

TÜRKİYE'DE NÜKLEER ENERJİYE GEÇİŞİN EKONOMİ VE ÇEVRE ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: ABD, FRANSA VE JAPONYA ÖRNEĞİ¹

Mustafa GÜLLÜ²

Murat GÜNGÜL³

ÖZET

Günümüz enerji kaynakları gerek kullanım yoğunluğu ve gerekse mevcut enerji kaynakların kıtlığı nedeniyle ikame enerji kaynakların araştırılması, geliştirilmesi ve kullanıma hazır hale getirilmesinin önemini artırmaktadır. Enerji tüketim miktarının her geçen yıl katlanarak artması ve mevcut öncü enerji kaynaklarından petrol, doğalgaz ve kömür gibi fosil rezervlerin gün geçtikçe tükeneceği ve enerji kaynaklarını çeşitlendirmenin öneminin arttığı göz önüne alındığında ikame enerji kaynaklarının gerekliliği daha net anlaşılmaktadır. Ayrıca kendi enerji kaynaklarına sahip olmayan ve ithal enerji kaynakları ile enerji ihtiyacını gidermeye çalışan ülkeler için enerjiyi elde etme maliyeti büyük bir ekonomik yük oluşturmaktadır. Bu sebeple ikame yeni enerji kaynakların bulunması ve kullanım kalitesinin artırılması ülkelerin en önemli önceliği olmaktadır.

Bu çalışmada ikame enerji kaynaklarından nükleer enerjiden elektrik üretiminin muhtemel ekonomik kazançları incelenmiştir. Nükleer enerjinin riskleri ve nükleer atıkların zararlarının yanı sıra ekonomik kazançları da önem taşımaktadır. Türkiye'de yapımına başlanan Akkuyu Nükleer Güç Santralinin Türkiye'nin ekonomik büyümesine ve karbon emisyonuna etkisini, Dünyada nükleer enerji kurulu güç verilerine göre ilk üç ülke olan ABD, Fransa ve Japonya örneğinde incelenmiştir. ABD'de nükleer enerjiden ekonomik büyümeye ve ekonomik büyümeye karbon emisyonuna, Fransa'da nükleer enerji ile karbon emisyonu arasında karşılıklı ve Japonya'da nükleer enerji ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Enerji, Nükleer Enerji, Ekonomik Büyüme, Karbon Emisyonu, Granger Nedensellik

EFFECT OF TRANSITION TO NUCLEAR ENERGY IN TURKEY'S ECONOMY AND ENVIRONMENT: EVIDENCES FROM USA, FRANCE AND JAPAN

ABSTRACT

Today's energy resources increase the importance of research, development and use of substitute energy sources due to the intensity of use and the scarcity of available energy resources. Considering the increase in energy consumption and the fact that fossil reserves such as oil, natural gas and coal will be depleted over time and the importance of diversifying energy resources increases, the necessity of substitution energy resources is understood more clearly. Moreover, the cost of obtaining energy is a major economic problem for countries that do not have their own energy resources and try to fix their energy needs with imported energy resources. For this reason, replacement of new energy resources and increasing the quality of use is the most important priority of the countries.

In this paper, the possible economic benefits of electricity production from nuclear energy are investigated. The risks of nuclear energy and the damages of nuclear waste as well as economic gains are important. Akkuyu Nuclear Power Plant's effect to Turkey's economic growth and carbon emission will be examined for the example of first three countries in the nuclear, USA, France and Japan. According to the results, in the US, one-way causality from nuclear energy to economic growth and from economic growth to carbon emissions, bi-directional causality between nuclear energy and carbon emissions in France and bi-directional causality was found between nuclear energy and economic growth in Japan,

Keywords: Energy, Nuclear Energy, Economic Growth, Granger Causality

¹ Bu çalışma 28-30 Eylül 2018 tarihlerinde 2. Uluslararası Sosyoloji ve Ekonomi kongresinde bildiri olarak sunulmuştur

² Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, Doktora Öğrencisi, mustafagullu@hotmail.com

³ Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, Doktora Öğrencisi, muratgungul@hotmail.com.

1. GİRİŞ

Enerji, gelişmekte olan bir ülke için ekonomik büyümede ve gelişmede en önemli faktörlerden biridir. Bundan dolayı ülkeler, enerji kaynaklarının devamlılığı için gerekli enerji politikaları ve stratejileri geliştirmektedirler. Enerjinin öneminden kaynaklı ülkeler için enerji alanında ihracatçı konumda olma öncelikli amaç olmuştur. Enerji alanında ithalatçı konumda olma, cari açığa etkisinden dolayı doğrudan ülkelerin enerji politikalarının yansıması olarak ortaya çıkmaktadır (Güngör ve Buldurur, 2017:297-298). Özellikle günümüz mevcut enerji kaynaklarının sınırsız olmayışı ve enerji tüketim artışı karşısında gittikçe azalması enerjiye yönelik yapılacak çalışmaların önemini artırmaktadır. Tablo 1'e bakıldığında şuanda öncü enerji kaynakların bölgelere göre kalan ömürleri yıl bazında gösterilmektedir. Buna göre kısa vadede tükenecek olan öncü enerji kaynaklarına karşı ikame enerji kaynaklarının bulunması ülkelerin en büyük ekonomik sorunlarından biri olmaktadır.

Tablo 1: Öncü Enerji Kaynaklarının Bölgelere Göre Tükenme Zamanı (Yıl)

Bölge	Petrol	Doğal Gaz	Kömür
Kuzey Amerika	15	11	235
Orta ve Güney Amerika	80	53	181
Ortadoğu	85	-	-
Afrika	36	72	131
Asya Pasifik	14	37	59
Avrupa	8	14	55
OECD Ülkeleri	13	14	174

Kaynak: Sevim, 2012:106; Altınakar, 2014:77

İkame enerji kaynağı arayış çabasında yenilenebilir enerji kaynakları ön plana çıksa da kısa vadede Dünya enerji ihtiyacını karşılayacak durumda değildir. Bu sebeple özellikle elektrik enerjisi ihtiyacının karşılanması açısından nükleer enerji ikame enerji kaynağı olarak öncelikli enerji kaynağı olarak görülmektedir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Ergün ve Polat (2012) Nükleer Enerji Türkiye'ye Yansımaları çalışmalarında nükleer enerjide yararlanmanın olumlu ve olumsuz etkilerini irdelenmişlerdir. Çalışmada genel olarak nükleer enerjinin Dünya'da ve Türkiye'de mevcut durum ile ilgili tarihsel bir analiz ve daha sonra ekonomik açıdan değerlendirilmesi yapılmıştır. Sonuç kısmında ise nükleer enerjinin dezavantajlarının yanında özellikle Türkiye için ithalatı azaltılması ve ekonomiye etkisi açısından değerlendirilmesi gerektiği görüşü paylaşılmıştır.

Naser (2015) çalışmasında nükleer enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerine ilişkisini İngiltere, Kanada, Fransa ve Japonya örnekleri ile 1965-2010 yılları aralığında Granger nedensellik testi uygulayarak incelemiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre Japonya'da nükleer enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedenselliğin olduğu, Fransa'da ekonomik büyümeden nükleer enerji tüketimine doğru bir nedensellik bulunmuştur. ABD ve Kanada'da ise herhangi bir nedenselliğe rastlanılmamıştır.

