

Elektrik Tüketiminin Ekonomik Büyüme Üzerindeki Asimetrik Etkisi: NARDL ve Toda-Yamamoto Yöntemlerinden Kanıtlar

Araştırma Makalesi /Research Article

Ömer Uğur BULUT¹

Murat AYKIRI²

Önder BALCI³

ÖZ: Çalışma, elektrik tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki asimetrik etkisini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu bağlamda, Türkiye ekonomisinin 2005-2020 dönemi verileri çalışma kapsamına dahil edilmiştir. Ekonometrik analizde, çeyreklik veriler yardımıyla iki farklı yöntem uygulanmıştır. Analizin tahmin gücünü arttırmak amacıyla sanayi üretim endeksinin bağımsız değişken olarak kullanıldığı ve ekonomik büyümenin bağımlı değişken olduğu modellerde elektrik tüketiminin asimetrik etkisi NARDL modeliyle, nedensellik ilişkisi Toda-Yamamoto testiyle yansıtılmıştır. NARDL modeli bulgularına göre, ampirik uygulamanın değişkenleri arasında uzun dönemde eşbütünleşme ilişkisi vardır ve analiz sonuçları eşbütünleşmenin varlığını doğrulamaktadır. Diğer taraftan, elektrik tüketimindeki pozitif ve negatif değişimlerin kısa ve uzun dönemdeki etkisine bakıldığında; pozitif değişimlerin büyümeyi arttırdığı, negatif değişimlerin ise büyümeyi azalttığı görülmüştür. Toda-Yamamoto nedensellik testinde elektrik tüketiminden büyümeye doğru nedensellik çıkması, NARDL modelindeki sonucu destekler niteliktedir.

Anahtar Kelimeler: Ekonomik Büyüme, Elektrik Tüketimi, Asimetrik Etki, Nedensellik

JEL Kodları: O40, Q43, C32

Asymmetric Effect of Electricity Consumption on Economic Growth: Evidence from NARDL and Toda-Yamamoto Methods

ABSTRACT: The objective of the study is to assess the asymmetric effect of electricity consumption on economic growth. In this context, the scope of the study in this regard includes information about the Turkish economy from 2005 to 2020. With the aid of quarterly data, two different approaches have been used in econometric analysis. In order to increase the predictive power of the analysis, the industrial production index has been used in the models as independent variable. In models where economic growth is the dependent variable, the asymmetric effect of electricity consumption is reflected by the NARDL model, and the causality relationship is reflected by the Toda-Yamamoto test. The NARDL model results show a long-term cointegration relationship between the variables of the empirical application, and the analysis's findings support this. Conversely, it has been seen that positive changes in electricity consumption boost growth, and negative changes in consumption diminish growth, both in the short and long terms. The Toda-Yamamoto causality test validates the outcome of the NARDL model by showing a causal relationship between growth and electricity consumption.

Keywords: Economic Growth, Electricity Consumption, Asymmetrical Effect, Causality

JEL Codes: O40, Q43, C32

Geliş Tarihi / Received: 19/01/2022

Kabul Tarihi / Accepted: 01/08/2022

¹ Doç. Dr., Kafkas Üniversitesi, Kağızman Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Sağlık Yönetimi Bölümü, bulut.o.u@gmail.com, orcid.org/0000-0002-6511-8187.

² Doç. Dr., Kafkas Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, E-Ticaret ve Yönetim Bölümü, maykiri36@gmail.com, orcid.org/0000-0002-0108-8839.

³ Arş. Gör., Kafkas Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, onderbalci@kafkas.edu.tr, orcid.org/0000-0003-0856-0267.

1. Giriş

Enerji kullanımında zamanla meydana gelen artışlar bir ülkede ekonomik büyüme ve kalkınmanın en önemli göstergelerinden birisi olarak değerlendirilmektedir. Birinci sanayi devrimiyle birlikte küresel ölçekte hızla artan sanayileşme süreci bir taraftan üretimin hız kazanmasına diğer taraftan üretim artışlarına bağlı olarak enerji talebinin de artmasına neden olmuştur. Ülkeler arasındaki ekonomik büyüme yarışı, zaman içerisinde artan nüfus, teknolojik gelişmeler ve endüstrileşme sürecinin tetiklediği şehirleşme kültürü gibi nedenlerle bu gün özellikle gelişmekte olan ülkelerde enerjiye olan gereksinim her geçen gün hızlı bir şekilde artmaktadır. Diğer taraftan enerji günümüzde küresel ekonomik politikaları önemli ölçüde etkileyen ve yön veren bir faktör konumuna gelmiş durumdadır. Enerji arzının ve arz güvenliğinin sağlanması, üretilen enerjinin daha fazla sayıdaki insana ulaştırılabilmesi, enerji kullanımında verimliliğin artırılması ve bütün bunlar yapılırken çevreye zarar vermeden sonraki nesillere yaşanabilir bir dünya bırakılabilmesi bugün hemen her ülkenin politik hedefleri arasında yer almaya başlamıştır.

Elektrik enerjisi, enerji kaynakları içerisinde en kaliteli enerji bileşeni olarak kabul edilmekte olup, enerji tüketimi içerisindeki payı da gün geçtikçe hızla artmaktadır (Karagöl, Erbaykal ve Ertuğrul, 2007: 72). İhtiyaç duyulan elektriğin birincil enerji kaynaklarının tümünden üretilebiliyor olması bu artışın en önemli sebepleri arasında sayılmaktadır. Diğer taraftan elektrik enerjisi iletimindeki kolaylıklar, istenilen miktarlarda bölünebilir olma özelliği, çevre kirliliğine neden olmaması ve teknolojik gelişmelere paralel olarak günlük hayatın her aşamasında yaygın bir şekilde kullanılıyor olması gibi özellikleriyle ön plana çıkmakta ve bu nedenle de bir ülkedeki elektrik tüketim oranları ülkelerin gelişmişlik ve refah düzeylerinin en önemli göstergelerinden biri olarak değerlendirilmektedir (Ağır ve Kar, 2010: 151).

Bütün bunların yanı sıra elektrik enerjisi sektörü girdi sağladığı diğer üretim sektörleri ile sıkı ilişki içerisinde olduğundan diğer sektörlerdeki gelişmeden etkilenmekte ve bu sektörlerin gelişmesine vesile olmaktadır (Berberoğlu, 1982: 15). Ülkelerin ekonomik büyüme performanslarına paralel olarak enerji talebindeki artışlar elektrik enerjisi arzını da artmaktadır. Ancak, ülkelerde enerji talebinin yeterince karşılanamaması bir taraftan ekonomik büyümeyi diğer taraftan ekonomik büyümeye katkı sağlayacak sektörleri olumsuz etkileyecektir (Özdemir ve Yüksel, 2006: 2). Elektrik enerjisi diğer enerji bileşenleriyle karşılaştırıldığında önemli üstünlüklere sahip olmasına karşın depolama olanaklarının sınırlı ve çok pahalı olması nedeniyle üretildiği anda tüketilmesi gereken bir enerji kaynağı olması dolayısıyla bazı dezavantajlara da sahiptir (Akan ve Tak, 2003: 22-23).

Küresel ekonomik yapıdaki hızlı gelişim, değişim ve dönüşüme paralel olarak diğer ülkelerde olduğu gibi Türkiye’de de elektrik enerjisine olan talep gün geçtikçe artmaktadır. Türkiye ekonomisi özelinde bakıldığında; Şubat 2021 tarihi

itibariyle ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi ihtiyacının yaklaşık olarak %48'i fosil enerji kaynaklarından, geriye kalan kısmının ise rüzgâr, güneş, biokütle, jeotermal, hidroelektrik, hidrojen ve dalga gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edildiği, elektrik tüketiminin abone gruplarına göre dağılımına bakıldığında ise 2020 yılı itibariyle gerçekleşen toplam tüketimin %42,7'lik kısmının sanayi sektörü tarafından kullanıldığı görülmektedir. Elektrik tüketiminde sanayi sektörünü sırasıyla %25,8'lik payla meskenler, %24,7'lik payla ticarethaneler, %4,6'lık payla tarımsal sulama ve %2,2'lik payla aydınlatma takip etmektedir. Sanayi sektörünün ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisi ihtiyacı bir önceki yıla göre yaklaşık %5,62'lik bir artış göstermiştir (EPDK, 2021). Enerjinin sanayi üretimi açısından vazgeçilmez bir girdi olması, enerji kaynakları bakımından yeterli rezerve ve altyapıya sahip olmayan Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler açısından ciddi ekonomik sorunlara ve kırılganlıklara sebebiyet vermektedir. Enerjiye olan bağımlılık bu tür ülkelerde kısıtlı olan döviz rezervlerinin muhtelif enerji türlerinin ithalâtında kullanmasına ve bu yola dış ticaret açıklarının ortaya çıkmasına neden olurken diğer taraftan ekonomik büyüme ve enerji kullanımı arasındaki ilişkiyi de kuvvetlendirmektedir. Bu yönüyle ekonomik büyüme ile elektrik tüketimi arasındaki ilişkinin araştırılması politika yapıcıların geliştirecekleri enerji politikaları yönünden önemlidir.

