

NÜKLEER ENERJİ TÜKETİMİNİN MAKROEKONOMİK BELİRLEYİCİLERİ: SEÇİLMİŞ OECD ÜLKELERİ ÜZERİNE PANEL VERİ ANALİZİ*

MACROECONOMIC DETERMINANTS OF NUCLEAR ENERGY CONSUMPTION: A PANEL DATA ANALYSIS ON SELECTED OECD COUNTRIES

Hüseyin ÖNDER**
İbrahim GÜNDÜZ***

Öz

Enerji iç ve dış siyasetin şekillenmesinde, milli sanayinin ve ekonominin gelişiminde oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Bu nedenle enerjinin hangi kaynaklardan üretildiği oldukça önemlidir. Fosil yakıtlar açısından zengin olmayan pek çok ülke için nükleer enerji önemli bir alternatiftir. Bu çalışmada nükleer enerjinin makro ekonomik belirleyicileri incelenmiştir. Bunu gerçekleştirirken literatürde yer alan benzer çalışmalar titizlikle taranarak değişkenler tespit edilmiştir. 2000-2015 yılları arasında OECD ülkelerinin örneklem olarak alındığı analizde nükleer enerjinin makro ekonomik belirleyicileri olarak sivil iş gücü, toplam karbon dioksit emisyonu, ham petrol fiyatları, Enerji yoğunluğu, Fosil yakıt tüketimi (toplam içindeki %'lik payı), yenilenebilir enerji tüketimi (toplam nihai enerji tüketimi içindeki %'lik payı) ve kişi başına sabit fiyatlarla GSYİH değişkenleri kullanılmıştır. Dengeli panel veri analizinin rassal etkiler tahmincisiyle yapılmasına karar verilmiştir. Yapılan analiz sonucunda; CO₂, enerji yoğunluğu, fosil, yenilenebilir enerji, petrol fiyatları ve GSYİH değişkenlerinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Bu değişkenlerden CO₂ ve enerji yoğunluğu

* Makalenin Gönderim Tarihi: 14.09.2017; Makalenin Kabul Tarihi: 10.01.2019

Bu çalışma Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin ÖNDER danışmanlığında, İbrahim GÜNDÜZ tarafından hazırlanan Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

** Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya İ.İ.B.F, İktisat, Dr. Öğr. Üyesi, ORCID ID: 0000-0002-3779-1067.

*** Dumlupınar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat, Uzman, ORCID ID: 0000-0001-8734-0048.

değişkenleri, nükleer enerji tüketimi değişkeni ile pozitif ilişkilidir. Fosil, yenilenebilir enerji, petrol fiyatı ve GSYİH değişkenleri ise nükleer enerji tüketimi değişkeniyle negatif ilişkilidir.

Anahtar Kelimeler: Nükleer Enerji, OECD Ülkeleri, Panel Veri Analizi

JEL Kodları: Q43, E02

Abstract

Electricity supply from coal, natural gas and petroleum is an energy supply security problem because of both the price of fuel and the supply of oil and derivative products from the regions with political instability such as the Middle East. Moreover, it is a current issue to search for alternatives to these sources because of the environmental damage caused by the greenhouse gases released to the atmosphere due to the burning of coal, natural gas and oil in electricity generation plants. Energy has an important place which not only shapes domestic and national policy, but also improves national industry and economy. In case, it is quite important the energy is produced from different sources. Nuclear energy is an important alternative in terms of most countries which has little fossil fuel sources. Nuclear power plants do not only contribute to the economy by generating electricity. It collaborates with many sectors and contributes to different areas of employment and economy. Nuclear power plants; Iron-steel contributes to the development of chemistry and machinery equipment industries. The development of nuclear technology triggers the development of other sectors and establishes back and forth connections with sectors such as IT, space industry, food and medicine. Nuclear energy has some disadvantages as well as these benefits. For example, nuclear power plants are not economically and technically flexible. In other words, the decommissioning of nuclear power plants is not an economic practice. Nuclear power plants, which require the most capital among all power generation plants, are the most demanding. Nuclear power plants require very high investment capital. It is extremely difficult for this high investment capital to emerge without government incentives. Although there are some critics about nuclear energy security, it is used intensively in countries which have completed industrialization process. In addition to the work of physicists related to nuclear energy, studies on determinants of nuclear energy consumption continue to increase by social scientists. In this article, macroeconomic determinants of nuclear energy have been examined. For the period of 2000-2015, civil labor, total emission of carbon dioxide, prices of crude oil, energy density, consumption of fossil fuel (% of total), consumption of renewable energy and variables of gross domestic product including fixed prices per person has been used as macroeconomic setters of nuclear energy in the analysis in which OECD countries are been taken as sample countries. In OECD countries, the need for energy is constantly increasing due to economic development. The way in which OECD countries meet the growing energy needs can have a significant impact on energy prices in the world energy market. On the other hand, the concentration of these countries in different areas in the energy sector also affects the technological developments in these areas to a significant extent. Therefore, these countries are an important actor in the world energy market. Investigation of the relationship between nuclear energy and macroeconomic variables of these countries will explain how the interaction in both the energy market and the economic sphere occurs. In this study, 480 country / year data are analyzed. As a result of the balanced panel data analysis; CO₂, energy density, fossil, renewable energy, oil price and GDP are statistically significant indicators. From these variables, CO₂ and energy intensity variables are

positively related to the nuclear energy consumption. Fossil, renewable energy, oil price and GDP variables are negatively associated with nuclear energy consumption. When the coefficients of meaningful variables are interpreted individually; a 1 unit increase in total carbon dioxide emission increases the nuclear energy consumption by 0.79 units. Again, a 1 unit increase in energy density increases nuclear energy consumption by 0.0003 units. A 1 unit increase in fossil fuel consumption reduces nuclear energy consumption by 0.081 units. Moreover, an increase in renewable energy consumption by 1 unit reduces nuclear energy consumption by 0.22 units. The 1 unit change in the oil prices variable reduces the nuclear energy consumption by 0.0015 units. Finally, a 1-unit increase in GDP at fixed prices per capita decreases nuclear energy consumption by 0.00002 units. The biggest impact on nuclear energy consumption is the carbon dioxide variable. The reason for the negative relationship between the renewable energy consumption and the nuclear energy consumption may have been due to the fact that the countries that have reached a certain level of welfare have moved away from the nuclear energy consumption and turned to renewable energy. Results from the econometric analysis are compatible with the previous studies such as Apergis and Payne (2010a), Apergis et al. (2010b), Omri and Chaibi (2014), Menyah and Wolde-Rufael (2010).

Keywords: Nuclear Energy, OECD Countries, Panel Data Analysis,

JEL Codes: Q43, E02

1. Giriş

Buhar makinesinin keşfi ve bu keşfi takip eden süreç, birinci sanayi devrimi olarak bilinir. Üretimde makineleşme ile enerji ihtiyacı daha önceki dönemlerle kıyaslanamayacak şekilde artmıştır. Ayrıca üretilen ürünlerin uzak bölgelere ulaştırılması ve hammadde ihtiyacının karşılanması amacıyla demiryolu taşımacılığı gelişmiş ve ikinci sanayi devriminin kapısını aralamıştır. İkinci sanayi devriminde elektrik hatları yaygınlık kazanarak farklı iş kollarında kullanılmıştır. Takip eden yıllarda üçüncü sanayi devrimi, dijital gelişmeye bağlı olarak gerçekleşmiş ve bu dijital gelişmeyle birlikte elektrik arz ve talebi artmıştır. 2011 yılına gelindiğinde ise Hannover Fuarı'nda yeni yeni dillendirilmeye başlanılan Sanayi 4.0 ile robotik teknolojiler, insansız sanayi ve internetin nesnelere yönetimi vb. konular yeni bir dönemin kapısını aralamıştır. Bu robotik teknolojilerin kullanımıyla beraber elektrik-elektronik sektöründe hızlı bir yükselme olması ve elektrik talebinde artışlar yaşanması beklenmektedir.

Elektrik ihtiyacının artması, elektrik üretim teknolojilerinin daha sık kullanılmasına ve bu teknolojilerin gün geçtikçe daha da yenilenmesine neden olmaktadır. Elektrik üretim teknolojileri arasında en bilindik olanları kömür santralleri, doğalgaz santralleri, petrol santralleri, yenilenebilir teknolojiler (rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, hidrolik enerji, dalga enerjisi, bio-kütle enerjisi, hidrojen enerjisi, jeotermal enerjisi) ve nükleer santrallerdir. Elektrik enerjisinin %82'si fosil ve nükleer enerjiden üretilmekteyken, sadece %12'si yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilmektedir (Yaşar, Açıkalin, Gezer, 2014, s.39).

