

T.C.
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI

TÜRKİYE DOĞAL GAZ TÜKETİM TAHMİNİ

Yüksek Lisans Tezi

Görkem Yusuf TOPÇU

Ankara - 2013

T.C.
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI

TÜRKİYE DOĞAL GAZ TÜKETİM TAHMİNİ

Yüksek Lisans Tezi

Görkem Yusuf TOPÇU

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Yalçın KARATEPE

Ankara - 2013

ÖZET

Doğal gaz, diğer gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde olduğu gibi ülkemiz ekonomisinin en önemli girdilerinden olup aynı zamanda hane halkının ısınma ihtiyacını karşılayan temel enerji kaynağıdır. Ülkemizde enerji arz kaynaklarının çeşitlendirilmesi amacıyla ithal edilmeye başlanan doğal gazın yıllık tüketimi 50 milyar metreküp seviyelerine yaklaşmış ve Türkiye birincil enerji kaynakları pastasındaki en büyük paya sahip hale gelmiştir. Doğal gazın, sanayi sektörünün en önemli enerji girdisi olması, ulusal elektrik üretiminin yaklaşık yarısının kaynağını teşkil etmesi, ısınma ihtiyacını karşılayan temel yakıt olması gibi gerçekleri arkasına alarak son yıllarda hızla artan önemini perçinlemesi ve dünya genelindeki artışa da paralel olarak ülkemizdeki doğal gaz tüketiminin daha da ileri seviyelere gideceği beklenmektedir.

Bu noktada, gerek makroekonomik düzeyde yapılacak planlamalara esas teşkil etmesi gerekse arz güvenliğinin sağlanması hususlarında ülkemizin gelecek yıllardaki doğal gaz tüketiminin doğru şekilde tahmin edilebilmesi büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, enerji kaynağı olarak doğal gazın, dünya ve Türkiye piyasalarındaki yeri, birincil enerji kaynakları içindeki payı, rezerv, üretim ve tüketim değerleri incelenmiş, literatürdeki talep tahmin yöntemleri araştırılmış ve Durağan Olmayan Doğrusal Stokastik Model (ARIMA Modeli) kullanılarak Türkiye' nin gelecek yıllardaki doğal gaz tüketimi tahmin edilmeye çalışılmıştır.

ABSTRACT

Natural gas is one of the most important inputs of Turkish economy, just as the other developed and developing economies in the world. After the initial imports on the purpose of supply source diversification with insignificant amounts, the annual consumption of natural gas converges almost 50 billion cubic meters and becomes the leading primary energy resource of Turkey. With the backing facts of being the most important input of the industry sector, the resource of almost half of the national electricity generation and the main fuel meeting the household heating, it is expected that natural gas is going to strengthen its importance and its consumption will continue to increase in our country, like in the world.

At this point, the successful forecasting of natural gas consumption is a big deal on the purpose of both constituting the basis of the macroeconomical projections and providing the supply security.

In this study, the place of natural gas in the national and global markets, the share of it in the primary energy resources, reserves, production and consumption data are examined, the forecasting methods in the literature are looked into and then, the natural gas consumption of Turkey is forecasted with using Autoregressive Integrating Moving Average (ARIMA) method.

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1 : Doğal gaz bileşenleri	3
Tablo 2: Dünya doğal gaz rezervleri.	8
Tablo 3: Dünya doğal gaz üretimi.	11
Tablo 4: Dünya doğal gaz tüketiminin bölgesel tahmini (bcm).	16
Tablo 5: Dünya doğal gaz tüketimi.	17
Tablo 6: 2006-2011 yılları doğal gaz üretim miktarları	30
Tablo 7: Türkiye doğal gaz alım anlaşmaları.....	31
Tablo 8: 2005-2011 yılları doğal gaz ithalat miktarları.....	31
Tablo 9 : Sözleşme devir miktarları.	36
Tablo 10: İhracat lisansı sahibi tüzel kişiler ve ihracat yapılabilecek ülkeler. ..	37
Tablo 11: 2007-2011 yılları doğal gaz ihracat miktarları (milyon m³).....	38
Tablo 12: 2005-2011 yılları arası yıllık doğal gaz tüketimi (bcm/yıl).....	44
Tablo 13: 2011 yılı ulusal sektörel doğal gaz tüketim miktarları (m³).....	45
Tablo 14: 2010-2011 tüketim payları.	46
Tablo 15: Klasik Mantık ile Bulanık Mantık arasındaki temel farklar.....	72
Tablo 16: Bulanık Mantık yönteminin endüstriyel uygulamaları.....	73
Tablo 17: Literatürdeki örnek çalışmalar	82
Tablo 18: Tahmin değerleri tablosu	94
Tablo 19: 2012-2020 yılları arası Türkiye doğal gaz tüketim tahmini.....	95

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Doğal gaz kaynakları	5
Şekil 2 : Doğal Gaz Kaynaklarının Karşılaştırılması	6
Şekil 3: Doğal gaz rezervlerinin bölgesel karşılaştırması (trilyon m ³).....	10
Şekil 4: Dünya doğal gaz üretiminin bölgelere göre karşılaştırılması (bcm)	13
Şekil 5: Dünya enerji tüketiminde doğal gazın yeri (mtep)	15
Şekil 6: 2009 ve 2035 yılları karşılaştırmalı sektörel tüketim dağılımı	21
Şekil 7 : Üretim şirketlerinin üretim içindeki payları	30
Şekil 8: Türkiye doğal gaz ithalatının kaynak ülke dağılımı.	32
Şekil 9: Ülkemizdeki doğal gaz depolama faaliyetleri.	40
Şekil 10: 2003-2011 yılları arasında doğal gaz arzı sağlanan dağıtım bölgesi sayısı.	41
Şekil 11: Türkiye birincil enerji tüketimi.	43
Şekil 12: Örnek bir yapay sinir ağı modeli.	64
Şekil 13: Bulanık Mantık modeli.	74
Şekil 14: ANFIS modeli	76
Şekil 15: Geçmiş doğal gaz tüketim değerleri (mcm)	88
Şekil 16: Otokorelasyon fonksiyon grafiği.....	89
Şekil 17: Kısmi otokorelasyon fonksiyon grafiği.....	90
Şekil 18: Artık histogramı	91
Şekil 19: Artıkların otokorelasyon fonksiyon grafiği	92
Şekil 20: Artıkların kısmi otokorelasyon fonksiyon grafiği.....	92
Şekil 21: 2012-2020 yılları arası Türkiye doğal gaz tüketim tahmini	95

KISALTMALAR LİSTESİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ACF	Oto koreasyon faktörü
ANFIS	Adaptif Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi
AR	Oto regresif
ARIMA	Durağan Olmayan Doğrusal Stokastik
ARMA	Hareketli ortalama
BCM	Milyar metreküp
BOTAŞ	Boru Hatları İle Petrol Taşıma A.Ş.
CNG	Sıkıştırılmış Doğal Gaz
DF	Serbestlik derecesi
EPDK	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
IEA	Uluslararası Enerji Ajansı
KHK	Kanun Hükmünde Karanname
KWH	Kilowattsaat
LNG	Sıvılaştırılmış doğal gaz
LPG	Sıvılaştırılmış petrol gazı
MA	Hareketli ortalama
PACF	Kısmi otokorelasyon faktörü
PİGM	Petrol İşleri Genel Müdürlüğü
SSCB	Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği
TCM	Trilyon metreküp
TPAO	Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
TPE	Ton petrol eşdeğeri
YSA	Yapay sinir ağları

GİRİŞ

Türkiye, özellikle 2008 küresel finansal krizi sonrası hız kazanan, dikkat çekici performansı ile önemli bir ekonomik büyüme süreci içerisinde. Bu süreç, hizmet sektöründe olduğu kadar sanayi sektöründeki nitelikli büyüme ile gerçekleşmektedir. Şüphe yoktur ki, sanayi sektörünün en önemli girdisi ise enerjidir. Sanayi sektörünün enerji kaynağı tercihi, arz güvenliği ve enerji fiyatları, ülkeler arası rekabette belirleyici olacak kadar önemli bir faktördür. Ayrıca, evsel ve ticarethanelerdeki ısınma ihtiyacını karşılamada ülkenin öncelikli tercihinin doğal gaz olduğu aşikârdır. 4646 sayılı Doğal Gaz Piyasası Kanununun yürürlüğe girmesi ile birlikte birçok şehir doğal gaz dağıtım faaliyeti ile tanışmış, hâlihazırda doğal gaz kullanmakta olan şehirlerde de dağıtım şebekeleri genişleyerek yeni abonelere ulaşmaktadır. Diğer taraftan büyük bir hızla artış göstermekte olan elektrik tüketimini karşılamak üzere yapılan elektrik üretiminin de neredeyse yarısı doğal gaz ile çalışan santrallerden karşılanmaktadır.

Hal böyle olunca, doğal gaz ülke ekonomisinin tam da kalbine oturmaktadır. Türkiye toplam enerji tüketiminde, yaklaşık üçte birlik payı ile doğal gaz ilk sırada yer almaktadır. Ayrıca, ülke tüketimine konu olan doğal gazın neredeyse tamamının ithal ediliyor olması ve bu durumun ekonomimizin önde gelen sorunlarından olan dış ticaret açığını doğrudan etkiliyor olması, makroekonomik hesaplarda da doğal gaz tüketim miktarının önemine önem katmaktadır. Bu koşullara, doğal gazın arz güvenliğinin hayati ehemmiyeti de eklendiğinde başarılı bir doğal gaz tüketim tahmininin ne denli gerekli olduğu ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada, yukarıda anlatılan sebeplerle büyük bir önem arz eden Türkiye doğal gaz tüketimi tahminlemesi yapılacaktır. Bu kapsamda, çalışmanın ilk bölümünde, enerji kaynağı olarak doğal gazın, dünya ve Türkiye piyasalarındaki yeri, birincil enerji kaynakları içindeki payı, rezerv, üretim ve tüketim değerleri incelenecektir.

İkinci bölümde, talep tahmininin ne olduğu tartışılacak, talep tahmin yöntemlerinin çeşitleri, öznel yöntemler, istatistikî yöntemler ve yapay zeka yöntemleri olmak üzere üç ana başlık altında incelenecek ve son olarak literatürde daha önce yapılan gerek doğal gaz, gerek elektrik ve gerekse birincil enerji kaynaklarının talep tahmini çalışmalarına yer verilecektir.

Üçüncü ve son bölümde ise, gerekli verilerin incelenmesinin ardından tahmin çalışmasına geçilecek, izlenen metodoloji kapsamında 2020 yılına kadar Türkiye doğal gaz tüketim tahmini değerleri sunulacaktır.

BÖLÜM I

ENERJİ KAYNAĞI OLARAK DOĞAL GAZ, DÜNYA VE TÜRKİYE

DOĞAL GAZ PİYASALARININ ARZ VE TALEP YAPISI

1.1. Enerji kaynağı olarak doğal gaz

Doğal gaz, metan, etan, propan ve bütan gibi hafif hidrokarbonlardan meydana gelen ve içerisinde CO₂, helyum, hidrojen sülfid ve azot gibi içerikleri de bulundurabilen karışımdır. En büyük bileşeni metandır. Metan aşağıdaki Tablo 1’de de görülebileceği üzere doğal gazın hacmen %80’den fazlasını oluşturmaktadır. Doğal gaz %95’ten fazla metan içermesi durumunda kuru gaz olarak değerlendirilmekte iken, metana göre ağır hidrokarbonları (etan, propan, bütan) %5’ten fazla oranda içeriyorsa zengin gaz veya ıslak gaz olarak adlandırılır.

Tablo 1 : Doğal gaz bileşenleri¹

Bileşen	Formül	Hacim Yüzdesi (%)
Metan	CH ₄	80-99
Etan	C ₂ H ₆	0,5-10
Propan	C ₃ H ₈	0,2-5
Bütan	C ₄ H ₁₀	0,5-1
Azot	N ₂	0,5-12
Karbondioksit	CO ₂	0,1-2

Doğal gaz, yüz milyonlarca yıl önce denizlerde yaşamış ya da doğal hareketlerle denizlere taşınmış olan hayvan ve bitki kalıntılarının, zamanla yer

¹ Yardımcı, Okan, “Petrol Fiyatlarının Doğal Gaz Fiyatları Üzerindeki Etkisi ve Türkiye İçin Öneriler”, Yayınlanmamış Uzmanlık Tezi, EPDK, Ankara, 2010, s. 8.

tabakalarına gömülmesi ve ardından oksijensiz ortamda uygun ısı, basınç koşulları altında bu kalıntıların, mikroorganizma hareketleri neticesinde çürümesiyle oluşmuştur. Isı, basınç, mikroorganizma hareketleri ve bir teoriye göre radyoaktivitenin de etkisiyle fosilleşmiş bitki ve hayvan kalıntılarında ilk etapta “kerojen”² adı verilen petrol benzeri madde oluşmaktadır. Kerojen, zamanla yukarı yer tabakalarına göç ettikçe (migration) ısıl ayrışmaya uğramakta ve kimyasal bileşimine göre kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtlara dönüşmektedir.

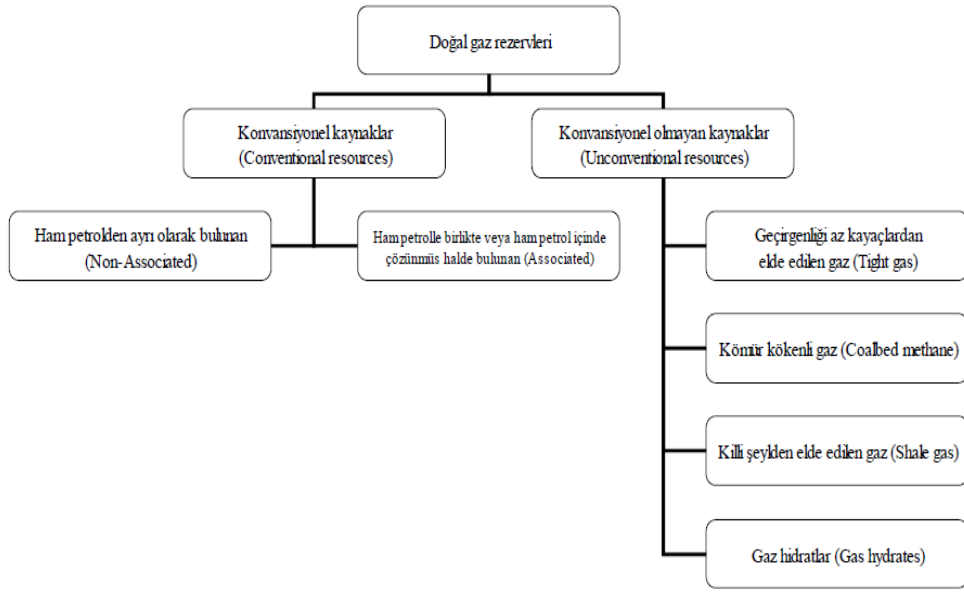
Doğal gaz atmosferik basınç altında sıcaklığı -160 °C’ ye indirilerek sıvı forma dönüştürülebilmektedir. Doğal gaz sıvılaştırıldığında, sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG – Liquified Natural Gas) olarak adlandırılmakta ve hacmen 600 kat küçülmektedir. Doğal gaz, yüksek basınç altında sıkıştırılarak sunulması durumunda ise sıkıştırılmış doğal gaz (CNG- Compressed Natural Gas) ismini almakta ve hacmen yaklaşık 200 kat küçülmektedir.

Doğal gaz kaynaklarını iki ana gruba ayırmak mümkündür:

- Konvansiyonel doğal gaz kaynakları,
- Konvansiyonel olmayan doğal gaz kaynakları.

Şekil-1’ de kaynakların sınıflandırılması özetlenmiştir.

² Kerojen: Sedimanter kayalar içerisinde bulunan büyük molekül ağırlıklı ve karmaşık yapılı organik bileşiklerdir. Petrol benzeri olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 1: Doğal gaz kaynakları³

Kısaca doğal gazın tarihsel gelişim sürecine değinecek olursak, 1800’lü yıllarda yeraltından petrol çıkarılırken yan ürün olarak elde edilen hatta zaman zaman gereksiz görülerek havaya salınan hatta yakılarak bırakılan doğal gazın günümüzdeki anlamıyla önemine kavuşması ve yaygın şekilde tüketilmeye başlaması 1900’lü yılların ortasında başlamış olup 20. yüzyılda Amerika Birleşik Devletleri’nde gerçekleşmiştir. 1960’lara kadar doğal gaz yalnızca üretim sahalarına yakın yerlerde verimsiz şekilde kullanılırken, günümüzde büyük gaz rezervlerinin bulunması ve üretim alanlarından son kullanıcılara boru hatlarıyla iletim imkânlarının keşfedilmesi ile birlikte, doğal gazın sanayi ve konutlarda enerji kaynağı olarak kullanımı yaygınlaşmıştır.⁴

³ Yardımcı, Okan, “Petrol Fiyatlarının Doğal Gaz Fiyatları Üzerindeki Etkisi ve Türkiye İçin Öneriler”, Yayınlanmamış Uzmanlık Tezi, EPDK, Ankara, 2010, s. 9.

⁴ Saygılı, Tefik Okan, “Türkiye ve Dünyada Doğal Gazın Alternatif Kullanım Alanları”, Yayınlanmamış Uzmanlık Tezi, EPDK, Ankara, 2010, s.5

Yer altında⁵, konvansiyonel olmayan kaynakların, konvansiyonel kaynaklara oranla çok daha fazla miktarda olduğu tahmin edilmektedir. Ancak, konvansiyonel kaynaklar basit sondaj teknikleri ile üretilebilir duruma gelebilirken, konvansiyonel olmayan kaynakların üretimi için gelişmiş bir takım sondaj tekniklerine ihtiyaç duyulmaktadır.



Şekil 2 : Doğal Gaz Kaynaklarının Karşılaştırılması⁶

Son yıllarda gelişen teknoloji ve artan petrol ve doğal gaz fiyatları ile şirketler, önceleri üretimini maliyetli ve meşakkatli olarak nitelendirdikleri konvansiyonel olmayan kaynakların üretimine başlamıştır. Öyle ki; konvansiyonel olmayan gaz hamlesinin büyük miktarlardaki rezerv ve üretim miktarları ile dünya doğal gaz piyasasının temel dinamiklerini değiştirmesi beklenmektedir.

⁵ Yer altında bulunan doğal gaz miktarı (Original Gas In Place – OGIP); ekonomik ya da teknik koşullardan bağımsız olarak yer altında bulunan toplam doğal gaz miktarını ifade etmektedir.

⁶ International Energy Agency, “World Energy Outlook”, 2009.

1.2. Dünya doğalgaz piyasasının yapısı

1.2.1. Dünya doğal gaz arz yapısı

Bu bölümde, dünya piyasasına arz olunan doğal gazın rezerv ve üretim bilgileri hakkında detaylı bilgi verilecektir.

1.2.1.1. Dünya doğal gaz rezervleri

Dünya'nın doğal gaz rezervleri, sınırlı olmasına rağmen, keşif, arama ve sondaj tekniklerindeki yeniliklerin sonucu olarak artan rezerv büyüklüğü tahminleriyle çok büyük miktarlara ulaşmıştır. Dünya doğal gaz rezervleri özellikle 1970'lerden itibaren düzenli şekilde artış göstermiş ve rezervler toplamı, doğal gaz üretiminin üzerine çıkmıştır. Bununla birlikte, hala önemli bir miktarda doğal gazın keşfedilmeyi beklediği tahmin edilmektedir.

Tablo-2' de de detaylı olarak görüldüğü üzere, toplam ispatlanmış konvansiyonel rezerv miktarı (1P)⁷ 208,4 trilyon metreküptür. Bu miktarın %38,4' ü Orta Doğu' da yer almaktayken, %37,8'i Avrupa ve Avrasya bölgelerindedir. Rusya Federasyonu (44,6 trilyon metreküp), İran (33,1 trilyon metreküp) ve Katar (25 trilyon metreküp) konvansiyonel doğal gaz kaynağı sıralamasında ilk 3 sırayı almakta olup, bu üç ülkenin toplam ispatlanmış konvansiyonel doğal gaz rezerv

⁷ Society of Petroleum Engineers (SPE) tanımlarına göre rezervler; ispatlanmış rezerv (proved reserve – 1P), muhtemel rezerv (probable reserve – 2P), olası rezerv (possible reserve– 3P) olarak ayrılmaktadır. İspatlanmış rezerv miktarının üretilme olasılığı %90 iken, muhtemel rezerv miktarının %50, olası rezerv miktarının ise %10'dur. Detaylı bilgi için; Society of Petroleum Engineers, "Guidelines for the Evaluation of Petroleum Reserves and Resources", 2001, Appendix A Petroleum Reserves Definitions, Sayfa : 131-136.

miktarı, dünya toplam ispatlanmış konvansiyonel doğal gaz rezerv miktarının neredeyse yarısı kadardır.⁸

Tablo 2: Dünya doğal gaz rezervleri.⁹

	Tcm	Oran (%)	R/Ü Oranı¹⁰
ABD	8,50	4,1	13,0
Kanada	2,00	1,0	12,4
Meksika	0,40	0,2	6,7
Toplam Kuzey Amerika	10,80	5,2	12,5
Arjantin	0,30	0,2	8,8
Bolivya	0,30	0,1	18,3
Brezilya	0,50	0,2	27,1
Kolombiya	0,20	0,1	14,9
Peru	0,40	0,2	31,1
Trinidad ve Tobago	0,40	0,2	9,9
Venezuela	5,50	2,7	*
Diğer Güney ve Orta Amerika	0,10	♦	23,7
Toplam Güney ve Orta Amerika	7,60	3,6	45,2
Azerbaycan	1,30	0,6	85,8
Danimarka	+	♦	6,5
Almanya	0,10	♦	6,2
İtalya	0,10	♦	11,4
Kazakistan	1,90	0,9	97,6
Hollanda	1,1,	0,5	17,2
Norveç	2,10	1,0	20,4
Polonya	0,10	0,1	28,3
Romanya	0,10	0,1	9,9
Rusya Federasyonu	44,60	21,4	73,5
Türkmenistan	24,30	11,7	*
Ukrayna	0,90	0,4	51,3
İngiltere	0,20	0,1	4,5
Özbekistan	1,60	0,8	28,1
Diğer Avrupa ve Avrupa-Asya	0,30	0,1	29,4
Toplam Avrupa ve	78,70	37,8	75,9

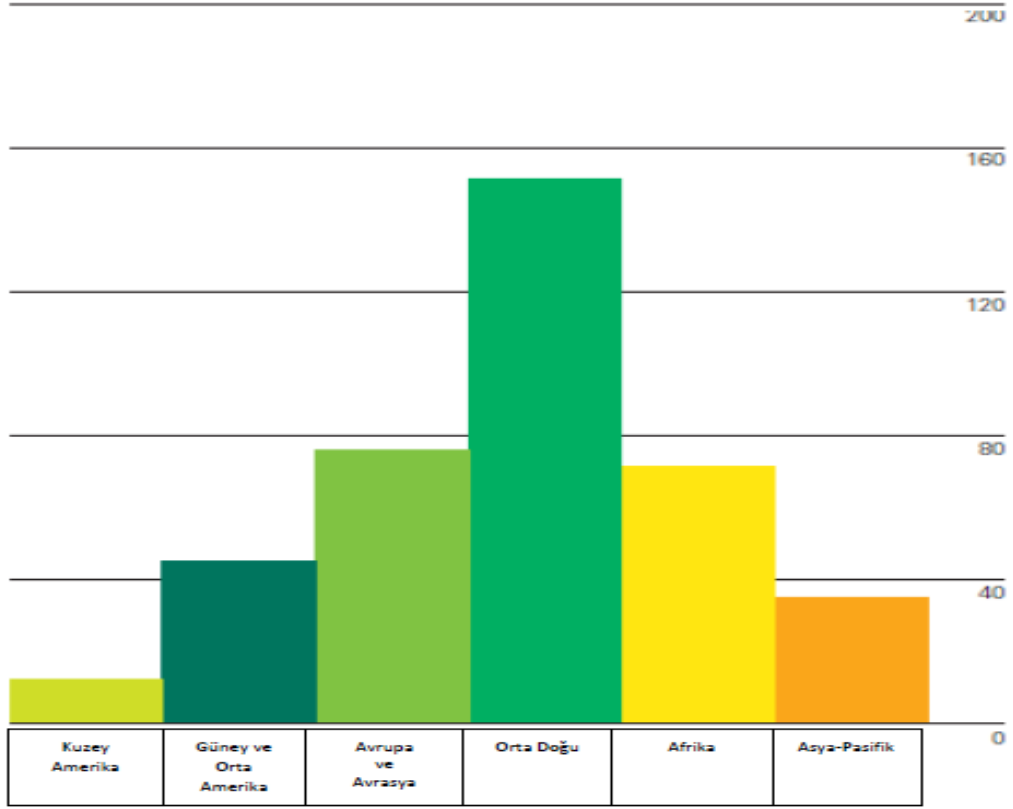
⁸ BP Statistical Review of World Energy 2012, www.bp.com/ statisticalreview, Agustos 2012, s.20

⁹ ibid

¹⁰ Rezerv / Üretim Oranı (R/Ü) : O yılki üretim hızıyla devam edildiği takdirde kaç yıllık rezerv miktarı kaldığını göstermektedir.

Avrupa-Asya			
Bahreyn	0,30	0,2	26,8
İran	33,10	15,9	*
Irak	3,60	1,7	*
Kuveyt	1,80	0,9	*
Umman	0,90	0,5	35,8
Katar	25,00	12,0	*
S. Arabistan	8,20	3,9	82,1
Suriye	0,30	0,1	34,3
Birleşik Arap Emirlikleri	6,10	2,9	*
Yemen	0,50	0,2	50,7
Diğer Orta Doğu	0,20	0,1	49,3
Toplam Orta Doğu	80,00	38,4	*
Cezayir	4,50	2,2	57,7
Mısır	2,20	1,1	35,7
Libya	1,50	0,7	*
Nijerya	5,10	2,5	*
Diğer Afrika	1,20	0,6	63,4
Toplam Afrika	14,50	7,0	71,7
Avustralya	3,80	1,8	83,6
Bangladeş	0,40	0,2	17,8
Brunei	0,30	0,1	22,5
Çin	3,10	1,5	29,8
Hindistan	1,20	0,6	26,9
Endonezya	3,00	1,4	39,2
Malezya	2,40	1,2	39,4
Myanmar	0,20	0,1	17,8
Pakistan	0,80	0,4	19,9
Papua Yeni Gine	0,40	0,2	*
Tayland	0,30	0,1	7,6
Vietnam	0,60	0,3	72,3
Diğer Asya-Pasifik	0,30	0,2	18,9
Toplam Asya-Pasifik	16,80	8,0	35,0
Toplam Dünya	208,4	100,0	63,6
* 100 yıldan fazla † 0,05' ten az ◆ 0.05% den az			

Şekil-3' te dünya toplam kanıtlanmış konvansiyonel doğal gaz rezervlerinin bölgelere göre karşılaştırması yapılmıştır.



Şekil 3: Doğal gaz rezervlerinin bölgesel karşılaştırması (trilyon m³)¹¹

Daha önce de belirtildiği üzere, geçirgenliği az kayalardan elde edilen gaz (tight gas), kömür kökenli gaz (coalbed methane), killi şeylden elde edilen gaz (shale gas) ve gaz hidratlar (gas hydrates) konvansiyonel olmayan doğal gaz kaynaklarıdır. gaz hidratlar haricinde yer altında bulunan konvansiyonel olmayan doğal gaz miktarı toplamı 921 trilyon metreküp seviyelerindedir. Bu miktarın yarısından fazlası Asya-Pasifik ülkeleri ile Kuzey Amerika ülkelerinde (özellikle Kanada) bulunmaktadır.

