



T.C.

İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

**TÜRKİYE DOĞAL GAZ TÜKETİMİNİN MODELLENMESİ VE TAHMİNİ:  
ENERJİ TEDARİK VERİMLİLİĞİNE YÖNELİK STRATEJİ ÖNERİLERİ**

RİDVAN AYDIN

YÖNETİM VE STRATEJİ DOKTORA PROGRAMI

DANIŞMAN

DOÇ. DR. SERHAT YÜKSEL

İSTANBUL - 2022



T.C.

İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

**TÜRKİYE DOĞAL GAZ TÜKETİMİNİN MODELLENMESİ VE TAHMİNİ:  
ENERJİ TEDARİK VERİMLİLİĞİNE YÖNELİK STRATEJİ ÖNERİLERİ**

RİDVAN AYDIN

YÖNETİM VE STRATEJİ DOKTORA PROGRAMI

DANIŞMAN

DOÇ. DR. SERHAT YÜKSEL

İSTANBUL - 2022

## BEYAN

“Doktora tezi olarak hazırladığım “Türkiye Doğal Gaz Tüketiminin Modellenmesi ve Tahmini: Enerji Tedarik Verimliliğine Yönelik Strateji Önerileri” adlı çalışmamı, ilmi ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazdığımı ve faydalandığım eserlerin bibliyografyada gösterdiklerimden ibaret olduğunu, bunlara atıf yaparak yararlanmış olduğumu belirtir, bunu şeref ve haysiyetimle doğrularım.”

Rıdvan AYDIN

## TEŞEKKÜR

Tez sürecimin tüm adımlarında yüksek enerjisi ve motivasyonu ile beni yönlendiren, önüme çıkan tüm engelerde her daim desteğini hissettiğim kıymetli hocam ve danışmanım Sn. Doç. Dr. Serhat YÜKSEL'e, yapıcı öneri ve yönlendirmeleriyle çalışmama ışık tutarak yol gösteren tez izleme komitelerimde yer alan çok değerli bilim insanları Sn. Prof. Dr. Gökhan SİLAHTAROĞLU ve Sn. Prof. Dr. Hasan DİNÇER'e, doktora programına başladığım ilk günden itibaren her zaman gelişimimize katkı sağlayan üniversitemizin saygıdeğer hocalarına, hayatın her anında sevgi ve desteğini koşulsuz sunan, evlatları olmaktan onur duyduğum anne ve babama, bu zorlu süreçte daima desteğini paylaşan sevgili eşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
KISALTMALAR.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	x
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ÖZET .....	xii
ABSTRACT.....	xiii
GİRİŞ.....	1
1. BÖLÜM.....	3
KAVRAMSAL ÇERÇEVE.....	3
1.1 Strateji Kavramı ile İlgili Genel Bilgiler .....	3
1.1.1 Strateji.....	3
1.1.2 Strateji ve Taktik.....	4
1.1.3 Stratejik Yönetim Kavramı .....	5
1.1.3.1 Stratejik Yönetim.....	5
1.1.3.2 Sürdürülebilir Stratejik Yönetim .....	6
1.1.3.3 Stratejik Yönetim Süreci.....	6
1.1.4 Temel Stratejiler ve Alt Grupları .....	7
1.1.4.1 Kurumsal / Büyük Stratejiler .....	7
1.1.4.2 İşletme Seviyesi Stratejileri .....	10
1.1.4.3 İşlevsel Stratejiler .....	10
1.2 Verimlilik Kavramı ile İlgili Genel Bilgiler .....	10
1.3 Tedarik ve Tedarik Zinciri Yönetimi.....	12
1.3.1 Tedarik Kavramı .....	13
1.3.2 Tedarik Zinciri Kavramı .....	13
1.3.3 Tedarik Zinciri Yönetimi .....	14
1.3.4 Tedarik Zinciri Yönetiminin Amaçları ve Faydaları .....	15
1.4 Enerji Kavramı ile İlgili Genel Bilgiler .....	17

1.4.1 Enerjinin Tanımı .....	17
1.4.1.1 Enerjinin Önemi ve Faydaları .....	17
1.4.1.2 Enerjinin Önemi .....	18
1.4.1.3 Enerjinin Faydaları .....	18
1.4.2 Enerji Kaynakları .....	19
1.4.2.1 Yenilenemez (Fosil) Enerji Kaynakları .....	19
1.4.2.1.1 Doğal Gaz .....	21
1.4.2.1.2 Kömür .....	21
1.4.2.1.3 Nükleer Enerji .....	22
1.4.2.1.4 Petrol .....	22
1.4.2.2 Yenilenebilir (Alternatif) Enerji Kaynakları .....	23
1.4.2.2.1 Rüzgâr Enerjisi .....	25
1.4.2.2.2 Güneş Enerjisi .....	26
1.4.2.2.3 Hidrojen Enerjisi .....	27
1.4.2.2.4 Jeotermal Enerji .....	29
1.4.2.2.5 Biyokütle Enerjisi .....	30
1.4.2.2.6 Dalga Enerjisi .....	30
1.4.2.2.7 Hidrolik (Hidroelektrik) Enerji .....	31
2. BÖLÜM .....	32
ENERJİ SEKTÖRÜ VE DOĞAL GAZ .....	32
2.1 Enerji Sektörüne Genel Bakış .....	32
2.2 Türkiye’de Enerji Sektörü ve Politikaları .....	34
2.2.1 Türkiye'nin Makroekonomik Dengelerinde Enerji Ticaretinin Rolü .....	35
2.2.2 Türkiye'nin Enerji Politikaları ve Bağımsızlığı .....	36
2.2.3 Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı .....	37
2.3 Doğal Gazın Enerji Sektöründeki Yeri .....	39
2.3.1 Doğal Gazın Tarihsel Gelişimi .....	39
2.3.2 Doğal Gazın Oluşumu, Bileşenleri ve Özellikleri .....	40
2.3.3 Doğal Gazın Kullanım Türleri .....	43
2.3.3.1 Sıvılaştırılmış Doğal Gaz (LNG) Kavramı .....	43
2.3.3.2 Sıkıştırılmış Doğal Gaz (CNG) Kavramı .....	44
2.3.3.3 Yenilenebilir Doğal Gaz (RNG) Kavramı .....	45

2.3.4 Dünya’da Doğal Gaz .....	46
2.3.4.1 Uluslararası Gaz Kuruluşları .....	46
2.3.4.2 Küresel Doğal Gaz Piyasasına Yönelik Sayısal Veriler .....	50
2.3.5 Türkiye’de Doğal Gaz .....	52
2.3.5.1 Türkiye’de Doğal Gaz Kullanımına Geçiş .....	53
2.3.5.2 Doğal Gazın Türkiye Enerji Sektöründeki Yeri .....	54
2.3.5.3 Türkiye’deki Doğal Gaz Ana İletim Hatları ve Terminalleri .....	54
2.3.5.4 Türkiye’de Doğal Gaz Piyasası ve Düzenleyici Çevre.....	57
2.3.5.5 Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK).....	58
2.3.5.6 Türkiye Doğal Gaz Piyasasına Yönelik Sayısal Veriler .....	58
3. BÖLÜM.....	65
DOĞAL GAZ TEDARİK YÖNETİMİ.....	65
3.1 Enerji Tedarik Yönetiminin Paydaşları .....	65
3.2 Doğal Gaz Piyasasının Arz ve Talep Yapısı.....	66
3.2.1 Arz Yapısı.....	66
3.2.2 Talep Yapısı.....	67
3.3 Doğal Gaz Tüketimine Yönelik Genel Kavramlar .....	69
3.3.1 Doğal Gaz Tüketimini Etkileyen Temel Faktörler .....	69
3.3.1.1 Sıcaklık .....	69
3.3.1.2 Ekonomik Büyüme .....	69
3.3.1.3 Alternatif Enerji Kaynakları .....	70
3.3.1.4 İşsizlik Oranı.....	70
3.3.1.5 Nüfus Yoğunluğu ve Kentleşme Oranı.....	70
3.3.1.6 Doğal Gazın Fiyatı.....	70
3.3.2 Doğal Gaz Tüketimine Yönelik Literatür Taraması .....	71
3.4 Doğal Gaz Fiyatlamasına Yönelik Genel Kavramlar .....	72
3.4.1 Doğal Gaz Ticaretinin Önemi ve Faydaları .....	72
3.4.2 Doğal Gazın İşlem Gördüğü Enerji Ticaret Merkezleri .....	73
3.4.3 Doğal Gazın Fiyatlama Yöntemleri.....	80
3.4.3.1 İkame Esaslı Fiyatlama.....	80
3.4.3.2 Maliyet Esaslı Fiyatlama .....	80
3.4.3.3 Azaltarak (Net-Back) Fiyatlandırma .....	81

3.4.3.4 Serbest Piyasa Fiyatlaması.....	81
3.4.4 Doğal Gaz Fiyatını Etkileyen Temel Faktörler.....	81
3.4.4.1 Petrol ve Kömür Fiyatları .....	81
3.4.4.2 Ekonomik Faktörler .....	82
3.4.4.3 Rezerv Miktarı, Üretim ve Depolama Kapasitesi.....	82
3.4.4.4 Doğa Olayları.....	82
3.4.5 Doğal Gazın Fiyatına Yönelik Literatür Taraması .....	83
3.5 Doğal Gaz Sektöründe Karşılaşılan Riskler .....	84
3.5.1 Politik Riskler .....	84
3.5.2 Makroekonomik Riskler .....	85
3.5.3 Jeolojik Riskler .....	85
3.5.4 Fiyat Riski.....	85
3.5.5 Operasyonel Riskler.....	86
3.5.6 Yenilenebilir Enerjilerin Popülaritesinin Artması .....	86
3.6 Doğal Gaz Piyasasına Yönelik Strateji Türleri.....	86
3.6.1 Enerji Ticaret Merkezi Olma Stratejisi .....	86
3.6.2 Hidrojenle Zenginleştirme Stratejisi.....	87
3.6.3 Depolama Stratejileri .....	87
3.6.4 Verimlilik Artışı Stratejisi .....	88
3.6.5 Çeşitlendirme Stratejisi.....	88
3.6.6 Tasarruf Stratejisi.....	88
3.6.7 Dijitalizasyon .....	89
3.6.8 LNG .....	89
3.6.9 Kaya Gazı (Kayaç/Şeyl Gazı).....	90
3.6.10 RNG-Yenilenebilir Doğal Gaz .....	90
4. BÖLÜM.....	91
TÜRK DOĞAL GAZ SEKTÖRÜNE YÖNELİK EKONOMETRİK BİR ANALİZ ....	91
4.1 Analizin Amacı ve Kapsamı .....	91
4.2 Analiz Sürecinde Dikkate Alınan Değişkenler .....	91
4.3 Metodoloji.....	97
4.3.1 Lineer Regresyon Yöntemi Hakkında Teorik Bilgi.....	97
4.3.2 Logit Yöntemi Hakkında Teorik Bilgi.....	99



4.3.3 MARS Yöntemi Hakkında Teorik Bilgi .....	100
4.4 Analiz Sonuçları .....	102
4.4.1 Doğal Gaz Tüketim Miktarına Yönelik Modelleme .....	102
4.4.1.1 MARS Yöntemi ile Modelleme .....	102
4.4.1.2 Regresyon Yöntemi ile Modelleme .....	105
4.4.2 Doğal Gaz Artış/Azalış Trendine Yönelik Modelleme .....	106
4.4.2.1 MARS Yöntemi ile Modelleme .....	106
4.4.2.2 Logit Yöntemi ile Modelleme .....	109
4.5 Değerlendirme .....	110
4.6 Model Sonucu Tahmin Verilerinin Gerçekleşen Verilerle Karşılaştırılması.....	111
4.7 Anlamlı Değişkenlerin Duyarlılık Analizinin Yapılması .....	113
SONUÇLAR VE STRATEJİ ÖNERİLERİ .....	116
KAYNAKÇA.....	124
EKLER.....	144

## KISALTMALAR

- AB: Avrupa Birliği  
ABD: Amerika Birleşik Devletleri  
BCM: Milyar Metreküp  
BDDK: Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu  
BOTAŞ: Boru Hatları ile Petrol Taşıma Anonim Şirketi  
BP: British Petroleum  
BTU: British Thermal Unit (İngiliz Termik Birimi)  
CNG: Sıkıştırılmış Doğal Gaz  
ÇŞB: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı  
EPDK: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu  
EPIAŞ: Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi  
ERIG: European Research Institute For Gas And Energy Innovation  
EKB: Enerji Kimlik Belgesi  
ETKB: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı  
EÜAŞ: Elektrik Üretim Anonim Şirketi  
FSRU: Yüzer Depolama ve Yeniden Gazlaştırma Ünitesi  
GERG - The European Gas Research Group  
GES: Güneş Enerjisi Santrali  
GIE: Gas Infrastructure Europe (Gaz Altyapısı Avrupa)  
GIIGNL: The International Group Of Liquefied Natural Gas Importers  
GSYH: Gayri Safi Yurt İçi Hasıla  
GTI - Gas Technology Institute  
GW: Gigavat  
GWh: Gigavatsaat  
HES: Hidroelektrik Santrali  
IGU - International Gas Union  
JES: Jeotermal Enerji Santrali  
Kcal: Kilokalori  
Kg: Kilogram

kW: Kilovat  
kWh: Kilovatsaat  
LNG: Sıvılaştırılmış Doğal Gaz  
LPG: Sıvılaştırılmış Petrol Gazı  
Lt: Litre  
M: Metre  
M<sup>2</sup>: Metrekare  
M<sup>3</sup>: Metreküp  
Mcm: Milyon Metreküp  
MTEP: Milyon Ton Eşdeğer Petrol  
MW: Megavat  
MWh: Megavatsaat  
NGS: Nükleer Güç Santrali  
NGVA: The Natural & Bio Gas Vehicle Association  
OECD: Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü  
OPEC: Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü  
OTD: Operations Technology Development  
RES: Rüzgâr Enerjisi Santrali  
Sm<sup>3</sup>: Standart Metreküp  
TCMB: Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası  
TEİAŞ: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi  
TEP: Ton Eşdeğer Petrol  
TPAO: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı  
TSE: Türk Standartları Enstitüsü  
TÜİK: Türkiye İstatistik Kurumu  
TÜPRAŞ: Türkiye Petrol Rafinerileri Anonim Şirketi  
TWh: Teravatsaat  
UTD: Utility Technology Development  
WLPGA: The World LPG Association (Dünya LPG Birliği)  
YEK: Yenilenebilir Enerji Kanunu  
YEKDEM: Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 Tedarik Zinciri Yapısı .....	14
Şekil 2.1 Dünya Birincil Enerji Tüketimi .....	33
Şekil 2.2 Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı Temelleri .....	38
Şekil 2.3 Doğal Gazın Bileşenleri.....	42
Şekil 2.4 Türkiye İletim Haritası .....	57
Şekil 2.5 2020 Türkiye Aylık Doğal Gaz Tüketimleri .....	59
Şekil 2.6 Yıllara Göre Aylık Bazda Doğal Gaz İthalatı .....	61
Şekil 2.7 Türkiye Doğal Gaz İhracatı .....	62
Şekil 4.1 Doğal Gaz Tüketim Miktarı Modellerinin Geri Testi .....	111
Şekil 4.2 Doğal Gaz Tüketim Artış/Azalış Trendi Modellerinin Geri Testi .....	112
Şekil 4.3 2021 M7 – 2021 M12 Dönem Aralığında MARS Modelinin Başarısı .....	113

## TABLULAR LİSTESİ

Tablo 1.1 Strateji ve Taktik Kavramları .....	4
Tablo 1.2 TZY'nin Sağladığı Katma Değerler .....	16
Tablo 2.1 UEVEP Kapsamında Yıllara Göre Yatırımlar ve Tasarruflar .....	39
Tablo 2.2 Doğal Gazın Özellikleri.....	42
Tablo 2.3 2020 Dünya Doğal Gaz Rezervleri (IEA,2020) .....	51
Tablo 2.4 2020 Dünya Doğal Gaz Üretim Miktarları (Statista,2021) .....	52
Tablo 2.5 2020 Dünya Doğal Gaz Tüketim Miktarları (Gazbir, 2020).....	52
Tablo 2.6 Türkiye Doğal Gaz Anlaşmaları (EPDK 2020 Sektör Raporu) .....	53
Tablo 2.7 Türkiye İletim Sistemi Günlük Giriş Kapasiteleri (BOTAŞ, 2021).....	55
Tablo 2.8 Sektörlere Göre Türkiye Doğal Gaz Kullanımı (EPDK, 2021) .....	60
Tablo 2.9 Tedarik Edilen Ülkelere Göre Doğal Gaz İthalatı (EPDK, 2021).....	61
Tablo 2.10 2020 Sonu İtibarıyla Türkiye Doğal Gaz Piyasası Görünümü.....	62
Tablo 2.11 2020 Ortalama Doğal Gaz Birim Fiyatları (EPDK, 2021).....	63
Tablo 3.1 Dünya Enerji Borsaları .....	75
Tablo 4.1 Veri Setleri ve Değişkenler .....	92
Tablo 4.2 Değişkenler Literatür Araştırması .....	94
Tablo 4.3 Nihai Değişken Listesi .....	95
Tablo 4.4 MARS Yöntemi Sonucunda Çıkan Modeller.....	102
Tablo 4.5 En İdeal Modele Ait İstatistikî Bilgiler .....	103
Tablo 4.6 Modeldeki Temel Fonksiyonların Açıklaması .....	104
Tablo 4.7 Önemli Değişkenlerin Listesi .....	105
Tablo 4.8 Regresyon Yöntemi Sonuçları.....	105
Tablo 4.9 MARS Yöntemi Sonucunda Çıkan Modeller.....	107
Tablo 4.10 En İdeal Modele Ait İstatistikî Bilgiler .....	108
Tablo 4.11 Modeldeki Temel Fonksiyonların Açıklaması .....	108
Tablo 4.12 Önemli Değişkenlerin Listesi .....	109
Tablo 4.13 Logit Yöntemi Sonuçları .....	110
Tablo 4.14 ADF Birim Kök Testi Sonuçları.....	114
Tablo 4.15 Hata Terimi ADF Birim Kök Testi Sonuçları .....	114

# TÜRKİYE DOĞAL GAZ TÜKETİMİNİN MODELLENMESİ VE TAHMİNİ: ENERJİ TEDARİK VERİMLİLİĞİNE YÖNELİK STRATEJİ ÖNERİLERİ

## ÖZET

Bu çalışmada Türkiye'deki doğal gaz talebinin tahmin edilmesine yönelik model ortaya konması amaçlanmaktadır. Doğal gaz tüketimi bağımlı değişken olarak ele alınmış, buna bağlı olarak makroekonomik veriler, iklim koşulları, enerji ve fiyat verileri ile toplumsal ve kültürel veriler başlıklarında gruplandırılan 27 bağımsız değişken kullanılmaktadır. Aylık verilerin değerlendirildiği bu çalışmada değişkenlere ait 2015 yılı ocak ayı ile 2021 yılı haziran arasındaki 78 aylık gözlem kapsama dâhil edilmiştir. Doğal gaz tüketim tahminine yönelik modelin analiz sürecinde MARS ve regresyon yöntemlerinden faydalanılmıştır. Daha başarılı sonuçlar veren MARS modelinde 3 temel fonksiyon ile sıcaklık oranı ve yenilenebilir enerji oranı olarak 2 değişken yer almaktadır. Sıcaklık azalışları makul seviyelerde olduğu sürece yenilenebilir enerjideki artış oranının doğal gaz tüketiminin düşmesinde çok önemli etkiye sahip olduğu görülmektedir. %99 oranında ithalata bağımlı olunan doğal gazın makroekonomik dengeler içerisindeki payını azaltmak için, sıcaklık değişimleri kontrol edilemeyen bir durum olduğundan, yenilenebilir enerji yatırımlarına hız kesmeden devam edilmesi gerektiği görülmektedir. Bununla birlikte yenilikçi ve farklılaştırma stratejisi kapsamında kamu nezdinde tüketim talep modellemelerinin geliştirilebilmesi için yeni bir birim tahsis edilmesi çalışma sonucunda önerilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Doğal Gaz Tüketimi, Enerji Tedariki, Strateji, Enerji Ekonomisi, MARS, Regresyon

# **MODELING AND FORECASTING OF TURKISH NATURAL GAS CONSUMPTION: STRATEGY RECOMMENDATIONS FOR ENERGY SUPPLY EFFICIENCY**

## **ABSTRACT**

In this study, it is aimed to present a model for estimating the natural gas demand in Turkey. Natural gas consumption is considered as the dependent variable, and accordingly, macroeconomic data, climatic conditions, energy and price data, and social and cultural data are used as independent variables groups. In this study, in which monthly data were evaluated, 78 observations of the variables between January 2015 and June 2021 were included in the scope. MARS ve regression methods was used in the analysis process model. The MARS model which gives more successful results, includes three basic functions and two variables as temperature rate and renewable energy rate. As long as temperature decreases are at reasonable levels, it is seen that the rate of increase in renewable energy has a very important effect on the decrease in natural gas consumption. In order to reduce the share of natural gas, which is 99% dependent on imports, in macroeconomic balances, it is revealed as a result of the analysis that renewable energy investments should be continued without slowing down, since we cannot control the temperature changes.

**Keywords:** Natural Gas Consumption, Energy Supply, Strategy, Energy Economics, MARS, Regression

## GİRİŞ

Enerji, yaşam ve tüm canlı organizmalar için hayati önemde gereklidir. Enerji, bilgisayarlara, ulaşım, iletişime, tıbbi ekipmanlara ve çok daha fazlasına güç sağlamaktadır. Bugün dünyanın tükettiği enerjinin çoğu hidrokarbonlardan gelmektedir. Toplam enerjisinin %85'ini petrol, kömür ve gazdan alan bir dünyada yaşamaktayız. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) çalışmalarına göre küresel enerji talebinin 2020'den 2040 senesine kadar yaklaşık %20 daha artması beklenmektedir. Enerji ihtiyacımız sınırsız görünse de geleneksel kaynakların ömrü sınırlıdır. Gezegenin sınırlı fosil yakıt depoları, oluştuklarından çok daha hızlı şekilde tükenmektedir. Hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerden gelen artan talebi karşılamak için enerji tüketiminin doğru planlanması oldukça önemlidir.

1970 senesinde Türkiye'de keşfedilen ilk doğal gaz 1976 senesinde çimento fabrikasında yakılarak enerjiye dönüştürülmüştür. Kentleşme, sanayileşme ve nüfusun hızla çoğalmasına bağlı olarak artan enerji talebi sonucunda 1984 senesinde SSCB ile ilk ithalat anlaşması imzalanmış ve 1988'de Ankara'da hem konutlarda hem sanayide ilk doğal gaz tüketimine başlanmıştır. Bugün 81 ilin tamamında doğal gaz kullanımıyla ortaya çıkan talep artışı Türkiye'yi en hızlı büyüyen Avrupa pazarı durumuna getirmiştir.

60 milyar m<sup>3</sup>'e ulaşan yıllık doğal gaz tüketimi cari ekonomik denge içerisinde doğal gazın payının hızla artmasına sebep olmaktadır. Covid 19 pandemisi ya da savaş gibi durumlarda enerji fiyatlarındaki hızlı dalgalanmalar Türkiye gibi doğal gaz üreticisi ya da ihracatçısı olmadığı halde yüksek oranda tüketime sahip ülkeler için daha da önemli hale gelmektedir. Bu nedenler düşünüldüğünde doğal gaz tüketim modellemesinin oldukça doğru yapılması zaruri hale gelmektedir.

Başarılı bir modelleme ve tahminleme yapabilmek arz ve talep dengesinin korunmasına yardımcı olacaktır. Doğal gaz kontratlarının ülkeler arası uzun vadede yapıldığı göz önüne alındığında yapılacak yatırımlar ve antlaşmalar doğrudan etkilenecek ortaya çıkabilecek ekonomik zararlar minimize edilebilecektir. Hızla değişen koşullara karşın doğru modeller kurularak ülke çapında analizlerin yapılması ve stratejiler belirlenmesi oldukça önemli hale gelmektedir.



Dört bölüm olarak hazırlanan çalışmanın ilk bölümünde kavramsal çerçeve kapsamında strateji, verimlilik, tedarik, tedarik zinciri ve enerji kavramları hakkında genel bilgiler verilerek önemi ve faydaları açıklanmıştır. Ayrıca yenilenebilir ve yenilenemez olarak iki başlık altında enerji çeşitlerinden bahsedilmiştir.

İkinci kısımda, enerji sektörüne genel bakış, Türkiye enerji sektörü ve politikaları, doğal gazın enerji sektöründeki yeri ve önemi açıklanmıştır. Dünyada ve Türkiye’de doğal gazın tarihçesi, çeşitleri, kullanım süreçleri, ilgili kuruluşlar, piyasa ve düzenleyici çevre ile piyasaya yönelik sayısal veriler paylaşılmıştır.

Üçüncü başlık altında enerji tedarik yönetiminin paydaşları, doğal gaz piyasasının arz ve talep yapısı, sektörel riskler ve strateji türleri açıklanmıştır. Bununla birlikte hem doğal gazın tüketimine hem de fiyatlamasına yönelik literatür taraması yapılarak etki eden faktörler hakkında bilgi verilmiştir.

Çalışmanın son bölümünde analizin amacı, kapsamı, değişkenler, kullanılan yöntemler ve teorik bilgiler ile analiz sonucunda elde edilen modeller detaylı olarak yer almaktadır. 4 veri seti altında toplanan 27 değişkene ait 2015 Ocak – 2021 Haziran arası aylık veriler olarak 78 gözlem kullanılmıştır. Doğal gaz tüketim miktarına yönelik modellemede MARS ve regresyon yöntemleri; doğal gaz artış/azalış eğilimine yönelik modellemede ise MARS ve Logit yöntemleri kullanılmıştır. Tüm bunlara ek olarak değerlendirme ve strateji önerileri paylaşılmıştır.

# 1. BÖLÜM

## KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Bu bölümde strateji, verimlilik, tedarik ve tedarik zinciri ile enerji kavramları detaylı olarak açıklanmaktadır.

### 1.1 Strateji Kavramı ile İlgili Genel Bilgiler

Fransız dilindeki “stratégie” sözcüğünden Türk diline geçmiş olan strateji teriminin, Türk Dil Kurumu (TDK) sözlüğündeki sözcük manası; “Bir ulusun veya uluslar topluluğunun, barış ve savaşta benimsenen politikalara destek vermek amacıyla politik, ekonomik, psikolojik ve askeri güçleri bir arada kullanma bilimi ve sanatı” olarak geçmektedir (TDK, 2021b).

#### 1.1.1 Strateji

Strateji sözcüğü önceki Yunanca’da yönetmek manasında kullanılan “ago” ve “ordu” manasına gelen “stratos” sözcüklerinin bütünleşmesinden meydana gelmektedir (Allahverdi, 2019). Strateji kavramı öncelikle askeri savunma alanında kullanılmaya başlanmakta, 1950’li yıllardan sonra yönetim alanında da kullanımı artmaktadır. Sözcüğün antik Yunanlı savaşçı Strategos’un sanatı ve bilgisine itafen kullanıldığı düşünülmektedir. Çeşitli kaynaklarda, bu sözcüğün Latince’deki “nehir yatağı, çizgi ya da yol” manasındaki “stratum” sözcüğünden türetildiği ifade edilmektedir. (Dimitrios vd., 2020)

Strateji, “bir organizasyonun iç kaynakları ve becerileri ile dış çevresinin yarattığı fırsatlar ve riskler arasında yaptığı eşleşme” olarak tanımlanabilmektedir. Bir işletmenin temel uzun vadeli amaçlarının belirlenmesini ve bu amaçları gerçekleştirmek için gerekli olan kaynakların tahsis edilmesini ve eylem planlarının benimsenmesini kapsamaktadır. Strateji aslında dinamik bir planlamadır. Çünkü temel hedef, amaçlanan ve beklenen neticelere varabilmektir. Hedefe giden yolda rakiplerin de faaliyetleri takip edilmeli, sonuç odaklı kararlar alınmalıdır. (Fernandes, 2019). Strateji, çevre ile işletmelerin hareketleri arasında bir düzen ve ahenk sağlamaktadır. Çevre her gün çok hızlı bir değişim içerisinde olduğundan, çevreyle uyumlu davranabilmesi için stratejinin de devingen olması icap etmektedir.

Porter'a göre ise strateji, "değerli ve benzersiz bir pozisyonun oluşturulması, özgün bir faaliyet alanına doğru yönelmek" olarak açıklanmaktadır. Bu noktada aynı faaliyet alanındaki rakiplerden daha başarılı iş yapmak anlamındaki operasyon etkinliğinden ayrılmaktadır. Daha iyi pazarlama yapmak, daha kalitelisini üretmek, verimliliği artırmak, pazara çıkma süresini minimize etmek, teknolojiden maksimum fayda sağlamak, müşteri memnuniyetini artırmak operasyonel etkinlik kapsamındadır. Ancak strateji bunların aksine özgün faaliyetlerle süreci yürütmek ya da aynı iş de olsa farklı şekillerde yönetebilmeyi gerektirmektedir.(Porter ve Heppelmann, 2017).

Enerji stratejisi, bir şirketin enerjiye performansına ilişkin genel niyeti ve yönü olarak açıklanabilmektedir. Bu stratejiler, hem enerji maliyeti odaklı süreç verimliliğini hem de şirketin gelirlerini artırmak için enerji ile ilgili yeni ürünler geliştirmeye veya bu tür ürünlerin satışlarını artırmaya yönelik faaliyetleri kapsamaktadır. Bu nedenle enerji tasarrufu, enerji verimliliğinin iyileştirilmesi ve yenilenebilir enerji oranının artırılması hedeflenmektedir. Enerji odaklı şirketler için, enerji stratejisi şirketin geliştirme, üretim, pazarlama ve hizmet gibi işlevsel stratejilerine entegre edilerek gelirlerin artması sağlanabilmektedir.

### 1.1.2 Strateji ve Taktik

Strateji ve taktik sözcüklerinin birbirinden farklı olmasına rağmen aynı manada kullanıldığı görülebilmektedir. İki kavram arasında bulunan başlıca ayrımlar Tablo 1.1.'de gösterilmektedir (Waymer ve Heath, 2019).

Tablo 1.1 Strateji ve Taktik Kavramları

	<b>Strateji</b>	<b>Taktik</b>
<b>Kim Planlar</b>	Üst Yönetim	Alt Düzey Yönetim
<b>Kapsam</b>	Birçok Konuyla İlgili	Sınırlı Odaklanma
<b>Zaman Ufku</b>	Daha Uzun Süre	Daha Kısa Süre
<b>Eylemin Zamanlaması</b>	Eylemden Önce	Eylem Süresince
<b>Rehberlik Türü</b>	Tüm Organizasyona	Belirli Bir Bölüme Özel ve Durumsal

### 1.1.3 Stratejik Yönetim Kavramı

Bu bölümde stratejik yönetimin tanımı, faydaları, süreci, çeşitleri ve unsurları açıklanmaktadır.

#### 1.1.3.1 Stratejik Yönetim

Rekabetin giderek her geçen gün daha fazla arttığı piyasalarda, tek hedefin kâr olmadığı ya da günümüzde doğru şeyler yapmanın başarılı bir sonucu olarak kar elde edilebilmesi gibi yeni bakış açıları ve paradigmlar ışığında işletmelerin kaynakları koruma ve gelecekte kullanılabilirliğini sağlama ihtiyacı gibi toplumla ortak çıkarları bulunmaktadır. Bu çıkarlar kuruluşlarda ekonomik büyümenin sınırlarını oluşturmaktadır. Yöneticilerin, etkili bir liderin stratejik düşünme ve becerilerini (etik akıl, sorumluluk, girişimcilik, vicdanlılık) uygulama zorluğunu kabul etmeleri gerekmektedir. Yani iş faaliyetlerini planlamanın, organize etmenin, yürütmenin ve verimli bir şekilde kontrol etmenin ötesine geçme ihtiyacı bulunmaktadır (Barbosa vd., 2020).

Bu kapsamda stratejik yönetim firmanın rekabet avantajı ve ortalamanın üzerinde getiri elde etmesi için gereken taahhütler, kararlar ve eylemler dizisi olarak ifade edilmektedir. Stratejik yönetim sürecinde yöneticiler; değerler, vizyon, misyon ve stratejik hedeflerin beyanı ile ortaya çıkan, şirketin stratejik duruşunu geliştirmede kullanmak için hem iç hem de dış organizasyonel ortamların gerçekliğini izleme ve yorumlama becerisine sahip olmalıdır. Bu noktadan itibaren temel iş stratejisini tanımlamak ve ardından hedefler ve belirli eylemler önermek mümkün olabilmektedir (Pröllochs ve Feuerriegel, 2020). Temeli 1950'li yıllara dayanan stratejik yönetimin öncüleri Alfred Chandler, Philip Selznick, Igor Ansoff ve Peter Drucker olarak kabul edilmektedir.

Stratejik yönetim organizasyonlara birçok fayda sağlamaktadır. İşletmelere rakiplerine göre rekabet avantajı sağlamaktadır çünkü proaktif yapısı gereği şirketler her zaman değişen pazarın farkında olabilmektedir. Adımları ve uygulamayı formüle etmek için açık ve dinamik bir süreç kullanarak hedeflerin ulaşılabilir olmasına yardımcı olmaktadır. Sürdürülebilir büyümeye yol açan daha verimli organizasyonel performansa yol açtığı görülmektedir. Şirket çapında etkin iletişim ve ortak hedef gerektirmektedir. Bu doğrultuda birlikte çalışan bir organizasyonun hedefe ulaşması daha mümkün olmaktadır.

Stratejik yönetim, küresel enerjinin yönetiminde de hayati bir role sahip olmaktadır. Artan enerji verimliliği ve enerji tasarrufu yoluyla enerji tüketimini azaltmak için uzun vadeli bir süre boyunca enerji performansında sürdürülebilir iyileştirmeler elde edilmelidir. Uzun vadeli strateji aynı zamanda talep yönetimini iyileştirme, talep maliyetlerini düşürme, genel enerji maliyetlerini düşürme, dağıtılmış enerji kaynaklarının entegrasyonu yoluyla güvenilirliği artırma ve sera gazı emisyonlarını azaltma imkânı sağlayabilecektir. Uzun vadeli enerji planlaması yapılması küresel enerji üretimi ve tüketiminin gelecekteki eğilimlerini tahmin etmeye fırsatı sunabilecektir.

### **1.1.3.2 Sürdürülebilir Stratejik Yönetim**

Sürdürülebilir stratejik yönetim, gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğinden ödün vermeden mevcut neslin ihtiyaçlarını karşılama arayışı olarak tanımlanmaktadır. Sürdürülebilir yönetim çevre ile ekonomik ve sosyal faaliyetler arasında uyum arayışı şeklinde ifade edilebilmektedir. Etik bakış açısıyla sürdürülebilir yönetim, evrenselci değerlere dayalı, dâhil etme mantığını takip eden, başkalarına neden olan olumsuz etkileri engelleyen veya azaltan, yani akla uygun hareket eden rızaya dayalı eylemler olarak açıklanabilmektedir.

Kurumsal alanda sürdürülebilirlik, yatırımcılar için uygulanabilir ve çekici işletmelerin gelişmesini sağlayan ekonomik ve işletmelerin etkileşimini sağlamak amacıyla çevresel yönleri dikkate alarak mevcut kaynakları rasyonelleştirmenin bir yolu olarak görülebilmektedir. Kalıcı hasarlara yol açmadan hem çevre hem de kuruluş ve paydaşları arasındaki ilişkilerin adil bir şekilde ele alınmasını içeren sosyal süreçlere dikkat edilmelidir.

### **1.1.3.3 Stratejik Yönetim Süreci**

Stratejik yönetim süreci, strateji geliştirme ve eylemde stratejinin ortak önemine dikkat çekmektedir. Önerilen hedeflere ulaşmak için uygulama ve stratejik kontrol aşamaları temel olmaktadır. Bu süreç, stratejilerin tanımlanması için organizasyonlardaki karar vericilerin mevcut durumu analiz etmelerini ve daha iyi bir performans elde etmek için gelecekte gidebilecekleri yönleri değerlendirmelerini sağlayan bir akış sunmaktadır.

Stratejik yönetim süreci mevcut durumun taranması, stratejilerin formüle edilmesi, stratejilerin uygulanması ve stratejilerin değerlendirilmesini kapsayan dört temel adımdan oluşmaktadır (Chung ve Lo, 2020). Çevresel tarama işletmenin başarısını etkileyecek faktörlerin gelişimini ve tahminlerini belirlemek için dış ve iç çevrenin taranmasını kapsamaktadır. Organizasyonun iç ve dış çevresindeki olaylar, modeller, eğilimler ve ilişkiler hakkındaki bilgilerin mülkiyeti ve kullanımı incelenmektedir. Genellikle literatürde kullanılan çevreyi tarama teknikleri SWOT analizi (güçlü ve zayıf yönler, fırsatlar ve tehditler) ile PESTLE (politik, ekonomik, sosyal, teknolojik, hukuki ve çevresel etkiler) analizidir. Politika yapıcıların da organizasyonların karar vermelerine yardımcı olacak regülasyonlar sunması önemli olmaktadır.

Strateji formülasyonu, strateji planlama ile stratejiyi uygulamak ve vizyona uygun olarak kuruluşun amaç ve hedeflerini gerçekleştirmek için doğru eylemleri seçme sürecini ifade etmektedir. Strateji uygulaması, stratejik hedeflere ulaşmak için seçilen stratejinin örgütsel eyleme dönüştürülmesidir. Strateji uygulaması aynı zamanda uygulayıcıların daha iyi performans ve rekabet avantajı sağlayan stratejileri takip etmek için organizasyonel yapıları, kontrol sistemlerini ve kültürü geliştirdiği, kullandığı ve birleştirdiği süreç olmaktadır. Stratejik yönetimi sürecinin son aşaması olan strateji değerlendirme, uygulayıcıların stratejinin uygulanmasını değerlendirmeleri ve kontrol etmelerini kapsamaktadır. Stratejinin belirlenen hedeflere uygunluğu ve paydaşların beklentilerini karşılayıp karşılamadığını değerlendirilmektedir.

#### **1.1.4 Temel Stratejiler ve Alt Grupları**

Bu bölümde kurumsal stratejiler, iş birimi stratejileri ve işlevsel stratejilerden bahsedilmektedir.

##### **1.1.4.1 Kurumsal / Büyük Stratejiler**

Bir kurumsal yönetimin izlediği dört tür strateji olabilmektedir (van Waes vd., 2020):

- Büyüme
- İstikrar
- Yeniden Sağlama

- Kombinasyon

Büyüme stratejisi şu yollarla kullanılabilir:

**Konsantrasyon:** Müşteri ihtiyaçlarını, müşteri işlevlerini, alternatif teknolojileri tek başına veya ortaklaşa tutarak genişlemek için bir firmanın işlerinden bir veya daha fazlasına kaynak sağlamak manasına gelmektedir.

**Entegrasyon:** Entegrasyon, bir firmanın mevcut faaliyetleriyle ilgili faaliyetlere katılmak manasına gelmektedir. Entegrasyon sadece işin kapsamını genişletmekle kalmaz, aynı zamanda bir çeşitlendirme stratejileri alt kümesini de genişletmektedir (P. Li vd., 2020). Entegrasyon aşağıdaki türlerde olabilir:

**Yatay Entegrasyon:** Bir firmanın aynı üretim veya pazarlama seviyesinde faaliyet gösteren diğer firmayı devralması manasına gelmektedir. 2010 yılının ağustos ayında ICICI Bank, Bank of Rajasthan'ı satın almaya karar vermiş ve 2013'de İngiltere'den Reckit Benkier, Paras of India'yı devralmıştır.

**Dikey Entegrasyon:** Bir firma aynı değer zincirinde faaliyet gösteren başka bir firma üzerinde kontrol elde ettiğinde oluşmaktadır. İki tür olabilir:

- “Geriye Doğru Entegrasyon” örneğinin hammadde ile uğraşan bir firmanın satın alınması (Tata Steel, Endonezya'da bir kömür madeni şirketi satın almıştır.)
- “İleri Entegrasyon” örneğinin işletmeyi nihai tüketiciye yaklaştıran bir firma/faaliyet üzerinde kontrolün elde edilmesi (Reliance Industries, bir petro rafinaj şirketi, aynı zamanda benzin pompalarını da üretmektedir.)