Özalp (2012) çalışmasında Türkiye'nin enerji ihtiyacında nükleer enerjinin enerji arzına etkileri tartışılmıştır. Konu irdelenirken nükleer enerji çalışmalarında ele alınan konular sıralanmış ve bu çerçevede Dünya'da ve Türkiye'de nükleer enerjinin durumu ve tarihçesi üzerinde bilgiler verilmiştir. Çalışmanın sonuç kısmında ise Türkiye'de nükleer enerji kurulumunun gerekliliği açıklanarak, Akkuyu Nükleer Santrali yapımının sonucu olarak,

Türkiye'nin Rusya'dan gerekli bilimsel teknik ve teknolojik transferlerini alma sürecini hızlandırıp kendi alt yapısını oluşturması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Onural ve Doğdu (2017) çalışmalarında öncelikle Türkiye'de enerjinin mevcut durumu hakkında genel bir durum değerlendirmesi yapıp akabinde Türkiye'de nükleer enerjinin gerekliliği üzerine değerlendirme yapılmıştır. Daha sonra bir nükleer enerji santralının planı üzerine teknik bilgiler verip değerlendirme kısmında Türkiye'nin özellikle 2023 hedeflerine ulaşma çabaları ve ekonomiye etkileri açısından nükleer enerjinin değerlendirmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Wolde-Rufael (2012), Tayvan için nükleer enerji tüketimi ile için gayri safi yurtiçi hasıla arasında 1977-2007 dönemi için vektör otoregresif (VAR) modeli kurularak nedensel ilişkiyi test etmiş ve ekonomik büyüme ile nükleer enerji tüketimi arasında herhangi bir yönde nedenselliğe ulaşamamıştır.

Hindistan için 1969–2006 dönemini kapsayan yıllık verilerini kullanarak nükleer enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki uzun dönemli ve kısa süreli nedenselliği hata düzeltme modellerini kullanarak araştıran Heo vd. (2011), nükleer enerji tüketiminden, ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik olduğu sonucuna varmıştır.

Kore için 1977-2002 dönemini kapsayan yıllık verileri kullanarak nükleer enerji tüketimi ile ekonomik büyümeyi eş bütünleşme ve Granger nedensellik testleri ile araştıran Yoo ve Jung (2005), nükleer enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik saptamışlardır.

3. NÜKLEER ENERJİ

Nükleer enerji, 1879 yılında uranyumun bulunması ve 1934 yılında atomun parçalanması ile birçok alanda bilim adamları, sanayicilerin ve siyasetçilerin ilgisini çekmiştir. Hemen hemen her teknolojik buluşta olduğu gibi ilk başta askeri savunma alanında kendine yer bulan nükleer enerji zaman içinde bilgi birikiminin daha da artması ile savunma alanında kullanmak yerine enerji üretiminde kullanılması yönünde çalışmalar yapmaya başlanmıştır. Yapılan çalışmalar ışığında nükleer enerjinin ham maddesi olan uranyumu % 9-10 civarında arıtmak sureti ile enerji üretiminde kullanılabilmesini ortaya konulmuştur. Bundan sonra kömür, petrol gibi doğal kaynakları kısıtlı olan ve büyük ölçüde enerjiye ihtiyacı olan ülkelerde nükleer enerji santralleri hızla yayılmıştır (Engin, 2013:579). Bunun sonucunda birçok gelişmiş ülke nükleer enerjiden ticari olarak yararlanması için yüksek teknoloji ve maliyet gerektiren çalışmalar içine girmişlerdir. Bu çalışmaların sonucunda atomların parçalanması ile meydana çıkan ısı enerjisini elektrik enerjisine dönüştürecek sistemler geliştirilmiştir (Enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Nukleer-Enerji).

Geliştirilen bu sistemler sonucu genel olarak nükleer enerji ile ısı enerjisinin elektrik enerjisine dönüşüm süreci şu şekildedir; Atomun çekirdek bölümünde fazlaca atom ağırlığını gösteren proton ve nötronlar mevcuttur. Atom çekirdekleri dengesiz çözülmeye başladığında radyasyon yaymaya başlar. Radyasyon yayan atomlara radyoaktif denir. Radyoaktif doğal halde oluşabileceği gibi atomun nükleer reaktörlerdeki prosedüründen kaynaklı da meydana çıkar. Radyoaktif elementlerin çekirdekleri sürekli ve herhangi bir müdahale olmadan kendi kendilerine parçalanabilir ve bu şekilde ışınlar yayabilirler. Parçalanmış atom çekirdekleri böylece yeni çekirdeklere dönüşürler ve bu yeni çekirdeklere genel olarak radyoaktif olduğundan parçalanma sürecine girerler. Radyoaktif maddenin parçalanması sonucu ortaya çıkan devasa ısının oluşturduğu su buharı ile tribünler hareket edip elektrik üretilmektedir. Bu döngüde ham madde olarak uranyum kullanılmakta olup küçük bir hap kadar uranyum 1 ton

kadar kömüre eşdeğerdir (Engin, 2013:577-578). Bu da enerji ithalatı yerine çok küçük miktarda uranyum ithalatı ve kurulacak nükleer santral ile enerji ihtiyacının daha kolay karşılanabilmesi anlamına gelmektedir.

3.1. Dünyada Nükleer Enerji

Temmuz 2018 itibariyle, 31 ülkede 453 nükleer reaktör işletmede, 17 ülkede 57 adet nükleer reaktörde inşa halindedir (<http://enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Nukleer-Enerji>) Tüm Dünya’da elektrik üretiminin yüzde on biri nükleer enerjiden tedarik edilmektedir. Tablo 2’de görüldüğü üzere 100’e yakın santral ile ABD dünyanın en fazla nükleer santraline sahip ülkesidir. ABD 2015 yılında elektrik üretiminin %19,5’ini nükleer enerjiden sağlamıştır. Otuz altı nükleer santralin aktif faaliyet gösterdiği, yedi santralin ise inşa aşamasında olduğu Rusya’da elektrik üretiminin %18,6’sını, yirmi beş santrali bulunan Güney Kore %31,7’sini, elli sekiz nükleer santralin faaliyette olduğu Fransa’da ise elektrik üretiminin %76,3’ünü nükleer enerjiden elde etmektedir (ETKB, 2017:61). Hali hazırda Tablo 2’de de görüleceği üzere Birleşik Arap Emirlikleri’nin 4, Beyaz Rusya’nın 2 ve Türkiye’nin 1 tane olmak üzere inşaat aşamasında bulunan nükleer santrali bulunmaktadır. İnşa aşamasında ki santraller faaliyete geçtiğinde bu ülkelerde elektrik üretiminde kendi ikame enerji kaynaklarını oluşturacaklardır.

Tablo 2. Dünya’da Nükleer Enerji Durumu ve Elektrik Üretiminde Payı.

Ülkeler	Faal Nükleer Santral Sayısı*	İnşaat Aşamasındaki Nükleer Santral	Elektrik Üretiminde Nükleer Enerjinin
ABD	99	4	19,5
Fransa	58	1	76,3
Japonya	42	2	0,5
Çin	37	20	3,0
Rusya	36	7	18,6
Güney Kore	25	3	31,7
Hindistan	22	5	3,5
Kanada	19	-	16
Birleşik Krallık	15	-	31,7
Ukrayna	15	2	3,5
İsveç	10	-	16,6
Almanya	8	-	18,9
İspanya	7	-	56,5
Belçika	7	-	34,3
Çek	6	-	14,1
Tayvan	6	2	20,3
İsviçre	5	-	37,5
Finlandiya	4	1	32,5
Macaristan	4	-	16,3
Slovakya	4	2	33,5
Pakistan	4	3	52,7
Arjantin	3	1	55,9
Brezilya	2	1	4,4
Bulgaristan	2	-	4,8
Meksika	2	-	2,8

Romanya	2	-	31,3
Güney Afrika	2	-	6,8
Ermenistan	1	-	17,3
İran	1	-	4,7
Hollanda	1	-	34,5
Slovenya	1	-	1,3
BAE	-	4	3,7
Beyaz Rusya	-	2	38
Türkiye	-	1	0

Kaynak: ETKB, Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü, 2017 (10.01.2017 tarihi itibarıyla)

Nükleer enerjinin mevcut enerji kaynaklarına ikame olması ve bir çok ülke için avantajlar sağlamasının yanında ilk inşa ve oluşturma maliyeti yüksek olması, radyasyon yayması açısından dikkat edilmezse çevreye ve canlılara zarar vermesi, deprem bölgelerinde faaliyet gösterememesi ve nükleer silahlanma riski gibi dezavantajlı durumları da mevcuttur (Ergün ve Polat, 2012:38). Ayrıca nükleer enerji üretim aşamasında oluşan radyoaktif maddelerin korunması ve saklanması da zordur. Yılda ortalama 450 ton kadar nükleer atık ortaya çıkmakta ve bu atıklar 400 derecede soğutulduktan 40 yıl sonra yer altındaki depolara taşınmaktadır. Bu depoların volkanik dağların olmadığı ve deprem riski bulunmayan yerlerde olması gerekmektedir (Engin, 2013:581).