¹¹ ibid, s.21

1.2.1.2. Dünya doğal gaz üretimi

Dünya doğal gaz üretimi 2011 yılında bir önceki yıla göre %3,1 artışla 3,28 tcm olarak gerçekleşmiştir.

Bu üretim miktarı gerek bölgesel olarak gerek ülkeler bazında incelendiğinde dünya rezervlerine yakın bir dağılım göstermektedir. Bölgeler itibariyle toplam üretimin % 31,6' sı Avrupa ve Avrasya bölgesinde, % 16' sı Orta Doğu' da, %26,5' i Kuzey Amerika' da gerçekleşmiştir. Amerika Birleşik Devletleri (651,3 bcm), Rusya Federasyonu (607 bcm), İran(152 bcm) ve Katar (147 bcm) doğal gaz üretimi sıralamasında ilk 4 sırayı almakta olup, bu dört ülkenin toplam üretim miktarı, dünya toplam üretim yaklaşık yarısı kadardır.¹² Dünya doğal gaz üretiminin bölgeler ve ülkeler bazında dağılımı Tablo-3' te detaylı olarak gösterilmektedir.

Tablo 3: Dünya doğal gaz üretimi.¹³

	Milyar Metreküp	Toplam içindeki payı (%)
ABD	651,30	20,0
Kanada	160,50	4,9
Meksika	52,50	1,6
Toplam Kuzey Amerika	864,20	26,5
Arjantin	38,80	1,2
Bolivya	15,40	0,5
Brezilya	16,70	0,5
Kolombiya	11,00	0,3
Peru	11,40	0,3
Trinidad ve Tobago	40,70	1,2
Venezuela	31,20	0,9
Diğer Güney ve Orta Amerika	2,70	0,1
Toplam Güney ve Orta	167,70	5,1

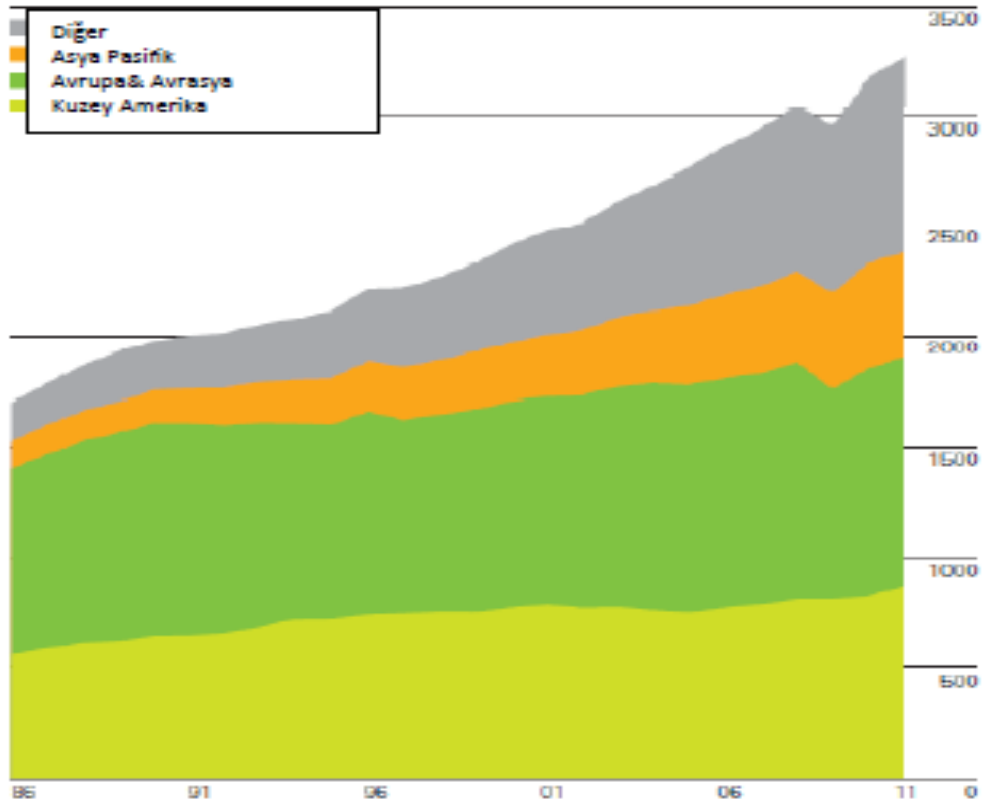
¹² ibid s.21

¹³ ibid, s.22

Amerika		
Azerbaycan	14,80	0,5
Danimarka	7,10	0,2
Almanya	10,00	0,3
İtalya	7,70	0,2
Kazakistan	19,30	0,6
Hollanda	64,20	2,0
Norveç	101,40	3,1
Polonya	4,30	0,1
Romanya	11,00	0,3
Rusya Federasyonu	607,00	18,5
Türkmenistan	59,50	1,8
Ukrayna	18,20	0,6
İngiltere	45,20	1,4
Özbekistan	57,00	1,7
Diğer Avrupa ve Avrupa-Asya	9,60	0,3
Toplam Avrupa ve Avrupa-Asya	1036,40	31,6
Bahreyn	13,00	0,4
İran	151,80	4,6
Irak	1,90	0,1
Kuveyt	13,00	0,4
Umman	26,50	0,8
Katar	146,80	4,5
S. Arabistan	99,20	3,0
Suriye	8,30	0,3
Birleşik Arap Emirlikleri	51,70	1,6
Yemen	9,40	0,3
Diğer Orta Doğu	4,50	0,1
Toplam Orta Doğu	526,10	16,0
Cezayir	78,00	2,4
Mısır	61,30	1,9
Libya	4,10	0,1
Nijerya	39,90	1,2
Diğer Afrika	19,40	0,6
Toplam Afrika	202,70	6,2
Avustralya	45,00	1,4
Bangladeş	19,90	0,6
Brunei	12,80	0,4
Çin	102,50	3,1
Hindistan	46,10	1,4
Endonezya	75,60	2,3
Malezya	61,80	1,9
Myanmar	12,40	0,4

Pakistan	39,20	1,2
Tayland	37,00	1,1
Vietnam	8,50	0,3
Diğer Asya-Pasifik	18,30	0,6
Toplam Asya-Pasifik	479,10	14,6
Toplam Dünya	3176,2	100,0

Şekil-3' te dünya toplam doğal gaz üretiminin bölgelere göre karşılaştırması yapılmıştır.



Şekil 4: Dünya doğal gaz üretiminin bölgelere göre karşılaştırılması (bcm)¹⁴

¹⁴ ibid, s. 26

1.2.2. Dünya doğal gaz piyasasının talep yapısı

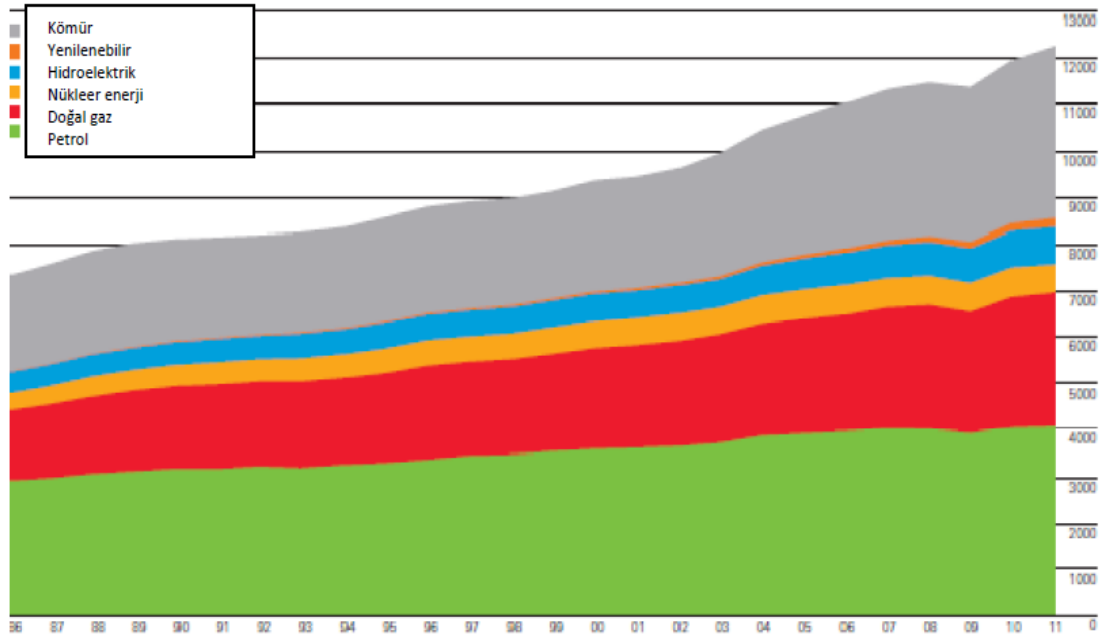
1.2.2.1. Dünya doğal gaz tüketimi, birincil enerji kaynakları içerisinde doğal gazın yeri

Doğal gaz, birincil enerji kaynağı olarak ülkemizde olduğu kadar dünya genelinde de zaruri bir ihtiyaç halini almıştır. Bu sebeptendir ki doğal gaz talebinin fiyat esnekliği düşük ve gelir esnekliği ise kısıtlıdır. Doğal gazın fiyatı yükseldiğinde, tüketicilerin doğal gaz tüketimini düşürememeleri, gelirlerinin büyük bir kısmını doğal gaz harcamaları için kullanmalarına ve dolayısıyla refah kaybı ile karşı karşıya kalmalarına neden olur. Konut sektörü, doğal gazı ağırlıklı olarak ısınma amaçlı kullanmakta ancak dolaylı olarak elektrik tüketimi nedeniyle de doğal gaz talebini etkilemektedir. Sanayi sektöründe ise doğal gaz hammadde olarak kullanılmakta olup ikamesi güçtür. Doğal gazın elektrik üretiminde de son yıllarda ağırlıklı olarak kullanılmaya başlanması, doğal gazın yaz aylarındaki talebinin artmasına neden olmaktadır. Ancak bu durum kış aylarında çok yüksek seviyelere çıkan doğal gaz tüketimine hazırlık amacıyla yaz aylarından doğal gaz depolanmasının daha maliyetli bir hal alması sonucunu da yaratmaktadır. Doğal gazın kullanım alanları çalışmanın ileriki bölümlerinde detaylı olarak ele alınacaktır.

Yukarıda bahsedildiği gibi doğal gaz talebi esnek değildir. Doğal gaz fiyatlarında aşırı artış, talepte çok küçük değişimlere neden olmaktadır. Kısa dönem esneklikler -0,3, uzun dönem esneklikler ise -0,6 ve ortalama da ise 1'den küçüktür.

Bunun anlamı doğal gaz fiyatlarında % 10'luk bir artış doğal gaz talebinde kısa dönemde % 3'lük bir azalma ile sonuçlanacaktır.¹⁵

2008 ve 2009 yıllarında baş gösteren küresel finansal krizin etkilerinin hafiflemesiyle birlikte 2010 ve 2011 yıllarında küresel enerji tüketimi 1973 yılından bu yana en yüksek artışı göstermiştir. Enerji tüketim sepetini oluşturan petrol, doğal gaz, nükleer enerji, hidroelektrik ve kömür kalemlerine bakıldığında ise, doğal gazın sepetteki payı hızla artarak % 25 ler mertebesine erişmiştir. Bununla birlikte, doğal gaz tüketiminin 2035 yılında yıllık ortalama %1,75 artışla 4,75 tcm' ye ulaşması ve dünyanın en önemli birincil enerji kaynağı olması beklenmektedir.¹⁶



Şekil 5: Dünya enerji tüketiminde doğal gazın yeri ¹⁷ (mtep) ¹⁸

¹⁵ Pervan, Nalan, "Türkiye'de Doğal Gaz Piyasasının Yeniden Yapılandırılması ve Sonuçları", Yüksek Lisans Tezi, T.C. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 2006, s. 58

¹⁶ International Energy Agency, "World Energy Outlook 2011 Türkçe", s.5

¹⁷ BP, age, s. 42

¹⁸ mtep: milyon ton eşdeğer petrol

Tablo 4: Dünya doğal gaz tüketiminin bölgesel tahmini (bcm).¹⁹

	1980	2009	2015	2020	2025	2030	2035	2009-2035 ort. yıllık artış (&)
OECD	959	1518	1654	1705	1746	1804	1841	0,7
Amerika	660	811	852	877	900	928	951	0,6
<i>ABD</i>	<i>581</i>	<i>652</i>	<i>680</i>	<i>685</i>	<i>692</i>	<i>703</i>	<i>710</i>	<i>0,3</i>
Avrupa	264	537	604	627	644	666	671	0,9
Asya-Okyanusya	35	170	198	201	200	210	219	1,0
<i>Japonya</i>	<i>25</i>	<i>97</i>	<i>118</i>	<i>122</i>	<i>222</i>	<i>125</i>	<i>126</i>	<i>1,0</i>
OECD-Dışı	557	1558	1911	2183	2417	2668	2909	2,4
Doğu Avrupa/Avrasya	438	627	698	723	763	797	830	1,1
<i>Hazar</i>	<i>-</i>	<i>107</i>	<i>124</i>	<i>131</i>	<i>143</i>	<i>151</i>	<i>161</i>	<i>1,6</i>
<i>Rusya</i>	<i>-</i>	<i>426</i>	<i>467</i>	<i>478</i>	<i>495</i>	<i>513</i>	<i>530</i>	<i>0,8</i>
Asya-Okyanusya	36	357	531	686	796	921	1063	4,3
<i>Çin</i>	<i>14</i>	<i>93</i>	<i>197</i>	<i>301</i>	<i>366</i>	<i>435</i>	<i>502</i>	<i>6,7</i>
<i>Hindistan</i>	<i>2</i>	<i>59</i>	<i>76</i>	<i>99</i>	<i>120</i>	<i>150</i>	<i>186</i>	<i>4,5</i>
Orta Doğu	35	343	402	450	509	578	622	2,3
Afrika	13	99	112	129	142	153	161	1,9
Latin Amerika	35	133	168	196	208	220	233	2,2
<i>Brezilya</i>	<i>1</i>	<i>20</i>	<i>41</i>	<i>60</i>	<i>70</i>	<i>80</i>	<i>91</i>	<i>5,9</i>
Dünya	1516	3076	3565	3888	4164	4473	4750	1,2
<i>Avrupa Birliği</i>	<i>-</i>	<i>508</i>	<i>572</i>	<i>593</i>	<i>608</i>	<i>626</i>	<i>629</i>	<i>0,8</i>

Tablo- 4 ve Şekil- 5’ te doğalgazın dünya enerji tüketimindeki yeri ve Uluslar arası Enerji Ajansı tarafından 2035 yılına kadar tahmin edilen bölgesel tüketim rakamları gösterilmektedir.

Dünya doğal gaz tüketimi 2011 yılında bir önceki yıla göre % 2,2 artışla 3,23 tcm olarak gerçekleşmiştir.

¹⁹ International Energy Agency, “World Energy Outlook 2011”, s. 159

Bu üretim miktarı gerek bölgeler gerek ülkeler bazında incelendiğinde ekonomik kalkınmışlıkla yakın bir ilişkide olduğu görülmektedir. Bölgeler itibariyle toplam tüketimin % 34,1' i Avrupa ve Avrasya bölgesinde, %26,9' u Kuzey Amerika' da, % 18,3' ü Asya Pasifik bölgesinde gerçekleşmiştir. Ülkeler bazında incelendiğinde ise, Amerika Birleşik Devletleri (690,1 bcm), Rusya Federasyonu (424,6 bcm), İran (130,7 bcm) doğal gaz tüketiminde sıralamasında ilk 3 sırayı almaktadır. Dünya doğal gaz üretiminin bölgeler ve ülkeler bazında dağılımı Tablo-5' te detaylı olarak gösterilmektedir.

Tablo 5: Dünya doğal gaz tüketimi. ²⁰

	Milyar Metreküp	Oran
ABD	690,10	21,5
Kanada	104,80	3,2
Meksika	68,90	2,1
Toplam Kuzey Amerika	863,80	26,9
Arjantin	46,50	1,4
Brezilya	26,70	0,8
Şili	5,30	0,2
Kolombiya	9,00	0,3
Ekvador	0,50	♦
Peru	6,20	0,2
Trinidad&Tobago	22,00	0,7
Venezuela	33,10	1,0
Diğer Güney ve Orta Amerika	5,20	0,2
Toplam Güney ve Orta Amerika	154,50	4,8
Avusturya	9,50	0,3
Azerbaycan	8,20	0,3
Belarus	18,30	0,6
Belçika	16,10	0,5
Bulgaristan	2,90	0,1
Çek Cumhuriyeti	8,40	0,3
Danimarka	4,20	0,1
Finlandiya	3,60	0,1

²⁰ ibid, s.22

Fransa	40,30	1,2
Almanya	72,50	2,2
Yunanistan	4,50	0,1
Macaristan	10,20	0,3
İrlanda Cumhuriyeti	4,70	0,1
İtalya	71,30	2,2
Kazakistan	9,20	0,3
Litvanya	3,40	0,1
Hollanda	38,10	1,2
Norveç	4,00	0,1
Polonya	15,40	0,5
Portekiz	5,10	0,2
Romanya	13,80	0,4
Rusya Federasyonu	424,60	13,2
Slovakya	6,20	0,2
İspanya	32,10	1,0
İsveç	1,30	◆
İsviçre	2,90	0,1
Türkiye	45,70	1,4
Türkmenistan	25,00	0,8
Ukrayna	53,70	1,7
İngiltere	80,20	2,5
Özbekistan	49,10	1,5
Diğer Avrupa ve Avrupa-Asya	16,60	0,5
Toplam Avrupa ve Avrupa-Asya	1101,10	34,1
İran	153,30	4,7
İsrail	5,00	0,2
Kuveyt	16,20	0,5
Katar	23,80	0,7
S. Arabistan	99,20	3,1
Birleşik Arap Emirlikleri	62,90	1,9
Diğer Orta Doğu	42,70	1,3
Toplam Orta Doğu	403,10	12,5
Cezayir	28,00	0,9
Mısır	49,60	1,5
Güney Afrika	4,30	0,1
Diğer Afrika	27,90	0,9
Toplam Afrika	109,80	3,4
Avustralya	25,60	0,8
Bangladeş	19,90	0,6
Çin	130,70	4,0
Hong Kong	3,10	0,1
Hindistan	61,10	1,9
Endonezya	37,90	1,2

Japonya	105,50	3,3
Malezya	28,50	0,9
Yeni Zelanda	3,90	0,1
Pakistan	39,20	1,2
Filipinler	3,60	0,1
Singapur	8,80	0,3
Güney Kore	46,60	1,4
Tayvan	15,50	0,5
Tayland	46,60	1,4
Vietnam	8,50	0,3
Diğer Asya-Pasifik	5,70	0,2
Toplam Asya-Pasifik	590,60	18,3
Toplam Dünya	3222,9	100,0

1.2.2.2. Doğal gaz tüketiminin sektörel dağılımı

Küresel doğal gaz talebinin en büyük kısmı elektrik üretimine ait olup genel içindeki payı 2009 yılında % 40 olarak gerçekleşmiştir. Elektrik üretimine amade doğal gaz miktarının 2035 yılında yıllık ortalama %1,8 artış ile 1,9 tcm' ye yükselmesi ve genel tüketim içindeki payını % 41 olarak gerçekleşmesi tahmin edilmektedir.

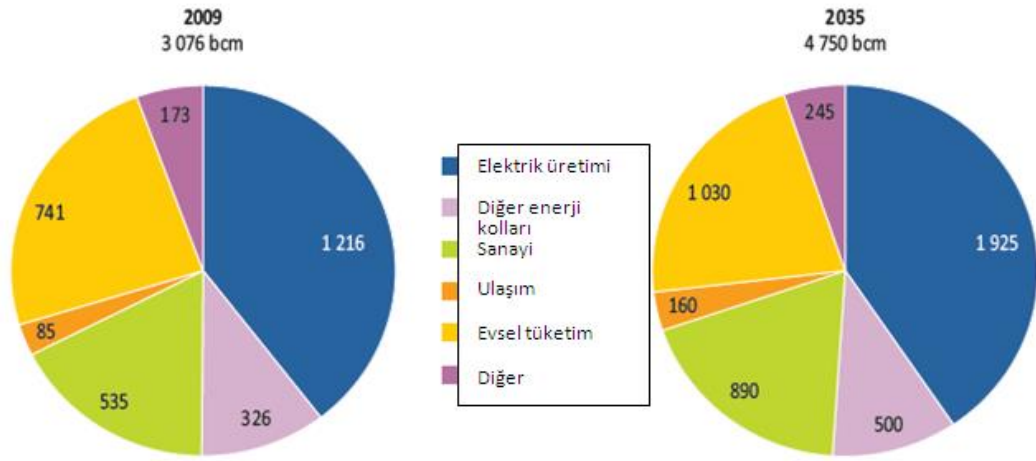
Elektrik üretiminden sonra ikinci en büyük tüketim evsel kullanım alanında gerçekleştirilmektedir. Evsel kullanım alanı içinde ısınma ve ısıtma ihtiyaçları gösterilebilir. 2009 yılında evsel tüketimin toplam tüketim içindeki payı % 24 olarak gerçekleşmiştir. 2035 yılında evsel tüketimin toplam içindeki payının %22' ye düşmesi beklenmektedir. Evsel tüketimdeki miktar artışına rağmen toplam içindeki payındaki bu düşüşe karşın sektörel tüketim sıralamasında üçüncü konumdaki sanayi sektörünün 2009 yılındaki 535 bcm'lik tüketiminin aynı senaryoya göre 890 bcm' ye yükseleceği beklenirken toplam içindeki payının %14' ten %19 mertebesine

ulaşması tahmin edilmektedir. Sanayi sektöründe girdi olarak kullanılan doğal gaz buhar enerjisi elde etme, petrokimya ürünleri, demir, çelik ve çimento gibi dünya ekonomisinin temel malzemelerinin üretiminde kullanılmaktadır.

Dünya genelinde, doğal gazın kullanıldığı diğer sektörlerin en önemlisi ise kara ulaşımıdır. Karar araçlarında doğal gazın kullanımı yakıt tasarrufu sağlarken düşük karbon gazları salınımı ile de çevre dostudur. Dolum istasyonlarının sayısının henüz yeterli seviyede bulunmaması ve hali hazırda Pakistan, Arjantin, İran, Brezilya ve Hindistan gibi gelişmekte olan ekonomilere sahip ülkeler dışında gelişmiş ekonomilerde yaygın olarak kullanılmaması gibi etkenler araçlarda doğal gaz kullanımını sınırlı tutsa da 2009 yılında 85 bcm olarak gerçekleşen tüketimin 2035 yılında yıllık ortalama %5,3 gibi önemli bir artışla 160 bcm' e ulaşması beklenmektedir.²¹

Şekil- 6' da 2009 yılında gerçekleşen doğal gaz tüketiminin ve 2035 yılında gerçekleşmesi tahmin edilen tüketim değerlerinin sektörel dağılımı detaylı olarak gösterilmektedir.

²¹ International Energy Agency, "World Energy Outlook 2011", s. 159



Şekil 6: 2009 ve 2035 yılları karşılaştırmalı sektörel tüketim dağılımı²²

1.2.2.3. Doğal gaz piyasasının talep yapısı ve Doğal gaz tüketimini etkileyen faktörler

Önceki bölümlerde de belirtildiği üzere, doğal gaz, birincil enerji kaynağı olarak ülkemizde olduğu kadar dünya genelinde de genel kabul görmüş ve vazgeçilmesi güç bir ihtiyaç halini almıştır. Konut sektörü, doğal gazı ağırlıklı olarak ısınma amaçlı kullanmakta, dolaylı olarak elektrik tüketimi nedeniyle de doğal gaz talebini etkilemektedir. Sanayi sektöründe, doğal gaz hammadde olarak kullanılmakta olup ikamesi güçtür. Elektrik üretimi sektöründe de, gerek dünya genelinde gerek ülkemizde, elektrik piyasaları mevcut haliyle doğal gaza bağımlı durumdadır. Tüm bu sebeplerle, doğal gaz talebinin fiyat esnekliği düşük, gelir esnekliği ise kısıtlıdır. Bu esnekliği düşük yapıda, artırıcı etkileri azaltıcı etkilerinden daha yüksek olsa da, doğal gaz tüketimini etkileyen önemli faktörler bulunmaktadır.

²² ibid, s.160

Bu faktörler iki başlık altında incelenebilir. Bunlar, kısa dönemli talebi etkileyen faktörler ve uzun dönemli talebi etkileyen faktörlerdir.

1.2.2.3.1. Kısa dönemli talebi etkileyen faktörler

- **Mevsimsellik etkisi**

Doğal gaz talebinde mevsimsellik etkisi önemli dalgalanmalara sebep olmaktadır. Tüketim miktarı hava sıcaklığının düştüğü aylarda artış göstermekte, hava sıcaklığının yükseldiği aylarda düşmekte, hatta mevsimler içindeki sıcaklık farkları da tüketimi artırıcı ya da azaltıcı etki yapmaktadır. Doğal gaz talebindeki bu dalgalanmanın en önemli sebebi konut ve ticaret sektörünün ısınma ihtiyacından kaynaklanmaktadır. Bu durum, doğal gaz talebinin kış aylarında tavan değerlere yükselmesine ve havaların ısındığı yaz aylarında daha düşük seviyelerde seyretmesine yol açmaktadır.

Toplam doğal gaz tüketiminde elektrik üretiminin payının zamanla artmasıyla, doğal gaz talebinde ısınmaya bağlı olarak meydana gelen keskin dalgalanmalar normalleşmeye eğilimine girse de, hava sıcaklığının yüksek seyrettiği yaz aylarında ısınma kaynaklı talebin yerini bu kez soğutma amaçlı tüketim almakta ve elektrik tüketimi vasıtasıyla doğal gaz talebini artırmaktadır. Ancak bu artış, yıl genelindeki keskin dalgalanmayı yumuşatsa da mevsimler içindeki dalgalanmayı artırmaktadır.

- **Fiyat etkisi ve yakıt ikamesi**

Doğal gaz fiyat esnekliği düşük, ikame edilmesi zor bir yakıttır. Öncelikle belirtmek gerekir ki, fiyatlardaki düşüşler, doğal gazın kullanım kolaylığı ve arz yeterliliği gibi sebeplerle tüketimi kolayca artırabilmekte iken fiyatlardaki artışlar, tüketimi sınırlı miktarda azaltabilmektedir. Ancak bu durum talepte meydana gelen dalgalanmalarda fiyat unsurunun göz önünde bulundurulmasına engel teşkil etmez.

Fiyat artışları, ısınma amaçlı doğal gaz tüketiminde, özellikle evsel kullanımda, tüketimi doğrudan azaltırken, dolaylı yoldan da muhtemel yeni doğal gaz tüketicilerinin de alternatif yakıtlar arasında karşılaştırma yaparak tercihlerini diğer yakıtlardan yana kullanmalarına neden olabilmektedir.

