

Finansallaşma, Ekonomik Karmaşıklık, Petrol İthalatı ve Ekonomik Politik Belirsizliklerin OECD Ülkeleri Nükleer Enerji Tüketimi Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi

Serkan ŞAHİN (<https://orcid.org/0000-0002-1927-1092>), Tarsus University, Türkiye; serkansahin@tarsus.edu.tr

Yusuf KORKMAZ (<https://orcid.org/0000-0002-6510-9715>), Tarsus University, Türkiye;
yusufkorkmaz@tarsus.edu.tr

Çağrı KORKMAZGÖZ (<https://orcid.org/0000-0003-1017-199X>), Tarsus University, Türkiye;
cagrikorkmazgoz@tarsus.edu.tr

Assessing the Impact of Financialization, Economic Complexity, Oil Imports, and Economic Policy Uncertainties on Nuclear Energy Consumption in OECD Countries

Abstract

In this study, the short and long-run impact of financialization, oil import prices, economic complexity and economic policy uncertainties on nuclear energy consumption in 11 OECD member countries (USA, Germany, Belgium, France, Netherlands, UK, Spain, Sweden, Japan, Canada, and South Korea) has been analyzed for the period 2003-2022 using the Durbin-Hausman test and PMG-ARDL methods, which can be used when the variables are integrated at different levels. As a result of the co-integration analysis, it was found that the variables move together in the long run. The findings indicated that increases in oil import prices, financialization and economic complexity enhance nuclear energy consumption, while increases in economic policy uncertainty decrease nuclear energy consumption. Accordingly, increasing oil prices may lead policymakers to alternative sources such as nuclear energy, independent of external factors. Financialization can improve resource allocation for nuclear energy investments by increasing the efficiency of financial markets and institutions, and deepening financial markets can increase liquidity and diversify financial assets for financing nuclear energy. Moreover, economic complexity can enhance the ability to produce sophisticated products, enabling the diversity of high-tech products required for nuclear energy investments in OECD countries. Economic and political uncertainty, on the other hand, can undermine macroeconomic stability, which is essential for nuclear energy investments. Therefore, it is recommended that policymakers in OECD countries consider oil import prices, financialization, and economic complexity when developing policies for nuclear energy. Moreover, the findings support the view that ensuring the sustainability of policies to reduce economic policy uncertainties in OECD countries can increase the effectiveness of nuclear energy policies.

Keywords : Nuclear Energy, Financialization, Economic Complexity, Economic Policy Uncertainty, Crude Oil Import.

JEL Classification Codes : O11, O44, E60.

Öz

Bu çalışmada verilerine erişilebilen 11 OECD üyesi ülkede (ABD, Almanya, Belçika, Fransa, Hollanda, İngiltere, İspanya, İsveç, Japonya, Kanada ve Güney Kore) finansallaşma, petrol ithalat fiyatları, ekonomik karmaşıklık ve ekonomik politik belirsizliklerinin nükleer enerji tüketimi üzerindeki kısa ve uzun dönem etkileri değişkenlerin farklı düzeylerde entegre olmaları durumunda

kullanılabilen Durbin-Hausman testi ve PMG-ARDL yöntemleriyle 2003-2022 dönemi için incelenmiştir. Yürütülen eş bütünleşme analizleri neticesinde değişkenlerin uzun dönemde birlikte hareket ettiklerine yönelik bulgulara ulaşılmıştır. Elde edilen bulgular, petrol ithalat fiyatları, finansallaşma ve ekonomik karmaşıklıkta artışların nükleer enerji tüketimini artırırken, ekonomik politik belirsizlikteki artışların nükleer enerji tüketimini azalttığını göstermektedir. Buna göre, petrol fiyatlarındaki artış, politika geliştiricileri nükleer enerji gibi dış faktörlerden bağımsız alternatif kaynaklara yönlendirebilmektedir. Finansallaşma, finansal piyasaların ve finansal kurumların etkinliğini artırarak nükleer enerji yatırımlarına yönelik kaynak tahsisini iyileştirebilmekte ve derinleşen finansal piyasalar ile likidite artışının yanı sıra nükleer enerjinin finansmanında finansal varlıkların çeşitlendirilmesini sağlayabilmektedir. Ayrıca, ekonomik karmaşıklık, sofistike ürün üretme becerisini geliştirerek OECD ülkelerinde nükleer enerji yatırımlarının gerektirdiği yüksek teknoloji ürün çeşitliliğini sağlayabilmektedir. Ekonomik politik belirsizlikler ise nükleer enerji yatırımları için önemli olan makroekonomik istikrara zarar verebilmektedir. Bu nedenle, OECD ülkelerinde politika geliştiricilerin nükleer enerjiye yönelik politikalar geliştirirken petrol ithalat fiyatlarını, finansallaşmayı ve ekonomik karmaşıklık düzeyini dikkate almaları önerilmektedir. Ayrıca ulaşılan bulgular, OECD ülkelerinde ekonomik politik belirsizliklerinin azaltılmasına yönelik politikaların sürdürülebilirliğinin sağlanmasının nükleer enerji politikalarının etkinliğini artırabileceği görüşünü desteklemektedir.

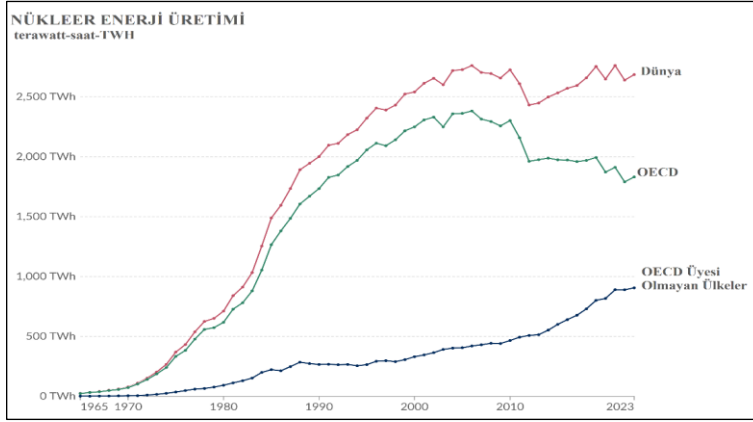
Anahtar Sözcükler : Nükleer Enerji, Finansallaşma, Ekonomik Karmaşıklık, Ekonomik Politika Belirsizlikleri, Petrol İthalatı.

1. Giriş

Ekonomik faaliyetler nedeniyle artan enerji talebi, iklim değişiklikleri ve konvansiyonel enerji kaynaklarına erişimdeki kısıtlar birçok ülkeyi alternatif enerji kaynaklarına yönlendirmiştir. Hidroelektrik, rüzgâr, Güneş ve nükleer enerji, karbon salınımına sebep olmayan aynı zamanda enerji yoğunluğu yüksek alternatif kaynaklar arasında sayılmaktadır (Zou et al., 2016: 2). Nükleer enerjinin, yenilenebilir enerji gibi sürdürülebilir bir kaynak olduğu ifade edilmektedir (Menten & Çekiç, 2023: 397). Nükleer enerji kaynakları, uzun süreli kullanım ömrü ve düşük maliyetli olmasıyla fosil yakıtlara alternatif bir enerji kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sebeple birçok ülke son yıllarda önemli ölçüde nükleer enerji yatırımlarına yönelmiştir (OECD, 2021). Ancak, mevcut durumda enerji arzının büyük bir kısmı halen yenilenemeyen ve çevreyi tehdit eden enerji kaynaklarından sağlanmaktadır. Küresel ölçekte fosil yakıtlar, küresel enerji arzının %81'ini oluşturmaktadır. Küresel enerji arzında petrol %30,2, kömür %27,6, doğal gaz %23,1 biyoenerji %8,8, diğer enerji kaynakları %5,6, nükleer enerji ise yalnızca %4,7 paya sahiptir (IEA, 2024). Görüldüğü üzere çevresel kirliliğe neden olmayan yenilenebilir enerji kaynaklarının ve temiz enerji kaynağı olarak kabul edilen nükleer enerjinin payı küresel ölçekte halen oldukça düşüktür. OECD ülkeleri ise nükleer enerji üretiminde diğer ülkelerden pozitif yönde ayrılmaktadır. *Our World in Data* (2023) verilerine göre, OECD ülkelerinde 2023 yılı itibarıyla toplam enerji üretiminin %37,91'i petrol, %27,51'i doğal gaz, %10,94'ü kömür, %7,15'i nükleer, %5,64'ü hidro, %4,68'i rüzgâr, %3,07'si Güneş, %1,24'ü biyoyakıt ve %1,86'sı diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmektedir. OECD ülkelerinde toplam enerji arzı 2020 yılı itibarıyla 210 Eksajul (EJ) olup, küresel enerji

arzının yaklaşık beşte ikisini temsil etmektedir (IEA, 2020). Dolayısıyla küresel ortalamalar ile karşılaştırıldığında OECD ülkelerinin küresel enerji arzına olan katkısının oldukça yüksek olduğu aynı zamanda nükleer enerji kaynaklarından daha fazla faydalanıldığı söylenebilmektedir.

Şekil: 1
Küresel Ölçekte, OECD Ölçeğinde ve OECD Üyesi Olmayan Ülkeler Bazında
Nükleer Enerji Üretimi



Kaynak: Our World in Data (2024)'den uyarlanmıştır.

Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu (IAEA) (2024) verilerine göre, 2024 yılı Ekim ayı itibarıyla küresel ölçekte 415 aktif nükleer enerji reaktörü bulunmakta olup söz konusu reaktörlerin kurulu kapasitesi 373.735 Megawatt Elektrik (MWe)'dir. Bu reaktörlerden 94'ü ABD'de, 56'sı Çin'de, 56'sı Fransa'da, 36'sı Rusya'da 26'sı Güney Kore'de, 20'si Hindistan'da, 19'u Kanada'da, 15'i Ukrayna'da, 12'si Japonya'da ve 9'u İngiltere'de faaliyet göstermektedir. Aktif 415 reaktörden 343'ünün bahsi geçen on ülkede faaliyet gösterdiği dikkat çekmektedir. Geri kalan reaktörler ise 21 farklı ülkeye yayılım göstermiştir. Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu (IAEA) (2024) verilerine göre şu anda yapımı devam eden küresel ölçekte 62 reaktör bulunmaktadır. Şekil 1 incelendiğinde küresel ölçekte kurulu nükleer enerji reaktörlerinde üretilen enerjinin büyük bir bölümünün OECD üyesi ülkeler tarafından gerçekleştirildiği görülmektedir.

Bu nedenle OECD ülkelerinde nükleer enerji yatırımlarının belirleyicilerinin ortaya koyulması temiz bir enerji kaynağı olan nükleer enerji yatırımlarının artırılması açısından önemlidir. Geçmiş çalışmalar incelendiğinde, iktisadi (Apergis et al., 2010; Yoo & Jung, 2005; Yoo & Ku, 2009; Wolde-Rufael & Menyah, 2010), politik (Koopmans & Duyvendak, 1995; Sovacool & Valentine, 2010) ve teknolojik (Markard et al., 2020) faktörlerin nükleer enerji yatırımları üzerinde etkili olabildiği görülmektedir. Nükleer enerji kaynaklarının ikamesi, aynı zamanda konvansiyonel bir enerji kaynağı olan petrol fiyatlarındaki değişimler de nükleer enerjiye olan talebi dolayısıyla yatırımları etkileyebilmektedir (Toth & Rogner,

2006: 1-6; Lee & Chiu, 2011a: 2111). Ayrıca, ekonomik politik belirsizlikler, temiz enerji projelerine olan yatırımların azalmasına sebep olabilmektedir. Bu durum "yatırım etkisi ya da ikame etkisi" olarak tanımlanmaktadır. Bunun yanı sıra "tüketim etkisi"nin varlığından söz edilmektedir. Tüketim etkisine göre, artan ekonomik politik belirsizlikler enerji yoğun ürünlere olan talebi azaltarak toplam enerji tüketimini düşürmektedir (Wang et al., 2020: 2). Ayrıca, ekonomi ile ilgili belirsizliklerin yenilenebilir enerji yatırımlarını azalttığını ortaya koyan araştırmalar (Shafiullah et al., 2021; Khan & Su, 2022) da bulunmaktadır. Benzer şekilde, ekonomik politik belirsizliklerin temiz bir enerji kaynağı olarak kabul edilen nükleer enerji üretimini azaltabilmesi mümkündür. Nükleer enerji yatırımları, diğer tüm yatırımlarda olduğu gibi ekonomik ve politik istikrarı gerektirmektedir. Makroekonomik politikalara ilişkin belirsizlikler ve ekonomik dengelerdeki bozulmalar, nükleer enerji yatırımlarının gerektirdiği finansman ihtiyacının karşılanmasını zorlaştırabilmekte ve kamu açığına sebep olarak yatırımların sürdürülmesi yönündeki politik iradeyi tehdit edebilmektedir.

Sofistike ürün üretimi ve ihracatı ise enerji talebini dolayısıyla tüketimini artırabilmektedir. Nükleer enerji kaynakları enerji verimliliğini artırarak ekonomik karmaşıklığın getirdiği artan enerji ihtiyacının sürdürülebilir bir şekilde karşılanmasını sağlayabilmektedir (Hassan et al., 2023: 238). Ekonomik karmaşıklık, bir ülkede üretim çeşitliliğinin ve yenilik geliştirme kapasitesinin temsilcisi olarak kabul edilmektedir. Yüksek ekonomik karmaşıklığa sahip ülkelerde sofistike ürün üretme kabiliyeti de yüksek olmaktadır. Buna göre ekonomik karmaşıklık düzeyi arttıkça o ülke daha karmaşık ve sofistike ürünler ihraç edebilmektedir (Hidalgo & Hausmann, 2009: 10570-10573; Hidalgo, 2023: 3-9). Ekonomik karmaşıklık, nükleer enerji projelerinin gerektirdiği sofistike ürün üretimini artırarak nükleer enerji yatırımlarını destekleyebilmektedir. Ayrıca ekonomik karmaşıklığın artmasıyla ortaya çıkan katma değerli ürün ihracatı, nükleer enerji yatırımlarının finansmanı için gerekli fonların sağlanmasına katkıda bulunabilmektedir. Bu nedenle ekonomik karmaşıklığın nükleer enerji yatırımları üzerindeki etkisinin incelenmesi önemlidir. Literatürde ekonomik büyüme ve nükleer enerji kullanımı arasındaki ilişkiyi inceleyen çok sayıda araştırma (Lin et al., 2015; Magazzino et al., 2020; Duran et al., 2022; Apergis et al., 2010; Yoo & Jung, 2005) bulunmasına rağmen, ekonomik kalkınmayı çok boyutlu olarak değerlendiren ekonomik karmaşıklık ile nükleer enerji tüketimi arasındaki etkileşimi araştıran herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Ekonomik karmaşıklık ile ilgili çalışmaların büyük ölçüde çevre kirliliğine (Balsalobre-Lorente et al., 2024; Can & Gözgör, 2017; Neagu, 2020; Shahzad et al., 2021; Hassan et al., 2023) odaklandığı, ancak nükleer enerji tüketimi üzerindeki etkilerin genellikle göz ardı edildiği görülmektedir.

