

TÜRKİYE'DE ELEKTRİK ENERJİSİ TALEBİ VE ELEKTRİK TÜKETİMİ İLE EKONOMİK BÜYÜME ARASINDAKİ İLİŞKİ

Murat NİŞANCI*

Özet

Bu çalışmada Türkiye'de elektrik talebi değişik sektörler itibariyle tahmin edilmiş ve elektrik tüketimi ile milli gelir arasında nedensellik ilişkisi test edilmeye çalışılmıştır. Zaman serilerinin özelliğini dikkate alan eşbütünleşme ve vektör hata düzeltme modelleri ile analizler yapılmıştır. Milli gelir ile elektrik tüketimi arasında eşbütünleşmenin olduğu ve buradan elektrik tüketiminden gelire doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin varlığı tesbit edilmiştir. Tüm sektörlerde kısa dönem gelir esneklikleri birimden küçük, uzun dönem esneklikleri ise birden büyük bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Türkiye, Elektrik Tüketimi, Gayrisafi Milli Hasıla, Eşbütünleşme, Vektör Hata Düzeltme

Abstract

The demand for electricity in Turkey by sectors is estimated and the causality relation between electricity consumption and national income is tested in this study. Empirical results obtained by using the models of cointegration and vector error correction show that the national income and electricity consumption are cointegrated and there is a causality relation from electricity consumption toward the national income. It is also determined that the short-run income elasticities in all the sectors are less than unity while long-run income elasticities are greater than unity.

Keywords: Turkey, Electricity Consumption, Gross National Product, Cointegration, Vector Error-Correction

Giriş

Enerji ekonomik gelişmenin en temel yapı taşlarından bir tanesidir. Elektrik enerjisi ise, sosyo-ekonomik altyapının hayati unsurlarından birini oluşturan enerji kalemleri içerisinde en esnek yapıda olanıdır. Bu

* Yrd. Doç. Dr., Atatürk Üniversitesi Erzincan Hukuk Fakültesi

nedenle gündelik hayatın her alanında geniş kullanma alanlarına sahiptir. Her ülkede olduğu gibi Türkiye’de de iktisadi kalkınma ile beraber çeşitli mal ve hizmet tüketimi artmaktadır. Bunların başında elektrik kullanımı gelmektedir. Bir yandan sanayide kullanılan temel girdilerden biri olması, diğer yandan hayat kalitesini artırmak için yeni malların kullanımının elektriğe bağlı olması elektrik enerjisine bağımlılığı giderek artırmaktadır. Örneğin, Türkiye’de toplam elektrik tüketimi 1970 yılında 7308 GWh iken bu miktar, her yıl düzenli bir şekilde artarak 2003 yılında 111766 GWh’a çıkmıştır. Tüketilen elektrik miktarı, ele alınan dönemde yaklaşık on dört katına yükselmiştir. Diğer bazı sektörlerde bu yükseliş resmi daire tüketiminde 15, sanayide 11, meskenlerde 22 ve ticaret sektöründe 31 katı kadar olmuştur. Bu oranlar, aynı dönemde sabit fiyatlarla milli gelirin yaklaşık olarak 4 katına çıktığı düşünülürse, her bir sektörde tüketilen elektrik miktar artışının daha anlamlı olduğunu gösterir. İncelenen dönemde, hem sektörel bazda hem de toplamda elektrik tüketimindeki artışın, nüfus ve gelir artışlarından daha büyük olduğu söylenebilir.

Türkiye temel enerji kullanımı açısından büyük oranda dışa bağımlı bir konumdadır. Özellikle petrol ve doğal gazda bu bağımlılık daha fazladır. Eğer yeni kaynaklar kullanıma açılmaz ve ikame kaynaklar devreye sokulamazsa bu bağımlılığın gelecekte de sürmesi beklenmektedir (Oğulata, 2002:475). Enerji tüketiminde elektrik enerjisi önemli bir paya sahiptir. İncelenen dönem boyunca elektrik enerjisi tüketimi yıllık ortalama %8,7 oranında bir artış göstermiş olmakla beraber, halen Türkiye’de elektrik tüketimi OECD ülkelerinin seviyesine ulaşamamıştır (Kaygusuz, 2002:344).

Türkiye’de elektrik arz artışının talep artışının yönlendirmesiyle arttığı düşüncesi (Madlener, vd. 2003:3) dikkate alınırsa, elektrik talebinin incelenmesinin önemi daha da belirginleşir. Başka bir çalışmada (Bakırtaş, vd 2000) 1962-1996 yılları verileri kullanarak toplam elektrik tüketimi incelemiştir. Burada veri setinin farklılığı yanı sıra çeşitli sektörlerin talebi ayrı ayrı incelenmeye çalışılacaktır. Elektrik tüketimi ve milli gelir arasında nedensellik ilişkisinin irdelenmesi, bu çalışmanın diğer bir amacıdır.