Ayrıca, elektrik üretiminde ve sanayi sektöründe, teknik kapasiteye sahip bazı tüketiciler, fiyatların yükselmesi durumunda enerji kaynağı olarak doğal gaz ihtiyacını kömür, fuel oil ya da sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) gibi alternatif yakıtlarla ikame edebilmekte, bunun sonucu olarak da doğal gaz talebini düşürücü etkide bulunabilmektedirler.

- **Ekonomik Konjonktür**

Gerek ulusal gerek küresel ekonomik şartlar, doğal gaz tüketimini önemli biçimde etkilemektedir. Ekonomik konjonktürün olumlu seyrettiği, ekonomik büyümenin söz konusu olduğu durumlarda, doğal gaz tüketimi, sanayi sektörünün doğrudan ve elektrik üretiminin dolaylı desteğiyle artış trendinde seyretmekte olup,

olası bir ekonomik kriz durumunda yine aynı dolaylı ve dolaysız etki ile önemli düşüş gösterir. Zira enerji üretime dayalı ekonomilerin en önemli girdisi durumundadır. Örneğin, 2008 yılında yaşanan küresel finansal krizinin yaşandığı dönemde, ülkemiz ekonomisi gelişmiş dünya ekonomilerine kıyasla daha az zarar görmesine rağmen doğal gaz tüketimimiz ekonomideki küçülmeye paralel olarak % 1,69 oranında azalırken, ekonomimizdeki büyümenin dünya çapında rekorlar kaydettiği 2011 yılında ekonomik büyümeye paralel olarak % 13,19 oranında artmıştır.²³

1.2.2.3.1. Uzun dönemli talebi etkileyen faktörler

- **Nüfus etkisi**

Toplumun nüfusunda meydana gelen değişimler, hem toplam enerji talebini hem de enerji kaynaklarının toplam içindeki payını etkilemektedir. Ayrıca, demografik yapının ekonomik büyüme üzerindeki etkisi göz önünde bulundurulduğunda toplum nüfusunun enerji tüketimini dolaylı olarak da etkilediği düşünülebilir.²⁴ Bu konuda yapılan bir araştırmada, ABD'nin 1970'den 2000 yılına kadar birincil enerji tüketiminin tüm sektörlerde % 45 arttığı ve aynı dönem için nüfus artışının % 38 olarak gerçekleştiği saptanmış, bu çerçevede ABD'nin birincil enerji tüketimindeki artışın yaklaşık % 87'sinin ABD'deki nüfus artışıyla bağlantılı olduğu hesaplanmıştır. Doğal gaz talebi özelinde bakıldığında, toplum nüfusunda meydana gelen değişimin, evsel kullanımda doğrudan, makroekonomik olarak

²³ Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, "Doğal Gaz Piyasası 2011 Yılı Sektör Raporu, Ankara, 2012 s. 72

²⁴ International Energy Agency, World Energy Outlook 2004, s. 19

bakıldığında ise üretimde meydana gelen artış ile dolaylı olarak doğal gaz talebini etkilediği ortaya çıkmaktadır.

- **Politik etkiler**

Hükümetler ve uluslararası kuruluşların enerji alanında ve diğer bazı dolaylı alanlarda yürütmekte olduğu politikalar enerji talebini önemli ölçüde etkilemektedir. Doğal gaz sektörüne baktığımızda, özellikle son yıllarda hükümetlerin yürütmekte oldukları çevre politikalarıyla birlikte, doğal gazın yaygınlaştırılması yönünde yürütülen uygulamalar ve sektörün rekabete açılması yönünde gelişen ortam, tüketimi artırmakta doğal gaz talebinin artmasına yol açmaktadır. Ayrıca, enerji ürünleri üzerinde uygulanan vergi politikaları da fiyat yoluyla tüketime etki edebilmektedir.

- **Teknolojik etkiler**

Teknolojik gelişmeler, enerji kaynaklarının farklı alanlarda da kullanımını mümkün kılmakta ve böylece enerji ürünlerinin talebinde uzun dönemli artış eğiliminin ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Doğal gaz açısından bakıldığında, doğal gazdan elektrik üretilmesine yönelik teknolojik gelişme ve doğal gazın taşıma araçlarında kullanılması yönündeki teknolojik gelişmeler doğal gaz tüketiminde artışa sebep olmaktadır.²⁵

²⁵ Pervan, Nalan, age, s. 57-61.

1.3. Türkiye doğalgaz piyasasının yapısı

Bu bölümde, ilk olarak Türkiye doğal gaz piyasasının tarihsel gelişiminden bahsedilecek olup ardından piyasanın arz ve talep tarafları hakkında detaylı olarak bilgi verilecektir.

1.3.1. Türkiye’ de doğal gazın tarihsel gelişimi

Türkiye’de doğal gaz, genel kanının aksine ithalatından önce ülke topraklarında üretilmeye başlanmıştır. 1970 yılında Kırklareli’ nde tespit edilen ilk doğal gaz rezervi, 6 yıl sonra Pınarhisar Çimento Fabrikası’nda kullanılmıştır. 7/7871 sayılı Kararname ile 15 Ağustos 1974 tarihinde Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) tarafından Boru Hatları ile Petrol Taşıma Anonim Şirketi (BOTAŞ) kurulmuştur. 1975 yılında Mardin Çamurlu sahasında bulunan doğal gaz, 1982 yılında Mardin Çimento Fabrikası’ na verilmiştir. Doğal gazın, sanayi ve şehir şebekelerinde yaygın kullanımı çalışmalarına, 84/8806 sayılı Bakanlar Kurulu kararıyla 1984 yılında SSCB ile imzalanan doğal gaz sevkiyatı anlaşmasının ardından 1987 yılında başlanmıştır. Doğal gaz kullanılarak elektrik üretimi ilk kez, Trakya ve Ambarlı Doğal Gaz Çevrim Santrallerinde gerçekleştirilmiştir. Doğal gaz, şehir içi evsel ve ticari olarak ise ilk kez 1988’ de Ankara’ da kullanılmıştır. Doğal gaz pazarı, 1992 yılında İstanbul, Bursa, Eskişehir, İzmit’ i de içine alarak genişlemiştir.²⁶ 8 Şubat 1995 tarihinde ise BOTAŞ, 95/6526 sayılı Bakanlar Kurulu

²⁶ Kandemir, Canan, “Doğal Gaz Dağıtım Şirketleri Düzenleyici Muhasebe Sistemi” Yayımlanmamış Uzmanlık Tezi, EPDK, Ankara, 2012, s. 27

Kararı ile TPAO' nun bağlı ortaklığı statüsünden çıkarılarak, yeni bir Kamu İktisadi Teşekkülü (KİT) olarak yapılandırılmıştır.²⁷

Türkiye doğal gaz piyasasının bugününü daha detaylı incelemeden önce, piyasanın geçmişine göz atmak faydalı olacaktır. Doğal Gazın Kullanımı Hakkındaki 350 sayılı Kanun Hükmünde Kararname (KHK)' nin yerine ihdas edilen 397 sayılı sayılı KHK (02.01.1990) çerçevesinde, ithal edilen doğal gaz ile BOTAŞ tarafından satın alınan yerli doğal gazın satışı, satış fiyatının tespiti ve ülke içinde iletiminin yetkisi BOTAŞ' a aitti. Şehirlerde doğal gaz dağıtımı ve satışı ise Bakanlar Kurulu iznine tabi olarak BOTAŞ veya bu amaçla kurulmuş sermaye şirketleri tarafından yapılmaktaydı.

BOTAŞ' ın doğal gaz ile ilgili kurulan şirketlere ortak olma hakkı vardı. Yılda 1.000.000 metreküpten fazla doğal gaz kullanan sanayi kuruluşlarına ve Organize Sanayi Bölgelerine doğal gaz satış yetkisi BOTAŞ' a aitti. Görüldüğü gibi, 4646 Sayılı Doğal Gaz Piyasası Kanunu (Kanun) öncesinde sadece üretim alanında özel sektör faaliyetleri devam etmekte olup, diğer alanlar rekabete açık değildi.

1980' li yılların başından itibaren dünya piyasalarında başlayan serbestleşme eğilimi neticesinde tekелci piyasaların rekabete açılması süreci başlamış ve zamanla hız kazanmıştır. Enerji piyasalarında da, tekел firmalardan kaynaklanan toplumsal refah kayıplarını azaltmak ve etkin bir rekabet tesis etmek amacıyla başlangıçta Anglo-Sakson ülkelerinde ve akabinde Batı Avrupa ülkelerinde gerekli yasal ve idari düzenlemelere gidilmiştir. Bu kapsamda oluşturulan piyasa/pazar paylaşım esasları

²⁷ BOTAŞ resmi web sitesi, <http://www.botas.gov.tr/index.asp>, Erişim tarihi: 20.08.2012

çerçevesinde Kanun 2 Mayıs 2001 tarihinde yasalaşmıştır. Doğal gaz piyasası; Kanun’ da öngörülen 12 aylık hazırlık dönemine ilave olarak yine Kanun’ da belirtilen 6 aylık süre uzatımı da kullanılarak, 2 Kasım 2002 tarihinde açılmıştır. Kanun’ un amacı doğal gazın; kaliteli, sürekli, ucuz, rekabete dayalı esaslar çerçevesinde ve çevreye zarar vermeyecek şekilde tüketicilerin kullanımına sunulması için doğal gaz piyasasının serbestleştirilerek; mali açıdan güçlü, istikrarlı ve şeffaf bir doğal gaz piyasasının oluşturulması ve bu piyasada bağımsız bir düzenleme ve denetimin sağlanmasıdır. Kanun, düzenleme ve denetlemenin mali ve idari yönden bağımsız bir otorite olan Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından gerçekleştirilmesini öngörmüştür.²⁸

1.3.2. Türkiye doğal gaz piyasasının arz yapısı ve piyasa faaliyetleri

1.3.2.1. Üretim

4646 sayılı Kanun, doğal gazın üretimini, 07.03.1954 tarihli ve 6326 sayılı Petrol Kanunu kapsamında Türkiye’de yer altında bulunan yataklarından yer üstüne çıkarılması, temizlenmesi, arıtılması ve toplama hatlarıyla iletim hatlarına kadar taşınması olarak tanımlamıştır. Arama ruhsatları Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (PIGM) tarafından verilmektedir.

Üretim faaliyeti, 4646 sayılı Kanun kapsamında piyasa faaliyeti olarak kabul edilmemekle birlikte, üretim şirketleri ürettikleri doğal gazı, toptan satış lisansı almak suretiyle toptan satış şirketlerine, ithalatçı şirketlere, ihracatçı şirketlere,

²⁸ Yardımcı, Okan, “Petrol Fiyatlarının Doğal Gaz Fiyatları Üzerindeki Etkisi ve Türkiye İçin Öneriler”, Yayınlanmamış Uzmanlık Tezi, EPDK, Ankara, 2010, s. 22-23

dağıtım şirketlerine, kuyu başından olmak kaydıyla CNG satış şirketleri ile CNG iletim ve dağıtım şirketlerine, serbest tüketicilere, ihracatçı lisansı almak suretiyle de yurt dışına pazarlayabilirler.

Bu kapsamda EPDK' dan toptan satış lisansı almış olan;

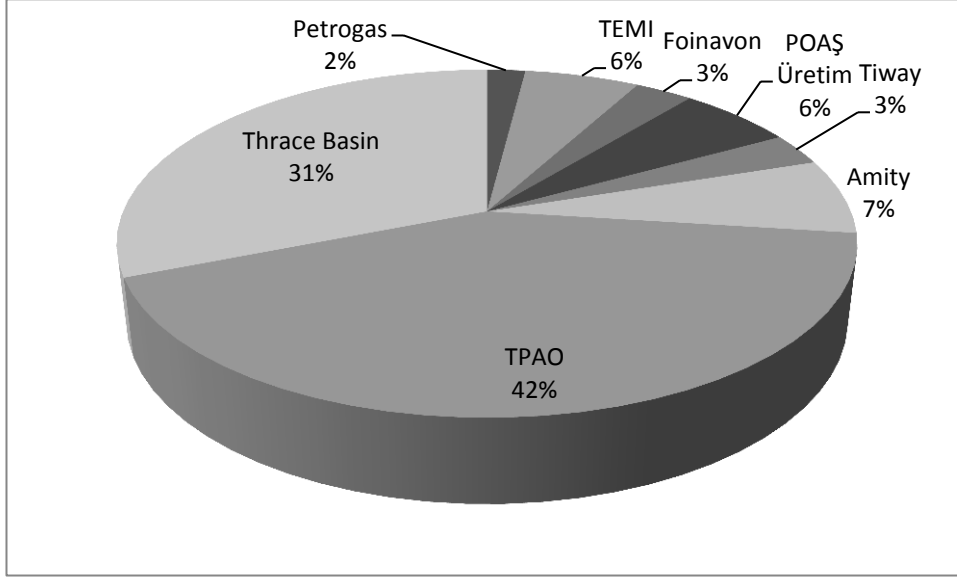
- TPAO,
- Amity Oil International Pty Limited (Merkezi Avustralya-Türkiye İstanbul Şubesi),
- Thrace Basin Natural Gas Corporation (Ankara Türkiye Şubesi),
- Foinavon Energy Inc (Merkezi: Kanada) Türkiye-Ankara Şubesi,
- Tiway Turkey Limited (Ankara Türkiye Şubesi),
- Petrol Ofisi Arama Üretim Sanayi ve Ticaret A.Ş.,
- Transatlantic Exploration Mediterranean Int. Pty. Ltd. (Merkezi: Avustralya) Türkiye İstanbul Şubesi,
- Petrogas Petrol Gaz ve Petrokimya Ürünleri İnşaat Sanayi ve Ticaret A.Ş.

tarafından Güney Doğu Anadolu, Trakya ve Batı Karadeniz bölgelerinde üretilen doğal gaz, üretim bölgelerinde bulunan sınıai ve ticari kuruluşlara, dağıtım şirketlerine ve toptan satış şirketlerine sunulmaktadır.

Yıllara göre doğal gaz üretim miktarları ise Tablo-2' de, üretim şirketlerinin toplam üretim içindeki payları ise Şekil-?' de verilmektedir.

Tablo 6: 2006-2011 yılları doğal gaz üretim miktarları²⁹

Yıllar	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Miktar	948	874	969	687	682	760



Şekil 7 : Üretim şirketlerinin üretim içindeki payları

1.3.2.2. İthalat

1970'lerde kullanımına başlanan ve enerji talebindeki artışa paralel olarak sahip olduğu avantajlar nedeniyle kullanım oranı ve alanları gittikçe artan doğal gazın, mevcut ve potansiyel kullanımının karşılanmasında yurt içi rezerv ve üretim miktarlarının oldukça sınırlı düzeylerde kalması, Türkiye için yüksek miktarda doğal gaz ithalatını zorunlu hale getirmiştir.

²⁹ EPDK Doğal Gaz Piyasası 2011 Yılı Sektör Raporu, s. 30

Tablo-7' de ülkemizin doğal gaz ithalat anlaşmaları ve detayları gösterilmektedir.

Tablo 7: Türkiye doğal gaz alım anlaşmaları.³⁰

Mevcut Anlaşmalar	Miktar (Plato) (Milyar m ³ /yıl)	İmzalanma Tarihi	Süre (Yıl)	Durumu
Rus.Fed. (Batı)	6	14 Şubat 1986	25	Uzatıldı
Cezayir (LNG)	4	14 Nisan 1988	20	Devrede
Nijerya (LNG)	1.2	9 Kasım 1995	22	Devrede
İran	10	8 Ağustos 1996	25	Devrede
Rus. Fed. (Karadeniz)	16	15 Aralık 1997	25	Devrede
Rus. Fed. (Batı)	8	18 Şubat 1998	23	Devrede
Türkmenistan	16	21 Mayıs 1999	30	-
Azerbaycan	6.6	12 Mart 2001	15	Devrede

2005-2011 yılları arasında gerçekleşen ithalat miktarları ise kaynak ülke bazında Tablo-8' te verilmektedir.

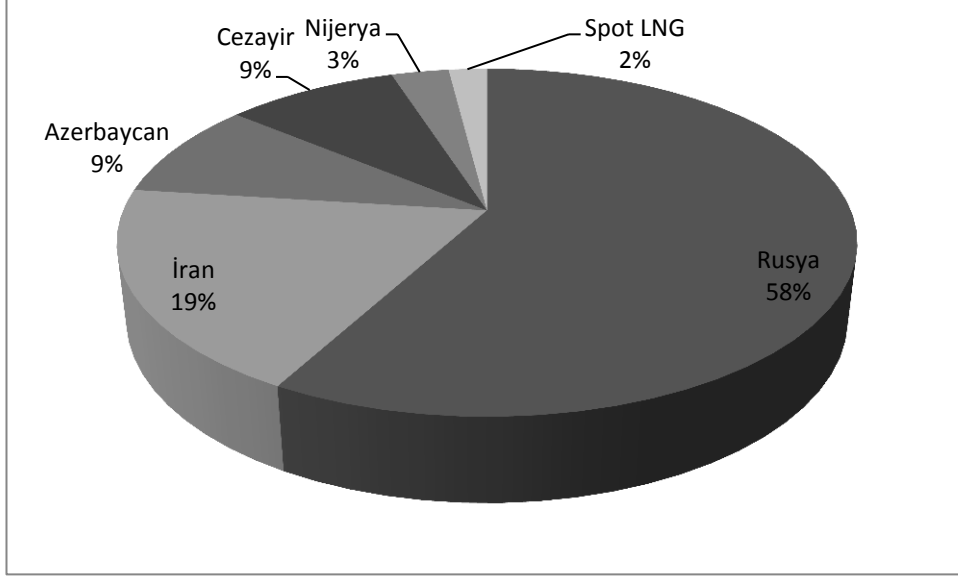
Tablo 8: 2005-2011 yılları doğal gaz ithalat miktarları.³¹

Yıl	Rusya	İran	Azerbaycan	Cezayir	Nijerya	Spot LNG	Toplam
2005	17.524	4.248	0	3.786	1.013	0	26.571
2006	19.316	5.594	0	4.132	1.100	79	30.221
2007	22.762	6.054	1.258	4.205	1.396	167	35.842
2008	23.159	4.113	4.580	4.148	1.017	333	37.350
2009	19.473	5.252	4.960	4.487	903	781	35.856
2010	17.576	7.765	4.521	3.906	1.189	3.079	38.036
2011	25.406	8.190	3.806	4.156	1.248	1.069	43.874

³⁰ BOTAS resmi web sitesi, <http://www.botas.gov.tr/index.asp>, Erişim tarihi: 21.08.2012

³¹ BOTAS resmi web sitesi, <http://www.botas.gov.tr/index.asp>, Erişim tarihi: 21.08.2012

Şekil-8’ de ülkemizin doğal gaz ithalatında kaynak ülke dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 8: Türkiye doğal gaz ithalatının kaynak ülke dağılımı.³²

Yukarıdaki şekil ve tablolarda da görüldüğü üzere ülkemizin doğal gaz ithalatında Rusya’ ya önemli ölçüde bağımlılığı söz konusudur.

Bu noktada, ülkemiz doğal gaz ithalatını boru hatları ile ithalat, sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG) ve sözleşme devri yolu ile ithalat olmak üzere üç kısımda incelemek doğru olacaktır.

- **Boru hatları ile ithalat**

³² EPDK Doğal Gaz Piyasası 2011 Yılı Sektör Raporu, s.32

Rusya'yla 1986 yılında imzalanan yıllık 6 milyar m³ (plato) miktarındaki ilk alım anlaşmasının ardından, artan tüketim miktarının karşılanabilmesi amacıyla imzalanan diğer alım anlaşmaları kapsamında sırasıyla Rusya (İlave Batı Hattı), İran ve Rusya (Mavi Akım Hattı)' dan doğal gaz alımına devam edilmiştir. 12.03.2001 tarihinde imzalanan alım anlaşması kapsamında 2007 yılından itibaren Azerbaycan'dan da doğal gaz alımına başlanmıştır. Böylece mevcut durum itibariyle Türkiye, 1999 yılında imzalanmakla birlikte henüz devreye girmediği için toplama dahil edilmeyen Türkmenistan anlaşması hariç olmak üzere, 3 farklı ülkeden uzun dönemli doğal gaz alım anlaşmaları kapsamında boru hatlarıyla doğal gaz ithalatı gerçekleştirmektedir.

Rusya Federasyonu'ndan doğal gaz ithalatı yapmak üzere, BOTAŞ ile Gazprom Export Limited Liability Company ile 14.02.1986 tarihinde imzalanmış olan doğal gaz alım satım anlaşması 31.12.2011 tarihi itibarıyla sona ermiş, ancak aynı kapasitede doğal gaz, özel sektör eli ile ithal edilmeye başlamıştır.

- **Sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG) ithalatı**

Doğal gazın boru hatları ile iletiminin teknik veya ekonomik açıdan mümkün olmadığı durumlarda doğal gaz, -162 °C' ye kadar soğutularak sıvılaştırılır ve hacmi 600 kata kadar küçültülen sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG) özel olarak imal edilmiş tankerler vasıtasıyla taşınır.

Arz kaynaklarının çeşitlendirilerek arz güvenliğinin ve tedarikte esnekliğin artırılması amacıyla BOTAŞ tarafından, 1988 yılında imzalanan alım anlaşması

kapsamında 1994 yılından itibaren Cezayir'den, 1995 yılında imzalanan alım anlaşması kapsamında ise 1999 yılından itibaren Nijerya'dan LNG alımına başlanmıştır. 2006 yılında Rusya ve Ukrayna arasında yaşanan doğal gaz krizi sonrasında Batı Hattından gelen doğal gazın azalması, İran'ın teknik sorunlar ve iç tüketimini karşılayamadığı gerekçeleriyle ihraç ettiği doğal gazı kış aylarında kesmesi, yeterli depolama kapasitesine sahip olmayan Türkiye'nin boru hatlarından gelen doğal gazda arz sıkıntısı yaşamasına neden olmuştur.

Tedarikçi ve transit ülkelerden kaynaklanan nedenler ve teknik nedenlerle özellikle kış aylarında günlük gaz sözleşme değerlerinin altında doğal gaz arzının gerçekleştiği ve dolayısıyla günlük arz-talep dengesinin sağlanmasında sıkıntıların yaşandığı durumlarla karşı karşıya kalınmıştır. Cezayir ve Nijerya'dan uzun dönemli sözleşmelerle alınan LNG ile spot piyasadan alınan LNG' nin depolanması, gazlaştırılması ve iletim hattına gönderilmesinde kullanılmakta olan iki adet LNG terminali bulunmaktadır.

Bunlardan biri, yapımına Cezayir ile yapılan anlaşma sonrasında başlanmış olan ve 1994 yılında işletmeye alınan BOTAŞ mülkiyet ve işletmesindeki Marmara Ereğlisi LNG Terminali, diğeri de Ege Gaz A.Ş. tarafından 2001 yılında Aliğa'da kurulan ve 2006 yılında kullanılmaya başlanan Ege Gaz A.Ş. LNG Terminalidir.

2008 yılından bu yana gerek spot gerekse de uzun dönemli sözleşmelerle gerçekleşen LNG ithalatının durumuna bakıldığında; 2008 yılında ulusal doğal gaz tüketiminin %14,9' unun LNG ile karşılanmakta olduğu, bu oranın 2009' da %17,2'

ye, 2010' da %21,5' e yükseldiği görülmüştür. Ancak 2011 yılında ulusal doğal gaz tüketiminin LNG ile karşılanmakta olan oranı %14,8' e düşmüştür.

2011 yılında dünyada LNG talebinde artış gözlenmiştir. Özellikle Japonya'da meydana gelen deprem ve tsunami felaketine bağlı olarak ortaya çıkan nükleer enerji kayıplarının LNG ile karşılanması, ayrıca Çin ve Hindistan'daki ekonomik büyümeye bağlı olarak LNG taleplerinin artması gibi nedenler LNG talebinde ve dolayısıyla LNG fiyatlarında artışa neden olmuştur. Öte yandan Japonya'daki depremler sonrasında meydana gelen nükleer sızıntı ile özellikle Uzakdoğu' da denize radyasyonlu su sızması neticesinde LNG tankerlerinin sigorta primlerinin ve kiralalarının artması da LNG maliyetlerini dolayısıyla da LNG fiyatlarını artırmıştır.

Bu hususların, ülkemizde gerçekleştirilen LNG ithalatında düşüşe sebep olduğu değerlendirilmektedir. Ulusal doğal gaz tüketiminin LNG ile karşılanan kısmı şirketler bazında karşılaştırıldığında; 2008 yılında ulusal doğal gaz tüketiminin %14,9' unun BOTAŞ tarafından karşılandığı, 2009 yılında bu oranın %15,8' e yükseldiği ve 2010 ile 2011 yıllarında ise %13' lere düştüğu görülmektedir. Aynı şekilde Ege Gaz A.Ş.' nin ilk defa 2009 yılında getirdiği LNG ile ulusal doğal gaz tüketiminin %1,5' ini karşıladığı, 2010 yılında bu oranın %8,1' e çıktığı, 2011 yılında ise %2' ye düştüğu görülmektedir.

- **Sözleşme devirleri**

Kanun'un Geçici 2 nci maddesi çerçevesinde, BOTAŞ'ın Alıcı olarak tarafı bulunduğu Doğal Gaz Alım Satım Sözleşmelerinin üçüncü taraflara devrine ilişkin

yürütülen çalışmalar kapsamında öngörülen sözleşme devri mekanizması, 30.11.2005 tarihinde BOTAŞ tarafından 6 adet alım sözleşmesi için 6 ayrı ihaleye çıkılarak işletilmeye başlanmıştır. Söz konusu ihalelerde, 250 milyon Cm³'lük lotlar üzerinden 64 lota karşılık gelen toplam 16 milyar Cm³/yıl miktarındaki kısım devir konusu yapılmakla birlikte satıcı ön onay belgesinin sunulamaması nedeniyle tekliflerin bir kısmı geçersiz sayılmıştır. Teklifler içinde sadece, 16 lot için (4 milyar m³/yıl) ihaleye çıkılan 18.02.1998 tarihli Doğal Gaz Alım-Satım Sözleşmesinin devri için verilmiş olan 4 adet teklif geçerli sayılmıştır. BOTAŞ tarafından yapılan en uygun teklif sıralaması Tablo-9' da gösterilmektedir.

Tablo 9 : Sözleşme devir miktarları.³³

Sıra	Şirket adı	Lot (0,25 bcm/yıl)
1	Enerco Enerji Sanayi ve Ticaret A.Ş.	10
2	Bosphorus Gaz Corporation A.Ş.	1
3	Avrasya Gaz A.Ş.	2
4	Shell Enerji A.Ş.	3

Söz konusu şirketlerden Shell Enerji A.Ş. Aralık 2007'de, Bosphorus Gaz Corporation A.Ş. 3 Ocak 2009'da, Enerco Enerji Sanayi ve Ticaret A.Ş. ve Avrasya Gaz A.Ş. ise Nisan 2009'da ithalat faaliyetine başlamış bulunmaktadır.

Aynı kapsamda, gaz arzının devam etmekte olduğu İthalat Sözleşmelerinden BOTAŞ'ın tarafı olduğu Gazprom Export LLC ile 15.12.1997 tarihinde imzalanan,

³³ BOTAŞ Resmi web sitesi, <http://www.botas.gov.tr/index.asp>, Erişim tarihi: 21.08.2012

16 bcm/yıl miktarlı doğal gaz alım satım sözleşmesinin 6 bcm/yıl miktarlık kısmı için sözleşme devrinin tamamlanmasına yönelik çalışmalar devam etmektedir.³⁴

1.3.2.3. İhracat

İthal edilmiş veya yurt içinde üretilmiş doğal gazın yurt dışına ihraç faaliyeti, Enerji Piyasası Düzenleme Kurum' ndan ihracat lisansı almış tüzel kişiler tarafından lisanslarında belirtilen ülkeler dâhilinde gerçekleştirilebilmektedir. İhracat lisansı sahibi şirketler ile lisanslarında belirtilen doğal gazı ihraç edilecek ülkeler Tablo- 10' da görülmektedir.