Kömür, doğalgaz ve petrolden elektrik üretimi hem yakıt fiyatından dolayı maliyeti yüksektir, hem de petrol ve türev ürünlerinin Ortadoğu gibi siyasi istikrarsızlık içerisinde bulunan bölgelerden temin edilmesinden dolayı, enerji arz güvenliği sorunu bulunmaktadır. Ayrıca kömür, doğalgaz ve petrolün elektrik üretim santrallerinde yakılması nedeniyle atmosfere salınan sera gazlarının çevre tahribatına neden olmasından dolayı, bu kaynaklara alternatifler aranması güncel bir konudur.

Alternatif enerji kaynaklarından olan yenilenebilir teknolojiler (hidroelektrik santralleri hariç) ise genellikle baz yüklü santraller değildir. Yani, bir ülkenin elektriğinin tamamının teknik olarak yenilenebilir teknolojilerden karşılanması mümkün olmamaktadır. Diğer alternatif kaynaklardan nükleer enerji santralleri ise, elektrik üretiminde, hidroelektrik santrallerden sonra en ucuz ve dikkatli kullanıldığı zaman güvenli bir alternatif kaynaktır.

Günümüz modern ekonomilerinde daha fazla refah ve vatandaşlarına daha iyi bir yaşam sağlamanın en temel yolu daha fazla üretim ve adil bir bölüşüm ile mümkün olabilmektedir. Özellikle rekabetçi koşullar altında gerçekleştirilecek bir üretim, dış pazarlardaki rekabette de üstünlük sağlayacaktır. Bu şekilde üretim, istihdam ve refah artışı beklenmektedir. Kalite, marka ve diğer unsurlar sabit olmak üzere, üretimde ucuz girdi rekabet için önemli bir konudur. Günümüz modern ekonomilerinde de en temel girdi enerji olarak göze çarpmaktadır. Nükleer enerji ucuz enerji sağlanmasında önemli alternatiflerden biridir.

Nükleer enerji güvenliği ile ilgili eleştiriler olsa da, özellikle sanayileşmesini tamamlamış ülkelerde oldukça yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Nükleer enerji ile ilgili fizikçilerin çalışmalarının yanında, sosyal bilimciler tarafından da nükleer enerji tüketiminin belirleyicileri üzerine yapılan çalışmalar artarak devam etmektedir. Bu çalışmada da ülkelerin nükleer enerji tüketiminin hangi makroekonomik belirleyicilere sahip olduğu araştırılmıştır.

Dünya enerji piyasasında enerji elde edilen kaynaklar arasında bir etkileşim söz konusudur. Örneğin petrol, doğal gaz ve kömür gibi fosil yakıtların fiyatlarındaki bir değişim diğer alternatif enerji kaynaklarına olan talebi önemli ölçüde etkilemektedir. Bu alternatif enerji kaynaklarından biri olan nükleer enerji, makroekonomik değişkenler tarafından da etkilenmektedir. Bu çalışmada literatürde yoğun bir şekilde kullanılmış olan değişkenlerin bir araya getirilmesi yolu ile seçilmiş OECD ülkeleri üzerinde nükleer enerji tüketiminin makroekonomik değişkenler ile olan ilişkisi tespit edilmeye çalışılmaktadır. OECD ülkeleri gerek ekonomik büyüklükleri açısından gerek dünya enerji piyasasında oynamış oldukları rol açısından son derece önemli bir aktörlerdir. Bu aktörlerin söz konusu piyasadaki davranış kalıbının bilinmesi bu sektörün temel dinamiklerini yansıtabilecektir.

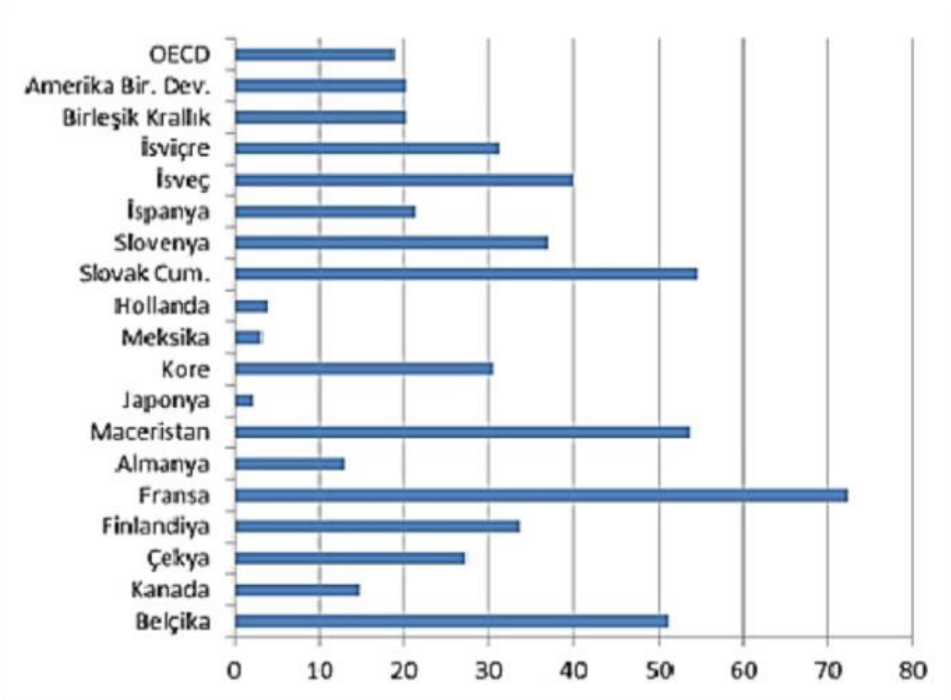
Bu çalışmada, nükleer enerji tüketiminin makroekonomik belirleyicilerini incelemek için panel veri analizi kullanılacaktır. Öncelikle nükleer enerjinin ekonomiler için önemi değerlendirildikten sonra bu alandaki literatüre yer verilecek ve uygulanacak olan model veri ve yöntem tanıtılacaktır. Daha sonra ise elde edilen bulgular değerlendirilecektir.

2. Nükleer Enerjinin Ekonomik Boyutu

Cari açık sorunu, birçok ülke için uzun yıllardır devam etmekte olan iktisadi problemlerden biridir. Bu problemin artmasındaki en önemli nedenlerden biri de gelişmekte olan ülkelerin gelişmiş ülkeleri yakalama çabaları olduğu söylenebilir. Özellikle enerji ithal eden ülkelerin ekonomik gelişme ve kalkınma çabaları bu ülkelerin cari açıklarının artmasına neden olmaktadır.

Ekonominin her birimi birbiriyle bağlantılıdır. Enerji ithalatından dolayı cari açığa meydana gelen genişleme, diğer makroekonomik verileri de etkilemektedir (Demir, 2013, s.3). Cari açığın kontrol altına alınmasıyla makroekonomik dengeler korunarak, ekonomik büyümenin olumlu yönde etkilenmesi sağlanabilir (Göçer, 2013, s.213). Enerji fiyatlarındaki değişimler ve enerjinin tedarik ediliş yöntemi, tasarruf, yatırım, dış ticaret açığı, diğer ülkelerle olan rekabet ile bütçe dengesini etkilemektedir. Enerjinin ucuza mal edilmesi, dış ticaret açığını azaltarak bütçeyi dengeye yaklaştırır (Esen & Bayrak, 2015, s.56). Dünyanın pek çok önemli ekonomisinde, nispeten ucuza elektrik üretimine imkân veren ve dışa bağımlılığı önemli ölçüde azaltan ülkeler, nükleer enerjiyi büyük oranda kullanmaktadır.

Grafik 1: OECD Ülkelerinde Toplam Enerji Tüketiminde Nükleer Enerjinin Oranı (%)



Kaynak: Nuclear Energy Agency, 2017, s.15

Grafik 1’de nükleer enerji kullanan OECD ülkelerin, toplam elektrik üretiminde nükleer enerjinin payı gösterilmektedir. OECD ülke ortalaması yaklaşık %18.8 civarındadır. Belçika, Fransa, Slovak Cumhuriyeti ve Macaristan toplam elektrik üretiminin %40’ından fazlasını nükleer enerji ile karşılamaktadır. Son yıllardaki en büyük nükleer enerji kazalarından birini yaşayan Japonya toplam elektrik enerjisinin %2.2’sini nükleerden karşılamaktadır. Buna karşılık Fransa kullandığı elektriğin %72,3’ünü nükleer enerjiden elde etmektedir. Bu ülkeler nükleer enerjinin yaratmış olduğu maliyet avantajı ile sanayilerine ucuz enerji girdisi sağlayabilmekte, uluslararası alanda yaşanan enerji fiyatlarındaki dalgalanmalardan en az şekilde etkilenmektedirler.