Çalışmada elektrik tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki asimetric etkisi ampirik olarak incelenecektir. Bu doğrultuda çalışmanın ampirik uygulamasının tahmin gücünü arttırmak amacıyla sanayi üretim endeksi bağımsız değişken olarak modele eklenecektir. Sanayi üretim endeksi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin tespitine dair Türkiye ekonomisi özelinde yapılan çalışmalar incelendiğinde sanayi üretim endeksinin bağımsız değişken ve ekonomik büyümenin bağımlı değişken olarak modele dahil edildiği ampirik çalışmaların mevcut olduğu görülmektedir. Örneğin; Terzi ve Oltulular (2004) sanayi üretim endeksi ve büyüme arasındaki nedensel ilişkiyi inceledikleri çalışmalarında, ilgili değişkenler arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğunu göstermişlerdir. Başka bir çalışmada, Kalkavan, Serkan ve Yüksel (2020), sanayi üretim endeksi ve büyümeyi bankacılık sektörüyle ilişkilendirmiş, sanayi üretim endeksi ve büyüme arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkinin olmadığı sonucuna ulaşmışlardır.

Bir ülkenin sanayi hacminin büyümesi, ekonomik kalkınmasındaki en önemli etken faktörlerden biridir. Diğer bir deyişle, sanayi üretimindeki büyümenin ülke ekonomisinin en büyük itici gücü olduğu genel olarak kabul edilmektedir (Liu vd., 2018). Bu doğrultuda, ekonominin hem teorik hem de uygulamalı alanları, sanayileşme ve ekonomik büyüme arasındaki bağlantıyla ilgilenmektedir. Kaldor (1966), imalat sanayi sektörünün ekonomik büyümeyi nasıl etkilediğini gösteren ilk çalışmalardan birini gerçekleştirmiştir. Bu öncül çalışmada, Neoklasik ekonomik modellerin öngördüğünün aksine sanayi sektörünün halihazırda var olan çeşitli sektörler arasında "büyümenin lokomotifi" olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Kaldor, 1966).

Coondoo ve Dinda (2002), hem gelişmekte olan hem de sanayileşmiş ekonomilerin sanayi üretimini sınırlayarak ekonomik genişlemeden bir miktar vazgeçmeleri gerektiğini savunmuştur. Başka bir çalışmada, gelişmiş ya da yüksek gelirli ekonomilerin sanayi sektörünü harekete geçirerek enerji tüketimini arttırabileceği bulgusu dikkat çekmektedir (Al Mamun vd., 2014). Bununla birlikte, zaman içerisinde özellikle ulaşım ve imalat sektörlerinde enerji ihtiyacı ve dolayısıyla tüketimi büyük ölçüde artmaktadır (Mahmood, Shahab ve Hafeez, 2020). Literatürdeki bu çalışmalardan yola çıkıldığında, enerji tüketimi, sanayi üretim endeksi ve büyüme arasındaki ilişkinin modellenmesi, ülke ekonomilerindeki karar mekanizmalarına ya da politika yapıcılarına önemli ipuçları verecektir.

Literatürde yer alan çalışmalarda çoğunlukla elektrik tüketimi ve büyüme arasındaki ilişki ithalat ve cari açık gibi değişkenlerle ele alınmışken, genellikle Granger nedensellik analizi ve Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif (ARDL) modeller gibi doğrusal yöntemler kullanılmıştır. Dolayısıyla çalışmamızda, ekonomik büyüme, sanayi üretim endeksi ve elektrik tüketimi değişkenlerinin aynı anda kullanılmasının ve doğrusal olmayan bir yöntemle büyüme üzerindeki asimetric etkilerin incelenmesinin literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Çalışmadaki temel amaç elektrik tüketimindeki artış (pozitif değişim) ve azalışların (negatif değişim) ekonomik büyüme üzerindeki etkisini Doğrusal Olmayan Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif (NARDL) model aracılığıyla ampirik olarak araştırmaktır. NARDL modelinin tercih edilmesinin nedeni asimetric etkinin test edilmesi ve eğer uzun dönem ilişki tespit edilirse ilgili katsayıların (uzun ve kısa dönem) hesaplanabilmesidir. Ayrıca, bağımsız değişken olarak sanayi üretim endeksinin kullanılmasıyla çalışmanın tahmin gücünün arttırılması hedeflenmektedir. Böylelikle, sanayi üretimindeki artış ve azalışların ekonomik büyüme üzerindeki etkisi de görülebilecektir. Ek olarak, çalışmadan elde edilen bulguların desteklenmesi adına Toda-Yamamoto nedensellik analizi kullanılmıştır. Kullanılan iki yöntemin uzun dönemi dikkate alması tutarlılık açısından çalışmaya katkı sağlamaktadır. Bu doğrultuda çalışmada üç temel soruya cevap aranacaktır.

- Türkiye'deki elektrik tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde asimetric etkisi var mıdır?
- Elektrik tüketimindeki artış ve azalışların büyüme üzerindeki etkisinin derecesi ve yönü nasıldır?
- Elektrik tüketimindeki değişimler büyüme üzerinde etken bir faktör müdür?

Çalışmanın devam eden bölümlerinde ilgili literatüre yer verildikten sonra, veri seti, yöntem ve bulgular sunulmuş, elde edilen bulgular değerlendirilmiş ve politika önerilerine yer verilmiştir.

2. İlgili Literatür

Elektrik enerjisi kullanımı ile ekonomik büyüme arasındaki muhtemel ilişki, araştırmacılar açısından her zaman ilgi duyulan konular arasında yer almıştır. Bu ilişkinin yönü ve içeriği konusunda dünya genelinde farklı ülke örnekleri, farklı dönemler ve farklı yöntemlerle yapılmış çok sayıda teorik ve ampirik çalışma mevcuttur. Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisinin araştırıldığı öncü çalışmalardan birisi Kraft ve Kraft (1978) tarafından ABD ekonomisi özelinde yapılan “On The Relationship Between Energy and GDP (Enerji ve GSYH Arasındaki İlişki)” isimli çalışmadır. İlgili çalışmanın sonuçları enerji tüketimi ile GSYH arasında istatistiksel açıdan güçlü bir ilişkinin bulunduğunu ve GSYH’den enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisinin bulunduğunu ortaya koymuştur. Benzer çalışmaların sonuçları her ne kadar ülkelerin ekonomik yapı farklılıkları, dikkate alınan dönem aralıkları ve uygulanan yöntem farklılıkları nedeniyle farklı sonuçlar gösterse de elektrik kullanımı ile ekonomik büyüme oranları arasında karşılıklı nedensel bir ilişkinin olduğu genel olarak kabul edilmektedir. Çalışmanın bu kısmında çalışmamızın amacına da uygun olarak bu konuda Türkiye ekonomisi özelinde yapılmış bazı çalışmalara yer verilecektir.

Altınay ve Karagöl (2005), Türkiye ekonomisi özelinde GSYH ile elektrik tüketimi ilişkisini 1950-2000 dönem aralığını baz alarak Granger nedensellik analizi yardımıyla incelemişlerdir. Yapılan çalışmanın ampirik sonuçları; elektrik tüketim düzeyinden GSYH yönünde tek yönlü Granger nedenselliğinin olduğunu göstermiştir. Karagöl, Erbaykal ve Ertuğrul (2007) ise yine aynı şekilde Türkiye ekonomisi özelinde büyüme oranı ile elektrik tüketimi arasındaki ilişkiyi “Sınır testi” yaklaşımı ile 1974-2004 dönemi verileri yardımıyla incelemeye çalışmışlar ve çalışma sonuçları çerçevesinde iki değişken arasında eşbütünleşik bir ilişkinin olduğunu ve değişkenler arasında kısa dönemde var olan pozitif ilişkinin uzun dönemde negatife döndüğünü tespit etmişlerdir. Aktaş ve Yılmaz ise 2008 yılında 1970-2004 dönemi verileri yardımıyla yapmış oldukları çalışmada, Türkiye’de kısa dönemde elektrik tüketimi ile GSMH arasında çift yönlü, uzun dönemde ise GSMH’den elektrik tüketimine doğru tek yönlü Granger nedensellik ilişkisi olduğunu tespit etmişlerdir.

