teki anlamlılığı; *** : %1'deki anlamlılığı ifade etmektedir.

Serilerin olasılık değerleri ve yatay kesit bağımlılığın kuvvetinin yer aldığı tabloda testin temel hipotezi "zayıf yatay kesit bağımlılık vardır" şeklinde kurulurken alternatif hipotezi "güçlü yatay kesit bağımlılık vardır" şeklinde kurulmaktadır. Yatay kesit bağımlılığın kuvvetine α değerine göre karar verilmektedir. α değerinin 0 olması durumunda zayıf yatay kesit bağımlılık, 0 ile 0,5 arasında ise yarı zayıf yatay kesit bağımlılık, 0,5 ile 1 arasında ise yarı güçlü yatay kesit bağımlılık ve α değerinin 1 olması durumunda güçlü yatay kesit bağımlılık olduğuna karar verilmektedir.

Uygulanan testten elde edilen bulgular şöyledir; ekolojik ayak izi değişkeni için CD, CDw, CDw+ ve CD* testlerinin olasılık değerlerine göre güçlü yatay kesit bağımlılık varken; α değerine göre yatay kesit bağımlılığın kuvvetinin yarı güçlü olduğu tespit edilmiştir. Petrol değişkeni için CD, CDw, CDw+ ve CD* testlerinin olasılık değerlerine göre güçlü yatay kesit bağımlılık varken; α değerine göre yatay kesit bağımlılığın kuvvetinin yarı güçlü olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Doğal gaz değişkeni için ise CD, CDw ve CDw+ testlerinin olasılık değerlerine göre güçlü yatay kesit bağımlılık varken; α değerine göre yatay kesit bağımlılığın kuvvetinin güçlü olduğu tespit edilmiştir. Son olarak kömür değişkeni için CD, CDw ve CDw+ testlerinin olasılık değerlerine göre güçlü yatay kesit bağımlılık varken; α değerine göre yatay kesit bağımlılığın kuvvetinin yarı güçlü olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

3.2. Panel Birim Kök (Durağanlık) Testi

Serilerde "sahte regresyon" durumunun önüne geçebilmek amacıyla panel birim kök (durağanlık) testleri uygulanmalıdır. Bu testlerin temel hipotezi (H0) "seri durağan değildir" şeklinde kurulurken, alternatif hipotezi (H1) "seri durağandır" şeklinde kurulmaktadır. Bu çalışmada, yatay kesit bağımlılığı gösteren serilerin durağanlık düzeylerini belirlemek amacıyla "ikinci kuşak panel birim kök testleri" olan CIPS testi, Fisher PP testi ile Fisher ADF testi uygulanmıştır.

Tablo 5. CIPS Testi Bulguları

Değişkenler	CIPS	%10	%5	%1
lekof	-1.473	-2.21	-2.33	-2.55
oil	-0.095	-2.21	-2.33	-2.55
gas	-2.180	-2.21	-2.33	-2.55
coal	-1.869	-2.21	-2.33	-2.55

CIPS testinden elde edilen bulgular incelendiğinde bütün serilerin CIPS istatistiklerinin, "%90, %95 ve %99" güven düzeylerine ait kritik değerlerin mutlak değerlerinden daha azdır. Bu nedenle, serilerin durağan olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Ekolojik ayak izi için oluşturulan Tablo 6., petrol tüketimi için oluşturulan Tablo 7., doğal gaz tüketimi için oluşturulan Tablo 8. ve kömür tüketimi için oluşturulan Tablo 9.'da ise Fisher PP ve ADF testleri ile elde edilen bulgular değişken özelinde sunulmuştur. Tablo 6.'da ekolojik ayak izi değişkenine uygulanan Fisher PP ve ADF testlerinin sonuçları raporlanmıştır:

Tablo 6. Ekolojik Ayak İzi Değişkeni İçin Fisher PP Ve ADF Testi Bulguları

Değişken	PP			ADF			
		Statistic	p-value	Statistic	p-value	Statistic	p-value
lekof	Inverse chi-squared(14)	P	8.3893	0.7540	6.9179	0.8630	
	Inverse normal	Z	0.4754	0.6828	0.8267	0.7958	
	Inverse logit t(39)	L*	0.4305	0.6652	0.7768	0.7787	
	Modified Chi-squared	inv. P _m	-0.7370	0.7694	-1.0374	0.8502	

Not: * :%10'daki anlamlılığı; ** : %5'teki anlamlılığı; *** : %1'deki anlamlılığı ifade etmektedir.

Ekolojik ayak izi değişkenine uygulanan Fisher PP ve ADF testinden ile ulaşılan bulgulara göre P, Z, L* ve Pm testlerinin olasılık değerlerine bağlı olarak temel hipotez reddedilememektedir. Bunun yanında ekolojik ayak izi değişkeninin durağan olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır.

Petrol değişkenine uygulanan Fisher PP ve ADF testi bulguları Tablo 7.'de raporlanmaktadır:

Tablo 7. Petrol Değişkeni için Fisher PP ve ADF Testi Bulguları

Değişken	PP			ADF			
				Statistic	p-value	Statistic	p-value
oil	Inverse	chi-	P	1.4116	0.9999	1.0607	1.0000
	squared(14)						
	Inverse normal	Z		3.3445	0.9996	3.6840	0.9999
	Inverse	logit	L*	3.3534	0.9990	3.7159	0.9996
	t(39)						
	Modified	inv.	P _m	-2.1613	0.9847	-2.2330	0.9872
	Chi-squared						

7.'deki değerler incelendiğinde P, Z, L* ve Pm testlerinin olasılık değerlerine göre temel hipotez kabul edilmekte ve petrol değişkeninin durağan olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır.