Nükleer santrallerde kullanılan yakıt fiyatlarında meydana gelen dalgalanmalar ve olası şoklar üretim maliyetlerini çok az etkilemektedir. Bunda kullanılan yakıtın az olmasının payı vardır. Örneğin uranyum fiyatında meydana gelebilecek %100’lük bir artış nükleer santrallerden üretilen elektriğin maliyetini yalnızca %10 artırmaktadır (World Nuclear Association, 2016). Diğer taraftan 1970’li yıllarda yaşanan petrol şokları, enerjide kaynak çeşitliliğine gitmenin stratejik önemini gözler önüne sermiştir. Bu açıdan bakıldığında nükleer santrallerin enerji üretimi ve tüketiminde kaynak çeşitliliği sağlayarak, enerji arz güvenliğine katkı sağladığı söylenebilir (Civan & Köksal, 2010, s.120).

Gelişmekte olan ekonomilerin en önemli girdi kalemini enerji maliyeti oluşturmaktadır (Muradov, 2012, s.3). 2005 yılında gerçekleştirilen bir araştırmada nükleer enerjiden üretilen elektriğin maliyeti 39.1 KRW/Kwh, kömürden üretilen elektriğin maliyeti 48.6 KRW/Kwh, LNG tesisinden üretilen elektriğin maliyeti ise 50.67 KRW/Kwh olarak belirlenmiştir (Lee, Nam, Jeong & Min, 2009, s.558). Maliyet rakamlarına bakıldığında; nükleer enerji maliyeti, kömür ve LNG gibi fosil yakıtlardan enerji elde etme maliyetinden daha ekonomik olmaktadır. Nükleer santrallerden üretilen elektrik maliyetinin diğer elektrik üretim biçimlerine göre az olması, nükleer enerjiyi rekabetçi bir konuma getirmektedir. Sanayide kullanılan elektrik maliyeti nükleer enerji nedeniyle düşük olduğundan, enerji yoğun sektörlerdeki firmaların üretim maliyetleri de düşük olacaktır. Bu durumda nükleer enerji, GSYİH’yi artırarak ekonomik büyümeye olumlu katkı sağlayacaktır (Nuclear Energy Agency, 1993, s.1). Bu etki kalıcı bir etkidir.

Nükleer enerji santralleri sadece elektrik üreterek ekonomiye katkı sağlamaz. Birçok sektör ile ortak çalışarak istihdama ve ekonominin farklı alanlarına katkıda bulunur (ETKB, 2017). Nükleer enerji santralleri; demir-çelik, kimya ve makine teçhizat sanayilerinin gelişmesine katkı sağlar. (Lee vd., 2009, s.551). Nükleer teknolojinin gelişimi diğer sektörlerin gelişimini tetikleyerek bilişim, uzay sanayi, gıda, tıp gibi yüksek katma değere sahip sektörler ile ileri geri bağlantılar kurabilmektedir.

Nükleer santrallerin, direkt maliyet tasarrufu, enerji arz güvenliği, elektrik fiyat istikrarı, gelişmiş teknoloji ihracatı, entelektüel sermaye kazançları, net yakıt ithalatının parasal

değerinde azalma gibi ekonomik faydaları bulunmaktadır (Nuclear Energy Agency, 1993). Nükleer endüstri, buna bağlı olarak nükleer santrallerin gelişimiyle bu endüstrinin ihracatının artması; fosil yakıt ihtiyacının azalmasına bağlı olarak, bu alandaki ithalatın da düşmesi beklenmektedir. Bu durum ödemeler dengesini pozitif yönde etkileyerek, sürdürülebilir büyümeyi destekleyecektir (Türkiye Atom Enerji Kurumu, 2010, s.72).

Nükleer santrallerden elektrik enerjisi elde edilirken, üreticiden tüketiciye negatif dışsallık özelliği gösterir. Fakat bu dışsallık diğer elektrik üretim tekniklerine kıyasla daha düşük kalmaktadır. Örneğin 2003 yılı için Fransa'nın elektrik üretiminde dışsal maliyetler incelenmiş, nükleer santrallerden üretilen elektriğin rüzgar, gaz ve kömürden üretilen elektriğe göre daha az dışsallığa neden olduğu hesaplanmıştır. Özellikle kömürden elde edilen elektrikte dışsal maliyetlere vergi konulup maliyetler içselleştirildiğinde, kömür santrallerinin maliyetlerinde bir artış olduğu gözlemlenmiştir. (Türkiye Atom Enerji Kurumu, 2010, s.60). Nükleer santrallerde doğaya zarar veren sera gazı emisyonu nispeten daha az olacağından, nükleer enerji tüketimi özellikle gelişmiş ülkelerde oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Nükleer enerjinin bu faydalarının yanı sıra bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Örneğin nükleer santraller ekonomik ve teknik olarak esnek birimler değildir. Diğer bir anlamıyla nükleer santrallerin devreye alınıp-devreden çıkarılması ekonomik bir uygulama değildir (Thomas, 2005, s.20). Tüm enerji üretim tesisleri arasında en fazla sermaye gerektiren tesisler nükleer enerji tesisleridir. Nükleer enerji tesisleri çok yüksek yatırım sermayesi gerektirmektedir. Bu yüksek yatırım sermayesinin devlet teşviki olmadan ortaya çıkması son derece zordur (Andreev, 2011, s.8).

Nükleer enerji santrallerinin en temel dezavantajı, yaşanabilecek bir kaza nedeniyle ortaya çıkabilecek muhtemel felaketlerdir. Bu sebeple nükleer enerji santrallerinin en önemli konusu güvenlidir. 1979'da ABD'de meydana gelen Three Mile Island(TMI) Nükleer Santrali ve eski SSCB'de meydana gelen Çernobil Nükleer Santrali kazasından sonra kamuoyunda daha yoğun bir şekilde nükleer güvenlik, yeni nesil reaktörler ve gelişen teknolojilerle ilgili tartışmalar da artış göstermiştir (MIT, 2003, s.10). Ancak kaza olma riski hiçbir zaman sıfır değildir. En son nükleer santral kazasına sahne olan Fukuşima Daiichi Nükleer Santrali 2. Nesil nükleer enerji santraliydi. Geçmişte meydana gelen nükleer kazalar sonrasında artan kamuoyu tepkisiyle bazı ülkelerde nükleer enerji kullanımında kısıtlamaya gidilmiş, bazı ülkelerde de ise nükleer enerjiden tamamen vazgeçme tartışmaları görülmüştür. Fukuşima Daiichi Nükleer Santrali kazasından sonra Almanya ve İsveç'te nükleer enerjiden tamamen vazgeçme tartışmalarının yapıldığı görülmektedir (Joskow & Parsons, 2016, s. 9).

Nükleer enerji santrallerinin diğer önemli sorunlarından biri de nükleer atıklardır. Enerji üretimi sonunda ortaya çıkan atıkların radyoaktif olmaları, bu atıkların uygun koşullarda depolanmasını gerektirmektedir. OECD'ye üye ülkelerden Avustralya, Çek Cumhuriyeti, Finlandiya, Fransa, Almanya, Macaristan, Japonya, Meksika, Norveç, İspanya, İsveç, İngiltere ve

ABD'de toplamda 22 adet düşük ve orta seviyeli atık depolama alanı bulunmaktadır (Türkiye Atom Enerji Kurumu, 2010, s.27). Bu atık depolama tesislerinde meydana gelebilecek olası kazalar da yine önemli derecede çevreyi ve insan sağlığını tehdit edebilecektir.

Bütün bu önemli ve tehlikeli dezavantajlarına rağmen halen dünyada pek çok ülke nükleer enerjiye geçmeye çalışmaktadır. 2030 yılında nükleer enerji kullanımının 1980 yılına göre 5 kat artacağı tahmin edilmektedir (Bilgin, 2009, s.61). 2100 yılına gelindiğinde ise yapılan araştırmalara göre dünya elektriğinin %46'sının nükleer santraller aracılığıyla karşılanacağı tahmin edilmektedir (Yüksel, 2010). Gelişen elektrikli araç teknolojisiyle birlikte gelecekte nükleer güç santrallerinin ulaşım araçları için de enerji sağlayacağı düşünülmektedir (Comby, 2006, s.3). Tüm bunlar göz önüne alındığında nükleer enerji ihtiyacının artması kaçınılmazdır.