**Çeşitlendirme:** Mevcut bir işletmeye yeni bir müşteri işlevi/işlevleri, müşteri grupları veya alternatif teknolojiler eklemek çeşitlendirme olarak bilinmektedir. Çeşitlendirme stratejileri aşağıdaki türlerde olabilir (Kenny, 2020):

**Eş Merkezli Çeşitlendirme:** Yeni, ancak ilgili ürün veya hizmetlerin eklenmesi, eş merkezli çeşitlendirme olarak bilinmektedir. Sadece pazarla ilgili, teknoloji ile ilgili ya da her ikisi ile birden çeşitlendirme olabilir. Çocuk kıyafetleri satan bir perakendeci aynı zamanda bayan kıyafetleri de satmaya başlarsa, ilgili eş merkezli çeşitlendirme durumu ortaya çıkmış olmaktadır.

**Konglomera veya İlgisiz Çeşitlendirme:** Bir firmamın ne müşteri grupları ne müşteri işlevleri ne de alternatif teknolojiler açısından mevcut iş alanından tamamen farklı bir alanda iş yapmaya başlaması durumdur. Temelde tekstil sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın gübre, kimyasal, şeker üretimi gibi çekirdek faaliyet alanından farklı olarak yeni ürünleri bünyesine katması olarak örneklendirilebilir.

**Yatay Çeşitlendirme:** Mevcut müşteriler için yeni ürün veya hizmetler eklenmesini içermektedir. Özel bir hastanenin gelen ziyaretçilerine banka, kitapçı, kahvehane, restoran, ilaç deposu sunması olarak örneklendirilebilir.

**Uluslararasılaştırma:** Ürün veya hizmetin yerel pazarın ötesinde global markette pazarlanması manasına gelmektedir.

**İşbirliği:** Rakipler arasında işbirliği demektir. Üç şekilde olabilmektedir (X. Peng vd., 2021):

- **Birleşme ve Devralmalar** (Tata Motors'un İngiltere'deki Jaguar Land Rover tesislerini satın alması)
- **Ortak Girişimler** (Tata Motors'un Indian Oil şirketi gibi yerel bir şirketle işbirliği içinde Sri Lanka'da bir petrol pazarlama şirketi kurması)
- **Stratejik İttifaklar** (İki işbirliği yapan şirketin faaliyet alanında bağımsız kalarak görevdeşlik için işbirliği yapması)

**Dijitalleşme:** Bilgisayarlaştırma, elektronikasyon ile dijitalleştirme süreçlerini içermektedir (analog elektrik sinyallerinin dijital sinyallere dönüştürülmesi).

**Kararlılık Stratejileri:** Organizasyonlar farklı şekillerde stratejik kararlar alabilmektedir. İşletmenin performansının kademeli olarak iyileştirilmesi için büyümek istediğinde bu durum istikrar stratejisi olarak tanımlanmaktadır. İstikrar stratejisindeki temel yaklaşım mevcut rotayı sabit bir şekilde sürdürmektir. Mevcut düzeni değiştirmeden devam etme kararı almak da kararlılık stratejisidir. Maliyet düşürme ve/veya fiyat artışı yöntemleriyle karı yönetme kar stratejisi kapsamındadır. Kriz ve durgunluk zamanlarında duraklatma veya ihtiyatlı ilerleme stratejisi uygulanabilmektedir.



**Kıdem Tutma Stratejileri:** İş faaliyetlerinin kapsamını önemli ölçüde azaltmak manasına gelmektedir. 4 farklı şekilde uygulanabilmektedir:

- Geri Dönüş Stratejisi
- Elden Çıkarma Stratejisi
- Bölünme Stratejisi
- Tasfiye Stratejisi

**Kombinasyon Stratejisi:** Bu bölümde açıklanan tüm stratejilerin aynı anda, sırayla veya birleşim halinde uygulanması durumunu ifade etmektedir (Ebrahimifar vd., 2020).

#### **1.1.4.2 İşletme Seviyesi Stratejileri**

İşletme seviyesindeki stratejiler temelde rekabetle bağlantılı olmaktadır. Bu bağlamda Michael Porter, üç genel strateji sunmaktadır (Porter ve Heppelmann, 2017). Başarılı bir şekilde rekabet edebilmek için ilk genel strateji “Maliyet Liderliği” (Microsoft’un bilgisayar için yazılımları hiçbir donanım üreticisinin asla kendi üretmeyi düşünmediği bir maliyetle üretmesi); ikincisi “Farklılaştırma” (Tüm üreticilerin fiziksel dağıtım kanallarını kullandığı süreçte Dell bilgisayarların çevrimiçi olarak satılması); ve üçüncü olarak “Fokus”. Odak, maliyet liderliğine veya farklılaşmaya dayanabilir (Kienzler ve Kowalkowski, 2017).

#### **1.1.4.3 İşlevsel Stratejiler**

Bu stratejiler; operasyon, pazarlama, finans veya insan kaynakları stratejisi olabilmektedir (Shokuhi ve Nabavi Chashmi, 2019).

### **1.2 Verimlilik Kavramı ile İlgili Genel Bilgiler**

Türk Dil Kurumu’na göre verim, “ortaya çıkan sonucun niceliği, elde edilen ürün, hizmet ve benzeriyle onu elde etmek için harcanan iş arasındaki oran” olarak tanımlanmakta, verimlilik ise “verimli olma durumu” olarak açıklanmaktadır (TDK, 2021). En genel manası ile verimlilik, üretim süreci sonucunda elde edilen çıktının, bu üretimin gerçekleştirilmesi için ortaya konan girdiye oranı olarak tanımlanmaktadır.

Tanınımın temel niteliği, üretimin gerçekleştirilmesi için girdi miktarına bağlı olarak elde edilen çıktının sayısal ve kalite açısından istenilen düzeyde olmasıdır. Bir işletmede verimlilikten bahsedebilmek için elde edilen çıktının girdiye oranının istenilen düzeyde olması ve istenilen kalitede olması gerekmektedir (Yoshikawa, 2020).

Genel manada verimlilik kıt kaynakların etkili bir şekilde kullanılması olarak kullanılmaktadır. Öte yandan dar anlamı ile üretilen mal ve/veya hizmetlerin girdilere oranı olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca, ekonomi biliminde verimlilik kaynakların etkinliğinin ölçütü anlamına gelirken, teknik açıdan ise verimlilik “üretim sürecinde kullanılan girdi ile çıktı arasındaki rasyo” anlamına gelmektedir (Wannakrairoj ve Velu, 2021). Enerji verimliliği ise aynı miktarda yararlı çıktı elde etmek için daha az enerji kullanarak enerji tüketimini azaltma yöntemini ifade etmektedir (Malinauskaite vd., 2019). Örneğin, enerji tasarruflu 12 watt'lık bir LED ampul, 60 watt'lık geleneksel bir ampulden % 70-75 daha az enerji kullanmaktadır, ancak aynı düzeyde ışık sağlamaktadır.

Verimlilik kavramı literatürde farklı şekillerde tanımlanmaktadır:

- “Verimlilik, çıktının üretim öğelerinden birine bölünmesidir.” (Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü.)
- “Verimlilik, toprak, sermaye, işgücü ve girişimciliğin birleştirilmesi ile üretilen çıktının bu faktörlere oranıdır.” (Uluslararası Çalışma Örgütü)
- “Verimlilik, üretim faktörlerinin etkili kullanım düzeyidir ve sürekli olarak geliştirilebilir.” (Avrupa Verimlilik Merkezi).
- “Verimlilik, üretim sürecinde, işlerin optimum bir çalışma ve en doğru biçimde gerçekleştirilmesine olanak sağlayan bir yaklaşım biçimidir.” (Japon Verimlilik Merkezi).

Birbirine karıştırılan iki kavram olan etkinlik ve verimlilik kar amacı olan ya da olmayan tüm işletmelerin yönetiminde başarılı olmak için dikkat edilmesi gereken temel iki unsurdur. Peter Drucker, “Doğru işi yapmak etkinlik; işi doğru yapmak ise verimliliktir” diye açıklamakta ve "Aslında hiç yapılmaması gereken işleri, büyük bir verimlilikle yapmak kadar boşa harcanan bir çaba olamaz" diyerek de eklemektedir (Zidane ve Olsson, 2017).

Bununla birlikte üretkenlik kavramı da bu kavramlarla birlikte kullanılmaktadır. Üretkenlik, basitçe birim zaman başına çıktı iken verimlilik, birim zaman başına mümkün olan en iyi çıktıdır (Decker vd., 2020).

### **1.3 Tedarik ve Tedarik Zinciri Yönetimi**

Tedarik zinciri yönetimi (TZY/SCM), enerji sektöründe de güncel bir konu haline gelmiştir. Tedarik zinciri kavramı, müşterilerin beklentilerini karşılamak için bir zincir boyunca üreticilerden distribütörlere, perakendecilere ve nihai müşterilere geçen ürün veya kaynakları sağlayan faaliyetleri ifade etmektedir (Pono ve Munizu, 2021).

Tedarik zinciri, bir ürün veya hizmet üretmek için birçok faaliyeti, işlevi ve sistemi bütünsel bir bakış açısıyla birleştirmekte ve tedarik zincirinin bir strateji olarak alt sistemler veya münferit parçalar yerine tek bir varlık veya sistem olarak yönetilmesini savunmaktadır. Faaliyetleri, işlevleri ve sistemleri bir tedarik zinciri boyunca entegre etmek gerekmektedir. Bütünsel bir tedarik zinciri stratejisi, bütüncül bir iş sürecinin müşteriler için değer yarattığını ve şirketin sınır ötesi süreçlerinin tedarikçiler ve müşterilerle bir arada olduğunu kabul etmektedir (Koberg ve Longoni, 2019).

Günümüzde, kuruluşların kendi başlarına var olmaları kolay değildir. Nihai başarıları entegrasyonlarını yönetme becerilerine, diğer üyelerle ve tüm zincirlerle bir tedarik zincirinin üyesi olarak koordinasyona dayanmaktadır. Tedarik zincirindeki birçok işletme, hammaddeyi elde etmek, bunları son ürüne dönüştürmek ve perakendecilere dağıtmak için birlikte çalışmak zorundadır (Min vd., 2019).

Entegre bir sistem olarak ifade edildiği gibi, tedarik zinciri, müşterilere ve diğer paydaşlara değer katan ve son kullanıcıdan ürün, hizmet ve bilgi sağlayan temel tedarikçilere uzanan temel iş fonksiyonlarının entegrasyonu olarak da tanımlanabilmektedir. Şirketin iç ve dış entegrasyonundan ve koordinasyonundan gelen sinerji, işleyişi ve değişimi sağlamaktadır. Bu tür bir entegrasyon, kuruluşların birleşmesi veya sahipliğinden farklıdır. Başarılı bir tedarik zinciri sistemi, bilgilerin tüm üyeler tarafından tam zamanlı ve doğru bir şekilde elde edilmesine ve paylaşılmasına bağlıdır (Lambert ve Enz, 2017). Tedarik zincirinin başarılı olması ve şirkete rekabet gücü sağlaması için tedarik zinciri yönetimi stratejisi doğru belirlenmelidir.

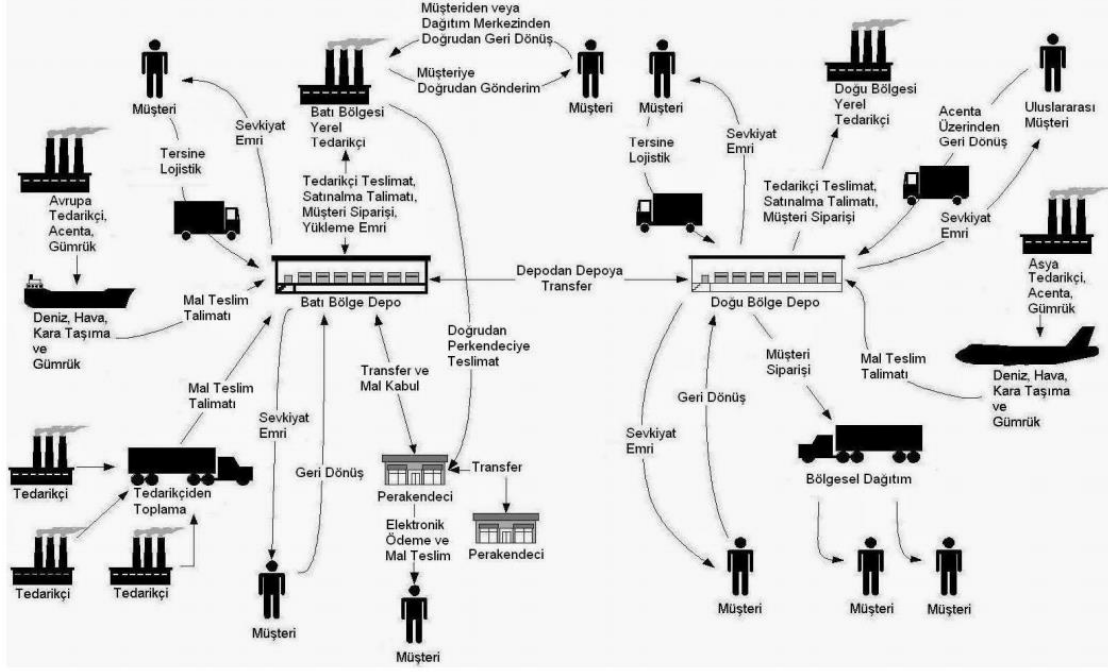
### **1.3.1 Tedarik Kavramı**

Tedarik kelimesinin sözlükteki anlamında bakıldığında “araştırıp bulmak, sağlamak, temin etmek, hazırlık” olarak ifade edilmektedir. İktisadi terimler sözlüğü içerisinde tedarik kavramı “firmaların üretim süreçlerinde kullanmaları için hammadde, ara malı ve sermaye mallarını temin etmesi” şeklinde açıklanmaktadır (TDK, 2021). Günümüzde şirketlerde tedarik kavramı kullanıldığında iç ve dış tüm süreçlerinde satın alma organizasyonunu yöneten departman olarak düşünülmektedir. Temelde şirketlerde “tedarik” sözcüğü satın alma süreçleriyle ilgili bir iş birimi anlamında kullanılmaktadır. Tedarik ifadesi sadece üretim sürecine hizmet eden satın alma olmamakla beraber, şirketlerin faaliyet alanı içerisinde gereksinim duyduğu her türlü farklı ürün ve hizmetlerin temini manasına da gelmektedir (Güner, 2018).

Lojistik sözlüğünde tedarik kavramı “gerekli olan makine, alet, aygıt, hammadde, malzeme, parça, yarı-ürün, ürün ve hizmetlerin uygun tedarikçilerden sağlanması amacıyla gerekli olan araştırma, seçme, planlama, stok kontrol, satın alma, nakliye, teslim alma, değerlendirme gibi faaliyetlerin tümü” olarak açıklanmıştır (LODER, 2021). Bu tanımlar da incelendiğinde tedarik sadece talep edilen malzemeleri satın alma içeriğinden daha geniş olarak, firmanın diğer departmanlarıyla iletişimi üst düzeyde tutarak, taleplerde istenilen en doğru gereksinimleri anlayarak, satın alma prosesinde alternatiflerin en doğru şekilde değerlendirilmesi ve bunun sonucunda tedarik sürecinin tamamlanması olarak anlaşılmaktadır.

### **1.3.2 Tedarik Zinciri Kavramı**

Tedarik zinciri kavramı için literatür araştırması yapıldığında farklı ifadelerle birçok kişi tarafından benzer anlama gelecek şekilde çeşitli tanımlamalar yapıldığı görülmektedir. Şirketler globalleşme ile birlikte rekabetin en üst seviyeye çıktığı uluslararası pazarlarda, müşterilerine ürünün ulaşma süresini minimize etmek ve isteklerine en hızlı şekilde cevap verebilmek adına tedarik zinciri alanına değer vererek yatırımlarını artırmaktadırlar (Nakano ve Matsuyama, 2021). Küresel bir tedarik zinciri yapısı Şekil 1.1’de gösterilmektedir.



Şekil 1.1 Tedarik Zinciri Yapısı (Nakano ve Matsuyama, 2021)

Swaminathan'a göre tedarik zinciri kavramı, bir ya da birden çok birbirleriyle ilişkili ürünlere ait üretim, satın alma ve dağıtım süreçlerinden ortak şekilde sorumlu olan iş birimlerinin oluşturulmuş bir sistemdir. Tedarik zinciri, ticari olarak ürünlerin ortaya çıktığı ana kaynaktan nihai alıcıya ulaşana kadar tüm ilişkiyi yürüten sistemlerin bütünüdür. Tedarik zinciri farklı bir tanımlama da ise, tedarikçiden müşteriye doğru olan tüm süreçte, hammaddenin tedarik edilmesi, üretim prosesi sonucunda ürüne dönüştürülmesi, ortaya çıkan bu ürünün nihai tüketiciye ulaştırılması süreçlerini içeren organizasyonlar ve faaliyetler bütünü olarak açıklanmaktadır (Deshpande ve Swaminathan, 2020).

### 1.3.3 Tedarik Zinciri Yönetimi

Tedarik zinciri yönetimi, bu yönetim zincirinin ana paydaşları olan tedarikçiler, üreticiler, toptancılar, perakendeciler ve müşteriler arasındaki bilgi, finansman ve malzeme akışının koordineli bir şekilde yürütülmesinin sağlanmasıdır. Stratejik ve sistematik koordinasyon hem şirketlerin kendisinin hem de bir bütün olarak zincirdeki tüm halkaların uzun vadeli performanslarının iyileştirilmesini sağlamaktadır. Nihai kullanıcıya değer yaratan ürün ve hizmetlerin ortaya çıkmasında tüm tedarik zinciri yönetiminin paydaşları hem aşağı hem yukarı iki yönlü çalışma yapısı olan bir organizasyon sistematığına sahip olmaktadır (Koberg ve Longoni, 2019).

Literatürde tedarik zinciri yönetimi için pek çok farklı tanımlama bulunmaktadır. Tedarik zinciri yönetimi, “müşterilerin talepleri üzerine ürünler üreten ve bu ürünlerin müşterilere dağıtımını ve ulaşımını sağlayan değer zincirinin oluşumuna katkı sağlayan firma içi ve dışı organizasyonlardan” oluşmaktadır. Temel düşüncede tedarik zinciri yönetimi, tedarik zinciri içerisinde stratejik görevler üstlenen katılımcıların seçimi ve belirlenmesi üzerinde çalışmaktadır. Ni ve Sun (2019), tedarik zinciri yönetimini üretimde kullanılacak hammaddelerin temin edildiği kaynaklardan son kullanıcılara kadar geçen süreçteki organizasyon sınırını kapsayan ve tedarik zinciri sürecindeki her elemanı birbirine bağlayan yönetimsel zincir olarak açıklamaktadır. Bu tanımlamada önem verilen konu zinciri oluşturan halkalar arasındaki koordinasyondur.

Tedarik zinciri yönetimi, tedarikçilerden başlayarak üretimin planlanması, üretimden önce ve sonra ürün akışının yapılması ve nihai ürünlerin son tüketicilere kadar ulaştırılma süreci boyunca bütün bu organizasyonların entegre bir şekilde çalışmalarının sağlanması olarak adlandırılan bir yönetim kavramıdır (Mosteanu vd., 2020). Tedarik zinciri yönetimi, hammaddelerin temini, bu maddelerin işlenmesi süreçlerini gerçekleştiren firmalardan, hammaddenin imalat süreci, ürünlerin imalat işleminden sonra montaj, dağıtım ve son tüketiciye perakende olarak satışından oluşan değer zinciri olarak açıklanmaktadır. Son tüketiciye ürün ve hizmetlerin sağlanması, ürünlerin ana kaynak sağlayıcılardan, tedarikçilerinden dağıtım aşamasında son teslimat yerine kadar geçen süreçte birbirleriyle etkileşimde olan firmalar bir sistem oluşturmaktadır (Rajeev vd., 2017).

#### **1.3.4 Tedarik Zinciri Yönetiminin Amaçları ve Faydaları**

Tedarik zinciri yönetiminin paydaşları arasındaki stratejik ve sistematik işbirliği sonucunda üretim ve sonrasında dağıtım ağlarının kusursuz bir şekilde çalışması, şirketlerin rekabet avantajını elde etme amacına doğrudan destek sağlamaktadır. Zincir içerisinde başarılı olabilmenin temel dinamiklerinden biri karmaşık bir sistematik yerine tüm paydaşların tek bir işletmenin iş birimleri gibi düşünerek ortak hareket edebilmesinin sağlanmasıdır (Pérez-Salazar vd., 2017). Zaman, işgücü, teknoloji gibi performansı doğrudan etkileyen sınırlı kaynakların uyumlu kullanılması gerekmektedir. Tüm katılımcıların birbirlerine güven duyması da oldukça önemli olmaktadır.

Tedarik zinciri yönetiminin temel amaçlarından birisi tüm paydaşların sorumluluklarını en iyi şekilde bilerek kümülatif bir değer zinciri ortaya çıkartılabilmesidir. Bununla birlikte üretim kesintisiz bir şekilde devam edebilecek, etkin ve düzenli bir bilgi paylaşımı yapılabilecek, ürün kayıpları ve stok maliyetleri minimize edilebilecek, temin edilen ya da üretilen hammadde, yarı mamul ya da nihai ürün standardize edilebilecektir. Bunun sonucunda kalite en üst seviyeye doğru çıkarken maliyetler en düşük seviyeye doğru inebilmektedir. Pazarlama araçlarının da doğru kullanımıyla rekabet en üst seviyeye taşınabilmektedir (Tseng vd., 2019). Etkin tedarik zinciri yönetimi sonucunda ulaşılabilecek temel faydalar aşağıda listelenmektedir (Ellram ve Ueltschy Murfield, 2019).

- Kesintisiz hammadde tedariki sağlayarak üretimde sürekliliğin sağlanması,
- Tedarik sürelerini minimize ederek pazardaki hızlı değişikliklere kısa süre içinde refleks gösterebilmek,
- Müşterinin beklentilerini en doğru şekilde anlayarak ürün ve hizmet kalitesini yükseltmek,
- Toplam maliyetleri minimize edebilmek,
- Şirketin bilgi, malzeme ve finansman akışını sistematik yönetilebilmek,
- Beklemeler ve gecikmeleri minimum seviyede tutabilmek.

Winter vd., (2018), tarafından yapılan çalışma sonucunda başarılı tedarik zinciri yönetimi uygulamaları sonucu gelişme sağlanan alanlar ve sağladığı katkı değerleri Tablo 1.2’de gösterilmektedir.

Tablo 1.2 TZY’nin Sağladığı Katma Değerler

Gelişme Sağlanan Alanlar	Net Katkı Artışı %
Verimlilik & Kapasite Artışı	% 10 – % 20
Teslim Performansının İyileştirilmesi	% 15 – % 25
Sipariş Karşılama Oranının İyileştirilmesi	% 20 – % 30
Lojistik Masraflarının Azaltılması	% 25 – % 50
Envanterin Azaltılması	% 25 – % 60
Talep Tahmin Başarısı	% 25 – % 80
Tedarik Çevrim Süresinin Kısaltılması	% 30 – % 50

## **1.4 Enerji Kavramı ile İlgili Genel Bilgiler**

Bu bölümde enerji kavramına yönelik genel bilgiler sunulmaktadır. Bu bağlamda, ilk olarak enerji tanımı yapılmıştır. Bunun ardından ise enerjinin kısa tarihçesinden bahsedilmiştir. Belirtilen hususlara ek olarak, enerjinin önemi ve faydaları ele alınmıştır. Bunların yanı sıra, farklı enerji kaynakları hakkında bilgi verilmiştir. Bu çerçevede, yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları açıklanmaktadır.

### **1.4.1 Enerjinin Tanımı**

Enerji hayatımızın her alanında var olduğu için, enerjinin net bir tanımını yapabilmek çok kolay değildir. Bunun en temel nedeni de enerjinin farklı şekillerde elde edilebilmesi ve değişik alanlarda kullanılabilmesidir. Literatürde enerjinin çok farklı tanımlarından bahsedebilmek mümkündür. Bu bağlamda, enerji, bir maddenin içerisinde bulunan güçtür. Bu güç, ısı ve ışık şeklinde ortaya çıkabilmektedir. Literatürde yer alan başka bir enerji tanımı da bir sistemin iş yapabilme yeteneğini vurgulamaktadır. Öte yandan, enerji ayrıca maddenin iş yapabilme yeteneği olarak da tanımlanabilmektedir (Nelson vd., 2020).

Enerji, genel itibarıyla potansiyel enerji ve kinetik enerji olmak üzere iki farklı şekilde incelenebilmektedir. Potansiyel enerji, adından da anlaşılacağı gibi, henüz ortaya çıkmamış ve çıkma potansiyeli bulunan enerjidir. Bu enerji türüne verilebilecek en güzel örnek yükseğe kaldırılan bir cisimdir. Bu cisim yüksekte durduğu vakit, önemli bir enerji potansiyeline sahiptir. Buna karşın, belirtilen bu enerji ise bu durumda henüz ortaya çıkmamıştır. Belirtilen hususa ek olarak, kinetik enerji ise bir cismin hareket halindeyken sahip olduğu enerji olarak ifade edilmektedir. Örnek olarak, bir araba yokuş aşağı hareket ederken, sahip olduğu potansiyel enerji kinetik enerjiye dönüşmektedir. Bunlara ek olarak, potansiyel enerji ve kinetik enerjinin toplamı da mekanik enerji olarak adlandırılmaktadır (Tesch da Silva vd., 2020).

#### **1.4.1.1 Enerjinin Önemi ve Faydaları**

Bu başlık altında, enerjinin önemi ve faydaları hakkında önemli bilgiler verilmektedir. Bu kapsamda, ilk olarak, enerjinin ülkeler için sosyal ve ekonomik anlamdaki öneminden bahsedilmektedir. Bunun ardından da enerjinin kullanım alanları dikkate alınarak, ülkelere sağladığı faydalar tartışılmaktadır.



### **1.4.1.2 Enerjinin Önemi**

Yukarıda bahsedilen tanımlardan da anlaşılacağı üzere, enerji ülkeler için hayati öneme sahiptir. Belirtilen bu önemi sosyal ve ekonomik olarak ikiye ayırabilmek mümkündür. Sosyal anlamdaki en dikkat çekici önem bireylerin enerjiyi kullanması ile ilgilidir. Enerji, aydınlanma ve ısınmada kullanıldığından dolayı, insanların yaşam kalitesinde çok büyük bir etkiye sahiptir. Buradan anlaşılacağı üzere, insanların hayat kalitesinin artırılabilmesi için, enerjinin sürekli olarak temin edilmesi gerekmektedir. Diğer bir ifadeyle, enerji tüketimi ile bireylerin yaşam kalitesi arasında pozitif yönlü bir ilişki söz konusudur (Mumtaz vd., 2017).

Enerjinin hayati önem arz ettiği bir husus da ekonomi alanıdır. Enerji, üretimde kullanılan en önemli hammaddedir. Başka bir deyişle, üretim yapılabilmesi için gerekli olan en önemli şeylerden biri enerjidir. Dolayısıyla, bir ülkenin sürekli olarak üretim yapabilmesi için enerjinin tedarik edilmesi gerekmektedir. Aksi durumda, sanayi üretimini arttırabilmek mümkün olmayacaktır. Bir ülkede yapılan üretim hem ihracatı hem de yatırım miktarını etkilemektedir. Belirtilen bu iki rakam ülkenin gayri safi yurt içi hasıla toplamına etki etmektedir. Bu değer ülkenin ekonomik büyümesinin hesaplanmasında da dikkate alındığından dolayı, enerji tüketimi ile ülkenin ekonomik kalkınması arasında çok önemli bir ilişki bulunduğu kabul edilmektedir (Topcuoğlu ve Oral, 2020).

### **1.4.1.3 Enerjinin Faydaları**

Enerjinin önemleri hususunda da bahsedildiği üzere, enerjinin bir ülkeye hem sosyal hem de ekonomik açıdan faydası olduğu anlaşılmaktadır. Enerji sayesinde insanlar günlük ihtiyaçlarını giderebilmektedir. Bu durum da ülkedeki yaşam standartlarının yükselmesine sebebiyet vermektedir. Öte yandan, temin edilen enerji sayesinde, ülkedeki sanayi üretimi arttırılabilmektedir. Yapılacak bu üretim ülkedeki yatırımların arttırılabilmesine katkı sağlayacaktır. Artan yatırımlar sayesinde de yeni iş imkânları ortaya çıkacak ve bu durum da işsizlik oranının azaltılabilmesine yardımcı olacaktır. Belirtilen hususun yanı sıra, bu yatırımlar ayrıca gayri safi yurt içi hasılanın da artmasına katkı sağlamaktadır. Bu sayede, enerjinin etkin bir şekilde kullanılabilmesi sayesinde ülkenin makroekonomik anlamda büyüebilmesi mümkün olabilecektir. Belirtilen bu açıklamalardan anlaşılacağı gibi, enerjinin sosyal ve ekonomik anlamda fayda sağlayabilmesi için sürekli bir şekilde temininin sağlanabilmesi hayati derecede önem arz etmektedir (Kamal vd., 2019).

## 1.4.2 Enerji Kaynakları

Enerji temel olarak, yenilenemez ve yenilenebilir enerji kaynaklarından temin edilmektedir. Bu başlık altında da adı geçen bu iki farklı kaynak hakkında bilgi verilmektedir. Öncelikli olarak, bu enerji türlerinin faydalarından ve zararlarından bahsedilmektedir. Bunun ardından da bu enerji alternatiflerinin öne çıkan çeşitleri detaylıca açıklanmaktadır.

### 1.4.2.1 Yenilenemez (Fosil) Enerji Kaynakları

Yenilenemez enerji türleri, temel olarak, fosil yakıtların yanmasıyla elde edilmektedir. Bu enerji kaynakları kömür ve doğal gaz gibi yeryüzünde belirli bölgelerde bulunmaktadır. Buna karşın, bu enerji türleri, yeryüzünde buldukları yerdeki rezerv miktarı kadar ihtiyacı giderebilmektedirler. Diğer bir ifadeyle, bu enerji kaynaklarının belirli bir rezerv miktarı olduğundan dolayı sonsuza kadar tüketilebilmeleri mümkün değildir. Kullanımının sürekli olmaması, bu enerji türlerinin en önemli dezavantajı olarak dikkate alınmaktadır.

Belirtilen hususlara ek olarak, yenilenemez enerji türlerinin en önemli dezavantajlarından biri de çevreyi kirletmeleridir. Bu alternatiflerden enerji üretilirken fosil yakıtlar yanmaktadır. Bu durumun sonucunda da atmosfere karbon gazı salınmaktadır. Adı geçen bu gaz da önemli ölçüde çevre kirliliğine sebebiyet vermektedir. Bu durumun hem sosyal hem de ekonomik anlamda ciddi olumsuzlukları söz konusudur. Havanın kirlenmesi neticesinde, birçok insan hasta olmaktadır. Atmosferdeki karbon gazının yüksek olması özellikle akciğer hastalıklarının artmasına sebebiyet vermektedir. Bir insanın hastalanması yaşam kalitesini çok ciddi ölçüde azaltmaktadır. Bu durum da yenilenemez enerji türlerinin sosyal anlamdaki olumsuzluğu olarak kabul edilmektedir (Zhou ve Feng, 2017).

Öte yandan, yenilenemez enerji türlerinin ayrıca çok ciddi ekonomik dezavantajları da bulunmaktadır. İlk olarak, bir ülkedeki hasta insanların sayılarının artması ile işgücüne katılan insan sayısında çok ciddi anlamda düşüş meydana gelecektir. Bu durum da ülkedeki üretim seviyesinin azalmasına yol açacaktır. Belirtilen bu husus da ülkenin ekonomik kalkınmasını olumsuz yönde etkileyecektir. Bu probleme ek olarak, yenilenemez enerjilerin yarattığı hava kirliliği ayrıca ülkenin imajına da olumsuz şekilde etki edecektir. Özellikle son yıllarda, tüm dünya genelinde çevreye yönelik duyarlılık artmaktadır. Belirtilen bu durum da hem şirketlerin hem de uluslararası finans kurumlarının ilgisini çekmektedir. Çevreye karşı artan bu duyarlılık

sonucunda firmaların karbon emisyonu yüksek olan ülkeler ile ticaret yapmaması riski söz konusudur. Belirtilen bu durum ülkelerin ekonomik anlamda zarar görmesine de sebebiyet vermektedir (Kang vd., 2019).

Bunun yanı sıra, karbon emisyonunun yaratabileceği ekonomik problem ayrıca finansal anlamda da söz konusu olabilmektedir. Uluslararası finans şirketleri, artan çevre duyarlılığı sonucunda, karbon emisyonu yüksek olan ülkelerdeki firmaları kredi vermeme kararı alabilirler. Belirtilen bu durum ülkelerdeki yatırımların azalmasına yol açacaktır. Bu durum ayrıca başka makroekonomik problemleri de beraberinde getirecektir. Örnek olarak, azalan yatırımlar sonucunda şirketlerin karlılıklarında da düşüşler meydana gelecektir. Bu durumun akabinde de şirketler maliyet azaltma tedbirleri kapsamında bazı personelini işten çıkartacaktır. Bunun sonucunda da ülkedeki işsizlik rakamlarında artışlar meydana gelecektir. Öte yandan, gerekli fonların bulunamaması sonucunda yatırımların azalması da ülkedeki ekonomik aktivitelerin ciddi anlamda azalmasına yol açacaktır. Bu durum da ülkedeki ekonomik kalkınmayı olumsuz yönde etkileyecektir.

Belirtilen bu olumsuzluklara karşın, yenilenemez enerji kaynaklarının bazı olumlu yanları da söz konusudur. Öncelikli olarak, bu enerji türlerinin maliyetleri yenilenebilir enerji kaynaklarına kıyasla oldukça düşüktür. Bu durum özellikle bu enerji kaynaklarına sahip olan ülkeler için ciddi ekonomik avantaj anlamına gelmektedir. Bu enerji kaynakları ülkede belirli bir bölgede konumlanmışlardır. Dolayısıyla, var olan bu kaynakların sadece yakılması ile enerji elde edebilmek mümkündür. Yenilenebilir enerji türlerindeki gibi yüksek ilk kurulum maliyetleri söz konusu değildir. Belirtilen bu durum da yenilenemez enerji kaynaklarını yatırımcılar için makul bir hale getirmektedir (Lin ve Xu, 2020).

Yenilenemez enerji türlerinin taşınmasının ve depolanmasının kolay olması da bu enerji türlerinin başka bir avantajıdır. Bu enerji kaynakları fiziksel olarak yerin altında bir yerde durmaktadır. Belirtilen bu durum da depolanmasının kolay olduğu bilgisini vermektedir. Diğer bir ifadeyle, hidrojen enerjisi gibi nasıl depolanacağı gibi bir problem söz konusu değildir. Belirtilen hususa ek olarak, bu enerjileri türlerinin taşınması da yenilenebilir enerji türlerine kıyasla daha kolaydır (Güney, 2019). Hidrojen gibi enerji türlerinde taşınma sürecinde bazı kayıplar söz konusu olabilmektedir. Buna karşın, yenilenemez enerji kaynaklarında bu kayıplar çok daha düşük olmaktadır. Yenilenemez enerji kaynakları için verilebilecek en önemli

örnekler doğal gaz, kömür, nükleer enerji ve petroldür. Adı geçen bu enerji türleri aşağıda alt başlıklar halinde açıklanmaktadır.

#### **1.4.2.1.1 Doğal Gaz**

Doğal gaz temel olarak metan ve bütan gazlarından oluşmaktadır. Öte yandan, bu gaz hava ile yüzde 5–15 aralığında birleştiğinde patlayıcı bir yapıya bürünmektedir. Belirtilen hususlara ek olarak, doğal halinde rengi ve kokusu bulunmayan bir gaz karışımıdır (Prakash vd., 2018). Bahsi geçen bu tezin konusu doğal gaz tüketimi ve fiyatlarına yönelik olduğundan, çalışmanın ikinci ve üçüncü bölümlerinde doğal gaza yönelik detaylı bilgiler paylaşılmaktadır. Bundan dolayı, bu başlıkta doğal gazın sadece tanımına yer verilmiştir.

#### **1.4.2.1.2 Kömür**

Kömür yapısı itibarıyla karbon, oksijen ve hidrojenenden oluşan bir mineraldir. Kömür günümüzde çok farklı alanlarda kullanılan önemli bir yenilenemez enerji türüdür. Elektrik enerji üretimi, kömürün ana kullanım sebeplerinden biridir. Bu özelliğiyle, özellikle demir çelik endüstrisinde önemli bir hammadde olarak tercih edilmektedir. Diğer bir ifadeyle, kömür sanayi yatırımlarının artırılmasında önemli bir etkiye sahiptir. Belirtilen hususa ek olarak, kömür ayrıca ısınmada da sıklıkla tercih edilebilmektedir. Belirtilen bu durum ayrıca kömürün insanların günlük yaşantısında da önemli bir role sahip olduğunu göstermektedir. Netice itibarıyla, kömür ülkelerin hem ekonomik hem de sosyal kalkınmalarında çok önemli bir etkiye sahip olmaktadır (Jonek-Kowalska, 2019).

Bununla birlikte, kömür enerjisi kullanımının bazı önemli dezavantajları da söz konusudur. Kömür kullanımı sonucunda atmosfere karbon gazı salınmaktadır. Bu durum da önemli ölçüde hava kirliliği yaratmaktadır. Belirtilen bu husus da insanların sağlıklarını ciddi anlamda tehdit etmektedir. Literatürde, kömür kullanımı ile akciğer hastalıkları arasında çok ciddi bir ilişki olduğunu iddia eden birçok araştırmacı bulunmaktadır. Hava kirliliğine ek olarak, kömür kullanımı ayrıca suları da kirletmektedir. Belirtilen bu problemler yüzünden kömür kullanımı birçok kesim tarafından eleştirilmektedir (Gyamfi vd., 2021).

### 1.4.2.1.3 Nükleer Enerji

Nükleer enerji atomun çekirdeğinden elde edilmektedir. Başka bir ifadeyle, aşırı yüksek sıcaklığın olduğu bir ortamda, atom çekirdekleri çarpışmaktadır. Bu çarpışmanın neticesinde de bazı birleşmeler ve parçalanmalar oluşmaktadır. Belirtilen bu süreçte elde edilen enerji nükleer enerji olarak tanımlanmaktadır. Daha detaylı bir ifadeyle, bu süreçte nötronlar uranyum-235 çekirdeklerine çarpılmaktadır. Bunun ardından da bir adet nötron bu çekirdek tarafından yutulmaktadır. Netice itibarıyla da uranyum-236 çekirdeği meydana gelmektedir. Bu durum birleşme olarak tanımlanmaktadır. Bunun ardından da uranyum-236 çekirdeği bölünür ve bu aşamada ortaya enerji çıkmaktadır (Krkosska Bayles, 2018).

Nükleer enerji özellikle son yıllarda dünyada çok popüler bir hale gelmiştir. 1970'li yıllarda yaşanan petrol krizi bu sürecin gelişmesine önemli ölçüde katkıda bulunmuştur. Adı geçen kriz sürecinde petrol rezervine sahip olmayan ülkeler ciddi ölçüde sıkıntılar yaşamıştır. Belirtilen bu problem sonucunda, ilgili ülkeler alternatif bir enerji kaynağına başvurmuşlardır. Nükleer enerji de özellikle bu dönemde popüleritesini arttırmıştır. Bu enerji sayesinde, petrol rezervlerine sahip olmayan ülkeler diğer ülkelere bağımlı hale gelmeyeceklerdir. Belirtilen bu durum da ülkelerin hem politik hem de ekonomik güçlerinin artırılabilmesine katkı sağlayacaktır (Basu vd., 2019).

Nükleer enerjinin birçok avantajlarından bahsedebilmek mümkündür. Bu enerji türünün en önemli avantajı maliyetinin düşük olmasıdır. Belirtilen hususa ek olarak, nükleer santrallerin günü tüm saatlerinde çalışabilmesi mümkündür. Ayrıca, bu enerji santralleri farklı iklim koşullarından da etkilenmemektedirler. Bu santrallerin diğerlerine kıyasla çok daha düşük alan kaplaması da başka bir avantaj olarak karşımıza çıkmaktadır (Kok ve Benli, 2017). Buna karşın, nükleer enerjinin bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Öncelikli olarak, nükleer enerjinin elde edilme aşamasında çok tehlikeli atıklar meydana gelmektedir. Buna ek olarak, nükleer santrallerde meydana gelebilecek bir kaza ayrıca hem doğaya hem de insanlara çok ciddi zararlar verebilmektedir (Dinçer vd., 2021).