Aktaş (2009), 1970-2006 dönemini kapsayan çalışmalarında hem kısa hem de uzun dönemde, büyüme ve istihdam oranlarından elektrik tüketimine doğru tek yönlü bir Granger nedensellik ilişkisi olduğunu tespit etmişlerdir. Kıran ve Güriş tarafından aynı yıl içerisinde yapılmış bir başka çalışmaya göre ise elektrik tüketimi ile GSYH arasında çift yönlü Granger nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. İlgili çalışma 1968-2005 dönemini kapsamaktadır. Acaravcı (2010), yapısal kırılmalı eşbütünleşme ve vektör hata düzeltme modellerini kullanarak elektrik tüketimi ile büyüme değişkenleri arasındaki kısa ve uzun dönemli nedensellik sorunlarını incelemiştir. 1968-2005 dönemini kapsayan çalışmanın ampirik sonuçları; elektrik tüketiminden büyüme doğru tek yönlü bir Granger nedensellik ilişkisi olduğunu

ortaya koymuştur. Yapraklı ve Yurttaçıkılmaz tarafından yapılan ve 1970-2010 dönemini kapsayan 2012 yılına ait başka bir çalışmada ise elektrik tüketimi ile büyüme oranı arasında karşılıklı bir Granger nedensellik ilişkisi olduğu tespit edilmiştir. Saatçi ve Dumrul tarafından yapılmış 2013 yılına ait bir başka çalışmada ise elektrik tüketimindeki %1'lik artışın uzun dönemde ekonomik büyüme oranını %0.33-%0.37 aralığında pozitif yönde etkilediğini göstermiştir. Kargı (2014), Türkiye ekonomisi özelinde 1970-2010 dönemi verileri yardımıyla konut, sanayi ve diğer üretim sektörlerinde tüketilen elektrik enerjisi ile büyüme arasındaki nedensel ilişkiyi incelemeye çalışmıştır. İlgili çalışmanın ampirik sonuçları; konut ve sanayi alanında tüketilen elektrik enerjisi ile GSYH arasında karşılıklı bir nedensellik olduğunu göstermiştir. Altıntaş ve Koçbulut tarafından 2014 yılında yapılmış bir başka çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Yine 2014 yılına ait bir başka çalışmada Nazlıoğlu, Kayhan ve Adıgüzel (2014), 1967-2007 dönemi için Türkiye'de elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki nedensel ilişkileri Sınır testi eşbütünleşme yaklaşımı, doğrusal Granger nedensellik testi ve doğrusal olmayan Granger nedensellik testi yardımıyla incelemişlerdir. Çalışma sonuçları; elektrik tüketimi ve ekonomik büyümenin uzun dönemde eşbütünleşik olduğunu göstermiştir. Diğer taraftan hata düzeltme modeline dayalı lineer Granger nedensellik testi sonuçları, Türkiye'de elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme arasında hem kısa hem de uzun dönemde çift yönlü Granger nedenselliğinin olduğunu göstermiştir.

Gökten ve Kartepe (2016), Türkiye ekonomisinde elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme ve ithalata dayalı ve elektrik üretiminde kullanılan birincil enerji kaynakları ile cari açık arasındaki nedensel ilişkiyi 1950-2010 dönemi için ekonometrik olarak incelemişlerdir. Ekonometrik yöntem olarak Granger nedensellik analizinin kullanıldığı çalışmadan elde edilen istatistiksel sonuçlar, Türkiye özelinde elektrik tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü, ithalata dayalı elektrik tüketiminden cari açığa doğru ise çift yönlü nedensellik ilişkisi bulunduğunu ortaya koymuştur. Pata ve Terzi (2017), Türkiye ekonomisinde elektrik tüketimi ile büyüme oranı arasındaki nedensel ilişkiyi 1960-2014 dönemi için ekonometrik olarak incelemişlerdir. ARDL sınır testi ve UVAR yöntemlerinin kullanıldığı çalışmada hem kısa hem de uzun dönemde elektrik tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunduğunu tespit edilmiştir. Pata ve Kahveci (2018) ise 1978-2013 yılları arasında Türkiye'de elektrik tüketimi ve büyüme arasındaki dinamik nedensellik ilişkisini çok değişkenli otoregresif dağıtılmış gecikme (ARDL) ve hata düzeltme modeli (ECM) ile analiz etmişlerdir. Çalışma sonuçları; sermaye, istihdam ve elektrik tüketiminden kısa ve uzun vadeli ekonomik büyümeye doğru pozitif tek yönlü ve istatistiksel olarak anlamlı bir nedenselliğin olduğunu ortaya koymuştur. Elektriğin üretim sürecinde sermaye kullanımını ve istihdamı tamamlayıcı bir unsur olduğuna dikkat çekilen çalışmada bu nedenle elektrik tüketiminde meydana gelecek azalmaların ekonomik büyümeyi olumsuz etkileyeceği ifade edilmektedir.

Çetin (2020), Türkiye ekonomisi özelinde elektrik enerjisi tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi 1961-2018 dönemi verilerinden yararlanılarak Granger Nedensellik testi ile incelemiştir. İlgili çalışmanın ampirik sonuçları; Türkiye açısından elektrik enerjisi tüketiminden GSYH'ya doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin olduğunu ve incelenen dönemde elektrik tüketiminde meydana gelen değişmelerin büyüme üzerinde etkili ve belirleyici bir unsur olduğunu ortaya koymuştur. Kopuk ve Bayraç (2021), 1960 ve 2014 dönemini kapsayan çalışmalarında Türkiye'de petrol kullanımının uzun dönemde ekonomik büyümeyi %4.51 oranında artırdığını buna karşılık elektrik kullanımının ise ekonomik büyümeyi %0.62 oranında azalttığını göstermiştir. Son olarak Barut ve Çelik tarafından 2021 yılında yapılmış 1970-2019 dönemini kapsayan bir başka çalışmanın ampirik sonuçları ise Türkiye'de sanayide elektrik tüketimi ile büyüme oranı arasında karşılıklı Granger nedensellik ilişkisi olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada ilgili literatürden farklı olarak elektrik tüketiminin büyüme üzerindeki asimetric etkisi ampirik olarak test edilecektir. Asimetric ARDL yöntemiyle bir bütün olarak elektrik tüketimini ele almaktan ziyade pozitif ve negatif değişimlerin etkisi vurgulanacaktır.

3. Veri Seti, Yöntem ve Bulgular

Bu çalışmada, 2005 - 2020 yılları arasındaki çeyreklik zaman serisi verileriyle nicel araştırma yöntemi kullanılmış ve bulgulara ulaşım sürecinde ampirik uygulama tercih edilmiştir. Zaman serisi verilerini kullanarak ekonometrik analizin yapılabilmesi ve koentegrasyon (eşbütünleşme) yaklaşımının uygulanması için gerekli temel kriterlerden biri, birim kök ve farklı model tanı testlerinin yapılmasıdır (Granger ve Newbold, 1974). Bu nedenle, çalışmanın durağanlık analizi için zaman serisi analizlerinde geleneksel birim kök testleri olarak geçen Genelleştirilmiş Dickey Fuller (ADF) ve Philips – Perron (PP) testleri kullanılmış, modelin istikrarlılığı ve durağanlığının analizi için ise otokorelasyon, değişen varyans ve hata terimlerinin normal dağılımına bakılmıştır (Dickey ve Fuller, 1981; Phillips ve Perron, 1988).

$$\Delta electric_t = \beta_1 electric_{t-1} + \sum_{i=1}^p \beta_2 electric_{t-i} + \mu_t \quad (1)$$

$$\Delta electric_t = \beta_0 + \beta_1 t + \beta_2 electric_{t-1} + \mu_t \quad (2)$$

Çalışmadaki değişkenlerin durağanlık analizleri 1 ve 2 no'lu denkleme göre ADF ve PP testleri aracılığıyla yapılmıştır. Bu doğrultuda, 1 no'lu denklem ADF, 2 no'lu denklem ise PP testini açıklamaktadır. Örnek olması için hedef değişken olarak elektrik tüketimi (electric) serisinin yer aldığı denklemlerdeki “Δ” fark işlemcisi, “t” zaman trendi, “p” gecikme uzunluğu ve “μ” hata terimini temsil etmektedir (Dickey ve Fuller, 1981: 1063; Phillips ve Perron, 1988: 339).

Zaman serileri arasında uzun dönemli bir ilişkinin olup olmadığı makroekonomi literatüründeki temel konulardan biridir. Engle ve Granger (1987) eşbütünleşme tekniğini kullanarak, zaman serilerinin uzun vadeli bir denge bağlantısına sahip

olup olmadığını belirlemek mümkündür. Engle ve Granger (1987) eşbütünleşme analizinde, iki veya daha fazla durağan olmayan seri, durağan bir sistem oluşturmak için doğrusal olarak birleştirilebilmektedir. Bu durumda durağan olmayan serilerin doğrusal kombinasyonları durağan ise eşbütünleşik olduğu söylenmektedir (Engle ve Granger, 1987: 264). Bu doğrultuda, Engle ve Granger (1987) ve Johansen ve Juselius (1990) ampirik uygulamalarda sıklıkla kullanılan popüler ancak geleneksel eşbütünleşme analizi yaklaşımlarıdır.