3. Nükleer Enerji Tüketiminin Makro Ekonomik Belirleyicilerine Yönelik Literatür

Çalışmanın amacı, ülkelerin nükleer enerji tüketimini etkileyen makroekonomik belirleyicileri tespit etmektir. Ülkelerin nükleer enerji tüketimini etkileyen çok farklı değişkenler olmakla birlikte, literatürde en sık kullanılan temel değişkenler bu çalışmadaki modele dahil edilmiştir. Seçilmiş OECD ülkelerine ilişkin veriler panel veri tekniği ile analiz edilmiştir. Literatürde, nükleer enerji tüketimini panel veri yöntemiyle inceleyen çalışmalardan öne çıkanlar aşağıda kısaca anlatılmaktadır.

Apergis ve Payne (2010a) 1980-2005 dönemleri arasında Arjantin, Belçika, Birleşik Devletler, Birleşik Krallık, Bulgaristan, Finlandiya, Fransa, G.Kore, Hindistan, Hollanda, İspanya, İsveç, İsviçre, Japonya, Kanada ve Pakistan olmak üzere toplam 16 ülke için nükleer enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Bu çalışmadan çıkan sonuca göre; kısa dönemde geribildirim hipotezi geçerliyken, uzun dönemde büyüme hipotezinin geçerli olduğu tespit edilmiştir.

Apergis, Payne Menyah ve Yemane (2010b) ABD, Arjantin, Belçika, Brezilya, Bulgaristan, Birleşik Krallık, Finlandiya, Fransa, G.Afrika, G.Kore, Hindistan, Hollanda, İspanya, İsveç, İsviçre, Japonya, Kanada, Macaristan ve Pakistan'dan oluşan 19 gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelere ait verileri kullanmış; 1984-2007 dönemleri arasında nükleer enerji tüketimi, yenilenebilir enerji tüketimi, CO_2 emisyonları ve ekonomik büyüme üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada nükleer enerji tüketiminde meydana gelen bir artışın, yenilenebilir enerji tüketimini azalttığı sonucuna ulaşmışlardır.

Lee ve Chiu (2011) 1971-2006 yılları arasında Kanada, Fransa, Almanya, Japonya, Birleşik Krallık ve ABD olmak üzere toplam 6 gelişmiş ülkenin kişi başına nükleer enerji tüketimi, reel petrol fiyatları, kişi başına düşen petrol tüketimi ve kişi başına düşen reel GSYİH

değişkenlerini kullanarak analiz yapmıştır. Analiz sonuçlarına göre kısa vadede tarafsızlık hipotezi geçerliken, uzun vadede koruma hipotezi geçerlidir.

Nazlıoğlu, Lebe ve Kayhan (2011) sermaye ve işgücü değişkenlerini de kullanarak 1980-2007 dönemleri arasında 14 OECD ülkesini Panel Granger Nedensellik Analizi'ni ve Granger Nedensellik Analizi'nin farklı bir versiyonu olan Toda-Yamamoto Nedensellik Yaklaşımı ile analiz etmiştir. Panel Granger Nedensellik Analizi'ne göre; Macaristan için büyüme hipotezi; İngiltere ve İspanya için koruma hipotezi; analize katılan diğer ülkeler için ise tarafsızlık hipotezinin geçerli olduğunu belirlenmiştir. Toda-Yamamoto Yaklaşımına göre ise; Almanya ve Finlandiya için büyüme hipotezi; Macaristan, Japonya, Kore ve İsveç için koruma hipotezi; İngiltere ve ABD için geri bildirim hipotezi; analize katılan diğer ülkeler için ise tarafsızlık hipotezinin geçerli olduğu tespit edilmiştir.

Chu ve Chang (2012) 1971-2010 yılları arasında G-6 ülkelerinde, kişi başına düşen nükleer enerji tüketimi, kişi başına düşen petrol tüketimi ve kişi başına düşen reel GSYİH değişkenlerini ön yüklem paneli Granger Nedensellik Yaklaşımı ile analiz etmiştir. Analiz sonucuna göre; Japonya, İngiltere ve Birleşik Devletler'de büyüme hipotezi, sadece Birleşik Devletler için geçerli geri bildirim hipotezi, Kanada, Fransa ve Almanya için tarafsızlık hipotezi geçerli olmuştur.

Akhmat ve Zaman (2013) Afganistan, Bangladeş, Butan, Hindistan, Maldivler, Nepal, Pakistan ve Srilanka için 1975-2010 yılları arasında yaptıkları çalışmada nükleer enerji tüketimi, ticari enerji tüketimi (petrol, gaz, elektrik, kömür) ve reel GDP değişkenlerini kullanmışlardır. Analiz sonucuna göre, söz konusu ülkeler için koruma hipotezinin geçerli olduğu belirlenmiştir.

Omri ve Chaibi (2014)'ün 17 gelişmiş ve gelişmekte olan ülke için 1990-2011 yılları arasında yaptıkları çalışmada, nükleer enerji tüketimi, yenilenebilir enerji tüketimi, karbondioksit salınımı, reel petrol fiyatı, petrol fiyatı ve ekonomik büyüme değişkenlerini kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonucuna göre; Belçika ve İspanya'da büyüme hipotezi; Bulgaristan, Kanada, Hollanda ve İsveç için koruma hipotezi; Finlandiya, Macaristan, Hindistan, Japonya, İsviçre ve Birleşik Krallık için tarafsızlık hipotezi; Arjantin, Brezilya, Fransa, Pakistan ve ABD için ise geri bildirim hipotezi geçerlidir. Ayrıca karbondioksit emisyonlarının Hindistan, Finlandiya, İsviçre, Kanada, Brezilya ve İspanya'da nükleer enerjiye olan talebi artırdığı da tespit edilmiştir.

Chang, Gatwabuyege, Gupta, Inglesi-Lotz, Manjezi, ve Simo-Kengne (2014) 1971-2011 dönemlerini kapsayan G-6 ülkeleri için, nükleer enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki nedensel bağlantıyı incelemişlerdir. Bu çalışmadan çıkan sonuçlara göre; İngiltere'de nükleer enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik; Almanya'da büyüme hipotezi; Kanada, Fransa, ABD ve Japonya'da ise tarafsızlık hipotezinin geçerli olduğu belirlenmiştir. Hwang, Min, ve Hoon Yoo (2015) 1990-2008 yılları arasında 25 ülke için

yaptıkları panel veri analizi'ne göre nükleer enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında istatistiksel olarak anlamlı ve ters U ilişkisi olduğu tespit edilmiştir.

Omri, Mabrouk, ve Tmar (2015) 17 gelişmiş ve gelişmekte olan ülkede 1990-2011 yılları için nükleer enerji tüketimi, yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki incelemiştir. Dinamik eşzamanlı denklem panel veri modelinin kullanıldığı çalışmaya göre; Belçika ve İspanya'da ekonomik büyüme hipotezi; Bulgaristan, Kanada, Hollanda ve İsveç'te koruma hipotezi; Finlandiya, Macaristan, Hindistan, Japonya, İsviçre ve İngiltere'de tarafsızlık hipotezi; Arjantin, Brezilya, Fransa, Pakistan ve ABD'de geri bildirim hipotezinin geçerli olduğu belirlenmiştir. Ayrıca panel sonuçlar için de nükleer enerji tüketimi ve ekonomik büyümenin birbirine bağlı olması geri bildirim hipotezini destekler niteliktedir. Çalışmacılar bunlara ek olarak nükleer enerji üretim ve tüketimini arttırmaya yönelik politikaların, ekonomik büyüme üzerinde pozitif bir etkiye neden olduğunu belirtmişlerdir.

Saidi ve Mbarek (2016) ABD, Birleşik Krallık, Kanada, Fransa, Japonya, Hollanda, İspanya, İsviçre ve İsveç için 1990-2013 yılları arasında yaptıkları çalışmada; nükleer enerji, GDP, yenilenebilir enerji, CO_2 emisyonları, sermaye ve emek değişkenlerini kullanmışlardır. Bu çalışmadan çıkan sonuca göre, nükleer enerji tüketimi GSYİH'yi olumlu etkilemezken, CO_2 emisyonunu azaltmaktadır.

