



**KTO KARATAY ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ENERJİ YÖNETİMİ ANABİLİM DALI
ENERJİ YÖNETİMİ TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

ELEKTRİK PİYASASINDA FİYAT TAHMİN MODELLERİ

Yavuz ÖZGÜR

Yüksek Lisans

**KONYA
Ağustos 2021**

ELEKTRİK PİYASASINDA FİYAT TAHMİN MODELLERİ

Yavuz ÖZGÜR

KTO Karatay Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Enerji Yönetimi Anabilim Dalı
Enerji Yönetimi Tezli Yüksek Lisans Programı

Yüksek Lisans

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Fatma Didem TUNÇEZ

Konya
Ağustos 2021

KABUL VE ONAY

Yavuz ÖZGÜR tarafından hazırlanan “Elektrik Piyasasında Fiyat Tahmin Modelleri” başlıklı bu çalışma, 16 Ağustos 2021 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı: **Dr. Öğr. Üyesi Fatma Didem TUNÇEZ** _____
KTO Karatay Üniversitesi

Jüri Üyesi: **Dr. Öğr. Üyesi Fatih CURA** _____
KTO Karatay Üniversitesi

Jüri Üyesi: **Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Gömleksiz** _____
Necmettin Erbakan Üniversitesi

Jüri tarafından kabul edilen bu çalışmanın Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Prof. Dr. Hüseyin Bekir YILDIZ
Enstitü Müdürü

BİLDİRİM

Enstitü tarafından onaylanan Yüksek Lisans tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını basılı veya dijital biçimde arşivleme ve aşağıda belirtilen koşullar dahilinde erişime açma iznini KTO Karatay Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle, Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak ve gelecekteki çalışmalar (makale, kitap, lisans, patent vb.) için tezimin tamamının veya bir bölümünün kullanım hakları yalnızca bana ait olacaktır.

Tezimin bütünüyle kendi çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izinle kullanılması zorunlu olan kaynakları, yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde izinlerin suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayımlanan “Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge” kapsamında, tezim, aşağıda belirtilen koşullar haricince, YÖK Ulusal Tez Merkezi ve KTO Karatay Üniversitesi Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

Enstitü / Fakülte Yönetim Kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.¹

Enstitü / Fakülte Yönetim Kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ... ay ertelenmiştir.²

Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir.³⁴

16 Ağustos 2021

Yavuz ÖZGÜR

¹ MADDE 6(1) Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.

² MADDE 6(2) Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.

³ MADDE 7(1) Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.

⁴ MADDE 7(2) Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.

ETİK BEYAN

KTO Karatay Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Hazırlama ve Yazım Kurallarına uygun olarak Dr. Öğr. Üyesi Fatma Didem TUNÇEZ danışmanlığında tarafımdan üretilen bu tez çalışmasında; sunduğum tüm veri, enformasyon, bilgi ve belgeleri bilimsel etik kuralları çerçevesinde elde ettiğimi, tüm değerlendirme, analiz, bulgu ve sonuçları bilimsel usullere uygun olarak sunduğumu, tez/proje çalışmasında yararlandığım kaynakların tümüne bilimsel normlara uygun biçimde atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, tezimin/projemin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

16 Ağustos 2021

Yavuz ÖZGÜR

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yürütölmesi sırasında desteğini ve bilgilerini esirgemeyen danıőmanlarım Dr. Öğr. Üyesi Fatma Didem Tunçez ve Dr. Hasan Alma Hocalarıma, her zaman yanımda olan sevgili aileme ve iş arkadaşlarıma sonsuz teşekkür ederim...

Ağustos, 2021

Yavuz ÖZGÜR

ÖZET

Yavuz ÖZGÜR

Elektrik Piyasasında Fiyat Tahmin Modelleri

Yüksek Lisans

Konya, 2021

Elektrik fiyatlarının belirlenmesinde etkili olan dinamiklerin ve fiyatın tahmininde kullanılabilen bir sistem ya da model hazırlanması, üreticiler ve tüketiciler tarafından oldukça önem verilen bir konudur. Bu çalışmada, elektrik piyasasında fiyat tahmin modellerinin ayrıntılı bir şekilde incelenmesi ve Türkiye elektrik piyasasında fiyat tahmini çalışmaları ile yapılmış bir uygulamanın değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Çalışma üç bölümden oluşmaktadır. Bu kapsamda çalışmanın ilk bölümünde elektrik üretim sistemleri, elektrik piyasaları ve elektriğin kullanımına sunulması konusunda hazırlayıcı bilgiler sunularak kavramsal bir çerçeve çizilmiştir. İkinci bölümde elektrik piyasasında fiyatlandırma modellerinden gün öncesi piyasası ve gün içi piyasasından bahsedilmiş Türkiye’de fiyatlandırma sistemleri incelenmiştir. Çalışmanın üçüncü ve son bölümünde ise, fiyat tahmininde başlıca yöntemler, Türkiye için yapılmış çalışma örnekleri ve Türkiye elektrik piyasasında fiyat tahmini uygulamasına bir örnek sunulmuştur.

Çalışmanın sonunda, elektrik piyasasında elektrik fiyatının geleceğe yönelik tahmin edilmesinde, yapay sinir ağı temelli modellerin etkinlikle kullanılabileceği ancak, geleceğe yönelik fiyat tahmini yapmak üzere tasarlanan YSA temelli modelin eğitilmesinde zaman serilerini içeren verilerin büyük önemi olduğu belirlenmiştir. Bu kapsamda modelde hangi nitelikteki ve hangi dönemi içeren veri setinin kullanılacağı belirlenmesi modelin etkinliği üzerinde önemli bir rol oynadığı dolayısıyla oluşturulan modelde değişkenlerin ve parametrelerin çok iyi belirlenmesine ihtiyaç duyulduğu değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler

Elektrik, Elektrik Piyasası, Fiyat Tahmin Modeli, Gün Öncesi Piyasası, Gün İçi Piyasası.

ABSTRACT

Yavuz OZGUR

Price Prediction Models In The Electricity Market

Master's

Konya, 2021

The formation of dynamics that are effective in the determination of electricity prices and the preparation of a system or model that can express the determination of the price is a matter of great importance by manufacturers, consumers. In this study, a detailed examination of the way the electricity market price forecasting models and price estimation made by the electricity market in Turkey aimed to evaluate an application.

The study consists of three parts. In this context, in the first part of the study, a conceptual framework was drawn by presenting preparatory information on electricity generation systems, electricity markets and the use of electricity. In the second part, the pricing models in the electricity market, the day ahead market and the intraday market, are mentioned and the pricing systems in Turkey are examined. In the third and last part of the study, the main methods of price estimation, examples of studies for Turkey and an example of price estimation in the Turkish electricity market are presented.

At the end of the study, it has been determined that the data including the time series are of great importance in predicting the electricity price in the electricity market for the future, artificial neural network based models can be used efficiently, but in training the ANN based model designed to predict the future price. In this context, it is considered that determining which data set and which period will be used in the model plays an important role on the effectiveness of the model, therefore it is necessary to determine the variables and parameters very well in the model created

Keywords

Electricity, Electricity Market, Price Forecasting Model, Day Ahead Market, Intraday Market

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
BİLDİRİM.....	ii
ETİK BEYAN	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
TABLolar DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
KISALTMALAR DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE.....	3
2.1. Elektrik Piyasasının Yapısı ve İşleyişi	3
2.2. Türkiye’de Elektrik Piyasasının Gelişimi	5
2.3. Elektrik Piyasalarının Özellikleri	9
2.4. Elektriğin Kullanıma Sunulması	11
2.4.1. Üretim.....	12
2.4.2. Tedarik.....	25
2.4.3. İletim	28
2.4.4. Dağıtım	29
2.4.5. Tüketim.....	30
3. ELEKTRİK PİYASALARINDA FİYATLANDIRMA	33
3.1. Türkiye’de Elektrik Piyasası Fiyatlaması	33
3.1.1. Gün Öncesi Piyasası.....	34
3.1.2. Gün İçi Piyasası	36
3.1.3. Dengeleme Güç Piyasası	39
3.1.4. Piyasa Takas Fiyatlaması	39
4. ELEKTRİK PİYASALARINDA FİYAT TAHMİN YÖNTEMLERİ	43
4.1. Türkiye İçin Yapılmış Çalışmalar	43

4.2. Türkiye Elektrik Piyasasında Uygulanan Fiyat Tahmin Modelinin Değerlendirilmesi	45
4.2.1 Yapay Sinir Ağları ve Fiyat Tahmin Modellerinde Yeri	47
5. SONUÇ	57
KAYNAKLAR	61
ÖZGEÇMİŞ	67

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1. Türkiye’deki Hidroelektrik Santrallerinin Son Durumu (2018).....	20
Tablo 2.2. Türkiye’nin Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgesel Dağılımı.....	25
Tablo 2.3. Türkiye’de Elektrik Tüketim Miktarı ve Dağılımı (2016-2018 yılları).....	32
Tablo 3.1. Gün Öncesi Piyasası Saatlik Teklif Örneği.....	35
Tablo 3.2. Gün Öncesi Piyasası Blok Teklif Örneği.....	35
Tablo 3.3. Gün Öncesi Piyasası Esnek Teklif Örneği.....	36
Tablo 3.4. Piyasa takas fiyatı (PTF) oluşum senaryosu.....	41
Tablo 4.1. 2020 Yılı Aylık Tahmini Fiyat Hata Oranları (Uygulama Örneği).....	54

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. 1990-2018 Yılları Türkiye’de Elektrik Enerjisi Üretimine Yönelik Kurulu Gücün Gelişimi (MW).....	12
Şekil 2.2. Türkiye’de Elektrik Enerjisi Üretimine Yönelik Kurulu Gücün Kuruluşlara Göre Dağılımı (2018 yılı).....	13
Şekil 2.3. Türkiye’de Elektrik Enerjisi Üretimine Yönelik Kurulu Gücün Kaynaklara Göre Dağılımı (2018 yılı).....	14
Şekil 2.4. Türkiye’de Elektrik Enerjisi Üretimine Yönelik Lisanssız Kurulu Gücün Kaynaklara Göre Dağılımı (2018 yılı)	15
Şekil 2.5. 1990-2018 Yılları Lisanslı Elektrik Üretiminin Kaynak Bazında Gelişimi (GWH)	17
Şekil 2.6. Türkiye’de Elektrik Üretiminin Kaynaklara Göre Dağılımı (2018 yılı).....	18
Şekil 2.7. Türkiye’de Kaynaklara Göre Elektrik Üretim Miktarları (2018 yılı).....	20
Şekil 2.8. Türkiye’de Elektrik Üretim Türleri Karşılaştırması (2018 yılı).....	24
Şekil 2.9. Türkiye ve Dünya’da Kişi Başı Elektrik Tüketimi (1990-2014 yılları).....	31
Şekil 2.10. Türkiye’de Elektrik Üretim Dağılımı (2018 yılı).....	31
Şekil 3.1. Elektrik Piyasası Takas Fiyatı (PTF)’nin belirlenmesi.....	40
Şekil 4.1. Yapay Sinir Ağı Modeli İşlem Süreci.....	48
Şekil 4.2. Elektrik Fiyatının Tahmini İçin Kullanılan Yapay Sinir Ağı Modeli.....	51

KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltma	Açıklama
AE	: Mutlak Hata
APE	: Mutlak Yüzdellik Hatalar
AR	: Otoregresif Süreç
ARMA	: Hareketli Otoregresif Süreç
ARIMA	: Bütünleşik Hareketli Otoregresif Süreç
CAPEX	: Hesaplanan Maliyet
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
DSİ	: Devlet Su İşleri
DUY	: Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliği
EİEİ	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
EİGM	: Elektrik İşleri Genel Müdürlüğü
EPİAŞ	: Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
EÜAŞ	: Elektrik Üretim A.Ş.
GARCH	: Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans
GİP	: Gün İçi Piyasası
GWh	: Giga Watt/Saat
GÖP	: Gün Öncesi Piyasası
HOMHY	: Haftalık Hata İhtimali
KHK	: Kanun Hükmünde Kararname
kWh	: Kilo Watt/Saat
LPG	: Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
MAE	: Ortalama Mutlak Hata
MAPE	: Ortalama Mutlak Yüzdellik Hata
MARS	: Çok Değişkenli Uyumlu Regresyon Uzanımları

MTA	: Maden Tetkik ve Arama
MW	: Mega Watt
MWh	: Mega Watt/Saat
NGS	: Nükleer Güç Santrali
OMH	: Ortalama Mutlak Hata
OPEX	: Birim Üretim Maliyeti
PMUM	: Piyasa Mali Uzlaştırma Merkezi
PTF	: Piyasası Takas Fiyatı
PYS	: Piyasa Yönetim Sistemi
RMSE	: Ortalama Karesel Hata
SGÖF	: Saatlik Elektrik Fiyatlaması
SMF	: Sistem Marjinal Fiyatı
TAEK	: Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
TEAŞ	: Türkiye Elektrik Üretim, İletim A.Ş.
TEDAŞ	: Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş.
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim A.Ş.
TENMAK	: Türkiye Enerji, Nükleer ve Maden Araştırma Kurumu
TEK	: Türkiye Elektrik Kurumu
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
TETAŞ	: Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt A.Ş.
TKİ	: Türkiye Kömür İşletmeleri
TPAO	: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
VVER	: Su-Su Enerji Reaktörü
Yİ	: Yap, İşlet
YİD	: Yap, İşlet, Devret
YSA	: Yapay Sinir Ağ

1. GİRİŞ

Türkiye’de elektrik piyasası, tekel yapıdan çıkarılarak rekabet piyasasına geçirilmiştir. 1980 yılından sonra elektrik piyasasında yapılan yenilik ve gelişmeler ile birlikte dünya genelinde çok sayıda ülkenin elektrik alanında özelleştirmeye gittiği görülmektedir. Elektrik piyasasında yaşanan bu reform sürecinde Türkiye’de 2001’de uygulamaya geçirilen 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ile elektrik piyasasında yeni bir dönem başlamıştır. Bu kanun ile birlikte tekelle yürütülen elektrik piyasası değiştirilerek rekabetçi piyasaya dahil edilmiştir. Bu doğrultuda elektrik fiyatları, rekabet piyasasına dayanarak oluşturulan yeni bir elektrik piyasası meydana gelmiştir (Bicil,2015:1-2).

Elektrik piyasası işleyiş bakımından; üretim, nakil ve yük halinde üç aşamadan meydana gelmektedir. Üretim, elektrik santrallerinde oluşan üretim safhasını, nakil iletim ve dağıtım aşamalarını, yük ise bütün bu işlemlerin sonucunda ki tüketimi ifade etmektedir (Camadan, 2010:30). Ayrıca, elektrik piyasasını diğer piyasalardan farklı kılan bazı nitelikler de yer almaktadır. Elektrik piyasasında, diğer piyasalarda olduğu gibi ürün depolama söz konusu olamayacağından arz ve talebin devamlılık halinde seyretmesi ve dengelenmesi önem arz etmektedir. Elektrik piyasasında talepte esneklik oldukça az olmaktadır. Elektrik piyasasında fiyatlarda uygulanan değişiklikler ilk aşamalarda tüketicilerden çok fazla tepki almamaktadır. Bununla birlikte tüketicilerden gelen talep, sene boyunca mevsimler, günler arasında ve gün içinde değişiklik göstermektedir. Bu sebeple elektrik piyasasının üretim bölümünde devamlı olarak yedek kapasite tutması önemli olmaktadır. Elektrik piyasasını diğer piyasalardan ayrı kılan bu niteliklerle piyasanın durumuna dayanarak elektrik fiyatları belirlenmektedir. Dikey bütünleşik piyasada, elektrik enerjisi fiyatı doğal tekel konumunda olan düzenleyici kanalıyla üretim, iletim ve dağıtım maliyetlerinin fonksiyonu halinde oluşturulmaktadır. Bu yapıda elektrik fiyatlarının belirsiz olma olasılığı oldukça düşüktür. Nitekim çeşitli ülkelerde yapılan reformlarla elektrik piyasasının rekabet ortamına sokulması ile birlikte üretim maliyetleri ve fiyatları ile alakalı belirsizlikler ortaya çıkmıştır (Escribano vd., 2011).

Elektrik fiyatlarının belirlenmesinde etkili olan dinamiklerin oluşması ve fiyatın belirlenmesini ifade edebilen bir sistem ya da model hazırlanması, üreticiler, ve tüketiciler tarafından çok önemlidir. Bu doğrultuda elektrik fiyatlarının belirlenmesi, elektrik fiyatlarındaki dengesizlik ve belirsizliğin izah edilmesi akademik tartışmalara da konu olmaktadır. Günümüz tarihinde elektrik fiyatlarında görülen belirsizlikler ve fiyatlardaki değişiklikleri tahmin etme doğrultusunda çeşitli modeller uygulayan çalışmaların olduğu da görülmektedir.

Bu çalışmada elektrik fiyatlarının belirlenmesinde etkili olan dinamiklerin ve fiyatın tahmininde kullanılabilen bir sistem ya da model hazırlanması konularının üzerinde durulmuştur. Bu çalışmada, elektrik piyasasında fiyat tahmin modellerinin ayrıntılı bir şekilde incelenmesi ve Türkiye elektrik piyasasında fiyat tahmini çalışmaları ile yapılmış bir uygulamanın değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Bu kapsamda yapılan çalışma, üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde elektrik piyasasının işleyişine yönelik kavramlar ve ikinci bölümde ise elektrik piyasasında kullanılan fiyatlandırma yöntemleri incelenmiştir. Çalışmanın üçüncü ve son bölümünde ise elektrik piyasasında oluşan fiyatlandırmaya yönelik fiyat tahmin yöntemleri incelenmiş ve örnek bir uygulama yapılmıştır.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Elektrik Piyasasının Yapısı ve İşleyişi

Elektrik piyasası kavramı, elektrik enerjisi üretimi, iletimi, dağıtımı, piyasa işletim, toptan-perakende satış ve ithalat-ihracat çalışmalarının tümünü içine alan ve bu çalışmalara yönelik iş ve uygulamalarla şekillenen yapıyı ifade etmektedir (Küçükaya, 2018).

Elektrik piyasasında gerçek rekabet ortamının sağlanabilmesi amacıyla özel işletmelerin devletten ayrı bir kuruluş olarak elektrik piyasasına dahil olmasının, devletin piyasadaki payının en aza indirilmesi ve zamanla da piyasanın kendi dinamikleri içinde dengeli bir fiyat yapısına ulaşmasının sağlanması gerekmektedir. Bu doğrultuda 4628 sayılı kanun ile rekabet ortamının sağlanmasına yönelik stratejik planlamalar ve özelleştirme çalışmalarını içeren düzenlemeler gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir (Atmaca, 2010: 64).

Elektrik Piyasası genel yapısının anlaşılması doğrultusunda öncelikle elektriğin bazı özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Bunlar:

1- Elektrik enerjisinin diğer ticari ürünlerden farklı kılan özelliği depolanamaz oluşudur.³

2- Elektrik akışı fizik kurallarına bağlı hareket etmektedir. Buna göre Kirchoff Akım Kuralı; “bir düğüme giren akımların toplamı o noktadan çıkan akımların toplamına eşittir” ve Kirchoff Voltaj Kuralı ise: “kapalı bir döngüdeki tüm anlık voltaj düşümlerinin toplamı o döngüye sağlanan potansiyel farkına eşittir” şeklinde ifade edilmektedir. Bu kurallar ticari sözleşme akışını takip etmezler.

3- İletim sisteminde yaşanan teknik kısıtları ticari işlemler için oldukça önemlidir.

4- Sistem içinde meydana gelen dengesizlikler bir grup üreticileri ve kullanıcıları etkilemeyip bütün elektrik şebekesine bağlı olan üretici ve kullanıcıları etkilemektedir.

Vadeli piyasa yapısında ikili anlaşmalar ve vadeli işlemler piyasası bulunmaktadır. İkili anlaşmalar; bağlantı ve sistem kullanım, iletim kontrol, yan hizmetler (EPDK, 2008), enerji alım ve enerji satış, elektrik alım/satımı veya kapasite alım/satımı ile

dağıtım ve iletim anlaşmalarını içermektedir. İkili anlaşmalar gerçek ve tüzel kişiler arasında özel hukuk hükümlerine tabidir. Elektrik enerjisi veya kapasitenin alınıp satılmasına ilişkin Kurul onayına tabi olmayan ticari anlaşmalardır (Aslan vd., 2007:378).

Elektrik piyasasında yapılan ikili anlaşmalardaki temel kural, teknik ve ticari koşullara yönelik sözleşme imzalayan tarafların bütünüyle bağımsız olmasıdır (Sevaioğlu, 2004:54). İkili anlaşmalarda vade uzun fiyat değişikliği düşük olması sebebi ile piyasanın işlem hacminin bütün piyasa yapısı bünyesinde geniş bir paya sahip olması, elektrik piyasasındaki fiyat iniş çıkışlarının engellenmesi için önem teşkil etmektedir. Elektrik piyasasındaki fiyatlarda diğer ticari ürünlere oranla daha çok değişiklik yaşanabilmektedir. İkili anlaşmaların neticesinde üreticiler ve tüketiciler ileriye dönük nakit akışlarını sabitleyerek risklerini en düşük seviyeye düşürebilmektedirler. Elektrik piyasasındaki oranlara dayanarak uygun miktarda indirimli fiyatlardan toptan elektrik ticareti yapılmaktadır. Ancak elektrik piyasasının en iyi seviyede faaliyet gösterebilmesi amacıyla ikili anlaşma ağırlığının içeriğinin görüldüğünden daha karışık bir yapısı bulunmaktadır. Arz fazlası, 1-5 yıllık üretim ve tüketim miktarları, üretimde kullanılan birincil enerji kaynakları ile piyasadaki, üretim ve tüketim aktörlerinin profilleri göz önünde bulundurularak modellenmelidir. Ayrıca, ikili anlaşmaların yüksek miktarda olması ve anlaşma süresinin uzunluğu elektrik piyasasını olumsuz yönde etkileyebilecek bir husus olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle, uzun vadeli ve yüksek oranda ikili anlaşmaların doğuracağı risklerinin iyi değerlendirilmesi ve piyasa dengesinin kurulması önemlidir (Atmaca, 2010:74).

Elektrik piyasasında vadeli işlemler piyasasının oluşturulması, işletmecilere enerji portföylerinin risklerini çeşitlendirme ve daha sağlıklı yürütme olanağı verecektir. Türev piyasaları şeklinde isimlendirilen bu tür bir elektrik piyasasında finansal piyasaların en fazla bilinen önemli parçaları şunlardır;

1- Opsiyon; bir ürününün belirli bir zaman dilimi için önceden belirlenen bir fiyattan alım veya satımına ilişkin anlaşmalardır.

2- Forward; bir ürünün gelecekteki bir zaman diliminde belirli bir fiyattan alım ve satımının taahhüt edilmesini içeren ve fiziksel olarak teslimatın gerçekleştirildiği anlaşmadır.

3- Future; borsada takas yapılabilen standart sözleşmelerdir. Kolay el değiştirebilir ancak fiziksel teslimat yapılmaz. Bunun yerine sözleşme fiyatıyla gerçekleşen fiyat arasındaki farkı taraflardan birinin diğerine ödemesi ile hesap kapatılır.

4- Swap; tarafların karşılıklı kendilerine ait zorunlu ödeme akışlarını takas etmeleridir (Bringham _vd.,1997:738-749).