Zaman serisi analizlerinde uzun dönemli ilişkiler için farklı yöntemler tartışılmaktadır. En bilinen eşbütünleşme yöntemleri arasında Johansen, Engle Granger, Hata Düzeltme Modeli (ECM), Vektör Hata Düzeltme Yöntemi (VECM), ve Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif Model (ARDL) yer almaktadır. ARDL modeli hariç diğer geleneksel eşbütünleşme yöntemlerinde uzun dönem analiz için değişkenlerin birinci farkında durağan $[I(1)]$ şartı söz konusudur (Johansen ve Juselius, 1990: 187). Pesaran, Shin ve Smith (2001) tarafından oluşturulan ARDL modelinde ise ekonometrik analize konu olan değişkenlerin düzeyde durağan $[I(0)]$ ya da $I(1)$ olmasına bakılmaksızın uzun ve kısa dönem tahmini aynı anda yapılabilmektedir. ARDL modeli bu avantajlı yönüyle diğer geleneksel eşbütünleşme yöntemlerinden ayrılmaktadır. Ayrıca ARDL modelinde kısa dönem analiz için oluşturulan ECM küçük örneklerde geleneksel modellere göre daha tutarlı ve anlamlı sonuçlar vermektedir (Pesaran, Shin ve Smith, 2001: 309-310). Asimetrik Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif Modeli (NARDL) ise uzun dönem konjoktürel dalgalanmalar ve dışsallıkların etkisine rağmen sabit bir ayarlama hızı varsayarak ve uzun dönem geleneksel eşbütünleşme yöntemlerinin sınırlamalarını geliştirerek ele alan bir yöntemdir (Shin, Yu, ve Greenwood-Nimmo, 2014: 285-289).

Zaman serisi analizinin temel amacı, analize konu olan değişkenler arasındaki ilişki ne olursa olsun, kısa ve uzun vadeli dönemlerde serilerin dinamik özelliklerini incelemek olduğundan, geleneksel yöntemlerin çoğu ilgili ilişkinin doğrusal olduğunu varsayar. Bu yöntemlerin varsaydığı doğrusal ilişki her zaman doğru değildir. Geleneksel yöntemlerden durağanlık şartı $[I(1)]$ açısından ayrılan ARDL modeli analizlerinde hem pozitif hem de negatif şoklardan etkilenebilecek doğrusal olmayan ilişkiler dikkate alınmamaktadır. Zaman serisi analizlerinde doğrusal ilişki söz konusu ise bağımsız değişkenlerin ilgili bağımlı değişken üzerindeki etkisi sabittir. Ancak, doğrusal ilişki söz konusu değilse, bağımsız bir değişkenin bağımlı bir değişken üzerindeki etkileri sabit olamayacağı gibi düşük ya da yüksek derecede bir etki söz konusu olabilmektedir. Bu durum, zaman serisi verilerinin analiz edilememesinin temel nedenlerinden biri olan dinamik etkilerinin öngörülemezliğini vurgulamaktadır (Shin, Yu, ve Greenwood-Nimmo, 2014: 282-284). NARDL yöntemi, belirli bir değişkenin pozitif ve negatif değişimlerine bakarak, uzun dönem ilişkiyi test etmektedir.

NARDL yaklaşımı ekonomide meydana gelebilecek kırılmalar ya da beklenmeyen dalgalanmaların etkileri nedeniyle artış veya azalış eğiliminde olan

belirli bir değişkenin etkilerini görmek için önemlidir. Bu yaklaşım asimetrik etkileri hem kısa hem de uzun önemde değişkenlerin I(0) ya da I(1) olmasına bakılmaksızın analiz edebilmektedir. Asimetrik ARDL modeli olarak da bilinen bu yöntem kısa ve uzun dönem asimetrik etkileri modelleyebilen bir yöntemdir (Shin, Yu, ve Greenwood-Nimmo, 2014). NARDL modelinin avantajlarından biri, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki kısa ve uzun vadeli etkilerindeki senkronize tutarsızlığa izin vermesidir. Genel olarak, Asimetrik ARDL Modeli, ARDL yönteminin tüm temel varsayımlarını içerse de geleneksel eşbütünleşme yöntemlerine göre çeşitli avantajlara sahiptir (Tursoy vd., 2018).

Herhangi bir şokun kısa ve uzun vadedeki dinamiklerinin olumlu ve olumsuz etkileri açısından etkisini saptamak, küçük örneklerde eşbütünleşme ilişkisi belirlenirken önemlidir. Bu noktada, NARDL modeli değişkenleri düzeyde I(0) ya da birinci farkında I(1) durağan olup olmadığına bakılmaksızın uygulanabilir, ancak değişkenlerden herhangi birinin ikinci farkında I(2) durağan olmaması gerekmektedir. I(0) ve I(1) olan değişkenlerle analizlerin yapılabildiği NARDL modelinin işlevsel olabilmesi için optimum gecikme uzunluğunun belirlenmesi ve tüm uyumluluk testlerinden geçmesi gerekmektedir (Meo, 2018).

NARDL yöntemi aşağıdaki adımları içerir:

- Herhangi bir değişkenin ikinci farkta durağan olup olmadığını belirlemek için analize konu olan değişkenlerin birim kök testi yapılır. Değişkenlerden herhangi biri ikinci farkta durağansa, NARDL uygulanamaz.
- Asimetrik ve doğrusal olmayan ilişkinin görülmesinin istendiği değişkenler için pozitif ve negatif seriler oluşturulur.
- Eşbütünleşik ilişki için, Wald testi aracılığıyla sınır testi yapılır. Bu aşamada asimetrik ilişkinin var olup olmadığı görülebilir ancak Wald testi bu sonucu istatistiksel olarak destekleyici niteliktedir.
- Kısa dönem analiz için Hata Düzeltme Modeli (ECM) oluşturulur.

Bu çalışmada, Türkiye ekonomisi için toplam elektrik tüketimi (electric), sanayi üretim endeksi (prod) ve harcamalar yöntemiyle GSYH (gdp) arasındaki uzun vadeli ilişkiyi ve asimetrik etkileri tespit için NARDL modeli uygulanmıştır. Bağımlı değişkenin “gdp” olduğu model bağımsız değişkenlerin pozitif (pos) ve negatif (neg) değişimlerini içermektedir.

$$gdp_t = f(prod_neg_t, prod_pos_t, electric_neg_t, electric_pos_t)$$

$$gdp_t = \beta_0 + \beta_1 prod_neg_t + \beta_2 prod_pos_t + \beta_3 electric_neg_t + \beta_4 electric_pos_t + \varepsilon_t \quad (3)$$

3 no’lu denklemde, β_0 sabit terimi, bağımsız değişkenlerin pozitif ve negatif değişimlerini içeren β_1 , β_2 , β_3 ve β_4 katsayıları uzun dönem ilişkiyi göstermektedir. Diğer taraftan NARDL modeli oluşturulurken, optimum gecikme uzunluğu bilgi seçim kriterleriyle Vektör Otoregresif (VAR) modeli aracılığıyla belirlenmektedir (Meo, 2018). Bu denkleme göre oluşturulan NARDL modelinde uzun dönemli ilişkinin varlığı Pesaran, Shin ve Smith (2001) tarafından belirlenen

kritik sınıra göre belirlenmektedir. Buna göre NARDL’de ilgili değişkenler arasında uzun dönem eşbütünleşik ilişki için iki kritik sınır kullanılmaktadır. Modelin bulgularına göre, Wald testi sonucunda elde edilen F istatistik değeri kritik üst sınırı geçerse bu durum uzun dönem ilişkinin varlığına, kritik alt sınırın altında kalırsa, tam tersi duruma işaret eder. Aynı zamanda uzun dönemli asimetrik ilişkiyi ifade eden bu sonucun istatistiksek olarak anlamlılığı standart Wald testi ile doğrulanabilmektedir (Shin, Yu, ve Greenwood-Nimmo, 2014: 293).