Tablo 8.'de doğal gaz değişkenine uygulanan Fisher PP ve ADF testlerinin sonuçları gösterilmektedir:

Tablo 8. Doğal Gaz Değişkeni için Fisher PP ve ADF Testi Bulguları

Değişken	PP			ADF			
				Statistic	p-value	Statistic	p-value
gas	Inverse	chi-	P	9.5289	0.6572	10.2937	0.5902
	squared(14)						
	Inverse normal	Z		0.5040	0.6929	0.3355	0.6314
	Inverse	logit	L*	0.5643	0.7119	0.4066	0.6566
	t(39)						
	Modified	inv.	P _m	-0.5044	0.6930	-0.3483	0.6362
	Chi-squared						

Doğal gaz değişkenine uygulanan Fisher PP ve ADF testinden elde edilen bulguların raporlandığı Tablo 8 incelendiğinde P, Z, L* ve Pm testlerinin olasılık değerlerine göre temel hipotez reddedilememekte ve doğal gaz değişkeninin durağan olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır.

Tablo 9.'da kömür değişkenine uygulanan Fisher PP ve ADF testlerinin sonuçları sunulmaktadır:

Tablo 9. Kömür Değişkeni için Fisher PP ve ADF testi bulguları

Değişkenler	PP			ADF			
				Statistic	p-value	Statistic	p-value
coal	Inverse	chi-	P	9.3571	0.6722	11.4418	0.4915
	squared(14)						
	Inverse normal	Z		0.0347	0.5138	-0.4731	0.3181
	Inverse	logit	L*	0.0379	0.5150	-0.4331	0.3338
	t(39)						
	Modified	inv.	P _m	-0.5395	0.7052	-0.1139	0.5454
	Chi-squared						

Kömür değişkenine uygulanan Fisher PP ve ADF testinden elde edilen bulgular incelendiğinde P, Z, L* ve Pm testlerinin olasılık değerlerine göre temel hipotez reddedilememektedir. Kömür değişkeninin durağan olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır.

3.3. Birinci Farkı Alınan Serilerin Yatay Kesit Bağımlılık ve Durağanlık Durumunun Analizi

Serilerin düzeyde durağan olmaması sebebiyle sahte regresyon durumunun önüne geçebilmek amacıyla çalışmanın bu aşamasında değişkenlerin birinci farkının alınarak uygulanan testlerin tekrarlanması ve durağanlık durumunun yeniden analiz edilmesi gerekmektedir.

Tablo 10.'da birinci farkı alınan değişkenlere uygulanan yatay kesit bağımlılık testi sonucunda ulaşılan bulgular gösterilmektedir:

Tablo 10. Birinci Farkı Alınan Değişkenlerin CD Testi Bulguları

Değişkenler	CD	CDw	CDw+	CD*	α
dlekof	9.44***	-2.07	34.49***	-12.37***	1.0068
doil	9.93***	-2.78***	35.68***	-7.21***	.8422
dgas	13.85***	-0.73	52.93***	-23.11***	1.0064
dcoal	5.66***	4.02***	26.25***	6.95***	.7152

Not: *: %10'daki anlamlılığı; **: %5'teki anlamlılığı; ***: %1'deki anlamlılığı ifade etmektedir.

CD testlerinin bulgularına göre ekolojik ayak izi değişkeni için CD, CDw+ ve CD* testlerinin olasılık değerlerine göre güçlü yatay kesit bağımlılık varken; α değerine göre yatay kesit bağımlılığın kuvvetinin güçlü olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Petrol değişkeni için CD, CDw, CDw+ ve CD* testlerinin olasılık değerlerine göre güçlü yatay kesit bağımlılık varken; α değerine göre yatay kesit bağımlılığın kuvvetinin yarı güçlü olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Doğal gaz değişkeni için ise CD, CDw+ ve CD* testlerinin olasılık değerlerine göre güçlü yatay kesit bağımlılık varken; α değerinin kuvvetine göre güçlü yatay kesit bağımlılık olduğu tespit edilmiştir. Son olarak kömür değişkeni için CD, CDw, CDw+ ve CD* testlerinin olasılık değerlerine göre güçlü yatay kesit bağımlılık varken; α değerinin kuvvetine göre yatay kesit bağımlılığın yarı güçlü olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Birinci farkı alınan ve yatay kesit bağımlılığa sahip olan değişkenlere ilk aşamada olduğu gibi CIPS, Fisher PP ve ADF "panel birim kök testleri" kullanılarak, birinci farkı alınan değişkenlerin durağanlık durumu incelenmiştir. CIPS testi sonuçları Tablo 11.'de raporlanmaktadır:

Tablo 11. Farkı Alınan Değişkenlerin CIPS Testi Bulguları

Değişkenler	CIPS	%10	%5	%1
lekof	-6.117	-2.21	-2.33	-2.55
oil	-5.676	-2.21	-2.33	-2.55
gas	-4.979	-2.21	-2.33	-2.55
coal	-5.794	-2.21	-2.33	-2.55