EPDK, kısa, orta ve uzun vadeli planlar doğrultusunda ve meydana gelen yeni gelişmeler ve gereksinimler sonucunda piyasa için yönetmeliklerini yenilemektedir. Elektrik Piyasası yapısını ve bu yapı içinde Dengeleme ve Uzlaştırma kararlarının uygulanışı doğrultusunda ana unsurları kapsayan yönetmelik “Elektrik Piyasası Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliği (DUY)’dir. Yönetmeliğin 2. maddesine göre; *“Bu Yönetmelik; dengeleme mekanizmasının ve uzlaştırmanın taraflarının görev, yetki ve sorumlulukları ile aktif elektrik enerjisi arz ve talebinin dengelenmesine ve lisans sahibi tüzel kişilerin dengeleme mekanizması ve uzlaştırmaya katılımları sonucu oluşan alacak ve borçlarının mali açıdan uzlaştırılmasına ilişkin usul ve esasları kapsar”* (EPDK, 2009:1).

2.2. Türkiye’de Elektrik Piyasasının Gelişimi

Türkiye elektrik enerjisi ile ilk defa 1902’de Tarsus’ta bulunan bir su değirmenine bağlı jeneratörün çalışmasıyla tanışmıştır. İlk elektrik santrali 1913 yılında İstanbul Silahtarağa’da açılmıştır. 1923’te bütün ülkede dizel ve su değirmenlerine bağlı üreteçlerden meydana gelen 33 MW’lık kurulu güç yer almaktaydı. 1935’de Etibank, Maden Tetkik ve Arama (MTA), Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) açılarak devamında İller Bankası ve Devlet Su İşleri (DSİ) piyasada yerini almıştır. 1950 yılından sonra elektrik piyasasına özel şirketler de dahil olarak elektrik santralleri yapmaya ve işletmeye başlamıştır. Bu çerçevede, Adana ve İçel yöresine elektrik enerjisi vermek için tesis edilen Çukurova Elektrik A.Ş. ile Antalya yöresine elektrik enerjisi vermek için açılan Kepez Elektrik A.Ş.’ne izin verilmiştir. 1970 yılı ile birlikte ülkede üretimin

çoğalmas, dağıtım ve tüketim miktarı ve hizmet alanının genişlemesi doğrultusunda, kurumsal bir yapıda devam edilmesi gayesiyle Türkiye Elektrik Kurumu (TEK) faaliyete geçirilmiştir. Bu sayede, belediyeler ve İller Bankası dışında elektrik enerjisi piyasasında üretim, iletim, dağıtım ve tedarik faaliyetleri TEK bünyesinde bir arada toplanmıştır (Kavak, 2008:78).

1970’li yıllarda bütün dünya çapında meydana gelen enerji krizinden Türkiye de etkilenmiş olup, çok sayıda termik santralin yakıtlarının ithali için dışa bağımlı olmuş, talebin sağlanmasını zorlaştırmış, bu sebeple de mecburi enerji tasarrufları yapılmıştır. 1982’de belediyeler ve birliklerin elindeki bütün elektrik üretim ve dağıtım tesisleri TEK’e geçirilmiştir. 1980’li yıllara kadar elektrik enerjisi piyasası, kamu hizmetiyle işletilirken, 1980’in ilk yıllarından itibaren ekonomik süreçlerin etkisiyle elektrik enerjisi piyasasının özel işletmelere devredilmesi için 1984 yılında 3096 sayılı “Türkiye Elektrik Kurumu Dışındaki Kuruluşların Elektrik Üretimi, İletimi, Dağıtım ve Ticareti ile Görevlendirilmesi Hakkındaki Kanun” yürürlüğe geçirilmiştir. 3096 sayılı Kanun mülkiyet devrini kapsamayıp daha farklı bir iktisadi modeli içermekte ve elektrik enerjisi ile alakalı hizmetlerin özel işletmenin girişimleriyle yürütülmesini ve işletme hakkının devredilmesi şartıyla standart vadeler için hizmetin özel işletme kanalıyla işletilmesini sağlamaktadır. Özel şirketlerin katılımının çoğaltılması gayesi ile Türkiye Elektrik Kurumu, 1993 yılında yayımlanan 513 sayılı Kanun Hükmünde Kararname ile özelleştirme kapsamına dahil edilmiştir. Bu düzenlemenin bir devamı olarak Bakanlar Kurulunun 93/4789 Sayılı Kararı ile TEK, Türkiye Elektrik Üretim İletim A.Ş. (TEAŞ) ve Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. (TEDAŞ) adı altında iki ayrı İktisadi Devlet Teşekkülü’ne çevrilmiştir (Kavak, 2008:79).

1994 yılında yürürlüğe giren 3996 sayılı Kanun ile birlikte, elektrik üretim, iletim ve dağıtım faaliyetlerinin Yap-İşlet-Devret (YİD) modeli kapsamında yapılmasına olanak verilmiştir. İmtiyaz hukuku temelinde geliştirilen bu model, elektrik piyasası içinde rekabet yerine elektrik piyasası için rekabeti esas almış olup, uygulamada istenilen hedeflere ulaşamamıştır. 1997 yılında, Yap-İşlet (Yİ) modeli geliştirilmiş ve 4283 sayılı Kanun çıkarılmıştır. Bu kanun ile özel sektöre hidroelektrik, nükleer, jeotermal ve diğer yerli doğal enerji kaynakları ile faaliyet gösterecek santraller

haricindeki enerji üretim tesislerini kurup, işletme ve bu tesislerin mülkiyetine sahip olma hakkı tanınmıştır (Kavak, 2008:79).

Türkiye’de enerji üretimi ve enerji piyasasını düzenlemek ve denetlemek üzere; 03.03.2001 tarihli ve 24335 (Mükerrer) sayılı Resmi Gazetede yayımlanan 4628 sayılı eski “*Elektrik Piyasası Kanunu*” ile “*Elektrik Piyasası Düzenleme Kurumu*” adı altında yeni bir kamu kurumu kurulmuş ve bu kurum daha sonra 02.05.2001 tarihli ve 24390 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan 4646 sayılı “*Doğal Gaz Piyasası Kanunu (Elektrik Piyasası Kanununda Değişiklik Yapılması ve Doğal Gaz Piyasası Hakkında Kanun)*” ile “*Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu*” adını almıştır. Bu doğrultuda, rekabeti sağlayan, kamunun düzenleyici bir görev aldığı, şeffaf ve etkin bir sistemle faaliyet gösteren, taraflar arasında ayırım yapmayan, serbest bir elektrik piyasasını hedefleyen bir piyasa sürecine adım atılmıştır. EPDK, kamu tüzel kişiliğine, idari ve mali özerkliğe sahiptir. Sorumlu olduğu Bakanlık ise Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB)’dir. Ayrıca, EPDK aşağıdaki kanunlara göre kendisine verilen görevleri yerine getirmekte ve yetkilerini kullanmaktadır (EPDK, 2020);

- 4628 sayılı Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunun Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun,
- 4646 sayılı Doğal Gaz Piyasası Kanunu,
- 5015 sayılı Petrol Piyasası Kanunu,
- 5307 sayılı Sıvılaştırılmış Petrol Gazları (LPG) Piyasası Kanunu ve Elektrik Piyasası Kanunu’nda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun,
- 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu.

Bu kapsamda “Elektrik Piyasası Kanunu” ile 2001 yılında TEAŞ Genel Müdürlüğü’de üç bölüme ayrılmıştır. Elektrik enerjisi iletim çalışmaları için; Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ), santrallerin işletilmesi, kiralanması ve yeni üretim tesislerinin kurulması için; Elektrik Üretim A.Ş. (EÜAŞ), elektrik ticaret ve taahhüt işlemleri için; Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt A.Ş. (TETAŞ) kurulmuş ve/veya görevlendirilmiştir. Türkiye elektrik enerjisi piyasasında özelleştirmeyi öngören ve elektrik piyasası çalışmalarının düzenleme ve denetlenmesi için kurulan Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK)’nin faaliyete geçmesiyle, kamunun tek alıcı ve

tek satıcı olduğu, risklerin neredeyse bütünüyle devlet tarafından sorumluluk altına alındığı, uzun vadeli alım garantilerine yönelik ödemelere dair hazine garantilerinin olduğu bir elektrik piyasası hedeflenmiştir. Ayrıca, rekabete dayanan bir elektrik piyasası yerine; rekabet ortamında özel hukuk hükümlerine göre faaliyet gösteren, finansal olarak güçlü, istikrarlı, şeffaf ve rekabete dayanan bir elektrik piyasası yapısının kurulması gaye edinilmiştir. Elektrik Piyasası Kanunu özetle (www.epdk.org.tr, 12.01.2020);

- Üretim, iletim ve dağıtım faaliyetleri,
- Toptan ve perakende satış faaliyetleri,
- Sektörünün EPDK tarafından düzenlenmesi,
- Serbest tüketici kavramı,
- İletim ve dağıtım hizmetlerinden bütün tüketicilerin eşit şartlarda faydalanması,
- Elektrik piyasasına girişin basitleştirilmesi,
- Lisans sahibi tüzel kişiler arasında özel hukuk hükümlerine tabi ikili anlaşmalar yapılması ve pazarın dengeleme ve uzlaştırma mekanizmasının kurulması,
- Elektrik piyasasında fiyatların gerçek maliyetleri yansıtması,
- Çapraz sübvansiyonlar,
- Belli bölge ve/veya tüketicilerin desteklenmesi,
- 4046 sayılı Kanun çerçevesinde Özelleştirme İdaresi Başkanlığı tarafından özelleştirme uygulanması gibi ana faktörleri kapsamaktadır.

Kanunun uygulanmasında karşılaşılan sorunların giderilmesi ve planlanan elektrik piyasası modeline varılması amacıyla izlenmesi gereken yolların tespit edilmesi gayesiyle bir strateji belgesi hazırlanmıştır. Bu doğrultuda, Yüksek Planlama Kurulu tarafından Mart 2004 tarihinde, “Elektrik Enerjisi Sektörü Reformu ve Özelleştirme Strateji Belgesi” onaylanmıştır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nın kontrolünde Devlet Planlama Teşkilatı, Hazine Müsteşarlığı, EPDK ve Özelleştirme İdaresi Başkanlığı temsilcilerinin katılımıyla hazırlanan Strateji Belgesi kapsamında, üretim

ve dağıtım tesislerinin özelleştirilmesi konusunda meydana gelen problemler ve izlenmesi gereken yollar değerlendirilerek bir uygulama programı yapılmıştır (www.enerji.gov.tr, 12.01.2020 a).

Strateji Belgesi 21 dağıtım bölgesinin belirlenmesi, bu bölgelerin kurumsallaştırılması ve lisans belgelerinin verilmesi, her bir dağıtım bölgesini kapsayan performans standartlarının çıkarılması ve kayıpların hesaplanması, yük ve tarife mekanizmalarının planlanması, fiyat eşitleme mekanizması kurulması, dağıtım şirketlerine ilişkin özelleştirme ihale sürecinde; kamu bünyesinde kalacak hidroelektrik üretim santrallerinin belirlenmesi, özelleştirilecek üretim tesislerinin belirlenmesi, gruplandırılması ve şirketleştirilmesi, lisans belgelerinin verilmesi, elektrik piyasası yönetim sisteminin kurulması ile üretim tesislerinin özelleştirilme sürecinin uygulanmasını kapsamaktadır (www.enerji.gov.tr, 12.01.2020 b).

Strateji Belgesi faaliyetleri çerçevesinde “Türkiye Uzun Dönemli Elektrik Enerjisi Talep Çalışması Raporu” çıkarılmış ve Mayıs 2004 tarihinde kamuoyuna duyurulmuştur. Kamu bünyesinde faaliyet göstermeye devam edecek üretim santralleri belirlenerek, diğer üretim varlıklarının gruplandırılması uygulamalarına geçilmiştir. Dağıtım kayıplarının minimum seviyeye düşürülmesi, hizmet kalitesinin geliştirilmesi, her bir dağıtım bölgesi için performans standartlarının belirlenip dağıtım kayıplarının hesaplanması ve fiyat eşitleme mekanizmasının planlanması doğrultusunda faaliyetler günümüzde de süregelmektedir. Strateji Belgesi, elektrik piyasası reformunun bütün önemli aşamalarının takvime alınmış olması, uzun sürecek reform sürecinin izleyeceği yolların belirlenmesi açısından önem teşkil etmektedir. Elektrik piyasasında ki reformun hedefine ulaşabilmesi, 2006 yılında başlayacak üretim portföy gruplarının özelleştirilmesinin sağlanması ve elektrik piyasasında faaliyet gösterecek aktörlerin hem üretim hem de dağıtım alanında rekabet ettiği bir yapının meydana getirilmesi ile gerçekleşecek, 2008 yılından itibaren ise reform sürecinin büyük oranda tamamlanması öngörülmüştür (Kavak, 2008:83).

2.3. Elektrik Piyasalarının Özellikleri

Doğal tekel adı altında ifade edilen kamusal hizmetler, dışsal ekonomilere sahiptir ve talep esneklikleri düşüktür. Elektrik piyasasında enerji hizmetinin de verilmesi temel

kamu hizmetleri kapsamında yer almaktadır. Elektrik enerjisi hizmetinin verilmesi ülkelerin ekonomik seviyelerine dayalı olmakla beraber, çoğunlukla 1980’li yıllara kadar ki zaman zarfında elektrik piyasası devlet elinde tekelden yürütülürken, 1980’li yıllarından sonra birçok ülke gibi Türkiye de elektrik piyasasını özelleştirme ve rekabet ortamını tercih etmiştir. Bu tür kamu hizmetleri bazı ülkelerde sadece kamuya ait işletmeler tarafından yürütülürken, bazılarında hem kamu hem de özel işletmeler tarafından yürütülmektedir. Ülkeler bazında değerlendirildiğinde, elektrik piyasası işletmesinde genel tercihin özelleştirme yönünde olduğu görülmektedir (Erol, 2007:25).

Elektrik piyasasında talep esnekliği, fiyat ve gelir esnekliğinden meydana gelmektedir. Talebin fiyat esnekliği, fiyatta oluşan bir değişiklik neticesinde talep edilen orandaki değişikliği ifade etmektedir. Gelir esnekliği ise tüketicilerin gelirlerindeki bir artış ya da azalış karşısında ilgili mal veya hizmetten talep ettikleri miktardaki değişikliği ifade etmektedir (Parasız, 1994:90-94).

Kamusal mal ve hizmetlerde talep edilen oran, fiyat ya da gelir doğrultusunda çok az seviyede fark oluşturmaktadır. Elektrikte oluşan talep ise kurulu güç ve değiştirilemez nitelikleri sebebi ile fiyat ve gelirden düşük bir oranda etkilenmektedir. Başka bir ifadeyle, elektrik talebinin fiyat ve gelir esnekliği oldukça düşük bir orandadır. Kamu kanalıyla verilen hizmetlerin ve özellikle elektriğin doğal tekel olup olmadığı tartışılabilir bir mevzudur. Tesis edilme aşamasında mali giderlerin yüksek olması, ürünün depolanamaması, talebin fazla olduğu dönemlerde ihtiyaca cevap verebilmek için kapasite fazlasına gereksinim olan, bu özellikte mal ve hizmetlerin ekonomik olabilmesi için tek bir şebeke veya işletme kanalıyla yürütülmeleri gerekmektedir. Fakat, özelleştirme faaliyetlerinin yaygınlaştığı 1980’li yıllardan sonra, elektrik piyasasında kamu işletmelerinden ayrı olarak özel şirketlerde piyasaya katılarak rekabet ortamı sağlanmıştır (Kulalı, 1997:10-12). Toplumların ekonomik güçleri ile enerji ve elektrik tüketimi arasındaki ilişki, elektriği ekonomik ve sosyal hayatın önemli bir unsuru haline getirmiştir (Tepecik, 2001:30-31).

Elektrik piyasasının başlıca özellikleri aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Erdoğan, 1974: 261):

- Elektrik enerjisinin verilebilmesi amacıyla, öncelikle güvenilir bir kablo düzeneğinin ya da enerjinin aktarımı için enerji kaynağına iletim hattının döşenmesi gerekmektedir. Ayrıca enerjinin verilebilmesi için ikinci bir hattın çekilmesi iktisadi olmayacağından bu hizmet bir şebeke aracılığıyla verilebilmektedir,

- Elektriğin talep esnekliği düşüktür. Elektrik enerjisi bütün kullanıcı kesimi için vazgeçilemeyecek hizmet kategorisinde yer almaktadır. Bu sebeple, elektrik fiyatlarındaki dalgalanmaların tüketicilerin ekonomik durumları karşısında dikkate alınmaması elektrik piyasası tekeli güçlendirmektedir,

- Elektrik, ürün olarak bazı koşullarda nihâ mal olarak bazen de ara mal niteliğine sahip olmaktadır. Her iki özellikle de iktisadi piyasada bütün kurumlarda girdi şeklinde tüketilmekte ancak üretim sürecinde diğer kuruluşlardan neredeyse hiç girdi almamaktadır. Elektrik piyasasında meydana gelen iktisadi dalgalanmalar diğer kuruluşları da etkilemektedir,

- Elektrik enerjisi ürün olarak diğer ticari ürünlerden tamamen farklı özellik taşımaktadır, elektrik hattının döşenmesi zor olmakla birlikte depolanma özelliği de bulunmamaktadır. Enerjinin üretilmesinden hemen sonra tüketilmesi gerekmektedir,

- Ülkeler arasında değişiklik göstermekle birlikte, elektrik piyasası çoğunlukla rekabet ortamını sevmeyen, bürokratik, fazla istihdama sahip, merkezî planlama ve düzenlemenin olduğu piyasa özelliğindedir,

- Elektrik enerjisinin üretimi için gerekli olan iletim tesislerinin kurulması uzun bir zaman alır ve yüksek oranda finans kaynağı ister. Piyasadaki yatırımların neredeyse bütün aşamalarında yüksek bir maliyet gerekmektedir,

- Elektrik piyasası kendi talebini oluşturabilmektedir. Bu sebeple sanayileşme ve teknolojik faaliyetleri uyarmaktadır.

2.4. Elektriğin Kullanıma Sunulması

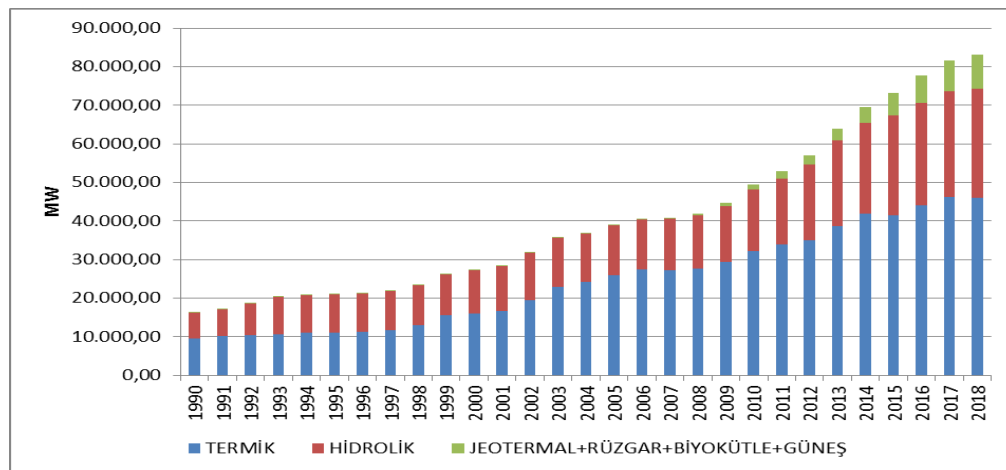
Elektriğin kullanıma sunulması üretim, tedarik, iletim, dağıtım olmak üzere 4 aşamadan oluşmaktadır.

2.4.1. Üretim

Türkiye Elektrik Sektöründe 1980 yılından sonra faaliyete geçen ve halen daha süre gelen reform süreciyle gerçekleştirilen serbestleşme elektrik üretiminde kaynaklara göre ve üretici kuruluşlara göre dağılımın işleyişini tamamen değiştirmiştir.

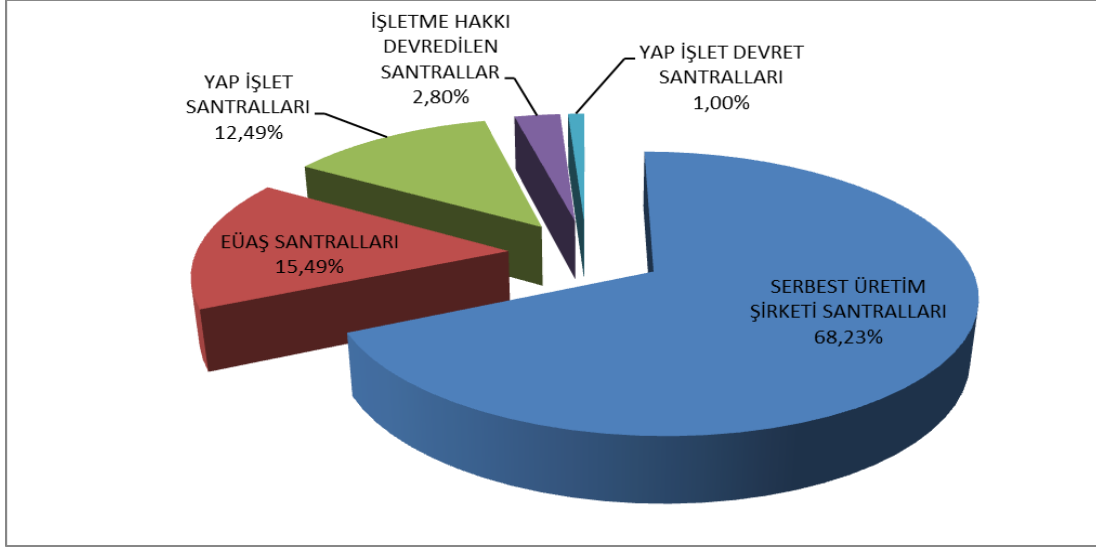
Türkiye’de günümüze kadar yapılan elektrik üretiminde termik santrallerin oranında ciddi bir yükseliş yaşanırken, hidroelektrik santrallerin elektrik üretimindeki payı çok fazla değişiklik göstermemiştir. Elektrik üretiminde faaliyet gösteren kurumlar göz önüne alındığında ise özel sektörün üretim içindeki payının gün geçtikçe arttığı görülmektedir. Bu süre zarfında kurulu gücün kuruluşlara göre dağılımını gösteren Şekil 2.2. ve kurulu gücün kaynaklara göre dağılımını gösteren Şekil 2.3. incelendiğinde Türkiye’de elektrik piyasası reform sürecinde üretimde termik santrallerin payının ve kurulu güç içinde özel kesimin payının arttığı anlaşılmaktadır (Bicil, 2015:32).

Türkiye’de elektrik üretecek kurumların faaliyete geçebilmesi için EPDK’ndan üretim lisansı alması gerekmektedir. Ayrıca, Elektrik Üretim Anonim Şirketi, bağlı ortaklıklar ve kamu şirketleri ve özel sektör üretim şirketleri üretim lisansı sahibidir. Türkiye’de 1990-2018 yılları arasındaki elektrik enerjisi üretimine yönelik kurulu gücün gelişimi Şekil 2.1’de ve 2018 yılı itibariyle kurulu gücün dağılımı ise Şekil 2.2’de yer almaktadır.