Çalışmada, NARDL'nin sonuçlarını desteklemek ve değişkenler arasındaki nedenselliği kontrol etmek amacıyla Toda-Yamamoto Granger Nedensellik testi uygulanmıştır. Bu test, modelin eşbütünleşme özelliklerine, başka bir ifadeyle I(0) ya da I(1) olmasına bakılmaksızın uygulanabilir. Toda ve Yamamoto (1995), test prosedürü ilgili sürecin eşbütünleşik özelliklerine karşı dirençli bir model olarak geliştirildiğinden, nedensellik sürecinde Wald istatistiğinin (asimptotik ki-kare dağılım) asimptotik dağılımını içeren geliştirilmiş bir VAR modelinin tahmini gerekmektedir (Alimi ve Ofonyelu, 2013). Toda-Yamamoto Granger Nedensellik testinin arkasındaki temel fikir, değişkenlerin maksimum bütünleşme derecesine (dmax), uygun gecikme uzunluğu (m) eklenerek VAR modelinin gerçek derecesinin yapay olarak arttırılmasıdır. (Toda ve Yamamoto 1995: 237). Değişkenler arasındaki nedenselliği kontrol etmek için, Toda-Yamamoto Granger Nedensellik testinde, VAR modeli ilk olarak uygun gecikme uzunluğunu (m) belirlemek için kullanır. İkinci olarak, analizdeki değişkenlerin maksimum bütünleşme derecesi eklenerek yapay bir VAR modeli oluşturulur.

Toda-Yamamoto nedensellik testinin genel formu için yapay olarak oluşturulan VAR (m + dmax) modeli 4 no’lu denklemdeki gibi uygulanmış ve ilişkisiz regresyon yöntemiyle tahmin edilmiştir. (Lütkepohl ve Kratzig, 2004: 150; Alimi ve Ofonyelu, 2013).

$$gdp_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{m+dmax} \alpha_{1(i+dmax)} gdp_{t-(i+dmax)} + \sum_{i=1}^{m+dmax} \alpha_{2(i+dmax)} electric_{t-(i+dmax)} + \sum_{i=1}^{m+dmax} \alpha_{3(i+dmax)} prod_{t-(i+dmax)} + \varepsilon_t \quad (4)$$

Tablo 1’deki geleneksel birim kök testi sonuçlarına göre ekonometrik analize konu olan değişkenler %5 anlam düzeyine göre farklı derecelerde durağan çıkmıştır. Maksimum bütünleşme derecesi ise 1’dir.

Dolayısıyla, bu sonuçlar NARDL ve Toda-Yamamoto yaklaşımlarının durağanlık varsayımlarıyla örtüşmektedir. Tabloda yer alan değerler olasılık değerlerini temsil etmektedir. ADF Birim Kök testi sonuçlarına göre, “electric” değişkeni %5 anlam düzeyinde düzeyde durağan [I(0)], “gdp” ve “prod” değişkeni ise birinci farkında [I(1)] durağan çıkmıştır. PP testi benzer bulguları işaret etmektedir.

Tablo 1: ADF ve PP Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	ADF (Düzy)	ADF (Birinci Fark)	PP (Düzy)	PP (Birinci Fark)	Sonuç*
gdp	0.7035	0.0000	0.6411	0.0000	I(1)
electric	0.0348	0.0000	0.0348	0.2342	I(0)
prod	0.0942	0.0000	0.1691	0.0000	I(1)

*Sonuçlar %5 anlam düzeyine göre verilmiştir.

Tablo 2’de, NARDL modeli optimum gecikme uzunluğu seçiminde dikkate alınan bilgi seçim kriterlerinin sonuçları yer almaktadır. Bilgi seçim kriterlerinin işaret ettiği optimum gecikme uzunluğu değerlerin üzerindeki “*” işareti ile belirlenmektedir. Bulgulara göre, LR ve HQ 4 gecikme uzunluğunu göstermektedir.

Tablo 2: Optimum Gecikme Uzunluğu Seçimi

Gecikme Uzunluğu	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	156.7428	NA	3.78e-07	-6.275216	-6.159390	-6.231272
1	278.1372	222.9693	3.85e-09	-10.86274	-10.39944*	-10.68696
2	286.9132	15.04467	3.90e-09	-10.85360	-10.04282	-10.54599
3	297.6200	17.04350	3.68e-09	-10.92327	-9.765009	-10.48383
4	316.7422	28.09783*	2.49e-09	-11.33642	-9.830681	-10.76514*
5	326.7762	13.51528	2.47e-09*	-11.37862	-9.525411	-10.67552
6	332.3709	6.850616	3.00e-09	-11.23963	-9.038940	-10.40469
7	342.2417	10.87797	3.13e-09	-11.27517	-8.727004	-10.30840
8	351.6476	9.213969	3.44e-09	-11.29174	-8.396095	-10.19314
9	356.7472	4.371106	4.69e-09	-11.13254	-7.889419	-9.902104
10	375.3920	13.69818	3.91e-09	-11.52620	-7.935605	-10.16393
11	378.3464	1.808853	6.68e-09	-11.27945	-7.341371	-9.785346
12	402.0040	11.58739	5.53e-09	-11.87771*	-7.592163	-10.25178

Tablo 3’te optimum 4 gecikme uzunluğunda NARDL modeli sınır testi ve uyumluluk sonuçları görülmektedir. Toplam elektrik tüketimi, harcamalar yöntemiyle GSYH ve sanayi üretim endeksi arasında uzun dönemde asimetrik bir ilişkinin olmadığını işaret eden sıfır hipotezi, alternatif hipotez karşısında sınanmıştır.

Tablo 3’e göre, hesaplanan F istatistiği Pesaran, Shin ve Smith (2001) tarafından belirlenen kritik alt ve üst sınır değerlerinden yüksek çıktığından sıfır hipotezi reddedilmektedir. İlgili değişkenler arasında uzun dönemde asimetrik bir ilişki vardır. Diğer taraftan, uyumluluk testi sonuçlarından, oluşturulan NARDL modelinde yapısal bir sorunun olmadığı görülmektedir. Otokorelasyonun varlığı Breusch-Godfrey, değişen varyans sınaması Breusch-Pagan-Godfrey, hata terimlerinin dağılımı ise Jarque-Bera ile test edilmiştir. Söz edilen uyumluluk

testlerinde, olasılık değerleri üç anlam düzeyinden (%1, %5 ve %10) yüksek çıktığından oluşturulan NARDL modelinde herhangi bir yapısal sorun olmadığı görülmektedir.

Tablo 3: NARDL Modeli Bulguları

NARDL Sınır Testi Sonuçları		
Tahmin Edilen Eşitlik	$gdp_t = f(\text{prod_neg}_t, \text{prod_pos}_t, \text{electric_neg}_t, \text{electric_pos}_t)$	
F İstatistiği	6.259053	
Standart Wald Testi	Uzun Dönem Asimetri: 157.3 (Olasılık Değeri: 0.0000) Kısa Dönem Asimetri: 102.4 (Olasılık Değeri: 0.0000)	
Uygun Gecikme Uzunluğu*	NARDL(1, 2, 2, 4, 3)	
Uyumluluk Testi Sonuçları		
Breusch-Godfrey Otokorelasyon	0.849860	
Olasılık Değeri	0.5034	
Breusch-Pagan-Godfrey Değişen Varyans	0.879071	
Olasılık Değeri	0.5957	
Jarque-Bera Normallik	1.600485	
Olasılık Değeri	0.4492	
Kritik Değerler**	Alt Sınır	Üst Sınır
%10	2.45	3.52
%5	2.86	4.01
%2.5	3.25	4.19
%1	3.74	5.06

*Her bir değişken için en uygun gecikme uzunluğunun belirlenmesinde AIC kullanılmıştır.

**Kritik değer sınırları Pesaran, Shin ve Smith (2001) çalışmasında alınmıştır.

Tablo 4: NARDL (1, 2, 2, 4, 3) Modeli Uzun Dönem Bulguları

Bağımlı Değişken: gdp			
Değişken	Katsayı	T-İstatistik	Olasılık
electric_pos	7.196102	6.280147	0.0000
electric_neg	-6.707024	-4.024404	0.0003
prod_pos	3.240080	5.739782	0.0000
prod_neg	-4.878520	-4.089602	0.0002

Tablo 4'teki NARDL modeli uzun dönem sonuçlarına göre toplam elektrik tüketimi ve sanayi üretim endeksindeki pozitif ve negatif değişimlerin, bir başka ifadeyle ilgili değişkendeki artış ve azalışların uzun dönemde büyüme üzerindeki etkilerini gösteren katsayılar, T-İstatistik değerlerine bakıldığında %1, %5 ve %10 anlam düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Toplam elektrik tüketimindeki %1'lik bir pozitif değişim ekonomik büyümeyi yaklaşık %7.2 arttırırken, %1'lik negatif değişim %6.7 azaltmaktadır. Diğer taraftan, sanayi üretim endeksindeki %1'lik bir pozitif değişim ekonomik büyümeyi %3.2 arttırmakta, %1'lik negatif değişim yaklaşık %4.9 azaltmaktadır.