### 1.4.2.1.4 Petrol

Sözcük manası olarak taşıyağı anlamına gelen petrol de en önemli yenilenemez enerji kaynakları arasında sayılabilmektedir. İçerik itibarıyla petrol, hidrojen ve karbondan

oluşmaktadır. Belirtilen hususlara ek olarak, nitrojen, oksijen ve kükürt de çok az miktarda petrol içerisinde yer almaktadır. Buna karşın, ana bileşenleri hidrojen ve karbon olduğu için petrol bir hidrokarbon olarak kabul edilmektedir. Bu süreçte önem arz eden husus ise petrol rezervlerinin yerinin tespit edilmesi ve çıkartılmasıdır. Bunun en temel gerekçesi de belirtilen bu hususların maliyetlerinin aşırı yüksek olmasıdır (Tiewsoh vd., 2017).

Petrolden temel olarak, benzin, jet yakıtı ve dizel yakıtı elde edilebilmektedir. Görülebileceği üzere, petrol günlük hayattaki çok temel ihtiyaçları gidermektedir. Belirtilen hususlara ek olarak, petrol ayrıca plastik ve çelik üretimi gibi birçok farklı alanda da kullanılabilir. Buradan görülebileceği gibi, petrol sanayinin çok önemli bir hammaddesidir. Bu yüzden petrol ülkelerin sosyal ve ekonomik kalkınmaları için hayati önem arz etmektedir. Bundan dolayı, petrol rezervlerine sahip olan ülkeler ekonomik anlamda çok ciddi bir avantaj elde edebilmektedir. Bu yüzden, dünya üzerinde birçok ülke kendi sınırları içerisinde petrol arama faaliyetleri sürdürmektedir (Sarhan, 2017).

Petrol ülkeler için bu kadar önemli olduğundan dolayı, petrol fiyatları da dünya genelinde takip edilen bir husustur. Kendi sınırları içerisinde olsun ya da olmasın, ülkeler petrolü temin etmek zorundadırlar. Bundan dolayı, petrol fiyatlarındaki artış ya da azalış ülke ekonomilerine ciddi anlamda etki eden bir faktördür. Bir ülke petrol ithal ediyorsa, bu husus ayrıca bir önem arz etmektedir. Bunun en temel gerekçesi de bu ülkelerin petrolü dışarıdan satın almak zorunda olmasıdır. Dolayısıyla, artan petrol fiyatları, özellikle bu ülkelerin bütçe dengelerini olumsuz yönde etkileyecektir (Nurunnabi, 2017).

#### **1.4.2.2 Yenilenebilir (Alternatif) Enerji Kaynakları**

Enerjinin temin edilmesinde dikkate alınan ikinci kaynak türü de yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Yenilenebilir enerjiler, kaynağını doğadan alan enerji türleridir. Bu sayede, bu enerji kaynaklarının tükenmeyeceği kabul edilmektedir. Yenilenebilir enerji alternatiflerinin diğerlerine kıyasla birçok avantajından bahsedebilmek mümkündür. Öncelikli olarak, bu enerji kaynaklarından enerji elde edilmesi sürecinde atmosfere herhangi bir karbon gazı salınımı olmamaktadır. Başka bir deyişle, yenilenebilir enerji kaynakları çevre kirliliğine sebebiyet vermemektedir. Bundan dolayı, bu enerjilerin kullanılması sonucunda küresel ısınma gibi iklimsel problemlerin meydana gelme riski azalmaktadır (Aydoğan ve Vardar, 2020).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı sayesinde çevre kirliliğinin azalması ülkeleri hem sosyal hem de ekonomik açıdan etkilemektedir. Hava kirliliği yüzünden insanların hastalanmaması sayesinde, bu insanların hayat kalitelerinin artmalarından bahsedebilmek mümkündür. Bunun en temel nedeni de sağlığın en önemli hayat kalitesi kriterlerinden biri olmasıdır. Sosyal hususlara ek olarak, hava kirliliğinin azalması birtakım ekonomik faydalar da sağlamaktadır. Bir ülkede daha az insan hasta oluyorsa, bu durum daha az sağlık maliyeti anlamına gelmektedir. Böylece de ülkenin bütçe dengesinin olumsuz yönde etkilenmesinin önüne geçilebilecektir.

Çevre kirliliğinin azaltılmasının başka bir ekonomik faydası da ülkenin itibarı ile ilgilidir. Özellikle son yıllarda, dünya genelinde çevreye olan duyarlılık da bir artış meydana gelmiştir. Bunun sonucunda da çevre kirliliği yüksek olan ülkelere karşı bazı tepkiler artmaya başlamıştır. Bu durum ülkeyi ekonomik açıdan zora sokabilecek bir husustur. Ülkeler ve şirketler, çevre kirliliği yüksek olan ülkeler ile iş yapma konusunda isteksiz olabilirler. Bu bağlamda, çevre kirliliği yüksek olan ülkelerde yatırımların önemli ölçüde azalma riski bulunmaktadır. Öte yandan, uluslararası finans kuruluşları da çevre kirliliği yüksek olan ülkelere kredi verilmesi konusunda isteksiz olabilmektedir. Bu durum da ülkelerin yatırımlarına yönelik fon bulamama sıkıntısını getirmektedir. Belirtilen bu örneklerden anlaşılacağı üzere, yenilenebilir enerji kullanımı sayesinde oluşmayan çevre kirliliği ülkeler için ciddi ekonomik fayda anlamına gelmektedir (Y. Li vd., 2021).

Yenilenebilir enerji kullanımının sağladığı diğer bir ekonomik fayda da enerji arz güvenliğine yöneliktir. Bu enerji alternatiflerinin kullanılması sayesinde, ülkeler kendi enerjilerini kendileri üretebilmektedirler. Bu durum da ülkelerin enerji konusundaki bağımsızlıklarını arttırabilmektedir. Belirtilen bu husus özellikle enerji ithal eden ülkeler için çok ciddi önem arz etmektedir. Bu ülkeler de yenilenemez enerji kaynakları yetersiz olduğu için, ihtiyaç duydukları enerjiyi başka ülkelere temin etmek zorundadırlar. Bu husus da bahsi geçen ülkeleri enerji konusunda bağımlı hale getirmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları sayesinde, bu ülkeler kendi enerjilerini kendileri üretebilecekleri için, bu bağımsızlık ortadan kalkacaktır. Diğer bir ifadeyle, döviz kuru riski, enerji fiyatı ve politik risk gibi olumsuzlukların minimum seviyeye indirilebilmesi mümkün olabilecektir (Groissböck ve Gusmão, 2020).

Yukarıda bahsedilen hususlardan anlaşılacağı üzere, yenilenebilir enerji alternatifleri ülkeler için ciddi anlamda sosyal ve ekonomik alanda fayda sağlamaktadır. Buna karşın, yenilenebilir enerjilerin de birtakım zorlukları söz konusudur. Öncelikli olarak, bu enerji türlerinin başlangıç maliyeti diğerlerine kıyasla oldukça yüksektir. Belirtilen bu durum da yatırımcıların bu konuya yönelik yatırım yapma isteklerini azaltmaktadır (Z. Liu, 2017). Bunun yanı sıra, bu yatırımlar ayrıca ciddi anlamda mühendislik bilgisi gerekmektedir. Bundan dolayı da bu yatırımların artırılabilmesi için ülkelerin bu bilgi birikimine sahip olmaları gerekmektedir. Üçüncü olarak, yenilenebilir enerji yatırımlarının artırılabilmesi için de çok ciddi anlamda donanımına sahip olan personele ihtiyaç duyulmaktadır. Bahsedilen bu hususlar ülkelerdeki yenilenebilir enerji yatırımlarının artırılmasına yönelik önemli engeller olarak kabul edilebilmektedir. Yenilenebilir enerjiler temel olarak rüzgâr, güneş, hidrojen, jeotermal, biokütle, hidroelektrik ve dalga enerjileridir. Bu başlık altında, adı geçen bu enerji türleri hakkında detaylı bilgiler verilmektedir.

#### **1.4.2.2.1 Rüzgâr Enerjisi**

Rüzgâr enerjisinde temel mantık, esen rüzgârın hareket gücünden elektrik elde edilmesidir. Belirtilen bu süreç, rüzgâr türbinleri sayesinde gerçekleştirilebilmektedir. Rüzgâr enerjisinin çok farklı kullanım alanları mevcuttur. Bahsi geçen kullanım alanlarının bazıları aşağıda listelenmiştir (Yüksel ve Ubay, 2021).

- Ev ve işletmelerin ısınması ve aydınlanması
- Caddelerin aydınlanması
- Sulama sistemleri

Yukarıdaki örneklerden de görülebileceği üzere, elektrik enerjisinin kullanıldığı her yer rüzgâr enerjisinin kullanım alanı olarak kabul edilmektedir. Rüzgâr enerjisinin de bazı avantajları mevcuttur ve bu hususlar aşağıda belirtilmiştir (Salles vd., 2019).

- Rüzgâr enerjisi santralleri az yer kaplamaktadır.
- Rüzgâr enerjisinden günün her saati elektrik enerjisi elde edebilmek mümkündür.



Bunların yanı sıra, rüzgâr enerjisinde birtakım dezavantajlar da bulunmaktadır. Belirtilen bu hususlar aşağıda detaylandırılmıştır (Salles vd., 2019).

- Rüzgâr türbinleri etrafındaki yaşayanları rahatsız edecek ölçüde fazla gürültüdürler.
- İlk yatırım maliyetleri, diğer yenilenebilir enerji türlerine kıyasla daha yüksektir.
- Rüzgâr türbinleri ilgili göç rotasından geçen kuşların ölümlerine yol açabilmektedir.

#### 1.4.2.2 Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, hidrojenin helyuma dönüşmesi sırasında ortaya çıkan enerjinin ışık yayarak uzayda yayılması anlamına gelmektedir. Tanımdan da anlaşılacağı gibi, güneş enerjisinin sadece güneş enerjisi kullanılarak elektrik elde edilmesi anlamına gelmektedir. Bu yüzden, bu süreçte herhangi bir karbon salınımı meydana gelmemektedir. Güneş enerjisinin temel kullanım alanları aşağıda yer almaktadır (Kabir vd., 2018).

- Binaların ısınması
- Sıcak suyun temin edilmesi
- Elektrik enerjisinin elde edilmesi
- Tarım ürünlerinin kurutulması
- Yemek pişirme

Güneş enerjisinin diğer yenilenebilir enerji türlerine kıyasla birtakım avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Belirtilen bu enerji türünün avantajlarının neler olduğuna aşağıda detaylıca yer verilmiştir (Alawadh ve Alzahmi, 2021).

- Kurulum maliyeti açısından diğer yenilenebilir enerji türlerine kıyasla daha ekonomiktir.
- Enerji elde edildiği yerde kullanılabilmesi için, yaşanılacak enerji kaybı minimum düzeyde olmaktadır.
- Elektrik şebekesi olmadığı durumda da elektrik enerjisinden yararlanılabilmektedir.

- Güneş enerjisinin sessiz olması diğer enerji türlerine kıyasla çok ciddi bir avantaj olarak kabul edilmektedir.

Belirtilen hususlara ek olarak, güneş enerjisinin bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bahsi geçen bu hususlar aşağıda detaylandırılmıştır (Alawadh ve Alzahmi, 2021).

- Akşam vakti güneş olmadığından dolayı, günün her saati güneş enerjisi elde etmek mümkün değildir.
- Belirtilen bu durum kış ayları için de geçerlidir. Kışın güneş az olduğundan dolayı, daha az güneş enerjisi elde edilmektedir.
- Güneş enerjisinden elde edilen elektrik için depolanma ihtiyacı söz konusudur. Bu durum da ek maliyet anlamına gelmektedir.

### 1.4.2.2.3 Hidrojen Enerjisi

Hidrojen yeryüzünde en bol miktarda bulunan ama nadiren tek başına bulunan periyodik tablonun ilk elementidir. Bu nedenle Hidrojen ( $H_2$ ), bileşenlerinden ayrıştırılarak üretilmektedir ve çok sayıda farklı üretim şekli bulunmaktadır. Atom numarası 1 ve standart atom ağırlığı 1,008'dir. Herhangi bir temel yakıtın ağırlıkça en yüksek ancak hacimce en düşük enerji içeriğine sahip olan hidrojen böylece yüksek verimlilik ve düşük kirletici özellik göstermektedir. Hidrojen ulaşım, ısınma ve elektrik üretimi için ya da kimyasal işlemlerde (amonyak gübreleri) ham madde olarak kullanılabilir (Abe vd., 2019).

Hidrojen, sızdığı zaman son derece yanıcıdır ancak dünyadaki en hafif element olarak atmosfere hızla yükselir ve yanmanın gerçekleşmesi için çok az zaman olmaktadır. Yüksek derecede sıkıştırılmış bir gaz olarak hidrojen, diğer tüm yakıtlarda olduğu gibi temiz kullanım kuralları gerektirmektedir (Maleki, 2018). Hidrojenin büyük bir avantajı fosil yakıt, nükleer enerji, biokütle ve yenilenebilir enerjilerden (kullanım fazlası) üretilebilmesidir ve elektrikten farklı olarak uzun süre boyunca büyük miktarlarda da depolanabilmektedir (Zhang vd., 2016).

Bu sebeple hidrojen enerji sistemleri; temiz, güvenilir, ekonomik, güvenli ve sürdürülebilir akıllı enerji çözümleri portföyünün bir parçası olma potansiyeline sahiptir ve enerji geçişinde önemli bir rol oynayabilecektir. Hidrojen; doğal gaz ağına az miktarlarda verilmek,  $CH_4$ 'e dönüştürülmek ve elde edilen metanı doğal gaz ağına dâhil etmek gibi çeşitli

yollarla enerji taşıyıcısı olarak kullanılabilir ya da depolanan hidrojen, yakıt hücreleri vasıtasıyla doğrudan elektriğe dönüştürülebilmektedir (Hosseini ve Wahid, 2020).

Türkiye'nin karbon emisjonsuz enerji çözümleri içerisinde hidrojen son yıllarda ön plana çıkmaktadır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) ve Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) öncülüğünde yürütülen doğal gaz hatlarına hidrojen enjeksiyon teknolojilerinin araştırılması ve geliştirilmesine yönelik çalışmalara 2018 yılında başlanmıştır. Konya'da kurulan Clean Gas Center'da yapılan araştırmalar sonucunda ülkemizde ilk defa doğal gaz ile hidrojenin karıştırılarak evsel yakıcı cihazlarda kullanılması sağlanmıştır. 1. Faz çalışmaları sonucunda hazırlanan "Doğal Gaz Sektörü Hidrojene Geçişte Yol Haritası Önerileri" strateji belgesinde güvenilir ve temiz hidrojen dönüşüm stratejisinin düzenlenmesi için 9 temel adım belirlenmiştir (Gazbir, 2021).

- "Çalışma Komisyonu Kurulması"
- "Gazın Kalitesi ve Emniyet"
- "Teknik Uyumluluk Sağlanması"
- "Dönüşüm ve Entegrasyon Prosesi"
- "Doğal Gaz Tüketicileri"
- "İnsan Kaynakları"
- "Araştırma-Geliştirme Çalışmaları"
- "Regülasyon Hazırlıkları"
- "Pazar Oluşumu"

Araştırmalar ve laboratuvar çalışmaları sonucunda 2050 senesinde ülkemizde doğal gaz sektörünün tamamen hidrojene geçişi için 4 kademedeki bir hedef sunulmaktadır:

- 2020 – 2026: Araştırma-Geliştirme Çalışmaları
- 2026 – 2031: Düşük Oranlarda Harmanlama
- 2031 – 2041: Yüksek Oranlarda Harmanlama
- 2041 – 2050: Tamamen Hidrojen Uyumlu Teknik Altyapı

#### 1.4.2.2.4 Jeotermal Enerji

Kar ve yağmur gibi doğa olayları sonucunda yeryüzüne ciddi miktarda su yağmaktadır. Öte yandan, yer kabuğunda birtakım çatlaklar bulunmaktadır. Bahsi geçen bu sular yerkabuğundaki bu çatlaklardan sızarak kayalara ulaşmaktadır. Belirtilen bu kayalar oldukça sıcak olduğundan dolayı, oraya ulaşan suların da sıcaklığı artmaktadır. Aşırı sıcak olan bu suyun buhar gücünden elektrik elde edilebilmektedir. Bahsedilen bu enerjiye jeotermal enerji adı verilmektedir (Kulasekara ve Seynulaabdeen, 2019). Jeotermal enerjilerin geniş olan kullanım alanlarının bazılarına aşağıda yer verilmiştir:

- Isınma
- Tarımsal ürünlerin kurutulması
- Temiz su elde edilmesi
- Sera ısıtması
- Elektrik elde edilmesi

Jeotermal enerjilerin diğer yenilenebilir enerji türlerine kıyasla birtakım avantajları söz konusudur. Bu avantajların bazıları aşağıda açıklanmıştır (Mohamed, 2021).

- Jeotermal enerji sayesinde kesintisiz elektrik enerjisinin elde edilebilmesi mümkün olabilmektedir.
- Jeotermal enerjiler, iklim koşullarından etkilenmemektedir.
- Bu tesisler yerin altında olduğundan dolayı diğerleri ile karşılaştırıldığında, çok fazla yer kaplamamaktadır.

Belirtilen bu avantajların yanı sıra, jeotermal enerjilerin birtakım dezavantajları da söz konusudur. Bunların bazıları aşağıda listelenmiştir (Mohamed, 2021).

- Sıcak suda bazı zararlı maddeler bulunmaktadır. Bunların ayrıştırılması sürecinde maliyet artışı söz konusudur.
- Jeotermal enerjiler yerin altında olduğundan dolayı olası bir problemde müdahale edebilmek oldukça zordur.
- Bu santraller çok ciddi mühendislik bilgisi gerektiğinden dolayı önemli ölçüde ilk kurulum maliyetleri söz konusudur.

- Bu santralleri her bölgede kurabilmek mümkün olmadığı için, bu santrallerden her ülkenin çok geniş ölçüde faydalanabilmesi mümkün olmayabilmektedir.

#### **1.4.2.2.5 Biyokütle Enerjisi**

Biyokütle enerjisi, organik maddelerden elde edilen enerji manasına gelmektedir (Toklu, 2017). Canlı organizmalar öldüklerinde bünyelerinde kimyasal maddeleri tutmaya devam etmektedirler. Söz konusu kimyasal maddeler enerjilerini yanarak ortaya çıkarmaktadırlar. Yanma sonucunda ortaya çıkan enerji ise biokütle enerjisi olarak adlandırılmaktadır (Güney ve Kantar, 2020). Biokütle enerjisinin en önemli avantajları aşağıda listelenmiştir (Mao vd., 2018).

- Depolanması çok kolaydır.
- Düşük ışık şiddeti bu enerjinin elde edilebilmesi için yeterlidir.

Belirtilen bu avantajların yanı sıra, biokütle enerjisinde bazı olumsuzluklar da söz konusudur. Bu olumsuzluklar temel olarak aşağıda belirtilmiştir (Mao vd., 2018).

- Biokütle enerjisinin elde edilebilmesi için çok geniş alanlara ihtiyaç duyulmaktadır.
- Bu enerjinin elde edilmesinde suya çok fazla ihtiyaç duyulmaktadır.

#### **1.4.2.2.6 Dalga Enerjisi**

Deniz ve okyanuslardan meydana gelen rüzgârlar dalgaların oluşmasına sebebiyet vermektedir. Söz konusu dalgaların kuvvetinden yola çıkarak elektrik enerjisinin üretilebilmesi mümkün olabilmektedir. Dalga enerjisi, hidroelektrik enerji ile sıklıkla karıştırılmaktadır. Dalga enerjisinin en büyük farkı, elektrik elde edebilmek için suyun hızlı hareket etmesi gerekmemektedir. Hidroelektrik enerjide ise suyun akışı, elektrik elde edilebilmesi için en önemli husustur (Pecher ve Peter Kofoed, 2017).

#### 1.4.2.2.7 Hidrolik (Hidroelektrik) Enerji

Suyun hareket enerjisinden faydalanılarak elde edilen elektrik enerjisine hidroelektrik enerjisi denmektedir. Burada önemli olan suyun akış gücüdür. Çünkü türbinleri harekete geçirecek olan şey, suyun akış hızı olmaktadır. Hidroelektrik enerjinin en önemli kullanım alanları aşağıda gösterilmiştir (Şen, 2018).

- Elektrik üretimi
- Tarım
- Sulama
- Turizm faaliyetleri
- Spor aktiviteleri

Yapısı itibarıyla, hidroelektrik enerjinin diğerlerine kıyasla birtakım avantajları söz konusudur. Bu avantajlar temel olarak aşağıda listelenmiştir (Askari vd., 2015).

- Hidroelektrik santrallerinin ömürleri baya uzun olmaktadır.
- Bu enerjinin tarihçesi çok geçmişe dayandığından dolayı, yatırımcılar tarafından bu santrallere daha fazla güven bulunmaktadır.
- Bu enerjiye yapılan yatırım kısa süre içerisinde maliyetini karşıladığından dolayı, kısa vadede kara geçilmesi söz konusudur.

Belirtilen avantajların yanı sıra, hidroelektrik santrallerin kurulmasında birtakım zorluklar da söz konusu olmaktadır. Bahsi geçen bu dezavantajlar da aşağıda detaylandırılmıştır (Askari vd., 2015).

- Hidroelektrik santrallerin yapımı sırasında ağaçların kesilmesi söz konusu olabilmektedir.
- Söz konusu santrallerin ilk kuruluş aşamasında canlılar ve çevre olumsuz etkilenmektedir.

## 2. BÖLÜM

### ENERJİ SEKTÖRÜ VE DOĞAL GAZ

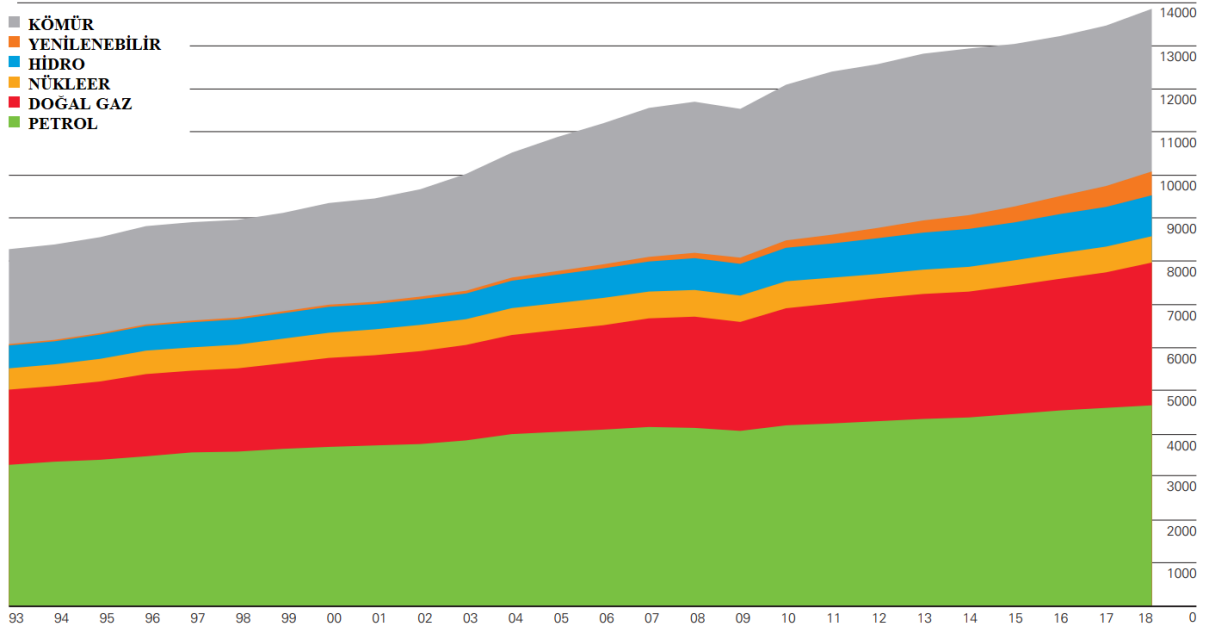
Enerji, devletlerin mali yapısını derinden etkileyen, küresel politikaları belirleyen, devletlerin birbiri ile olan yakınlığında temel göstergelerden biri olan ve toplum gereksinimlerinin karşılanması, büyümenin istikrarlı olarak devam edebilmesi için göz ardı edilemeyen temel faktörlerden birisidir. Sanayi devriminden sonra enerjiye olan ihtiyaç her geçen gün daha da fazla olmaktadır. Bununla birlikte doğanın bize sunduğu kıt kaynak olan yenilenemeyen mevcut potansiyel enerji kaynakları ile hızla gelişmekte olan yenilenebilir enerji kaynaklarının arz talep dengesinin doğru planlanması gerekmektedir (DNV,2021). Çalışmanın bu bölümünde 2050 senesine kadar toplam birincil enerji tüketimi içerisindeki yüzdesinin artacağı öngörülen tek fosil yakıt olan doğal gazın genel kavramsal yapısı, Türkiye ve dünyadaki enerji sektörü içindeki yeri, tüketimi ve fiyatlamasına yönelik kavramlar ile literatür araştırmasının paylaşılması amaçlanmaktadır.

#### 2.1 Enerji Sektörüne Genel Bakış

Enerji, birçok üretim ve tüketim faaliyetinin temel girdisi olması nedeniyle ekonomik büyümenin temel kaynağıdır. Enerji, ekonomik kalkınmanın en önemli girdilerinden biri olarak dünya genelinde sosyo-ekonomik gelişmişliğin bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Ekonomideki gelişme ve büyüme, daha güçlü enerji talebini de beraberinde getirmektedir. Talepteki artışa bağlı olarak ortaya çıkan tüketim sonucunda çevre kirliliğinin boyutu da büyümektedir. Enerji tasarrufu, bu noktada, çevre için olduğu kadar yenilenemeyen kaynakların korunması için de oldukça bir faydayı temsil etmektedir. Covid-19'un etkileri ile birlikte de enerji talebi eğrilerinde kalıcı olarak değişimlerin ortaya çıktığı görülmektedir. Dünyada en yüksek enerji talebi ulaşım sektöründe olurken sanayi ve konut tüketimi birbirine yakın oranda arkasından gelmektedir. (Alvarez-Herranz vd., 2017).

Enerji kaynakları dönüştürülebilirliklerine göre birincil ve ikincil enerji kaynakları olmak üzere iki kısma ayrılmaktadır (T.-H. Le vd., 2020). Birincil enerji kaynakları yenilenemeyen enerji kaynakları (petrol, doğal gaz, kömür) ve yenilenebilir enerji kaynakları (hidro enerji, rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, dalga enerjisi, jeotermal enerji) olmak üzere iki

kısımda incelenmektedir ve Bölüm 1’de açıklanmıştır. Elektrik, benzin, motorin, LPG, hava gazı gibi ikincil enerji kaynakları çeşitli dönüşüm biçimleriyle kullanılmaya uygun hale getirilmiştir. Dünyada üretilen enerji çok büyük derecede (yaklaşık %90) linyit, petrol, kömür, asfaltit, doğal gaz gibi fosil yakıtlar temelli olarak sağlanmaktadır. Talebin karşılanmasında kullanılan yakıtlar Şekil 2.1’de görüldüğü üzere petrol, kömür, doğal gaz, hidroelektrik, nükleer enerji ve yenilenebilir enerji olarak sıralanmaktadır.



Şekil 2.1 Dünya Birincil Enerji Tüketimi (BP,2020)

Artan piyasa ekonomilerinde özellikle ulaşımda petrol kullanımındaki yükselişin OECD bölgesinde talepteki artışın azalmasına rağmen, global petrol tüketimini sürekli oranda yükselttiği görülmektedir. Tek başına Çin, dünyadaki toplam net artışın yarısının kaynağı durumundadır. OECD bölgesindeki düzenli düşüşe ise verimlilik artışından kaynaklanan kazanımlar, yakıtlar arası ikame ve doymuşluk etkileri sebep olmaktadır. Fosil yakıtlar dünyanın her bölgesinde yeteri kadar bulunmadığı için fosil yakıtların çıkarıldıkları bölgelerdeki siyasi ve ekonomik sıkıntılar, Körfez, Afganistan veya Libya krizlerinde olduğu gibi, bütün dünyayı etkilemektedir (IEA,2020).

Özellikle kömür, doğal gaz ve petrol rezervlerinin kıt kaynak olması ülkelerin enerji talebini planlayan enerji projeksiyonlarının daha dikkatli değerlendirilmesini gerektirmektedir. Ayrıca bu türlü fosil yakıtlardan (birincil enerji) günümüz teknolojileri ile elektrik üretimi (ikincil enerji) sırasında ciddi çevre kirliliği, dolayısıyla da bütün toplumu ve canlıları etkileyen



sağlık ve ekonomik sorunlar meydana gelmektedir. Bu nedenle tüm dünyada temiz enerji kaynaklarına olan merak ve ihtiyaçtan doğan araştırmalar her geçen gün artmaktadır (T.-H. Le vd., 2020).

Gazın geleceği üzerine hazırlanan çeşitli senaryolarda 2050 senesine kadar tüketimin artacağı konusunda fikir birliği olan tek fosil yakıt olarak doğal gaz ön plana çıkmaktadır. 2035 yılına kadar doğal gaz tüketiminin hızla artarak 5 trilyon m<sup>3</sup> talep ile ivmenin pik noktasına ulaşacağı tahmin edilmektedir. En büyük dört doğal gaz tüketicisi olan ABD, Avrupa, Rusya ve Çin; küresel doğal gaz talebinin yarısından fazlasını oluşturmaktadır. Bununla birlikte dünyadaki mevcut rezervlerin, ortaya çıkması öngörülen ihtiyaçtan daha fazla olduğu ve kapasitelerin de her geçen gün artması için araştırmaların hızla devam ettiği görülmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının özellikle ilk yıllarda yüksek yatırım maliyetlerinden dolayı çok fazla tercih edilmemesine rağmen gelişen teknoloji ile birlikte yenilenebilir enerji sistemlerinin üretim maliyetlerinde de önemli oranda azalma sağlanmıştır. Yenilenebilir enerji üretimine yönelik yatırımlar bilhassa fosil yakıtların doğaya verdiği hasarlar sebebiyle son 25 senede yüksek derecede artmıştır.

## **2.2 Türkiye’de Enerji Sektörü ve Politikaları**

Türkiye enerji üretiminde, genellikle doğal gaz, linyit, akaryakıt, hidrolik enerji ve taşkömürü kullanılmaktadır. İç rezervlerin yetersizliğinden dolayı enerji ithal eden ülke pozisyonunda bulunan Türkiye, enerji gereksiniminin çok büyük kısmını (yaklaşık %90) yurt dışından temin etmektedir. Enerji ithalat kalemleri arasında doğal gaz ve petrolün en yüksek yüzdeye sahip olduğu görülmektedir. Türkiye’nin enerji politikası, AB’ye aday ülke olarak ilan edildiği 1999 yılındaki Helsinki Zirvesi’nden bu yana enerjide yerlilik ve yeterlilik yolunda, dışa bağımlılığı azaltmaya yönelik olarak iyileştirilmiştir (ETKB,2021).

Avrupa Birliği’nin iç enerji pazarlarında kendine yer bulma amacı istikametinde Türkiye, 2001’de kabul edilen “7835 Elektrik Piyasası Kanunu” ve “ 4646 Doğal gaz Piyasası Kanunu” ile AB direktiflerini uygulayarak, elektrik ve doğal gaz piyasalarını yeniden yapılandırma ve serbestleştirme hususunda önemli gelişme sağlamıştır. EPDK (Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu) elektrik, doğal gaz, petrol ve sıvılaştırılmış petrol gazları pazarlarının hazırlanması ve denetlenmesi misyonuyla kurulmuştur.

2013 senesinde onaylanan “6446 Elektrik Piyasası Kanunu” ile de ilerleme sağlanarak ekonomik olarak etkili, kararlı ve şeffaf bir elektrik pazarının teşekkül etmesi, bu pazarda hür ve özgür bir denetleme ve düzenleme sağlanması hedeflenmiştir. “Petrol Piyasası Kanunu (2003’te 5015 numaralı)” ve Sıvılaştırılmış Petrol Gazları Piyasası Kanunu (2005’de 5307 numaralı) ile rekabet temelli bir yapı oluşturulmaya başlanmıştır. 5346 sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun” 2005’te yenilenebilir enerjiden elde edilecek elektriğin toplam içerisindeki payının artırılmasını özendirme amacıyla yürürlüğe girmiştir. Enerjinin verimli tüketimi, aşırı kullanımına engel olunması, enerji fiyatlarının mali yapı dengesi içerisindeki ağırlığının indirgenmesi, çevreye duyarlılıktan enerji tüketiminde etkinliğin yükseltilmesi amacıyla “Enerji Verimliliği Kanunu (5627)” 2007’de kabul edilmiştir (ETKB,2021).

Türkiye, sürekli artan enerji gereksinimini kesintisiz bir şekilde karşılayabilmek amacıyla yerel taşkömürü ve linyit kaynaklarının, hidro ve rüzgâr ile güneş enerjisi gibi farklı yenilenebilir kaynaklarının potansiyelini maksimum kullanmayı hedeflemektedir. “Nükleer Güç Santrallerinin Kurulması ve İşletilmesi ile Enerji Satışına İlişkin Kanun (5710)” 2007 senesinde yürürlüğe girmiş olup, 5000 MW yerleşik güce karşılık gelecek nükleer güç tesislerinin 2012 senesinden sonra kullanıma başlanması amaçlanmasına rağmen bu hedefe henüz ulaşamamıştır. Ancak 2023 senesi ile birlikte Akkuyu ve Sinop Nükleer Güç Tesislerinin faaliyetine başlaması ile birlikte Türkiye yerleşik enerji gücünün en az yüzde onunun nükleer kaynaklardan gelmesi amaçlanmaktadır (ETKB Stratejik Plan, 2019).

### **2.2.1 Türkiye'nin Makroekonomik Dengelerinde Enerji Ticaretinin Rolü**

Son senelerde ekonomik gelişme, süratle artan yenilenebilir enerji yatırımları ve enerji piyasasının serbestleşme adımlarının ardından dünyada en çabuk gelişen enerji sektörlerinden biri olmayı gaye edinen Türkiye, kompetitif bir düzene ulaşma sürecinde ivedi gelişme sağlamaktadır. Ham petrolün üretiminden her türlü petrol türevleri ihracatına, çok çeşitli kaynaklardan sağlanan elektrik üretiminden donanım ve ekipman imalatına kadar birçok değişik icraatların yer aldığı Türkiye Enerji Pazarı’nda ortaya konacak yatırımların 2023 senesine kadar genel olarak takriben 120 milyar ABD dolarından daha fazla olacağı öngörülmektedir (Türkiye Enerji Stratejisi, 2021).

## 2.2.2 Türkiye'nin Enerji Politikaları ve Bağımsızlığı

Son yirmi yılda yaşanan hızlı ekonomik büyüme ve nüfus artışı, yalnızca enerji talebinde güçlü bir büyüme sağlamakla kalmamış, aynı zamanda ithalat bağımlılığında da buna bağlı bir yükselişe sebep olmaktadır. Bu gelişmelerin sonucu olarak Türkiye, enerji ihtiyacındaki artışı rasyonelleştirmek, tüketiciler için enerji fiyatlarını dengelemek ve ithalat büyüme hızını yavaşlatmak amacıyla enerji politikalarını yeniden yapılandırma yoluna gitmiştir. Bu reformlar, daha fazla özel ve yabancı yatırım yoluyla, modernizasyon, liberalizasyon ve artan yerli üretim kapasitesini hedefleyen önlemleri içermektedir.

Özellikle son on yılda enerji karışımının önemli ölçüde çeşitlendiği görülmektedir. Özellikle yenilenebilir enerji, son on yılda yenilenebilir elektrik üretiminin üç katına çıkmasıyla etkileyici bir büyüme kaydetmiştir. Türkiye'nin ilk nükleer santralının 2023 yılında devreye alınması, ülkenin enerji çeşitliliğini daha da artırmasını sağlayabilecektir. Yine de fosil yakıtlar, başta petrol ve doğal gaz olmak üzere ithalata büyük bir bağımlılıkla (petrol %92 ve doğal gaz %99) Türkiye ekonomisini yönlendirmeye devam etmektedir. Bu bağımlılığını azaltmak için yerel arama ve üretimin genişletilmesine öncelik verilmiştir (IEA,2021).

Ancak halen %98'i petrole bağlı olan ulaştırma sektöründe verimlilik iyileştirmeleri ve yakıt değişimi gibi maliyet açısından optimum talep tarafı önlemlerine de gereken önem verilmeye devam edilmelidir. Petrol ve gaz ithalatına olan yoğun bağımlılığı ışığında Türkiye, enerji stratejisinin temel direklerinden biri olarak enerji arz güvenliğine öncelik vermektedir. Politika, yerel petrol ve gaz arama ve üretimini artırma, petrol ve gaz tedarik kaynaklarını ve ilgili altyapıyı çeşitlendirme ve ayrıca artan enerji verimliliği yoluyla enerji tüketimini azaltma çabalarını kapsamaktadır.

2000'lerin başında, Rusya Federasyonu temel gaz tedarikçisiydi, ancak Türkiye 2001 yılında İran'dan ve 2007'de Azerbaycan'dan gaz ithalatını artırmasıyla birlikte bu bağımlılığı sınırlandırmıştır. Son yıllarda birkaç yeni yüzer depolama ve yeniden gazlaştırma terminali devreye alınmış, mevcut LNG giriş kapasitesi artırılmış ve arz çeşitliliğini sağlamak için gaz şebekesine yeni giriş noktaları bağlanmaya devam etmektedir. Son yıllardaki en büyük ham petrol tedarikçileri İran, Irak, Rusya ve Suudi Arabistan olmuştur. Petrol ürünleri sadece tankerlerle sağlanmaktadır. Ayrıca Türkiye'nin, ülkenin benzin talebinin yaklaşık yarısını karşılayan faal beş rafinerisi bulunmaktadır.

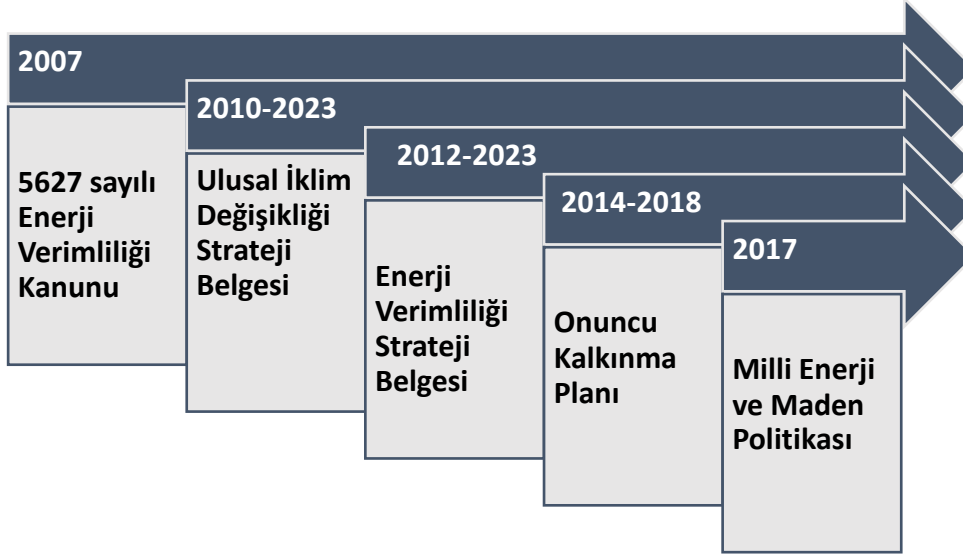
Tüm bunlara ek olarak On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023) kapsamında belirlenen yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretiminin %38'lik hedefi 2020 sene sonu itibarıyla %44 seviyesine ulaşmıştır. Yenilenebilir Enerji Destek Mekanizması (YEKDEM) kapsamında Türkiye, rüzgâr, güneş, biyokütle, hidro ve jeotermal dâhil olmak üzere yenilenebilir enerji santralleri için tarife garantisi sunmaktadır. Türkiye, özellikle sübvansiyon veya politika desteğinin yokluğunda, güneş enerjili su ısıtıcı kurulumlarında lider ülkeler arasında yer almaktadır. Bununla birlikte, özellikle coğrafi konumu ve uygun ışınım koşulları göz önüne alındığında, potansiyelinin daha fazla olduğu görülmektedir.