Tablo 10: İhracat lisansı sahibi tüzel kişiler ve ihracat yapılabilecek ülkeler.³⁵

Lisans sahibi	İhracat yapılacak ülke
BOTAŞ	Yunanistan
Setgaz İthalat İhracat ve Toptan Satış A.Ş.	Bulgaristan
Liquified Natural Gas İhracat Ticaret Ltd. Şti.	Yunanistan
Ege Gaz A.Ş.	Yunanistan

İhracat lisansları kapsamında lisans sahibi tüzel kişilerden halihazırda sadece BOTAŞ faaliyette bulunmaktadır. BOTAŞ, lisansı çerçevesinde Yunanistan'a doğal gaz ihracatı gerçekleştirmektedir. 23 Şubat 2003 tarihinde imzalanan Hükümetlerarası Anlaşma ve 23 Aralık 2003 tarihinde BOTAŞ ile DEPA (Dimosia Epichirisi Paroxis Aeriou-Yunanistan) arasında imzalanan Doğal Gaz Alım Satım Anlaşması sonrası Temmuz 2005'te inşaatına başlanan Türkiye-Yunanistan Doğal Gaz Boru Hattı'nın tamamlanması ile 18.11.2007 tarihinde Yunanistan'a doğal gaz ihracatına başlanmıştır. Azeri Şah Deniz-1 sahasından alınan gazın Yunanistan'a

³⁴ EPDK Doğal Gaz Piyasası 2011 Yılı Sektör Raporu, s. 31-33

³⁵ ibid, s. 38

satılmasına ilişkin Alım Satım Anlaşması yıllık 750 milyon m³' lük bir sevkiyatı içermektedir. BOTAŞ tarafından Yunanistan' a ihraç edilen doğal gaz miktarlarına ilişkin veriler Tablo-11' de verilmektedir.

Tablo 11: 2007-2011 yılları doğal gaz ihracat miktarları (milyon m³).³⁶

Yıllar	2007	2008	2009	2010	2011
Miktar	30,8	435,8	708,5	648,6	714

1.3.2.4. İletim

Türkiye'de doğal gazın boru hattı yoluyla iletimi faaliyeti, BOTAŞ tarafından yürütülmektedir. Kanun gereği, BOTAŞ' ın yatay bütünleşmiş tüzel kişiliğe uygun olarak yeniden yapılandırılması sonucunda ortaya çıkacak şirketlerden iletim faaliyeti yapan şirketin kamu niteliğinin devam edeceği öngörülmektedir.

Şebekeye üçüncü taraf erişiminin söz konusu olması, yani şebekenin sahibi ya da işletmecisi olan şirket dışındaki şirketlerin iletim şebekesi üzerinden gazını taşıtabilmeleri, piyasaya giriş yapabilmeleri anlamına geleceğinden rekabet yaratıcı bir sonuç doğurmaktadır. İlgili AB Direktif ve Tüzüklerinin tesislere üçüncü taraf erişimini düzenleyen kuralları çerçevesinde iletim şebekesine üçüncü taraf erişimi düzenlemeye tabi kılınmış ve şebekeye erişimin reddedilmesiyle ilgili gerekçeler kurala bağlanmıştır.³⁷

³⁶ EPDK Doğal Gaz Piyasası 2011 Yılı Sektör Raporu, s. 31-33

³⁷ ibid, s. 42-43.

Mevcut Kanun ile özel şirketler de transit hatlar dahil yerel ve bölgesel iletim şebekesi yapmak, işletmek ve bu hatların mülkiyetine sahip olmak hakkına sahiptir.³⁸ Ancak, BOTAŞ'ın ülke genelindeki yaygın iletim şebekesi ile rekabet etmek ekonomik olarak rasyonel bir tercih olmayacağından fiiliyatta BOTAŞ dışında boru hattı ile iletim faaliyetinde bulunan başka bir tüzel kişi bulunmamaktadır.

İletim faaliyeti boru hattı yoluyla yapılabildiği gibi, Doğal Gaz Piyasası Kanunu gereği Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'ndan lisans almak şartıyla LNG taşıma vasıtalarıyla da gerçekleştirilebilmektedir. Bu çerçevede LNG iletimi faaliyetini gerçekleştirmek üzere 2011 yılı itibariyle EPDK'dan iletim lisansı almış olan 22 adet şirket bulunmaktadır.³⁹

1.3.2.5. Depolama

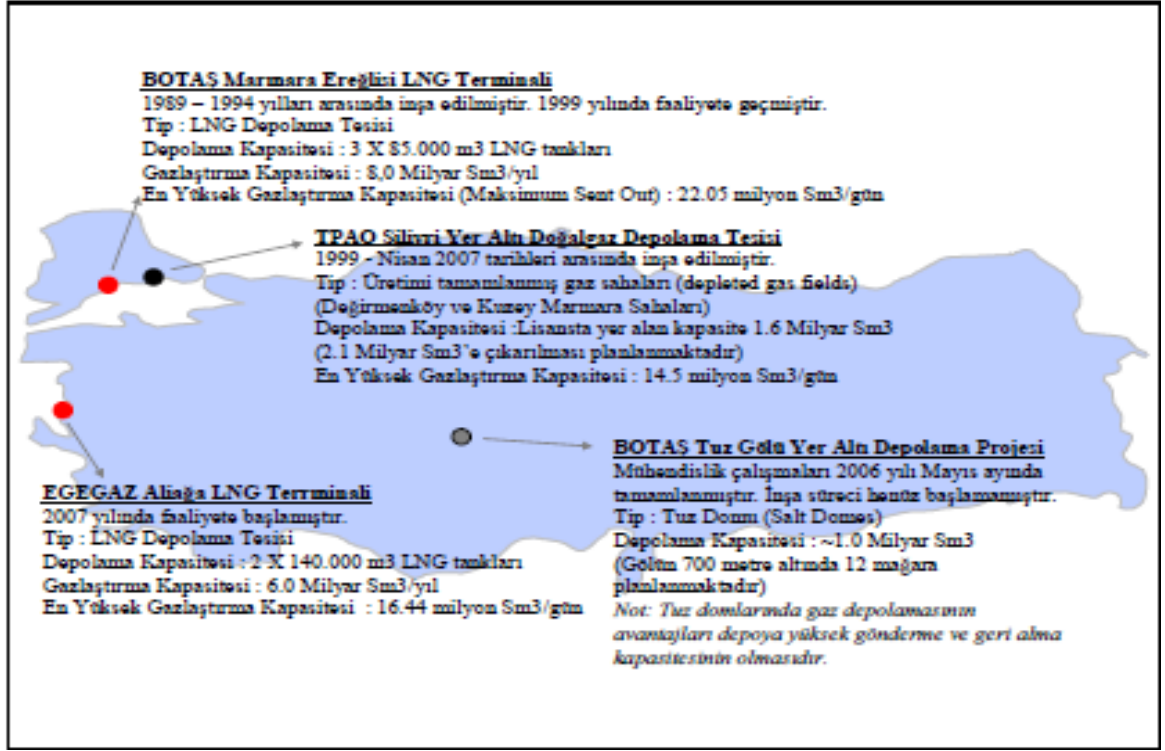
Günlük ve mevsimlik değişiklikleri karşılamak ve doğal gaz temininin azalması veya durması ile meydana gelen doğal gaz açığını gidermek ve sistemin sağlıklı çalışması amacıyla doğal gazın yer altı veya yer üstünde depolanmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Ülkemizde, LNG⁴⁰ veya gaz olarak depolama faaliyetinde bulunmak isteyen şirketlerin EPDK'da depolama lisansı alması gerekmektedir. Bu kapsamda yürürlükte olan depolama lisansları ve depolama faaliyetlerine ilişkin bilgiler Şekil-9'da görülmektedir.

³⁸ Yardımcı, Okan, age, s. 32.

³⁹ EPDK Doğal Gaz Piyasası 2011 Yılı Sektör Raporu, s. 43.

⁴⁰ Doğal Gaz Piyasası Kanunu'nda LNG tesisleri, depo olarak kabul edilmektedir.



Şekil 9: Ülkemizdeki doğal gaz depolama faaliyetleri.⁴¹

1.3.2.6. Dağıtım

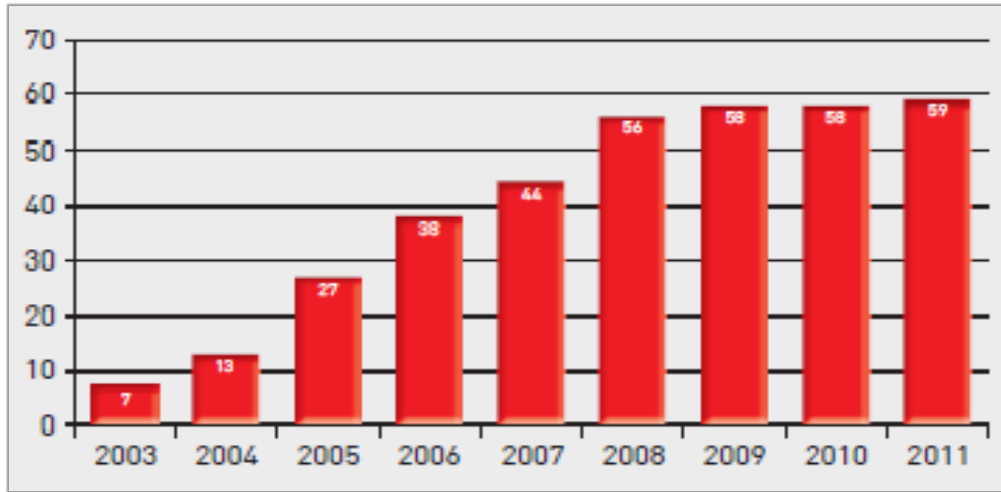
Doğal gazın, müşterilere teslim edilmek üzere mahalli gaz boru hattı şebekesi ile nakli, dağıtım faaliyetini oluşturur.

Kanunun yürürlüğe girdiği tarihten evvel alınmış kanuni bir hak, belge, izin veya yetkilendirmeye müsteniden doğal gaz piyasa faaliyeti yapan 7 adet dağıtım şirketi bulunmaktadır. Bunlar; İstanbul Gaz Dağıtım Sanayi ve Ticaret A.Ş. (İGDAŞ), Başkent Doğal Gaz Dağıtım A.Ş. (BAŞKENTGAZ), Adapazarı Gaz Dağıtım A.Ş. (AGDAŞ), İzmit Gaz Dağıtım Sanayi ve Ticaret A.Ş. (İZGAZ), Eskişehir Şehiriçi Doğal Gaz Dağıtım Tic. ve Taah. A.Ş. (ESGAZ), Bursa Şehiriçi

⁴¹ Yardımcı, Okan, age, s.34

Doğal Gaz Dağıtım Ticaret ve Taahhüt A.Ş. (BURSAGAZ) ve Bahçeşehir Gaz Dağıtım A.Ş. (BAHÇEŞEHİRGAZ)' dir.

EPDK tarafından açılan şehir içi doğal gaz dağıtım lisansı ihaleleri sonrasında, mevcut illerimizdeki dağıtım bölgeleri için verilen 7 dağıtım lisansı ile birlikte lisanslı dağıtım şirketi sayısı 2011 sonu itibariyle 62' ye, gaz arzı sağlanan dağıtım bölgesi sayısı ise 59' a ulaşmıştır. Doğal gaz arzı sağlanan dağıtım bölgesi sayısında 2003-2011 yıllarında ulaşılan rakamlar yıllar itibariyle Şekil-10' da görülmektedir.



Şekil 10: 2003-2011 yılları arasında doğal gaz arzı sağlanan dağıtım bölgesi sayısı.⁴²

Kanun' un yürürlüğe girmesini müteakip, ESGAZ ve BURSAGAZ, 2004 yılında Özelleştirme İdaresi Başkanlığı tarafından yapılan ihale sonucu özelleştirilmiştir. 14 Mart 2008 tarihinde BAŞKENTGAZ' ın özelleştirilmesine

⁴² EPDK Doğal Gaz Piyasası 2011 Yılı Sektör Raporu, s. 45

ilişkin yapılan ilk ihaleden sonra iki kez daha ihaleye çıkılmış ancak şirketin yapısal sorunları nedeniyle özelleştirme ihaleleri başarıyla sonuçlanamamıştır.⁴³ Daha sonra yapılan son ihale ile özelleştirme gerçekleştirilmiştir. İZGAZ'ın özelleştirilmesi ise tamamlanarak, 21.01.2009'da şirketin devri gerçekleştirilmiştir. İGDAŞ'ın da Kanun'un geçici 3üncü maddesi kapsamında özelleştirilmesi öngörülmektedir.⁴⁴

1.3.2.7. Toptan Satış

İthal edilmiş veya yurt içinde üretilmiş doğal gazın yurt genelinde CNG, ithalat, ihracat, dağıtım ve diğer toptan satış şirketleri ile serbest tüketicilere satışı faaliyeti, EPDK'dan toptan satış lisansı almış tüzel kişiler tarafından gerçekleştirilmektedir. İthalat lisansı sahibi tüzel kişiler, toptan satış lisansı alma zorunluluğu olmadan toptan satış faaliyetlerini yürütmektedirler.

Doğal Gaz Piyasası Kanunu'nda öngörülen liberal piyasa modeli, rekabetçi dinamiklere sahip olan toptan satış faaliyeti alanında rekabetin oluşturulması temeline dayanmakta olup, bu kapsamda toptan satış faaliyeti alanında piyasa oyuncu sayısının artırılması ve hakim yapıların önlenmesi önem arz etmektedir.

2011 yılı ülkemiz toptan satış piyasasında, toplam ulusal doğal gaz tüketiminin %87,5'lik kısmı, piyasanın ana tedarikçisi olan BOTAŞ tarafından karşılanmıştır. Sözleşme devri mekanizması sonucu piyasa tedarikçisi olan dört şirket ile ithalat (spot LNG) lisansı sahibi şirketlerin piyasadaki payları toplamı

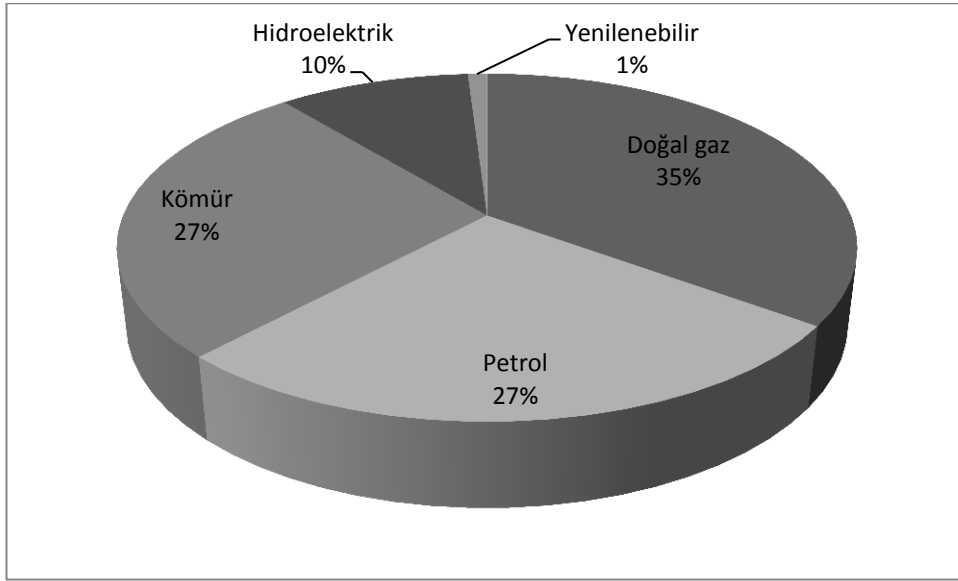
⁴³ Yardımcı, Okan, "BAŞKENTGAZ İçin Tokmak İnmiyor! Ne Yapmak Lazım?", Enerji Piyasası Bülteni, ISSN 1308-8262, Sayı : 20 Sayfa : 31-41, Nisan 2012

⁴⁴ Yardımcı, Okan, "Petrol Fiyatlarının Doğal Gaz Fiyatları Üzerindeki Etkisi ve Türkiye İçin Öneriler", Yayınlanmamış Uzmanlık Tezi, EPDK, Ankara, 2010, s. 34

%10,8, toptan satış lisansı sahibi üretim şirketlerinin payları ise %1,7 olarak gerçekleşmiştir.⁴⁵

1.3.3. Türkiye doğal gaz piyasasının talep yapısı

Türkiye, 2011 yılında bir önceki yıla göre % 9,2 artışla 118,8 milyon tpe birincil enerji tüketmiş olup bu rakam dünya toplam birincil enerji tüketiminin % 1' ine tekabül etmektedir. 118,8 milyon toe' lik söz konusu tüketiminde, 41,2 milyon tpe ile %35' lik pay ile doğal gaz ilk sırada yer almaktadır.



Şekil 11: Türkiye birincil enerji tüketimi.

Alternatif birçok yakıtta göre ucuzluğu, temiz bir yakıt olması, kullanım kolaylığı ve stoklama sorununun olmayışı vb. üstünlükleri doğal gaz talebini hızla artırmıştır. Ülkemiz doğal gaz tüketim miktarı ve toplam enerji tüketimi içindeki

⁴⁵ EPDK Doğal Gaz Piyasası 2011 Yılı Sektör Raporu, s. 41

payı da, dünyadaki artışa paralel olarak yıllar içinde artış göstermiştir. İlk olarak 1980' li yılların ikinci yarısında kullanılmaya başlanan ve özellikle 2000' li yıllarda büyüyen elektrik üretimi amaçlı doğal gaz tüketimi ile ulusal talep miktarı yıllık 40 bcm sınırının üzerine çıkmıştır. Öyle ki, 2011 yılı tüketim verilerine göre Türkiye, Yunanistan ve Çin' in ardından dünya tüketim artışı sıralamasında üçüncü sırayı almıştır.⁴⁶ 2010 yılında ulusal doğal gaz tüketimimiz 37,5 bcm olurken 2011 yılında bu rakam, ekonomimizdeki büyümeye paralel olarak, % 17,6 artışla 44,1 bcm olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 12: 2005-2011 yılları arası yıllık doğal gaz tüketimi (bcm/yıl)⁴⁷

Yıllar	Tüketim	Değişim	Değişim (%)
2005	27,3	5	22,4
2006	31	3,7	13,6
2007	35,4	4,4	14,2
2008	36,9	1,5	4,2
2009	35,2	-1,7	-4,6
2010	37,5	2,3	6,5
2011	44,1	6,6	17,6

Ulusal doğal gaz talep miktarı içindeki sektörel dağılıma bakılacak olursa, ilk sırayı elektrik üretimi amaçlı tüketim alırken, sırasıyla sanayi sektörü tüketimi ve ısınma amaçlı tüketim ikinci ve üçüncü sırayı almaktadır. 2011 yılı doğal gaz tüketiminin sektörlere göre tüketim verileri Tablo- 13' te detaylı olarak gösterilmektedir.⁴⁸

⁴⁶ Milliyet gazetesi,

<http://ekonomi.milliyet.com.tr/dunya-enerjisinin-yuzde-1-ini-turkiye-tuketti/ekonomi/ekonomidetay/17.09.2012/1597660/default.htm>, Erişim: 17.09.2012

⁴⁷ EPDK Doğal Gaz Piyasası 2011 Yılı Sektör Raporu, s. 71

⁴⁸ ibid, s.68

Tablo 13: 2011 yılı ulusal sektörel doğal gaz tüketim miktarları (m³)⁴⁹

TOPLAM TÜKETİM	44.145.580.829
Dönüşüm sektörü	21.142.329.336
Elektrik santralleri	13.208.760.168
Otoproduktör elektrik santralleri	7.820.728.611
Isı ve Elektrik Santralleri (CHP)	40.718.166
Otoproduktör Isı ve Elektrik Santralleri	53.362.192
Isı santralleri	0
Otoproduktör ısı santralleri	18.749.915
Diğer	10.284
Enerji sektörü	1.326.963.939
Petrol rafinerileri	1.326.958.654
Yüksek fırınlar	0
Diğer	5.285
Ulaşım sektörü	22.386.887
Araç yakıtı	11.339.450
Boru hattı taşımacılığı	8.086.400
Diğer	2.961.037
Sanayi sektörü	10.333.123.143
Ağaç ürünleri işleme	10.262.127
Alkol ve alkol ürünler	29.921.028
Ametal mineraller	1.221.467.864
Demir-çelik	908.842.266
Demir dışı metal üretimi ve işleme	568.394.237
Gıda ve içecekler	786.694.056
Gübre	726.369.908
İnşaat	391.808.443
Kağıt, selülöz ve baskı	151.736.249
Kimya(petrokimya ile)	884.448.104
Madencilik ve taş ocaklığı	144.226.705
Makine sanayi	62.046.967
Tekstil, deri ve giyim sanayi	575.902.214
Tütün ve tütün ürünleri	27.869.065
Ulaşım araçları sanayi	171.592.625
Organize sanayi bölgeleri	3.026.715.732
Diğer	644.825.554
Hizmet sektörü	2.479.052.461

⁴⁹ ibid, s. 68-69

Ticarethane	1.321.860.700
Resmi daire	1.004.230.549
Diğer	152.961.212
Diğer sektörler	8.841.725.063
Konut	8.778.534.715
Tarım ormancılık	16.377.817
Hayvancılık	37.647.153
Diğer	9.165.378

Tablo- 14' te ise ülkemiz 2010 ve 2011 yıllarındaki elektrik üretimi amaçlı, sınai ve ısınma amaçlı tüketimin toplam içindeki payları gösterilmektedir.

Tablo 14: 2010-2011 tüketim payları. ⁵⁰

	Elektrik üretimi	Sanayi	Isınma	Toplam
2010	52,6	27,13	20,27	100
2011	47,89	26,46	25,65	100

⁵⁰ EPDK Doğal Gaz Piyasası 2011 Yılı Sektör Raporu.

BÖLÜM II

TALEP TAHMİNİ, TALEP TAHMİNİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER VE LİTERATÜRDEKİ ÖRNEK ÇALIŞMALAR

Çalışmanın bu bölümünde, talep tahmini kavramı hakkında bilgi verilecek olup talep tahmini çalışmalarında yaygın olarak kullanılan yöntemler tartışılacak ve konu hakkında literatürde bulunan ve tez çalışmasının hazırlanmasında yol gösterici nitelikte olan örneklerden bahsedilecektir.

2.1. Talep tahmini kavramı

Talep, belirli bir dönemde ve belirli bir pazarda tüketicilerin değişik fiyat düzeylerinde satın almaya istekli oldukları ve satın alabilecekleri ürün miktarıdır. Talep, ürünün fiyatı, tüketicilerin gelirleri ve gelir dağılımları, tamamlayıcı ürünlerin fiyatı, tüketicilerin zevk ve tercihleri, fiyatlarla ve gelirlerle ilgili beklentilerden etkilenebilmektedir.

Talep tahmini, tüketicilerin gelecekte ne miktar mal ve hizmet talep edeceklerinin kestirilmesi işlevidir. Bu tahmin işletmenin üretim seviyesinin saptanmasında temel oluşturur. Hangi ürünün üretileceği, tüketicilerin bu üründen ne

miktar talep edecekleri ve bu talebin çoğunlukla hangi tarihlerde gerçekleşme olasılığının bulunduğu talep tahminleri ile yorumlanır.⁵¹

Talep tahmini belirli ilkelere ve yöntemlere göre yapılır. Ancak hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın, yapılan tüm talep tahminlerinin belli bir doğruluk derecesi söz konusudur ve hiç bir tahmin %100' lük bir doğruluk derecesine sahip olamaz.⁵²

Talep tahminlerinde bazı temel ilkeler göz önünde bulundurulmalıdır. Buna göre;

- Miktar veya çeşit bakımından büyük olan gruplar için yapılan tahminler daha doğrudur.
- Tahminlerin kapsadığı zaman aralığı kısaldıkça doğruluk artar.
- Her talep tahmin araştırmasında kabul edilebilecek bir hata oranı yer almalıdır.
- Herhangi bir talep tahmin araştırmasının sonuçlarını uygulamaya geçmeden önce kullanılan yöntem denenmelidir.⁵³

Başarılı bir talep tahmini temel olarak beş aşamada gerçekleştirilir. İzlenmesi gereken bu aşamalar şöyle sıralanabilir;

⁵¹ Meydan, Yusuf Ali, "Talep Tahmin Yöntemleri ve Orta ölçekli Bir İşletmede Uygulanması", İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2007, s. 8

⁵² Adıyaman, Fatih, "Talep Tahmininde Yapay Sinir Ağlarının Kullanılması", İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2007, s. 45-46

⁵³ Acar, Nesime, "Üretim Planlaması Yöntem ve Uygulamaları", Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, Ankara, 1998

1. Talebi etkileyen etkenlerin belirlenmesi
2. Verilerin toplanması
3. Talep tahmin periyodunun tespiti
4. Tahmin yönteminin seçimi
5. Tahmin sonuçlarının geçerliliğinin araştırılması.⁵⁴

2.2. Talep tahmininde kullanılan yöntemler

Talep tahmin çalışmalarında kullanılan yöntemler esas olarak üç gruba ayrılmaktadır. Bunlar, öznel yöntemler, istatistiki yöntemler ve yapay zeka yöntemleridir. Belirtmek gerekir ki; öznel yöntemler, bilimsel çalışmalarda diğerlerine kıyasla daha az kullanıldığından, çalışmanın bu bölümünde öznel yöntemlere de değinilecek ancak, istatistiki yöntemler ve yapay zeka yöntemlerine hakkında daha kapsamlı bilgilendirme yapılacaktır.

2.2.1. Öznel yöntemler

Öznel yöntemler matematiksel verilerden daha çok tecrübenin uygulanmasına, yargılama ve zekaya dayanan yöntemlerdir⁵⁵. En çok kullanılan öznel yöntemler şunlardır:

- ***Yönetici tahminlerini toplama:*** Üretim, satınalma, mali işler ve idari yöneticiler gibi bölüm yöneticilerinin tecrübe ve sezgileri dikkate alınarak talep tahmini yapılır. Araştırmacılar bütün yönetici ve görevlilerle tek tek

⁵⁴ Adıyaman, age., s.47-48

⁵⁵ Tekin, Mahmut, Üretim Yönetimi, Arı Ofset Matbaacılık, 1996, Konya

görüşerek bilgi toplar. Bu değerlerde kişisel değerlendirme ve sezgisel faktörler öne çıktığı için tahmin sonuçlarının hatalı olma ihtimali yüksektir. İstatistiki yöntemlerle birlikte kullanılarak hata oranı azaltılabilir.

