

**Türkiye’de orta vadede elektrik talebine etki eden içsel değişkenlerin belirlenmesi\***Savaş Tarkun<sup>1</sup>Erkan Işığışık<sup>2</sup>**Özet**

Bu çalışmada, elektrik talebine orta vadede etki eden içsel değişkenler belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, 2007 Ocak-2020 Aralık dönemlerine ilişkin tüketici fiyat endeksi, işsizlik, ülkeye gelen turist sayısı ve sanayi üretim endeksi değişkenlerinin aylık gözlemleri ile araştırılmıştır. Yöntem olarak, varyans ayrıştırması ve Toda Yamamoto nedensellik testleri ile incelenmektedir. Bulgular ise 0.05 anlamlılık düzeyinde işsizlik ile elektrik talebi ve benzer şekilde 0.10 anlamlılık düzeyinde sanayi üretim endeksi ile çift yönlü nedensellik bulgusu elde edilirken, ülkeye gelen turist sayısından, elektrik talebine ise 0.01 anlamlılık düzeyinde tek yönlü nedensellik elde edilmiştir. Bu bulgulara paralel sonuçlar varyans ayrıştırması ile de elde edilmiştir. Dolayısıyla, elektrik talebinin cari dönemdeki değerlerinin açıklanmasında sanayi üretim endeksi, işsizlik ve özellikle ülkeye gelen turist sayısı değişkenlerinin gecikmeli değerlerinin katısı olduğu tespit edilmiştir. Planlayıcıların, elektrik tahmini ile ilgili projeksiyonlar oluştururken bu değişkenlerin tahmin modellerine dahil edilmesinin ve sabit değişkenler yerine farklı değişkenlerin tahmin modellerine dahil edilmesinin doğruya yakın sonuçlar elde edilmesine katkı sunacaktır.


**Anahtar Kelimeler:** Elektrik Tüketimi, Vektör Otoregresif Model, Toda Yamamoto Nedensellik, Varyans Ayrıştırması**JEL Kodları:** C01, C32**Identification of endogenous variables affecting medium-term electricity demand in Turkey****Abstract**


This study has tried to determine the endogenous variables that affect electricity demand in the medium term. For this purpose, monthly observations of the consumer price index, unemployment, number of tourists visiting the country, and industrial production index for the 2007 January-2020 December period were investigated. As a method, we use variance decomposition and Toda Yamamoto causality tests. Findings: Two-way causality was obtained with unemployment and electricity demand at the 0.05 significance level and the industrial production index at the 0.10 significance level, while unidirectional causality was obtained with the number of tourists visiting the country and electricity demand at the 0.01 significance level. Results parallel to these findings were also obtained by variance decomposition. Therefore, it has been determined that the variables of the industrial production index, unemployment, and especially the number of tourists coming to the country are multiples of the lagged values in explaining the current period values of electricity demand. Including these variables in the estimation models while the planners are creating projections related to the electricity estimation and including different variables in the estimation models instead of the fixed variables will contribute to obtaining near-accurate results.

**Keywords:** Electricity Consumption, Vector Autoregressive Model, Toda Yamamoto Causality, Variance Decomposition**JEL Codes:** C01, C32**1. Giriş**

Tarih boyunca hayatını kolaylaştırmak, rahat ve konforlu bir yaşam sürebilmek isteyen insanoğlu, birtakım yenilikleri keşfetmeye yönelmiştir. Yerleşik yaşam ile birlikte, üretilen ürünlerin miktarlarının artmaya başlaması (arz fazlası) ve meydana gelen bu fazla üretimin pazarlanması düşüncesi ile harekete geçme ihtiyacı, birinci sanayi devrimine kadar hayvan gücü, su gücü ve rüzgâr gücünden oluşmaktaydı. Ancak bu araçların yetersiz kalması ve uzaklara gidilmemesi nedeniyle; insanoğlunu, enerjinin keşfine yöneltmiştir. Birinci sanayi devrimi ile birlikte, buharın döndürme gücünün keşfi, dokumacılıktan ulaşıma kadar her alanda bu gücün kullanılmaya başlanması ile çok daha fazla üretme ve daha uzak

\* Bu makale, Prof. Dr. Erkan Işığışık’un danışmanlığında Savaş Tarkun tarafından hazırlanan "Elektrik talebinin zaman serisi analizi, yapay sinir ağları ve hibrit yöntem ile tahmini" başlıklı doktora tezinden üretilmiştir.

<sup>1</sup> Sorumlu yazar, Dr., Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, Türkiye, 711817007@ogr.uludag.edu.tr,  ORCID: 0000-0002-2684-184X

<sup>2</sup> Prof. Dr., Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, Türkiye, eris@uludag.edu.tr,  ORCID: 0000-0003-4037-0869

Geliş Tarihi (Received): 28.03.2023

Kabul Tarihi (Acceptance): 30.07.2023

Yayın Tarihi (Published): 31.07.2023

ülkelere ulaşma olanağını sunmuştur (Tezikci, 2005: 1). Farklı dönemlerde farklı deneyler ile varlığı ispat edilmeye çalışılan elektrik, bu keşiflerin en önemlilerinden biri olmuştur.

Elektrik; yaşamın devamı, teknolojinin ilerleyebilmesi ve sanayinin gelişebilmesi için stratejik öneme sahip ikincil bir enerji kaynağıdır. Ayrıca elektrik, yeniden üretim ve hayatın sürekliliği için gerekli bir kaynak olmakla birlikte, ekonomilerin gelişmesi ve dolayısıyla, yaşam kalitesinin iyileştirilmesi için de önemli bir kaynaktır. Özellikle, sanayi üretiminde stratejik bir yeri bulunan bu kaynağın (elektriğin), yaşam standartlarını desteklemesi ve temel hizmetlerin sağlanabilmesi için de önemlidir.

Elektrik talebi, bir ülkenin veya bölgenin; saatlik, günlük, aylık, vb. zaman dilimlerinde farklılıklar gösterebilmektedir (Kocaman, 2012: 60). Talebin farklı periyotlarda, farklı miktarlarda oluşması, talebin kendine has yapısı ve elektriğin stoklanamaması nedeniyle, elektrik talebinin karşılanması hem üretim hem de tüketim boyutu ile yakından ilişkilidir (Baltaş & Akbay, 2021: 222). Elektrik tüketim verileri, genellikle karmaşık ya da kararsız serilerden oluştuğundan, tek bir yöntemin her zaman diliminde ve her tahmin modelinin, doğru tahminleri vermesi beklenemez (Ediger & Tatlıdil, 2002: 485). Bu yüzden, elektrik talep tahmin çalışmaları, her dönem araştırma konusu olarak güncelliğini korumaktadır.

Ekonomik sistem aracılığı ile bireyler, şirketler, vb. aktörler, olası ekonomik değişimlerin uygulanmasından sonra kendi faaliyetlerini, hedef ve çıkarlarına göre yeniden programlayacağından, elektrik talep miktarı da bu durumdan etkilenecektir. Ayrıca, elektrik talep tahmini ile ilgili çalışmalarda, özellikle planlamacıların sabit içsel değişkenler yerine, değişim eğiliminde olan değişkenlerin güncellenmesi anlayışının genişletilmesi, doğru tahminler için gereklidir. Bu gibi durumlar elektrik talep tahmininde, içsel değişkenlerin güncellenerek farklı değişkenlerin etkilerinin varlığının belirlenmesi talep tahmini ile ilgili çalışmalarda, özellikle planlamacıların sabit içsel değişkenler yerine, değişim eğiliminde olan değişkenlerin güncellenmesi anlayışının genişletilmesi, doğru tahminler için gereklidir.

Literatürdeki birçok çalışma sabit içsel değişkenler (meteoroloji verileri, nüfus, kentleşme oranı, GSMH, ..., vb.) ile elektrik talebinin tahmini için en uygun model ve en iyi değişkenleri belirlemeye çalışılmaktadır. Benzer şekilde çalışmalar değişken konusunda ortak paydada zaman zaman birleşmiş olsalar da farklı modeller ve farklı verileri çalışmalarına dahil etmişlerdir. Bu çalışmanın temel motivasyonu ise, elektrik talebi veya talep edilen miktar, birçok faktörden etkilenebilmektedir. Elektrik talep tahminlerinin sürekli güncellenmesi ve modellerde kullanılacak değişkenlerin çeşitliliği; özellikle, talep miktarı planlamaları gerçekleştirilirken sabit içsel değişkenler yerine, değişim eğiliminde olan içsel değişkenlerin güncellenmesi ile tahmin hatasının en küçük değerine ulaşmasına ve dolayısıyla, daha doğru tahminler elde edilebilmesine olanak sağlamasına katkı sunmasıdır.

Çalışmanın ilerleyen bölümlerinde, elektrik talebine ilişkin ilgili literatüre değinildikten sonra, çalışmanın uygulama yönteminden bahsedilmiştir. Bir sonraki başlıkta ise uygulama bulgularına gösterilmiştir.