Türkiye, toplam 12 reaktör ünitesi için üç nükleer santral (NGS) kurulması planlanmaktadır. Hâlihazırda ilk NGS (Akkuyu NGS) Türkiye'nin güney sahilindeki Mersin'de yapım aşamasındadır ve toplam kurulu gücü 4800 MW olan 4 üniteden oluşmaktadır. Akkuyu NGS'nin ilk ünitesinin 2023 yılı sonunda devreye alınması planlanmaktadır. Devlete ait elektrik tedarikçisi EÜAŞ, Akkuyu'dan üretilen nükleer enerjinin yaklaşık yarısını 15 yıl boyunca önceden belirlenmiş bir fiyattan satın alacaktır.

Türkiye'nin kömür madenciliği ve kömürle üretime yaklaşımı da ithal doğal gaz ve ithal kömüre bağımlılığı azaltma stratejisine dayanmaktadır. Gaz tüketimini azaltma politikası, sanayi gibi diğer sektörlerle kıyasla gazdan kömüre ve nükleere geçişin daha kolay olduğu enerji sektörüne odaklanmıştır. Bu nedenle, Türkiye'nin büyük kömür rezervlerinin yerli üretimini ve tüketimini artırmaya yönelik bir plan izlenmektedir. Linyit, özellikle elektrik üretiminde kullanılmak üzere kalkınma için öncelikli bir alandır. Taşkömürünün sanayi sektöründe daha yoğun olarak kullanılması amaçlanmaktadır. Öte yandan, ev ısıtmasında kömür kullanımını doğal gaz lehine azaltmaya çalışılmaktadır. Ayrıca, enerji ve doğal kaynaklarda kendi kendine yeterli olabilmenin önemli bir boyutunun da yerli teknolojik kapasitenin büyüklüğü olduğunu düşünen Türkiye, Ar-Ge ve teknolojiyi ilerletmek için politikalar uygulamaktadır.

### **2.2.3 Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı**

Türkiye, enerji güvenliğini iyileştirmenin birincil temelini, enerji verimliliğini artırarak tüketim artış hızını yavaşlatmak olduğu bilinciyle 2007 senesinde yayımladığı Enerji Verimliliği Kanunu ile değişim adımı atmıştır. Bununla birlikte 2021 yılında Enerji Verimliliği Strateji Belgesi ve 2017-23 dönemini kapsayan Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (NEEAP), uygulamaya alınmıştır. Eylem Planının dayanakları Şekil 2.2'de gösterilmektedir.



Şekil 2.2 Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı Temelleri

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı bünyesinde ilgili paydaşların katılımıyla ve Yüksek Yönlendirme ve Planlama Kurulu tarafından kabul edilerek 2017 senesinde hazırlanan 2023 NEEAP, enerji verimliliği alanındaki amaçları ile atılacak adımları ve izlerini belirlemek üzere Ocak 2018'de uygulamaya başlamıştır. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planının amacı 6 kategori (Tarım, Bina ve Hizmetler, Enerji, Ulaştırma, Sanayi ve Teknoloji ile Yatay Konutlar) içerisinde yer alan 55 eylem ile 2023 senesine kadar Türkiye'nin temel enerji gereksiniminin yaklaşık %14 düşürülmesidir. Tablo 2.1'de görülebileceği üzere 2023 senesine kadar yaklaşık 10 milyar dolar harcama ile kümülatif olarak 24 MTEP ve 2033 yılına kadar sürecek yaklaşık 30 milyar dolara karşılık gelen 86 MTEP tasarruf sağlanması planlanmaktadır. Çok zamanında bir politika girişimi olmasına rağmen, NEEAP'de bugüne kadar kaydedilen ilerleme henüz planlamaların gerisinde kalmıştır.

Tablo 2.1 UEVEP Kapsamında Yıllara Göre Yatırımlar ve Tasarruflar

<b>Planlanan Toplam Yatırım Miktarı (Bin \$)</b>															
<b>2017</b>		<b>2018</b>		<b>2019</b>		<b>2020</b>		<b>2021</b>		<b>2022</b>		<b>2023</b>		<b>Toplam</b>	
958		1279		1593		1681		1748		1824		1846		10928	
<b>Enerji Tasarrufu</b>															
<b>2017</b>		<b>2018</b>		<b>2019</b>		<b>2020</b>		<b>2021</b>		<b>2022</b>		<b>2023</b>		<b>Toplam</b>	
kTep	M\$	kTep	M\$	kTep	M\$	kTep	M\$	kTep	M\$	kTep	M\$	kTep	M\$	kTep	M\$
577	202	1630	571	2493	872	3378	1182	4298	1504	5264	1842	6261	2191	23901	8365
<b>Enerji Tasarrufu</b>															
<b>2024</b>		<b>2025</b>		<b>2026</b>		<b>2027</b>		<b>2028</b>							
kTep	M\$	kTep	M\$	kTep	M\$	kTep	M\$	kTep	M\$	kTep	M\$				
6261	2191	6261	2191	6261	2191	6261	2191	6261	2191	6248	2187				
<b>2029</b>		<b>2030</b>		<b>2031</b>		<b>2032</b>		<b>2033</b>							
kTep	M\$	kTep	M\$	kTep	M\$	kTep	M\$	kTep	M\$	kTep	M\$				
6248	2187	6248	2187	6248	2187	6248	2187	6216	2175	6216	2175				

### 2.3 Doğal Gazın Enerji Sektöründeki Yeri

Kömür, petrol gibi fosil yakıtlar ile mukayese edildiğinde çevreye daha duyarlı, üretken ve temiz; yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılaştırıldığında daha az maliyetli ve sürekli bir enerji kaynağı olan doğal gazın bu bölümde yapısı, özellikleri, tarihsel gelişimi, çeşitleri ile Türkiye ve dünyada doğal gaz sektörünün genel durumu hakkında bilgi verilmesi amaçlanmaktadır.

#### 2.3.1 Doğal Gazın Tarihsel Gelişimi

Doğal gaz terimi, hidrokarbon bakımından zengin gaza atıfta bulunmaktadır. Dünya yüzeyinin altında kömür yataklarında, petrol ve doğal gaz sahalarında doğal halde oluşan bir hidrokarbon karışımıdır. En temiz fosil yakıt olarak kabul edilen doğal gaz taşındığında, depolandığında ve kullanıldığında güvenli bir enerji kaynağıdır. Konut, ticari ve endüstriyel ısıtma için kullanımına ek olarak elektrik üretimi için kullanılmaktadır. Petrokimya

endüstrisinde etilen üretiminde ham madde olarak, gübre endüstrisinde amonyak üretimi için kullanılmaktadır. Doğal gaz kullanılarak hidrojen, kükürt ve karbon üretilmektedir.

Keşfedilen ilk doğal gaz kuyusu, 1821 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nin Fredonia şehrinde doğal gazın atası olarak nitelendirilen William Hart tarafından açılmıştır. Daha sonraları, ham petrol sondajı için yapılan araştırmaların bir sonucu olarak doğal gaz sahaları bulunmuştur. 19. yüzyıl boyunca, uzun mesafeli gaz taşımacılığı için güvenli bir altyapının olmaması sebebiyle, doğal gaz bir ışık kaynağı olarak kullanılmıştır. İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra, gaz taşımacılığı için güvenilir ve emniyetli uzun mesafeli boru hatlarının inşasına olanak tanıyan mühendislikteki gelişmelerden sonra doğal gaz yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

1900'lü yılların ortalarından itibaren doğal gaz ülkeler arasında ihraç edilmeye başlanmıştır. Kanada, kullanım fazlası olan bir kısım doğal gazı Amerika'ya ihraç etmeye başlamıştır. Rusya'da ise yeni doğal gaz yatakları geliştirilerek üretilen gaz, Orta Asya ve Sibirya'dan Batı Rusya ve Doğu Avrupa ülkelerine sevk edilmeye başlanmıştır. Almanya, İtalya, Fransa ve Avusturya kendi mevcut doğal gaz potansiyelini kullanmaya başlamışlardır. 1959 senesinde Hollanda'nın Groningen şehrindeki sahanın geliştirilmesi ile buradaki rezervin bir bölümü komşu ülkelere ihraç edilmeye başlanmıştır. Bunun ardından Almanya da Hollanda gaz hattına entegre olmuştur. 1970 senesinden sonra ortaya çıkan petrol krizi, doğal gaz talebinde geniş ölçüde artışlara sebep olmuş ve dünya doğal gaz üretimi hızla artmıştır.

### **2.3.2 Doğal Gazın Oluşumu, Bileşenleri ve Özellikleri**

Doğal gaz saf haldeyken renksiz, şekilsiz ve kokusuz yancısı bir gazdır ve yandığında önemli miktarda enerji açığa çıkarmaktadır. Doğal gaz, termojenik, biyojenik ve abiyojenik olarak adlandırılan üç ana süreçten herhangi birinden oluşabilmektedir (Speight, 2007). Termojenik süreçte derinlik artışına bağlı olarak sıcaklık ve basıncın etkisi altında tortul havzalarda meydana gelen organik malzemenin nispeten yavaş yavaş ayrışması sürecinde oluşan bozunma reaksiyonunun bir sonucu olarak doğal gaz ve petrolün meydana geldiği düşünülmektedir. Canlı mikroorganizmalar, organizmalardaki kalıntıları ayrıştırılmaktadır. Kalıntılar, kerojen olarak bilinen karmaşık makromolekül yapıları olarak tortularda birikmektedir. Kerojenin termal bozunması hidrokarbonlar ve birçok bileşenin oluşmasına

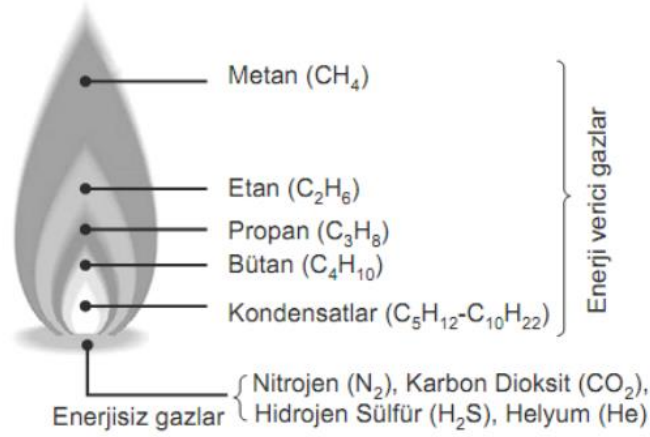
sebeptir. Olgunlaşma adı verilen kerojen dönüşüm süreci sonucunda petrol ve ardından termal gaz oluşmaktadır.

Biyojenik süreçte gaz, tortuların birikmesi sırasında ve gömülmelerinin ilk döneminde metanojenik bakterilerin organik maddeler üzerindeki etkisiyle oluşmaktadır. Gazın temelini oluşturan metan, asidojenez, asetogenez veya tetanojenez süreçleri ile oluşabilmektedir. Bu süreçte öncelikle petrol oluşumları sıklıkla gözlenmektedir. Abiojenik süreçte başlangıç malzemesi organik maddeler yerine volkanik gazlardır. Metan, magma soğutması sırasında, genellikle hidrotermal sistemlerde su-kaya etkileşimi sırasında karbondioksitin azalmasıyla oluşmaktadır.

Doğal gaz rezervleri, geçirimsiz malzemelerle çevrili ve genellikle kumtaşı gibi gözenekli kayalardan oluşan doğal bir depolama alanı oluşturmaktadır. Yüzeyin altında oluşan gazlar yer altı fayları ve çatlaklardan geçerek rezervlerde birikmektedir. Rezervardaki geçirimsiz kayaçlar gazın yukarı veya yanal olarak kaçmasına engel olmaktadır. Doğal gaz rezervuarları örneğin kubbe yapısı gibi birçok biçimde bulunabilmektedir.

Doğal gazın çıkarıldığı rezervuara göre bileşenleri değişiklik göstermektedir. Doğal gaz, farklı hidrokarbon ve hidrokarbon olmayan bileşenler içerebildiğinde gaz bileşimi sabit olamamaktadır. Doğal gazın temel bileşeni %84-96 oran aralıklarında içerdiği metandır. Bununla birlikte maksimum %10 oranında etan ve maksimum %5 oranlarında propan ve bütan içerdiği gözlenmektedir. Bunların yanında hidrokarbonlar sınıfında izobütan, izopentan, heksanlar, heptanlar; hidrokarbon olmayan bileşenlerde karbondioksit, helyum, hidrojen sülfid, azot, argon, radon, kripton ve ksenon içerebilmektedir. Tipik doğal gazın temel bileşenleri Şekil 2.3'te gösterilmektedir.





Şekil 2.3 Doğal Gazın Bileşenleri

Doğal gaz, diğer yakıtlara oranla yüksek ısı (kalorifik) değere sahip, daha az atık içeriğiyle birlikte temiz yanma sağlayan prodüktif bir yakıttır. Doğal gaz -160 °C'nin altında sıvılaşırken, -182 °C'nin altında katı faza geçebilmektedir. Hava ile kıyaslandığında yoğunluk oranı yaklaşık 0,5-0,6 aralığındadır. Yaşam sıcaklarında yanma sağlanabilmesi için minimum %5 oranında hava ile karışması gerekmektedir. Kendiliğinden tutuşma sıcaklığı içeriğindeki bileşenlere bağlı olarak 600 °C'nin üzerindedir. Yanma sırasında mavi renkte bir alev oluştuğu gözlenmektedir. Tablo 2.2'de doğal gazın ortalama fiziksel ve kimyasal özellikleri listelenmektedir.

Tablo 2.2 Doğal Gazın Özellikleri

Molekül Ağırlığı	16,043
Alt Isıl Değer	8250 kcal/Sm <sup>3</sup>
Üst Isıl Değer	9155 kcal/Sm <sup>3</sup>
Yoğunluk (Gaz-@1 atm, 15°C )	0,7 kg/Sm <sup>3</sup> - g/cm <sup>3</sup> (Hava: 1,29 kg/m <sup>3</sup> )
Yoğunluk (Sıvı)	0,46 kg/lit
Kendiliğinden tutuşma sıcaklığı	537 °C – 650 °C
Kritik Nokta (Sıcaklık-Basınç)	-83 °C / 45,39 atm
Kaynama Noktası @1 atm	-161,5 °C
Ergime Noktası	-182,5 °C

Doğal gaz, kaynağına göre konvansiyonel veya konvansiyonel olmayan gaz olarak sınıflandırılabilir. Konvansiyonel gaz ham petrol ile ilişkili olabilir. Konvansiyonel olmayan gaz; kömür yatağında oluşan metan, şeyl gazı, derin akifer gazı ve gaz hidratları içermektedir. Son yıllarda, önemli miktarda konvansiyonel olmayan kanıtlanmış gaz rezervleri keşfedilmektedir. Doğal gazın başka bir sınıflandırma çeşidi de kimyasal bileşimine göre yapılabilmektedir. Hidrokarbon içeriğine göre gaz kuru veya ıslak; kükürt içeriğine göre ekşi veya tatlı olarak adlandırılmaktadır.

Doğal gazın çıkarıldıktan sonra nihai kullanım öncesi işlenmesi gerekmektedir. İşleme süreci yakıt olarak kullanılmasını engelleyen bileşenlerin ayrıştırılması ve uzaklaştırılmasıdır. Ayrıştırılan bileşenler farklı süreçlerde kullanılabilir. Adsorpsiyon veya absorpsiyon gibi ayırma veya uzaklaştırma teknikleri gazın konsantrasyonuna ve bileşenlerine göre farklılık gösterebilir. Doğal olarak kokusuz halde bulunan gazın iletim ya da dağıtım şirketleri tarafından olası kaçak durumlarında tespit edilebilmesi için kükürt içeren çürük yumurtaya benzeyen bir koku maddesi ilave edilmektedir.

### **2.3.3 Doğal Gazın Kullanım Türleri**

Bu bölümde sıvılaştırılmış doğal gaz, sıkıştırılmış doğal gaz ve yenilenebilir doğal gaz kavramları hakkında bilgi verilmektedir.

#### **2.3.3.1 Sıvılaştırılmış Doğal Gaz (LNG) Kavramı**

Sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG), nakliye ve depolama için yaklaşık -260° Fahrenheitta soğutulmuş sıvılaştırılmış haldeki doğal gazdır. Doğal gazın sıvı haldeki hacminin doğal gaz boru hattındaki gaz halindeki hacminden yaklaşık 600 kat daha küçük olması sebebiyle, 19. yüzyılda geliştirilen bu sıvılaştırma prosesi doğal gazın boru hatlarının ulaşmadığı yerlere taşınmasını ve ulaşım yakıtı olarak kullanılabilmesini mümkün kılmaktadır (Bao vd., 2019). Çeşitli gemiler, kamyonlar ve otobüsler, sahip oldukları özel olarak tasarlanmış yakıt tanklarında depoladıkları LNG'yi dönüştürerek kullanabilmektedir.

LNG ihracat tesisleri, boru hattıyla doğal gazı tedarik etmekte ve özel LNG gemileri veya tankerlerinde taşınmak üzere sıvılaştırmaktadır. LNG genel olarak büyük, yerleşik, süper soğutulmuş tanklarda "LNG taşıyıcıları" olarak adlandırılan tankerler tarafından taşınmaktadır.

İhtiyaç durumunda gemilere ve kamyonlara yerleştirilebilen daha küçük Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO) uyumlu konteynerlerde de taşınabilmektedir. İthalat terminallerinde gemilerden boşaltılan LNG, gaz fazına geri döndürülmeden önce kriyojenik depolama tanklarında tutulmaktadır. Yeniden gazlaştırmadan sürecinin ardından gaz, boru hatlarıyla doğal gazla çalışan enerji santrallerine, endüstriyel/sanayi tesislerine, konut ve ticari müşterilere ulaştırılmaktadır. Asya ülkeleri, küresel LNG ithalatının en büyük payını oluşturmaktadır (P. Peng vd., 2021).

Bazı enerji santralleri, çok soğuk ve sıcak havalar gibi elektrik talebinin yüksek olduğu, boru hattı dağıtım kapasitesinin kısıtlı olduğu, farklı tüketicilerin artan doğal gaz gereksinimini karşılamak için yetersiz olduğu veya piyasa fiyatlarının artacağını öngördüğü durumlarda elektrik üretmek için LNG üretimi ve depolama teknolojilerine sahiptirler. Santraller, boru hatlarından gazı alıp kendi bünyelerindeki küçük ölçekli sıvılaştırma tesislerinde soğutarak kriyojenik tanklarda depolamaktadır. Gerektiğinde yeniden gazlaştırılarak arz dengesini hızlı bir şekilde sağlamaktadırlar.

### **2.3.3.2 Sıkıştırılmış Doğal Gaz (CNG) Kavramı**

Sıkıştırılmış doğal gaz olarak da bilinen CNG, temelde benzine çevre dostu bir yakıtı alternatifi olarak kullanılmaktadır. Doğal gazın hacminin kompresörlerde %1'inden daha azına sıkıştırılmasıyla üretilen kokusuz ve berrak haldeki CNG, toksik olmadığı ve yeraltı sularını kirletmediği için benzin ve dizelden daha güvenli kabul edilmektedir. Doğal gazlı araçlar, dizel araçlara kıyasla gürültüyü %50'ye kadar azaltabilmektedir. CNG'nin maliyeti, benzin veya dizel ile karşılaştırıldığında yarı fiyatına kadar daha ucuz olabilmektedir. Bununla birlikte yeniden basıncı normal gaz formuna döndürülerek evleri ve suyu ısıtmada, yemek pişirmede, sanayi ve çevrim santralleri gibi birçok alanda kullanılabilir.

Polaris Market Research, 2020 raporuna göre 2020'den 2027'ye kadar %12,8'lik bir büyüme ile yaklaşık 270 milyar ABD dolarına ulaşması öngörülen CNG pazarında, Asya Pasifik ülkelerinin kilit tüketici olarak ortaya çıkması beklenmektedir. Düzenleyici kurumların teşvikleri, ideal bir alternatif yakıt olarak tanıtmaya yönelik pazarlama çabaları ve artan altyapı yatırımları ile birlikte zorlu rekabet ortamında daha da fazla gelişme sağlayabilme potansiyeline sahip olabilecektir. Hiçbir katkı maddesi içermediği için verimli yanma sağladığından bakım masraflarının da daha az olacağı araştırmalar sonucunda gözlenmektedir.

### 2.3.3.3 Yenilenebilir Doğal Gaz (RNG) Kavramı

Biyometan olarak da bilinen yenilenebilir doğal gaz (RNG), organik materyalin anaerobik ayrıştırılması yoluyla üretilen biyogazın "saflaştırılması" ile üretilmektedir. Yenilenebilir doğal gaz ve fosil doğal gaz arasındaki fark metan kaynağıdır. RNG çeşitli insan, endüstriyel veya tarımsal faaliyetlerden üretilen organik atıkların anaerobik sindiriminin bir yan ürünüdür, fosil doğal gaz, milyonlarca yıl boyunca yeraltı yataklarındaki organik maddelerin bozulmasıyla üretilmektedir. RNG'nin hammaddeleri arasında belediye atık suları, çöp atık yatakları, süt ve domuz çiftliklerinden gübre sindirimi (çürüğü) ve gıda atıklarının sindirimi de (çürütülmesi) örnek gösterilebilir. RNG, fosil doğal gaz gibi kamyonlara, otobüslere, arabalara veya elektrik üretimine güç sağlamak için kullanılabilir. RNG'nin ABD'de kullanılan tüm dizel yakıtın yüzde 25'ine kadar geçebileceği tahmin edilmektedir. Çeşitli süreçler yoluyla üretilen RNG'nin ısı değeri (BTU içeriği) fosil doğal gaz ile eşit olmakla birlikte, çevresel etkiler büyük ölçüde farklılık göstermektedir (T. Le vd., 2017).

Bunlara ek olarak tarımsal faaliyetler yüksek oranlarda sera gazı (GHG) emisyonu ortaya çıkartmakta ve ayrıca toprak ile yüzey sularını da olumsuz etkileyebilmektedir. RNG üretmek için çiftlik atıklarının kullanılması, su akışından (akarsulardan) kaynaklanan zararlı çevresel etkileri azaltarak çiftçiler ve yatırımcılar için potansiyel yeni gelir kaynakları yaratabilecektir. Tipik olarak yaklaşık %55-63 metan (CH<sub>4</sub>), %37-45 karbondioksit (CO<sub>2</sub>), eser miktarda hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S) ve nemden oluşan, anaerobik gübre biyogazı üretmek için artırılmaktadır. İyileştirme (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S ve suyun uzaklaştırılması), biyogazı boru hattı kalitesinde fosil doğal gaza eşdeğer olan RNG'ye (yaklaşık %98 metan) dönüştürmektedir.

Fosil doğal gazın yerine RNG kullanımı, önemli ekonomik ve çevresel faydalar sağlarken, biyogaz CO<sub>2</sub>'yi ayrıştırmak için işlendiğinde içeriğinde bulunan karbonun yaklaşık yarısı havaya karışmaktadır. Dünya'da önde gelen şirketler bu karbondioksiti, gübrenin anaerobik sindirimi ile üretilen RNG miktarını neredeyse iki katına çıkarabilecek ek RNG'ye dönüştürmek için metanasyon sistemi geliştirme çalışmalarına devam etmektedirler. 1902 senesinde Sabatier tarafından bulunan metanasyon sonucunda hidrojenasyon yoluyla CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>'e dönüşmektedir. Bu süreçle ilgili temel zorluk elektroliz yoluyla yenilenebilir hidrojen üretmek için gereken elektriğin günümüzdeki yüksek maliyetidir. Yenilenebilir enerjinin toplam enerji üretimi içerisinde payı arttığında oluşacak düşük maliyetli fazladan yenilenebilir

enerjinin (güneş, rüzgâr, hidroelektrik vb.) kullanılması ile metanasyon ekonomik olarak çok daha uygun hale gelebilecektir (Skorek-Osikowska vd., 2020).

Alternatif olarak, diğer yenilenebilir hidrojen kaynaklarının kullanılması uygun olabilecektir. Örneğin hidrojen geleneksel reformasyon yoluyla doğal gazdan elde edilebilmekte ve ortaya çıkan CO<sub>2</sub>, yeraltında ayrı şekilde tutulabilmektedir. Ayrıca hidrojen, çok yüksek oranda amonyak konsantrasyonlarına sahip olan işletme atık sularında bulunan amonyaktan elde edilebilmektedir. Bu ve diğer yaklaşımların teknik ve ekonomik uygulanabilirliğinin kanıtlanması sürerken, gelecekte RNG kullanımının artmaya devam edeceği öngörülmektedir.

### **2.3.4 Dünya’da Doğal Gaz**

Bu bölümde doğal gazın dünyada kullanımının yaygınlaşması ve kullanım teknolojilerinin gelişmesi için faaliyette bulunan uluslararası enerji kuruluşları ile global doğal gaz piyasasına yönelik sayısal veriler yer almaktadır.

#### **2.3.4.1 Uluslararası Gaz Kuruluşları**

Bu bölümde doğal gaz faaliyet alanında farklı misyonlarla kurulmuş 11 küresel gaz birliği açıklanmaktadır.

#### **IGU - International Gas Union**

1931 yılında Barselona/ İspanya’da bulunan sekretarya ile Vevey, İsviçre’de kayıtlı merkez ofiste kurulmuştur. Uluslararası Gaz Birliği, sürdürülebilir bir enerji geleceğine dair önemli bir katkıda bulunmak için gazın avantajlarını kullanarak yaşam kalitesini iyileştirmeyi amaçlamaktadır. IGU, küresel gaz endüstrisinin politik, teknik ve ekonomik ilerlemesinin doğrudan ve dolaylı olarak, üyeleri ve diğer çok taraflı kuruluşlarla işbirliği içinde güvenilir bir savunucusudur. Şeffaflığı, kamu kabulü çabalarını, arz ve piyasa erişim engellerinin kaldırılmasını teşvik ederek dünya enerji piyasalarındaki gazın rekabet gücünü arttırmak için çalışmaktadır. Tüm değer zincirinde sağlam çevresel performansı, güvenliği, güvenilirliği ve verimliliği vurgularken yeni teknolojilerin ve en iyi uygulamaların geliştirilmesini destekler ve kolaylaştırır. Küresel enerji karmasındaki gazın ekonomik, sosyal ve çevresel faydalarını göstermek için devlet kurumları ve çok taraflı kuruluşlarla işbirliği yapmayı amaç edinen IGU,

150'den fazla üyesi, küresel gaz pazarının %97'sini temsil eden gaz endüstrisinin dernekleri ve şirketlerinden oluşmaktadır. IGU'nun çalışma organizasyonu, arama ve üretimden, boru hatları ve sıvılaştırılmış doğal gazdan (LNG) aktarımın yanı sıra kullanım noktasında gazın dağıtım ve yanması yoluyla gaz zincirinin tam değerini kapsamaktadır. İki yılda bir "Bakanlar Gaz Forumu" ve LNG ile ilgili dünyanın en büyük konferansı olan "Uluslararası LNG Kongre ve Sergisi" ile üç yılda bir düzenlenen "Dünya Gaz Konferansı" bu kuruluşun düzenli küresel faaliyetleridir (IGU,2021).

### **GERG - The European Gas Research Group**

Avrupa Gaz Araştırma Grubu), üyeleriyle birlikte 1961 yılında Belçika'da kurulmuş olup, gaz altyapısını bugün ve gelecekte enerji sisteminin kalbinde yer alan yenilikçi çözümler geliştirmek için Avrupa Enerji Topluluğuyla birlikte çalışmaktadır. Avrupa ve küresel enerji sistemleri rekabet gücünü ve enerji güvenliğini korurken, düşük karbonlu bir geleceğin zorluklarına karşı dönüşüm halindedir. Bu enerji dönüşümünde doğal gaz projelerinin efektif olarak yer alması GERG projelerinin en temel amaçlarındanıdır. 2016 yılında PCDUT ve PC LNG olarak ayırdığı iki program komitesi üzerinden çalışmalarını devam ettirmektedir (GERG,2021).

### **GTI - Gas Technology Institute**

1941'de Amerika'da kurulan Gaz Teknoloji Enstitüsü (GTI), tüm gaz değer zinciri boyunca kritik zorluklara yenilikçi çözümler sunmak ve genel halkın yararına bulunmak için enerji üretme, taşıma ve kullanma yöntemlerini geliştirmeye yönelik çalışmaları bulunmaktadır. GTI, önemli enerji sorunlarını çözerek, ham teknolojiyi küresel pazardaki paydaşları için olağanüstü bir değer yaratan pratik çözümlere dönüştürmek misyonundadır. Enerji endüstrisi değer zincirini kapsayan dört temel hedefleri mevcuttur (GTI,2021):

- Uygun fiyatlı doğal gaz ve yenilenebilir enerji arzının genişletilmesi
- Güvenli ve güvenilir bir enerji dağıtım altyapısı sağlanması
- Enerji kaynaklarının temiz ve verimli kullanımının teşvik edilmesi
- Doğadaki karbon emisyonlarının azaltılması

## **OTD - Operations Technology Development**

Operasyon Teknolojileri Geliştirme (OTD), Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada'da 50 milyondan fazla doğal gaz tüketicisine hizmet veren 25 üyenin liderliğindeki kar amacı gütmeyen 2003 yılında kurulmuş bir şirkettir. OTD'nin hedefi, gaz operasyonları ve altyapısı ile ilgili geniş bir yelpazedeki teknoloji konularını ele almaktır. Sistem güvenliği ve işletim verimliliğini artırırken işletme maliyetlerini azaltmak ve sistem bütünlüğünü güvenilirlikle koruma amacıyla projeler tasarlamaktadırlar (GTI,2021).

## **UTD - Utility Technology Development**

Utility Technology Development (UTD), tüketicilerin para tasarrufu için yeni teknolojiler ve ürünler yaratan ve geliştiren, verimli yakıt seçimleri sağlayan, çevresel etkileri en aza indiren, doğal gazı yenilenebilir enerji ile daha fazla bütünleştiren ve düzenleyici gelişmelere hitap eden, kamu hizmeti sağlayan kar amacı gütmeyen bir işbirliğidir. UTD, önde gelen araştırmacılar, devlet kurumları ve diğerleri ile yakın çalışarak zorlayıcı, kilit enerji ve çevre sorunlarını ele almaktadır. 2005 yılında kar amacı gütmeyen bir şirket olarak kurulan yapı, Amerika ve Avrupa'da 47 milyondan fazla doğal gaz müşterisi temsil etmektedir. UTD, doğal gaz cihazlarının ve teknolojilerinin kullanımı, güvenilirliği ve verimliliğini artırmak için geniş kapsamlı bir program yürütmekte ve sponsorluk yapmaktadır UTD, etkili program sonuçları sağlamak ve önemli ek araştırma fonu ile üye yatırımlarından yararlanmak için üreticiler, üniversiteler, araştırma kuruluşları ve diğer endüstri paydaşları ile birlikte federal, eyalet ve yerel yönetim araştırma fonu kuruluşlarıyla yakın işbirliği yaparak gaz ekipmanı ve cihazları, endüstriyel işlem ve yanma sistemleri, dağıtılmış üretim, birleşik ısı ve güç sistemleri ve doğal gaz araçları ile enerji verimliliğinde teknolojik gelişmeler üzerine çalışmalarını sürdürmektedir (GTI,2021).

## **MARCOGAZ**

1968 yılında kurulan MARCOGAZ, yıllar içinde Avrupa Birliği'ndeki resmi kurumlar ve diğer etkili ortaklar ile etkin bir şekilde 20 ülkede 24 üyeye sahip olarak doğal gaz ile ilgili her türlü teknik konularda üyelerine destek vermektedir. Avrupa'daki tüm gaz kuruluşları arasında güçlü işbirliği sağlayarak gelecekteki enerji karışımında gazın güvenli ve itimat edilir rolünün sağlanması misyonuyla hareket etmektedir. Gaz Kullanımı, Altyapı ve Sürdürülebilirlik olarak üç çalışma grubu ile faaliyetlerine devam etmektedir (MARCOGAZ,2021).

## **EUROGAS**

1990 yılında Brüksel, Belçika’da kurulan Eurogas, 2020 yılı itibarıyla 44 şirket ile 21 ülkeden oluşan ve Avrupa gaz toptancılığı, perakende ve dağıtım sektörlerini AB kurumlarına karşı temsil eden bir dernek faaliyeti yürütmektedir. Avrupalı endüstri şirketleri, küresel gaz üreticileri ve ilgili kurum ve kuruluşlarla devam eden diyaloglarla gazın enerji karışımındaki rolünü güçlendirmeyi hedeflemektedir. Vizyonu, enerji verimliliğini, karbondioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonlarını azaltmayı ve yenilenebilir enerjinin gelişimini destekleyen, aynı zamanda rekabet gücünü teşvik eden, arz güvenliğini artıran ve müşterilere fayda sağlayan güçlü bir Avrupa gaz pazarı oluşturmaktır. Türkiye’den GAZBİR bu kuruluşa üyedir (EUROGAS,2021).

## **ERIG - European Research Institute For Gas And Energy Innovation**

2015 yılında Almanya’da Fransız Gaz Birliği, DVGW Alman Gaz ve Su Endüstrisi Derneği, Hollanda KVGN Kraliyet Üreticileri Derneği, Danimarka Gaz Teknolojisi Merkezi, SVGW İsviçre Gaz ve Su Birliği, Hollanda Enerji Delta Gaz Araştırmaları ve İsviçre Gaz Endüstrisi Derneği’ni içeren 7 öncü Avrupa teknik ve bilimsel kuruluşu, gelecekteki enerji sisteminde gaz ve yenilikçi gaz teknolojilerinin rolünü teşvik etmek için – Avrupa Gaz ve Enerji İnovasyon Araştırma Enstitüsü’nü kurmuştur. Avrupa Araştırma ve Geliştirme Ağı olarak gelecekte yenilenebilir enerjili bir enerji sistemine geçiş sürecinde gazın rolünü geliştirmeyi ve göstermeyi amaçlamaktadır (ERIG,2021).

## **GIIGNL - The International Group Of Liquefied Natural Gas Importers**

1971’de Fransa’da 19 üye şirketten başlayarak GIIGNL, 2020 yılı itibarıyla dünyanın üç kıtasından (Asya, Avrupa ve Amerika), dünyadaki her bir LNG ithalat terminalini ve LNG ticaretinin diğer yönlerini temsil eden 83 farklı ülkeden 83 üyeye ulaşmıştır. LNG endüstrisinin gelişimine paralel olarak, gaz ve enerji şirketleri ile birlikte altyapı şirketleri ve LNG işinde faaliyet gösteren büyük petrol şirketleri de üyeleri arasındadır. LNG satın alması, ithal edilmesi, işlenmesi, taşınması, yeniden gazlaştırılması ve kullanılması süreçlerinde en son LNG teknolojisini, operasyonlarını ve en iyi uygulamalarını üyelerine sunmaktadır. Tasarım mühendisleri, araştırmacılar, emniyet ve operasyon yöneticilerini içeren Teknik Çalışma Grubu (TSG) ile ticari yöneticiler, analistler, müzakereciler ve sözleşme uzmanlarını içeren Ticari Çalışma Grubu (CSG) tarafından faaliyetlerini devam ettirmektedir (GIIGNL,2021).



## **NGVA - The Natural & Bio Gas Vehicle Association**

2008 yılında Belçika'da kurulan Doğal ve Biyoyakıt Araçları Derneği (NGVA Europe), doğal ve yenilenebilir gazın araç ve gemilerde yakıt olarak kullanılmasını teşvik eden bir örgüttür. Komponent üreticileri, gaz tedarikçileri ve gaz dağıtıcıları dâhil olmak üzere araçların ve doğal gazın üretilmesi ve dağıtımını ile ilgili sektör için bir platformdur. Avrupa Birliği karar vericilerini, ulaşımdaki gazın gelişimi ile ilgili konularda adil düzenlemeler ve doğru standartlar oluşturma konusunda teşvik etmeye çalışmaktadır (NGVA,2021).

## **GIE - Gas Infrastructure Europe**

Gaz Altyapısı Avrupa, 10 Mart 2005 tarihinde ana sözleşmeyle yasal olarak bağımsız ve kar amacı gütmeyen bir kuruluş olarak Avrupa Kuruluşlarına (Avrupa Komisyonu, Avrupa Parlamentosu, Avrupa Birliği Konseyi) ve Avrupa düzenleyici kurumlarına (ACER, CEER) yönelik bir organizasyondur. 25 ülkeden 69 üye şirketin temsiliyle Avrupa genelinde gaz altyapısı işletmecilerini (iletim hatları, depolama tesisleri ve LNG terminalleri) bir çatı altında toplamaktadır. Mevcut ve gelecekteki taşımacılık ihtiyaçlarını karşılamak için uygun güvenli ve güvenilir bir Avrupa iletim sistemine, tamamen operasyonel bir Avrupa iletim sisteminin geliştirilmesine ve istikrarlı bir kamu politikası çerçevesi oluşturulmasına katkıda bulunmak temel hedefleri arasında yer almaktadır (GIE,2021).

### **2.3.4.2 Küresel Doğal Gaz Piyasasına Yönelik Sayısal Veriler**

Bu bölümde dünya doğal gaz piyasası rezerv, üretim, tüketim, ticaret ve gelecek projeksiyonu başlıklarında açıklanmaktadır.

Covid-19 salgınının enerji piyasaları üzerinde dramatik bir etkisi sonucu olarak 2020 yılında hem birincil enerji hem de karbon emisyonları İkinci Dünya Savaşı'ndan bu yana en hızlı oranda düşmüştür. Dünya enerji üretimi halen %90 üzerinde büyük oranda petrol, doğal gaz, kömür, linyit, asfaltit gibi fosil yakıtlara dayalı olarak yapılmaktadır. Talebin karşılanmasında kullanılan yakıtlar azalan sırasıyla petrol, kömür, doğal gaz, hidroelektrik, nükleer enerji ve yenilenebilir enerji olarak sıralanmıştır. Global enerji tüketiminde %33 oran ile petrol en yüksek paya sahip olmaya devam ederken kömür, doğal gaz ve hidroelektrik sırasıyla takip etmektedir.

Sektör tahminleri, gazdaki hızlı büyümenin devam etmesini öngörmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) ve önde gelen uzmanlar, önümüzdeki on süreçte gaz tüketiminin yıllık en az %1,6 seviyesinde büyüyeceğini tahmin etmektedir. Diğer tüm fosil yakıtların arasında gaz, en agresif düşük karbon geçişi senaryoları da dahil olmak üzere her önemli senaryoda uzun vadede tüketiminin artacağı tahmin edilen tek enerji kaynağıdır. Bunun sonucu olarak gazın, 2040 senesi itibarıyla önde gelen ikinci enerji kaynağı olarak kömürü geçmesi beklenmektedir.

BP 2020 Dünya Enerji İstatistik Görünümü Raporuna göre 2020 sene sonu itibarıyla Dünya’da kanıtlanmış doğal gaz rezerv toplamı 206,2 tcm’dir. 2014 senesinde 199,3 olarak açıklanan rezerv yeni kaynaklarına bulunmasıyla artmış görünmektedir. Mevcut rezervlerin dünyaya 50 seneden daha fazla yeterli olabileceği düşünülmektedir. Dünya’da en çok rezerve sahip ülke toplam içinde %24,4 oranı ile Rusya olduğu görülmektedir. Ardından sırayla İran, Katar ve ABD gelmektedir (IEA,2020). Dünya’da en çok doğal gaz rezervine sahip olan ülkeler Tablo 2.3’de gösterilmiştir:

Tablo 2.3 2020 Dünya Doğal Gaz Rezervleri (IEA,2020)

Ülkeler	Rezerv (Trilyon m <sup>3</sup> )
Rusya	50,28
İran	33,99
Katar	23,83
ABD	14,25
Türkmenistan	12,18
Suudi Arabistan	9,42
BAE	6,1
Nijerya	5,76
Türkiye	0,21

2019 senesinde 3,97 bcm olan dünya gaz üretimi, 2020 yılında azalış göstererek 3.854 bcm olarak gerçekleşmiştir. 2020 senesinde 915 bcm ile en çok doğal gaz üretilen ABD’de üretilen miktar, dünya genelinde üretilen doğal gazın yaklaşık %24’ünü oluşturmaktadır. En fazla doğal gaz üretimi olan ülkeler Tablo 2.4’de gösterilmektedir:

Tablo 2.4 2020 Dünya Doğal Gaz Üretim Miktarları (Statista,2021)

Ülkeler	Üretim (Milyar m <sup>3</sup> )
ABD	915
Rusya	705
İran	234
Çin	195
Kanada	172

Dünya’da 2020 senesinde toplam doğal gaz tüketimi 2019 senesine oranla %2,9 azalarak 3,9 tcm olarak gerçekleşmiştir. 2020 senesinde ABD’de tüketilen doğal gaz miktarı, dünya genelinde tüketilen doğal gazın %22’sini oluşturmaktadır. Avrupa’da tüketilen gaz ise bir önceki seneye göre %3 oranında düşmüştür. Elektrik üretimindeki azalışa bağlı olarak ise çevrim santrallerinin tüketimi %10 oranında azalma göstermiştir. En fazla doğal gaz tüketimi olan bazı ülkeler Tablo 2.5’de gösterilmiştir:

Tablo 2.5 2020 Dünya Doğal Gaz Tüketim Miktarları (Gazbir, 2020)

Ülkeler	Tüketim (Milyar m <sup>3</sup> )
ABD	863
Kanada	132
Japonya	112
Almanya	89
İngiltere	73
İtalya	71
Türkiye	47,7

### 2.3.5 Türkiye’de Doğal Gaz

Türkiye’de doğal gazın kilometre taşlarına bakıldığında ilk gaz Kırklareli’de 1970 senesinde keşfedilmiş ve 1976 senesinde Pınarhisar Çimento fabrikasında tüketilmiştir. TPAO tarafından BOTAS 1974 senesinde Irak ham petrolün taşınması için kurulmuş ve ilk iletim hatları döşenmeye başlamıştır.