Tablo 11.'de CIPS testinden elde edilen sonuçlar incelendiğinde tüm serilerin CIPS istatistiklerinin, %90, %95 ve %99 güven düzeylerindeki kritik değerlerden mutlak değer açısından büyük olduğu görülmektedir. Bu nedenle bütün serilerin, birinci farkta durağan olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Birinci farkı alınan değişkenlere ait Fisher PP ve ADF test sonuçları ise ekolojik ayak izi için Tablo 12.'de, petrol değişkeni için Tablo 13.'te, doğal gaz değişkeni için Tablo 14.'te ve kömür değişkeni için Tablo 15.'te yer almaktadır. Tablo 12.'de birinci farkı alınan ekolojik ayak izi değişkenine uygulanan Fisher PP ve ADF testinden elde edilen bulgular gösterilmektedir:

Tablo 12. Birinci Farkı Alınan Ekolojik Ayak İzi Değişkeni için Fisher PP ve ADF Testi Bulguları

Değişken	PP			ADF			
				Statistic	p-value	Statistic	p-value
dlekof	Inverse	chi-	P	260.1964	0.0000	96.7128	0.0000
	squared(14)						
	Inverse normal	Z		-14.9251	0.0000	-8.0800	0.0000
	Inverse logit	L*		-29.7364	0.0000	-11.0481	0.0000
t(39)							
Modified	inv.	P _m		50.6629	0.0000	17.2919	0.0000
Chi-squared							

Birinci farkı alınan ekolojik ayak izi değişkenine uygulanan Fisher PP ve ADF testinden elde edilen bulgular incelendiğinde P, Z, L* ve P_m testlerinden elde edilen sonuçlarına göre temel hipotez reddedilmektedir. Bu kapsamda ekolojik ayak izi değişkeninin birinci mertebede durağan olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 13.'te birinci farkı alınan petrol değişkenine uygulanan Fisher PP ve ADF testinden elde edilen bulgular gösterilmektedir:

Tablo 13. Birinci Farkı Alınan Petrol Değişkeni için Fisher PP ve ADF Testi Bulguları

Değişken	PP			ADF			
				Statistic	p-value	Statistic	p-value
doil	Inverse	chi-	P	213.0023	0.0000	75.4607	0.0000
	squared(14)						

Inverse normal	Z	-13.1973	0.0000	-7.0300	0.0000
Inverse logit	L*	-24.3428	0.0000	-8.6173	0.0000
t(39)					
Modified inv.	P _m	41.0294	0.0000	12.9539	0.0000
Chi-squared					

Birinci farkı alınan petrol değişkenine uygulanan Fisher PP ve Fisher ADF testinden elde edilen bulgular incelendiğinde P, Z, L* ve P_m testinden elde edilen istatistikî değerlere göre alternatif hipotez kabul edilmiştir. Petrol değişkeninin birinci mertebede durağan olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Tablo 14.'te birinci farkı alınan doğal gaz değişkenine uygulanan Fisher PP ve ADF testinden elde edilen bulgular gösterilmektedir:

Tablo 14. Birinci Farkı Alınan Doğal Gaz Değişkeni için Fisher PP ve ADF Testi Sonuçları

Değişken	PP			ADF			
				Statistic	p-value	Statistic	p-value
d _{gas}	Inverse chi-squared(14)	P		189.6278	0.0000	83.8361	0.0000
	Inverse normal	Z		-12.5178	0.0000	-7.4711	0.0000
	Inverse logit	L*		-21.6715	0.0000	-9.5748	0.0000
	t(39)						
	Modified inv.	P _m		36.2581	0.0000	14.6635	0.0000
	Chi-squared						

Tablo 14.'te birinci farkı alınan doğal gaz değişkenine uygulanan Fisher PP ve ADF testinden elde edilen bulgular incelendiğinde P, Z, L* ve P_m testinden elde edilen istatistikî değerlere göre temel hipotez reddedilmiştir. Buna göre doğal gaz değişkeninin birinci mertebede durağanlığı sağlanmıştır.

Tablo 15.'te birinci farkı alınan kömür değişkenine uygulanan Fisher PP ve ADF testinden elde edilen bulgular yer almaktadır:

Tablo 15. Birinci Farkı Alınan Kömür Değişkeni için Fisher PP Ve ADF Testi Bulguları

Değişken	PP			ADF			
				Statistic	p-value	Statistic	p-value
d _{coal}	Inverse chi-squared(14)	P		146.4869	0.0000	62.7720	0.0000
	Inverse normal	Z		-10.7414	0.0000	-6.1636	0.0000
	Inverse logit	L*		-16.7411	0.0000	-7.1562	0.0000
	t(39)						
	Modified inv.	P _m		27.4520	0.0000	10.3638	0.0000
	Chi-squared						

Tablo 15.'te birinci farkı alınan kömür değişkenine uygulanan Fisher PP ve ADF testinden elde edilen bulgular incelendiğinde P, Z, L* ve P_m testinden elde edilen istatistikî değerlere göre temel hipotez reddedilmiştir ve kömür değişkeninin birinci mertebede durağanlığı sağlanmıştır.

3.4. Model için Uygulanan Yatay Kesit Bağımlılık Testi

"Yatay kesit bağımlılık" ve "panel birim kök" testlerinin tamamlanmasının ardından, birinci farkta durağan olan serilerin uzun dönemde ilişkili olabilecekleri varsayımı altında eş bütünleşme testlerinin uygulanması gerekmektedir. Uygulanması gereken eş bütünleşme testine karar verebilmek için ise model bazında yatay kesit bağımlılık ve homojenlik durumu tespit edilmelidir. Tablo 16.'da "Breusch ve Pagan LM" testinden elde edilen yatay kesit bağımlılık bulguları sunulmaktadır:

Tablo 16. Breusch ve Pagan LM Testi Bulguları

	Statistic
LM	77.78***
LM _{adj} *	37.93***
LM CD*	6.698***

Not: * :%10'daki anlamlılığı; ** : %5'teki anlamlılığı; *** : %1'deki anlamlılığı ifade etmektedir.