- **Tüketici anketleri:** Örneklem yoluyla tüketici gruplarına anket yapılarak talep tahmini yapılabilir. Gelen cevaplar, istatistik yöntemler yardımıyla bütün tüketicileri kapsayacak şekilde analiz edilerek, talep tahmini yapılmaya çalışılır. Tahmin sonuçlarının tutarlı olması için seçilecek tüketici grubu doğru, bütün tüketicileri temsil edecek şekilde seçilmelidir ve örneklemedeki kişilerin sorulara doğru cevap vermiş olmaları gerekir.⁵⁶
- **Delphi yöntemi:** Mevcut verilerin bir istatistiksel analizi gerçekleştiremeyecek kadar az olduğu ve geçmişteki talep verilerinin gelecekteki talebi yansıtmaktan uzak kaldığı durumlarda, doğru bir talep tahmini için tüketicilerle bu ürüne ilişkin beklentiler arasında çok iyi bir ilişki kurabilecek uzmanların düşüncelerine başvurulması ve alternatif görüşlerde fikir birliğinin oluşturulmasını sağlamaya çalışan bir yöntemdir.⁵⁷
- **Nominal grup yöntemi:** Delphi yöntemindeki gibi sezgi ve deneyimlerine güvenilen bir uzmanlar grubu oluşturulmaktadır. Delphi yönteminden farklı

⁵⁶ Adıyaman, age, s. 48-49

⁵⁷ Adam, E., Ebert, R. J. , Production and Operations Management Concepts, Models and Behavior, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1992, s. 124

olarak, uzmanların birbirleri ile etkileşimine ve tartışmasına izin verilmektedir.⁵⁸

2.2.2. Zaman serisi yöntemleri

Zaman serisi, bir değişkene ilişkin zamanın belli düzenli periyotlarında ortaya çıkan nümerik verilerin kronolojik dizilişiyile oluşan veri setleridir. Zaman serilerine ilişkin veriler stokastiktir, diğer bir ifadeyle, zamanın belli anlarında rastsal değerler alırlar ve aldıkları bu değerlerin önceden kestirilebilmesi mümkün değildir. Zaman serileri yıllık, üç aylık ve aylık periyotlarda toplanmış verilerden oluşabileceği gibi daha dar ya da daha geniş periyotlar bazında da ölçümlenebilir. Tek bir değişkene ait veri setiyle yapılan analizler tek değişkenli zaman serisi analizi olarak adlandırılmaktadır. Tek değişkenli zaman serileri analizleri genel olarak ilgili değişkenin gelecek değerlerinin tahminlenmesi amacıyla kullanılır. Bir serinin ileriki dönemlerine ilişkin tutarlı tahminlerinin yapılabilmesi bu serinin, eğer varsa, nasıl bir fonksiyonel yapı içerisinde oluştuğunun veya bu yapıya en yakın fonksiyonel formun bulunmasını gerektirir.

Normal şartlar altında, zaman serilerinin gerçekte nasıl bir fonksiyonel yapıya bağlı olarak oluştuğu tam olarak hiçbir zaman bilinemez. Bununla beraber, ilgili serilere ilişkin çeşitli istatistiksel test ve analiz araçları kullanılarak elde edilen bulgular yardımıyla bu fonksiyonel formlara dair ipuçları sağlanabilir.

⁵⁸ Meydan, age, s. 24

Zaman serilerinde birçok analiz ve tahmin yöntemi bulunmaktadır. Çalışmanın bu bölümünde, bu yöntemler arasında en önemlileri hakkında bilgi verilecektir.

Regresyon analizi, bir değişkenin başka bir veya birkaç değişken karşısında gösterdiği farklı durumlar, sürekli bir fonksiyon halinde belirtilmektedir. Regresyon analizi yöntemi, basit, doğrusal çoklu ve eğrisel regresyon olmak üzere üç başlıkta incelenecektir.

Box-Jenkins tekniği; kesikli, doğrusal, stokastik süreçlere dayanır. Otoregresif (Auto Regressive - AR), Hareketli Ortalama (Moving Average - MA), Otoregresif - Hareketli Ortalama (Autoregressive-Moving Average - ARMA) ve Bütünlenen Otoregresif-Hareketli Ortalama (Autoregressive Integrated Moving Average - ARIMA), Box-Jenkins tahmin modelleridir. AR(p), MA(q) ve bunların birleşimi olan ARMA(p,q) modelleri durağan süreçlere uygulanırken, ARIMA(p,d,q) modelleri durağan olmayan süreçler için kullanılmaktadır.

ARMA modelleri, ele alınan serilerin durağan olmasını gerektirir. Diğer bir ifadeyle, serilerin trend içermemesi gerekir. Trend, uzun bir zaman devresi içerisinde, zaman serisinin belirli bir yönde gösterdiği genel eğilimdir. Trend analizi, uzun bir dönem analizi olduğundan verilerin aylık veya mevsimlik olarak verilmiş olması tahlilin sonucunu etkilemeyecektir. Serinin genel eğiliminin ölçülebilmesi için, ele alınan dönemin 10 yıldan az olmaması gerekli görülmektedir. Bir serinin

trendi doğrusal veya eğrisel olabilir. Ancak trendin önemli bir özelliği her iki durumda da istikrarlı oluşudur.⁵⁹

2.2.2.1. Regresyon analizi yöntemi

Serbest değişkenlerin bağımlı değişkenler üzerindeki etki biçimi ve yönü, istatistik denklemlerle belirtilebilmektedir. Bir örnekle belirtmek gerekirse, x_1, x_2, \dots bağımsız ve y bağımlı değişken olmak üzere, y ile x_1, x_2, \dots değişkenleri arasındaki,

$$y = f(x_1, x_2, \dots) \quad (\text{Eşitlik 2})$$

fonksiyonel ilişkiyi kestirme işlemi ya da bir dönemde söz konusu y ve x_1 gibi iki veya daha fazla değişken arasındaki ortalama ilişkiye regresyon analizi adı verilmektedir.

Regresyon analizi yöntemi, basit regresyon analizi, doğrusal çoklu analizi ve eğrisel regresyon analizi olmak üzere üç ana başlığa ayırmak mümkündür.

2.2.2.1.1. Basit regresyon analizi

Basit regresyon analizinin amacı, iki değişken arasındaki gerçek ilişkinin doğrusal bir bağıntı yardımıyla bir tahmini elde etmektir. Başka bir deyişle, değişkenler arasında bulunduğu kabul edilen gerçek doğrusal ilişkiyi verir.

⁵⁹ Demirel, Özkan, age, s. 29-30.

Basit regresyon, x ve y değişkenleri arasındaki ilişkiyi, x, bağımsız değişken, y, bağımlı değişken ve e_i , bilinmeyen tesadüfi değer olmak üzere, şu şekilde ortaya koyar⁶⁰;

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + e_i \quad (\text{Eşitlik 3})$$

2.2.2.1.2. Doğrusal çoklu regresyon analizi

Tek bir bağımlı değişkene karşılık, birden fazla bağımsız değişken söz konusu ise, model çoklu regresyon modeli olarak ifade edilir. Bağımsız değişken y olmak üzere, x_1, x_2, \dots, x_k gibi k sayıda bağımlı değişken ve u hata terimi arasında doğrusal bir ilişki bulunduğunu varsayalım. Bu durumda değişkenler arasındaki ilişki;

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_k x_{ki} + u_i \quad (\text{Eşitlik 4})$$

biçiminde ifade edilir.⁶¹

2.2.2.1.3. Eğrisel regresyon analizi

X bağımsız değişkeni ve y bağımlı değişkeni arasındaki ilişkinin eğilimi bir eğri biçiminde görülürse, bu iki değişken arasındaki bağıntı;

⁶⁰ Chatterjee, S., Hadi, A.S., “Regression Analysis by Example”, Wiley, 2006, s. 28

⁶¹ Dondurmacı, Gülser, “ Veri Madenciliği’ nde Regresyon Ağaçları ile Sınıflandırma ve Bir Uygulama”, Doktora Tezi, T.C. Mimar Sinan Üniversitesi fen Bilimleri Üniversitesi, İstanbul, 2011, s. 79

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i}^2 + \dots + \beta_k x_{ki}^k + u_i \quad (\text{Eşitlik 5})$$

şeklinde toplanabilir bir polinom modeli ile verilebilir.

Eğrisel modeller, hiperbolik ya da üstel ve böylece toplanamaz özellikte olabilirler. Bu modeller; logaritma ya da ters sayı dönüşümleri ile doğrusal modele çevrilebilir.

2.2.2.2. Box – Jenkins yöntemleri

Box-Jenkins metodu tek değişkenli bir model olarak, geleceği tahmin etme metodlarından biridir. Kısa dönem tahmininde oldukça başarılı olan bu metodun uygulandığı serinin, eşit zaman aralıklarıyla elde edilen gözlem değerlerinden oluşan kesikli ve durağan bir seri olması bu metodun önemli bir varsayımdır.⁶²

Box-Jenkins grubu, yani doğrusal stokastik modeller incelenen zaman serilerinin (stokastik süreçlerin) durağan olup olmaması durumuna göre doğrusal durağan stokastik modeller ve durağan olmayan doğrusal stokastik modeller olarak iki sınıfa ayrılır. Otoresif entegre hareketli ortalama (ARIMA) modelleri olarak bilinen durağan olmayan doğrusal stokastik modeller ayrıca zaman serilerinin

⁶² Bircan, H., Karagöz, Y., “Box-Jenkins Modelleri ile Aylık Döviz Kuru Tahmini Üzerine Bir Uygulama”, Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi (6) 2003 / 2 , s. 52

mevsim unsuru içerip içermemesi durumuna göre “mevsimsel ARIMA” ve “mevsimsel olmayan ARIMA” modelleri olarak sınıflandırılır.⁶³

Doğrusal durağan stokastik tahmin modelleri otoregresif (AR), hareketli ortalama (MA) ve otoregresif hareketli ortalama (ARMA) modelleridir.

2.2.2.2.1. Otoregresif (AR) model

AR modeller bir zaman serisinin herhangi bir dönemdeki gözlem değerini, aynı serinin ondan önceki belirli sayıda dönemin gözlem değerinin ve hata teriminin doğrusal bir bilişimi olarak ifade eden modellerdir. AR modeller içerdikleri geçmiş dönem gözlem değeri sayısına göre isimlendirilir. AR modeli bir tane geçmiş dönem gözlem değeri içeriyorsa “birinci dereceden” iki tane geçmiş dönem gözlem değeri içeriyorsa “ikinci dereceden” ve genel olarak p tane geçmiş dönem gözlem değeri içeriyorsa p’ inci dereceden AR modeli söz konusudur⁶⁴. AR (p) modelinin genel ifadesi şöyledir:

$$x_t = \phi_1 x_{t-1} + \phi_2 x_{t-2} + \dots + \phi_p x_{t-p} + a_t \quad (\text{Eşitlik 6})$$

$$x_t, x_{t-1}, x_{t-2}, \dots, x_{t-p}$$

gözlem değerleridir.

⁶³ Duru, Özlem, “Zaman Serileri Analizinde ARIMA Modelleri ve Bir Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, T.C. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2007, s. 16

⁶⁴ Thomas H.N., et.al., "Box Jenkins Methods: An Alternative to Econometric Models". International Statistical Review, C. 40, No. 2, 1972, sf. 125.

$\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_p$, modelin parametreleridir. p modelin derecesini ve a_t normal dağılmış hata değişkenidir.⁶⁵

AR süreci için, “Bir limonata satıcısı olduğunuzu ve her saat beş bardak limonata sattığınızı düşünürseniz eğer siz limonata sattığınız yeri kapatmak ve limonata bittiği için satmaktan vazgeçmek istemiyorsanız her saat başına tükenen limonata yerine yeni limonata doldurmanız gerekir. Böylece, her saat, beş bardak limonata satılsa da siz her zaman yerine yenisini ilave ettiğinizden siz bir kaza geçirmediğiniz sürece asla limonata sattığınızda bir aksama olmaz. Bu bir otoregresif süreci tarif eder. Çünkü daha az ya da daha fazla limonata satmanız şeklinde bir şok belli bir saatteki limonata seviyesini etkiler.” örneği verilebilir.⁶⁶

2.2.2.2.2. Hareketli ortalama (MA) modeli

MA modelleri, bir zaman serisinin herhangi bir dönemdeki gözlem değerinin, aynı döneminin hata terimi ve belirli sayıda geçmiş dönemin hata terimlerinin doğrusal bir bileşimi olarak ifade edildiği modellerdir.

MA modelleri içerdikleri geçmiş dönem hata terimi sayısına göre birinci dereceden, ikinci dereceden ve genel olarak q 'inci dereceden MA modelleri olarak adlandırılırlar.⁶⁷

MA(q) modelleri genel olarak aşağıdaki gibi gösterilir.

⁶⁵ Duru, age, s. 17

⁶⁶ Kara, Adem, “İzmir (Alsancak) Limanı Gelecek Talep Tahmini İçin Bir Yöntem Önerisi”, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2011, s. 59

⁶⁷ Duru, age, s. 18-19

$$Y_t = \mu + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (\text{Eşitlik 7})$$

Burada $a_t, a_{t-1}, a_{t-2}, \dots, a_{t-q}$ hata terimlerini, $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$ hata terimleri ile ilgili katsayıları, μ sürecin ortalaması olan bir sabiti göstermektedir.

Hareketli ortalama süreci için, “Yolda kalan kamyonları çekmek üzerine uzmanlaşmış olan bir şirkete sahip olduğunuzu düşünürseniz her bir yolda kalan aracın çekilmesi bir bağımsız olay olacaktır. Deneyimleriniz aracın bozulduğu yere ve araca sahip olan şirketin bir tamir şirketinin tamirhanesinin olduğu yere bağlı olarak, bir aracın çekilmesi ve onun tamirhaneye götürülmesi için üç günün gerekli olduğunu göstermiştir. Eğer siz yeterli çekiciye sahip olmazsanız aracın sahipleri bu işi başkasına verecektir. Bir gündeki tamir edilmek için çekilmesi gerekli araç sayısı size gerekli olan çekici için bilgi vermektedir. Üç gün ötesinde, bu günkü tercihler size gelecekte olanlar hakkında bir şey söylemez. Bu süreç bir hareketli ortalama sürecidir.” örneği verilebilir.⁶⁸

2.2.2.2.3. Otoregresif Hareketli Ortalama (ARMA) Modeli

Zaman serisi modellerinde esneklik sağlamak için en az sayıda parametre kullanma ilkesini gerçekleştirmek amacıyla bazı hallerde modele hem otoregresif hem de hareketli ortalama parametrelerinin alınması birçok fayda sağlamaktadır. Bu düşünce ARMA (p, q) modelini ortaya çıkarmıştır.

⁶⁸ Kara, age, s. 60.

Bu modelin, bir zaman serisinin herhangi bir t dönemine ait x_t gözlem değeri, ondan önceki belirli sayıda $x_{t-1}, x_{t-2}, \dots, x_{t-p}$ gözlem değerlerinin ve $a_t, a_{t-1}, a_{t-2}, \dots, a_{t-q}$ hata terimlerinin doğrusal birleşiminden meydana gelmektedir. ARMA (p, q) modelinin genel ifadesi;

$$x_t = \phi_1 x_{t-1} + \phi_2 x_{t-2} + \dots + \phi_p x_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (\text{Eşitlik 8})$$

$$x_t - (\phi_1 x_{t-1} + \phi_2 x_{t-2} + \dots + \phi_p x_{t-p}) = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (\text{Eşitlik 9})$$

şeklinde ifade edilebilir.⁶⁹

2.2.2.2.4. Durağan Olmayan Doğrusal Stokastik (ARIMA) Modeller

Uygulamada karşılaşılan serilerin çoğu, özellikle ekonomik zaman serileri durağan değildir. Bu serilerin durağanlığı trend, mevsimsel ve konjonktürel dalgalanmalar ve tesadüfi sebepler gibi etkenler tarafından bozulur. Durağan olmayan zaman serilerinin modellenmesi, seride durağanlığın sağlanmasına bağlıdır.

Durağanlığın sağlanması için söz konusu etkenlerin önce belirlenmesi, sonra da yok edilmesi gerekir. Bir zaman serisinin gözlem değerleri bu serinin ortalama değeri etrafında durağan değilse, serinin uygun derecede farkları alınarak durağanlık sağlanır. Fark alma derecesi d ile simgelenir ve uygulamada d genellikle 1 ve en çok 2 değerini alır.

⁶⁹ Hüdaverdi, et. al, age, s. 18-19.

Durağan olmayan ancak fark alma işlemiyle durağan hale dönüştürülmüş serilere uygulanan modellere entegre modeller veya “durağan olmayan stokastik modeller” adı verilir.⁷⁰

Bu entegre modeller belirli sayıda farkı alınmış serilere uygulanan AR ve MA modellerinin birleşimidir. Eğer AR modelinin derecesi p, MA modelin derecesi q ve serinin de d kez farkı alınmışsa bu modele (p, d, q) dereceden otoregresif entegre hareketli ortalama modeli denir ve ARIMA (p, d, q) şeklinde gösterilir.⁷¹

Farkı alınmış genel ARIMA(p,d,q) modelinin ifadesi şöyledir:⁷²

$$w_t = \phi_1 w_{t-1} + \phi_2 w_{t-2} + \dots + \phi_p w_{t-p} + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q} \quad (\text{Eşitlik 10})$$

2.2.2.2.5. Mevsimsel ARIMA modeli

Aylık veya üç aylık zaman aralıklarına ait gözlem değerlerinden oluşan zaman serilerinin birbirini izleyen yılların aynı aylarında/dönemlerinde maksimuma ve minimuma ulaşma eğilimi mevsim dalgalanmalarını ifade etmektedir. Doğal ve sosyal nedenler sonucu ortaya çıkan ve her yıl düzenli olarak tekrar eden bu dalgalanmaları içeren serilere “mevsimsel zaman serileri” adı verilir. Mevsimsel dalgalanmaların dalga uzunluğu s ile gösterilir, aylık gözlem değerlerinden meydana gelen serilerde genellikle 12’ dir. Ancak 6 aylık (s=6) periyoda sahip mevsimsel dalgalanmalara da rastlanabilir. Üçer aylık aralıklarla yapılan gözlem değerlerinden

⁷⁰ Duru, age, s. 21.

⁷¹ Hüdaverdi, et al., age, s. 51.

⁷² Duru, age, s. 21.

oluşan serilerde 4' tür.

Mevsimsellik zaman serilerinin durağanlığını bozan unsurlardan biridir, bu serilerde durağanlığın sağlanması için serinin mevsim etkisinden arındırması gerekir⁴. Bu amaçla gözlem değerlerinin s inci dereceden farkı alınması gerektiğinden, mevsimsel serilerin modellenmesinde s' nin bilinmesi önemlidir.

Mevsimsel serilerin modellenmesi ARIMA modelinden yararlanarak yapılır. Ancak yapılacak mevsimsel model hem veri düzeyindeki değişimleri hem de mevsimlerin etkisiyle oluşan değişimleri yansıtabilmelidir. Çünkü bir zaman serisi hem trende sahip olabilir, hem de bunun yanında mevsimsel dalgalanmalar içerebilir. Bu özellikte bir zaman serisinin gözlem değerleri arasında iki türlü ilişki vardır. Birbirini izleyen gözlem değerleri arasındaki ilişki ve birbirini izleyen yılların aynı aylarına ait gözlem değerleri arasındaki ilişki, yani mevsimsel ilişkidir.

Genel mevsimsel modelin derecesi, mevsimsel ve mevsimsel olmayan modellerin derecelerinin çarpımıdır ve (p,d,q) (P,D,Q) şeklinde gösterilir, (p,d,q) mevsimsel olmayan modelin derecesini, (P,D,Q) ise mevsimsel modelin derecesini ifade eder.⁷³

⁷³ibid, s. 23-24.

2.2.3. Yapay zekâ modelleri

Zekâ, insanın düşünme, akıl yürütme, objektif gerçekleri, algılama, yargılama ve sonuç çıkarma yeteneklerinin tamamı olarak tanımlanmaktadır.⁷⁴

Zekânın, iyileştirilebilir, geliştirilebilir ve değiştirilebilir olduğu ve çeşitli yollarla sergilenebildiği, gerçek hayat durumlarından veya koşullarından soyutlanamayacağı bilinmektedir. Gardner, insan beyninin farklı bölümlerden oluştuğu ve her bir bölümün özel işlevlere sahip olduğu fikrini ortaya atmış ve zekâyı, değişen dünya şartlarında yaşamak ve değişimlere uyum sağlamak amacıyla her insanda kendine özgü bulunan yetenekler ve beceriler bütünü olarak, topluma faydalı şeyler yapabilme kapasitesi olarak tanımlamıştır.⁷⁵

Yapay zekâ ise; bir bilgisayarın ya da bilgisayar denetimli bir makinenin, genellikle insana özgü nitelikler olduğu varsayılan akıl yürütme, anlam çıkartma, genelleme ve geçmiş deneyimlerden öğrenme gibi yüksek zihinsel süreçlere ilişkin görevleri yerine getirme yeteneği olarak tanımlanmaktadır.⁷⁶

Yapay zekâ ile tahminleme yöntemleri, yapay sinir ağları, bulanık mantık ve bunların hibrit uygulaması olan ANFIS (Adaptive neuro fizzy inference system) olmak üzere üç ayrı başlık altında incelenecektir.

⁷⁴ Türk Dil Kurumu, Genel Türkçe Sözlüğü, http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_gts&arama=gts&kelime=zek%C3%A2&uid=58140&gclid=TDK.GTS.50605822afe536.37274226, Erişim: 08.09.2012

⁷⁵ Civelekoğlu, Gökhan, “Aritma Proseslerinin Yapay Zeka ve Çoklu İstatistiksel Yöntemler ile Modellenmesi”, Doktora Tezi, T.C. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 2006, s. 26,27.

⁷⁶ Kalaycı, Tahir Emre, “Yapay Zeka Teknikleri Kullanan Üç Boyutlu Grafik Yazılımları İçin “Extensible 3d” (X3d) İle Bir Altyapı Oluşturulması Ve Gerçekleştirimi”, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2006, s. 66

2.2.3.1. Yapay Sinir Ağları (YSA)

İnsan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, oluşturabilme, keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir.

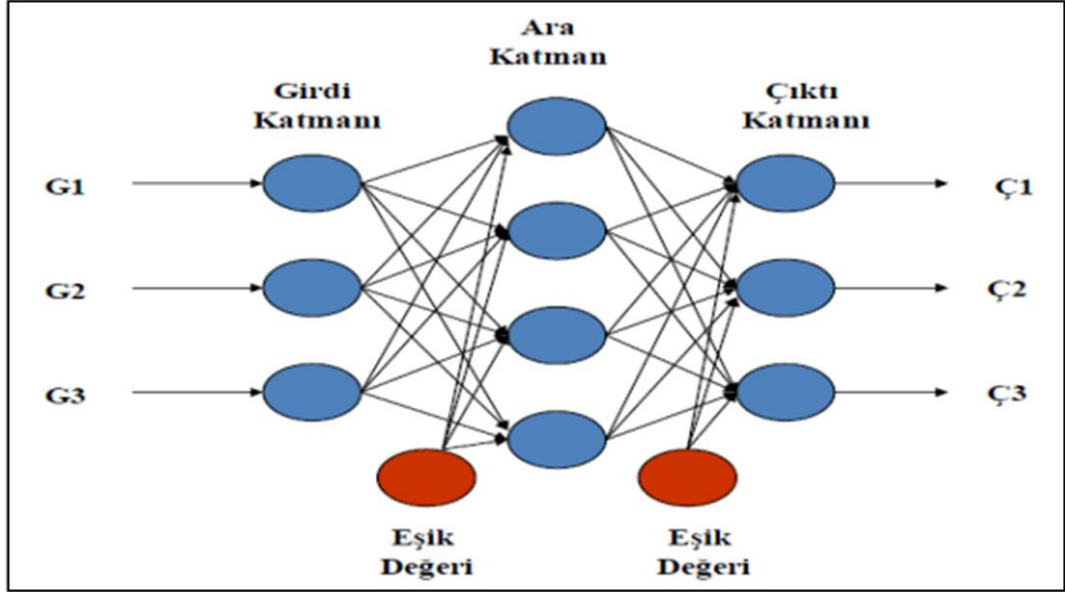
Yapay sinir ağları, insan beyninin fonksiyonel özelliklerine benzer şekilde, öğrenme, ilişkilendirme, sınıflandırma, genelleme, özellik belirleme ve optimizasyon gibi konularda başarılı bir şekilde uygulanmaktadırlar.⁷⁷

Genel olarak YSA metodolojisinin uygulama adımlarına bakıldığında, YSA'nın basit ama yoğun yapısı ve bazı temel özellikleri daha açık anlaşılabilir. Tipik olarak, bir YSA'nın mimarisi (veya yapısı) oluşturulur ve çeşitli matematiksel algoritmalarla bir tanesi kullanılarak üretilen çıktının doğruluk düzeyinin maksimize edilmesi için gerekli olan ağırlık değerleri belirlenir. YSA'lar önceki örnekleri kullanarak ağırlıkları belirlemek yoluyla girdi değişkenleri ile tahmin edilen değişkenler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkartırlar; diğer bir deyişle YSA'lar eğitilir. Bir kez bu ilişkiler ortaya çıkartıldıktan sonra (yani ağ eğitildikten sonra), YSA yeni verilerle çalıştırılabilir ve tahminler üretilebilir. Bir ağın performansı, amaçlanan sinyal ve hata kriteri ile ölçülür. Ağın çıktısı, amaçlanan çıktı ile karşılaştırılarak hata payı elde edilir. Geri Yayılma olarak adlandırılan bir algoritma, hata payını azaltacak şekilde ağırlıkları ayarlamak için kullanılır. Bu işlem defalarca tekrar edilerek ağ

⁷⁷ Adiyaman, a.g.e., s. 3

eğitilir. Eğitme işleminin amacı performans ölçümleri bazında optimum çözüme ulaşmaktır.

Örnek bir yapay sinir ağı modeli Şekil-11' de gösterilmektedir.



Şekil 12: Örnek bir yapay sinir ağı modeli.⁷⁸

Bağlantısal Mimariler, Adaptif Sistemler veya Paralel Dağıtılmış İşlemciler olarak da adlandırılan YSA' lar, oldukça fazla bağlantı içeren ve paralel yapılandırılmış beyin işlevinden esinlenen bir bilgi işlem paradigmasıdır. Farklı isimlerle anılmaları, farklılık sağlayan bazı temel özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Bağlantısal Mimari (veya Bağlantısal Sistem) olarak anılmalarının temel sebebi, bireysel işlem elemanları arasındaki bağlantılardır. Ayrıca, bu bağlantıların ağırlıkları değişebildiğinden YSA' lar çalışma sistemlerini daha da

⁷⁸ Kölmek, Fatih, "Gün Öncesi Elektrik Piyasasında Saatlik Fiyat Tahmini", Enerji Piyasası Bülteni, Nisan 2012, a.g.e., s.7

etkinleştirebilmektedirler ve bu yüzden Adaptif Sistem olarak da adlandırılmaktadırlar. Paralel Dağıtılmış İşlemciler olarak adlandırılmalarının sebebi ise ağ içinde çok sayıdaki nod veya nöronların hepsinin birbirlerine paralel olarak çalışmalarıdır. Bu yapı, eşanlı bir çözüm üretebilme yeteneği sağlamaktadır.⁷⁹

Yapay sinir ağlarının özellikleri kullanılan ağ modeline ve algoritmalarına göre değişmekle birlikte, genel olarak aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Yapay sinir ağları makine öğrenmesi gerçekleştirir; temel işlevi bilgisayarların öğrenmesini sağlamaktır. Geleneksel programlama ve yapay zekâ yöntemlerinin uygulandığı bilgi işleme yöntemlerinden tamamen farklı bir bilgi işleme yöntemi vardır.
- Hataya toleranslıdır; eksik bilgilerle çalışabilme yetenekleri hatalara karşı toleranslı olmalarını sağlamaktadır. Ağın bazı hücrelerinin bozulması ve çalışmaz duruma düşmesi halinde ağ çalışmaya devam eder. Geleneksel bilgisayarlar ise genellikle eksiksiz verilere ihtiyaç duyar.
- Eksik bilgi ile çalışabilir; yapay sinir ağları, eğitildikten sonra, gelen yeni örneklerde eksik bilgi olsa bile sonuç üretebilirken geleneksel sistemler eksik bilgiyle çalışamazlar.