## 2. Literatür İncelemesi

Kısa, orta ve uzun vadeli elektrik talep tahminleri, ülkelerin büyümeleri ve kalkınmalarında önemli bir kaynak olduğu için tahminin yapılması ve bu tahminlerin ise doğruya en yakın olacak şekilde sonuçlar elde edilmesinin beklenmesi veya istenmesi nedeniyle, önemi her geçen gün artmaktadır. Özellikle enerji kaynağı yoksunu gelişmekte olan ülkelerin, ithalatında önemli yer tutan ve gelişmiş ülke konumuna erişebilmesi için temel koşullardan biri de elektriğin arz – talep ve enerji – ekonomi etkileşimleri arasındaki dengeyi koruyabilmesidir (Ediger & Tatlıdil, 2002).

Literatürde var olan ve var olmaya devam edebilecek çalışmaların elektrik talebinin tahmininin kesin bir sonuca ulaştırılmasından ziyade, talebi etkileyen değişkenlerin parametrelerinde dönemden döneme farklılıklar oluşmasına neden olabilmektedir. Elektrik talep tahminlerinin sürekli güncellenmesi ve çalışmalarda kullanılacak modellerin veya yöntemlerin yeniden değerlendirilmesine yol açarken, farklı veya yeni değişkenlerin çalışılan modellere veya yöntemlere eklenerek tekrarlanması, bu konuda

yapılacak olan çalışmaların ilgisine neden olmaktadır. Dolayısıyla elektrik talebinin tahmin edilmesi konusu, her zaman güncelliğini korumaya devam etmektedir. Literatürde elektrik talebini tahmin edebilmek için çok sayıda yöntem veya yaklaşım sunulmaktadır. Ancak çalışma konusuna paralel olacak şekilde çeşitli yöntemler ve farklı değişkenler ile elektrik talebini etkileyen değişkenler ile ilgili çalışmalara yer verilmeye çalışılmıştır.

Literatürde çeşitli ülkelerin farklı ekonomik değişkenleri ile elektrik tüketimini veya elektrik talebini etkileyen değişkenler incelenmiştir. Bu çalışmalardan bazıları ülkeler boyutu ile şu şekilde özetlenebilir: Zivanovic (2002), çalışmasında, kısa vadeli elektrik talebini tahmin edebilmek amacıyla, parametrik olmayan bir algoritma önerisinde bulunmuştur. Nambiya'nın elektrik verileri kullanılan bu çalışmada, yerel doğrusal regresyon, yük zaman serisinin trend bileşenini tahmin etmek ve uygun yerel doğrusal fonksiyon ile ekstrapolasyon yaparak trend bileşenini tahmin etmeye çalışmıştır. Ürdün'ün elektrik talebinin tahmin edildiği bir çalışmada, 1976 – 2008 dönemine ilişkin yıllık gözlemlerden oluşan GSYİH, nüfus, ihracat ve ithalat olmak üzere dört bağımsız değişkenden oluşan YSA mimarisi ile elektrik tüketim tahmininin başarılı olduğu sonucuna ulaşmış ve tahmin sonuçlarına göre, elektrik tüketiminin sırasıyla 2015, 2020 ve 2025 artacağı bulgusuna ulaşmıştır (Abual-Foul, 2012). Bir çalışma ise, Tayland'ın elektrik tüketim talebini öngörebilmek amacıyla; ARIMA, YSA ve çoklu doğrusal regresyon analizi (MLP) gerçekleştirmiş, Tayland elektrik talebine ilişkin kullanmış olduğu değişkenler ise: Nüfus, GSYİH, stok endeksi, ihracat (sanayi ürünlerinden elde edilen gelir) ve elektrik tüketim değişkenleridir. Yapılan uygulama sonuçlarında YSA mimarisi, ARIMA ve MLP ye göre, daha iyi sonuçlar vermiş ve YSA'nın elektrik tüketim talebinin tahmininde kullanılabilirliğini önermiştir (Kandanand, 2011). Bir başka çalışmada ise Etiyopya'nın 1970 – 2011 dönemine ilişkin verilerini analiz ederek, konut elektrik tüketimi ile GSYİH arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. GSYİH ile konut elektrik tüketimi arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi bulgusuna ulaşmışlardır. Elektrik tüketimindeki düşüşlerin ekonomik büyümeyi etkileyeceğini, başka bir deyişle; elektrik tüketimini azaltmaya yönelik bir politika önermenin ekonomik büyümeyi olumsuz etkileyeceği sonucuna ulaşmışlardır (Guta vd., 2015). Hasanov vd. (2016) , Azerbaycan'a ait elektrik tüketim talebinin tahmini için 1995 – 2013 dönemine ilişkin çalışmalarında, kişi başına toplam nihai elektrik tüketimi, reel elektrik fiyatları, kişi başına düşen petrol dışı GSYİH değişkenleri ile ısıtma derecesi- günleri (heating degree-days) ve soğutma derecesi günleri (cooling degree-days) değişkenleri kullanılarak, farklı eşbütünleşme ve hata düzeltme tekniklerini uygulamışlardır. Sonuç olarak, tahmin modelleri ile 2025 yılına kadar Azerbaycan'ın kişi başına elektrik talebini modellemeyi gerçekleştirmişlerdir. Wahid vd. (2021), Pakistan'ın elektrik tüketiminin belirleyicilerini incelemişlerdir. Bu çalışmada, Johansen eşbütünleşme testi, hata düzeltme vektörü ile incelenmiş olup, GSYİH'nın ve nüfusun elektrik tüketimi üzerinde olumlu etkilerinin olduğunu bulgusuna ulaşmışlardır.

Bir başka çalışmada ise kısa vadeli elektrik talebini tahmin edebilmek için altı adet tek değişkenli yöntemin doğruluğunu karşılaştırmayı amaçlamışlardır. Önermiş oldukları yöntem ise üstel yumuşatma yöntemi ve temel bileşen analizine dayalı bir yöntemdir. Ele aldıkları bu talep tahmini ise Rio de Janeiro, İngiltere ve Galler'in saatlik talep verileri kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Taylor vd., 2006). Benzer şekilde, Yunanistan'ın uzun vadeli elektrik talebini tahmin edebilmek için YSA'yı ele almıştır. YSA ile tahmin gerçekleştirebilmek için 2005-2008 dönemi verilerini kullanarak, 2010-12 ve 2015 dönemlerinin tahminini gerçekleştirmiştir (Economou, 2010) Bir başka çalışmada, Çin'in elektrik talebini tahmin etmek ve hangi değişkenlerin elektrik tüketimindeki talep üzerinde etkilerinin olduğunu Johansen eşbütünleşme analizi, Granger nedensellik testi ve VAR modellerini kullanmışlardır. Çalışma, 1980-2017 dönemini kapsamaktadır ve tahmin dönemi için ise 2018-2020 dönemleri seçilmiştir. Modellerde kullanılan değişkenler ise Çin'in elektrik tüketim miktarı, GSYİH, sanayileşme oranı ve kentleşme oranına ait değişkenlerden oluşmaktadır. Çalışmada, kentleşme oranından elektrik tüketimine %95 güven düzeyinde, tek yönlü Granger nedeni tespit etmişlerdir (Yang & Pang, 2021).

Türkiye ile ilgi gerçekleştirilen bazı çalışmalar ise şu şekildedir: Halicioğlu (2007), Türkiye'nin 1968 – 2005 dönemine ilişkin konut elektrik talebini; kentleşme, gelir ve fiyat açısından değerlendirmiştir. Çalışmasında eşbütünleşme, sınır testi ve Granger nedensellik testleri ile kısa ve uzun dönem ilişkileri ortaya koymaya çalışmıştır. Konut elektrik tüketiminin gelir, fiyat ve kentleşme üzerinde uzun dönemde