3.5. Homojenlik Testleri

Bu çalışmada parametrelere ait homojenlik durumunun tespit edilmesi amacıyla "Pesaran ve Yamagata Δ ve Δ_{adj} " testleri ile "Swamy S" testi uygulanmıştır. Bu testlerin temel hipotezi "parametreler homojendir" şeklinde kurulurken;

alternatif hipotezi “parametreler heterojendir” şeklinde kurulmaktadır. Kabul edilmesi gereken hipoteze testin olasılık değerine göre karar verilmektedir. Uygulanan testlerin sonuçları Tablo 17.’de raporlanmaktadır:

Tablo 17. Homojenlik Testi Sonuçları

	Statistic
Pesaran Yamagata Δ	16.513***
Pesaran Yamagata Δ_{adj}	17.623***
Swamy S	7368.19***

Not: * :%10’daki anlamlılığı; ** : %5’teki anlamlılığı; *** : %1’deki anlamlılığı ifade etmektedir.

Tablo 17.’de homojenlik durumunun incelenmesi amacıyla uygulanan testlerden elde edilen sonuçlar sunulmaktadır. Testlerden elde edilen olasılık değerlerine göre temel hipotez reddedilmiştir. Bu kapsamda parametrelerin heterojen olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

3.6. Eş Bütünleşme Testi

Serilerde durağanlığın elde edilememesi durumunda durağanlığı sağlamak amacıyla serilerin farkları alınmaktadır (Tarı, 2018: 415). Panel veri analizlerinde, değişkenlerin birinci farkta durağan oldukları belirlendiğinde, bu değişkenler arasındaki ilişkinin uzun veya kısa dönemli olup olmadığı belirlenmelidir (Yerdelen Tatoğlu, 2020: 190). Eş bütünleşme testlerinin temel hipotezi “eş bütünleşme yoktur” şeklinde kurulurken, alternatif hipotezi “eş bütünleşme vardır” şeklinde kurulmaktadır. Uygulanması gereken testlere “yatay kesit bağımlılık” ve “homojenlik” testlerinden elde edilen sonuçlar dikkate alınarak karar verilmektedir (Yerdelen Tatoğlu, 2020: 210).

Çalışmada hem yatay kesit bağımlılık olması hem de parametrelerin heterojen olduğu tespit edildiğinden dolayı Westerlund eş bütünleşme testi kullanılmıştır. Elde edilen istatistiki değer Tablo 18.’de raporlanmaktadır:

Tablo 18. Eş Bütünleşme Testi Bulguları

Westerlund eşbütünleşme testi	Variance ratio	-1.7449**
-------------------------------	----------------	-----------

Not: * :%10’daki anlamlılığı; ** : %5’teki anlamlılığı; *** : %1’deki anlamlılığı ifade etmektedir.

Tablo 18.’de Westerlund testi sonuçları sunulmaktadır. Buna göre, değişkenler arasındaki ilişki uzun dönemlidir.

Seriler arası uzun dönemli ilişkinin olması halinde ise söz konusu ilişkinin de tahmin edilmesi gerekmektedir (Yerdelen Tatoğlu, 2020: 210). Kullanılacak tahminciye ise yatay kesit bağımlılık durumuna göre ve parametrelerin homojen/heterojen yapıya sahip olma durumuna göre karar verilmektedir.

Çalışmada kurulan model, yatay kesit bağımlılığa sahip ve heterojen bir yapı gösterdiğinden dolayı analizde ikinci kuşak heterojen bir tahmincinin kullanılması gerekmektedir. Analiz, DOLSMG Tahmincisi ile tamamlanmıştır. DOLSMG Tahmincisi Pedroni (2001) tarafından geliştirilmiş bir tahminci olup elde edilen değerler Pesaran ve Smith MG yöntemi ile birleştirilmektedir ve bütün paneli kapsayacak şekilde katsayı tahmini yapılmaktadır (Pedroni, 2001: 728). Elde edilen bulgulara yönelik değerler Tablo 19.’da raporlanmaktadır:

Tablo 19. DOLSMG Tahmincisi Bulguları

	Beta	t-stat
oil	.2122	7
gas	.2102	1.898
coal	.06858	3.845

Uzun dönemli ilişkinin tahmini için DOLSMG tahmincisinin kullanıldığı bu çalışmada elde edilen bulgular şöyledir:

- Petrol tüketiminde gerçekleşen her birimlik artışın, ekolojik ayak izini yaklaşık %21 oranında artırdığı tespit edilmiştir.
- Doğal gaz tüketiminde gerçekleşen her bir birimlik artışın, ekolojik ayak izini yaklaşık %21 oranında artırdığı tespit edilmiştir.
- Kömür tüketiminde gerçekleşen her bir birimlik artışın, ekolojik ayak izini yaklaşık %7 oranında artırdığı tespit edilmiştir.

Özetlemek gerekirse, değişkenlerin Beta değerlerine göre petrol ve doğal gaz tüketiminin ekolojik ayak izine olan etkisinin benzer şekilde ilerlediği ve kömürün etkisinin daha zayıf olduğu görülmektedir.