⁷⁹ Yurtoğlu, Hasan, “Yapay Sinir Ağları Metodolojisi İle Öngörü Modellemesi: Bazı Makroekonomik Değişkenler İçin Türkiye Örneği”, Uzmanlık Tezi, DPT, 2005, s.6,7

- Kendi kendini organize edebilme ve öğrenebilme yetenekleri vardır; yapay sinir ağlarının örnekler ile kendilerine gösterilen yeni durumlara adapte olması ve sürekli yeni olayları öğrenebilmesi mümkündür.
- Dağınık belleğe sahiptir; yapay sinir ağlarında bilgi, ağa yayılmış durumdadır. Yani, ağın tamamı öğrendiği olayın bütünü karakterize etmektedir.
- Sadece nümerik bilgiler ile çalışabilmektedir; sembolik ifadeler ile gösterilen bilgilerin sayısal değerlere çevrilmesi gerekmektedir.
- Algılamaya yönelik olaylarda kullanılabilir; şekil ilişkilendirme ve sınıflandırma yapabilir; örüntü tamamlama gerçekleştirebilir.⁸⁰

YSA' ların tercih edilme nedeni konvansiyonel yöntemler ile modellenmesi güç olan karmaşık ve doğrusal olmayan ilişkileri öğrenme kabiliyetine sahip olmalarıdır. YSA' lar, her ne kadar ilgili sürecin altında yatan mekanizma ile ilgilenmeden girdi ile çıktı arasında bir ilişki kurmaya yönelik oldukları söylene de, verilen girdilerin çıktı üzerindeki ağırlığını göstermeleri bakımından yapısal ilişkilerin tespiti için de önemli birer araç olarak kullanılabilirler.⁸¹

Yapay sinir ağlarının kullanım alanlarına bakıldığında, çözümü güç ve karmaşık olan çok farklı alanlardaki problemlerin çözümünde kullanılmış ve

⁸⁰ Öztemel, Ercan, "Yapay Sinir Ağlar", 2. Baskı, Papatya Yayıncılık, İstanbul, 2006, s. 31-33.

⁸¹ Kölmek, age, s.6.

genellikle başarılı sonuçlar alınmıştır. YSA' ların kullanım alanları şu şekilde sıralanabilir:

- **Arıza Analizi ve Tespiti:** Bir sistemin, cihazın ya da elemanın düzenli çalışma şeklini öğrenen bir sinir ağı yardımıyla, bu sistemde meydana gelebilecek arızaların önceden belirlenmesi mümkündür. Bu amaçla yapay sinir ağları; elektrik makinelerinin, uçakların, tümeşik devrelerin, v.s. arıza analizinde kullanılmaktadır.
- **Tıp Alanında:** Yapay sinir ağları, tıbbi sinyallerin analizi, kanserli hücrelerin belirlenmesi, protez tasarımı, transplantasyon zamanlarının optimizasyonu ve hastane giderlerin optimizasyonu gibi konularda uygulanmaktadır.
- **Savunma Sanayi:** Silahların otomasyonu ve hedef izleme, nesnelere/görüntüleri ayırma ve tanıma, yeni algılayıcı tasarımı ve gürültü önleme gibi alanlarda uygulanmaktadır.
- **Haberleşme:** Görüntü ve veri sıkıştırma, otomatik bilgi sunma servisleri, konuşmaların gerçek zamanlı çevirisinin yapılması gibi konularda uygulanmaktadır.

- **Üretim:** Üretim sistemlerinin optimizasyonu, ürün analizi ve tasarımı, ürünlerin kalite analizi ve kontrolü, planlama ve yönetim analizleri gibi konularda kullanılmaktadır.
- **Otomasyon ve Kontrol:** Yapay sinir ağları, uçaklarda otomatik pilot sistemi otomasyonu, ulaşım araçlarında otomatik yol bulma/gösterme, robot sistemlerinin kontrolü, doğrusal olmayan sistem modelleme ve kontrolü, elektrikli sürücü sistemlerin kontrolü gibi alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır.
- **İstatistik:** Klasik istatistik yöntemler yerine, yapay sinir ağları modellerinin alternatif olarak kullanıldığı birçok çalışma vardır. Özellikle, regresyon ve kümeleme analizi ile ilgili birçok uygulama bulunmaktadır.
- **Finans:** Borsa endeks tahmini, enflasyon tahmini ve ülkelerin finansal değerlere göre kümelenmesi gibi birçok finansal uygulamaları mevcuttur.⁸²

Yapay sinir ağları yönteminin diğer yöntemlere kıyasla birçok avantajı bulunmaktadır. Doğrusal olmama, örneklerden öğrenme yeteneği, genelleme, paralel

⁸² Karahan, Mehmet, “İstatistiksel Tahmin Yöntemleri: Yapay Sinir Ağları Metodu ile Ürün Talep Tahmini Uygulaması”, Doktora Tezi, T.C. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2011, s. 66-67

işlem yapma özelliği, hızlı hesaplama yapabilmesi, analiz ve tasarım kolaylığı ile hazır paket programlarının bulunması bunlardan başlıcalarıdır.⁸³

Yapay sinir ağları, giriş bilgilerine göre kendi ilişkilerini oluştururlar. Bununla birlikte modelin içinde ne olduğu tam olarak analiz edilemez. Yapay sinir ağları, bu karışık özellikleri nedeniyle, bazıları tarafından akıllı bir “kara kutu” olarak tanımlanır. Model, sınırsız sayıda değişkenden sadece gerektiği anda, gerektiği kadarını kullanarak çalışabildiğinden, mükemmel bir öngörü doğruluğu ile genel çözümler üretebilmektedir. Bazı nedenlerle insan beynindeki sinir hücrelerinin ölmesi sonucunda bu hücrelere depolanan bilgilerin yok olma riskinin olmasına karşın, yapay sinir ağlarındaki matematiksel nöronların ölme ihtimali olmadığından hafızasındaki bilgiler asla kaybolmaz.⁸⁴

Yapay sinir ağları metodu, giriş verisi miktarındaki artmayla doğru orantılı olarak daha tutarlı sonuçlar üretebilmektedir. Yapay sinir ağları diğer metotlarla birçok çalışmada karşılaştırmalı olarak incelenmiş ve sonuç olarak özellikle sabit olmayan ve kesikli veri serilerinin bulunduğu durumlarda, oldukça tutarlı ve güvenilir sonuçlar ürettiği görülmüştür.⁸⁵

Yapay sinir ağları yönteminin bahsedilen avantajlarının yanında bazı dezavantajları da bulunmaktadır.

⁸³ ibid, s. 69

⁸⁴ Çelik, Burak, “YSA Metodolojisi ile Zaman Serisi Analizi: Teori ve Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2008, s. 26.

⁸⁵ Kellova, Andrea, “Statistical Approach to Short-Term Electricity Forecasting, Dissertation” (Doktora Tezi), Charles University, Prague, 2008, s. 35-38.

Yapay sinir ağları her tür problemin üzümünde kullanılabilir bir model değildir. Bazı problemlerin zm hiçbir zaman bulunamayabilir ve oluşturulan zm kümesinin gerçek değerle ilgisi olmayabilir. Probleme uygun ağ yapısının belirlenmesi genellikle deneme yanılma yöntemi ile yapılmaktadır. Bu durum da önemli bir problemdir.

Ağın eğitiminin ne zaman bitirileceğine karar vermek için geliştirilmiş bir yöntem bulunmamaktadır. Ağın, rnekler üzerindeki hatasının belirli bir değerin altına indirilmesi eğitimin tamamlanması için yeterli görülmektedir.

Bir diğer dezavantaj da ağın davranışlarının açıklanamaması durumudur. Bir probleme zm üretildiği zaman bunun nasıl ve neden üretildiği konusunda bir bilgi bulmak mümkün olamamaktadır. Bu durum ağın ürettiği zme güveni azaltmaktadır.⁸⁶

2.2.3.2. Bulanık mantık (Fuzzy Logic)

Bulanık mantık, bir sistemin girdi-çıktı ilişkilerini açıklamak için insana dayalı dili kullanan tahmin tekniğidir. Başka bir deyişle, insanların kesin olmayan ifadelerle düşünme yeteneğiyle örtüşen mantık sistemidir. Bu bağlamda bulanık mantığın insan düşünüş tarzını taklit etmeye çalıştığı söylenilmektedir. Bulanık mantık, bulanık küme teorisine dayanan bir matematiksel disiplindir. Doğruluğun ya da yanlışlığın derecesini konu almaktadır. İki seviyeli mantığın oldukça genelleştirilmiş hali olarak da düşünülebilmektedir. Öyle ki doğru ve yanlış arasına,

⁸⁶ Karahan, age, s. 71.

kısmen doğru ya da kısmen yanlış kavramları da eklenerek spektrum genişletilmiştir.⁸⁷

Bulanık mantık kavramı ilk kez 1965 yılında California Berkeley Üniversitesinden Prof. Dr. Lotfi A. Zadeh 'in bu konu üzerinde ilk makalelerini yayınlamasıyla duyulmuştur.⁸⁸ O tarihten sonra da önemi gittikçe artarak günümüze kadar gelmiştir. Zadeh' e göre, istatistikte ve olasılık kuramında, belirsizliklerle değil kesinliklerle çalışılır ama insanın yaşadığı ortam daha çok belirsizliklerle dolu olduğu için, insanoğlunun sonuç çıkarabilme yeteneğini anlayabilmek için belirsizliklerle çalışmak gereklidir.⁸⁹

Bulanık mantık, Aristo'nun iki değerli mantığının tersine çok değerli mantık temelleri üzerine kuruludur. İki değerli kümeler yerine çok değerli kümeler ile sonuç üretir.⁹⁰ Bu yöntemde, her şey, "0" ve "1" aralığında belirli bir derece ile gösterilir. Bilgi, büyük, küçük, çok az gibi dilsel ifadeler şeklindedir. Bulanık çıkarım işlemi, dilsel ifadeler arasında tanımlanan kurallar ile yapılır ve her mantıksal sistem, bulanık olarak ifade edilebilir.⁹¹

Bulanık mantık ile klasik mantık arasındaki temel fark bilinen anlamda matematiğin sadece aşırı uç değerlerine izin vermesidir. Klasik matematiksel

⁸⁷ Aslangiray, Alev, "İstatistiksel Süreç Kontrolünde Bulanık Mantık Yaklaşımı ve Bir Uygulama", Yüksek Lisans Tezi, T.C. Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Antalya, 2011, s. 40-41.

⁸⁸ Ülker, Erkan, "Yapay Zeka Teknikleri Kullanılarak Yüzey Modelleme", Doktora Tezi, T.C. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Üniversitesi, Konya, 2007, s. 55.

⁸⁹ Zadeh, Lotfi A., "Is There A Need For Fuzzy Logic", Information Sciences, 178. Cilt , 12. Sayı , Temmuz 2008, s. 2751-2779.

⁹⁰ Özaktürk, M. ve diğerleri "Küçük Hidroelektrik Santralleri Gücünün Bulanık Mantık Yöntemiyle Tahmini", Sakarya Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Sakarya, s. 2

⁹¹ Zadeh, Lotfi A, "Fuzzy Sets", Information and Control, 1965, 8. Cilt, s. 338

yöntemlerde verilerin tam olmasının gerekmesinden dolayı bunlarla karmaşık sistemleri modellemek ve kontrol etmek zordur. Bulanık mantık kişiyi bu zorunluluktan kurtarır ve daha niteliksel bir tanımlama olanağı sağlar. Bir kişi için 1.70 boyunda demektense sadece orta boylu demek bir çok uygulama için yeterli bir veridir. Böylece azımsanamayacak ölçüde bir bilgi indirgenmesi söz konusu olacak ve matematiksel bir tanımlama yerine dilsel değişken denilen daha kolay, anlaşılabilen niteliksel bir tanımlama yapılabilecektir. Dilsel değişken "kalabalık" veya "kalabalık değil" gibi kelimeler ve ifadelerle tanımlanabilen değişkenlerdir. Bir dilsel değişkenin değerleri bulanık kümeler ile ifade edilir. Örneğin; sınıf durumu, dilsel değişken için "kalabalık", "kalabalık değil" ve "çok kalabalık" ifadelerini alabilir. Bu üç ifadenin her biri ayrı ayrı bulanık kümeler ile modellenir. Bulanık mantığın uygulama alanları çok geniştir. "Tecrübe ile öğrenme" olayının kolayca modellenebilmesi ve belirsiz kavramların bile matematiksel olarak ifade edilebilmesine olanak tanınması sağladığı en büyük faydadır.⁹²

Tablo 15: Klasik Mantık ile Bulanık Mantık arasındaki temel farklar.⁹³

Klasik Mantık	Bulanık Mantık
A <u>veya</u> A değil	A <u>ve</u> A değil
Kesin	Kısmi
Hepsi ve ya hiçbiri	Belirli derecelerde
0 veya 1	0 ve 1 arasında süreklilik
İkili birimler	Bulanık birimler

Bulanık mantık yöntemi, yalnızca tahminleme çalışmalarında kullanılmadığı gibi, çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bugün, elektronik cihazlardan mutfak aletlerine, asansörlerden çelik endüstrisine kadar birçok ürün ve sektörde yaygın

⁹² Ülker, age, s. 55-56

⁹³ Aslangiray, age, s. 43

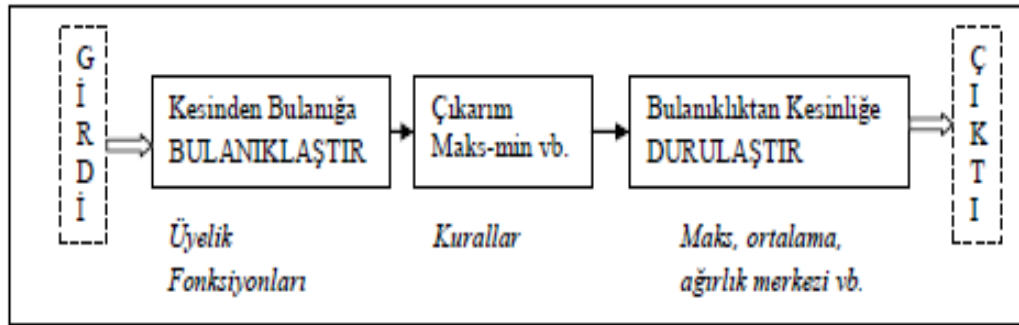
biçimde kullanılmaktadır. Otomatik kontrol sistemleri, bilgi sistemleri, görüntü tanımlama, trafik sinyalizasyonu, optimizasyon gibi birçok çağdaş uygulamanın çalışma prensibi bulanım mantık üzerine kurgulanmıştır.

Tablo 16: Bulanık Mantık yönteminin endüstriyel uygulamaları.⁹⁴

Ürün	Firma	Bulanık Mantığın İşlevi
Asansör denetimi	Fujitec-Toshiba, Mitsubishi	Yolcu trafiğini değerlendirerek bekleme zamanını azaltır.
SLR Fotograf Makinesi	Sanyo-Fisher, Canon, Minolta	Ekranda birkaç obje olması durumunda en iyi fokusu ve aydınlatmayı belirler
Video Kayıt Cihazı	Panasonic	Cihazın elle tutulması nedeniyle çekim sırasında oluşan sarsıntıları ortadan kaldırır.
Çamaşır Makinesi	Vestel	Çamaşır kirliliğini, ağırlığını, kumaş cinsini sezer ve ona göre bir yıkama programı seçer.
Elektrik Süpürgesi	Matsushita	Yerin durumunu ve kirliliğini sezer ve motor gücünü uygun ayarlar.
Su Isıtıcısı	Matsushita	Isıtmayı kullanılan suyun miktar ve sıcaklığına göre ayarlar.
Klima	Matsushita	Ortam koşullarını değerlendirerek en iyi çalışma durumunu algılar, odaya birisi geldiğinde soğutmayı artırır.
ABS Fren Sistemi	Nissan	Tekerleklerin kilitlenmeden frenlemesini sağlar.
Çelik Endüstrisi	Nippon Steel	Geleneksel denetleyicilerin yerini alır.
Sendai Metro Sistemi	Hitachi	Hızlanma ve yavaşlamanın ayarlayarak rahat bir yolculuk sağlanmasının yanı sıra durma konumunu iyi ayarlar, güçten tasarruf sağlar.
Çimento Sanayi	Mitsubishi, Chem	Değirmende ısı oksijen oranı denetimi yapar.
Televizyon	Sony	Ekran kontrastını, parlaklığını ve rengini ayarlar.
El bilgisayarı	Sony	El yazısı ile veri ve komut girişine olanak tanır.

⁹⁴ Elmas, Çetin., “Yapay Zeka Uygulamaları, Seçkin Yayıncılık”, Ankara, 2007, s.188

Bu yöntem ile yapılan tahmin çalışmalarında, öncelikle bulanık kümeler oluşturularak her bir giriş ve çıkış parametresi için üyelik fonksiyonları tanımlanır. Daha sonra bir ya da daha fazla neden ve sonuçtan oluşan ve problemin çözümünü içeren kurallar tanımlanarak kural tabanı oluşturulur. Bulanık mantık kurallarının belirlenmesinde uzman görüşlerinden ve istatistiksel analiz sonuçlarından yararlanılabilir. Girdilere ait üyelik fonksiyonları kural tabanındaki ön koşulları oluşturmaktadır. Kural tabanı oluşturulurken değişik işlevler seçilebilmektedir. Geçerli olan girdi değerleri için kurallar ve ara bulanıklaştırma ve durulaştırma işlemleri de kullanılarak bir çıkarım yapılır. Son olarak elde edilen bu çıkarım klasik sayılara dönüştürülerek çıktı değeri bulunur.⁹⁵ Bulanık Mantık yönteminin çalışma prensibine dair örnek bir model Şekil-12' de gösterilmektedir.



Şekil 13: Bulanık Mantık modeli.⁹⁶

Bulanık mantık yönteminin yaygın kullanım alanı ile birlikte birçok avantajı da bulunmaktadır. İnsan düşünce sistemine yakın olması, kesinlik arz etmeyen bilgilerin kullanılmasına ve doğrusal olmayan fonksiyonların modellenmesine olanak sağlaması yöntemin tercih nedenlerindedir. Ayrıca, işaretlerin bir ön işleme tabi

⁹⁵ Kızılaslan, R. ve diğerleri” Doğalgaz Talep Tahmini İçin Yapay Sinir Ağları ve Bulanık Mantık Model Önerileri“, Ulusal Yöneyem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Kongresi, s.4

⁹⁶ Aslangiray, age, s.46

tutulmaları ve oldukça geniş bir alana yayılan değerlerin az sayıda üyelik fonksiyonlarına indirgenmeleri nedeni ile bulanık denetim genellikle daha küçük bir yazılımla daha hızlı bir şekilde sonuçlanır. az sayıda değerler üzerinde uygulanacak kural sayısı da az olduğundan sonuca ulaşmak daha da çabuk olmaktadır.

Sistemin artılarının yanında eksileri yani dezavantajlarının da olması kaçınılmazdır. Üyelik fonksiyonlarının seçiminde belirli bir yöntem olmaması en uygun fonksiyonun deneme ile bulunması gerektirmekte, bu durum da kimi zaman uzun zaman alabilmektedir. Ayrıca, zaman almasının yanında yöntemin öğrenme yeteneğinin olmaması da bir dezavantajdır. Yine, bulanık denetimde kullanılacak kuralların fazlasıyla deneyime bağlı olması ve üyelik işlevlerinin değişkenlerinin özel oluşu, başka sistemlere uyarlanmasının zor olması da yöntemin eksileri arasında sayılmaktadır.⁹⁷

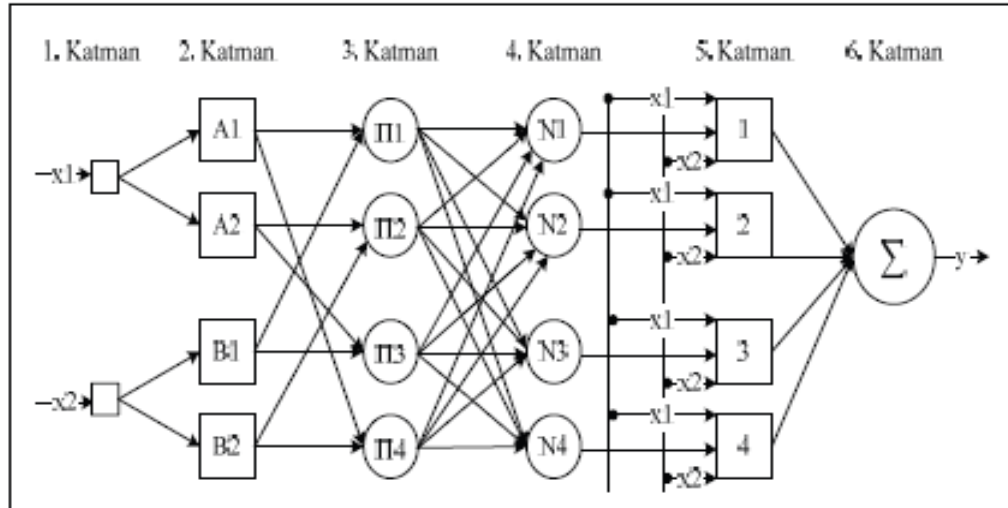
2.2.3.3. ANFIS (Adaptive-Network Based Fuzzy Inference Systems)

Adaptif Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi (Adaptive-Network Based Fuzzy Inference Systems-ANFIS), yapay sinir ağlarının paralel hesaplayabilme ve öğrenme kabiliyeti ile bulanık mantığın çıkarım özelliğini kullanan melez bir yapay zeka yöntemidir.⁹⁸

⁹⁷ ibid, s. 57

⁹⁸ Demirel, Özkan, “Anfis ve Arma Modelleri ile Elektrik Enerjisi Yük Tahmini”, T.C: Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2009, s. 49

Bu yöntem, Jang⁹⁹ tarafından, Takagi - Sugeno¹⁰⁰ bulanık modeli esas alınarak geliştirilmiştir. ANFIS girdi/ çıktı veri setini, YSA‘daki geri yayımlı algoritmayı tek başına ya da en küçük kareler yöntemi ile birlikte kullanarak üyelik fonksiyonu parametrelerini düzenleyerek bir bulanık çıkarım sistemi oluşturur. Bu düzenleme bulanık sistemimizin modellediği veriler yardımıyla çevresel bilgiyi kullanarak ilgili sistemi öğrenmesini ve kendi kendini güncellemesini sağlar. Yani kendini modelleyeceği veriye göre adapte eder. Ayrıca, ANFIS, sayısal gruplandırma ve kural koyma gibi gelişmiş veri analiz teknikleri de içermektedir.



Şekil 14: ANFIS modeli

ANFIS, 6 katmandan oluşmaktadır. Bu sistem Şekil-14’te de detaylı olarak gösterilmektedir. ANFIS yapısındaki her katmana ait düğüm işlevleri ve katmanların işleyişi sırasıyla şöyledir:

⁹⁹ Jang, J. S. R., “ANFIS: Adaptive-network based fuzzy inference systems”, IEEE Trans. On Systems, Man, and Cybernetics, 23 (03), 1993, s.665-685

¹⁰⁰ Takagi, T., Sugeno, M., “Fuzzy identification of systems and its applications to modelling and control”, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 15, 1985, s. 116–132.

1.Katman: Girdi katmanı (Bu katmandaki her düğümün alınan giriş sinyalleri diğer katmanlara aktarılır.)

2.Katman: Bulanıklaştırma katmanı. (Burada, her bir düğümün çıkışı, giriş değerlerine ve kullanılan üyelik fonksiyonuna bağlı olan üyelik derecelerinden oluşmaktadır.)

3.Katman: Kural katmanı (Bu katmandaki her bir düğüm, Sugeno bulanık mantık çıkarım sistemine göre oluşturulan kuralları ve sayısını ifade etmektedir.)

4.Katman: Normalizasyon katmanı (Bu katmandaki her bir düğüm, kural katmanından gelen tüm düğümleri giriş değeri olarak kabul etmekte ve her bir kuralın normalleştirilmiş ateşleme seviyesini hesaplamaktadır.)

5.Katman: Arındırma (durulaştırma) katmanı (Burada her bir düğümde verilen kuralların ağırlıklandırılmış değerleri hesaplanmaktadır.)

6.Katman: Toplama katmanı (Burada her bir düğümün çıkış değeri toplanarak ANFIS sisteminin gerçek değeri elde edilir.)¹⁰¹

ANFIS modeli, Öğrenme yeteneği, kesin olmayan girdi ve sistem çıktılarının dilsel ifade edilebilirliği uyarlanabilirlik, bilgiyi eşzamanlı işleme yeteneği ile yapay

¹⁰¹ Ok, Yeşim ve diğerleri, “Yalın Sinirsel Bulanık Bir Model ile İMKB 100 Endeksi Tahmini”, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., Cilt 26, No 4, 2011, s. 899.

sinir ağıları ve bulanık mantık modellerinin kullanım kolaylığı sağlayan yönlerini birleştirerek önemli avantajlar sunmaktadır.¹⁰²

2.3. Literatürdeki örnek çalışmalar

Dünya genelinde yapılan talep tahmin çalışmaları uzun yıllardır enerji piyasalarında ve akademik literatürde kendine yer edinmiş olup ülkemizde de, enerji piyasalarının serbestleşme sürecine girmesi ve devlet kontrolünde bulunan faaliyetlerin özelleştirilmeye başlanması ile birlikte çalışmaları giderek artan bir önem kazanmıştır. Hali hazırda enerji sektöründe faaliyet gösteren devlet şirketlerinin yükümlülükleri çerçevesinde yapmış oldukları talep tahmin çalışmaları dışında özel sektör şirketleri ve akademisyenler tarafından da benzer çalışmalara sıklıkla rastlanmaktadır.

Çalışmanın bu bölümünde, hem dünya hem de ülkemiz enerji piyasalarına yönelik yapılmış olan talep tahmin çalışmalarına değinilecektir. Her ikisinin de şebeke endüstrileri olması, elektrik üretiminde doğal gazın ağırlıklı konumu ve yakın piyasa ilişkileri nedeniyle doğal gazın yanı sıra literatürdeki elektrik tüketimi ve ülkemiz birincil enerji tüketimi üzerine yapılan tahmin çalışmalarına da yer verilecektir.