Granger nedensellik ilişkisi bulgusuna ulaşırken, kısa dönemde ise ilişki bulamamıştır (Halicioğlu, 2007). Bir çalışmada ise Türkiye'nin 1968 – 2005 dönemine ilişkin, net elektrik tüketim miktarı, GSYİH, nüfus, GSMH, kurulu kapasite, brüt üretim, ithalat ve ihracat değişkenlerinden oluşan üç farklı YSA mimarisi oluşturmuşlardır. Model 1 olarak nitelendirdikleri YSA mimarisinin girdi değişkenleri: Nüfus, kurulu kapasite, brüt üretim, ithalat ve ihracat değişkenlerinden oluşurken; Model 2 olarak oluşturulan mimari GSMH ve nüfus; Model 3'ün girdi değişkenleri ise GSYİH ve nüfus değişkenlerinden meydana gelmektedir. Her üç modelin de çıktı değişkeni net elektrik tüketimi değişkenidir. Ekonomik göstergeler ile oluşturulan YSA mimarileri ile elde edilen tahmin sonuçlarının doğruluk derecesini artırdığı sonucuna ulaşmışlardır (Sözen ve Arcaklıoğlu, 2007). Hamzaçebi (2007) yapmış olduğu çalışmada, Türkiye'deki elektrik tüketim türlerine göre sanayi, konut, tarım ve taşımacılık sektörlerinin YSA ile 2020 yılına kadar tahminini gerçekleştirmiştir. YSA tahmin sonuçları ile gerçek gözlemlerin karşılaştırıldığı bu çalışmada, YSA'nın başarılı bir şekilde elektrik tüketim türlerini tahmin ettiği sonucuna ulaşmıştır. Çunkaş ve Altun (2010), çalışmalarında Türkiye'nin 2008 – 2014 dönemine ilişkin 8 adet ekonomik değişkeni girdi olarak kullanarak, elektrik talebini öngörebilmek için YSA mimarisi ile çalışmıştır. Başka bir çalışmada, Türkiye'nin elektrik tüketimini tahmin edebilmek amacıyla, elektrik tüketimi, nüfus, GSMH, ithalat ve ihracat gibi ekonomik göstergelerin bir fonksiyonu olarak modellemiştir. 1975 – 2006 dönemlerini kapsayan çalışma YSA ile 2027 yılına kadar öngörüsü gerçekleştirilmiştir. YSA'nın elektrik tüketim tahmini için kullanılabileceği sonucuna ulaşmışlardır (Kavaklıoğlu vd., 2009). Bir başka çalışma ise 1970- 2010 dönemine ait, GSYİH, nüfus, ithalat, ihracat, bina yüz ölçümü ve taşıt sayısı değişkenleri ile Türkiye'nin net enerji talebini tahmin etmişlerdir. Tahmin çalışması için YSA ve çoklu doğrusal regresyon tekniklerini kullanmışlar ve YSA tekniğinin diğer tekniğe göre daha iyi performans sergilediği sonucuna ulaşmışlardır (Es vd., 2014). Günay (2016) çalışmasında, Türkiye'nin yıllık brüt elektrik talebini, çoklu doğrusal regresyon ve YSA ile tahmin etmiştir. 1975 – 2013 dönemlerine ait; nüfus, kişi başına GSYİH, enflasyon, işsizlik, ortalama yaz sıcaklığı ve ortalama kış sıcaklığı değişkenlerinin bulunduğu bir fonksiyon ile çalışılmıştır. Elde ettiği bulgular ile Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından açıklanan tahmin rakamlarından daha iyi sonuçlar vermiştir (Günay, 2016). Kirikkaleli vd. (2018) çalışmalarında, elektrik tüketimi, ekonomik büyüme ve internet talebi arasındaki ilişkiyi panel eşbütünlük, tam modifiye OLS, dinamik OLS ve Dumitrescu – Hurlin nedensellik sınaması uygulamışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, uzun vadede elektrik, internet talebi ve ekonomik büyüme arasında pozitif bir bağlantı ve nedensellik sonuçlarına göre ise, elektrik tüketimi ile internet talebi arasında geri besleme nedenselliğini ve ekonomik büyümeden elektrik tüketimine tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulgusuna ulaşmışlardır.

Geniş literatür taraması sonucunda, araştırmacılar, elektrik talebini etkileyen çeşitli değişkenleri modellere dahil ederek politika yapıcıların, kurumların projeksiyon oluşturmalarında değerlendirilebilmesi amacıyla farklı değişkenler ve farklı yöntemler ile katkı sunmuşlardır. Kuşkusuz, literatürde, elektrik talebini etkileyen içsel değişkenler incelendiğinde, ülkeye gelen turist sayısı değişkeninin çalışmaların hiçbirinde yer almamıştır. Bu değişkenin önemi ise, Türkiye'nin turizm ülkesi olması ve genellikle turistlerin yaz mevsiminde ülkeyi ziyaret etmeleridir. Literatürde değinildiği gibi yaz ve kış mevsimlerinin elektrik tüketiminde farklılıklara neden olması elektrik talep tahmin modelleri içerisinde yer alan önemli bir değişkendir. Dolayısıyla ülkeye gelen turist sayısı değişkeni hem mevsimsel göç nedeniyle nüfus artışına neden olması hem de yaz mevsiminde turist sayısının artması bu değişkenin elektrik talep tahmini çalışmalarında dikkate alınabileceği amacı bu çalışmada araştırılmıştır.

### 3. Yöntem

#### 3.1. Vektör Otoregresif Model (VAR)

İktisatçı Tinbergen ve Klein tarafından 1930 ve 1940'lı yıllarda geliştirilmeye başlayan ve 1950-1960 yıllarında geniş eşanlı denklemlerden oluşan makroekonometrik modellere dönüşen eşanlı denklem modelleri, birçok yönden Lucas (1976) ve Sims (1980) tarafından eleştirilmiştir. Yapısal eşanlı denklem modelleri olarak da tanımlanan bu modellere en yoğun eleştiri Lucas tarafından getirilmiştir. Lucas'a göre, yapısal denklem sistemindeki karar kuralları, doğru olsa dahi ekonomi politikaları değiştikçe aynı

kalmayacaktır. Bu eleştiri, eşanlı modellerin arkasında yatan paradigmanın çökmesine neden olmaktadır.

Sims 1980’de eşanlı denklem modellerinin<sup>3</sup> tanımlama/belirleme (identification) yöntemlerini eleştirmiş ve özellikle modeldeki bazı değişkenlerin dışsal olarak nitelendirilmesinin araştırmacının tercihlerine ya da bazı öngörülere de dayandırıldığını belirtmiştir. Sims, eşanlı denklem modellerinin tanımlanması için çok sayıda kısıtlamaya ihtiyaç olduğunu vurgulamıştır. Ayrıca modellerdeki denklemleri tanımlayabilmek için konulan kısıtlamaların çoğunun önsezilere ve tartışmalı teorilere dayandığını ifade etmiştir (Sims, 1980: 14).

VAR modeli, yapısal modellerdeki gibi bir değişkenin kendi geçmiş değerlerinden, gelecek değerleri tahmin edilebilecek serileri içeren çeşitli denklemleri kapsamaktadır. Bu yönü ile tek değişkenli otoregresif (AR) modelinin çok değişkenli biçimi olarak nitelendirilebilir (Tarı & Bozkurt, 2006: 5). VAR modelleri, yapısal model üzerinde herhangi bir kısıtlamaya gerek duymadan dinamik ilişkileri ortaya koyabilmektedir (Keating, 1990: 453-454). Ayrıca bu modellerde değişkenlerin gecikmeli yapıları modelde yer aldığı için, güçlü öngörü yapılmasına olanak sağlamaktadır (Kumar vd., 1995: 365).

$k = 3$  tane durağan değişkene ait  $p = 2$  gecikmeli bir VAR modeli aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$Y_t = a_{11}Y_{t-1} + a_{12}X_{t-1} + a_{13}Z_{t-1} + a_{14}Y_{t-2} + a_{15}X_{t-2} + a_{16}Z_{t-2} + u_{1t} \quad (1)$$

$$X_t = a_{21}Y_{t-1} + a_{22}X_{t-1} + a_{23}Z_{t-1} + a_{24}Y_{t-2} + a_{25}X_{t-2} + a_{26}Z_{t-2} + u_{2t} \quad (2)$$

$$Z_t = a_{31}Y_{t-1} + a_{32}X_{t-1} + a_{33}Z_{t-1} + a_{34}Y_{t-2} + a_{35}X_{t-2} + a_{36}Z_{t-2} + u_{3t} \quad (3)$$

VAR analizinde kullanılacak değişkenlerin öncelikle durağan olması gerekmektedir. Bunun için değişkenlerin deterministik özelliklerinin incelenmesi gerekebilir. Daha sonra VAR modelini kurmak için uygun gecikme uzunluğu belirlenmeye çalışılır. Uygun gecikme uzunluğunun belirlenmesinde AIC, SC, HQ ve FPE kriterleri kullanılabilir. İlgili kriterler, yüksek gecikmeden düşük gecikmeye doğru araştırılır ve kriterler arasından düşük olan tespit edilerek VAR modeli en küçük bilgi kriteri değerine göre oluşturulur. (Lütkepohl, 2005: 4; Tarı & Bozkurt, 2006: 7).

VAR modelinde, katsayıların yorumlanması oldukça güçtür. Çünkü modele dahil edilen değişkenler ve bu değişkenlerin gecikmeli değerlerinin modelde yer alması nedeniyle, elde edilen katsayı adedi fazlaşmaktadır. Bu nedenlerle, VAR analizinde katsayılar yorumlanmayıp, bunun yerine seriler arasındaki kısa dönem nedensellik ilişkisi, varyans ayrıştırması ve etki tepki fonksiyonunun grafikleri analiz edilip yorumlanmaktadır. Ancak bu analizlere geçmeden önce, uygun VAR modelinin belirlenmesi için bilgi kriterlerine göre gecikme uzunluğunun belirlenmesi gerekmektedir.

### 3.2. Nedensellik Analizi (Testi)

Ekonomi literatüründe, nedensellik kavramını ele alabilmek için iki büyük girişimde bulunulmuştur: Bunlardan birisi Cowles Komisyon<sup>4</sup> yaklaşımı (eşanlı denklem modeli yaklaşımı) iken, diğeri zaman serisi yaklaşımıdır. Zaman serisi yaklaşımının savunucuları ise nedensellik kavramını şekillendirmek için istatistiksel kriterler kullanmaktadırlar. Bu düşünceyi benimseyen en önemli temsilcilerinden biri de Clive W.J. Granger’dır.