Diğer taraftan DOLSMG tahmincisinden elde edilen uzun dönemli katsayılar, petrol ve kömür tüketiminin ekolojik ayak izine olan etkisinin pozitif olduğu ve istatistiksel olarak daha güçlü olduğunu göstermiştir. Doğal gaz tüketiminin ekolojik ayak izine olan istatistiksel etkisinin kömür ve petrol ile kıyaslandığında istatistiksel etkisinin daha az olduğunu göstermektedir.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Günümüzde enerji tüketiminden kaynaklanan çevresel sorunları azaltabilmek pek çok ülkenin ortak hedefidir. Çevresel sorunlara fosil yakıt kullanımının sebep olduğu kabul edilse de bu kaynakların kullanımının çevreye verdiği tahribatın ölçüsü farklılık göstermektedir.

Bu çalışmada 2022 ve 2023 yıllarında en yüksek fosil yakıt tüketimini gerçekleştiren 6 AB üye ülkesi özelinde 1981-2022 yılları kapsayan yıllık veri seti ile fosil enerji kaynaklarının tüketiminin ekolojik ayak izine etkisi incelenmiştir. Metodolojik olarak, serilerde yatay kesit bağımlılık tespit edildikten sonra ikinci kuşak panel birim kök testleri uygulanmıştır. Ardından Westerlund eş bütünleşme testi ile petrol, kömür ve doğal gaz tüketimi ile bağımlı değişken olan ekolojik ayak izi arasındaki uzun dönemli ilişki dengesi incelenmiştir. Son aşamada ise uzun dönemli ilişki DOLSMG tahmincisi incelenerek analiz tamamlanmıştır.

Ampirik sonuçlar, fosil yakıt tüketiminin ekolojik ayak izini artırdığını ve çevresel sürdürülebilirlik üzerinde önemli bir etkiye sebep olduğunu göstermektedir. Elde edilen bulgular; literatürde bölge, dönem ve kullanılan yöntem ayrımı yapılmaksızın, diğer göstergeler ile beraber enerji tüketimi ve çevresel kalite arasındaki ilişkinin incelendiği ve tüketimdeki artışın ekolojik ayak izini artırdığını vurgulayan pek çok çalışmanın ulaştığı sonuçlarla da tutarlıdır (Adekoya, vd., 2022; Alola vd., 2019; Ansari vd., 2022; Arnaut ve Dada, 2023; Bucak vd., 2024; Charfeddine, 2017; Destek ve Sinha, 2020; Fusco vd., 2023; Georgescu ve Kinnunen, 2024; Hasan vd., 2024; Ibrahiem ve Hanafy, 2020; Liu vd., 2022; Nathaniel vd., 2025; Özbek, 2023; Shahbaz vd., 2023; Shahzad vd., 2021; Sharif vd., 2020; Shojaeenia, 2024; Sun vd., 2023; Tekin ve Shahbaz, 2025).

Nitekim, literatürdeki pek çok çalışmada fosil yakıt tüketimi kaynak özelinde değil tüketimin toplam değeri ile analizlere dahil edilmiştir. Bu çalışmanın literatüre asıl katkısı ise kaynak özelinde fosil yakıt tüketiminin çevresel baskıyı temsil eden ekolojik ayak izi üzerine olan etkisini araştırmaktır. Analize dahil edilen değişkenlere ek olarak; çalışmanın örnekleme, incelenen dönem aralığı, kullanılan yöntem açısından da literatüre katkı sağlamak hedeflenmiştir. Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişki, DOLSMG modeli ile incelendiğinden dolayı elde edilen sonuçlar, uzun vadeli politikaların belirlenmesi açısından öneme sahiptir. DOLSMG modeli ile her kaynağın tüketiminin çevresel baskı üzerindeki etkisi ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Analiz için oluşturulan dönem aralığı incelendiğinde seçili ülkelerde sırasıyla en fazla petrol kullanılırken; ikinci olarak en fazla doğal gaz kullanılmıştır ve en az kullanım oranına sahip kaynak ise kömürdür. Tüketim verileri incelendiğinde doğal gaz tüketiminde keskin bir değişimin yaşanmadığı görülmektedir. Bu sebeple incelenen dönem aralığında hem doğal gazın diğer fosil kaynaklara göre çevresel açıdan daha temiz bir kaynak olmasından dolayı hem de tüketimde keskin bir değişime sahip olmamasından dolayı istatistiksel açıdan daha düşük bir etkiye sahip olduğu düşünülmektedir.

Analiz bulguları fosil yakıt tüketiminin çevre üzerinde oluşturduğu baskıyı net bir şekilde vurgulamaktadır. Petrol, doğal gaz ve kömür tüketimindeki artışlar ekolojik ayak izinde artışa sebep olmaktadır. Bu sebeple ülkelerin enerji politikalarını oluştururken çevresel sorunları da dikkate alarak bütüncül karar vermeleri gerekmektedir. Fosil yakıt tüketimindeki artışın, küresel ölçekte olduğu gibi AB üye ülkelerinde de çevre sorunlarını artıracığı açıktır.

