

TÜRKİYE İÇİN KISA VADELİ ELEKTRİK ENERJİSİ TALEP TAHMİNİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

TOBB EKONOMİ VE TEKNOLOJİ ÜNİVERSİTESİ

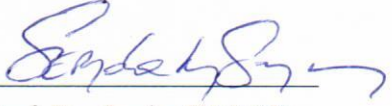
BEHZAT ECEM TUTU

İŞLETME

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OCAK 2017

Bu tezin Yüksek Lisans derecesi için gereken tüm koşulları yerine getirdiğini onaylarım.



Prof. Dr. Serdar SAYAN

Sosyal Bilimler Enstitüsü

Müdürü

Bu çalışmayı okuduğumu ve çalışmanın kapsam ve içerik olarak Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Ana Bilim Dalı'nda bir Yüksek Lisans tezi olabilecek yeterlilikte olduğuna kanaat getirdiğimi onaylıyorum.

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. Ebru YÜKSEL
TOBB ETU, İşletme



Tez Jürisi Üyeleri


Yrd. Doç. Dr. Melike METERELLİYOZ KUYZU
TOBB ETU, İşletme



Yrd. Doç. Dr. Aslı GÜNAY
Ankara Sosyal Bilimler Üniversitesi, Ekonomi



Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.



Behzat Ecem TUTU

ÖZ

TÜRKİYE İÇİN KISA VADELİ ELEKTRİK ENERJİSİ TALEP TAHMİNİ

TUTU, Behzat Ecem

Yüksek Lisans, İşletme

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Ebru YÜKSEL

Bu çalışmada, Türkiye elektrik talebini etkileyen faktörler belirlenmiş ve elektrik talebini öngören ekonometrik bir model geliştirilmiştir. Yapılan literatür araştırması ve korelasyon testleri sonucunda sıcaklık, nem, güneşlenme süresi, sepet döviz kuru, hane halkı tüketimleri, piyasa takas fiyatı, sistem marjinal fiyatı, kapasite kullanım oranı, sanayi üretim endeksi ve gayri safi yurt içi hasıla (GSYİH) faktörlerinin elektrik tüketimini etkilediği sonucuna varılmıştır. Aralık 2012-Mart 2016 dönemine ait günlük frekansta verilerin kullanıldığı çalışmada, yöntem olarak En Küçük Kareler yöntemi tercih edilmiştir. Analizlerde 2012-2015 yılları arası veriler modelin geliştirilmesi, 2016 yılı ilk çeyreğine ait veriler ise kurulan modelin test edilmesi amacıyla kullanılmıştır. Modele, elektrik tüketimindeki otoregresif yapıyı ve mevsimsel etkiyi yansıtabilme amacıyla önceki günlere ait elektrik tüketim değerleri ile zaman kukla değişkenleri de dahil edilmiştir. Eviews 8 programının kullanılarak yapılan analizlerde sıcaklık, nem ve bir önceki güne ait elektrik tüketiminin değişkenleri ile oluşturulan modelin en başarılı sonucu verdiği görülmüştür. 2016 yılı ilk çeyreği için yapılan öngörüler gerçekleşen elektrik tüketim miktarları ile kıyaslandığında en düşük %0,04 ve en yüksek %7,5 sapma oranları hesaplanmıştır. Kurulan model ile Türkiye elektrik tüketimindeki artış trendi ve mevsimsel dalgalanmalar büyük ölçüde yakalanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Türkiye elektrik tüketimi, elektrik talep tahmini, en küçük kareler yöntemi.

ABSTRACT

SHORT-TERM ELECTRICITY POWER DEMAND FORECASTING FOR TURKEY

TUTU, Behzat Ecem

Master of Business Administration

Supervisor: Asisst. Prof. Ebru YÜKSEL

In this study, factors that affect electricity demand in Turkey have been determined and econometric model has been developed for forecasting electricity demand. As a result of literature research and correlation tests, it is concluded that factors such as temperature, humidity, sunshine hours and lightening, highest and lowest temperatures, industrial production index, currency basket, household consumption, market coupling price, system marginal price, capacity utilization rate and gross domestic product (GDP) affect electricity consumption. Data set which consists of daily data that are observed from December 2012 to March 2016, were estimated by Least Squares method. While data between 2012 and 2015 were used to develop the model, data of the first quarter of 2016 were used to test the model in analyses. Previous day electricity consumption values and dummy variables were added the model for the purpose of reflecting autoregressive structure of electricity consumption and seasonal effect. As a result of analyses that were performed through Eviews 8 by Least Square method, the model that consists of temperature, humidity and previous day electricity consumption gave the most successful prediction result. When forecasts of electricity demand for first quarter of 2016 and actual values compare, deviations ratio between actual and estimated values is calculated maximum %7,5 and minimum %0,04. The constructed model substantially caught the rising trend in Turkey and seasonal fluctuations.

Keywords: Electricity consumption of Turkey, electricity demand forecast, least squares method.



TEŞEKKÜR SAYFASI

Çalıőmam sürecince bana her zaman destek olan ve yol gösteren çok değerli tez danıőmanım Yrd. Doç. Dr. Ebru Yüksel'e en içten teşekkür ve saygılarımı sunuyorum.

Tez savunmamda bulunarak bizi onurlandıran değerli hocalarım Yrd. Doç. Dr. Melike Meterellioz Kuyzu'ya ve Yrd. Doç. Dr. Aslı Günay'a, yüksek lisans eğitimimi tamamlamamda emeği geçen İşletme Bölümü'nün diğer tüm saygıdeğer hocaları ve çalışanlarına teőekkürlerimi sunuyorum.

Beni büyüten, yetiőtiren ve her koşulda yanımda olup inançlarını esirgemeyen canım annem Belgin ve canım babam Erkurt Tutu'ya yürek dolusu őükran ve sevgilerimi sunuyorum.

Tez hazırlama sürecimin her anında yanımda olup, destek ve yardımlarını esirgemeyen en yakın arkadaşım Tuba Tunç'a sonsuz teşekkür ve sevgilerimi sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

İNTİHAL SAYFASI.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT.....	v
İTHAF	vi
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
TABLolar LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xiv
HARİTALAR LİSTESİ	xvi
BÖLÜM I: GİRİŞ	1
BÖLÜM II: DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE ENERJİ SEKTÖRÜ	4
2. 1. Dünya ve Türkiye Enerji Görünümü.....	4
2. 2. Türkiye Elektrik Enerjisi Görünümü.....	14
2. 3. Türkiye’de Bölgelere ve İllere Göre Elektrik Tüketimi	25
2. 4. Türkiye Elektrik Talebinde Dönemsel Değişimler.....	27
2. 5. Dünyada ve Türkiye’de Kişi Başı Elektrik Tüketimi.....	30
2. 6. Türkiye Elektrik Sektörünün Tarihsel Gelişimi	32
BÖLÜM III: LİTERATÜR.....	39
BÖLÜM IV: TALEP TAHMİN YÖNTEMLERİ	53
4. 1. Trend Analizi.....	54
4. 2. Son Kullanım Modelleri	54
4. 3. Destek Vektör Makineleri	55
4. 4. Uzman Sistemler	55
4. 5. Regresyon Analizi	56
4. 6. Zaman Serisi Analizleri.....	58
4. 6. a. AR(p) Modelleri.....	60
4. 6. b. MA(q) Modelleri.....	60
4. 6. c. ARMA(p, q) Modelleri	60
4. 6. d. ARIMA(p, d, q) Modelleri.....	61

4. 6. Yapay Sinir Ağı.....	61
BÖLÜM V: VERİLER, METODOLOJİ VE ANALİZ.....	65
5. 1. Veriler.....	65
5. 1. a. Tüketim Miktarı	65
5. 1. b. Meteorolojik Faktörler	68
5. 1. c. Kapasite Kullanım Oranı	69
5. 1. d. Sanayi Üretim Endeksi	69
5. 1. e. Yerleşik ve Yerleşik Olmayan Hane Halkı Tüketimleri	70
5. 1. f. Gayri Safi Yurt İçi Hasıla.....	70
5. 1. g. Piyasa Takas Fiyatı ve Sistem Marjinal Fiyatı	70
5. 1. h. Döviz Kuru	71
5. 2. Metodoloji ve Analiz.....	71
BÖLÜM VI: SONUÇ	96
KAYNAKÇA	100
EKLER.....	107

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2. 1. Ülkelerin Enerji Tüketimleri	5
Tablo 2. 2. Ülkelerin Petrol Rezervleri ve Dünya Toplamındaki Payları	7
Tablo 2. 3. Bazı Ülkelere Göre Günlük Petrol Üretim Miktarları ve Payları	8
Tablo 2. 4. Bazı Ülkelerin Toplam Elektrik Üretimi İçindeki Payları ve Sıralamaları	14
Tablo 2. 5. Türkiye Elektrik Enerjisi Üretim ve Tüketim Miktarları	15
Tablo 2. 6. Kaynaklarına Göre Elektrik Enerjisi Üretim Miktarları	16
Tablo 2. 7. Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Türkiye Elektrik Enerjisi Üretimi.....	17
Tablo 2. 8. 2002-2016 Yılları Arası Elektrik Enerjisi İthalat ve İhracat Miktarları.....	19
Tablo 2. 9. Türkiye Elektrik Enerjisi Kurulu Gücü.....	21
Tablo 2. 10. 2002-2016 Yılları Arası Asgari Ücret İçinde Elektrik Tüketim Maliyetinin Payı	23
Tablo 2. 11. Serbest Tüketici Limitleri	24
Tablo 2. 12. 1951-1975 Dönemi Türkiye Nüfus ve Brüt Elektrik Üretim Artış Oranları	34
Tablo 2. 13. Türkiye Elektrik Dağıtım Şirketleri, Görev İlleri ve 2013 Yılı Elektrik Tüketim Miktarları	37
Tablo 3. 1. Literatürde Yer Alan Bazı Türkiye Elektrik Talep Tahmin Çalışmalarına Ait Özet Bilgiler	50
Tablo 3. 2. Literatürde Yer Alan Yurtdışına Ait Elektrik Talep Tahmin Çalışmalarına Ait Özet Bilgiler.....	52
Tablo 5. 1. Elektrik Tüketimi (Bağımlı Değişken) ile Bağımsız Değişkenler Arası Korelasyonlar	72
Tablo 5. 2. 10 °C ve 20 °C Arası Eşik Sıcaklık Farklarının Tüketim ile Korelasyonları	73

Tablo 5. 3. Augmented-Dickey Fuller birim kök testi sonuçları.....	75
Tablo 5. 4. Analizde kullanılan bağımsız değişkenlerin açıklamaları.....	76
Tablo 5. 5. Analiz-1 sonuçları	77
Tablo 5. 6. Analiz-1'e ait VIF analizi sonuçları	78
Tablo 5. 7. Analiz-1'e ait hata terimlerinin istatistiksel sonuçları	80
Tablo 5. 8. Analiz-2 sonuçları	82
Tablo 5. 9. Analiz-2'ye ait VIF analizi sonuçları	82
Tablo 5. 10. Analiz-2'ye ait hata terimlerinin istatistiksel sonuçları	84
Tablo 5. 11. Analiz-3 sonuçları	85
Tablo 5. 12. Analiz-3'e ait VIF analizi sonuçları	86
Tablo 5. 13. Analiz-3'ye ait hata terimlerinin istatistiksel sonuçları	88
Tablo 5. 14. Analiz-4'e ait sonuçlar	89
Tablo 5. 15. Analiz-4'a ait VIF analizi sonuçları	89
Tablo 5. 16. Analiz-4'e ait hata terimlerinin istatistiksel sonuçları	91
Tablo 5. 17. Yapılan dört farklı analize ait sonuçlar	92
Tablo 5. 18. Analizlere uygulanan test sonuçları	93

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2. 1. Dünya Kişi Başı GSYİH Miktarı (ABD Doları) ve Büyüme Oranı	4
Şekil 2. 2. 2050 Yılı Dünya Nüfus Projeksiyonu	5
Şekil 2. 3. Mevcut Petrol Rezervlerinin Dünya İçerisindeki Dağılımı	7
Şekil 2. 4. Dünya Günlük Petrol Üretimine Bölgelere Göre Dağılımı.....	8
Şekil 2. 5. Petrol Tüketiminin Bölgelere Göre Dağılımı	9
Şekil 2. 6. Bölgelere Göre Doğal Gaz Rezervlerinin Dağılımı.....	10
Şekil 2. 7. Bölgelere Göre Doğal Gaz Üretimine Dağılımı.....	10
Şekil 2. 8. Doğal Gaz Tüketiminin Bölgelere Göre Dağılımı.....	11
Şekil 2. 9. Kesinleşmiş Kömür Rezervlerinin Bölgelere Göre Dağılımı	11
Şekil 2. 10. Dünya Kömür Üretimine Bölgelere Göre Dağılımı	12
Şekil 2. 13. Türkiye Doğal Gaz İthalatında Ülkelerin Payları.....	18
Şekil 2. 14. Türkiye Kömür İthalatında Ülkelerin Payları.....	19
Şekil 2. 15. 2015 Yılı İçin Tüketici Türüne Göre Elektrik Tüketim Oranları	20
Şekil 2. 16. Türkiye Kurulu Günün Kamu ve Özel Sektöre Göre Dağılımı	22
Şekil 2. 17. 2003-2015 Yılları Arası Teorik Piyasa Açıklık Oranları (%) ve Serbest Tüketici Limitleri	25
Şekil 2. 18. 2015 Yılı Bölgelere Göre Elektrik Tüketim Yüzdeleri	26
Şekil 2. 19. 2015 Yılı Bölgelere Göre Kişi Başı Elektrik Tüketimleri	26
Şekil 2. 20. 2011-2015 Yılları Arası Mevsimlere Göre Elektrik Tüketim Yüzdeleri.....	29
Şekil 2. 21. 2011-2015 Yılları Arası Aylık Elektrik Tüketimleri.....	30

Şekil 2. 22. Dünyada Kişi Başı Elektrik Tüketimi ile Kişi Başı Milli Gelir İlişkisi.	31
Şekil 2. 23. 1992-2015 Yılları Arası Kişi Başı Elektrik Tüketim Miktarları	32
Şekil 2. 24. Dağıtım Özelleştirme Süreci.....	36
Şekil 4. 1. Biyolojik Sinir Hücresi Örneği	62
Şekil 4. 2. Yapay Sinir Ağlarının Genel Gösterimi	62
Şekil 4. 3. Yapay Sinir Ağı Örneği	63
Şekil 5. 1. 2012-2015 Yılları Arası Türkiye Elektrik Tüketim Verileri	66
Şekil 5. 2. 2012-2015 Yılları Arası Türkiye İçin Günlük Sıcaklık Değerleri (°C) ve Elektrik Tüketimi (MWh) Dağılım Grafiği	68
Şekil 5. 3. Analiz-1'e ait otokorelasyon analizi sonucu.....	79
Şekil 5. 4. Analiz-1'e ait hata terimlerinin dağılım grafiği.....	80
Şekil 5. 5. Analiz-2'ye ait otokorelasyon analizi sonuçları	83
Şekil 5. 6. Analiz-2'ye ait hata terimlerinin dağılım grafiği.....	84
Şekil 5. 6. Analiz-2'ye ait hata terimlerinin dağılım grafiği.....	84
Şekil 5. 7. Analiz-3'e ait otokorelasyon analizi sonuçları	87
Şekil 5. 8. Analiz-3'e ait hata terimlerinin dağılım grafiği.....	87
Şekil 5. 9. Analiz-4'e ait otokorelasyon analizi sonucu.....	90
Şekil 5. 10. Analiz-4'e ait hata terimlerinin dağılım grafiği.....	91
Şekil 5. 11. Ocak 2016 Günlük Elektrik Talep Tahmini ve Gerçekleşen Değerleri.....	93
Şekil 5. 12. Şubat 2016 Günlük Elektrik Talep Tahmini ve Gerçekleşen Değerleri	94

KISALTMALAR LİSTESİ

AB	: Avrupa Birliği
ANFIS	: Adaptif Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi
AR	: Otoregresif Süreç
ARIMA	: Otoregresif Tümüleşik Hareketli Ortalama
ARMA	: Otoregresif Hareketli Ortalama
BOTAŞ	: Boru Hatları ile Petrol Taşıma Anonim Şirketi
CDD	: Soğutma Gün Sayısı
DEK-TMK	: Dünya Enerji Konseyi-Türk Milli Komitesi
EİGM	: Enerji İşleri Genel Müdürlüğü
EKK	: En Küçük Kareler Yöntemi
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
EPIAŞ	: Enerji Piyasaları İşletme A. Ş.
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
EUD	: Enerji Uzmanları Derneği
EÜAŞ	: Elektrik Üretim Anonim Şirketi
EVDS	: Elektronik Veri Dağıtım Sistemi
FMOLS	: Tamamen Düzeltilmiş En Küçük Kareler Yöntemi (Fully Modified Ordinary Least Squares)
GÖP	: Gün Öncesi Piyasası
GSYİH	: Gayri Safi Yurt İçi Hasıllar
HDD	: Isıtma Gün Sayısı
MAPE	: Ortalama Mutlak Yüzde Hata (Mean Abs Perc Error)
OECD	: Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (Organisation for Economic Co-operation and Develompent)
OPEC	: Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü (Organisation of Petroleum Exporting Countries)
PMUM	: Piyasa Mali Uzlaştırma Merkezi
PSS	: Pesaran, Shin ve Smith Yöntemi

PTF	:	Piyasa Takas Fiyatı
PTM	:	Piyasa Takas Miktarı
RK	:	Rekabet Kurumu
SARIMA	:	Mevsimsel Ototegresif Tümüleşik Hareketli Ortalama
SMF	:	Sistem Marjinal Fiyatı
STSM	:	Yapısal Zaman Serisi Yöntemi (Structural Time Series Method)
TEAŞ	:	Türkiye Elektrik Üretim İletim A. Ş.
TEDAŞ	:	Türkiye Elektrik Dağıtım A. Ş.
TEİAŞ	:	Türkiye Elektrik İletim A. Ş.
TEK	:	Türkiye Elektrik Kurumu
TEP	:	Ton Eşdeğer Petrol
TETAŞ	:	Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt A. Ş.
TÜİK	:	Türkiye İstatistik Kurumu
WB	:	World Bank
YSA	:	Yapay Sinir Ağı

HARİTALAR LİSTESİ

Harita 2. 1. Türkiye'deki Elektrik Dağıtım Bölgeleri ve Dağıtım Şirketleri.....36



BÖLÜM I

GİRİŞ

Günlük yaşamın hemen hemen her aşamasında kullanılan enerji, kimyasal, nükleer, termal, hidrolik, güneş enerjisi gibi birçok şekilde bulunabilmektedir. Mevcut enerji kaynaklarını kullanışlarına ve dönüşebilirliklerine göre ikiye ayırmak mümkündür. Kullanışlarına göre enerji kaynakları yenilenebilir ve yenilenemez kaynaklar, dönüşebilirliklerine göre ise birincil ve ikincil kaynaklar olarak sınıflandırılabilir. Yenilenemez enerji kaynakları, uzun vadede tükenmesi muhtemel ve kendini yenileyemeyen kaynaklardır. Kendini yenileyebilen ve tükenmesi uzun vadede mümkün olmayan rüzgâr, güneş, hidrolik, hidrojen kaynakları ise yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Dönüşebilirliklerine göre enerji kaynakları ise birincil ve ikincil kaynaklar olarak iki sınıfa ayrılmaktadır. Herhangi bir prosese girerek bir işleme tabii tutulmamış ya da bir başka forma dönüştürülmemiş enerji kaynakları birincil enerji kaynakları sınıfına girerken, bu kaynakların başka formlara dönüştürülmesi ile elektrik, benzin, hava gazı gibi ikincil enerji kaynakları elde edilmektedir. Kömür, petrol, nükleer, rüzgar, güneş vb. kaynaklar birincil enerji kaynaklarına örnek olarak verilebilir (Koç ve Şenel 2013, 32-44).

Elektrik enerjisi kullanım alanının çok geniş olması sebebiyle nihai enerji tüketiminde oldukça yüksek bir paya sahiptir. 1973 yılında küresel enerji tüketiminin yaklaşık %9,4'ü elektrik enerjisi iken 2002 yılında bu pay %16'ya ve 2010 yılında %17'ye çıkmıştır. Artan nüfus, şehirleşme, sanayileşme ve özellikle insan hayatının vazgeçilmez bir parçası olarak hızla gelişen teknoloji ile elektrik enerjisine olan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Elektriğin kaliteli, verimli ve hızlı iletilen bir enerji türü olması küresel elektrik talebinin artmaya devam etmesine sebep olacaktır. Bunlara paralel olarak, 2030 yılında elektrik enerjisinin dünya enerji tüketimi içindeki payının %20,2'ye çıkacağı öngörülmektedir (Yavuzdemir 2014, 1-2).

Petrol, kömür, hidrolik, doğal gaz, nükleer ve yenilenebilir enerji kaynakları (rüzgar, güneş, biyoyakıtlar vb.) kullanılarak elde edilen elektrik enerjisinin depolanamaması en önemli sorunlardan biridir. Bu soruna ek olarak, 1970'lerde yaşanan enerji kriziyle birlikte, enerji talebinin ekonomiye olan etkilerini, elektrik üretim, tedarik ve arz-talep dengesinin önemini fark eden dünya enerji arz güvenliği üzerine önemli çalışmalar yapmaya başlamıştır (Akan ve Tak 2003, 23-24; Altınay, 2010, 6-7; Nişancı 2005, 108-111; Vaghefi vd. 2014, 186-188).

Elektrik enerjisine olan ihtiyacın sürekli olarak artması, kaynakların kısıtlı olması ve elektriğin depolanamaması sektörü çeşitli planlamalar yapmaya yönlendirmiştir. Artan talebe karşılık verilememesi ya da arz güvenliğinin sağlanamaması özellikle gelişmekte olan ülkelere ekonomik açıdan büyük sorunlar yaşatacağından sektör arz-talep dengeleme çalışmaları yapmaya yoğunlaşmıştır. Öte yandan, küresel ısınma gibi çevresel etkenler ya da dışa bağımlılık gibi ülkesel faktörler elektrik enerjisinde tasarruf edilmesini gerektirmektedir. Bu nedenle, enerji sektöründe dörtte üç oranında dışa bağımlı olan Türkiye'nin enerji talebi üzerine çalışmaları son yıllarda hız kazanmıştır (Akin 2010, 11-13; Tugal 2014: 2,24).

2001 yılında yürürlüğe giren Elektrik Piyasası Kanunu ile elektriğin yeterli, kaliteli, kesintisiz, düşük maliyetli ve çevreye uyumlu bir şekilde tüketicilere sunulması amaçlanmıştır (EPDK 2013, 11981). Sektörde elektrik piyasasında oluşabilecek dar boğazların önlenmesi için üretim, iletim ve dağıtım sistemlerinde düzenli planlamalar yapılmakta; öngörülerin uygulanabilir sonuçlar vermesi için çeşitli talep tahmin yöntemleri kullanılmaktadır. Yapılmakta ve yapılacak olan elektrik talep tahminleri, enerji tedarikçileri ve tüketicileri için elektrik güç sistemlerinin çalıştırılmasında, kontrol ve planlamasında, tarife düzenlemelerinde ve ihracat alanlarında önemli bir yere sahiptir (Akin 2010, 11-13; Toker ve Korkmaz 2009, 1; Tugal 2014, 1-3, Yavuzdemir 2014: 15-16).

Enerji talebinin gerektiğinden fazla öngörülmesi, üretim kapasitesinin bir kısmının atıl kalmasına, enerji fazlalarının oluşmasına ve mevcut enerjinin israfına sebep olacaktır. Talebin arzdan fazla olması durumunda ise enerji açıkları meydana gelecek; kesintiler, sistem darboğazları vb. problemler yaşanacaktır. Bu durum ekonomik büyüme ve bireysel refah artışına olumsuz yönde etki edecektir. Bu nedenle, son yıllarda elektrik talep tahmini başta olmak üzere enerji talebi üzerine yapılan çalışmalar oldukça önem kazanmıştır (Gültekin 2009, 1-3; Taylor vd. 2016, 1,2; Tugal 2014, 27-28).

Bu çalışmanın amacı, Türkiye elektrik talebini kısa dönemde etkileyen faktörleri belirlemek ve günlük elektrik talebini öngören bir ekonometrik model geliştirmektir. Türkiye için genellikle aylık ve yıllık elektrik talebini öngören modeller kurulmuş; öngörüler kapasite artırma ve yatırım faaliyetlerinde kullanılmıştır. Elektrik dağıtım şirketlerinin, Gün Öncesi Piyasası (GÖP)'sında elektrik ticareti yaparken elektrik arz-talep dengesini kurması için günlük hatta saatlik elektrik talebinin en doğru şekilde tahmin edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, literatürden farklı olarak bu çalışmada piyasadaki günlük faaliyetlerin planlamalarına katkı sağlayacak kısa dönemlik tahminler yapılmıştır.

Çalışmanın bundan sonraki bölümünde Dünya'nın ve Türkiye'nin enerji görünümü incelenmiştir. Ayrıca, Türkiye elektrik sektörünün kısa tarihçesine, piyasa yapısına ve elektrik talebinin bölgesel ve dönemsel yapısına değinilmiştir.

Üçüncü bölümde literatürdeki çalışmalara yer verilmiştir. Elektrik talebini etkileyen faktörlerin belirlenmesinde, tahmin modeline bu faktörlerin hangilerinin dahil edilmesi gerektiğine ve en uygun modelin seçimine yapılan literatür çalışması önemli katkılar sağlamıştır.

Dördüncü bölümde sıklıkla tercih edilen en küçük kareler (EKK), yapay sinir ağları (YSA), zaman serisi analizleri, korelasyon testleri vb. tahmin yöntemleri hakkında özet bilgiler verilmiştir.

Beşinci bölümde 2016 yılının ilk çeyreği için Türkiye kısa dönemlik elektrik talebi En Küçük Kareler yöntemi kullanılarak öngörülmüş, sonuçlar gerçekleşen tüketim değerleri ile kıyaslanmıştır. Yapılan çalışma, piyasa katılımcılarına günlük işletme faaliyetlerinde arz-talep dengesini sağlamada yol gösterecektir.

Son bölümde ise model sonuçları yorumlanmış, çalışmanın eksikleri belirtilmiş ve modelin geliştirilmesi için önerilerde bulunulmuştur.

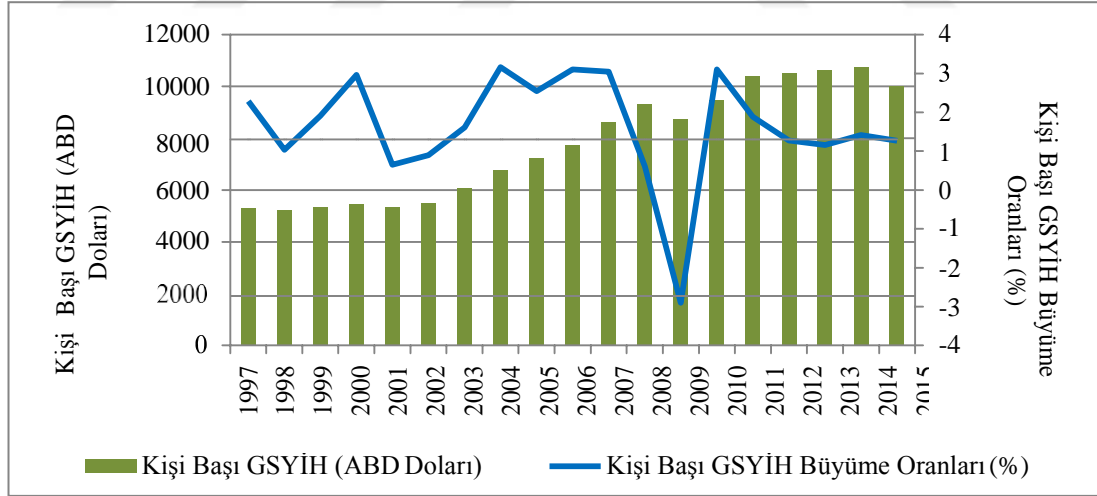
BÖLÜM II

DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE ENERJİ VE ELEKTRİK SEKTÖRÜ

2. 1. Dünyada ve Türkiye'de Enerji Görünümü

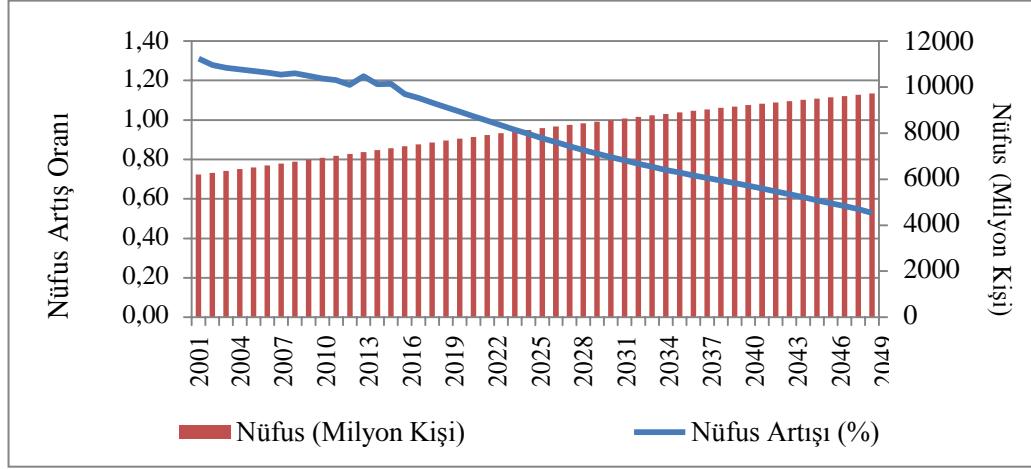
Dünya genelinde hızla artan nüfus ve gelire paralel olarak, enerji talebi her ülkede farklı oranlarda artmaktadır. 2040 yılına kadar dünya birincil enerji talebinin yaklaşık %32 oranında artması beklenmektedir. Talebi artıran faktörlerin en önemlilerinden biri olan gayri safi yurtiçi hasılabın (GSYİH) ise 2040 yılında %3,5 oranında artacağı öngörülmektedir (Şekil 2. 1) (WB 2016).

Şekil 2. 1. Dünya Kişi Başı GSYİH Miktarı (ABD Doları) ve Büyüme Oranı (%) (WB 2016)



Enerji talebini etkileyen diğerk bir önemli faktör ise nüfustaki değışimlerdir. (ETKB 2016) 2016 yılında 7,43 milyar olan dünya nüfusunun 2050 yılında %30 oranında artarak 9,7 milyara ulaşacağı tahmin edilmektedir (Şekil 2. 2) (WB 2016).

Şekil 2. 2. 2050 Yılı Dünya Nüfus Projeksiyonu (WB 2016)



Dünya genelinde kömür, petrol, doğal gaz, rüzgar ve hidrolik gibi birinci enerji kaynakları tüketimine bakıldığında Amerika ve Çin'in en yüksek tüketim payına sahip oldukları görülmektedir. Bu iki ülkenin enerji tüketimleri küresel enerji tüketiminin neredeyse %40'ını oluşturmaktadır. Tablo 2. 1'de bazı ülkelerin 1000\$'lık GSYİH için tükettikleri enerji miktarları (milyon TEP) verilmiştir. Türkiye küresel ölçekte %1'lik pay ile 19. sırada yer almaktadır (ETKB 2016, 7-8).

Ülke	2013	2014	2015	Pay (%)	Sıra
Çin	2903	2970	3014	22,90	1
ABD	2271	2300	2281	17,30	2
Hindistan	626	666	701	5,30	3
Rusya	688	689	667	5,10	4
Japonya	465	453	449	3,40	5
Kanada	335	335	330	2,50	6
Almanya	325	311	321	2,40	7
Brezilya	290	297	293	2,20	8
Güney Kore	270	273	277	2,10	9
İran	247	260	267	2,00	10
Suudi Arabistan	237	252	264	2,00	11
Fransa	247	237	239	1,80	12

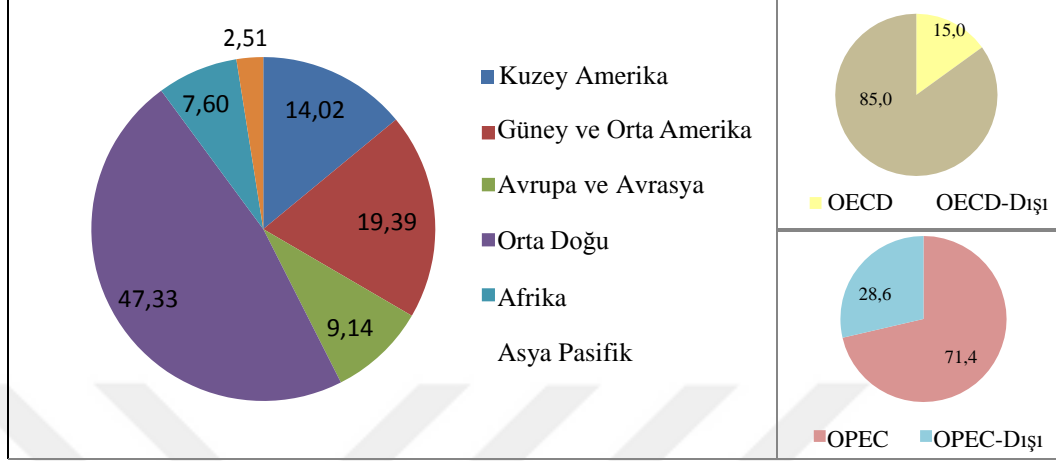
Tablo 2. 1. (Devamı)					
Ülke	2013	2014	2015	Pay (%)	Sıra
Endonezya	175	188	1956	1,50	13
Birleşik Krallık	201	189	191	1,50	14
Meksika	1889	190	185	1,40	15
İtalya	1556	147	152	1,20	16
İspanya	134	132	134	1,00	17
Avustralya	131	130	131	1,00	18
Türkiye	120	124	131	1,00	19
Tayland	120	123	125	0,90	20
Güney Afrika	125	128	124	0,90	21
Tayvan	110	111	111	0,80	22
BAE	97	99	104	0,80	23
Polonya	96	92	95	0,70	24
Ukrayna	115	101	85	0,60	25
Toplam	12873	13020	13147	100	

Tablo 2. 1. Ülkelerin Enerji Tüketimleri (Milyon TEP) (ETKB 2016, 8)

Şekil 2. 3'e bakıldığında dünya çapında petrol rezervlerinin dağılımı görülmektedir. 2016 istatistiklerine göre rezervlerin yarıya yakınına %47,33'lük oranla Orta Doğu ülkeleri sahip iken bu ülkeleri yaklaşık %19,39'luk oranla Güney ve Orta Amerika ülkeleri izlemektedir. Petrol rezervlerinin %85'i OECD-Dışı ülkelerde yer almaktadır. Libya, İran, Suudi Arabistan, Katar, Venezuela, Endonezya gibi ülkeleri kapsayan OPEC ise dünya petrol rezervlerinin yaklaşık %71,4'üne sahiptir. (BP 2016, 6).