Kaynak: EPDK, 2018

Şekil 2.1. 1990-2018 yılları Türkiye’de elektrik enerjisi üretimine yönelik kurulu gücün gelişimi (MW)

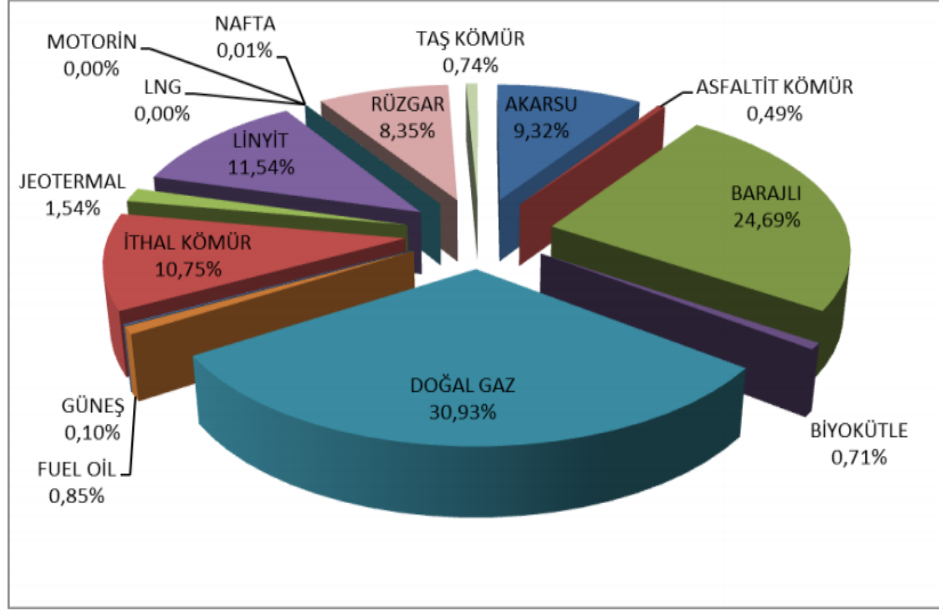


Kaynak: EPDK, 2018

Şekil 2.2. Türkiye’de elektrik enerjisi üretimine yönelik kurulu gücün kuruluşlara göre dağılımı (2018 yılı)

Buna göre 2018 yılı itibariyle Türkiye’nin toplam kurulu güç içerisinde; serbest piyasa koşullarında faaliyet gösteren serbest üretim şirketlerinin payı %68,23, EÜAŞ Santrallerinin payı %15,49 olarak, Yap-İşlet, Yap-İşlet-Devret ve İşletme Hakkı Devredilen modeldeki santrallerin toplam payı ise %16,29 olarak gerçekleşmiştir.

Türkiye’de 2018 yılı itibariyle elektrik enerjisi üretimine yönelik lisanslı kurulu gücün kaynak türlerine göre dağılımı ise Şekil 2.3’te gösterilmiştir.



Kaynak: EPDK, 2018

Şekil 2.3. Türkiye’de elektrik enerjisi üretimine yönelik kurulu gücün kaynaklara göre dağılımı (2018 yılı)

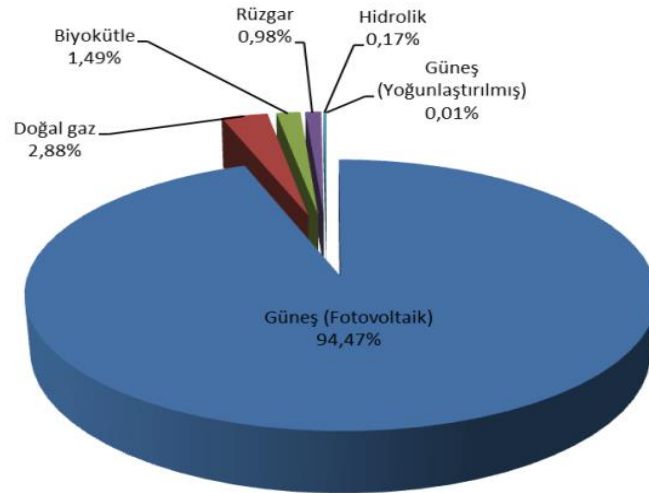
Şekil 2.3.’e göre, Türkiye’de en fazla üretimin doğal gaz çevrim santralleri %30,9 ile birinci sırada bulunmaktadır. Barajlı (hidroelektrik) santralleri %24,69 ile ikinci ve üçüncü kömür santralleri ise toplamda %23,52 ile üçüncü sırada gelmektedir. Elektrik üretiminde en az ise güneş enerjisi (%0,1) ve biyokütle enerjisi (%0,71) sistemlerinin kullanıldığı görülmektedir.

Ayrıca, 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ile elektrik üretimine yönelik olarak bazı üretim tesisleri lisans alma ve şirket kurma yükümlülüğünden muaf tutulmuştur. Bu tesisler aşağıda açıklanmıştır (EPDK, 2018b);

- “İmdat grupları ve iletim ya da dağıtım sistemiyle bağlantı tesis etmeyen üretim tesisleri,
- Kurulu gücü azami bir megavatlık yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisleri,
- Belediyelerin katı atık tesisleri ile arıtma tesisi çamurlarının bertarafında kullanılmak üzere kurulan elektrik üretim tesisleri,

- Mikrokojenerasyon tesisleri ile Bakanlıkça belirlenecek verimlilik değerini sağlayan kojenerasyon tesislerinden Kurulca belirlenecek olan kategoride olanlar,
- Ürettiği enerjinin tamamını iletim veya dağıtım sistemine vermeden kullanan, üretimi ve tüketimi aynı ölçüm noktasında olan, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisleri,
- Bakanlığın görüşü alınarak Kurulun belirleyeceği limitler ile usul ve esaslar çerçevesinde elektrik depolama ve talep tarafı katılımı kapsamında gerçekleştirilen piyasa faaliyetleri
- Elektrik aboneliği Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğüne ait tarımsal sulama amaçlı tesislerin elektrik ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla, kurulu gücü tarımsal sulama tesisinin bağlantı anlaşmasındaki sözleşme gücü, birden fazla tesis için tesislerin sözleşme güçleri toplamı ile sınırlı olmak koşuluyla Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından kurulan ve işletilen yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisleridir.”

Bu kapsamda kurulan lisanssız üretim tesislerinin kurulu gücü ise Şekil 2.4.’de gösterilmiştir.



Kaynak: EPDK, 2018b

Şekil 2.4. Türkiye’de elektrik enerjisi üretimine yönelik lisanssız kurulu gücün kaynaklara göre dağılımı (2018 yılı)

Buna göre 2018 yılı sonu itibariyle, lisanssız elektrik üretimine yönelik kurulu güç 5.310,57 MW'tır. En büyük pay %94,47 ile güneş santrallerine ait olup bunu %2,88 ile doğal gaz ve %1,49 ile biyokütle izlemektedir.

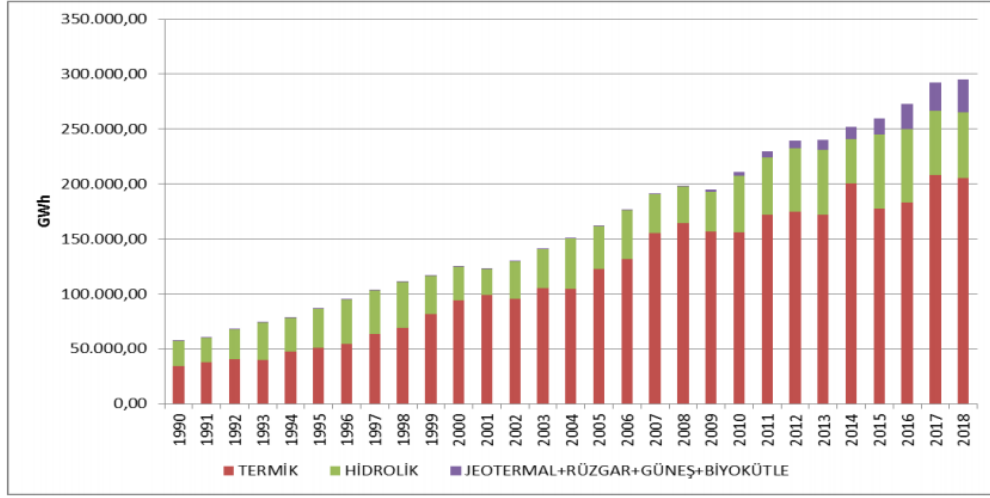
2.4.1.1. Elektrik üretim sistemleri

Bütün ülkelerin elektrik sistemleri ele alındığında üretici konumunda oldukları enerji kaynaklarında, petrol ve doğalgaz haricinde en büyük tüketicinin yine kendileri olduğu görülmektedir. Hal böyle olunca ülkelerin elektrik üretiminde kendine yeterlilik ve ülke içi kaynakların kullanılması gerekliliğini kabul ettikleri anlaşılmaktadır. Türkiye'de günümüze kadar elektrik üretiminin; taşkömürü, linyit, petrol ürünleri, doğal gaz ve su gücünden faydalanılarak elde edildiği bilinmektedir. Bunlarla birlikte jeotermal, güneş ve rüzgâr enerjilerinin de son yıllarda gelişmeye başladığı ve bu tür enerji kaynaklarının sayılarının çoğaltılması gerekliliği savunulmaktadır. Ayrıca bütün bu enerji kaynakları ile birlikte hayvan, bitki ve odun atıkları gibi ticari sayılmayan kaynaklar ile hidrojen enerjisi gibi enerji kaynakları da çevre sorunlarının ciddi boyutlara ulaştığı günümüzde önem kazanan enerji türleri arasında yer almaktadır (Erol, 2007:123).

a. Taşkömürü ve linyit

Türkiye'de bulunan fosil rezervlerinin arasında en fazla pay ile 8,3 milyar ton linyit yer almaktadır. Linyitten sonra 1,4 milyar ton ile taşkömürü bulunmaktadır. Neredeyse Türkiye'nin bütün bölgelerinde yer alan en fazla enerji kaynağı olma özelliği taşımaktadır. Türkiye'de linyit yatakları Türkiye Kömür İşletmeleri (TKİ) kanalıyla yürütülmektedir. 2002 yılından sonra TKİ linyit üretiminin %61'ini gerçekleştirmiş, bu üretimin %80'nini elektrik üretimi için termik santrallere aktarmıştır (ETKB, 2004:70-71).

Türkiye'de toplam elektrik üretiminin %21,31'i ithal kömürden ve %17,06'sı taş kömürü ve linyit olmak üzere çoğunluk üretimi oluşturmaktadır (Bkz. Şekil 2.5.)



Kaynak: EPDK, 2018b

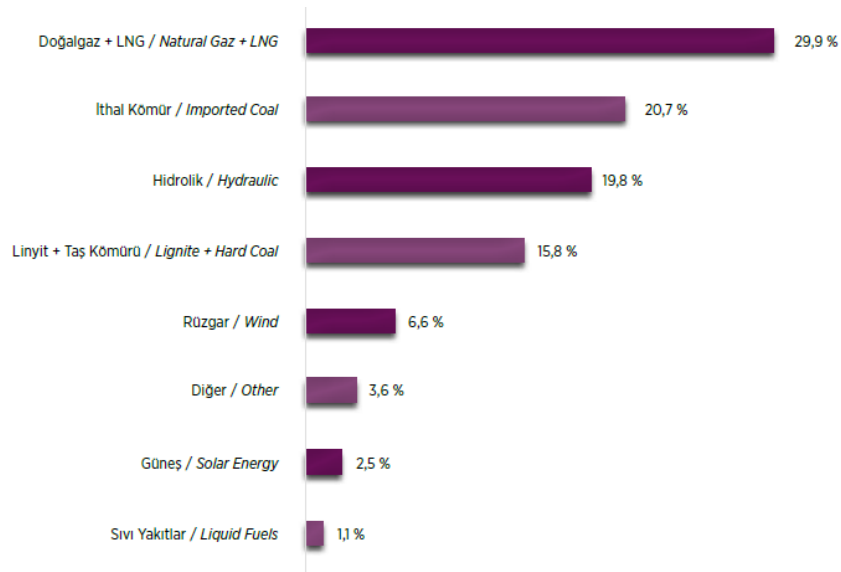
Şekil 2.5. 1990-2018 yılları lisanslı elektrik üretiminin kaynak bazında gelişimi (GWh)

b. Petrol ve doğal gaz

Bütün dünyada en önde yer alan enerji kaynakları içinde olan petrolün fiyatı birçok ülke ile birlikte Türkiye’de de enerji piyasalarının en önemli belirleyicileri arasında bulunmaktadır. 1970 yılından sonra petrol fiyatları sebebiyle yaşanan kriz öncesinde petrolde ithalata bağımlı olan, kriz sonrası da bu bağımlılıktan kendini kurtaramayan Türkiye’nin petrol rezervi son derece düşüktür. Türkiye’de petrol arama yetkisi, 1926’da çıkarılan Petrol Kanunu ile birlikte devlete geçirilmiştir. 1935 yılında uygulamaya geçirilen 2804 sayılı “Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Kanunu” ile MTA kurulmuş ve bu kurum petrol arama ve çıkarma faaliyetlerini devlet adına yürütme görevini üzerine almıştır (Resmi Gazete, 2001). Türkiye’nin en geniş petrol yatağına sahip olan Raman’da 1939–1940 yıllarında petrol çıkarılmaya başlanarak 1953 yılında da Batman rafinerisi tesis edilmiştir. Türkiye’de ham petrol Batman rafinerisinden başka; İzmir Aliağa, İzmit, Mersin Ataş ve Kırıkkale Orta Anadolu rafinerilerinde işlenmektedir. 1954 yılında, 6327 sayılı “Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Kanunu” ile “Ulusal Petrol Şirketi olarak Türkiye’de kamu adına hidrokarbon arama, sondaj, üretim, rafineri ve pazarlama faaliyetlerini yürütmek amacıyla” Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) kurulmuştur.” TPAO’nun kurulmasıyla beraber petrol alanında yürütülen bütün çalışmalar bu kuruma

geçirilmiştir. 2017 yılı itibariyle 30.723 bin ton ham petrol ve 53,8 Milyar sm³ doğal gaz tüketimi olan Türkiye'nin, ham petrol tüketiminin %91,7'si, doğal gaz tüketiminin ise %99,4'ü ithalatla karşılanmaktadır (TPAO, 2020).

Türkiye'de elektrik üretiminde %29,9 oranında doğalgaz ve üretim maliyetinin yüksek olması nedeniyle %1,1 oranında da petrol bazlı yakıtlar kullanılmaktadır (Bkz. Şekil 2.6.)



Kaynak: EÜAŞ, 2019

Şekil 2.6. Türkiye'de elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı (2018 yılı)

c. Hidroelektrik enerji

Hidroelektrik enerjisinde üretim potansiyeli yağış miktarına dayanmakla beraber, bu alanda Türkiye Norveç'ten sonra Avrupa'da ikinci sırada yer almaktadır. Bu çerçeveden bakıldığında, Türkiye'nin enerji piyasasında linyit ve taşkömürü haricinde diğer enerji kaynaklarından zengin olmaması sebebi ile hidroelektrik enerjiye daha fazla önem göstermesi gerekmektedir. Nitekim ülkelerde yaşanan enerji kaynaklı krizleri sebebi ile her ülke enerji üretiminde sahip olduğu enerji kaynaklarına yönelerek ortaya çıkabilecek yeni bir enerji krizinden en az etkilenme amacını gütmektedirler (Erol, 2007:129).

Türkiye'de faaliyet gösteren hidroelektrik santrallerle diğer santraller kıyaslandığı zaman, jeotermal, rüzgâr vb. yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasına rağmen,

çoğunlukla termik santrallerden faydalanılmaktadır. Halbuki, hidroelektrik santrallerin termik santrallere göre birçok avantajı bulunmaktadır (EİE, 1980:31).

Hidroelektrik santraller akarsu kenarlarına kurulmaktadır. Burada akarsuların debileri önem arz etmektedir. Dolayısıyla Türkiye hidroelektrik üretimi için son derece elverişli bir özelliğe sahiptir. Termik santrallerin hammaddesini ise kömür, petrol ve doğalgaz oluşturmaktadır. Türkiye ise bu kaynakların büyük bir çoğunluğunu, başta petrol ve doğal gazı ithal ederek temin etmektedir. Bununla birlikte termik santrallerin neden olduğu hava kirliliği hidroelektrik santrallerde görülmemektedir. Hidroelektrik santrallerin kurulum aşaması uzun bir zaman almasına karşın maliyeti düşük olmaktadır. Bununla birlikte yatırım bedelinin düşüklüğü ve inşaat süresinin kısalığına rağmen işletme giderleri yüksek seyretmektedir. Ayrıca, hidroelektrik santral yatırımları termik santral yatırımlarına oranla daha uzun zaman almaktadır (Erol, 2007:131).

Devlet Su İşleri (DSİ) (2016)'ne göre;

“Hidroelektrik santraller diğer üretim tipleri ile kıyaslandığında en düşük işletme maliyetine, en uzun işletme ömrüne ve en yüksek verime haizdirler. Türkiye'nin diğer enerji alternatifleri karşısında ulusal kaynak olan suyu kullanan hidroelektrik santrallere öncelik vermesi ve teşvik etmesi için ekonomik, çevresel ve stratejik birçok sebep vardır.”

Hidroelektrik santral kurulurken hesaplanan mali giderlerde bölge ikliminin etkileri, baraj sularının kapladığı alanın tarımsal üretime katkısı, sular altında kalacak arkeolojik değerler ile doğal güzellikler ve yaban hayatı üzerindeki etkilerinin göz önünde bulundurulması gerekmektedir (Erol, 2007:131).

Tablo 2.1. Türkiye’deki hidroelektrik santrallerinin son durumu (2018)

Hidroelektrik Santrali Proje Durumu	Sayı	Toplam Kurulu Kapasite (MW)	Ortalama Yıllık Üretim (GWh/yıl)	Oran (%)
İşletmede	620	27.311	95.251	60
İnşa Halinde	62	5.290	15.582	10
İnşaatına Başlanmayan	559	15.155	47.012	30
Toplam Potansiyel	1241	47.756	157.845	100

Kaynak: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, 2018: 70

Tablo 2.1’de görüldüğü üzere Türkiye’de faaliyet gösteren 620, kurulum aşamasında olan 62, yapılması planlanan 559 olmak kaydıyla, potansiyel olarak 1.241 adet hidroelektrik santral bulunmaktadır. İşletmedeki santrallerin kurulu gücü 27.311 MW, yıllık ortalama üretim 95.251 GWh’tir ve bu miktar potansiyelin %60’ıdır. Fakat planlanan santraller ile potansiyel oranı %30’dur ki bu da Türkiye’de hidroelektrik potansiyelinden yararlanmak amacıyla plan yapıldığını ifade etmektedir.

Türkiye’de 2018 yılı itibariyle 303.413 GWh olan toplam elektrik üretiminin 59.991 GWh’lık kısmı hidroelektrik enerjisinden karşılanmakta ve bu durum itibariyle hidroelektrik üretim sistemleri elektrik üretiminde üçüncü sırada yer almaktadır.

TÜRKİYE ELEKTRİK ÜRETİMİNİN KAYNAKLARA DAĞILIMI	
KAYNAKLAR	ÜRETİM
Doğal Gaz+LNG	90.705
İthal Kömür	62.950
Hidrolik	59.991
Linyit+Taş Kömürü	48.078
Rüzgar	20.016
Diğer (Jeotermal+Biyokütle+Atık Isı)	10.901
Güneş	7.485
Sıvı Yakıtlar	3.287

Kaynak: EÜAŞ, 2019

Şekil 2.7. Türkiye’de kaynaklara göre elektrik üretim miktarları (2018 yılı)

d. Nükleer enerji

Türkiye’de nükleer enerjiye yönelik ilk çalışmalar 1956 yılında Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK)’nin kurulması ile başlatılmıştır. Bu kurum 1982 yılında yeniden yapılandırılmış ve Türkiye’de tesis edilecek olan nükleer santraller için araştırma, koordinasyon, planlama ve altyapı faaliyetlerinin yürütülmesi için yetkilendirilmiştir. Türkiye’nin kalkınma planı sürecinde nükleer enerji yoğun bir şekilde gündeme getirilmiştir. TAEK’in kurulması ile birlikte, nükleer enerjinin uzun vadede gelişimi takip edildiğinde enerji kaynaklarından yararlanma olanaklarının çoğaltılması ve santral kurulması doğrultusunda ilk girişim İkinci Beş Yıllık Kalkınma Planı döneminde yapılmıştır. Üçüncü Beş Yıllık Kalkınma Planı döneminde ise eğitim çerçevesinde nükleer santral kurulması, nükleer enerjiden elektrik üretimi hedeflenerek 1974–1975 tarihlerinde yapılan araştırmalarla ilk nükleer santralin Akkuyu’da kurulması kararı alınarak devlet yatırım programına dahil edilmiştir (DPT, 1977:2-3).

Akkuyu Nükleer Güç Santrali (NGS), Türkiye’de inşa edilen ilk nükleer güç santrali olma özelliği taşımaktadır. Akkuyu NGS projesi, 12 Mayıs 2010 tarihinde imzalanmış olan “Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ile Rusya Federasyonu Hükümeti arasında Türkiye Cumhuriyeti’nde Akkuyu Sahası’nda Bir Nükleer Güç Santralinin Tesisine ve İşletimine Dair İşbirliğine İlişkin Anlaşma” kapsamında gerçekleştirilmektedir. Projede, Rus tasarımı 3+ nesil VVER reaktörlü dört güç ünitesinin yapılması öngörülmektedir. NGS güç ünitelerinin her biri 1200 MW kapasiteye sahiptir. Proje finansmanı Rusya tarafınca sağlanmaktadır. Rusya merkezli Rosatom Devlet Kuruluşu; tesisin tasarım, inşaat, bakım, işletme ve devreden çıkarma işlemlerini üstlenen Akkuyu Nükleer A.Ş.’nin en büyük hissedarıdır. Akkuyu NGS inşaatı, dünyada nükleer sektörde “Build-Own-Operate (Yap-Sahip Ol-İşlet) modeli ile gerçekleştirilen ilk projedir. Rosatom Devlet Kuruluşu’nun projedeki payı %99,2’dir. Projenin toplam maliyetinin 20 milyar\$ olması beklenmektedir (<http://www.akkuyu.com/index.php>, 25.05.2020).

Nükleer enerjinin elektrik üretiminde kullanılmasını savunan araştırmacılara göre nükleer santrallerin kazanımları şu şekilde özetlenebilir (ETKB, 2004:47):

- Nükleer santraller, fosil yakıt gereksinimi olmaması sebebiyle enerji kaynaklarında yaşanacak krizlerden etkilenmezler,
- Kuruluş maliyetinin yüksek olmasına karşın üretim maliyeti düşük olmaktadır,
- Türkiye'nin elektrik üretiminde ithal yakıtları kullanması nedeniyle, nükleer enerji mevcut enerji kaynaklarında bir denge sağlayacaktır,
- İklim değişikliği, çevre ve hava kirliliğinde diğer sistemlerden daha güvenlidir,
- Nükleer santrallerde sera gazının ortaya çıkması söz konusu olmamaktadır,
- Türkiye'nin, nükleer enerji hammaddeleri durumundaki zengin uranyum ve toryum madenleri bulunmaktadır.

Türkiye'de, nükleer santrallerin, nükleer enerjinin yakıt oranında daha avantajlı ve güvenilir olması, çevreye olan zararın minimum seviyede olması, aralıksız elektrik üretilmesi vb. olumlu yönlerinin yanında, nükleer enerjiyi kabul etmeyen, yatırım maliyetlerinin fazla olması, teknoloji ve yakıtın işlenmesi açısından ithalata bağımlı bir sistem olacağı hususları her zaman tartışma konusu olmuştur. Ayrıca güvenlik sebebi ile yapılacak ek harcamalar ile de elektriğin daha pahalı olacağı belirtilmektedir. Halbuki yenilenebilir enerji kaynakları ile üretilen elektriğin menfi etkileri daha az olmakta ve bu sebeple de ülkelerin büyük bir çoğunluğu nükleer enerjiye ağırlık vermektedir. Bütün bunların yanında elektrik üretiminde kullanılan fosil yakıtlarının gün geçtikçe azalacağı unutulmamalıdır.