Nükleer enerji ile ilgili önemli bir dezavantajda nükleer kazalardır. Nükleer enerjinin kullanım tarihçesine bakıldığında ilk zamandan bu yana önemli derecede tehlikeli sonuçlar neden olan nükleer kazalar meydana gelmiştir. Çernobil ve Fukuşima gibi nükleer kazaların dışında değişik seviyelerde sonuçlar meydana getiren birçok kaza olmuştur. Teknolojik gelişmeler ve geçmiş kazalardan alınan tecrübeler kaza risklerini azaltsa da henüz bu gelişmeler kaza risklerini tamamen ortadan kaldıramamaktadır. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı tarafından yapılan araştırmaya göre 2013 yılına kadar nükleer santrallerde çeşitli seviyelerde 611 vaka ve nükleer kaza meydana gelmiştir. Bu kazaların 6'ı seviye 4 ve üstü olan tehlikeli kazalardan meydana gelmiştir (Yılmaz, 2015:231) Bu kazalardan elde edilen tecrübeler sonrası "nükleer güvenlik kültürü" kavramı ortaya çıkmıştır. Nükleer enerji açısından güvenliğin sağlanması için hem siyasi hem de teknolojik önlemler alınmaya başlandı. Bu bağlamda nükleer güvenliği sağlayacak kurum ve kuruluşlar oluşturulmaya başlandı bir yandan da daha kaliteli ekipman ve sistemler üzerinde araştırma yapılmaya başlandı (Enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Nukleer-Enerji)

Son olarak nükleer enerji ile ilgili bir dezavantajda enerji santralinin kurulumu ve aktif olarak faaliyete geçmesinin kısa vadede gerçekleşmemesidir. Bir nükleer enerji santrali inşası ortalama yedi yıl sürmektedir. Nükleer enerjinin öncü enerji kaynaklarına karşı çabucak ikame edilememesinin nedenlerinden başında inşa süresinin bu kadar uzun olmasıdır. Bir reaktörün uzun bir sürede anca faaliyete geçmesi gittikçe artan enerji ihtiyacının karşılamasını zorlaştırmaktadır. Genel olarak faaliyete geçen son nükleer santrallerin inşa sürelerine bakıldığında; Rusya'da bulunan Rostov-2 santralının yapımı dokuz senede, Hindistan'da bulunan Rajastan-5 ve 6 santrallerinin yapımı yedi senede, Çin'deki bulunan Lingao-3 beş senede, Qinshan-2 ve 3 ve Japonya'daki Tomari-3 santrali ise dört buçuk senede anca yapılmıştır (Yılmaz, 2015:234).

3.2.Türkiye'de Nükleer Enerji

Türkiye geliştirmekte olan bir ülke olarak hızlı gelişen ekonomisi ve çoğalan nüfusundan dolayı enerji tüketiminin daha çabuk artması tahmin edilmektedir (Güngör ve Buldurur,

2017:301). Söz konusu artış devam ettikçe 2030 yılına gelindiğinde enerji tüketim artışı %160 seviyesinde gerçekleşmesi beklenmektedir. Aynı yıl için Dünya da bu artış oranının %50-60 seviyesinde gerçekleşeceği göz önüne alındığında Türkiye için enerji kavramı ayrıca üstünde durulması gereken bir konu olmaktadır. Bu yüzden özellikle Türkiye için geleceğe yönelik enerjide dışa bağımlılığın gittikçe artacağı ve enerjiye olan ihtiyacının ekonomik kalkınmaya paralel artacağı görülmektedir. Türkiye’de gerçekleştirilmeye çalışılan enerji politikaları çerçevesinde önemli bir yer edinen enerji çeşitliliği kapsamında ikame ve ithal enerjiden kurtaracak çalışmaların artırılması açısından nükleer enerji ülke enerji politikasında kendine yer bulmuştur (Ergün ve Polat, 2012:51). Tablo 3’te görüleceği üzere Türkiye’nin ithal enerjinin ekonomi ve cari açık üzerinde ki etkisi açıkça görülmektedir. Örneğin Tablo 3’te görüleceği üzere 2004 senesinde enerji ithalatın cari açık üzerindeki etkisi -%101,4’tür. Yani ilgili yılda enerji ithalatı yapılmıyaydı cari açık oluşmayacaktı.

Tablo 3. Türkiye’de Enerji İthalatı ve Cari Açığın Gelişimi (Bin Dolar)

Yıllar	Cari Açık	Toplam İthalat	Enerji ithalatı	Enerji İthalatı/ Toplam İthalatı	Enerji İthalatı/ Cari Açık
2002	-6260000	51553797	9203888	17,8	-147
2003	-75540000	69339692	11575069	16,6	-15,3
2004	-14198000	97539766	14407288	14,7	-101,4
2005	-21449000	116774151	21255586	18,2	-99
2006	-31836000	139576174	28859098	20,6	-90,6
2007	-37781000	170062715	33883135	19,9	-89,6
2008	-40438000	201963574	48281193	23,9	-119,3
2009	-12168000	140928421	29905305	21,2	-245,7
2010	-45447000	185544332	38497229	20,7	-84,7
2011	-75092000	240841676	54117539	22,4	-72
2012	-48505000	236545000	60117000	25,4	-124
2013	-99858613	251661250	55917000	22,2	-55,9
2014	-84566959	242177117	54889000	22,6	-64,9
2015	-63395488	207234359	37843000	18,2	-59,6
2016	-56088651	198618235	27169000	13,6	-48,5
2017	-76806711	233799651	37205000	15,9	-48,4

Kaynak: 2002-2012 verileri: Altunakar, 2014:105 ve 2013-2017 verileri: T.C. Ticaret Bakanlığında alınmıştır.

Türkiye’de enerjide kaynak dağılımı hidrolikte %10, petrolde %27, kömürde %28 ve doğal gazda %35’tir. Aynı şekilde söz konusu enerji kaynaklarında dışa bağımlılık üretimde %27 ithalatta %73’tür (Altunakar, 2014:146,150). Kaynak dağılımında özellikle 2013 yılında lisansız elektrik üretim imkanı ile yenilenebilir enerji kaynakları da yavaş yavaş kendine yer bulmaya başlamıştır. Bu gelişmeye paralel 2013 yılından itibaren enerji ithalatında bir azalış gözlenmektedir.

Enerji ithalatında en büyük payı doğal gaz almaktadır. Özellikle elektrik üretiminde doğal gaza bağımlılık çok yüksektir. Tablo 4’te görüldüğü üzere 2016 yılında elektrik tüketimi 278345 Gwh olduğu görülmektedir. Yapılan projeksiyonlarda bu tüketimin miktarının 2023 yılında 500.000 Gwh olması beklenmektedir. Tablo 3’teki enerji ithalatın cari açık üzerinde ki etkisi göz önüne alındığında elektrik üretiminde dışa bağımlı olmadan kaynak tedarik edilmesi bu bağlamda büyük önem arz etmektedir.