Toplam elektrik tüketimi ve sanayi üretim endeksindeki artış ve azalışların ekonomik büyümeye yansımaları asimetrik etkiyi göstermektedir. Bu değişkenlerin pozitif ve negatif değişimlerinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi farklılaşmaktadır. Tablo 3'te hesaplanan standart Wald testinin F istatistik değerinin 157,3 ve olasılık değerinin 0,0000 çıkması istatistiksek olarak da uzun dönem asimetrik etkiye işaret etmektedir. Ayrıca, Wald testinin kısa dönem için hesaplanan değerlerinden kısa dönem asimetrik etki anlaşılmaktadır.

Tablo 5'teki bulgular oluşturulan Kısıtsız Hata Düzeltme Modelinden (UECM) elde edilen katsayıları göstermektedir. Hata düzeltme parametresinin katsayısının negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olması oluşturulan UECM'nin çalıştığına ya da işlevsel olduğunun bir göstergesidir. Ek olarak T-İstatistik değerlerine göre katsayılar da anlamlıdır. Toplam elektrik tüketimi ve sanayi üretim endeksindeki pozitif ve negatif değişimler uzun dönem ile benzer yönde ekonomik büyümeyi kısa dönemde etkilemektedir. Etkinin şiddeti ise uzun döneme göre daha azdır. Tablo 5'te, parantez içinde belirtilen gecikmeli değerlerin etkinliği için de benzer bulgular söz konusudur.

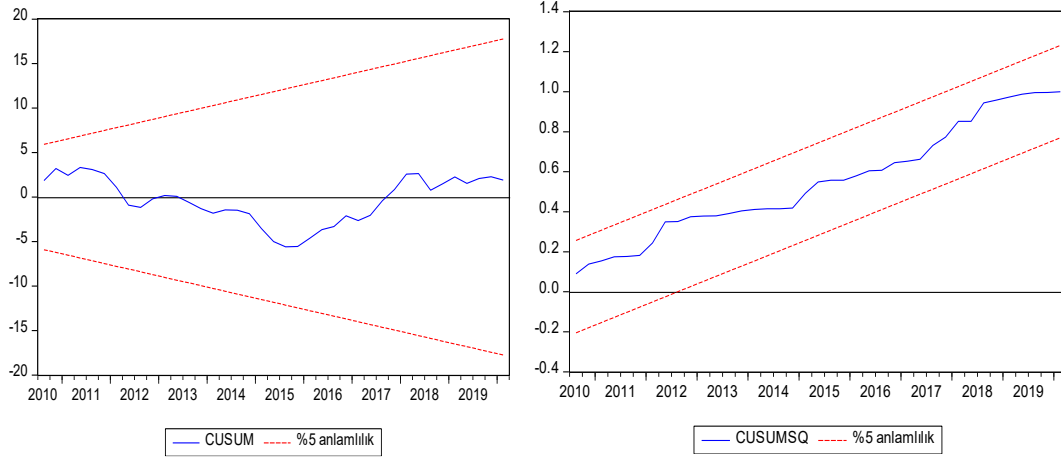
Tablo 5: NARDL(1, 2, 2, 4, 3) Modeli Kısa Dönem Bulguları

Bağımlı Değişken: gdp			
Değişken	Katsayı	T-İstatistik	Olasılık
electric_pos	1.749693	2.939964	0.0055
electric_pos(-1)	1.080697	3.908152	0.0005
electric_neg	-0.262419	-4.080515	0.0003
electric_neg(-1)	-0.973218	-4.927423	0.0000
prod_pos	0.240080	4.541131	0.0001
prod_pos(-1)	0.892634	2.001865	0.0473
prod_pos(-2)	0.400917	6.248343	0.0000
prod_pos(-3)	0.156566	2.374906	0.0189
prod_neg	-0.878520	-4.318668	0.0002
prod_neg(-1)	-0.647891	-7.216887	0.0000
prod_neg(-2)	-0.137624	-2.325351	0.0215
CointEq(-1)*	-0.408125	-5.874099	0.0000

*Hata düzeltme parametresi

Elektrik tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki asimetrik etkisinin incelendiği NARDL modelinde; 2005-2020 zaman aralığındaki yapısal kırılma ihtimali dikkate alınarak CUSUM ve CUSUMSQ testleri uygulanmıştır. Ekonometrik analizdeki katsayıların uygunluğu bu testlerle görülebilmektedir (Brown, Durbin ve Evans, 1975: 155-156). Şekil 1, %5 anlam düzeyine göre, sözü geçen dönemde ilgili değişkenlerin ve dolayısıyla kullanılan modelin istikrarlı olduğunu göstermektedir.

Şekil 1: CUSUM ve CUSUMSQ Testi



NARDL sonuçlarını desteklemek amacıyla uygulanan Toda-Yamamoto Granger nedensellik testi sonuçları Tablo 6'da verilmiştir. Tablo 6'daki sonuçlar toplam elektrik tüketimi ve sanayi üretim endeksinden ekonomik büyümeye doğru nedensellik olduğunu göstermektedir. Ki-Kare istatistiği sonucuna göre, olasılık değerlerine bakıldığında her üç anlam düzeyinde sıfır hipotezi reddedilir ve nedensel ilişki olduğu sonucuna varılır.

Tablo 6: Toda-Yamamoto Granger Nedensellik Testi Sonuçları

Sıfır Hipotezi (H ₀)	Değer	Olasılık
electric'ten gdp'ye nedensellik yoktur	19.42956	0.0008
prod'dan gdp'ye nedensellik yoktur	14.14966	0.0024

Tablo 6'daki sonuçlar 8 gecikmeye göre oluşturulmuştur. Buna göre, Tablo 7'de bilgi seçim kriterlerinin işaret ettiği 4 gecikme uzunluğunda değişen varyans ve otokorelasyon gibi yapısal sorunla karşılaşıldığından, yapısal sorunların olmadığı 7 gecikme uzunluğu (m=7) seçilmiştir. Sonraki aşamada, VAR(7) modeline maksimum bütünleşme derecesi (dmax=1) eklenerek yapay olarak VAR(8) modeli oluşturulmuştur. VAR(8) modelinde de herhangi bir yapısal sorunla karşılaşmamıştır. VAR(8) modeli uyumluluk testi sonuçları Tablo 8'de ve Şekil 2'de sunulmuştur.

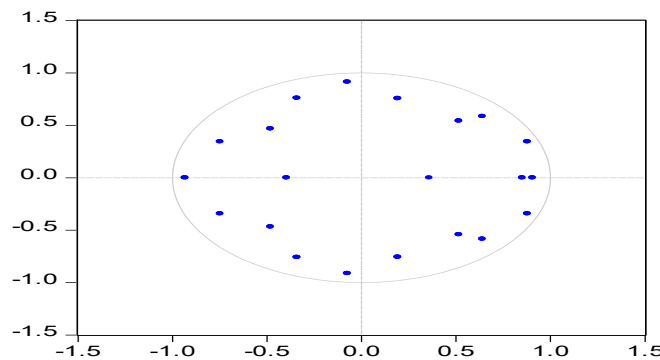
Tablo 7: Toda-Yamamoto Uygun Gecikme Uzunluğu Seçim Sonuçları

Gecikme Uzunluğu	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	241.4929	NA	1.34e-08	-9.611956	-9.380305	-9.524068
1	285.0951	78.30601	3.28e-09	-11.02429	-10.44516*	-10.80457
2	293.5606	14.16670	3.37e-09	-11.00247	-10.07587	-10.65092
3	302.7218	14.20915	3.40e-09	-11.00905	-9.734968	-10.52567
4	321.8250	27.29034*	2.31e-09*	-11.42143	-9.799868	-10.80621*
5	330.8111	11.73689	2.41e-09	-11.42086	-9.451822	-10.67381
6	340.6361	11.62968	2.48e-09	-11.45454	-9.138021	-10.57565
7	349.0658	8.945793	2.77e-09	-11.43126	-8.767266	-10.42054
8	360.5027	10.73671	2.83e-09	-11.53072	-8.519255	-10.38818
9	366.9669	5.276820	3.72e-09	-11.42722	-8.068272	-10.15284
10	387.3287	14.12863	2.96e-09	-11.89097	-8.184544	-10.48476
11	395.9500	4.926468	4.15e-09	-11.87551	-7.821610	-10.33747
12	414.7035	8.419946	4.42e-09	-12.27361*	-7.872236	-10.60374

Tablo 8: Toda-Yamamoto Yapay VAR(8) Modeli Uyumluluk Testi Sonuçları

Lagrange Çarpan (LM) Testi (Otokorelasyon Sınaması)	
Gecikme Uzunluğu	Olasılık Değeri
8	0.7273
12	0.1688
White Testi (Değişen Varyans Sınaması)	
Ki-Kare Test İstatistik Değeri	Olasılık Değeri
278.2368	0.2618
Jarque-Bera Testi (Hata Teriminin Dağılımı)	
Jarque-Bera Değeri	Olasılık Değeri
6.616580	0.3578

Şekil 2'ye göre, VAR(8) modeli otoregresif karakteristik polinomu ters kökleri birim çemberin içinde yer aldığından istikrarlı ve durağandır. Ayrıca Tablo 8'deki Lagrange Çarpan, White ve Jarque-Bera testine göre istatistiki değerlerin olasılık değerleri %1, %5 ve %10 anlam düzeylerinden yüksek çıkması bu gecikme uzunluğunun uygun olduğunu işaret etmektedir. LM testi sonuçlarında yer alan 8 ve 12 gecikme uzunluğunun dışındaki diğer gecikme uzunluklarında da benzer sonuçlara ulaşılmıştır. VAR(8) modelinde değişen varyans ve otokorelasyon sorunu yoktur. Ayrıca, hata terimleri normal dağılmaktadır.