Ayrıca, nükleer enerjinin hemen her aşamasında ileri teknoloji söz konusudur. Bu bakımdan yetişmiş insan gücünün bu teknolojiyi kullanabilecek ve geliştirebilecek nitelik ve yetenekte olması gerekmektedir (Üzmen, 1994:138).

AB ülkelerinde, elektrik ihtiyacının 1/3'ü nükleer santrallerden karşılanmaktadır. Avusturya'nın 1978'de kurduğu nükleer santrali, gerçekleştirilen referandum sonucu kapatılma kararı almıştır. Almanya elektrik ihtiyacının %30'unu, Fransa %78'ini, Belçika %60'mı, İspanya %25,7'sini, Finlandiya ise %27'sini nükleer santrallerden elde etmektedir. AB ülkeleri 2003'te faaliyette kırk yılını doldurmuş olan santrallerin

kapatılması kararını almıştır. Elektrik ihtiyacının %23'ünü nükleer santralden karşılayan İngiltere ise yeniden bir nükleer santral tesis etmemeyi tercih etmiştir. İsveç faaliyette olan 4 nükleer santral sayesinde ihtiyacı olan elektriğin büyük bir oranını karşılamaktadır. Danimarka, İrlanda, İtalya, Lüksemburg, Portekiz ve Yunanistan'da ise nükleer santral yer almamaktadır (Eler, 2003:175-177).

Nükleer santrallerin güvenliği konusunda çıkan çatışmalara ise 1986'da Ukrayna'nın nükleer santralinde yaşanan Çernobil faciası en önemli sebep olmuştur. Yaşanan bu patlamadan sonra nükleer santral kullanan ülkeler santrallerin güvenlik zafiyetini yeniden ele almışlardır. AB'de nükleer enerjinin tamamı elektrik üretimi için kullanılmaktadır. Hal böyle olunca bu ülkelerin petrole bağımlılığı ortadan kalkmakta ve bu unsur da fiyatları menfaatleri doğrultusunda etkilemektedir. Ne kadar da bu ülkeler nükleer enerjinin taraftarı da olsalar zamanla güvenlik sebebi ile işletmeleri durdurma kararı almakta ya da ömrü dolan santrallerin yerine yenisini tesis etmeme kararı almaktadırlar (Ege, 2004:132).

Türkiye'de ise, 28 Mart 2020 tarihinde yayınlanan Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi ile;

“Enerji, maden, iyonlaştırıcı radyasyon, parçacık hızlandırıcıları ve nükleer teknoloji alanında hizmet etmek, Türkiye'nin rekabet gücünü artırmak ve sürekli kılmak, inovasyon ihtiyacını karşılamak, yeni ürünlerin üretimini ve var olanların geliştirilmesini sağlamak, araştırmacılara bilimsel ortam temin etmek, kamu ve özel hukuk kişileriyle iş birliği içinde bilimsel araştırmalar yapmak, yaptırmak, bu araştırmaları koordine etmek, teşvik etmek, araştırma ve geliştirme faaliyetlerine katkı sağlamak, bilimsel, teknik ve idari çalışmaları yapmak, yaptırmak, düzenlemek, desteklemek, iş birlikleri kurmak ve koordine etmek amacıyla Türkiye Enerji Nükleer ve Maden Araştırma Kurumu (TENMAK) kurulmuştur”.

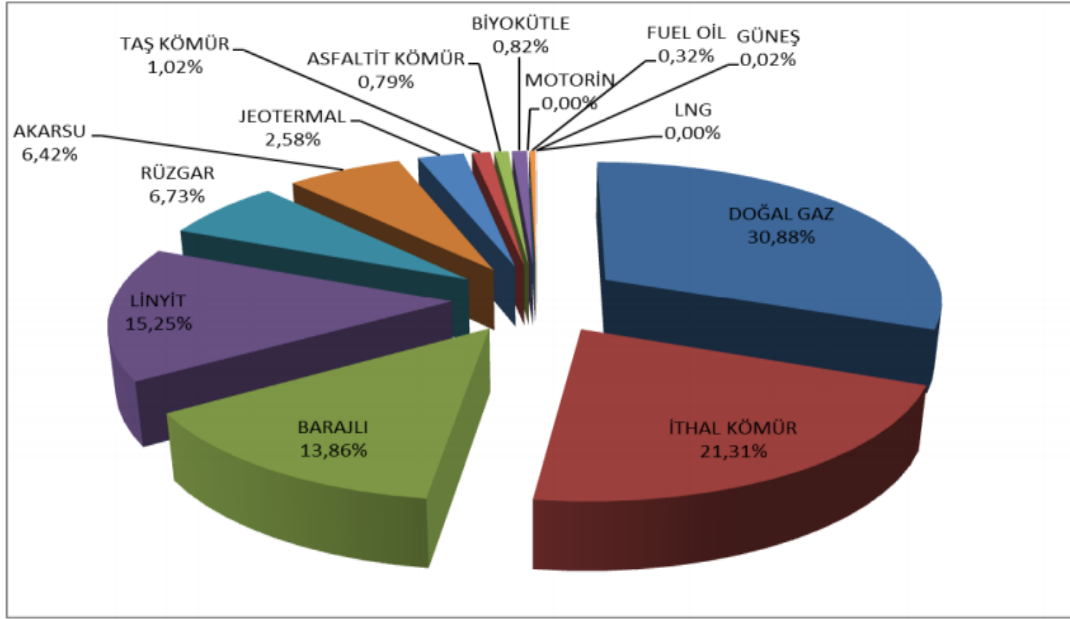
Buna göre TENMAK, faaliyetleri sonlandırılan Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü ve Nadir Toprak Araştırma Enstitüsü'nün tüm görevlerini devralmış durumdadır (28.03.2020 tarih ve 31082 sayılı Resmi Gazete).

e. Jeotermal enerji

Dünyada jeotermal enerjinin kullanımına göre yapılan sıralamada Türkiye yedince sırada yer almaktadır. Zira, Avrupa ülkelerinin kullanmış olduğu enerji kaynakları ile

karşılaştırılacak olursak jeotermal enerji potansiyeli yenilenebilir kaynaklar içinde önemli bir yer almaktadır.

Türkiye’de elektrik enerjisi üretimi içerisindeki jeotermal enerji kaynaklarının durumu incelendiğinde 2018 yılı itibariyle toplam elektrik üretiminin %2,58’inin jeotermal elektrik üretim tesislerinden karşılandığı belirlenmiştir (Bkz. Şekil 2.8.).



Kaynak: EÜAŞ, 2019

Şekil 2.8. Türkiye’de elektrik üretim türleri karşılaştırması (2018 yılı)

Jeotermal kaynakların bir bölümü ise konutların ısınmasında kullanılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının gösterdiği faydalar ve kömür, petrol gibi birincil enerji kaynaklarının gün geçtikçe azalması riski sebebi ile jeotermal enerji elektrik üretiminde önemli bir role sahip olmaktadır. Nitekim Türkiye jeotermal enerjide oldukça zengin topraklara sahip bir ülke özelliğindedir (Erol, 2007: 136).

f. Güneş ve rüzgâr enerjisi

Türkiye’nin coğrafyası ve iklim şartları sebebiyle dikkate değer açıdan güneş enerjisine sahip bir ülkedir. Ülke yıllık ortalama 2640 saat güneş almakta ve bu da günlük 7,2 saate tekabül etmektedir. Bununla birlikte, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ve Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü’nün tespitleri Türkiye’nin güneş enerjisi gücünün elde edilen değerlere göre daha yüksek olduğu yönündedir.

Ülkenin güneş enerjisi bölgelere göre bir sıralama yapılacak olursa, Güneydoğu Anadolu Bölgesi birinci, Akdeniz Bölgesi ikinci sırada yer almaktadır. Tablo 2.2’de de güneş enerjisinin en düşük olduğu bölge ise Karadeniz Bölgesi olmaktadır. Türkiye’de güneş enerjisi potansiyelinin bu kadar yüksek olmasına rağmen, ülkede güneş enerjisi en yaygın sıcak su elde etmek için kullanılmaktadır. Konut ve işletmelerde faal olan güneş enerjisi sistemlerinin büyük bir çoğunluğu ise Akdeniz ve Ege Bölgesinde yer almaktadır. Güneş enerjisi ile yılda 290 bin Ton Eşdeğer Petrol (TEP) ısı enerjisi elde edilebilmektedir. Güneş enerjisi yoluyla üretilen enerjinin birincil enerji tüketimine katkısı 2000 yılı itibariyle 262 bin TEP’e ulaşmıştır (EİEİ, 2006).

Tablo 2.2. Türkiye’nin güneş enerjisi potansiyelinin bölgesel dağılımı

“	Toplam Güneş Enerjisi (kWh/ m ² -yıl)	Güneşlenme Süresi (saat/yıl)
Güneydoğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2409
Karadeniz	1120	1971

Kaynak: <http://www.gunessistemleri.com/potansiyel.php>, 30.03.2020.

Türkiye’de elektrik enerjisi üretimi içerisindeki rüzgar ve güneş enerji kaynaklarının durumu incelendiğinde 2018 yılı itibariyle toplam elektrik üretiminin %6,73’ünün rüzgar ve %0,02’sinin ise güneşten elde edildiği belirlenmiştir (Bkz. Şekil 2.8.).

2.4.2. Tedarik

Türkiye’de elektrik piyasası 4628 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ile birlikte, TEAŞ’ın görev ve yetkilerini EÜAŞ, TEİAŞ ve TETAŞ’a devretmesi ile bu süreçte

elektrik ticareti, arz güvenliğini hedefleyen bir sistem çerçevesinde ikili anlaşmalar kanalıyla işletilmiştir. 2004 Kasım ayında yürürlüğe geçirilen dengeleme ve uzlaştırma yönetmeliği ile Gün Öncesi Dengeleme sistemine geçilmiştir. Gün Öncesi Dengeleme sisteminin ana gayesi ise gerçek zamanlı dengelemeyi daha kolay bir hale getirmek ve sistemin güvenliğini yüksek seviyeye ulaştırmaktır. Bu yönetmelik ile birlikte Türkiye'nin elektrik piyasasında gerçek zamanlı dengelemenin daha başarılı tedarik edilebilmesi ve rekabet ortamındaki elektrik piyasası kuruluşlarının gereksinimlerini bütünüyle karşılayabilmek amacıyla elektrik kurumlarının istekleri çerçevesinde yürütülen faaliyetler sonucunda 2004, 2007, 2009 ve 2011 yıllarında da değişikliklere gidilerek daha da güçlendirmeye çalışılmıştır (Tokyay ve Özdemir, 2013).

2009 yılında Dengeleme Uzlaştırma Yönetmeliğinde gidilen değişiklikle gün öncesi planlama ismiyle saatlik bir uygulamaya başlanmıştır. Elektrik piyasasında katılımcı sıfatıyla elektrik üretimi yapan bir şirket ürettiği elektriği başka bir şirkete yapılan bir anlaşmayla pazarlayabilmektedir. Bu yolla elektrik üretimi yapan şirketlerin ikili anlaşma yapmaları ile birlikte bir sonraki gün için enerji alış-satışı hakkında planlama yapma imkanı vermesinden sözleşme gereği yükümlülüklerini gün öncesinde dengeleme olanağı sağlamaktadır. Dengeleme Uzlaştırma Yönetmeliğinin belirlediği uygulama ile gün öncesi planlama sistemi hem piyasa katılımcısının işini kolaylaştıracak hem de gerçek zamanlı dengelemenin tedarikini daha kolay hale getirecektir. Bunun yanında bu yönetmeliğin bir avantajı da teklif bölgeleri sağlayarak piyasa katılımcısına gün öncesinden kısıt yönetimi yapabileceği olanağı tanımadır. Ayrıca gün öncesi planlamanın işleyişinde sistem işletmecilerinin gün öncesi planlamaya katılmaları ve ikili anlaşmaları imzalamaları zorunluluk taşımaktadır (Bicil, 2015:36).

Gün öncesi planlama sisteminde, her günün sabah saatinde elektrik şirketi, Milli Yük Tevzi Merkezi'nden gelen bir sonraki güne ait tüketilmesi tahmin edilen elektrik enerjisi oranına dayanarak piyasa katılımcılarından derlediği teklifleri değerlendirmeye almaktadır. Bu aşamada gelen tekliflerden ucuzdan pahalıya doğru bir sonraki günün üretim planına dahil edilmekte ve tahmin edilen tüketimin sağlanmasında değerlendirmeye alınan son teklif o saatin fiyatını oluşturmaktadır.

Belirlenen bu fiyat bütün elektrik üretimi yapan şirketlerde aynı şekilde uygulanmaktadır (Bicil, 2015: 37).

Gün öncesi planlama 14/04/2009 tarih ve 27200 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren Elektrik Piyasası Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliği’ne göre, gün öncesi planlama faaliyetleri günlük olarak yürütülür ve aşağıda belirtilen adımlardan meydana gelir:

“1) Piyasa İşletmecisi, bir sonraki güne ait her bir saat için, öngörülen saatlik talebi dengeleyecek kısıtsız üretim/tüketim programını Piyasa Yönetim Sistemi (PYS)’nin gün öncesi planlama modülü aracılığıyla oluşturur,

2) Piyasa İşletmecisi, kısıtsız üretim/tüketim programının oluşturulması için kullanılan saatlik, blok ve esnek tekliflere ilişkin fiyatları dikkate alarak, bir sonraki günün her bir saati için, gün öncesi planlama kapsamındaki sistem marjinal fiyatlarını PYS’nin gün öncesi planlama modülü aracılığıyla belirler,

3) Piyasa İşletmecisi gün öncesi sistem satış, sistem alış tekliflerini Sistem İşletmecisi tarafından gün öncesi planlama modülüne girilmiş olan sistem kısıtlarını da dikkate alarak gün öncesi planlama modülü aracılığıyla değerlendirir. Piyasa İşletmecisi kabul edilmiş olan tüm tekliflere ilişkin gün öncesi planlama kapsamındaki sistem satış, sistem alış talimatlarını PYS aracılığıyla oluşturur ve talimatları ilgili piyasa katılımcılarına bildirir. Piyasa İşletmecisi, PYS aracılığıyla Sistem Gün Öncesi Fiyatı ile sistem alış ve satış talimatlarının belirlenmesinde; Kurum tarafından Başkan oluru ile yayınlanan Gün Öncesi Planlamada Sistem Marjinal Fiyatının Belirlenmesi ile Sistem Satış ve Sistem Alış Talimatlarının Oluşmasına İlişkin Metodoloji’yi esas alır,

4) Gün öncesi planlamaya katılan piyasa katılımcıları Piyasa İşletmecisi tarafından kendilerine bildirilen gün öncesi planlama kapsamındaki sistem satış, sistem alış talimatlarının, ilgili sistem satış, sistem alış teklifleri ile tutarlı olup olmadıklarını kontrol ederek tutarlı olmayan talimatlar ile ilgili olarak Piyasa İşletmecisine itirazda bulunabilirler,

5) Piyasa İşletmecisi itirazları değerlendirerek gerekirse gün öncesi planlama kapsamındaki sistem marjinal fiyatlarını yeniden belirler, ilgili piyasa katılımcılarına kabul edilmiş olan tüm tekliflere ilişkin gün öncesi planlama kapsamındaki sistem

satış, sistem alışı talimatlarını bildirir ve gün öncesi planlama kapsamındaki sistem marjinal fiyatlarını yayınlar. Herhangi bir itiraz olmaması durumunda, daha önce hesaplanmış olan sistem marjinal fiyatları Piyasa İşletmecisi tarafından hiçbir suretle değiştirilemez.”

2.4.3. İletim

Elektrik enerjisinin yaşam içerisindeki vazgeçilmezliği, onu karşılanması gereken temel ihtiyaçlardan birisi haline getirmiştir. Bu nedenle elektriğin ekonomik, sürekli, güvenilir ve çevreye duyarlı şekilde tüketiciye ulaştırılması gerekmektedir. Temel olarak “elektriğe erişim” olarak tanımlanan üretim, iletim ve dağıtım aşamalarını içerir. Türkiye’de elektrik piyasasında yürütülen bütün iletim faaliyeti Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) aracılığıyla yapılmaktadır (TEİAŞ, 2020).

6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu’na göre TEİAŞ’ın görev ve yetkileri aşağıdaki gibidir:

“• Kurulması öngörülen yeni iletim tesisleri için iletim yatırım planı yapmak, yeni iletim tesislerini kurmak ve iletim sistemini elektrik enerjisi üretimi ve tedarikinde rekabet ortamına uygun şekilde işletmek ve gerektiğinde iletim sisteminde ikame ve kapasite artırımı yatırımı yapmak,

• 6446 sayılı kanun kapsamında yürüttüğü faaliyetlere ilişkin tarife tekliflerini Kurumun belirlediği ilke ve standartlar çerçevesinde hazırlamak ve EPDK’nın onayına sunmak,

• Şebeke, dengeleme ve uzlaştırma ve yan hizmetler hakkındaki yönetmeliklerin uygulanmasını gözetmek, bu amaçla gerekli incelemeleri yapmak, sonuçları hakkında Kuruma rapor sunmak ve gerekli tedbirlerin alınmasını talep etmek,

• Yük dağıtımı ve frekans kontrolünü gerçekleştirmek, piyasa işletim lisansı kapsamında yan hizmetler piyasasını ve dengeleme güç piyasasını işletmek, gerçek zamanlı sistem güvenilirliğini izlemek, sistem güvenilirliğini ve elektrik enerjisinin öngörülen kalite koşullarında sunulmasını sağlamak üzere gerekli yan hizmetleri belirlemek ve bu hizmetleri ilgili yönetmelik hükümleri doğrultusunda sağlamak,

- *İletim sisteminde ikame ve kapasite artırımı yapmak ve,*
- *Bakanlığın kararı doğrultusunda uluslararası enterkonneksiyon çalışmalarını yapmak, iletim sistemine bağlı veya bağlanacak olan serbest tüketiciler dâhil tüm sistem kullanıcılarına şebeke işleyişine ilişkin mevzuat hükümleri doğrultusunda eşit taraflar arasında ayırım gözetmeksizin iletim ve bağlantı hizmeti sunmaktır.”*

2.4.4. Dağıtım

Elektrik sektöründe işletme bütünlüğünü sağlamak amacıyla 1970 yılında çıkarılan 1312 sayılı Kanun ile Türkiye Elektrik Kurumu (TEK) kurulmuştur. Bu kapsamda, imtiyazlı şirketlerin görev bölgeleri ve belediye sınırları dışında elektriğin üretim, iletim, dağıtım ve satış hizmetleri TEK bünyesinde toplanmıştır. Hizmetlerin daha etkin, daha verimli ve çağdaş bir şekilde sürdürülebilmesi için TEK, 12.08.1993 tarih ve 93/4789 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile Türkiye Elektrik Üretim-İletim A.Ş. (TEAŞ) ve Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. (TEDAŞ) olmak üzere iki farklı İktisadi Devlet Teşekkülü haline dönüştürülmüştür. Elektrik dağıtım ve perakende satış sektöründe rekabete dayalı bir ortamın oluşturulması ve kamu mülkiyetindeki elektrik işletmelerinin yeniden yapılandırılması amacıyla TEDAŞ 02.04.2004 tarih ve 2004/22 sayılı Özelleştirme Yüksek Kurulu Kararı ile özelleştirme programına alınmıştır. Türkiye 21 dağıtım bölgesine ayrılmış ve 31.08.2013 tarihi itibarıyla şirketlerle TEDAŞ arasındaki hisse devri tamamlanmıştır. 1580 sayılı Belediye Kanunu'nda yer alan, *“Beldenin sokak ve meydanlarını plana ve programa uygun olarak tanzim ve ıslah etmek, sınıflarını, isimlerini, numaralarını tayin etmek, buna göre ağaçlamak, döşemek, aydınlatmak, süsleme, duracak, sığınacak yerler yapmak ve iyi bir halde bulundurmak”* kuralındaki “aydınlatma” ibaresi ise 10.10.1983 tarih ve 110 sayılı KHK'nin 25/4 maddesi ile yürürlükten kaldırılmış ve “cadde, sokak, park ve meydan” vb. umuma açık alanların Türkiye Elektrik Kurumu tarafından aydınlatılmasının sağlanması hükmüne bağlanmıştır (TEDAŞ, 2020).

Türkiye’de elektrik dağıtım şirketleri bölgelere göre çalışma yürütmektedir. Dağıtım şirketlerinin bu faaliyetini gerçekleştirebilmesi için EPDK’ndan dağıtım lisansı alması gerekmektedir (EPDK, 2012).

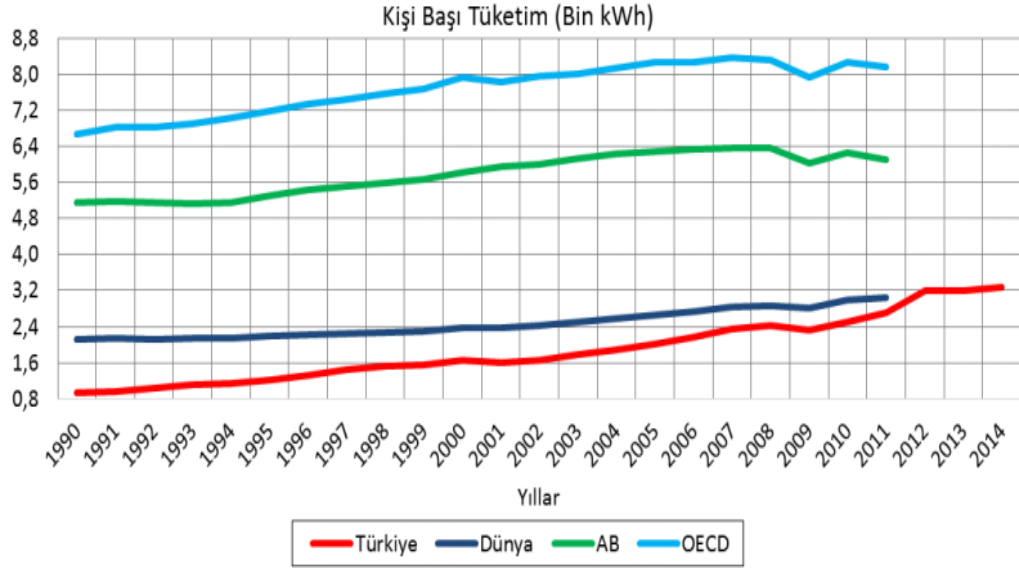
6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu'na göre;

- *“Dağıtım şirketi, lisansında belirlenen bölgede sayaçların okunması, bakımı ve işletilmesi hizmetlerinin yerine getirilmesinden sorumludur.*
- *Piyasa faaliyeti gösteren tüzel kişiler bir dağıtım şirketine ve dağıtım şirketi piyasa faaliyeti gösteren tüzel kişilere doğrudan ortak olamaz.*
- *Dağıtım şirketi, dağıtım faaliyeti dışında bir faaliyetle iştigal edemez.*
- *Dağıtım faaliyetiyle birlikte yürütülmesi verimlilik artışı sağlayacak nitelikteki piyasa dışı bir faaliyetin yürütülmesine ilişkin usul ve esaslar EPDK tarafından çıkarılan yönetmelikle düzenlenir.*
- *Dağıtım şirketi, lisansında belirtilen bölgedeki dağıtım sistemini elektrik enerjisi üretimi ve satışında rekabet ortamına uygun şekilde işletmek, bu tesisleri yenilemek, kapasite ikame ve artırım yatırımlarını yapmak, dağıtım sistemine bağlı ve/veya bağlanacak olan tüm dağıtım sistemi kullanıcılarına ilgili mevzuat hükümleri doğrultusunda eşit taraflar arasında ayırım gözetmeksizin hizmet sunmakla yükümlüdür.*
- *Dağıtım lisansında belirlenen bölgelerde talep tahminlerinin hazırlanması ve TEİAŞ'a bildirilmesi görevi dağıtım şirketine aittir.”*

2.4.5. Tüketim

Türkiye'nin elektrik tüketiminin günümüze kadar ki gelişimi değerlendirilecek olursak yüksek oranda artışlar görülmektedir. Tüketimin çoğalmasına sebep olan unsurların başında sanayileşme, kentleşme ve nüfus artışı gelmektedir. Bu doğrultuda elektrik piyasasında tüketim artışı değerlendirilirken bu unsurların da göz önünde bulundurulması önemlidir. Bununla birlikte nüfus artışına bağlı olarak kişi başına düşen elektrik tüketimi de ayrıca ele alınması gerek bir ayrıntıdır (Erol, 2007:114).