1. Türkiye Elektrik Tüketimi

Kullanım kolaylığı, istenildiği anda diğer enerji türlerine dönüştürülebilmesi, günlük hayattaki yaygınlığıyla, bugün kişi başına elektrik enerjisi tüketimi ülkelerin gelişmişlik düzeyinin en önemli göstergelerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Türkiye’de gelişme ve yapısal değişme yönündeki atılımlar paralelinde elektrik enerjisi tüketimi yıllar itibariyle düzenli bir artış sergilemiştir. Kişi başına elektrik tüketimi 1970 yılında 207 kwh iken bu miktar 2003 yılında 1580 kwh yükselmiş olmakla beraber; bu miktarın, yaklaşık olarak 2400 kwh olan dünya ortalamasının altında kaldığı söylenebilir. Her sektörde tüketim artarken, toplam tüketimde sektör paylarında değişmeler gözlemlenmektedir. Sektörel bazda elektrik enerjisi tüketiminde, sanayi sektörü en fazla paya sahip iken, onu mesken kullanımı takip etmektedir. İncelenen dönemde toplam kullanımda sanayi sektörünün payı azalırken (1970’de %64, 2003’te %49), mesken tüketiminin payı, şehirleşme ve iletim ağının genişlemesine bağlı olarak artmıştır (1970’de %14, 2003’te %23). Sanayi sektörü payındaki azalmada alternatif enerji kullanımı ve öztüketimdeki artışların etkili olduğu düşünülebilir. Ticaret sektöründe de benzer bir artışın olduğu görülmektedir. Resmi dairelerde tüketilen elektriğin payının dönem içerisinde hemen hemen değişmediği söylenebilir (Tablo:1).

Toplam elektrik tüketimindeki artışların yanında dikkati çeken bir durum toplam kayıp oranındaki fazlalıktır. 1970 yılında şebekeye verilen elektriğin %10,6’ı kayıp olurken bu oran 2003 yılında %17,6’ya çıkmıştır. Elektrik kaybı, iletim ve dağıtım olmak üzere iki türden oluşmaktadır. İletim kaybı, iletim hatlarının iyileştirilmesine bağlı olarak %5 seviyelerinden %2,5’e gerilemişken, dağıtım kaybının payı %6’lar civarından %16’ya kadar yükselmiştir. Kayıpların azaltılması, hem tüketici kullanım maliyetlerinin azaltılmasına hem de üretici gelirlerinin artmasına yol açabilir. Bunun için kontrol ve denetimlerin artırılması yararlı olabilir. (www.teies.gov.tr).

Elektriğin kullanım kolaylığı ve her alanda yaygınlığı dikkate alınırsa, tüketimdeki artışların toplum refahını artıracığı beklenebilir. Gündelik hayatı kolaylaştıran bir çok araç ve gerecin kullanımı elektriğe bağlıdır. Buna bağlı olarak ele alınan dönem içerisinde kişi başına milli gelir artışı

ile kişi başına elektrik tüketimi arasında paralel bir gelişme olduğu söylenebilir (Şekil:1).

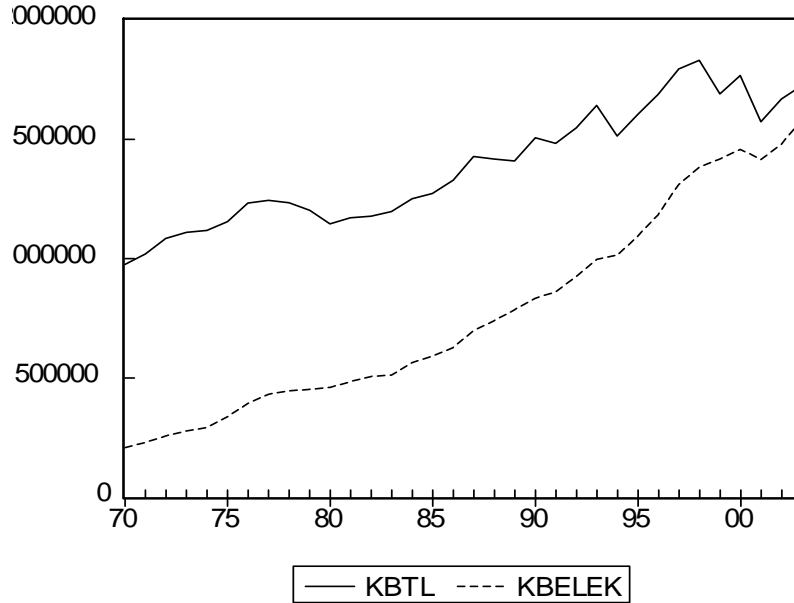
Tablo1. Elektrik Tüketimi ve Ekonomik Büyüklükler

Yıl	Mesken	Ticaret	Resmi	Sanayi	Toplam*	Kayıp%	Nüfus	MG**
1970	1.057	349	302	4.690	7.308	10.6	35.321	34.469
1975	1.893	659	496	8.745	13.492	10.8	40.026	46.275
1980	3.499	1.147	609	13.008	20.398	12.2	44.439	50.870
1985	4.979	1.621	892	19.608	29.709	12.8	50.306	63.989
1990	9.060	2.558	1.463	29.212	46.820	12.3	56.203	84.592
1995	14.493	4.195	3.012	38.007	67.394	16.8	61.644	99.028
2000	23.888	9.339	4.108	48.842	98.296	19.4	67.461	119.144
2003	25.195	12.872	4.554	55.099	111.766	17.6	70.712	123.165

• *Tüketilen elektrik ölçü birimi GWh.; **MG, 1987 fiyatları ile milli gelir (Bin YTL).

*Tüketilen elektrik ölçü birimi GWh.; **MG, 1987 fiyatları ile milli gelir (Bin YTL).