### 2.3.5.1 Türkiye’de Doğal Gaz Kullanımına Geçiş

Türkiye’nin enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi, nüfus artışı ve gelişen sanayi göz önüne alınarak alternatif enerji kaynağı olarak kullanılmak, aynı zamanda gittikçe artan hava kirliliğini önlemek amacıyla 18.09.1984 tarihinde Bakanlar Kurulu Kararı (No 84/8806) ile Türkiye ve S.S.C.B arasında doğal gaz sevkiyatına ilişkin imzalanan anlaşmaya müteakip, BOTAŞ ve S.S.C.B şirketi SOYUZGAZ EXPORT arasında 14.02.1986 tarihinde 25 yıl süreli doğal gaz alım-satım anlaşması imzalanmıştır. Yıllık 6 milyar m<sup>3</sup> kapasiteli bu ilk alım anlaşmasının ardından, sırasıyla Rusya (İlave Batı Hattı), İran ve Rusya’dan (Mavi Akım Hattı) doğal gaz alımına devam edilmiştir. 2007 yılından itibaren Azerbaycan’dan da doğal gaz alımına başlanmıştır. Rusya’dan gelen Türk Akım üzerinden de 2019 yılı itibarıyla gaz akışı başlamıştır. Mevcut durum itibarıyla Türkiye, Tablo 2.6’da görüldüğü üzere henüz devreye girmeyen Türkmenistan anlaşması hariç olmak üzere, üç farklı ülkeden boru hatlarıyla ve 2 farklı ülkeden uzun dönemli kontratlarda doğal gaz ithalatı gerçekleştirmektedir.

Tablo 2.6 Türkiye Doğal Gaz Anlaşmaları (EPDK 2020 Sektör Raporu)

İthalat Anlaşması	Anlaşma Tarihi	Operasyon Tarihi	Kullanım (Yıl)	Hacim (milyar m <sup>3</sup> / yıl)	Sonlanma Tarihi
Rusya (Mavi Akım)	1997	2003	25	16	2028
Rusya (Balkan Rotası)	1998	1998	23	8	2021
Rusya (Balkan Rotası)	1998	1998	23	4	2021
Rusya (Balkan Rotası)	2013	2013	23	1	2036
Rusya (Balkan Rotası)	2013	2013	30	5	2043
Türkmenistan	1999		30	16	-
Azerbaycan	2001	2007	15	6,6	2022
İran	1996	2001	25	10	2026
Nijerya (LNG)	1995	1999	22	1,2	2021
Cezayir (LNG)	1988	1994	27	4	2021
Rusya (Türk Akımı)	2014	2020		15,75+15,75	

Arz kaynaklarının artırılarak arz güvenliğinin ve tedarikte esnekliğin artırılması, bağımlılığında da azaltılması amacıyla başlayan LNG ithalatı 1994 senesinden itibaren Cezayir'den, 1999 senesinden itibaren de Nijerya'dan yapılmaktadır. Bunun dışında ihtiyaç durumunda spot piyasadan LNG temin edilmektedir. LNG, BOTAŞ Marmara Ereğlisi LNG Terminali ile EGEGAZ LNG Terminalinde depolanabilmektedir.

### **2.3.5.2 Doğal Gazın Türkiye Enerji Sektöründeki Yeri**

Günümüzde doğal gaz; hızlı ekonomik büyüme, sanayileşme, nüfus artışı, şehirleşme, çevresel etkenler, enerji politikaları ve doğal gazın kendine özgü özellikleri sayesinde hızla, endüstriyel, ticari ve yerleşim alanlarında petrol, elektrik ve kömürün yerini almaktadır. 1970'li yıllardaki petrol krizlerinden sonra, enerji sektörü bağlantılarını gaz sektörü ile kademeli olarak genişletmeye başlamış ve doğal gaz, dünyanın önemli enerji kaynaklarından biri haline gelmiştir.

Türkiye'de doğal gazın sanayi ve şehir şebekelerinde kullanımı çalışmalarına, 84/8806 sayılı Bakanlar Kurulu kararıyla 1986 yılında SSCB ile imzalanan doğal gaz sevkiyatı anlaşmasının ardından başlanmış ve 1987 yılından itibaren kademeli olarak doğal gaz alımı yapılmıştır. 2001 yılında Doğal gaz Kanunu'nun çıkarılmasıyla başlayan değişim EPDK'nın kurulması ile sağlam bir temele oturmuştur. 2020 senesi itibariyle Türkiye'de doğal gaz kullanımına başlanmamış il bulunmamaktadır. 2019 yılı itibarıyla Türkiye, kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımında doğal gaz % 28,6 ile hidrolik enerjinin hemen arkasından gelmektedir. Lisanssız santraller ile birlikte 8069 adet elektrik üretim santralinin 330 tanesi doğal gaz kaynaklıdır (ETKB, 2021).

### **2.3.5.3 Türkiye'deki Doğal Gaz Ana İletim Hatları ve Terminalleri**

BOTAŞ tarafından işletilmekte olan ulusal iletim sistemine ithalat, depolama ve toptan satış işletmelerince Şekil 2.7.'de görülebildiği üzere 16 noktadan doğal gaz girişi sağlanmaktadır. Bu noktaların yedisi ithalat boru hattı, ikisi LNG tesisi, üçü FSRU, ikisi yurtiçi üretim tesisi ve ikisi gaz deposudur (BOTAŞ, 2021).

Tablo 2.7 Türkiye İletim Sistemi Günlük Giriş Kapasiteleri (BOTAŞ, 2021)

Giriş Merkezleri	2018	2019	2020	2021	2022
Malkoçlar – Balkan	51,4	51,4	14,7	14,7	14,7
Durusu – Mavi Akım	48	48	48	48	48
Gürbulak - İran	28,5	28,5	28,5	28,5	28,5
Türkgozü –Şahdeniz	19	19	19	19	19
Eskişehir – TANAP	5,7	11,3	14	16,4	16,4
Trakya – TANAP	0	0	0	8,2	8,2
Kıyıköy – Türk Akım	0	0	46,9	46,9	46,9
M.Ereğlisi LNG	37	37	37	37	37
Aliğa LNG	30,9	30,9	30,9	39	39
Aliğa FSRU	14,1	14,1	14,1	20	20
Saros FSRU	20	20	20	20	20
Dört Yol FSRU	20	20	20	20	20
Akçakoca TP	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
Gelibolu – MARSA	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42
K.Marmara DEPO	25	25	50	75	75
Tuz Gölü DEPO	20	20	30	80	80

### Rusya Federasyonu-Türkiye Doğal Gaz Ana İletim Hattı (Batı Hattı)

Malkoçlardan Türkiye'ye giriş yaparak Ankara'ya ulaşan Türkiye'nin en eski doğal gaz ithalat hattı olan Batı Hattının toplam uzunluğu 845 kilometredir. 1987 yılında elektrik enerjisi üretimi ve 1988 yılında 8 Milyar m<sup>3</sup>/yıl kapasitesi ile doğal gaz dağıtım hatlarında kullanılmaya başlanan iletim hattı günümüzde 14 Milyar m<sup>3</sup>/yıl kapasite ile çalışmaya devam etmektedir.

### Mavi Akım (Samsun - Ankara Doğal Gaz Ana İletim Hattı)

780 kilometresi Karadeniz altında yan yana iki hat olan ve toplam 1213 kilometre uzunluğundaki Mavi Akım, yıllık 16 milyar m<sup>3</sup> doğal gaz arz kapasitesi ile Rus Gazprom ve İtalyan ENI şirketlerinin ortaklığında kurulan Blue Stream Pipeline B.V. tarafından

döşenmiştir. 1997 yılında 25 yıl süreyle Rusya'dan gaz alımı sözleşmesi imzalanan projeden ilk gaz geçişi 2005 yılında olmuştur.

### **Türk Akım**

Rusya'nın Anapa şehrinden yola çıkan doğal gazı Kıyıköy'den Türkiye'ye ve Türkiye üzerinden Avrupa'ya ileten Türk Akım Boru Hattı projesinde toplam 1860 kilometre uzunluğunda Karadeniz'in 2000 metre altından geçen deniz hattı ve 212 kilometre kara hattından oluşan her biri 15,75 milyar metreküp taşıma kapasitesine sahip iki boru hattı yer almaktadır. İlk hattan gelen gaz Türkiye'de kullanılırken ikinci hattan gelen gaz doğrudan Avrupa'ya ulaşmaktadır. İkinci hat üzerinden Bulgaristan, Sırbistan, Macaristan ve Slovenya'ya gaz götürülmesi planlanmıştır. İlk olarak 2014 yılında gündeme gelen ve ismi koyulan projenin teknik çalışmalarına 10 Ekim 2015 yılın hükümetler arası imzalanan anlaşma ile başlanmıştır. 19 Kasım 2018'de deniz bölümü tamamlanan projenin resmi açılışı 8 Ocak 2020'de yapılmıştır.

### **Doğu Anadolu Doğal Gaz Ana İletim Hattı**

İran'daki doğal gazı 1491 kilometre uzunluğundaki boru hattı ile Doğubeyazıt, Ağrı'dan Türkiye'ye giriş yaparak getiren iletim hattı yıllık 10 milyar m<sup>3</sup> kapasitesi ile 2001 yılından itibaren aktif olarak çalışmaktadır.

### **Azerbaycan – Türkiye Doğal Gaz Boru Hattı (Şah Deniz)**

Azerbaycan'da üretilen doğal gazı 2001'de imzalanan uluslararası antlaşma çerçevesinde Türkiye'ye arz eden "Bakü-Tiflis-Erzurum Doğal Gaz Boru Hattı", yıllık 6,6 milyar m<sup>3</sup> kapasitesi ile 2007 senesinden itibaren Azeri gazını taşımaktadır.

### **Türkiye - Yunanistan Doğal Gaz Boru Hattı (ITG)**

"Interstate Oil and Gas Transport to Europe" projesi kapsamında devamı İtalya'ya bağlanması planlanan Güney Avrupa Gaz Ringinin ilk bölümü olarak 18 Kasım 2007 tarihinde iki ülke başkanlarının da katıldığı açılış töreni ile birlikte Türkiye'den Yunanistan doğal gaz şebekelerinin enterkoneksiyonunu sağlayarak gaz arzına başlanmıştır.

## Trans Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı

TANAP Projesi ile 2018 yılından itibaren yıllık 6 milyar m<sup>3</sup> Azeri gazı, 45 milyar dolar yatırım maliyeti olan yaklaşık 1.850 kilometre uzunluğundaki boru hattı üzerinden Eskişehir vilayetinden Türkiye'ye giriş yapmaktadır. Toplam 32 milyar m<sup>3</sup> kapasiteye sahip iletim hattından 2021 yılında Avrupa'ya gaz tedariki planlanmaktadır. Türkiye'nin ana iletim hatları Şekil 2.4'de gösterilmektedir.



Şekil 2.4 Türkiye İletim Haritası (BOTAS, 2021)

### 2.3.5.4 Türkiye'de Doğal Gaz Piyasası ve Düzenleyici Çevre

Dünyadaki gelişmelere bağlı olarak ülkemizde de enerji ihtiyacının her geçen gün artış göstermesi, ülkeler arası piyasalardaki hareketlilik, AB'nin piyasalar üzerindeki yapısal değişiklik önerileri ve düzenlemeler Türkiye doğal gaz piyasasında da reformların yapılmasını gerekli kılmıştır. Bunun sonucunda doğal gazın ithalatı, dağıtımını, kullanımı, iletim ve dağıtım şirketlerinin organizasyonu, piyasadaki kuralların belirlenmesi, uygulanması ve denetlenmesi hususlarında çeşitli düzenlemeler yapılmıştır.



### **2.3.5.5 Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK)**

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) elektrik sektöründe regülasyon hedefiyle 4628 numaralı Yasa ile ‘‘Elektrik Piyasası Düzenleme Kurumu’’ ismiyle 2001 senesinde kurulmuştur. 02.05.2001 tarihli ve 24390 numaralı basılan Resmi Gazetede, 4646 numaralı ‘‘Elektrik Piyasası Kanununda Değişiklik Yapılması ve Doğal Gaz Piyasası Hakkında Kanun’’ ile beraber ‘‘Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu’’ olarak ismi revize edilmiştir. (ETKB,2021).

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, elektrik, doğal gaz, petrol ve sıvılaştırılmış petrol gazlarının istenen kalitede, kesintisiz, en az maliyetli ve çevreyi koruyucu bir şekilde tüketicilerin kullanımına ulaşması için, rekabet içerisinde özel hukuk kanunlarına göre faaliyet gösterebilecek, mali olarak başarılı, istikrarlı, dengeli ve Şeffaf bir piyasaının oluşturulması ve bu piyasada bağımsız bir düzenleme, yönlendirme, gözetim ve denetimin sağlanmasını temin etmekle sorumlu ve görevlidir (ETKB,2021).

Kurum, doğal gaz piyasasında doğal gaz ithali, iletimi, dağıtımı, depolanması, ticareti ve dış satımı ile bu süreçlere dair tüm gerçek ve tüzel kişilerin hak ve yükümlülüklerini belirleyen lisans ve sertifikalar verilmesi, piyasa ve sistem işleyişinin denetlenmesi, dağıtım ve müşteri hizmetleri regülasyonlarının hazırlanması, düzenlenmesi, incelenmesi, maliyeti yansıtan fiyatların denetlenmesi süreçlerinde görevli ve sorumludur. Ülkemizde doğal gaz sektör faaliyetlerine ilişkin tarifelerin belirlenmesi, incelenmesi, onaylanması, yayımlanması ve güncellenmesine ilişkin usul ve esaslar EPDK tarafından organize edilmektedir (EPDK,2021).

### **2.3.5.6 Türkiye Doğal Gaz Piyasasına Yönelik Sayısal Veriler**

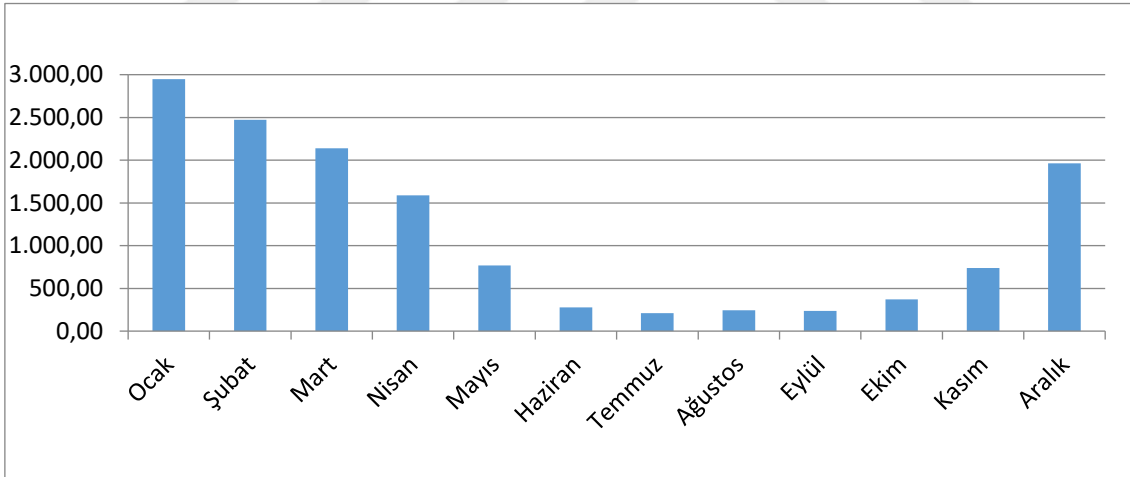
Çalışmanın bu bölümünde 2020 sene sonu itibarıyla Türkiye doğal gaz piyasasına ait lisans, üretim, tüketim, yatırım, ithalat, ithalat, depolama konularındaki sayısal veriler ifade edilmektedir. 2020 sene sonunda EPDK tarafından sertifikalandırılan doğal gaz alanında faaliyet gösteren 14 lisans çeşidinde 335 lisans sahibi piyasada yer almaktadır (EPDK, 2021).

## Üretim

Üretim yapmaya yetkili dokuz işletme, 2020 senesinde toplam 441 m<sup>3</sup> gazı piyasaya kazandırmıştır. En yüksek üretim hacmi %81,5 ile TPAO'ya aittir. Uzun senelerdir artış eğiliminde olan doğal gaz üretimi, 2019 senesindeki 473 m<sup>3</sup> gaza oranla yaklaşık % 6,9 düşüş göstermiştir. Şehir olarak üretim yerlerine bakıldığında 2019'da ikinci sırada yer alan Tekirdağ % 37,2 ile en çok üretim yapılan kaynak olmuştur. 2019 yılında ilk sırada yer alan İstanbul %37,1 ile ikinci ve Adıyaman, Kırklareli, Çanakkale, Düzce, Edirne diğer üretim rezervleri olarak yer almıştır (EPDK,2021).

## Tüketim

Resmi tahmin olarak 52,02 bcm olan 2020 senelik tüketim miktarı, Kovid 19 küresel salgının etkisiyle yaklaşık %7,8 azalışla 48,26 bcm olarak gerçekleşmiştir. 2019 senesinde gerçekleşen 45,28 bcm tüketim ile karşılaştırıldığında dünya genelinin tersine olarak yaklaşık %6,5 artış göstermiştir. Aylık olarak incelendiğinde en çok tüketim ocak, en az tüketimin ise temmuz ayında gerçekleşmiştir. Şekil 2.5'de aylık bazda tüketim miktarları gösterilmektedir (EPDK,2021).



Şekil 2.5 2020 Türkiye Aylık Doğal Gaz Tüketimleri (EPDK, 2021)

İllere göre bakıldığında en yüksek kullanıma sahip iller sırası ile İstanbul, İzmir, Ankara, Kocaeli ve Bursa olarak sıralanmaktadır. İstanbul'daki kullanımın genel tüketime oranı yaklaşık %14 seviyesinde gerçekleşmiştir. Sektörel olarak değerlendirildiğinde 2019 senesinde en fazla tüketim dönüşüm santrallerinde olurken, 2020 senesinde konut tüketimi yüksek oranda artışla ilk sırada yer almıştır. Yaklaşık olarak konut kullanımının payı %32,3, üretim amaçlı

kullanım %28, sanayi kullanımı %26 ve hizmet sektörü kullanımı %9 seviyelerinde gerçekleşmiştir. 2019 ve 2020 senelerine ait sektörlere göre gaz kullanım miktarları Tablo 2.8’de gösterilmektedir. Tarım, ormancılık, balıkçılık ve hayvancılık gibi sektörler diğer içerisinde yer almaktadır (EPDK, 2021).

Tablo 2.8 Sektörlere Göre Türkiye Doğal Gaz Kullanımı (EPDK, 2021)

Sektör	2019		2020	
	Tüketim (milyon m <sup>3</sup> )	Oran %	Tüketim (milyon m <sup>3</sup> )	Oran %
Dönüşüm/Çevrim	11258	24,86	13645	28,27
Enerji	1986	4,39	1641	3,4
Ulaşım	411	0,91	257	0,53
Sanayi	12424	27,43	12697	26,31
Hizmet	4606	10,17	4288	8,89
Konut	14396	31,79	15613	32,59
Diğer	203	0,45	114	0,24

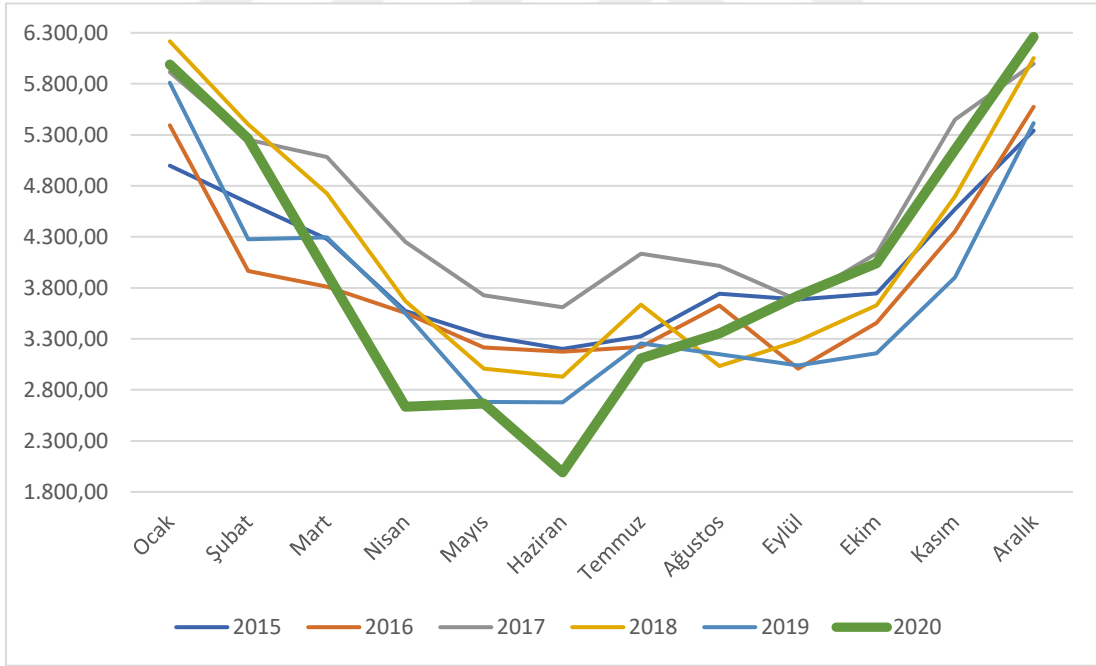
### İthalat

İhtiyacı olan doğal gazın %99,1 oranını 2020 senesinde ithalat ile karşılayan Türkiye’nin en çok gaz alım yaptığı ülke oranı azalmasına rağmen Rusya olduğu görülmektedir. Dünyada 2020 senesinde doğal gaz tüketiminin azaldığı görülürken Türkiye’de yaklaşık %6,5 ithalat büyümesi ile 48,126 bcm gaz farklı ülkelere temin edilmiştir. Uzun yıllar %50 üzerinde paya sahip olan Rusya’dan %33,6’ya karşılık gelen 16,17 bcm tedarik sağlanmıştır. 2020 senesinde en çok gaz ithalatı yaptığımız ülkelere ait hacim ve oranlar Tablo 2.9’da gösterilmektedir.

Tablo 2.9 Tedarik Edilen Ülkelere Göre Doğal Gaz İthalatı (EPDK, 2021)

Ülke	İthalat Hacmi (milyon m <sup>3</sup> )	Oran
Rusya	16166	% 33,6
Azerbaycan	11548	% 24
İran	5321	% 11,6
Cezayir	5573	% 11,6
Nijerya	1358	% 2,8

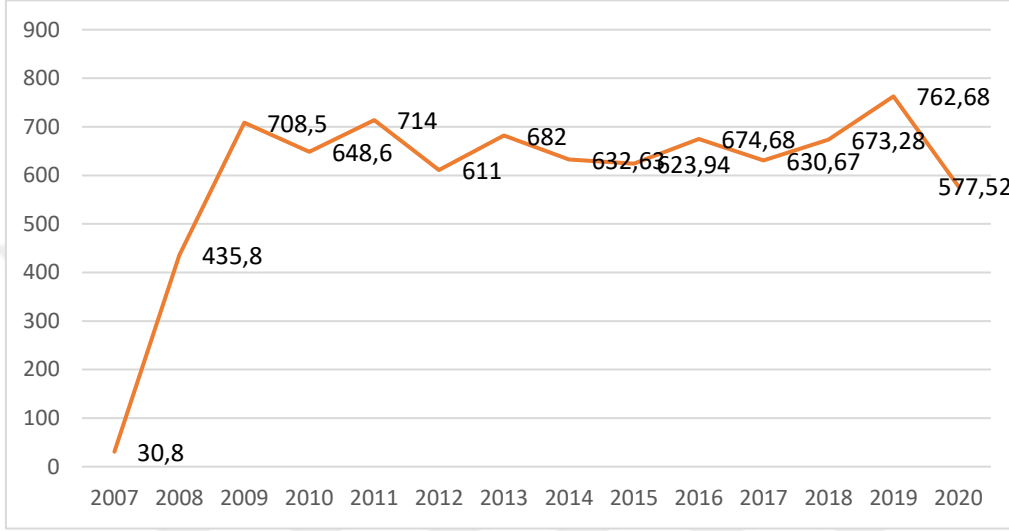
Sekiz işletme ithalat gerçekleştirmiş olup, BOTAŞ %90 üzerinde bir oranla ilk sırada yer alırken 5 şirketin oranı %1'in altında kalmıştır. Uzun dönemli kontratlara dayanan ithalat %80 üzerinde olurken, spot piyasanın halen gelişmeye açık olduğu düşünülmektedir. LNG'nin toplam ithalat içerisindeki oranı her geçen sene artış gösterirken 2020 senesinde %30'un üzerine çıkmıştır. LNG çok yüksek oranda Cezayir'den gelmiştir. Şekil 2.6'da gösterildiği üzere aylık olarak değerlendirildiğinde en çok ithalatın aralık ayında olduğu görülmektedir.



Şekil 2.6 Yıllara Göre Aylık Bazda Doğal Gaz İthalatı (EPDK, 2021)

## İhracat

Lisansı sahibi 17 şirketten sadece BOTAŞ Yunanistan'a ve AYGAZ Bulgaristan'a ihracat gerçekleştirmiştir. BOTAŞ tarafından 550 milyon m<sup>3</sup> ve Aygaz tarafından 27 milyon m<sup>3</sup> gaz satışı gerçekleşmiştir. 2020 senesinde 577 milyon olarak gerçekleşen ihracat 2019 senesine göre yaklaşık %24 azalış gerçekleşmiştir. Son on yıla ait Türkiye'nin doğal gaz ihracat rakamları Şekil 2.7'de gösterilmektedir (EPDK,2021).



Şekil 2.7 Türkiye Doğal Gaz İhracatı (EPDK, 2021)

2020 sene sonu itibarıyla Türkiye'nin doğal gaz sektör dengesi Tablo 2.10'da gösterilmiştir. Bu tablo sonucunda 2020 sene sonu itibarıyla stok miktarının 3095 milyon m<sup>3</sup>'den 2852 milyon m<sup>3</sup>'e indiği görülmektedir (EPDK, 2021).

Tablo 2.10 2020 Sonu İtibarıyla Türkiye Doğal Gaz Piyasası Görünümü (EPDK, 2021)

Üretim	441,27
İthalat	48125,51
Tüketim (Yurtiçi)	48261,35
İhracat	577,52
Toplam Arz	48566,78
Toplam Talep	48838,87

## Depolama

Depolama alanında yatırımlarını hızla artıran Türkiye'nin 2020 sonu itibarıyla toplam yer altı depolama kapasitesi 500 milyon m<sup>3</sup> artışla 3.691 milyon m<sup>3</sup>'e yükselmiştir. LNG depolama kapasitesi ise 0,964 milyon m<sup>3</sup> ile bir önceki seneye göre %1 oranda artış göstermiştir (EPDK, 2021).

## Toptan Satış

2020 senesinde organize toptan satış piyasasındaki ticaret hacmi rekor bir işlemle toplam 2089 milyon m<sup>3</sup>'ün üzerine çıkmıştır. En fazla ticaret 226 milyon m<sup>3</sup> ile ağustos ayında gerçekleşmiştir. 43 işletme tarafından sağlanan boru hattı ile toptan satışta ise toplam 37952 milyon m<sup>3</sup>'e ulaşılmıştır. 8 işletme tarafından sağlanan LNG ile toptan satışta ise toplam 483 milyon m<sup>3</sup>'e ulaşılmıştır (EPDK, 2021).

## CNG

CNG lisansı olan işletmeler, 2020 senesinde 274,86 milyon m<sup>3</sup> gaz tedarik ederken, 211,07 milyon m<sup>3</sup> CNG formda gaz satmışlardır. Oto CNG'nin toplam içerisindeki payı % 8,63'de kalmıştır (EPDK, 2021).

## Tarife

2020 senesinde işletmelerin kullanıcılara sattıkları gazın ortalama ücreti ve bu ücretin alt kırılımları Tablo 2.11'de gösterilmektedir. Konutlarda gaz bedelinin toplam içerisindeki payı ortalama % 67,93 olurken sanayi tüketiminde bu oran %74,85 olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 2.11 2020 Ortalama Doğal Gaz Birim Fiyatları (EPDK, 2021)

TL/m <sup>3</sup>		Gaz Bedeli	SKB	ÖTV	KDV	Toplam
1-6. Aylar	Konut	1,252	0,287	0,023	0,281	1,843
	Sanayi	1,484	0,173	0,023	0,302	1,982
7-12. Aylar	Konut	1,252	0,306	0,023	0,285	1,865
	Sanayi	1,367	0,186	0,023	0,284	1,860

## Dağıtım

81 şehir merkezi, 589 ilçe ve beldeye 72 dağıtım şirketi tarafından kesintisiz gaz arzı sağlanmaktadır. Toplam abone sayısı %6 üzerinde bir artışla 17,5 milyonun üzerine çıkmıştır. İstanbul'da toplam yaklaşık 5,5 ve Ankara'da yaklaşık 1,9 milyon abone bulunmaktadır. Serbest kullanıcıların tüm tüketiciler içerisinde oranı ise %3,75 olmuştur. İstanbul'da serbest kullanıcıların tüm şehir tüketimi içerisindeki oranı %32 ile en yüksek seviyede gerçekleşmiştir. Boru hattı uzunlukları ise bir önceki yıla oranla ortalama %6 üzerinde bir yükselişle çelik yaklaşık 15.000 kilometreye, polietilen ise 100.000 kilometrenin üzerine çıkmıştır. En uzun dağıtım boru hattı İstanbul'da bulunmaktadır (EPDK, 2021).

Tüm bunlara ek olarak 2020 içerisinde yaklaşık 841.000 müşterinin faturasını son ödeme tarihinden önce yatırmadığı, 150.000 kişi kaçak veya usulsüz olarak tüketim tespitiyle ve toplamda yaklaşık 1.280.000 abonenin geçici olarak gaz arzı durdurulmuştur. Şikâyet ve talep sayısı bir önceki yıla göre %10 artışla 937 bin civarında olmuştur. Bunda en büyük pay artan fiyatlardan dolayı vatandaşın sayaç kalibrasyonu ve faturaya itirazı olmuştur. Fatura itirazının 100 binin üzerinde olduğu görülmektedir. Doğal gaz dağıtım şirketlerinde 2020 sene sonu itibarıyla toplam yaklaşık 20.000 kişi görev yapmaktadır (EPDK, 2021).

### 3. BÖLÜM

## DOĞAL GAZ TEDARİK YÖNETİMİ

### 3.1 Enerji Tedarik Yönetiminin Paydaşları

Enerji tedarik yönetiminde dört temel süreç yer almaktadır. Bunlar: keşif ve üretim, iletim, ticaret ve dağıtımdır. Doğal gazın tedarikinde ilk aşamada yere alan keşif ve üretim şirketleri jeologlar ve jeofizikçilerle çalışmaktadırlar. Bilimsel teknikler ve yeni teknolojilerin gelişmesi ile birlikte dünya yüzeyinin altında aramalarda yapılan başarı oranlarının arttığı görülmektedir. Sondajlar denizin tabanına veya toprağa yerleştirilmeden önce hava fotoğrafları, ses dalgaları, üç boyutlu projeksiyonlar ve topografik haritalarla doğal gazın büyüklüğü, şekli ve kalitesi hakkında tahminlerde bulunulabilmektedir (Mosteanu vd., 2020).

Farklı ülkelerde regülasyonlara göre tek bir şirket birden fazla tedarik sürecinde yer alabilmektedir. Keşif ve üretim devletlerin kendi şirketleri aracılığıyla yapılabildiği gibi özel sektörde desteklenen şirketler tarafından da yapılabilmektedir. Ülkemizde 6491 numaralı Türk Petrol Kanunu uyarınca doğal gazın aranması ve üretilmesi için Petrol İşleri Genel Müdürlüğü'nden ruhsat alınması gerekmektedir. Milli olarak Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı ile birlikte 8 yurtdışı sermayeli şirket lisans sahibidir. Üretim şirketleri toptan satış lisansı ile bu gazı yurtiçinde ithalat, ihracat, toptan satış ve dağıtım şirketlerine satabildikleri gibi ihracat lisansı ile birlikte doğrudan ihraç da edebilmektedirler (Yu vd., 2018).

Daha sonra iletim şirketleri, üreticilerden teslim aldıkları gaz rezervlerini boru hatları veya LNG yoluyla büyük tüketim alanlarına bağlamaktadırlar. Ülkemizde on ikisi LNG lisansı olmakla birlikte 15 şirket dağıtım lisansına sahiptir. BOTAŞ'ın mevcut iletim hattındaki payı yaklaşık %80 olmakla birlikte özel sektörün payı %20 civarındadır (BOTAŞ, 2021). İletim hatlarındaki RMS noktalarından gazı teslim alan yerel dağıtım şirketleri lisansları ile sınırlandırılan bölgelerde son kullanıcıya gazı teslim etmektedirler. Ülkemizde 81 il merkezine bağlı 554 ilçe ve 35 beldeye dağıtım lisansı sahibi 72 şirket tarafından hizmet verilmektedir. Doğal gaz borsalarında yürütülen ticaret ise iletim ve dağıtım süreçlerini birbirine entegre etmektedir (Sakib vd., 2021).



### 3.2 Doğal Gaz Piyasasının Arz ve Talep Yapısı

Doğal gaz sektörünün yapısının anlaşılabilmesi için hem ulusal hem de uluslararası ölçekte arz-talep yapısı ve buna bağlı değişkenler çok önemlidir. Sektörün yüksek sermaye gerektiren, genellikle hükümetlerin desteğiyle/yönetiminde ilerleyen büyük ölçekli yapısında arz-talep dengelerini değiştiren çok fazla etken bulunmaktadır.

#### 3.2.1 Arz Yapısı

Doğal gaz piyasasında arz yapısı üreticilerden son kullanıcıya doğru üretim (araştırma, keşif, sondaj, toplama), taşıma (LNG ya da boru hattıyla iletim ve dağıtım), ticaret ve depolama süreçlerini kapsamaktadır (Deshpande ve Swaminathan, 2020).

Üretim sürecinde arzı etkileyen temel değişkenler nitelikli işgücü, makine ve ekipman kapasitesi, teknolojik yatırımlar ve yüksek sermaye gücüdür. Pazara giriş yeni şirketler için oldukça zordur. İnsan kaynakları yatırımlarını talepteki durumu takip ederek doğru planlamak oldukça önemlidir. Doğal gaz fiyatının arttığı durumlarda vasıflı çalışanlara olan talep arttığından kadroyu elde tutmak da gerekmektedir. Talepteki artışlara karşı ticari olarak keşif ve üretim faaliyetlerini hızlandırarak arz artışı ile cevap verebilmek için verimliliği yüksek bir teknolojiye faydalanmak gerekmektedir. Kapasite artışı sağlayabilmek için yeterli makine ve ekipmanlara da sahip olmak ya da ulaşılabilir olmak gerekmektedir. Teknolojisi yüksek olan şirketlerin birim maliyetleri de orta ve uzun vadede daha düşük olmaktadır. Arz artışını sağlamak için yeni kuyuların keşfedilmesi süreci yüksek sermayeli teknoloji yatırımının en yoğun olduğu süreç olarak görülmektedir. Tüm bunların sonucunda da teknolojiye olan yatırımı sağlamak için güçlü bir finansal yapı gerekmektedir.

Günümüzde doğal gaz sektöründe nihai kullanıcıda kullanım çeşitliliğinin sağlanabilmesi için temel ilerleme taşıma yapısının kurulabilmesidir. Bambu ağaçları ile başlayan boru hattı taşıma çalışmaları günümüzde dünyanın her bir yanını saran yüksek basınçlı çelik ve polietilen borular ile devam etmektedir. İletim ve dağıtım şirketleri kesintisiz gaz arzını sağlayabilmek için şebeke altyapılarına önemli yatırımlar yapmaktadırlar. Altyapıda ortaya çıkabilecek problemlerde yüksek miktarlarda gaz havaya karışabileceği gibi son kullanıcının da gazsız kalabilecektir.

LNG üretimindeki yenilikler ve gelişmelerle birlikte tankerle sıvılaştırılmış doğal gaz taşımacılığı da iletim sürecindeki payını her geçen gün artırmaktadır. Boru hattı yapım sürecinin çok uzun olması ve maliyetinin arazi koşullarına göre yüksek olduğu durumlarda ülkeler LNG üretim tesisleriyle daha makul fiyatlara global pazarda kendilerine yer bularak gaz arzını arttırmaktadırlar. Bunlara ek olarak FSRU tesislerinin de sayısının artması ile birlikte LNG olarak ithal edilen gazlar doğrudan faz değiştirerek dağıtım şebekelerine verilebilmektedir (Bao vd., 2020).

Talebin fazla olduğu soğuk mevsimlerde fiyatların da yüksek olduğu düşünüldüğünde arz yapısının sağlanmasında depolama süreçleri de oldukça önem kazanmıştır. İklimsel değişimlerden etkilenmeden arz kapasitesini ve esnekliğini arttırmak için iletim şirketleri tarafından yeni depolar yapılmaktadır. Doğal gaz ticareti talebin artışına paralel olarak kesintisiz arz sağlamak isteyen ülkelerin üretici şirketler ile yaptığı uzun dönemli kontratlarla hızla büyümüştür. Günümüzde bu kontratlar halen devam etse de doğal gaz borsaları ile birlikte piyasa liberalleşme sürecini girmiştir. Toptan ve perakendecilerin doğrudan ithalatçı ya da üreticilerde bulunduğu marketler doğal gaz piyasasının arz-talep dengesinin oluşmasına önemli katkı sağlamaktadır. Ticaret süreci diğer süreçlerde gözlenen genellikle monopol yapının aksine günümüzde daha rekabetçi bir pozisyon almıştır.

### **3.2.2 Talep Yapısı**

Faydasız bir gaz olarak görülen ve aydınlatma amaçlı kullanımına başlanan doğal gaz taşıma imkânlarının genişlemesiyle günümüzde farklı formlarda çeşitli sektörlerde değişik amaçlarla artan bir talep yapısına sahiptir. Doğal gazın dünyada en fazla talep edildiği elektrik üretim sektöründe çevre dostu bir yakıt olmasından dolayı hem elektrik üretimi hem de termal enerji üretiminde kullanılmaktadır. Çevrim santrallerinde doğal gaz iki farklı şekilde kullanılabilir. Doğal gazın yanması sonucunda ortaya çıkan su buharı buhar türbinlerini döndürmektedir. Ya da doğal gaz türbinlerin içerisinde doğrudan yakılabilmektedir.

Sanayide kombine ısınma ve enerji santrallerinin yanı sıra kimyasallar, gübre, hidrojen gibi birçok ürünün ham maddesi olarak da talep görmektedir. Konut sektöründe kombilerde/kazanlarda/sobalarda ısınma, şofbenlerde sıcak su, kurutma ve ocaklarda pişirme için kullanılmaktadır. Dünyada evsel kullanımda birinci ısınma kaynağının doğal gaz olduğu

görülmektedir. Ticari sektörde fırınlarda, restoranlarda, tekstil, demir-çelik, kimya, cam, çimento, gıda, matbaa, ambalaj sektörlerinde doğal gaz kullanılmaktadır (Lambert ve Enz, 2017).