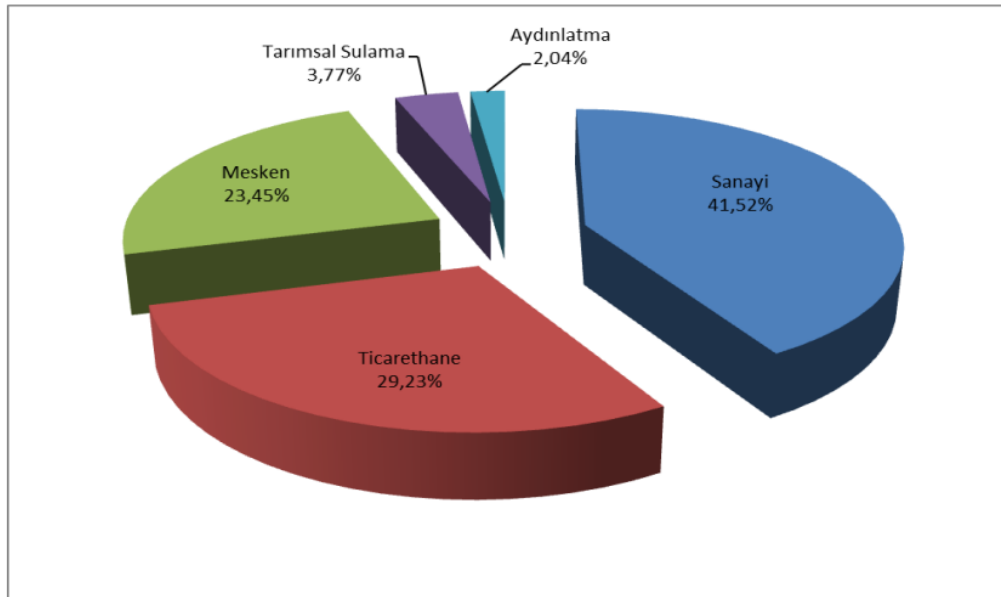
Türkiye ve Dünya'da kişi başına düşen net elektrik tüketiminin yıllar itibariyle değişimi aşağıda Şekil 2.9'da sunulmuştur.



Kaynak: EİGM,2015: 74

Şekil 2.9. Türkiye ve Dünya’da kişi başı elektrik tüketimi (1990-2014 yılları)

Türkiye’de elektrik tüketiminin dağılımı Şekil 2.10’da yer almaktadır. Buna göre, toplam tüketimin %41,52’si sanayi, %29,23’ü ticarethane, %23,45’i mesken, %3,77’si tarımsal sulama ve %2,04’ü ise aydınlatmada kullanılmaktadır.



Kaynak: EPDK, 2018b

Şekil 2.10. Türkiye’de elektrik üretim dağılımı (2018 yılı)

Elektrik tüketiminin yıllara göre değişimi ve dağılımı Tablo 2.3'te gösterilmiştir. Veriler incelendiğinde, 2018 yılında toplam elektrik tüketiminin 233.610.029 MWh olduğu belirlenmiştir.

Tablo 2.3. Türkiye’de elektrik tüketim miktarı ve dağılımı (2016-2018 yılları)

Tüketici Türü	Tüketim Miktarı (MWh)		
	2016	2017	2018
Sanayi	89.951.150,54	94.965.625,60	96.995.848,19
Ticarethane	60.853.719,65	66.454.453,03	68.289.253,67
Mesken	51.090.263,33	53.531.710,78	54.769.979,56
Tarımsal Sulama	6.307.604,94	6.537.064,52	8.799.145,22
Aydınlatma	4.218.466,49	4.341.372,83	4.755.802,89
Genel Toplam	212.421.204,94	225.830.226,76	233.610.029,54

Kaynak: EPDK, 2018b

3. ELEKTRİK PİYASALARINDA FİYATLANDIRMA

3.1. Türkiye’de Elektrik Piyasası Fiyatlaması

Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi (EPIAŞ), 14.03.2013 tarihli ve 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ile 6102 sayılı Türk Ticaret Kanunu kapsamında kurulmuş ve 2015 yılında Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK)’ndan piyasa işletim lisansı olarak faaliyete geçmiştir. EPIAŞ’ın faaliyet konusu;

“Piyasa işletim lisansında yer alan enerji piyasalarının etkin, şeffaf, güvenilir ve enerji piyasasının ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde planlanması, kurulması, geliştirilmesi ve işletilmesidir. Eşit taraflar arasında ayırım gözetmeden güvenilir referans fiyat oluşumunun temin edilmesi ve artan piyasa katılımcı sayısı, ürün çeşitliliği ve işlem hacmiyle likiditenin en üst düzeye ulaştığı, piyasa birleşmeleri yoluyla ticaret yapılmasına imkan tanıyan bir enerji piyasası işletmecisi olmaktadır.”

Türkiye’de yürütülen elektrik piyasasının daha şeffaf ve etkin, mali açıdan güçlü bir yapıya kavuşturulması için yapılan çalışmalar doğrultusunda, katılımcıların dengeli ve etkin rol üstlenmesini sağlamak amacıyla 2015 yılında Gün İçi Piyasası (GİP) faaliyete geçmiştir. Mevcut durumda uygulanan Gün Öncesi Piyasası (GÖP), Yan Hizmetler ve Dengeleme Güç Piyasalarına ek olarak uygulamaya konulan GİP ile piyasa katılımcılarına gerçek zamana yakın ticaret imkanı tanınmıştır. Bu sayede kısa vadede katılımcıların portföylerini dengeleme fırsatı sunulmuştur. GİP, Gün Öncesi Piyasası ile Dengeleme Güç piyasası arasında köprü görevi görmekte ve elektrik piyasasının dengelenmesine ve sürdürülebilirliğine katkı sağlamaktadır. Gün Öncesi Piyasasında teklif girişleri ile gerçekleşme zamanı arasında maksimum 36 saate varan bir fark oluşmaktadır. GİP ile birlikte; santral arızaları, yenilenebilir enerji kaynaklarının üretimlerindeki değişimler ve tüketim miktarındaki öngörülemeyen değişimler gibi dengesizliğe yol açan hususlar gerçek zamana daha yakın bir zamanda ortadan kaldırılabilmekte ve katılımcılara gün içinde yaşayabilecekleri dengesizliklerin asgariye indirilmesi veya dengelenmesi imkanı verilmektedir. Katılımcılar, Gün Öncesi Piyasasında değerlendiremedikleri kapasitelerini GİP kapanış zamanından sonra değerlendirme şansı verilerek ek ticaret olanağı sağlanmaktadır. GİP yazılımı

tamamen yerli yazılımcılar tarafından geliştirilmiştir. Bu sayede yaklaşık 1,5 milyon dolarlık kaynak kazancı sağlanmıştır (EPİAŞ, 2020).

3.1.1. Gün Öncesi Piyasası

Gün öncesi piyasası (GÖP); Bir gün sonrası teslim edilecek uzlaştırma dönemi bazında elektrik enerjisi alış-satış işlemleri için kurulan ve EPİAŞ tarafından işletilen organize toptan elektrik piyasasıdır. Gün Öncesi Elektrik Piyasası, ikili anlaşmaları tamamlayıcı bir piyasa olan Gün Öncesi Piyasası, elektriğin teslimat gününden bir gün öncesinde elektrik ticareti ve dengeleme faaliyetleri için kullanılan ve elektrik enerjisi referans fiyatlarının (Piyasa Takas Fiyatı-PTF) olduğu organize bir piyasadır (EPİAŞ, akt; Şenocak _vd., 2021).

Elektrik piyasasında oluşan fiyatlar katılımcıların üretim stratejilerini belirlemesi açısından önemlidir. Bu bağlamda, GÖP, temel olarak, bir sonraki günün elektrik fiyatlarının bugünden belirlendiği piyasadır. Bu fiyatların öngörülme çabası daha fazla öneme sahiptir ve henüz kesinleşmemiş fiyatlar hususunda bilgi verici niteliktedir. Bu sayede katılımcılara ve piyasa işletmecisine yol gösterici bir kaynak niteliğindedir (Demirezen, 2020).

Gün Öncesi Piyasası, Referans Fiyat hesaplanmasına imkan verirken, aynı zamanda sektörde yer alan firmaların ikili anlaşmalarına ek olarak bir sonraki gün için enerji alış ve satış yapma olanağı vererek, üretim ve/veya tüketim gereksinimleri ile anlaşma dahilinde ki şartları gün öncesinden dengeleme imkanı da vermektedir. Bu sayede, sektörde faaliyet gösteren firmaya gün öncesinden dengelenmiş bir piyasanın verilmesi hedeflenmektedir (Yıldız, 2015: 24).

GÖP fiyat teklifleri, tamamen ya da kısmi olarak tüketici ve üreticilerin sunduğu fiyatların eşleşmesini içeren “saatlik teklifler” ile en az 1 ve en fazla 24 saatlik zaman dilimlerini içeren “blok teklifler”den oluşmaktadır. Ayrıca katılımcılara “esnek teklifler” şeklinde her iki sistemin karışımından oluşan bir alternatif de sunulmaktadır”.

3.1.1.1. Saatlik Teklifler

Gün öncesi piyasasında uygulanan saatlik teklifler alış ve satış doğrultusunda 32 seviye olmak kaydıyla en çok 64 seviyeden meydana gelmektedir. Saatlik teklifler, bu seviyelere dayanarak artan şekilde sıralanmakta ve aynı fiyat seviyesinde geçerli hem alış hem de satış yönünde teklif yer almaktadır (PMUM, 2013).

Tablo 3.1. Gün öncesi piyasası saatlik teklif örneği

SAAT	FİYAT (TL/MWh)															
	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	300	400	500
0 ile 1 (LOT)	500	500	500	500	500	500	500	-100	-200	-300	-300	-400	-500	-500	-500	-500
1 ile 2 (LOT)	600	400	300	300	200	200	-100	-200	-400	-450	-450	-500	-500	-500	-600	-600

Tablo 3.1’de piyasayı temsilen bir firmanın saatlik teklif örneği verilmiştir. Buna göre piyasa katılımcısı sistem gün öncesi fiyatı 0, 20, 40, 60, 80, 120 olduğunda 50 MWh elektrik alacağını, fiyat 140 TL/MWh’i geçtiğinde ise fiyat seviyesine dayanarak elektrik satacağını belirtmektedir. Gün öncesi piyasasında, verilen örnekte olduğu gibi diğer katılımcılar da saatlik tekliflerini vermektedirler (Bicil, 2015:41).

3.1.1.2. Blok Teklifler

Elektrik piyasasında, Sistem Gün Öncesi Fiyatlamasında blok teklifler de uygulamaktadır. Bu yöntemdeki teklifler belirli bir süreleri içine alan fiyat ve miktar bilgilerinden meydana gelir. Blok teklifler en az 4 en fazla 24 saatten oluşan ardışık ve tam saat dilimleri şeklinde hesaplanmaktadır. Blok teklifler, içine aldığı zaman diliminin bütünü için hesaplanmakta ve bir güne yönelik 50 adetle sınırlı tutulmuştur (Bicil,2015:41).

Tablo 3.2. Gün öncesi piyasası blok teklif örneği

SAAT	Fiyat (TL/MWh)	Miktar
0 ile 4 (LOT)	120	-800
4 ile 9 (LOT)	80	900

Tablo 3.2.'de temsili bir blok teklif örneği gösterilmiştir. Bu örnekte yer alan piyasa katılımcısı fiyat 120 TL/ MWh iken 0-4 arasında 80MWh elektrik satacağını, fiyat 80TL/MWh iken 90MWh elektrik alacağını belirtmektedir.

2.1.1.3. Esnek teklifler

Elektrik piyasası fiyatlamasında yapılan esnek teklifler, saatlik ve blok tekliflerden sonra dikkat çeken, yalnız piyasa satış doğrultusunda sunulan tekliflerdir. Esnek teklifler, bir saat için salt miktar ve fiyat bilgilerinden meydana gelmektedir. Esnek teklif 10 adet ile sınırlandırılmıştır (PMUM, 2013).

Tablo 3.3. Gün öncesi piyasası esnek teklif örneği

Saat	Piyasa Katılımcısı	Fiyat (TL/MWh)	Miktar (Lot – MWh)
0-1	A	150	-600lot (60 MWh)
0-1	B	180	700lot (70 MWh)
0-1	C	160	-100 lot (10 MWh)

Tablo 3.3'de temsili bir esnek teklif örneği görülmektedir. Bu örnekte piyasa katılımcılarının belirli bir saate yönelik fiyat seviyelerine dayanarak satmak istedikleri elektrik enerjisi miktarları bulunmaktadır. Buna göre; piyasa katılımcısı A'nın ertesi gün elektrik fiyatı 150TL/MWh olduğunda, 60MWh elektrik enerjisi satmak istediği, piyasa katılımcısı B'nin ertesi gün elektrik fiyatı 180TL/MWh olduğunda 70MWh elektrik almak ve piyasa katılımcısı C'nin de yine ertesi gün elektrik fiyatı 160TL/MWh olduğunda, 10MWh elektrik enerjisi satmak istediği görülmektedir. Bu durumda ertesi piyasa gününde (saat 0-1) satıcı A'nın 60MWh'lık elektriği, tüketici B tarafından alınacaktır. Tüketici B'nin kalan 10 MWh'lık talebi ise üretici C tarafından karşılanacak ve piyasada denge sağlanmış yani üretilen tüm elektrik herhangi bir kayıp olmadan tüketicisine ulaşmış olacaktır.

3.1.2. Gün İçi Piyasası

Gün içi piyasası; gün öncesi piyasası ve dengeleme güç piyasası arasında bulunan ve firmalar için 1 saat öncesine değin ek kazanç alanı oluşturarak, gün içinde ortaya

çıkabilecek olumlu ya da olumsuz dalgalanmaların minimuma düşürülerek, dengelenmesine olanak veren ara sektördür. 2015 yılında elektrik piyasasında yer alan piyasa katılımcılarına, gün öncesine göre daha dengeli bir tedarik sağlamaları için uygulamaya konmuştur. Gün içi piyasası uzlaştırma işlemleri günlük olarak yapılmaktadır. Gün içi piyasası uzlaştırma bildirimlerinin yürürlüğe geçirilmesi, avans ve teminat miktarlarının piyasa aktörleri ve Merkezi Uzlaştırma Bankasına bildirilmesi her iş günü 14:30'a kadar sağlanmaktadır. Gün içi piyasası uzlaştırması, eşleme miktarı ve fiyatları doğrultusunda yapılmaktadır. Gün içi piyasasının Sistem ve Piyasa işletmesi tarafından hedefleri; iletim sistemindeki güvenliğe destek olma ve dengesizlik miktarını düşürme, piyasa aktörleri yönünden; ek ticaret olanağı, GÖP'nda beklenmeyen sebeplerle meydana gelen dengesizliğin payını gerçek zamana göre daha çabuk engelleyerek azaltmadır. İlgili spot piyasa, EPIAŞ tarafından yürütülmektedir (Varol, 2019: 22).

Gün içi piyasasında gerçekleşene fiyat eşleşmeleri; tekliflerin, teklif defterinde yer almasından hemen sonra olmaktadır. GİP katılımcıları, bir sonraki gün için gün içi piyasası tekliflerini saat 18:00'dan başlayarak kapanışa kadar Piyasa Yönetim Sistemi (PYS) aracılığıyla Piyasa İşletmecisi'ne bildirmektedir. İşlemler saatlik olarak gerçekleştirilmektedir. GİP, saat 00:00'da başlamakta ertesi gün 00:00'da sona ermektedir. Gün içi piyasası kapı kapanış zamanı fiziksel teslimatın bir saat öncesidir. Gün içi piyasasındaki işlemler ise gün içi piyasası kapanış zamanına kadar herhangi bir zaman diliminde gerçekleşebilmektedir (EPIAŞ, 2020).

Gün içi piyasası teklifleri için fiyat alt limiti 0 TL/MWh'tir. Saatlik ve blok şeklinde iki teklif türü vardır. Saatlik kontratlar için sunulan teklifler bölünebilirken, blok teklifler bölünemez durumdadır. Teklife ilişkin bitiş zamanı belirlenebilir, "tamamını eşle veya yok et" ya da "olanı eşle ve yok et" seçenekleri kullanılabilir. Tamamını eşle veya yok et seçeneğinin kullanılması durumunda teklif, teklif defterinde yer almadan eşleşir veya yok edilir. Olanı eşle ve yok et seçeneğinde ise teklif, teklif defterinde yer almaksızın uygun olan mevcut tekliflerle eşleşir veya yok edilir. Katılımcıların, bitiş zamanı belirlememesi, tamamını eşle veya yok et ya da olanı eşle ve yok et seçeneklerini kullanmaması durumunda, teklifler ilgili kontratın kapanış zamanına

kadar geçerlidir. Tekliflerde, aynı saatlik kontrat için eşit veya daha iyi fiyata sahip saatlik tekliflerin olması durumunda aşağıdaki eşleşmeler gerçekleşir (EPIAŞ, 2020).

- “Karşı teklif eşit miktarda ise tamamen eşleşme,
- Karşı teklif eşit miktarda değil ise eşleşme miktarı en düşük miktarda teklifin miktarına eşit olacak şekilde kısmen eşleşme,
- Aynı blok kontrat için eşit miktarda ve eşit veya daha iyi fiyata sahip karşı tekliflerin olması durumunda tamamen eşleşme gerçekleştirilir.
- Gerçekleşen işlemin fiyatı, teklif defterine önce girilen teklifin fiyatıdır”.

Gün içi piyasasının genel özellikleri ise şunlardır;

- “Gün İçi Piyasası sürekli devam eden bir piyasa olup, Gün içi piyasasına fiziksel teslimattan 60 dakika öncesine kadar teklif verilebilir, verilen teklifler güncellenebilir, iptal edilebilir veya pasif yapılabilir.

- Gün içi piyasası işlemleri saatlik bazda gerçekleştirilir. Gün içi piyasası günü 00:00’da başlayıp ertesi gün 00:00’da sona erer. Gün içi piyasasında ertesi güne ait teklifler, Gün içi piyasası açılış zamanı olan saat 18:00’ den sonra verilebilir.

- Gün İçi Piyasasına teklif verilebilmesi için Gün içi piyasası açılış zamanından önce saat 11:00 ve 17:00’de olmak üzere iki kez teminat kontrolü yapılacaktır. Saat 11:00 kontrolünde piyasa dışında kalmış olan katılımcılar teminatlarını 17:00’ye kadar tamamlamaları durumunda 17:00’daki teminat kontrolünden sonra Gün İçi Piyasasında teklif verebileceklerdir.

- Gün İçi Piyasasına verilen teklifler Gün Öncesi Piyasasında olan tek oturumlu ihaleden farklı olarak anlık olarak değerlendirilecek ve karşı yöndeki tekliflerle karşılaştırılacaktır.

- Gün İçi Piyasasına verilen tekliflerin durumu anlık olarak GİP Uygulaması üzerinden görülebilir”.

Gün İçi Piyasasındaki Fiyat teklifleri ise şu şekilde gerçekleşmektedir:

- “Katılımcılar, gün içi piyasası kapsamında belirli bir zaman dilimi için saatlik ve/veya blok teklifler sunabilirler.

- Teklifler farklı saatler için değişiklik gösterebilen miktar ve fiyat bilgilerinden meydana gelir.

- Bildirilen tüm teklif fiyatları yüzde birlik hassasiyete sahiptir.

- Teklifler Türk Lirası biriminde yapılmaktadır. (TL/MWh)

- Teklifler TL/MWh olarak verilir.

- Teklif miktarları Lot cinsinden tam sayı olarak bildirilir. 1 Lot 0,1 MWh' e eşdeğerdir.

- Fiyat teklifleri, tüketici ve üreticilerin sunduğu fiyatların eşleşmesini içeren saatlik teklifler ile en az 1 ve en fazla 24 saatlik blok tekliflerden oluşmaktadır. Katılımcılara esnek teklifler de sunulmaktadır”.

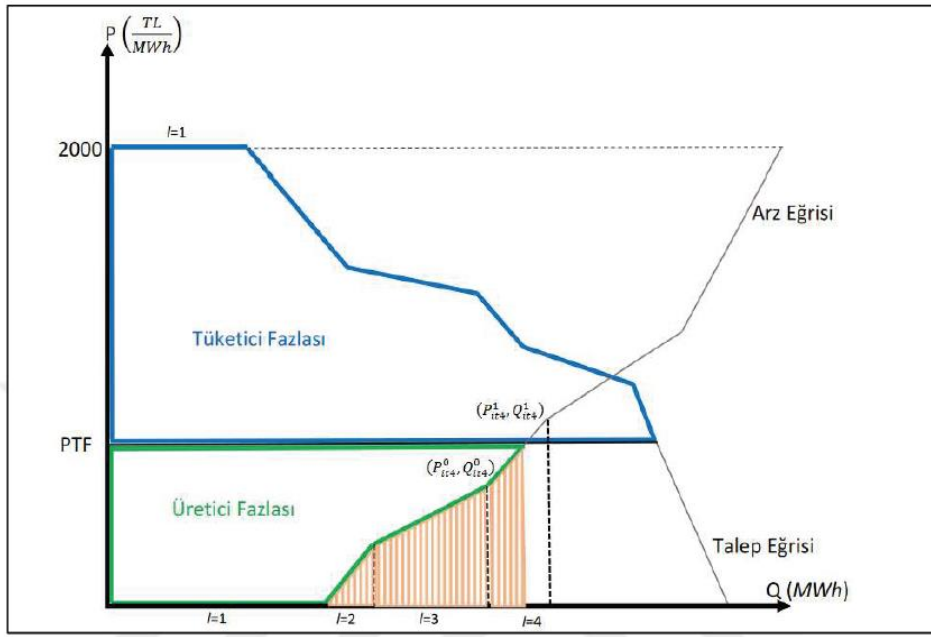
3.1.3. Dengeleme Güç Piyasası

Arz ve talebin gerçek zamanlı olarak dengelenmesini hedefleyen, bu çerçevede her on beş dakikada bir devreye girecek yedek kapasiteyi tedarik eden organize toptan elektrik piyasasıdır (EPIAŞ, 2019). 15 dakikalık sürelerde 10 MW yük alma ve atma gerçekleştiren dengeleme birimleri bu piyasaya katılma zorunluluğundadır. İlgili piyasa TEİAŞ tarafından çalıştırılmaktadır.