Şekil 2. 3'e bakıldığında 2015 yılı sonu itibariyle dünya petrol rezervlerinin bölgelere ve uluslararası örgütlere göre payları görülmektedir.

Şekil 2. 3. Mevcut Petrol Rezervlerinin Dünya İçerisindeki Dağılımı (%) (BP 2016, 6)



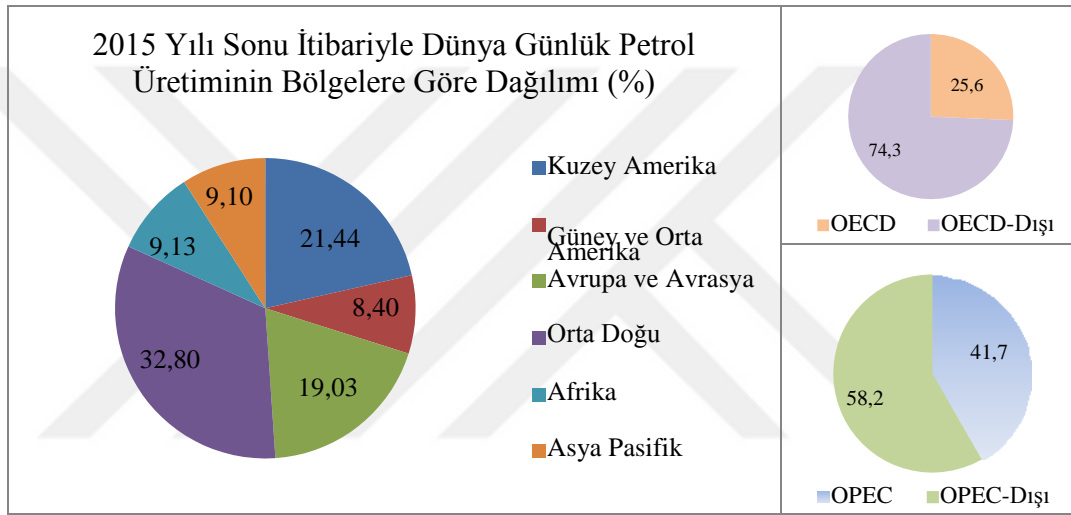
Güney ve Orta Amerika bölgesinde ki en önemli ülke olan Venezuela dünya petrol rezervlerinin yaklaşık %17,70'ine sahiptir (Tablo 2. 2). Venezuela'yı %15,70'lik rezerv payı ile bir Orta Doğu ülkesi olan Suudi Arabistan takip etmektedir (ETKB 2016, 10-11).

Ülke	Petrol Rezervleri (Milyar varil)	Dünya Toplamındaki Payı (%)
Venezuela	300,9	17,70
S. Arabistan	266,6	15,70
Kanada	172,2	10,10
İran	157,8	9,30
Irak	143,1	8,40
Rusya	102,4	6,00
BAE	97,8	5,80
ABD	55,0	3,20
Toplam	1967,6	100,00

Tablo 2. 2. Ülkelerin Petrol Rezervleri ve Dünya Toplamındaki Payları (BP 2016, 6)

Şekil 2. 4'te günlük petrol üretiminin bölgelere göre dağılımı verilmiştir. En yüksek paya %32,80'lik oranla Orta Doğu bölgesi sahip iken bu bölgeyi sırasıyla Kuzey Amerika ile Avrupa ve Avrasya bölgeleri takip etmektedir. OECD-Dışı ülkelerin petrol üretimleri diğer ülkelerin yaklaşık üç katını oluşturmaktadır. Petrol rezervlerinin yarısından fazlası OPEC-Dışı ülkelerde iken günlük üretim oranlarına bakıldığında OPEC ülkelerinin diğer ülkeleri geçtiği görülmektedir (BP 2016, 8).

Şekil 2. 4. Dünya Günlük Petrol Üretiminin Bölgelere Göre Dağılımı (%) (BP 2016, 8)



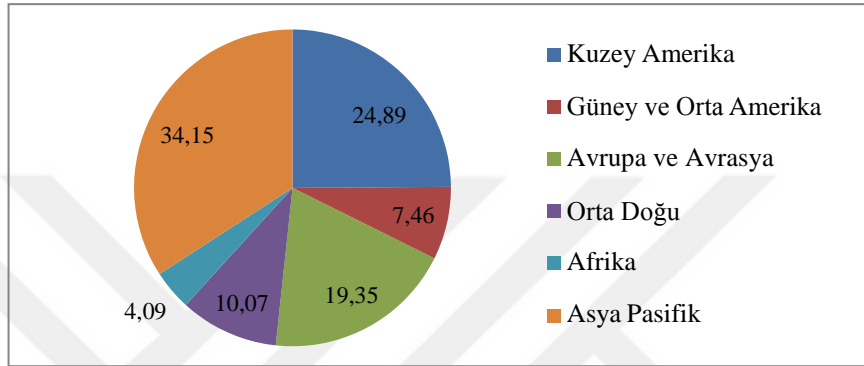
2014 petrol üretim miktarlarına bakıldığında ise en yüksek üretim payına sahip ilk beş ülke arasında Venezuela yer almamaktadır (Tablo 2. 3) (BP 2016, 8).

Ülke	Bin varil (Günlük)	Pay (%)
ABD	12704	13
Suudi Arabistan	12041	13
Rusya Federasyonu	10980	12,4
Kanada	4385	4,9
Çin	4309	4,9
Irak	4031	4,5
İran	3920	4,2
BAE	3902	4
Kuveyt	3096	3,4
Venezuela	2626	3,1

Tablo 2. 3. Bazı ülkelere göre günlük petrol üretim miktarları ve payları (BP 2016, 8)

En yüksek petrol üretiminin yapıldığı ülkeler sırasıyla ABD, Çin, Hindistan, Suriye, Japonya, Suudi Arabistan ve Rusya'dır. Şekil 2. 5'de en yüksek petrol tüketiminin yapıldığı bölgeler görülmektedir. Tüketim açısından ilk sırada %34,15'lik oranıyla Çin, Hindistan, Tayvan gibi ülkelere ev sahipliği yapan Asya Pasifik bölgesi yer almaktadır (BP 2016, 8).

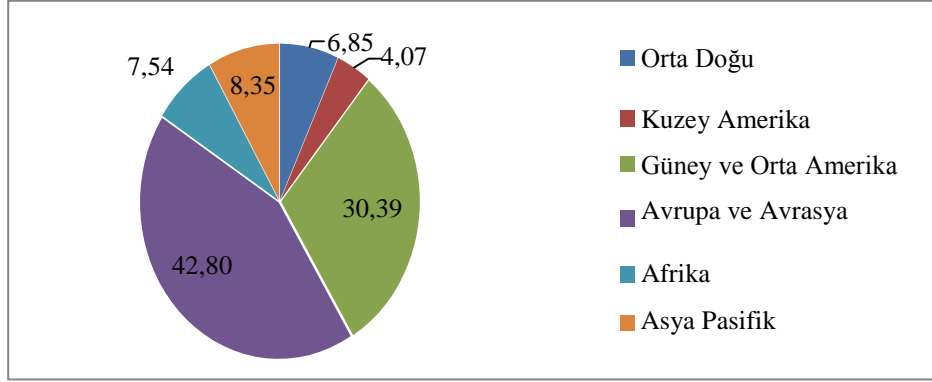
Şekil 2. 5. Petrol Tüketiminin Bölgelere Göre Dağılımı (%) (BP 2016, 9)



Günümüzde yaklaşık 91 milyon varil olan günlük petrol talebinin 25 yıl içerisinde %14 artarak yaklaşık 104 milyon varile çıkacağı ve talebin Asya ve Orta Doğu ülkelerinde yoğunlaşacağı öngörülmektedir. Gelecekteki 5 yıl içerisinde OPEC dışı petrol üretiminin artış göstermesi beklenmektedir. Bu dönemde ABD, Kanada ve Brezilya ön plana çıkacakken, 2020 sonrasında Rusya, Çin, Kazakistan ve Orta Doğu ülkeleri dikkat çekici bir önem kazanacaktır. 2013 yılında toplam petrol üretiminin %40'nı gerçekleştiren OPEC ülkelerinin 2020 yılı sonrasında üretimlerinin %49'a ulaşacağı tahmin edilmektedir (ETKB 2016, 3).

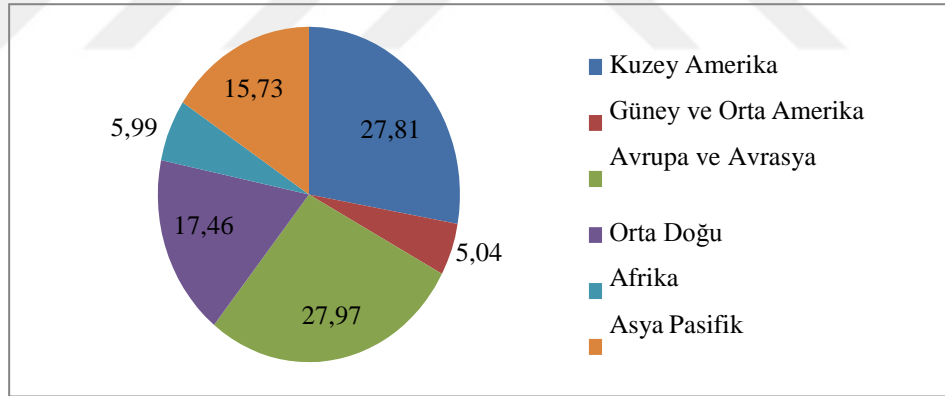
Çoğu ülke tarafından elektrik üretiminde sıklıkla tercih edilen doğal gazın mevcut rezervi 2015 yılı itibariyle 186 trilyon m³'tür. Bu rezervin %42,80'i Orta Doğu, %30,39'u Avrupa ve Avrasya bölgesindedir. Orta Doğu bölgesinde İran ve Katar yüksek doğal gaz rezervine sahip ülkeler iken Avrupa ve Avrasya bölgesinde Rusya doğal gaz rezervleriyle dikkat çekmektedir (Şekil 2. 6) (BP 2016, 20).

Şekil 2. 6. Bölgelere Göre Doğal Gaz Rezervlerinin Dağılımı (%) (BP 2016, 20)



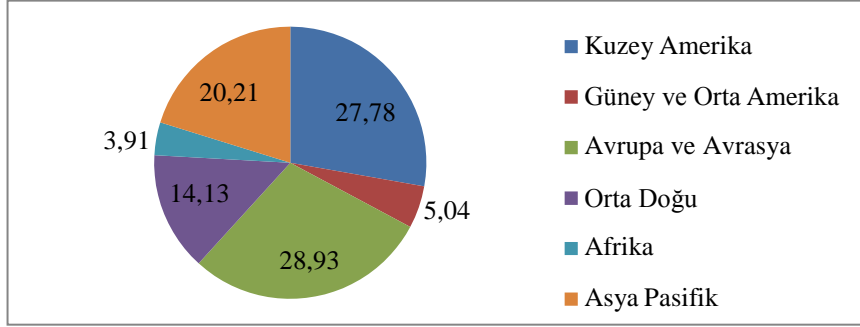
Orta Doğu ülkeleri 80 trilyon m³ doğal gaz rezervine sahip olmasına karşın dünya doğal gaz ihtiyacının sadece %17,46'sını karşılayabilmektedir. Bunun yanı sıra 56,8 trilyon m³ rezerv ile Avrupa ve Avrasya ülkeleri küresel ihtiyacın yaklaşık üçte birini karşılamaktadır (Şekil 2. 7) (BP 2016, 20).

Şekil 2. 7. Bölgelere Göre Doğal Gaz Üretiminin Dağılımı (%) (BP 2016, 22)



Doğal gaz tüketimleri bazında bölgelere bakıldığında ise en yüksek tüketimin 1 trilyon m³ ile Avrupa ve Avrasya bölgesinde gerçekleştiği görülmektedir. İkinci sırada toplam tüketimin %26,9'una sahip olan Kuzey Amerika ülkeleri yer almaktadır (942 milyar m³) (Şekil 2. 8) (BP 2016, 23).

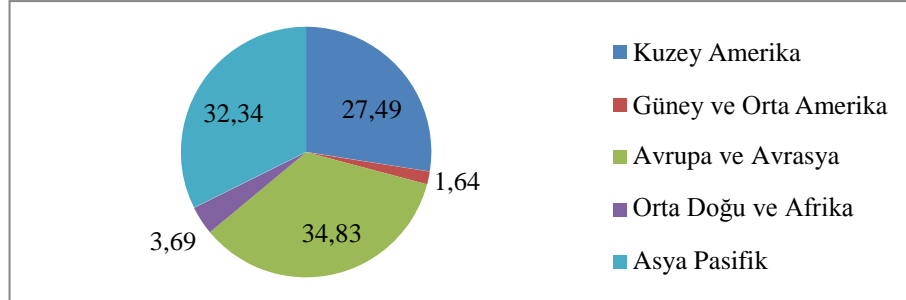
Şekil 2. 8. Doğal Gaz Tüketiminin Bölgelere Göre Dağılımı (ETKB 2016, 13)



2035 yılında Çin doğal gaz tüketimini en çok artıran ülkelerden biri konumuna gelecekken, ABD'nin küresel ölçekte doğal gaz üretiminde ki en önemli üreticilerden biri olması öngörülmektedir (ETKB 2016, 12).

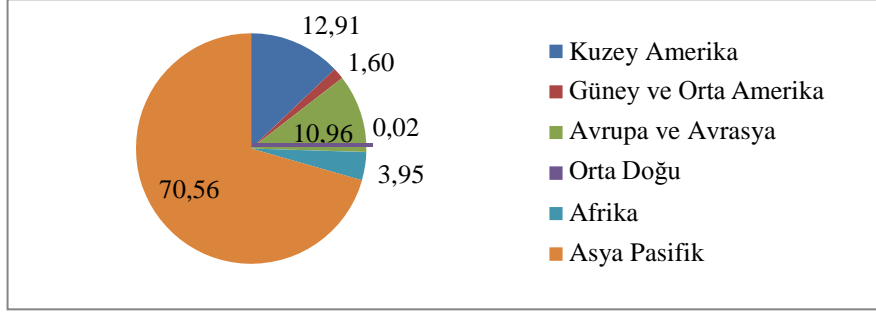
Birincil enerji kaynakları içinde dünya üzerinde en fazla rezerve sahip olan kömür en çok kullanılan enerji türüdür. Mevcut stratejik konumunu korumaya devam edecek olan kömürün yaklaşık 968 milyar ton kesinleşmiş rezervi bulunmaktadır. Bu rezervin ise yarısından fazlası ABD, Rusya ve Çin'de bulunmaktadır. Güney ve Orta Amerika bölgesi ülkeleri ile Orta Doğu ve Afrika bölgesi ülkeleri toplam kömür rezervinin sadece %2,8'ine sahiptir (Şekil 2. 9) (ETKB 2016, 13).

Şekil 2. 9. Kesinleşmiş Kömür Rezervlerinin Bölgelere Göre Dağılımı (BP 2016, 30)



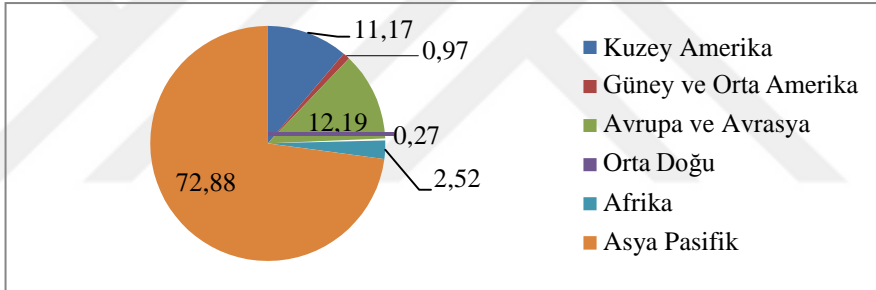
2015 yılı sonu itibariyle 3830 milyon ton eşdeğer petrol kömür üretimi gerçekleşmiştir. Bu üretimin %70,6'sı Asya Pasifik ülkesine aittir. Ülke bazında bakıldığında en yüksek kömür üretimi %47,7 oranıyla Çin'e aitken, Çin'i %11,9 oranıyla ABD takip etmektedir (Şekil 2. 10) (BP 2016, 32).

Şekil 2. 10. Dünya Kömür Üretiminin Bölgelere Göre Dağılımı (%) (BP 2016, 32)



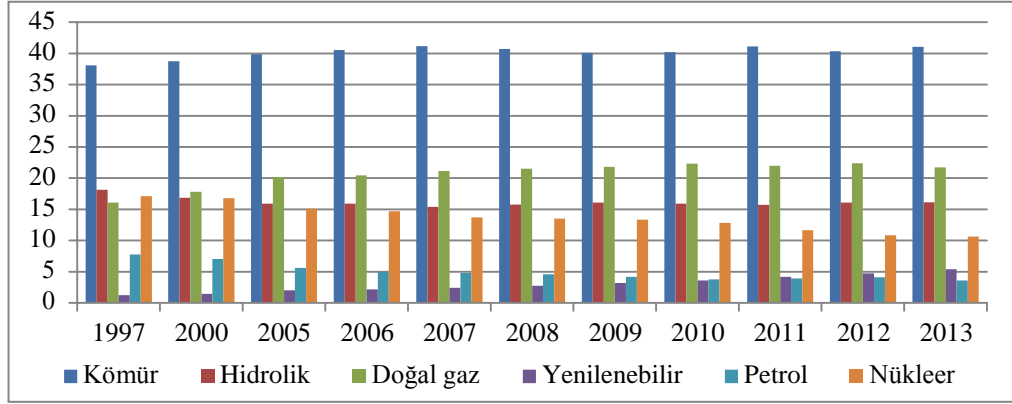
2015 yılında toplam kömür tüketiminin yarısını Çin yapmış yapmıştır. Çin'den sonra toplam tüketimin %10'unu yapan ABD yer almaktadır. Bölgesel ölçekte bakıldığında ise en yüksek tüketim payına %72,9 ile Asya Pasifik bölgesi sahiptir (Şekil 2. 11) (BP 2016, 33).

Şekil 2. 11. Dünya Kömür Tüketiminin Bölgelere Göre Dağılımı (%) (BP 2016, 33)



2040 yılında küresel ölçekte yenilenebilir ve nükleer enerjinin toplam enerji içerisindeki paylarının büyük ölçüde artacağı, petrol, doğal gaz ve kömür taleplerinin toplam enerjinin sadece dördte birlik kısmını oluşturacağı öngörülmektedir. 2040 yılına kadar enerji kaynakları bazında nükleer enerjinin %85, yenilenebilir enerjinin %80, petrol ve kömürün %12 ve doğal gazın %46 artış göstermesi beklenmektedir. Elektrik üretiminde günümüzde düşük bir paya sahip olan yenilenebilir enerjinin gelecekte payının artacağı ve 2040 yılında %34 seviyesine yükseleceği tahmin edilmektedir (ETKB 2016, 3-4).

Şekil 2. 12. 1997-2013 Yılları Arasında Dünya Elektrik Üretiminde Kullanılan Kaynaklar (%) (WB 2016)



ABD, Çin, Hindistan ve Almanya elektrik üretiminde dünyada en çok kullanılan enerji kaynaklarından kömürü ve Rusya ikinci en çok tercih edilen kaynak olan doğal gazı kullanmaktadır. Rusya ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisinin yarısını doğal gazdan elde etmektedir. ABD’de elektrik enerjisi üretiminde en büyük payı %39,8 oranıyla kömür almakta iken kömürü %26,9 oranıyla doğal gaz, %19,1 oranıyla nükleer enerji ve %13,3 oranıyla yenilenebilir enerji takip etmektedir (ETKB 2016, 3-8). Almanya elektrik üretiminin yarısına yakını kömürden, %15’ini nükleer enerjiden ve %26’sını hidrolik, güneş, rüzgar gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarını en yoğun ve verimli kullanan ülkelerden biri olan Kanada’da bu kaynaklardan toplam elektrik enerjisinin yaklaşık %63’lük kısmı üretilmektedir. İhtiyaç duyduğu enerjinin kalanını ise büyük ölçüde nükleer enerjiden, kömürden ve doğal gazdan sağlamaktadır. Fransa’da ise elektrik üretiminde %74 oranında nükleer enerji kullanılmaktadır. Bunun yanında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı %18 oranıyla ikinci sırada yer almaktadır. Son 10 yıl içerisinde hızla büyüyen Çin ve Hindistan elektrik üretiminde sırasıyla %75,4 ve %73 oranlarında kömürü kullanmaktadırlar. Her iki ülkede kömürü yenilenebilir enerji takip etmektedir. Doğal gazın payı Hindistan’da yaklaşık %5 iken Çin’de bu oran %1,7’dir (ETKB 2016, 3-8).

2015 yılında dünyada üretilen toplam 24 bin TWh elektriğin, yaklaşık %42'sini sadece Çin ve ABD üretmiştir. (Tablo 2. 4) Hindistan, Rusya ve Japonya'nın toplam üretim içerisindeki payı yaklaşık %14'tür. Türkiye yaklaşık 260 TWh'lik yıllık elektrik üretimi ile 17. sırada yer almaktadır (ETKB 2016, 9).

	Elektrik Üretimi (TWh)	Pay(%)	Sıra
Çin	5810,6	24,1	1
ABD	4303,0	17,9	2
Hindistan	1304,8	5,4	3
Rusya	1063,4	4,4	4
Japonya	1035,5	4,3	5
Almanya	647,1	2,7	6
Kanada	633,3	2,6	7
Brezilya	579,8	2,0	8
Fransa	568,8	2,4	9
Güney Kore	522,3	2,2	10
Birleşik Krallık	337,7	1,4	11
Suudi Arabistan	328,1	1,4	12
Meksika	306,7	1,3	13
İran	281,9	1,2	14
İtalya	281,8	1,2	15
İspanya	278,5	1,2	16
Türkiye	259,7	1,1	17
Tayvan	258,0	1,1	18
Avustralya	253,6	1,1	19
Güney Afrika	249,7	1,0	20
Endonezya	234,70	1,0	21
Toplam	24097,7	100,0	-

Tablo 2. 4. Bazı Ülkelerin Toplam Elektrik Üretimi İçindeki Payları (%) ve Sıralamaları (ETKB 2016, 9)

2. 2. Türkiye Elektrik Enerjisi Görünümü

Türkiye, petrol ve doğal gaz kaynaklarının %70'inin yer aldığı önemli bir bölgede konumlanmaktadır. Gerek bu kaynaklara gerekse bu kaynakların ihtiyaç duyulduğu bölgelere olan yakınlığı ile Türkiye stratejik bir konumdadır.

Enerji politikalarının oluşturulurken hem Türkiye'nin içinde bulunduğu stratejik önemin hem de dünya genelindeki bölgesel güçlerin dikkate alınması gerekmektedir (ETKB 2016, 15).

Gelişmekte olan ülkelerde, yeterli ve kaliteli enerji arzı ekonomik büyümede önemli paya sahiptir. Enerji ihtiyacının sürekli artması bu alana yapılan yatırım, planlama ve ticareti de artırmaktadır. Türkiye'nin elektrik ihtiyacı istisnai ekonomik ve sosyal olayların gerçekleştiği dönemler dışında sürekli artmaktadır. Artan talebe paralel olarak kurulu güç ve üretim değerleri de artmaktadır. Tablo 2. 5'e bakıldığında Türkiye elektrik üretiminin 2002 yılında yaklaşık 130 bin GWh iken 2015 yılı sonunda 2 katına çıkarak yaklaşık 260 bin GWh'e ulaştığı görülmektedir. Tüketim miktarı da aynı dönemler için yaklaşık 132 bin GWh'ten 264 bin GWh'e yükselmiştir. 2008 yılında yaşanan ekonomik kriz sebebiyle elektrik üretim ve tüketim değerleri 2009 yılında yaklaşık 4 bin GWh'lik büyük bir düşüş yaşamıştır. Nitekim bir sonraki yıl değerler normal seyrine dönmeyi başarmıştır. 2009 yılındaki düşüş dahil edilmeksizin son 14 yılda Türkiye elektrik üretiminde yıllık ortalama %6,1'lik ve tüketiminde ise %6,0'lık artış gözlenmektedir (ETKB 2016, 15-16).

Yıl	Üretim (GWh)	Tüketim (GWh)	Üretim Artış Oranı (%)	Tüketim Artış Oranı (%)
2002	129400	132442	5,40	4,50
2003	140581	141151	8,60	6,50
2004	150698	150018	7,20	6,30
2005	161956	160794	7,50	7,20
2006	176300	174637	8,90	8,60
2007	191558	190000	8,70	8,80
2008	198418	198085	3,60	4,30
2009	194813	194079	-1,80	-2,00
2010	211208	210434	8,40	8,40
2011	229395	230306	8,60	9,40
2012	239497	242370	4,40	5,20
2013	240154	246357	0,30	1,60

Tablo 2. 5. (Devamı)				
Yıl	Üretim (GWh)	Tüketim (GWh)	Üretim Artış Oranı (%)	Tüketim Artış Oranı (%)
2014	251963	257220	4,90	4,40
2015	259690	264150	3,10	2,70

Tablo 2. 5. Türkiye Elektrik Enerjisi Üretim ve Tüketim Miktarları (GWh) (ETKB 2016, 15)

2016 yılı Haziran ayı itibariyle 131 bin GWh olan elektrik üretiminin %64,8'i termik santrallerden, %28,5'i hidroelektrik santrallerden, %6,7'i de diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanmıştır. Tablo 2. 6'da görüldüğü üzere, termik ve hidrolik santrallerin üretimi son 13 yılda yaklaşık 2 katına çıkarken, jeotermal, rüzgar ve güneş kaynaklı elektrik üretimi yaklaşık 97 katına çıkmıştır (ETKB 2016, 16).

Yıl	Termik (GWh)	Hidrolik (GWh)	Jeotermal + Rüzgâr + Güneş (GWh)	Toplam (GWh)
2002	95563	33684	-	129400
2003	105101	35330	150	140581
2004	104464	46084	151	150698
2005	122242	39561	153	161956
2006	131835	44244	221	176300
2007	155196	35851	511	191558
2008	164139	33270	1009	198418
2009	156923	35958	1931	194813
2010	155828	51796	3585	211208
2011	171638	52339	5418	229395
2012	174872	57865	6760	239497
2013	171812	59420	8921	240154
2014	200417	40645	10901	251963
2015	177866	66903	14922	259690
2016 Haziran Sonu	85115	137427	8793	131334

Tablo 2. 6. Kaynaklarına Göre Elektrik Enerjisi Üretim Miktarları (GWh) (ETKB 2016, 16)

2015 yılında Türkiye elektrik üretiminin %68,5'i termik santrallerden karşılanmıştır.

Termik santrallerde ise kullanılan yakıt türüne göre üretilen enerjinin %28,5'i kömürden, %37,8'i ise doğal gazdan sağlanmıştır. Termik santrallerden sonra Türkiye enerji üretiminde ikinci sırayı %25,8'lik payla hidrolik enerji santralleri almaktadır. 2016 yılı Mart ayı itibariyle %66,4'lük termik santral üretiminin %32'si kömür ve %31,8'si ise doğal gaz kaynakları ile karşılanmıştır. Aynı dönemde hidrolik enerji santrallerinden sağlanan enerji artarak toplam arzın %26,5'ini karşılamaktadır (Tablo 2. 7) (ETKB 2016, 17-18).

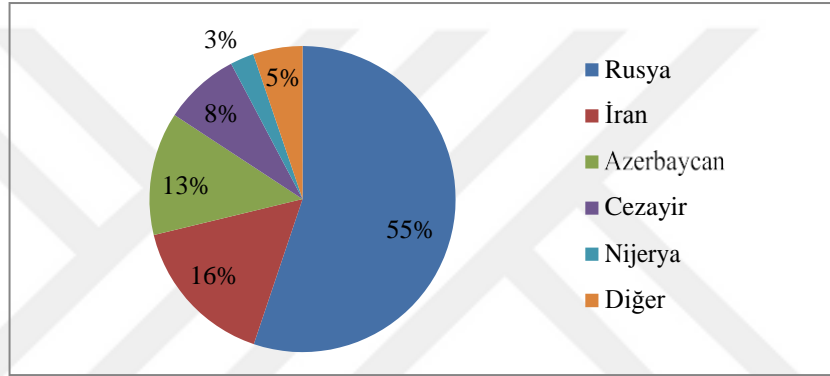
Birincil Enerji Kaynağı		2015		2016 Haziran Sonu	
		Elektrik Üretimi (GWh)	Toplam Üretim İçindeki Payı	Elektrik Üretimi (GWh)	Toplam Üretim İçindeki Payı (%)
KÖMÜR	TAŞKÖMÜRÜ + İTHAL KÖMÜR+ ASFALTİT (a)	42719	16,45	23285	17,73
	LİNYİT (b)	31153	12,00	17874	13,61
SIVI YAKITLAR	FUEL-OIL (c)	3159	1,22	1499	1,14
	MOTORİN (d)	1009	0,39	538	0,41
	LPG (e)	94	0,04	46	0,04
	NAFTA (f)	75	0,03	32	0,02
DOĞALGAZ + LNG ⁽¹⁾ (g)		98193	37,80	40917	31,20
YENİLENEBİLİR + ATIK (h)		1462	0,56	924	0,70
TERMİK (a+b+c+d+e+f+g+h)		177866	68,50	85115	64,81
HİDROLİK		66903	25,80	37427	28,50
RÜZGÂR		11552	4,40	6526	4,97
JEOTERMAL		3369	1,30	2267	1,73
GÜNEŞ		-	-	-	-
GENEL TOPLAM		259690	100,00	131334	100,00

⁽¹⁾LNG: Sıvı doğal gaz.

Tablo 2. 7. Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Türkiye Elektrik Enerjisi Üretimi (GWh) (ETKB 2016, 18)

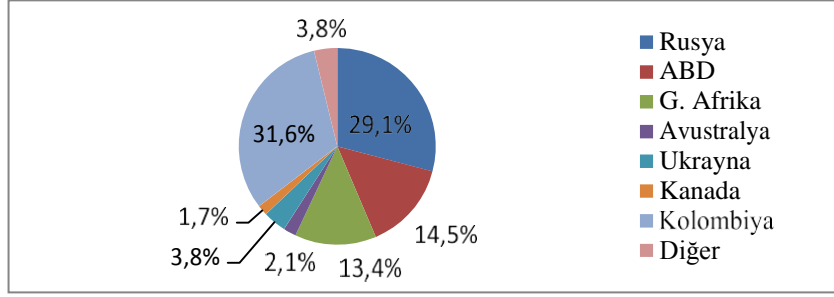
Türkiye elektrik ihtiyacının yarısından fazlasını termik santrallerden sağlamaktadır. Termik santrallerde elektrik üretiminde kullanılan birincil kaynak doğal gaz olduğundan ülke olarak doğal gaza olan bağımlılığımız oldukça kritiktir. 2015 yılında Türkiye yaklaşık 48 milyar cm³ lük doğal gaz ithalatı yapmıştır. Bu ithalatın yaklaşık %55,3'ü Rusya'dan, %16,2'si İran'dan, %12,7'ü Azerbaycan'dan, %8,1'i Cezayir'den, %2,5'si ise Nijerya'dan yapılmaktadır (Şekil 2. 13) (BOTAŞ 2014, 6-7; ETKB 2016: 9).

Şekil 2. 13. Türkiye Doğal Gaz İthalatında Ülkelerin Payları (ETKB 2016, 9)



Termik santrallerde elektrik üretiminde en çok kullanılan ikinci kaynak ise kömürdür. Son yirmi yılda Türkiye kömür ithalatı %290, son on yılda ise %79 oranında artmıştır. 2012 yılında yaklaşık 30 milyon tona çıkan kömür ithalatı, 2013 yılında %8,4 oranında gerileyerek 27,2 milyon tona düşmüştür. 2014 yılında ise ithalat miktarı tekrar artmış 30,2 milyon tona ulaşmıştır. Kömür ithal edilen ülkelerin başında Rusya gelmektedir. Ancak 2014 yılında bir farklılık yaşanarak birinciliğe Kolombiya yerleşmiştir. 2014 yılında Kolombiya'dan 9,4 milyon ton, Rusya'dan ise 8,7 milyon ton kömür ithal edilmiştir. Türkiye ayrıca ABD, Güney Afrika Cumhuriyeti, Ukrayna ve Avustralya'dan da kömür ithal etmektedir (Şekil 2. 14). Artan elektrik talebine karşı kömür ihtiyacının artmaya devam edeceği düşünülmektedir (TÜİK 2016; ETKB 2015, 24-27)

Şekil 2. 14. Türkiye Kömür İthalatında Ülkelerin Payları (ETKB 2015, 24-27)



Enerji sektöründe dörtte üç oranında dışa bağımlı olan Türkiye, elektrik arzının talepten fazla olduğu enerji fazlası durumlarında fazla enerjisini ihraç ederek, aksi durumda ise dışarıdan elektrik satın alarak ülke içerisindeki enerji dengesini sağlamaya çalışmaktadır. 2002 yılına kıyasla 2015 yılında ithalat miktarı yaklaşık 2,3 katına, ihracat miktarı ise yaklaşık 7 katına çıkmıştır. Buna rağmen son yıllarda ihracat rakamları ithalat rakamlarının oldukça gerisinde kaldığı Tablo 2. 8’de açıkça görülmektedir (ETKB, 2016: 15).