Taşımacılık sektörü doğal gazın en niş ve kullanım alanının genişleme potansiyeli olan noktası olarak görülmektedir. Hem sıkıştırılmış formda CNG olarak hem de sıvılaştırılmış formda LNG olarak araçlarda kullanılmaya başlanmıştır. Doğal gaz şirketlerinin kendi araçlarında kullanılmasıyla testleri başlayan süreçte sıkıştırılmış doğal gaz otobüslerde ve minibüslerde de kullanılmaktadır. CNG kompresörlerinde yüksek barlarda sıkıştırılabilen doğal gaz hacmi minimize edilmiş şekilde tüplere doldurularak karbüratörlü, benzinli veya katalitik enjeksiyonlu tüm araçlara monte edilmektedir. Sayısı az olsa da CNG istasyonlarında dolun yapılabilir. Motora zarar verdiği gözlenmeyen CNG'li araçlarda yapılan testlerde motor ömrünün uzadığı ve yağ değişim periyodunun dizel ya da benzinli araçlara göre iki katına çıktığı görülmektedir. CNG yanma sıcaklığı 600 derecenin üzerinde olmasından dolayı LPG araçlara göre patlama tehlikesi çok az olmaktadır (Khan vd., 2015).

Henüz taşımacılık sektöründeki payı %5'in altında olan doğal gaz elektrikli araç teknolojilerinde büyük yatırımlardan ötürü potansiyelini korumasına rağmen beklenen gelişmeyi sağlayamamıştır. Bunun en temel sebeplerinden birisi bir depo yakıt ile diğer yakıtlara nazaran çok daha az mesafe kat edebilmesi gösterilmektedir. Bununla birlikte karbon emisyon oranların düşürülmesine fayda sağlayabilecektir.

Doğal gaz yanma sistemleri ticari süreçlerde daha az maliyetli ve çevreye daha fazla duyarlı olması sebebiyle son yıllarda elektrikli soğutma sistemlerine göre önemli teknolojik gelişmelerle birlikte daha fazla kullanılmaya başlanmıştır. Absorbsiyonlu, motor tahrikli ya da nemi gideren kurutuculu sistemler olarak üç farklı şekilde kullanım imkânı bulunmaktadır. Absorbsiyon süreçlerinde kullanılan su bazlı solüsyonlar gazlaştırma ya da buharlaştırma yapılarak mekanik sıkıştırma yapmadan soğutma etkisi sağlayabilmektedir. Nemi gideren kurutucu sistemler yaygın olarak farklı bir soğutucu ile kullanılmasına rağmen motor tahrikli ya da absorpsiyonlu sistemler doğrudan elektrikli ünitelerin yerine ya da ısıtma kazanları ile birlikte kullanılabilir (Sakib vd., 2021).

### **3.3 Doğal Gaz Tüketimine Yönelik Genel Kavramlar**

Doğal gaz talep eden tüketim grupları incelendiğinde, doğal gazın yaygın olarak konut, soğutma, araç, endüstri ve elektrik üretim tesislerinde tüketildiği ve kullanım amaçları itibarıyla elektrik, kömür ve petrol gibi alternatif enerji kaynaklarının ikamesi olduğu görülmektedir.

#### **3.3.1 Doğal Gaz Tüketimini Etkileyen Temel Faktörler**

Doğal gaz tüketimine etki eden faktörler sıcaklık, ekonomik büyüme, alternatif enerji kaynakları, işsizlik oranı, nüfus yoğunluğu ve kentleşme, fiyat olarak altı farklı başlık altında bu bölümde açıklanmıştır.

##### **3.3.1.1 Sıcaklık**

Doğal gaz tüketiminde en yüksek paya sahip ısınma amaçlı kullanımda en önemli etken sıcaklıktır. Havaaların soğuması ile birlikte konut ve ticari olarak ısınmaya yönelik olarak doğal gaz talebi hızla artmaktadır. Türkiye’de genele bakıldığında sıcaklığın 15 derece altına düşmesi ile birlikte konutlarda ısınma amaçlı doğal gaz kullanımının başladığı görülmektedir. Arz-talep dengesine bağlı olarak ortaya çıkan bu durum fiyatlar üzerinde de yukarı yönlü bir baskı oluşturmaktadır. Doğal gaz fiyat grafiğini incelediğimizde de kışa doğru genelde fiyatlarda bir artış yaşandığı gözlenmiştir.

Bununla birlikte yaz aylarında yüksek hava sıcaklıkları elektrik santrallerine olan talebi artırmaktadır. Dünya genelinde elektrik üretiminde yaklaşık %25 oranında doğal gaz kullanıldığı ve bunun arttığı düşünüldüğünde yaz aylarında da üretim amaçlı doğal gaz kullanımının arttığı bilinmektedir.

##### **3.3.1.2 Ekonomik Büyüme**

Ekonomik büyüme doğal gazın hem talep hem de fiyatlarını doğrudan etkileyen unsurlardan biri olduğu görülmektedir. Ekonomik büyüme süreçlerinde özellikle ticari ve endüstriyel sektörlerdeki hem hizmet hem de mal üretim talebindeki artışlar doğal gaz tüketimini artırabilmektedir. Tüketimdeki ekonomi odaklı artışlar hem hammadde olarak kullanıldığı sektörlerde (gübre, ilaç vb.) hem de yakıt olarak tüketimde güçlü olabilmektedir.

### **3.3.1.3 Alternatif Enerji Kaynakları**

Enerji üretiminde doğal gazın temel alternatiflerinden birisi petroldür. Petrol fiyatlarındaki düşüş talebi doğal gazdan uzaklaştırırken tam tersi durumda doğal gaza talebi artırmaktadır. Kömürler çalışan elektrik üretim santrallerinin sayısı gün geçtikçe azaldığından kömürün etkisinin petrole göre daha az olduğu düşünülmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarındaki artışında da uzun vadede üretimde doğal gaza olan talebi düşüreceği gözlenmektedir. Nükleer santrallerin de çalışmaması veya devre dışı kalması durumunda da birinci derecede doğal gaz ile üretim planladığından nükleer santrallerin kapasitesi de doğal gaza olan talebe etki etmektedir.

### **3.3.1.4 İşsizlik Oranı**

Gelişmekte olan ya da kırılğan ekonomilere sahip ülkelerde artan işsizlik oranları ile birlikte alın gücünün azalmasına bağlı olarak ısınma amaçlı doğal gaz tüketimine doğrudan, elektrik üretim amaçlı doğal gaz talebine ise dolaylı olarak etkide bulunduğu literatürde yapılan birçok çalışmada görülmektedir.

### **3.3.1.5 Nüfus Yoğunluğu ve Kentleşme Oranı**

Kentleşme oranı bir bölgenin nüfusu içerisindeki kalıcı şehir sakinlerinin oranını ifade etmektedir. Kentleşme, doğal gaz talebinin sürekli artmasına sebep olmaktadır. Kentleşme ile birlikte şehirlerde nüfus yoğunluğunun da arttığı görülmektedir. Bu durumda artan konut sayısı ile birlikte hem ısınma amaçlı hem de elektrik üretimindeki payı nedeniyle doğal gaz tüketimini artırmaktadır. Yeni şehir yapılanmaları ile birlikte doğal gaz dağıtım şirketlerinin abone sayıları her geçen gün artmaktadır.

### **3.3.1.6 Doğal Gazın Fiyatı**

Her birim doğal gaz fiyatındaki artış faturaların daha yüksek gelmesine sebep olmaktadır. Bu durumda insanların geliri içerisinde artan enerji gideri payı dolayısıyla daha az tüketime ya da alternatif enerji kaynaklarına yönlendirmektedir. Bununla birlikte Bölüm 3.4.4 içerisinde açıklanan doğal gazın fiyatına etki eden temel faktörlerin tamamının doğal gaz tüketimine de etki ettiği söylenebilmektedir.

### 3.3.2 Doğal Gaz Tüketimine Yönelik Literatür Taraması

Doğal gaz tüketimine etki eden faktörler ve tüketim tahmin modellemeleri hem makalelerde hem de tezlerde araştırmacıların üzerinde çalıştıkları önemli konulardan biri olduğu görülmektedir. Amerika Birleşik Devletleri, Çin ve Avrupa Birliği bu konuda en çok çalışma yapılan ülkeler arasında yer almaktadır. Çalışmaların çoğunda tek ülke/ şehir analiz edildiği gözlenmiştir. Ülkemizde birçok ilde sınırlı sayıda değişkenle yapılan çalışmalar bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda sıcaklığın tüketim talebi üzerinde en büyük etkiye sahip olduğu görülmüştür.

Literatürde rastlanan en geniş kapsamlı çalışmada Burke ve Yang (2016), 40 ülkede doğal gaz talebinin fiyat, sıcaklık, nüfus ve GSYH verilerine karşın değişimlerini en küçük kareler yöntemiyle analiz etmiştir. Ülkelerin genelinde doğal gaz tüketimi ile fiyat arasında -1,25 değeri ile inelastik bir ilişki tespit etmiştir. %1 anlamlılık seviyesinde, %1'lik nüfus artışı sonucunda tüketimin %1,35 arttığı bulunmuştur. Buna karşılık sıcaklıktaki bir derecelik artışın tüketimi %0,07 azalttığı görülmüştür. Dolayısıyla tüketim nüfus artışı ile birlikte artarken sıcaklıkların artması ile düşmektedir.

Çatık ve Deliktaş (2016), Türkiye'de yaptığı çalışmada doğal gaz talebine kömür, petrol ve doğal gaz fiyatlarının etkisini eşbütünleşme testi ile incelemiştir. Uzun dönemde %1 anlamlılık düzeyinde hem konut hem de sanayide doğal gaz talebinin petrol ve kömür fiyatlarına karşın fiyat esnekliği olmadığı ancak doğal gaz fiyatı ile arasında eşbütünleşik bir ilişki olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Dong vd. (2018), Çin'de 16 yıllık aylık veri kullanarak yaptığı çalışmasında tüketim ve fiyat arasındaki ilişkiyi panel veri analizi yaparak araştırmıştır. 2010 yılına kadar doğal gaz tüketiminin fiyatla arasında anlamlı bir ilişki olduğunu ancak 2010 yılından sonra tüketim ve fiyat arasında inelastik bir ilişki olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Taşkıner (2018), Ankara'da sıcaklık, abone sayısı, nem değişkenlerini kullanarak yapay sinir ağları ile tüketim modellemesi yapmıştır. Aylık tüketim verilerini kullanarak yaptığı çalışmasında tüketim ile tüm değişkenler arasında ilişki tespit etmiş, yapay sinir ağları kullanılarak doğal gaz tüketim tahmini yapılabileceği sonucunu ortaya koymuştur.

Emek (2020), yaptığı tez çalışmasında Türkiye’de 54 şehirde 52 aylık veri kullanarak doğal gaz tüketiminin fiyat esnekliğini ve sıcaklık ile abone sayısına karşı değişimini panel veri analizi yöntemleriyle araştırmıştır. Kısa ve uzun dönemde doğal gaz tüketiminin abone sayısı ile doğru orantılı, sıcaklık değerleriyle ters orantılı ancak fiyat değişkeniyle inelastik bir ilişki olduğunu saptamıştır.

Tuna (2019), konutlarda doğal gaz tüketimine etki eden faktörleri logit yöntemiyle analiz etmiştir. Yurtiçi gayri safi hasıladaki artışın evlerde doğal gaz talebine etkisinin çok sınırlı olduğu, evin büyüklüğündeki artışın tüketimi doğrudan artırdığı, doğal gaz fiyatlarındaki artışın talebi çok küçük oranda düşürdüğü tespit edilmiştir.

Çelik (2021), hazırladığı tez çalışmasında Sinop ilinde doğal gaz talebine sıcaklık, abone sayısı ve fiyat değişkenlerinin etkisini incelemiştir. Aylık veriler kullanarak çoklu regresyon ve yapay sinir ağları yöntemlerini karşılaştırarak kullanmıştır. Çoklu regresyonun tahminde daha başarılı sonuçlar verdiği çalışmada sıcaklık ve abone sayısı değişkenleri ile anlamlı bir ilişki tespit edilirken tüketime fiyat değişkeninin duyarsız olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

### **3.4 Doğal Gaz Fiyatlamasına Yönelik Genel Kavramlar**

Doğal gaz fiyatları temelde piyasadaki arz ve talep dengesine göre oluşmaktadır. Fiyatlar arz ve talebi dengelemek için hareket etmektedir. Arz noktasında fiyatları etkileyen değişkenler arasında üretim miktarı, depolama stok kapasitesi ve ithalat bulunmaktadır. Arzda artış olması durumunda fiyatlar aşağı yönlü, azalma olması durumunda ise yukarı yönlü hareket etme eğilimindedir. Talep tarafındaki faktörler arasında ise ikame ürün fiyatları, ekonomik koşullar ile hava koşulları yer almaktadır. Talep ile fiyatlar arasında ise doğru orantı olduğu görülmektedir.

#### **3.4.1 Doğal Gaz Ticaretinin Önemi ve Faydaları**

Günümüzde doğal gaz ticareti gaz dağıtım merkezi adı verilen ‘hub’ üzerinden gerçekleştirilmektedir. Gaz dağıtım merkezleri piyasalar için referans fiyat belirlemektedirler. Gaz dağıtım merkezleri iki temel fayda sağlamaktadır. Birincisi, bulunduğu ülkenin gaz arzında sürekliliği güvence altına almaktadır. Birçok ülke için entegre iletim hatlarının üzerinden

geçtiği bir bölge uzun vadede enerji kaynaklarına erişimini garanti altına almış olmaktadır. Bununla birlikte tüm ülkelerin sürdürülebilir kendi enerji arzını sağlamak için güvenli bölge oluşumuna destek olmaları manasına gelmektedir. İkincil temel faydası ise ticaretin getirdiği kazanç potansiyeli ve ekonomik büyümeye olan katkısıdır. Rekabetçi bir fiyatlandırma politikası ile enerji arz güvenliği artırılarak ülke ekonomisine önemli bir katkı sağlanabilecektir.

### **3.4.2 Doğal Gazın İşlem Gördüğü Enerji Ticaret Merkezleri**

Uluslararası literatürde enerji ticaret merkezleri ‘hub’ kavramı ile açıklanmaktadır. Sözcük manası olarak da merkez ya da en önemli yer anlamına gelen hub, aynı zamanda planlanmış bir sürecin ya da aktivitenin gerçekleştiği yer olarak tanımlanmaktadır. Enerji hubları sanal (virtual) ya da fiziki (physical) olabilmektedir. Fiziki hublar “enerji üssü”, sanal hublar ise “enerji borsası” olarak ayrımlandırılabilir. Fiziki hublar hem boru hatlarının hem de sıvılaştırılmış doğal gaz terminallerinin güçlü bir altyapı ile kesişim noktasını oluşturmaktadır. Fiziksel doğal gaz takasının gerçekleştiği bu şehir ya da bölgeler fiyatlandırma oluşumunda belirleyici olmaktadır (Hemmati vd., 2020).

Gaz ticaret üssü olabilmek için düzenleyici müdahale olmadan fiyat gelişimini sağlayabilecek yatırım ve siyasi irade gerekmektedir. Enerji üslerinde ticarete konu gazların taşınması için yüksek hacimli boru hatları ve depolama alanları bulunmaktadır. Hem yurtiçi hem de uluslararası katılımcıların ticarete katılabildiği enerji üslerinde, fiyatların bulunduğu ülkenin yerel çıkarlarına aykırı oluşması durumunda dahi müdahale etmeyen, yalnızca sistemi koruyan, şeffaf ve rekabetçi piyasayı destekleyen bir merkezi siyasi otoritenin olduğuna inanmaları ve güvenmeleri gerekmektedir (Kara vd., 2020).

Küresel piyasalarda en bilinen enerji üssü Henry Hub, Amerika Birleşik Devletleri’nin hem dünyanın en fazla doğal gaz üreten ülkesi olması hem de en büyük tüketicilerinden birisi olmasının yanı sıra Kanada ve Güney Amerika’ya da uzanan çok geniş bir boru hattı ağına sahip olmaktadır. Avrupa’da ise Kuzey Denizi’ndeki yüksek yerli üretim ve tüketimden faydalanan, Norveç’ten boru gazı ve LNG ithal eden İngiltere’deki Ulusal Dengeleme Noktası ilk aktif enerji üssü olmuştur. Günümüzde ise Avrupa’nın geniş boru hattı ağının kalbinde yer alan, Groningen’deki gaz sahası üzerinde konumlanan TTF, gaz fiyatının oluşmasına referans olan enerji üssü olarak konumlanmaktadır (Obadi ve Korcek, 2020).



Elektronik bir platformda paydaşların bulunduğu enerji borsaları ham petrol, elektrik, doğal gaz, rüzgâr enerjisi, yenilenebilir enerji sertifikası, enerji tasarruf sertifikası ürünlerini içerebilmektedir. Spot piyasaları içeren standart sözleşmeler yer aldığı gibi, emtianın tesliminin gelecekte anlaşılan yer ve zamanda yapılacağını belirten swap, forward, option, future gibi vadeli ürünler de olabilmektedir. Enerji borsalarında teslimatlar anlaşılan enerji üssünde gerçekleştirilir. Takas bankalarının süreçte yer alması hem alıcı hem satıcı için riski kaldıran bir faktör olmaktadır (Kara vd., 2020).

Enerji borsasında, farklı piyasalarda ticari işlem hacimlerini yükseltmek isteyen arz sahibi satıcılarla, çeşitli fiyat ve teslimat alternatiflerinin sunulabildiği şeffaf ve güvenilir bir yapıda talep sahibi alıcılar, sanal bir ortamda bir araya gelerek belirlenmiş kurallar dâhilinde ticari işlemlerini gerçekleştirmektedirler. Dünyada pek çok ülkede talep edilen birçok ürüne erişilebilmekte güçlük çekilmekte ya da oldukça yüksek fiyatlarda ulaşılabilir. Çeşitli ticaret sahiplerinin borsa yapısında bir araya gelmeleri sonucunda enerji ihtiyaçları için riskleri minimize olmakta ve fiyat esnekliklerinden faydalanabilmektedirler. Doğal gazı da kapsayan tüm enerji ticaretinde alıcı ve satıcının birbirini tanımaya gerek olmayan anonim bir ticaret gerçekleşmektedir (Perifanis ve Dagoumas, 2020).

1990 yılında Amerika'da Louisiana'da bulunan Henry Hub'daki spot fiyatları referans olarak vadeli işlemlere başlayan NYMEX, dünyada oluşan ilk piyasa konumundadır. Gaz tedarikinde merkezi hükümet ve eyaletler tarafından belirlenen regülasyonların kaldırılmasıyla ortaya çıkan arz ile birlikte fiyat yapı oluşmaya başlamıştır. Bunu takip eden süreçte Avrupa'da ise ilk olarak 1996'da İngiltere'de NBP (Ulusal Dengeleme Noktası) kurulmuş ve ICE'de (International Exchange) başlayan kontratlar ilk Avrupa doğal gaz ticareti olarak kayıtlara geçmiştir. 2003'te Hollanda'da işlem görmeye başlayan TTF (Title Transfer Facility) ticaret merkezi kuzeybatı Avrupa'da işlem hacmini artırarak bölgenin önemli doğal gaz piyasası konumuna gelmiştir. Bunun ardından Avrupa'da farklı ülkelerde enerji borsaları oluşmaya başlamıştır. Dünya devi Rus şirketi Gazprom 2018'de kendi online piyasasını hizmete açmıştır. Türkiye'de ilk doğal gaz piyasası hareketleri EPIAŞ bünyesinde 2020 yılı Haziran ayı itibarıyla başlamıştır. Bugün Dünyada pek çok enerji borsası bulunmaktadır. Avrupa'da en popüler olanları Dünya genelindeki önemli enerji borsaları Tablo 3.1'de gösterilmiştir (Europex, 2021).

Tablo 3.1 Dünya Enerji Borsaları

Borsa Adı	Ülkesi	Merkezi	Kuruluş Tarihi	İşlem Hacmi (TWh)	En Kısa İşlem Periyodu	Para Birimi
APX Power NL	Hollanda	Amsterdam (NL)	1999	44	1h	EUR
APX Power UK	İngiltere	Londra (GB)	2000	62	1/2h	GBP
ASX	Avustralya, Yeni Zelanda	Sidney (AU)			Aylık	AUD, NZD
Belpex	Belçika	Bürüksel (BE)		24	1h	EUR
BSP Southpool	Avusturya, İtalya, Slovenya	Lubliyan (SL)	2008	6	1/4h	EUR
CROPEX	Hırvatistan	Zagreb (HR)	2016		1h	EUR
EEX	Almanya	Leipzig (GER)	2002	2,537	Hafta	EUR
EMC	Singapur	Singapur (SG)	2003			SGD
EPEX Spot	Avusturya, Belçika, Fransa, Almanya, Lüksemburg, İngiltere, Hollanda, İsviçre	Paris (FR)	2008	566	1/4h	EUR
EXAA	Avusturya, Almanya	Viyana (AT)	2001	8	1/4 h	EUR
EXIST	Türkiye	İstanbul (TR)	2015	152,32	1 h	TL
GME	Avusturya, Fransa, Yunanistan, İtalya, Malta, Slovenya, İsviçre	Roma (IT)		312		EUR
HEEnEX	Yunanistan	Atina (GR)	2018			EUR
HUPX	Macaristan	Budapeşte (HU)	2010	22	1h	EUR
IBEX	Bulgaristan	Sofya (BG)				BGN
ICE	Avrupa, Singapur, ABD		2000			USD
IEX	Hindistan	Yeni Delhi (IN)	2008		1/4h	INR

KPX	Güney Kore	Naju-si (KR)	2001		1h	KRW
JEPX	Japonya	Tokyo (JP)	2003			JPY
MOSENEX	Rusya	Moskova (RU)	2005		Aylık	RUB
Nasdaq OMX	Danimarka, Estonya, Finlandiya, Almanya, İzlanda, Letonya, Litvanya, İsveç, ABD	New York City (US)	2008	1,496	1/4h	USD
Nordpool Spot	Danimarka, Estonya, Finlandiya, Almanya, Letonya, Litvanya, Norveç, İsveç, İngiltere	Lysaker (NO)	2002	489		NOK, SEK, DKK, EUR, GBP
Nodal Exchange	ABD	Tysons Corner (US)			Aylık	USD
OTE	Çek Cumhuriyeti	Prag (CZ)	2001	20	1h	CZK
OMIP	Portekiz, İspanya, İngiltere, ABD, Almanya, İsviçre, Hollanda, Malta, Belçika, Cayman Adalar, Danimarka, Lüksemburg	Lizbon (PO)	2006	30	Günlük	EUR
OMIE	İspanya, Portekiz	Madrid (ES)				EUR
OPCOM	Romanya	Bükreş (RO)	2000	85	1h	EUR, RON
OKTE	Slovakya Cumhuriyeti	Bratislava (SL)	2011	10	1h	EUR
PJM	ABD	Audubon (US)			1/12h	USD
Powernext	Fransa	Paris (FR)	2001	1,024		EUR
PXE	Çek Cumhuriyeti, Macaristan, Polonya, Romanya, Slovakya	Prag (CZ)	2007	24	6 Aylık	EUR
PXIL	Hindistan	Mumbai (IN)			1/4h	INR
TGE	Polonya	Varşova (PL)	1999	186	1h	PLN, EUR
WESM	Filipinler	Pasig City (PH)	2006	60,7		PhP

## **NYMEX - New York Mercantile Exchange**

New York Ticaret Borsası NYMEX, enerji borsaları alanında dünyanın en önde gelen şirketi CME Grup'un sahibi olduğu ve işlettiği emtia vadeli işlemler borsasıdır. Manhattan'da yer alan borsa, 1882 yılında NYMEX Holding tarafından kurulmuş, 2008 senesinde CME Grup'a 11.2 milyar dolar karşılığında devredilmiştir. 2016 senesi itibarıyla tüm fiziksel salonlarını kapatarak tamamen dijital olarak çalışmaktadır. Kömür, ham petrol, elektrik, benzin, kalorifer yakıtı, doğal gaz, paladyum, platin, propan, uranyum ticareti yapılan emtialar arasında yer almaktadır. Amerika'da devlete bağlı bağımsız bir kuruluş olan Emtia Vadeli İşlemler Ticaret Komisyonu tarafından denetlenmektedir (CMEGroup, 2021).

## **EPEX – The European Power Exchange**

EPEX, Avusturya, Belçika, Danimarka, Almanya, Finlandiya, Fransa, Lüksemburg, Hollanda, Norveç, Polonya, İsveç, Birleşik Krallık ve İsviçre'yi kapsayan gün içi ve ertesi gün ticari yapılabilen spot Avrupa piyasasıdır. Paris merkezli borsa, 2008 yılında Fransa'daki Powernext SA ve Almanya'daki EEX AG enerji borsalarının faaliyetlerinin birleştirilmesiyle kurulmuştur. Büyüyen, yenilikçi, karlı ve güvene dayalı bir pazar oluşturma hedeflemektedir. EEC Grup bünyesinde faaliyet gösteren borsada elektrik ve yenilenebilir enerji fiyatlamaları için referans fiyat oluşumuna katkı sağlamaktadır (EPEXSpot, 2021).

## **TTF - The Title Transfer Facility**

TTF, Hollanda'da doğal gaz için sanal bir ticaret noktası oluşturmaktadır. Vadeli işlemler, fiziksel ve takas işlemleri yapma olanağı sağlayan ticaret merkezi, Gasunie tarafından 2003 yılında kurulmuş olup gazın Hollanda Gaz şebekesi içinde ticaretinin yapılmasına olanak sağlamaktadır. Gasunie Transport Services B.V. tarafından işletilen borsada, fiziksel kısa vadeli doğal gaz ve vadeli işlem sözleşmeleri ICE-Endex Borsası ve PEGAS borsası aracılığıyla alınıp satılmaktadır. Doğal gaz, megavat saat başına avro cinsinden işlem görmektedir (Theice, 2021).

## **ICE Natural Gas Exchange Canada**

Merkezi Alberta, Kanada'da bulunan ICE NGX, Kuzey Amerika doğal gaz ve elektrik piyasalarına elektronik ticaret, merkezi karşı taraf takası ve veri hizmetleri sunmaktadır. WebICE ticaret platformu aracılığıyla Kanada'daki fiziksel doğal gaz, ham petrol ve finansal güç piyasaları için referans fiyat endeksleri sağlamaktadır. Şubat 1994'de işleme başlayan borsada sözleşme şartları gün, hafta sonu, ayın geri kalanı veya gelecek ayların teslimatları için olabilmektedir. AECO ve Alberta enerji üsleri fiziksel teslimat noktaları olarak kullanılmaktadır (Theice, 2021).

## **SPIMEX - The Saint Petersburg International Mercantile Exchange**

SPIMEX'te borsa gazı ticareti 2014 yılında faaliyetine başlayan borsa Rusya Federasyonu'na bağlı 48 bölgede 2500'den fazla kuruluş faaliyet göstermektedir. SPIMEX, ham petrol ve rafine ürünler, doğal gaz, kereste ve mineral gübrelerin organize ticaretinin %99'una ev sahipliği yapan Rusya'nın en büyük emtia borsasıdır. 9 uzlaşma bankası ve 30 garantör banka sistemi ile takas organizasyonu yönetilmektedir. Gazprom tarafından üretilen doğal gaz borsada satılan gazın büyük bir kısmını oluşturmaktadır (Spimex, 2021).

## **EPIAŞ - Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi**

Türkiye'nin enerji ticaret merkezi olma politikası kapsamında 2015 yılında kurulan EPIAŞ, şeffaf, sürdürülebilir ve güvenilir şekilde piyasanın işletilmesini hedeflemektedir. Türkiye Elektrik Piyasası Kanununa göre kurulmuş, Türkiye Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'nun verdiği işletme lisansı ile faaliyet göstermektedir. Spot doğal gaz piyasası, vadeli doğal gaz piyasası, spot elektrik piyasası, vadeli elektrik piyasası ve yenilenebilir enerji piyasalarında hizmet vermektedir. Doğal gaz spot piyasası 2018 yılında açılmıştır. YEKDEM'in işletilmesi ve DGP uzlaştırma faaliyetleri de şirket tarafından yapılmaktadır. Fortune'da Türkiye'nin en büyük şirketi olarak yer alan EPIAŞ, APEX ve EUROPEX üyesidir. Borsa İstanbul ve TEİAŞ şirketin ana hissedarlarıdır (Epiaş, 2021).

## **EEX - The European Energy Exchange**

Avrupa Enerji Borsası (EEX), enerji ve ilgili ürünler için güvenli, likit ve şeffaf pazarlar geliştiren, işleten ve birbirine bağlayan Avrupa'nın önde gelen enerji borsasıdır. EEX Grubu'nun bir parçası olarak EEX, enerji, doğal gaz ve emisyon ödenekleri ile navlun ve tarım ürünleri sözleşmeleri sunmaktadır. Sistem çok sayıda üretici ve tüketicileri sanal bir platformda bir araya getirmekte ve fiyat esnekliği sağlamaktadır. Merkezi Almanya Leipzig'de bulunmaktadır (EEX, 2021).

EEX piyasasında işlem yapabilmek için şirketlerin ilgili borsaların kabul sürecini tamamlamaları gerekmektedir. EEX üyeliğine ek olarak, ECC'de (European Commodity Clearing) takas işlemine kabul edilmesi de gerekmektedir. Merkezi bir karşı taraf olarak ECC kendisini satıcı ve alıcı arasında konumlandırmakta ve karşı taraf riskini üstlenmektedir. EEX üzerinden ilgili ürünlerde ticarete kabul edilen şirketlere, likit spot ve vadeli işlem piyasalarına (türev ürünlerin alım satımının yapıldığı) ve geniş bir ticaret katılımcıları ağına erişim hakkı tanınmaktadır. Enerji, emisyon, doğal gaz ve navlun gibi geniş bir ürün yelpazesi ve tarım ürünleri için tek noktadan takas çözümü sunmaktadır. Kapsamlı ticaret katılımcıları ağı bulunmaktadır. Avrupa referans fiyat endeksi- Phelix'e atıfta bulunarak en likit finansal enerji geleceğine erişim sağlamaktadır (EEX, 2021).

EEX katılımcısı olabilmek için çeşitli giriş koşullarının yerine getirilmesi gerekmektedir. Bu koşullar (BörsG) Alman Borsa Kanunu ve EEX Borsa Kurallarını içermektedir. Avrupa Commodity Clearing AG (ECC) takas odası tarafından bir ticaret katılımcısı olarak tanınması, yönetim yetkisine sahip kişilerin kişisel güvenilirlik ve mesleki niteliklerinin kanıtlanması, en az 50.000 € hisse senedi (Portföy Değeri/Öz kaynak) taahhütlerinin kanıtlanması, ticaret yapılan sistemler ile teknik bağlantı gerekmektedir. Bireysel döviz piyasaları ve ürünleri için giriş ayrı olarak uygulanabilmektedir. Bir şirket, ECC Takas odası ve kişisel güvenilirliğini kanıtlamış ve gerekli mesleki yeterliliklerinin ve kişisel güvenilirliğinin kanıtını sağlamış borsada işlem yapan en az bir şirketin/tacirin kabulü ile borsaya giriş izninden sonra ticaret sicil kaydı işlemlerini ve EEX'de aktif ticaretini yapabilmektedir. Giriş başvurusunda bulunanlar için şirketin kendi bünyesinde eğitim kursları da verilmektedir (EEX, 2021).

2000 yılında Avrupa Enerji Borsası AG (EEX), elektrik ve diğer ürünlerle faaliyetlerine başlamıştır. İşlemlerin en büyük kısmı vadeli işlemler piyasasıdır. Spot pazar, bir yan kuruluş EPEX SPOT tarafından yürütülmektedir. EEX, kamu hukukunun bir parçası olan borsa konseyi, borsa yönetim direktörü/kurulu ve ticaret gözetleme ofisinin kurallarına uyarak faaliyet göstermektedir. Borsa konseyi enerji şirketleri, ticaret şirketleri, TSO'lar, müşteriler ve bankalardan üyeleri temsil etmektedir. Konsey yönetim kuruluna karar vermekte ve ticaret gözetim memurunu atamaktadır. EEX yönetim kurulu, ticaretin sürekli olabileceğinden ve herhangi bir sorun olmadığından emin olmaktan sorumludur. Ticaret Gözetim Ofisi, şüpheli işlemler ve kuralların çiğnenip bozulmadığını kontrol etmektedir (EEX, 2021).

### **3.4.3 Doğal Gazın Fiyatlama Yöntemleri**

Bu bölümde doğal gaz fiyatlama yöntemleri ikame esaslı, maliyet esaslı, azalarak ve serbest piyasa olmak üzere dört başlık altında açıklanmaktadır.

#### **3.4.3.1 İkame Esaslı Fiyatlama**

Kömür, petrol gibi ikame olabilecek yakıtların fiyatları referans alınarak belirlenen fiyatlama yöntemidir. “Petrol Endeksli Fiyatlama” olarak da bilinen bu yöntemde ikame yakıtların birim maliyetleri hesaplanır ve doğal gaz fiyatı da aynı seviyede belirlenir. Arz eksikliği ve talep fazlası olan durumlarda bu yöntem kullanılabilir. Ancak son yıllarda dünya genelinde doğal gaz fiyatlarının ikame ürünlere göre fiyatlarının düşmesine bağlı olarak kullanımını sınırlı kalmaktadır. Dünyada uzun dönemde yapılan doğal gaz kontratlarında fiyat formülasyonlarında petrol fiyatları çok sık kullanılmaktadır (Lin ve Li, 2020).

#### **3.4.3.2 Maliyet Esaslı Fiyatlama**

Doğal gazın nihai tüketiciye ulaşana kadar geçen süreçte harcanan sermaye karşılığında makul bir kar oranı ve ortaya çıkan maliyetlerden üreticiler için yeterli görülen oranı içerecek şekilde fiyatlandırma yapılmaktadır. Fiyatla belirlenirken üretim, depolama ve taşıma maliyetlerine vergi ve kâr payı eklenmektedir. Bu yöntem literatürde “Ricardian Getirisi” olarak da ifade edilmektedir. Piyasaların devlet tekelinde olduğu durumlarda ya da rezerv miktarı yüksek olan ülkelerde iç piyasada fiyatın belirlenmesi için kullanılabilir.

Üreticinin fazla ya da talebin arzdan daha düşük olduğu durumlarda pazar payını artırmak ya da piyasaya etkili bir oyuncu olarak girebilmek için kullanılmaktadır (Lin ve Li, 2020).

### **3.4.3.3 Azaltarak (Net-Back) Fiyatlandırma**

Maliyet esaslı fiyatlandırma yönteminin aksine yukarıdan aşağıya doğru fiyat belirlemesi yapılan bu yöntemde, ithal edilen ülkedeki fiyat referans alınarak belirlenen taban fiyattan iletim, dağıtım ve yasal vergilerin çıkartılması ile elde edilmektedir. Almanya'ya Hollanda'dan gelen ya da Avrupa'ya Rusya'dan gelen doğal gaz için bu yöntemin kullandığı görülmüştür. Bu yöntem doğal gaz ithalatı için yüksek miktarda yatırım yapan şirketlerin karını maksimize etmelerine olanak sağlamaktadır (Lin ve Li, 2020).

### **3.4.3.4 Serbest Piyasa Fiyatlaması**

Doğal gaz ticaret merkezlerinin kurulması ile günümüzde en yaygın yöntem olarak kullanılan serbest piyasalar spot ve türev olarak ikiye ayrılmaktadır. Spot piyasalarda doğal gaz sahipleri ile müşterileri bir borsa üzerinde mutabık kalarak anlaştıkları gün ödeme işlemini gerçekleştirerek takas işlemi tamamlanmaktadır. Türev (vadeli/futures) piyasalarda ise teslimatı ve/veya ödemesi ileri tarihte yapılacak olan doğal gaz için taraflar bugünden anlaşma sağlamaktadırlar. Ülkemizde EPIAŞ bünyesinde 1.10.2021 tarihi itibarıyla vadeli doğal gaz piyasası işlemleri yapılabilmektedir.

## **3.4.4 Doğal Gaz Fiyatını Etkileyen Temel Faktörler**

Bu bölümde doğal gaz fiyatını etkileyen faktörler petrol ve kömür fiyatları; döviz kuru, enflasyon, faiz oranları gibi ekonomik faktörler; rezerv miktarları, üretim ve depolama kapasitesi ile doğa olayları olarak dört başlık altında açıklanmaktadır.

### **3.4.4.1 Petrol ve Kömür Fiyatları**

Elektrik üretim santralleri ile üretimlerinde büyük oranda doğal gaz kullanabilen demir, çelik, kâğıt fabrikaları gibi tüketiciler; her bir ikame yakıtın maliyetine bağlı olarak doğal gaz, petrol veya kömür arasında geçiş yapabilmektedirler. Petrol ve kömür fiyatlarındaki düşüş doğal gaza olan talebe azalmasına sebep olabilmektedir ve bu da doğal gaz fiyatlarının



daha rekabetçi bir seviyeye gelmesini sağlayabilmektedir. Bu yakıtların fiyatları doğal gaz fiyatlarına göre arttığında ise, doğal gaza olan geçişin artmasına bağlı olarak talebi ve fiyatları artırabilmektedir. Ancak son yıllarda doğal gaz fiyatlarının diğer yakıtlara göre uygun olması elektrik sektöründe doğal gaz kullanımını hızla artırmıştır.

#### **3.4.4.2 Ekonomik Faktörler**

Türkiye gibi tükettiği doğal gazın çok büyük bir kısmını ithal eden ülkelerde artan döviz kuruna bağlı olarak tüm girdi maliyetleri ve doğal gaz fiyatı doğrudan artmaktadır. Bununla birlikte doğal gaz ihraç eden ülkelerin yerel para birimlerinin enerji sektöründe global para birimi olan dolar karşısında değer kazanması birim maliyetlerde düşüşe ve ülke içinde doğal gaz fiyatlarının düşmesine sebep olabilmektedir. Döviz kuru ile yakın ilişki içinde olan faiz oranları, siyasi değişkenler, TÜFE gibi değerler de dolayısıyla fiyatlara etki etmektedir.

#### **3.4.4.3 Rezerv Miktarı, Üretim ve Depolama Kapasitesi**

Depolama seviyelerinde elde bulundurulan doğal gaz rezervleri, doğal gaz fiyatları üzerinde önemli bir etkiye sahip olmaktadır. Yoğun kullanılan dönemlerde yeterli rezerve sahip olunamadığında üretimde daha fazla gaz rafine edilmeye çalışılmaktadır. Bunun sonucunda artan üretim ile birlikte çalışan ücretleri, ek makine ihtiyacı ya da artan bakım maliyetleri ve yakıt da dâhil olmak üzere kaynak maliyetleri artmaktadır. Bu durumda da son tüketicilerin daha yüksek fiyattan doğal gaz tüketmelerine sebep olmaktadır.

#### **3.4.4.4 Doğa Olayları**

Kasırga gibi şiddetli doğa olaylarının doğal gaz üretiminin azalmasına sebep olduğu durumlarda doğal gaz fiyatlarını etkileyebilmektedir. Bununla birlikte çok soğuk havalarda doğal gaz üretiminin bozulabildiği görülmüştür. Doğal gaza talebin yüksek olduğu özellikle kış dönemlerinde meydana gelebilecek bu tarz kesintiler fiyatlara beklenenden daha fazla etki edebilmektedir. 2000'li yılların başında Meksika Körfezi'nde yaşanan Rita ve Katrina kasırgalarının doğal gaz üretiminde yaşattığı kesintiler sebebiyle ABD'de fiyatların beklenenden fazla doğrudan etkilendiği görülmüştür.

### 3.4.5 Doğal Gazın Fiyatına Yönelik Literatür Taraması

Doğal gaz fiyatına etki eden faktörler üzerine hem makale hem de tez konusu olarak çalışmalar yapıldığı görülmektedir. Doğal gaz ve petrol fiyatlarının birbirine etkisi literatürde en çok analiz edilen değişkenler olarak karşımıza çıkmakta ve farklı sonuçların ortaya koyulduğu görülmektedir.

Literatür araştırması sonucunda doğal gaz fiyatına etki eden faktörlerin MARS yöntemi ile analiz edildiği ilk rastlanan çalışmanın Chicago, Amerika'da yapıldığı görülmüştür Kao (2011). Günlük verilerin kullanıldığı çalışmada Henry Hub doğal gaz fiyatları temel alınmış ve petrol fiyatları ile arasında eşbütünleşme ilişkisinin olduğu ortaya konulmuştur. Petrol fiyatlarından doğrudan yüksek oranda etkilenen doğal gaz fiyatlarının ayrıca mevsimsel olarak da değiştiği sonucuna ulaşılmıştır.