Elde edilen bulgulardan yola çıkılarak çalışmada sunulan politika önerileri ise şöyledir: Doğal gaz tüketimi yüksek katsayıya sahip olmasından dolayı bu kaynağın tüketiminin artırılması tek çözüm değildir. Petrol tüketimi ise hem yüksek hem de anlamlı etkiye sahip olduğundan dolayı ülkelerde kaçınılmaz bir biçimde petrol tüketiminin azaltılması gerekmektedir. Son olarak politika yapımcıların kömür kullanımını azaltarak mutlak suretle bitirilmesine teşvik etmesi gerekmektedir. Bu çerçevede en önemli çözüm ise toplam enerji tüketiminde yenilenebilir enerji tüketiminin payının artırılmasıdır. Fosil yakıt tüketiminin sebep olacağı çevresel baskıya yönelik elde edilen kanıtlar, yenilenebilir enerji teknoloji yatırımlarına olan desteğin ve teşvik uygulamalarının artırılması gerektiğini doğrulamaktadır (Bucak vd., 2024: 55217). Bunun için hükümetlerin yenilenebilir enerji kullanımını teşvik edici politikaları benimseyip toplumu yönlendirmesi ve bu konuda da yaptırımlar oluşturması önemlidir.

KAYNAKÇA

- Addai, K., Serener, B., & Kirikkaleli, D. (2022). Empirical analysis of the relationship among urbanization, economic growth and ecological footprint: evidence from Eastern Europe. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 27749-27760.
- Adedoyin, F. F., Alola, A. A., & Bekun, F. V. (2020). An assessment of environmental sustainability corridor: The role of economic expansion and research and development in EU countries. *Science of the Total Environment*, 713, 1-10.
- Ahmed, Z., Zafar, M. W., Ali, S., & Danish. (2020). Linking urbanization, human capital, and the ecological footprint in G7 countries: An empirical analysis. *Sustainable Cities and Society*, 55, 1-11.
- Al-mulali, U., Weng-Wai, C., Sheau-Ting, L., & Mohammed, A. H. (2015). Investigating the environmental Kuznets curve (EKC) hypothesis by utilizing the ecological footprint as an indicator of environmental degradation. *Ecological Indicators*, 48, 315-323.
- Alola, A. A., Bekun, F. V., & Sarkodie, S. A. (2019). Dynamic impact of trade policy, economic growth, fertility rate, renewable and non-renewable energy consumption on ecological footprint in Europe. *Science of the Total Environment*, 685, 702-709.
- Ansari, M. A., Haider, S., Kumar, P., Kumar, S., & Akram, V. (2022). Main determinants for ecological footprint: an econometric perspective from G20 countries. *Energy, Ecology and Environment*, 7(3), 250-267.
- Arnaut, M., & Dada, J. T. (2023). Exploring the nexus between economic complexity, energy consumption and ecological footprint: new insights from the United Arab Emirates. *International Journal of Energy Sector Management*, 17(6), 1137-1160
- Barbir, F., Veziroğlu, T. N., & Plas, H. J. (1990). Environmental Damage Due to Fossil Fuels Use. *Hydrogen Energy*, 15(10), 729-749.
- Baz, K., Xu, D., Ali, H., Ali, I., Khan, I., Khan, M. M., & Cheng, J. (2020). Asymmetric impact of energy consumption and economic growth on ecological footprint: Using asymmetric and nonlinear approach. *Science of the Total Environment*, 718, 1-10.
- Belcaid, K., & El-Karimi, M. (2025). Climate Finance, Renewable Energy and Ecological Footprint Asymmetric Nexus in Developing Mediterranean Countries: PMG NARDL Panel Analysis. *Environmental Modeling & Assessment*, <https://doi.org/10.1007/s10666-025-10086-2>.
- Bucak, Ç., Önder Ö. A., & Çatık, A. N. (2024). Spatial effects of renewable and fossil energy consumption on the ecological footprint for the EU Countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 31:55204–55221.
- Charfeddine, L. (2017). The impact of energy consumption and economic development on Ecological Footprint and CO2 emissions: Evidence from a Markov Switching Equilibrium Correction Model. *Energy Economics*, 65, 355-374.
- Destek, M. A., & Sinha, A. (2020). Renewable, non-renewable energy consumption, economic growth, trade openness and ecological footprint: Evidence from organisation for economic Co-operation and development countries. *Journal of Cleaner Production*, 242, 1-11.
- Destek, M. A., Ulucak, R., & Dogan, E. (2018). Analyzing the environmental Kuznets curve for the EU countries: the role of ecological footprint. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 29387–29396.
- Fusco, G., Campobasso, F., Laureti, L., Frittelli, M., Valente, D., & Petrosillo, I., (2023). The environmental impact of agriculture: An instrument to support public policy. *Ecological Indicators*, 147(2023) 109961.
- Georgescu, I., & Kinnunen, J. (2024). Effects of FDI, GDP and energy use on ecological footprint in Finland: An ARDL approach. *World Development Sustainability*, 4(2024) 100157.
- Ibrahiem, D.M., & Hanafy, S.A. (2020). Dynamic linkages amongst ecological footprints, fossil fuel energy consumption and globalization: an empirical analysis. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 31(6), 1549-1568.
- Liu, C., Niu, H., Hayyat, M., & Hao, V. (2025). Understanding the relationship between ecological footprints and renewable energy in BRICS nations: An economic perspective. *International Journal of Hydrogen Energy*, 118, 46-57.
- Liu, Y., Sadiq, F., Ali, W., & Kumail, T. (2022). Does tourism development, energy consumption, trade openness and economic growth matters for ecological footprint: Testing the Environmental Kuznets Curve and pollution haven hypothesis for Pakistan. *Energy*, 245(2022) 123208.
- Martins, F., Felgueiras, C., Smitkova, M., & Caetano, N. (2019). Analysis of Fossil Fuel Energy Consumption and Environmental Impacts in European Countries. *Energies*, 12, 1-11.