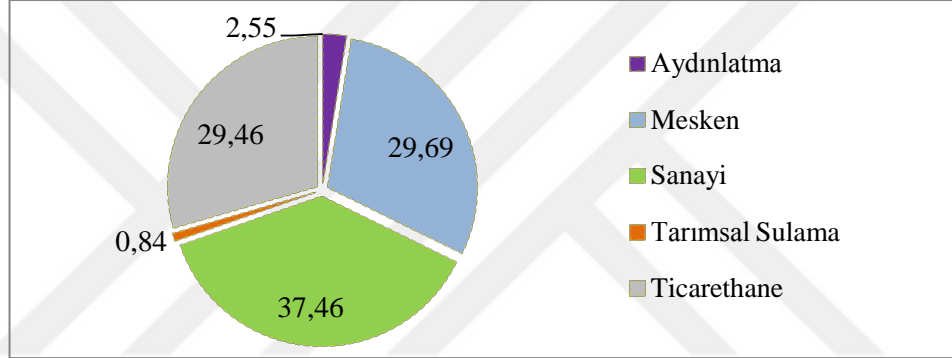
Yıl	Üretim-Tüketim		İthalat	İhracat
2005	1162	Enerji fazlası	636	1798
2006	1663	Enerji fazlası	573	2236
2007	1558	Enerji fazlası	864	2422
2008	333	Enerji fazlası	789	1122
2009	734	Enerji fazlası	812	1546
2010	774	Enerji fazlası	1144	1918
2011	-911	Enerji açığı	4556	3645
2012	-2873	Enerji açığı	5826	2954
2013	-6203	Enerji açığı	7429	1227
2014	-5257	Enerji açığı	7953	696
2015	-4460	Enerji açığı	7411	2951
2016 Haziran Sonu	-2448	Enerji açığı	3047	599

Tablo 2. 8. 2002-2016 Yılları Arası Elektrik Enerjisi İthalat ve İhracat Miktarları (GWh) (ETKB, 2016: 15)

Türkiye elektrik tüketimi tüketici grupları bazında mesken, sanayi, ticarethane, tarımsal sulama ve aydınlatma olarak beş alt sınıfa ayrılmaktadır. Şekil 2. 15'te 2015 yılı tüketici türlerine göre elektrik tüketim oranları görülmektedir.

Tüketimde en yüksek paya %40,87'lik oranla sanayi grubu sahip iken sanayi grubunu %29,63'lük oranla ticarethaneler takip etmektedir. Mesken elektrik tüketimi ise toplam tüketim içinde sahip olduğu %24,76'lık oranla üçüncü sırada yer almaktadır (EPDK 2015).

Şekil 2. 15. 2015 Yılı İçin Tüketici Türüne Göre Elektrik Tüketim Oranları (EPDK 2015)



Artan talebe paralel olarak 2002-2016 yılları arası Türkiye elektrik enerjisi kurulu gücü de artma eğilimindedir. Kurulu güç 2015 yılında yaklaşık 73 bin MW iken 2016 yılı Haziran ayı sonu itibariyle %5,4'lük artışla yaklaşık 77 bin MW'a çıkmıştır (ETKB 2016, 22; Yavuzdemir 2014, 5). Türkiye Kurulu güç kaynaklarına göre incelendiğinde 2002-2016 arası dönemde en büyük artış rüzgar ve jeotermal kaynaklarında gözlenmiştir. 2002 yılında 19,8 MW olan rüzgar kaynaklı kurulu güç 2016 Haziran ayı sonunda 4947 MW'a ulaşmıştır. Jeotermal kaynaklı kurulu güç ise aynı dönemde 41 katına çıkmıştır. Kömür kurulu gücü son 14 yılda yaklaşık 2,5 katına, doğal gaz ve hidrolik kurulu güçleri ise yaklaşık 2 katına çıkmıştır (Tablo 2. 9) (ETKB 2016, 22; TEİAŞ Faaliyet Raporları 2013, 13; 2014, 13; 2015, 13; 2016, 13).

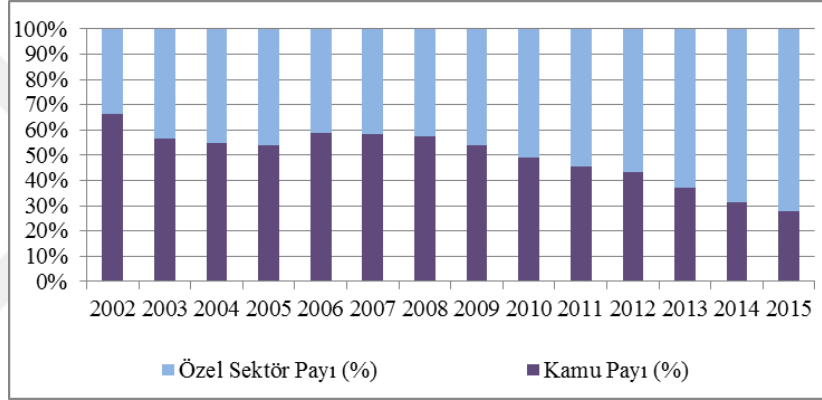
Yıl	Termik			Hidrolik	Rüzgar	Jeotermal	Güneş	Toplam
	Kömür	Doğal	Diğer					
2002	6983	8438	4147	12241	18,90	17,50		31846
2003	8239	10053	4683	12579	18,90	15,00		35587
2004	8296	11349	4500	12645	18,90	15,00	-	36824
2005	9117	12275	4487	12906	20,10	15,00	-	38820
2006	10197	12641	4520	13063	59,00	23,00	-	40502
2007	10097	12853	4322	13395	146,30	23,00	-	40836
2008	10095	13428	4072	13829	363,65	29,80	-	41817
2009	10501	14555	4284	14553	791,60	77,20	-	44761
2010	11891	16112	4276	15831	1320,00	94,20	-	49524
2011	12491	16003	5438	17137	1729,00	114,20	-	52911
2012	12530	17162	5337	19620	2261,00	162,20	-	57072
2013	12428	20253	5967	22289	2760,00	310,80	-	64007
2014	14636	21474	5692	23643	3630,00	404,90	40,20	69520
2015	15078	21259	5566	25868	4503,00	623,90	248,80	73147
2016 Haziran Sonu	16622	22360	5156	26247	4947,00	712,00	505,00	76550

Tablo 2. 9. Türkiye Elektrik Enerjisi Kurulu Gücü (MW) (ETKB 2016, 22; TEİAŞ 2013, 13; 2014, 13; 2015, 13; 2016, 13)

2016 Haziran ayı itibariyle kurulu güç kaynaklarına göre incelendiğinde en yüksek üç kaynağın sırasıyla %34,3 oranıyla hidrolik, %29,2 oranıyla doğal gaz ve %21,7 oranıyla kömür olduğu görülmektedir. Türkiye’de güneş kaynaklı kurulu güç 2014 yılında devreye girmiş olup, özel sektörün büyük yatırımlar yaptığı güneş kaynaklı santrallerin 2016 Haziran sonu itibariyle toplam kurulu güç içindeki oranı %0,7’ye ulaşmıştır.

Türkiye Kurulu gücü kamu ve özel sektör bazında incelendiğinde ise kamu payının giderek azaldığı ve özel sektör yatırımlarının hızla arttığı görülmektedir (Şekil 2. 16). 2002 yılında yaklaşık 32 bin MW olan kurulu gücün %66,1'i kamuya ve %33,9'u özel sektöre aittir. 2010 yılına gelindiğinde toplam kurulu güç içerisinde kamu payı %26 oranında azalarak %48,9 olmuştur. Kamu payındaki bu gerileme devam etmiş ve 2015 yılında özel sektör payı kamu payının yaklaşık 2,5 katına ulaşmıştır. 2016 Haziran itibariyle ise 76550 MW olan toplam kurulu gücün %74'ü özel sektörün kontrolü altındadır (ETKB 2016).

Şekil 2. 16. Türkiye Kurulu Gücünün Kamu ve Özel Sektöre Göre Dağılımı (ETKB 2016,27)



Tablo 2. 10'da bir ailenin aylık ortalama 200 kWh elektrik tüketiminin maliyeti ve bu maliyetin asgari ücret içindeki payı verilmiştir. Bir aile 2002 yılında yaklaşık 165 TL olan gelirinin %20,1'sini elektrik faturasına ayırırken 2016 yılında yalnızca %6,3'ünü ayırmaktadır. Son 14 yılda elektrik tüketim maliyetinin asgari ücret içerisindeki payı gitgide düşmektedir. 2008 krizinden sonra 2009 yılında tüketimin asgari ücret içerisindeki payı tekrar artmış olsa da bu pay 2010 yılı itibariyle tekrar düşüş trendine girmiştir (ETKB 2016, 30).

Elektrik enerjisi üretiminin ve enerji verimliliğinin artması elektrik üretim maliyetini düşürmüştür, bu sayede elektrik faturalarının bireylerin giderleri içerisindeki payı azalmıştır (Tablo 2. 10) (ETKB 2016, 30).

Yıl	Asgari Ücret (Net, TL)	200 kWh'lik Elektrik Tüketimi (TL) *	Asgari Ücret İçindeki Pay (%)
2002	1645	33	20,10
2003	226	36	16,00
2004	303	32	10,40
2005	350	32	9,00
2006	381	32	8,30
2007	403	31	7,80
2008	481	37	7,70
2009	527	501	9,60
2010	577	545	9,40
2011	630	54	8,60
2012	701	59	8,50
2013	773	73	9,40
2014	846	73	8,60
2015	949	80	8,40
2016 Haziran	1301	83	6,30

*Bir ailenin aylık ortalama tüketimi

Tablo 2. 10. 2002-2016 Yılları Arası Asgari Ücret İçinde Elektrik Tüketim Maliyetinin Payı (ETKB 2016, 31)

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK)'nun belirlediği limit üstünde elektrik tüketimi olan tüketicilere elektrik tedarikçilerini seçme ve ucuz elektrik kullanma hakkı tanınmıştır. Bu hakkı kazanmış olan tüketiciler serbest tüketici olarak adlandırılmıştır. Bu limitler her yılın 31 Ocak tarihini geçmeyecek şekilde EPDK'nın hazırladığı ve yayınladığı yönetmeliklerle açıklanmaktadır. Limitin belirlenmesinde EPDK, piyasadaki rekabet durumunu, alt yapı yetersizliklerini ve serbest tüketicilere ait istatistiksel bilgileri dikkate almaktadır (EPDK 2003). İlk kez 2001 yılında adı geçen serbest tüketici uygulaması, 2003 yılında yürürlüğe girmiştir.

Tablo 2. 11'e bakıldığında serbest tüketici limitinin sürekli olarak azaldığı görülmektedir. 2003 yılında 9 milyon kWh olan limit 2007 yılında üçte birine inerek 3000 MWh'a inmiştir. 2007-2011 yılları arası dönemde ise yıllık ortalama %62'lik bir düşüş meydana gelmiştir. 2010 yılında söz konusu limitte yaşanan ortalama %79'luk azalış, aynı yılın Mart-Haziran arası döneminde serbest tüketici sayaç adedinde ani bir yükseliş sağlamıştır (Şekil 2. 17). 2013 yılında 5 MWh olan serbest tüketici limiti 2015 yılında 4 MWh'e düşmüştür. 2016 yılı için 3,6 MWh olarak belirlenen limitin gelecekte sıfır olması amaçlanmaktadır. Böylece tüm tüketicilerin elektriği istedikleri tedarikçiden sağlamalarına imkan tanınmış olacaktır. (EPDK 2012, 25-26; 2013, 9; 2014, 22-23; 2015, 28).

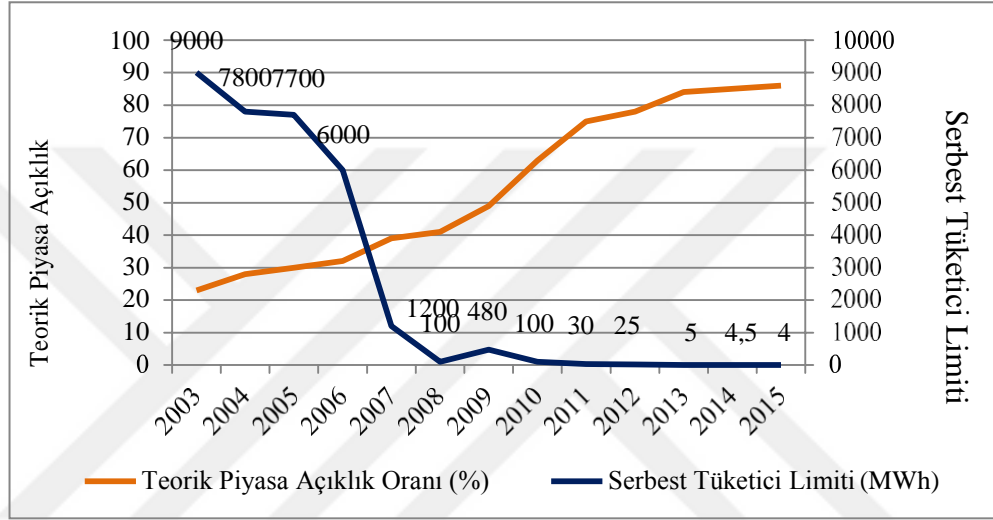
Yıl	Serbest Tüketici Limiti (MWh)	Artış/Azalış (%)
2003	9000	-
2004	7800	13
2005	7700	1
2006	6000	22
2007	3000	50
2008	1200	60
2009	480	60
2010	100	79
2011	30	70
2012	25	17
2013	5	80
2014	4,5	10
2015	4,0	11
2016	3,6	10

Tablo 2. 11. Serbest Tüketici Limitleri (MWh) (EPDK 2012, 25-26; 2013, 9; 2014, 22-23; 2015, 28).

Elektrik piyasasında serbestçe alınıp satılan elektrik miktarının toplam elektrik tüketimine oranına Piyasa Açıklık Oranı denmektedir (Sevaioğlu ve Çal 2010).

2003 yılı itibariyle hızla azalmaya başlayan serbest tüketici limitine bağlı olarak piyasa açıklık oranı artmaya başlamıştır. Şekil 2. 17’de serbest tüketici limitindeki azalış ile piyasa açıklık oranı arasındaki ilişki görülmektedir. Yıllık 5 MWh’ın üstünde elektrik tüketimi yaparak serbest tüketici olmaya hak kazanılan 2013 yılında piyasa açıklık oranı %84’e ve 2015 yılında %86’ya ulaşmıştır (RK 2015, 30-32).

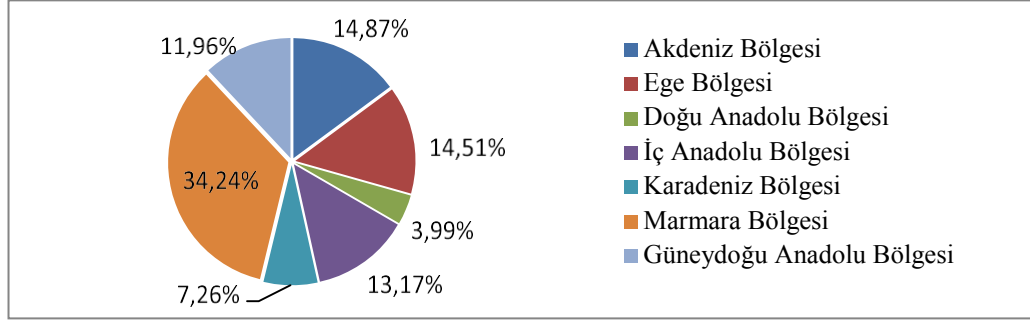
Şekil 2. 17. 2003-2015 Yılları Arası Teorik Piyasa Açıklık Oranları (%) ve Serbest Tüketici Limitleri (MWh) (RK 2015, 30-32)



2. 3. Türkiye’de Bölgelere ve İllere Göre Elektrik Tüketimi

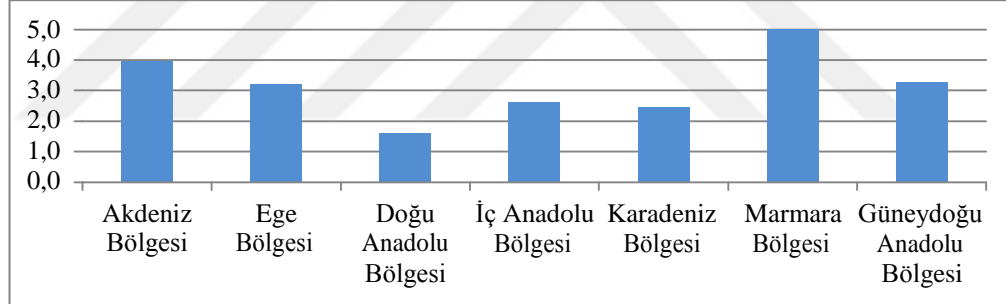
Türkiye elektrik tüketimi farklı ekonomik, demografik yapılar ve hava koşulları nedeniyle bölgeden bölgeye ve ilden ile farklılık göstermektedir. 2015 yılında en yüksek elektrik tüketimi %34,24 ile Marmara Bölgesinde gerçekleşmiş, onu %14,87 ile Akdeniz Bölgesi ve %14,51 ile Ege Bölgesi takip etmiştir (Şekil 2. 18). Elektrik tüketiminde en düşük paya sahip olan bölge ise Doğu Anadolu ve Karadeniz bölgeleridir (EİGM 2015b, 72-84).

Şekil 2. 18. 2015 Yılı Bölgelere Göre Elektrik Tüketim Yüzdeleri (EİGM 2015b, 72-84)



Şekil 2. 19'a bakıldığında bölgelere göre kişi başı elektrik tüketimlerinde ilk sırayı Marmara bölgesi almaktadır. Marmara Bölgesini sırasıyla Akdeniz, Ege, Güneydoğu Anadolu, İç Anadolu, Karadeniz ve Doğu Anadolu Bölgeleri takip etmektedir. Marmara Bölgesi kişi başı elektrik tüketimi 5,0 MWh iken Doğu Anadolu Bölgesi kişi başı elektrik tüketimi 1,6 MWh'tır (EİGM 2015b, 72-84).

Şekil 2. 19. 2015 Yılı Bölgelere Göre Kişi Başı Elektrik Tüketimleri (MWh) (EİGM 2015b, 72-84)



Kişi başı elektrik tüketimi, miktarlarına göre dört farklı gruba ayrılmıştır.

Bunlar:

1-Ortalama Üstü Seviye: Bu gruba kişi başı elektrik tüketimi sırasıyla 5,0 MWh ve 3,9 MWh olan Marmara ve Akdeniz Bölgeleri girmektedir. Marmara Bölgesinde yer alan yoğun sanayi bölgeleri ve turistik alanlar kişi başı elektrik tüketimini artırmaktadır. Akdeniz Bölgesinde ise turizm başta olmak üzere sanayi, tarım ve hayvancılık faaliyetleri tüketimi artırıcı etki yapmaktadır (EİGM 2015b, 75-76).

2-Ortalamaya Yakın Seviye: Bu gruba kişi başı elektrik tüketimi yaklaşık 3,2 MWh olan Ege ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri girmektedir. Ege Bölgesinde elektrik tüketimine en büyük etki yüksek kapasiteli sanayi tesislerine aittir. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde ise turizm faaliyetleri yanı sıra Gaziantep ilindeki sanayi bölgesi kişi başı tüketimi artırmaktadır.

3-Ortalama Altı Seviye: Kişi başı elektrik tüketimi sırasıyla 2,6 MWh ve 2,5 MWh olan İç Anadolu ve Karadeniz Bölgeleri bu gruba girmektedir.

4-Ortalamanın Çok Altında Olan Seviye: Bu gruba kişi başı elektrik tüketimi 1,6 MWh olan Doğu Anadolu Bölgesi girmektedir. Bu bölgede sanayi grubu tüketimi oldukça düşüktür.

Elektrik tüketimi bölgeden bölgeye olduğu gibi ilden ile göre de farklılık göstermektedir. Bu durumun temel sebebi illerde bulunan sanayi tesislerinin büyüklük ve yoğunluklarıdır. Türkiye’de kişi başı elektrik tüketimi en yüksek olan bölge Marmara olmasına karşın, bu bölgede yer alan tüm iller ortalama üstü kişi başı tüketime sahip değillerdir. Örneğin, 2015 yılı İstanbul ili kişi başı elektrik tüketimi 2,7 MWh olup ortalama altı gruba dahildir. Demir-çelik ve çimento fabrikaları yer alan Kocaeli ise kişi başı 7,7 MWh elektrik tüketimi ile Türkiye’de kişi başı elektrik tüketiminde ilk sıradadır (EİGM 2015b, 75-76).

2. 4. Türkiye Elektrik Talebinde Dönemsel Değişimler

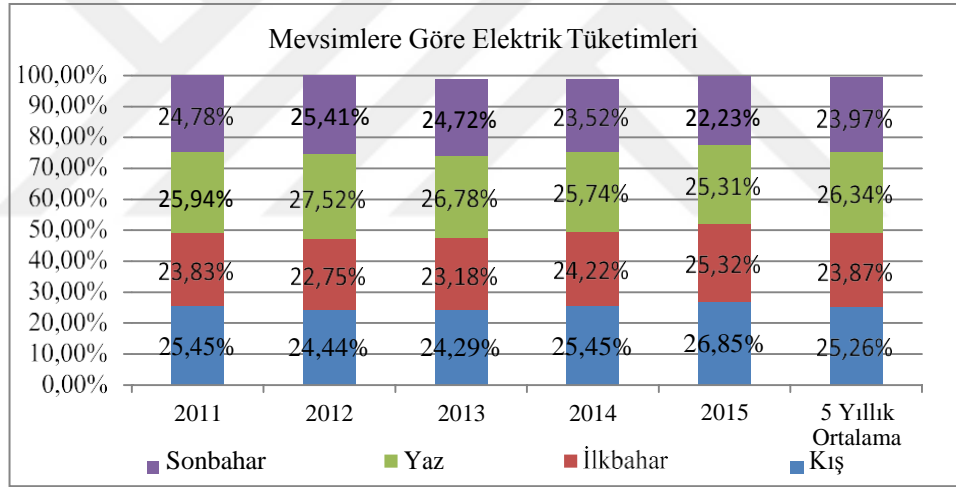
Günlük hayatın vazgeçilmezlerinden olan elektrik enerjisine olan talep günlük, haftalık ve aylık olarak farklılık göstermektedir. Uzun dönemde ekonomik olaylar, sanayi ve teknolojiadaki gelişim ve değişimlerden önemli ölçüde etkilenen elektrik tüketimi; kısa dönemde daha çok sıcaklık, nem, güneşlenme süresi vb. meteorolojik etkenler ile tatil, bayram, iş günleri gibi faktörlerden etkilenmektedir.

Elektrik tüketimi uzun ve kısa vadede farklı ekonomik, meteorolojik ve demografik etkilerden etkilenmekteyken her tüketim grubunun bu faktörlerden etkilenme durumları da değişiklik göstermektedir. Örneğin sanayi elektrik tüketimi mevsim etkisinden fazla etkilenmemekte, ısıtma ve soğutma kaynaklı tüketim farkı düşük düzeyde olmaktadır. Bu gruba ait elektrik tüketimi büyük ölçüde ekonomide ve teknolojiye meydana gelen değişimlerden etkilenmektedir. Mevsimselliğin en çok etkisini gösterdiği tüketici grubu meskenlerdir. Elektrik enerjisi yaz aylarında soğutma ve kış aylarında ısıtma amacıyla kullanıldığından tüketim miktarı aylara göre dalgalanmaktadır. Yaz aylarında soğutma amacıyla klima kullanımı, kış aylarında ise elektrikli ısıtıcı ve klimaların kullanımı artmaktadır. Ancak, ısıtma amacıyla alternatif kaynakların olması (doğal gaz, kömür vb.) yaz aylarındaki tüketimin kış aylarından daha fazla olmasına sebep olmaktadır. Mevsimselliğin oldukça etkili olduğu diğer bir grup ise tarımsal sulamadır. Bu grubun elektrik tüketimi diğer gruplara kıyasla düşük olmasına (2015 yılı verilerine göre Türkiye elektrik tüketiminin %24,8'i mesken, %40,9'u sanayi, %2,5'i tarımsal sulama, %29,6'sı ticarethane ve kalanı aydınlatma grubuna aittir (EPDK 2015, 15).) karşın mevsim değişimlerinden büyük ölçüde etkilenmektedir. Ticarethane grubu ise hem mevsimsel hem de ekonomik değişimlerden etkilenmektedir (EİGM 2015a, 4-9).

Elektrik tüketimi ülkelerin farklı coğrafi konumlarına göre de farklılık göstermektedir. Örneğin kış döneminde oldukça soğuk olan Norveç, Danimarka gibi kuzey ülkelerinde kış aylarında elektrik tüketimi en yüksek değerlerine ulaşırken, Suudi Arabistan, Libya gibi yaz ayları çok sıcak olan ülkelerin tüketimleri yaz aylarında en yüksek değerlerine ulaşmaktadır. Mevsimler arası sıcaklık farklarının yüksek olmadığı Türkiye gibi ülkelerde ise yaz ve kış aylarında tüketim miktarları büyük değişimler göstermemektedir (EİGM 2015a, 4-9).

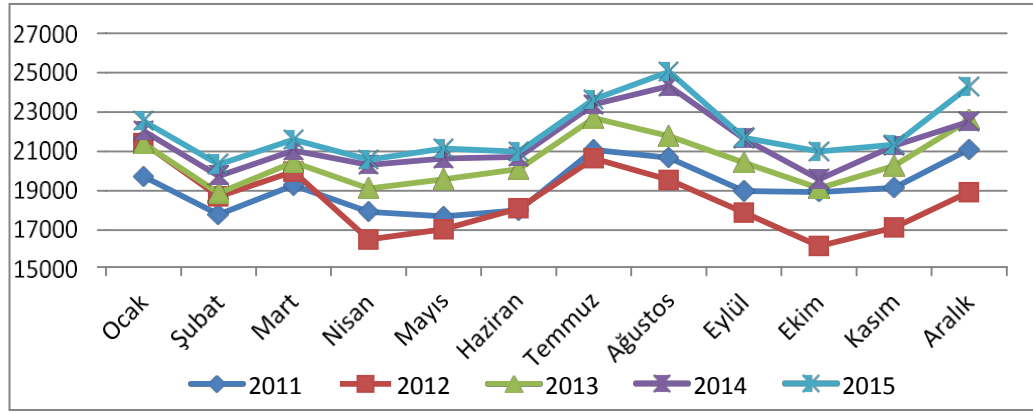
Türkiye’de mevsimler bazında elektrik tüketimlerine bakıldığında en yüksek elektrik tüketimin yaz aylarında olduğu görülmüştür. Şekil 2. 20’de, Türkiye için 2011-2015 yılları arası elektrik tüketiminin ortalama %26,1’inin yaz aylarında, %25,0’inin kış aylarında, %23,8’inin sonbahar aylarında ve %23,7’sinin ilkbahar aylarında olduğu hesaplanmıştır. Yaz aylarında klima kullanımı, ticarethane ve tarımsal sulama elektrik tüketimini artırırken, gün ışığından diğer mevsimlere kıyasla daha çok yararlanılması bu aylarda elektrik tüketimine azaltıcı yönde etki etmektedir. Kış aylarında ise günlük güneşlenme süresindeki azalma elektrik tüketimini artırıcı yönde etkilemektedir (EİGM 2015a, 4-9).

Şekil 2. 20. 2011-2015 Yılları Arası Mevsimlere Göre Elektrik Tüketim Yüzdeleri (EPDK 2012, 15; 2014, 8; 2015, 3; 2016, 3; EPIAŞ 2016)



2011-2015 yılları arası aylar bazında ortalama elektrik tüketimleri incelendiğinde (Şekil 2. 21) en yüksek tüketimin sırasıyla Temmuz, Ağustos ve Aralık aylarında gerçekleştiği görülmüştür. Aynı dönemde en düşük elektrik tüketimi ise Nisan ayında gerçekleşmiştir. 2015 yılı aylık olarak değerlendirildiğinde en yüksek elektrik tüketiminin Ağustos (%9,48) ve Aralık (%9,19) aylarında, en düşük tüketimin ise Şubat (%7,69) ayında gerçekleştiği görülmüştür (EİGM 2015a, 4-9).

Şekil 2. 21. 2011-2015 Yılları Arası Aylık Elektrik Tüketimleri (GWh) (EPDK 2012, 15; 2014, 8; 2015, 3; 2016, 3; EPIAŞ 2016)



Elektrik tüketimi günler bazında da sosyal ve ekonomik aktivitelere bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Elektrik tüketimi yüksekten düşüğe doğru sırasıyla Perşembe, Çarşamba, Salı, Cuma, Pazartesi, Cumartesi ve Pazar günlerinde gerçekleşmiştir. Elektrik tüketiminde Perşembe günü ile Pazar günü payları arasında %2,76'lık fark mevcuttur. Ancak, günlük elektrik tüketim miktarları mevsimlere göre farklılık gösterebilmektedir. Devlet kurumları, sanayi tesisleri, bazı ticarethanelerde iş günleri sebebiyle hafta içi olması, hafta içi tüketilen ortalama elektriğin (%14,74) hafta sonundan (%13,12) daha yüksek olmasına sebep olmaktadır. Hafta sonu günleri kendi içinde kıyaslanacak olursa elektrik enerjisi tüketiminin Cumartesi günleri Pazar günlerinden daha yüksek olduğu görülmüştür (EİGM 2015a, 4-9).

2. 5. Dünyada ve Türkiye'de Kişi Başı Elektrik Tüketimi

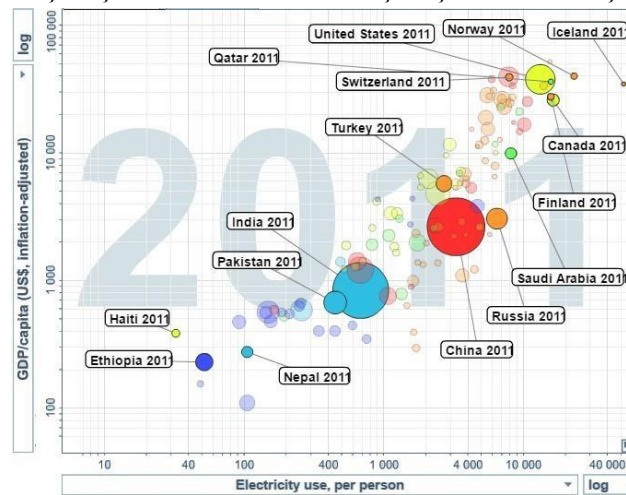
Kişi başı elektrik tüketimi bir ülkedeki yaşam kalitesini gösteren önemli göstergelerden biridir. Dünyada kişi başı elektrik tüketiminin en yüksek olduğu bölge İskandinav ülkeleridir (WB 2016).

Bu ülkeler (2011 yılı verilerine göre) içinde ilk sırada kişi başı elektrik tüketimi yaklaşık 52 MWh olan İzlanda yer almaktadır. İzlanda'yı yaklaşık 23 MWh ile Norveç, 16 MWh ile Kanada ve Katar, 15 MWh ile Finlandiya ve 13 MWh ile ABD takip etmektedir (WB 2016).

Dünya genelinde en düşük kişi başı elektrik tüketimi ise Afrika, Latin Amerika, Güney Asya ve Doğu Avrupa ülkelerinde gerçekleşmektedir. 2011 yılında kişi başı elektrik tüketimi Haiti'de 32 kWh, Etiyopya'da 52 kWh, Tanzanya'da 92 kWh, Bangladeş'te 259 kWh'tır (WB 2016).

Kişi başı elektrik tüketimi yüksek olan ülkelere bakıldığında bu ülkelerin kişi başı milli gelirlerinin 40 bin \$'ın üzerinde olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra kişi başı elektrik tüketimi düşük olan ülkeler Şekil 2. 22'de görüldüğü gibi düşük milli gelire sahip olmakla beraber az gelişmiş ülkeler kategorisine girmektedirler. Türkiye ise kişi başı milli geliri yaklaşık 5700 \$ ve kişi başı elektrik tüketimi yaklaşık 2,7 MWh ile gelişmekte olan ve gelişmiş ülkeler düzeyinin altında kalmıştır (Gapminder 2016).

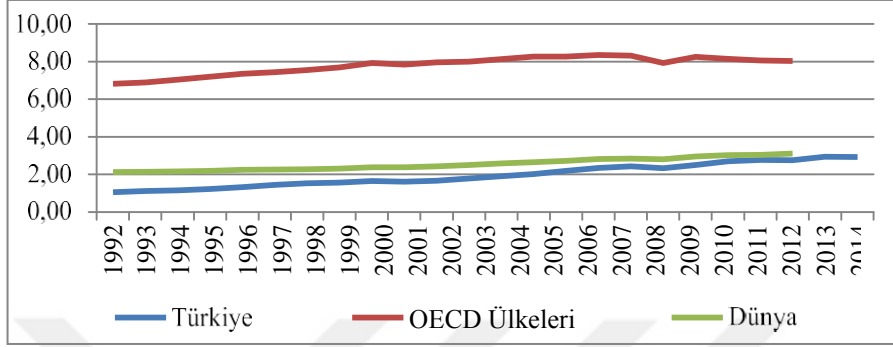
Şekil 2. 22. Dünyada Kişi Başı Elektrik Tüketimi ile Kişi Başı Milli Gelir İlişkisi (Gapminder 2016)



Şekil 2. 23'e bakıldığında Türkiye'de kişi başı elektrik tüketiminin hem OECD ülkelerinden hem de dünya ortalamasından düşük olduğu görülmektedir.

Türkiye için 1992 yılında kişi başı elektrik tüketimi yaklaşık bir MWh iken 2015 yılında yaklaşık 3 katına çıkmış ve dünya ortalamasını yakalamayı başarmıştır (WB 2016).

Şekil 2. 23. 1992-2015 Yılları Arası Kişi Başı Elektrik Tüketim Miktarları (MWh) (WB 2016)



2. 6. Türkiye Elektrik Sektörünün Tarihsel Gelişimi

Dünyada 19. yüzyılın sonlarında kullanılmaya başlanan elektrik enerjisi, Türkiye’de ilk defa 1902 yılında Mersin’in Tarsus ilçesinde sokak aydınlatması amacıyla kullanılmıştır. Avusturyalı Dörfler tarafından Berdan Nehri Bentbaşı bölgesinde değirmen miline bağlanan 2 kW gücünde dinamodan elde edilen elektrik 1910 yıllarında evlere dağıtılmaya başlamıştır (Uzun 2013, 49-55; TETAŞ 2014, 4-13).

1913 yılında İstanbul’da, Avusturya-Macaristan sermayeli Ganz Electric Company tarafından 18 kW güce sahip ilk termik santral kurulmuştur. Bu santralden üretilen enerji İstanbul tramvayların çalıştırılması, Dolmabahçe Sarayı ve bazı caddelerin aydınlatılması amacıyla kullanılmıştır (Uzun 2013, 49-55).

1923 yılında yapılan İzmir İktisat Kongresi’nde elektrik şebekelerinin geliştirilmesi gerektiğine değinilmiştir. Aynı yıl Adapazarı’na elektrik verilmeye başlanmış, devam eden süreçte sırasıyla Ankara, Adana, Artvin, İnebolu, Akşehir, Mersin ve Trabzon illeri elektrik ile tanışmıştır.

1926 yılında Aksaray, Ayvalık, Bursa, İzmit, Konya, Kütahya, Malatya, Sivas ve İstanbul Anadolu yakasına elektrik verilmiştir (Uzun 2013, 49-55; TETAŞ 2014, 4-13).