Kaynak: www.tedas.gov.tr; www.dpt.gov.tr; www.teies.gov.tr



Şekil 1. Kişi başına milli gelir ve kişi başına elektrik tüketimi(kWh)

Kişi başına elektrik tüketimi ekonominin daralma dönemlerinde azalmakla beraber, bu azalma kişi başına gelir düşmelerine göre daha azdır. Dönem boyunca kişi başına tüketim sadece 2001 krizinde negatif

azalma göstermiştir. Sonuç olarak kişi başına elektrik tüketiminde istikrarlı bir artıştan bahsedilebilir (Şekil:1).

2. Veriler, Model ve Metodoloji

Elektrik enerjisi tüketimi ve ekonomik gelişme arasındaki ilişkinin araştırılacağı bu çalışmada, 1970-2003 yılları arasında yıllık zaman serileri kullanılmıştır. Kullanılan veriler hem sektörler bazında, hem de toplam tüketim miktarlarını içermektedir. Elektrik tüketim verileri Tedaş'tan temin edilmiştir. Gelir ve diğer makro değişkenler DPT, DİE gibi kurumların web sitelerinden yararlanılarak kullanılabilir şekilde düzenlenmiştir. Milli gelir rakamları 1987 fiyatları ile sabit verilerdir.

Elektrik talebi üzerine yapılan çalışmalar önemli boyutlardadır. Kullanılan modeller standart zaman serisi modellerinden başlayıp eşbütünleşme ve hata düzeltme modellerine ve bazı çalışmalarda ise vektör hata düzeltme modellerine kadar farklılık arz etmektedir. Kullanılan veriler toplam elektrik tüketimini kapsadığı gibi mesken, sanayi ve ticaret sektörlerini içerecek biçimde farklılık sergilemektedir. Ayrıca yapılan bazı çalışmalarda elektrik kullanımı ve gelir arasında nedensellik ilişkisi de incelenmiştir. Örneğin, Hindistan kırsal kesiminde Filippini ve Pachauri (2004) meskenlerde kullanılan elektrik talebini basit regresyon yardımı ile incelemişlerdir. Eşbütünleşme ve hata düzeltme metodu kullanılarak, Yunanistan'da Hondroyiannis (2004) meskenler için, ABD hanhalkları elektrik talebi Silk ve Joutz (1997); Kuveyt'te ticari sektör için Eltony ve Hajeeh (1999), Beenstock vd (1999) İsrail'de mesken ve sanayi sektörü elektrik talebi, Al-Farisi (2002) altı Körfez ülkesinde elektrik talebini analiz etmiştir. Ghosh (2002) ve Shui/Lam (2004) Hindistan ve Çin'de elektrik tüketimi ile milli gelir arasında nedensellik olup olmadığını test etmişlerdir.

Elektrik tüketiminin analiz edildiği bu çalışmada kullanılan model, verilerin zaman serisi özelliğini dikkate alan bir model olmalıdır. Bu model eş bütünleşme ve hata düzeltme modelinden oluşmaktadır. Bu tahmin tekniğini kullanmanın temel avantajı kısa ve uzun dönem değişimleri arasında bir ayırım yapmak ve uzun dönem değerlerine doğru ayarlamaların hızını doğrudan tahmin etmek üzere iki türdür. Hata düzeltme metodu başlıca üç aşamadan oluşmaktadır. Birinci adımda zaman serilerinin durağan olup olmadığı, yani verilerin birim kök taşıyıp taşımadığı araştırılır. Bir zaman serisi sürecinde durağanlık; verilerin

ortalama ve varyansı ele alınan zaman diliminde sabit ve iki zaman noktasındaki değerler arasındaki otokorelasyon zaman periyodunun kendisine değil de, sadece iki zaman dilimi arasındaki uzaklığa bağlı olmasını ifade eder (Kutlar, 2000:13).

İkinci aşamada, değişkenlerin durağan olmadığı tesbit edilip, bu değişkenler arasında eş bütünleşme olup olmadığı araştırılır. Değişkenler eş bütünleşik ise, yani kendi aralarında uzun dönem ilişkine sahip iseler, uzun dönem esneklikleri eş bütünleşik regresyondan tahmin edilebilir. Son aşamada kısa dönem esneklikleri ve uyarlama hızı hata düzeltme metodu yardımıyla tahmin edilebilir (Eltony/Hajeeh, 1999:26; Eltony/Al-Mutairi, 1995:250).

Zaman serileri modellerini tahmin ederken kullanılan modeller zaman içerisinde farklı biçimlerde uygulanmıştır. Önceleri standart zaman serileri modelleri ile tahmin yapılırken daha sonraları kısmi uyarlama modelleri kullanılmış ve bunu takiben eşbütünleşme ve hata düzeltme modelleri kullanılır olmuştur. Son zamanlarda ise vektör hata düzeltme modelleri kullanılmaktadır. Bu model çeşitli enerji türlerinin talep tahmininde kullanılmaktadır. Bunlardan bazılarını; yakıt ve benzin talebi analizinde Dahl ve Kurtubi (2001), Bentzen (1994), elektrik talebi konusunda Fatai, Oxley ve Scrimgeour (2003), Narayan ve Smyth (2005) şeklinde saymak mümkündür. Burada kullanılacak olan model Dahl ve Kurtubi'nin Endonezya yakıt talebinde kullandıkları modeldir. Vektör Hata Düzeltme Modeli:

$$\Delta Q_t = \alpha + (\beta_1 - 1)\Delta Q_{t-1} + \delta_1 \Delta P_{t-1} + \gamma_1 \Delta Y_{t-1} - (1 - \beta_1) \left[Q_{t-2} - \frac{(\delta_1)Y_{t-2}}{(1 - \beta_1)} - \frac{(\gamma_1)Y_{t-2}}{(1 - \beta_1)} \right] - \varepsilon_t \quad (1)$$