4. Nükleer Enerji Tüketiminin Makro Ekonomik Belirleyicilerinin Modellenmesi ve Veri Seti

İlgili literatür bağlamında nükleer enerji tüketiminin; yenilenebilir enerji tüketimi, fosil enerji tüketimi, petrol fiyatı, emek, enerji yoğunluğu, GSYİH ve CO_2 emisyonu değişkenlerinden ne kadar etkilendiği, panel veri analizi ile OECD ülkeleri üzerinden Eşitlik 1'deki model ile ölçülecektir.

$$Nük_{it} = \beta_0 + \beta_1 Emek_{it} + \beta_2 Co_{2it} + \beta_3 Pet_{it} + \beta_4 EnerY_{it} + \beta_5 Fosil_{it} + \beta_6 Yenib_{it} + \beta_7 GSYİH_{it} + u_{it} \quad (1)$$

Eşitlik 1'de yer alan nükleer enerji tüketiminin makroekonomik belirleyicilerine yönelik modelde yer alan değişkenlerin tanımlanması Tablo 1'de verilmiştir.

Eşitlik 1'de yer alan modelin analizi için panel veri analiz yöntemi kullanılmıştır. Panel veri analizi kullanılmasının amacı, belli zaman aralığında örnekleme çoğaltarak birden fazla gözlem yapabilmektir (Hsiao, 2014, s.1). Ekonometrik analizlerde model seçimi önemli olduğu kadar, analiz için toplanan verilerin nereden ve nasıl toplandığı, ne tür veriler olduğu ve verilerde kopmalar/eksiklikler olup olmadığı da önemlidir. Verilerdeki eksiklik/bütünlük panel verilerde dengesiz/dengeli panel olarak ayrı analiz süreçlerinin işlemesine neden olur.

Panel veri setindeki her birimin karşısında eşit sayıda zaman dönemi yoksa bu tür modellere dengesiz panel veri modeli denir (Güriş & Kızılarlan, 2017, s.20). Paneldeki her birim aynı gözlem sayısına sahipse, yani her birim karşısına eşit sayıda zaman dönemi geliyorsa bu modele dengeli panel veri modeli denir. Panel veri uygulaması analize zenginlik katarak, tek başına kullanılan zaman serisi veya yatay kesit verilerin uygulanamama problemini ortadan kaldırır (Fezyioğlu, 2013, s.299).

Panel veri modelin sabiti, eğim katsayısı ve hata terimiyle ilgili yapılan varsayımlar nedeniyle değişik şekillerde tahmin edilebilir. Tahmin yöntemlerinde havuzlanmış veri, rasal etkiler ve tesadüfi etkiler olmak üzere üç farklı yöntem kullanılabilir. Modeldeki sabit ve eğim katsayısı, yatay kesit ve zaman serisi arasında sabitlendiği, hata teriminin ise yatay kesitler ve zaman serisi boyunca oluşan tüm farklılıkları yakaladığı varsayılır. Modeldeki tüm birimlerin verilerinin tek bir havuzda toplanarak bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkenler üzerindeki etkilerinin analiz edildiği bu modele havuzlanmış veri modeli denir (Çetin & Ecevit, 2010, s.172). Regresyon model katsayılarının birimlere veya zamana göre değiştiğini varsayan modellere sabit etkili modeller denir. Bu modelin kullanılmasının nedeni açıklayıcı değişkenlerin modele dahil edilmesinde başarısız olunup, kukla değişkenleri modele dahil ederek bu başarısızlığı ortadan kaldırmak ve bilgisizliğin önüne geçmektir (Fezyioğlu, 2013, s.330).

Tablo 1: Değişkenlerin Tanımlanması

Değişken	Açıklaması	Kaynağı	Literatürü
<i>Nük</i>	Nükleer enerji tüketimini KWh cinsinden göstermektedir. Modelin bağımlı değişkenidir.	OECD Stats	
<i>Emek</i>	15-65 yaş aralığındaki kurumsal olmayan sivil iş gücünü göstermektedir	OECD Stats	İlgili değişken Apergis ve Payne (2010a), Nazlıoğlu vd. (2011), Saidi ve Mbarek (2016) çalışmalarında da kullanılmaktadır
<i>Co₂</i>	Toplam karbondioksit emisyonunu göstermektedir	Dünya Bankası veri tabanı	Apergis vd. (2010b), Omri ve Chaibi (2014), Saidi ve Mbarek (2016); tarafından yapılan çalışmalarda da kullanılan bir değişkendir.
<i>Pet</i>	Ham petrol fiyatlarını göstermektedir.	British Petroleum	Lee ve Chiu (2011) tarafından yapılan çalışmada da kullanılmıştır.
<i>Enerji</i>	Enerji yoğunluğunu göstermektedir	Dünya Bankası veri tabanı	Akhmat ve Zaman (2013) tarafından kullanılmıştır
<i>Fosil</i>	Fosil yakıt tüketimini (toplamın %'si) göstermektedir	Dünya Bankası veri tabanı	Lee ve Chiu (2011), Chu ve Chang (2012), Akhmat ve Zaman (2013) tarafından da kullanılmıştır.
<i>Yenib</i>	Yenilenebilir enerji tüketimini (Toplam nihai enerji tüketiminin %'si) göstermektedir	British Petroleum	değişken Apergis vd. (2010b), Omri ve Chaibi (2014), Omri vd. (2015), Saidi ve Mbarek (2016) tarafından da kullanılmıştır
<i>GSYİH</i>	Kişi başına sabit fiyatlarla GSYİH'yı göstermektedir	OECD Stats	

Sabit etkiler modelindeki kukla değişkenler, model konusundaki bilgisizliğin önüne geçemiyorsa, rassal etkiler modeli kullanılarak bu bilgisizlik hata terimi olarak modele dahil edilir. Hata terimi kullanılarak daha önceden sabit etkiler modelinde kayba uğrayan serbestlik derecesinin bu kaybı telafi edilmiş olur (Torres-Reyna, 2007, s.25).

Eşitlik 1'de yer alan modelin örneklem dönemi 2000-2015 yılları arası kullanılmıştır. Eşitlik 1'deki modelde yer alan değişkenlerden *Nük*, *Emek*, *CO₂* ve *Yenib* değişkenleri doğal logaritmaları alınarak analize dahil edilmiştir. Ayrıca OECD ülkeleri içerisindeki verileri ek-sik olan ülkeler örneklemden çıkarılarak, veri setinin dengeli panel olması sağlanmıştır. Sonuç olarak 30 ülkenin 16 yıllık verileri ile 480 ülke/yıl verisi kullanılarak analiz gerçekleştirilmiştir.

4.1. Ekonometrik Yöntem

Panel veri analizinin kullanılması sırasında üç farklı model bulunmaktadır. Bunlar havuzlanmış veri, rassal ve tesadüfi etkiler modelleridir. Bu modellerden hangisinin kullanılacağına F Testi, Breusch-Pagan LM ve Hausman Testi ile karar verilmektedir. F Testi'nin kullanılmasının amacı statik panel veri modellerinden olan havuzlanmış modelin geçerliliğini sınamaktır. Bu sınamayı yapabilmek için kısıtlı ve kısıtsız modeller kullanılması gerekmektedir (Hsiao, 1986, ss.12-18; Baltagi, 1995, ss.50-54).

$$\text{Kısıtlı Model: } Y_i = X\beta + u_i = 1, 2, \dots, N \quad (2)$$

$$\text{Kısıtsız Model: } Y_i = X_i \beta_i + u$$

$$H_0: \beta_i = \beta$$

Eğer H_0 Hipotezi reddedilmezse; $\beta_i = \beta$ olacaktır. Böyle bir durumda klasik model kabul edilir havuzlanmış en küçük kareler (EKK) tekniği kullanılarak çözüm yapılır.

Breusch-Pagan LM Testi havuzlanmış yöntem ile rassal etkiler modeli arasında bir seçim yapmak için geliştirilmiştir. Bu testin rassal etkilerin varyansının sıfır olduğu hipotezi aşağıdaki gibi kurulmaktadır (Breusch ve Pagan, 1980:240-241; Greene, 1993:454);

$$H_0: \sigma_u^2 = 0$$

$$H_1: \sigma_u^2 \neq 0$$

Hausman Testi sınamayı x^2 (ki-kare) dağılımına uyan istatistikle test etmektedir. Hausman Testine ilişkin hipotezler ise şu şekilde kurulmaktadır (Hausman, 1978:1251-1260). Hausman testi ile rassal etkiler ve tesadüfi etkiler yöntemi karşılaştırılmaktadır.

H_0 : Açıklayıcı değişkenler ile birim etkiler arasında korelasyon (ilişki) yoktur.

H_1 : Açıklayıcı değişkenler ile birim etkiler arasında korelasyon (ilişki) vardır.