<sup>3</sup> Eşanlı denklem modelleri, modellerin öngörü performansları 1970’li yıllarda meydana gelen petrol şokları sonrası önemi zayıflamıştır.

<sup>4</sup> Cowles Komisyonu, nedenselliği eşanlı denklem modelleri ile açıklamaya çalışır. Komisyon için nedensellik, eşanlı denklem modelleri ile ekonomik teori alanı altında nedensel ilişkileri belirli bir hiyerarşiye göre kümeler ve bu kümeleri, seviye I, II, III, ..., vb. içinde sınıflandırma olasılığı ile ele almaktadır. Bu sistemde, düşük sayılı kümelerdeki değişkenler, eğer birincisi tersi doğru olmadan ikincisini etkiliyorsa, daha yüksek sayılı kümelerdeki değişkenlere neden olduğu söylenir. Yani nedensellik, bazı değişkenler arasında veya aralarında “asimetrik bir ilişki” göstermektedir. (Bkz. Ando, A., F.M. Fisher, and H.A. Simon (1963), *Essays on the Structure of Social Science Models*, Cambridge: MIT Press, Aktaran: (Mamingi, 2005)).

Bu analizin altındaki temel düşünce, bir değişkenin cari dönemdeki değerini açıklarken, başka bir değişkenin gecikmeli değerlerinin bu değişkenin açıklanmasına katkısı varsa, değişkenler arasında nedensellik ilişkisinin varlığını gösterebilmektir (Granger, 1969). Diğer bir deyişle, bir zaman serisinin taşıdığı bilginin bir miktarı, başka bir zaman serisinin geçmiş değerlerinden etkileniyor veya geçmiş değerleri ile açıklanabiliyorsa, bu iki seri arasında nedensellik ilişkisi olduğu söylenebilir.

### 3.2.1. Toda Yamamoto Nedensellik Testi

Granger nedensellik testi için ilgili değişkenlere durağanlık testi yapıldıktan sonra eşbütünleşme ilişkisi araştırılmaktadır. Sonraki aşamada ise VAR analizi yardımı ile nedensellik ilişkileri incelenmektedir. Diğer bir deyişle, Granger nedensellik testi için ön testlere ihtiyaç vardır. Toda Yamamoto, bu ön testlerin yanıltıcı sonuçlar verebileceğini ve ayrıca bunun bir işlem yükü getirdiğini belirtmektedir. 1995 yılındaki çalışmasında ( $k + d_{max}$ ). dereceden bir VAR modeli oluşturulmasını önermiştir.  $X$  ve  $Y$  gibi iki değişken için Toda Yamamoto nedensellik sınamaları için aşağıdaki eşitliklerden yararlanılmaktadır (Toda ve Yamamoto, 1995):

$$Y_t = \delta + \sum_{i=1}^{k+d_{max}} \alpha_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^{k+d_{max}} \vartheta_i X_{t-i} + \varepsilon_{1t} \quad (4)$$

$$X_t = \delta + \sum_{i=1}^{k+d_{max}} \gamma_i X_{t-i} + \sum_{i=1}^{k+d_{max}} \theta_i Y_{t-i} + \varepsilon_{2t} \quad (5)$$

### 3.3. Varyans Ayırıştırması

Varyans ayırıştırması, öngörü ile ilişkili olan bir değişkenin  $s$  dönem öngörü hata varyansının ne kadarının diğer değişkenlere gelen şoklar ile açıklandığını göstermektedir (Özgen & Güloğlu, 2004: 98). Bu yöntemde, değişkenin öngörü hata varyansının hiçbir kısmı öngörü dönemi boyunca, diğer değişkenlere gelen şoklarla açıklanmıyorsa, o değişkene dışsal değişkendir denir. Diğer bir deyişle, değişkenin öngörü hata varyansı, diğer değişkenlerden gelen şoklar ile açıklanabiliyorsa bu değişkenin içsel olduğu söylenebilir (Enders, 2014: 302-303). Cholesky yöntemine dayalı olan bu analiz, etki tepki fonksiyonundan yararlanılarak hesaplanmaktadır.

## 4. Ampirik Bulgular

Vektör otoregresif (VAR) modeli uygulamasında, TCMB, TÜİK ve TEİAŞ'tan elde edilen veriler ışığında, 2007.01-2020.12 dönemine ilişkin elektrik talebini etkilediği literatür doğrultusunda ortaya konulan değişkenler olarak sırasıyla; sanayi üretim endeksi, tüketici fiyat endeksi, gelen turist sayısı, işsizlik değişkenleri kullanılmıştır. Bu çalışmayı diğer çalışmalardan özellikle farklı kılan değişken ise ülkeye gelen turist sayısıdır. Bu değişkenin elektrik talebinde önemli bir içsel değişken olup olmadığı VAR modeli ile incelenebilmektedir. Bu sayede hem değişkenlerin kısa dönem tahmini gerçekleştirilirken hem de hangi değişkenlerin içsel hangi değişkenin sistem içerisinde bulunmaması konusunda karar verme konusunda önemli model olması nedeni ile VAR modeli ile çalışılmıştır.

### 4.1. VAR Modelinde Kullanılan Değişkenlere İlişkin Birim Kök Testleri

Değişkenler birim kök testi ile incelenmeden önce, 5 değişken de hareketli ortalamalar yöntemi ile mevsimsellikten arındırılmıştır. Böylece; mevsimsellikte arındırılan elektrik talebi (TALEP), Tüketici fiyat endeksi (TUFİ), Turist sayısı (TUR), işsizlik (ISSİZ) ve sanayi üretim endeksi (SUE) değişkenlerine ilişkin verilere ADF (Augmented Dickey-Fuller), PP (Phillips-Perron) ve KPSS (Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin) birim kök testleri uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo-1'e aktarılmıştır.

**Tablo 1.** Düzey Birim Kök Testi Bulguları

Değişkenler	I (0)					
	Sabit			Sabit ve Trend		
	ADF	PP	KPSS	ADF	PP	KPSS
TALEP	-0.7440 (0.9463)	-1.0267 (0.7432)	3.3823	-4.1045*** (0.0076)	-5.8660*** (0.0000)	0.1728*
TUFE	-1.1782 (0.6832)	-2.301 (0.1729)	1.2640	-2.2698 (0.4475)	-2.9725 (0.1432)	0.3011
TUR	-1.0638 (0.7293)	-4.5501*** (0.0002)	0.2951***	-0.5570 (0.9798)	-4.6065* (0.0014)	0.2090*
ISSIZ	-2.3333 (0.1629)	-1.8656 (0.3479)	0.9983	-2.554 (0.3021)	-2.0819 (0.5517)	0.4063
SUE	-0.2613 (0.9265)	-1.3296 (0.6152)	3.2968	-3.3135*** (0.0679)	-7.7787*** (0.0000)	0.1640*
I (1)						
TALEP	-9.6135*** (0.0004)	-30.6393*** (0.0001)	0.0376***	-9.5846 (0.0036)	-30.5188*** (0.0001)	0.0252***
TUFE	-5.9142*** (0.0000)	-9.6631*** (0.0000)	0.0504***	-5.9202 (0.0000)	-9.6463*** (0.0000)	0.0256***
TUR	-6.3959*** (0.0000)	-25.3542*** (0.0000)	0.0247***	-6.6165 (0.0000)	-29.8073*** (0.0001)	0.0155***
ISSIZ	-4.2695*** (0.0007)	-7.1732*** (0.0000)	0.0621***	-4.2321*** (0.0051)	-7.1508*** (0.0000)	0.0630***
SUE	-3.6360*** (0.0061)	-35.1166*** (0.0001)	0.0432***	-3.6287** (0.0306)	-35.6843*** (0.0001)	0.0245***

**Not:** ADF ve PP birim kök testi için gecikme uzunluğu AIC kullanılmıştır ve parantez içindeki değerler olasılık değerleridir. Ayrıca \* işareti 0.10, \*\* işareti 0.05 ve \*\*\* işareti ise 0.01 anlamlılık düzeylerini göstermektedir. KPSS birim kök testi için Bartlett kernel fonksiyonu ile band genişliği otomatik hesaplanmıştır. KPSS testinde sabit model için kritik değerler 0.01 için 0.739, 0.05 için 0.463 ve 0.10 için 0.347; trendli ve sabit model için kritik değerler ise 0.01 için 0.216, 0.05 için 0.146 ve 0.10 için 0.119'dur.

Tablo 1'in üst panelinde, değişkenlerin düzey değerleri için gerçekleştirilen birim kök test sonuçları bulunmaktadır. Buna göre sabit model ile birim kök testi ile incelenen değişkenlerden TUR değişkeni dışındaki tüm değişkenlerin durağan yapıda değillerdir. Ne var ki TUR değişkeni PP ve KPSS birim kök testi bulgularına göre 0.10 anlamlılık düzeyinde durağan olduğu söylenebilir. Benzer şekilde sabit ve trendli modelde ise TALEP değişkeni 0.01 anlamlılık düzeyinde durağan iken aynı değişken KPSS testine göre 0.10 anlamlılık düzeyinde birim kök varlığı bulunmadığını göstermektedir. Benzer şekilde SUE değişkeni, ADF ve PP birim kök testi sonucuna 0.01 anlamlılık düzeyinde durağan iken KPSS birim kök testi sonucuna göre ise 0.10 anlamlılık düzeyinde durağandır. Bu değişkenler dışındaki tüm değişkenler ve tüm model türlerine göre incelenen birim kök testleri sonucuna göre birim kök varlığı bulunmaktadır.