Gümrah, Katırcıoğlu, Aykan, Okumuş ve Kılınçer (2001), yaptıkları çalışmada, Ankara şehrindeki doğal gaz tüketimini etkileyen faktörleri derece-gün yöntemini kullanarak incelemiştir. Çalışmada, son 7 yılın verileri kullanılmış, tahmin

¹⁰² Ok, Yeşim, “Adaptif Sinirsel Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS) ile Türkiye’ de Orta Dönemli Elektrik Enerjisi Talep Tahmini”, T.C. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2010, s. 50

edilen tüketim değerleri ile gerçekleşen değerlerin uyum gösterdiği sonucuna varılmıştır.¹⁰³

Görücü, Geriş ve Gümrah (2004), çalışmalarında, yapay sinir ağları yöntemi kullanarak 2002 ile 2005 arasında Ankara şehrinin doğal gaz tüketimi tahmin etmişlerdir.¹⁰⁴

Hamzaçebi ve Kutay (2004), 1970-2002 yılları arası gerçekleşen verileri kullanarak YSA, Box-Jenkins zaman serisi analizi modeli ve regresyon olmak üzere üç ayrı yöntemle Türkiye elektrik enerjisi tahmini yapmışlardır. Yaptıkları çalışmada, eldeki verilerle YSA yönteminin diğer iki yöntemden daha başarılı sonuçlar verdiği sonucuna ulaşılmıştır.¹⁰⁵

Yumurtacı ve Asmaz(2004), çalışmalarında, 2050 yılında Türkiye nüfusunun 115 milyon ve kişi başına düşen yıllık elektrik tüketiminin de 10.197 KWh olacağı varsayımları altında doğrusal regresyon modeli ile Türkiye elektrik enerjisi talebini 2050 yılında 1,173 milyar KWh olacağı tahmininde bulunmuşlardır.¹⁰⁶

Tunç, Çamdalı, ve Parmaksızoğlu (2006), Türkiye'nin elektrik tüketim oranını, elektrik enerjisi yatırımlarının dağılımını tahmin etmek için regresyon analizi yöntemini kullanarak lineer matematiksel bir model geliştirmişlerdir.

¹⁰³ Gümrah, F., et.al., "Modeling of gas demand using three-day concept: case for Ankara", *Energy Sources*, 23 (2) (2001), s. 101–114

¹⁰⁴ Görücü, F.B, et.al., "Artificial neural network modeling for forecasting gas consumption", *Energy Sources*, 26 (2004), pp. 299–307

¹⁰⁵ Hamzaçebi, C., Kutay F., "Yapay sinir ağları ile Türkiye elektrik enerjisi tüketiminin 2010 yılına kadar tahmini", *J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ.* 19 (3): 227-233 (2004).

¹⁰⁶ Yumurtacı, Z., Asmaz, E, "Electric energy demand of Turkey for the year 2050", *Energy Sources*, 26 (12) (2004), s. 1157–1164

Çalışmada, 1980-2001 yılları arasındaki gerçekleşen verileri kullanarak 2010 ve 2020 yıllarına ait Türkiye’de elektrik enerjisi yatırımı tahmininde bulunulmuştur.¹⁰⁷

Ediger ve Akar (2007), yaptıkları çalışma kapsamında, Türkiye'nin 2005–2020 yılları arasındaki birincil enerji talebini ARIMA ve SARIMA yöntemlerini kullanarak tahmin etmişler ve halihazırda 1950 ila 2005 arasında gerçekleşen birincil enerji talebindeki %4,9 olan yıllık ortalama artış oranının 2005 ila 2020 arasında yıllık ortalama %3,3’e düşeceğini öngörmüşlerdir.¹⁰⁸

Erdoğan (2007), kısmi düzeltme modeli olarak adlandırdığı yeni bir model geliştirmiş ve bu modelde, verileri analiz etmek amacıyla bir eş bütünleşme analizi gerçekleştirmiştir. ARIMA yöntemi ile 2005–2014 yılları arasındaki dönem için yıllık elektrik talep tahmininde bulunulan çalışmada, % 2,2 hata payı ile çalışan modelden çıkan sonuçların ilgili resmi kuruluşça yapılan tahminlerin aşağısında olduğu sonucuna varmıştır.¹⁰⁹

Demirel (2009), 1970- 2007 yılları arasındaki verileri kullanarak uyguladığı ARMA ve ANFIS yöntemlerinin çıkarımlarını karşılaştırdığında, ANFIS yöntemi ile elde edilen sonuçların daha anlamlı olduğu ve iki yöntemin sonuçları arasındaki

¹⁰⁷ Tunç, M, Çamdalı, U, Parmaksizoglu, C., “Comparison of Turkey’s electrical energy consumption and production with some European countries and optimization of future electrical power supply investments in Turkey”, Energy Policy, 34: 50–59 (2006).

¹⁰⁸ Ediger, V., Akar S., ”ARIMA forecasting of primary energy demand by fuel in Turkey”, Energy Policy, 35. Cilt, s.1701–1708 (2007).

¹⁰⁹ Erdoğan, E., “Electricity Demand Analysis using cointegration and ARIMA modelling: a case study of Turkey”, Energy Policy, 35. Cilt, s. 1129-1146 (2007).

farkın yapılan çalışmalarda kullanılan değişkenlerin çeşitliliği ve kabullerin farklılığından kaynaklandığı sonucuna varmıştır.¹¹⁰

Akkurt, Demirel ve Zaim (2010), geçmiş verileri çift üstel düzeltme ve SARIMA metotlarına yerleştirerek sonuca giden yazar, aylık verilerle yaptığı tahminde SARIMA modelinin, yıllık verilerle yaptığı tahminde ise çift üstel düzeltmeli zaman serisi modelinin daha başarılı olduğu sonucuna varmıştır.¹¹¹

Dilaver ve Hunt (2011), 1960-2008 yılları arası tüketim değerlerini kullanarak yapısal zaman serisi modelini kullanmış ve düşük, orta ve yüksek senaryolara göre 2010 yılında elektrik tüketimini sırasıyla 97, 121 and 148 TWh olarak tahmin etmiştir.¹¹²

Ülkemiz dışında yapılan çalışmalardan örnekler verilecek olursa, Bordignon (2011), İngiltere elektrik piyasasında gün öncesi elektrik fiyatlarını tahmin etmeye çalışmıştır. Çalışmada, doğrusal regresyon, zaman değişkenli regresyon, ARMAX gibi farklı yöntemler ve bu yöntemlerin harmanı niteliğinde hibrit tahmin yöntemleri kullanılmıştır. Sonuç olarak, her yöntemle farklı tahminlerde bulunulmuş ve

¹¹⁰ Demirel, Özkan, "ANFIS ve ARMA Modelleri ile Elektrik Enerjisi Yük Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, T.C. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2009.

¹¹¹ Akkurt, M., et.al., "Forecasting Turkey' s Natural Gas Consumption by Using Time Series Methods", European Journal of Economic and Political Studies-3(2), 2010.

¹¹² Dilaver, Z. , Lester, C. H., "Industrial electricity demand for Turkey: A structural time series analysis" , Surrey Energy Economics Centre (SEEC), Department of Economics, University of Surrey, Energy Economics, 33. Cilt, 3. Sayı, Mayıs 2011

kombinasyonlu tahmin modellerinin tekil tahmin modellerinden %76 oranında daha başarılı olduğuna kanaat getirilmiştir.¹¹³

Soldo (2012), bir tahmin çalışması yapmamış, ancak literatürde şimdiye dek yapılmış örnek çalışmalar hakkında incelemede bulunmuştur.¹¹⁴

Yang ve diğerleri (2012), 2007-2010 yılları arası gerekli verileri kullanarak Nisan 2010 ve Eylül 2010 tarihleri arasında Çin' de gerçekleşen elektrik tüketim değerlerinin tahmin etmişlerdir. SARIMA yönteminin yanı sıra SARIMA yöntemine Fourier yaklaşımı ile yeni bir hibrit yöntem geliştirmişler ve bu yöntemle de başarılı sonuçlar aldıklarını ifade etmişlerdir.¹¹⁵

Tablo 17: Literatürdeki örnek çalışmalar

Yıl	Yazarlar	Yöntem ve konu
2001	Gümrah, F.ve diğerleri, "Modeling of gas demand using three-day concept: case for Ankara", Energy Sources, 23 (2) (2001), pp. 101–114	Derece-gün yöntemi ile Ankara ilindeki doğal gaz tüketimi tahmini
2004	Görücü, F.B.et. al.. "Artificial neural network modeling for forecasting gas consumption", Energy Sources, 26 (2004), pp. 299–307	YSA ile Ankara ilindeki doğal gaz tüketim tahmini
2004	Hamzaçebi, C., Kutay F., "Yapay sinir ağları ile Türkiye elektrik enerjisi tüketiminin 2010 yılına kadar tahmini", J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ. 19 (3): 227-233 (2004).	YSA, Box-Jenkins ve regresyon modelleri ile Türkiye elektrik enerjisi tüketim tahmini
2004	Yumurtacı, Z., Asmaz, E, "Electric energy demand of Turkey for the year 2050", Energy Sources, 26 (12) (2004), s. 1157–1164	Doğrudan regresyon modeli ile 2050 yılı Türkiye elektrik tüketimi tahmini

¹¹³ Bordignon, S. ve diğerleri, "Combining day-ahead forecasts for British electricity prices", Energy Economics, 2011

¹¹⁴ Soldo, Bozidar, "Forecasting natural gas consumption", Applied Energy, 92. Cilt, Nisan 2012

¹¹⁵ Yuanyuan W. ve diğerleri, "Application of residual modification approach in seasonal ARIMA for electricity demand forecasting: A case study of China", Energy Policy, 48. Cilt, Eylül 2012.

2006	Tunç, M. ve diğerleri, "Comparison of Turkey's electrical energy consumption and production with some European countries and optimization of future electrical power supply investments in Turkey", Energy Policy, 34: 50–59 (2006).	Regresyon modeli ile 2010 ve 2020 yıllarında gerçekleşmesi öngörülen elektrik enerjisi yatırımları tahmini
2007	Ediger, V., Akar S., "ARIMA forecasting of primary energy demand by fuel in Turkey", Energy Policy, 35. Cilt, s.1701–1708 (2007).	ARIMA ve SARIMA yöntemleri ile Türkiye birincil enerji talep tahmini
2007	Erdogdu, E., "Electricity Demand Analysis using cointegration and ARIMA modelling: a case study of Turkey", Energy Policy, 35. Cilt, s. 1129-1146 (2007).	ARIMA yöntemi ile Türkiye elektrik talep tahmini
2009	Demirel, Özkan, "ANFIS ve ARMA Modelleri ile Elektrik Enerjisi Yük Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, T.C. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2009.	ARMA ve ANFIS yöntemleri ile Türkiye elektrik enerjisi yük tahmini
2010	Akkurt, M. ve diğerleri, "Forecasting Turkey's Natural Gas Consumption by Using Time Series Methods", European Journal of Economic and Political Studies-3(2) 2010	Çift üstel düzeltme ve SARIMA yöntemleri ile Türkiye doğal gaz tüketim tahmini
2011	Dilaver, Z. , Lester C. H., "Industrial electricity demand for Turkey: A structural time series analysis" , Surrey Energy Economics Centre (SEEC), Department of Economics, University of Surrey, Energy Economics, 33. Cilt, 3. Sayı, Mayıs 2011, s. 426-436.	Yapısal zaman serisi yöntemi ile Türkiye elektrik enerjisi talep tahmini
2011	Bordignon, S. ve diğerleri, "Combining day-ahead forecasts for British electricity prices", Energy Economics, 2011	Doğrusal regresyon, zaman değişkenli regresyon ve ARMAX yöntemleri ile gün öncesi piyasasında elektrik fiyat tahmini
2012	Soldo, Bozidar, "Forecasting natural gas consumption", Applied Energy, 92. Cilt, Nisan 2012, s. 26-37	Doğal gaz talep tahmini çalışmalarına dair inceleme
2012	Yuanyuan W. ve diğerleri, "Application of residual modification approach in seasonal ARIMA for electricity demand forecasting: A case study of China", Energy Policy, 48. Cilt, Eylül 2012, s. 284-294.	SARIMA yöntemi ile Çin elektrik talep tahmini

BÖLÜM III

TÜRKİYE DOĞAL GAZ TÜKETİM TAHMİNİ ÇALIŞMASI

3.1. Tüketimi etkileyen faktörler

Türkiye’ de doğalgaz tüketimini belirleyen faktörler, çalışmanın ikinci bölümünde detaylı şekilde ele alınmıştır. Tekrar hatırlamak gerekirse, bu faktörler, kısa ve uzun dönemli etkenler olmak üzere iki grup halinde değerlendirilebilir. Kısa dönemli talebi etkileyen etkenler, mevsimsellik etkisi, fiyat etkisi ve yakıt ikamesi ve ekonomik koşullardır. Uzun dönemli etkenler ise toplum nüfusu, politik etkenler ve teknolojik gelişme olarak sıralanabilir.

Bu etkenler, çalışmanın bu kısmındaki tahminleme çalışmasında da değerlendirmeye alınacaktır. Yöntem tercihi aşamasında, geçmiş tüketim verileri, fiyat, nüfus, gayri safi milli hasıla gibi verilerin hesaplamada girdi olarak seçimi bir sonraki bölümde detaylı olarak ele alınacaktır.

3.2. Yöntem seçimi

Doğal gaz, birincil enerji kaynağı olarak dünyadaki birçok gelişmiş ve gelişmekte olan ülke ekonomileri gibi ülkemizde de zaruri bir ihtiyaç halini almıştır. Bu sebeple, doğal gaz talebinin fiyat esnekliği düşük ve gelir esnekliği ise kısıtlıdır. Doğal gazın fiyatı yükseldiğinde, tüketicilerin doğal gaz tüketimini düşürememeleri, gelirlerinin büyük bir kısmını doğal gaz harcamaları için kullanmalarına ve

dolayısıyla refah kaybı ile karşı karşıya kalmalarına neden olur. Konut sektörü, doğal gazı ağırlıklı olarak ısınma amaçlı kullanmakta ancak dolaylı olarak elektrik tüketimi nedeniyle de doğal gaz talebini etkilemektedir. Sanayi sektöründe ise doğal gaz hammadde olarak kullanılmakta olup ikamesi güçtür. Doğal gazın elektrik üretiminde de son yıllarda ağırlıklı olarak kullanılmaya başlanması, doğal gazın yaz aylarındaki talebinin artmasına neden olmaktadır.

Tüketim tahmini çalışmasında, fiyat, nüfus, gayri safi milli hasıla gibi talebi önemli ölçüde etkileyen faktörler hesaplamaya katılmayacaktır. Bu durumun nedenleri aşağıdaki şekilde izah edilebilir.

Ülkemiz doğal gaz piyasasında doğal gaz toptan satış fiyatı, Doğal Gaz Piyasası Kanunu' nun 2001 yılında Resmi Gazete' de yayımlanarak yürürlüğe girmesine kadar, piyasada doğal tekel konumunda olan BOTAŞ tarafından belirlenmekte idi. 18.04.2001 tarihinde Doğal Gaz Piyasası Kanununun Resmi Gazete' de yayımlanarak yürürlüğe girmesi ile fiyatların belirlenmesinde yeni bir süreç başlamıştır. Mezkur Kanunun 11 inci maddesinin birinci fıkrasının 3 üncü bendinde "Toptan Satış Tarifesi: Kurum doğal gaz satış tarifelerinde esas alınacak unsurlar ve şartları belirler. Satış fiyatları ise, bu esaslar dahilinde doğal gaz alım satımı yapan taraflarca serbestçe belirlenir." hükmü; Doğal Gaz Piyasası Tarifeler Yönetmeliği'nin Geçici 2 nci maddesinde ise bu duruma istisna olarak "BOTAŞ"ın toplam yıllık ithalat miktarı yıllık ulusal tüketimin yüzde yirmisine düşüncüye kadar, mevcut doğal gaz alım ve satış sözleşmelerini kısmi veya bütün olarak devralan tüzel kişiler hariç olmak üzere, doğal gaz piyasası içerisinde rekabetin hiç veya yeterince oluşmadığı durumlarda toptan satış fiyatları Kurul tarafından belirlenebilir." hükmü

yer almaktadır. Bu hükümler çerçevesinde Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu, 2008 yılına kadar toptan satış tarifesine ilişkin bir üst sınır fiyat belirleme yoluna gitmiştir. 2008 yılına gelindiğinde ise, piyasaya BOTASŞ dışında ithalatçı şirketlerin de girmesiyle birlikte 2008 yılı toptan satış tarifelerini düzenleyen 13/12/2007 tarih ve 1411 sayılı Kurul Kararı ve 27/12/2007 tarih ve 1439-2 sayılı Kurul Kararı ile toptan satış fiyatlarının taraflar arasında serbestçe belirleneceğini karara bağlamıştır. Bu karardan sonra Kurul, 2009, 2010 ve 2011 yıllarında aldığı Kararlar ile de toptan satış fiyatlarının taraflar arasında serbestçe belirlenmesinin devamını sağlamıştır.

Doğal gaz toptan satış fiyatlarının belirlenmesindeki bu serbestleşme sürecine rağmen, diğer tedarikçi şirketlerin piyasa paylarını koruyabilmeleri adına belirlenen bu fiyatın üzerinde satış yapamamaları nedeniyle, halen hakim durumda olan BOTASŞ'ın kendisi için belirlediği toptan satış fiyatı fiili olarak piyasada belirleyici durumdadır. BOTASŞ, toptan satış fiyatının belirlenmesinde ise, ithalat fiyatları ve diğer maliyetler her ne kadar önemli bir unsur olarak gözükse de, çoğu zaman sosyal ve siyasi sebeplerle satış fiyatı genellikle BOTASŞ'ın maliyetinin altında kalmaktadır. Zira, baskı altında kalan fiyatlar yüzünden, BOTASŞ'ın uzun yıllardır zarar eden bir şirket durumundan kurtulamamasının altında yatanın da bu gerçek olduğu değerlendirilmektedir. Bu sebeple, Türkiye doğal gaz piyasasında, talebin fiyat esnekliği incelendiğinde her ne kadar talep fiyata bağlı olarak hareket etse de fiyatlama mekanizmasının bahsedilen yapısı nedeniyle bu esneklik yıldan yıla miktar bazında önemli farklılıklar göstermekte, bazı dönemlerde talep kanununa aykırı yönde hareket edebilmektedir. Bu sebeplerle, fiyat unsurunun yapılacak talep tahmini çalışmasında girdi olarak kullanılmaması gerektiği değerlendirilmektedir.

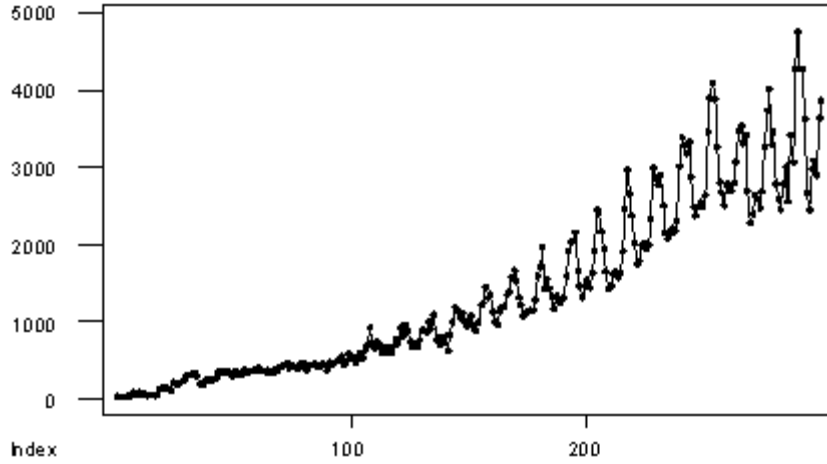
Ayrıca, doğal gaz tüketiminin yaygınlaştırılması kamu tarafından ekonomik ve çevresel bir politikası haline getirilmesi, ikame ürünlere nispeten vergisinin düşük tutulması evsel kullanımda doğal gazın halk tarafından da büyük ilgi görmesi sağlamıştır. Bu kapsamda, şehir içi dağıtım şebekeleri her geçen gün büyümeye devam etmekte, 2012 yılında yapılan yeni ihalelerle de yeni dağıtım bölgeleri oluşturulup dağıtım şebekelerinin kısa sürede devreye girmesi öngörülmektedir. Yine, sanayi sektörü ve elektrik üretim tesisleri için de doğal gaz ikame edilmesi güç bir enerji kaynağı pozisyonuna gelmiştir. Tüketime etki eden diğer değişkenler olan nüfus ve gayri safi milli hasıla, kişi başına düşen milli gelire indirgenmek koşulu ile birlikte değerlendirilebilir. Yine, talebin gelir esnekliği incelendiğinde, her ne kadar talep gelire belirli oranlarda bağımlı hareket etse de, yukarıda sözü edilen gerekçelerin etkisiyle bu esneklik yıldan yıla miktar ve aralarındaki ilişkinin yönü bakımından önemli farklılıklar göstermektedir. Bu sebeple, gelir unsurunun yapılacak talep tahmini çalışmasında girdi olarak kullanılmaması gerektiği değerlendirilmektedir.

Yukarıda bahsedilen sebepler de göz önünde bulundurulduğunda, Türkiye doğal gaz tüketim tahmini çalışmasında, tezin ikinci bölümünde zaman serileri başlığı altındaki detaylı olarak değinilen Box-Benkins yöntemlerinden “durağan olmayan doğrusal stokastik model”, kısaltılmış adı ile ARIMA yöntemi kullanılacaktır. Zira bu modelin doğası da tahminin yalnızca geçmiş verilerle yapılması üzerine kuruludur. Yöntem, doğal gaz tüketiminin yapısı gereği ortaya çıkan 12 aylık mevsimsellik etkisi ile birleşince SARIMA (Seasonal – ARIMA) adına bürünmektedir.

3.3. Uygulama

Ocak 1987 ile Ekim 2011 yılları arasında aylık olarak toplam 298 adet gerçekleşmiş ulusal doğal gaz tüketim verisi tahminleme çalışmasında gözlem verisi olarak kullanılacaktır. Ocak 1987 - Aralık 2007 tarihleri arasındaki veriler Uluslararası Enerji Ajansı¹¹⁶, ndan temin edilmiş, Ocak 2008 – Ekim 2011 tarihleri arasındaki verileri ise Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu veri tabanından alınmıştır. 2011 yılına ilişkin verilerin Ekim ayına kadar olmasının sebebi Kurum' un, piyasa katılımcılarından tüketim verilerini her yılın Kasım ayında toplamaya başlamasıdır.

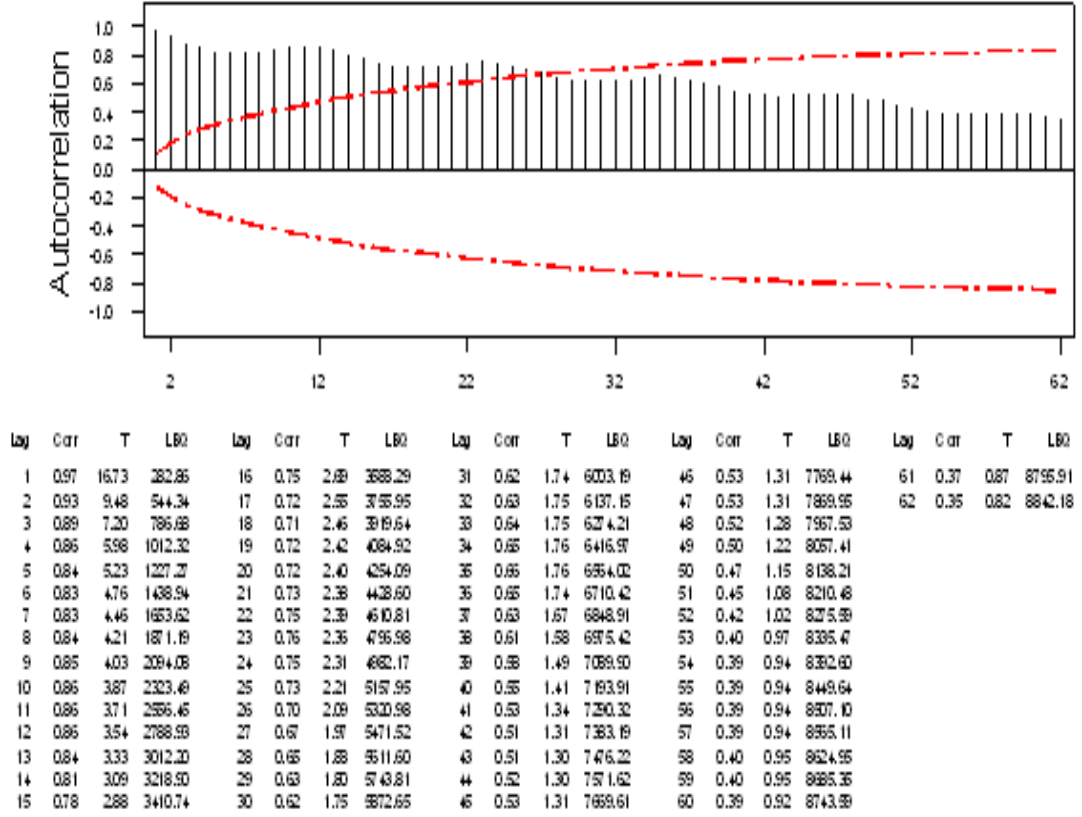
Türkiye doğal gaz tahminleme çalışmasına geçildiğinde, çalışma Minitab paket programı kullanılarak yapılmış olup Ocak 1987 ile Ekim 2011 yılları arasındaki 298 gözlemin bin m³(mcm) cinsinden dağılımı Şekil-15' teki gibidir.



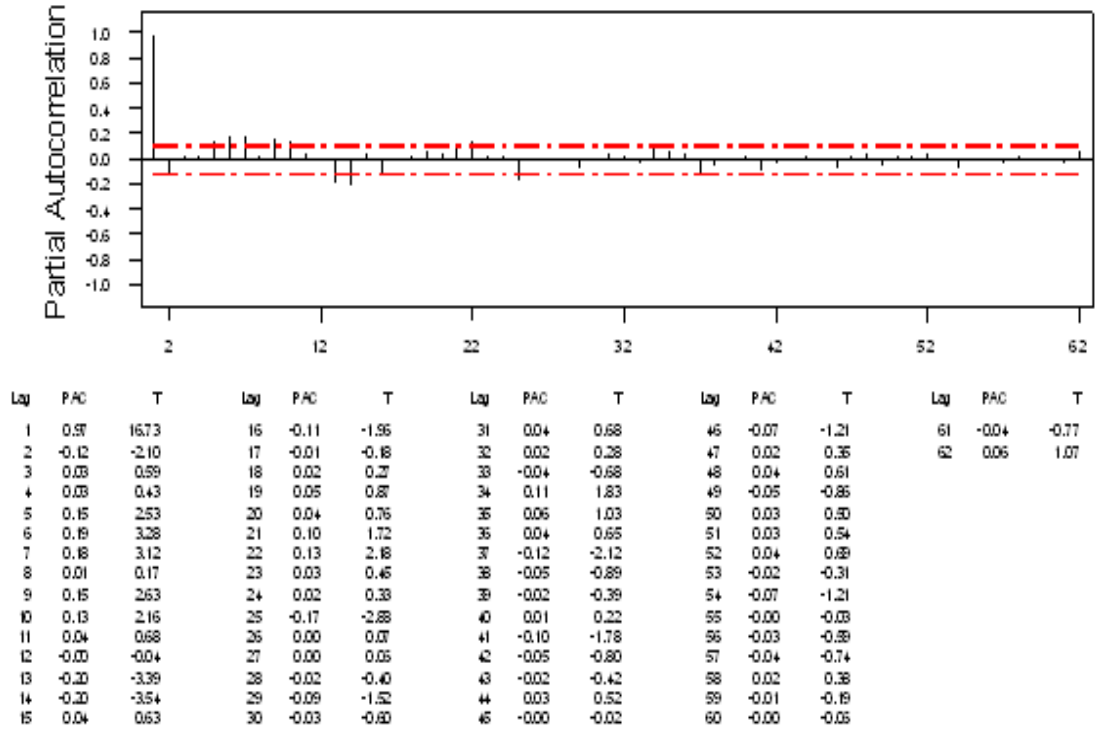
Şekil 15: Geçmiş doğal gaz tüketim değerleri (mcm)

¹¹⁶ IEA (International Energy Agency). International Energy Agency Data Services, 2008. <<http://data.iea.org>>, Erişim: 15.10.2012

Veri setinin otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyon grafikleri aşağıdaki gibidir.