Nükleer enerji yatırımları üzerinde etkili olabilecek bir diğer faktör finansallaşmadır. Finansallaşma, tasarrufları teşvik ederek nükleer enerji santrallerinin finansmanı için gerekli fonların sağlanmasına katkıda bulunabilmekte, finansman kaynaklarını çeşitlendirebilmekte ve fonlama maliyetini düşürerek nükleer enerji yatırımlarını destekleyebilmektedir. Finansallaşmanın toplam enerji talebini artırdığına yönelik çalışmalar (Sadorsky, 2010; Sadorsky, 2011; Al-Mulali & Lee, 2013) bulunduğu gibi toplam enerji talebini azalttığını ortaya koyan araştırmalar (Gómez & Rodríguez, 2019) da mevcuttur. Dolayısıyla finansallaşmanın toplam enerji tüketimi üzerindeki etkisinin belirsiz olduğu

söylenilmektedir. Finansallaşmanın yenilenebilir enerji kaynakları (Shahbaz et al., 2021; Zhang et al., 2021) ve çevresel bozulma üzerindeki etkisini inceleyen çok sayıda araştırma (Baloch et al., 2019; Shahbaz et al., 2023; Sharma et al., 2021; Pata & Yılancı, 2020; Ashraf et al., 2022; Hafeez et al., 2019) bulunmasına rağmen nükleer enerji yatırımları üzerindeki etkisini inceleyen herhangi bir araştırmaya rastlanılmamıştır. Özetle finansallaşmanın, ekonomik karmaşıklığın, petrol ithalatının ve ekonomik politik belirsizliklerin nükleer enerji tüketimi üzerindeki etkilerinin belirgin olmadığı ve araştırmaya değer olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmanın amacı finansallaşma, ekonomik karmaşıklık, petrol ithalatı ve ekonomik politik belirsizliklerin nükleer enerji tüketimi üzerindeki etkilerinin OECD ülkeleri için incelenmesidir. Çalışmada OECD ülkelerinin tercih edilmesinin temel sebebi *Our World in Data* (2024) verilerine göre, küresel ölçekte nükleer enerji üretiminin büyük bir kısmının bu ülkeler tarafından gerçekleştiriliyor olmasıdır. Dolayısıyla nükleer enerji tüketimi üzerinde etkili olan sosyal ve ekonomik faktörlerin belirlenmesine yönelik bir araştırmada en uygun ülke örneklemine OECD ülkeleri olabileceği değerlendirilmiştir.

Bu çalışma farklı açılardan literatüre ve politika geliştiricilere katkı sunmaktadır. Literatürde ekonomik politik belirsizliklerin ve petrol fiyatlarının toplam enerji tüketimi üzerindeki etkisini inceleyen araştırmaların var olduğu ancak ekonomik politik belirsizliklerin, ekonomik karmaşıklığın ve finansallaşmanın nükleer enerji tüketimi üzerindeki etkisini araştıran herhangi bir çalışmanın bulunmadığı görülmektedir. (i) Bu nedenle bu çalışma ekonomik politik belirsizliklerin nükleer enerji tüketimi üzerindeki etkisini dikkate alarak literatürdeki bu boşluğun doldurulmasına katkıda bulunmaktadır. Bu araştırma ekonomik politik belirsizliklerin, nükleer enerji üretimi ve tüketimi üzerindeki negatif etkisini ortaya koyarak düşük karbonlu enerji kaynaklarına yönelik politikaların ekonomik politik belirsizlikleri azaltmaya yönelik politikalarla birleştirilmesinin önemine dikkat çekmektedir. (ii) Geçmiş çalışmalarda göz ardı edilen ekonomik karmaşıklığın nükleer enerji tüketimi üzerindeki etkisinin incelenmesinin özellikle sofistike ürünler üretme potansiyeli yüksek olan OECD ülkelerindeki politika geliştiriciler açısından önemli olduğu düşünülmektedir. (iii) Finansallaşmanın, nükleer enerji kaynaklarının finansmanına yönelik alternatifleri çeşitlendirerek nükleer enerji yatırımlarını artırabileceği düşünülmektedir. Bu çalışma, geçmiş çalışmalardan farklı olarak nükleer enerji yatırımlarının finansmanı için gerekli fonların sağlanmasında finansallaşmanın rolüne dikkat çekerek finansal gelişmenin sağlanmasına yönelik politikaların gerekliliğine vurgu yapmaktadır.

Özetle bu araştırma, petrol ithalat fiyatlarının alternatif enerji kaynaklarına geçişi nasıl tetiklendiğini, ekonomik politik belirsizliklerin nükleer enerji tüketimi üzerindeki caydırıcı etkisini, finansallaşmanın sermaye yoğun projeleri nasıl desteklediğini ve ekonomik karmaşıklık düzeyinin yüksek olduğu ülkelerin nükleer enerjiye yatırım potansiyellerini ortaya koyarak politika geliştiricilere yönelik önemli çıkarımlarda bulunmaktadır. Çalışmanın bundan sonra gelen ikinci bölümünde geçmiş çalışmalar hakkında bilgi verilmiş, üçüncü bölümde veri ve yöntem açıklanmış, dördüncü bölümde analizler neticesinde ulaşılan bulgular aktarılmış ve son olarak beşinci bölümde araştırmanın sonuçları sunulurken politika önerileri geliştirilmiştir.

2. Literatür

Çalışmanın bu bölümünde ekonomik politik belirsizliklerin, petrol fiyatlarının, ekonomik karmaşıklığın ve finansallaşmanın nükleer enerji tüketimi üzerindeki etkilerini inceleyen geçmiş çalışmalara yer verilmiştir.

2.1. Petrol Fiyatları ve Nükleer Enerji İlişkisi

Nükleer enerjinin petrole dayalı enerji kaynaklarının bir ikamesi olduğu kabul edilmektedir (Lee & Chiu, 2011a: 2111). Yakın gelecekte, petrol dışındaki yeni enerji kaynaklarına doğru bir geçiş sürecinin başlayacağı düşünülmektedir (Zou et al., 2016: 2). Petrolün aksine nükleer enerjinin temiz ve uzun ömürlü bir kaynak olması, çevresel korumayı gözetken politika geliştiricilerin odak noktasını son yıllarda nükleer enerji kaynaklarına yönlendirmiştir. Bhattacharya ve Sachdev (2021: 94) önümüzdeki 50 yılda petrolün en temel enerji kaynağı olma özelliğini koruyacağını belirtse de ülkelerin enerji politikalarında petrole bağımlılıklarını azaltmak ve petrol fiyatlarındaki dalgalanmalardan korunmak adına çeşitli alternatiflere yöneldikleri görülmektedir. Özellikle de petrol rezervine sahip olmayan ülkeler, maliyeti ve oynaklığı düşük aynı zamanda diğer ülkelere bağımlılığı azaltan alternatif enerji kaynaklarına ilgi duyabilmektedirler. Lee ve Chiu (2011a: 2111) gelişmiş ülkelerde petrol fiyatlarındaki artışların nükleer enerji tüketimini uzun dönemde artırdığı yönünde bulgulara ulaşmışlardır. Buna göre, petrol fiyatlarındaki artış maliyetlerin artmasına sebep olarak alternatif enerji kaynaklarına yönelime neden olabilmektedir. Bir başka çalışmada, Lee ve Chiu (2011b) sanayileşme düzeyi yüksek altı ülke özelinde petrol fiyatları ve nükleer enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Araştırma neticesinde Lee ve Chiu (2011b: 236) petrol fiyatları ile nükleer enerji tüketimi arasında çift yönlü bir ilişkinin varlığına yönelik bulgulara ulaşmışlardır.

Önder ve Gündüz (2019: 32-33) OECD ülkeleri özelinde yürüttüğü analizler neticesinde fosil yakıt tüketimindeki ve ham petrol fiyatlarındaki artışların nükleer enerji tüketimini azalttığı yönünde bulgulara ulaşmışlardır. Öztürk (2017: 75-79) nükleer enerji tüketimi ile fosil yakıt tüketimi arasında pozitif yönlü, petrol rantı ile negatif yönlü bir korelasyon olduğunu ancak herhangi bir nedensellik ilişkisi bulunmadığını göstermiştir. Petrol rantı ve nükleer enerji tüketimi arasındaki korelasyonun negatif olmasının petrol üretimine dayalı ekonomik gelişme gösteren ülkelerde nükleer enerjiye yönelimin azaldığına işaret ettiği söylenebilmektedir. Ayrıca, nükleer enerji tüketimi ile fosil yakıt tüketimi arasındaki pozitif ilişkinin fosil yakıt tüketimine bağımlı olan ülkelerin alternatif enerji kaynaklarına yönelediklerine işaret ettiği düşünülmektedir. Luqman vd. (2019: 1299) petrol tüketiminin yenilenebilir enerji kaynaklarının tüketimini negatif yönde etkilerken nükleer enerji tüketimi üzerinde herhangi bir olumsuz etkiye sahip olmadığını ortaya koymuşlardır.

Petrol fiyatları ile yenilenebilir enerji yatırımları arasındaki ilişkinin de incelemelere konu olduğu görülmektedir. Özdurak (2021: 348) petrol fiyatlarındaki düşüşlerin piyasalarda oynaklığı artırdığını ve yenilenebilir enerji yatırımlarını azalttığını belirlemiştir. Aksine, Sadorsky (2009: 456) petrol fiyatlarındaki yükselişlerin yenilenebilir enerji

kaynaklarına olan talebi azalttığını belirlemiştir. Dolayısıyla petrol fiyatlarının, petrole alternatif bir enerji olan nükleer enerji tüketimi üzerindeki etkisi üzerine bir fikir birliğine varılamadığı görülmektedir.

2.2. Ekonomik Karmaşıklık ve Nükleer Enerji İlişkisi

Geçmiş çalışmalar incelendiğinde ekonomik büyümenin daha kapsamlı bir tahmincisi olduğu düşünülen ekonomik karmaşıklığın nükleer enerji üzerindeki etkisini inceleyen herhangi bir araştırmaya rastlanılmamıştır. Bu nedenle literatür incelemesinin bu kısmında ekonomik büyümenin nükleer enerji kaynakları üzerindeki etkisini inceleyen araştırmalara yer verilerek, nükleer enerji ve ekonomik karmaşıklık arasındaki potansiyel ilişkilere dikkat çekilmek istenmiştir. Geçmiş birçok araştırmada nükleer enerji ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiye odaklanıldığı görülmektedir. Lin vd. (2015: 59) Tayvan’da nükleer enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi artırdığını ancak nükleer enerji dışındaki enerji tüketimlerinin ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkilemediğini belirlemiştir. Bu sonuca dayanarak araştırmacılar nükleer enerji dışındaki enerji kaynaklarının sınırlandırılmasını, nükleer enerji tüketiminin ise artırılmasını önermişlerdir. Magazzino vd. (2020: 8-9) zaman serisi analizleri neticesinde nükleer enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi desteklediğini ve makine öğrenmesi yöntemleri kullanarak nükleer enerjiden vazgeçilmesinin yakın gelecekte ekonomik büyümeye zarar vereceğini savunmuşlardır.

Duran vd. (2022: 70564) nükleer enerji tüketen 27 ülkede nükleer enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi artırdığını belirlemiştir. Apergis vd. (2010: 2259) farklı gelişmişlik seviyesindeki 19 ülke için ekonomik büyüme ve nükleer enerji tüketimi arasındaki nedensellik ilişkisinin çift yönlü olduğunu göstermişlerdir. Buna göre, ekonomik büyüme nükleer enerji tüketimini artırırken, nükleer enerji tüketimindeki artış ekonomik büyümeyi azaltmaktadır. Araştırmacılar bu sonucu nükleer enerji kaynaklarının atık bertaraf maliyetleri ile ilişkilendirmişlerdir. Yoo ve Jung (2005: 101) Güney Kore’de nükleer enerji tüketiminden ekonomik büyüme yönüne bir nedensellik olduğunu ortaya koyarak, politika geliştiricilerin nükleer enerji yatırımlarına yönelik kısıtlamaları kaldırmaları gerektiğini ifade etmişlerdir.

Mbarek vd. (2015: 138-141) Fransa’da nükleer enerji üretiminin ekonomik büyümeyi artırdığı yönünde bulgulara ulaşmışlardır. Christoforidis vd. (2021: 1) nükleer enerji tüketimleriyle öne çıkan 18 ülke üzerine gerçekleştirdiği analizler sonucunda uzun dönemde nükleer enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkilediğini tespit etmişlerdir. Apergis ve Payne (2010: 545-546) 16 gelişmiş ve gelişmekte olan ülkede nükleer enerjinin ekonomik büyümeyi uzun dönemde artırdığını, kısa dönemde ise iki yönlü nedensellik ilişkisi bulunduğunu belirlemiştir.

Wolde-Rufael (2010: 52) Hindistan için nükleer enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit etmiştir. Yoo ve Ku (2009: 1905) 20 gelişmiş ve gelişmekte olan ülke üzerine yürüttükleri analizler sonucunda nükleer enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkilerin ülkelere göre farklılıklar gösterdiğini

belirlemişlerdir. Buna göre, İsviçre için söz konusu faktörler arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi söz konusu iken, Fransa ve Pakistan için ekonomik büyüme yönünden nükleer enerji tüketimi yönüne, Güney Kore’de ise tam tersi yönde bir nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. Yoo ve Ku (2009: 1905) ise, Arjantin ve Almanya için nedensellik ilişkisinin varlığına yönelik herhangi bir bulguya ulaşamamışlardır.

Chu ve Chang (2012: 762) G6 ülkeleri üzerine yürüttüğü incelemeler neticesinde, İngiltere ve Japonya için nükleer enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisinin nükleer enerji tüketimi yönünden tek yönlü olarak gerçekleştiğini belirlemişlerdir. Ayrıca araştırmacılar ABD için çift yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğu yönünde bulgulara ulaşırken Kanada, Almanya ve Fransa için nedensellik ilişkisine yönelik herhangi bir bulguya ulaşamamışlardır. Dolayısıyla nükleer enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki ülkelere göre farklılık göstermektedir. Chang vd. (2014: 192) G6 ülkeleri arasında İngiltere için nükleer enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisinin iki yönlü olduğunu belirlemişlerdir. Chang vd. (2014: 192) Almanya için nükleer enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisinin ekonomik büyüme yönünden tek yönlü olarak gerçekleştiğini belirlemiş ancak diğer ülkeler için nedensellik ilişkisinin varlığına yönelik herhangi bir bulguya ulaşamamışlardır.