Modelde Q_t tüketilen kişi başına elektrik miktarını, P_t reel elektrik fiyatını ve Y_t ise kişi başına reel milli geliri göstermektedir. Δ olduğu değişkenlerdeki parametreler kısa dönem etkilerini gösterirken, diğer parametreler uzun dönem etkilerini vermektedir. ε_t ise hata terimidir ($\varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2)$). Modeldeki değişkenler logaritmik değerlerdir. Modelin elde edilişi hakkında daha fazla bilgi için Dahl ve Kurtubi (2001)'e bakılabilir.

Zaman serileri ile yapılan çalışmalarda dikkate alınması gereken en önemli hususlardan biri serilerin durağan olup olmadığıdır. Çünkü bir serinin uzun dönemde sahip olduğu özellik, bir önceki dönemde değişkenin aldığı değer, bir sonraki dönemdeki değer üzerinde ne şekilde etkili olduğunun belirlenmesi ile tesbit edilebilir. Bu nedenle serinin nasıl bir süreç izlediğini anlamak için, serinin her dönemde aldığı değer, daha önceki dönemdeki değerleri ile regresyonunun bulunması gerekir (Tarı, 1999:368). Serilerin durağanlığının araştırıldığı yollardan biri de birim kök testidir. Bu çalışmada serilerin birim kök testi, Genişletilmiş Dickey-Fuller testi ile yapılmıştır. Birim kök eşitliğinin genel yapısı, X her hangi bir seriyi göstermek üzere:

$$\Delta X_t = \delta X_{t-1} + \sum_{i=1}^n \delta_i \Delta X_{t-i} + \mu + \gamma + \varepsilon_t \quad (\varepsilon_t \sim N(0, \sigma^2)) \quad (2)$$

Gecikmeli X değeri birim kök testi için kullanılır. Trend değişkeni, trend durağan alternatif hipotezinin gücünü artırmak için modele dahil edilir. Gecikme uzunluğu hata terimini beyaz gürültü yapacak biçimde seçilir. Değişkenlerin orijinal halleri durağan değilse, birinci farkları alınarak yeniden test edilir. Değişkenlerin birinci farkları durağan ise değişkenlerin birinci derecede bütünleşik olduğu söylenir. Engle ve Granger'e göre (aynı derecede bütünleşen) durağan olmayan iki veya daha fazla serinin doğrusal bileşimleri durağan olabilir. Serilerin doğrusal bileşimleri durağan ise serilerin eşbütünleşik olduğuna ve aralarında uzun dönemli bir ilişkinin var olduğuna karar verilir. Aralarında uzun dönem ilişkisi bulunan seriler ile uzun ve kısa dönem değerler tahmin edilebilir.

Değişkenler arasında uzun dönem ilişkisinin varlığı eşbütünleşme ilişkisinin varlığının bir işaretidir. Buradan hareketle, bu değişkenler arasında en az bir yönde nedensellik ilişkisinin var olduğu söylenir. Hata düzeltme modeli, eşbütünleşen değişkenler arasında kısa ve uzun dönem nedensellik ilişkisinin test edilmesi, kısa ve uzun dönem arasındaki dengesizliği gidermek için kullanılmaktadır. Serilerin birinci farkları durağan ve eşbütünleşik değilse, veriler durağan hale getirilmedikçe nedensellik testi yanlış sonuçlar verebilir (Ghosh, 2002, Shiu ve Lam, 2004).

Eşbütünleşme Granger nedenselliğinin varlığını veya yokluğunu göstermesine rağmen, değişkenler arasındaki nedenselliğin yönü

hakkında bir bilgi vermez. Nedenselliğin yönü hakkında test yapılması gerekir. Veriler arasında nedenselliğin yönünü test için üç aşamalı bir yöntem uygulanır. İlk olarak değişkenlerin doğal logaritmalarının bütünlük olup olmadığı test edilir. İkinci aşamada gecikmeli hata düzeltme terimi katılarak standart Granger nedensellik testi yapılabilir. Nedensellik testinin üçüncü safhasında, verilerin farkları durağan ve kendileri eşbütünlük değillerse farkları alınarak nedensellik testi yapılabilir (Ghosh, 2002; Fatai, vd., 2004). Eğer X ve Y gibi iki seri ayrı ayrı I(1) ve bütünlük iseler, Granger nedensellik testi I(1) verilerine uygulanabilir.

$$\begin{aligned} X_t &= \alpha + \sum_{i=1}^m \beta_i X_{t-i} + \sum_{j=1}^n \gamma_j Y_{t-j} + u_t \\ Y_t &= a + \sum_{i=1}^q b_i Y_{t-i} + \sum_{j=1}^r c_j X_{t-j} + v_t \end{aligned} \quad (3)$$

burada u_t ve v_t sıfır ortalama ve aralarında seri korelasyon olmayan hata terimleridir.