4.3. Bulgular

Analizde kullanılan değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler ortalama, medyan, en yüksek, en düşük, çarpıklık, basıklık ve standart hata olarak Tablo 2’de gösterilmiştir. Tablo 2’de modelde yer alan değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistiklerden ortalama ve medyan değerleri, verilerin normal dağılıma ne kadar yaklaştığının bir göstergesi niteliğindedir. Verilerin standart normal dağılım gösterdiği durumlarda, ortalama ve medyan değerleri birbirine yaklaşmaktadır (Altıntaş, 2006, s.28). Tablo 2’de bütün değişkenlerin ortalama ve medyan değerleri birbirine oldukça yakındır. Bu nedenle modelde yer alan bütün değişkenlerin standart normal dağılıma yakınlaştığı varsayılmıştır. Normal dağılım için bir diğer gösterge çarpıklık ve basıklık katsayılarıdır. George ve Mallery (2010) çarpıklık ve basıklık katsayılarının +2 ile -2 arasında olmasını normal dağılımın bir göstergesi olarak kabul etmişlerdir. Tablo 2’de örneklemin basıklık ve çarpıklık katsayılarının +2 ile -2 arasında olduğu görülmektedir. Dolayısı ile örneklemdaki değişkenlerin normal dağılıma sahip olduğu ifade edilebilir.

Tablo 2: Tanımlayıcı İstatistikler

	Nük	Emek	CO2	Pet	EnerY	Fosil	Yenib	GSYİH
Ortalama	2,2279	9,1522	5,0991	66,1532	3935,604	77,0955	2,3490	33954,06
Medyan	2,3923	8,6424	4,8291	63,4076	3686,115	80,9543	2,2822	35527,45
En Yüksek	6,7445	11,964	8,7213	111,6697	8441,185	97,2073	4,0974	606609,84
En Düşük	0,000	7,4719	3,4078	24,4438	1094,347	26,8422	-0,3678	12304,56
Std. Hata	2,2121	1,1424	1,2606	31,1958	1644,918	15,5548	0,9419	10825,04
Çarpıklık	0.349	0.522	0.701	0.118	0.733	-1.073	-0.442	0.005
Basıklık	1.731	1.266	1.020	1.611	1.084	1.603	1.083	1.503

Modelde kullanılan değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistiklerin raporlanmasından sonra Eşitlik 1’deki araştırma modelinin analizinde kullanılacak olan yöntemin rassal etkiler mi, tesadüfi etkiler mi yoksa havuzlanmış veri mi Olduğuna ilişkin seçimi yapmak üzere F-Testi, Breusch Pagan LM Testi ve Hausman Test’lerinin yapılması gerekmektedir. Tablo 3’te yer alan test sonuçları incelenerek hangi yöntemin uygulanması gerektiğine karar verilecektir. Tablo 3’te F Testi istatistik sonuçları görülmektedir. Bu sonuçlardan hareketle, olasılık değeri hata payından küçük olduğundan H_0 hipotezi reddedilmektedir. Böylelikle havuzlanmış modelin analize uygun olmayacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Breusch-Pagan Testi, birim etkilerin varyansı sıfır ise, bu durumda rassal etkinin havuzlanmış Model ile çözüme kavuşacağını sınar. Yapılan Breusch-Pagan Testi’ne ilişkin sonuçlar Tablo 3’te gösterilmektedir. Tablo 3’teki test sonuçları incelendiğinde, olasılık değeri 0.05 den küçük olduğundan H_0 hipotezi reddedilmektedir. Bu durumda da havuzlanmış EKK modelinin reddedildiği sonucuna varılır. Eşitlik 1’deki modelin havuzlanmasının uygun olmadığı yukarıdaki analizlerle ortaya konulmuştur. Şimdi ise havuzlama yapılamayacağına göre rassal etkinin mi yoksa, sabit etkinin mi seçileceğinin Hausman Testi ile sınanması gerekmektedir. Tablo 3 incelendiğinde “ H_0 : Açıklayıcı değişkenler ile birim etkiler arasında korelasyon (ilişki) yoktur.” şeklinde kurulan hipotezin tablo değeri

0.05'den büyük kabul edilmektedir. Yapılan bu analize göre model için sabit etkiler tahmincisinin tutarlı ve etkin olmadığı anlaşılmıştır. Ancak rassal etkiler tahmincisi etkin ve tutarlıdır.

Tahmin yöntemi belirlendikten sonra sıra, kurulan modelin temel varsayımları sağlayıp sağlamadığının sınanmasına gelmiştir. Modelin birimler arası korelasyon problemi, değişen varyans sorunu ile otokorelasyon sorunu olup olmadığı sırasıyla Pesaran Kesit Bağımlılık Testi, Wald Testi ve Wooldridge Otokorelasyon Testi ile incelenecektir.

Tablo 3'te Pesaran Kesit Bağımlılık Testi, Wald Testi ve Wooldridge Otokorelasyon Testi sonuçları gösterilmektedir. Yapılan üç testin sonuçlarının %1 istatistiki önem düzeyinde anlamlı çıkması Eşitlik 1'de yer alan modelde birimler arası korelasyon, değişen varyans ve otokorelasyon problemlerinin üçünün de mevcut olduğunu göstermektedir. Bilindiği üzere hata terimleri arasındaki bir ilişkinin varlığı regresyon analizlerinde kabul edilemez bir sorundur (Winkler & Hays, 1975, s.676; Dwivedi, 1980, s.102). Bu sorunlara dirençli tahminci üreten Driscoll-Kraay yöntemi ile analiz gerçekleştirilecektir.

Modele ilişkin gerekli analiz yönteminin seçilmesine ilişkin uygunluk koşulları araştırıldıktan sonra şimdi ise Eşitlik 1'deki modelin ekonometrik analiz sonuçlarının incelenmesine sıra gelmiştir. Bu sonuçlar Tablo 4'te gösterilmektedir. Modelin genel olarak anlamlılığını gösteren Wald Ki-Kare istatistiğinin olasılık değeri modelin %1 istatistiki önem düzeyinde anlamlı olduğunu göstermektedir. Tablo 4'te R^2 değerinin 0,707 olduğu görülmektedir. Dolayısıyla, modelin açıklama gücünün yaklaşık %70 olduğu ifade edilebilir.

Tablo 3: Yöntem ve Temel Varsayım Testleri

Hipotez	Test Adı	Test İstatistiği	Olasılık Değeri	
$H_0: \beta_i = \beta$	F Testi	165,641	0.0001	
$H_1: \beta_i \neq \beta$				
$H_0: \sigma_u^2 = 0$	Breusch-Pagan Düz. Lagr. Çarpan Testi	Kesit	2553.1	0,0001
$H_1: \sigma_u^2 \neq 0$		Zaman	6.5519	0.0105
		Kes.ve Zam	2559.7	0,0001
$H_0: E(\varepsilon_{i,t}/x_{i,t}) = 0$	Hausman Tetsi	1.5811	0,9539	
$H_0: E(\varepsilon_{i,t}/x_{i,t}) <> 0$				
H_0 : Otokorelasyon yok	Wooldridge Otokor. Testi	18.960	0,0002	
H_1 : Otokorelasyon var				
H_0 : Eş varyanslılık vardır	Wald Testi	84978,3	0,0001	
H_1 : Eş varyanslılık yoktur				
H_0 : Kesit Bağımlılık yok	Pesaran's Kesit Bağımlılık Testi	6,151	0,0001	
H_1 : Kesit Bağımlılık var				

Tablo 4: Analiz Sonuçları

Değişkenler	Katsayı	Standart Hata	Olasılık Değeri
C	0,7432	2,2798	0,749
<i>Emek</i>	0,4224	0,3171	0,203
<i>Co₂</i>	0,7980	0,2312	0,004*
<i>Pet.</i>	-0,0015	0,0007	0,046**
<i>Enerji</i>	0,0003	0,00007	0,001*
<i>Fosil</i>	-0,0816	0,01127	0,001*
<i>Yenib.</i>	-0,2243	0,04404	0,001*
<i>GSYİH</i>	-0,00002	0,0000006	0,001*
Kesit G. 30 Zaman P. 16	Wald Ki-Kare	Prob	R ²
Göz. Say. 480	506,24	. 0,001	0,707

* %1, ** %5 istatistiki önem düzeyinde anlamlılığı göstermektedir.

Tablo 4'teki sonuçlara göre *Emek* değişkeni istatistiki açıdan %5 önem düzeyinde anlamsız olarak bulunmuştur. Diğer değişkenler ise *Pet* değişkeni dışında, tamamının %1 istatistiki önem düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. *Pet* değişkeni ise %5 istatistiki önem düzeyinde anlamlıdır. İstatistiki açıdan anlamlı çıkan değişkenlerden *Co₂* ve *Enerji* değişkenleri *Nük* değişkeni ile pozitif, diğer değişkenler (*Fosil*, *Yenib.*, *Pet* ve *GSYİH*) ise negatif ilişkilidir.