Lee ve Chiu (2011b: 236) Kanada, Almanya, İngiltere, Japonya, Fransa ve ABD’den oluşan altı gelişmiş ülke üzerine yürüttüğü analizler neticesinde Kanada, Almanya ve İngiltere’de nükleer enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisinin iki yönlü olduğunu belirlemiş ancak Fransa ve ABD için nedensellik ilişkisinin varlığına yönelik herhangi bir bulguya ulaşamamışlardır. Wu vd. (2022: 10) ekonomik büyüme ile nükleer enerji arasındaki nedensellik ilişkisini incelemiş ancak Çin özelinde nedensellik ilişkisinin varlığına yönelik herhangi bir bulguya ulaşamamıştır. Benzer şekilde Kais ve Mounir (2017: 65) dokuz gelişmiş ülke (Kanada, Fransa, Japonya, Hollanda, İspanya, İsveç, İsviçre, İngiltere ve ABD) için yürüttüğü analizler neticesinde nükleer enerji kullanımının ekonomik büyümeyi artırdığına yönelik herhangi bir bulguya erişememişlerdir. Genel olarak değerlendirildiğinde nükleer enerji-ekonomik büyüme ilişkisinin çok sayıda araştırmaya konu olduğu ancak bu araştırmalar neticesinde söz konusu faktörler arasındaki ilişkinin ülkelere göre farklılaştığı görülmektedir. Nükleer enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen çok sayıda çalışma bulunmasına rağmen, nükleer enerji tüketimi ve ekonomik karmaşıklık arasındaki etkileşimi irdeleyen herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Ekonomik karmaşıklık, ekonomik büyüme, kalkınma ve teknolojik gelişim arasındaki belirgin olamayan sistematik etkileşimlerin yapısını ortaya koymaktadır (Balland et al., 2022: 1). Ekonomik karmaşıklık bir ülkenin sofistike ürün üretebilme kabiliyeti olarak tanımlanmaktadır. Ekonomik karmaşıklık düzeyi arttıkça ilgili ürünü üreten ülke sayısı da azalmaktadır. Ekonomik karmaşıklığın üst seviyelerde seyrettiği ülkeler, yenilikçi enerji teknolojilerine yatırım yapma konusunda avantaja sahip olmaktadır (Hidalgo & Hausmann, 2009: 10570-10573). Fang vd. (2021: 33771) yüksek ekonomik karmaşıklığın enerji talebini azalttığını belirlemişlerdir. Neagu ve Teodoru (2019: 3) bir ülkenin ekonomik çıktılarında

yenilik yapma yetkinliğinin göstergesi olan ekonomik karmaşıklığın Ar-Ge ve teknolojik ilerleme yoluyla enerji verimliliğini artırabileceğini ifade etmiştir. Bu nedenle ekonomik karmaşıklık ve nükleer enerji tüketimi arasındaki ilişkinin ortaya koyulmasının önemli katkılar sunabileceği düşünülmektedir.

2.3. Finansallaşma ve Nükleer Enerji İlişkisi

Finans ve enerji arasındaki etkileşimi inceleyen araştırmaların finansallaşma ile toplam enerji tüketimi ve yenilenebilir enerji üretimi arasındaki ilişkilere odaklandıkları ancak nükleer enerji ile olan etkileşimlerin genellikle göz ardı edildiği görülmektedir. Bir başka ifadeyle, finansallaşmanın nükleer enerji tüketimi üzerindeki etkisini doğrudan inceleyen herhangi bir araştırmaya rastlanılmamıştır. Bu nedenle çalışma kapsamında öncelikle finansallaşma ve toplam enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi inceleyen araştırmalar incelenmiş, ardından finansallaşma ve yenilenebilir enerji üretimi arasındaki ilişki irdelenmiştir. Sonrasında, finansallaşma ve nükleer enerji arasındaki olası ilişkilere yönelik teorik çıkarımlar aktarılmıştır.

Sadorsky (2010: 2528) 22 gelişmekte olan ülke üzerine yürüttüğü analizler neticesinde finansallaşmanın enerji tüketimini artırdığını belirlemiştir. Sadorsky (2011: 999) Orta ve Doğu Avrupa ülkelerinde farklı göstergeler kullanarak gerçekleştirdiği analizler sonucunda finansallaşmanın enerji tüketimini artırdığını belirlemiştir. Alam vd. (2015: 818) Sahra Altı Afrika ve Güney Asya'daki ülkelerde finansallaşmanın enerji tüketimini artıran temel faktör olduğunu belirlemiştir. Al-Mulali ve Lee (2013: 215) Körfez İşbirliği Konseyi üyesi ülkelerde finansallaşmanın kısa ve uzun vadede enerjiye olan talebi artırdığını belirlemişlerdir. Mukhtarov vd. (2018: 1) Azerbaycan'da finansallaşmadaki %1'lik bir iyileşmenin enerji tüketimini %0,12 oranında artırdığını ortaya koymuşlardır. Liu vd. (2018: 285) finansallaşma göstergesi olarak toplam banka kredilerinin GSYH'ye oranı alındığında, Çin'de finansallaşmanın enerji talebini artırdığını belirlemişlerdir.

Wang ve Gong (2020: 11-12) Çin için finansallaşmanın enerji tüketiminin temel belirleyicisi olduğunu göstermiştir. Wang ve Gong (2020: 11-12) yürüttükleri doğrusal olmayan analizler neticesinde finansallaşmanın göstergelerinden finansal etkinlik ile enerji talebi arasındaki ilişkinin ters U şeklinde olduğunu ortaya koymuşlardır. Buna göre, finansallaşma belirli bir eşik değere kadar enerji tüketimini artırmakta, söz konusu eşik değerin üzerindeki finansallaşma düzeyi enerji tüketimini azaltmaktadır.

Gómez ve Rodríguez (2019: 1) Kuzey Amerika Serbest Ticaret Anlaşması (NAFTA) üyesi ülkelerde finansallaşmanın enerji talebini azalttığını belirlemiştir. Buna göre, finansallaşmanın enerji tüketiminin azaltılmasında bir politika aracı olarak kullanılabilmesi mümkündür. Topçu ve Payne (2017: 827) ise finansallaşmanın enerji tüketimi üzerinde genel olarak herhangi bir etkisinin bulunmadığı yönünde bulgulara ulaşmışlardır. Furuoka (2015: 430) Asya ülkeleri üzerine gerçekleştirdiği analizler neticesinde enerji tüketiminden finansallaşma yönüne nedensellik bulunduğunu tespit etmiştir. Araştırmacılar

finansallaşmanın enerji tüketiminin nedeni olduğuna yönelik herhangi bir bulguya ulaşamamışlardır.

Finansallaşmanın yenilenebilir enerji kaynakları üzerindeki etkisini inceleyen bir araştırmada Shahbaz vd. (2021: 1370) 34 üst-orta gelirli gelişmekte olan ülke için finansallaşmanın yenilenebilir enerji talebini artırdığını belirlemiştir. Zhang vd. (2021: 24) BRIC ülkeleri üzerinde yürüttüğü analizler neticesinde finansallaşmanın uzun dönemde yenilenebilir enerji kaynaklarının gelişimini artırdığını ve yenilenebilir enerji yatırımlarının nedeni olduğunu belirlemişlerdir. Burakov ve Freidin (2017: 45-46) finansallaşmanın Rusya özelinde temiz enerji kaynaklarına olan talebi etkilediğine yönelik herhangi bir bulguya ulaşamamışlardır. Anton ve Nucu (2020: 330) AB üyesi 28 ülkede finansallaşmanın yenilenebilir enerji tüketimini artırdığını ortaya koymuştur. Ji ve Zhang (2019: 114) finansallaşmanın Çin'deki yenilenebilir enerji sektöründeki büyümenin %42,42'sini sağladığını tespit etmişlerdir.

Mukhtarov vd. (2022: 169) Türkiye'de finansallaşma düzeyindeki %1'lik artışın yenilenebilir enerji tüketimini %0,21 artırdığını ortaya koymuşlardır. Gaies vd. (2019: 8-9) MENA bölgesindeki ülkelere finansallaşma-yenilenebilir enerji tüketimi ilişkisinin ters U şeklinde olduğunu tespit etmişlerdir. Buna göre, finansallaşma arttıkça belirli bir noktaya kadar enerji tüketimi artmakta belirli bir eşik değerden sonra finansallaşmadaki artış yenilenebilir enerji tüketimini azaltmaktadır. Özetle, geçmiş araştırmalarda finansallaşma ile toplam enerji tüketimi ve yenilenebilir enerji üretimi arasındaki ilişkilere odaklanıldığı ancak nükleer enerji ile olan olası etkileşiminin incelenmediği belirlenmiştir.

Küresel iklim değişiklikleri ve sıcaklık artışları ile mücadelede yenilenebilir enerji kaynaklarının yanı sıra nükleer enerji kaynaklarının da pozitif katkısı olabilmektedir (Zhang & Xu 2012). Bu nedenle, geçmiş çalışmalarda ortaya koyulan finansallaşmanın toplam enerji ve yenilenebilir enerji tüketimini artırma yönündeki etkisinin, nükleer enerji kaynakları için de geçerli olabileceği düşünülmektedir. Bir başka ifadeyle, finansallaşma ile diğer enerji kaynakları arasındaki ilişkilere benzer bir ilişkinin nükleer enerji kaynakları için de geçerli olabileceği kanısına varılmıştır. Ancak, finansallaşmanın nükleer enerji üzerindeki etkilerini inceleyen herhangi bir araştırmaya rastlanılmadığından söz konusu ilişkinin araştırmaya değer olduğu düşünülmektedir.

2.4. Ekonomik Politik Belirsizlikler ve Nükleer Enerji İlişkisi

Geçmiş çalışmalar incelendiğinde ekonomik politik belirsizliklerin nükleer enerji üzerindeki etkisini inceleyen herhangi bir araştırmaya rastlanılmamıştır. Bu nedenle çalışmanın bu bölümünde ekonomik politik belirsizliklerin, diğer temiz enerji kaynakları üzerindeki etkisini inceleyen araştırmalara yer verilerek, nükleer enerji üzerindeki potansiyel etkilere ışık tutulması amaçlanmıştır. Geçmiş çalışmalarda ekonomik politik belirsizlikler ile yenilenebilir enerji yatırımları arasındaki ilişkilerin çoğunlukla araştırmalara konu edildiği görülmektedir. Zhang vd. (2021: 24) BRIC ülkeleri üzerine yürüttüğü analizler neticesinde ekonomik politik belirsizliklerin yenilenebilir enerji

yatırımlarını negatif yönde etkilediğini belirlemişlerdir. Araştırmacılar, temiz enerji yatırımları yapılmasının ön şartı olarak ekonomik istikrarı adres göstermişlerdir. Pata vd. (2023: 1) G7 ülkeleri üzerine yürüttüğü analizler neticesinde ekonomik politik belirsizliklerin yenilenebilir enerji yatırımlarını azalttığını belirlemişlerdir. Khan ve Su (2022: 34813) gerçekleştirdikleri kantil regresyon analizleri neticesinde G7 ülkelerinde ekonomik politik belirsizliklerin yenilenebilir enerji yatırımlarını azalttığını ve bu durumun çok hızlı bir şekilde gerçekleştiğini ortaya koymuşlardır.

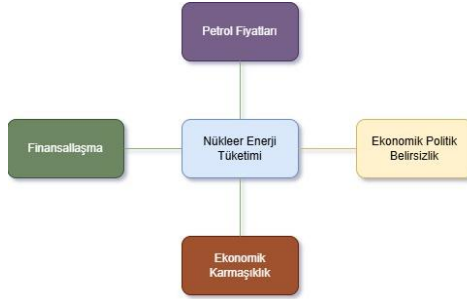
Husain vd. (2024: 1) ekonomik politik belirsizliklerin orta ve uzun vadede ABD’de yenilenebilir enerji üretimini negatif yönde etkilediğini belirlemişlerdir. Araştırmacılar, ABD’li yöneticilerin çevre ile ilgili yasal düzenlemelere yönelik algı farklılıklarının ekonomide politika belirsizliklerine yol açarak yenilenebilir enerji yatırımlarında gecikmelere neden olduğunu savunmuşlardır. Qamruzzaman vd. (2022: 121) en fazla petrol ithalatı yapan 13 ülke üzerine gerçekleştirdiği analizler neticesinde ekonomik politik belirsizliklerin yenilenebilir enerji kullanımını azalttığını belirlemişlerdir. Benzer şekilde, Shafiullah vd. (2021: 1500-1501) ABD’de ekonomik politik belirsizlikler ile temiz enerji tüketimi arasında iki yönlü bir nedensellik bulunduğunu ortaya koymuşlardır. Buna göre, ekonomik politik belirsizliklerin azaltılması yenilenebilir enerji tüketimini artırmakta, yenilenebilir enerji tüketimindeki artışlar ise ekonomik politik belirsizlikleri azaltmaktadır.

Adedoyin vd. (2021) ise yenilenebilir enerji-karbon emisyonları ilişkisinde ekonomik politik belirsizliklerin moderatör etkisini incelemişlerdir. Diğer çalışmalardan farklı olarak Adedoyin vd. (2021: 5-6) ekonomik politik belirsizliklerin yenilenebilir enerji tüketimi yoluyla çevrenin korunmasına yönelik katkıyı artırdığını belirlemişlerdir. Wei vd. (2021: 53563) ekonomik politik belirsizliklerin hem yenilenebilir hem de konvansiyonel enerji kaynakları açısından bir risk aktarım mekanizması olarak görev yaptığını tespit etmişlerdir. Buna göre, ekonomik politik belirsizliklerin enerji kaynaklı risklerin yönetiminde bir politika aracı olarak kullanılabilmesi mümkündür. Genel olarak değerlendirildiğinde, ekonomik politik belirsizliklerin yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve çevre üzerindeki etkilerinin incelendiği ancak nükleer enerji kaynakları üzerindeki etkisinin göz ardı edildiği görülmektedir.

3. Veri ve Yöntem

Bu bölümde çalışmada kullanılan değişkenlere, yöntemlere ve yürütülen analizler neticesinde ulaşılan bulgulara yer verilmiştir. Çalışma kapsamında kurgulanan araştırma modeli Şekil 2’de sunulmuştur. Şekil 2’de görüldüğü üzere, literatür incelemesi neticesinde Nükleer enerji tüketimini etkileyebilecek potansiyel faktörlerin petrol fiyatları, finansallaşma, ekonomik politik belirsizlikler ve ekonomik karmaşıklık olduğu tespit edilmiştir.