1929 yılı öncesi dönemde elektrik enerjisine dair yatırımlar yabancı sermaye elindeyken 1929 yılında yaşanan ekonomik bunalım söz konusu şirketlerin etkinliğini azaltmıştır. Bunun sonucu olarak devlet altyapı, iletim ve dağıtım çalışmalarında rol alma kararı almıştır. 1935 yılında ilk devlet işletmeciliği Etibank'ın kurulmasıyla başlamış; 1948 yılında tamamlanan tüm hidroelektrik ve termik santraller Türkiye elektrik sistemine dahil edilmiştir (TETAŞ 2014, 4-13).

Uzun süren savaş ortamından yeni çıkan Türkiye'nin 1924-1950 yılları arasında hızla artan nüfus ve ekonomik aktivitelere paralel olarak elektrik tüketimi de artmıştır. Bu dönem için Türkiye üretim ve tüketim miktarları tam olarak bilinmemesi de elektrik ithalat ve ihracatı yapılmadığından brüt elektrik üretim ve tüketiminin eşit miktarda olduğu kabul edilmektedir. Aynı dönemde nüfus artış oranı 1927 yılı ve 1941-1945 yıllarında sabit olmakla birlikte genellikle artma eğilimindedir. Elektrik üretimine bakıldığında ise 1942 yılı hariç dalgalanan bir artış gözlenmektedir. Bu dalgalanmanın temel sebebi alt yapı yatırımlarının farklı oranlarda artış göstermesidir (Uzun 2013, 49-55).

1950'li yıllarda II. Dünya Savaşı sonrasında küresel ölçekte gerçekleşen ekonomik hareketlilik Türkiye ekonomisini etkilemiş, elektrik üretim ve tüketim miktarları da artmıştır. Bu dönemde Seyhan ve Sarıyer Barajı ile Tunçbilek Termik Santrali devreye alınmıştır (TETAŞ 2014, 4-13).

1951-1975 yılları arası dönemde Türkiye nüfus ve elektrik üretimi sırasıyla yıllık ortalama %2,6 ve %12,7 oranlarında artmıştır (Tablo 2. 12) (TÜİK 2014, 226-227).

Belirtilen dönemler içerisinde çift haneli büyüme oranlarıyla artan elektrik tüketimi 1960 yılında meydana gelen askeri darbe ile tek haneli büyüme oranına gerilemiş ancak 1962 yılında artış oranı önceki seyrine geri dönmüştür (Uzun 2013, 49-55).

Yıllara	Nüfus Artışı (%)	Brüt Elektrik Üretim Artışı (%)
1951	2,61	12,46
1955	2,81	12,64
1959	2,89	12,33
1960	2,90	8,80
1961	2,63	6,96
1965	2,49	11,27
1969	2,55	5,80
1970	2,55	17,51
1971	2,53	13,43
1972	2,53	14,93
1973	2,53	10,53
1974	2,53	8,47
1975	1,40	15,90

Tablo 2. 12. 1951-1975 Dönemi Türkiye Nüfus ve Brüt Elektrik Üretim Artış Oranları (%) (Uzun 2013, 49-55)

Birinci (1963-1967) ve İkinci (1968-1972) Beş Yıllık Kalkınma Planlarını kapsayan dönemde elektrik ile ilgili tüm faaliyetlerin tek bir çatı altında toplanması hedeflenmiştir. Bu amaç doğrultusunda 1970 yılında Türkiye Elektrik Kurumu (TEK) kurulmuş ve bu kuruma elektrik üretim, iletim, dağıtım ve ticaretini yapma sorumlulukları verilmiştir (TETAŞ 214, 4-13). TEK, 1986 yılında ülkedeki tek yetkili kurum haline gelmiştir. Beşinci Beş Yıllık Kalkınma Planı'yla (1985-1989) hizmetlerin daha etkin ve verimli olabilmesi için söz konusu kurumun özelleştirilmesi konusu gündeme gelmiştir. 1994 yılında TEK, Türkiye Elektrik Üretim A.Ş. (TEAŞ) ve Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. (TEDAŞ) olarak ikiye ayrılmıştır. 1970 yılında yaklaşık 35 milyon 600 kişi olan Türkiye nüfusu 1995 yılında yaklaşık 1,8 katına çıkarak 60 milyona ulaşmıştır. Elektrik tüketimi ise 1970 yılında 7 bin 300 GWh iken 9,6 katına çıkarak 67 bin 394 GWh'e ulaşmıştır (Uzun 2013, 49-55; TÜİK 2014, 226-227).

2000 yılında Türkiye elektrik mevzuatını Avrupa Birliği (AB) müktesebatına uyumlu hale getirmek amacıyla sektörde yeni bir yapılandırmaya gidilmiştir. 2001 yılında sektörde serbest piyasa düzenine geçmek, serbest rekabet ortamı oluşturmak ve üretim, iletim, toptan satış ve dağıtım için birbirinden bağımsız kamu şirketleri kurmak amacıyla TEAŞ'ın özelleştirilmesine karar verilmiştir. Bu amaçlarla, aynı yıl TEAŞ, Türkiye Elektrik İletim A.Ş (TEİAŞ), Elektrik Üretim A.Ş (EÜAŞ) ve Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt A.Ş (TETAŞ) unvanlarıyla birbiriyle organik ilişkisi olmayan bağımsız kuruluşlara ayrılmıştır. EÜAŞ, Türkiye enerji ve ekonomi politikalarına uygun olarak elektrik üretimi; TEİAŞ üretilen elektriğin tüm iletim faaliyetleri ve TETAŞ elektriğin toptan satışı ile görevli kamu kuruluşlarıdır (Uzun 2013, 49-55; EPDK 2013).

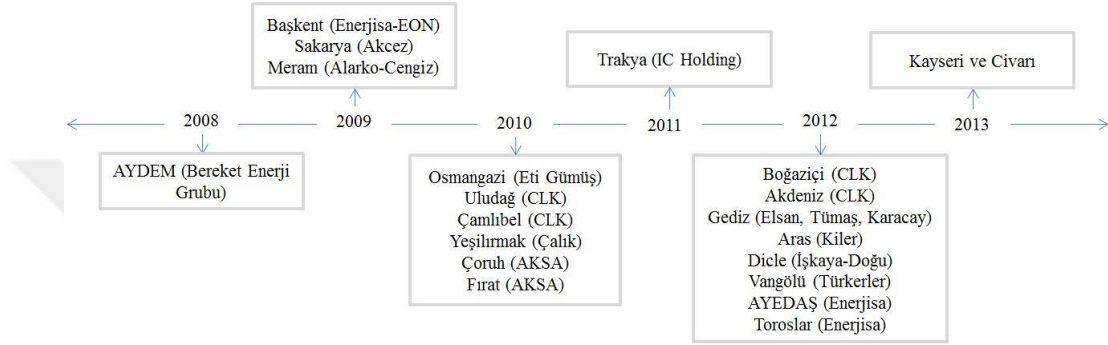
Türkiye'nin en büyük kamu teşebbüslerinden biri olan ve sahip olduğu dağıtım şirketleri ile elektrik dağıtım, perakende satış ve perakende satış hizmeti veren TEDAŞ'ın 2001 yılı sonrasında sektörde yapılan reformlar kapsamında özelleştirilmesi gündeme gelmiş, 2004 yılında TEDAŞ özelleştirme kapsam ve programına dahil edilmiştir. Özelleştirme ile temel olarak ekonomide verimliliği artırma ve kamu giderlerini azaltma amaçlarının yanı sıra kayıp kaçakları azaltma, dağıtım hizmetindeki kaliteyi artırma, elektrik enerjisinde düşen kaliteyi yükseltme, yatırım ve finansman sıkıntılarını çözümler bulma amaçları güdülmektedir. (Ertlav ve Aktel 2015, 95-108) 2001 yılında ayrıca Türkiye elektrik piyasasında gerekli düzenlemeleri yapmak amacıyla Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) kurulmuştur. Günümüzde elektrik piyasasındaki düzenlemelere ek olarak doğal gaz, petrol ve LPG piyasalarını düzenleme görevini de üstlenmiştir. (EPDK 2013).

2005 yılında yaklaşık 70 milyon olan Türkiye nüfusu 2010 yılında %5,7 artarak yaklaşık 74 milyona ulaşmıştır.

2008 yılında yaşanan kriz sonucu 2009 yılında elektrik tüketimi %3 azalmış, ancak bir sonraki yıl tüketim artmaya devam etmiştir. 2010 yılı itibariyle Türkiye elektrik tüketimi yıllık 210 bin GWh olarak gerçekleşmiştir (TÜİK 2014) .

2013 yılında TEDAŞ'ın özelleştirme süreci sonlanmış ve Türkiye 21 dağıtım bölgesine ayrılmıştır (Şekil 2. 24).

Şekil 2. 24. Dağıtım Özelleştirme Süreci (RK 2015, 30-32)



İlk kez 2001 yılında bahsi geçen ve 2004 yılında özelleştirme kapsamına giren TEDAŞ'ın 2013 yılı itibariyle ayrıldığı elektrik dağıtım bölgeleri Harita 2. 1'de verilmiştir.

Harita 2. 1. Türkiye'deki Elektrik Dağıtım Bölgeleri ve Dağıtım Şirketleri (EİGM 2016)



Tablo 2. 13'e bakıldığında en yüksek elektrik tüketimine sahip dağıtım şirketi İstanbul ili Avrupa Yakası'nda faaliyet gösteren Boğaziçi Elektrik Dağıtım A.Ş (BEDAŞ)'dir. BEDAŞ, tek başına Türkiye elektrik dağıtımının %14.79'unu yapmaktadır. İkinci sırada ise Ankara başta olmak üzere Kırıkkale, Zonguldak, Bartın, Karabük, Çankırı ve Kastamonu illerine elektrik dağıtım hizmeti veren Başkent Elektrik Dağıtım A.Ş yer almaktadır. Başkent EDAŞ'ı küçük bir pay farkı ile Gediz Elektrik Dağıtım A.Ş takip etmektedir. 21 dağıtım bölgesi içinde en düşük tüketim oranına sahip şirket ise Bitlis, Hakkari, Muş ve Van'a enerji veren Vangözü Elektrik Dağıtım A.Ş'dir. (TEDAŞ 2016)

Dağıtım Şirketi	Görev İlleri	Toplam Tüketimdeki Pay (%)
Boğaziçi Elektrik Dağıtım A.Ş	İstanbul ili Avrupa Yakası	14,8
Başkent Elektrik Dağıtım A.Ş.	Ankara, Kırıkkale, Zonguldak, Bartın, Karabük, Çankırı, Kastamonu	8,7
Gediz Elektrik Dağıtım A.Ş.	İzmir, Manisa	8,6
Toroslar Elektrik Dağıtım A.Ş.	Adana, Gaziantep, Hatay, Mersin, Osmaniye, Kilis	8,1
İstanbul Anadolu Yakası Elektrik Dağıtım A.Ş.	İstanbul ili Anadolu Yakası	6,8
Uludağ Elektrik Dağıtım A.Ş.	Balıkesir, Bursa, Çanakkale, Yalova	6,6
Sakarya Elektrik Dağıtım A.Ş.	Sakarya, Bolu, Düzce, Kocaeli	5,3
Meram Elektrik Dağıtım A.Ş.	Kırşehir, Nevşehir, Niğde, Aksaray, Konya, Karaman	4,8
Akdeniz Elektrik A.Ş.	Antalya, Burdur, Isparta İl sınırları	4,8
Aydem Elektrik Dağıtım A.Ş.	Denizli, Aydın, Muğla	4,8
Trakya Elektrik Dağıtım A.Ş.	Edirne, Kırklareli, Tekirdağ	4,0
Osmangazi Elektrik Dağıtım A.Ş.	Eskişehir, Afyon, Bilecik, Kütahya, Uşak	3,7
Dicle Elektrik Dağıtım A.Ş.	Diyarbakır, Şanlıurfa, Mardin, Batman, Siirt, Şırnak	3,5

Tablo 2. 13. (Devamı)		
Dağıtım Şirketi	Görev İlleri	Toplam Tüketimdeki Pay (%)
Yeşilirmak Elektrik Dağıtım A.Ş.	Samsun, Amasya, Çorum, Ordu, Sinop	3,3
Akedaş Elektrik Dağıtım A.Ş.	Kahramanmaraş, Adıyaman	2,4
Çoruh Elektrik Dağıtım A.Ş.	Trabzon, Artvin, Giresun, Gümüşhane, Rize	2,1
Fırat Elektrik Dağıtım A.Ş.	Elazığ, Bingöl, Malatya, Tunceli	2,0
Aras Elektrik A.Ş.	Erzurum, Ağrı, Ardahan, Bayburt, Erzincan, Iğdır, Kars	1,9
Çamlıbel Elektrik Dağıtım A.Ş.	Sivas, Tokat, Yozgat	1,6
Kayseri ve Civarı Elektrik T.A.Ş.	Kayseri	1,3
Vangözü Elektrik Dağıtım A.Ş.	Bitlis, Hakkari, Muş, Van	0,9

Tablo 2. 13. Türkiye Elektrik Dağıtım Şirketleri, Görev İlleri ve 2013 Yılı Elektrik Tüketim Miktarları (TEDAŞ 2016)

Enerji piyasalarının etkin, şeffaf ve güvenilir bir şekilde planlanması, kurulması, geliştirilmesi ve işletilmesi amacıyla 2015 yılında Elektrik Piyasaları İşletme A.Ş (EPIAŞ) kurulmuştur. EPIAŞ, elektrik piyasasında katılımcılar arasında ayırım gözetilmeksizin güvenilir elektrik fiyatı oluşturma ve likiditeyi en üst seviyeyi taşıma amacı gütmektedir (EPDK 2013, 11993-11994).

2010-2015 arası dönemde Türkiye elektrik üretimi %23 artarak yaklaşık 260 bin GWh'e ve tüketimi %25 artarak yaklaşık 264 bin GWh' yükselmiştir. 2016 Haziran ayı itibariyle ise yaklaşık 133 bin 800 GWh tüketim ve 133 bin 300 GWh üretim meydana gelmiştir.

BÖLÜM III

LİTERATÜR

Enerji talebinin anlamlı ve doğru bir şekilde tahmin edilmesi amacıyla geçmişte birçok farklı tahmin yöntemi ve değişken kullanılmıştır.

Akan ve Tak (2003), Türkiye elektrik enerjisi talebini incelemiş ve beş yıllık bir süre için talep projeksiyonunda bulunmuşlardır. Çalışmanın ilk aşamasında, Türkiye için toplam ve tüketici grupları bazında elektrik talep tahmin modelleri en EKK yöntemi kullanılarak oluşturulmuş, ikinci aşamada ise kurulan modeller için üç farklı senaryo varsayımı yapılarak 2001-2005 yılları arası elektrik enerjisi talebi öngörülmüştür. Veri olarak 1970-2000 yılları arası elektrik tüketim miktarları, elektrik fiyatları, gayri safi milli hasıla (GSMH), nüfus, bina serisi ve elektrikli ev aletleri üretim serisi kullanılmıştır. Türkiye için toplam elektrik enerjisi talep modeli oluşturulurken kişi başı gelir ve elektrik tüketim değerleri kullanılmıştır. 1970-2000 dönemi için düşük senaryoda yıllık ortalama %3'lük, orta senaryoda %4,5'lik ve yüksek senaryoda %6'lık büyüme varsayılmıştır. Türkiye için nüfus projeksiyonları kullanılarak kişi başı gelir hesaplanmış ve modele dahil edilmiştir. 2005 yılında Türkiye elektrik talebinin düşük senaryoda yaklaşık 127 bin GWh, orta senaryoda 138 bin GWh ve yüksek senaryoda 150 bin GWh olacağı öngörülmüştür.

Hamzaçebi (2007), Türkiye net elektrik tüketimini sektörler bazında tahmin eden bir yapay sinir ağı modeli oluşturmuştur. Elektrik tüketimi sanayi, mesken, tarım ve ulaşım olmak üzere dört alt başlık altında incelenmiştir.

Analizlerde 1970-2004 yılları arası yıllık veriler kullanılmış, 2020 yılına kadar yıllık elektrik talebi öngörülmüştür. Oluşturulacak YSA için 1970-1997 dönemi verileri eğitim, 1998-2002 dönemi verileri doğrulama ve 2003-2004 dönemi verileri test amacıyla kullanılmıştır. MATLAB programında 4 giriş nöronu, 2 gizli katmanı ve 4 çıktı nöronu olan bir modeli kurulmuştur. Test aşaması sonrasında 2003 ve 2004 yılları için sektörel bazda tahmin sonuçları ile gerçekleşen tüketim değerleri kıyaslanmıştır. Mesken elektrik tüketimi 2003 yılında %2,88 sapma ile yaklaşık 54 bin GWh ve 2004 yılında %3,65 sapma ile yaklaşık 59 bin GWh olarak tahmin edilmiştir. Sanayi sektörü elektrik tüketimi 2003 yılında %0,13 sapma ile yaklaşık 54 bin GWh ve 2004 yılında %2,12 sapma ile yaklaşık 58 bin GWh olarak öngörülmüştür. Tarımsal elektrik tüketimi 2003 ve 2004 yılları için ortalama %3,56 sapma ile ulaşım sektörü elektrik tüketimi ise ortalama %23,59 sapma ile tahmin edilmiştir. YSA sonuçları, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı projeksiyonları ile kıyaslandığında Hamzaçebi (2007) tarafından kurulan modelin çok daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Tahmin sonuçları Türkiye elektrik talebinin her sektör için 2020 yılına kadar sürekli artacağını göstermektedir. 2020 yılında sanayi sektörü tüketiminin yaklaşık 219 bin GWh'e, mesken tüketiminin yaklaşık 257 bin GWh'e, tarımsal tüketimin yaklaşık 19 bin GWh'e ve ulaşım sektörü tüketiminin yaklaşık 4 bin GWh'e ulaşacağı öngörülmüştür. Toplamda Türkiye elektrik talebinin 2005-2020 yılları arasında ortalama yıllık %9,2 oranında artacağı öne sürülmüştür.

Akay ve Atak (2007), Türkiye elektrik tüketimini gri tahminleme yöntemi ile öngörmüşlerdir. Çalışmalarında 1970-2004 dönemi için yıllık frekansta sanayi sektörü ve toplam elektrik tüketimleri veri olarak kullanılmıştır. Kurulan modeli doğrulamak amacıyla öngörüler gerçekleşen tüketim değerleri ile kıyaslanmıştır.

1997-2004 yılları Türkiye toplam elektrik tüketimi için yıllık ortalama %3,43'lük ve sanayi sektörü elektrik tüketimi için yıllık ortalama %4,36'lık sapma hesaplanmıştır. Tahminlerin Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı projeksiyonlarına kıyasla çok daha başarılı olduğu görülmüştür. Akay ve Atak (2007) kurdukları model ile 2005-2015 yılları arası yıllık elektrik tüketimleri tahmin edilmiştir. Buna göre 2015 yılı Türkiye elektrik tüketiminin sanayi sektörü için yaklaşık 140 bin GWh'e, toplamda ise 265 bin GWh'e ulaşacağı öne sürülmüştür.

Erdoğan (2007), Otoregresif Tümlşik Hareketli Ortalama (ARIMA) yöntemini kullanarak Türkiye elektrik talep tahmin modeli üzerine çalışmış, sonuçları Türkiye resmi sonuçları ile kıyaslamıştır. Çalışmada 1984-2004 yılları arası çeyreklik bazda Türkiye elektrik fiyatları, GSYİH, nüfus ve net elektrik tüketim verileri kullanılmıştır. Çeyreklik frekansta elektrik tüketim, nüfus ve GSYİH verileri bulunmadığından, yıllık frekanstaki veriler lineer interpolasyon ile çeyreklik frekansa dönüştürülmüştür. Nüfus değişkeni ise modele doğrudan dahil edilmemiş, elektrik tüketimi ve GSYİH'nin kişi başı değerlere dönüştürülmesinde kullanılmıştır. Doğal logaritması alınmış veriler, iki kez farkları alınarak durağan hale getirilmişlerdir. 1998-2000 yılları arası veriler kullanılarak kurulan model, 2000-2004 yılı gerçekleşmiş elektrik tüketim verileri kullanılarak doğrulama işlemine tabii tutulmuştur. 2000-2004 döneminde gerçekleşen elektrik tüketimi ile tahmini elektrik tüketimi arasında yıllık olarak en yüksek %4,2 en düşük %0,5'lik sapma gerçekleşmiştir. Kurulan modelle 2005-2014 yılları için yıllık elektrik talep tahminleri yapılmıştır. Bu tahminlere göre elektrik tüketimi 2005 yılında 129 bin GWh, 2009 yılında 145 bin GWh, 2013 yılında 169 bin GWh ve 2014 yılında 160 bin GWh olacaktır. Söz konusu dönemde elektrik tüketimlerinde yıllık ortalama %3,3'lük bir sapma mevcuttur.

Toker ve Korkmaz (2009), Türkiye için saatlik elektrik tahmini üzerine üç model kullanmışlardır. Çalışmalarında elektrik tüketim verilerindeki mevsimsel etkiyi spektrum analizi yöntemi ile ayırmışlar, tüketim verilerinin kendi içindeki doğrusal etki Otoregresif (AR) filtreleme yöntemi ile ortaya çıkarmışlardır. Son aşamada elektrik talebini kurdukları yapay sinir ağı modeli ile tahmin etmişlerdir. Kurdukları modelde girdi olarak gerçekleşen elektrik tüketimlerini, sıcaklık ve diğer bazı meteorolojik faktörleri, günlük güneş alma sürelerini ve takvim günlerini kullanmışlardır. Toker ve Korkmaz (2009), elektrik tüketimini etkilediğini düşündükleri değişkenleri belirlemek amacıyla korelasyon analizi yapmışlar ve bu analizler sonucunda sıcaklık, nem, ışımaya (günlük güneşlenme süresi) ve takvim değerlerinin yüksek korelasyon gösterdikleri sonucuna varmışlardır. Ayrıca önceki döneme ait elektrik tüketimlerinin bir sonraki döneme ait elektrik talebini etkilediğini görmüşlerdir. Takvim günleri olarak haftanın günleri, dini ve resmi bayramlar kullanılmıştır. Çalışmadaki %80'i model kurulması, %20'si ise modelin test edilmesi amacıyla kullanılmıştır. Periyodik ilişkilerin modellenmesi sonucu elde edilen deterministik seri ile tüketim serisi arasındaki fark yani doğrusal olmayan hata serisi ise yapay sinir ağı ile modellenmiştir. Yapay sinir ağı modeli kurulurken 2008-2009 yılına ait Türkiye elektrik tüketim verileri ve İstanbul iline ait meteorolojik veriler kullanılmıştır. İstanbul ili Türkiye meteorolojik değişimleri için örnek kabul edilmiştir. Saatlik frekansta tahmin yapmak amacıyla iki katmanlı bir YSA tasarlanmış, yapılan denemeler sonucunda ilk katmanda 20 nöron, ikinci katmanda 5 nöron olmasına karar verilmiştir. Saatlik frekanstaki verilerin kullanıldığı modelde, toplam verilerin tahmin için ayrılan %20'lik kısmı, tahmin değerleri ile kıyaslandığında ortalama mutlak yüzde hata oranı (MAPE) %2 olarak hesaplanmıştır.

Demirel vd. (2010), adaptif ağ tabanlı bulanık çıkarım sistemi (ANFIS) ve ARIMA yöntemlerini kullanarak Türkiye elektrik talep tahmin modellemesi yapmıştır. Çalışmada 1970-2007 arası GSYİH, üretilen enerji, tüketilen enerji, nüfus ve kurulu güç verileri kullanılmıştır. Kurulan modelle 2006-2010 yılları için elektrik talep tahmini yapılmıştır. ARIMA modelinin belirlenmesi için 1970-2005 yılları arası yıllık frekanstaki veriler kullanılmıştır. Belirlenen modellerle 2005-2010 yıllarına ait talep tahminleri yapılmış, 2006 ve 2007 yılları için gerçekleşen elektrik tüketimleri ile tahmin sonuçları kıyaslanmıştır. Yıllara göre artış trendinde olan elektrik tüketim verisi modelde kullanılmadan önce iki kez farkı alınarak durağan hale getirilmiştir. Yapılan birçok deneme sonucunda ARIMA(0,2,1) modelinin kullanılmasına karar verilmiştir. 2006 yılı için elektrik talebi yaklaşık 144 bin GWh ve 2007 yılı için 155 bin GWh olarak tahminlenmiştir. Öngörü değerleri gerçekleşen elektrik tüketimleri ile kıyaslandığında sırasıyla %4,3 ve %6,3 sapma göstermişlerdir. Kurulan modele göre 2008 yılı elektrik talebi yaklaşık 152 bin GWh, 2009 yılı 160 bin GWh ve 2010 yılı 168 bin GWh olarak öngörülmüştür. Demirel vd. (2010) elektrik talebini ANFIS modeli ile de tahminlemiş; sonuçları kurdukları ilk modele ait sonuçlarla kıyaslamışlardır. ANFIS modeli için GSMH, nüfus, üretilen enerji ve kurulu güç miktarları girdi değişkeni, tüketilen enerji ise çıktı değişkeni olarak belirlenmiştir. 1970-1987 yılları arası veriler modelin eğitimi, 1988-2005 yılı arası veriler test ve 2006-2007 yılları arası veriler doğrulama amaçlı kullanılmıştır. 2008-2010 yılları elektrik talebi ise tahmin edilmiştir. En küçük kareler yönteminin de içinde bulunduğu melez bir yöntemi ile öğrenme işlemi gerçekleştirilmiştir. ANFIS modeline göre Türkiye için 2006 yılı elektrik talebi yaklaşık 143 bin GWh ve 2007 yılı için yaklaşık 155 bin GWh olarak tahmin edilmiştir.

2006 ve 2007 yılları gerçekleşen elektrik tüketimleri ile tahmin sonuçları kıyaslandığında her iki yıl içinde yaklaşık %0,5'lik sapma gözlenmiştir. Bu modele göre Türkiye 2008 yılı elektrik talebi yaklaşık 165 bin GWh, 2009 yılı 175 bin GWh ve 184 bin GWh olarak öngörülmüştür.

Altınay (2010), Türkiye için 1995-2008 dönemini kapsayan aylık elektrik talep tahmin çalışması yapmıştır. Yapılan analizler sonucunda elektrik talebinde aylık mevsimsel dalgalanmalar görülmüş ve trendin sabit olmayıp zaman içinde değişebildiği sonucuna varılmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında talep tahmini için mevsimsel zaman serisi modellemesi yapılmıştır. Kurulan model ile 2009 yılı için aylık frekansta talep tahmini yapılmış; 2009 yılının ilk çeyreğinde gerçekleşen elektrik tüketim değerleri ile tahmin değerleri kıyaslanarak öngörü performansı hesaplanmıştır. Çalışmada veri olarak 1995-2008 yılları arası aylık elektrik tüketimleri kullanılmıştır. Elektrik talebinde belirgin olarak görülen aylık dalgalanmaların hava koşulları, gün uzunluğu ve iktisadi faaliyetlerden kaynaklandığı varsayılmıştır. Aylık elektrik talebi serisine birim kök testi yapılmış; hem uzun dönemde hem de mevsimsel frekanslarda birim kök bulunmuştur. Bu nedenle, elektrik talep tahmininin stokastik model ile daha iyi sonuçlar vereceğine karar verilmiştir. Yapılan denemeler sonucunda mevsimsel ARIMA (SARIMA) yani SARIMA(0,1,1)x(1,1,1) modelinin kullanılmasına karar verilmiştir. Alternatif olarak, mevsimselliğin kukla değişkenler ile deterministik olarak ele alındığı farklı bir SARIMA modeli oluşturulmuştur. Bunun için SARIMA(1,1,0)x(2,0,1) modeli kurulmuştur. Çalışmanın son kısmında iki farklı SARIMA modeli sonuçları kıyaslanmıştır. İlk modelde, gerçekleşen elektrik tüketimi ile tahmin sonuçları Ocak ayı için %0,9, Şubat ayı için %4,5 ve Mart ayı için %0,2 sapmalar gerçekleşmiştir.

İkinci SARIMA modeliyle aynı dönem için sapma değerleri %2,8, %1,0 ve %3,2 olarak hesaplanmıştır. 2009 yılı için SARIMA(0,1,1)x(1,1,1) ile Türkiye elektrik talebi toplam yaklaşık 190 bin GWh ve SARIMA(1,1,0)x(2,0,1) ile yaklaşık 185 bin GWh olarak öngörülmüştür. Kankal vd. (2011), sosyo-ekonomik ve demografik değişkenleri kullanarak Türkiye 2008-2014 dönemi elektrik talebini öngörmüşlerdir. Çalışmada elektrik talebi, YSA ve çoklu doğrusal regresyon yöntemleri ile modellenmiştir. GSYİH, nüfus, ithalat, ihracat, işsizlik ve enerji tüketim serileri kullanılmıştır. 1980-2007 dönemine ait olan veriler yıllık frekanstadır. İlk olarak, çoklu doğrusal regresyon yöntemi ile dört farklı model kurulmuştur. Kurulan modellerden bağımsız değişken olarak nüfus, GSYİH, ithalat ve ihracat serilerinin kullanıldığı model istatistiksel olarak en anlamlı sonucu vermiştir. Çalışmada ikinci olarak, her biri üç katmanlı olmak üzere dört farklı YSA modeli oluşturulmuştur. Modellere girdi değişkenleri olarak nüfus, GSYİH, işsizlik, ithalat ve ihracat serileri kullanılmıştır (YSA'ya öğretilen girdi değişkenleri normalizasyon işlemine tabi tutulmuştur.). Kurulan dört farklı YSA modelinden öğrenme katsayısı 0,25, momentumu 0,5 ve her bir katmanda 15 saklı katmanı olan model istatistiksel olarak en anlamlı sonucu vermiştir. Çoklu doğrusal regresyon ve YSA yöntemleri kullanılarak kurulan iki modelin hata terimleri kıyaslanmış ve 2008-2014 dönemi projeksiyonu için YSA modelinin kullanılmasına karar verilmiştir. Çalışmanın bundan sonraki aşamasında 2008-2014 yılları için nüfus, GSYİH, ithalat ve ihracat değişkenlerine ait projeksiyonları içeren beş farklı senaryo geliştirilmiş ve bu senaryolara göre Türkiye elektrik talebi öngörülmüştür. Öngörülere göre 2014 yılında Türkiye elektrik talebinin 1360710 GWh - 2039902 GWh arasında olacağı ortaya konmuştur.

Dilaver ve Hunt (2011), Türkiye için GSYİH, ortalama elektrik fiyatları ve elektrik tüketim arasındaki ilişkiyi incelemiş ve yapısal zaman serisi yöntemini kullanarak 2020 yılı elektrik talebini tahmin etmişlerdir. Çalışmalarında veri olarak 1960-2008 yılları arası yıllık frekanstaki serileri kullanmışlardır. Zaman serisi modeli kurulurken bağımlı değişken olarak Türkiye elektrik tüketimi, bağımsız değişken olarak ise GSYİH, ortalama elektrik fiyatı ve trend kullanılmıştır. İstatistiksel olarak en anlamlı sonuçları veren model bulunmuş, ardından yapılacak tahmin için üç farklı senaryo geliştirilmiştir. İlk senaryoda, ortalama elektrik fiyatının yıllık yaklaşık %1 artacağı ve tüketim trendinin aynı oranda atmaya devam edeceği varsayılmıştır. Türkiye GSYİH'nin 2009 yılında yaklaşık %1, 2010-2012 yılları arası yıllık ortalama %1,5, 2013-2016 yılları arası %2 ve 2016 sonrasında %2,5 oranında artacağı kabul edilmiştir (Referans durum senaryosu). İkinci senaryoda, ortalama elektrik fiyatı yıllık yaklaşık %2 artarken, tüketim trendindeki artışın azalarak artmaya devam etmesine karar verilmiştir. GSYİH'nin 2009 yılında %0,5, 2010-2012 yılları arasında %1,5 ve sonrasında %2 oranında artacağı varsayılmıştır (Düşük durum senaryosu). Son senaryoda ise ortalama elektrik fiyatı %0,5 ve elektrik tüketim trendi sürekli olarak artırılmıştır. GSYİH'nin 2009 yılında yıllık yaklaşık %1,5, 2010-2012 yılları arası %2 ve sonrasında %3 oranında artması kararlaştırılmıştır (Yüksek durum senaryosu). Çalışmalar sonucunda 2020 yılında Türkiye elektrik tüketimin düşük durum senaryosunda 259 bin GWh, referans durum senaryosunda 310 bin GWh ve yüksek durum senaryosunda 368 bin GWh olarak öngörülmüştür.

Uslu vd. (2013), Türkiye için 2014 yılı elektrik talep tahmin modeli üzerine çalışmışlardır. Çalışmalarında veri olarak 2010-2013 dönemi aylık elektrik tüketimini, sanayi üretim endeksini, İstanbul ve Ankara için ortalama aylık sıcaklık bilgilerini, aylık iş ve tatil günlerini kullanmışlardır. Sıcaklık belirli bir değerin üstüne çıktığında ya da belirli bir değerin altına indiğinde elektrik tüketiminin artış gösterdiği saptanmış bunun için kritik değerler belirlenmiştir. Ayrıca, tatil günlerindeki elektrik talebinin çalışma günlerindeki elektrik talebinden daha düşük olduğu gözlemlendiğinden tatil ve çalışma günleri için ağırlıklar verilmiştir. En küçük kareler yöntemi kullanılarak oluşturulan modele elektrik tüketiminin otoregresif yapısından dolayı bir önceki yıla ait elektrik tüketimleri de girdi değişkeni olarak eklenmiştir. 2014 yılı için elektrik talebi üç farklı senaryo oluşturularak tahminlenmiştir. İlk senaryoda Ankara ve İstanbul sıcaklıklarının mevsim normallerinde seyredeceği, sanayi üretim endeksinin ise aylık 1 puan artacağı varsayılmıştır. İkinci senaryoda kış ayı sıcaklık değerleri ortalamadan birkaç derece aşağı ve yaz ayı sıcaklık değerleri ortalamadan birkaç derece yukarı çekilmiştir. Sanayi üretim endeksinin aylık 2 puan artacağı varsayılmıştır. Son senaryoya göre ise kış aylarında sıcaklığın mevsim normallerinden birkaç derece yüksek, yaz aylarında ise mevsim normallerinden birkaç derece düşük olacağı kabul edilmiştir. Varsayımlara göre 2014 yılı için aylık bazda 3 farklı tahmin yapılmıştır. Senaryo 1'e göre elektrik tüketiminin en yüksek Aralık ayında yaklaşık 22 bin GWh ve en düşük 19 bin GWh olacağı öngörülmüştür. Senaryo 2'ye göre elektrik tüketiminin en yüksek Temmuz ayında yaklaşık 25 bin GWh ve en düşük 20 bin GWh olacağı tahmin edilmiştir. Son senaryoya göre ise en yüksek yaklaşık 21 bin GWh ve en düşük 19 bin GWh talep olacağı öngörülmüştür.