Tablo 4. Türkiye’de Elektrik Enerji Görünümü (GWh)

Yıl	Üretim	İthalat	İhracat	Tüketim	Üretim Artış	Tüketim
2002	129.400	3588	435	132553	5,4%	4,5%
2003	140.581	1158	588	141151	8,6%	6,5%
2004	150.698	464	1144	150018	7,2%	6,3%
2005	161956	636	1798	160794	7,5%	7,2%
2006	176300	573	2236	174637	8,9%	8,6%
2007	191558	864	2422	190000	8,7%	8,8%
2008	198418	789	1122	198085	3,6%	4,3%
2009	194813	812	1546	194079	-1,8%	-2,0%
2010	211208	1144	1918	210434	8,4%	8,4%
2011	223395	4556	3645	230306	8,6%	9,4%
2012	239497	5826	2954	242370	4,4%	5,2%
2013	240154	7429	1227	246357	0,3%	1,6%
2014	251963	7953	2696	257220	4,9%	4,4%
2015	261783	7135	3194	265724	3,9%	3,3%
2016	273387	6400	1442	278345	4,4%	4,7%

Kaynak: ETKB, Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü, 2017

Türkiye’nin kendi enerji kaynaklarının kıt olması ve ithalat sayesinde elde ettiği enerji kaynaklarının ise kısa vadede tükenmeye başlaması ve enerji ithalatında cari açık üzerinde ki ağır etkisi göz önüne alındığında tüm Dünya’da olduğu gibi Türkiye’de de farklı enerji kaynaklarına yönelik çabalarını getirmiştir. Bu bağlamda doğal enerji kaynağı olmayan her ülke gibi Türkiye yenilenebilir enerji kaynaklarına ve daha çabuk enerji üretme açısından nükleer enerji seçeneğine yönelmiştir. Aslında bu yöneliş özellikle nükleer enerji açısından yeni olmayıp yarım asırdan fazla bir tarihsel geçmişe sahiptir.

Nükleer enerjinin Türkiye’de ki tarihçesine bakıldığında ilk olarak 1962 yılında gündeme gelmeye başlamıştır. Ancak bazı ekonomik ve sosyal engeller nedeniyle belli bir süre kendine yeterince yer bulamamıştır. 1976 yılında Nükleer santral için yer seçimi ve fizibilite çalışmaları tamamlanmış olsa da, lisans işlemleri tamamlanmıştır. 1977 yılında eksik işlemler tamamlanıp nükleer santralin yapılması için uluslararası ihaleye çıkılmış, ancak ihaleyi alan şirketlere ön ödeme yapılamadığı için sözleşme yarıda kalmıştır. Devamında gelen 1980 askeri darbenin ardında nükleer santral konusunda mutabakata varılamamış ve böylece nükleer santral projesi hayata geçirilememiştir (Yılmaz, 2015:238). Türkiye’nin 1962 yılından itibaren nükleer güç santrali kurma çabası, “Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ile Rusya Federasyonu Arasında Akkuyu Sahasında Bir Nükleer Güç Santralinin Tesisine ve İşletimine Dair İşbirliğine İlişkin Anlaşma”nın 12 Mayıs 2010 tarihinde imzalanmasıyla kendisine somut bir zemin bulmuştur. Söz konusu Anlaşma, 15 Temmuz 2010 tarihinde TBMM Genel Kurulu tarafından kabul edilmiş, 6 Ekim 2010 tarihli ve 27721 sayılı Resmi Gazetede yayımlanmıştır. Geçtiğimiz süre zarfında Çevre ve Şehircilik Bakanlığından ÇED olumlu kararı alınmıştır. Akkuyu Nükleer A.Ş.’nin hazırladığı Saha Parametreleri Raporu TAEK tarafından 9 Şubat 2017 tarihinde onaylanmıştır. 3 Mart 2017 tarihinde Akkuyu Nükleer A.Ş., hazırladığı Ön Güvenlik Analiz Raporu (ÖGAR) ile İnşaat Lisansı başvurusu yapmış, TAEK tarafından yapılan inceleme ve değerlendirmelerden sonra 19 Ekim 2017 de “Sınırlı Çalışma İzni” onaylanmıştır. Sınırlı Çalışma İzni ile Akkuyu sahasında birinci

ünitenin temel altı betonu atılmış nükleer güvenlikle ilgili olmayan yapıların inşası başlamıştır. İnşaat Lisansı ise 2 Nisan 2018 tarihinde TAEK tarafından onaylanmış, böylece Akkuyu Nükleer Santralinin ilk ünitesinin temeli yapılan törenle atılmıştır. Bu ünitenin 2023 yılında işletmeye alınması planlanmaktadır (<http://enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Nukleer-Enerji>).

Genel olarak Akkuyu Nükleer Santrali dört aşamada tamamlanacağı kararlaştırılmıştır. İlk aşamada santral inşası için gerekli çalışmaların tamamlanmasıdır. Bu amaçla mühendislik çalışmaları yapılacak, vatandaşların santrali benimsemesi sağlanacak, santral için arsa tedarik edilecek ve Akkuyu NGS elektrik üretim anonim şirketi kurulacaktır. İkinci aşamada, kurulacak şirketin inşaatı bitirilecektir. Üçüncü aşamada inşaatı biten şirketin faaliyete geçmesi için teknik çalışmalar yapılacak olup dördüncü aşamada ise nükleer santral işletmeden çıkartılacaktır (Özalp, 2017:180-181).

Türkiye'nin ikinci nükleer santrali Sinop ilinde kurulması planlanmaktadır. Sinop Nükleer Enerji Santrali Projesi için hazırlanan ÇED başvuru dosyasının 27.12.2017 tarihinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na gönderilmesiyle projenin resmi ÇED süreci başlatılmıştır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca proje için muhtelif kamu kurum/kuruluşundan ve üniversitelerden oluşan inceleme ve değerlendirme (İDK) komisyonu kurulmuştur. Türkiye'de kurulması planlanan 3. nükleer santralin yer seçimine ilişkin değerlendirmeler devam etmektedir. Bu çerçevede 13 Haziran 2017 tarihinde EÜAŞ ile Westinghouse EC ve SNPTC arasında 3. NGS' nin fizibilite çalışmalarının yapılmasına ilişkin bir mutabakat zaptı imzalanmıştır (ETKB 2017 Faaliyet Raporu, 2018:97).

Akkuyu nükleer santral için lazım olan yüksek teknoloji ürünlerinin hemen hemen hepsi Rusya tarafından karşılanırken, nükleer santral inşaatı için lazım olan montaj vb. gibi ihtiyaçlar ise Türkiye'den temin edileceği kararlaştırılmıştır. Nükleer santral yapımı konusunda Türkiye'de gerekli donanımlı eleman ihtiyacı için, Rusya'ya öğrenciler gönderilmiştir (Özalp, 2017:181). Türkiye'den giden öğrenciler, Rusya'da lisans ve yüksek lisans seviyesinde eğitim ile Rusya'daki nükleer güç santrallerinde mesleki uzmanlık eğitimi alacaklardır. Bu süreçte öğrenciler 5,5 senelik uzmanlık eğitimine tabi tutulacaklardır. Eğitim programını başarı ile tamamlayan öğrenciler Rusya Atom Enerjisi Şirketinde üç yıllık staja tabi tutulacaklardır. Bu öğrenciler tüm bu eğitim aşamalarını tamamladıktan sonra Akkuyu Nükleer Güç Santralinde istihdam edileceklerdir (<http://enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Yurtdisinda-Nukleer-Muhendislik-Egitimi>).