Şekil: 2
Araştırma Modeli



Petrol fiyatları ile nükleer enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi ortaya koyan araştırmalar (Lee & Chiu, 2011a; Lee & Chiu, 2011b) dikkate alındığında petrol fiyatlarındaki artışların özellikle petrole bağımlı ülkeleri nükleer enerji tüketimine yönlendirmesi beklenmektedir. Finansallaşmadaki artışların toplam enerji talebini artırdığına (Sadorsky, 2010; Sadorsky, 2011; Al-Mulali & Lee, 2013) ve azalttığına (Gómez & Rodríguez, 2019) yönelik çelişkili bulgular finansallaşmanın nükleer enerji tüketimi üzerindeki etkisinin her iki yönlü olabileceğine işaret etmektedir. Ekonomik politik belirsizliklerin temiz enerji yatırımlarının azalmasına sebep olabildiği yönündeki tartışmalar (Wang et al., 2020: 2; Shafiullah et al., 2021; Khan & Su, 2022) nükleer enerji yatırımlarının ekonomik belirsizliklerden negatif yönde etkilenebileceğini düşündürmektedir. Son olarak ekonomik karmaşıklığın nükleer enerji projelerinin gerektirdiği sofistike ürün üretimini destekleyebileceği ve katma değerli ürün ihracatının nükleer enerji yatırımlarının finansmanı için gerekli fonların sağlanmasına katkıda bulunabileceği görüşünden yola çıkarak ekonomik karmaşıklığın nükleer enerji tüketimini pozitif yönde etkilemesinin olası olduğu düşünülmektedir. Özetle, ekonomik politik belirsizliklerin nükleer enerji tüketimini negatif, ekonomik karmaşıklık ve petrol ithalat fiyatlarının pozitif, finansallaşmanın etkisinin ise her iki yönlü olabileceği beklenmektedir.

3.1. Veri

Bu çalışmada ekonomik politik belirsizliklerin, petrol ithalat fiyatlarının, ekonomik karmaşıklığın ve finansallaşmanın nükleer enerji tüketimi üzerindeki etkisi OECD ülkeleri özelinde incelenmiştir. Küresel ölçekte OECD'ye üye 38 ülke var olmakla (OECD, 2024a) birlikte analiz dönemi olan 2003-2022 yılları arasında nükleer enerji santraline sahip 18 OECD üyesi ülke (ABD, Fransa, Almanya, Japonya, Güney Kore, Kanada, İngiltere, İsveç, İspanya, Belçika, Çekya, İsviçre, Finlandiya, Macaristan, Meksika, Slovakya, Slovenya ve Hollanda) bulunmaktadır (World Nuclear Association, 2024). Çalışma kapsamında nükleer enerji santrali bulunan söz konusu 18 OECD üye ülkeden verilerine ulaşılabilen 11 ülke (ABD, Almanya, Belçika, Fransa, Hollanda, İngiltere, İspanya, İsveç, Japonya, Kanada ve Güney Kore) analizlere dâhil edilmiştir. Nükleer enerji santraline sahip olmakla birlikte

nükleer enerji tüketimi veya petrol ithalat fiyatları verilerine erişim sağlanamayan 7 ülke (Çekya, İsviçre, Finlandiya, Macaristan, Meksika, Slovenya ve Slovakya) ise kapsam dışında bırakılmıştır. OECD (2019) verilerine göre, OECD ülkelerinde bulunan toplam 308 aktif reaktörün 237’si analiz kapsamına dâhil edilen ve en fazla reaktöre sahip 5 ülkede (ABD, Fransa, Japonya, Güney Kore ve Kanada) konumlanmıştır. Analiz kapsamına dâhil edilen 11 ülkede konumlandırılmış olan reaktör sayısı ise 282’dir. Dolayısıyla, OECD (2019) verilerine göre, OECD ülkelerinde konumlanmış olan 308 reaktörden 282’si analiz kapsamına dâhil edilen 11 ülkede faaliyet göstermektedir. Bu nedenle, nükleer enerji üzerine yürütülen analiz kapsamında incelenen ülkelerin, OECD ülkelerini temsil gücüne sahip oldukları değerlendirilmiştir. Bir başka ifadeyle, ulaşılan bulguların OECD ülkelerinde nükleer enerjinin belirleyicileri hakkında bir öngörü sunabilecek kapsayıcılığa sahip olduğu düşünülmektedir.

Çalışma kapsamında 2003-2022 yılları arasındaki yıllık frekansa sahip veriler kullanılmıştır. Çalışmada yer alan verilere ve verilerin temin edildiği kaynaklara ilişkin bilgilere Tablo 1’de yer verilmiştir.

Tablo: 1
Çalışmada Yer Alan Değişkenler ve Veri Kaynakları

Veri	Kısaltma	Veri Tanımı	Veri Kaynağı
Nükleer Enerji Tüketimi	NET	Nükleer Enerji Tüketimi (Eksajul)	Energy Institute (2024)
Petrol İthalat Fiyatları	PIF	Ham Petrol İthalat Fiyatları (ABD doları/varil)	OECD (2024b)
Finansallaşma	FN	Financial Gelişme Endeksi	IMF (2024)
Ekonomik Karmaşıklık	EK	Ekonomik Karmaşıklık Endeksi	OEC (2024)
Ekonomik Politik Belirsizlik	EPB	Ekonomik Politik Belirsizlik Endeksi	Economic Policy Uncertainty (2024)

Buna göre, Nükleer Enerji Tüketimi, Petrol İthalat Fiyatları, Finansallaşma, Ekonomik Karmaşıklık ve Ekonomik Politik Belirsizlik değişkenleri sırasıyla NET, PIF, FN, EK ve EPB olarak kısaltılmıştır. Nükleer enerji tüketiminin temsilcisi olan NET serisinin ölçü birimi Eksajul olup, 1 Eksajul, 10^{18} jul (1 kentilyon jul)’a eşittir. NET serisinin ölçü biriminin Eksajul olması nedeniyle verilerin matematiksel değerleri oldukça küçüktür (ortalama değer: 1,70). Bu nedenle, NET serisine logaritmik dönüşüm uygulanmamıştır. Ancak petrol ithalat fiyatları, varil başına ABD doları cinsinden olduğundan doğal logaritması alınmış ve LPIF olarak ifade edilerek analizlerde kullanılmıştır. Finansallaşma, ekonomik karmaşıklık ve ekonomik politik belirsizlik değişkenlerine, endeks olmaları nedeniyle logaritmik dönüşüm uygulanmamıştır. Nükleer enerji tüketimini etkileyebileceği düşünülen söz konusu değişkenler ile birlikte kurulan araştırma modeli Denklem (1) ile ifade edilmiştir;

$$NET_{it} = \varphi_0 + \varphi_1 EPB_{it} + \varphi_2 LPIF_{it} + \varphi_3 FN_{it} + \varphi_4 EK + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Denklem (1)’de φ_0 sabit terimi, $\varphi_1 - \varphi_4$ tahmini elastikiyet katsayılarını ve ε_{it} ise hata terimini göstermektedir. Ayrıca t zamanı, i ise panel verilerdeki yatay kesitleri ifade etmektedir. Ekonomik politik belirsizliklerin temiz enerji yatırımlarının azalmasına sebep olabildiği yönündeki tartışmalar (Wang et al., 2020: 2; Shafiullah et al., 2021; Khan & Su, 2022) dikkate alınarak OECD ülkelerinde EPB’nin NET ile negatif korelasyonlu olabileceği

($\varphi_1 < 0$) düşünülmektedir. Ayrıca, Lee ve Chiu (2011a) ve Lee ve Chiu (2011b)'nin sonuçlarını dikkate alarak *LPIF*'in nükleer enerji üzerindeki etkisinin pozitif ($\varphi_2 > 0$) olabileceği değerlendirilmiştir. Öte yandan, finansallaşmanın toplam enerji talebi artırdığını (Sadorsky, 2010; Sadorsky, 2011; Al-Mulali & Lee, 2013) ve azalttığını ortaya koyan çalışmalar (Gómez & Rodríguez, 2019), FN'nin NET üzerindeki etkisinin pozitif veya negatif olabileceğine işaret etmektedir ($\varphi_3 > 0$ veya $\varphi_3 < 0$). Son olarak ekonomik karmaşıklığın, nükleer enerji projelerinin gerektirdiği sofistike ürün üretimini destekleyebileceğinden ve katma değerli ürün ihracatının nükleer enerji yatırımlarının finansmanı için gerekli fonların sağlanmasına katkıda bulunabileceğinden yola çıkarak EK'nın, NET üzerindeki etkisinin pozitif olabileceği düşünülmektedir ($\varphi_4 > 0$). Çalışma kapsamında söz konusu ilişkiler incelenerek sürdürülebilir nitelikteki bir kaynak olan nükleer enerjinin iktisadi, finansal ve sosyal belirleyicilerinin ortaya koyulması amaçlanmıştır.

3.2. Yöntem

Çalışmanın yatay kesit boyutunu 11 OECD üyesi ülke, zaman boyutunu ise 2003-2022 yılları arasındaki yıllık frekansa sahip veriler oluşturduğundan panel veri teknikleri kullanılarak analizler yürütülmüştür. Panel veri analiz tekniklerinin belirlenmesinden önce ön testler gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda öncelikle değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler sunulmuş, ardından korelasyon analizleri, yatay kesit bağımlılığı, homojenlik ve birim kök testleri gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında yatay kesit bağımlılığının incelenmesi amacıyla Breusch ve Pagan (1980) LM, Pesaran (2004) CD_{LM} ve Pesaran vd. (2008) LM_{adj} testleri kullanılmıştır. Değişkenlerin yatay kesitleri arasındaki farklılıklarını incelemek adına Pesaran ve Yamagata (2008)'nin önermiş olduğu Delta homeojenlik testi kullanılmıştır. Ayrıca, serilerin durağanlık özelliklerinin sınanması amacıyla ikinci nesil birim kök testleri arasında yer alan Pesaran (2007) CIPS testinden faydalanılmıştır. Seriler arasındaki eşbütünlüşme ilişkisi Westerlund (2008) tarafından geliştirilen Durbin-Hausman testi ile incelenmiştir. Son olarak, değişkenler arasındaki kısa ve uzun dönem ilişkilerin incelenmesinde $I(0)$ ve $I(1)$ olmak üzere farklı seviyelerde durağan özellik gösteren serilerin modelde yer alması ve zaman boyutunun 20, yatay kesit boyutunun ise 11 olması dolayısıyla kısmen küçük panel özelliği göstermesi nedeniyle Pesaran vd. (1999) tarafından geliştirilen PMG-ARDL yöntemi kullanılmıştır. Denklem (1)'de sunulan araştırma modelinin PMG-ARDL yöntemiyle ifade edilmesine Denklem (2)'de yer verilmiştir.

$$\Delta NET_{it} = \varphi_0 + \varphi_1 NET_{i,t-1} + \varphi_2 EPB_{i,t-1} + \varphi_3 LPIF_{i,t-1} + \varphi_4 FN_{i,t-1} + \varphi_5 EK_{i,t-1} + \sum_{j=1}^k \delta_{1j} \Delta NET_{i,t-j} + \sum_{j=0}^k \delta_{2j} \Delta EPB_{i,t-j} + \sum_{j=0}^k \delta_{3j} \Delta LPIF_{i,t-j} + \sum_{j=0}^k \delta_{4j} \Delta FN_{i,t-j} + \sum_{j=0}^k \delta_{5j} \Delta EK_{i,t-j} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

Burada yer alan $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4, \varphi_5$ katsayıları uzun dönem ilişkileri temsil etmekte iken $\delta_{1j}, \delta_{2j}, \delta_{3j}, \delta_{4j}, \delta_{5j}$ katsayıları kısa dönem etkileri ifade etmektedir. Analizler gerçekleştirilmeden önce tanımlayıcı istatistikler Tablo 2'de paylaşılarak verilerin incelenmesi amaçlanmıştır.

Tablo: 2
Değişkenler İlişkin İstatistikler

	NET	LPIF	FN	EPB	EK
Ortalama	1,70	4,18	0,80	155,09	1,06
Medyan	0,698	4,18	0,81	127,22	1,10
Maksimum	8,29	4,74	0,95	597,93	1,58
Minimum	0,00	3,31	0,58	42,71	0,32
Çarpıklık	1,94	-0,32	-0,04	1,76	-0,22
Basıklık	5,64	2,28	2,52	6,91	2,82
J-B	203,44	8,67	10,11	255,14	2,11
J-B Olasılığı	0,00	0,01	0,00	0,00	0,34
Topl.	374,90	920,68	178,10	34120,74	235,23
Toplam Varyans	1094,01	32,52	1,33	1992,06	13,79
Gözlem	220	220	220	220	220

Tablo 2 incelendiğinde NET, LPIF, FN, EPB ve EK’nin ortalamalarının sırasıyla 1,70, 4,18, 0,80, 155,09 ve 1,06 olduğu belirlenmiştir. NET’in çarpıklık değeri 1,94, basıklık değeri ise 5,64 olarak hesaplanmıştır. Buna göre nükleer enerjiyi tüketimini temsil eden NET serisinin sola çarpık ve sivri bir dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Benzer şekilde, ekonomik politik belirsizliklerin göstergesi olan EPB’nin sola çarpık ve sivri dağılım özelliğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Aksine, LPIF, FN ve EK’nin ise sağa çarpık ve kısmen basık bir dağılıma sahip oldukları görülmektedir. Jarque-Bera (J-B) olasılık değerleri değerlendirildiğinde, EK değişkeni hariç hiçbir değişkenin normal dağılım göstermediği belirlenmiştir. Serilerin normal dağılıma uymadığı durumlarda çoklu doğrusal bağlantı problemleri ile karşılaşılabilir. Bu nedenle, bağımsız değişkenler arasındaki çoklu doğrusal bağlantı Spearman Korelasyon testi aracılığıyla incelenmiştir.

3.2.1. Çoklu Doğrusal Bağlantının Değerlendirilmesi

Bağımsız değişkenler arasındaki yüksek doğrusal ilişkilerin varlığı çoklu doğrusal bağlantı sorunu olarak tanımlanmaktadır (Baltagi, 2005: 5). Çoklu doğrusal bağlantı, panel veri analizinde bağımsız değişkenler arasında bağlantı bulunmadığı varsayımından sapma olarak tanımlanmaktadır. Bu durum, bağımsız değişkenler arasındaki güçlü ilişkiye işaret etmektedir. Çoklu doğrusal bağlantı problemi, tahmin katsayılarının güvenilir olmamasına, standart hataların olduğundan daha büyük hesaplanmalarına, modelin açıklayıcı gücünün yapay olarak artmasına ve tahmin edilen katsayıların işaretlerinin yanlış bulunmasına sebep olabilmektedir (Tarı, 2010: 157-160). Değişkenler arasındaki 0,90 ve daha yüksek bir korelasyon çoklu doğrusal bağlantı sorununa işaret etmektedir (Hair et al., 2006: 227). Spearman korelasyon analizi yardımıyla incelenen çoklu doğrusal bağlantı analiz sonuçlarına Tablo 3’te yer verilmiştir.