Mahmutoğlu ve Öztürk (2015), Türkiye'nin gelecekte elektrik talebi için öngörülerde bulunup, yenilenebilir enerji kaynakları ile bu talebi karşılamaya yönelik politika önerileri oluşturmak amacıyla yaptıkları çalışmada Türkiye'nin 2015-2023 yılları için elektrik talebini tahmin etmişlerdir. Çalışmalarında 1970-2011 yılları arası brüt elektrik tüketim serisini ve Otoregresif Hareketli Ortalama (ARMA (p,q)) yöntemini kullanmışlardır. İlk olarak brüt elektrik tüketim serisine durağanlık testi yapılmış, serinin birim kök içerdiği saptanmıştır. Seri önce logaritması ardından da birinci dereceden farkı alınarak durağan hale getirilmiştir. Elde edilen yeni serinin bağımlı değişken olduğu birçok ARIMA modeli denenmiş ve en uygun modelin AR(1) olduğuna karar verilmiştir. Brüt elektrik tüketim serisinde 2001 ve 2009 yıllarında seriye aykırı değerler olduğu saptanmış ve bu değerlere kukla değişkenler atanmıştır. Ayrıca modele bir önceki döneme ait brüt elektrik tüketim serisi de eklenmiştir. Sonuç olarak AR(1) modelinin kurulması sürecinde kukla değişken içeren ve katsayıları en küçük kareler yöntemi ile belirlenen nihai model elde edilmiştir. Bu modele ve Türkiye ekonomisinin 2023 yılına kadar büyümeye devam edeceği varsayımlarına göre 2015-2023 yılları elektrik talepleri tahmin edilmiştir. Türkiye brüt elektrik tüketiminin 2015 yılında yaklaşık 272 bin GWh'e, 2020 yılında yaklaşık 389 bin GWh'e ve 2023 yılında yaklaşık 486 bin GWh'e ulaşacağı öngörülmüştür. Tahminler ETKB resmi öngörülerini ile kıyaslandığında 2015-2017 yılları arasında tahmin sonuçları ile baz talebe göre yapılan resmi öngörüler en yakın sonuçları vermiş, yıllık ortalama sapma %1,7 oranında olmuştur. 2018-2023 yılları arasında ise tahmini değerler yüksek talebe göre yapılan resmi öngörülere yaklaşmış, sapma yıllık ortalama %6,2 olarak hesaplanmıştır.

Aydın vd. (2015), elektrik talebini etkileyen en önemli faktörün sıcaklık olduğu düşünmüşler; sıcaklığı ısıtma derece gün ve soğutma derece gün olarak kullanmaya karar vermişlerdir. Isıtma derece gün (HDD), bir günün ne kadar soğuk geçtiğini ve ne kadar ısınmaya ihtiyaç duyduğunu gösterirken; soğutma derece gün (CDD) ise bir günün ne kadar sıcak geçtiğini ve ne kadar soğutmaya ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. Isıtma ve soğutma derece gün sayılarının hesaplanması için birçok yöntem bulunmakla beraber, bu çalışmada Avrupa Birliği İstatistik Ofisi (Eurostat) tarafından kullanılan yöntem tercih edilmiştir. Veri olarak İstanbul ili Aralık 2010- Aralık 2014 dönemine ait günlük sıcaklık ve tüketim değerleri kullanılmıştır. Çalışma iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiş; ilk aşamada tüketim değerleri mevsimsel etkiden arındırılmış, sonraki aşamada doğrusal bir tahmin modeli kurulmuştur. Tüketim verilerini mevsimsel etkilerden arındırmak amacıyla haftanın günleri, bayram arifeleri, resmi tatiller ve bayram günleri için kukla değişkenler ile ideal bir gün belirlenmiştir. Kurulan doğrusal regresyon modeli ile günlük tüketim değerleri mevsimsellikten arındırılmıştır. HDD ve CDD değerlerinin hesaplanması için birçok farklı sıcaklık değeri ile yeni tüketim serisi arası korelasyonlara bakılmış, en uygun değerlerin HDD için 18°C ve CDD için 22°C olduğuna karar verilmiştir. Elektrik talebini tahmin edecek modelin kurulması aşamasında bağımsız değişken olarak HDD, CDD, bir önceki dönemlere ait tüketim değerleri ile aylara ait kukla değişkenler kullanılmıştır. En küçük kareler yöntemi ile kurulan tahmin modeli %87 açıklayıcılıktadır. Elde edilen model ile Aralık 2014 ayı günlük elektrik talebi tahmin edilmiş ve tahminler aynı döneme ait gerçekleşen tüketim değerleri ile kıyaslanmıştır. Tahminler ile gerçekleşen tüketimler arasında hesaplanan MAPE değerleri günlük yaklaşık %1 olarak saptanmıştır.

Makale	Yöntem	Bağımsız Değişkenler	Bağımlı Değişken	Veri / Tahminlenen Dönem	Hata Payı (%)
Akan ve Tak (2003)	EKK	Elektrik fiyatları, GSMH, Nüfus, Elektrikli ev aletleri üretimi, Bina sayısı, Yıllık elektrik tüketimi	Yıllık elektrik tüketimi	1970-2000 2001-2005	8
Erdoğan (2007)	ARIMA	Elektrik fiyatları, GSMH, Nüfus, Yıllık elektrik tüketimi	Yıllık elektrik tüketimi	1984-2004 2005-2014	11
Hamzaçebi (2007)	YSA	Yıllık elektrik tüketimi	Yıllık elektrik tüketimi	1970-2004 2005-2020	17
Akay ve Atak (2007)	Gri Tahmin Yöntemi	Yıllık elektrik tüketimi	Yıllık elektrik tüketimi	1970-2004 2005-2015	9
Toker ve Korkmaz (2009)	Yapay Sinir Ağı (YSA) ve İleri Sinyal İşletme Teknikleri	Sıcaklık, Nem, Isınma günleri, Takvim günleri	Saatlik elektrik tüketimi	2008-2009 2009	2
Altınay (2010)	ARIMA	Aylık elektrik tüketimi	Aylık elektrik tüketimi	1995-2008 2009	21
Demirel vd. (2010)	ARIMA, ANFIS	GSYİH, Yıllık üretilen enerji, Yıllık elektrik tüketimi, Nüfus, Kurulu güç	Yıllık elektrik tüketimi	1970-2007 2008-2010	2-7
Kankal vd. (2011)	Çoklu Doğrusal Regresyon ve YSA	GSYİH, Yıllık elektrik tüketimi, İthalat, İhracat, İşsizlik, Nüfus	Yıllık elektrik tüketimi	1980-2007 2008-2014	3
Dilaver ve Hunt (2011)	Yapısal Zaman Serisi	GSYİH, Ortalama elektrik fiyatı, Sanayi sektörü yıllık elektrik tüketimi	Sanayi sektörü yıllık elektrik tüketimi	1960-2008 2009-2020	4
Uslu vd. (2013)	EKK	Aylık elektrik tüketimi, Sanayi üretim endeksi, Sıcaklık	Aylık elektrik tüketimi	2010-2013 2014	10
Mahmutoğlu ve Öztürk (2015)	Otoregresif Hareketli Ortalamalar Yöntemi	Yıllık elektrik tüketimi	Yıllık elektrik tüketimi	1970-2011 2015-2023	12
Aydın vd. (2015)	EKK	Sıcaklık, Günlük elektrik tüketimi	Günlük elektrik tüketimi	2010- 2014 Aralık 2014	1

Tablo 3. 1. Literatürde Yer Alan Bazı Türkiye Elektrik Talep Tahmin Çalışmalarına Ait Özet Bilgiler

Tripathy (1997), 1965-1990 yılları arası yıllık frekanstaki verileri kullanarak Hindistan'ın 1996-2007 yılları arası elektrik talebini EKK yöntemini kullanarak öngörmüştür. Analizinde bağımlı değişken olarak elektrik yıllık elektrik tüketimini, bağımsız değişken olarak ise üretim, maden ve taşımacılık sektörlerine ait katma değeri, kişi başı tüketim harcamalarını, sulama sistemlerinin ortalama enerji tüketimini, kullanılan sulama sistem sayısını ve kentteki hane sayısını kullanmıştır. Yapılan analiz sonucunda Hindistan elektrik talebinin 2007 yılı sonunda 706 GWh olacağı öngörülmüştür.

Mirasgedis vd. (2006), Yunanistan'ın 2003 yılı günlük ve aylık elektrik talebini öngörmüştür. Çalışmada bağımlı değişken olarak günlük ve aylık elektrik tüketimleri, bağımsız değişken olarak ise 1993-2002 yılları arası saatlik frekanstaki sıcaklık ve bağıl nem değişkenleri kullanılmıştır. Çoklu doğrusal regresyon yöntemi kullanılarak yapılan analiz sonucunda 2003 yılı Yunanistan elektrik talebinin yaklaşık 50 bin GWh'e ulaşacağı öngörülmüştür.

Amarawickrama vd. (2008), altı farklı ekonometrik yöntem kullanarak 2025 yılına kadar ki Sri Lanka elektrik talebini tahmin etmişlerdir. Analizlerde 1970-2003 dönemine ait yıllık elektrik tüketim, nüfus, elektrik fiyatı ve GSYİH serileri kullanılmıştır. 2025 yılında Sri Lanka elektrik talebinin 30 bin 784 GWh'a ulaşacağı öngörülmüştür. Bianco vd. (2009), çoklu regresyon modelini kullanarak İtalya'nın 2008-2030 yılları arası elektrik talebini tahmin etmişlerdir. Talep tahmini yapılırken toplam talep mesken, mesken dışı ve toplam talep olarak üç şekilde modellenmiştir. Veri olarak 1970-2007 yılları arası elektrik tüketim, GSYİH, kişi başı GSYİH ve nüfus serileri kullanılmıştır. Kurulan modeller ışığında İtalya için 2008-2030 yılları arasında elektrik tüketiminin yıllık ortalama %2 oranında artacağı öngörülmüştür.

Rothe vd. (2009), çoklu doğrusal regresyon modelini kullanarak saatlik elektrik talep tahminleri yapmışlardır. Çalışmalarında bağımlı değişken olarak saatlik elektrik tüketimini, bağımsız değişken olarak ise saatlik sıcaklık, rüzgar miktarı, gölge süresi ve bir önceki saate ait elektrik tüketimlerini kullanmışlardır. Çoklu doğrusal regresyon modelini kullandıkları çalışmada 12 saatlik elektrik talep öngörülerinde bulunmuşlardır.

Makale	Yöntem	Bağımsız Değişkenler	Bağımlı Değişken	Veri / Tahminlenen Dönem
Tripathy (1997) (Hindistan)	EKK	Kişi başı tüketim harcamaları, Ortalama elektrik tüketimi, Tarımsal sulama sistemleri sayısı, Kentteki hane sayısı, Üretim. Maden ve taşocağı sektörleri katma değeri	Yıllık elektrik tüketimi	1965-1990 1996-2007
Mirasgedis vd. (2006) (Yunanistan)	Çoklu Doğrusal Regresyon Modeli	Sıcaklık, Bağımlı nemi Yıllık elektrik tüketimi	Yıllık elektrik tüketimi	1993-2002 2003
Amarawickrama vd. (2008) (Sri Lanka)	Statik EG, Dinamik EG, Johansen, STSM, FMOLS, PSS	Yıllık elektrik tüketimi, Nüfus, Elektrik fiyatı, GSYİH	Yıllık elektrik tüketimi	1970-2003 2002-2025
Bianco vd. (2009) (İtalya)	Çoklu Regresyon Modeli	Yıllık elektrik tüketimi, GSYİH, Nüfus	Yıllık elektrik tüketimi	1970-2007 2008-2030
Rothe vd. (2009) (Hindistan)	Çoklu Doğrusal Regresyon Modeli	Sıcaklık, Rüzgar miktarı, Gölge süresi, Saatlik elektrik tüketimleri	Saatlik elektrik tüketimi	-

Tablo 3. 2. Literatürde Yer Alan Yurtdışına Ait Elektrik Talep Tahmin Çalışmalarına Ait Özet Bilgiler

BÖLÜM IV

TALEP TAHMİN YÖNTEMLERİ

Enerji sektöründe yapılan talep projeksiyonları, sektördeki ekonomik faaliyetlerin düzenlenmesinde ve yeni yatırımların planlanmasında kritik önem taşımaktadır.

Elektrik enerjisi talep tahminleri, enerji tedarikçileri ve diğer sektör katılımları için elektriğin üretim, iletim, dağıtım ve ticaret süreçlerinde oldukça önemlidir.

Talep tahminleri, öngörülme istenen zamana göre kısa, orta ve uzun vadeli olarak yapılabilmektedir. Kısa vadeli tahminler bir saatten bir haftaya kadar, orta vadeli tahminler bir haftadan bir yıla kadar ve uzun vadeli tahminlerden bir yıldan uzun süreler için yapılmaktadır. Ayrıca, tahmin yöntemlerini kantitatif ve kalitatif yöntemler olarak ikiye ayırmak mümkündür. Delphi yöntemi, eğri uydurma yöntemi gibi yöntemler kullanılarak kalitatif analizler yapılmaktadır. Bu çalışmada, elektrik talebi kantitatif bir yöntem ile öngörüldüğünden bu yöntemler daha ayrıntılı olarak incelenmiştir. Kantitatif yöntemler ise kendi içinde Geleneksel Tahmin Yöntemleri, Geliştirilmiş Geleneksel Yöntemler ve Yapay Zeka Temelli Yöntemler olarak üçe ayrılmıştır. Geleneksel yöntemler sınıfına basit ve çoklu regresyon, üstel düzeltme, trend ve korelasyon analizleri gibi klasik yöntemler girmekte iken geliştirilmiş yöntemlere zaman serisi analizleri, destek vektör makine sistemleri gibi daha karmaşık yöntemler dahildir. Yapay Zeka Temelli yöntemler ise son yıllarda sıklıkla kullanılan YSA, Genetik Algoritma gibi metotları içermektedir (Singh vd. 2013, 38-44).

4. 1. Trend Analizi

Trend, bir zaman serisindeki gözlem değerlerinin uzun dönemde artma ya da azalma yönünde gösterdikleri doğrusal veya eğrisel eğilimdir. Bir zaman serisinin trendi bulunarak, serideki mevsimsellik ve konjektürel dalgalanmalar elimine edilebilir. Böylece, sadece uzun dönemlik ilişkilerin mevcut olduğu seri elde edilir.

Herhangi bir zaman serisinde başarılı bir trend analizi yapabilmek için olabildiğince fazla sayıda veriye ihtiyaç duyulmaktadır. Uygulamada genellikle 10-15 yıllık verilerle çalışılmaktadır.

Trend analizi ile geçmiş döneme ait verilerdeki hareketlere göre gelecek tahminleri yapılabilmektedir. Bu yöntemin en önemli avantajı oldukça kolay bir yöntem olması ve hızlı sonuç vermesidir. Öte yandan, analiz sonucu tek bir sonuç elde edilmesi ve sonucun nedenselliği hakkında bilgi vermemesi dezavantajlarındandır (Yavuzdemir 2014, 21-22).

4. 2. Son Kullanım (End - Use) Modelleri

Son kullanım yöntemleri, nihai kullanıcılar hakkında detaylı bilgi veren verileri kullanarak öngörülerde bulunmaktadır.

Elektrik enerjisi talebini tahmin amaçlı kurulan son kullanım modellerinde son tüketicilerin elektrik ev aletlerini kullanımları, tüketicilerin demografik yapıları, evlerinin büyüklükleri gibi birçok faktör aynı anda incelenmektedir. Bu modellerde, elektrik enerjisinin ısınma, soğutma ve aydınlanma amaçları ile kullanılması üzerinde durulmaktadır. Ayrıca, bu yöntemle elektrik talebi mesken, ticarethane, sanayi ve aydınlatma gibi tüketici grupları bazında ayrı modeller oluşturularak tahmin edilmektedir. Sektörlere göre ayrı ayrı hesaplanan talepler toplanarak toplam enerji talebine ulaşılmaktadır.

Son kullanım modellerinde verilerin geçmişe ne kadar dönük olduğu değil verilerin kalitesi ve çeşitliliği önemlidir. Nihai kullanım ile elektrik enerjisi arasında sabit bir ilişki olduğunu kabul etmesi bu yöntemin önemli bir dezavantajıdır. Bu durum kısa vadede kabul edilebilir olmasına karşın uzun vadede sabit bir ilişkidenden bahsetmek yanıltıcı olacaktır (Feinberg ve Genethliou 2005, 269; Yavuzdemir 2014, 26).

4. 3. Destek Vektör Makineleri

İstatistiksel öğrenme teorisine dayanan destek vektör makineleri yaklaşımı sınıflandırma ve regresyon problemlerinin çözümünde kullanılan başarılı bir yöntemdir. Bu yöntemde, veriler arası ilişki gösteren yapı analizlerini yapan Kernel fonksiyonları kullanılarak verilerin yüksek boyutlu uzayda doğrusal olmayan haritası çıkartılır. Destek vektör makineleri, basit doğrusal fonksiyonları kullanılarak kurulan yeni uzayda karar sınırları oluşturur. Bu yöntemin en önemli zorluğu destek vektör makineleri için en uygun Kernel fonksiyonunun seçilmesidir (Feinberg ve Genethliou 2005, 280; Yavuzdemir 2014, 31).

4. 4. Uzman Sistemler

Uzman sistemler, belirli bir alana ait bilgilere sahip ve karşılaşılabilecek problemleri sahip olduğu bilgi birikimi ile çözüm sunabilecek kişiler gibi çözümler getiren bilgisayar programlarıdır. Söz konusu sistemler birçok bilgi içerdiğinden dolayı bu yönetime uzman sistemler adı verilmiştir.

Oldukça güncel bir yaklaşım olan uzman sistemlerde başarılı analizlerin yapılması büyük ölçüde güvenilir bilgi ve kuralların açıkça belirlenmesine bağlıdır.

Uzman sistemler hastalık teşhisi, endüstriyel robotların tasarımında, süreç planlamalarında, ekonomik analizlerde, askeri ve uzay çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır (Feinberg ve Genethliou 2005, 279; Yavuzdemir 2014, 32).

4. 5. Regresyon Analizi

Regresyon analizi, herhangi bir değişkenin bir ya da birden fazla değişken ile arasındaki ilişkisinin matematiksel olarak ifade edilmesini sağlamaktadır. Kurulan regresyon denkleminde açıklanması istenilen değişken bağımlı değişken iken bağımlı değişkeni açıklamak amacıyla kullanılan değişkenler bağımsız değişkenlerdir (Karahana 2011, 44-45).

Tahmin çalışmalarında en sık kullanılan yöntemlerden biri olan regresyon analizi yöntemiyle güvenilirliği yüksek regresyon katsayılarına ulaşılarak başarılı tahminler yapılmaktadır (Feinberg ve Genethliou 2005, 277).

Regresyon analizinde geçmiş döneme ait veriler kullanılarak kurulan denklemlerle geleceğe dönük tahminler yapılabilmektedir. Kullanılan verilerde uç değerlerin mevcudiyeti tahmin değerlerindeki sapmaları artıracaktır (Karahana 2011, 44-45).

Verilerin dağılımında lineer bir ilişki söz konusu ise lineer yaklaşım, eğrisel bir ilişki söz konusu ise lineer olmayan yaklaşımlar tercih edilmelidir.

Lineer ya da doğrusal bir yapıya sahip veri serisinde regresyon sabitlerini belirlemede en yaygın kullanılan yöntem en küçük kareler (EKK)'dir. Bu yöntemle, model sonucu elde edilecek tahmini değerler ile gerçek değerler birbirlerine mümkün olduğunca yaklaştırılmaktadır (Gültekin 2009, 11-13). Bu yöntem için iki değişken arasındaki ilişki aşağıdaki eşitlikle verilebilir: (Demirel vd. 2010, 11-13)

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon \quad (1)$$

Regresyon analizinde ilk amaç β_0 ve β_1 katsayılarının belirlenmesidir. Bu katsayıların belirlenmesi sonrasında regresyon doğrusu aşağıdaki eşitlikle tahmin edilebilir:

$$y' = b_0 + b_1x \quad (2)$$

b_0 ve b_1 katsayıları β_0 ve β_1 katsayılarının tahmini değerleridir.

Regresyon sabitleri hataların karesi toplamını minimize ederek en uygun doğruyu veren en küçük kareler yöntemini kullanarak hesaplanabilmektedir. Bu yönteme göre b_0 ve b_1 katsayılar:

$$b_1 = (\sum xy - \sum x \sum \frac{y}{n}) / (\sum x^2 - (\sum x)^2 / n) \quad (3)$$

$$b_0 = \sum \frac{y}{n} - b_1 \sum x / n \quad (4)$$

eşitlikleri ile hesaplanabilir (Demirel vd. 2010, 11-13).

Değişkenler arasında doğrusal bir ilişkinin olmadığı durumlarda lineer dönüşümler kullanılarak doğrusal denklem elde edilir ve ardından en küçük kareler yöntemi uygulanır.

Değişkenler arasında üstel bir ilişki mevcut ise regresyon denklemi aşağıdaki formülle ifade edilmektedir:

$$y = \alpha \beta^x e^\varepsilon \quad (5)$$

y bağımlı değişkenin logaritması alınır;

$$\log y = \ln \alpha + x \ln \beta + \varepsilon \quad (6)$$

eşitliği elde edilir. (1) ve (6) numaralı denklemler eşitlenirse;

$$\beta_0 = \ln \alpha \text{ ve } \beta_1 = \ln \beta \quad (7)$$

denklemi elde edilir. Elde edilen (7) numaralı denklemler (6) numaralı denkleme yazılırsa;

$$\log y = \beta_0 + \beta_1 x + \ln \varepsilon \quad (8)$$

sonucuna ulaşılır.

Burada, $e^{\log y}$ dönüşümü yapılarak üstel fonksiyon ile tahmin yapılabilir (Demirel vd. 2010, 11-13).

Değişkenler arasında doğrusal ve üstel ilişki olabileceği gibi polinom ilişkisi de olabilir. Polinom ile regresyonda n adet veri için (n-1). dereceden bir polinomla çözüm getirilebilir. Yapılan çalışmalarda genellikle en küçük mertebeden polinomlar tercih edilmektedir. 2. dereceden (kuadratik) yaklaşım için,

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 + \varepsilon \quad (9)$$

3. dereceden (kübik) bir yaklaşım için,

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 + \beta_3 x^3 + \varepsilon \quad (10)$$

numaralı denklemler oluşturulmuştur. En küçük kareler yöntemi kullanılarak denklemlerdeki β_i katsayıları belirlenerek (9) numaralı denklem için,

$$y' = b_0 + b_1 x + b_2 x^2 \quad (11)$$

tahmini regresyon eşitliği elde edilir. (10) numaralı eşitliğe ait katsayılar matris denklemleri ile hesaplanabilir (Demirel vd. 2010, 11-13).

$$\begin{pmatrix} n & \sum_{i=1}^n x_i & \sum_{i=1}^n x_i^2 \\ \sum_{i=1}^n x_i & \sum_{i=1}^n x_i^2 & \sum_{i=1}^n x_i^3 \\ \sum_{i=1}^n x_i^2 & \sum_{i=1}^n x_i^3 & \sum_{i=1}^n x_i^4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^n y'_i \\ \sum_{i=1}^n x_i y'_i \\ \sum_{i=1}^n x_i^2 y'_i \end{pmatrix} \quad (12)$$

4. 6. Zaman Serisi Analizleri

Kronolojik sıralanmış verilerden olan seriye zaman serisi denmektedir. Zaman seri analizlerinde geçmiş dönem verileri esas alınarak geleceğe yönelik tahminler yapılmaktadır.

Zaman serilerinde, gözlenen değişkenin uzun dönemde gösterdiği artış ya da azalış seride bir eğilim varlığına işaret etmektedir. Söz konusu eğilim veya trend artan, azalan, doğrusal ya da doğrusal olmayan bir şekilde olabilir.

Zaman serilerinde sıklıkla mevsimsel dalgalanmalar görülmektedir. Etkisi 1 yıl içinde tamamlanan ve tekrar eden değişimler mevsimsel dalgalanmalardır. Dalgalanmaların mevsim bazında olması durumunda periyot 4, aylar bazında olması durumunda 12, günler bazında olması durumunda ise kullanılan veri setine göre 5, 6 veya 7 olabilmektedir. Zaman serilerinde kısa dönemli dalgalanmalar olabileceği gibi 2-10 yıl veya daha uzun dönemde tamamlanan ve kendini tekrarlayan döngüsel dalgalanmalarda görülebilir.

Bu serilerde dalgalanmalara ek olarak, belirli bir seyirleri olmayan düzensiz hareketliliklerde yer alabilmektedir. Hata terimleri olarak da adlandırılan bu hareketlilikler serideki diğer bileşenler hesaplandıktan sonra geriye kalan büyüklüklerdir.

Zaman serisi analizlerinin yapılabilmesi için öncelikle serilerin durağan olup olmadıkları araştırılmalıdır. Nitekim bu analiz verilerin durağan olduğu varsayımına dayanmaktadır. Bir serinin durağan olması o serinin ortalama, varyans ve kovaryansının sabit olması demektir (Gültekin 2009; Karahan 2011).

Zaman serisi analizlerine dayanan tahmin yöntemlerinden en çok Box-Jenkins yöntemi kullanılmaktadır. Tek değişkenli bir modelin kurulduğu Box-Jenkins yöntemi kısa dönemli tahminlerde oldukça başarılı sonuçlar vermektedir (Gültekin 2009; Karahan 2011).

Box-Jenkins yöntemi dört modelden oluşmaktadır. Bunlar:

4. 6. a AR(p) Modelleri

Bu modelde Y_t değeri, serinin p dönem geçmiş değerlerinin ağırlıklı toplamının ve rassal hata teriminin doğrusal fonksiyonudur. AR(p) modelinin genel denklemi aşağıdaki gibidir

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \delta + \alpha_t \quad (13)$$

Burada $Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-p}$ geçmiş dönemlere ait gözlemleri, $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$ ise geçmiş dönem gözlemlerinin katsayılarını, δ denklem sabitini ve α hata terimini göstermektedir (Demirel vd. 2010, 601-610).

4. 6. b MA(q) Modelleri

Hareketli ortalamalar (MA(q)) modelinde, Y_t değeri serinin geriye doğru q dönem geçmiş hata terimlerinin ve ortalamasının bir fonksiyonudur. MA(q) modelinin genel denklemi aşağıdaki gibidir:

$$Y_t = \mu + \alpha_t - \theta_1 \alpha_{t-1} - \theta_2 \alpha_{t-2} - \dots - \theta_q \alpha_{t-q} \quad (14)$$

Bu denklemde, $\alpha_t, \alpha_{t-1}, \dots, \alpha_{t-q}$ hata terimlerini, $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$ hata terimlerinin katsayılarını ve μ denklem sabitini ifade etmektedir (Demirel vd. 2010, 601-610).

4. 6. c ARMA(p, q) Modelleri

ARMA modelleri en genel durağan stokastik süreç modelleri olup, geçmiş gözlem ve hata terimlerinin doğrusal bir fonksiyonudur. ARMA(p, q) modelinin genel denklemi aşağıdaki gibidir:

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \delta + \alpha_t - \theta_1 \alpha_{t-1} - \theta_2 \alpha_{t-2} - \dots - \theta_q \alpha_{t-q} \quad (15)$$

Burada $Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-p}$ geçmiş dönemlere ait gözlemleri, $1, 2, \dots, p$ ise geçmiş dönem gözlemlerinin katsayıları, δ denklem sabitini, $\alpha_t, \alpha_{t-1}, \dots, \alpha_{t-q}$ hata terimlerini ve $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$ hata terimlerinin katsayılarını temsil etmektedir (Demirel vd. 2010, 601-610).

4. 6. d ARIMA(p, d, q) Modelleri

Zaman serilerinin ortalama, varyans ve kovaryansının sabit olmadığı yani serinin durağan olmadığı durumlar da mevcuttur. Bu durumlarda, serinin farkı alınarak seri durağanlaştırılabilir. Böylece, elde edilen yeni durağan seriye AR(p), MA(q), ARMA(p,q) zaman serisi analizleri uygulanabilir.

Durağan olmadığı tespit edilen zaman serisinde doğrusal bir trend var ise seri bir kez farkı alınarak durağan hale getirilebilir. Ancak, eğrisel bir trend söz konusu ise ikinci kez fark alma işlemi yapmak gerekir (Demirel vd. 2010, 601-610).

Fark alma işlemiyle, ARMA(p, q) modeline durağanlaştırma parametresi ya da fark alma parametresi (d) eklenerek ARIMA(p, d, q) modeli elde edilir (Demirel vd. 2010, 601-610).

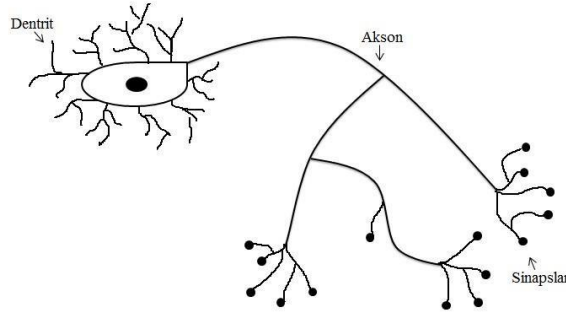
4. 7. Yapay Sinir Ağı

Yapay sinir ağları, biyolojik sinir sistemlerinin çalışma prensibini taklit eden matematiksel modellerdir. Yapılan tanımlardaki en önemli ortak nokta YSA'ların birbirlerine hiyerarşik olarak bağlanan ve bir değere sahip yapay hücrelerden oluşmasıdır (Öztemel 2012, 41,48).

İnsan beyninin temel niteliği olan öğrenme işlemini gerçekleştiren bu sistemler, sinir hücrelerinin yani nöronların değişik şekillerde birbirlerine

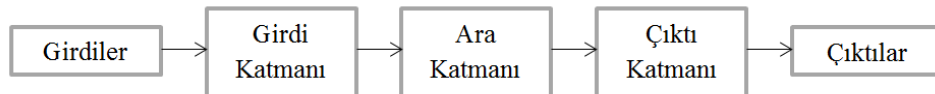
bağlanmaları ile oluşmaktadır (Şekil 4. 1). Kurulan sistem ile insanın düşünme ve gözlem yetenekleri simüle edilmektedir. Biyolojik sistemlerde nöronlar arası sinaps bağlantılarının gelişmesi ve artan tecrübelerle beraber yeni bağlantıların oluşması ile öğrenme gerçekleşmektedir. YSA’larda da benzer şekilde sisteme verilen girdi ve çıktı değişkenlerinin eğitilmesi ve öğretilmesi durumu söz konusudur (Gültekin 2009,13-16). Modele öğretme eyleminin yapılabilmesi için yalnızca geçmiş dönemlere ait örnekler yeterli olacaktır (Karahana 2011,55-95). Ayrıca, kurulan YSA modeli ile girdi ve çıktı değişkenleri için herhangi bir varsayımda bulunulmadan modelleme yapılabilir (Yavuzdemir 2014, 29-30).

Şekil 4. 1. Biyolojik Sinir Hücresi Örneği (Öztemel 2012, 47)



Şekil 4. 2’de YSA yapısının blok gösterimi verilmiştir. YSA’lar temelde girdi, ara ve çıktı katmanları olmak üzere üç katmandan oluşmaktadır. Girdi katmanı dış dünyadan gelen en az bir girdi elemanın olduğu bölüm iken bu girdilerin işleme girdiği katman ara katmandır. Bir ya da birden fazla katmandan oluşabilen ara katmanın özellikleri seçilen fonksiyona göre değişiklik göstermektedir. En az bir çıktıdan oluşan ve ağ yapısındaki fonksiyona bağlı olan çıktı katmanı, sonuçların ağ dışına gönderilmesinden sorumludur (Karahana 2011, 55-95; Öztemel 2012, 45-47).

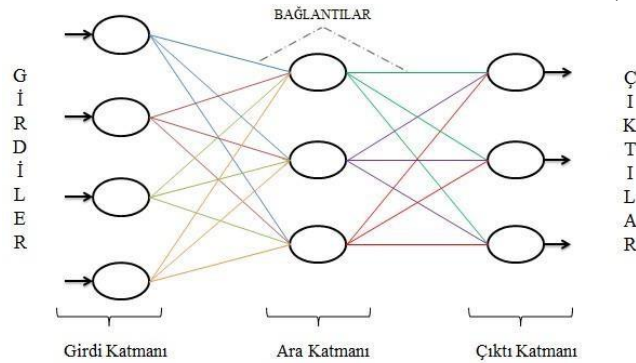
Şekil 4. 2. Yapay Sinir Ağlarının Genel Gösterimi (Öztemel 2012, 53)



Her üç katmanda da yer alan işlem elemanları ve aralarındaki ilişkiler Şekil 4.3'de gösterilmiştir. Her katmanda birbirine paralel olarak konumlanmış işlem elemanları yani yapay hücreler bulunmaktadır (Öztemel 2012, 52-53). Bu elemanların birlikte işlemesi ile çalışan bu sistemlerde hücreler matematiksel bir transfer fonksiyonundan oluşmaktadır (Karahan 2011, 55-95). Yapay hücrelerin temel görevi herhangi bir işlem biriminden sinyalleri alıp dönüştürerek ortaya sayısal bir sonuç çıkarmaktır (Gültekin 2009, 13-16). İşlem elemanları arasındaki ilişkiyi ağın bağlantıları sağlamaktadır. Bu bağlantı değerleri ağırlık değerleri olarak tanımlanmıştır (Öztemel 2012, 49).

Yapay sinir ağlarının genel çalışma prensibi şöyledir: Girdi katmanından sisteme verilen bilgiler, ara katmanda ağırlık değerleri kullanılarak çıktılara dönüştürülür ve çıktı katmanına iletilir. Doğru çıktıların üretilmesi doğru ağırlıkların verilerek ağın eğitilmesine bağlıdır. Eğitim ve test serilerindeki verilerin tümünü doğru şekilde üreten ağırlık değerleri bulunduğu anda ağın eğitilme işlemi tamamlanır. Belirlenen doğru ağırlıkların ne anlama geldiği bilinmediğinden yapay sinir ağlarına kara kutu benzetmesi yapılmaktadır (Öztemel 2012, 54).

Şekil 4.3. Yapay Sinir Ağı Örneği Öztemel 2012, 53)



Yapay sinir ağlarının özellikleri ağ modeline ve kurulan algoritmalara göre farklılık göstermektedir.

Genel olarak, eksi bilgi ile çalışabilme yeteneğine sahip bu modeller bu özellikleri sayesinde hataya karşı toleranslıdırlar (Karahan 2011, 55-95). Ayrıca, YSA'lar dağıtık belleğe sahiptirler. Yani, yapıdaki bir bağlantının tek başına bir anlamı yoktur, bilgi ağın tümüne yayılmış durumdadır (Öztemel 2012, 33). Yapay sinir ağlarının serilerin durağan olmadığı durumlarda dahi başarılı sonuçlar vermesi en önemli tercih sebeplerinden biridir (Yavuzdemir 2014, 29-30).