Tablo 1'in alt panelinde ise, çalışmada incelenen değişkenlerin farklı birim kök testlerine göre farklı modellerde ve farklı anlamlılık düzeylerinde birim kök varlığının olması nedeniyle değişkenlerin birinci farklarının alındığı sonuçlar bulunmaktadır. Bu sonuçlara göre ise değişkenlerin tamamının birinci farkları alındığında birim kök varlığının ortadan kalktığı gözlemlenmektedir. Ancak, SUE değişkeninin 0.01 anlamlılık düzeyinde birim kök varlığının devam ettiği gözlemlenmektedir.

#### 4.2. VAR Modelinin Uygun Gecikme Uzunluğunun Belirlenmesi

VAR modeli oluşturulmadan önce, yukarıda da değinildiği gibi, modelin hangi gecikme genişliğinde (gecikme sayısı, p) olduğunun belirlenmesi gerekmektedir.

Mevsimsellikten arındırılmış ( $\_sa$ ) 5 değişkenin ikisinin değerinin büyük olması nedeniyle logaritmaları alınmış ve VAR modeli olarak  $\ln$ TALEP $\_sa$ , TUFESa, SUESa,  $\ln$ TURsa ve ISSIZsa değişkenleri grup olarak seçilmiştir. Daha sonra, bu değişkenlerin birinci dereceden farklarının durağan olmaları nedeniyle, endojen değişkenler olarak her bir değişkenin birinci farkları modele dahil edilmek üzere,  $d(\ln$ TALEP $\_sa)$ ,  $d(\ln$ TUFESa),  $d(\ln$ SUESa),  $d(\ln$ TURsa) ve  $d(\ln$ ISSIZsa) seçilmiştir. Ayrıca, sanayi üretim endeksinin (SUE) %1 hata düzeyinde birim kök etkisi devam etmektedir. VAR modeline c sabitinin yanına ekzojen değişken olarak trend değişkeni (@TREND) de eklenmiş ve VAR modeli tahmin edilmiştir.

**Tablo 2.** Uygun Gecikme Uzunluğunun Belirlenmesi

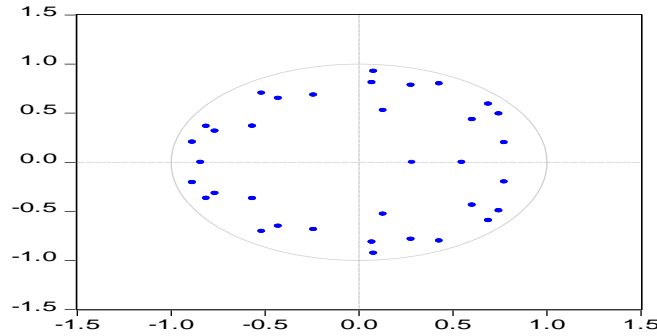
Gecikme	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	-703.2546	NA	0.006076	9.086045	9.280711	9.165106
1	-584.3872	227.135	0.001838	7.890283	8.571612*	8.166995
2	-527.6246	104.8482	0.001228	7.485663	8.653655	7.960026*
3	-499.3069	50.50285	0.001181	7.443400	9.098055	8.115414
4	-472.6185	45.89723	0.001161	7.421892	9.563211	8.291556
5	-440.6898	52.87554	0.001072	7.333628	9.96161	8.400944
6	-410.6271	47.87056	0.001017	7.269135	10.38378	8.534102
7	-370.8979	60.73256*	0.000856*	7.081502*	10.68281	8.544120
8	-352.4893	26.96800	0.000952	7.165469	11.25344	8.825738
9	-327.6722	34.77561	0.000981	7.167798	11.74243	9.025718
10	-302.4803	33.69606	0.001014	7.165355	12.22665	9.220926

**Not:** LR: Olabilirlik Oranı, FPE: Son Öngörü Hatası, AIC: Akaike Bilgi Kriteri, SC: Schwarz Kriteri, HQ: Hannan-Quinn Kriteri;

\* ile belirtilen değerler bu bilgi kriterlerine göre en küçük değere sahip olan değerlerdir.

Tablo-2'deki bulgular incelendiğinde, tahmin edilen VAR modeline göre gecikme genişliğinin 7 olduğu, LR, FPE ve AIC kriterlerine göre belirlenmiştir. Diğer bir deyişle, dikkate alınan 5 değişken ile oluşturulan VAR modeli için en küçük bilgi kriteri değerine sahip AIC(7) olarak hesaplanmıştır. Buna göre elde edilen her üç bilgi kriterinin benzer gecikme uzunluğunda en küçük değere ulaşması nedeniyle VAR modeli 7 gecikme uzunluğu dikkate alınarak oluşturulmuştur.

İyi bir VAR modelinin bazı koşulları yerine getirmesi gerekmektedir. Bu nedenle, uygun gecikme değerine göre oluşturulan VAR modeli için AR karakteristik polinomun ters kökleri ile durağanlığı incelenmiş ve sonuçlar Şekil-1'e aktarılmıştır.

**Şekil 1.** AR Karakteristik Köklerin Birim Çember Konumları

Şekil-1'de görüldüğü üzere, karakteristik köklerin tamamı birim çember içerisinde yer almaktadır. Dolayısıyla, köklerin tamamı mutlak değerce 1'den küçük değerdedirler. Bu sonuç, modelin birim kök içermediğini, diğer bir deyişle, modelin istikrarlı olduğunu göstermektedir. Ayrıca, oluşturulan VAR modeline ilişkin otokorelasyon sorununun olmadığı ve White değişen varyans testi sonucuna göre ise sabit varyans boş hipotezi reddedilememektedir. Ayrıca, LNTALEPSA için oluşturulan VAR modelinin 0.01 anlamlılık düzeyinde normal dağılım varsayımını sağladığı Tablo 3'te gösterilmektedir.

**Tablo 3.** VAR (7) Modeline İlişkin Diagnostik Testler

Yokluk Hipotezi: h gecikmesinde otokorelasyon yok						
Lag	LRE* stat	df	Prob.	Rao F-stat	df	Prob.
1	20.79435	25	0.704	0.829461	(25, 425.0)	0.7043
2	25.54959	25	0.4319	1.024757	(25, 425.0)	0.4323
3	26.45933	25	0.3834	1.062363	(25, 425.0)	0.3838
4	23.15801	25	0.5683	0.92627	(25, 425.0)	0.5687
VAR Hataların Heteroskedasticity Testi						
Chi-sq	df	Prob.				
1027.468	1080	0.8718				
Component	Jarque-Bera	df	Prob.			
LNTALEPSA	7.03117	2	0.0297			



### 4.3. Nedensellik Analizi Bulguları

Tablo 1'deki bulgular dikkate alındığında SUE değişkeninin birinci farkı alındığında 0.01 anlamlılık düzeyinde birim kök varlığının devam etmesi sebebi ile değişkenler arasındaki nedensellik çalışması için TY tercih edilmiştir. Başlık 3.2.1. de belirtildiği gibi değişkenlerin bütünleşme derecelerinin farklılık gösterdiği durumlarda TY ile değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi incelenebilmektedir. Çalışmanın konusunun elektrik talebi ile ilgili olması nedeniyle, TY nedensellik sonuçları sadece elektrik talebi değişkeni ile diğer 4 değişken arasındaki ilişkiler araştırılmış ve elde edilen bulgular Tablo 4'e aktarılmıştır. Diğer bir deyişle, elektrik talebi değişkeni dışındaki diğer değişkenlerin birbirleri ile olan nedensel ilişkileri için yorumlarına yer verilmemiştir.