4. METODOLOJİ

Bu çalışmada ABD, Fransa ve Japonya için nükleer enerji üretimi ile ekonomik büyüme ve çevresel etkileri arasındaki ilişki incelenecektir. Bu amaçla değişkenler arasında nedensellik ilişkisinin mevcut olup olmadığı ve varsa bu ilişkinin yönü Granger nedensellik testi ile incelenecektir. Nükleer enerji üretimi ile ekonomik büyüme ve çevresel etkileri arasındaki nedensellik ilişkisinin açıklanabilmesi için nedensellik testi uygulanmadan önce değişkenlerin kendi içinde tutarlı olup olmadıklarının incelenmesi gerekmektedir. Bu da değişkenlerin durağanlık sınamalarıyla mümkün olmaktadır. Çalışmada ADF (Augmented Dickey Fuller) testi uygulanarak değişkenlerin durağan olup olmadıkları ve durağan iseler kaçınıcı dereceden hale geldikleri tespit edilmiştir. Daha sonra VAR(Vektör otoregresif) model kurularak uygun gecikme uzunluğu tespit edilmiş ve Granger nedensellik testi uygulanmıştır.

4.1. Çalışmanın Amacı ve Önemi

Nükleer enerji, birçok ülke için başlıca enerji kaynaklarından biridir. Nükleer kaynaklardan elektrik üretiminin payı son 30 yılda önemli ölçüde artmıştır. Günümüzde nükleer enerji sektörünü ilgilendiren tartışmalara rağmen, nükleer enerji, enerjinin önemli bir parçası olmaya devam etmektedir. Gelecekte ise birçok ülkenin ihtiyaçları ve sürdürülebilir enerji gelişimi stratejisinin önemli bir parçası olması beklenmektedir. Ayrıca nükleer enerji, önemli bir enerji kaynağı olmasının yanı sıra, nükleer enerji elektrik sektörünün ürettiği sera gazı emisyonlarını azaltma potansiyeline sahiptir (Menyah ve Wolde-Rufael, 2010). Dünyada nükleer enerjinin ekonomik kazançlarından istifade eden ülkelere Mersin’de kurulumu devam eden Akkuyu Nükleer enerji santrali ile Türkiye’de katılacaktır. Bu çalışmada dünyada yenilenebilir enerjide lider konumda olan ülkelerden ABD, Fransa ve Japonya’nın nükleer enerji üretimi ile ekonomik büyümeleri arasındaki ilişki incelenecektir. Literatürde bu üç ülkeyi ele alarak değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisini ele alan bir çalışma olmaması çalışmayı özgün kılmaktadır. Türkiye için ise henüz nükleer enerji üretimi olmadığı için gelişmiş ülkelerdeki deneyimlerin incelenmesi de çalışmanın önemini artırmaktadır.

4.2. Veri

Çalışmada 1966-2014 yılları arasındaki dönem için nükleer kaynaklardan enerji üretimi, karbon emisyonu ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisi araştırılmaktadır. Analizlerde Gayri Safi Yurtiçi Hasıla, karbon emisyonu ve nükleer enerjiden elektrik üretimi verileri kullanılmıştır. ABD, Fransa ve Japonya’nın verileri Dünya Bankası veri tabanından (Worldbank) alınmıştır. Ayrıca serilerin varyansındaki değişmeyi yumuşatmak ve otokorelasyon olasılığına karşılık verilerin logaritmaları alınmıştır.

4.3. Yöntem

Çalışmada yöntem olarak zaman serileri yöntemleri kullanılmış olup, bu yöntemler ABD, Fransa ve Japonya için tek tek incelenmiştir. Analiz üç adımda yapılmıştır: Zaman serilerinin özelliklerini araştırmak ve durağan olup olmadığını tespit etmek için öncelikle Birim Kök Testi uygulanmıştır. İkinci adımda VAR modeli kurularak gecikme sayısı bulunmuştur. Son adımda ise değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisini incelemek için Granger Nedensellik testi uygulanmıştır. Analizler EViews 8 ekonometri paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

4.3.1. Birim Kök Testi

Zaman serilerinin varyansı ile ortalaması zamana bağlı olarak aynı kalıyor ve iki dönem arasındaki kovaryans değeri kovaryansın hesaplandığı döneme ait değil ise ve sadece iki dönem arasındaki mesafeye bağlı ise seri durağandır. Durağan olmayan serilerle analiz yapıldığında sahte regresyon problemiyle karşılaşılma durumundan dolayı zaman serileri kullanılan analizlerde durağanlık kavramının önemi büyüktür. Sahte regresyon durumunda ise seriler arasında eşbütünleşme ilişkisi yoksa regresyon analizinden elde edilen sonuç gerçek ilişkiyi göstermeyecektir (Gujarati, 1999). Durağanlık analizinde geliştirilen yöntemlerde en çok bilineni Birim Kök testidir. Birim Kök’ün olup olmadığını tespit etmek amacıyla kullanılan testlerden, Dickey-Fuller (DF) ve Çoğaltılmış Dickey-Fuller (ADF) testleri en tanınmış testlerdendir (Kutlar, 2005). Farklı nedenlerle Dickey-Fuller testi aşağıdaki regresyon modellerine uygulanır.

Regresyon modeli sabit terimsiz ve trendsiz ise,

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + u_t \quad (1)$$

Eğer regresyon modelinde sabit terimin mevcut olduğu ama deterministik trend olmadığı varsayıldığında,

$$\Delta Y_t = \mu + \delta Y_{t-1} + u_t \quad (2)$$

DF-testi (2) numaralı modelin tahminiyle yapılır. Modelin sabit terimli ve trendli olduğu durumda,

$$\Delta Y_t = \mu_0 + \mu_1 t + \delta Y_{t-1} + u_t \quad (3)$$

DF-testi için (3) numaralı model tahmin edilir. Eğer u_t hata terimi otokorelasyonlu ise denklem,

$$\Delta Y_t = \mu_0 + \mu_1 t + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^m \Delta Y_{t-1} + u_t \quad (4)$$

şeklinde olur. Bu modele DF-testi uygulanırsa, genişletilmiş Dickey Fuller (Augmented Dickey Fuller) veya ADF testi denir (Dikmen, 2009).

ADF testi için sıfır hipotezi, serilerin durağan olmadığını, yani birim kökün olduğunu ifade eder. Alternatif hipotez ise serilerin durağan olduğunu, yani birim kökün yokluğunu ifade etmektedir.

4.3.2. Gecikme Uzunluğu

Granger Nedensellik testi yapılmadan önce gecikme uzunluğunun tespit edilmesi gereklidir. Çünkü Granger nedensellik testi gecikme uzunluğuna karşı hassastır. Çalışmada gecikme sayısının tespit edilmesi için VAR (Vektör Otoregresif) modeli kurulmuştur. VAR modeli analizde kullanılan değişkenlerin kısa ve uzun dönemdeki etkilerini ve nedenselliğin yönünü gösterme amacıyla da kurulabilmektedir. VAR modeli aynı zamanda değişkenlerin rastsal şokların dinamik etkilerini analizi amacıyla kullanılan metodlardandır (Bozdağlıoğlu ve Özpınar, 2011).

Gecikme uzunluğu LR test istatistiği, AIC Akaike Bilgi Kriteri, FPE: Final Tahmin Hatası, SC: Schwarz bilgi kriteri ve HQ: Hannan-Quinn bilgi kriterleri dikkate alınarak tespit edilmiştir. Sayılan kriterlerin en küçük olduğu gecikme sayısı ise Granger nedensellik testinde kullanılacak gecikme uzunluğu seçilmiştir.