İkinci aşamada eşbütünlük değişkenlerle Granger nedensellik testi, eşbütünlük denkleminde elde edilen hata düzeltme terimi (HDT) ilave edilerek, farkları alınmış I(0) olan verilere uygulanır. Yani,

$$\begin{aligned} \Delta X_t &= \alpha + \sum_{i=1}^m \beta_i \Delta X_{t-i} + \sum_{j=1}^n \gamma_j \Delta Y_{t-j} + \delta HDT_{t-1} + u_t \\ \Delta Y_t &= a + \sum_{i=1}^q b_i \Delta Y_{t-i} + \sum_{j=1}^r c_j \Delta X_{t-j} + d HDT_{t-1} + v_t \end{aligned} \quad (4)$$

Burada nedenselliğin yönünü belirleme bakımından γ_j ve c_j 'nin istatistikî önemini yanı sıra δ ve d 'nin de istatistikî önemi de dikkate alınır. Üçüncü olarak veriler I(1) fakat eşbütünlük değillerse nedensellik testi için verilerin I(0)'a dönüştürülmesi gerekir. Bu durumda eşitlik şu şekilde olur:

$$\begin{aligned} \Delta X_t &= \alpha + \sum_{i=1}^m \beta_i \Delta X_{t-i} + \sum_{j=1}^n \gamma_j \Delta Y_{t-j} + u_t \\ \Delta Y_t &= a + \sum_{i=1}^q b_i \Delta Y_{t-i} + \sum_{j=1}^r c_j \Delta X_{t-j} + v_t \end{aligned} \quad (5)$$

Bu modellerde X ve Y, sırasıyla, toplam kişi başına elektrik tüketimi ve kişi başına milli gelir logaritmalarıdır. ΔX ve ΔY bu değişkenlerdeki kısa dönem dengesizlikleri yakalayan birinci farklarıdır. Hata düzeltme terimi (HDT) ise uzun dönem ilişkisinden elde edilmektedir ve geçmiş dönemdeki dengesizliğin büyüklüğünün ölçüsüdür. Her bir denklemde içsel değişkendeki değişmeyi, sadece değişkenlerin gecikmeli değerleri değil, aynı zamanda önceki dönemdeki dengesizlik de (yani HDT'deki) belirlemektedir. Bu durumda kısa ve uzun dönem nedenselliğin varlığı araştırılabilir. Örneğin Eşitlik (4)'de alttaki denklemde, elektrik tüketiminin gecikmeli değerlerinin katsayıları istatistiki olarak anlamlı ise elektrik tüketiminin kısa dönemde reel milli gelirin Granger nedeni olduğu söylenir. Diğer yandan uzun dönem nedensellik ilişkisi, hata düzeltme terimi parametresinin istatistiki önemini test edilmesi ile bulunabilir. Modellerde optimum gecikme uzunlukları Akaike, Schwarz veya LR kriterleri ile belirlenebilir (Enders,2004: 363) .

3. Tahmin Sonuçları

Bu çalışmada tahmin ve testlerin yapılmasında EViews 3.1 programı kullanılmıştır. Tahminin ilk aşamasında bütün serilerin bütünleşme derecesi araştırılmıştır. Değişkenlerin durağanlığı Eşitlik (2)'de gösterildiği gibi Schwarz kriterine göre belirlenen gecikme uzunluklarında test edilmiştir. Doğal logaritmaları alınarak düzey ve birinci farklara ilişkin test sonuçları Tablo 2'de yer almaktadır. Serilerin orijinal halleri durağan değilken, birinci farkları durağandır, yani seriler I(1) dir. Dolayısı ile değişkenler arasında uzun dönem ilişkisi vardır.

Tablo 2. Birim Kök Test Sonuçları

Değişkenler	Düzyey	1. Fark
Kişi başına milli gelir	-2,251(1)	-4,030
Aydınlatma	-1,889(0)	-3,501 ^b
Mesken	-2,246(1)	-4,094 ^b
Resmi	-1,907 (1)	-5,065
Sanayi	-2,542(1)	-4,269
Ticaret	-1,411(0)	-5,358
Toplam	-2,935(1)	-3,754 ^b
%1, %5 ve%10 Kritik değerler	-4.271, -3,556, 3,211	-4.283, -3.561, -3.214

Parantez içi değerler Schwarz Kriterine göre gecikme uzunluklarıdır. ^b %5'te anlamlıdır.

Aynı derecede bütünleşik olan serilerde, incelenen periyotta serilerin eşbütünleşik olup olmadığı Johansen testi ile araştırılmıştır. Sonuçlar Tablo 3’de yer almaktadır. LR test istatistiği, eşbütünleşme olmadığını ileri süren sıfır hipotezini belirlenen önem düzeyinde reddetmektedir. Yani kişi başına milli gelir ile elektrik tüketimi arasında uzun dönemli anlamlı bir ilişki vardır. Bu durum serilerin zaman içerisinde birlikte seyrini gösteren Şekil 1’den de anlaşılmaktadır. Aydınlatma, resmi ve toplam elektrik tüketiminde %5, diğerlerinde ise %1 önem düzeyinde, en az bir koentegre vektör var olduğunu ileri süren alternatif hipotezi kabul edilmektedir. Burada sıfır hipotezi hiçbir koentegre edici vektör yoktur, alternatifini ise en az bir koentegre edici vektör vardır şeklindedir.