**Tablo 4.** Toda Yamamoto Nedensellik Testi Bulguları

A. Bağımlı Değişken: D(LNTALEPSA)				B. Bağımlı Değişken: D(TUFESA)			
Değişken	Chi-sq	df	Prob.	Değişken	Chi-sq	df	Prob.
D(TUFESA)	10.37349	7	0.1684	D(LNTALEPSA)	6.523758	7	0.4801
D(SUESA)	18.55034	7	<b>0.0097***</b>	D(SUESA)	3.641739	7	0.8200
D(LNTURSA)	27.09852	7	<b>0.0003***</b>	D(LNTURSA)	4.572870	7	0.7119
D(ISSIZSA)	36.09063	7	<b>0.0000***</b>	D(ISSIZSA)	3.903533	7	0.7908
C. Bağımlı Değişken: D(SUESA)				D. Bağımlı Değişken: D(LNTURSA)			
Değişken	Chi-sq	df	Prob.	Değişken	Chi-sq	df	Prob.
D(LNTALEPSA)	12.46387	7	<b>0.0863*</b>	D(LNTALEPSA)	8.051014	7	0.3281
D(TUFESA)	24.99363	7	0.0008***	D(TUFESA)	35.33355	7	0.0000***
D(LNTURSA)	53.43413	7	0.0000***	D(SUESA)	14.68793	7	0.0402**
D(ISSIZSA)	54.83097	7	0.0000***	D(ISSIZSA)	5.193677	7	0.6363
E. Bağımlı Değişken: D(ISSIZSA)							
Değişken	Chi-sq	df	Prob.				
D(LNTALEPSA)	19.16158	7	<b>0.0077***</b>				
D(TUFESA)	10.54400	7	0.1598				
D(SUESA)	25.42266	7	0.0006***				
D(LNTURSA)	18.54124	7	0.0098***				

**Not:** \* işareti 0.10, \*\* işareti 0.05 ve \*\*\* işareti ise 0.01 anlamlılık düzeylerini göstermektedir

Elde edilen TY nedensellik test bulgularına göre, A panelinde SUESA (prop=0.0097), TURSA (prob=0.0003) ve ISSIZSA (prob=0.0000) olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla, bu değişkenlerden TALEPSA değişkenine doğru %5 anlamlılık düzeyinde TY nedensellik ilişkisi bulgusuna ulaşılmıştır. B ve D panellerinde TALPSA değişkeninden TUFESA'ya ve LNTURSA'ya doğru TY nedensellik ilişkisi istatistiksel olarak %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerinde bulunamamıştır. Ancak C panelinde TALEPSA değişkeninden SUESA'ya %10 anlamlılık düzeyinde ve E panelinde TALESA değişkeninden ISSIZSA değişkenine %1 anlamlılık düzeyinde TY nedensellik ilişkisi olduğu sonucuna varılmıştır.

### 4.4. Varyans Ayrıştırması Bulguları

Varyans ayrıştırması, sistemin dinamik yapısı hakkında bilgi sunmaktadır. Bu analizin amacı, her bir rassal şokun, gelecek dönemler için öngörünün hata varyansına olan etkisini göstermektir (Özgen & Güloğlu, 2004: 98).

VAR (7) modeli üzerinde varyans ayrıştırması uygulaması yapılmış ve elde edilen bulgular Tablo 5, 6, 7, 8, 9'a aktarılmıştır. Ancak varyans ayrıştırması ile ilgili bulgular yorumlanırken LNTALEPSA değişkeni dikkate alınarak yorumlanmıştır. Dolayısıyla tablolarda bulunan diğer değişkenlerin varyans ayrıştırması bulguları okuyucunun bilgisine sunulmuştur.

**Tablo 5.** Elektrik Talebi Değişkenine İlişkin Bulgular

Dönem	D(LNTALEPSA)	D(TUFESA)	D(SUESA)	D(LNTURSA)	D(ISSIZSA)
1	100.0000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
2	77.15723	0.052865	1.352538	6.247240	15.19013
3	65.40612	0.369114	2.500572	10.25311	21.47108
4	62.41704	0.354281	4.174059	9.724233	23.33039
5	59.94908	0.562019	4.027246	9.635584	25.82607
6	58.16090	0.890493	3.907525	11.20252	25.83856
7	57.71660	1.144823	3.895832	11.50307	25.73967
8	55.92987	3.609878	3.749839	11.32958	25.38084
9	56.15464	3.575860	3.864397	11.26575	25.13935
10	55.18292	3.507120	3.989211	12.58297	24.73778

Tablo 5'te elektrik talebi değişkeninin varyansındaki değişime ilişkin ayrıştırma bulgular yüzde cinsinden yer almaktadır. Elektrik talebi değişkenine ilişkin birinci dönem değerlerinin tamamı (%100) kendisi tarafından açıklandığı gözlemlenirken, diğer değişkenler bu dönemde elektrik talebini açıklamada herhangi bir etkisi olmamıştır. Ne var ki, ikinci dönem itibari ile elektrik talebinin varyansındaki değişimin %15.19'u işsizlik değişkeni tarafından açıklanmaktadır. Benzer dönemde elektrik talebini etkileyen bir diğer değişken ise ülkeye gelen turist sayısı (%6.25) olarak gözlemlenmiştir. Diğer değişkenler bu dönemde etkileri çok az olmaktadır. Ele alınan 10 dönem boyunca elektrik talebi değişkeninin kendisi tarafından açıklanma ortalaması %64.81 olarak Excel'de hesaplanmıştır. Aynı mantıkla, diğer 4 değişkenin 10 dönem ortalamaları da hesaplanmıştır. Böylece, modeli oluşturan diğer değişkenler ise sırasıyla, işsizlik değişkeni ortalama %21.27, ülkeye gelen turist sayısı ortalama %9.37, sanayi üretim endeksi ortalama %3.15 ve tüketici fiyat endeksi ise ortalama %1.41 düzeyinde elektrik talebinin varyansındaki değişimleri açıklamaktadırlar. Elde edilen bu bulgu Toda Yamamoto nedensellik sonuçlarıyla da paralellik göstermektedir.

**Tablo 6.** Tüketici Fiyat Endeksi Değişkenine İlişkin Bulgular

Dönem	D(LNTALEPSA)	D(TUFESA)	D(SUESA)	D(LNTURSA)	D(ISSIZSA)
1	1.482479	98.51752	0.000000	0.000000	0.000000
2	3.141389	94.54940	2.159804	0.013709	0.135694
3	4.563199	90.60685	2.953804	1.006168	0.869983
4	5.070562	87.92075	3.630589	1.020241	2.357855
5	5.071525	87.67257	3.705589	1.143360	2.406959
6	5.416290	87.02556	3.638755	1.430267	2.489128
7	5.545193	86.90369	3.634237	1.430216	2.486662
8	5.553970	85.18634	3.717316	2.222475	3.319896
9	5.677394	84.27565	3.993104	2.738521	3.315327
10	6.267429	83.60373	4.139909	2.713785	3.275148

Tüketici fiyat endeksinin varyansının ilk dönemde %98.52'i kendisi tarafından açıklanmaktadır. Aynı dönemde çok az bir miktar %1.48'lik kısmı elektrik talebi değişkeni tarafından açıklanmaktadır ve bu dönemde diğer değişkenlerin tüketici fiyat endeksinin varyansında herhangi bir oranda değişime neden olmadığı gözlemlenmiştir. Ancak ele alınan dönemler incelendiğinde elektrik talebi değişkeni ortalama %4.78'i tüketici fiyat endeksinin varyansındaki değişime neden olurken özellikle son dönemlerde bu oran ortalama (son iki dönem) %6.26 düzeyine kadar çıkabilmektedir. Bu doğrultuda benzer sonuçlar incelendiğinde ülkeye gelen turist sayısı ilk dönemlerde fazla bir etkisi olmamasına rağmen son dönemlerde bu düzey %2.71 ile %2.74 aralığında, açıklayabilmektedir. Ancak dönemler ortalamalar boyutu ile incelendiğinde sırasıyla oranlar, %1.97'si ülkeye gelen turist sayısı ile %3.15'i sanayi üretim endeksi ile %2.06'sı ise işsizlik ile açıklanmaktadır. Elde edilen bu bulgular, Toda Yamamoto nedensellik sonuçlarıyla da benzerlik göstermektedir.

**Tablo 7.** Sanayi Üretim Endeksine İlişkin Bulgular

Dönem	D(LNTALEPSA)	D(TUFESA)	D(SUESA)	D(LNTURSA)	D(ISSIZSA)
1	42.73744	0.314321	56.94824	0.000000	0.000000
2	25.77266	0.520019	46.39592	10.45460	16.85680
3	19.53272	1.187296	38.05717	21.22580	19.99701
4	18.74158	1.392137	38.96959	20.70030	20.19639
5	18.59986	1.599273	37.84296	20.66854	21.28936
6	18.62425	1.668392	37.70857	20.92597	21.07282
7	18.73307	1.671164	37.55473	20.98805	21.05299
8	17.98474	6.413263	35.18291	20.61733	19.80175
9	17.93551	6.382036	35.14961	20.80937	19.72347
10	17.59139	6.493906	34.54601	22.30796	19.06073

Sanayi üretim endeksine ilişkin varyans ayrıştırmasına göre, birinci dönemde sanayi üretim endeksi değişkeninin %56.94'ü kendi geçmiş değerinden etkilenirken bu durum elektrik talebi değişkeninin, sanayi üretim endeksinin varyansındaki değişimin %42.73'lük kısmını açıklamaktadır. Bu dönemde modelde kullanılan diğer değişkenlerden sadece tüketici fiyat endeksinde çok küçük bir miktar (yaklaşık %0.10) sanayi üretim endeksinin varyansındaki değişimi açıklayabilmektedir. Ele alınan 10 aylık dönemler incelendiğinde, sanayi üretim endeksi değişkeni kendi değerlerinden ortalama %39.84'lük kısmı tarafından açıklanabilmektedir. Buna karşın, elektrik talebi değişkeni, sanayi üretim endeksinin varyansındaki değişimlerin %21.63'ünü açıklayabilmektedir. Bu oran aynı zamanda modelde kullanılan diğer değişkenlere kıyasla en yüksek açıklama düzeyine sahiptir. Modelde kullanılan diğer değişkenlerden; ülkeye gelen turist sayısı, sanayi üretim endeksi değişkeninin %17.57'sini açıklamaktadır. Modeldeki bir diğer yüksek açıklama düzeyine sahip değişken işsizlik değişkenidir. Bu değişkenin, sanayi üretimi endeksinin varyansındaki değişimlerin %17.87'sini açıklayabilmektedir. Tüketici fiyat endeksi değişkenlerinin, sanayi üretim endeksinin açıklama düzeyleri ele alınan 10 aylık dönem boyunca ortalama %2.76 düzeyindedir.