Göral (2015), çalışmasında doğal gaz fiyatlarına altın, kömür, petrol fiyatları ile faiz oranlarının ilişkisini incelemiştir. Doğal gaz fiyatlarının uzun dönemde tüm değişkenlerden etkilendiği sonucuna ulaşmıştır.

Torun (2017), reel döviz kuru ve petrol fiyatlarının doğal gaz fiyatlarına etkisini incelemiştir. 2000-2015 yılları arasındaki verilerin kullanıldığı çalışmada hem petrol fiyatlarının hem de döviz kurunun doğal gaz fiyatlarına doğrudan etki ettiği sonucuna ulaşmıştır.

Perifanis ve Panapakidis (2018), ham petrol fiyatları ile İngiltere NBP doğal gaz fiyatları arasındaki ilişkinin incelendiği araştırmasında iki fiyatın birbirlerine bağlı olmadığını, diğer sosyal ve ekonomik değişkenlerin fiyatlar üzerinde etkili olduğunu söylemiştir.

Schmith (2018), yaptığı çalışmada ARDL yöntemiyle Avrupa ülkelerinde doğal gaz fiyatlarına petrol fiyatları ve GDP değişkenlerinin etkisini incelemiştir. Petrol fiyatlarının doğal gaz fiyatlarına etkisinin 2008 yılı sonrasında azalmasına rağmen etkili olduğuna dikkat çekerken, GDP gibi ekonomik faktörlerin fiyat mekanizması üzerinde daha fazla etkiye sahip olduğunu ifade etmiştir.

Aydın (2019), dolar kuru, altın, kömür, petrol, doğal gaz fiyatları arasındaki ilişkiyi inceleyen bir çalışma yapmıştır. 14 yıllık veri setinin kullanıldığı Granger nedensellik analizi

sonuçlarına göre dolar kuru, altın, petrol ve kömür fiyatlarının doğal gaz fiyatını doğrudan etkilediği sonucuna ulaşmıştır.

Bastanin vd. (2019), Avrupa’da yer alan on dört ülkede yaptığı çalışmada, her bir ülkede fiyatların birbiri arasında yakınsama olup olmadığı araştırmıştır. Analizleri sonucunda ülkeler arasındaki fiyatların birbirleri ile ilişkili olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Gürbüz ve Erdem (2021), ARDL ve sınır testi yöntemleriyle Avrupa piyasalarındaki petrol ve doğal gaz fiyatlarının ilişkisini 2010-2020 yılları arası incelemiştir. Brent petrol fiyatlarının doğal gaz fiyatlarına etkisinin azalmasına rağmen halen devam ettiği sonucuna ulaşmıştır.

Karakuş (2021), yaptığı çalışmada doğal gaz ve petrol fiyatlarının hisse senedi fiyatları ile ilişkisini araştırmıştır. 2010-2019 yılları arasındaki ham petrol, doğal gaz ve Borsa İstanbul’da yer alan 111 şirketin verilerini kullanarak yaptığı analiz sonucunda petrol ve hisse senedi fiyatları arasında bir eşbütünleşme ilişkisi olmasına rağmen doğal gaz fiyatları ile arasında herhangi bir ilişki olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Öztürk vd. (2013), Granger ve Gregory Hansen eşbütünleşme testleri ile ve Eyüboğlu ve Eyüboğlu (2016), Johansen eşbütünleşme testi ile yaptığı çalışmalarda benzer şekilde doğal gaz ve hisse senedi fiyatları arasında bir nedensellik ilişkisi olmadığı sonucuna ulaşmışlardır.

### **3.5 Doğal Gaz Sektöründe Karşılaşılan Riskler**

Politik belirsizlikler, siyasi değişimler, rekabet, insan sermayesi açığı, mali ve finansal yapı, piyasadaki arz ve talep dengesi, fiyatlarda oluşan dalgalanmalar, gelişen teknoloji, alternatif yakıtlar, jeolojik yapı, iklim değişiklikleri, sağlık, güvenlik, çevre ve operasyonel riskler doğal gaz sektöründe karşılaşılan temel riskleri oluşturmaktadır.

#### **3.5.1 Politik Riskler**

Doğal gaz sektöründeki tüm şirketler keşif, üretim, iletim, dağıtım ve depolama alanlarında belirli regülasyonlar altında kendilerine verilen lisanslar ile faaliyet göstermektedirler. Düzenleyici yapıyı politikanın etkisi ve denetimi altında olabilmektedir. Kanun ve yönetmelikler ülkelere ve şehirlere göre politik risklere göre düzenlenmektedirler. Doğal gaz sektöründe faaliyet gösteren şirketler uzun vadeli çalışabilecekleri istikrarlı siyasi

ortamları tercih etmektedirler. Kamulaştırma ve düzenleyici ortamın yapısını değiştiren siyasi rüzgârlardan uzak durmaya çalışmaktadırlar çünkü belirsizlik pek çok sorunu beraberinde getirebilmektedir. Bu durumda şirketler uzun vadede ülkede faaliyet göstermeyi düşünüyorsa yerel veya uluslararası güçlü şirketlerle dikkatli analiz çalışması sonucunda ilişkiler kurarak ortak faaliyetler yürütebilmektedir.

### **3.5.2 Makroekonomik Riskler**

Doğal gaz sektöründe faaliyet göstermek için yüksek miktarda sermaye gerekmektedir. Bununla birlikte yatırım ve operasyon süreçlerindeki proje planları uzun yılları kapsamaktadır. Olası finansal krizler, döviz kurundaki dalgalanmalar, kredibilite, vergi rejimi değişiklikleri ya da farklı makroekonomik faktörler şirketlerin sermaye yapısını ya da sektörün bütününe doğrudan etkileyebilmektedir.

### **3.5.3 Jeolojik Riskler**

Keşif ve üretim yapan şirketler için hem sondaj faaliyetlerinin zorluğu hem de bulunan doğaı gaz yatağındaki erişilebilir rezervlerin tahmin edilenden çok daha az olması durumu jeolojik risk kavramını ortaya çıkarmaktadır. Jeolojik riskleri minimize etmek için son yıllarda teknolojik olarak oldukça fazla yatırım yapılmaktadır. Kanıtlanmış ya da olası gibi terimler jeolojik riskleri ortaya koymak için literatürde sıklıkla kullanılan kavramlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

### **3.5.4 Fiyat Riski**

Doğal gazın fiyatı keşfedilen rezervin ekonomik olarak yatırım yapmaya uygun olup olmadığının karar verilmesi için temel değişkenlerden birisidir. Sondaj faaliyetlerine başlamadan önce şirketler jeolojik risklerle birlikte proje süresi boyunca olası fiyatları tahmin ederek karar vermeye çalışmaktadırlar. Proje yatırım kararı verildikten sonra fiyat riski sürekli olarak gözlenmektedir. Fiyat düşüşü nedeniyle proje faaliyetlerinde kapasite azaltımı ya da durdurma gibi kararlar alınabilmektedir.

### **3.5.5 Operasyonel Riskler**

Operasyonel risklerin en temel noktası nitelikli çalışan ihtiyacı olmaktadır. Sektörde her geçen gün artan kalifiye insan açığı, sektörün bütünü için önemli bir stratejik tehdit ve risk haline gelmektedir. Doğru çalışanı bulmak ve elde tutma mücadelesi sonucunda ücretler hızla yükselebilmektedir. Artan maliyetlerin etkisiyle ortaya çıkabilecek kapasite kısıtlamaları durumunda projelerde gecikme ya da projeden vazgeçme sonuçları ortaya çıkabilmektedir. Sağlık, güvenlik ve çevre riskleri de operasyonel riskler arasındadır. SEÇ yönetiminin eksikliği durumunda kaza, patlama, kaçak gibi birçok riski beraberinde getirmektedir.

### **3.5.6 Yenilenebilir Enerjilerin Popülaritesinin Artması**

Dünyada birçok ülkede doğal gaz endüstrisi tekel konumda faaliyetlerini sürdürmektedir. Yenilenebilir enerjide teknolojik gelişmeler ışığında üretim maliyetlerinin düşmesi ve kullanımının artması ile birlikte doğal gaz endüstrisine bağlılık kırılacaktır. Bu durumda ortaya çıkabilecek rekabet ortamında şirketler marjları azaltmak durumunda kalabileceklerdir. Alternatif enerji kaynaklarının artışına bağlı olarak ortaya çıkabilecek arz ve talep dengesizliği orta vadede potansiyel önemli risklerden birini oluşturmaktadır.

## **3.6 Doğal Gaz Piyasasına Yönelik Strateji Türleri**

### **3.6.1 Enerji Ticaret Merkezi Olma Stratejisi**

Dünya üzerinde söz sahibi ekonomisi güçlü olan ülkeler enerji üretim merkezi ya da enerji köprüsü olmaktan öte enerjide ticaret merkezi olma stratejileri geliştirmektedirler. Sürdürülebilir ekonomi güvenliği için en önemli değişkenlerden birisi enerji olmaktadır. Ülkelerin cari işlemler dengesinde enerji değerleri çok önemli bir paya sahiptir. Ticaret merkezi olarak fiyatı belirleme yetkisine sahip olmak, sürdürülebilir arz güvenliğini sağlamak temel stratejiler arasında yer almaktadır. Enerji fiyatlarında petrole endeksli uzun vadeli doğal gaz kontratlarının payı halen çok fazla olmasına rağmen rekabetçi pazar yapısı ile birlikte her geçen gün azalmaktadır. Süresi dolan kontratlar tekrar yenilenmemekte, özellikle LNG piyasasının genişlemesi ile birlikte enerji borsaları üzerinden yapılan işlem hacimleri sürekli olarak artmaktadır.

### 3.6.2 Hidrojenle Zenginleştirme Stratejisi

Karbonsuzlaşma politikaları doğrultusunda çevre dostu yakıtların daha fazla kullanılması birçok dünya ülkesinin temel enerji politikaları arasında bulunmaktadır. Hidrokarbon içerikli olan doğal gazdan karbonun arındırılması yönelik çalışmalarda hidrojen kullanımının öne çıktığı görülmektedir. Kütlesel ısı değeri doğal gazdan iki kattan daha fazla olan hidrojenin şehir içi doğal gaz dağıtım şebekesine enjeksiyonu ile ilgili Hollanda, Almanya, Fransa gibi Avrupa'nın pek çok ülkesinde aktif projeler devam etmektedir. Teknik araştırma faaliyetlerinin yanı sıra kanun ve mevzuat düzenlemeleri konusunda da altyapı çalışmaları yapılarak yol haritaları hazırlanmaktadır.

Yenilenebilir enerjiden elde edilecek hidrojenin doğal gaz şebekesine akıtması ile birlikte depolama konusunda da önemli çözüm ortaya çıkabileceği öngörülmektedir. Talebin az olduğu dönemlerde yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilecek olan elektrik, talebin fazla olduğu dönemlerde elektrolizör yardımıyla temiz hidrojenin elde edilmesinde kullanılabilir. Üretilen hidrojen doğal gaza oranla çok daha küçük ortamlarda depolanabilir ve ihtiyaç durumunda dağıtım şebekesine enjekte edilebilecektir (Deymi-Dashtebayaz vd., 2019).

### 3.6.3 Depolama Stratejileri

Doğal gazın depolanabilmesi oluşabilecek herhangi bir problem durumunda kesintisiz gaz arzını sağlamak için oldukça önem arz etmektedir. Hem kışın soğuklarda ısınma amaçlı hem de havaların çok sıcak olduğu dönemlerde soğutma amaçlı doğal gaz talebinde meydana gelen ani artışlarda şebeke akışlarını depoların aktif kullanımı ile dengelemek mümkün olabilmektedir. Doğal gaz ithal eden ülkeler için değişen siyasi ve ekonomik koşullarda ortaya çıkan fiyat dalgalanmalarının etkisini minimize etmek için de depolamanın önemi ortaya çıkmaktadır. Fiyatın ucuz olduğu dönemlerde alınabilecek gaz ile talebin pik yaptığı dönemlerdeki fiyat artışlarından etkilenmeden gaz arzı sağlayabilmek için depolama kapasitelerinin artırılması için stratejiler geliştirilmektedir (Mumtaz vd., 2017).

### 3.6.4 Verimlilik Artışı Stratejisi

Enerjide verimlilik kavramı her geçen gün artan maliyetler ve faturalar ile günden güne önem kazanmaya devam etmektedir. Avrupa’da 2015 senesinde devreye alınan “Energy Related Products” direktifi 1. faz kapsamında enerji verimli ısıtma cihazlarının kullanımının yaygınlaştırılmasına çalışılmaktadır. Ülkemizde de 2009 senesinde yürürlüğe giren Enerji Verimliliği Kanunu kapsamında aksiyonlar alınmaktadır. Akıllı şebeke altyapılarına yatırım yapan dağıtım şirketleri bu sayede kullanıcılarına daha verimli bir tüketim alışkanlığı oluşturmaya çalışmaktadır.

### 3.6.5 Çeşitlendirme Stratejisi

Doğal gazın kullanım alanlarının çeşitlendirilerek artırılması konusunda çalışmalar ve stratejik yatırımlar devam etmektedir. CNG formunda araçlarda başarılı bir şekilde kullanılan doğal gazın LNG formunda ağır ticari araçlarda kullanılması için deneysel test çalışmaları da hız kazanmıştır. Erçelik (2021), yaptığı çalışmada ağır ticari bir kamyonunda dizel ve LNG kullanımlarını karşılaştırmıştır. LNG kullanan aracın 0-85 km/saat hıza dizel araca göre %24 oranında daha kısa sürede ulaştığı ve karma kullanımda %27 oranında yakıt tasarrufu sağladığı görülmüştür.

### 3.6.6 Tasarruf Stratejisi

Tasarruf stratejisi kişisel ya da şirketlerin yönetim stratejileri arasında yer almaktadır. Şirketler değişen çevre koşullarına karşı ekonomik olarak sürdürülebilirliğin sağlanması için dönem dönem bazı iş kollarında faaliyetini azaltma ya da durdurma kararı alabilmektedir. Küçülme stratejisi olarak da kabul edilen bu kararlar, başarısızlık olarak değerlendirilmemelidir. Doğal gazın fiyatına, talep miktarına ya da ülkenin ekonomik yapısına uygun olarak sektördeki şirketler maliyetlerini azaltmak ya da gelirlerini artırmak için organizasyonel yapılarını da güncellemektedirler (Yemelyanov vd., 2021).

Bireysel doğal gaz tüketiminin azaltılması için yalıtım, izolasyon ve mantolamaya yapılan yatırım son yıllarda oldukça artmaktadır. Radyatörlerin arkasına ısı yalıtım malzemeleri koyulmakta ya da önlerinde ısı akışını engelleyecek eşyalar kaldırılmaktadır. Oda ısılarının belirli derece sabit kalmasını sağlayan termostat kullanımının da oldukça arttığı görülmektedir.

Kombi teknolojilerindeki değişimle birlikte konvansiyonel cihazlar yerine yoğuşmalı kombilerin piyasada kullanım yüzdesinin de artmakta ve üretim şirketleri bu konuda yatırımlarını artırmaktadır.

### **3.6.7 Dijitalizasyon**

Hızla artan veriler, internet trafiği, mobilite ve bağlantı seçenekleriyle enerji sektörü her geçen gün yeniden şekillenmektedir. Artan dijitalleşme ile birlikte bu sürecin uçtan uca birbirine daha güvenilir ve hızlı bağlayacağı düşünülmektedir. Yeni keşif sahalarındaki sismik verilerin yapay zekâ yardımıyla çok hızlı bir şekilde işlenmesine imkân sağlayabilecek teknolojiler keşif ve üretim yapan şirketlerin stratejik olarak yatırım yaptığı alanların başında gelmektedir. Artan dijitalizasyonun verimliliğe katkısı ile birlikte maliyetleri azalması, rekabet gücü ve performansın ise artması beklenmektedir (Loock, 2020).

### **3.6.8 LNG**

Dünyada 1964 yılında Cezayir'den İngiltere'ye ihraç edilerek piyasada kullanılmaya başlanan LNG'nin Pazar payı her geçen gün artmaktadır. Boru hattı ile dağıtımın teknik ya da ekonomik olarak uygun olmadığı yerlerde ihtiyaca yönelik olarak kullanımına başlanan LNG, fiyat avantajı ve daha kolay depolama imkânı sayesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Üretim aşamasının ardından sıvılaştırılarak tankerle dünyanın her noktasına taşınabilen LNG, yüksek yatırım maliyetli boru hatlarına karşı önemli bir alternatif olarak görülmektedir. FSRU tesislerinde doğrudan gaz fazına dönüştürülerek kullanılabilen LNG, ithalatçı ülkeler için depolama zorunluluğunu da ortadan kaldırmaktadır.

Dünya'da Katar, Amerika, Avustralya gibi ülkeler LNG ihracatında öncü konumda yer alırken; Japonya, Çin, Güney Kore gibi ülkeler de LNG ihracatında ilk sıralarda yer almaktadır. Dünya doğal gaz ticaretinde yaklaşık %15 paya sahip olan LNG'nin sağladığı avantajlar ile birlikte 2040 yılında %40 pazar payına sahip olması öngörülmektedir. Bu avantajlar ve artan talep ile birlikte LNG'ye yönelik stratejik yatırımlar da her geçen gün artmaktadır. Recepoğlu (2021), yaptığı çalışmasında doğal gaz kullanımının dizel araçlara göre sağladığı emisyon azalmasını farklı kullanım örnekleriyle göstermiştir (Amarfio vd., 2020).



### **3.6.9 Kaya Gazı (Kayaç/Şeyl Gazı)**

Şeyl temelinde yüksek oranda kil minerali ile birlikte dolomit, kalsit, kuvars bulunan bir sedimanter kaya çeşididir. Çok ince katmanlardan oluşan bir yapıya sahiptir. Kaya gazı bu katmanlar arasındaki hidrokarbonların açığa çıkarılmasını sağlayan geleneksel olmayan bir doğal gaz çeşidini ifade etmektedir. İçerisinde %95 üzerinde su ile birlikte ince kum ve çeşitli kimyasallar bulunan çatlatma sıvısı yüksek basınçta kayaların katman katman kırılması için kullanılır. Kırılma sırasında açığa çıkan doğal gaz kuyularda birikir ve kuyulardaki basıncın düşürülmesi ile depolanmak üzere çıkartılmaktadır (Wang vd., 2020).

İlk olarak Amerika'da 1800'lü yılların başında çıkartılmaya başlanan kaya gazı üretiminde yapılan stratejik yatırımlar ile birlikte son on yılda çok önemli rezervler tespit edilmiştir. Dünyadaki kaya gazı rezervlerinin fosil yakıtların on katından daha fazla olabileceği tahmin edilmektedir. Ülkemizde de Güneydoğu Anadolu ve Trakya bölgelerinde kaya gazı üretimi için sondaj alanları oluşturularak stratejiler geliştirilmektedir. Gelişen teknolojiler ile birlikte yakın gelecekte üretim maliyetlerinin düşmesi sağlandığında kaya gazı üretim şirketlerinin stratejik odak noktası haline gelebilecektir.

### **3.6.10 RNG-Yenilenebilir Doğal Gaz**

Biyogaz olarak da adlandırılan RNG (Yenilenebilir Doğal Gaz), fosil yakıtlara sürdürülebilir bir alternatif olarak son yıllarda hızla gelişen bir teknoloji olarak öne çıkmaktadır. Petrol/kömür kaynaklarından ekstrasyon gerektirmeden atıklardan elde edilmektedir. Yenilenebilir doğal gaz enerjisi üretiminin yanı sıra dünyadaki atık problemini azaltabilmek için de potansiyel bir araçtır. Gelişmiş ülkelerde toplam gıda arzının %30'dan fazlasının israf olduğu düşünülmektedir. Suların kirlenmesi ve topraktaki toksin oranının artmasını engellemek için yenilenebilir doğal gaz üretiminde verimlilik artışı çalışmalarına stratejik yatırımlar devam etmektedir (Yoesgiantoro vd., 2021).

## 4. BÖLÜM

### TÜRK DOĞAL GAZ SEKTÖRÜNE YÖNELİK EKONOMETRİK BİR ANALİZ

Tezin bu bölümünde ilk olarak ilgili çalışmanın amacı ve kapsamı hakkında bilgi verilmektedir. İkinci olarak analiz sürecinde dikkate alınan değişkenler açıklanmaktadır. Ardından tezde kullanılan yöntemler hakkında teorik bilgiler paylaşılmaktadır. Daha sonra elde edilen analiz sonuçlarına yer verilmektedir. Son olarak öngörülen olası senaryoların oluşması durumunda beklentiler açıklanmaktadır.

#### 4.1 Analizin Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmada Türkiye'deki doğal gaz talebinin tahmin edilmesine yönelik model ortaya konması amaçlanmaktadır. Doğal gaz tüketimi bağımlı değişken olarak ele alınmış, buna bağlı olarak makroekonomik veriler, iklim koşulları, enerji ve fiyat verileri ile toplumsal ve kültürel veriler bağımsız değişken olarak kullanılmaktadır. Aylık verilerin değerlendirildiği bu çalışmada değişkenlere ait 2015 yılı ocak ayı ile 2021 yılı haziran ayı arasındaki 78 gözlem kapsama dâhil edilmiştir.

#### 4.2 Analiz Sürecinde Dikkate Alınan Değişkenler

Bu tezde doğal gaz talebini etkileyen önemli faktörler belirlenmeye çalışılmaktadır. Bu çerçevede, geniş kapsamlı literatür analizi yapılarak seçilen 27 değişken Tablo 4.1'de listelendiği üzere makroekonomik veriler, toplumsal ve kültürel veriler, enerji ve fiyat verileri ile iklim koşulları verileri olarak 4 veri seti altında toplanmıştır.

Tablo 4.1 Veri Setleri ve Değişkenler

Makroekonomik Veriler	Ekonomik Büyüme Politika Faizi Tüketici Fiyat Endeksi Üretici Fiyat Endeksi Enflasyon Oranı İşsizlik Oranı Cari İşlemler Açığı Gayrisafi Yurtiçi Hâsıla Tüketici Güven Endeksi
Toplumsal ve Kültürel Veriler	Abonelik Sayısı Kombi Sayısı Tesisat Sayısı Boru Hattı Uzunluğu Nüfus Aylık Tatil Günü Sayısı Yapı Ruhsatı Sayısı
İklim Koşulları Verileri	Ortalama Sıcaklık Ortalama Nem Oranı Ortalama Rüzgâr Şiddeti Yağışlı Gün Sayısı Kar Örtülü Gün Sayısı
Enerji ve Fiyat Verileri	Doğal Gaz Tüketimi Yenilenebilir Enerji Kullanım Oranı Doğal Gaz Fiyatı Petrol Fiyatı Kömür Fiyatı Dolar Kuru

İlk veri setinde yer alana makroekonomik değişkenler arasında ekonomik büyüme, politika faizi, tüketici fiyat endeksi, üretici fiyat endeksi, enflasyon oranı, işsizlik oranı, cari işlemler açığı, gayrisafi yurtiçi hâsıla ve tüketici güven endeksi yer almaktadır. İlgili değişkenlere ait verileri Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası ve Türkiye İstatistik Kurumu web sitelerinden alınmıştır. Gelişmişlik ve refah seviyesi ile alım gücünün yüksek olduğu toplumlarda tüketimin daha yüksek olduğu görülmektedir. Tüketici fiyat endeksi ve buna bağlı olarak enflasyondaki artış insanların gelirlerini daha temel ihtiyaçlarına harcamaya yoğunlaştırarak mümkün olduğunca hem doğrudan ısınma amaçlı tüketimin azaldığı hem de elektrik kullanımında tasarruf yapılarak dolaylı olarak doğal gaz gereksinimini azalttığı belirlenmiştir. Bu doğrultuda, doğal gaz tüketiminin modellenmesi ve talep tahmininin

yapılabilmesi için makroekonomik verilerin dikkate alınması önem arz etmektedir. Bununla birlikte işsizlik oranının artması durumunda tüketimin azalacağı öngörülmektedir.

İklim koşulları verileri ortalama sıcaklık, nem oranı, rüzgâr şiddeti, yağışlı gün sayısı ve kar örtülü gün sayısı değişkenlerinden oluşmaktadır. Veriler, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait internet sitesinden temin edilmiştir. Sıcaklığa ilişkin hususların doğal gaz talebi üzerinde en yüksek etkiye sahip olduğu yapılan araştırmaların sayısı ve sonuçlarından anlaşılmaktadır. Bunun en temel gerekçesi ortalama sıcaklığın yüksek olduğu yaz döneminde, doğal gaz talebinin minimuma inmesidir. Aksi durumda da sıcaklıkların azaldığı kış aylarında doğal gaza talebin fazla artış içerisinde olduğu görülmektedir (Yüksel vd., 2021).

Yağışlı gün sayısı, nem oranı ve rüzgâr şiddeti hissedilen sıcaklığı doğrudan etkilediği için talebe dolaylı olarak etki ettiği çalışmalarda ortaya çıkmıştır. Karın yağdığı ve yer kaldığı günlerde hem evsel hem de elektrik üretim amaçlı tüketimin en üst noktaya çıktığı gözlenmektedir. Bu bağlamda, doğal gaz tüketim talebine ilişkin yapılacak çalışmalarda gelecek döneme ilişkin sıcaklık ve sıcaklığa etki eden değişkenlerin önemle dikkate alınması gerekmektedir.

Enerji ve fiyat verileri doğal gaz tüketimi, yenilenebilir enerji kullanım oranı, doğal gaz fiyatı, petrol fiyatı, kömür fiyatı, dolar kuru olarak seçilmiştir. Yenilenebilir enerji kullanımında meydana gelen artışlar doğal gaza olan bağımlılığı azalttığı için tüketimin de azalmasına sebep olduğu görülmektedir. İkame yakıtlar olan petrol ve kömür fiyatları azaldığında doğal gazdan diğer enerji kaynaklarına geçişler ortaya çıkabileceğine çalışmalarda rastlanmaktadır. Dolar kuru ithalat odaklı doğal gaz kullanan ülkelerde fiyat artışlarına neden olacağından tüketime azalış yönünde etki edebilecektir.

Abonelik, kombi, tesisat ve yapı ruhsatı sayıları, boru hattı uzunluğu, nüfus ile aylık tatil günü sayısı değişkenleri son grup olarak toplumsal ve kültürel veriler olarak sınıflandırılmıştır. Nüfusta meydana gelen artışla doğru orantılı olarak abonelik, yapı ruhsatı, tesisat ve kombi sayılarında artış gözlenmektedir. Bu durum tüketimde olan talebe doğru orantılı olarak katkı sağlamaktadır. Boru hattı uzunluğundaki artış doğal gaza erişebilen nüfusu artırdığı için talepte de artış oluşmasına neden olmaktadır. Yapılan geniş kapsamlı literatür taraması sonucunda elde edilen değişkenlerin detaylı listesine Tablo 4.2'de yer verilmektedir.

Tablo 4.2 Değişkenler Literatür Araştırması

Değişken Adı	Kaynak
Ekonomik Büyüme	Mughal vd. (2022); Çelik (2021); Rahman vd. (2020); Jiang vd. (2020); Khan vd. (2019); Sinaga (2019); Fadiran vd. (2019); Zhi-Guo vd. (2018); Schmith (2018); Tamba vd. (2018); Burke ve Yang (2016)
Politika Faizi	Li vd. (2021); Mashhoodi (2021); Roumi vd. (2021); Şen vd. (2019); Yemelyanov vd. (2019)
Tüketici Güven Endeksi	Roumi vd. (2021); Jiang vd. (2020); Obringer vd. (2020)
Doğal Gaz Fiyatı	Çelik (2021); Gürbüz ve Erdem (2021); Li vd. (2021); Karakuş (2021); Roumi vd. (2021); Tuna (2019); Aydın (2019); Çatık ve Deliktaş (2016)
Aylık Tatil Günü Sayısı	Marziali vd. (2021); Dong vd. (2018); Tamba vd. (2018);
İşsizlik Oranı	Mashhoodi (2021); Yücesan vd. (2021); Roumi vd. (2021); Emek (2020); Jiang vd. (2020); Obringer vd. (2020); Wei vd. (2019); Xiang ve Lawley (2019); Tamba vd. (2018)
Yağışlı Gün Sayısı	Svoboda (2021); Šebalj vd. (2019); Liu vd. (2018); Burke ve Yang (2016); Göral (2015)
Abonelik Sayısı	Kostakis vd. (2021); Marziali vd. (2021)
Kömür Fiyatı	Cai (2021); Wang vd. (2019); Aydın (2019); Greiner vd. (2018); Çatık ve Deliktaş (2016); Göral (2015)
Tesisat Sayısı	Karabiber ve Xydis (2021); Marziali vd. (2021)
Yenilenebilir Enerji Kullanım Oranı	Roumi vd. (2021); Çıtak vd. (2021); Svoboda (2021); Öztürk ve Öztürk (2018); Dong vd. (2018); Chai vd. (2018)
Nüfus	Wei vd.(2019);Burke ve Yang (2016)
Cari İşlemler Açığı	Gao ve Shao (2021); Yemelyanov vd. (2021); Schmith (2018)
Yapı Ruhsatı Sayısı	Bastanin vd. (2019); Hartley ve Medlock (2014)
Sıcaklık	Fabbiani vd. (2021); Liu vd. (2021); Çelik (2021); Svoboda (2021); Emek (2020); Šebalj vd. (2019); Wei vd. (2019); Taşkiner (2018); Özmen vd. (2018); Burke ve Yang (2016)
Nem Oranı	Es (2021); Sharma vd. (2021); Es (2021); Wei vd. (2019); Şen vd. (2019); Šebalj vd. (2019); Liu vd. (2018); Taşkiner (2018)
Rüzgâr Şiddeti	Marziali vd. (2021); Smajla vd. (2021); Wei vd.(2019); Özmen vd. (2018); Öztürk ve Öztürk (2018)
Dolar Kuru	Butt vd. (2020); Aydın (2019); Beyca vd. (2019); Galadima ve Aminu (2019); Torun (2017)
Kar Örtülü Gün Sayısı	Liu vd. (2021); Butt vd. (2020)
Doğal Gaz Tüketimi	Wei vd. (2022); Svoboda (2021); Yücesan vd. (2021); Mashhoodi (2021); Çelik (2021); Emek (2020); Beyca vd. (2019); Taşkiner (2018); Özmen vd. (2018)
Kombi Sayısı	Marziali vd. (2021); Jiang vd. (2020)

Enflasyon Oranı	Kumar vd. (2021); Lin ve Agyeman (2021); Es (2021); Jiang vd. (2020); Bu vd. (2020); Şen vd. (2019); Tuna (2019); Galadima ve Aminu (2019); Özmen vd. (2018)
Petrol Fiyatı	Gürbüz ve Erdem (2021); Karakuş (2021); Aydın (2019); Perifanis ve Panapakidis (2018); Çatık ve Deliktaş (2016)
Boru Hattı Uzunluğu	Smajla vd. (2021); Emek (2020)

Tablo 4.2’den görüldüğü üzere literatür taraması sonucunda 24 farklı değişken tespit edilmiştir. Bu değişkenleri her biri akademik çalışmalara göre doğal gaz fiyatları üzerinde etkilidir. Dolayısıyla, söz konusu değişkenlerin analiz sürecine dahil edilmesi planlanmıştır. Buna karşın, Türkiye ile ilgili olarak veri seti yetersizliğinden dolayı bazı değişkenler modele dahil edilememiştir. Bu çerçevede, 24 değişken içerisinde 6 adet değişken yeterli veri seti olmadığı için kapsam dışı bırakılmıştır. Netice itibarıyla, ekonomik analiz 18 farklı değişken ile gerçekleştirilmektedir. Bu değişkenler arasında “doğal gaz tüketimi” bağımlı değişken, diğer 17 adedi ise bağımsız değişken olarak dikkate alınmaktadır. Söz konusu değişkenlere ait veri setlerinin nereden temin edildiği ve analize dahil edilme durumu Tablo 4.3’te gösterilmiştir.

Tablo 4.3 Nihai Değişken Listesi

Değişken Adı	Veri Kaynağı	Veri Formatı ve Açıklama
Abonelik Sayısı	EPDK	EPDK, tarafından aylık açıklanan resmi raporlardan alınmıştır. Bir önceki aya göre artış varsa 1, azalış varsa 0 olarak alınmıştır.
Aylık Tatil Günü Sayısı	Ulusal Bayram ve Genel Tatiller Hakkında Kanun ve Resmi Gazete	Aylık bazda tatil günü sayıları hesaplanmıştır. Bir önceki aya göre artış varsa 1, azalış varsa 0 olarak alınmıştır.
Boru Hattı Uzunluğu	EPDK	EPDK tarafından aylık açıklanan resmi raporlardan alınmıştır. Bir önceki aya göre artış varsa 1, azalış varsa 0 olarak alınmıştır.
Cari İşlemler Açığı	Dünya Bankası	Dünya Bankası’na ait internet sitesinden temin edilmiştir. Cari işlemler açığının gayri safi yurt içi hasılaya oranı kullanılmıştır.
Doğal Gaz Fiyatı	Dünya Bankası	Dünya Bankası’nın açıkladığı küresel fiyatlar baz alınmıştır. Bir önceki döneme göre artış miktarı dikkate alınmıştır.

Doğal Gaz Tüketimi	EPDK	EPDK, tarafından aylık açıklanan resmi raporlardan alınmıştır. Bir önceki döneme göre artış miktarı dikkate alınmıştır.
Dolar Kuru	TCMB	Merkez Bankası tarafından açıklanan kurlar kullanılmıştır.
Ekonomik Büyüme	Dünya Bankası	Gayri safi yurt içi hasılanın çeyrek dönemlik artış oranı dikkate alınmıştır.
Enflasyon Oranı	Dünya Bankası	Tüketici fiyat indeksinin çeyrek dönemlik artış oranı dikkate alınmıştır.
İşsizlik Oranı	OECD	OECD tarafından üç aylık olarak detaylı şekilde açıklanmaktadır. 15 ve daha yukarı yaştaki nüfustaki oran kullanılmıştır.
Kar Örtülü Gün Sayısı	Meteoroloji Genel Müdürlüğü	Yeterli veri seti olmadığı için analizde kullanılamamıştır.
Kombi Sayısı	EPDK	Yeterli veri seti olmadığı için analizde kullanılamamıştır.
Kömür Fiyatı	Dünya Bankası	Dünya Bankası'nın açıkladığı küresel fiyatlar baz alınmıştır. Bir önceki döneme göre artış miktarı dikkate alınmıştır.
Nem Oranı	Meteoroloji Genel Müdürlüğü	Yeterli veri seti olmadığı için analizde kullanılamamıştır.
Nüfus	TÜİK	Yeterli veri seti olmadığı için analizde kullanılamamıştır.
Petrol Fiyatı	Dünya Bankası	Dünya Bankası'nın açıkladığı küresel fiyatlar baz alınmıştır. Bir önceki döneme göre artış miktarı dikkate alınmıştır.
Politika Faizi	TCMB	TCMB tarafından PPK toplantısı sonucunda aylık olarak açıklanmaktadır.
Rüzgâr Şiddeti	Meteoroloji Genel Müdürlüğü	Yeterli veri seti olmadığı için analizde kullanılamamıştır.
Sıcaklık	Meteoroloji Genel Müdürlüğü	Türkiye geneli için açıklanan resmi sıcak ortalaması değerleri kullanılmıştır. Bir önceki döneme göre artış miktarı dikkate alınmıştır.
Tesisat Sayısı	EPDK	EPDK, tarafından aylık açıklanan resmi raporlardan alınmıştır. Bir önceki döneme göre artış miktarı dikkate alınmıştır.
Tüketici Güven Endeksi	TÜİK	TÜİK tarafından aylık olarak yayınlanmaktadır. Bir önceki döneme göre artış miktarı dikkate alınmıştır.
Yağışlı Gün Sayısı	Meteoroloji Genel Müdürlüğü	Yeterli veri seti olmadığı için analizde kullanılamamıştır.
Yapı Ruhsatı Sayısı	TÜİK	TÜİK tarafından aylık olarak yayınlanmaktadır. Bir önceki döneme göre artış miktarı dikkate alınmıştır.

Yenilenebilir Enerji Kullanım Oranı	ETKB	Bakanlık'a bağlı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (2011-2018) ve Enerji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından paylaşılmaktadır. Yenilenebilir enerji kullanımının tüm enerji kullanımı içerisindeki yüzdesi dikkate alınmıştır.
-------------------------------------	------	---

### 4.3 Metodoloji

Bu tezde, Türkiye'nin doğal gaz talebini tahmin edebilmek için ekonometrik modeller yapılmaktadır. Bu çerçevede, MARS, regresyon ve logit yöntemleri dikkate alınmaktadır. Bu amaca yönelik olarak tezin bu alt başlığında, bahsi geçen üç farklı yöntem hakkında teorik bilgiler paylaşılmaktadır.

#### 4.3.1 Lineer Regresyon Yöntemi Hakkında Teorik Bilgi

Çok değişkenli yöntemler, iki veya daha fazla tahmin edici (bağımsız) değişken ile bir sonuç (bağımlı) değişken arasındaki ilişkiyi araştırmaktadır. Doğrusal regresyon, değişkenler arasındaki ilişkiyi göstermeye çalışan istatistiksel çok değişkenli bir yöntemdir (Montgomery vd., 2021). "Doğrusal" terimi, bir çizgiye benzeyen veya çizgilerle ilgili anlamına gelmektedir. Farklı veri noktalarına bakılarak bir eğilim çizgisi ortaya çıkmaktadır (James vd., 2021). Doğrusal regresyon, veri bilimi ve makine öğreniminde kullanılan popüler ve karmaşık olmayan bir algoritmadır. Değişkenler arasındaki matematiksel ilişkiyi incelemek için kullanılan en basit regresyon şekli olan doğrusal regresyonu anlamak için aynı zamanda aşağıdaki terimlere aşina olmak gerekmektedir (Fashoto vd., 2021):

- **Değişken:** Sayılabilen veya ölçülebilen herhangi bir sayı, miktar veya özelliktir. Aynı zamanda bir veri ögesi olarak da adlandırılır. Gelir, yaş, hız ve cinsiyet örneklerdir.
- **Katsayı:** Yanındaki değişkenle çarpılan bir sayıdır (genellikle bir tam sayı). Örneğin,  $11x$  ifadesinde 11 katsayıdır.
- **Aykırı Değerler:** Bunlar, diğerlerinden önemli ölçüde farklı olan veri noktalarıdır.
- **Kovaryans:** İki değişken arasındaki doğrusal ilişkinin yönünü göstermektedir. Başka bir deyişle, iki değişkenin doğrusal olarak ilişkili olma derecesini hesaplamaktadır.
- **Çok Değişkenli:** Tek bir sonuçla sonuçlanan iki veya daha fazla bağımlı değişkeni içeren anlamına gelmektedir.



- **Artıklar:** Bağımlı değişkenin gözlenen ve tahmin edilen değerleri arasındaki farktır.
- **Değişkenlik:** Tutarlılığın olmaması veya bir dağılımın ne ölçüde sıkıştırıldığı veya esnetildiğini göstermektedir.
- **Doğrusallık:** Bir regresyon modelinde doğrusal bir ilişki sergileyecek şekilde bağımsız değişkenler arasındaki korelasyondur.
- **Standart sapma (SD):** Bir veri kümesinin ortalamasına göre dağılımının bir ölçüsüdür. Diğer bir deyişle, sayıların ne kadar yayılmış olduğunu bir ölçüsüdür.
- **Standart hata (SE):** İstatistiksel bir örnek popülasyonunun yaklaşık standart sapmasıdır. Değişkenliği ölçmek için kullanılmaktadır.

Bağımsız değişkenler aynı zamanda öngörücü değişkenler olarak da adlandırılırken benzer şekilde, bağımlı değişkenler de yanıt değişkenleri olarak bilinmektedir. Korelasyon katsayıları, iki değişken arasındaki ilişkinin ne kadar güçlü olduğunu hesaplamak için kullanılmaktadır. Genellikle  $r$  ile gösterilir ve  $-1$  ile  $1$  arasında bir değere sahiptir. Pozitif bir korelasyon katsayısı değeri, değişkenler arasında pozitif bir ilişki olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde, negatif bir değer, değişkenler arasında negatif bir ilişki olduğu anlamına gelmektedir. Lineer regresyon denklemi örneği aşağıda gösterilmektedir (Lederer, 2022):

$$Y = MX + B$$

- $Y$  tahmini bağımlı değişkendir (veya çıktıdır).
- $M$  regresyon katsayısıdır (veya eğimdir).
- $X$  bağımsız değişkendir (veya girdidir).
- $B$  sabittir (veya  $y$  kesme noktasıdır).