Şekil 16: Otokorelasyon fonksiyon grafiği.

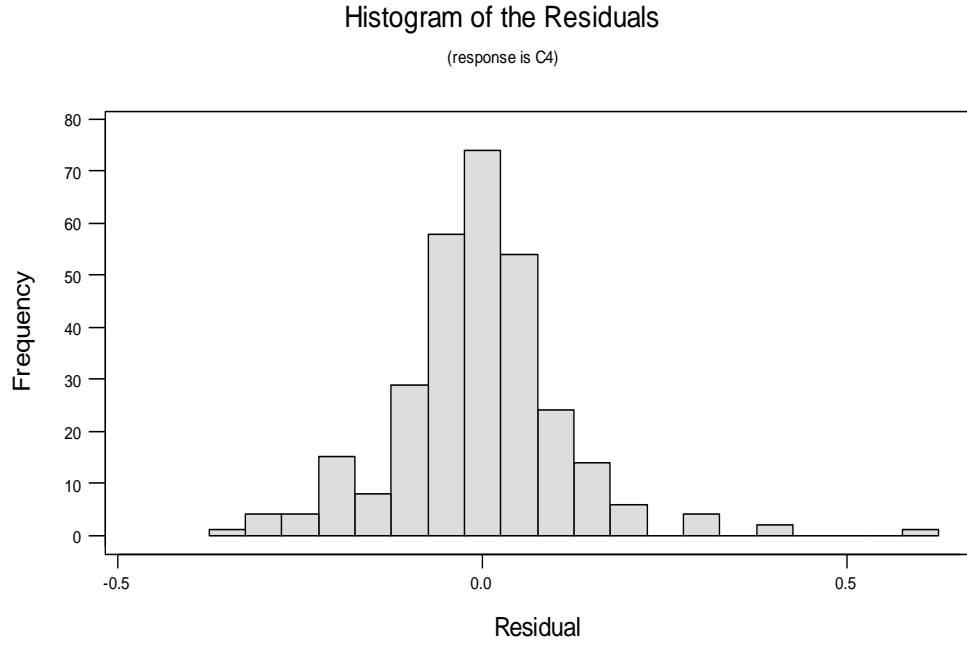


Şekil 17: Kısmi otokorelasyon fonksiyon grafiği.

Şekil-16 ve Şekil-17’ de bulunan otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyon grafikleri incelendiğinde ilk grafikte otokorelasyon katsayısının yavaş azaldığı ve kısmi otokorelasyon katsayısının ilk değerden sonra hızlı bir azalış gösterdiği anlaşılabacaktır. Bu iki durum, zaman serisinin ortalamada ve varyantsa durağan dışı olduğunu göstermektedir. Söz konusu durağan dışılıkları gidermek için veri setinin doğal logaritması alınıp varyansı düzgünleştirilmiştir. Daha sonra ise, fark alma işlemi ile ortalama durağan hale getirilmiştir.

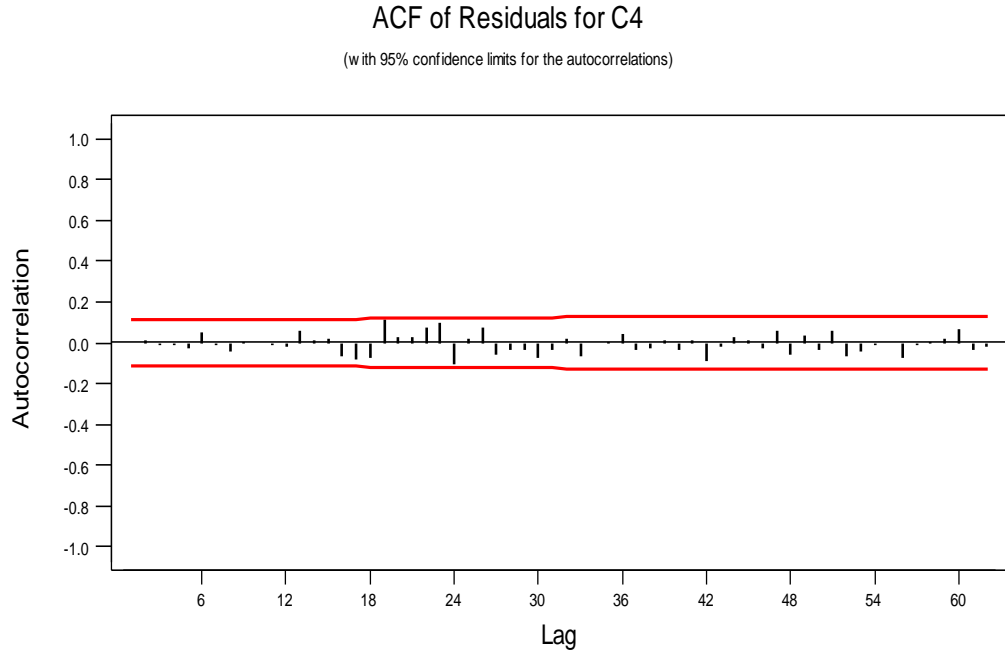
Bu işlemler sonrasında ise, paket program ile yapılan işlemler neticesinde, model SARIMA (3,1,3) x (1,0,1) olarak belirlenmiştir.

Belirlenen model doğrultusunda, yapılan artık analizi sonucunda ortaya çıkan histogram, otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon grafikleri ise aşağıdaki gibidir.

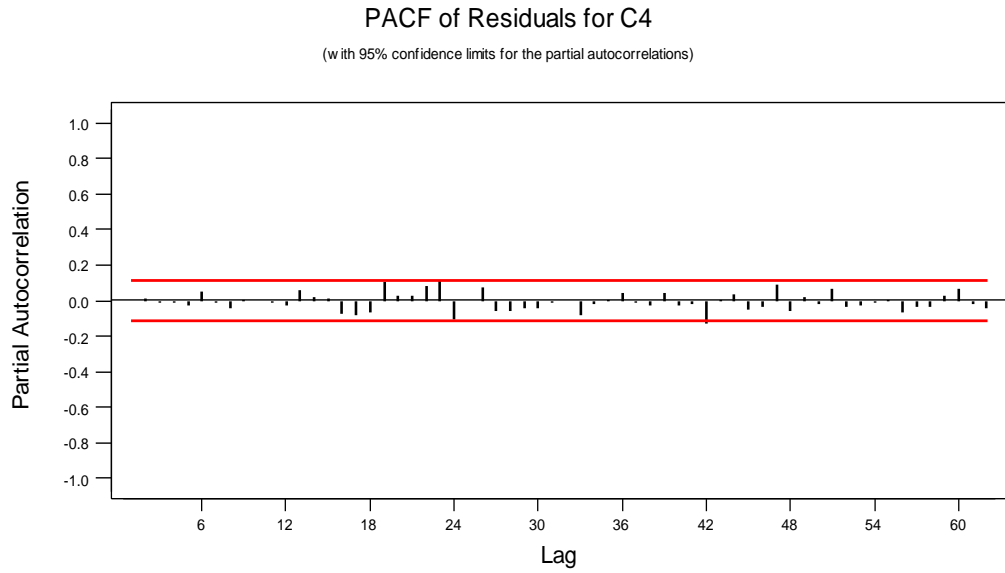


Şekil 18: Artık histogramı

Şekil-18' e göre artıkların normal dağıldığı varsayılabilmektedir.



Şekil 19: Artıkların otokorelasyon fonksiyon grafiği



Şekil 20: Artıkların kısmi otokorelasyon fonksiyon grafiği

Şekil-19 ve Şekil- 20' de görülen otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon grafiklerine bakıldığında, artıklar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon olmadığı görülmektedir

Sonuçlara göre, belirlenen model için tahminlenen parametreler istatistiksel olarak anlamlı, model yeterlidir. Modelin tahminleme amaçlı kullanılması ve sağlıklı sonuçlar elde edilebilmesi için artıkların otokorelasyonlarının olabildiğince küçük, yani istatistiksel açıdan anlamlı olmayan bir korelasyona sahip olmaları, bir başka deyişle bağımsız olmaları istenir. Ayrıca artıkların dağılımının sıfır ortalama ve sabit bir varyans ile normal olduğu varsayılır. Modelin yeterliliği gösterildikten sonra bu koşulların sağlanıp sağlanmadığına bakılmalıdır. Varsayımların kontrolü ve uygunluğunun kontrolü için Şekil-19 ve Şekil- 20' de görülen otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon grafiklerine bakıldığında, artıklar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon olmadığı görülmektedir. Şekil-18' de de, artıkların histogramına bakarak, artıkların dağılımının normal olduğu söylenebilir. Ayrıca artıkların tahmin değerlerine göre dağılımını gösteren grafikte de noktaların tamamen rassal olarak dağıldığı görülmektedir.

Bu doğrultuda kurulan modelin denkleminde ilişkin çıktılar ve tahmin grafiği aşağıdaki gösterilmekte olup 2012 yılı itibariyle hesaplanan tahmin değerleri bir sonraki bölümde ele alınacaktır.

Tablo 18: Tahmin değerleri tablosu

Tip	Katsayı	Standart. Sapma	T değeri
AR 1	-0,4204	0,1699	-2,47
AR 2	-0,0945	0,1811	-0,52
AR3	0,3785	0,1476	2,56
SAR 12	0,969	0,0235	41,16
MA 1	-0,18	0,1501	-1,2
MA 2	-0,0043	0,1483	-0,03
MA 3	0,6323	0,1208	5,24
SMA 12	0,6219	0,0568	10,95

Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic

Residuals: SS = 3.87593

MS = 0.01337 DF = 290

Lag 12 24 36 48

Chi-Square 1.8(DF= 4) 22.0(DF=16) 30.5(DF=28) 37.8(DF=40)

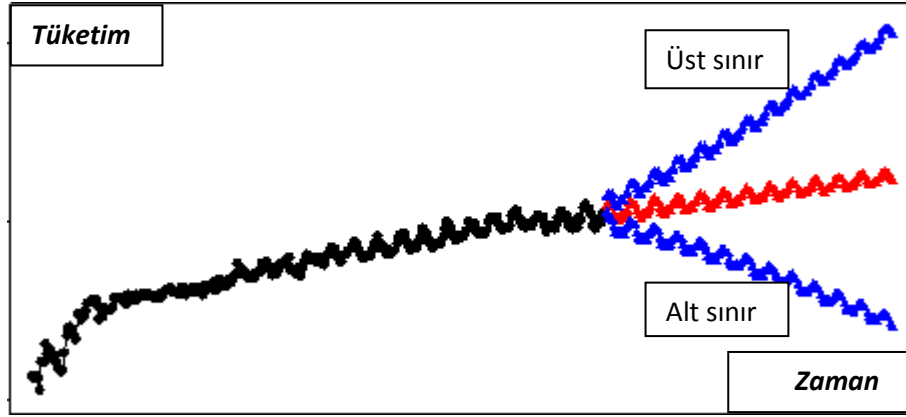
3.4. Tahmin Sonuçları

Bir nceki bölümde detayları verilen, %95 güven aralığında yapılan hesaplamalar sonucunda 2012 yılı itibariyle Türkiye' nin 2020 yılına kadar doğal gaz tüketim tahmini değerleri Şekil-21' de sunulmaktadır.

Tablo 19: 2012-2020 yılları arası Türkiye doğal gaz tüketim tahmini

Yıl	Tüketim (bcm)	Artış (%)
2012	46,241	6,94
2013	49,734	7,55
2014	53,386	7,34
2015	57,182	7,11
2016	61,120	6,89
2017	65,196	6,67
2018	69,403	6,45
2019	73,741	6,25
2020	78,206	6,05

Şekil-21' de gerçekleştirilen tahmin çalışması doğrultusunda geçmiş tüketim eğrisi ve gelecek tüketim eğilimi alt ve üst sınırları ile gösterilmektedir.



Şekil 21: 2012-2020 yılları arası Türkiye doğal gaz tüketim tahmini

Tablo-19 ve Şekil- 21' de görüldüğü üzere, yapılan hesaplamalar sonucunda ülkemiz doğal gaz tüketiminin 2020 yılına kadar yıllık % 6 ile % 7,5 bandında değişen oranda büyüyeceği öngörülmektedir. Bu büyüme tahmininde üzerinde durulması gereken bazı hususlar bulunmaktadır. Çalışmanın önceki bölümlerinde de

değinildiği üzere doğal gaz talebini etkileyen temel faktörler ekonomik istikrar, nüfus ve teknolojik gelişimdir.

Türkiye, doğal gaz ile 1980' li yılların ikinci yarısında tanışmış olup elektrik üretimi ve sanayinin çeşitli dallarında tüketimin artmasıyla talep her geçen yıl artış göstermiştir. 2008 yılının son çeyreğine gelindiğinde, ülkemiz ekonomisi diğer ekonomilere nispeten daha az yara alsa da küresel finansal krizden etkilenmiş ve milli ekonomideki geriye gidiş ile birlikte sanayi ve hizmet sektöründe yaşanan daralma sebebiyle temel girdi niteliğindeki elektrik ve doğal gaz talebinde, etkileri bilhassa 2009 yılında hissedilmek üzere, önemli bir azalma gerçekleşmiştir.

Yine, önceki bölümlerde de bahsedildiği üzere, ülkemizdeki ısınma amaçlı doğal gaz tüketimi yaygınlaştırmak üzere günümüze gelinceye kadar birçok dağıtım bölgesi oluşturulup ihale edilmiş, çoğu gaz arzına başlamıştır. Diğer bir deyişle, toplam tüketim içindeki payı hali hazırda % 20 ile % 25 arasında seyreden ısınma amaçlı tüketim kısa bir zaman sonra doygunluğa ulaşacaktır. Zira ülke nüfusunun büyük bölümünü barındıran şehirler ve bölgelerde şehir içi dağıtım faaliyeti uzun zamandır devam etmektedir.

Teknolojik gelişim göz önünde bulundurulduğunda ise, doğal gazın birincil enerji kaynağı olarak küresel enerji piyasalarındaki önemi azalmayacağı gibi bu yarışta tepeye oynayacağı tahminleri Uluslararası Enerji Ajansı, Amerikan Enerji Bakanlığı vb. muteber birçok kuruluşça sıklıkla dile getirilmektedir.

Sözü edilen üç faktör, ekonomi, nüfus ve teknoloji, göz önünde bulundurulduğunda ortaya şu gerçek çıkmaktadır ki, gelecekte ülkemiz doğal gaz tüketimini etkileyecek temel unsur ekonomik büyümedir. Geçmiş veriler incelendiğinde, kriz dönemlerinde doğal gaz tüketiminin önemli düşüş gösterdiği görülmekte olup bu çalışmadaki hesaplamalar sonucunda elde edilen tahmin verilerinin anlamlı olarak değerlendirilebilmesi için, ülkemizin ekonomik büyüme yarışında birçok ülkeyi geride bırakan performansının yavaşlayarak da olsa kısa ve orta vadede devam edeceği ve tüketimi normal olmayan bir şekilde etkileyecek, 2008-2009 döneminde yaşanan krize benzer bir durumun gerçekleşmeyeceği varsayımı kabul edilmektedir.

SONUÇ

Doğal gazın, dünyadaki enerji tüketimi trendlerine paralel olarak Türkiye' de de birincil enerji tüketimi içerisindeki payını hızla artırarak günümüzdeki vazgeçilmez konumuna erişmiştir. Alternatif birçok yakıtta göre ucuzluğu, temiz bir yakıt olması, kullanım kolaylığı ve stoklama sorununun olmayışı vb. üstünlükleri doğal gaz talebini hızla artırmıştır.

Türkiye ulusal doğal gaz tüketim karakteristiği incelendiğinde, ilk sırayı elektrik üretimi amaçlı tüketim alırken, sırasıyla sanayi sektörü tüketimi ve ısınma amaçlı tüketim ikinci ve üçüncü sırayı almaktadır.

Yüksek tüketim miktarı, ulusal ekonomimizin temel girdisi niteliğindeki enerjide en önemli paya sahip olması, halkımızın günlük yaşamının merkezinde olması gibi önemli özelliklerine ülkemizde kullanılan miktarın neredeyse tamamının başka ülkelerden ithal ediliyor olması gerçeği eklendiğinde, doğal gazda arz güvenliğinin ne kadar önemli olduğu açıktır. Doğal gaz tüketim tahmininin, söz konusu arz güvenliğinin tesis edilmesine, mikro ve makro düzeyde verimliliğin artırılmasına, kaynakların etkin kullanılmasında izlenecek yol ve oluşturulacak politikalara esas teşkil edecek en önemli etkenlerden olduğu düşünüldüğünde ise, sağlıklı ve başarılı bir tüketim tahmini çalışmasının önemi ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada, enerji kaynağı olarak doğal gazın, dünya ve Türkiye piyasalarındaki yeri, birincil enerji kaynakları içindeki payı, rezerv, üretim ve tüketim değerleri incelenmiş, literatürdeki talep tahmin yöntemleri araştırılmış ve

Mevsimsel Durağan Olmayan Doğrusal Stokastik Model (S-ARIMA Modeli) kullanılarak Türkiye' nin gelecek yıllardaki doğal gaz tüketimi tahmin edilmeye çalışılmıştır.

Ocak 1987 ile Ekim 2011 yılları arasında aylık olarak toplam 298 adet gerçekleşmiş ulusal doğal gaz tüketim verisi ile yapılan hesaplamalar sonucunda Türkiye doğal gaz tüketiminin, 2012 yılı için yaklaşık 46,2 bcm, 2013 yılı için yaklaşık 49,7 bcm ve son olarak ise 2020 yılı için yaklaşık 78,2 bcm olarak gerçekleşeceği tahmin edilmiştir.

Bu tahmin çalışması sonrasında, kaynak çeşitlendirmesi, doğal gazın toplam enerji tüketimi içindeki yeri ile elektrik üretiminde kullanılan doğal gazın payının artırılması ya da azaltılması, ülke sınırları içerisindeki doğal gaz kaynaklarının tespiti ve kullanılabilir hale getirilmesi vb. ulusal arz güvenliğinin sağlanmasında tartışılması önem arz eden karar ve politikaların değerlendirilmesi ise ayrı bir tez çalışmasına konu olacak niteliktedir.

KAYNAKLAR

Acar, N., “Üretim Planlaması Yöntem ve Uygulamaları”, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, Ankara, 1998

Adam, E., Ebert, R. J. , Production and Operations Management Concepts, Models and Behavior, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1992.

BP Statistical Review of World Energy 2012, [www.bp.com/ statisticalreview](http://www.bp.com/statisticalreview), Augustos 2012.

Elmas, Ç., “Yapay Zeka Uygulamaları, Seçkin Yayıncılık”, Ankara, 2007.

Chatterjee, S., Hadi, A.S., “Regression Analysis by Example”, Wiley, 2006.

Öztemel, E., “Yapay Sinir Ağlar”, 2. Baskı, Papatya Yayıncılık, İstanbul, 2006

Akkurt, M.et al., "Forecasting Turkey' s Natural Gas Consumption by Using Time Series Methods", European Journal of Economic and Political Studies-3(2), 2010.

Bircan, H., Karagöz, Y., “Box-Jenkins Modelleri ile Aylık Döviz Kuru Tahmini Üzerine Bir Uygulama”, Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi (6) 2003 / 2.

Bordignon, S.et al., "Combining day-ahead forecasts for British electricity prices", Energy Economics, 2011

Dilaver, Z. , Lester C. H., "Industrial electricity demand for Turkey: A structural time series analysis" , Surrey Energy Economics Centre (SEEC), Department of Economics, University of Surrey, Energy Economics, 33. Cilt, 3. Sayı, Mayıs 2011

Görücü, F.B., et.al., “Artificial neural network modeling for forecasting gas consumption”, Energy Sources, 26 (2004).

Gümrah, F., et.al., "Modeling of gas demand using three-day concept: case for Ankara", *Energy Sources*, 23 (2) (2001).

Hamzaçebi, C., Kutay F., "Yapay sinir ağı ile Türkiye elektrik enerjisi tüketiminin 2010 yılına kadar tahmini", *J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ.* 19 (3), 2004.

Ediger, V., Akar S., "ARIMA forecasting of primary energy demand by fuel in Turkey", *Energy Policy*, 35. Cilt, 2007.

Erdogdu, E., "Electricity Demand Analysis using cointegration and ARIMA modelling: a case study of Turkey", *Energy Policy*, 35. Cilt, s. 1129-1146 (2007).

Jang, J. S. R., "ANFIS: Adaptive-network based fuzzy inference systems", *IEEE Trans. On Systems, Man, and Cybernetics*, 23 (03), 1993.

Kölmek, F., "Gün Öncesi Elektrik Piyasasında Saatlik Fiyat Tahmini", *Enerji Piyasası Bülteni*, Nisan 2012.

Ok, Y., et al., "Yalın Sinirsel Bulanık Bir Model ile İMKB 100 Endeksi Tahmini", *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, Cilt 26, No 4, 2011.

Soldo, B., "Forecasting natural gas consumption", *Applied Energy*, 92. Cilt, Nisan 2012

Takagi, T., Sugeno, M., "Fuzzy identification of systems and its applications to modelling and control", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 15, 1985.

Thomas H.N., et.al., "Box Jenkins Methods: An Alternative to Econometric Models". *International Statistical Review*, C. 40, No. 2, 1972.

Tunç, M., et.al., "Comparison of Turkey's electrical energy consumption and production with some European countries and optimization of future electrical power supply investments in Turkey", *Energy Policy*, 2006.

Yardımcı, O., "BAŞKENTGAZ İçin Tokmak İnmiyor! Ne Yapmak Lazım?", *Enerji Piyasası Bülteni*, ISSN 1308-8262, Sayı : 20 Sayfa : 31-41, Nisan 2012.

Yuanyuan W. ve diğeri, “Application of residual modification approach in seasonal ARIMA for electricity demand forecasting: A case study of China”, Energy Policy, 48. Cilt, Eylül 2012.

Yumurtacı, Z., Asmaz, E, “Electric energy demand of Turkey for the year 2050”, Energy Sources, 26 (12) (2004).

Zadeh, L. A, “Fuzzy Sets”, Information and Control, 1965, 8. Cilt.

Zadeh, L. A., “Is There A Need For Fuzzy Logic”, Information Sciences, 178. Cilt, 12. Sayı , Temmuz 2008.

Adıyaman, F, “Talep Tahmininde Yapay Sinir Ağlarının Kullanılması“, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2007.

Aslangiray, A., “İstatistiksel Süreç Kontrolünde Bulanık Mantık Yaklaşımı ve Bir Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, T.C. Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Antalya, 2011

Civelekoğlu, G., “Aritma Proseslerinin Yapay Zeka ve Çoklu İstatistiksel Yöntemler ile Modellenmesi”, Doktora Tezi, T.C. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 2006.

Çelik, B., . “YSA Metodolojisi ile Zaman Serisi Analizi: Teori ve Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2008.

Demirel, Ö., “ANFIS ve ARMA Modelleri ile Elektrik Enerjisi Yük Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, T.C. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2009.

Dondurmacı, G., “ Veri Madenciliği’ nde Regresyon Ağaçları ile Sınıflandırma ve Bir Uygulama”, Doktora Tezi, T.C. Mimar Sinan Üniversitesi fen Bilimleri Üniversitesi, İstanbul, 2011.

Duru, Ö., “Zaman Serileri Analizinde ARIMA Modelleri ve Bir Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, T.C. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2007.

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, “Doğal Gaz Piyasası 2011 Yılı Sektör Raporu, Ankara, 2012.

IEA (International Energy Agency). International Energy Agency Data Services, 2008. <<http://data.iea.org>>.

International Energy Agency, “World Energy Outlook 2011 Türkçe”.

International Energy Agency, “World Energy Outlook 2011”.

International Energy Agency, “World Energy Outlook”, 2009.

International Energy Agency, World Energy Outlook 2004.

Kalaycı, T.E., “Yapay Zeka Teknikleri Kullanan Üç Boyutlu Grafik Yazılımları İçin “Extensible 3d” (X3d) İle Bir Altyapı Oluşturulması Ve Gerçekleştirimi”, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2006, s. 66.

Kandemir, C., “Doğal Gaz Dağıtım Şirketleri Düzenleyici Muhasebe Sistemi” Yayımlanmamış Uzmanlık Tezi, EPDK, Ankara, 2012.

Kara, A., “İzmir (Alsancak) Limanı Gelecek Talep Tahmini İçin Bir Yöntem Önerisi”, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2011.

Karahan, M., “İstatistiksel Tahmin Yöntemleri: Yapay Sinir Ağları Metodu ile Ürün Talep Tahmini Uygulaması”, Doktora Tezi, T.C. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2011.

Kellova, A., “Statistical Approach to Short-Term Electricity Forecasting, Dissertation” (Doktora Tezi), Charles University, Prague, 2008.

Kızılaslan, R. et al., ” Doğalgaz Talep Tahmini İçin Yapay Sinir Ağları ve Bulanık Mantık Model Önerileri“, Ulusal Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Kongresi

Meydan, Y. A., “Talep Tahmin Yöntemleri ve Orta ölçekli Bir İşletmede Uygulanması”, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2007.

Özaktürk, M.ve diğerleri “Küçük Hidroelektrik Santralleri Gücünün Bulanık Mantık Yöntemiyle Tahmini”, Sakarya Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Sakarya.

Pervan, N., “Türkiye’de Doğal Gaz Piyasasının Yeniden Yapılandırılması ve Sonuçları”, Yüksek Lisans Tezi, T.C. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 2006.

Saygılı, T. O., “Türkiye ve Dünyada Doğal Gazın Alternatif Kullanım Alanları”, Yayınlanmamış Uzmanlık Tezi, EPDK, Ankara, 2010

Society of Petroleum Engineers, “Guidelines for the Evaluation of Petroleum Reserves and Resources”, 2001, Appendix A Petroleum Reserves Definitions.

Ülker, E., “Yapay Zeka Teknikleri Kullanılarak Yüzey Modelleme”, Doktora Tezi, T.C. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Üniversitesi, Konya, 2007.

Yardımcı, O., “Petrol Fiyatlarının Doğal Gaz Fiyatları Üzerindeki Etkisi ve Türkiye İçin Öneriler”, Yayınlanmamış Uzmanlık Tezi, EPDK, Ankara, 2010.

Yurtoğlu, H., “Yapay Sinir Ağları Metodolojisi İle Öngörü Modellemesi: Bazı Makroekonomik Değişkenler İçin Türkiye Örneği”, Uzmanlık Tezi, DPT, 2005.

BOTAŞ resmi web sitesi, <http://www.botas.gov.tr/index.asp>

Milliyet gazetesi,

<http://ekonomi.milliyet.com.tr/dunya-enerjisinin-yuzde-1-ini-turkiye-tuketti/ekonomi/ekonomidetay/17.09.2012/1597660/default.htm>, Erişim: 17.09.2012

Türk Dil Kurumu, Genel Türkçe Sözlüğü,

http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_gts&arama=gts&kelime=zek%C3%A2&uid=58140&guid=TDK.GTS.50605822afe536.37274226, Erişim: 17.09.2012