**Tablo 8.** Ülkeye Gelen Turist Sayısı Değişkenine İlişkin Bulgular

Dönem	D(LNTALEPSA)	D(TUFESA)	D(SUESA)	D(LNTURSA)	D(ISSIZSA)
1	17.05754	0.000000	12.58506	70.35740	0.000000
2	17.53125	0.217679	12.46946	67.86109	1.920516
3	16.46285	0.226726	12.92287	68.56287	1.824684
4	17.10992	0.151016	12.19062	68.33234	2.216111
5	16.69336	1.833818	11.95835	66.82586	2.688615
6	17.24795	2.387755	11.65732	66.05691	2.650054
7	16.88144	2.378053	13.00704	64.71105	3.022423
8	14.86866	15.11847	11.27496	55.33646	3.401448
9	14.88261	16.87682	10.93796	53.45155	3.851068
10	15.25166	16.26412	11.09260	53.60013	3.791496

Ülkeye gelen turist sayısına ilişkin varyans ayrıştırması sonucuna göre, birinci dönem %70.35'lik kısmı kendi gecikmeli değeri tarafından açıklanırken aynı dönemde elektrik talebi değişkeni ise %17.06'lık kısmını açıklamaktadır, başka bir deyişle TALEP değişkeni, ülkeye gelen turist sayısına ilişkin değişkenin varyansındaki değişime neden olmaktadır. Benzer dönemde dikkate değer bir oran ise %10.58'lik oran ile sanayi üretim endeksi değişkeni tarafından açıklanmasıdır. Ele alınan diğer değişkenler, gelen turist sayısı değişkeninin varyansındaki değişmeye etkisi çok yüksek değildir. Elektrik talebi değişkeni, ele alınan dönemlerde ise ortalama %16.40'lık kısmını açıklayabilmektedir. Modelde bulunan diğer değişkenler, ele alınan 10 aylık dönemde ortalama sırasıyla %12.00 ile sanayi üretim endeksi, %2.54 ile işsizlik, %5.55 ile tüketici fiyat endeksi değişkenleri olmuştur. Elde edilen bu bulgular, Toda Yamamoto nedensellik sonuçlarıyla da benzerlik göstermektedir.

**Tablo 9.** İşsizlik Değişkenine İlişkin Bulgular

Dönem	D(LNTALEPSA)	D(TUFESA)	D(SUESA)	D(LNTURSA)	D(ISSIZSA)
1	0.513303	0.392408	4.627153	0.240305	94.22683
2	3.411008	0.297189	13.74657	0.713939	81.83129
3	8.079250	1.720913	12.74794	0.610979	76.84092
4	10.57218	3.065846	11.42644	5.509041	69.42649
5	12.75152	6.876812	10.29724	7.637677	62.43675
6	12.94391	8.794183	9.690704	9.186048	59.38515
7	14.41260	10.03440	9.668000	8.862674	57.02232
8	14.61127	10.49724	9.782656	9.049140	56.05970
9	14.75193	10.40810	10.29769	9.019270	55.52302
10	16.04722	10.86966	10.00249	9.246204	53.83442

İşsizlik değişkenine ilişkin varyans ayrıştırması sonuçlarına göre, ilgili değişkenin ilk dönemde %94.22'si kendisi tarafından açıklanmaktadır. Aynı dönemde sanayi üretim endeksi değişkeni, işsizlik değişkeninin varyansındaki değişimin %0.51'ini açıklayabilmektedir. Modeldeki diğer değişkenler ise toplam %1.75'ini açıklayabilmektedir. İşsizlik değişkeninin varyansının kendi geçmiş değerleri tarafından açıklanma düzeyi dördüncü dönemden itibaren %69 düzeylerine inerken dönem sonunda %53.83 seviyelerine ulaşmış ve dönem boyunca ortalama %66.66 olmuştur. TALEP değişkeni, dördüncü dönemden (%10.57) itibaren, işsizlik değişkeninin varyansındaki değişimlerin açıklama düzeyi artarak son dönemde %16.04'e kadar çıkmıştır. Buna karşın, elektrik talebi değişkeni, ülkeye gelen turist sayısına ilişkin değişkeni ve tüketici fiyat endeksi değişkenleri toplam değişimin ele alınan dönemler ortalamasına göre %8.33 seviyesinde, işsizlik değişkeninin varyansındaki değişimi açıklayabilmektedir. Elde edilen bu bulgular Toda Yamamoto nedensellik sonuçlarıyla da benzerlik göstermektedir.

## 5. Sonuç

Elektrik; nüfus artışı, sanayileşme ve teknolojik gelişmeler ile birlikte, doğada varlığının keşfi ve gündelik yaşamda elverişli kullanımının icadına ek olarak, sürdürülebilir hayatın vazgeçilmez unsurudur. Elektrik, aynı zamanda ekonomik ve sosyal hayatın önemli bir parçası olurken, yaşam kalitesinin artırılmasında önemli bir bileşen ve ülkelerin gelişmişlik düzeylerinin büyük bir paydaşı olan ikincil enerji kaynağı olarak stratejik öneme sahiptir.

Elektrik talep tahmini konusunda yapılan çalışmalar gerek çok komplike yapılar gerekse çok daha kolay yöntemler olsun, kısa dönemde (saat, gün ve hafta) benzer çıktıları üretecektir. Uzun dönemli (yıllık) tahminler ise gerçeğe yakın sonuçlar üretmeyebilir. Bunun nedeni, uzun dönemli tahminlerde kullanılan değişkenlerin parametrelerinde yıldan yıla farklılıklar olabilir. Bu duruma en güncel örnek ise 2020 yılında meydana gelen COVID-19 pandemisi gösterilebilir. Orta dönemli (aylık, çeyrek yıllık) çalışmalar ise, yukarıda sayılan durumlara nazaran daha sağlıklı sonuçlar vermektedir. Ancak orta dönemli tahminlerin ise arz yetersizliği ve olası elektrik ithalatında yaşanabilecek aksaklık durumunda, yatırımların yapılması için yeterli zamanı sağlamayabilir.

Çalışmadan elde edilen ampirik bulgular ise şu şekilde özetlenebilir: Çalışmanın uygulama modeli olarak VAR modeli ile çalışılmıştır. Bu model ile çalışılmasının temel amaçlarından biri de elektrik talebini etkileyen içsel değişkenleri belirleyebilmektir. Literatür doğrultusunda belirlenen değişkenlerin yanında, Türkiye'ye gelen turist sayısı değişkeni de analize dahil edilmiştir. Bu değişkenin modele dahil edilmesinin temel nedeni, mevsimsel göçü temsil etmesidir. Dolayısıyla, ele alınan değişkenler ile yapılan varyans ayrıştırması sonucunda, elektrik talep değişkeninin varyansındaki değişimlerin, ortalama %9.37'sinin ülkeye gelen turist sayısı tarafından açıklandığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde VAR modelinde çalışılan bir diğer önemli değişken ise işsizlik değişkenidir. Varyans ayrıştırması analizi sonucunda, elektrik talebinin varyansındaki değişimlerin ortalama %21.27'sini açıkladığı bulunmuştur. Benzer şekilde, işsizlik değişkeninin varyansındaki değişimlerin ortalama %10.80'inin elektrik talep değişkeni tarafından açıklandığı belirlenmiştir. Çalışmadaki bir diğer değişken ise sanayi üretim endeksidir. Bu değişkenin varyans ayrıştırması sonucuna göre, sanayi üretim endeksinin varyansındaki değişimlerin ortalama %39.84'ünün kendisi tarafından açıklandığı, elektrik talep

değişkeninin ise, sanayi üretim endeksinin varyansındaki değişimlerin ortalama %21.63'ünü açıkladığı bulunmuştur.

Çalışmada kullanılan değişkenler, düzey değerlerinde durağan olmadıkları için birinci farkları alınarak durağan hale getirilmiştir. Ancak sanayi üretim endeksi değişkeni birinci farkı alınmasına rağmen %1 anlamlılık düzeyinde durağan dışı bir yapı sergilemiştir. Bu nedenle, VAR modeli için uygun gecikme düzeyi belirlendikten sonra, aynı dereceden bütünleşik yapı gerektiren Granger nedensellik testi yerine, en yüksek ( $d_{max}$ ) bütünleşme derecesi ile nedensellik testine yapılabilmesine imkân sunan Toda Yamamoto nedensellik testi ile incelenmiştir. Toda Yamamoto nedensellik testi sonuçlarına göre ise, elektrik talep değişkeni ile işsizlik değişkeni arasında çift yönlü nedensellik varlığı elde edilirken sanayi üretim endeksinden ve ülkeye gelen turist sayısından talep değişkenine tek yönlü nedensellik tespit edilmiştir. Dolayısıyla bu değişkenlerin elektrik talep değişkenin cari dönem değerlerinin işsizlik, sanayi üretim endeksi ve ülkeye gelen turist sayısı değişkenlerinin ayrı ayrı gecikmeli değerlerinde bilgiler barındırdığını göstermektedir. Bu durum ise elektrik talep tahmini için önemli bir içsel değişkenler olduklarını göstermektedir.