BÖLÜM V

VERİLER, METODOLOJİ VE ANALİZ

5. 1. Veriler

Yapılan literatür taraması ile incelenen kamu ve özel sektör raporları ışığında Türkiye elektrik talebini, önceki dönemlere ait elektrik tüketimi, sıcaklık, aydınlanma süresi, güneşlenme süresi, nem, kapasite kullanım oranı, sanayi üretim endeksi, yerleşik ve yerleşik olmayan hane halkı tüketimleri, GSYİH, elektrik piyasa takas fiyatı (PTF), sistem marjinal fiyatı (SMF) ve sepet döviz kuru faktörlerinin etkilediği sonucuna varılmıştır. Ayrıca tüketim serisindeki mevsimselliği ve diğer ani hareketlilikleri modele yansıtılabilmek amacıyla literatürde zaman eğilimi, günler, aylar ve bayramlar için kukla değişkenler de kullanılmıştır.

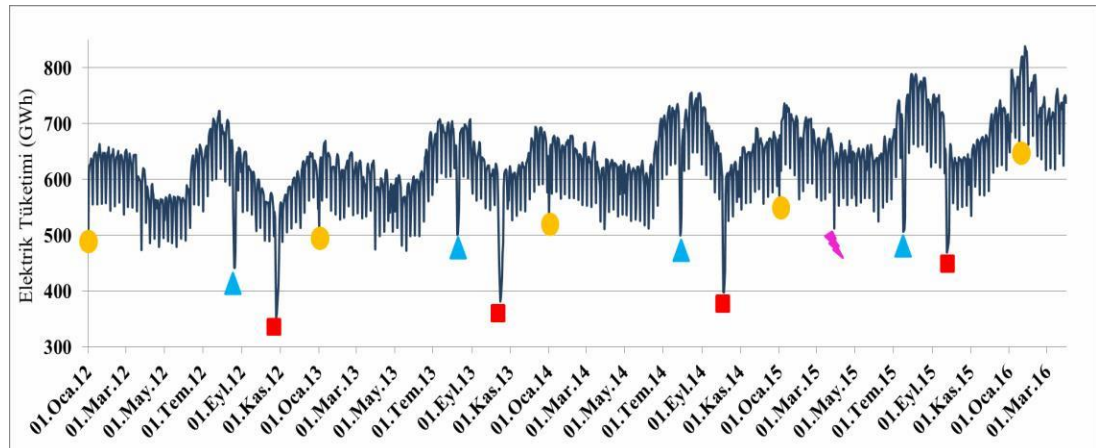
5. 1. a Tüketim Miktarı

Türkiye elektrik tüketim değerleri EPIAŞ resmi internet sitesinden saatlik frekansta alınmıştır. Ocak 2012-Mart 2016 dönemine ait saatlik frekansta alınan Türkiye'nin toplam elektrik tüketimi verileri, 24 saatlik tüketim değerlerinin toplanmasıyla günlük frekansa dönüştürülmüştür.

Şekil 5. 1'de elektrik tüketiminin dalgalı bir yapıda olduğu ve bazı tarihlerde sınır dışı değerlere ulaştığı görülmektedir.

Şekil 5. 1'e bakıldığında yılbaşı, ramazan ve kurban bayramı tatillerinin olduğu günlerde elektrik tüketiminde ani düşüşler gözlenmektedir. Talepteki en yüksek düşüş kurban bayramı tatillerinin olduğu günlere denk gelmektedir. Kurban bayramı tatillerindeki düşüşü ramazan bayramı tatilleri ve yılbaşı takip etmektedir. (Yılbaşı günleri Şekil 5. 1'de turuncu yuvarlak şekil ile gösterilmiştir.). Şekil 5. 1'de verilen günlük elektrik tüketimlerine bakıldığında 24-29 Ekim 2012, 13-19 Ekim 2013, 3-7 Ekim 2014 ve 23-27 Eylül 2015 dönemlerinde kurban bayramı tatili sebebiyle tüketimin en düşük değerlere ulaştığı görülmektedir. (Bu günler Şekil 5. 1'de mavi üçgen renkli şekillerle gösterilmiştir.). Ramazan bayramları ise 18-20 Ağustos 2012, 8-11 Ağustos 2013, 27-30 Temmuz 2014 ve 17-19 Temmuz 2015 tarihlerine denk gelmektedir. (Bu günler Şekil 5. 1'de kırmızı kare renkli şekillerle gösterilmiştir.). Ayrıca, 31 Mart 2015 tarihinde başta Ankara, İstanbul ve İzmir olmak üzere Türkiye genelinde sebebi henüz bilinmeyen bir elektrik kesintisi yaşanmıştır. (31 Mart 2015 tarihinde gerçekleşen elektrik tüketimi Şekil 5. 1'de pembe şimşek şekli ile gösterilmiştir.). Günlük elektrik tüketimi ayrıntılı olarak incelendiğinde bazı günlerde 31 Mart 2015 tarihinde olduğu gibi bakım-onarım, arıza vb. nedenlerle kesintiler dolayısıyla tüketimde düşüşler gözlenmektedir. Bu kesintilerin önceden öngörülmesi ve kurulacak herhangi bir ekonometrik modele dahil edilmesi olanaksızdır.

Şekil 5. 1. 2012-2015 Yılları Arası Türkiye Elektrik Tüketim Verileri (GWh) (EPIAŞ 2016)



Elektrik tüketimi mevsimler bazında incelendiğinde talebin yaz ve kış aylarında arttığı görülmektedir. Tüketim yazın sıcak havalarda soğutma, kışın ise soğuk havalarda ısıtma amacıyla artarken, bahar aylarında daha düşük düzeyde kalmaktadır. En yüksek elektrik tüketiminin yaz mevsiminde Temmuz ve Ağustos, kış mevsiminde ise Aralık ayında gerçekleştiği saptanmıştır. Mevsimler bazında büyükten küçüğe doğru elektrik talebi sırasıyla yaz, kış, sonbahar ve ilkbahar aylarında gerçekleşmektedir (Altınay 2010, 6- 7; EİGM, 2015a: 4-9; Feinberg ve Genethliou 2005, 269-27).

Günler bazında elektrik talebinde büyük bir fark olmamasına karşın her haftanın Pazar gününde diğer günlere kıyasla daha düşük tüketim gözlenmiştir. En yüksek elektrik tüketimi ise perşembe günü gerçekleşmektedir. Günler bazında en büyükten en düşüğe doğru elektrik talebi sırasıyla perşembe, çarşamba, cuma, salı, pazartesi, cumartesi ve pazar günleri gerçekleşmektedir (Altınay 2010, 6- 7; EİGM, 2015a: 4-9; Feinberg ve Genethliou 2005, 269-27).

Elektrik tüketimi otoregresif bir yapıya sahiptir. Yani, geçmiş döneme ait elektrik tüketim miktarları bir sonraki dönem talebini etkilemektedir. Bu nedenle, kurulan modele önceki döneme ait elektrik tüketimi de eklenmiştir (Mahmutoğlu ve Öztürk 2015, 13; Aydın vd. 2016, 37-38).

Sonuç olarak, elektrik talebinde mevsimler, aylar, günler ve bazı özel günler bazında değişimler söz konusudur. Bu nedenle, kurulacak ekonometrik bir modelde söz konusu değişimleri modele yansıtılabilmek amacıyla kukla değişkenler kullanılmalıdır.

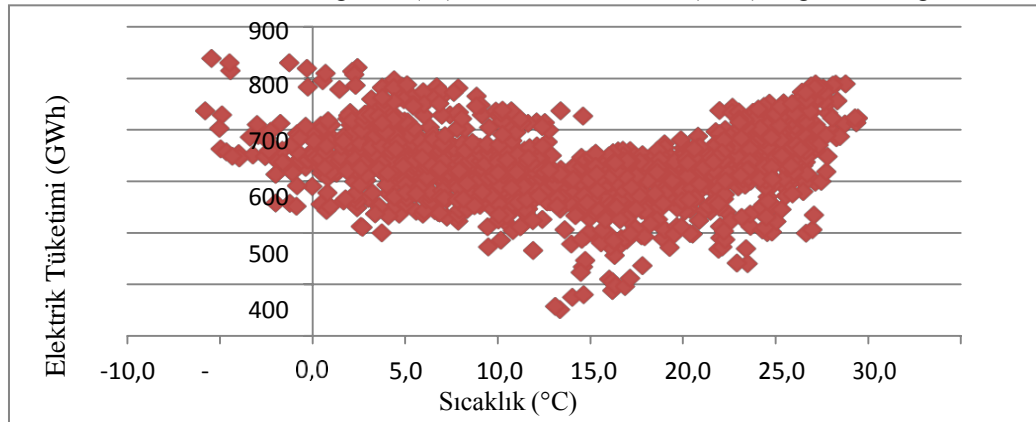
5. 1. b Meteorolojik Faktörler

Kısa vadede elektrik talebini etkileyen temel faktör sıcaklıktır. Sıcaklığın artması ya da azalması özellikle mesken grubunun tüketim davranışlarını doğrudan etkileyecektir. Yaz aylarında artan sıcaklığa paralel olarak soğutma amaçlı, kış aylarında ise azalan sıcaklığa paralel olarak ısıtma amaçlı elektrik tüketimi artış göstermektedir. Bu sebeple, elektrik talebini öngörme amacıyla kurulacak bir modele eklenmesi gereken önemli değişkenlerden biri günlük sıcaklık değerleridir.

Türkiye için saatlik sıcaklık değerleri Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)'nden temin edilmiş olup, saatlik frekansta alınan veriler günlük frekansa dönüştürülmüştür.

Şekil 5. 2'ye bakıldığında sıcaklık değerleri (°C) ile elektrik tüketimi arasındaki parabolik ilişki açıkça görülmektedir. Bu ilişkiden yola çıkılarak, belirli bir sıcaklığın altına inildiğinde veya üstüne çıkıldığında elektrik talebinin artacağı sonucuna varılmıştır. Bu nedenle, kurulan modele sıcaklığın düzey değerlerinin yanı sıra belirlenen eşik sıcaklık değerinin de eklenmesine karar verilmiştir. Eşik sıcaklık değerine ait hesaplamalar Metodoloji ve Analiz bölümünde ayrıntılı olarak açıklanacaktır (Aydın vd. 2016, 31; Uslu vd. 2013: 2-4).

Şekil 5. 2. Günlük Sıcaklık Değerleri (°C) ve Elektrik Tüketimi (Gwh) Dağılım Grafiği (MGM 2016)



Günlük ortalama sıcaklık değerinin yanı sıra günlük nem değerlerinin de elektrik talebini etkileyeceği düşünölmüş, bu veriler de MGM'den saatlik frekansta temin edilmiştir.

Ayrıca aydınlanma ve güneşlenme sürelerinin elektrik tüketiminde tüketici davranışlarını etkileyeceği varsayımından yola çıkılarak, Türkiye günlük aydınlanma ve güneşlenme süresi verileri de incelenmiştir.

5. 1. c Kapasite Kullanım Oranı

Kapasite kullanım oranı, sanayi üretim endeksi, sepet döviz kuru gibi bağımsız değişkenler elektrik tüketimini etkileyen makroekonomik değişkenlerdendir. Kapasite kullanım oranı, bir üretim biriminde gerçekleştirilen üretim miktarının üretilebilecek en yüksek miktara oranı olarak tanımlanmaktadır. Yani, bir işletme veya ülke için toplam üretim kapasitesinin ne kadarının kullanıldığını göstermektedir. Kapasite kullanım oranındaki artış, işletme faaliyetlerinde ya da ekonomideki üretim artışını gösterecek ve elektrik tüketiminin artmasına sebep olacaktır (Eğilmez, 2016).

5. 1. d Sanayi Üretim Endeksi

Sanayi sektöründe üretim faaliyetlerindeki değişimleri gösteren endeks sanayi üretim endeksidir. Üretim miktarındaki değişikliklerin izlenmesini sağlayan bu endeks politika yapıcılar ve yatırımcılar için önem arz etmektedir (Selim ve Kılıç 2016, 49-50). Üretim faaliyetlerinde gerçekleşecek olan herhangi bir artış veya azalış üretim için gerekli temel enerji kaynaklarından biri olan elektrik enerjisine olan ihtiyacı direk olarak etkileyecektir (Uslu vd. 2013, 4).

5. 1. e Yerleşik ve Yerleşik Olmayan Hane Halkı Tüketimleri

Tüketicilerin yurtiçi tüketimlerinin elektrik talebini etkileyeceği düşünülmüş bu sebeple Merkez Bankası elektrik veri dağıtım sisteminden yerleşik ve yerleşik olmaya hane halkı tüketim verileri temin edilmiştir. Sabit fiyatlarla, TL bazında ve çeyreklik frekansta alınan veriler doğrusal interpolasyon yöntemi ile günlük frekansa dönüştürülmüştür (MB 2016).

5. 1. f Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYİH)

Ekonomik büyümenin en önemli göstergelerinden biri olan GSYİH miktarındaki değişimler enerji talebini doğrudan etkilemektedir. Çeyreklik frekansta GSYİH verileri Merkez Bankası Elektronik Veri Dağıtım Sistemi (EVDS)'nden temin edilmiştir (MB 2016).

5. 1. g Piyasa Takas Fiyatı (PTF) ve Sistem Marjinal Fiyatı (SMF)

Enerji Piyasaları İşletme A.Ş. (EPIAŞ) tarafından işletilen Gün Öncesi Piyasası'nda, elektriğin teslimat gününden bir gün öncesinde elektrik ticareti ve dengeleme faaliyetleri yapılmaktadır. Bu piyasada, piyasa katılımcılarının saatlik olarak verdiği tüm elektrik alış teklifleri toplamı ile talep eğrisi, satış teklifleri toplamı ile arz eğrisi oluşturulur. Gün Öncesi Piyasası'nda oluşturulan arz ve talep eğrilerinin kesiştiği noktada söz konusu saat için Piyasa Taksa Fiyatı (PTF) ve Piyasa Takas Miktarı (PTM) oluşur. Gün öncesi piyasasında belirlenen elektrik üretim/tüketim planı, gerçek zamanlı üretim/tüketime uymadığında yani sistemde enerji açığı ya da enerji fazlası olduğu durumlarda Piyasa Mali Uzlaştırma Merkezi (PMUM) sistem dengesini korumak amacıyla yük alma ve yük atma tekliflerine paralel talimatlar verir.

Verilen talimatlar doğrultusunda saatlik bazda oluşan fiyat Sistem Marjinal Fiyatı (SMF) olarak adlandırılır (PMUM 2016). Bir malın talep fonksiyonunda en önemli bileşen söz konusu malın fiyatıdır. Bu nedenle çalışmaya PTF ve SMF'de dahil edilmiştir.

5. 1. h Döviz Kuru

Enerji bakımından yüksek oranında dışa bağımlı ve gelişmekte olan bir ülke olan Türkiye elektrik enerjisi üretiminde en çok kömür ve doğal gaz kaynaklarını kullanmaktadır. 2014 yılında 30,2 milyon ton kömür ve 2015 yılında 48 milyon m³ doğal gaz ithalatı yapmıştır. Birincil enerji kaynaklarında ihracatın ithalatı karşılama oranı 2014 yılında 0,33 ve 2015 yılında 0,4 düzeyindedir. İthalatın bu kadar yüksek olduğu bir sektör, küresel ekonomik dalgalanmalardan doğrudan etkilenmektedir. Para birimlerinde meydana gelebilecek herhangi bir değişiklik Türkiye enerji fiyatlarını dolayısıyla enerji talebini etkilemektedir. Bu nedenle, Dolar ve Euro kurlarından yola çıkılarak sepet döviz kurları hesaplanarak çalışmaya dahil edilmiştir. (Sepet döviz kuru, günlük Dolar ve Euro kurları toplamının ikiye bölünmesi ile elde edilmiştir.) (EPDK 2016, 6-15; ETKB 2015, 24-27).

5. 2. Metodoloji ve Analiz

Türkiye elektrik talebini öngören ekonometrik bir modelin oluşturulabilmesi için öncelikle elektrik talebini etkileyen faktörlerin belirlenmesi gerekmektedir. Literatür taraması ile kamu ve özel sektör raporları ışığında birçok ekonomik ve meteorolojik faktörün elektrik talebini etkilediği görülmüştür. Bu faktörler, sıcaklık, nem, aydınlanma süresi, güneşlenme süresi, kapasite kullanım oranı, sanayi üretim endeksi, SMF, PTF, sepet döviz kuru ve GSYİH, hanehalkı tüketimidir.

İlk olarak söz konusu faktörler ile elektrik tüketimi arasındaki korelasyonlar hesaplanmıştır. Analizlerde Aralık 2012-Mart 2016 dönemine ait günlük frekansta veriler kullanılmıştır. Eviews 8 programında yapılan korelasyon analizi sonuçları Tablo 5. 1’de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre meteorolojik faktörlerden günlük sıcaklık, nem, güneşlenme süresi; ekonomik faktörlerden GSYİH, sanayi üretim endeksi, kapasite kullanım oranı, sepet döviz kuru, hane halkı tüketimleri, PTF ve SMF değişkenlerinin Türkiye elektrik talebinde etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Aydınlanma süresi ile elektrik talebi arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Bu nedenle, aydınlanma serisi çalışmanın bundan sonraki kısmında kullanılmamıştır.

	Elektrik Tüketim (GWh)		Elektrik Tüketim (GWh)
Tüketim (GWh)	1,00* (0,00)	Sanayi Üretim Endeksi	0,20* (0,00)
Nem (%)	-0,12* (0,00)	Sepet Döviz Kuru	0,42* (0,00)
Sıcaklık (°C)	0,09* (0,00)	Hane Halkı Tüketimi	0,29* (0,00)
Güneşlenme Süresi (Saat)	0,07* (0,00)	PTF	0,44* (0,00)
Aydınlanma Süresi (Saat)	-0,01 (0,76)	SMF	0,42* (0,00)
Kapasite Kullanım Oranı	0,18* (0,00)	GSYİH	0,33* (0,00)

*%1 seviyesinde anlamlı faktörler

Parantez içinde verilen değerler p-değerleridir.

Tablo 5. 1. Elektrik Tüketimi ile Bağımsız Değişkenler Arası Korelasyonlar

Elektrik talebini etkileyen en önemli faktörlerden biri olan sıcaklık ile elektrik tüketimi arasındaki parabolik ilişki, belirli bir sıcaklık değerinin üzerine çıkıldığında veya altına inildiğinde tüketimin arttığını göstermektedir (Şekil 5. 2). Bu noktada, tüketimde artış ve azalışa sebep olan bir eşik sıcaklık değerinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Kurulacak modele bu etkiyi bir bağımsız değişken olarak verebilmek için eşik sıcaklık farkı tanımı ortaya konmuştur. Eşik sıcaklık farkı, belirlenen eşik sıcaklık değeri ile günlük sıcaklık değerinin farkının mutlak değeri olarak tanımlanmış ve matematiksel olarak aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir:

$$\text{Eşik sıcaklık farkı} = | \text{Eşik sıcaklık değeri} - \text{Günlük sıcaklık}_i | \quad i:\text{Gün} \quad (16)$$

Şekil 5. 2'den eşik sıcaklık değerinin parabolün dip noktası veya ona yakın noktalardan biri olduğu öngörülmüştür. Bu nedenle, 10-20°C aralığında farklı sıcaklık değerleri, eşik sıcaklık değeri olarak kabul edilerek farklı eşik sıcaklık farkı serileri oluşturulmuştur. Oluşturulan bu yeni seriler ile elektrik tüketim miktarı arasındaki korelasyonlar incelenmiştir. Tablo 5. 2'de yapılan denemelere ait korelasyon sonuçları verilmiştir. İstatiksel olarak anlamlı ve en yüksek korelasyon değerine sahip olması sebebiyle eşik sıcaklık değeri 15 °C olarak belirlenmiştir.

	Elektrik Tüketimi (GWh)
Sıcaklık=20°C	0,28* (0,00)
Sıcaklık=19°C	0,34* (0,00)
Sıcaklık=18°C	0,39* (0,00)
Sıcaklık=17°C	0,44* (0,00)
Sıcaklık=16°C	0,48* (0,00)
Sıcaklık=15°C	0,50* (0,00)
Sıcaklık=14°C	0,49* (0,00)
Sıcaklık=13°C	0,45* (0,00)
Sıcaklık=12°C	0,39* (0,00)
Sıcaklık=11°C	0,33* (0,00)
Sıcaklık=10°C	0,27* (0,00)

*%1 seviyesinde anlamlı sonuçlar

Parantez içinde verilen değerler p-değerleridir.

Tablo 5. 2. Eşik Sıcaklık Farklarının Tüketim İle Korelasyonlar

Korelasyon analizleri sonucunda, sıcaklık ve eşik sıcaklık farkı faktörleri başta olmak üzere nem, güneşlenme süresi, kapasite kullanım oranı, sanayi üretim endeksi, PTF, SMF, sepet döviz kuru ve hane halkı tüketimlerinin Türkiye elektrik talebini etkilediğine karar verilmiştir.

Kurulacak modele elektrik talebindeki mevsimsel etkiyi yansıtabilmek amacıyla aylara ve haftanın günlerine; tüketimde ki ani düşüşleri yansıtabilmek için ise yılbaşı, kurban ve ramazan bayramları tatillerine kukla değişkenler atanmıştır. Ek olarak, modele elektrik tüketiminin sahip olduğu otoregresif yapı nedeniyle önceki dönemlere ait elektrik tüketimleri de eklenmiştir. Elektrik talebinde belirleyici olduğu düşünülen faktörler yani bağımsız değişkenler ile En Küçük Kareler yöntemi kullanılarak birçok model kurulmuştur. Çalışmanın bundan sonrasında yapılan denemelerden en önemli ve yol gösterici üç analiz ile nihai analize yer verilmiştir.

Aralık 2012-Mart 2016 dönemine ait günlük frekanstaki verilerden 2012-2015 dönemine ait veriler modelin kurulması (1462 gözlem) , 2016 yılı ilk çeyreğine ait veriler ise modelin test edilmesi amacıyla kullanılmıştır.

EKK yöntemi ile istatistiksel olarak anlamlı ve güvenilir bir model kurabilmek için kullanılacak tüm değişkenlerin durağan olması gerekmektedir. Bağımlı ve bağımsız değişkenlerin durağanlıklarını test etmek için tüm değişkenlere Eview 8 programında Augmented-Dickey Fuller birim kök testi yapılmıştır. Tablo 5. 3'e bakıldığında sepet döviz kuru, sıcaklık ve GSYİH değişkenlerinin düzey değerlerinde durağan olmadıkları saptanmıştır. Bu üç değişkenin birinci dereceden farkları alındığında üç değişkende istatistiksel olarak %1 düzeyinde durağanlaşmıştır. Bu nedenle, çalışmada sepet döviz kuru, sıcaklık ve GSYİH değişkenlerinin birinci farkları kullanılmıştır.

Değişken	Birim Kök Var		Değişken	Birim Kök Var	
	Yok	Var		Yok	Var
Eşik Sıcaklık Farkı	X		Sepet Döviz Kuru		X
Nem	X		PTF	X	
Sanayi Üretim Endeksi	X		SMF	X	
Sıcaklık		X	Güneşlenme Süresi	X	
Hanehalkı Tüketimi	X		Günlük Elektrik Tüketimi	X	
Kapasite Kullanım Oranı	X		GSYİH		X

Tablo 5. 3. Augmented-Dickey Fuller birim kök testi sonuçları

Kurulan ilk modele elektrik tüketimini etkilediği saptanan eşik sıcaklık farkı, nem, güneşlenme süresi, sanayi üretim endeksi, kapasite kullanım oranı, SMF, PTF, sepet döviz kuru, GSYİH, hanehalkı tüketimi (Sayılan tüm değişkenlerin doğal logaritması alınmıştır.) ile günler, aylar, resmi tatiller için kukla değişkenler ve önceki günlere ait elektrik tüketim verileri dahil edilmiştir. Ayrıca, veriler bir zaman serisi olduğundan modele trend değişkeni de eklenmiştir. Bu temel analizde sepet döviz kuru ve GSYİH değişkenleri düzey değerlerinde durağan olmadıklarından birinci dereceden farkları alınarak kullanılmıştır. Eşik sıcaklık farkı serisi modelde var olduğundan sıcaklık verisi bağımsız değişken olarak eklenmemiştir. Kurulan ilk ve temel alınan eşitlik (Analiz-1) şu şekildedir:

$$\begin{aligned}
LNTUKETİM = & 0.004*LN(T15) - 0.015*LN(NEM) + 0.039*LN(SanayiÜretimEndeksi) - \\
& 0.028*LN(SepetDövizKuru) - 0.157*LN(Hanehalkı) + 0.028*LN(SMF) - 0.018*LN(PTF) + \\
& 0.275*LN(KKO) + 0.022*LN(GSYIH) - 0.005*LN(GUNESLENME) + 0.159*PTESI + 0.123*SALI + \\
& 0.116*CARS + 0.115*PERS + 0.109*CUMA + 0.075*CTESI + 0.010*OCAK + 0.008*SUBAT + \\
& 0.5 *MART - 0.004*NISAN - 0.009*MAYIS - 0.002*HAZIRAN + 0.012*TEMMUZ + \\
& 0.015*AGUSTOS + 0.005*EYLUL - 0.001*EKIM + 0.005*KASIM + 3.15e-05*TREND + \\
& 0.001*RESMİTATİLLER + 0.523*LNTUK(-1) + 0.023*LNTUK(-2) + 0.063*LNTUKETİM(-3) + \\
& 0.044*LNTUKETİM(-4) + 0.024*LNTUKETİM(-5) + 0.038*LNTUKETİM(-6) + 0.098*LNTUKETİM(- \\
& 7) + 2.873
\end{aligned}
\tag{17}$$

Bu analizde kullanılan değişkenler şunlardır:

LNTUKETİM	Elektrik tüketim serisinin doğal logaritması	Ocak	Ocak ayı için kukla değişken
LN(T15)	Eşik sıcaklık farkı serisinin doğal logaritması	Şubat	Şubat ayı için kukla değişken
LN(NEM)	Günlük nem serisinin doğal logaritması	Mart	Mart ayı için kukla değişken
LN(Sanayi-ÜretimEndeksi)	Sanayi üretim endeksi serisinin doğal logaritması	Nisan	Nisan ayı için kukla değişken
LN(SepetDöviz-Kuru)	Sepet döviz kuru serisinin doğal logaritması (Birinci farkı alınmış seri)	Mayıs	Mayıs ayı için kukla değişken
LN(Hanehalkı)	Yeşleşik ve yerleşik olmayan hanehalkı tüketimleri serisinin doğal logaritması	Haziran	Haziran ayı için kukla değişken
LN(SMF)	Sistem marjinal fiyatı serisinin doğal logaritması	Temmuz	Temmuz ayı için kukla değişken
LN(PTF)	Piyasa takas fiyatı serisinin doğal logaritması	Ağustos	Ağustos ayı için kukla değişken
LN(KKO)	Kapasite kullanım oranı serisinin doğal logaritması	Eylül	Eylül ayı için kukla değişken
LN(GSYİH)	GSYİH serisinin doğal logaritması	Ekim	Ekim ayı için kukla değişken
LN(GUNESLENME)	Günlük güneşlenme serisinin doğal logaritması	Kasım	Kasım ayı için kukla değişken
LNTUKETİM	Elektrik tüketim serisinin doğal logaritması	TREND	2012-2015 dönemine ait zaman eğilim serisi
LN(T15)	Eşik sıcaklık farkı serisinin doğal logaritması	RESMİTATİLLER	Yılbaşı, ramazan ve kurban bayramı tatillerine ait kukla değişken
LN(NEM)	Günlük nem serisinin doğal logaritması	LNTUKETİM(-1)	Bir önceki güne ait doğal logaritması alınmış elektrik tüketim serisi
Pazartesi	Pazartesi günü için kukla değişken	LNTUKETİM(-2)	İki önceki güne ait doğal logaritması alınmış elektrik tüketim serisi
Salı	Salı günü için kukla değişken	LNTUKETİM(-3)	Üç önceki güne ait doğal logaritması alınmış elektrik tüketim serisi
Çarşamba	Çarşamba günü için kukla değişken	LNTUKETİM(-4)	Dört önceki güne ait doğal logaritması alınmış elektrik tüketim serisi
Perşembe	Perşembe günü için kukla değişken	LNTUKETİM(-5)	Beş önceki güne ait doğal logaritması alınmış elektrik tüketim serisi
Cuma	Cuma günü için kukla değişken	LNTUKETİM(-6)	Altı önceki güne ait doğal logaritması alınmış elektrik tüketim serisi
Cumartesi	Cumartesi günü için kukla değişken	LNTUKETİM(-7)	Yedi önceki güne ait doğal logaritması alınmış elektrik tüketim serisi

Tablo 5. 4. Analizde kullanılan bağımsız değişkenlerin açıklamaları

(17) numaralı eşitlikle verilen katsayılar ve bu katsayılara ait p-değerleri Tablo 5. 5'te verilmiştir. Hanehalkı tüketimi, sepet döviz kuru ve GSYİH değişkenlerinin istatistiksel olarak %5 düzeyinde anlamlı sonuçlar vermediği saptanmıştır. Günler, aylar ve resmi tatiller için kullanılan kukla değişkenler ile önceki dönemlere ait elektrik tüketimini ifade eden değişkenlerin istatistiksel sonuçları bir sonraki aşamada yorumlanacaktır. Kurulan model elektrik talebini %95,20 oranıyla açıklamaktadır.

Bağımsız Değişken	Katsayı	P-Değeri	Bağımsız Değişken	Katsayı	P-Değeri
Ln(Eşik Sıcaklık Farkı)	0,004	0,00	Nisan*	-0,004	0,50
Ln(Nem)	-0,015	0,01	Mayıs*	-0,009	0,13
Ln(Sanayi Üretim Endeksi)	0,039	0,05	Haziran*	-0,002	0,68
Ln(Hanehalkı Tüketimi)	-0,157	0,10	Temmuz	0,012	0,01
Ln(SMF)	0,028	0,00	Ağustos	0,015	0,00
Ln(PTF)	-0,018	0,00	Eylül*	0,005	0,22
Ln(Kapasite Kullanım Oranı)	0,275	0,01	Ekim*	-0,001	0,76
Ln(Sepet Döviz Kuru)*	-0,028	0,13	Kasım*	0,005	0,14
Ln(GSYİH)*	0,022	0,85	Trend	3,15e-05	0,00
Ln(Güneşlenme Süresi)	-0,005	0,00	Resmi Tatiller	0,001	0,00
Pazartesi	0,159	0,00	Regresyon sabiti	2,873	0,02
Salı	0,123	0,00	Ln(Tüketim) ₍₋₁₎	0,523	0,00
Çarşamba	0,116	0,00	Ln(Tüketim) _{(-2)*}	0,023	0,44
Perşembe	0,115	0,00	Ln(Tüketim) ₍₋₃₎	0,063	0,03
Cuma	0,109	0,00	Ln(Tüketim) _{(-4)*}	0,044	0,14
Cumartesi	0,075	0,00	Ln(Tüketim) _{(-5)*}	0,024	0,41
Ocak	0,010	0,00	Ln(Tüketim) _{(-6)*}	0,038	0,20
Şubat*	0,008	0,13	Ln(Tüketim) ₍₋₇₎	0,098	0,00
Mart*	0,005	0,47	R² = % 95,20		

*%5 düzeyinde anlamlı sonuç vermeyen bağımsız değişkenler

Tablo 5. 5. Analiz-1 sonuçları

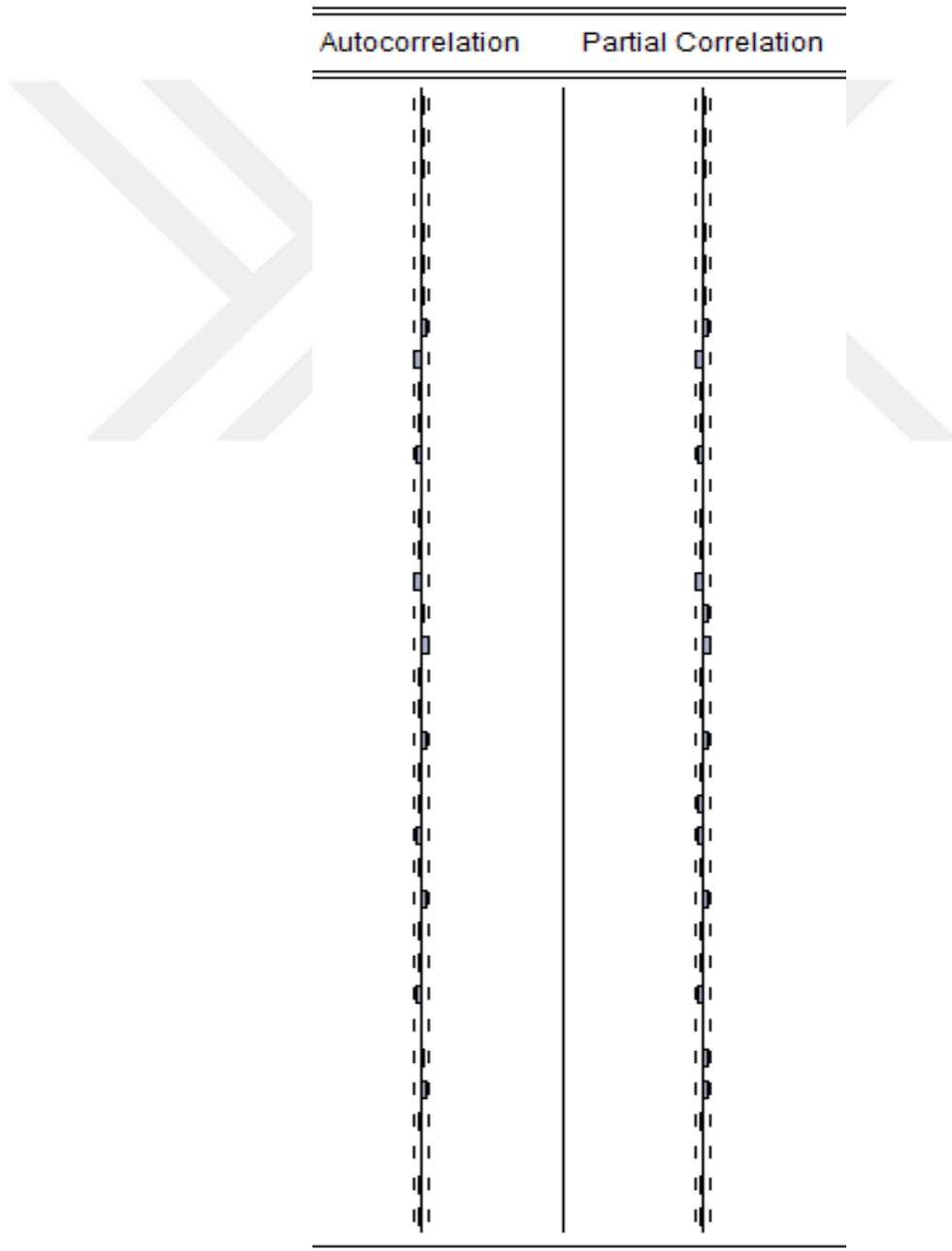
EKK yöntemi kullanılarak kurulan modellerin başarılı sonuçlar verebilmesi için modelde yer alan bağımsız değişkenler arasında doğrusal ya da doğrusala yakın bir ilişki olmaması gerekmektedir. Değişkenler arasındaki bu ilişkiyi test etmek amacıyla Varyans Büyütme Faktörü (Variance Inflation Factor-VIF) analizi yapılmıştır. Bu analize göre VIF değeri 1 ile 5 arasında ise değişkenler arasında çoklu doğru bağıntıdan bahsedilemez. Tablo 5. 6'da (17) numaralı eşitlikle verilen modele ait VIF analizi sonuçları verilmiştir. Buna göre, sanayi üretim endeksi, hanehalkı tüketimi, kapasite kullanım oranı, sepet döviz kuru ve GSYİH değişkenleri ile kukla değişkenlerinin (resmi tatiller hariç) modelde çoklu doğrusal bağıntı sorununa sebep olduğu görülmektedir.