- Nathaniel, S. P., Dauda, R. O., Ajide, B. K. (2025). Linking energy consumption to ecological footprint in sub-Saharan Africa with education as a moderator. *Energy Geoscience*, 6(2025) 199398
- Nathaniel, S. P., Murshed, M., & Bassim, M. (2021). The nexus between economic growth, energy use, international trade and ecological footprints: the role of environmental regulations in N11 countries. *Energy, Ecology and Environment*, 6(6), 496-521.
- Özbek, S. (2023). Ekonomik büyüme, küreselleşme ve ekolojik ayak izi ilişkisi: ASEAN-5 ülkeleri üzerine ekonometrik biz analiz. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 14(37), 123-138.
- Pedroni, P. (2001). Purchasing Power Parity Tests in Cointegrated Panels. *The Review of Economics and Statistics*, 83 (4), 727-731.
- Raghuatla, C., Padmagirisan, P., Sakthivel, P., Chittedi, K. R., & Mishra, S. (2022). The effect of renewable energy consumption on ecological footprint in N-11 countries: Evidence from Panel Quantile Regression Approach. *Renewable Energy*, 197, 125-137.
- Rashid, A., Irum, A., Malik, I. A., Ashraf, A., Rongqiong, L., Liu, G., . . . Yousaf, B. (2018). Ecological footprint of Rawalpindi; Pakistan's first footprint analysis from urbanization perspective. *Journal of Cleaner Production*, 170, 362-368.
- Ritchie, H., Rosado, P., & Roser, M. (2023). *Energy*. Our World in Data: <https://ourworldindata.org/energy>. Erişim Tarihi: 18.04.2025
- Shahbaz, M., Dogan, M., Akkus, H. T., & Gursoy, S. (2023). The effect of financial development and economic growth on ecological footprint: evidence from top 10 emitter countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 73518-73533.
- Shahzad, U., Fareed, Z., Shahzad, F., & Shahzad, K. (2021). Investigating the nexus between economic complexity, energy consumption and ecological footprint for the United States: New insights from quantile methods. *Journal of Cleaner Production*, 279, 1-14.
- Sharif, A., Baris-Tuzemen O., Uzuner, G., Ozturk, I., & Sinha, A., (2020). Revisiting the role of renewable and non-renewable energy consumption on Turkey's ecological footprint: Evidence from Quantile ARDL approach. *Sustainable Cities and Society*, 57(2020) 102138.
- Sharma, R., Sinha, A., & Kautish, P. (2021). Does renewable energy consumption reduce ecological footprint? Evidence from eight developing countries of Asia. *Journal of Cleaner Production*, 285, 1-13.
- Shojaeena, M.A., (2024). How globalization and type of energy consumption affects ecological footprint? An inter continental panel quantile analysis. *Environment, Development and Sustainability*, <https://doi.org/10.1007/s10668-024-04794-0>.
- Statistical Review of World Energy. (2024). *Statistical Review of World Energy*. Energy Institute: <https://www.energyinst.org/statistical-review>. Erişim Tarihi: 14.05.2025
- Sun, Q., Ma, R., Xi, Z., Wang, H., Jiang, C., & Chen, H., (2023). Nonlinear impacts of energy consumption and globalization on ecological footprint: Empirical research from BRICS countries. *Journal of Cleaner Production*, 396(2023), 136488.
- Tarı, R. (2018). *Ekonometri* (13. b.). Kocaeli: Umuttepe Yayınları.
- Tekin, B. ve Shahbaz, M. (2025). Assessing the impacts of financial development and agriculture, fisheries, and forestry value added on the ecological footprint of BRICS T nations. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 27:7277–7296.
- Tsompo, T., Sardianou, E., Horobet, A., Zambrano-Monserrate, M.A., & Kostakis, I., (2025). Balancing growth and sustainability: The impact of economic status, energy, trade and finance on the ecological footprint in selected ASEAN economies. *Sustainability Analytics and Modeling*, 5(2025) 100041.
- Uddin, G. A., Salahuddin, M., Alam, K., & Gow, J. (2017). Ecological footprint and real income: Panel data evidence from the 27 highest emitting countries. *Ecological Indicators*, 77, 166-175.
- Vackár, D. (2012). Ecological Footprint, environmental performance and biodiversity: A cross-national comparison. *Ecological Indicators*, 16, 40-46.
- Wackernagel, M., & Rees, W. E. (1996). *Reducing Human Impact on the Earth*. Gabriola Island: New Society Publishers.
- Wackernagel, M., Hanscom, L., Jayasinghe, P., Lin, D., Murthy, A., Neill, E., & Raven, P. (2021). The importance of resource security for poverty eradication. *Nature sustainability*, 4, 731-739.
- Wackernagel, M., Monfreda, C., Schulz, N. B., Erb, K.-H., Haberl, H., & Krausmann, F. (2004). Calculating national and global ecological footprint time series: resolving conceptual challenges. *Land Use Policy*, 21, 271-278.

- Wood, N., & Roelich, K. (2019). Tensions, capabilities, and justice in climate change mitigation of fossil fuels. *Energy Research & Social Science*, 52, 114-122.
- Yerdelen Tatoğlu, F. (2020). *Panel Zaman Serileri Analizi* (3. Baskı b.). İstanbul: Beta Yayıncılık.
- Yerdelen Tatoğlu, F. (2021). *Panel Veri Ekonometrisi-Stata Uygulamalı* (6. Baskı b.). İstanbul: Beta Yayıncılık.
- York, R., Rosa, E. A., & Dietz, T. (2009). A tale of contrasting trends: Three measures of the ecological footprint in China, India, Japan and the United States, 1961-2003. *Journal of World-Systems Research*, 15(2), 134-146.