Diğer taraftan, VAR modelinde kullanılan bir diğer değişken ise tüketici fiyat endeksi değişkenidir. Bu değişken, VAR modeli ile yapılan diğer test ve analizler sonucunda, elektrik talebi ile ilişkisi çok sınırlı kalmıştır. Bu durum ise TUFEE'nin elektrik talep tahmini için dikkate alınacak bir değişken olmamasıdır. Başka bir anlatımla, fiyatlar genel seviyesindeki değişimlerin, elektrik talebi üzerinde herhangi bir etkiye neden olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Ayrıca kısa, orta ve uzun dönemli elektrik tahmin çalışmaları, ekonomik büyüme ve ülkelerin kalkınması için önem arz etmektedir. Nitekim, günlük hayatın önemli bir parçası olan elektrik, kıt bir kaynaktır. Ekonomi teorisi ise kıt kaynakların en iyi kullanımına, diğer bir deyişle, ekonomik verimliliğe dayanmaktadır. Ülkelerin gelişmişlik düzeyine ulaşabilmeleri için özellikle gelişmekte olan ülkelerin, elektrik arz-talep dengelerini korumaları kuşkusuz bu dengeyi sağlayabilmek adına elektrik talep tahmin çalışmalarının doğruya yakın olması ve tahmin çalışmalarının sürekliliği ile elde edilebilir. Aynı zamanda tahmin sonuçlarının, sapmasız ve tutarlı olabilmesi için sabit içsel değişkenler yerine, farklı değişkenlerin çalışma modellerine eklenerek, etkilerine ve etkilerinin büyüklüğü dikkate alınarak elektrik talebi projeksiyonlarının ve enerji yatırımlarının karar verilmesinde önem arz edeceği düşünülmektedir.

### Kaynakça

- Abual-Foul, B. M. (2012). Forecasting energy demand in Jordan using artificial neural networks. *Topics in Middle Eastern and African Economies*, 14(September), 473-478.
- Baltaş, M. E., & Akbay, C. (2021). Akdeniz elektrik dağıtım bölgesi (Antalya-Isparta-Burdur) elektrik tüketim talep tahmini. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 19(2), 222-238.
- Çunkaş, M., & Altun, A. A. (2010). Long term electricity demand forecasting in Turkey using artificial neural networks. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning and Policy*, 5(3), 279-289. doi: 10.1080/15567240802533542
- Ediger, V. Ş., & Tatlıdil, H. (2002). Forecasting the primary energy demand in Turkey and analysis of cyclic patterns. *Energy Conversion and Management*, 43(4), 473-487. doi: 10.1016/S0196-8904(01)00033-4
- Ekonomou, L. (2010). Greek long-term energy consumption prediction using artificial neural networks. *Energy*, 35(2), 512-517. doi: 10.1016/j.energy.2009.10.018
- Enders, W. (2014). Applied econometric time series. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951-952. (4th ed.). Wiley.
- Es, H. A., Kalender, F. Y., & Hamzaçebi, C. (2014). Yapay sinir ağları ile Türkiye net enerji talep tahmini. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 29(3), 495-504. doi: 10.17341/gummfd.41725

- Granger, C. W. J. (1969). Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. *Essays in Econometrics Vol II: Collected Papers of Clive W. J. Granger*, 37(3), 31-47. doi: 10.1017/ccol052179207x.002
- Günay, M. E. (2016). Forecasting annual gross electricity demand by artificial neural networks using predicted values of socio-economic indicators and climatic conditions: Case of Turkey. *Energy Policy*, 90, 92-101. doi: 10.1016/j.enpol.2015.12.019
- Guta, F., Damte, A., & Rede, T. F. (2015). The residential demand for electricity in Ethiopia. *Environment for Development Initiative*, April, 38.
- Halicioğlu, F. (2007). Residential electricity demand dynamics in Turkey. *Energy Economics*, 29(2), 199-210. doi: 10.1016/j.eneco.2006.11.007
- Hamzaçebi, C. (2007). Forecasting of Turkey's net electricity energy consumption on sectoral bases. *Energy Policy*, 35(3), 2009-2016. doi: 10.1016/j.enpol.2006.03.014
- Hasanov, F. J., Hunt, L. C., & Mikayilov, C. I. (2016). Modeling and forecasting electricity demand in Azerbaijan using cointegration techniques. *Energies*, 9(12), 1-31. doi: 10.3390/en9121045
- Kandanand, K. (2011). Forecasting electricity demand in Thailand with an artificial neural network approach. *Energies*, 4(8), 1246-1257. doi: 10.3390/en4081246
- Kavaklıoğlu, K., Ceylan, H., Oztürk, H. K., & Canyurt, O. E. (2009). Modeling and prediction of Turkey's electricity consumption using artificial neural networks. *Energy Conversion and Management*, 50(11), 2719-2727. doi: 10.1016/j.enconman.2009.06.016
- Keating, J. W. (1990). Identifying VAR models under rational expectations. *Journal of Monetary Economics*, 25(3), 453-476. doi: 10.1016/0304-3932(90)90063-A
- Kirikaleli, D., Sokri, A., Candemir, M., & Ertugrul, H. M. (2018). Panel cointegration: Long-run relationship between internet, electricity consumption and economic growth. Evidence from OECD countries. *Investigacion Economica*, 77(303), 161-176. doi: 10.22201/fe.01851667p.2018.303.64158
- Kocaman, B. (2012). Elektronik sayaç kullanımında tarife seçiminin önemi. *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 1(1), 59-65.
- Kumar, V., Leone, R. P., & Gaskins, J. N. (1995). Aggregate and disaggregate sector forecasting using consumer confidence measures. *International Journal of Forecasting*, 11(3), 361-377. doi: 10.1016/0169-2070(95)00594-2
- Lütkepohl, H. (2005). *New introduction to multiple time series analysis*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Mamingi, N. (2005). *Theoretical and empirical exercises in econometrics*.
- Özgen, F. B., & Güloğlu, B. (2004). Türkiye'de iç borçların iktisadî etkilerinin VAR tekniğiyle analizi. *ODTÜ Gelişme Dergisi*, 31, 93-114.
- Sims, C. A. (1980). Macroeconomics and Reality. *Econometrica*, 48(1), 1. doi: 10.2307/1912017
- Sözen, A., & Arcaklıoğlu, E. (2007). Prediction of net energy consumption based on economic indicators (GNP and GDP) in Turkey. *Energy Policy*, 35(10), 4981-4992. doi: 10.1016/j.enpol.2007.04.029
- Tarı, P. D. R., & Bozkurt, Y. D. D. H. (2006). Türkiye'de istikrarsız büyümenin VAR modelleri ile analizi (1991.1-2004.3). *Ekonometri ve İstatistik E-Dergisi*, 4, 12-28.
- Taylor, J. W., de Menezes, L. M., & McSharry, P. E. (2006). A comparison of univariate methods for forecasting electricity demand up to a day ahead. *International Journal of Forecasting*, 22(1), 1-16. doi: 10.1016/j.ijforecast.2005.06.006

- Tezikci, S. (2005). *Türkiye’de enerji sektörü ve elektrik enerjisi talep projeksiyonu (Kaynaklar-Politikalar)*. İstanbul Üniversitesi.
- Toda, H. Y., & Yamamoto, T. (1995). Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. *Journal of Econometrics*, 66(1-2), 225-250. doi: 10.1016/0304-4076(94)01616-8
- Wahid, F., Ullah, H., Ali, S., Jan, S. A., Ali, A., Khan, A., Khan, I. A., & Bibi, M. (2021). The determinants and forecasting of electricity consumption in Pakistan. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 11(1), 241-248. doi: 10.32479/ijeep.10646
- Yang, L., & Pang, J. (2021). Analysis and research on forecasting electricity demand based on ARMA and VAR model. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 804(4). doi: 10.1088/1755-1315/804/4/042008
- Zivanovic, R. (2002). Nonparametric trend model for short term electricity demand forecasting. *IEE Conference Publication*, 488, 347-352. doi: 10.1049/cp:20020060

### **ETİK VE BİLİMSEL İLKELER SORUMLULUK BEYANI**

Bu çalışmanın tüm hazırlanma süreçlerinde etik kurallara ve bilimsel atıf gösterme ilkelerine riayet edildiğini yazar beyan eder. Bu çalışma etik kurul izni gerektiren çalışma grubunda yer almamaktadır.

### **ARAŞTIRMACILARIN MAKALEYE KATKI ORANI BEYANI**

**1. yazar katkı oranı: %75**

**2. yazar katkı oranı: %25**