Bağımsız Değişken	Varyans Büyütme Faktörü (VIF)	Bağımsız Değişken	Varyans Büyütme Faktörü (VIF)
Ln(Eşik Sıcaklık Farkı)	2,53	Mart	11,33
Ln(Nem)	5,04	Nisan	11,81
Ln(Sanayi Üretim Endeksi)	6,66	Mayıs	9,78
Ln(Hanehalkı Tüketimi)	111,17	Haziran	7,90
Ln(SMF)	2,14	Temmuz	6,81
Ln(PTF)	2,30	Ağustos	5,82
Ln(Kapasite Kullanım Oranı)	7,41	Eylül	6,07
Ln(Sepet Döviz Kuru)	21,87	Ekim	6,10
Ln(GSYİH)	186,86	Kasım	3,55
Ln(Güneşlenme Süresi)	4,43	Trend	55,25
Pazartesi	7,87	Resmi Tatiller	1,27
Salı	13,86	Ln(Tüketim) ₍₋₁₎	19,66
Çarşamba	13,47	Ln(Tüketim) ₍₋₂₎	25,30
Perşembe	13,76	Ln(Tüketim) ₍₋₃₎	25,10
Cuma	14,87	Ln(Tüketim) ₍₋₄₎	25,13
Cumartesi	13,61	Ln(Tüketim) ₍₋₅₎	25,09
Ocak	3,27	Ln(Tüketim) ₍₋₆₎	24,96
Şubat	7,07	Ln(Tüketim) ₍₋₇₎	17,46

Tablo 5. 6. Analiz-1'e ait VIF analizi sonuçları

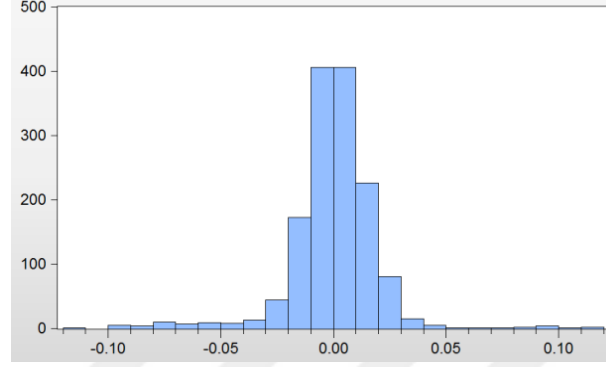
EKK yöntemi kullanılırken ortaya çıkabilecek diğer bir sorun ise otokorelasyon problemi dır. Hata terimlerinin birbirini takip eden değeri arasında bir ilişki olması olarak tanımlanabilen otokorelasyon problemi saptayabilmek için korelogram-Q istatistiksel analizi yapılmış ve analiz sonucu Şekil 5. 3’te verilmiştir. Analize göre hata terimleri tüm gecikme uzunluklarında %95 güven aralığı sınırlarında kalmıştır. Yani, hata terimleri arasında otokorelasyon yoktur.

Şekil 5. 3. Analize-1’e ait otokorelasyon analizi sonucu



Anlamlı bir model elde edebilmek için hata terimlerinin normal dağılıma sahip olması gerekmektedir. Şekil 5. 4'e bakıldığında hata terimlerinin normal dağılıma sahip olduğu görülmektedir.

Şekil 5. 4. Analiz-1'e ait hata terimlerinin dağılım grafiği



Son olarak, hata terimlerine ait istatistiksel sonuçları Tablo 5. 7 ile verilmiştir. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli nokta hata terimleri ortalamasının yaklaşık sıfır olması gerekliliğidir. Analiz-1'e ait hata terimleri ortalaması $-2,63e-15$ yani yaklaşık 0'dır.

Ortalama	$-2,63e-15$
Medyan	0,0006
Maksimum	0,1177
Minimum	-0,1151
Standart Sapma	0,0195
Çarpıklık	-0,5563
Basıklık	12,0876

Tablo 5. 7. Analiz-1'e ait hata terimlerinin istatistiksel sonuçları

Analiz-1'de kurulan ekonometrik modelde hata terimleri normal dağılmaktadır ve hata terimleri arasında otokorelasyon problemi yoktur; ancak bağımsız değişkenlerden hanehalkı tüketimi, sepet döviz kuru ve GSYİH katsayıları istatistiksel olarak anlamlı olmamakla beraber modelde çoklu doğrusal bağıntı problemi mevcuttur.

Bu nedenle, Analiz-1 Türkiye elektrik enerjisi talebini öngörmekte yeterli değildir; fakat iyi bir başlangıç noktası oluşturmuştur. Bir sonraki denemede bağımsız değişkenlerden sanayi üretim endeksi, hanehalkı tüketimi, kapasite kullanım oranı, sepet döviz kuru ve GSYİH modele dahil edilmemiştir. Analiz-2 olarak adlandırılan bu yeni analizle elde edilen eşitlik şu şekildedir:

$$\begin{aligned} LNTUKETİM = & 0.004*LN(T15) - 0.015*LN(NEM) + 0.028*LN(SMF) - 0.019*LN(PTF) - \\ & 0.005*LN(GUNESLENME) + 0.160*PTESI + 0.124*SALI + 0.117*CARS + 0.115*PERS + \\ & 0.109*CUMA + 0.075*CTESI + 0.008*OCAK + 0.001*SUBAT + 0.001*MART - 0.001*NISAN - \\ & 0.003*MAYIS + 0.005*HAZIRAN + 0.017*TEMMUZ + 0.013*AGUSTOS - 0.002*EYLUL - \\ & 0.007*EKIM + 0.003KASIM + 1.50e-05*TREND + 0,010*RESMİTATİLLER + 0.529* \\ & LNTUKETİM(-1) + 0.023* LNTUKETİM(-2) + 0.062* LNTUKETİM(-3) + 0.0396* LNTUKETİM(- \\ & 4) + 0.025* LNTUKETİM(-5) + 0.040* LNTUKETİM(-6) + 0.101* LNTUKETİM(-7) + 2.337 \quad (18) \end{aligned}$$

(18) numaralı eşitlikle verilen modelde yer alan bağımsız değişkenlerin katsayıları ve p-değerleri Tablo 5. 8’de verilmiştir. Analiz-2’de eşik sıcaklık, nem, güneşlenme süresi, PTF ve SMF değişkenleri %5 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı sonuç vermişlerdir. Yılbaşı, kurban ve ramazan bayramı tatil günlerine kullanılan kukla değişkenleri içeren resmi tatiller değişkeni, trend ve haftanın günleri için eklenen kukla değişkenleri de %95 güven aralığında anlamlıdır. Aylar için kullanılan kukla değişkenlere bakıldığında ise sadece Ocak, Temmuz, Ağustos ve Ekim aylarının anlamlı olduğu görülmektedir. Analiz-2’de geçmiş günlere ait elektrik tüketimlerini temsil eden değişkenler incelendiğinde bir, üç ve yedi gün önceki elektrik tüketimlerinin talebi açıklayacak düzeyde olduğu saptanmıştır; iki, dört, beş ve altı gün önceki elektrik tüketim değerine ait değişkenler ise anlamlı sonuç vermemiştir. Kurulan model elektrik tüketimini %95,18 oranında açıklamaktadır. Oldukça yüksek bir açıklayıcılığa sahip olan modelin ertesi gün elektrik talebini öngörmeye kullanılabilmesi için Analiz-1’de yapılan testlerin uygulanması gerekmektedir.

Bağımsız Değişken	Katsayı	p-Değeri	Bağımsız Değişken	Katsayı	p-Değeri
Ln(Eşik Sıcaklık Farkı)	0,004	0,00	Haziran*	-0,005	0,13
Ln(Nem)	-0,015	0,01	Temmuz	0,017	0,01
Ln(SMF)	0,028	0,00	Ağustos*	0,013	0,00
Ln(PTF)	-0,019	0,00	Eylül*	-0,002	0,59
Ln(Güneşlenme Süresi)	-0,005	0,00	Ekim	-0,007	0,05
Pazartesi	0,160	0,00	Kasım*	0,003	0,29
Salı	0,124	0,00	Trend	1,50e-05	0,00
Çarşamba	0,117	0,00	Resmi Tatiller	0,010	0,00
Perşembe	0,115	0,00	Regresyon sabiti	2,337	0,00
Cuma	0,109	0,00	Ln(Tüketim) ₍₋₁₎	0,529	0,00
Cumartesi	0,075	0,00	Ln(Tüketim) ₍₋₂₎ *	0,023	0,44
Ocak	0,008	0,00	Ln(Tüketim) ₍₋₃₎	0,064	0,03
Şubat*	0,001	0,59	Ln(Tüketim) ₍₋₄₎ *	0,040	0,15
Mart*	0,001	0,64	Ln(Tüketim) ₍₋₅₎ *	0,025	0,39
Nisan*	-0,001	0,71	Ln(Tüketim) ₍₋₆₎ *	0,038	0,20
Mayıs*	-0,003	0,49	Ln(Tüketim) ₍₋₇₎	0,095	0,00
R ² = % 95,18					

*%5 düzeyinde anlamlı sonuç vermeyen bağımsız değişkenler

Tablo 5. 8. Analiz-2 sonuçları

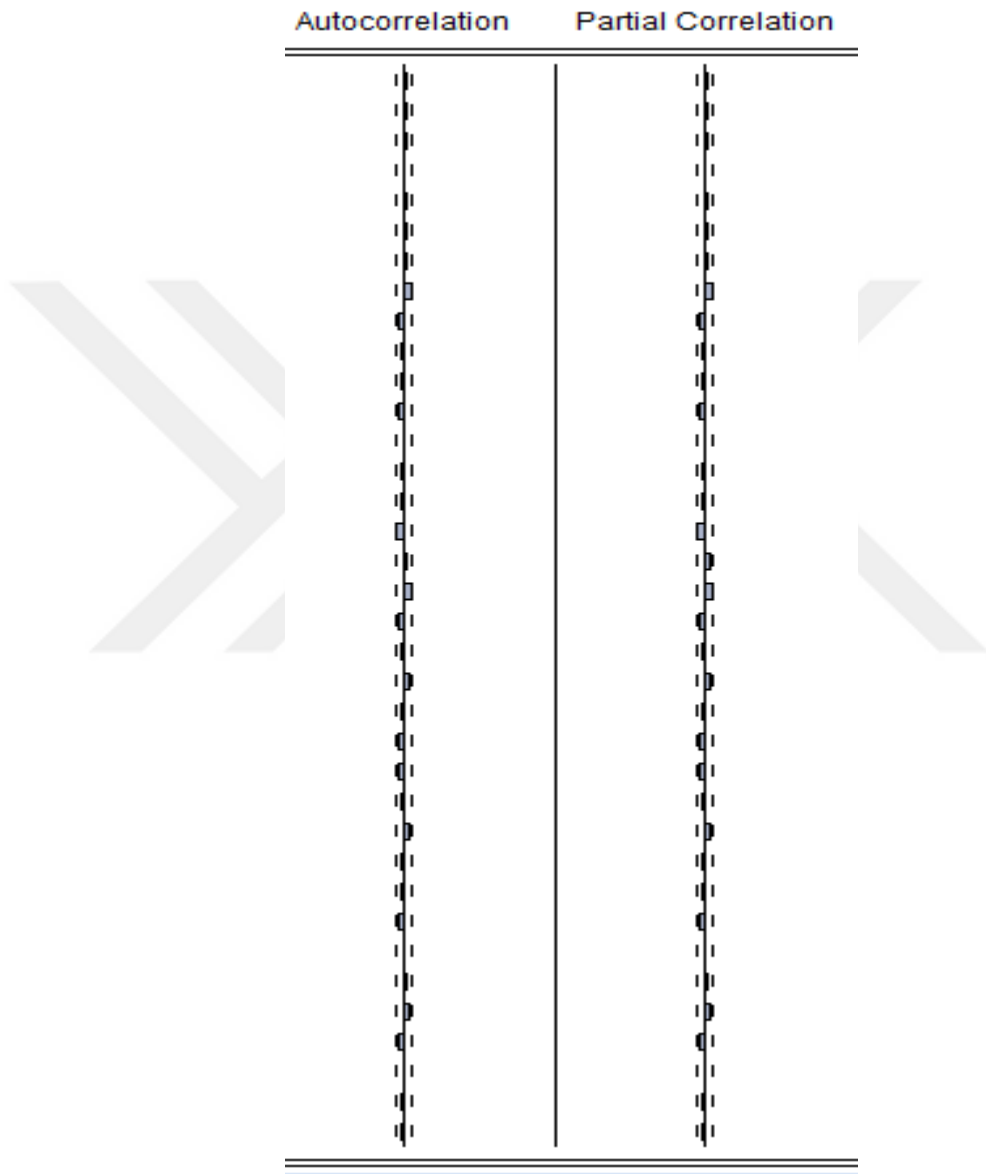
Analiz-1’de olduğu gibi kurulan yeni modelde de bağımsız değişkenler arasında doğrusal ya da doğrusala yakın bir ilişkinin varlığı test etmek amacıyla VIF analizi yapılmıştır. Bu analize ait sonuçlar Tablo 5. 9’da verilmiştir.

Bağımsız Değişken	VIF	Bağımsız Değişken	VIF
Ln(Eşik Sıcaklık Farkı)	2,52	Haziran	3,56
Ln(Nem)	4,91	Temmuz	4,17
Ln(SMF)	2,12	Ağustos	4,33
Ln(PTF)	2,25	Eylül	3,38
Ln(Güneşlenme Süresi)	4,28	Ekim	3,63
Pazartesi	7,84	Kasım	2,75
Salı	13,84	Trend	3,27
Çarşamba	13,45	Resmi Tatiller	1,24
Perşembe	13,74	Ln(Tüketim) ₍₋₁₎	19,58
Cuma	14,85	Ln(Tüketim) ₍₋₂₎	25,28
Cumartesi	13,60	Ln(Tüketim) ₍₋₃₎	25,10
Ocak	2,17	Ln(Tüketim) ₍₋₄₎	25,13
Şubat	2,24	Ln(Tüketim) ₍₋₅₎	25,07
Mart	2,74	Ln(Tüketim) ₍₋₆₎	24,95
Nisan	3,61	Ln(Tüketim) ₍₋₇₎	17,37
Mayıs	3,94		

Tablo 5. 9. Analiz-2’ye ait VIF analizi sonuçları

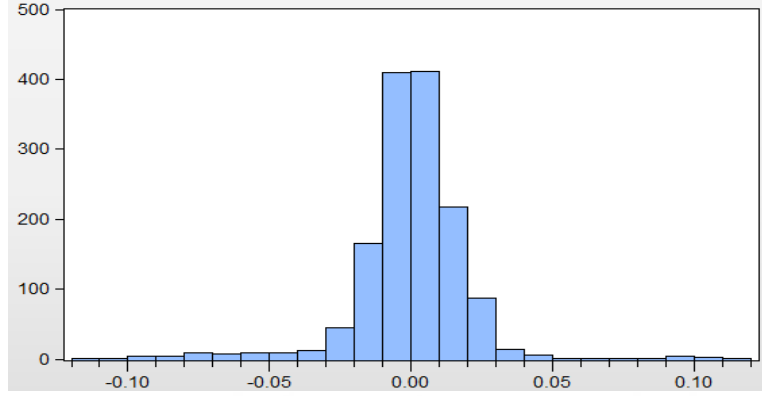
Analiz-2 için yapılan korelogram-Q istatistik analizi sonuçları ise Şekil 5. 5'te verilmiştir. Analiz sonucuna göre hata terimleri tüm gecikme uzunluklarında %5 düzeyinde anlamlı sonuç vermiştir. Yani, hata terimleri arasında otokorelasyon yoktur.

Şekil 5. 5. Analiz-2'ye ait otokorelasyon analizi sonuçları



Anlamlı bir model elde edebilmek için hata terimlerinin normal dağılıma sahip olması gerektiğinden Analiz-2'ye ait hata terimlerinin dağılım grafiğine bakılmıştır (Şekil 5. 6).

Şekil 5. 6'ya bakıldığında hata terimlerinin normal dağılıma sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 5. 6. Analiz-2'ye ait hata terimlerinin dağılım grafiği

Bu analizde de son olarak, hata terimlerinin istatistiksel sonuçları incelenmiş ve sonuçlar Tablo 5. 10'da verilmiştir. Analiz-2'ye ait hata terimleri ortalamasının da yaklaşık sıfır olduğu görülmektedir.

Ortalama	-7,70e-15
Medyan	0,0007
Maksimum	0,1177
Minimum	-0,1188
Standart Sapma	0,0196
Çarpıklık	-0,5525
Basıklık	12,2291

Tablo 5. 10. Analiz-2'ye ait hata terimlerinin istatistiksel sonuçları

Sonuç olarak ikinci modele bakıldığında, aylara ait kukla değişkenler ile iki, dört, beş ve altı gün önceki tüketimi gösteren değişkenlerin %5 düzeyinde anlamlı olmadıkları; aynı değişkenlerin modelde çoklu doğrusal bağıntı problemine sebep oldukları görülmektedir. Bu modelde de otokorelasyon problemi görülmemektedir, hata terimleri normal dağılmaktadır. Oldukça yüksek bir R^2 değerine sahip olmakla beraber model de mevcut problemler nedeniyle Analiz-2 bir sonraki güne ait tüketimi talep etmekte yeterli değildir.

Analiz-2’de ortaya çıkan çoklu doğrusal bağıntı problemini ortadan kaldırmak amacıyla p-değerleri anlamlı olmayan iki, dört, beş ve altı gün önceki elektrik tüketimlerine ait bağımsız değişkenler modelden çıkartılmış ve yeni bir model kurulmuştur. Analiz-3 olarak adlandırılan yeni analize ait matematiksel denklem aşağıdadır:

$$LNTUKETİM = 0.004*LN(T15) - 0.015*LN(NEM) + 0.027*LN(SMF) - 0.018*LN(PTF) - 0.005*LN(GUNESLENME) + 2.485 + 1.619e-05*TREND + 0.550* LNTUKETİM(-1) + 0.117* LNTUKETİM(-3) + 0.139* LNTUKETİM(-7) + 0.010*NEWDUMMY + 0.157*PTESI + 0.117*SALI + 0.117*CARS + 0.104*PERS + 0.097*CUMA + 0.064*CTESI + 0.008*OCAK + 0.002*SUBAT + 0.001*MART - 0.002*NISAN - 0.004*MAYIS + 0.005*HAZIRAN + 0.018*TEMMUZ + 0.014*AGUSTOS - 0.002*EYLUL - 0.008*EKIM + 0.002*KASIM \quad (19)$$

(19) numaralı eşitlikle verilen modelde yer alan bağımsız değişkenlerin katsayıları ve p-değerleri Tablo 5. 11’de verilmiştir. Analiz-3’te bazı aylara ve günlere ait kukla değişkenleri hariç tüm bağımsız değişkenler %5 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı sonuç vermişlerdir. Kurulan model elektrik tüketimini %95,14 oranında açıklamaktadır.

Bağımsız Değişken	Katsayı	p-Değeri	Bağımsız Değişken	Katsayı	p-Değeri
Ln(Eşik Sıcaklık Farkı)	0,004	0,00	Nisan*	-0,002	0,53
Ln(Nem)	-0,015	0,01	Mayıs*	-0,004	0,32
Ln(SMF)	0,027	0,00	Haziran *	-0,005	0,20
Ln(PTF)	-0,018	0,00	Temmuz	0,018	0,00
Ln(Güneşlenme Süresi)	-0,005	0,00	Ağustos	0,014	0,00
Pazartesi	0,157	0,00	Eylül*	-0,002	0,57
Salı	0,117	0,00	Ekim	-0,008	0,02
Çarşamba	0,117	0,00	Kasım*	0,002	0,45
Perşembe	0,104	0,00	Trend	1,62e-05	0,00
Cuma	0,097	0,00	Resmi Tatiller	0,010	0,00
Cumartesi	0,064	0,00	Regresyon sabiti	2,485	0,00
Ocak	0,008	0,00	Ln(Tüketim) ₍₋₁₎	0,550	0,00
Şubat*	0,002	0,56	Ln(Tüketim) ₍₋₃₎	0,117	0,04
Mart*	0,001	0,71	Ln(Tüketim) ₍₋₇₎	0,139	0,00
R ² = % 95,14					

*%5 düzeyinde anlamlı sonuç vermeyen bağımsız değişkenler

Tablo 5. 11. Analiz-3 sonuçları

Analiz-1 ve Analiz-2’de olduğu gibi kurulan bu yeni modelde de bağımsız değişkenler arasında doğrusal ya da doğrusala yakın bir ilişkinin varlığı test etmek amacıyla VIF analizi yapılmıştır. Bu analize ait sonuçlar Tablo 5. 12’de verilmiştir. VIF analizi sonuçlarına bakıldığında haftanın günleri ile bir, üç ve yedi gün önceki dönem tüketimlerinin modelde çoklu doğrusal bağıntı problemine sebep olduğu görülmektedir. Aylara ait kukla değişkenler Tablo 5. 11’de görüldüğü üzere %5 düzeyinde anlamlı sonuç vermemiştir. Bu değişkenler modelden çıkarılacağından aylık kukla değişkenlerinin VIF analizi sonuçları özel olarak incelenmemiştir.

Bağımsız Değişken	VIF	Bağımsız Değişken	VIF
Ln(Eşik Sıcaklık Farkı)	2,52	Nisan	3,62
Ln(Nem)	4,90	Mayıs	3,93
Ln(SMF)	2,10	Haziran	3,55
Ln(PTF)	2,44	Temmuz	4,16
Ln(Güneşlenme Süresi)	4,27	Ağustos	4,31
Pazartesi	7,33	Eylül	3,38
Salı	6,08	Ekim	3,63
Çarşamba	12,86	Kasım	2,73
Perşembe	5,81	Trend	3,21
Cuma	4,86	Resmi Tatiller	1,23
Cumartesi	3,38	Ln(Tüketim) ₍₋₁₎	13,97
Ocak	2,17	Ln(Tüketim) ₍₋₃₎	13,14
Şubat	2,25	Ln(Tüketim) ₍₋₇₎	9,97
Mart	2,78		

Tablo 5. 12. Analiz-3’e ait VIF analizi sonuçları

Analiz-3’e ait hata terimleri arasında otokorelasyon problemi olup olmadığını saptamak amacıyla korelogram-Q istatistiksel analizi uygulanmış ve analiz sonucu Şekil 5. 7’ye verilmiştir. Analiz sonucuna göre hata terimleri tüm gecikme uzunluklarında %5 düzeyinde anlamlı sonuç vermemiştir. Yani, hata terimleri arasında otokorelasyon yoktur.

Bu analizde de son olarak, hata terimlerinin istatistiksel sonuçları incelenmiş ve sonuçlar Tablo 5. 13’de verilmiştir. Analiz-3’e ait hata terimleri ortalamasının da yaklaşık sıfır olduğu görülmektedir.

Ortalama	-6,51e-16
Medyan	0,0008
Maksimum	0,1162
Minimum	-0,1198
Standart Sapma	0,0196
Çarpıklık	-0,6338
Basıklık	12,3380

Tablo 5. 13. Analiz-3’ye ait hata terimlerinin istatistiksel sonuçları

Analiz-3 ile eşik sıcaklık, nem, güneşlenme süresi, PTF, SMF, trend, günler, aylar ve resmi tatillere ait kukla değişkenler ile bir, üç ve beş gün önceki tüketimlere ait değişkenlerden oluşan modele ulaşılmıştır. Bu modelde, bazı aylar ve günlerin p-değerlerinin %5 düzeyinde anlamlı olmadığı ve modelde çoklu doğrusal bağıntı olması sebebiyle yeni bir analiz daha yapılmış ve nihai modele ulaşılmıştır. Kurulan nihai modelde (Analiz-4) aylara ait kukla değişkenler çoğunlukla anlamsız sonuçlar verdiği için modelden çıkartılmışlardır. Analiz-4’e ait matematiksel denklem aşağıda verilmiştir:

$$\begin{aligned}
 LNTUKETİM = & 0.006*LN(T15) - 0.020*LN(PTF) + 0.025*LN(SMF) - 0.018*LN(NEM) - \\
 & 0.004*LN(GUNESLENME) + 9.530e-06*TREND + 0.163*PTESI + 0.118*SALI + 0.119*CARS + \\
 & 0.104*PERS + 0.096*CUMA + 0.063*CTESI + 0.009*RESMİTATİLLER + 0.602* LNTUKETİM(-1) \\
 & + 0.138* LNTUKETİM(-7) + 0.138* LNTUKETİM(-3) + 1.571
 \end{aligned}
 \tag{20}$$

Analiz-4’te kullanılan bağımsız değişkenlere ait katsayılar ve katsayılarla ait p-değerleri Tablo 5.14’te verilmiştir. Yapılan son analizde tüm bağımsız değişkenler %5 düzeyinde anlamlı sonuç vermiş olup; kurulan model elektrik tüketimini %91,87 oranında açıklamaktadır.

Bağımsız Değişken	Katsayı	p-Değeri
Ln(Eşik Sıcaklık Farkı)	0,006	0,00
Ln(Nem)	-0,018	0,00
Ln(SMF)	0,025	0,00
Ln(PTF)	-0,020	0,00
Ln(Güneşlenme Süresi)	-0,004	0,00
Pazartesi	0,163	0,00
Salı	0,118	0,00
Çarşamba	0,119	0,00
Perşembe	0,104	0,00
Cuma	0,096	0,00
Cumartesi	0,063	0,00
Trend	9,53e-06	0,00
Resmi Tatiller	0,009	0,00
Regresyon sabiti	1,571	0,00
Ln(Tüketim) ₍₋₁₎	0,602	0,00
Ln(Tüketim) ₍₋₃₎	0,138	0,00
Ln(Tüketim) ₍₋₇₎	0,138	0,00
R ² = % 91,87		

Tablo 5. 14. Analiz-4'e ait sonuçlar

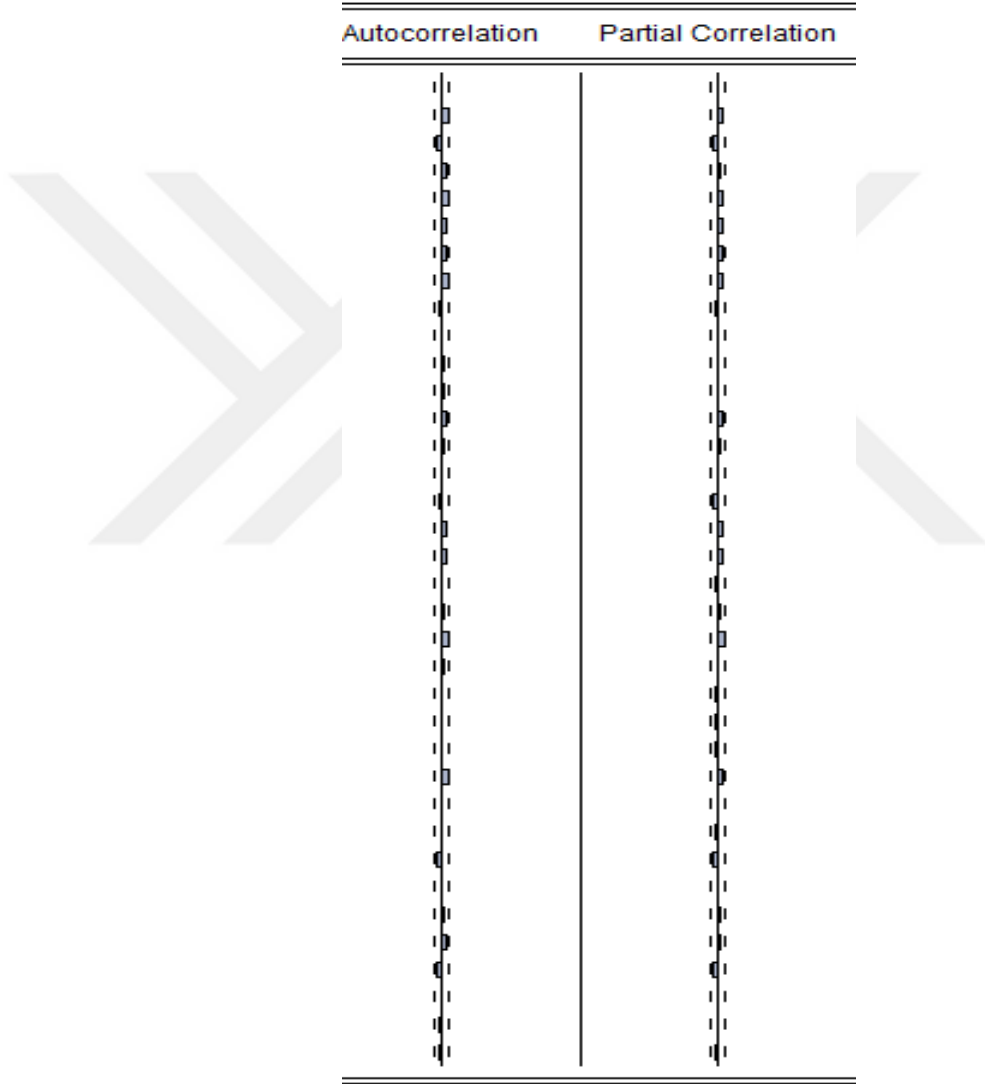
Analiz-4 için yapılan VIF analizi sonuçları Tablo 5. 15'te verilmiştir. Bağımsız değişkenler arasında doğrusal bir ilişkinin var olup olmadığını inceleyen VIF analizi sonuçlarına bakıldığında çoklu doğrusal bağıntı problemi olmadığı sonucuna varılmıştır.

Bağımsız Değişken	VIF
Ln(Eşik Sıcaklık Farkı)	1,94
Ln(Nem)	3,88
Ln(SMF)	2,06
Ln(PTF)	2,15
Ln(Güneşlenme Süresi)	3,59
Pazartesi	5,17
Salı	5,18
Çarşamba	5,11
Perşembe	5,11
Cuma	4,31
Cumartesi	3,09
Trend	1,99
Resmi Tatiller	1,11

Tablo 5. 15. Analiz-4'a ait VIF analizi sonuçları

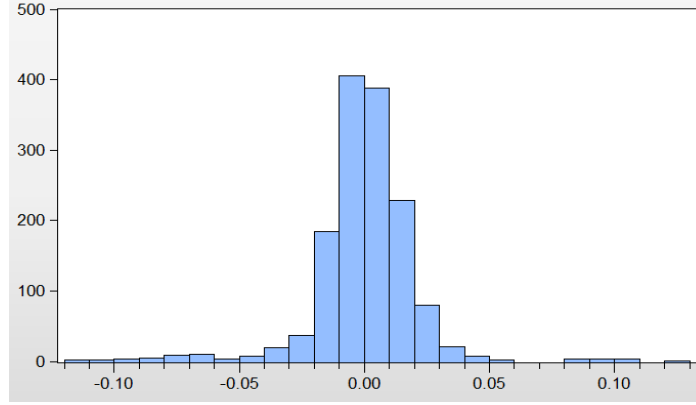
(20) numaralı eşitlikle verilen modele uygulanan diğerk bir test ise hata terimlerinin birbirini izleyen değerkleri arasındaki ilişkiyi inceleyen otokorelasyon testidir. Yapılan korelogram-Q istatistiksel analizi sonucuna gkrek (şekil 5. 9) hata terimleri tkm gecikme uzunluklarında %5 dtkzeyinde anlamlı sonuç vermiştir. Yani, hata terimleri arasında otokorelasyon yoktur.

şekil 5.9. Analiz-4'e ait otokorelasyon analizi sonucu



Son olarak, Analiz-4'e ait hata terimlerinin dağılım grafiğine ve istatistiksel sonuçlarına bakılmıştır. şekil 5. 10'da verilen grafiğe bakıldığında kurulan son modele ait hata terimlerinin normal dağılıma sahip olduğu gkrgrlmektedir.

Şekil 5. 10. Analiz-4'e ait hata terimlerinin dağılım grafiği



Analiz-4'e ait istatistiksel sonuçlar ise Tablo 5. 16'da verilmiştir. Kurulan ilk üç modele ait hata terimlerinde olduğu gibi kurulan son modele ait hata terimlerinin ortalaması da sifıra yakınsamaktadır.

Ortalama	-4,73e-15
Medyan	0,0007
Maksimum	0,1227
Minimum	-0,1172
Standart Sapma	0,0202
Çarpıklık	-0,7112
Basıklık	12,0523

Tablo 5. 16. Analiz-4'e ait hata terimlerinin istatistiksel sonuçları

Sonuç olarak, Analiz-4'e ait tüm bağımsız değişkenler %5 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar vermiştir. Model oldukça yüksek bir açıklayıcılığa sahiptir. Bağımsız değişkenler arasında çoklu doğrusal bağıntı problemi önemsizdir. Tüm gecikme uzunluklarında hata terimlerinin birbirini izleyen değerleri arasında bir ilişki yoktur, yani modelde otokorelasyon sorunu yoktur. Son olarak, hata terimleri normal dağılıma sahip olmakla beraber hata terimlerinin ortalaması sifıra yakınsamaktadır. Analiz-4, yapılan testler neticesinde Türkiye günlük elektrik enerjisi talebini öngörmeye kullanılacak nihai model olarak seçilmiştir.