Tablo: 3
Spearman Korelasyon Analizi

	LPIF	FN	EPB	EK
LPIF	1,00 -			
FN	0,33 (0,62)	1,00 -		
EPB	0,39 (0,00)	0,13 (0,05)	1,00 -	
EK	0,07 (0,28)	-0,23 (0,00)	0,003 (0,95)	1,00 -

Tablo 3 incelediğinde bağımsız değişkenler olan LPIF, FN, EPB ve EK arasında %90 ve üzerinde bir korelasyonun bulunmadığı, en yüksek korelasyon değerinin 0,39 olduğu belirlenmiştir. Buna göre analizlerde yer alan değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantı sorununun bulunmadığı görülmektedir. Çoklu doğrusal bağlantı sorununun incelenmesinin ardından yatay kesit bağımlılığının araştırılmasına yönelik testlere geçilmiştir.

3.2.2. Yatay Kesit Bağımlılığı Sorununun Değerlendirilmesi

Yatay kesit bağımlılığının sınanması uygun birim kök testlerinin belirlenmesi açısından önem arz etmektedir. Yatay kesit bağımlılığının dikkate alınmadığı durumlarda hata terimlerinin birimler arasında bağımsız olduğu varsayımı ihlal edilmekte, dolayısıyla model tahmini yanlı ve tutarsız olabilmektedir. Ayrıca, yatay kesit bağımlılığının dikkate alınmaması uygun birim kök testinin kullanılamamasına yol açarak durağanlık analizinde eksik ve yanlış sonuçların elde edilmesine neden olabilmektedir (Topaloğlu, 2018: 22). Yatay kesit bağımlılığının sınanmasında Breusch ve Pagan (1980) LM, Pesaran (2004) CD_{LM} ve Pesaran vd. (2008) LM_{adj} testleri kullanılabilir.

Yatay kesit bağımlılığını sınamak amacıyla geliştirilen ilk test Breusch ve Pagan (1980) LM testidir. Lagrange çarpanına dayalı olan LM testi $T > N$ durumunda kullanılabilir olup aşağıdaki gibi ifade edilebilmektedir. Burada, yer alan $\hat{\rho}_{ij}$, kalıntıların ikili korelasyonunun tahminini temsil etmektedir (Breusch & Pagan, 1980: 240-250; Hsiao, 2014: 345);

$$LM = N \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{i-1} \hat{\rho}_{ij}^2 \quad (3)$$

Pesaran (2004) ise LM testini geliştirerek nispeten yeni bir test olan CD_{LM} testini önermiştir. Panelde yer alan yatay kesit birimlerinin regresyonlarından elde edilen kalıntıların ikili korelasyonuna dayanan CD_{LM} testi, $N > T$ özelliğindeki panel verilerinde güvenle kullanılabilir olup aşağıdaki gibi ifade edilebilmektedir (Pesaran, 2004: 5-9);

$$CD_{LM} = \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)}} \left(\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij} \right) \quad (4)$$

Pesaran vd. (2008), CD_{LM} testindeki sapmaları düzelterek LM_{adj} testini geliştirmiştir. LM_{adj} testinde, k bağımsız değişken sayısını, μ_{Tij} , $(T - k)\hat{\rho}_{ij}^2$ 'nin aritmetik ortalamasını,

V_{Tij} ise $(T - k)\hat{\rho}_{ij}^2$ 'nin varyansını ifade etmektedir (Pesaran et al., 2008: 108-109; Hsiao, 2014: 345);

$$LM_{adj} = \sqrt{\frac{2}{N(N-1)}} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \frac{(T-k)\hat{\rho}_{ij}^2 - \mu_{Tij}}{V_{Tij}} \quad (5)$$

Breusch ve Pagan (1980) LM testi küçük panellerde, Pesaran vd. (2008) LM_{adj} testi ise orta ve büyük panellerde kullanılan testler arasında sayılmaktadır. Yatay kesit bağımlılığının incelemesinde CD_{LM} testinin $N>T$ özelliğine sahip panellerde kullanılması önerilmektedir (Yerdelen-Tatoğlu, 2018: 227-229). Bu çalışmada panel veri boyutunun küçük ve orta ölçekli bir yapıya sahip olması nedeniyle küçük ve orta panellerde yatay kesit bağımlılığını inceleyen testler dikkate alınmış ve test sonuçlarına Tablo 4'te yer verilmiştir.

Tablo: 4
Yatay Kesit Bağımlılığı Testlerine İlişkin Sonuçlar

	Breusch-Pagan LM		Pesaran LM_{adj}		Pesaran CD_{LM}	
	t istatistiği	P değeri	t istatistiği	P değeri	t istatistiği	P değeri
Değişken	196,94	0,00	13,53	0,00	3,11	0,00
NET	291,17	0,00	22,51	0,00	11,25	0,00
LPIF	1094,02	0,00	99,06	0,00	33,07	0,00
FN	231,24	0,00	16,80	0,00	4,81	0,00
EPB	315,70	0,00	24,85	0,00	16,09	0,00
EK	216,57	0,00	15,40	0,00	7,04	0,00

Tablo 4'te yer alan Breusch ve Pagan (1980) LM test sonucu incelendiğinde, tüm değişkenler için hesaplanan olasılık değerlerinin kritik değer olan %5'ten küçük olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla, yatay kesit bağımlılığı bulunmadığına yönelik sıfır hipotezi ret edilmektedir. Bir başka ifadeyle, tüm değişkenler için model ve değişken bazında yatay kesit bağımlılığı sorununun bulunduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde Pesaran LM_{adj} test sonuçlarına göre, tüm değişkenler için değişken ve model bazında yatay kesit bağımlılığının bulunmadığı yönündeki sıfır hipotez ret edilmektedir. Büyük paneller için geçerli olan ve $N>T$ durumunda daha etkin sonuçlar veren Pesaran CD_{LM} testinin bulguları da, Breusch-Pagan LM ve Pesaran LM_{adj} testlerinin sonuçlarını destekler niteliktedir. Özetle, her üç test sonucu da model ve değişken bazında yatay kesit bağımlılığı sorununun varlığına işaret etmektedir. Yatay kesit bağımlılığının varlığı, incelenen OECD ülkelerinin birinde meydana gelen şokların diğer ülkeleri farklı düzeylerde etkilediğine işaret etmektedir. Ulaşılan bu bulgu, yatay kesiti oluşturan ülkelerin ortak özellik olarak OECD üyesi olmaları ve her birinin nükleer enerji üretim gücüne sahip olması nedeniyle beklenen bir sonuç olarak değerlendirilmiştir. Yatay kesit bağımlılığının tespit edilmesinin ardından kurgulanan modele ilişkin homojenite testine geçilmiştir.

3.2.3. Panel Veride Homojenlik Varsayımının İncelenmesi

Homojenlik varsayımı, regresyon katsayısının yatay kesitler arasında değişmediğini ifade etmektedir. Homojenlik varsayımının karşıtı olan heterojenlik durumunda ise regresyon katsayısı yatay kesitlere göre farklılaşmaktadır (Baltagi, 2005: 201-205).

Homojenlik varsayımının ihlal edilmesi durumunda tüm birimler için tahmin edilen ortak katsayı ortalama bir etkiyi temsil etmekte, dolayısıyla birim bazında etkiler göz ardı edilmektedir (Hsiao, 2014: 10-13). Delta testi, panel veri modellerinde homojenlik varsayımının test edilmesinde kullanılmakta olup modeldeki birimlerin katsayılarının birbirinden farklı olup olmadığını incelemektedir. Testin temel hipotezine göre (H_0), birimler arasında homojenlik bulunmaktadır. Dolayısıyla tüm birimlerin katsayıları birbirine eşittir. Alternatif hipoteze göre (H_a), birimler arasında heterojenlik vardır. Buna göre, en az bir birimin katsayısı diğerlerinden farklıdır. Delta testinin aşağıda sunulan istatistiğinde k terimi bağımsız değişken sayısını, N yatay kesit birimlerinin sayısını, S , Swamy istatistiğini ve son olarak $Var(t, k)$ standart hatayı ifade etmektedir (Pesaran & Yamagata, 2008: 52-62);

$$\hat{\Delta}_{adj} = \sqrt{N} \frac{N^{-1} \hat{S} - E(\hat{z}_{iT})}{\sqrt{Var(\hat{z}_{iT})}} \quad (\text{Büyük Veri}) \quad (6)$$

$$\hat{\Delta}_{adj} = \sqrt{N} \frac{N^{-1} \hat{S} - E(\hat{z}_{iT})}{\sqrt{Var(\hat{z}_{iT})}} \sim N(0,1) \quad (\text{Küçük Veri}) \quad (7)$$

$$E(\hat{z}_{iT}) = k; \quad Var(\hat{z}_{iT}) = \frac{2k(T-k-1)}{T+1} \quad (8)$$

Çalışma kapsamında Pesaran ve Yamagata (2008) tarafından önerilen delta testi yardımıyla homojenlik varsayımı incelenmiş ve elde edilen bulgular Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo: 5
Delta Testi Sonuçları

Model	Delta	P değeri	Düzeltilmiş Delta	P değeri
	0,33	0,37	0,38	0,35

Tablo 5 incelendiğinde, kurgulanan modeldeki delta test istatistiğine ve düzeltilmiş delta test istatistiğine ilişkin olasılık değerlerinin 0,05'ten büyük olduğu, dolayısıyla homojenliğin varlığının reddedilemediği görülmektedir. Çalışmada homojenlik varsayımının sağlanması, modelin kurgulandığı OECD ülkelerinde nükleer enerji tüketimi üzerindeki etkilerin ortak bir yaklaşımla analiz edilebileceğini göstermektedir. Bir başka ifadeyle, incelenen OECD ülkeleri için tahmin edilen ortak katsayı, tüm ülkeler için geçerli olan ortalama bir etkiyi temsil etmektedir. Bu durum, model sonuçlarının güvenilir ve yorumlanabilir olduğuna işaret etmektedir.

3.2.4. Pesaran (2007) CIPS Birim Kök Testi

Değişkenlerin yatay kesit bağımlılığı sorunu içerdiği ve homojen dağılıma sahip oldukları tespit edildiğinden, yatay kesit bağımlılığını dikkate alan ikinci nesil birim kök testlerinin kullanılması gerekmektedir. İkinci nesil birim kök testleri arasında Breuer vd. (2002)'nin SURADF, Smith vd. (2004)'nin Bootstrap, Bai ve Ng (2004)'nin PANIC, Pesaran (2007)'nin CADF ve CIPS testleri sayılmaktadır. Bu çalışmada, ikinci nesil birim kök testlerinden Pesaran (2007)'nin önerdiği ve yatay kesit bağımlılığı ile homojenite varsayımını gözetken CIPS testi kullanılmıştır.

Tahmin edilen faktörlerin sapmalarına dayalı diğer birim kök testlerinden farklı olarak CIPS testi, her bir serinin gecikmeli değerlerinin ve birincil farklarının regresyonlarını konsolide ederek birim kök analizini gerçekleştirmektedir. CADF test istatistiklerinin aritmetik ortalaması olan CIPS testi, panel veri setindeki her bir birimin, birim kök hipotezlerini test etmekte ve yatay kesit bağımlılığının dikkate alınmasında ortak etkilerden faydalanmaktadır. CIPS testinin temel hipotezi (H_0), birim kökün varlığı iken, karşıt hipotez (H_a) birim kök bulunmadığı yönündedir. CIPS test istatistiği aşağıdaki gibi hesaplanabilmektedir. Burada t_i , CADF regresyonundaki her bir birim için kesitsel olarak artırılmış Dickey-Fuller istatistiğini ifade etmektedir (Pesaran, 2007: 267-279; Baltagi & Pesaran, 2007: 230);

$$CADF_{if} = \frac{\int_0^1 W_i(r) dW_i(r) - \gamma'_{if} \theta_f^{-1} K_{if}}{(\int_0^1 W_i^2(r) dr - K'_{if} \theta_f^{-1} K_{if})^{1/2}} \quad (9)$$

$$CIPS = N^{-1} \sum_{i=1}^N t_i(N, T) \quad (10)$$

Buna göre her bir birim için CADF istatistikleri belirlendikten sonra panel seviyesinde bir test istatistiği hesaplanarak olasılık değerlerine göre temel hipotezin reddedilip reddedilmeyeceğine karar verilmektedir. CIPS test istatistikleri Tablo 6’da sunulmuştur.

Tablo: 6
CIPS İkinci Nesil Birim Kök Testi Analiz Sonucu

	Düzey Değerleri				Birinci Farkları			
	Sabit Terimli (Trendsiz)		Sabit Terim ve Trendli		Sabit Terimli (Trendsiz)		Sabit Terim ve Trendli	
	t istatistiği	P değeri	t istatistiği	P değeri	t istatistiği	P değeri	t istatistiği	P değeri
NET	-2,19	>0,10	-2,32	>0,10	-3,02	<0,01	-3,84	0,01
LPIF	-3,30	<0,01***	-3,63	<0,01***				
FN	-2,22	<0,05**	-2,47	<0,01***				
EPB	-2,01	<0,01***	-2,71	<0,01***				
EK	-2,15	>0,10	-2,09	>0,10	-2,83	<0,01***	-2,63	<0,01***

Not: ***,** sırayla %1 ve %5 güven aralığını ifade etmektedir.

Tablo 6 incelendiğinde, bağımlı değişken olarak belirlenen NET serisinin düzeyde birim köklü olduğu ancak birinci farkta durağan özellik gösterdiği belirlenmiştir. Bağımsız değişkenlerden LPIF, FN ve EPB’nin düzey değerlerinde durağanlık gösterirken, EK değişkeninin düzey değerinde durağan özellik göstermediği ve birinci farkı alındığında durağanlaştığı görülmektedir. Bir başka ifadeyle, nükleer enerji tüketiminin temsilcisi olan NET değişkeninin ve ekonomik karmaşıklığın göstergesi olarak ele alınan EK değişkeninin I(1) oldukları tespit edilmiştir. Buna göre, NET ve EK değişkenleri birinci farkı alındığında durağan özellik göstermektedirler. Aksine, petrol ithalat fiyatlarının göstergesi olan LPIF, finansallaşmanın temsilcisi olan FN ve ekonomik politik belirsizliklerini temsil eden EPB’nin düzey değerlerinde durağan özelliğe sahip oldukları tespit edilmiştir. Dolayısıyla, farklı seviyelerde durağanlık gösteren serilerin modelde yer aldığına yönelik bulgulara ulaşıldığı söylenebilmektedir.