4.3.3. Granger Nedensellik Testi

Granger (1969), Granger Nedensellik testinin temel olarak regresyon denklemindeki bağımsız değişkenin gecikmeli değerlerinin ne kadar anlamlı olduğunun test edilmesi olduğunu ifade etmiştir. Ayrıca Granger nedensellik testinin sadece durağan serilerde geçerli olduğu ve durağan olmayan serilerde ilişkinin sadece zamana bağlı olacağı ve genel olarak nedenselliğin varlığı zaman içinde değişebileceği ifade etmiştir.

Granger Nedensellik testi şu şekilde tanımlanmıştır: Y_t değişkeni, X_t değişkeninin geçmiş değerleri kullanıldığında kullanılmadığı duruma göre tahmin sonuçları daha iyi oluyorsa " X_t , Y_t 'nin Granger nedenidir" denir. (Asteriou ve Hall, 2011). Granger nedensellik testi için (1) ve (2) numaralı denklemlerde verilen modeller kullanılmıştır:

$$Y_t = \alpha_1 + \sum_{i=1}^p \beta_i Y_{t-i} + \sum_{i=0}^q \delta_i X_{t-i} + v_t \quad (1)$$

$$X_t = \alpha_2 + \sum_{i=1}^m \pi_i X_{t-i} + \sum_{i=0}^n \lambda_i Y_{t-i} + u_t \quad (2)$$

(1) numaralı denklemden δ_i 'lerin ve (2) numaralı λ_i 'lerin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadıklarının testi yapılır. Katsayıların istatistiksel olarak anlamlı olduğu sonucuna varılması durumunda değişkenler arasında Granger nedensellik ilişkisinin bulunduğu karar verilir (Ulusoy ve Erdem, 2014). Bu çalışmada nükleer enerji üretimi, karbon emisyonu ile ekonomik büyüme değişkenleri arasındaki ilişki olup olmadığının ve varsa yönünün belirlenmesi amacıyla Granger nedensellik testi yapılmıştır. Bu amaçla önce seriler durağan değilse durağan hale getirilmiş, birinci dereceden farkı alınmış, daha sonra Granger nedensellik testi uygulanmıştır.

5. AMPİRİK SONUÇLAR

5.1. ABD Değişkenleri için Sonuçlar

Analizde büyüme, karbon emisyonu ve nükleer enerji üretimi değişkenleri arasında anlamlı bir nedensellik ilişkisinin test edilmesi için değişkenlerin tutarlı olup olmadığı yapılacak analizin anlamlılığı açısından önem taşımaktadır. Bu amaçla değişkenlerin durağan olup olmadığının, durağan iseler kaçınıcı dereceden durağan hale geldiklerinin tespit edilmesi önemlidir. Bu amaçla birim kök testlerinden ADF (Augmented Dickey Fuller) testi uygulanmıştır. Hipotezler aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

$H_0: \delta = 0$ ($p = 1$) Seri durağan değildir. (Birim kök vardır)

$H_1: \delta < 0$ ($p < 1$) Seri durağandır. (Birim kök yoktur)

ABD için, hipotezler değişkenler için test edilerek düzeylerine ve birinci farkları ile ilgili durağanlığı ADF testi ile sınanmış ve hesaplanan birim kök değerleri Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5: ABD Değişkenleri için ADF Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	ADF t-istatistiği (düzey-sabitli trendli)	Olasılık	ADF t-istatistiği (birinci fark-sabitli trendli)	Olasılık	Sonuç
USGDP	-1.374 (1)	0.855	-4.513 (0)	0.0039	I(1)
USNUC	-0.698 (0)	0.967	-6.288 (0)	0.00000	I(1)
USCO2	-2.414 (1)	0,367	-5.186 (0)	0.0006	I(1)
% 1 Kritik Değeri	-4.161		-4.186		
% 5 Kritik Değeri	-3.508		-3.518		
% 10 Kritik Değeri	-3.184		-3.189		

Not: ADF testi için parantez içindeki gecikme uzunlukları Schwarz Bilgi Kriterine göre belirlenmiş olup, kritik değerler MacKinnon'dan (1996) alınmıştır. Maksimum gecikme uzunluğu 6 olarak alınmıştır.

Tablo 5 sonuçlarına göre ABD için kullanılan değişkenlerin tümü düzey seviyesinde durağan değil ve birim kök içerirken, ilk farkları alındığında durağandır. Dolayısıyla tüm serilerin entegre seviyesi I(1)'dir. Granger nedensellik testi yapmadan önce VAR modeli kurularak gecikme uzunlukları tespit edilmiştir. ABD için gecikme uzunluğu sonuçları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6: ABD için Gecikme Uzunluğu Sonuçları

Gecikme	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	20.00721	NA	9.10e-05	-0.791033	-0.668159
1	273.2962	459.4545	1.06e-09	-12.15331	-11.66182*
2	289.2965	26.79119*	7.71e-10*	-12.47891*	-11.61879
3	292.6758	5.186853	1.02e-09	-12.21748	-10.98874
4	299.2905	9.229789	1.18e-09	-12.10654	-10.50917
5	309.3190	12.59392	1.18e-09	-12.15437	-10.18838
6	321.1696	13.22855	1.13e-09	-12.28696	-9.952343

Not: Kriterlere göre en uygun seçim * ile gösterilmiştir. LR: Ardışık Değiştirilmiş, LR test istatistiği, FPE: Final Tahmin Hatası, AIC: Akaike bilgi kriteri, SC: Schwarz bilgi kriteri, HQ: Hannan-Quinn bilgi kriteri

Model için uygun gecikme uzunluğu 2 olarak belirlenmiştir. Nedensellik analizindeki gecikme uzunluğuna, tüm bilgi kriterleri dikkate alınarak karar verilmiştir. Gecikme uzunluğu dikkate alınarak yapılan Granger nedensellik analizinin hipotezleri ve sonuçları Tablo 7'de sunulmuştur.

Tablo 7: ABD için Granger Nedensellik Sonuçları

H ₀ Hipotezi	Gözlem	F-istat.	Olasılık	Karar	Sonuç
NUC Granger Nedeni Değildir GDP	47	6,521	0,038	RET	NUC → GDP
CO2 Granger Nedeni Değildir GDP	47	0,759	0.683	KABUL	
GDP Granger Nedeni Değildir NUC	47	4.027	0.133	KABUL	
CO2 Granger Nedeni Değildir NUC	47	2.829	0.242	KABUL	
GDP Granger Nedeni Değildir CO2	47	6.784	0.033	RET	GDP → CO2
NUC Granger Nedeni Değildir CO2	47	1.585	0.452	KABUL	

Granger Nedensellik analizinin sonuçları, ABD'de GDP, CO2 ve NUC arasında herhangi bir ilişki tespit edilememiştir. NUC'dan GDP'ye doğru ve GDP'den CO2'ye doğru ise tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Yani nükleer enerji büyümeyi ve büyümede karbon emisyonunu etkilemektedir.

5.2. Fransa Değişkenleri için Sonuçlar

Fransa için, hipotezler değişkenler için test edilerek düzeylerine ve birinci farkları ile ilgili durağanlığı ADF testi ile sınanmış ve hesaplanan birim kök değerleri Tablo 8'de sunulmuştur.

Tablo 8: Fransa Değişkenleri İçin ADF Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	ADF t-istatistiği (düzey-sabitli trendli)	Olasılık	ADF t-istatistiği (birinci fark-sabitli trendli)	Olasılık	Sonuç
FRGDP	-2.105 (0)	0.529	-5.865 (0)	0.0001	I(1)
FRNUC	-0.093 (0)	0.993	-4.751 (0)	0.0020	I(1)
FRCO2	-3.098 (0)	0,118	-7.262 (0)	0.0000	I(1)
% 1 Kritik Değeri	-4.161		-4.186		
% 5 Kritik Değeri	-3.508		-3.518		
% 10 Kritik Değeri	-3.184		-3.189		

Not: ADF testi için parantez içindeki gecikme uzunlukları Schwarz Bilgi Kriterine göre belirlenmiş olup, kritik değerler MacKinnon'dan (1996) alınmıştır. Maksimum gecikme uzunluğu 6 olarak alınmıştır.