Tablo 3. Johansen Eşbütünleşme Testleri

DEĞİŞKEN	Likelihood Ratio	%5 Kritik Değer	%1 Kritik Değer	Hipotez
Aydınlatma	22.50307	19.96	24.60	Hiç biri *
Mesken	28.38933	19.96	24.60	Hiç biri **
Resmi	22.12278	19.96	24.60	Hiç biri *
Sanayi	24.96435	19.96	24.60	Hiç biri **
Ticari	31.94170	19.96	24.60	Hiç biri **
Toplam	23.80638	19.96	24.60	Hiç biri *

*, **, sırasıyla %5 ve %1 önem düzeyini göstermektedir.

Eşbütünleşik olan seriler arasında en az bir yönde nedensellik ilişkisi var olabileceğinden Türkiye’de elektrik tüketimi ve gelir arasında böyle bir ilişkinin varlığı Granger nedensellik testi ile test edilmiştir. Toplam milli geliri temsilen kişi başına düşen reel milli gelir kullanılmıştır. Kullanılan serilerin hepsi I(1) ve eşbütünleşik olduğundan nedensellik testi Eşitlik (4)’de verilen denklemlere göre yapılmıştır. Model iki gecikmeye göre çözüldüğünden nedensellik testi de iki gecikme ile yapılmıştır.

Nedensellik test sonuçları Tablo 4’de yer almaktadır. Burada sadece toplam elektrik tüketimi ile kişi başına düşen milli gelir arasındaki nedensellik test sonuçları verilmiştir. Nedensellik testinde, Shiu ve Lam (2004), Fatai vd (2004)’de yapıldığı gibi, farklı testler yapılmıştır. Birinci olarak F testi yardımıyla her bir açıklayıcı değişkenin gecikmeli değerlerinin toplamının önem derecesi ile kısa dönem nedensellik ilişkisi test edilmiştir. İkinci olarak t testi ile hata düzeltme teriminin anlamlılığı ile uzun dönem nedensellik ilişkisi test edilmiştir. Üçüncü olarak F testi

kullanılarak hata düzeltme terimi ve gecikmeli değişkenlerin toplamının anlamlılığı ile uzun dönem dengesini yeniden kurabilmek için kısa dönem uyarlaması araştırılmıştır. Tablodan anlaşılacağı gibi kısa dönemde nedensellik elektrik tüketiminden milli gelire doğru iken, gelir denkleminde elektrik tüketimine yönelik anlamlı bir ilişki bulunamamaktadır. Yani tek yönlü bir Granger nedenselliği vardır. Milli gelir denkleminde hata düzeltme terimi (HDT) anlamlı bulunmuştur. Bu da reel milli gelirden uzun dönem denge ilişkisinden bir sapma olursa, hata düzeltme modelindeki her iki değişken uzun dönem dengesini yeniden kurabilmek için dinamik bir şekilde birlikte hareket edebildikleri şeklinde yorumlanabilir. Sonuç olarak, bu durum, her ne zaman sistemde bir çok meydana gelirse, elektrik tüketimi uzun dönem dengesini kurabilmek için kısa dönemde uyarlamalar yaptığını göstermektedir. Türkiye için bulunan bu sonuç Çin için yapılan çalışma ile aynı yönlü, Hindistan ve Avustralya için bulunan sonuç ile ters yönlüdür (Shiu ve Lam: 2004; Ghosh: 2002; Fatai, vd., 2004).

Tablo 4. Nedensellik Testleri

Hipotez _{KD}		F-istatistiği	Prob	HDT t-istatistiği
D(LKBTTL), D(LTOP)'nin GN ^a değil	31	1.21028	0.3144	-1,211
D(LTOP), D(LKBTTL) 'nin GN değil		3.53468	0.0439	-1,878**
Birlikte Test (Kısa Dönem/HDT)				
D(LKBTTL), D(LTOP) 'nin GN değil	31	1.0557	0.3630	
D(LTOP), D(LKBTTL) 'nin GN değil		3.2749	0.0545	

_{KD} Kısa Dönem.*HDT, hata düzeltme terimidir. ^a GN, Granger Nedeni değil. ** %8'de anlamlı.

Model (1) verilen denklemin vektör hata düzeltme biçiminde tahminleri Tablo 5'de toplu olarak verilmiştir. Başlangıçta model fiyat ve gelir değişkenleri katılarak tahmin edilmiştir. Her bir sektör için fiyat tahminleri anlamsız sonuçlar verdiği için fiyat değişkeni modelden dışlanmıştır. Dolayısıyla eşitlik (1)'de gösterilen model, kişi başına elektrik tüketimi, sadece kişi başına gelir değişkenine göre tahmin edilmiştir. Benzer bir yöntem, Türkiye için farklı veri seti ve model kullanan bir çalışmada da uygulanmıştır (Bakırtaş, vd. 2000). Her bir sektör için model, Akaike kriterine göre belirlenen iki gecikme uzunluğu ile tahmin edilmiştir. Hata düzeltme terimi resmi daire tüketimi dışında istatistiksel olarak anlamlıdır. Buna göre kısa dönemde bir yıl içerisinde bir

dengelesizlik meydana geldiğinde sistem bunu telafi ederek uzun dönem dengesine yaklaştırmaktadır. Bu oran en yüksek mesken için tüketimde %23, en düşük ise aydınlatma ve ticari tüketimde %12 oranında bir telafi ile kendini göstermektedir.