4. Panel Veri Tahminlerine İlişkin Bulgular

Çoklu doğrusal bağlantı, homojenite ve durağanlık sınamalarının ardından değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkilerin incelenmesi amacıyla eşbütünleşme analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu amaç doğrultusunda farklı mertebeden durağanlık gösteren seriler arasındaki eşbütünleşme ilişkilerinin incelenmesine olanak tanıyan, aynı zamanda yatay kesit bağımlılığını dikkate alan ve Westerlund (2008) tarafından geliştirilen Durbin-Hausman testi kullanılmıştır.

Durbin-Hausman testi, yatay kesit bağımlılığının varlığı durumunda kullanılabilen bir panel eşbütünleşme testidir. Bu test, serilerin farklı mertebeden durağan olmaları durumunda güvenle kullanılabilmektedir. Burada geçerli olan tek koşul bağımlı değişkenin I(1) özelliğe sahip olmasıdır. Bu test, homojen ve heterojen yapıdaki veri setlerine uygulanabilmektedir. Heterojen yapıya sahip veri setlerinde Durbin-Hausman Grup (DH_g), homojen yapıya sahip veri setlerinde ise Durbin-Hausman Panel (DH_p) istatistiğinin dikkate alınması önerilmektedir (Westerlund, 2008: 194-203, Balcılar et al., 2020: 7). Westerlund (2008) tarafından geliştirilen DH_p ve DH_g istatistikleri aşağıdaki gibi hesaplanabilmektedir;

$$DH_p = \hat{S}_n(\tilde{\varphi} - \hat{\varphi})^2 \sum_{i=1}^n \sum_{t=2}^T \hat{e}_{it-1}^2 \quad (11)$$

$$DH_g = \sum_{i=1}^n \hat{S}_i(\tilde{\varphi}_i - \hat{\varphi}_i)^2 \sum_{t=2}^T \hat{e}_{it-1}^2 \quad (12)$$

Eşbütünleşme ilişkinin incelenmesinde, bağımlı değişkenin I(1) olması ve yatay kesit bağımlılığı sorununun bulunması sebebiyle Westerlund (2008) tarafından geliştirilen Durbin-Hausman testi çalışmada kullanılmıştır. Serilerin homojen özellik göstermesi sebebiyle de ilgili testin, DH_p istatistikleri dikkate alınmıştır. Durbin-Hausman testinin DH_p istatistikleri dikkate alınarak gerçekleştirilen eşbütünleşme analiz sonuçlarına Tablo 7’de yer verilmiştir.

Tablo: 7
Westerlund (2008) Durbin-Hausman Panel Eşbütünleşme Test Sonuçları

DH_p	-1,923
Olasılık	0,027
H_0 : Değişkenler arasında panel eşbütünleşme ilişkisi yoktur.	
H_a : Değişkenler arasında panel eşbütünleşme ilişkisi vardır.	

Tablo 7 incelendiğinde, elde edilen DH_p istatistiğine ilişkin olasılık değerinin 0,05’ten küçük olduğu görülmektedir. Buna göre, H_0 hipotezi ret edilmektedir. Dolayısıyla değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin var olduğu görülmektedir. Ulaşılan bu sonuç, OECD ülkelerinde nükleer enerji tüketiminin temsilcisi olan NET ile açıklayıcı değişkenler LPIF, FN, EPB ve EK’nın uzun dönemde birlikte hareket ettiklerini göstermektedir. Dolayısıyla, OECD ülkelerinde petrol ithalat fiyatları, finansallaşma, ekonomik politik belirsizlikler ve ekonomik karmaşıklığın uzun dönemde nükleer enerji tüketimindeki değişime eşlik ettikleri söylenebilmektedir. Söz konusu uzun dönemli ilişkinin yönünün tespit edilebilmesi amacıyla, I(0) ve I(1) olmak üzere farklı seviyelerde durağan özellik

gösteren serilerin modelde yer alması durumunda kullanılabilen ve Pesaran vd. (1999) tarafından geliştirilen Pooled Mean Group (PMG) ARDL yöntemi kullanılmıştır.

PMG tahmincisi, parametrelerin gruplar arasında aynı olabileceğini dikkate almayan ortalama grup (MG) tahmincisinin eksikliklerini gidermeye yönelik olarak geliştirilmiştir. PMG tahmincisi, hata teriminden sapmaların ve kısa dönem katsayıların gruplar arasında farklılık göstermesine bunun yanı sıra, uzun dönem esneklik katsayılarının eşdeğer olmasına olanak tanımaktadır. Dolayısıyla homojenlik şartının sağlanması durumunda bu tahminci tutarlı ve etkin sonuçlar üretmektedir (Pesaran et al., 1999: 621-627).

Panel veri analizinde homojenlik şartının sağlanması durumunda, yatay kesit bağımlılığı sorunu var olsa da PMG-ARDL tahmincisi kullanılabilmektedir. Bir başka ifadeyle yatay kesit bağımlılığının bulunmasına rağmen, panel verinin homojen yapıda olması durumunda PMG-ARDL tahmincisi tutarlı ve etkin sonuçlar üretmektedir (Topaloğlu & Bayrakdaroglu, 2024: 312). Tablo 4-5’te yer alan sonuçlar, yatay kesit bağımlılığı sorununun bulunduğunu ancak aynı zamanda modelin homojen yapıda olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, homojenlik varsayımının sağlanmış olması bunun yanı sıra, PMG-ARDL tahmincisinin yukarıda bahsi geçen avantajları, özellikle de $N > T$ durumunda kullanılabiliyor olması nedeniyle OECD ülkelerinde petrol ithalat fiyatları, finansallaşma, ekonomik politik belirsizlikler ve ekonomik karmaşıklığın nükleer enerji tüketimi üzerindeki etkilerinin incelenmesinde bu yöntemin kullanılması tercih edilmiştir. PMG-ARDL analizi neticesinde ulaşılan bulgulara Tablo 8’de yer verilmiştir.

Tablo: 8
Kısa ve Uzun Dönem Katsayı Tahminleri

PMG-ARDL (3,2,2,2,2) Uzun Dönem Katsayıları		
Değişken	Katsayı	Olasılık
LPIF	0,055	0,00
EPB	-0,001	0,01
EK	0,056	0,05
FN	0,194	0,00
Kısa Dönem Katsayıları		
COINTEQ	-0,314	0,02
D(NET(-1))	0,102	0,58
D(NET(-2))	-0,124	0,38
D(LPIF(-1))	0,025	0,45
D(LPIF(-2))	-0,08	0,00
D(EPB)	-0,0008	0,79
D(EPB(-1))	0,0007	0,05
D(EK)	0,188	0,47
D(EK(-1))	0,04	0,90
D(FN)	0,60	0,10
D(FN(-1))	0,68	0,29
C	-0,06	0,07

Tablo 8’de sunulan uzun dönem sonuçlar değerlendirildiğinde, petrol ithalat fiyatlarındaki artışın OECD ülkelerinde nükleer enerji tüketimini pozitif yönde etkilediği sonucuna ulaşılmaktadır. Petrol ithalat fiyatlarının, nükleer enerji yatırımlarını artırdığı yönündeki bu bulgu Lee ve Chiu (2011a) ve Lee ve Chiu (2011b)’nin çalışmalarında elde edilen bulgular ile uyumludur. Buna göre petrol fiyatlarındaki artışın, OECD ülkelerini nükleer enerji tüketimine yönlendirdiği söylenebilmektedir. Ulaşılan bu sonuç, petrol ithalat

fiyatlarındaki artışların maliyet artışına sebep olarak OECD ülkelerindeki politika geliştiricileri nükleer enerji gibi alternatif enerji kaynaklarına yönlendirdiğine işaret etmektedir. Dolayısıyla, OECD ülkelerinde nükleer enerji kaynaklarının petrole dayalı enerjinin bir alternatifi olarak değerlendirildiği söylenebilmektedir. Kıt bir kaynak olan petrol fiyatlarındaki dalgalanmaların gelecekte artarak devam edebileceği düşünüldüğünde, OECD ülkelerinin alternatifler üretiyor olduğunu söylemek yanlış olmayacaktır.

Ulaşılan bir diğer bulgu, OECD ülkelerinde ekonomik politik belirsizliklerin uzun dönemde nükleer enerji tüketimini negatif yönde etkilediğini göstermektedir. Geçmiş çalışmalar arasında ekonomik politik belirsizliklerin nükleer enerji kaynakları üzerindeki etkisini inceleyen herhangi bir çalışmaya rastlanılmadığından doğrudan bir karşılaştırma imkânı bulunmamaktadır. Ancak, ulaşılan bu sonuç, Pata vd. (2023), Zhang vd. (2021), Qamruzzaman vd. (2022), Shafiullah vd. (2021) ve Husain vd. (2024)'nin ekonomik politik belirsizliklerin yenilenebilir enerji yatırımlarını negatif yönde etkilediği yönündeki bulguları ile uyumludur. Diğer birçok yatırım türüne benzer şekilde nükleer enerji yatırımlarının da politik ve ekonomik istikrarsızlıklardan negatif yönde etkilendiği görülmektedir. Dolayısıyla, OECD ülkelerinde enflasyon, faiz, istihdam ve döviz kuru gibi iktisadi göstergelere ilişkin belirsizliklerin nükleer enerji yatırımlarının gerektirdiği finansman kaynaklarını kısıtlayabilmesi ve politika geliştiricilerin nükleer enerji yatırımlarının sürdürülmesine yönelik iradelerini negatif yönde etkileyebilmesi mümkün gözükmektedir.

Ekonomik karmaşıklık ve nükleer enerji tüketimi arasındaki ilişkinin ise pozitif yönlü olduğu görülmektedir. Buna göre, OECD ülkelerinde sofistike ürün üretme kabiliyetinin artması nükleer enerji tüketimini artırmaktadır. Ekonomik karmaşıklık ve nükleer enerji tüketimi arasındaki etkileşimi araştıran herhangi bir çalışmaya ulaşılamadığından, elde edilen bu sonucun doğrudan diğer çalışmalar ile karşılaştırılması mümkün olamamıştır. Ancak ekonomik karmaşıklığın ekonomik büyümenin önemli bir tahminicisi olduğu dikkate alındığında ulaşılan bu bulgunun ekonomik büyüme ve nükleer enerji ilişkisini inceleyen araştırmalar ile karşılaştırılabilir olduğu değerlendirilmiştir. Buna göre, analizler neticesinde ulaşılan bu sonucun Apergis vd. (2010), Apergis ve Payne (2010), Yoo ve Ku (2009), Chang vd. (2014) ve Lee ve Chiu (2011b)'nin çalışmalarında elde edilen bulgular ile uyumlu olduğu görülmektedir. Ulaşılan bu bulgu, sofistike ve ileri teknoloji içeren ürünlerin üretiminin yüksek teknoloji gerektiren nükleer enerji yatırımlarını desteklediğini göstermektedir. Dolayısıyla, artan ekonomik karmaşıklığın eşlik ettiği teknolojik ilerlemeler ve ihracat gelirlerindeki artışlar nükleer enerji yatırımlarının gerektirdiği teknolojiyi sağlayabildiği gibi finansmanı da kolaylaştırabilmektedir.

Son olarak bu çalışmada elde edilen bulgular, OECD ülkelerinde finansallaşmanın nükleer enerji tüketimini pozitif yönde etkilediğini göstermiştir. Buna göre finansal gelişmenin artması OECD ülkelerinde nükleer enerjiye olan talebi artırmaktadır. Geçmiş çalışmalar incelendiğinde benzer şekilde, finansallaşma ve nükleer enerji tüketimi arasındaki etkileşimi inceleyen herhangi bir araştırmaya rastlanılmadığından doğrudan karşılaştırma imkânı elde edilememiştir. Ancak, ulaşılan bu bulgunun finansallaşma ile enerji tüketimi ve yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki etkileşimi inceleyen araştırmaların

sonuçları ile karşılaştırılabilir olduğu düşünülmektedir. Bu noktadan hareketle, finansallaşmanın nükleer enerji tüketimini pozitif yönde etkilediği yönündeki bulgunun Sadorsky (2010), Sadorsky (2011), Alam vd. (2015), Al-Mulali ve Lee (2013), Mukhtarov vd. (2018) ve Liu vd. (2018)'nin finansallaşmanın enerji tüketimini artırdığı yönündeki bulgularını desteklemekte olduğu söylenebilmektedir. Ayrıca ulaşılan bu bulgu Shahbaz vd. (2021), Zhang vd. (2021), Anton ve Nucu (2020), Ji ve Zhang (2019), Mukhtarov vd. (2022)'nin finansallaşmanın yenilenebilir enerji tüketimini artırdığı yönündeki bulguları ile benzerlik göstermektedir. Buna göre finansallaşma, finansal piyasaların etkinliğini artırarak bunun yanı sıra finansal varlıkların çeşitlendirilmesini ve finansal piyasaların derinleşmesini sağlayarak nükleer enerjinin gerektirdiği yüksek hacimli finansman gereksiniminin karşılanmasına katkıda bulunabilmektedir. Son olarak, modelde yer alan kısa dönem hata düzeltme katsayısı incelendiğinde, COINTEQ katsayısının %5 anlamlılık seviyesinde 0 ile -1 aralığında bir değer aldığı görülmektedir. Bu sonuç, kısa vadede oluşan değişimlerin ve sapmaların, uzun vadede yeniden dengeye geldiğine işaret etmektedir. Ayrıca ulaşılan diğer kısa dönemli bulgular, petrol ithalat fiyatının iki dönem gecikmeli değerinin nükleer enerji yatırımları üzerinde etkili olduğunu göstermektedir.

5. Sonuç ve Politika Önerileri

Ekonomik büyümenin enerji gereksinimini artırması özellikle enerji ithal eden ve fosil kaynaklara bağımlı olan ülkeleri alternatif enerji kaynaklarına yönlendirebilmektedir. Ayrıca, fosil yakıt tüketiminin çevre üzerindeki olumsuz etkileri, politika geliştiricileri nükleer enerji gibi temiz enerji kaynaklarına yönlendirebilmektedir. Dolayısıyla özellikle enerji ithal eden ülkeler fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltmak bunun yanı sıra çevresel kirliliğin önlenmesine katkıda bulunmak adına nükleer enerji gibi alternatif enerji kaynaklarına yönelebilmektedirler.