EXTENDED ABSTRACT**GENİŞLETİLMİŞ ÖZET****THE IMPACT OF FOSSIL FUEL CONSUMPTION ON ECOLOGICAL FOOTPRINT: AN APPLICATION FOR SELECTED EU MEMBER STATES FOR THE PERIOD 1981-2022**

Introduction and Research Purpose: The purpose of this study is to examine the connection between ecological footprint and fossil fuel consumption. The effects of each source in the category of fossil energy sources on the ecological footprint have been investigated independently in accordance with the stated goal. The ecological footprint is the study's dependent variable, and the statistics on coal, natural gas, and petroleum usage are its independent variables. A survey of the literature identifies research that uses various measures to look at how energy use affects the ecological footprint. The influence of oil, coal, and natural gas consumption separately on the ecological footprint of the six EU member states (Germany, Spain, France, Italy, the Netherlands and Poland) with the largest ecological footprints in 2022 and 2023, however, has not been examined in any research to far. Panel data from the generated data set was used to investigate the relationship between the variables.

Literature Review: There are numerous research in the literature looking at the elements that affect the ecological footprint in the contemporary day, when environmental concerns are growing globally. One of the key elements influencing the ecological footprint is energy use. As a result, the ecological footprint's components have been assessed in various nations, at various times, and with various methodologies. Although the usage of fossil fuels increases the ecological footprint, the degree of this influence varies, according to these research. This discrepancy results from variations in the approaches taken, the nations that were analyzed, or the time periods that were looked at. The consumption of fossil fuels is a factor that lowers environmental quality and increases the ecological footprint, according to the findings of these studies.

Methodology and Findings: The impact of using fossil fuels on the ecological footprint was examined in this study using the panel data approach. The first step was identifying the best model for the data set using a cross-sectional dependence test at the unit level. Panel unit root tests were then used to ascertain the series' stationarity. In the third step, the cross-sectional dependence of the model's homogeneity structure was examined. The model with cross-sectional dependence and a heterogeneous structure was subjected to a second-generation cointegration test as a consequence of the tests conducted. It has been concluded that the relationship between the variables is long-term. It was found that each unit increase in oil consumption increases the ecological footprint by approximately 21%. It was found that each unit increase in natural gas consumption increases the ecological footprint by approximately 21%. It was found that each unit increase in coal consumption increases the ecological footprint by approximately 7%. According to the long-term coefficients, there is a positive and statistically significant impact of coal and petroleum use on the ecological footprint. Compared to other fossil fuels like coal and petroleum, natural gas consumption has a smaller statistical impact on the environment.

Conclusions and Recommendation: Energy consumption has negative effects on environmental quality as long as it is traditionally met from fossil fuels. Although fossil fuel use is recognized as a cause of environmental problems, the extent of damage these resources cause to the environment varies. When examining the period analyzed in this study, the six EU member states (Germany, Spain, France, Italy, the Netherlands and Poland) consumed the most oil, natural gas, and coal, respectively. An examination of consumption data reveals that there has been no significant change in natural gas consumption. For this reason, it is thought that natural gas has a statistically lower impact during the period examined, both because it is a cleaner source than other fossil fuels from an environmental perspective and because there has been no significant change in its consumption. The results obtained clearly show the pressure that fossil fuel consumption exerts on the environment. For this reason, countries need to take environmental issues into account when formulating their energy policies and make holistic decisions. It is clear that the increase in fossil fuel consumption will exacerbate environmental problems in EU member states, as it does on a global scale. Therefore, it is important to adopt resource use that supports the improvement of environmental quality in order to achieve sustainable environmental quality. On the other hand, in terms of fossil fuel consumption, it is necessary to focus on reducing and eventually ending coal use and increasing natural gas consumption. Based on the findings, the policy recommendations presented in the study are as follows: Increasing the consumption of natural gas is not the only solution, given its high coefficient. Oil consumption, on the other hand, has both a high and significant impact, making it inevitable for countries to reduce their oil consumption. Finally, policymakers must encourage the reduction and eventual elimination of coal use.

KATKI ORANI BEYANI VE ÇIKAR ÇATIŞMASI BİLDİRİMİ

Sorumlu Yazar <i>Responsible/Corresponding Author</i>	Leyla BAŞTAN TÖKE			
Makalenin Başlığı <i>Title of Manuscript</i>	FOSİL YAKIT TÜKETİMİNİN EKOLOJİK AYAK İZİNE ETKİSİ: SEÇİLİ AB ÜYE ÜLKELERİNE YÖNELİK 1981-2022 DÖNEMİNİ KAPSAYAN BİR UYGULAMA			
Tarih <i>Date</i>	26.10.2025			
Makalenin türü (Araştırma makalesi, Derleme vb.) <i>Manuscript Type</i> (Research Article, Review etc.)	Araştırma Makalesi			
Yazarların Listesi / List of Authors				
Sıra No	Adı-Soyadı <i>Name - Surname</i>	Katkı Oranı <i>Author Contributions</i>	Çıkar Çatışması <i>Conflicts of Interest</i>	Destek ve Teşekkür (Varsa) <i>Support and Acknowledgment</i>
1	Leyla BAŞTAN TÖKE	%100	Yoktur	Yoktur
2				
3				
4				
5				