Gelir esneklikleri ise teorik beklentiler doğrultusunda olduğu söylenebilir. Uzun dönem esneklikleri hepsi pozitif ve anlamlıdır. Kısa dönemde ise aydınlatma ve meskenler için ters işaretli olduğu görülmektedir. Eşbütünleşme ve hata düzeltme modeli kullanılarak yapılan tahminde sonuçlar tamamen teori ile uyumlu olduğu söylenebilir (Karşılaştırma için bkz. Ek Tablo:1). Esneklik değerleri uzun dönemde kısa döneme göre daha esnektir.

Tablo 5. Vektör Hata Düzeltme Tahminleri

	C_{KD}	$\sum_i \Delta Q_{t-i}$	$\sum_i \Delta Y_{t-i}$	HDT*	Y_{t-i}	C_{UD}
Aydınlatma	0.0540 (2.045)	0,346 (12,527)	-0,0586 (-0,942)	-0,116 (-1,626)	6.345 (14.571)	-93.832
Mesken	0.0937 (5.182)	-0,181 (-21,18)	-0,601 (-9,66)	-0,235 (-3,876)	3.562 (18.904)	-52.349
Resmi	0.0753 (3.265)	-0,470 (-3,934)	0,987 (15,87)	-0,170 (-1,242)	4.259 (18.565)	-63.944
Sanayi	0.0649 (3.509)	-0,342 (-56,43)	0,217 (3,49)	-0,135 (-2,168)	1.763 (5.368)	-25.818
Ticari	0.0954 (3.334)	0,093 (8,95)	0,991 (15,93)	-0,124 (-1,845)	4.970 (10.934)	-73.466
Toplam	0.0566 (2.342)	0,099 (26,53)	0,303 (4,87)	-0,139 (-2,313)	2.876 (19.442)	-40.646

Parantez içleri t istatistikleridir. *HDT, hata düzeltme terimidir

Yukarıdaki tabloda verilen değerlerin, kolaylıkla yorumlanabilmesi için toplam elektrik tüketimine ilişkin değerlerin denklem formatında aşağıdaki gibi gösterimi yapılabilir. Her parametrenin altındaki parantez içindeki değerler t istatistiklerini göstermektedir.

$$\Delta Top = 0,0566 + \sum_{i=1}^2 0,099\Delta(Top)_{t-j} + \sum_{i=1}^2 0,303\Delta(KBTL)_{t-j}$$

$$(2,342) \quad (26,53) \quad (4,87)$$

$$- 0,139[(Top)_{t-3} - 2,876(KBTL)_{t-3} + 40,646]$$

$$(-2,31) \quad (-19,44)$$

Sonuç

Bu çalışmada 1970-2003 yılları arasında, fert başına milli gelir ile fert başına elektrik enerjisi tüketimine ilişkin yıllık veriler kullanılarak elektrik tüketimi ve bu tüketimle milli gelir arasındaki ilişki vektör hata düzeltme modeli çerçevesinde analiz edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca, karşılaştırma imkanı sağlamak üzere zaman serileri verilerinin tahmininde yaygın olarak kullanılan eşbütünleşme ve hata düzeltme modeli tahminleri de yapılmıştır.

Türkiye’de iktisadi gelişmeye paralel olarak elektrik enerjisi kullanımı yıllar itibarıyla artış göstermiştir. Tüketimdeki artışın gelir artışından daha büyük bir oranda seyretmiş olduğu söylenebilir. Bütün sektörlerde gelir esnekliğinin değeri birden büyüktür. Gelir esnekliğinin en büyük olduğu sektör aydınlatma ve ticaret sektörüdür. Burada, özellikle incelenen dönem boyunca bir yandan gelir artışı, diğer yandan şehirleşme oranının yükselmesi ve kırsal kesimde elektrik kullanımının yaygınlaşması olgularının birlikte etkisi ile hizmet tüketimini artmış olmasının etkili olduğu düşünülebilir.

Elektrik tüketiminde kısa dönemde meydana gelen dengesizlikler fazla yüksek olmayan bir oranda, bir yıllık bir telafi ile uzun dönem dengesine yaklaştırıldığı söylenebilir. Çünkü her iki tahmin sonuçlarına göre en yüksek uyarılma değeri yaklaşık olarak %30’u aşmamaktadır. Elektrik tüketiminden milli gelire yönelik tek yönlü nedensellik ilişkisinin tesbit edilmesi, elektrik tüketimindeki bir azalma milli gelirde bir düşmeye neden olacağı söylenebilir. Sonuç olarak gelecek dönemlerde artan nüfusun doğuracağı ihtiyacı karşılamak ve elektrik tüketimini gelişmiş ülke seviyelerine çıkarabilmek için elektrik üretim ve iletim yatırımlarının artırılması gerekli görülmektedir. Elektrikten gelire nedenselliği ve her bir sektörde gelir esnekliğinin yüksekliğini buna bir işaret olarak almak da mümkündür.