Tablo 8 sonuçlarına göre Fransa için kullanılan değişkenlerin tümü düzey seviyesinde durağan değil ve birim kök içerirken, ilk farkları alındığında durağan hale gelmiştir. Dolayısıyla GDP, CO2 ve NUC değişkenlerinin entegre seviyesi I(1)'dir. Granger nedensellik testi yapmadan önce VAR modeli kurularak gecikme uzunlukları tespit edilmiştir. Fransa için gecikme uzunluğu sonuçları Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9: Fransa için Gecikme Uzunluğu Sonuçları

Gecikme	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-13.08297	NA	0.000424	0.748045	0.870919
1	147.6328	291.5310	3.66e-07	-6.308504	-5.817007*
2	156.1952	14.33692	3.76e-07	-6.288148	-5.428027
3	161.9852	8.887060	4.44e-07	-6.138848	-4.910104
4	177.3976	21.50566*	3.41e-07	-6.437099	-4.839731
5	190.6239	16.60980	2.95e-07*	-6.633672*	-4.667681
6	196.8340	6.932137	3.66e-07	-6.503906	-4.169292

Not: Kriterlere göre en uygun seçim * ile gösterilmiştir. LR: Ardışık Değiştirilmiş, LR test istatistiği, FPE: Final Tahmin Hatası, AIC: Akaike bilgi kriteri, SC: Schwarz bilgi kriteri, HQ: Hannan-Quinn bilgi kriteri

Model için uygun gecikme uzunluğu 5 olarak belirlenmiştir. Nedensellik analizindeki gecikme uzunluğuna, tüm bilgi kriterleri dikkate alınarak karar verilmiştir. Gecikme uzunluğu

dikkate alınarak yapılan Granger nedensellik analizinin hipotezleri ve sonuçları Tablo 10'da sunulmuştur.

Tablo 10: Fransa İçin Granger Nedensellik Sonuçları

H ₀ Hipotezi	Gözlem	F-istat.	Olasılık	Karar	Sonuç
NUC Granger Nedeni Değildir GDP	47	4.272	0.510	KABUL	
CO2 Granger Nedeni Değildir GDP	47	0.670	0.984	KABUL	
GDP Granger Nedeni Değildir NUC	47	6.288	0.279	KABUL	
CO2 Granger Nedeni Değildir NUC	47	11.908	0.036	RET	CO2 → NUC
GDP Granger Nedeni Değildir CO2	47	10.459	0.063	KABUL	
NUC Granger Nedeni Değildir CO2	47	15.243	0.009	RET	NUC → CO2

Granger Nedensellik analizinin sonuçlarına göre, Fransa'da NUC ile CO2 arasında, NUC'den CO2'ye doğru %5 anlamlılık düzeyinde karşılıklı bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Yani nükleer enerji ile karbon emisyonu arasında karşılıklı bir nedensellik bulunmaktadır. Bu sonuca göre Fransa'da incelenen dönemde nükleer enerji karbon emisyonunu etkilemektedir.

5.3. Japonya Değişkenleri için Sonuçlar

Japonya için, hipotezler değişkenler için test edilerek düzeylerine ve birinci farkları ile ilgili durağanlığı ADF testi ile sınanmış ve hesaplanan birim kök değerleri Tablo 11'de sunulmuştur.

Tablo 11: Japonya Değişkenleri İçin ADF Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	t-istatistiği (düzey-sabitli trendli)	Olasılık	t-istatistiği (birinci fark- sabitli trendli)	Olasılık	Sonuç
JPGDP	-2.352 (1)	0.398	-5.038 (1)	0.0009	I(1)
JPNUC	3.065 (7)	1.000	-5.625 (1)	0.0002	I(1)
JPCO2	-3.262(0)	0.084	-6.097 (0)	0.0000	I(1)
% 1 Kritik Değeri	-4.16114		-4.16114		
% 5 Kritik Değeri	-3.50637		-3.50637		
% 10 Kritik Değeri	-3.18300		-3.18300		

Not: ADF testi için parantez içindeki gecikme uzunlukları Schwarz Bilgi Kriterine göre belirlenmiş olup, kritik değerler MacKinnon'dan (1996) alınmıştır. Maksimum gecikme uzunluğu 6 olarak alınmıştır.

Tablo 11 sonuçlarına göre Japonya için kullanılan değişkenlerin tümü düzey seviyesinde durağan değil ve birim kök içerirken, ilk farkları alındığında durağandır.

Dolayısıyla tüm serilerin entegre seviyesi $I(1)$ 'dir. Granger nedensellik testi yapmadan önce VAR modeli kurularak gecikme uzunlukları tespit edilmiştir. Japonya için gecikme uzunluğu sonuçları Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12: Japonya için Gecikme Uzunluğu Sonuçları

Gecikme	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-47.97033	NA	0.002149	2.370713	2.493588
1	115.7200	296.9267*	1.61e-06*	-4.824188*	-4.332690*
2	118.6378	4.885484	2.16e-06	-4.541291	-3.681170
3	127.9775	14.33544	2.16e-06	-4.557094	-3.328349
4	138.8259	15.13729	2.05e-06	-4.643065	-3.045698
5	146.9699	10.22737	2.25e-06	-4.603252	-2.637261
6	154.6812	8.607941	2.60e-06	-4.543312	-2.208698

Not: Kriterlere göre en uygun seçim * ile gösterilmiştir. LR: Ardışık Değiştirilmiş, LR test istatistiği, FPE: Final Tahmin Hatası, AIC: Akaike bilgi kriteri, SC: Schwarz bilgi kriteri, HQ: Hannan-Quinn bilgi kriteri

Model için uygun gecikme uzunluğu 1 olarak belirlenmiştir. Nedensellik analizindeki gecikme uzunluğuna, tüm bilgi kriterleri dikkate alınarak karar verilmiştir. Gecikme uzunluğu dikkate alınarak yapılan Granger nedensellik analizinin hipotezleri ve sonuçları Tablo 13'de sunulmuştur.

Tablo 13: Japonya için Granger Nedensellik Sonuçları

H ₀ Hipotezi	Gözlem	F-istat.	Olasılık	Karar	Sonuç
NUC Granger Nedeni Değildir GDP	48	5.601	0.017	RET	NUC → GDP
CO2 Granger Nedeni Değildir GDP	48	0.015	0.902	KABUL	
GDP Granger Nedeni Değildir NUC	48	10.346	0.001	RET	GDP → NUC
CO2 Granger Nedeni Değildir NUC	48	2.460	0.116	KABUL	
GDP Granger Nedeni Değildir CO2	47	7.653	0.005	RET	GDP → CO2
NUC Granger Nedeni Değildir CO2	47	2.671	0.102	KABUL	

Granger Nedensellik analizinin sonuçları, Japonya'da NUC ile GDP arasında, GDP'den NUC'a ve NUC'dan GDP'ye doğru çift yönlü bir nedensellik ilişkisinin olduğunu ortaya koymaktadır. Yani büyümeden nükleer enerji üretimine ve nükleer enerji üretiminden büyümeye doğru çift yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Ayrıca GDP'den CO2'ye doğru tek yönlü bir nedensellik tespit edilmiştir. Bu tespite göre, Japonya'da incelenen dönemde büyüme ve nükleer enerji üretimi birbirini etkilemekte iken karbon emisyonunu sadece büyüme etkilemektedir.