3.1.4. Piyasa Takas Fiyatlaması

Elektrik piyasası, gün öncesi elektrik piyasası ve gerçek zamanlı bir elektrik piyasası şeklinde düzenlenmiştir. Gün öncesi elektrik piyasası, üretim teklifleri, talep teklifleri ve hazırlanan ikili anlaşmalara yönelik her bir saatlik elektrik fiyatının bir sonraki işletim günü için hesaplandığı bir ileri pazardır. Dengeleme güç piyasası, firmaya gerçek zamanlı dengeleme için en fazla 15 dakika içinde devreye geçebilecek yedek kapasite olanağını verir. Elektrik Piyasası Takas Fiyatı (PTF) genellikle elektrik

piyasadaki gün öncesi fiyatını ifade eder. Elektrik Sistem Marjinal Fiyatı (SMF), bir elektrik piyasasında eksiklik ve fazlalık olduğu zaman oluşan fiyattır. Başka bir ifadeyle dengeleme birimidir. Elektrik PTF oluşturulduğunda, firmaların teklif fiyatı PTF'nin altında ise ödemeler elektrik PTF'na göre olmayıp, verdikleri fiyata göre belirlenmektedir. Böyle uygulanmasının sebebi, sektörün eşit olmasını sağlamak ve piyasa yanlılığını önlemektir (Şenocak,2018: 4).



Kaynak: Şenocak, 2018: 5

Şekil 3.1. Elektrik piyasası takas fiyatı (ptf)'nin belirlenmesi.

Elektrik Piyasası Takas Fiyatının hesaplanması bütün düzensiz elektrik piyasalarında aynı şekilde olmaktadır. Her gün, sistem işletmecisi ertesi gün elektrik talebini ve acil durumlarda yedek enerji de dahil olmak üzere önümüzdeki ay için tahminlerini duyurur. Bu tahminler, hava durumundaki değişiklikler gibi yeni bilgiler geldiğinde sürekli güncellenir. Tahmini bilgilere varıldığında, elektriği veren firma vereceği elektriğin miktarını sağlayacağını ve vereceği fiyatı çıkaracaktır. Elektrik tüketicileri (büyük hacimli tüketiciler ve perakende elektrik sağlayıcıları) ayrıca satın alacakları elektriğin miktarını ve fiyatını belirleyecektir. Her iki taraf da tekliflerini sistem operatörlerine gönderirler. Bu sırada, son teklif gelene değin yeni tekliflerini de iletebilirler. Sistem operatörü sonrasında teklifleri karşılaştırır. İlk gelen en düşük

fiyatı onaylar ve devamında tüketicilerin isteklerine cevap vermek için yeterli enerji kabul edilene değin yüksek fiyatlı teklifleri toplar. Kabul edilen son teklifi esas alarak, kabul edilen tüm tedarikçiler aynı fiyatı, piyasa fiyatını öderler. Elektrik PTF'nın bu şekilde belirlenmesi, firmaların elektriklerinin tamamını veya çoğunu piyasa fiyatına satmaya katılmak için teklif edilen fiyatları düşük tutmaya yönlendirir. Piyasa fiyatını temizleme yaklaşımı, sistemin güvenilirliğini korurken mümkün olan en düşük fiyatı sağlar (Şenocak,2018: 6).

Tablo 3.4. Piyasa takas fiyatı (PTF) oluşum senaryosu

Fiyat	0,00	10,00	15,00	20,00	25,00	30,00	35,00	40,00	45,00
PK-A	550	550	550	550	550	550	380	380	380
PK-B	280	280	280	280	280	280	280	280	280
PK-C	420	420	220	220	0	0	0	0	-340
PK-D	1000	1000	1000	1000	550	550	550	550	400
PK-E	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40
ALIŞ	2210	2210	2010	2010	1340	1340	1170	1170	1060
SATIŞ	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-380
Fiyat	50,00	55,00	60,00	65,00	70,00	75,00	80,00	2000	
PK-A	380	380	380	380	380	380	180	80	
PK-B	280	280	280	280	280	280	280	280	
PK-C	-340	-620	-620	-620	-620	-1240	-1240	-1240	
PK-D	400	0	0	-800	-800	-800	-800	-800	
PK-E	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40	-40	
ALIŞ	1060	660	660	660	660	660	460	460	
SATIŞ	-380	-660	-660	-1460	-1460	-2080	-2080	-2080	

Yukarıda ki tabloda 1 saatlik Gün Öncesi fiyatının (PTF)'sine ait örnek piyasaya verilen teklifler yer almaktadır. Eksi teklifler satışı, artı teklifler ise alışı temsil etmektedir. Örnekte 5 katılımcının tek saat için değişik seviyeler için alışı ve satışı teklifleri yer alıyor. Talep ve arzın aynı olduğu seviye noktada Piyasa Takasa Fiyatı (PTF) oluşmaktadır.

Elektrik Piyasası Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliğine göre (EPIAŞ, 2016);

• “TEİAŞ’ın iletim sistemi kayıplarını satın almaya başlamasıyla birlikte uzlaştırmaya ilişkin hesaplamalarda İletim Sistemi Kayıp Katsayısı sıfır olarak alınır ve İletim Sistemi Kayıp Miktarı TEİAŞ’ın uzlaştırmaya esas çekiş miktarı olarak kabul edilir.

. TEİAŞ, 1 Ocak 2016 tarihinden itibaren iletim sistemi kayıplarını satın almaya başlamıştır. 1 Ocak 2016 tarihinde iletim sistemi kayıplarının uzlaştırılmasını teminen TEİAŞ'ın Piyasa İşletmecisine tüzel kişilik kaydı gerçekleştirilmiştir”.

Elektrik Piyasası Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliği (DUY)'ndeki başka bir yapılanma, sıfır bakiye kaleminin TEİAŞ tarifesine yansıtılarak giderilmesidir. Sıfır bakiye düzeltme kalemi, 1 Ağustos 2006'dan günümüze kadar sektörün en önemli problemi olarak yer alıyor. Nitekim bu kalem reform yapılanma öncesinde üretim lisansı sahibi tüzel kişilerin faturasına, bütün kullanıcıların faturasına ve mevcut DUY'nde tüketim portföyü olan kullanıcıların faturasına yansıtılmaktaydı. Köklenmiş bir problem haline dönüşmüş bir konunun kesin olarak ortadan kaldırılması gibi görünen uygulama karşısında Elektrik Piyasası'ndaki bütün ticaretin fiyatlarının ve sürelerinin değişmesi öngörülmektedir (<https://www.pwc.com.tr>, 18.03.2020).

3.1.4.1. Sıfır bakiye düzeltme tutarı

Elektrik firmasının, toptan elektrik sektörü adına yapmış olduğu çalışmalardan kâr ya da zarar etmemesi koşuluna dayanarak toplam alacak ve borç arasında meydana gelen fark “Sıfır Bakiye Düzeltme Tutarı” şeklinde “Piyasa Katılımcılarına Uzlaştırmaya Esas Çekiş Miktarları” oranında pay edilmektedir.

3.1.4.2. Mevsimsel etkiler

Elektrik enerjisine duyulan ihtiyaçlar içerisinde, kısa vadeli de olsa etkisi olan iklim koşulları ve tüketim zamanı, talep-fiyat nedenselliği içerisinde fiyat serileri üzerinde mevsimsel etkilere sebep olmaktadır.

4. ELEKTRİK PİYASALARINDA FİYAT TAHMİN YÖNTEMLERİ

4.1. Türkiye İçin Yapılmış Çalışmalar

Elektrik sektörünün gün öncesi piyasasında meydana gelen saatlik elektrik fiyatlarının tahmin edilmesi doğrultusunda Türkiye için bazı çalışmalar yürütülmüştür. Bu çalışmalarda; saatlik bazda çalışan bir elektrik sektörünün Aralık 2009'tan günümüze değin işletilmesi çerçevesinde yürütülen çalışmaların yetersizliği ve bu çalışmalarda genellikle somut manada bir gün öncesi piyasasının işlerliğe sahip olmadığı Aralık 2011 öncesi yılların değerlendirmeye alındığı görülmektedir (Kölmek, 2016: 30).

Talası (2012)'nin yapmış olduğu çalışmada, Aralık 2009 ile Temmuz 2011 arasındaki zaman dilimindeki gün öncesi planlama piyasasında meydana gelen Saatlik Elektrik Fiyatlaması (SGÖF, yeni adı ile PTF) kullanılmıştır. Burada logaritmaları alınan elektrik fiyatları, deterministik bir fonksiyon ve çok faktörlü stokastik süreç ile modellenmesi yapılmıştır. Ortaya çıkarılan yöntemde, elektrik fiyatlarının günlük mevcut seyri Brown hareketi ile tanımlanmış olup fiyatlardaki şoklar, ilki uzun dönemli olanlar için kullanılan, diğer ikisi ise kısa dönemli şokları tanımlamak için farklı ortalamaya dönüş hızlarına sahip olan üç sıçrama süreci ile modellenmiştir. Ortaya çıkarılan bu model ile Temmuz 2011 ve Eylül 2011 arasındaki zaman diliminde oluşan fiyatlar saatlik olmayıp haftalık ortalama bazında tahmin edilmiştir. Ancak, Haftalık Hata İhtimali (HOMHY)'nin %10 civarında oluşmakla beraber %25 gibi oranların üstüne çıktığı da görülmüştür.

Bir başka çalışmaya örnek verilecek olursa; Özgüner (2012), Ocak 2011 ile Aralık 2011 zaman diliminde gün öncesi planlama sektöründe meydana gelen Saatlik Elektrik Fiyatları (SGÖF) üzerinde yapay sinir ağı kullanarak bir öngöründe bulunmuştur. Bu çalışmanın planında, tahmin edilecek günün tipi, haftanın hangi günü ve saati çerçevesinde tahminde bulunulduğu, tüketim tahmini, bir gün ve bir hafta önceki aynı saatte oluşan fiyat ve tüketim oranları ile tüketim ortalamaları kullanılmıştır. Bununla birlikte, farklı mevsimlerden alınan birer hafta için de fiyat tahminleri oluşturulmuştur. Bu tahminlere göre; %4,77 (yaz ayında) ile %12,08 (bahar ayında) arasında HOMHY değerleri çıkarılmıştır. Fiyatlardaki abartıların tahmin başarısını menfi etkilemesi sebebinden yola çıkılarak, abartılı oranların setin genel trendi ile dengelenmesi

neticesinde Şubat 2012'nin son iki haftası için oluşturulan tahminlerde, haftalık sırasıyla %58,44 ve %32,44 olan hatanın %6,43 ve %4,17 miktarlarına düşürülebildiği görülmektedir. Bu çalışmada ki yapılan tahminin başarılı olması için kullanılan HOMHY'nin hesaplanmasında, Talasli (2012)'nin çalışmasındaki gibi hata oranının "Haftalık Ortalama Fiyat Değeri" ölçü kabul edilmiştir.

2011'de yapılmış olan Yıldırım vd. (2012)'nin yapmış olduğu çalışmada SGÖF değerlerinin kullanıldığı, Mart 2011 fiyatları için ARX (girdi setinde bir gün önceki fiyat ve tüketim ile bir hafta önceki fiyat kullanılmıştır) ile Çok Değişkenli Uyumlu Regresyon Uzanımları (MARS) modelleri ile bir öngöründe bulunulmuştur. Hata oranlarının Ortalama Mutlak Hata (MAE) ve Ortalama Karesel Hata (RMSE) şeklinde kıyaslandığı bu çalışmada MARS modellerinin performansı daha iyi not almıştır.

SGÖF tahmininin gerçekleştirildiği diğer bir çalışmada ise Kölmek ve Navruz (2015), 2009 Aralık ile 2010 Kasım arasındaki zaman dilimini değerlendirmeye almış ve hem YSA ile hem de AR modeli ile tahmin yürütmüşlerdir. Bu çalışmada, Ekim 2010'daki ikinci, üçüncü ve dördüncü haftalar için YSA ve AR modelleri ile oluşturulan tahminler HOMHY üzerinden kıyaslanmıştır. Veri setinde, ikili anlaşma, takvim, günlük emre amade kapasite ve sıcaklık girdileri değerlendirilmekle beraber performansı en yüksek tahmini sağlama sebebi ile tercih edilen YSA modelinin verileri, 24 saat öncesi ve katlarındaki geçmiş dönem SGÖF değerleri ile tüketim tahmininden meydana gelmektedir. AR modelinin verileri ise 24, 48, 168 ve 336 saat önceki SGÖF değerleridir. Çalışmada elde edilen bu öngörüler doğrultusunda yaklaşık olarak %14,15 hatalı tahmin sağlayan YSA modeli ortalama %15,60 hatalı tahmin yapan AR modelinden daha başarılı olduğu görülmüştür.

Tayşi vd. (2015)'nin yapmış olduğu çalışmada ise, örnek verilen diğer çalışmalardan tamamen farklı olarak, veri seti halinde gün öncesi piyasasının işler durumda olduğu görece güncel bir dönemi ele alan ve YSA ile ARIMA (PTF serisinde haftalık mevsimsellik olduğundan hareketle) modellerinin karşılaştırılmalı sonuçlarının öne sürüldüğü bir çalışma yürütülmüştür. Bu çalışmadaki HOMHY hesabında da sapma miktarı haftalık ortalama fiyata olmayıp, tahmin edilen saatin fiyatına bölünmüştür. Çalışmadaki YSA modelinin veri seti, bir gün ve bir hafta önceki PTF değeri, son 24 saatteki ortalama PTF değeri ve takvim bilgisinden (gün kodu için 1-7, iş günü kodu

için 0-1 ve tatil günü kodu için 0-1) meydana gelmektedir. AR modelinin veri seti ise; 1-4 ve 24-27 saat önceki PTF değerlerinden meydana gelmektedir. Girdi setindeki her ayın üçüncü haftasının tahmin doğrultusunda tercih edildiği bu çalışmada, YSA modelinin hata oranı %4,45 ile %10,69 arasında, ARIMA modelinin hata oranı ise %4,57 ile %13,06 arasında farklılık göstermektedir. Hata miktarlarının birbirine yakın olduğu ancak YSA modelinin genel ortalamaya bakıldığında daha başarılı bulunduğu görülmektedir.

4.2. Türkiye Elektrik Piyasasında Uygulanan Fiyat Tahmin Modelinin Değerlendirilmesi

Bütün dünyada olduğu gibi Türkiye'nin elektrik piyasasında arz ve talebin bir gün öncesinden dengelenmesi için uğraşıldığı ve sistemi çalıştıran firmaya dengeli bir elektrik yapısı bırakmayı amaçlayan gün öncesi elektrik piyasaları bulunmaktadır. Piyasa katılımcıları bir gün öncesinden üretim ve tüketim planlarını düzenleyerek gün öncesi piyasasına teklif götürürler. Piyasa katılımcısı gelen teklifleri bir algoritma ile ele alarak piyasa takas fiyatını hesaplar. Piyasa takas fiyatı hem gün içi piyasası hem de türev piyasalar için referans fiyat teşkil etmektedir. Piyasa katılımcılarının aralarında sağlayacakları ikili anlaşmaları, tezgâh üstü piyasa işlemlerini bu fiyatı baz alarak yaparlar (Taşdemir, 2019:63).

Türkiye'de elektrik piyasasında 2011 yılında uygulanmaya başlanan gün öncesi piyasasından önce TEİAŞ'a bağlı Piyasa Mali Uzlaştırma Merkezi (PMUM) bünyesinde çalıştırılan elektrik piyasası, özelleştirmeye gidilerek rekabet ortamına katılmış ve 2017 Mart ayında açılan EPIAŞ aracılığıyla çalıştırılmaya geçilmiştir. Bu ortamda gün öncesi piyasası programında uygulanan algoritmanın bütün kodları kapalı kod olmakla birlikte dışarıdan bir etkiye müsaade edilmemektedir. İşletmeye gelen talepler geç karşılanırken aynı zamanda da ücrete tabi tutulmuştur. Bu faaliyetler piyasa işletiminde katılımcılara verilen hizmetin güçlendirilmesi, reformlar gerçekleştirmesi amacıyla bir engel oluşturmaktadır. EPIAŞ'nin kurulması ile birlikte Gün öncesi piyasasının yeni bir ara yüz ve algoritma uygulaması yönünde proje geliştirerek bilimsel bir çözüm bulunması amaçlanmıştır. 1 Haziran 2016 tarihi ile

birlikte bütünüyle yerli ve bütün kodları EPIAŞ'ne ait olan gün öncesi sektörü Türkiye elektrik piyasasına katılmıştır (Taşdemir, 2019:63).

2011'den bu yana devam eden gün öncesi fiyatının gelişimi ile elektrik sektörüne temel olan bu girdinin, sektörün özelleştirilmesiyle birlikte piyasa katılımcıları için önceden tahmin edilmesi rekabet ortamında gereklilik oluşturmuştur. Fiziksel teslimatı mecburi olan gün öncesi ve gün içi piyasalarının yanında fiziksel teslimat zorunluluğu olmayan türev piyasalarında işletmelerin konumları, alış-satış hareketleri önceden tahmin edecekleri piyasa takas fiyatı göstergesinde olmaktadır (Taşdemir, 2019:64).

Gün öncesi piyasasında fiyat tahmini sağlanması doğrultusunda elektriğin üretim aşamasından elektrik piyasasına verilmesine değin bütün proseslerin ayrıntılı şekilde irdelenmesi ve parametrelerin tespit edilmesi önemli bir konudur. Elektrik firmasının elektrik sektörüne sunulan elektriğin fiyat ve miktar halinde iki değişkeni bulunmaktadır (Kaya, 2013; Sitti, 2010). Verilen fiyat, elektrik firmasının maliyeti ve kazancını kapsayan bölümdür, oranı ise vaat ettiği üretim miktarıdır. Elektrik piyasasına verilen elektrik ürün olarak aynı olmasına rağmen fiyatlar her üreticide değişkenlik göstermektedir. Firmalar arasında oluşan bu fark, üreticilerin yakıt, işletme vb. maliyetleri faktörlerini kapsayan Birim Üretim Maliyeti (OPEX-Operational Expenditure) ile santral yatırımının geri ödemesi şeklinde Hesaplanan Maliyet (CAPEX-Capital Expenditure) kalemlerinden meydana gelmektedir. Aynı kaynak modeline sahip üreticilerin santral verimlilikleri aynı kabul edilirse piyasaya verecekleri fiyatlar yakın oluşabilmektedir. Örnek olarak, doğal gazdan elektrik üretimi sağlayan iki işletme, uluslararası ve Türkiye piyasası doğal gaz fiyatlarına endeksli olan maliyetleri yönünde sektöre bu doğrultuda teklif sunacaklardır. Bu uygulamanın aynısı ithal kömürde de geçerli olacaktır. Bununla birlikte, elektrik talep eden tedarik firmalarının aynı şekilde piyasaya verdikleri fiyat ve miktar şeklinde iki değişkeni bulunur (Sitti, 2010).

Tüketici, kullanacağı elektriği, en fazla ödeyeceği oranı, elektrik fiyatını ihtiyacı doğrultusunda arzu ettiği fiyattan tedarik etmek istemektedir. Bütün elektrik firmaları da hizmete sunacağı elektrik enerjisine farklı fiyat belirleyeceğinden talep düzeyi fiyata göre değişecektir. Fakat tedarik firmaları elektrik arzının sağlanması zorunlu olduğu gereksinimler doğrultusunda fiyata bakılmaksızın elektrik enerjisini tedarik

etmek için faaliyet gösterecektir. Başka bir ifadeyle, fiyattan ayrı olarak alış-satış hareketleri hem üretici hem de tedarikçi çerçevesince fiyatın miktarına bakılmaksızın üreteceğim ve/veya temin edeceğim doğrultusunda bir teklif yoludur. Üretici kanalında özellikle rüzgâr ve kanal tipi merkezli santral sahiplerinin elektrik üretiminde bir anlamda doğa koşullarına bağıllığı, sektörleri bu stratejiyi tatbik etmeye iletmektedir. Elektrik enerjisinin temin edilmesi aşamasında işletme, portföyünde yer alan ve firmadan elektrik satın alan tüketicilere elektrik enerjisini tedarik etmeyi kesinlikle sağlamakla hükümlü olmakla beraber, elektrik tedariginden sorumlu işletme fiyata bakmadan elektriğin temininin sağlanması için bu teklif stratejisine gidebilmektedir. Elektrik sektörü referans fiyatı referans alınarak arz ve talebe göre değişiklik göstermektedir. Yapısında arz-talep olması ile birlikte direkt ve/veya dolaylı olarak çeşitli unsurlar fiyatı etkisi altına alabilmektedir (Singhal ve Swarup, 2011).

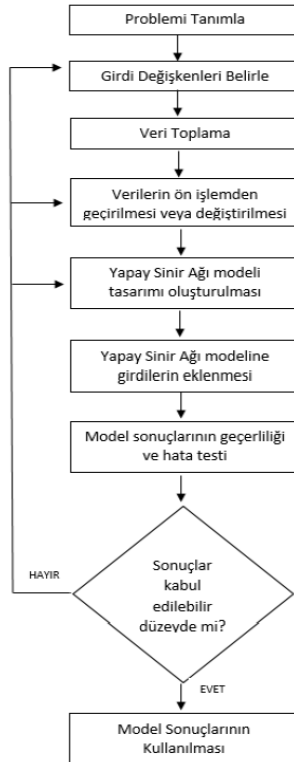
Görülebilecek bütün unsurlar elektriğin temel fiyatını doğrudan etkileyen ve fiyat uygulamasında girdi olarak kullanılan verileri oluşturmaktadır. Çeşitli şekillerde fiyatı etkileyen faktörler ise; meteorolojik veriler (sıcaklık, nem vb.), santrallerin yakıt maliyetleri, iletim kısıtları gibi faktörlerden oluşmaktadır (Garcia vd., 2005; Singhal ve Swarup, 2011). Elektrik piyasasında uygulanan bu tahmin uygulamalarında etkili olan rüzgâr, hidro üretim miktarları, elektrik tüketimi değişimi vb. doğrudan etkili olan parametreler ilave edilmediği için tahminler oldukça yüzeysel olmakla birlikte hata oranları da yüksek olmaktadır. Elektrik gün öncesi piyasasında çıkan her bir saatin fiyatının temelinde o saatteki arz-talep miktarı bulunması sebebi ile uygulanan fiyat tahmin modelinin temeli de arz-talep miktarından meydana gelmektedir (Yıldız, 2015: 62).

4.2.1 Yapay Sinir Ağları ve Fiyat Tahmin Modellerinde Yeri

Yapay sinir ağları (YSA), insan beyninin bilgi işleme tekniğinden esinlenerek geliştirilmiş bir bilgi işlem teknolojisidir. YSA'lar, ağırlıklandırılmış şekilde birbirlerine bağlanmış birçok işlem biriminden (nöronlar) oluşan matematiksel sistemlerdir. Bir işlem birimi, aslında sık sık transfer fonksiyonu olarak anılan bir denklemdir. Bu işlem birimi, diğer nöronlardan sinyalleri alır; bunları birleştirir, dönüştürür ve sayısal bir sonuç ortaya çıkartır. Genelde, işlem birimleri

kabaca gerçek n6ronlara karşılık gelirler ve bir ağ içinde birbirlerine bağlanırlar; bu yapı da sinir ağlarını oluşturmaktadır.

Yapay sinir ağları, bilindik y6ntemlerin aksine, değişkenler arasındaki ilişkilerin tanımlanması zor bile olsa bu ilişkileri girdiler arasından çıkarabilmekte ve eldeki verilerden modeli 6đrenebilmektedir. Yapay sinir ağı kullanılarak fiyat tahmin modeli oluşturma s6reci ise şu şeklide gerçekleşmektedir. İlk olarak tahmin yapılmadan 6nce mevcut verilerin tespit edilmesi gerekmektedir. Daha sonra veriler bir araya getirilmekte ve analiz (6zellikle zaman serili regresyon analizleri) işlemlerine tabi tutulmaktadır. Analizler sonucunda model veriler arasında anlamlı ilişkileri belirlemekte ve geleceğe y6nelik tahminler ortaya koyabilmektedir. Yapay sinir ağı y6nteminin geleceğe y6nelik tahmin modelinde kullanılmasının başlıca gerekçeleri; esnek bir model oluşturulabilmesi ve 6zellikle fiyat tahmin modeli çıkarılmasında fiyatı etkileyen b6t6n unsurların modele yansıtılmasına zemin hazırlayacak yapıya sahip olmasıdır (Karahana, 2011).