Kaynaklar

Al-Farisa, A. R. F., (2002), “The Demand for Electricity in the GCC Countries”, **Energy Policy**, 30, ss. 117–124.

Bakırtaş, T., Karbuz, S. ve Bildirici, M., (2000), “An Econometric Analysis of Electricity Demand in Turkey”, **METU Studies in Development**, 27, (1-2), ss. 23-34.

Beenstock, M., Goldin, E. ve Nabot, D., (1999), “The Demand for Electricity in Israel”, **Energy Economics**, 21, ss. 168-183.

Bentzen, J., (1994), “An Empirical Analysis of Gasoline Demand in Denmark Using Cointegration Techniques”, **Energy Economics**, 16 (2), 139-143.

Dahl, C., ve Kurtubi, (2001), “Estimating Oil Product Demand in Indonesia Using a Cointegrating Error Model”, **OPEC Review**, 25, (1), 1-25.

Eltony, M. N. ve Hajeeh, M., (1999), “Electricity Demand by the Commercial Sector in Kuwait: An Econometric Analysis”, **OPEC Review**, 23 (1), ss. 23-32.

Eltony, M.N. ve Al-Mutairi, N.H., (1995), “Demand for Gasoline in Kuwait: An Empirical Analysis Using Cointegration Techniques”, **Energy Economics**, 17, (3), ss. 249-253.

Enders, W., (2004), **Applied Econometric Time Series**, John Wiley & Sons, Inc. New York.

Fatai, K., Oxley, L. ve Scrimgeour, F. G., (2003), “Modelling and Forecasting the Demand for Electricity in New Zealand: A Comparison of Alternative Approaches”, **The Energy Journal**, 24 (1), ss. 75-102.

Fatai, K., Oxley, L. ve Scrimgeour, F. G., (2004), “Modelling the Causal Relationship Between Energy Consumption and GDP in New Zealand, Australia, India, Indonesia, The Philippines and Thailand”, **Mathematics and Computers in Simulation**, 64, ss. 431–445.

Filippini, M. ve Pachauri, S., (2004), “Elasticities of Electricity Demand in Urban Indian Households”, **Energy Policy**, 32, ss. 429–436.

Ghosh, S., (2002), “Electricity Consumption and Economic Growth in India”, **Energy Policy**, 30, ss. 125-129.

Hondroyannis, G., (2004), “Estimating Residential Demand for Electricity in Greece”, **Energy Economics**, 26, ss. 319– 334.

Kaygusuz, K. (2002), “Renewable and Sustainable Energy Use in Turkey: A Review”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 6, ss. 339–366.

Kutlar, A., (2000), **Ekonometrik Zaman Serileri**, Gazi Kitabevi, Ankara.

Madlener, R., Kumbaroğlu, G. ve Ediger, V. Ş, (2003), “Technology Adoption Modelling in Situations of Irreversible Investments Under Uncertainty: The Case of the Turkish Electricity Supply Industry”, Paper presented at the International Conference on Policy Modeling (EcoMod 2003), 3-5 July 2003, Istanbul, Turkey.

Narayan, P. K. ve Smyth, R., (2005), “The Residential Demand for Electricity in Australia: An Application of the Bounds Testing Approach to Cointegration”, **Energy Policy**, 33, ss. 467-474.

Oğulata, R. T., (2002), “Sectoral Energy Consumption in Turkey”, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 6, ss. 471-480.

Shiu, A. ve Lam, P., (2004), “Electricity Consumption and Economic Growth in China”, **Energy Policy**, 32, ss. 47-54.

Silk, J. I. ve Joutz, F. L., (1997), “Short and Long-run Elasticities in US Residential Electricity Demand: A Co-integration Approach”, **Energy Economics**, 19, ss. 493-513.

Tarı, R., (1999), **Ekonometri**, Alfa Yayınları, İstanbul.

Ek Tablo 1. Eşbütünleşme ve Hata Düzeltme Tahminleri

		Aydınlatma	Mesken	Resmi	Sanayi	Ticari	Toplam
Eşbütünleşme	C	-79,54 (-18,39)	-56,63 (-18,92)	-57,05 (-23,4)	-39,90 (-21,06)	-65,87 (-17,73)	-46,39 (-23,11)
	Y	5,34 (17,44)	3,87 (18,24)	3,77 (21,89)	2,76 (20,58)	4,433 (16,87)	3,253 (22,91)
	R ²	0,91	0,91	0,94	0,93	0,90	0,94
	D-W	0,63	0,68	1,26	0,51	0,53	0,74
	F	304,1	332,7	479	423	284	524
Hata Düzeltme	C	0,062 (3,216)	0,065 (7,08)	0,05 (2,99)	0,039 (5,99)	0,077 (6,032)	0,049 (11,41)
	0,8 15 (1,9 2)	0,388 (2,03)	0,549 (1,46)	0,877 (6,48)	0,574 (2,156)	0,720 (7,90)	•• HD T
	R ²	0,17	0,39	0,25	0,59	0,18	0,69
	D-W	1,73	1,79	1,97	1,75	2,03	1,92
	F	2,97	9,59	4,97	21,38	3,15	32,58

C; sabit terim, Y; kişi başına milli gelir logaritması, HDT; hata düzeltme terimidir. Parantez içleri t istatistikleridir.