Tablo 5. 17 'de çalışma boyunca yapılan tüm denemeler içerisinde yol gösterici olan üç temel analize ve Analiz-4'e ait özet bilgi verilmektedir.

Bağımsız Değişken	Analiz-1	Analiz-2	Analiz-3	Analiz-4
Ln(Eşik Sıcaklık Farkı)	+	+	+	+
Ln(Nem)	+	+	+	+
Ln(Sanayi Üretim Endeksi)	+	X	X	X
Ln(Hanehalkı Tüketimi)	-	X	X	X
Ln(SMF)	+	+	+	+
Ln(PTF)	+	+	+	+
Ln(Kapasite Kullanım Oranı)	+	X	X	X
Ln(Sepet Döviz Kuru)	-	X	X	X
Ln(GSYİH)	-	X	X	X
Ln(Güneşlenme Süresi)	+	+	+	+
Pazartesi	+	+	+	+
Salı	+	+	+	+
Çarşamba	+	+	+	+
Perşembe	+	+	+	+
Cuma	+	+	+	+
Cumartesi	+	+	+	+
Ocak	+	+	+	X
Şubat	-	-	-	X
Mart	-	-	-	X
Nisan	-	-	-	X
Mayıs	-	-	-	X
Haziran	-	-	-	X
Temmuz	+	+	+	X
Ağustos	+	+	+	X
Eylül	-	-	-	X
Ekim	-	-	-	X
Kasım	-	-	-	X
Trend	+	+	+	+
Resmi Tatiller	+	+	+	+
Regresyon sabiti	+	+	+	+
Ln(Tüketim) ₍₋₁₎	+	+	+	+
Ln(Tüketim) ₍₋₂₎	-	-	X	X
Ln(Tüketim) ₍₋₃₎	+	+	+	+
Ln(Tüketim) ₍₋₄₎	-	-	X	X
Ln(Tüketim) ₍₋₅₎	-	-	X	X
Ln(Tüketim) ₍₋₆₎	-	-	X	X
Ln(Tüketim) ₍₋₇₎	+	+	+	+

“+” simgesi %5 düzeyinde anlamlı değişkenleri, “-” simgesi %5 düzeyinde anlamsız değişkenleri ve “x” simgesi modelde yer almayan değişkenleri ifade etmektedir.

Tablo 5. 17. Yapılan dört farklı analize ait sonuçlar

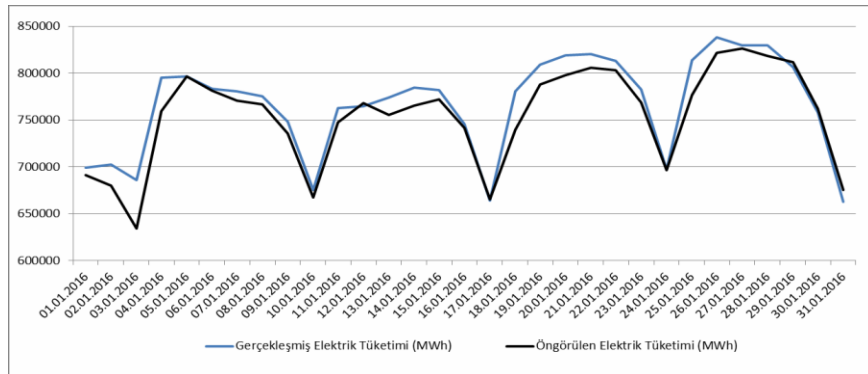
Tablo 5. 18’de ise kurulan modellere uygulanan testlerin sonuçları ve modellerin elektrik tüketimini açıklama oranları (R^2) verilmiştir.

İstatistiksel Göstergeler	Analiz-1	Analiz-2	Analiz-3	Analiz-4
R^2 (%)	95,20	95,18	95,14	91,87
Çoklu Doğrusal Bağını Sorunu	Var	Var	Var	Yok
Otokorelasyon Sorunu	Yok	Yok	Yok	Yok
Dağılım Grafiği	Normal	Normal	Normal	Normal

Tablo 5. 18. Analizlere uygulanan test sonuçları

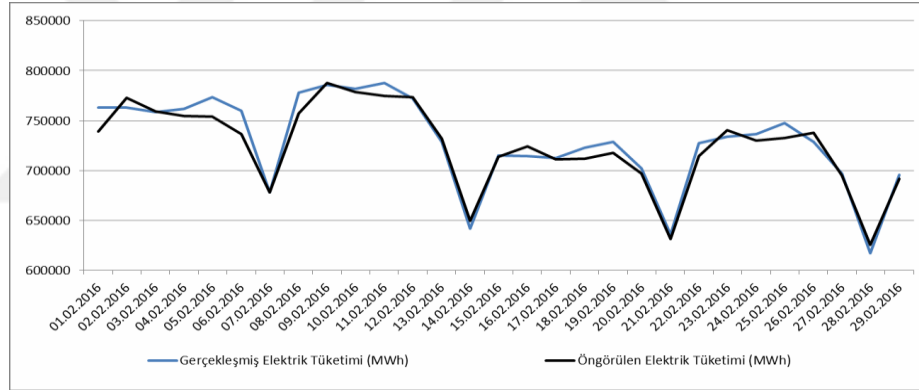
Analiz-4’ün elektrik tüketimini açıklamada yeterli olduğuna karar verilmesinden sonra 2016 yılının ilk çeyreği için günlük tahminler yapılmaya başlanmıştır. Şekil 5. 11’de Ocak 2016 dönemi elektrik talebi tahmin sonuçları ve gerçekleşen tüketim değerleri verilmiştir. Kurulan modelle Ocak ayında tüketim trendi yüksek oranda yakalanmıştır. Öngörüler ile gerçekleşen elektrik tüketimleri arasındaki en yüksek fark %7,5’lik sapma ile 3 Ocak’ta, en düşük sapma ise %0,08’lik sapma ile 5 Ocak’ta gerçekleşmiştir. Ocak ayı için günlük elektrik talep tahminleri, gerçekleşen tüketimler ve sapma değerleri EK 1’de verilmiştir. Günlük olarak hesaplanan sapmaların ortalaması % 1,9’dur. Ocak ayı toplam elektrik talebi 23 bin 390 GWh olarak öngörülmüş, tüketimi ise 23 bin 779 GWh olarak gerçekleşmiştir. Aylık frekansta %1,6’lık bir sapma mevcuttur.

Şekil 5. 11. Ocak 2016 Günlük Elektrik Talep Tahmini ve Gerçekleşen Değerleri



Şekil 5. 12’de Şubat 2016 dönemine ait elektrik talep tahminleri ve gerçekleşen elektrik tüketim miktarları verilmiştir. Şubat ayında da elektrik tüketim trendi genel olarak yakalanmıştır. Tahmini elektrik talebi ile gerçekleşen elektrik tüketimi arasındaki en yüksek sapma 1 Şubat’ta % 3,2, en düşük sapma ise 8 Şubat’ta %0,04 olarak gerçekleşmiştir. Günlük olarak hesaplanan sapmaların ortalaması ise Şubat ayı için % 1,6’dır. Şubat ayı için günlük elektrik talep tahminleri, gerçekleşen tüketimler ve sapma değerleri EK 2’de verilmiştir Şubat ayı için toplam elektrik talebi ise 21 bin GWh olarak öngörülmüş, gerçek tüketim 21 bin 150 GWh olarak gerçekleşmiştir. Aylık bazda bakıldığında ise %0,5’lik bir sapma meydana gelmiştir.

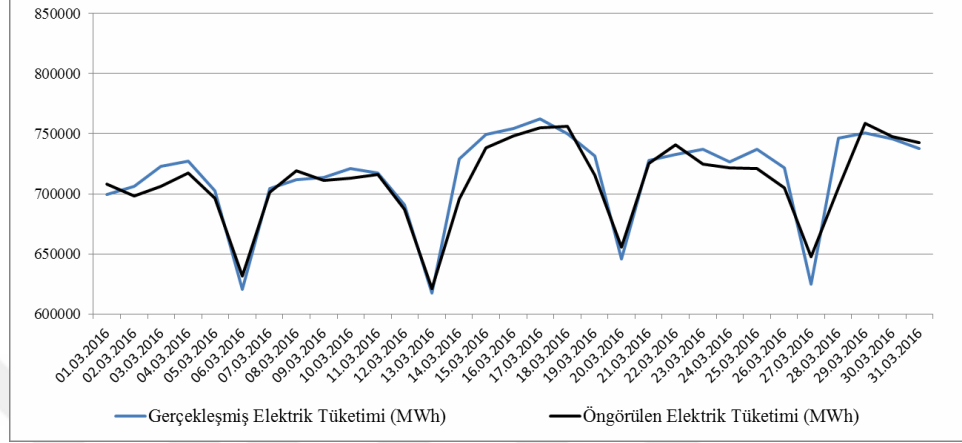
Şekil 5. 12. Şubat 2016 Günlük Elektrik Talep Tahmini ve Gerçekleşen Değerler



Şekil 5. 13’te Türkiye için Mart 2016 dönemine ait elektrik talep tahmini ve gerçekleşen tüketim değerleri verilmiştir. Mart ayında elektrik talep öngörüsü ile gerçekleşen tüketim arasındaki en yüksek sapma 28 Mart tarihinde % 5,5, en düşük sapma ise 11 ve 30 Mart tarihlerinde % 0,1 olarak gerçekleşmiştir. Günlük olarak hesaplanan sapmaların ortalaması ise Mart ayı için % 1,8’dir. Mart ayı günlük elektrik talep tahminleri, gerçekleşen tüketimler ve sapma değerleri EK 3’te verilmiştir.

Mart ayı için toplam elektrik talebi ise 22 bin GWh olarak öngörölmüş, gerçek tüketim 22 bin 164 GWh olarak gerçekleşmiştir. Aylık olarak bakıldığında ise %0,7'lik bir sapma meydana gelmiştir.

Şekil 5. 13. Mart 2016 Günlük Elektrik Talep Tahmini ve Gerçekleşen Değerleri



BÖLÜM VI

SONUÇ

Ülkelerin artan milli gelirlerine ve gelişen teknolojiye paralel olarak küresel elektrik talebi artış göstermektedir. Bu nedenle, sektörde arz güvenliğinin sağlanması oldukça önemli bir hal almıştır. Enerji kaynaklarının kısıtlı olması ve elektriğin depolanamayan bir enerji kaynağı olması kamu ve özel sektör taraflarını çeşitli düzenlemeler ve planlamalar yapmaya yönlendirmiştir.

Türkiye’de arz-talep dengesini sağlama amaçlı birçok çalışma yapılmakta olup, bu çalışmalar genellikle orta ve uzun vadede elektrik talebinin öngörülmesi amaçlıdır. Fakat elektrik piyasasındaki günlük faaliyetlerin planlanması için kısa vadeli öngörülere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye’de günlük elektrik talep tahmin çalışmalarına katkı yapmak amaçlanmıştır.

Çalışmada öncelikle literatür çalışması ile kamu ve özel sektör raporları incelenerek Türkiye elektrik talebini etkileyeceği düşünülen faktörler incelenmiştir. Söz konusu faktörler ile elektrik tüketim değerleri arası korelasyonlara bakılmış ve elektrik tüketimini etkileyen bağımsız değişkenler belirlenmiştir. Bu değişkenler; sıcaklık, nem, güneşlenme süresi, sepet döviz kuru, hane halkı tüketimleri, piyasa takas fiyatı, sistem marjinal fiyatı, kapasite kullanım oranı, sanayi üretim endeksi ve GSYİH’dir.

Elektrik talebini etkileyen en önemli faktörlerden biri olan sıcaklık ile tüketim arasındaki ilişki incelendiğinde parabolik bir ilişki gözlenmiştir. Bu ilişki, sıcaklığın belirli bir değer altına inildiğinde veya üstüne çıkıldığında elektrik tüketiminin artacağını gösterdiğinden parabolün dip noktalarında bir eşik sıcaklık değerinin mevcut olduğu sonucuna varılmıştır. Eşik sıcaklık değerinin belirlenmesi amacıyla eşik sıcaklık farkı tanımı oluşturulmuştur. Eşik sıcaklık farkı, günlük eşik sıcaklık değeri ile günlük sıcaklık değeri arası mutlak fark olarak tanımlanmıştır. Eşik sıcaklık değeri için yapılan denemeler sonucunda 15 °C en anlamlı istatistiksel sonucu vermiştir. Elektrik tüketimindeki dönemselliği modele dahil edebilmek amacıyla zaman kukla değişkenleri kullanılmış, modele elektrik tüketimindeki otoregresif etkiyi yansıtmak amacıyla önceki günlere ait elektrik tüketim değerleri de dahil edilmiştir.

Bağımsız değişkenlere karar verilmesi sonrasında, En Küçük Kareler yöntemi kullanılarak denemeler yapılmıştır. Denemelerde 2012-2015 yılları arası günlük frekanstaki verilen matematiksel modelin kurulması, 2016 yılı ilk çeyreği verileri ise modelin test edilmesi amacıyla kullanılmıştır. Çalışmada yapılan tüm denemeler göz önünde bulundurulduğunda yol gösterici olan üç analiz ve ulaşılan nihai modele ait Analiz-4'e yer verilmiştir. Analiz-4'te bağımsız değişken olarak eşik sıcaklık değeri, nem, PTF, SMF, güneşlenme süresi, trend, haftanın günlerine ve resmi tatillere ait kukla değişkenler ile bir, üç ve yedi gün önceki günlere ait tüketim değerlerini içeren model kabul edilmiştir. Modelde kullanılan tüm faktörler istatistiksel olarak %5 düzeyinde anlamlı sonuç vermiş olup model % 91,87 açıklayıcılıktadır.

Ulaşılan nihai modelde GSYİH, kapasite kullanım oranı, sanayi üretim endeksi, sepet döviz kuru gibi değişkenlerin yer almaması beklenen bir durumdur.

Söz konusu ekonomik değişkenler, elektrik talep tahmini çalışmalarında orta ve uzun dönem öngörülerinde anlamlı sonuçlar vermektedir. Literatüre bakıldığında günlük ve saatlik tahmin çalışmalarında meteorolojik değişkenler kullanılmaktadır. Bu çalışmada, farklı olarak günlük frekanstaki fiyat değişkenleri de kullanılmıştır.

Belirlenen model ile 2016 yılı ilk çeyreği için günlük elektrik talep öngörülerinde bulunulmuştur. Tahminlere göre Ocak ayı elektrik talebinin yaklaşık 23 bin 390 GWh olacağı tahmin edilirken, gerçekleşen tüketim miktarı 23 bin 729 GWh'tır. Ocak ayı öngörülerinde günlük frekansta en yüksek sapma 3 Ocak'ta %7,5, en düşük sapma ise 5 Ocak'ta %0,08 olarak hesaplanmıştır. Şubat ayı elektrik talebi 21 bin GWh olarak öngörülürmüş, tüketim ise 21 bin 150 GWh olarak gerçekleşmiştir. Şubat ayında en yüksek sapma %3,2 oranıyla ayın ilk gününe ait iken en düşük sapma %0,04 ile 8 Şubat'ta gerçekleşmiştir. Mart ayında ise aylık elektrik talebi 22 bin GWh olarak öngörülmüştür. Gerçekleşen tüketim değeri ise 22 bin 147 GWh'tır. Mart ayında gerçekleşen elektrik tüketimi ile öngörüler arasında en yüksek fark %5,5'lik sapma ile 28 Mart'ta, en düşük fark ise %0,17'lik sapma ile 11 ve 30 Mart'ta gözlenmiştir. Genel olarak, kurulan model tüketimdeki trendi yakalamayı başarmıştır. Ancak, özellikle ayın ilk ve son günleri sapma oranları diğer günlere kıyasla yüksektir.

Yapılan çalışmada Türkiye toplam elektrik tüketimi öngörülerinde bulunulmuştur. Ancak, daha az hata veren modeller kurmak için elektrik tüketimi öncelikle tüketici grupları bazında incelenmelidir. Çünkü farklı grupların elektrik tüketim davranışları da birbirinden farklıdır. Ayrıca, elektrik talebini etkileyen meteorolojik ve ekonomik değişkenler Türkiye'de bölgeden bölgeye hatta ilden ile farklılık göstermektedir. Bu nedenle, daha başarılı sonuçlar elde edebilmek amacıyla bölgeler ve iller bazında farklı tahmin modelleri kurulmalıdır.

KAYNAKÇA

Akan, Yusuf ve Soner Tak. 2003. "Türkiye Elektrik Enerjisi Ekonometrik Talep Analizi." *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*: 21-41. Erişim tarihi: 20 Şubat 2016. <http://e-dergi.atauni.edu.tr/atauniiibd/article/view/1025003570>.

Akay, Diyar ve Mehmet Atak. 2007. "Grey prediction with rolling mechanism for electricity demand forecasting of Turkey." *Energy* 32: 1670-1675.

Akın, Emre. 2010. "Hane Halkları Elektrik Talebi." Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi.

Altınay, Galip. 2010. "Aylık Elektrik Talebinin Mevsimsel Model ile Orta Dönem Öngörüsü." *Enerji, Piyasa ve Düzenleme* 1(1): 1-23.

Amarawickrama, Himanshu A. ve Lester C. Hunt. 2008. "Electricity demand for Sri Lanka: A time series analysis." *Energy* 33: 724-739.

Aydın, Derya, Ahmet Faruk Kavak ve Hüseyin Toros. 2015. "Isınma ve Soğuma Derece Günlerin Elektrik Tüketimi Üzerindeki Etkisi." Sempozyum bildirisi: 7th Atmospheric Sciences Symposium, İstanbul.

Bianco, Vincenzo, Oronzio Manca ve Sergio Nardini. 2009. "Electricity Consumption Forecasting in Italy Using Regression Models ." *Energry* 34: 1413-1421.

BOTAŞ. 2015. "2014 Sektör Raporu." Erişim tarihi: 3 Mart 2016. <http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSekt%C3%B6r%20Raporu%2F2014%20Y%C4%B1%20Sekt%C3%B6r%20Raporu.pdf>.

Demirel, Özkan, Adnan Kakilli ve Mehmet Tektaş. 2010. "ANFIS ve ARMA Modelleri ile Elektrik Enerjisi Yük Tahmini." *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*: 601-610.

Dilaver, Zafer ve Lester C. Hunt. 2011. "Turkish aggregate electricity demand: An outlook to 2020." *Energy* 36: 6686-6696.

Eğilmez, Mahfi. 2016. "Kendime Yazılar." Erişim tarihi: 6 Kasım 2016. <http://www.mahfiegilmez.com/2012/03/kapasite-kullanm-nedir-nasl-olculur-ne.html>.

EİGM. 2016. "Enerji Dağıtım Şirketleri Haritası." Erişim tarihi: 24 Eylül 2016. <http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Enerji-Dagitim-Sirketleri-Haritasi>.

EİGM. 2015a. "Bülten Ocak-Şubat 2015." Erişim tarihi: 6 Mart 2016. http://www.eigm.gov.tr/File/?path=ROOT%2F4%2FDocuments%2FB%3%BCIten%2FOcak-%C5%9Eubat%20B%3%BCIteni_son.pdf.

EİGM. 2015b. "Bülten Mart-Nisan 2015." Erişim tarihi: 6 Mart 2016. http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT/1/Documents/E%C4%B0GM%20Periyodik%20Rapor/Mart-Nisan%20B%3%BCIteni_son.pdf.

EPDK. 2003. "Elektrik Piyasası Uygulama El Kitabı." Erişim tarihi: 10 Mart 2016. <http://www.epdk.org.tr/TR/Dokumanlar/Elektrik/YayinlarRaporlar/ElKitaplari>.

EPDK. 2012. "Elektrik Piyasası Gelişim Raporu 2011." Erişim tarihi: 10 Mart 2016. <http://www.epdk.org.tr/TR/Dokumanlar/Elektrik/YayinlarRaporlar/ElektrikPiyasasiGelisimRaporu>.

EPDK. 2013. "Elektrik Piyasası Kanunu." Erişim tarihi: 10 Mart 2016. <http://www.epdk.org.tr/TR/DokumanDetay/Elektrik/Mevzuat/Kanunlar/6446>.

EPDK. 2014. "Elektrik Piyasası Gelişim Raporu 2013." Erişim tarihi: 10 Mart 2016. <http://www.epdk.org.tr/TR/Dokumanlar/Elektrik/YayinlarRaporlar/ElektrikPiyasasiGelisimRaporu>.

EPDK. 2015. "Elektrik Piyasası Gelişim Raporu 2014." Erişim tarihi: 10 Mart 2016. <http://www.epdk.org.tr/TR/Dokumanlar/Elektrik/YayinlarRaporlar/ElektrikPiyasasiGelisimRaporu>.

EPDK. 2016. "Elektrik Piyasası Gelişim Raporu 2015." Erişim tarihi: 10 Mart 2016. <http://www.epdk.org.tr/TR/Dokumanlar/Elektrik/YayinlarRaporlar/ElektrikPiyasasiGelisimRaporu>.

EPIAŞ. 2016. "Şeffalık Platformu." Erişim tarihi: 20 Şubat 2016. <https://seffalik.epias.com.tr/transparency/>.

Erdoğan, Erkan. 2007. "Electricity demand analysis using cointegration and ARIMA modelling: A case study of Turkey." *Energy Policy* 35: 1129-1146.

Ertılav, Murat ve Mehmet Aktel. 2015. "TEDAŞ (Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi) Özelleştirmesi." *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi* 7(2): 95-108.

ETKB. 2015. "Kömür Sektör Raporu 2014." Erişim tarihi: 1 Nisan 2016. <http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSekt%C3%B6r%20Raporu%2FTK%C4%B0%20Linyit%20Sekt%C3%B6r%20Raporu%202014.pdf>.

ETKB. 2016. "Dünya ve Ülkemiz Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü." Erişim tarihi: 5 Nisan 2016. http://www.enerji.gov.tr/Resources/Sites/1/Pages/Sayi_06/files/basic-html-page10.html.

Feinberg, Eugene A. ve Dora Genethliou. 2005. "Load Forecasting." Applied Mathematics Restructured Electric Power Systems içinde, yazar Eugene A. Feinberg ve Dora Genethliou, 269-285. Springer US.

Gapminder. 2016. "Energy." Erişim tarihi: 6 Aralık 2016. <https://www.gapminder.org/tag/energy/>.

Gültekin, Ömer. 2009. "Bursa İli Orta Dönem Elektrik Talep Tahmini." Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi.

Hamzaçebi, Coşkun. 2007. "Forecasting of Turkey's net electricity energy consumption on sectoral bases." Energy Policy 3: 2009-2016.

Kankal, Murat, Adem Akpınar, Murat İhsan Kömürcü ve Talat Şükrü Özşahin. 2011. "Modeling and forecasting of Turkey's energy consumption using socio-economic and demographic variables." Applied Energy 88: 1927-1939.

Karahan, Mehmet. 2011. "İstatistiksel Tahmin Yöntemleri: Yapay Sinir Ağları Metodu ile Ürün Talep Tahmin Uygulaması." Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi.

Koç, Erdem ve Mahmut Can Şenel. 2013. "Dünyada ve Türkiye'de Enerji Durumu-Genel Değerlendirme." Mühendis ve Makina: 32-44.

Mahmutoğlu, Murat ve Fahriye Öztürk. 2015. "Türkiye Elektrik Tüketimi Öngörüsü ve Bu Kapsamda Geliştirilebilecek Politika Önerileri." Gazi Üniversitesi Ekonomik Yaklaşım Dergisi.

MB. 2016. "Elektronik Veri Dağıtım Sistemi." Erişim tarihi: 21 Mart 2016. <http://evds.tcmb.gov.tr/>.

MGM. 2016. "Türkiye Meteorolojik Verileri." Erişim tarihi: 7 Mart 2016.

Mirasgedis, S., Y. Sarafidisa, E. Georgopouloua, D.P. Lalasa, M. Moschovitsb, F. Karagiannisb, D. Papakonstantinou. 2006. "Models for mid-term electricity demand forecasting incorporating weather influences." *Energy* 31: 208-227.

Nişancı, Murat. 2005. "Türkiye'de Elektrik Enerjisi Talebi ve Elektrik Tüketimi ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki." *Selçuk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*: 107-121.

Öztemel, Ercan. 2012. *Yapay Sinir Ağları*. İstanbul: Üniversite Yayınları.

Pessanha, Jose Francisco Moreira ve Nelson Leon. 2015. "Forecasting long-term electricity demand in residential sector." *Procedia Computer Science* 55: 529-538.

RK. 2015. "Elektrik Toptan Satış ve Perakende Satış Sektör Araştırması."

Erişim tarihi: 14 Ekim 2016.

<http://www.rekabet.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSekt%C3%B6r+Raporu%2FElektriksektor.pdf>

PMUM. 2016. "Dengeleme ve Teknik Kayıp Uygulamaları." Erişim tarihi: 8 Eylül 2016.<http://www.teias.gov.tr/mali/.../Dengeleme%20ve%20Teknik%20Kay%C4%B1p%20Ugulamalar%C4%B1.ppt>.

Rothe, J. P., A. K. Wadhvani ve S. Wadhvani. 2009. "Short Term Load Forecasting Using Multi Parameter Regression." *International Journal of Computer Science and Information Security*: 303-306.

Sevaioğlu, Osman ve Sedat Çal. 2010. "Enerjide Küresel Düzenlemeler ve Rekabetçi Politika Arayışları." *Perşembe Konferansları*: 114-127. Erişim tarihi: 10 Ekim 2016. <http://www.rekabet.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FPer%25c5%259fbe%2BKonferans%25c4%25b1%2BYay%25c4%25b1n%2Fperskonfyyn76.pdf>.

Singh, Arunesh Kumar, Ibraheem S. Khatoon ve Md. Muazzam. 2013. "An Overview of Electricity Demand Forecasting Techniques." Journal of Network and Complex Systems: 38-44.

Taylor, James W., Lilian M. de Menezes ve Patrick E. McSharry. 2006. "A Comparison of Univariate Methods for Forecasting Electricity Demand Up to a Day Ahead." International Journal of Forecasting: 1-16.

TEĞAŞ. 2016. "Dağıtım Şirketleri." Erişim tarihi: 12 Ekim 2016. http://www.tedas.gov.tr/#!dagitim_srkt.

TEİAŞ ve TUBİTAK. 2013. "2013 - 2022 Yılları T1rkiye İletim Sistemi B1lgesel Talep Tahmin ve Őebeke Analiz alıŐması.". Erişim tarihi: 23 Mart 2016. <http://docplayer.biz.tr/1450814-2013-2022-yillari-turkiye-iletim-sistemi-bolgesel-talep-tahmin-ve-sebeke-analiz-calismasi-metodoloji-ve-ozet-sonuclar.html>.

TEİAŞ. 2013. "Faaliyet Raporu 2012." Erişim tarihi: 14 Mart 2016. <http://www.teias.gov.tr/FaaliyetRaporlari.aspx>.

TEİAŞ. 2014. "Faaliyet Raporu 2013." Erişim tarihi: 14 Mart 2016. <http://www.teias.gov.tr/FaaliyetRaporlari.aspx>.

TEİAŞ. 2015. "Faaliyet Raporu 2014." Erişim tarihi: 14 Mart 2016. <http://www.teias.gov.tr/FaaliyetRaporlari.aspx>.

TEİAŞ. 2016. "Faaliyet Raporu 2015." Erişim tarihi: 14 Mart 2016. <http://www.teias.gov.tr/FaaliyetRaporlari.aspx>.

TETAŞ. 2014. "2013 Yılı Sektör Raporu." Erişim tarihi: 16 Mart 2016.
<http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSekt%C3%B6r%20Raporu%2FTETA%C5%9E%202013%20SEKT%C3%96R%20RAPORU.pdf>

"Toker, Ahmet Cihat ve Ozan Korkmaz. 2009. "Türkiye Kısa Süreli Elektrik Talebinin Saatlik Olarak Tahmin Edilmesi." Erişim tarihi: 26 Mart 2016.
http://www.emo.org.tr/ekler/d6d1c493ddc8662_ek.pdf."

Tripathy, Sushil Chandra. 1997. "Demand Forecasting In a Power System." *Energy Conversation and Management*: 1475-1481.

Tugal, Nergis. 2014. "Enerji Talebi ve Enerji Talebini Etkileyen Faktörler." Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi.

TÜİK. 2014. "İstatistik Göstergeler 1923-2013." Erişim tarihi: 25 Mart 2016.
http://www.tuik.gov.tr/Kitap.do?metod=KitapDetay&KT_ID=0&KITAP_ID=160

TÜİK. 2015. "İstatistiklerle Türkiye 2014." Erişim tarihi: 25 Mart 2016.
http://www.tuik.gov.tr/Kitap.do?metod=KitapDetay&KT_ID=0&KITAP_ID=5

TÜİK. 2016. "Elektrik İstatistikleri." Erişim tarihi: 21 Eylül 2016.
http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1029.

Uslu, Mehmet Fatih, Barış Sanlı ve Tansel Temur. 2013. "Türkiye Aylık Elektrik Talep Modeli." Erişim tarihi: 15 Mart 2016.
<http://www.barissanli.com/calismalar/2013/mfuslu-bsanli-ttemur-AETM.pdf>.

Vaghefi, Seyed A., Mohsen A. Jafari, Emmanuel Bisse, Yan Lu ve Jack Brouwer. 2014. "Modeling and forecasting of cooling and electricity load demand." *Applied Energy* 136: 186-196.

WB. 2016. "World Development Indicators." Erişim tarihi: 20 Nisan 2016.
[http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=2&series=EG.USE.ELEC.KH.PC&country=.](http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=2&series=EG.USE.ELEC.KH.PC&country=)

Uzun, Yasin. 2013. "Türkiye'nin Elektrik Talebi Gelişimine Tarihsel Bir Bakış." Enerji Piyasası Bülteni (27): 49-55.

Yavuzdemir, Mustafa. 2014. "Türkiye'nin Kısa Dönem Yıllık Brüt Elektrik Enerjisi Talep Tahmini." Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi.



EKLER

EK 1. Türkiye için Ocak 2016 günlük elektrik talep tahmini sonuçları

	Öngörülen Elektrik Tüketimi (MWh)	Gerçekleşmiş Elektrik Tüketimi (MWh)	% Sapma
01.Oca.16	691066	699139	-1,15
02.Oca.16	680103	702594	-3,20
03.Oca.16	634124	685600	-7,51
04.Oca.16	759716	794916	-4,43
05.Oca.16	796188	796805	-0,08
06.Oca.16	781125	783014	-0,24
07.Oca.16	770496	780732	-1,31
08.Oca.16	766477	775307	-1,14
09.Oca.16	735599	748285	-1,70
10.Oca.16	667083	674930	-1,16
11.Oca.16	747545	762874	-2,01
12.Oca.16	768196	764821	0,44
13.Oca.16	755708	774119	-2,38
14.Oca.16	765275	784282	-2,42
15.Oca.16	771784	782022	-1,31
16.Oca.16	741500	745756	-0,57
17.Oca.16	665351	663782	0,24
18.Oca.16	739804	780726	-5,24
19.Oca.16	788116	808946	-2,57
20.Oca.16	798101	818965	-2,55
21.Oca.16	805791	820486	-1,79
22.Oca.16	803209	812977	-1,20
23.Oca.16	768880	782706	-1,77
24.Oca.16	696561	697223	-0,10
25.Oca.16	776615	814058	-4,60
26.Oca.16	821773	838288	-1,97
27.Oca.16	826521	829583	-0,37
28.Oca.16	818468	829502	-1,33
29.Oca.16	811752	806647	0,63
30.Oca.16	762250	757994	0,56
31.Oca.16	675130	662526	1,90

EK 2. Türkiye için Şubat 2016 günlük elektrik talep tahmini sonuçları

	Öngörülen Elektrik Tüketimi (MWh)	Gerçekleşmiş Elektrik Tüketimi (MWh)	Sapma %
01.Şub.16	738798	762994	-3,17
02.Şub.16	772834	762916	1,30
03.Şub.16	758858	758293	0,07
04.Şub.16	754824	761991	-0,94
05.Şub.16	753964	773608	-2,54
06.Şub.16	736268	759543	-3,06
07.Şub.16	678310	677995	0,05
08.Şub.16	756849	777827	-2,70
09.Şub.16	787398	785780	0,21
10.Şub.16	778629	781617	-0,38
11.Şub.16	774714	787318	-1,60
12.Şub.16	773537	772240	0,17
13.Şub.16	732025	728718	0,45
14.Şub.16	649416	641455	1,24
15.Şub.16	713801	715063	-0,18
16.Şub.16	724335	714220	1,42
17.Şub.16	711229	712487	-0,18
18.Şub.16	711599	722994	-1,58
19.Şub.16	717644	728346	-1,47
20.Şub.16	696762	701901	-0,73
21.Şub.16	631655	635872	-0,66
22.Şub.16	714036	727570	-1,86
23.Şub.16	740314	734046	0,85
24.Şub.16	730000	736154	-0,84
25.Şub.16	732772	747619	-1,99
26.Şub.16	737491	728634	1,22
27.Şub.16	695085	697013	-0,28
28.Şub.16	625452	616869	1,39
29.Şub.16	691763	695532	-0,54

EK 3. Türkiye için Mart 2016 günlük elektrik talep tahmini sonuçları

	Öngörülen Elektrik Tüketimi (MWh)	Gerçekleşmiş Elektrik Tüketimi (MWh)	Sapma %
01.Mar.16	707986	699109	1,27
02.Mar.16	698297	706111	-1,11
03.Mar.16	706445	722920	-2,28
04.Mar.16	717308	726886	-1,32
05.Mar.16	696073	702439	-0,91
06.Mar.16	631763	620549	1,81
07.Mar.16	701306	704246	-0,42
08.Mar.16	719046	711731	1,03
09.Mar.16	710995	713904	-0,41
10.Mar.16	713088	720822	-1,07
11.Mar.16	715824	717024	-0,17
12.Mar.16	686808	691045	-0,61
13.Mar.16	621015	617595	0,55
14.Mar.16	695593	728737	-4,55
15.Mar.16	708602	749141	-5,41
16.Mar.16	748248	754329	-0,81
17.Mar.16	754990	762116	-0,94
18.Mar.16	755972	749797	0,82
19.Mar.16	715746	731697	-2,18
20.Mar.16	655721	645990	1,51
21.Mar.16	725024	728002	-0,41
22.Mar.16	740773	732431	1,14
23.Mar.16	724763	736830	-1,64
24.Mar.16	721870	726551	-0,64
25.Mar.16	720809	736830	-2,17
26.Mar.16	705273	721715	-2,28
27.Mar.16	647679	624880	3,65
28.Mar.16	704716	746049	-5,54
29.Mar.16	758881	750639	1,10
30.Mar.16	747224	745938	0,17
31.Mar.16	742769	737647	0,69