Kaynak: Taşdemir,2019;68.

şekil 4.1. Yapay sinir ağı modeli işlem s6reci

Elektrik fiyatının belirlenmesine yönelik olarak Gün Öncesi Piyasası (GÖP)'ndeki Referans Fiyatlar (PTF) üzerinde etkili olan çeşitli unsurlar yer almaktadır. Gün öncesi piyasasının hedeflerinin başında elektriğin depolanamaması nedeniyle gerçek zamanda elektrik arz ve talebinin dengede olduğu bir piyasa sunmak yer almaktadır. GÖP'nin arz aşamasında doğal gaz, ithal-yerli kömür, rüzgâr ve hidroelektrik kaynaklı üretim sağlayan piyasa aktörleri, talep aşamasında ise dağıtım bölgeleri, perakende firmaları ve ülke bünyesindeki toptan satış firmalarının tüketicilere sunabilmek amacıyla sektörden istediği elektrik enerjisi yer almaktadır. Fiyat zeminini meydana getiren arz-talep oranlarını doğrudan ya da dolaylı şekilde etkisi altına alan en önemli unsurlar; talep oranı değişimleri, yenilenebilir üretim bazında rüzgâr ve hidroelektrik üretim oranı değişimleri, termik, doğal gaz ve ithal kömür üretim oranlarındaki değişimler girdileri oluşturmaktadır. Spot piyasadaki talep oranı elektrik gün öncesi piyasası fiyatlarıyla direkt bağlantılıdır. Özellikle üretim tarafı mevcut talep yönünde üretimini sağlaması sebebi ile talep girdisi fazla bir nitelik taşımaktadır. Talep oranı verileri haftanın bütün günlerinin ayrı profillerde yer alması ile birlikte, her ayda mevsim değişikliği nedeni ile oranlarda değişiklik olmaktadır. Bu sonuçlar, modele tahmin edilecek günün 1 hafta, 2 hafta, 3 hafta ve 4 hafta önceki aynı günün talep oranının ortalaması alınarak yapılmaktadır. Özellikle 4 hafta alınmasının nedenlerinden biri ele alınan ayın, ay ve mevsim geçişlerindeki değişikliklerin düzenlenmesidir. Yenilenebilir enerjiden elektrik üretimi termik santrallere oranla maliyeti daha düşük olmaktadır. Bu sebeple üretilen ucuz elektrik, sektöre sunulduğu koşulda fiyatları aşağı yönlü etkilemektedir. Özellikle rüzgâr ve hidroelektrik çıkışlı üretimlerin, elektrik sektöründeki fiyatları düşürmede önemli rol oynadığı görülmektedir. Bu üretimler yoluyla faaliyet gösteren elektrik santralleri meteorolojik verilerle ilişkili olması sebebi ile düzenli üretimlerinden öte rüzgâr görüldüğünde ya da havzalarda su miktarı yeterli seviyeye ulaştığında üretim gerçekleşmektedir. Böyle olmadığı koşulda santraller faaliyet göstermemektedirler. Dolayısıyla bu kaynak tipine sahip santrallerin üretimleri, bir sonraki gün için tahmin edilecek fiyata ne kadar etki edebileceği üzerinde önemli bir yere sahip olmaktadır (Florentina, 2014).

Termik enerji üretimine sahip olan doğal gaz ve kömür kaynaklı üretim niteliği taşıyan elektrik santralleri yenilenebilir üretime göre maliyeti daha yüksek olmaktadır. Doğal

gaz ile üretim yapılacak elektrik santralının kurulum maliyeti (CAPEX) düşük, işletme maliyeti (OPEX) yüksek olmakta, kömür santrallerinde ise aksine kurulum maliyeti yüksek, işletme maliyeti düşük seyretmektedir. Termik santrallerin başlıca niteliği yenilenebilir üretimin aksine elektrik üretiminde herhangi bir hava koşuluna bağlı olmaksızın devamlı olarak üretim sağlayabilmesidir. Bu üretim 0-24 saatlerini içine alarak baz yük şeklinde isimlendirilir. Kömür santrallerinin faaliyet saatlerinin fazla olması ve dur-kalk maliyetlerinin oldukça yüksek olması sebebi ile aralıksız faaliyette olma niteliğinde olan santrallerdir. Doğal gaz santralleri kömür santrallerine göre daha esnek çalışma yapısına sahiptir. Üretim sırasında dur kalk hareketleri sağlayabilmektedir. Bu yapısı özellikle iletim sistemi işletmecisi olan TEİAŞ'ın bölgesel tüketime dayalı santralleri durdurup çalıştırmasına imkan vererek arz güvenliğine önemli derecede destek olmaktadır. Doğal gaz ve kömür santrallerinin sürekli üretiminin piyasa fiyatlarına doğrudan etkisi olmakla birlikte, bu santrallerin yüksek kurulu güçlere ihtiva etmesinden kaynaklı üretiminin azaltması ve/veya artırması fiyatı her iki yönde de etkileyebilmektedir (Woo_vd., 2016).

Elektrik gün öncesi referans fiyatı tahmininde kullanılan bütün girdiler herkesin ulaşabileceği TEİAŞ, EPİAŞ Şeffaflık Platformu ve ilgili kurumların web sitelerinde ve raporlarında yayımlanmaktadır. Tahmin modeli girdi verileri, referans alınan günün her saatinin arz-talep miktarlarına girilmesi ile fiyat çıktıları verilmiştir (Bkz. Şekil 4.2.). Analiz yapılmış olan günün niteliği modelde görülebilirken, bunun nedeni arz-talep verisinin ve dolayısıyla fiyatın özel günler, resmi tatillerde normal trende göre farklı bir trend izlemesidir. Modele alınan talep miktarı, yenilenebilir kaynaklı üretim miktarı ve termik kaynaklı üretim miktarı girdileri geçmişe dönük gün-gün, saat-saat alınmıştır. Elektrik piyasasında piyasa aktörleri ticaretleri ve mahsuplaşmayı saatlik olarak gerçekleştirmektedir. Bir piyasa aktörü sıradan bir güne yönelik elektrik gün öncesi referans fiyatının bir saati çerçevesinde, o saatin fiyatı üstünden ticaretini ve pozisyonunu hesaplamaktadır. Bu sebeple fiyat tahmin modelinin çıktı katmanında fiyatlar tahmin edilen günün 24 saati için geçerli olmaktadır (www.epias.com.tr, 15.05.2020).

Fiyat tahmin modeli girdileri;

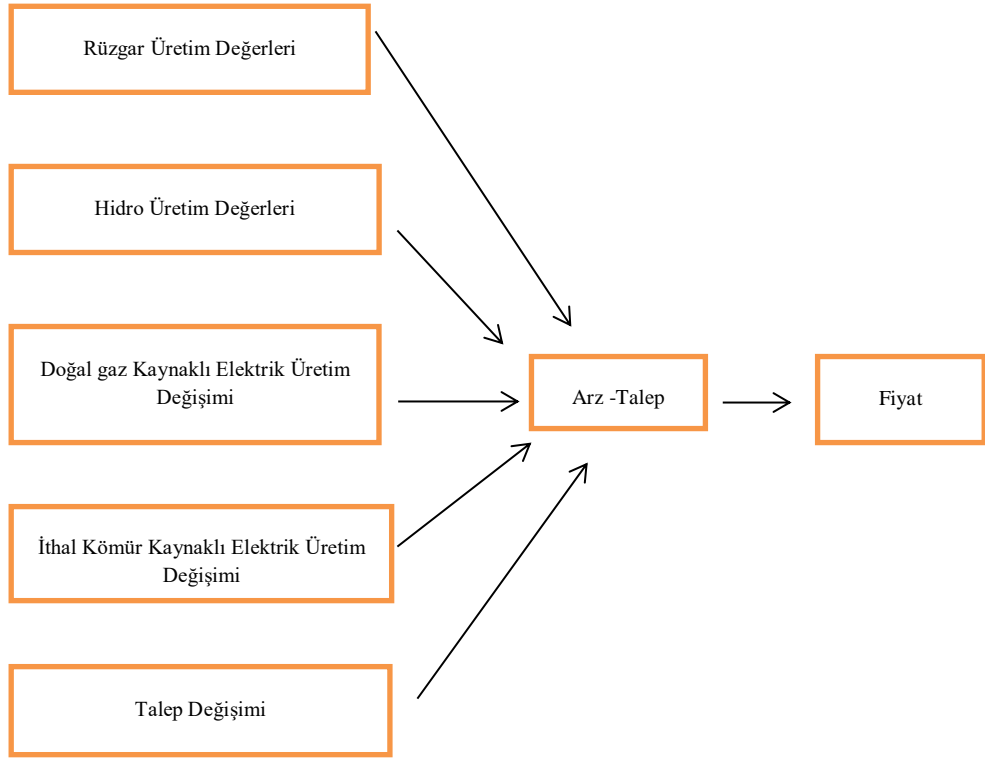
- 1) Bir hafta önceye göre rüzgâr üretim değerleri,

- 2) Bir hafta önceye göre hidro üretim değerleri,
- 3) Doğal gaz kaynaklı elektrik üretimi değişimi,
- 4) İthal kömür kaynaklı elektrik üretimi değişimi,
- 5) Talep değişimi,

6) Tahmin gününden bir hafta önce aynı güne ait arz-talep verisinden oluşmaktadır.

Girdiler

Çıktı



Kaynak: Taşdemir, 2011 9;72.

Şekil 4.2. Elektrik fiyatının tahmini için kullanılan yapay sinir ağı modeli

Elektrik gün öncesi piyasası referans fiyatının tahmin edilmesi amacıyla hazırlanan modelde ham veriler yenilendiği sürece devamlı olarak doğru tahminler çıkarmaktadır. Örnek uygulamada önerilen model 2017 yılının ham verileri alınmış ve ilgili ay için herhangi bir gün üzerinden tahmin oluşturulmuştur. Ele alınan günün tahmini için bir hafta önce aynı günün arz-talep verisi kullanılmaktadır. Tahmin edilecek teslim günü

için bir hafta önce aynı gün referans olarak belirlenmiştir. Arz-talep verisi üzerine veriler bu referans gün değişimleri miktarınca ilave edilir. Arz miktarının talep miktarına eşit olduğu seviyeye eşit görülen fiyat, tahmini yapılan teslim gününün ilgili saatinin fiyatı olarak hesaplanmaktadır.

Elektrik fiyat tahmin modellerinde genellikle tahmin işlemi kullanılmaktadır. En çok kullanılan tutarlılık ölçümü teknikleri ise mutlak hataları (Absolute Error - AE) temel almaktadır. Mutlak hata hesaplama formülü Denklem 4.1’de gösterilmiştir.

$$AE_h = |P_h - \hat{P}_h| \quad (4.1)$$

AE_h = mutlak hata

P_h = gerçekleşen fiyat

\hat{P}_h = tahmin edilen fiyat

AE değerlerini hesaplamamanın zorluğu nedeniyle, literatürde Mutlak Yüzdellik Hatalar (APE) daha çok kullanılmaktadır. En çok kullanılan hata ölçüsünden birisi, T adet mutlak yüzdellik hatanın ortalaması olarak hesaplanan, Ortalama Mutlak Yüzdellik Hata (MAPE)’dir. Elektrik fiyatlarında saatlik nokta tahminlerinde, günlük için T=24 veya haftalık için T=168 mutlak hata teriminin ortalaması alınarak hesaplama yapılmaktadır. MAPE modeli oldukça kullanışlı bir model olmasına karşın elektrik fiyatlarına uygulandığında, yük miktarının sıfırdan farklı olması sebebiyle hatalı tahmin sonuçları üretebilmektedir. Özellikle, elektrik fiyatlarının sıfıra yakın olduğu durumlarda, gerçek mutlak hatalara rağmen MAPE değerlerinin oldukça yüksek çıktığı belirtilmektedir (Avcı, 2020).

$$MAPE = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^n (P_h - \hat{P}_h) / P_h}{n} \quad (4.2)$$

Mutlak hata hesaplamasında kullanılan Ortalama Mutlak Hata (Mean Absolute Error – MAE) ise özellikle zaman serilerinin kullanıldığı yapay sinir ağı temelli uygulamalarda etkili sonuçlar vermektedir. Tahmin Edilen ve Gerçekleşen Fiyatlar Arasındaki Mutlak Hata ve Ortalama Karesel Hata (Mean Squared Error -MSE) Oranları: Bunlardan MAE tahmin modellerinde kullanılan standart bir hata ölçüm metodudur. Tahmin modeli ile elde edilen değerlerin gerçek zamanda meydana gelen

değerlerden mutlak değer içinde farkının alınarak toplam tahmin sayısına bölünmesiyle bulunmaktadır. MAE, iki sürekli değişken arasındaki farkın ölçüsü olup, 0'dan sonsuza kadar olan değerlerde çıkabilmektedir. Bu değer 0'a ne kadar yakın olursa kullanılan modelin o kadar iyi performansa sahip olduğu anlamına gelmektedir (Tayşi vd., 2015).

MAE'nin hesaplamasında kullanılan formül Denklem 342'de gösterilmiştir (Doğusoy, 2018).

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - \hat{x}_i| \quad (4.3)$$

n = gözlem/tahmin sayısını,

x_i = gerçekleşen değerler,

\hat{x}_i = tahmin edilen değerler

Diğer bir hata ölçüm metodu ise Hataların Ortalama Karekökü (Root Mean Square Error – RMSE)'dür. RMSE değeri hata ölçüm metodu ise tahmin modeli ile bulunan değerlerin gerçek zamanda oluşan günlük ve haftalık değerlerden farklarının karelerinin toplamının karekökü toplam tahmin sayısına bölünerek elde edilmektedir (Bkz. Denklem 4.3). RMS sonuçları da 0'dan sonsuza kadar çıkabilmektedir. RMSE değerinin de küçük olması tahmin doğruluk oranının o nispete yüksek olmasını ifade etmektedir. Bir tahminin sonucu olarak RMSE değerinin 0 çıkması, o tahmin işleminde hiç hata yapılmamış olduğu anlamına gelmektedir. (Taşdemir, 2019: 74).

$$RMSE_{T=24 \text{ veya } T=168} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{h=1}^T (P_h - \hat{P}_h)^2} \quad (4.4)$$

Türkiye elektrik piyasasında meydana gelen arızalar ve/veya talep tarafından ortaya çıkabilecek yüksek değişimlerin modele girilmesi çok kısa vade tahminleri için yapılabilmektedir. Buna benzer koşullar daha evvelden öngörülemeyeceği sebebi ile

anlık yapılarak fiyatı doğrudan etkilemekte, modelin hata sapma oranlarını yükseltmektedir. Aynı şekilde yenilenebilir üretimlerinin tahmini de bir anlamda iklim değişiklikleri ile ilişkili olması sebebinden modele girdi teşkil eden rüzgâr ve hidro kaynaklı üretim verisi değişimi tahmini de güçleştirmektedir. Yenilenebilir üretim verisi özellikle bahar aylarında hava şartlarının olumlu yaşanması ile değişebilmektedir. Yaz ve kış mevsiminde daha çok termik kaynaklı üretimler fiyat üzerinde etkili olmaktadır. (Taşdemir, 2019: 74).

Bu doğrultuda yapılan örnek bir uygulama sonuçları Tablo 4.1’de gösterilmiştir

4.2.2. Uygulama

2020 yılı Ocak-Nisan-Temmuz-Ekim ayları fiyat çalışması yapılmıştır. Aşağıda bu dönemlerin tahmin değerleri ve gerçekleşen değerleri verilmiş olup MAE-RMSE-MAPE yöntemleri kullanarak sonuçları karşılaştırılmıştır.

Tablo 4.1. 2020 yılı aylık tahmini fiyat hata oranları-uygulama örneği

	9.01.2020	1.04.2020	12.07.2020	12.10.2020
Saat	Tahmin Değerler	Tahmin Değerler	Tahmin Değerler	Tahmin Değerler
	Gerçek Değerler	Gerçek Değerler	Gerçek Değerler	Gerçek Değerler
	Hata	Hata	Hata	Hata
1	291,79 308,53 16,74	5,00 6 1	284,85 269,21 15,64	310 315,30 5,30
2	315,48 314,00 1,49	17,50 8 9,5	291,86 289,85 1,78	336,47 312,09 24,38
3	312,73 327,25 14,52	2,99 10 7,01	300,87 305,64 4,77	308,54 294,50 14,04
4	300,10 325,40 25,30	1,00 15 14	288,11 308,54 20,43	286,00 282,08 3,92
5	302,16 298,70 3,46	1,00 16 15	288 307,05 19,05	366,55 309,99 56,56
6	285,73 283,95 1,79	1,01 13 11,99	279,45 306,41 26,95	440,35 321,15 119,20

7	293,17 304,59 11,42	2,00 19,00 17,00	273,53 289,05 15,51	409,34 316,83 92,51
8	316,29 307,37 8,92	2,06 21,00 18,94	25621 283,23 27,02	362,10 320,67 41,43
9	305,63 309,64 4,01	183,94 264,00 80,06	290,03 302,05 12,02	352,72 317,54 35,18
10	289,00 323,24 34,24	100,00 251,00 151,00	286,10 311,50 25,40	306,11 310,33 4,22
11	287,14 322,26 35,12	183,94 301,00 117,06	285,40 314,28 28,87	290,54 281,16 9,38
12	275,53 291,76 16,23	183,94 279,0 95,06	289,77 316,91 27,14	345,04 308,62 36,42
13	268,69 282,48 13,79	165,00 308,00 143,00	307,07 309,82 2,76	295,28 315,34 20,06
14	282,80 306,85 24,05	183,94 278,00 94,06	287,54 291,72 4,17	309,81 316,07 6,26
15	288,76 310,05 21,29	200,00 322,00 122,00	280,42 275,86 4,57	371,81 319,41 52,39
16	288,19 311,87 23,69	190,00 278,00 88,00	316,17 293,65 22,52	320,03 317,87 2,16
17	303,62 325,50 21,88	183,94 278,00 94,06	338,56 307,10 31,46	290,03 303,92 13,88
18	294,35 324,77 30,42	190,00 314,00 124,00	315,07 317,24 2,17	283,65 273,09 10,56
19	288,20 300,28 12,08	183,94 278,00 94,06	288,23 319,85 31,58	283,72 301,11 17,39
20	284,06 280,47 3,59	321,24 312,00 9,24	289,36 315,65 26,29	285,60 311,94 26,34

21	297,45 310,89 13,44	323,62 306,00 17,62	293,95 293,23 0,26	288,84 304,32 15,48
22	308,10 313,00 4,90	211,25 304,00 92,75	265,14 272,10 6,56	294,93 313,07 18,14
23	322,86 309,92 12,94	183,94 257,00 73,06	316,03 294,77 21,26	311,60 307,51 4,09
24	305,93 322,55 16,62	183,93 299,00 115,07	312,45 305,77 6,68	312,19 287,24 24,95
<hr/>				
	<i>MAE 15,50</i>	<i>MAE 17,28</i>	<i>MAE 16,04</i>	<i>MAE 15,50</i>
	<i>RMSE 3,74</i>	<i>RMSE 16,97</i>	<i>RMSE 3,93</i>	<i>RMSE 3,74</i>
	<i>MAPE 4,95</i>	<i>MAPE 49,63</i>	<i>MAPE 5,29</i>	<i>MAPE 4,95</i>
<hr/>				

Tablo 4.1’de dört farklı ayın tahminlemesi yapılmış ve hata analizleri yapılmıştır. Hata analizlerinden MAE, RMSE, MAPE kullanılmıştır. RMSE, tahmin değerleri ile gerçek değerleri arasındaki uzaklığın bulunmasında sıklıkla kullanılan, hatanın büyüklüğünü ölçen kuadratik bir metriktir. RMSE tahmin hatalarının (kalıntıların) standart sapmasıdır. Yani, kalıntılar, regresyon hattının veri noktalarından ne kadar uzakta olduğunun bir ölçüsüdür; RMSE ise bu kalıntıların ne kadar yayıldığıнын bir ölçüsüdür. Başka bir deyişle, verilere en iyi uyan çizgi etrafında o verilerin ne kadar yoğun olduğunu söyler. Bundan dolayı bu modelde RMSE’yi baz almak en doğru sonucu verecektir.

Ayrıca tabloda görüldüğü gibi kaynak bazlı üretimlerin değişmesi ve bu değerlerin tahminin zor olmasında kaynaklı tahmin hataları bahar aylarında ki günlerde yüksek olabilmektedir. Ocak ve Temmuz aylarındaki sapma üzerinde, sıcak ve soğuk şeklindeki mevsimsel değişimlerden kaynaklanan talep farklılıkları etkili olmaktadır. Aynı zamanda nisan ayında pandemi etkisinden kaynaklı değerlerde sapma meydana geldiği gözlemlenmiştir.

5. SONUÇ

Elektrik piyasasında son yıllarda görülen gelişmelere bakıldığında gelişmekte olan ülkeler, yalnız elektrik sektöründe olmayıp kamu kanalıyla yürütülen diğer piyasalarda da gerçekleştirilen yatırımlarda sorunlarla karşılaşmış, bu sebeple özel sektörü bu alanlara teşvik etmeye yöneltmişlerdir. Elektrik piyasasında meydana gelen bu değişiklikler doğrultusunda, önceki yıllarda elektrik üretiminin tekel tarafından yürütülmesinin birden fazla işletme kanalıyla yürütülmesine oranla maliyetinin daha düşük seyri söz konusu iken bu şartlar tamamen değişmiş ve elektrik piyasasında karar yetkisi hükümetlerden veya kamu tekellerinden serbest piyasaya yer değiştirmiştir. Bununla birlikte, üretim, dağıtım ve satış uygulamalarında ise rekabet kendisini göstermiştir. Ayrıca piyasada yaşanan gelişmelerin denetlenebilmesi ve rekabetin doğru şekilde işleyebilmesi için düzenleme kurulları oluşturulmuştur. Elektrik piyasasında rekabetçi ortamı kabul eden ülkeler bu gelişmeleri kademe kademe uygulamaya geçirmişlerdir.

Bütün dünyada elektrik piyasalarının özelleştirilmesi, diğer ticari ürünlerde olduğu gibi depolanamaması sebebi ile elektrik enerjisinin bütünüyle piyasa şartları kapsamında alınıp satılmasına zemin hazırlamıştır. Bu doğrultuda elektrik piyasasında yaşanan gelişmenin bir neticesi olarak elektrik piyasalarında, elektrik enerjisinin saatlik, yarım saatlik veya birkaç dakikalık bazda farklı fiyatlar üzerinden ticaretinin sağlanabildiği bir aşamaya varılmıştır. Bu gelişme doğrultusunda meydana gelen piyasa mekanizmalarıyla elektriğin; gün öncesi, gün içi ve gerçek zamanlı dengeleme piyasalarında tamamen arz-talep dengesine bağlı fiyatlardan ticarete konu edilmesi mümkün olmuştur.