Şekil 2: Otoregresif (AR) Karakteristik Polinomu Ters Kökleri

4. Sonuç ve Değerlendirme

Ekonomik büyüme, üretim ve enerji tüketimi arasındaki ilişki, Türkiye ekonomisi gibi gelişmekte olan ülkeler için literatürdeki güncelliğini koruyan önemli konulardan biri olmaya devam etmektedir. Özellikle sanayi devriminin bir sonucu olarak, elektrik tüketimi ekonomik gelişmişliğin göstergesi olarak ön plana çıkmaktadır. Ayrıca, enerji kaynaklarına yönelik politikalar oluşturulurken, elektrik kullanım seviyesi ve büyüme arasındaki nedensellik ilişkileri ve etkileşimin dereceleri analiz edilmektedir. Bu doğrultuda, ilgili göstergeler arasındaki nedensellik ilişkisinin yönünün ve etkileşiminin derecesinin ampirik olarak belirlenmesi, politika yapıcılar ve karar mekanizmalarına önemli ipuçları verecektir.

Bu çalışmada, Türkiye ekonomisi için elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme göstergesi arasındaki ampirik ilişki, asimetrik etkileri içeren ve kısa ve uzun dönem tahminine imkan veren NARDL modeli ile nedensellik ilişkisini test eden Toda-Yamamoto analizi aracılığıyla tahmin edilmiştir. Analiz sonuçları, Türkiye’de ekonomik büyüme ile elektrik tüketimi ve sanayi üretim endeksi arasında uzun dönemli güçlü bir ilişkinin varlığına işaret etmektedir. NARDL modelinin uzun ve kısa dönem katsayılarına bakıldığında, toplam elektrik tüketimi ve sanayi üretim endeksindeki pozitif ve negatif değişimler hem uzun dönemde hem de kısa dönemde ekonomik büyümeyi etkilemektedir. Uzun dönemde ortaya çıkan etkinin şiddeti kısa döneme göre daha fazladır. Toplam elektrik tüketimindeki pozitif değişimler ekonomik büyümeyi artırırken, negatif değişimler azaltmaktadır. Diğer yandan sanayi üretim endeksinin etkinliğiyle ilgili de benzer bulgular görülmektedir. Toplam elektrik tüketimi ve sanayi üretim endeksindeki artış ve azalışların ekonomik büyümeye yansımaları asimetrik bir etkinin varlığına işaret etmektedir. Ayrıca nedensellik sınamasında, sanayi üretim endeksi ve elektrik tüketiminden ekonomik büyümeye doğru nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

Türkiye’de toplam elektrik tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki uzun dönemde varlığı ortaya konulan istatistiksel olarak anlamlı ve güçlü ilişkinin Kraft ve Kraft (1978) sonuçları ile uyumlu olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, elektrik tüketiminden büyümeye doğru elde edilen nedensellik ilişkisinin literatürdeki Altınay ve Karagöl (2005), Kıran ve Güriş (2009), Acaravcı (2010), Yapraklı ve Yurttaçıkılmaz (2012), Kargı (2014) Gökten ve Kartepe (2016), Pata ve Terzi (2017), Çetin (2020), Kopuk ve Bayraç (2021) çalışmalarının sonuçları ile örtüştüğü anlaşılmaktadır. İlave olarak elektrik tüketimindeki pozitif artışların ekonomik büyümeyi artırdığına ilişkin elde edilen bulgular ise Saatçi ve Dumrul (2013) ve Pata ve Kahveci (2018) çalışmalarını doğrular niteliktedir.

Sonuç olarak, Türkiye’nin toplam mal ve hizmet üretiminde en önemli girdilerden biri olan elektrik enerjisinin tüketimindeki artış ve azalışların sanayi üretimi başta olmak üzere teknolojik gelişmelerinde etkisiyle büyüme üzerinde dalgalanmalara neden olabilmektedir. Elektrik tüketiminin artış trendinde olmasının büyüme

göstergesi üzerinden olumlu etki yaratacağını söylememiz mümkündür. Diğer yandan bölgesel ya da küresel ölçekte Türkiye ve Dünya ekonomisini etkileyebilecek şokların ülke ekonomileri üzerinde yaratacağı etkiler hem geçmiş deneyimlerden hem de yakın dönemdeki gelişmelerden rahatlıkla gözlemlenebilmektedir. Bu nedenle toplam elektrik enerjisi arzında meydana gelebilecek dalgalanmaların sanayi üretimi ve ekonomik büyüme üzerinde yaratabileceği olumsuz etkiler hedeflenen iktisat politikaları üzerinde belirleyici bir rol oynayabilecektir. İstikrarlı, sürdürülebilir ve kapsayıcı bir büyüme için diğer unsurlar (para ve maliye politikaları vb.) kadar enerji faktörünün de göz önünde bulundurulmasının gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Dolayısıyla, politika yapıcılara üç grup altında öneri ileri sürmek mümkündür. Bunlardan birincisi elektrik enerjisinin üretimi ile ilgilidir. Elektrik üretiminde kullanılan kaynakların hem çeşitliliğinin artırılması hem de bu kaynaklar arasında ekonomik kısıtları da göz önünde bulundurarak dengeli bir dağılım yapılması gereklidir. Türkiye'nin elektrik enerjisinin neredeyse yarısını fosil enerji kaynakları gibi yenilenemeyen kaynaklardan üretiyor olması bu enerji kaynağının arzında meydana gelebilecek negatif bir şokun Türkiye ekonomisinin büyümesini olumsuz etkileyebileceği göz önünde tutulmalıdır. Elektrik üretiminde yenilenemeyen kaynakların payının azaltılarak rüzgâr, güneş, biokütle, jeotermal, hidroelektrik, hidrojen ve dalga enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının payının dengeli bir şekilde artırılması önem arz etmektedir. Yenilenemeyen enerji kaynaklarının payının artması sadece enerji arzının güvenliğini garanti etmeyecek aynı zamanda çevresel tahribatın en aza indirilmesini ve ekonomik katma değerini ülke içinde kalmasını sağlayarak ekonomiye faydalı olabilecektir. Diğer yandan elektrik enerjisi üretiminde çeşitliliğin artmasına paralel bir şekilde elektrik enerjisi üretimi için gerekli olan hammadde ithalatının azalması dış ticaret dengesi üzerinde olumlu sonuçlar elde edilmesini sağlayabilecektir.

İkinci grup politika önerisi ise enerjinin tüketim aşaması ile ilgili olup daha çok enerjinin verimli kullanılması, kayıp ya da kaçakların önlenmesi, eğitim yoluyla toplumun enerji konusunda bilinçlendirilmesi, bina ve konutlarda enerji yalıtımının teşvik edilmesi ve akıllı bina, akıllı üniversite, akıllı şehir gibi uygulamaların yaygınlaştırılarak en azından tüketici her bir birimin kendi tüketimini karşılayabileceği kadar enerji üretebileceği altyapı yatırımlarının yapılmasıdır.

Üçüncü grup politika önerisi yenilikçi teknolojilerin enerji üretim sürecine sokulması ile ilgilidir. Teknolojik ilerlemelerin devamlılığının sağlanması amacıyla doğru ve etkin tasarlanmış araştırma-geliştirme programları uygulamaya konulmalıdır. Bulunabilecek yeni enerji kaynakları veya yöntemleri sayesinde kullanılan enerjinin maliyetinin azalması bir yandan ekonomiyi daha rekabetçi bir konuma çıkarırken diğer yandan da azalan enerji maliyetleri sayesinde firma/ sektör bazında yatırımların artması sağlanabilecektir. Başta üniversiteler ve teknoparklar olmak üzere özel sektörün ve firmaların yeni enerji kaynakları için

yapabileceği araştırma-geliştirme faaliyetlerinin teşvik edilmesi, projelerin desteklenmesi kısaca piyasa koşullarının bu alanda yaratıcı yıkım sürecinin işlenmesine elverişli hale getirilmesi önerilmektedir.