Bu çalışmada ekonomik politik belirsizliklerin, ekonomik karmaşıklığın, petrol ithalat fiyatlarının ve finansallaşmanın nükleer enerji tüketimi üzerindeki etkisi OECD ülkeleri için incelenmiştir. Nükleer enerji tüketimi üzerinde etkili olan sosyal ve ekonomik faktörlerin belirlenmesine yönelik bir araştırmada en uygun ülke örnekleminin *Our World in Data* (2024) verilerine göre küresel ölçekte nükleer enerji üretiminin büyük bir kısmını gerçekleştiren OECD ülkeleri olduğu değerlendirilmiştir. Ayrıca, bu ülkelerde nükleer enerji kullanımı üzerinde etkili olan faktörlerin ve etki yönlerinin belirlenmesinin bu ülkelerdeki politika geliştiriciler açısından önemli çıkarımlar içerdiği düşünülmektedir. Bu doğrultuda, çalışma kapsamında verilerine erişilebilen 11 OECD ülkesinin 2003 ile 2022 yılları arasındaki yıllık verilerinden faydalanılarak söz konusu faktörler arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Yürütülen eşbütünleşme analizleri, değişkenlerin uzun dönemde birlikte hareket ettiklerini göstermiştir. Ayrıca, değişkenlerin farklı seviyelerde durağan özellik göstermeleri ve küçük panel veri yapısı nedeniyle PMG-ARDL yöntemi kullanılarak kısa ve uzun dönem ilişkiler incelenmiştir. Analizler neticesinde OECD ülkelerinde petrol ithalat fiyatlarındaki artışların nükleer enerji tüketimini artırdığı belirlenmiştir. Ulaşılan bu bulgu, petrol fiyatlarındaki artışların OECD ülkelerini alternatif enerji kaynaklarına yönlettiğine dair görüşü desteklemektedir. Buna göre, yükselen petrol fiyatlarının üretim maliyetlerini

artırmasının, petrole erişimi zorlaştırmasının ve enerji güvenliğini tehdit etmesinin, OECD ülkelerinde politika geliştiricileri petrole bağımlılığı azaltan nükleer enerji kaynaklarına yönlendirdiği düşünülmektedir. Ulaşılan bu bulguya benzer şekilde, Lee ve Chiu (2011a) gelişmiş ülkelerde petrol fiyatlarındaki artışların nükleer enerji tüketimini uzun dönemde artırdığını belirlemiştir. Dolayısıyla, ulaşılan bulgunun Lee ve Chiu (2011a)'nın sonuçlarını desteklediği söylenebilmektedir. Ayrıca ulaşılan bu bulgu, Lee ve Chiu (2011b)'nın Kanada, Japonya ve İngiltere'de petrol fiyatındaki değişikliklerin nükleer enerji tüketimini etkilediği yönündeki bulgusunu desteklemektedir. Aksine ulaşılan bu bulgu, Önder ve Gündüz (2019: 32-33) tarafından ortaya koyulan ham petrol fiyatlarındaki artışların nükleer enerji tüketimini azalttığını yönündeki sonucuyla çelişmektedir. Ulaşılan bu sonuç Rushton (2022: 8)'ın nükleer enerji yatırımlarının petrol fiyatlarındaki artışların neden olduğu petrol arama faaliyetlerinden daha iyi bir alternatif olabileceği yönündeki görüşünü desteklemektedir. *Our World in Data* (2024) tarafından yayımlanan verilere göre OECD ülkelerinde nükleer enerji yatırımlarının artması bu bulguyu destekler niteliktedir. Dolayısıyla, OECD ülkelerinde nükleer enerjinin petrole alternatif bir enerji kaynağı olabileceği düşünülmektedir.

Ulaşılan bir diğer bulgu, ekonomik politik belirsizliklerin uzun dönemde nükleer enerji tüketimini negatif yönde etkilediğidir. Nükleer enerji yatırımları diğer yatırımlara benzer şekilde ekonomik ve politik istikrarı gerektirmektedir. Nükleer enerji yatırımlarının yüksek maliyetli ve geri dönüş süresinin uzun olması makroekonomik dengelerin istikrarlı olmasını, sürdürülebilirlik arz eden bir bütçelemeyi ve güçlü bir politik iradeyi gerektirmektedir. Ancak, makroekonomik dengelerdeki bozulmalar nükleer enerji yatırımlarının gerektirdiği büyük ölçekli fonlara erişimi zorlaştırabilmekte, yatırımların sürdürülmesi yönündeki politik iradeyi tehdit edebilmekte dolayısıyla ekonomik politik belirsizlikleri artırabilmektedir. Özellikle faiz, enflasyon ve istihdam oranlarındaki negatif değişimler ve döviz kurundaki artan oynaklık ekonomik politik belirsizlikleri artırarak nükleer enerji gibi yüksek maliyetli ve geri dönüş süresi uzun yatırımları sekteye uğratabilmektedir. Bu nedenle, ekonomik politik belirsizliklerin azaltılması nükleer enerji yatırımlarının gereksinim duyabileceği istikrar ortamına katkıda bulunarak söz konusu yatırımların hızlandırılmasında bir politika aracı olarak kullanılabilir. Ayrıca, ekonomik politik belirsizliklerinin azaltılması nükleer enerji yatırımları gibi büyük ölçekli yatırımların gerektirdiği fonların sağlanmasını kolaylaştırabilmekte ve finansman maliyetlerini düşürebilmektedir. Bu nedenle OECD ülkelerinde ekonomik politik belirsizlikleri azaltmaya yönelik politikaların nükleer enerji yatırımları ile ilgili politikalar ile bütünleştirilmesi önerilmektedir. Ancak, ekonomik politik belirsizlikler, ülkeye özgü içsel faktörler ile ilgili olduğu gibi dışsal faktörlerle de ilişkili olabilmektedir. Bu nedenle, ekonomik politik belirsizliklerin tamamen ortadan kaldırılması çoğu durumda mümkün olmayabilmektedir. Bu kapsamda, politika geliştiricilerin ekonomik politik belirsizliklerin tamamen ortadan kaldırılmasına odaklanmak yerine etkilerini sürekli olarak ölçerek en düşük seviyeye indirmeye yönelik adımlar atmalarının önemli olduğu düşünülmektedir.

Ekonomik karmaşıklık ve nükleer enerji tüketimi arasındaki ilişkinin incelenmesi neticesinde OECD ülkelerinde sofistike ürün üretme kabiliyetinin artmasının nükleer enerji

kullanımını artırdığı belirlenmiştir. Buna göre, sofistike ürün üretme becerisine sahip olan bir başka ifadeyle ileri teknolojileri ellerinde bulunduran ya da bu teknolojileri kendi ülkelerine transfer ederek kullanan OECD ülkelerinin aynı zamanda nükleer enerji yatırımlarını gerçekleştirebilecek bilgi, beceri ve yetkinliklere sahip oldukları ya da bu bilgi ve becerileri ülkelere transfer edebildikleri söylenebilmektedir. Sofistike ürün üretme becerisinin gelişmesi bir ülkede teknolojik ilerlemeleri hızlandırabilmekte ve yüksek teknoloji ürün çeşitliliğini artırabilmektedir. Nükleer enerji yatırımları da yüksek teknoloji içeren süreçleri ve ürünleri gerektirmektedir. Dolayısıyla, sofistike ürün üretme kabiliyetinin artması ileri teknoloji içeren süreçleri destekleyerek ve yüksek teknoloji ürünlerin çeşitliliğini artırarak nükleer enerji üretimine katkıda bulunabilmektedir. Ayrıca, bir ülkede sofistike ürün üretme yetkinliğinin artması ileri teknoloji alanında nükleer enerji santrallerinin inşasına yönelik ortak projelerin geliştirilmesini sağlayabilmektedir. Geliştirilen ortak projeler, teknoloji transferine ve nükleer enerji yatırımlarının finansmanına katkı sunabilmektedir. Bu nedenle OECD ülkelerinde politika geliştiricilerin, sofistike ürün üretiminde Ar-Ge yatırımlarını teşvik ederek, nükleer enerji teknolojilerine yönelik ürün çeşitliliğinin artırılmasını destekleyerek ve finansmanına yönelik ortak projelerin gelişimini sağlayarak nükleer enerji üretimine katkıda bulunabilmesi mümkündür.

Son olarak bu çalışmada elde edilen bulgular, finansallaşmanın OECD ülkelerinde nükleer enerji tüketimini pozitif yönde etkilediğini ortaya koymuştur. Buna göre OECD ülkelerinde finansal piyasaların ve finansal kurumların gelişiminin sağlanması, bunun yanı sıra finansal derinleşmenin artırılması nükleer enerji yatırımlarını hızlandırabilmektedir. Özellikle finansal piyasaların ve finansal kurumların etkin işleyişinin sağlanması, nükleer enerji yatırımlarının finansmanı için gerekli kaynakların tahsisini iyileştirerek yatırımların geri dönüş süresi azaltılabilmekte ve finansman maliyetlerini düşürebilmektedir. Bunun yanı sıra finansal derinleşme, finansal kapsayıcılığı artırarak ve tasarrufları teşvik ederek atıl durumdaki fonların finansal sisteme entegre edilmesini sağlayabilmekte, dolayısıyla likidite artışıyla yüksek maliyetli nükleer enerji projelerinin finansmanını kolaylaştırabilmektedir. Finansal derinleşme de nükleer enerji yatırımlarının finansmanında kullanılabilecek finansal varlıkların çeşitlendirilmesini sağlayabilmektedir. Buna göre, derinleşen finansal piyasalar kredi gibi geleneksel yatırım araçlarının yanı sıra, yeşil finansman gibi alternatif finansman araçlarının geliştirilmesini ve yaygın kullanımını sağlayarak nükleer enerji yatırımlarına yönelik finansman olanaklarını artırabilmektedir. Bu nedenle, OECD ülkelerindeki politika geliştiricilerin finansman kaynaklarını çeşitlendirmeye, enerjinin finansmanına yönelik likiditeyi artırmaya ve etkin kaynak tahsisini sağlanmaya yönelik politikalar geliştirmeleri önerilmektedir.

Bu çalışmanın kısıtları üç başlık altında özetlenebilmektedir. İlk olarak, bu çalışma temiz bir enerji kaynağı olarak nükleer enerjiye odaklanmaktadır. Bundan sonra yürütülecek olan araştırmalarda ekonomik politik belirsizliklerin, ekonomik karmaşıklığın, finansallaşmanın ve petrol fiyatlarının diğer temiz enerji kaynakları üzerindeki etkilerinin incelenmesinin temiz enerji kaynaklarının belirleyicileri arasındaki farklılıkların ortaya koyulması açısından önemli olduğu düşünülmektedir. İkinci olarak, bu çalışmada küresel ölçekte nükleer enerji üretiminde büyük bir paya sahip olan OECD ülkeleri incelenmiştir.

Gelecekte yürütülmesi planlanan araştırmalarda OECD dışındaki ülkeler üzerine analizler yürütülmesinin ülkeler arası farklılıkları ortaya çıkarabileceği düşünülmektedir. Son olarak, 2023 yılına ait verilerin çalışmanın yapıldığı tarihte henüz ulaşılabılır olmaması nedeniyle çalışmanın zaman boyutu 2003-2022 dönemi ile sınırlandırılmıştır. Bundan sonra yürütülecek olan araştırmalarda güncel verilerin dâhil edilerek analizlerin gerçekleştirilmesi önerilmektedir.

Kaynaklar

- Adedoyin, F. et al. (2021), “The implications of renewable and non-renewable energy generating in Sub-Saharan Africa: The role of economic policy uncertainties”, *Energy Policy*, 150, 112115.
- Alam, A. et al. (2015), “Does financial development contribute to SAARC’ S energy demand? From energy crisis to energy reforms”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 818-829.
- Al-Mulali, U. & J.M.Y. Lee (2013), “Estimating the impact of the financial development on energy consumption: Evidence from the GCC (Gulf Cooperation Council) countries”, *Energy*, 60, 215-221.
- Anton, S.G. & A.E.A. Nucu (2020), “The effect of financial development on renewable energy consumption. A panel data approach”, *Renewable Energy*, 147(1), 330-338.
- Apergis, N. & J.E. Payne (2010), “A panel study of nuclear energy consumption and economic growth”, *Energy Economics*, 32(3), 545-549.
- Apergis, N. et al. (2010), “On the causal dynamics between emissions, nuclear energy, renewable energy, and economic growth”, *Ecological Economics*, 69(11), 2255-2260.
- Ashraf, A. et al. (2022), “The impact of financial development on ecological footprints of nations”, *Journal of Environmental Management*, 322, 116062.
- Bai, J. & S. Ng (2004), “A PANIC attack on unit roots and cointegration”, *Econometrica*, 72(4), 1127-1177.
- Balcılar, M. et al. (2020), “Insurance and economic policy uncertainty”, *Research in International Business and Finance*, 54, 101253.
- Balland, P.A. et al. (2022), “The new paradigm of economic complexity”, *Research Policy*, 51(3), 10445.
- Baloch, M.A. et al. (2019), “The effect of financial development on ecological footprint in BRI countries: Evidence from panel data estimation”, *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 6199-6208.
- Balsalobre-Lorente, D. et al. (2024), “Assessing the impact of the economic complexity on the ecological footprint in G7 countries: Fresh evidence under human development and energy innovation processes”, *Gondwana Research*, 127, 226-245.
- Baltagi, B. (2005), *Econometric Analysis of Panel Data* (3rd ed), John Wiley & Sons Inc., New York.
- Baltagi, B.H. & H.M. Pesaran (2007), “Heterogeneity and cross section dependence in panel data models: theory and applications introduction”, *Journal of Applied Econometrics*, 22(2), 229-232.