SONUÇ

Enerji ihtiyacının her geçen gün arttığı buna rağmen özellikle öncü enerji kaynaklarının gittikçe azaldığı bir süreçte ikame enerji kaynakları arayışı tüm ülkeler için büyük öneme sahiptir. Mevcut imkanlarla Türkiye'de ikame enerji kaynağı olarak yenilenebilir enerji kaynağına yönelip buna göre stratejiler belirlese de bunun tek başına yeterli olmayacağı

gerçekliğiyle nükleer enerjiye de yönelmiştir. Çalışmada Türkiye’de nükleer enerji açısından örnek alınan ülkelerden ABD, Fransa ve Japonya için nedensellik sonuçları Tablo 14’de özetlenmiştir:

Tablo 14: Nedensellik Sonuçlarının Ülke Karşılaştırmaları

H ₀ Hipotezi	ABD	Fransa	Japonya
NUC ile GDP	NUC → GDP	-	NUC → GDP ve GDP → NUC
CO ₂ ile GDP	GDP → CO ₂	-	GDP → CO ₂
NUC ile CO ₂	-	CO ₂ → NUC ve NUC → CO ₂	-

ABD için nükleer enerji, karbon emisyonu ve ekonomik büyüme arasında nükleer enerjiden büyümeye ve büyümeden karbon emisyonuna doğru bir nedensellik ilişkisi bulunmuştur.

Fransa için nükleer enerji ile büyüme arasından doğrudan bir ilişki tespit edilmemiş olup karbon emisyonu ile nükleer enerji arasında çift yönlü bir ilişki tespit edilmiştir

Japonya da ise incelenen dönemde büyüme ve nükleer enerji üretimi birbirini karşılıklı etkilemektedir. Ancak bu etkileme nükleer enerjinin doğrudan ekonomik büyüme üzerine etkisi olarak değil dengeli bir durumu ifade etmektedir. Bu durumun sebebi olarak nükleer kazalar özellikle 2011 yılında gerçekleşen Fukuşima nükleer kazası sonrası durdurulan nükleer faaliyetler etkili olduğu düşünülmektedir. Çevri olarak etki olarak ekonomik büyümeden karbon emisyonuna doğru tek yönlü nedensellik tespit edilmiştir.

Bu bağlamda Türkiye için yeterli ekonomi büyümeye sahip olmaması, kendi enerji kaynaklarının bulunmaması ve enerjide dışa bağımlılık gibi sebeplerle nükleer enerjiye geçişin ABD ve Japonya örneğinde olduğu gibi ekonomik büyüme ile doğrudan ilişkili olacağı düşünülmektedir. Genel olarak Türkiye’nin nükleer enerji gerekliliği şu şekilde sıralanabilir;

- Bazı yıllar cari açık kadar hatta cari açıktan fazla enerji ithalatının yapılması
- Öncü enerji kaynaklarının rezerv sıkıntısından dolayı ileriye yönelik ithalat maliyetinin artması hatta enerjide ithalat yapılamama riski
- Kendi enerji kaynağını üretme açısından yenilenebilir enerji kaynaklarına göre daha çabuk ve daha çok enerji üretim imkânına sahip olması.
- Özellikle küresel ısınmaya karşı öncü enerji kaynaklarına göre temiz enerji olması.
- Stratejik ve politik sebepler.

KAYNAKÇA

- Altunakar, S. Ş. (2014). Enerji Ekonomisinin Yapısal Sorunları ve Nükleer Enerji Örneği. *Yayınlanmamış Doktora Tezi*. Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.
- Asteriou, D. ve Hall, S. G. (2007). *Applied Econometrics: a modern approach using eviews and microfit*. New York: Palgrave Macmillan.

- Bozdağlıoğlu, E. Y ve Özpınar, Ö. (2011). Türkiye'ye gelen doğrudan yabancı yatırımların türkiye'nin ihracat performansına etkilerinin var yöntemi ile tahmini. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 13(3), 39-63.
- Dikmen, N. (2009). *Ekonometri Temel Kavramlar ve Uygulamalar*. 1.Baskı, Ankara. Nobel Yayın Dağıtım.
- Engin, N. (2013). Nükleer Enerji Gelecekteki İhtiyaca Çözüm Olabilir Mi? *Marmara Coğrafya Dergisi*, Sayı 27, s 575-591.
- Ergün, S. ve Polat, M.A. (2012) Nükleer Enerji ve Türkiye'ye Yansımaları. İnönü Üniversitesi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi İdari Bilimler, Cilt. 1, Sayı 2, s.34-58.
- Granger, C. W. J. (1969). Investigating causal relations by econometric models and crossspectral methods. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 424-438.
- Güngör, M.K. ve Buldurur, M.A. (2017). Türkiye'de Enerji Potansiyelinin Doğru Kullanımı: Nükleer Enerji Yatırım Projelerinin Değerlendirilmesi. *İdealkent Dergisi*, Sayı 21, Cilt 8, s. 292-314.
- Gujarati, D.N (1999). *Temel ekonometri* (Çev. Ü. Şenesen ve G.G. Şenesen), Literatür Yayınları, İstanbul.
- Heo, J. Y., Yoo, S. H. ve Kwak, S. J. (2011). The causal relationship between nuclear energy consumption and economic growth in India. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 6(2), 111-117.
- Kutlar, A. (2005). *Uygulamalı Ekonometri*, Geliştirilmiş 2.Baskı, Ankara, Nobel Yayın Dağıtım.
- Menyah, K. ve Wolde-Rufael, Y. (2010). CO2 emissions, nuclear energy, renewable energy and economic growth in the US. *Energy Policy*, 38(6), 2911-2915.
- Naser, H. (2015). Can Nuclear Energy Stimulates Economic Growth? Evidence From Highly Industrialised Countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*. Vol. 5, No. 1, pp. 164-173.
- Onural, A.S. ve Doğdu, N. (2017). Future Demand For Nuclear Energy in Turkey. *International Journal of Energy Applications and Technologies*. Vol. 4 Issue 4 pp. 147-151.
- Özalp, M. (2017). Türkiye'de Nükleer Enerji Kurulumunun Enerjide Dışa Bağımlılık ve Arz Güvenliğine Etkisi. *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt 18, Sayı 2, s. 175-188.
- Ulusoy, A. ve Erdem, H.F. (2014). "İç Borçlanma ve Enflasyon Etkileşimi: Türkiye Örneği". *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, (22): 122-135.
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Nukleer-Enerji, (Erişilme tarihi: 26.09.2018)
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Yurtdisinda-Nukleer-Muhendislik-Egitimi>, (Erişilme tarihi: 25.09.2018)
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Nukleer-Enerji>, (Erişilme tarihi: 26.09.2018)
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Yurtdisinda-Nukleer-Muhendislik-Egitimi>, (Erişilme tarihi: 23.09.2018)

- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, (2018). 2017 Faaliyet Raporu, s. 1-87.
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2017). Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü, Sayı 15, s 1-83.
- T.C. Ticaret Bakanlığı, <https://www.bakanrapor.ekonomi.gov.tr>, (Erişilme tarihi: 01/10/2018)
- Wolde-Rufael, Y. (2012). Nuclear energy consumption and economic growth in Taiwan. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 7(1), 21-27.
- Worldbank, Dünya Bankası Veri Tabanı, <https://data.worldbank.org/> Erişim Tarihi: 10.03.2019.
- Yılmaz, E.A. (2015). Güvenlik Ve Ekonomik Boyutuyla Nükleer Enerji Tartışmaları: Akkuyu Nükleer Santrali Örneği. *C.Ü. Sosyal Bilimler Dergisi*, Haziran 2015, Cilt: 39, Sayı: 1, s. 227-245.
- Yoo, S. H. ve Jung, K. O. (2005). Nuclear energy consumption and economic growth in Korea. *Progress in Nuclear Energy*, 46(2), 101-109.