Kaynakça

Acaravcı, A. (2010). Structural Breaks, Electricity Consumption and Economic Growth: Evidence from Turkey. *Romanian Journal of Economic Forecasting*, 2(2010), 140-154.

Ağır, H. ve Kar, M. (2010). Türkiye’de Elektrik Tüketimi ve Ekonomik Gelişmişlik Düzeyi İlişkisi: Yatay Kesit Analizi. *Sosyoekonomi Dergisi*, 12(12), 149-176.

Akan, Y. ve Tak, S. (2003). Türkiye Elektrik Enerjisi Ekonometrik Talep Analizi. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 17(1-2), 21-49.

Aktaş, C. (2009). Türkiye’de Elektrik Tüketimi, İstihdam ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin Hata Düzeltme Modeliyle Analizi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 25, 61-68.

Aktaş, C. ve Yılmaz, V. (2008). Causal Relationship between Electricity Consumption and Economic Growth in Turkey. *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 4(8), 45-54.

Al Mamun, M., Sohag, K., Mia, M. A. H., Uddin, G. S., ve Öztürk, İ. (2014). Regional Differences in the Dynamic Linkage between CO2 Emissions, Sectoral Output and Economic Growth. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 38, 1-11.

Alimi, S. R. ve Ofonyelu, C. C. (2013). Toda-Yamamoto Causality Test between Money Market Interest Rate and Expected Inflation: The Fisher Hypothesis Revisited. *European Scientific Journal*, 9(7), 125-142.

Altınay, G. ve Karagöl, E. (2005). Electricity Consumption and Economic Growth: Evidence from Turkey. *Energy Economics*, 27, 849-856.

Altıntaş, H. ve Koçbulut, Ö. (2014). Türkiye’de Elektrik Tüketiminin Dinamikleri ve Ekonomik Büyüme: Sınır Testi ve Nedensellik Analizi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (43), 37-65.

Barut, M. E. ve Çelik, E. (2021). Türkiye’de Sanayide Tüketilen Elektrik Enerjisi ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: Granger Nedensellik Analizi. *Nicel Bilimler Dergisi*, 3(1), 43-58.

Berberoğlu, N. (1982). *Türkiye’nin Ekonomik Gelişmesinde Elektrik Enerjisi Sorunu*. Eskişehir: Eskişehir İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi Yayınları.

Brown, R. L., Durbin, J. ve Evans, J. M. (1975). Techniques for Testing the Constancy of Regression Relationships Over Time. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 37(2), 149-163.

Coondoo D. ve Dinda S. (2002) Causality between Income and Emission: A Country Group-Specific Econometric Analysis. *Ecol Econ*, 40(3), 351-367

Çetin, G. (2020). Türkiye Açısından Elektrik Enerjisi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Granger Nedensellik Analizi - ARDL Sınır Testi Karşılaştırması. *Maliye ve Finans Yazıları*, (114), 483-500.

Dickey, D. A. ve Fuller, W. A. (1981). Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root. *Econometrica*, 49, 1057-1072.

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK), <https://www.epdk.gov.tr/detay/icerik/3-0-24-3/elektrikyillik-sektor-raporu> (Erişim: 15.11.2021)

Engle, R. F. ve Granger, C. W. (1987). Co-integration and Error Correction: Representation, Estimation, And Testing. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 55(2), 251-276.

Gökten, S. ve Kartepe, S. (2016), Electricity Consumption and Economic Growth: A Causality Analysis for Turkey in the Frame of Import-Based Energy Consumption and Current Account Deficit. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 11(4), 385-389.

Granger, C. W. ve Newbold, P. (1974). Spurious Regressions in Econometrics. *Journal of Econometrics*, 2(2), 111-120.

Johansen, S. ve Juselius, K. (1990). Maximum Likelihood Estimation and Inference on Cointegration with Applications to the Demand for Money. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 52(2), 169-210.

Kaldor, N. (1966). *Causes of the Slow Rate of Economic Growth of the United Kingdom: An Inaugural Lecture*. London: Cambridge Up.

Kalkavan, H., Serkan, E. T. İ. ve Yüksel, S. (2020). Türkiye'deki Bankacılık Sektörü, Sanayi Gelişimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin VAR Analizi ile İncelenmesi. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi (AKAD)*, 12(22), 56-74.

Karagöl, E., Erbaykal, E. ve Ertuğrul, H. M. (2007). Türkiye'de Ekonomik Büyüme ile Elektrik Tüketimi İlişkisi: Sınır Testi Yaklaşımı, *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 8(1), 72-80.

Kargı, B. (2014). Electricity Consumption and Economic Growth: A Long-Term Cointegrated Analysis for Turkey. *International Journal Of Economics and Finance*, 6(4), 285-293.

Kıran, B. ve Güriş, B. (2009). Relationship between Electricity Consumption and GDP in Turkey. *Problems And Perspectives in Management*, 7(1), 166-171.

Kopuk, E. ve Bayraç, H. N. (2021). Enerji ve Elektrik Kullanımının Türkiye Ekonomisi Üzerindeki Etkisi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 17(2), 317-330.

Kraft, J. ve Kraft, A. (1978). On The Relationship between Energy and GDP, *Journal of Energy Finance & Development*, 3, 401-403.

Liu, J., Yuan, C., Hafeez, M. ve Yuan, Q. (2018). The Relationship between Environment and Logistics Performance: Evidence from Asian Countries. *Journal of Cleaner Production*, 204, 282-291.

Lütkepohl, H. ve Krätzig, M. (Eds.). (2004). *Applied Time Series Econometrics*. UK: Cambridge University Press.

Mahmood, M. T., Shahab, S. ve Hafeez, M. (2020). Energy Capacity, Industrial Production, and the Environment: An Empirical Analysis from Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(5), 4830-4839.

Meo, M. S. (2018). Time Series Non-Linear ARDL Model/ Asymmetric ARDL Cointegration. https://www.researchgate.net/publication/328261969_Time_series_nonlinear_ARDL_model_asymmetric_ARDL_cointegration_by_MEO_SC_HOOL_OF_RESEARCH?channel=doi&linkId=5bc189aea6fdcc2c91fb013b&showFulltext=true (Erişim: 24.12.2021)

Nazlıoğlu, S., Kayhan, S., ve Adıgüzel, U. (2014). Electricity Consumption and Economic Growth in Turkey: Cointegration, Linear and Nonlinear Granger Causality. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 9(4), 315-324.

Özdemir, A. ve Yüksel, F. (2006). Türkiye’de Enerji Sektörünün İleri ve Geri Bağlantı Etkileri. *Yönetim ve Ekonomi*, 13(2), 1-18.

Pata, U. K. ve Kahveci, S. (2018). A Multivariate Causality Analysis between Electricity Consumption and Economic Growth in Turkey. *Environment, Development and Sustainability*, 20(6), 2857-2870.

Pata, U. K. ve Terzi, H. (2017). The Causality Link between Electricity Consumption and Economic Growth in Turkey: Evidence from Ardl Bounds Testing Procedure. *Business and Economics Research Journal*, 8(1), 19-33.

Pesaran, M. H., Shin, Y. ve Smith, R. J. (2001). Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289-326.

Phillips, P. C. ve Perron, P. (1988). Testing for a Unit Root in Time Series Regression. *Biometrika*, 75(2), 335-346.

Saatçi, M. ve Dumrul, Y. (2013). Elektrik Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisinin Dinamik Bir Analizi: Türkiye Örneği. *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 32(2), 1-24.

Shin, Y., Yu, B. ve Greenwood-Nimmo, M., (2014). Modelling Asymmetric Cointegration and Dynamic Multipliers in an ARDL Framework. Horrace, W.C. ve Sickles, R.C. (Eds.), *Festschrift in Honor of Peter Schmidt: Econometric Methods and Applications* içinde (281-314), New York: Springer Science & Business Media.

Terzi, H. ve Oltulular, S. (2004). Türkiye’de Sanayileşme ve Ekonomik Büyüme Arasındaki Nedensel İlişki. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 5(2), 219-226.

Toda, H. Y. ve Yamamoto, T. (1995). Statistical Inference in Vector Autoregressions with Possibly Integrated Processes. *Journal of Econometrics*, 66(1-2), 225-250.

Tursoy, T., Faisal, F., Berk, N. ve Shahbaz, M. (2018). How Do Stock Prices and Metal Prices Contribute to Economic Activity in Turkey? The Importance of Linear and Non-Linear ARDL. https://mpr.ub.uni-muenchen.de/88899/1/MPRA_paper_88899.pdf (Erişim: 18.05.2021)

Yapraklı, S. ve Yurttaçıkılmaz, Z. Ç. (2012). Elektrik Tüketimi ile Ekonomik Büyüme Arasındaki Nedensellik: Türkiye Üzerine Ekonometrik Bir Analiz, *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 13(2), 195-215.