- Bhattacharya, S. & B.K. Sachdev (2021), "Can renewable energy reduce the demand for crude oil: An analysis?", *International Journal of Multidisciplinary Research and Growth Evaluation*, 2(6), 94-98.
- Breuer, J.B. et al. (2002), "Series-specific unit root tests with panel data", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 64(5), 527-546.
- Breusch, T.S. & A.R. Pagan (1980), "The Lagrange multiplier test and its applications to model specification in econometrics", *Review of Economic Studies*, 47(1), 239-253.
- Burakov, D. & M. Freidin (2017), "Financial development, economic growth and renewable energy consumption in Russia: A vector error correction approach", *International Journal of Energy Economics and Policy*, 7(6), 39-47.
- Can, M. & G. Gözgör (2017), "The impact of economic complexity on carbon emissions: Evidence from France", *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 16364-16370.
- Chang, T. et al. (2014), "Causal relationship between nuclear energy consumption and economic growth in G6 countries: Evidence from panel Granger causality tests", *Progress in Nuclear Energy*, 77, 187-193.
- Christoforidis, T. et al. (2021), "The dynamic links between nuclear energy and sustainable economic growth. Do institutions matter?", *Progress in Nuclear Energy*, 139, 103866.
- Chu, H.P. & T. Chang (2012), "Nuclear energy consumption, oil consumption and economic growth in G-6 countries: Bootstrap panel causality test", *Energy Policy*, 48, 762-769.
- Duran, M.S. et al. (2022), "Nuclear energy consumption and energy-driven growth nexus: a system GMM analysis of 27 nuclear utilizing countries across the globe", *Environmental Science and Pollution Research*, 29(46), 70564-70572.
- Economic Policy Uncertainty (2024), <www.policyuncertainty.com>, 18.09.2024.
- Energy Institute (2024), <<https://www.energyinst.org/>>, 16.09.2024.
- Fang, J. et al. (2021), "The impact of economic complexity on energy demand in OECD countries", *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 33771-33780.
- Furuoka, F. (2015), "Financial development and energy consumption: Evidence from a heterogeneous panel of Asian countries", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 430-444.
- Gaies, B. et al. (2019), "Financial development and energy consumption: Is the MENA region different?", *Energy Policy*, 135, 111000.
- Gómez, M. & J.C. Rodríguez (2019), "Energy consumption and financial development in NAFTA countries, 1971-2015", *Applied Sciences*, 9(2), 302.
- Hafeez, M. et al. (2019), "An empirical evaluation of financial development-carbon footprint nexus in One Belt and Road region", *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 25026-25036.
- Hair, J.F. et al. (2006), *Multivariate Data Analysis*, N.J.: Prentice-Hall, Inc.
- Hassan, S.T. et al. (2023), "The impact of economic complexity, technology advancements, and nuclear energy consumption on the ecological footprint of the USA: Towards circular economy initiatives", *Gondwana Research*, 113, 237-246.
- Hidalgo, C.A. & R. Hausmann (2009), "The building blocks of economic complexity", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(26), 10570-10575.

- Hidalgo, C.A. (2023), “The policy implications of economic complexity”, *Research Policy*, 52(9), 104863.
- Hsiao, C. (2014), *Analysis of Panel Data* (3. ed), Cambridge University Press.
- Husain, S. et al. (2024), “The responsiveness of renewable energy production to geopolitical risks, oil market instability and economic policy uncertainty: Evidence from United States”, *Journal of Environmental Management*, 350, 119647.
- IAEA International Atomic Energy Agency (2024), *Country Statistics. Number of Reactors*, <<https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryStatisticsLandingPage.aspx>>, 24.09.2024.
- IEA (2020), *World Energy Balances: Overview, OECD*, <<https://www.iea.org/reports/world-energy-balances-overview/oecd#abstract>>, 02.01.2025.
- IEA (2024), *Greenhouse Gas Emissions from Energy Data Explorer*, <<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/greenhouse-gas-emissions-from-energy-data-explorer>>, 18.09.2024.
- IMF (2024), *Financial Development Index Database*, <<https://data.imf.org/?sk=f8032e80-b36c-43b1-ac26-493c5b1cd33b&sid=1481126573525&ref=mondato-insight>>, 22.09.2024.
- Ji, Q. & D. Zhang (2019), “How much does financial development contribute to renewable energy growth and upgrading of energy structure in China?”, *Energy Policy*, 128, 114-124.
- Kais, S. & B.M. Mounir (2017), “Causal interactions between environmental degradation, renewable energy, nuclear energy and real GDP: A dynamic panel data approach”, *Environment Systems and Decisions*, 37, 51-67.
- Khan, K. & C.W. Su (2022), “Does policy uncertainty threaten renewable energy? Evidence from G7 countries”, *Environmental Science and Pollution Research*, 29(23), 34813-34829.
- Koopmans, R. & J.W. Duyvendak (1995), “The political construction of the nuclear energy issue and its impact on the mobilization of anti-nuclear movements in Western Europe”, *Social Problems*, 42(2), 235-251.
- Lee, C.C. & Y.B. Chiu (2011a), “Oil prices, nuclear energy consumption, and economic growth: New evidence using a heterogeneous panel analysis”, *Energy Policy*, 39(4), 2111-2120.
- Lee, C.C. & Y.B. Chiu (2011b), “Nuclear energy consumption, oil prices, and economic growth: Evidence from highly industrialized countries”, *Energy Economics*, 33(2), 236-248.
- Lin, H.P. et al. (2015), “Nuclear and non-nuclear energy consumption and economic growth in Taiwan”, *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 10(1), 59-66.
- Liu, L. et al. (2018), “The impact of financial development on energy demand: Evidence from China”, *Emerging Markets Finance and Trade*, 54(2), 269-287.
- Luqman, M. et al. (2019), “Nuclear energy, renewable energy and economic growth in Pakistan: Evidence from non-linear autoregressive distributed lag model”, *Renewable Energy*, 139, 1299-1309.
- Magazzino, C. et al. (2020), “The relationship between nuclear energy consumption and economic growth: Evidence from Switzerland”, *Environmental Research Letters*, 15(9), 0940a5.
- Markard, J. et al. (2020), “Destined for decline? Examining nuclear energy from a technological innovation systems perspective”, *Energy Research and Social Science*, 67, 101512.
- Mbarek, M.B. et al. (2015), “Causality relationships between renewable energy, nuclear energy and economic growth in France”, *Environment Systems and Decisions*, 35(1), 133-142.

- Menten, C. & B. Çekiç (2023), “Sürdürülebilirlik bağlamında G-20 ülkelerinin enerji üretim kaynaklarına göre TOPSIS yöntemiyle sıralanması”, *Sosyoekonomi*, 31(58), 387-408.
- Mukhtarov, S. et al. (2018), “The impact of financial development on energy consumption: Evidence from an oil-rich economy”, *Energies*, 11(6), 1536.
- Mukhtarov, S. et al. (2022), “The impact of financial development on renewable energy consumption: Evidence from Turkey”, *Renewable Energy*, 187, 169-176.
- Neagu, O. & M.C. Teodoru (2019), “The relationship between economic complexity, energy consumption structure and greenhouse gas emission: heterogeneous panel evidence from the EU countries”, *Sustainability*, 11(2), 497.
- Neagu, O. (2020), “Economic complexity and ecological footprint: Evidence from the most complex economies in the World”, *Sustainability*, 12(21), 9031.
- OECD (2024), *Observatory of Economic Complexity*, <<https://oec.world/en/rankings/eci/hs6/hs96?tab=ranking>>, 22.09.2024.
- OECD (2019), *Nuclear Power Plants*, <<https://www.oecd.org/en/data/indicators/nuclear-power-plants.html>>, 31.12.2024.
- OECD (2021), *Long-Term Operation of Nuclear Power Plants and Decarbonisation Strategies*. NEA No. 7524, Nuclear Energy Agency Organisation for Economic Co-Operation and Development, <https://www.oecd.org/en/publications/long-term-operation-of-nuclear-power-plants-and-decarbonisation-strategies_36bf165e-en.html>, 22.09.2024.
- OECD (2024a), *Members and Partners*, <<https://www.oecd.org/en/about/members-partners.html>>, 30.12.2024.
- OECD (2024b), *Database*, <<https://www.oecd.org/en/data.html>>, 24.09.2024.
- Our World in Data (2023), *Energy Consumption by Source, OECD (EI)*, <<https://ourworldindata.org/grapher/energy-consumption-by-source-and-country?country=-OECD+%28EI%29>>, 02.01.2025.
- Our World in Data (2024), *Nuclear Energy*, <<https://ourworldindata.org/nuclear-energy>>, 22.09.2024.
- Önder, H. & İ. Gündüz (2019), “Nükleer enerji tüketiminin makro ekonomik belirleyicileri: Seçilmiş OECD ülkeleri üzerine panel veri analizi”, *Öneri Dergisi*, 14(51), 18-37.
- Özdurak, C. (2021), “Nexus between crude oil prices, clean energy investments, technology companies and energy democracy”, *Green Finance*, 3(3), 337-350.
- Öztürk, İ. (2017), “Measuring the impact of alternative and nuclear energy consumption, carbon dioxide emissions and oil rents on specific growth factors in the panel of Latin American countries”, *Progress in Nuclear Energy*, 100, 71-81.
- Pata, U.K. & V. Yılcı (2020), “Financial development, globalization and ecological footprint in G7: further evidence from threshold cointegration and fractional frequency causality tests”, *Environmental and Ecological Statistics*, 27(4), 803-825.
- Pata, U.K. et al. (2023), “The influence of income, economic policy uncertainty, geopolitical risk, and urbanization on renewable energy investments in G7 countries”, *Energy Economics*, 128, 107172.
- Pesaran M.H. et al. (1999), “Pooled mean group estimation of dynamic heterogeneous panels”, *Journal of the American Statistical Association*, 94(446), 621-634.

- Pesaran, M.H. & Yamagata, T. (2008), "Testing slope homogeneity in large panels", *Journal of Econometrics*, 142(1), 50-93.
- Pesaran, M.H. (2004), "General diagnostic tests for cross section dependence in panels", *CWPE*, 435, <<https://docs.iza.org/dp1240.pdf>>, 22.09.2024.
- Pesaran, M.H. (2007), "A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence", *Journal of Applied Econometrics*, 22(2), 265-312.
- Pesaran, M.H. et al. (2008), "A bias-adjusted LM test of error cross-section independence", *The Econometrics Journal*, 11(1), 105-127.
- Qamruzzaman, M. et al. (2022), "Nexus between economic policy uncertainty, foreign direct investment, government debt and renewable energy consumption in 13 top oil importing nations: Evidence from the symmetric and asymmetric investigation", *Renewable Energy*, 195, 121-136.
- Rushton, M.J.D. (2022), "Is nuclear energy a natural reaction to oil prices?", *Nature*, 609(7926), 8.
- Sadorsky, P. (2009), "Renewable energy consumption, CO2 emissions and oil prices in the G7 countries", *Energy Economics*, 31(3), 456-462.
- Sadorsky, P. (2010), "The impact of financial development on energy consumption in emerging economies", *Energy Policy*, 38(5), 2528-2535.
- Sadorsky, P. (2011), "Financial development and energy consumption in Central and Eastern European frontier economies", *Energy Policy*, 39(2), 999-1006.
- Shafiullah, M. et al. (2021), "Does economic policy uncertainty affect renewable energy consumption?", *Renewable Energy*, 179, 1500-1521.
- Shahbaz, M. et al. (2021), "The effect of financial development on renewable energy demand: The case of developing countries", *Renewable Energy*, 178, 1370-1380.
- Shahbaz, M. et al. (2023), "The effect of financial development and economic growth on ecological footprint: Evidence from top 10 emitter countries", *Environmental Science and Pollution Research*, 30(29), 73518-73533.
- Shahzad, U. et al. (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, 123806.
- Sharma, R. et al. (2021), "Does financial development reinforce environmental footprints? Evidence from emerging Asian countries", *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 9067-9083.
- Smith, L.V. et al. (2004), "More powerful panel data unit root tests with an application to mean reversion in real exchange rates", *Journal of Applied Econometrics*, 19(2), 147-170.
- Sovacool, B.K. & S.V. Valentine (2010), "The socio-political economy of nuclear energy in China and India", *Energy*, 35(9), 3803-3813.
- Tarı, R. (2010), *Ekonometri* (6. Baskı), İzmit-Kocaeli: Umuttepe Yayınları.
- Topaloğlu, E.E. & A. Bayrakdaroğlu (2024), "Entelektüel sermaye ve finansal performans: Bankacılık sektörü üzerine bir araştırma", *Bulletin of Economic Theory and Analysis*, 9(1), 297-327.
- Topaloğlu, E.E. (2018), "Bankalarda finansal kırılganlığı etkileyen faktörlerin panel veri analizi ile belirlenmesi", *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 13(1), 15-38.

- Topçu, M. & J.E. Payne (2017), “The financial development-energy consumption nexus revisited”, *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 12(9), 822-830.
- Toth, F.L. & H.H. Rogner (2006), “Oil and nuclear power: Past, present, and future”, *Energy Economics*, 28(1), 1-25.
- Wang, Q. et al. (2020), “Does economic policy uncertainty affect CO2 emissions? Empirical evidence from the United States”, *Sustainability*, 12(21), 9108.
- Wang, Y. & X. Gong (2020), “Does financial development have a non-linear impact on energy consumption? Evidence from 30 provinces in China”, *Energy Economics*, 90, 104845.
- Wei, W. et al. (2021), “Economic policy uncertainty and energy production in China”, *Environmental Science and Pollution Research*, 28(38), 53544-53567.
- Westerlund, J. (2008), “Panel cointegration tests of the Fisher effect”, *Journal of Applied Econometrics*, 23(2), 193-233.
- Wolde-Rufael, Y. & K. Menyah (2010), “Nuclear energy consumption and economic growth in nine developed countries”, *Energy economics*, 32(3), 550-556.
- Wolde-Rufael, Y. (2010), “Bounds test approach to cointegration and causality between nuclear energy consumption and economic growth in India”, *Energy Policy*, 38(1), 52-58.
- World Nuclear Association (2024), *Nuclear Power in the World Today*, <<https://world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/nuclear-power-in-the-world-today>>, 30.12.2024.
- Wu, J. et al. (2022), “Causal relationship between nuclear energy, carbon-di-oxide emission and economic growth. Empirical evidence from China”, *Frontiers in Energy Research*, 10, 993818.
- Yerdelen-Tatoğlu, F. (2018), *Panel Veri Ekonometrisi: Stata Uygulamalı* (4. Baskı), İstanbul: Beta Yayınları.
- Yoo, S.H. & K.O. Jung (2005), “Nuclear energy consumption and economic growth in Korea”, *Progress in Nuclear Energy*, 46(2), 101-109.
- Yoo, S.H. & S.J. Ku (2009), “Causal relationship between nuclear energy consumption and economic growth: A multi-country analysis”, *Energy Policy*, 37(5), 1905-1913.
- Zhang, X. & Z. Xu (2012), “The role of energy investments in global economic growth”, *Energy Policy*, 44, 269-276.
- Zhang, Y. et al. (2021), “Nexus between economic policy uncertainty and renewable energy consumption in BRIC nations: The mediating role of foreign direct investment and financial development”, *Energies*, 14(15), 4687.
- Zou, C. et al. (2016), “Energy revolution: from a fossil energy era to a new energy era”, *Natural Gas Industry B*, 3(1), 1-11.

Şahin, S. & Y. Korkmaz & Ç. Korkmazgöz (2025), "Finansallaşma, Ekonomik Karmaşıklık, Petrol İthalatı ve Ekonomik Politik Belirsizliklerin OECD Ülkeleri Nükleer Enerji Tüketimi Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi", *Sosyoekonomi*, 33(66), 429-459.