Elektrik piyasasında meydana gelen bu gelişmeler sonucunda piyasadaki aktörlerin pozisyon optimizasyonu ihtiyacını çıkarmış ve bir yandan çeşitli piyasalardaki işlemlere aktif katılımı, bir yandan da risk yönetimi imkanı sağlamak üzere sunulan türev araçları etkin şekilde kullanmayı yönlendirmiştir. Gün öncesi piyasası, sayılan piyasa mekanizmaları arasında ekonomik açıdan önde yer almaktadır. Nitekim, gerçek zamanlı dengeleme piyasası, gerçek zamanda arzda ve talepte karşılaşılan umulmadık farklılıklar ile sistem kısıtlarından kaynaklanan problemleri yönetmek gayesiyle

yürütülmektedir. Gün içi piyasası ise, gün öncesi piyasasında gerçekleştirilen işlemler sonucunda meydana gelen üretim-tüketim dengesi ve yük dağıtımını ile gerçek zamana doğru geldikçe ortaya çıkan üretim-tüketim dengesi ve yük dağıtımını arasındaki boşluğu doldurarak piyasa aktörlerine bir pozisyon yönetimi aracı vermektedir. Farklı risk yönetimi araçları sunan türev piyasalar, diğer piyasalarda gelecekte gerçekleşecek işlemler neticesinde ortaya çıkması beklenen ve oyuncularını adlıkları pozisyonlar nedeniyle risk altına sokacak durumların oluşturabileceği belirsizliği yönetmeyi sağlamaktadır. Gün öncesi piyasası, aktörlerin sonraki güne yönelik bütün tahmin edilebilecek verileri değerlendirerek hareket ettikleri, bu doğrultuda ortaya çıkan dengeleme sonuçlarının diğer piyasalardaki dengeleme işlemlerine temel oluşturduğu ve aktörler ile karar alıcılar için referans niteliğinde bir tahmin yapan bir piyasa olarak öne çıkmaktadır.

Elektrik piyasasındaki fiyatlarının tahmininde, elektrik fiyat çıktıları, ele alınan piyasasının yapısına (özellikle piyasa reform sürecine bağlı olarak piyasadaki rekabet düzeyine) yönelik niteliklere sahip olmaktadır. Bununla birlikte elektriğin diğer ticari ürünlerden ayrılan nitelikler taşıması (depolanamama, üretildiği anda tüketilmesi gerekliliği yani arz ile talebinin sürekli dengede tutulması gerekliliği, ekonomik yaşamın her alanında zorunlu bir ihtiyaç olması) da elektrik fiyatlarını etkisi altına almaktadır. Günümüzde elektrik piyasalarındaki reform süreci ve elektrik enerjisinin kendine has özellikleri ile birleştirildiğinde, mevcut piyasa yapıları içerisinde elektrik fiyatlarının belirlenmesinde gerçekleştirilen uygulamalar elektrik enerjisi üreten ve tüketen kesimleri yakından ilgilendirmektedir. Özellikle reform süreci sonrası toptan ve perakende elektrik piyasalarında yaşanan serbestleşme, enerji borsaları ve enerji vadeli işlem borsalarının ortaya çıkışı elektrik enerjisi fiyatlarının tahmini konusunu gündeme getirmiştir. Literatürde elektrik fiyatlarının tahminine yönelik çeşitli yöntemler kullanılmakta ve bu yöntemler performansları bakımından karşılaştırılmaktadır. Elektrik fiyatlarının tahminine (öngörüsüne) yönelik çalışmaların temel amacı elektrik fiyatlarının izleyeceği seyir hakkında bilgi edinmek, Tahmin performansı yüksek olan yöntemleri tespit etmek ve bu yöntemlerle ilgili karşılaştırmalar sunarak piyasa katılımcılarına ve elektrik piyasalarını takip eden aktörlere elektrik fiyatlarının yapısı konusunda bilgi sunmaktır.

Elektrik fiyatının belirlenmesine yönelik; Gün Öncesi Piyasası (GÖP) ve Gün İçin Piyasası (GİP)'nda belirlenen Referans Fiyatlar (PTF) üzerinde etkili bazı faktörler bulunduğu bilinmektedir. Gün öncesi piyasa hedeflerinin başında elektriğin depolanamaması nedeniyle gerçek zamanda elektrik arz ve talebinin dengede olduğu bir piyasa sunulması gelmektedir. Gün içi piyasası ise, gün öncesi piyasası ve dengeleme gücü piyasası arasında bulunan ve teslimatın 1 saat öncesine kadar ek kazanç sunarak, gün içinde ortaya çıkabilecek dalgalanmaların en aza düşürülmesini ve bir bakıma piyasa dengesinin sağlanmasına imkan tanıyan bir yaklaşım sunmaktadır.

GÖP'nin arz aşamasında doğal gaz, ithal-yerli kömür, rüzgâr ve hidroelektrik kaynaklı üretim sağlayan piyasa aktörleri, talep aşamasında ise dağıtım bölgeleri, perakende firmaları ve ülke bünyesindeki toptan satış firmalarının tüketicilere sunabilmek amacıyla sektörden istediği elektrik enerjisi yer almaktadır. Fiyat zeminini meydana getiren arz-talep oranlarını doğrudan ya da dolaylı şekilde etkisi altına alan en önemli unsurlar; talep oranı değişimleri, yenilenebilir üretim bazında rüzgâr ve hidroelektrik üretim oranı değişimleri, termik, doğal gaz ve ithal kömür üretim oranlarındaki değişimler girdileri oluşturmaktadır. Spot piyasadaki talep oranı elektrik gün öncesi piyasası fiyatlarıyla direkt bağlantılıdır. Özellikle üretim tarafı mevcut talep yönünde üretimini sağlaması sebebi ile talep girdisi fazla bir nitelik taşımaktadır. Yenilenebilir enerjiden elektrik üretimi termik santrallere oranla maliyeti daha düşük olmaktadır. Bu sebeple üretilen ucuz elektrik, sektöre sunulduğu koşulda fiyatları aşağı yönlü etkilemektedir. Özellikle rüzgâr ve hidroelektrik çıkışlı üretimlerin, elektrik sektöründeki fiyatları düşürmede önemli rol oynadığı görülmektedir. Bu üretimler yoluyla faaliyet gösteren elektrik santralleri meteorolojik verilerle ilişkili olması sebebi ile düzenli üretimlerinden öte rüzgâr görüldüğünde ya da havzalarda su miktarı yeterli seviyeye ulaştığında üretim gerçekleşmektedir. Böyle olmadığı koşulda santraller faaliyet göstermemektedirler. Dolayısıyla bu kaynak tipine sahip santrallerin üretimleri, bir sonraki gün için tahmin edilecek fiyata ne kadar etki edebileceği üzerinde önemli bir yere sahiptir.

Bu kapsamda yapılan çalışmada incelenen elektrik fiyat tahmin modellerinin özellikleri incelendiğinde;

- Yapay sinir ağı (YSA)'nın kullanıldığı fiyat tahmin yöntemlerinin doğrusal olmayan ve karmaşık veri setleri üzerinde çalışmayı kolaylaştırdıkları,
- YSA'nın büyük veri yapıları (big data) şeklindeki elektrik piyasası fiyatlarını hızlı biçimde analiz edebilme imkanı tanıdıkları,
- YSA'nın elektrik fiyatlarının incelenmesinde ve geleceğe yönelik tahmininde istatistiksel modellerden daha iyi sonuçlar verdikleri belirlenmiştir.

Ancak, YSA modellerinin avantajlarının yanında bazı önemli dezavantajlarının da olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu dezavantajlar ise aşağıda şekilde özetlenebilir;

- Doğrusal olmayan ve yüksek değişkenlikler içeren verilerin modellenmesinde tahmin sonuçları etkili olmayabilmektedir.
- Sayısal yöntemlerin çok çeşitli olması, en uygun çözümü bulmak için karar vermeyi zorlaştırmaktadır,
- Bu nedenle farklı sayısal yöntemlerin birbiri ile karşılaştırılması gerekmektedir,
- Tahmin tutarlılığı aynı piyasa ve aynı tahmin dönemini içerse de farklı yöntemlerin hatalarının karşılaştırılması, kalibrasyon dönemi aynı olmadıkça mümkün olmamaktadır. Bu nedenle, yöntemin verimliliği konusunda kesin bir kaniya varmak mümkün olmayabilmektedir.

Yapılan çalışmada sonuç olarak, elektrik piyasasında elektrik fiyatının geleceğe yönelik tahmin edilmesinde, yapay sinir ağı temelli modellerin etkinlikle kullanılabilmesi tespit edilmiştir. Ancak, geleceğe yönelik fiyat tahmini yapmak üzere tasarlanan YSA temelli modelin eğitilmesinde zaman serilerini içeren verilerin büyük önemi olmaktadır. Dolayısıyla hangi nitelikteki ve hangi dönemi içeren veri setinin kullanılacağına belirlenmesi modelin etkinliği üzerinde önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle, oluşturulan modelde değişkenlerin ve parametrelerin çok iyi belirlenmesine ihtiyaç olduğu değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

Alat, A., & Yücel, A. (1994). Türkiye'nin Genel Enerji Programı İçinde Nükleer Enerji Politikası Ne Olmalıdır? *Türkiye 6. Enerji Kongresi, Teknik Oturum Tebliğleri-4*, İzmir, Ajans-Türk Matbaacılık, 17-22 Ekim, 126.

Aslan, İ.Y., Altınay, G., Ilıcak, A., Önal, E., Katırcıoğlu, E., Ardiyok, Ş., Gültekin, B. & Akçaoğlu, C. (2007). *Enerji Hukuku Cilt-1 Elektrik Piyasasında Rekabet ve Regülasyon*, Ekin Basın Yayın Dağıtım, Ankara, 378.

Atmaca, M. E. (2010). *Elektrik Piyasasında Portföy Optimizasyonu*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 64, 66.

Avcı, E. (2020). R İle Enerji Modellemesi, Yapay Zeka Yöntemleri, Erişim adresi:<https://www.dunyaenerji.org.tr/wp-content/uploads/2018/04/EAvci3NisanSunum.pdf>, Erişim tarihi: 25.05.2020.

Bicil, İ.M. (2015). Elektrik Piyasasında Fiyatlandırma Ve Türkiye Elektrik Piyasasında Fiyat Tahmini. Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Balıkesir.

Bringham, E.F., & Houston, J. F.(1997). *Fundamentals of Financial Management, France*. Dryden Press, Eight edition, 738-749.

Camadan, E. (2010). *Türkiye'de Elektrik Toptan Ticaret Piyasası ve Fiyat Oluşumu*. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Demirezen, S. (2020). Türkiye'de Gün Öncesi Piyasası İçin Elektrik Fiyatlarının Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

Doğusoy, S. (2018). Türkiye Elektrik Piyasasını Modellemede Arz Talep Bazında Modeller İle Zaman Serileri Modellerinin Karşılaştırılması, Doktora Tezi, Haliç Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

DPT, Devlet Planlama Teşkilatı. (1977). Elektrik Enerjisi, Dördüncü Beş Yıllık Kalkınma Planı, Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Yayın No: DPT.1571-ÖİK.258, 2-35.

DSİ, Devlet Su İşleri. (2016). DSİ Genel Müdürlüğü 2016 Yılı Faaliyet Raporu, Ankara.

DSİ, Devlet Su İşleri. (2018). 2017 Yılı Faaliyet Raporu, Erişim adresi:<http://www.dsi.gov.tr/docs/stratejik-plan/dsi-2017-faaliyet-raporu.pdf?sfvrsn=2>, Erişim tarihi: 01.03.2019.

Ege, A. (2004). Avrupa Birliği'nde Nükleer Enerji ve Türkiye, Avrupa Köprüleri Programı. *Avrupa Birliği'nin Enerji Politikası ve Türkiye*, Ulusal Politika Araştırmaları Vakfı, Duman Ofset Matbaacılık, 132.

EİEİ, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü. (1980). *Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü Çalışmaları*, Ankara, 31.

EİGM, Enerji İşleri Genel Müdürlüğü. (2015). Enerji İşleri Genel Müdürlüğü Bülteni, Ed. Safiye Yalçın Ve Volkan Yaramış, Erişim adresi:https://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT/1/Documents/E%C4%B0GM%20Periyodik%20Rapor/Mart-Nisan%20B%C3%BCIteni_son.pdf, Erişim Tarihi: 05.03.2020.

EİGM, Enerji İşleri Genel Müdürlüğü. (2020). Erişim adresi:<https://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/YID-Projeler>, Erişim tarihi: 30.03.2020.

Elektrik Piyasası Dengeleme Uzlaştırma Yönetmeliği, 14.04.2009 tarih ve 27200 sayılı Resmi Gazete.

Eler, L. (2003). Dünyada Nükleer Enerjinin Yeri ve Tahminleri, Avrupa Bilgi Köprüleri Programı. *Avrupa Birliği'nin Enerji Politikası ve Türkiye'ye Yansımaları, Avrupa Birliği'nde Alternatif Enerji Kaynakları, Avrupa Birliği'nde Doğal gaz, Petrol, Kömür ve Nükleer Enerji*, Ankara, 175-177.

EPDK, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu. (2003). Elektrik Piyasası Uygulama El Kitabı, 22.

EPDK, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu. (2009). Elektrik Piyasası Yönetmelikleri, Elektrik Piyasası Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliği, Erişim adresi:<http://www.epdk.org.tr/>, Erişim tarihi: 15.05.2020.

EPDK, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu. (2018). Enerji Yatırımcısı El Kitabı. Erişim adresi:<https://www.epdk.org.tr/>, Erişim tarihi: 12.01.2020.

EPDK, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu. (2018b). Elektrik Piyasası 2018 Yılı Piyasa Gelişim Raporu, Ankara.

EPDK, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu. (2019). EPDK 2019 Yılı Faaliyet Raporu, Ankara.

EPDK, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 27.12.2008 tarih ve 27093 sayılı Elektrik Piyasası Yan Hizmetle Yönetmeliği.

Erdoğan, A. (1974). Türkiye'nin Kalkınma ve Elektrik Sorunu, Enerji Kongresi Tebliğleri, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, Sevinç Matbaası, Ankara, 261.

Erol, E. (2007). Türkiye’de Elektrik Enerjisinin Tarihi Gelişimi: 1902–2000, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 25, 113-121.

Escrignano A., Pena J.I., & Villaplana P. (2011). Modelling Electricity Prices: International Evidence, Oxford Bulletin of Economics and Statistics, Vol.73 Iss.5, 622-650.

ETKB, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2004). *Enerjide Yeni Dönem, Yeni Bir Yaklaşım*, Erişim adresi: <http://etkb.gov.tr>, Erişim tarihi: 15.05.2020.

EÜAŞ, Elektrik üretim AŞ. (2018). EÜAŞ 2018 Faaliyet Raporu, Ankara.

Florentina, P.D., & Ralf, P. (2014). The impact of renewable energies on EEX day-ahead electricity prices. *Elsevier Energy Policy*. 73, 196-210.

Garcia, R.C., Contreras, J., van Akkeren, M., & Garcia, J.B.C. (2005). A GARCH Forecasting Model to Predict Day-ahead Electricity Prices. *IEEE Transactions on Power Systems*, 20(2), 867-874.

Enerji Piyasaları İşletme A.Ş. Erişim adresi: <https://www.epias.com.tr/uzlastirma/net-toplam-bakiyenin-piyasa-katilimcilarina-dagitilmasi/>, Erişim tarihi: 18.02.2020.

Enerji Piyasaları İşletme A.Ş. Erişim adresi: <https://www.epias.com.tr/tum-duyurular/piyasa-duyurulari/elektrik/kayit-ve-uzlastirma/iletim-kayıplarının-teias- tarafından-satin-alınması-ve-iletim-sistemi-kayıp-katsayısı-hakkında/>, Erişim tarihi: 18.03.2020.

PricewaterhouseCoopers. Erişim adresi: <https://www.pwc.com.tr/tr/sektorler/enerji-altyapi-madencilik/enerji-spotlights/elektrik-piyasasi-dengeleme-uzlastirma-yonetmeligi.html>, Erişim tarihi: 18.03.2020.

Enerji Piyasaları İşletme A.Ş. Erişim adresi: <http://www.epdk.org.tr/>, Erişim tarihi: 15.03.2020.

T.C Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Erişim adresi: <http://www.enerji.gov.tr/>, Erişim tarihi: 05.03.2020.

Türkiye Elektrik İletim A.Ş. Erişim adresi: <http://www.teias.gov.tr>, Erişim tarihi: 05.03.2020.

Enerji Piyasaları İşletme A.Ş. Erişim adresi: <https://seffaflik.epias.com.tr/>, Erişim tarihi: 15.03.2020.

Güneş Sistemler. Erişim adresi: <http://www.gunessistemleri.com/potansiyel.php>, Erişim tarihi: 30.03.2020.

- Devlet Su İşleri. Erişim adresi:<http://www.dsi.gov.tr>, Erişim tarihi: 20.03.2020.
- Enerji Piyasaları İşletme A.Ş. Erişim adresi:<https://www.epias.com.tr/spot-elektrik-piyasasi>, Erişim tarihi: 30.06.2019.
- Enerji Piyasaları İşletme A.Ş. Erişim adresi:<https://www.epias.com.tr/spot-elektrik-piyasasi/elektrik-piyasasi-bultenler>, Erişim tarihi:30.03.2020.
- Karahan, M. (2011). İstatistiksel Tahmin Yöntemleri: Yapay Sinir Ağları Metodu ile Ürün Talep Tahmini Uygulaması. Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Kavak, H. (2008). Türkiye Elektrik Piyasasının Yeniden Yapılandırılması Süreci. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kaya, F. (2013). Türkiye Spot Elektrik Piyasası. EPDK Uzmanlık Tezi, Ankara.
- Kölmek, F.(2016). Türkiye Elektrik Piyasasında Fiyat Oluşumunun Analizi Ve Fiyat Tahmin Modelleri. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Kölmek, M.,& Navruz, İ. (2015). Forecasting the day-ahead price in electricity balancing and settlement market of Turkey by using artificial neural networks.Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences, 23, 841-852.
- Kulalı, İ.(1997). Elektrik Sektöründe Özelleştirme ve Türkiye Uygulaması. Uzmanlık Tezi, DPT Müsteşarlığı, Yıllık Programlar ve Konjonktür Değerlendirme Genel Müdürlüğü, 10-12.
- Küçükkaya, E. (2018). Enerji Piyasası Aktörleri Kimlerdir? <https://www.enerjiportali.com/>, Erişim tarihi: 22.06.2019.
- MTA, Jeotermal Enerji ve Hidrojeoloji Koordinatörlüğü, <http://www.mta.gov.tr>, Erişim tarihi: 20.03.2020.
- Özgüner, E. (2012). Short Term Electricity Price Forecasting in Turkish Electricity Market, Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Parasız, İ. (1994). Mikro Ekonomi, Modern Mikroekonomik Analize Giriş, 5. bs., Bursa, Ezgi Kitabevi Yayınları, 90-94.
- PMUM, Piyasa Mali Uzlaştırma Merkezi. (2013). Gün Öncesi Piyasası Kullanıcı Kılavuzu,Erişimadresi:https://www.pmum.gov.tr/pmumportal/belgeler/gop/GOP_KULLANICI_KILAVUZU_v1.1.pdf, Erişim tarihi: 15.03.2020.

Resmi Gazete, 14 Nisan 1930, 2 Temmuz 1932, 22 Haziran 1935, 16 Mart 1954, 31 Temmuz 1957, 11 Eylül 1982, 27 Kasım 1984, 19 Aralık 1984, 1 Mart 1985, 15 Eylül 1993, 19 Temmuz 1997, 2 Mart 2001, Sayı: 3031.

Resmi Gazete, 03 Kasım 2004, Sayı: 25632, Elektrik Piyasası Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliği.

Resmi Gazete, 28 Mart 2020, Sayı: 31082, TENMAK Kuruluş Kararnamesi.

Resmi Gazete 30 Mart 2013, Sayı: 28603, 6446 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu.

Sevaioğlu, O.(2004). *EE 710 Elektrik Piyasası Ders notları*, Bahar Söemestr, 54.

Singhal, D., & Swarup, K. (2011). Electricity Price Forecasting Using Artificial Neural Networks. Elsevier. *International Journal of Electrical Power & Energy System*, 33(3), 550-555.

Sitti, K. (2010). *Türkiye Organize Toptan Elektrik Piyasalarında Fiyat Oluşumu ve Pazar Gücü Uygulamalarının Tespit edilmesi*. EPDK Uzmanlık Tezi, Ankara

Şenocak, F. (2018). *Elektrik Piyasa Takas Fiyatı Ağırlıklı Ortalamasının Anfis Ve Yapay Sinir Ağları İle Tahmini*, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 4-5.

Şenocak, F., & Kahveci, H. (2021). Gün Öncesi Piyasasında PTF Dönemsel Ağırlıklı Fiyat Ortalama Tahmini Periodic Price Averages Forecasting of MCP in Day-Ahead Market, Erişim adresi: https://www.emo.org.tr/ekler/f7b2fa56e559dc6_ek.pdf, Erişim tarihi: 04.07.2021.

Talaslı, İ. (2012). Stochastic Modeling off Electricity Markets. Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.

Taşdemir, T. (2019). Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 59-70.

Tayşi, Z.C., Biricik, G., & Bozkurt, Ö. (2015). Türkiye Elektrik Piyasası için Fiyat Tahmin Sistemlerinin Değerlendirilmesi. 23rd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 620-623.

TEDAŞ, Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. (2020). Erişim adresi: https://www.tedas.gov.tr/#!tedas_anasayfa, Erişim tarihi: 25.05.2020.

TEİAŞ, Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (2020). Elektrik Enerjisi, Üretim, Tüketim, Kayıplar, <http://www.teias.gov.tr>, Erişim tarihi: 10.03.2020.

Tepecik, F.(2001). Enerji Sektöründe Özelleştirme ve Ekonomik Büyümeye Etkisi. *II. Çevre ve Enerji Kongresi Bildiriler Kitabı*, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, MMO Yayın No; E/2001/289, İstanbul: Yapım Tanıtım Yayıncılık, 30-31.

Tokyay, M.B., & Özdemir, I. S. (2013) *Türkiye Elektrik Piyasası, Türkiye Elektrik Piyasasında Elektrik Ticareti*,

Accenture Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Birimi, Erişim adresi: http://www.accenture.com/SiteCollectionDocuments/Local_Turkey/PDF/Accenture-Turkiye-Enerji-Piyasası-Rapor.pdf, Erişim tarihi: 25.10.2014.

TPAO, Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı. (2020).Erişim adresi: <http://www.tpao.gov.tr/>, Erişim tarihi: 20.03.2020.

Üzmen, R.(1994). Türkiye’de Nükleer Enerji Programı Yönetimi İçin Ulusal Organizasyon, *Türkiye 6. Enerji Kongresi, Teknik Oturum Tebliğleri*, İzmir, Ajans-Türk Matbaacılık, 138.

Varol, G. (2019). *Enerji Dağıtım Tahmini: 2020-2029 Dönemi Akdeniz Bölgesi Örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta, 22.

Woo, C., Moore, J., Schneiderman, B.T., Ho. Olson, A., Alagappan, L., Chawla, K., Toyama, N., & Zarnikau, J. (2016). Merit-order effects of renewable energy and price divergence in California’s day-ahead and real-time electricity markets. *Elsevier Energy Policy*. 92, 299-312.

Yıldırım, M. H., Özmen, A., Bayrak, Ö. T., & Weber, G. W. (2012). Electricity price modelling for Turkey. *Operations Research Proceedings*, 39-44.

Yıldız, S. (2015). *Türkiye Elektrik Piyasası Kısa Dönemli Referans Fiyat Tahmini*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 24.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Yavuz ÖZGÜR

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi :2015, Anadolu Üniversitesi, Açık Öğretim Fakültesi,
İşletme

Yüksek Lisans Öğrenimi :2021,KTO Karatay Üniversitesi, Sosyal Bilimler
Enstitüsü, Enerji Yönetimi

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar : 2009-Halen, Müşteri Hizmetleri ve Operasyonları
Uzmanı, Meram Elektrik Perakende Satış A.Ş.

Tarih: 16 Ağustos 2021