Anlamlı olan değişkenlerin katsayıları tek tek yorumlandığında; toplam karbondioksit emisyonunda meydana gelen 1 birimlik bir artış, nükleer enerji tüketimini 0.79 birim arttırmaktadır. Yine enerji yoğunluğunda meydana gelen 1 birimlik bir artış da nükleer enerji tüketimini 0.0003 birim arttırmaktadır. Fosil yakıt tüketimindeki 1 birimlik bir artış nükleer enerji tüketimini 0.081 birim azaltmaktadır. Ayrıca, yenilenebilir enerji tüketimindeki 1 birimlik bir artış nükleer enerji tüketimini 0.22 birim, *Pet* değişkeninde meydana gelebilecek bir birimlik değişim 0,0015 birim azaltmakta ve son olarak kişi başına sabit fiyatlarla GSYİH'deki 1 birimlik bir artış nükleer enerji tüketimini 0,00002 birim azaltmaktadır. Ekonometrik analizlerden çıkan sonuçlar; nükleer enerji değişkeniyle toplam karbondioksit emisyonu, enerji yoğunluğu, fosil yakıt tüketimi, yenilenebilir enerji tüketimi değişkenleri arasında analiz sonucunda bulunan ilişki Apergis ve Payne (2010a), Apergis vd. (2010b), Omri ve Chaibi (2014), Menyah ve Wolde-Rufael (2010) çalışmalarıyla uyumlu olarak bulunmuştur. Nükleer enerji tüketimi üzerinde en büyük etkiye karbondioksit değişkeni sahiptir.

5. SONUÇ

1934 yılında Fermi'nin ilk kendi kendini sürdüren zincir reaksiyonunu keşfetmesiyle, nükleer teknoloji için büyük bir adım atılmış oldu. 1942 yılında ABD'de ilk nükleer reaktör kurularak, 1951 yılında nükleer santrallerden ilk elektrik üretimi gerçekleştirilmiştir. Elektrik üretiminde nükleer enerjinin kullanılması ülkelere pek çok fayda sağlamaktadır. Bunlardan en önemlisi olarak nükleer enerji ile üretilen elektriğin, diğer santrallerden üretilen elektriğe göre daha ekonomik olması sayılabilir. Ayrıca yakıt maliyetinin düşük olması, nükleer enerjinin hammaddesinde rezervlerin bol olması ve uluslararası alanda tekelleşme olmamasından dolayı, fiyat dalgalanmalarından çok az etkilenmekte ve dolayısıyla da fiyat istikrarı sağlanmaktadır. Bu avantajları elbette ülkelerin nükleer enerji kullanmalarında en önemli etkenlerdir. Fakat bunların dışında acaba ülkelerin nükleer enerji tüketiminde etkili olan makroekonomik faktörler nelerdir?

Nükleer enerji kullanımının makroekonomik belirleyicileri bu çalışmada literatürdeki ampirik çalışmalar incelenerek tespit edilmiştir. CO₂ salınımı, emek, enerji yoğunluğu ve GSYİH değişkenleri literatürde en sık kullanılan değişkenler olarak göze çarpmaktadır. Söz konusu değişkenler bir arada kullanılarak seçilmiş OECD ülkeleri örnekleminde analiz edilmiştir.

OECD ülkelerinde ekonomik gelişmeye bağlı bir şekilde enerji ihtiyacı sürekli artmaktadır. OECD ülkelerinin artan enerji ihtiyacını karşılama şekli dünya enerji piyasasında enerji fiyatları üzerinde önemli bir etki yaratabilmektedir. Diğer taraftan bu ülkelerin enerji sektöründe değişik alanlarda yoğunlaşması o alanlardaki teknolojik gelişmeleri de önemli bir ölçüde etkilemektedir. Dolayısıyla, bu ülkeler dünya enerji pazarında önemli bir aktör konumundadırlar. Bu ülkelerin nükleer enerji ile makroekonomik değişkenleri arasındaki ilişkinin incelenmesi hem enerji piyasasında hem de ekonomik alandaki etkileşimin nasıl gerçekleştiğini açıklayabilecektir.

Bu çalışmayla gerçekleştirilen dengeli panel veri analizi sonucunda *Emek* değişkeni istatistiki açıdan %5 önem düzeyinde anlamsız olarak bulunmuştur. *Co₂*, *EnerY*, *Fosil Yeni b* ve *GSYİH* %1, *Pet* değişkeni ise %5 istatistiki önem düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. İstatistiki açıdan anlamlı çıkan değişkenlerden *Co₂* ve *EnerY* değişkenleri *Nük* değişkeni ile pozitif ilişkili iken; *Fosil Yeni b*, *Pet* ve *GSYİH* değişkenleri ise *Nük* değişkeni ile negatif ilişkilidir.

Co₂ değişkeni ile nükleer enerji arasındaki ters yönlü ilişki ülkelerin karbondioksit emisyonu ile ilgili uluslararası sözleşmelerde girmiş oldukları yükümlülükleri yerine getirebilmeleri ve bireylere daha temiz hava sağlayabilmeleri için nükleer enerji kullanımına yönelebilecekleri anlamını taşıyabilir. Analiz sonucunda ortaya çıkan *Co₂* değişkeni ile Nükleer Enerji tüketimi arasındaki ilişkinin benzerini Apergis vd. (2010b) ile Menyah ve Wolde-Rufael (2010) da ortaya koymuştur.

Enerji yoğunluğu (*EnerY*) ile nükleer enerji tüketimi arasında bulunan pozitif ilişkinin benzeri Akhmat ve Zaman (2013) tarafından da bulunmuştur. Bu sonuç enerji yoğunluğu artan ülkelerin nispeten ucuz olan nükleer enerjiye yöneldikleri şeklinde yorumlanabilir. Fosil yakıt tüketimi (*Fosil*) ile nükleer enerji tüketimi arasında bulunan negatif ilişkinin benzeri Lee ve Chiu (2011) tarafından da bulunmuştur. Bu durum gün geçtikçe enerji ihtiyacı artan ülkelerin nükleer enerji ile fosil yakıtları birbirine ikame etmelerinden kaynaklanabilir. Yenilenebilir enerji tüketimi (*YeniB*) ile nükleer enerji tüketimi arasında bulunan negatif yönlü ilişkinin benzeri Apergis vd. (2010b) çalışmasında da mevcuttur. Bu ilişki ülkelerin yenilenebilir enerji sektörünün gelişimine bağlı olarak bu alandaki yatırımlarını arttırmaları ve belirli refah düzeyine ulaşmış ülkelerin nükleer enerji tüketiminden uzaklaşarak yenilenebilir enerjiye yönelmeleri nedeniyle gerçekleşmiş olabilir.

GSYİH ve nükleer enerji tüketimi arasındaki negatif yönlü ilişki Menyah ve Wolde-Rufael (2010), Saidi ve Mbarek (2016) çalışmalarında da tespit edilmiştir. Bunun nedeni belirli gelişmişlik düzeyinde olan ülkelerin, nükleer enerjiden kaçınarak diğer alternatif enerji arayışları içerisine girmeleri ve bu kaynaklardan yararlanmaları olabilir. Nükleer enerji kullanımı ile enerjide dışa bağımlılığı önlemenin yanında, sanayi mallarının üretim maliyetlerini azaltarak bir rekabet avantajı sağlanabilir. Örneğin Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığı %72 seviyelerinde olduğu hesaplanmaktadır (Eral, 2015, s.18). Türkiye gibi fosil enerji kaynağı olmayan ya da diğer ülkelere nazaran daha az olan ülkeler enerji arzında dışa bağımlılığını azaltmak için nükleer enerjiye yönelmeleri gerekebilir (Netzer & Steinhilber, 2011, s.72). Ayrıca nükleer enerjiyi diğer sektörlerle bütünleştirerek, yüksek büyüme ve kalkınma sağlanması da mümkün olabilecektir.



Yararlanılan Kaynaklar

- Andreev, L. (2011). *The Economics of The Russian Nuclear Power Industry*. Bellona Report, S.t. Petersburg.
- Akhmat, G & Zaman K. (2013). Nuclear energy consumption, commercial energy consumption and economic growth in South Asia: Bootstrap panel causality test. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, (25), 552-559.
- Apergis, N & Payne, J. E. (2010a). A panel study of nuclear energy consumption and economic growth. *Energy Economics*, (32), 545-549.
- Apergis, N., Payne J. E., Menyah K & Yemane, W., R. (2010b). On the causal dynamics between emissions, nuclear energy, renewable energy and economic growth. *Ecological Economics*, (69), 2255-2260.
- Baltagi, B. H. (1995). *Econometric Analysis of Panel Data*, New York: Wiley Pub.
- Bilgin, M. (2009). Fosil, yenilenebilir ve nükleer yakıtların neopolitik anlamı – türkiye'nin durumu ve gelecek alternatifleri. *Uluslararası İlişkiler Dergisi*, (20), 57-88.

- Breusch, T & Pagan, A., (1980). The LM test and its applications to model specification in econometrics. *Review of Economic Studies*, (47) 239-254.
- Chang, T., Gatwabayege, F., Gupta, R., Inglesi-Lotz, R., Manjezi, N.C & Simo-Kengne, B.D. (2014). Causal relationship between nuclear energy consumption and economic growth in G6 countries: Evidence from panel granger causality tests. *Progress in Nuclear Energy*, (46), 187-193.
- Chu, H. P & Chang, T. (2012). Nuclear energy consumption, oil consumption and economic growth in G-6 countries: Bootstrap panel causality test. *Energy Policy*, (48), 762-769.
- Civan, A & Köksal, B. (2010). Factors that affect the decision of having nuclear energy and predictions for Turkey. *Uluslararası İlişkiler (International Relations)*, 6(24), 117-140.
- Comby, B. (2006). 'The benefits of nuclear energy', *Association of Environmentalists for Nuclear Energy, Working Paper No:06*. Houilles, France.
- Çetin, M & Ecevit E. (2010). Sağlık harcamalarının ekonomik büyüme üzerine etkisi: OECD ülkeleri üzerine bir panel regresyon analizi, *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 11(2), 166-182.
- Demir, M. (2013). Enerji ithalatı cari açık ilişkisi, var analizi ile Türkiye üzerine bir inceleme. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 5(9), 2-27.
- Dwivedi, D.N. (1980). *Managerial Economics*, 8. Baskı, Vikas Publishing House.
- Eral, M. (2015). Nükleer güç santralleri ve ülkemiz. Ege Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü, Nükleer Teknoloji Anabilim Dalı, İzmir, http://www.meslekiyayin.com/images/111_0016.pdf, (Erişim tarihi:09.06.2017).
- Esen, Ö. & Bayrak, M. (2015). Enerji açığının belirleyicilerinin teorik perspektiften incelenmesi. *Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(1), 45-61.
- Feyzioğlu, O. (2013). *Matris Cebiriyle Ayrıntılı Teori ve Uygulamalar*, İstanbul Gelişim Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- George, D & Mallery, M. (2010). *SPSS for Windows Step by Step: A Simple Guide and Reference*, 17.0 update (10a ed.) Boston: Pearson.
- Göçer, İ. (2013). Türkiye'de cari açığın nedenleri, finansman kalitesi ve sürdürülebilirliği: Ekonometrik bir analiz. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 8(1), 213-242.
- Güriş, S. & Kızılarlan, Ş. (2017). Dengesiz panel veri modeli ile EM algoritması sonuçlarının karşılaştırılması. *Öneri Dergisi*, 12(47), 15-30.
- Hsiao, C. (1986). *Analysis of panel data* (Cambridge University Press, Cambridge).
- Hsiao, C. (2014). *Analysis of Panel Data*. Cambridge University Press, New York.
- Hwang, J. H., Min, S. H & Hoon Yoo S. (2015). Nuclear energy consumption and economic growth: A panel data analysis. *Innovation Studies*, 10(1), 61-72.
- Joskow, P & Parsons, J. (2016). *The Economic Future of Nuclear Power*. Massachusetts Institute of Technology (MIT). USA.

- Korkmaz, T., Yıldız, B & Gökbulut R.,İ. (2010). FVFM'nin IMKB ulusal100 endeksindeki geçerliliğinin panel veri analizi ile test edilmesi. *İstanbul Üniversitesi, İşletme Fakültesi Dergisi*, 39(1), 95-105.
- Lee, C. C., & Chiu, Y. B. (2011). Oil prices, nuclear energy consumption and economic growth: New evidence using a heterogeneous panel analysis. *Energy Policy*, 39(4), 2111-2120.
- Lee, M.K., Nam, K.Y., Jeong, K.H & Min, B.J. (2009). Contribution of nuclear power to the national economic development in Korea, *Nuclear Engineering And Technology*, 41(4):549-560.
- Menyah, K & Wolde-Rufael, Y. (2010). CO₂ emissions, nuclear energy, renewable energy and economic growth in the US. *Energy Policy*, 38(6), 2911-2915.
- MIT. (2003). *The Future of Nuclear Power*. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge.
- Muradov, E. (2012). Almanya'nın nükleer enerji politikasını etkileyen faktörler. *Öneri Dergisi*, 38:105-111.
- Nazlıoğlu, S., Lebe F & Kayhan S. (2011), Nuclear energy consumption and economic growth in OECD countries: Cross-sectionally depend heterogeneous panel causality analysis. *Energy Policy*, 39(10), .6615-6621.
- Netzer,N & Steinhilber, J. (2011). *Nükleer enerjinin sonu mu? Fukuşimadan Sonra Alternatif Enerji Politikalarına Uluslararası Bir Bakış*, (Çev., Kaplan, F. ve Ulusoy, D.) Sena Ofset, İstanbul.
- Nuclear Energy Agency, (1993). Broad impacts of nuclear power,<https://www.oecd-nea.org/brief/brief-09.html> (Erişim Tarihi: 04.03.2017).
- Nuclear Energy Agency. (2017). Nuclear Energy Data 2017, OECD.
- Omri A & Chaibi A., (2014). Nuclear Energy, Renewable Energy, And Economic Growth in Developed And Developing Countries: A Modelling Analysis From Simultaneous-Equation Models, No 2014-188, Working Papers, Department of Research, Ipag Business School.
- Omri, A., Mabrouk, N. B & Tmar A. S. (2015). Modeling the causal linkages between nuclear energy, renewable energy and economic growth in developed and developing countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, (42), 1012-1022.
- Saidi, K & Mbarek M. B. (2016). Nuclear energy, renewable energy, CO2 emissions, and economic growth for nine developed countries: Evidence from panel granger causality tests. *Progress in Nuclear Energy*, (88), 364-374.
- Torres-Reyna, O. (2007). *Panel Data Analysis Fixed and Random Effects Using Stata V.4.2*, Princeton University, New Jersey.
- Thomas, S. (2005). *The Economics of Nuclear Power*. Heinrich Böll Stiftung, Berlin.
- Türkiye Atom Enerji Kurumu. (2010). Günümüzde Nükleer Enerji, Temmuz, Ankara.
- World Nuclear Association. (2016). The Economics of Nuclear Power. July 2016, <http://www.world-nuclear.org/information-library/economic-aspects/economics-of-nuclear-power.aspx> (Erişim Tarihi:04.03.2017).

- ETKB (2017). Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Nükleer Enerji, Ankara, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Nukleer-Enerji> (Erişim Tarihi: 03.03.2017).
- Winkler, R.L & Hays, W. L. (1975). *Statistics: Probability, Inference and Decision* (2d ed.). New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Yaşar, E., Açıklan, S & Gezer, M. A. (2014). CO2 Emission, composition of energy consumption and GPPPC classification of OECD countries, *Global Journal on Advances in Pure & Applied Sciences*, 3:38-45.
- Yüksel, M. (2010). Nükleer Enerji ve Türkiye. Türk Asya Stratejik Araştırmalar Merkezi, İstanbul, http://www.tasam.org/tr-TR/Icerik/1261/nukleer_enerji_ve_turkiye (Erişim Tarihi: 03.03.2017).

	<p>Hüseyin ÖNDER – huseyin.onder@dpu.edu.tr</p> <p>Hüseyin ÖNDER currently works at the Department of Economics, Dumlupınar University. He has been teaching at graduate and undergraduate programs of Dumlupınar University since 2012. He received his PhD in Economics from Dumlupınar University in 2011. He has received awards from many institutions including Economic Research Foundation, International Investors Association, IAU Community Research Center and Aydın Adnan Menderes University. He does research in Macroeconomics, Environmental Economics and Development Economics.</p>
	<p>İbrahim GÜNDÜZ – gunduz.ibrahim1991@gmail.com</p> <p>MA, Master of Arts, İbrahim GÜNDÜZ graduated from Dumlupınar University Social Sciences Institute in 2017.</p>