Basit ve çoklu lineer olarak iki tür temel lineer regresyon bulunmaktadır. Basit doğrusal regresyon yöntemi, tek bir bağımsız değişken ile karşılık gelen bir bağımlı değişken arasındaki ilişkiyi bulmaya çalışmaktadır. Bağımsız değişken girdidir ve karşılık gelen bağımlı değişken çıktı olmaktadır. Çoklu doğrusal regresyon yöntemi, iki veya daha fazla bağımsız değişken ile karşılık gelen bağımlı değişken arasındaki ilişkiyi bulmayı amaçlamaktadır. Ayrıca polinom regresyonu adı verilen özel çoklu doğrusal regresyon vardır. Karmaşık veri analizi için kullanılan farklı doğrusal olmayan regresyon yöntemleri de bulunmaktadır (Martin, 2022).

Değişkenler arasındaki ilişkiyi modellemek için doğrusal regresyon kullanırken birkaç varsayımda bulunmaktadır. Varsayımlar, tahmin yapmak için bir model kullanmadan önce karşılanması gereken gerekli koşullardır. Doğrusal regresyon modelleriyle ilgili genel olarak dört varsayım bulunmaktadır (Radhakrishnan, 2022):

- **Doğrusal İlişki:** Bağımsız değişken x ile bağımlı değişken y arasında doğrusal bir ilişki vardır.
- **Bağımsızlık:** Hata terimleri birbirinden bağımsızdır, otokorolasyon bulunmamalıdır. Durbin-Watson Testi ile analiz edilebilir.
- **Homoscedasticity:** Değişkenlerin ve ait hataların tüm seviyelerde eşit varyansa sahip olmasıdır.
- **Normallik:** Hatalar normal dağılıma sahiptir. Jarque-Bera testi uygulanabilir.

#### 4.3.2 Logit Yöntemi Hakkında Teorik Bilgi

Lojistik regresyon (logit modeli), tüm regresyon analizleri gibi tahmine dayalı en çok kullanılan çok değişkenli yöntemlerden birisidir. Lojistik regresyon, önceki gözlemlere dayalı olarak bağımlı bir değişkenin sonucunu tahmin etmek için kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. Logit dağılımı, tahmini olasılıkları 0 ile 1 arasında olacak şekilde sınırlamaktadır (Dobronyi ve Gu, 2021). Bu bir tür regresyon analizidir ve örneğin evet/hayır, katılıyorum/katılmıyorum, beğen/beğenmeme gibi ikili sınıflandırma problemlerini çözmek için yaygın olarak kullanılan bir algoritmadır. Hem lojistik hem lineer regresyon, R, Python, Java ve MATLAB gibi veri analizi için kullanılan herhangi bir programlama dilinde uygulanabilmektedir (Rymarczyk, 2021). Lojistik regresyon denklemi örneği aşağıda gösterilmektedir (Breitmoser, 2021):

$$Y = e^{(b_0 + b_1 * x)} / (1 + e^{(b_0 + b_1 * x)})$$

- Y, tahmin edilen değerdir (veya çıktıdır).
- B<sub>0</sub>, önyargıdır (veya kesme terimidir).
- B<sub>1</sub>, girdinin katsayısıdır.
- X, tahmin değişkenidir (veya girdidir).

Lojistik regresyonun iki modeli bulunmaktadır: ikili lojistik regresyon ve çok terimli lojistik regresyon (El-Masry vd., 2021). İkili lojistik regresyon, tipik olarak, bağımlı değişken ikili olduğunda ve bağımsız değişkenler ya sürekli ya da kategorik olduğunda kullanılır. Bağımlı değişken ikili olmadığında ve ikiden fazla kategoriden oluştuğunda, çok terimli bir lojistik regresyon kullanılabilir. Lojistik regresyonda maliyet fonksiyonu olarak lojistik veya sigmoid fonksiyon yürütülebilmektedir.

Lojistik regresyon bir veya daha fazla bağımsız değişken için kategorik değişkeni tahmin ederken, doğrusal regresyon sürekli değişkeni tahmin eder. Diğer bir deyişle, lojistik regresyon sabit bir çıktı sağlarken, doğrusal regresyon sürekli bir çıktı sunmaktadır. Lineer regresyonda sonuç sürekli olduğundan, sonuç için sonsuz olası değer vardır. Ancak lojistik regresyon için olası sonuç değerlerinin sayısı sınırlıdır. Doğrusal regresyonda bağımlı ve bağımsız değişkenler doğrusal olarak ilişkili olmalıdır. Lojistik regresyon durumunda, bağımsız değişkenler, log oranlarıyla ( $\log(p/(1-p))$ ) doğrusal olarak ilişkili olmalıdır. Doğrusal regresyon, olağan en küçük kareler yöntemi kullanılarak tahmin edilirken, lojistik regresyon maksimum olabilirlik tahmin yaklaşımı kullanılarak tahmin edilmektedir. Lojistik regresyon, öğrencinin bir sınavı geçip geçmediğini tahmin etmeye yardımcı olabilirken, doğrusal regresyon öğrencinin puanını tahmin edebilmektedir (Gomila, 2021).

### 4.3.3 MARS Yöntemi Hakkında Teorik Bilgi

Türkçeye "Çok Değişkenli Uyumlu Regresyon Uzanımları" olarak çevrilen "Multivariate Adaptive Regression Splines" (MARS) yöntemini, fizik ve istatistik alanlarında uzman J.Friedman 1991 senesinde geliştirmiştir (Dinçer vd, 2018). MARS, tahmin değerleri aralığında çoklu doğrusal regresyon modelleri oluşturan parametrik olmayan bir regresyon yöntemidir. Bunu verileri bölümlere ayırarak yapar ve her farklı bölümde doğrusal bir regresyon modeli çalıştırmaktadır (Hastie, 2009). Yöntemin adı aşağıda açıklamalarına yer verilen sözcüklerin ilk harflerinden gelmektedir.

- Çok Değişkenli (Multivariate)
- Uyarlayıcı (Adaptive)
- Regresyon (Regression)
- Uzanımlar (Splines)

MARS algoritması iki adımda model oluşturmaktadır. İlk olarak, temel işlevler (BF) olarak adlandırılan bir koleksiyon oluşturur. Bu izlekte, tahmin edici değerlerinin aralığı birkaç gruba bölünür. Her grup için, her biri kendi eğimine sahip ayrı bir doğrusal regresyon modellenmiştir. Ayrı regresyon çizgileri arasındaki bağlantılara düğüm denmektedir. MARS algoritması, düğümleri yerleştirmek için en iyi noktaları otomatik olarak arar (Raja ve Shukla, 2021). İkinci adımda, MARS, bağımsız değişkenler olarak temel fonksiyonları olan bir en küçük kareler modeli tahmin eder. Çok büyük bir modele uyar, daha sonra model uyumuna en az katkıda bulunan temel işlevleri yinelemeli olarak kaldırarak fazla uydurmayı önlemek için budanmaktadır (Arthur vd., 2020).

MARS, çok sayıda tahmin değişkeniyle başarılı sonuçlar vermektedir. Değişkenler arasındaki etkileşimleri otomatik olarak algılamaktadır. Karmaşıklığına rağmen verimli ve hızlı bir algoritmadır (Yüksel ve Ubay, 2020). Ancak diğer yöntemlere göre anlaşılması ve yorumlanması daha zordur. Modeli aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir (Ferreira vd., 2019).

$$Y = B_0 + \sum_{n=1}^K a_n B_n(X_t) + \varepsilon$$

- Y, bağımlı değişkendir.
- X, bağımsız değişkendir.
- $B_0$ , modelin sabit terimidir.
- $a_n$ , n. temel fonksiyonun katsayı değeridir. K tane temel fonksiyon bulunmaktadır.
- $\varepsilon$ , hata terimidir.
- $B_n(X_t)$ , t. bağımsız değişken için n. temel fonksiyonu ifade etmektedir.

Bu hususlara ilave olarak, temel fonksiyonun açıklamasını aşağıdaki şekilde ifade edilebilmek mümkündür (Ferreira vd., 2019):

$$B_m(x) = \prod_{t=1}^{Lm} [S_{l,m}(x_{v(l,m)} - k_{l,m})]$$

## 4.4 Analiz Sonuçları

Bu tezde Türkiye’deki doğal gaz tüketim talebinin modellenmesi hedeflenmiştir. Başka bir ifadeyle, Türkiye’deki doğal gaz talebini etkileyen temel faktörler tespit edilerek bir model dizayn edilmesi amaçlanmaktadır. Bu hedefe ulaşabilmek için hem doğal gaz tüketim miktarının belirlenmesine hem de doğal gaz artış/azalış trendine yönelik modelleme yapılmıştır. Söz konusu analiz sonuçlarına aşağıda alt başlıklar halinde yer verilmiştir.

### 4.4.1 Doğal Gaz Tüketim Miktarına Yönelik Modelleme

Çalışmanın analiz sürecinde ilk olarak doğal gaz tüketimine yönelik modelleme gerçekleştirilecektir. Bu süreçte öncelikle, MARS yöntemi dikkate alınacaktır. Bunun ardından, regresyon yöntemi de kullanılarak hesaplama gerçekleştirilecektir. Bu sayede, karşılaştırmalı analiz yapılarak elde edilen modellerin bağımlı değişkeni açıklama kuvveti test edilecektir.

#### 4.4.1.1 MARS Yöntemi ile Modelleme

İlk olarak, analizde dikkate alınan değişkenler ile yapılan analizde MARS sistemi tarafından 12 farklı model oluşturulmuştur. İlgili modellere ilişkin detaylar Tablo 4.4’te yer almaktadır.

Tablo 4.4 MARS Yöntemi Sonucunda Çıkan Modeller

Temel Fonksiyon	Toplam Değişken	Doğrudan Kullanılan Değişken Sayısı	GCV	GCV R-Kare
12	7	7	0.036	0.030
11	7	7	0.032	0.131
10	7	7	0.029	0.204
9	7	7	0.027	0.269
8	6	6	0.025	0.315
7	6	6	0.023	0.367
6	6	6	0.022	0.401
5	6	6	0.021	0.426
4	3	3	0.021	0.431
<b>*3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0.020</b>	<b>0.433</b>
2	1	1	0.023	0.386
1	0	0	0.037	0.000

Tablo 4.3’de her satır ayrı bir modeli işaret etmektedir. Bu tablonun en altında yer alan model başlangıç modeli olarak tanımlanmaktadır. MARS sistemi öncelikli olarak bu modeli oluşturulmaktadır. Bunun ardından, analiz sürecinde dikkate alınan bağımsız değişkenler kullanılarak olası tüm anlamlı kombinasyonlar başlangıç modeline eklenmektedir. Böylece, en karmaşık model oluşturulmaktadır. Tablonun en üstünde yer alan ve 12 adet temel fonksiyona sahip olan model ise en karmaşık model olarak dikkate alınmaktadır. Daha sonraki süreçte,  $R^2$  ve GCV değerleri dikkate alınarak en karmaşık modelden bazı temel fonksiyonlar çıkartılmaktadır. Buradaki amaç en ideal modele ulaşılmasıdır. Tablo 4.4’te 3 temel fonksiyonu olan ve “\*” ibaresi yer alan model sistem tarafından üretilen en iyi modeldir. Bu süreçteki en temel kıstas ise  $R^2$  değerinin en yüksek ve GCV değerinin en düşük olmasıdır. Elde edilen en ideal modele ait istatistiki bilgiler Tablo 4.5’te paylaşılmıştır.

Tablo 4.5 En İdeal Modele Ait İstatistiki Bilgiler

Değişken	Katsayı	Standart Hata	T Testi	P Değeri
Sabit Terim	-0.002	0.037	-0.048	0.962
Temel Fonksiyon 3	-2.984	0.821	3.636	.509546E-03
Temel Fonksiyon 4	-1.282	0.337	-3.804	.290901E-03
Temel Fonksiyon 8	-1.290	0.341	3.785	.310234E-03
<b>Gözlem Sayısı: 78</b>		<b>F Testi: 30.871 (0.0000)</b>		
<b>R<sup>2</sup>: 0.557</b>		<b>p Değeri: 0.0000</b>		
<b>Düz R<sup>2</sup>: 0.538</b>		<b>Toplam Değişken: 2</b>		
<b>GCV: 0.020</b>		<b>GCV R<sup>2</sup>: 0.433</b>		

Tablo 4.5’ten görülebileceği üzere, tüm temel fonksiyonlara ait p değerleri 0.05 değerinin altındadır. Belirtilen bu durum bahsi geçen tüm temel fonksiyonların istatistiki olarak anlamlı olduğunu belirtmektedir. Öte yandan, F testine yönelik olasılık değeri 0.0000 şeklinde belirlenmiştir. Bu durum da MARS tarafından oluşturulan tüm modelin anlamlı olduğunu göstermektedir. Düzenlenmiş  $R^2$  değeri de 0.538 olarak hesaplanmıştır. Bu durum da model açıklama gücünün oldukça yüksek olduğu hakkında bilgi vermektedir. Bunların yanı sıra, Tablo 4.5’teki katsayı değerleri temel fonksiyonların doğal gaz tüketimi üzerindeki etkisinin yönünü ve gücünü ifade etmektedir. Her bir temel fonksiyon içerisinde değişkenlerin bazılarının kombinasyonları yer almaktadır. Tablo 4.6’da modelde yer alan temel fonksiyonların içeriği gösterilmektedir.

Tablo 4.6 Modeldeki Temel Fonksiyonların Açıklaması

Temel Fonksiyon (BF)	Açıklama	Katsayı
Temel Fonksiyon 2	maks (0, 0.247 – Sıcaklık Oranı)	
Temel Fonksiyon 3	maks (0, Yenilenebilir Enerji Oranı - 0.402) * Temel Fonksiyon 2	- 2.984
Temel Fonksiyon 4	maks (0, Sıcaklık Oranı - 0.190)	- 1.282
Temel Fonksiyon 8	maks (0, Sıcaklık Oranı - 0.327)	- 1.290

Modelde 3 temel fonksiyon ile Sıcaklık Oranı ve Yenilenebilir Enerji Oranı olarak 2 değişken yer almaktadır. Tablo 4.6’da gösterilen “Temel Fonksiyon 2” aslında “Temel Fonksiyon 3” içerisinde yer almaktadır. Temel Fonksiyon 3’te meydana gelecek bir birim artış doğal gaz tüketiminde 2.984 birim azalış olacağını göstermektedir. Temel fonksiyon 3’ün gerçekleşmesi için Yenilenebilir Enerji Artış Oranının 0.402’den büyük olması ve Sıcaklık Artış Oranının 0.247’den küçük olması gerekmektedir. Yenilenebilir enerjinin toplam enerji içerisindeki payının %40’ın altında kalması veya sıcaklık oranı artış oranının %24’ü geçmesi durumunda fonksiyon 0 geleceği için modelde kullanılmayacaktır.

Sıcaklık azalışları makul seviyelerde olduğu sürece yenilenebilir enerjideki artış oranının doğal gaz tüketiminin düşmesinde çok önemli etkiye sahip olduğu görülmektedir. %99 oranında ithalata bağımlı olan doğal gazın makroekonomik dengeler içerisindeki payını azaltmak için, sıcaklık değişikliklerimi kontrol edemediğimiz bir durum olduğundan, yenilenebilir enerji yatırımlarına hız kesmeden devam edilmesi gerektiği analiz sonucunda ortaya çıkmaktadır. Sıcaklık oranının 3 temel değişkende de yer alması doğal gaz tüketiminin sıcaklıkla çok yüksek ilişkili olduğunu göstermektedir.

Öte yandan, elde edilen modelin detayları aşağıda yer almaktadır.

$$Y = -0.002 - 2.984 * (\text{Temel Fonksiyon 3}) - 1.282 * (\text{Temel Fonksiyon 4}) - 1.290 * (\text{Temel Fonksiyon 8})$$

Ayrıca, modeldeki en önemli değişkenler Tablo 4.7’de gösterilmektedir.

Tablo 4.7 Önemli Değişkenlerin Listesi

Değişken	Önemlilik Oranı (%)
Sıcaklık Oranı	100
Yenilenebilir Enerji Oranı	32.970

#### 4.4.1.2 Regresyon Yöntemi ile Modelleme

Doğal gaz tüketimine yönelik modelleme çalışmalarından ikincisi olan regresyon analizinin detaylı sonuçları Tablo 4.8’de gösterilmektedir.

Tablo 4.8 Regresyon Yöntemi Sonuçları

Bağımlı Değişken: Doğal Gaz Tüketimi				
Gözlem Sayısı: 78				
Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-İstatistik	Olasılık
BUYUMEORANI	0.008793	0.005018	1.752401	0.0839
ISSIZLIKORANI	-0.058090	0.018486	3.142361	0.0024
KFORAN	1.776941	0.787927	2.255211	0.0271
SICAKLIKORAN	-0.064320	0.016959	-3.792634	0.0003
YENILENEBİLİRENERJI	-1.535268	0.497404	-3.086562	0.0029
R <sup>2</sup>	0.273886	Durbin-Watson İstatistik		1.740113
Düzenlenmiş R <sup>2</sup>	0.234099	Prob (F değeri)		0.0000

Regresyon sonucunda ortaya çıkan Düzenlenmiş  $R^2 = 0.234099$  değeri modelin açıklama kuvvetinin MARS yöntemine göre daha az olduğunu göstermektedir. Değişkenlerin önemli bir kısmı multicollinearity (çoklu doğrusal bağlantı) olduğundan dolayı model dışı bırakılmıştır. Olasılık sınırı 0.1 kabul edilmiştir. Bunun sonucunda 5 değişkenin modelde yer aldığı görülmektedir. Kömür fiyatlarındaki artış regresyon sonucunda doğal gaz tüketimini artıran en önemli değişken olarak öne çıkmaktadır. İkinci yüksek katsayıya sahip değişken olan yenilenebilir enerjideki artışın doğal gaz tüketimini önemli ölçüde azalttığı görülmektedir. Sıcaklık oranına bağlı olarak artış olması durumunda doğal gaz tüketiminin azalması beklenmektedir. Büyüme oranı artarsa doğal gaz tüketiminin artacağı ortaya çıkmaktadır. İşsizlik oranının artması doğal gaz tüketimini az da olsa düşürmektedir. Büyüme oranı ve işsizlik oranının etkisi diğer değişkenlere göre oldukça azdır.



Regresyonun sağlanabilmesi için 4 ön koşul bulunmaktadır. Regresyon analizine yönelik detaylı sonuçlar Ek 2’de yer almaktadır. Jarque-Vera olasılık değerinin  $0.305 > 0.05$  olması hata terimlerinin dağılımının normal olduğunu göstermektedir. White heteroscedasticity test değerinin  $0.3911 > 0.05$  çıkması değişkenlerin varyansının homojen dağıldığını açıklamaktadır. Durbin-Watson istatistik değerinin 0.5 ile 3 arasında olması beklenmektedir. Analiz sonucunda 1.740113 olarak görülmektedir. VIF değerleri 147.22, 236.8, 120.50 ve 149,04 olarak çıkmıştır. Bu değerlerin de 10’dan büyük olması beklendiğinden modelimiz tüm koşulları sağlamaktadır. Bununla birlikte elde edilen modelin detayları aşağıda yer almaktadır.

$$\begin{aligned} \text{TURKEYTUKETIM} = & 0.008793 * \text{BUYUME ORANI} - 0.058090 * \text{ISSIZLIK ORANI} \\ & + 1.776941 * \text{KOMUR FIYATLARI} + 0.064320 * \text{SICAKLIK ORANI} \\ & - 1.535268 * \text{YENILENEBILIR ENERJI} \end{aligned}$$

#### **4.4.2 Doğal Gaz Artış/Azalış Trendine Yönelik Modelleme**

##### **4.4.2.1 MARS Yöntemi ile Modelleme**

MARS yöntemi ile modelleme sonuçlarını gösterildiği Tablo 4.9’da her satır ayrı bir modeli işaret etmektedir. Bu tablonun en altında yer alan model başlangıç modeli olarak tanımlanmaktadır. MARS sistemi öncelikli olarak bu modeli oluşturulmaktadır. Bunun ardından, analiz sürecinde dikkate alınan bağımsız değişkenler kullanılarak olası tüm anlamlı kombinasyonlar başlangıç modeline eklenmektedir. Böylece, en karmaşık model oluşturulmaktadır.

Tablo 4.9 MARS Yöntemi Sonucunda Çıkan Modeller

Temel Fonksiyon	Toplam Değişken	Doğrudan Kullanılan Değişken Sayısı	GCV	GCV R-Kare
13	5	5	0.254	0.011
12	5	5	0.227	0.114
11	4	4	0.205	0.200
10	4	4	0.190	0.258
9	4	4	0.175	0.318
8	4	4	0.165	0.358
7	4	4	0.152	0.406
6	4	4	0.140	0.454
5	3	3	0.136	0.470
*4	2	2	0.133	0.483
3	2	2	0.140	0.456
2	1	1	0.138	0.464
1	1	1	0.237	0.076

Tablonun en üstünde yer alan ve 13 tane temel fonksiyona sahip olan model ise en karmaşık model olarak dikkate alınmaktadır. Daha sonraki süreçte,  $R^2$  ve GCV değerleri dikkate alınarak en karmaşık modelden bazı temel fonksiyonlar çıkartılmaktadır. Buradaki amaç en ideal modele ulaşılmasıdır. Tablo 4.9’da 4 temel fonksiyonu olan ve “\*” ibaresi yer alan model sistem tarafından üretilen en iyi modeldir. Bu süreçteki en temel kıstas ise  $R^2$  değerinin en yüksek ve GCV değerinin en düşük olmasıdır. Elde edilen en ideal modele ait istatistiki bilgiler Tablo 4.10’da paylaşılmıştır.

Tablo 4.10 En İdeal Modele Ait İstatistikî Bilgiler

Değişken	Katsayı	Standart Hata	T Testi	P Değeri
Sabit Terim	0.854	0.074	11.516	.999201E-15
Temel Fonksiyon 1	-1.262	0.137	9.223	.711653E-13
Temel Fonksiyon 3	-0.076	0.023	3.300	0.001
Temel Fonksiyon 4	1.146	0.364	3.148	0.002
Temel Fonksiyon 5	-1.235	0.121	-10.185	.111022E-14
<b>Gözlem Sayısı: 78</b>		<b>F Testi: 28.794</b>		
<b>R<sup>2</sup>: 0.806</b>		<b>p Değeri: 0.0000</b>		
<b>Düz R<sup>2</sup>: 0.591</b>		<b>Toplam Değişken: 2</b>		
<b>GCV: 0.133</b>		<b>GCV R<sup>2</sup>: 0.483</b>		

Tablo 4.10’da görülebileceği üzere, tüm temel fonksiyonlara ait p değerleri 0.05 değerinin altındadır. Belirtilen bu durum bahsi geçen tüm temel fonksiyonların istatistikî olarak anlamlı olduğunu belirtmektedir. Öte yandan, F testine yönelik olasılık değeri 0.0000 şeklinde belirlenmiştir. Bu durum da MARS tarafından oluşturulan tüm modelin anlamlı olduğunu göstermektedir. Düzenlenmiş R<sup>2</sup> değeri de 0.591 olarak hesaplanmıştır. Bu durum da model açıklama gücünün oldukça yüksek olduğu hakkında bilgi vermektedir. Bunların yanı sıra, Tablo 4.10’daki katsayı değerleri temel fonksiyonların doğal gaz tüketimi artış/azalış trendi üzerindeki etkisinin yönünü ve gücünü ifade etmektedir. Her bir temel fonksiyon içerisinde değişkenlerin bazılarının kombinasyonları yer almaktadır. Tablo 4.11’de modelde yer alan temel fonksiyonların içeriği gösterilmektedir.

Tablo 4.11 Modeldeki Temel Fonksiyonların Açıklaması

Temel Fonksiyon (BF)	Açıklama	Katsayı
Temel Fonksiyon 1	maks (0, Sıcaklık Oranı – 0.520)	-1.262
Temel Fonksiyon 3	maks (0, USD - 2.965)	-0.076
Temel Fonksiyon 4	maks (0, 2.965 - USD)	1.146
Temel Fonksiyon 5	maks (0, Sıcaklık Oranı – 0.357)	-1.235

Modelde 4 temel fonksiyon ile Sıcaklık Oranı ve Dolar Kuru olarak 2 değişken yer almaktadır. Tablo 4.’de görüldüğü üzere iki değişken de ikişer temel fonksiyonda yer

almaktadır. Temel Fonksiyon 1’de meydana gelecek bir birim artış doğal gaz tüketiminde 1.262 birim azalış olacağını göstermektedir. Temel fonksiyon 1’ün gerçekleşmesi için Sıcaklık Oranının 0.52’den büyük olması gerekmektedir. Sıcaklık artış oranı %52’nin üzerine çıktığında doğal gaz tüketim trendinde çok ciddi azalma beklenmektedir. Temel Fonksiyon 5’de meydana gelecek bir birim artış doğal gaz tüketiminde 1.235 birim azalış olacağı model sonucunda ortaya çıkmaktadır. Sıcaklık oranındaki artış %35,7’nin altında olması durumunda fonksiyon 0 geleceği için modelde kullanılamayacaktır.

USD kurunun 2.965 altında düşmesi reel olarak çok olası görünmemektedir. Bu durumda büyük bir ekonomik mucize gerçekleşmediği sürece Temel Fonksiyon 4 modelde kullanılamayacaktır. Temel Fonksiyon 3’te gördüğümüz üzere dolar kurunun yaklaşık 3’ün üzerinde kalması durumunda her bir birim değişiklik doğal gaz tüketimi artış trendinde 0.076 birim oranında azalış getirmesi analiz sonucunda beklenmektedir. Dolar kurundaki artış aynı zamanda fiyatlarda ve enflasyonda artışa sebep olduğu için, alım gücünün düşmesine bağlı olarak tüketimin azalacağı söylenebilecektir. Bununla birlikte, elde edilen modelin detayları aşağıda yer almaktadır.

$$Y = 0.854 - 1.262 * (\text{Temel Fonksiyon 1}) - 0.076 * (\text{Temel Fonksiyon 3}) + 1.146 * (\text{Temel Fonksiyon 4}) - 1.235 * (\text{Temel Fonksiyon 5})$$

Ayrıca, modeldeki en önemli değişkenler Tablo 4.12’de gösterilmektedir.

Tablo 4.12 Önemli Değişkenlerin Listesi

Değişken	Önemlilik Oranı (%)
Sıcaklık Oranı	100
USD	18.192

#### 4.4.2.2 Logit Yöntemi ile Modelleme

Logit yöntemine ilişkin sonuçlar incelendiğinde en yüksek katsayının kömür fiyatlarında olduğu görülmektedir. Kömür fiyatlarında meydana gelen artışın doğal gaz tüketim trendinde çok ciddi oranda azalış sağlayacağı öngörülmektedir. İkinci en yüksek katsayıya sahip değişken olarak yenilenebilir enerji ortaya çıkmaktadır. Yenilenebilir enerjinin toplam enerji içerisindeki payı arttıkça doğal gaz tüketimi ve buna bağlı olarak ithalata bağımlılık

azalabilecektir. Sıcaklık ve işsizlik oranlarında meydana gelebilecek artışların da doğal gaz tüketiminde azalış sağlayacağı logit sonucunda analiz edilmiştir.

Logit sonucunda ortaya çıkan Düzenlenmiş  $R^2 = 0.244975$  değeri modelin açıklama kuvvetinin MARS yöntemine göre daha az olduğunu göstermektedir. Logit analiz sonuçları Tablo 4.13'te detaylı olarak verilmektedir.

Tablo 4.13 Logit Yöntemi Sonuçları

Bağımlı Değişken: Doğal Gaz Tüketimi				
Gözlem Sayısı: 78				
Değişken	Katsayı	Std. Hata	t-İstatistik	Olasılık
ISSIZLIKORANI	-0.098495	0.040016	2.461431	0.0162
KFORAN	5.246439	2.058623	2.548519	0.0129
SICAKLIKORAN	-0.164972	0.044099	-3.740945	0.0004
YENILENEBİLİRENERJİ	-1.458838	1.028780	-1.418027	0.0604
$R^2$	0.274392	Durbin-Watson İstatistik		1.797106
Düzenlenmiş $R^2$	0.244975			

#### 4.5 Değerlendirme

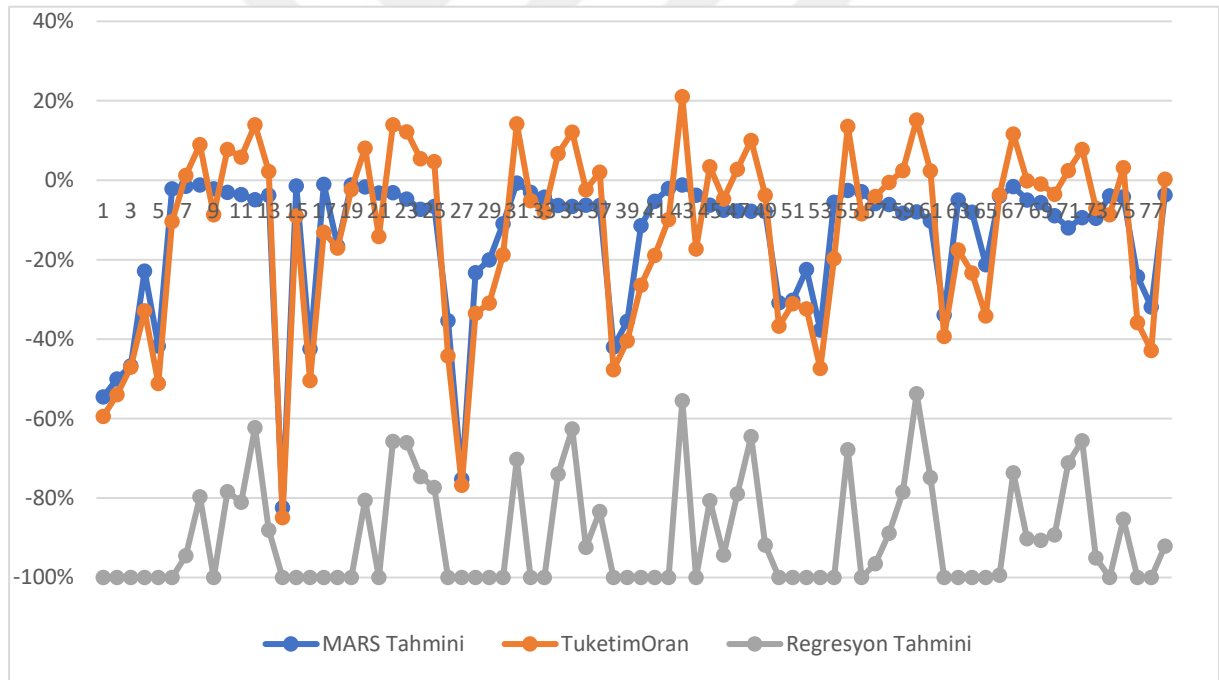
Doğal gaz tüketim miktarına yönelik modelleme sonucunda MARS yöntemine ait düzenlenmiş  $R^2$  değeri 0,538 iken regresyon yöntemine ait değer 0,234 olarak hesaplanmıştır. Doğal gaz artış/azalış trendine yönelik modelleme sonucunda MARS yöntemine ait  $R^2$  değeri 0,591 bulunurken logit yöntemine ait değer 0,245 olarak hesaplanmıştır. Buna bağlı olarak metodolojik olarak çalışmamız değerlendirildiğinde MARS yöntemine ait modellerin ve sonuçların açıklama gücü daha iyi olduğundan daha başarılı olduğu söylenebilmektedir.

Doğal gaz tüketim miktarına yönelik nokta atışı bir tahmin yapılmak istenirse en önemli değişkenlerin sıcaklık ve yenilenebilir enerji kullanım oranı olduğu tespit edilmiştir. Sıcaklık tahminlerinin her geçen gün daha başarılı yapılması modellemeye olumlu katkı sağlayacaktır. Ancak sıcaklık değişkeni doğal gaz tüketiminin azaltılmak istenmesi durumunda kullanabileceğimiz bir değişken değildir. Doğal gaz tüketimini ve dolayısıyla bağımlılığını azaltmak için önceliklendirilebilecek en önemli değişken yenilenebilir enerjinin toplam enerji içerisindeki kullanım oranını arttırmak olarak öne çıkmaktadır. Bu hususta artan yenilenebilir enerji yatırımlarına hızla devam edilmesi gerekmektedir.

Doğal gaz artış/azalış trend tahminine yönelik sıcaklık artış oranı ve USD/TRY kurundaki artış oranı en önemli değişkenler olarak görülmektedir. Büyüme, işsizlik gibi ekonomik faktörlerden ziyade bu iki değişkene insanların daha fazla önem verdiği görülmektedir. Amerikan doları kurundaki artış fiyatlarda ve enflasyonda artışa sebep olabileceğinden insanların bilinçaltında da psikolojik olarak da doğal gaz kullanımının azaltılması gerektiği fikrini öne çıkarmaktadır.

#### 4.6 Model Sonucu Tahmin Verilerinin Gerçekleşen Verilerle Karşılaştırılması

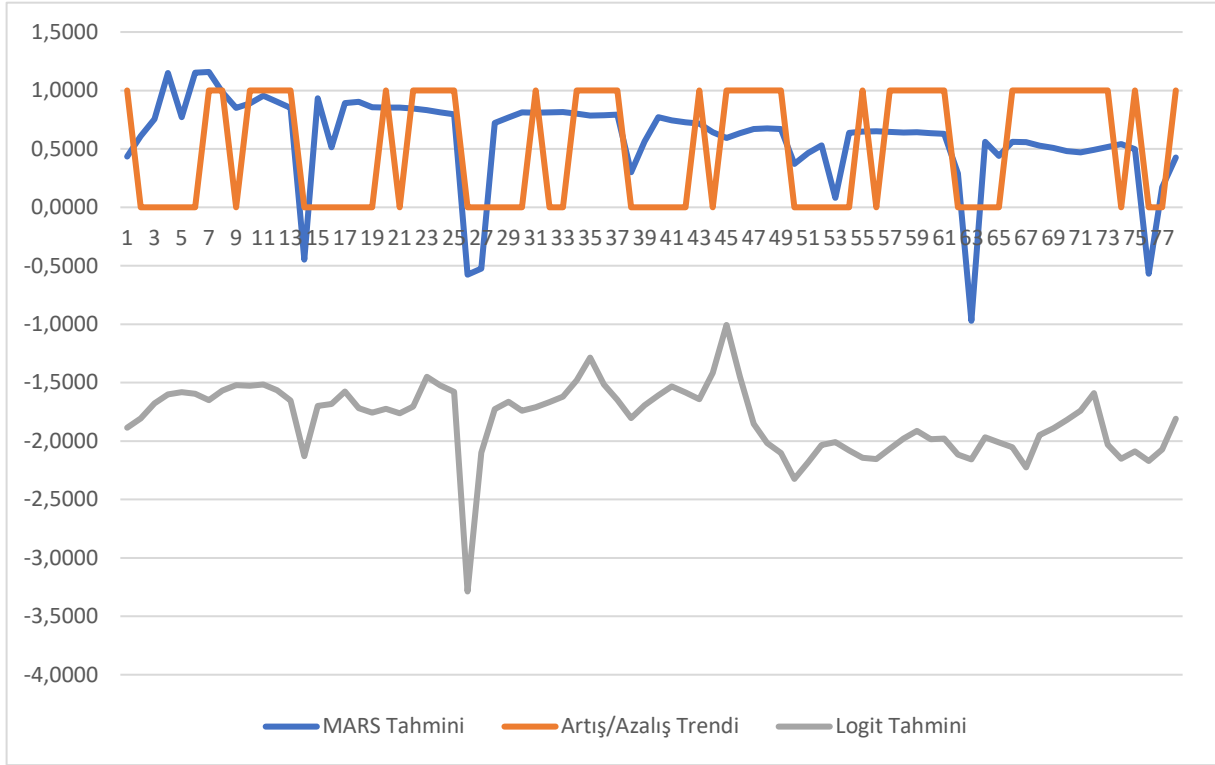
Çalışmanın bu bölümünde elde edilen modellerin başarısının resmedilmesi hedeflenmektedir. Bu çerçevede, gerçek datalar ile modelin geri testi (back test) yapılmıştır. Bu sayede hem MARS hem de regresyon ile kurulan modellerin başarısının görsel olarak karşılaştırılabilmesi mümkün olabilmıştır. Şekil 4.1’de doğal gaz tüketim miktarına yönelik kurulan iki farklı modelin başarısı gösterilmektedir.



Şekil 4.1 Doğal Gaz Tüketim Miktarı Modellerinin Geri Testi

Şekil 4.1 doğal gaz tüketim miktarının tahmin edilmesinde MARS ve regresyon analizleri kullanılarak elde edilen iki farklı modelin geri testini göstermektedir. Bu şekilde turuncu renk gerçek doğal gaz tüketim miktarını ifade etmektedir. Öte yandan, mavi renk MARS yöntemi kullanılarak kurulan modelin tahmin sonuçlarını içermektedir. Bunların yanı sıra, gri renk ise regresyon yöntemi kullanılarak kurulan modelin tahmin sonuçlarını ifade

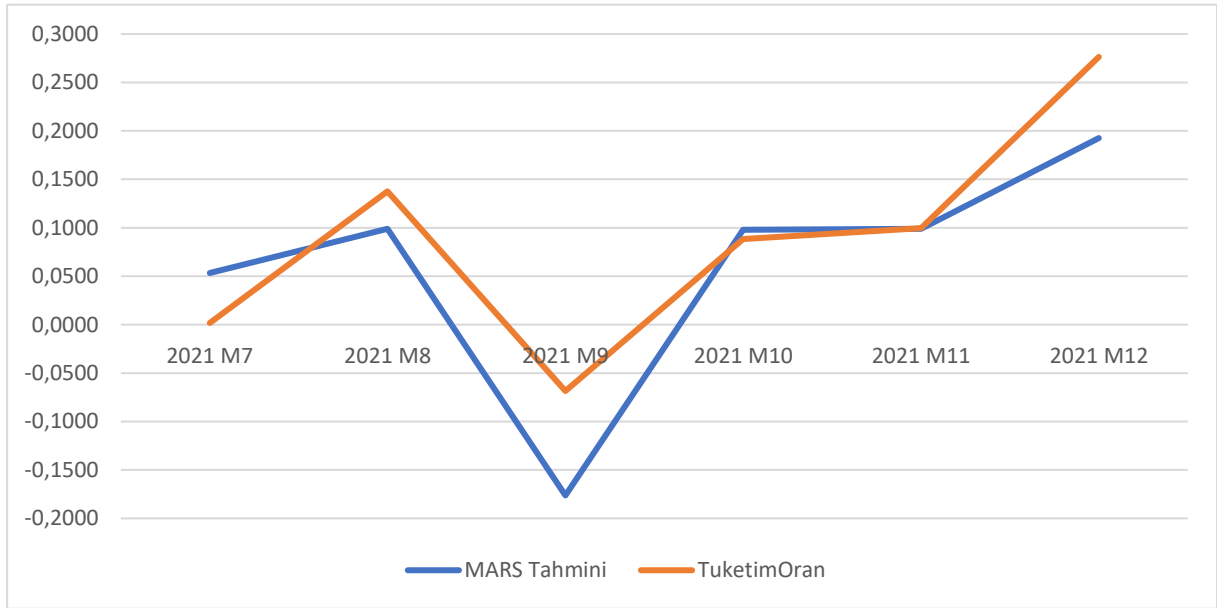
etmektedir. Bahsi geçen şekilden de anlaşılacağı üzere, mavi ve turuncu renkler birbirlerine oldukça yakın ve paralel hareket etmektedir. Buna karşın, gri renk ile çizilen grafik ise bu iki renkten oldukça uzaktadır. Netice itibarıyla, yapılan geri testlerden de yola çıkarak, doğal gaz tüketim miktarının tahmininde MARS yönteminin regresyona kıyasla çok daha başarılı olduğu anlaşılmaktadır. Şekil 4.2’de doğal gaz tüketim artış/azalış trendine yönelik kurulan iki farklı modelin başarısı gösterilmektedir.



Şekil 4.2 Doğal Gaz Tüketim Artış/Azalış Trendi Modellerinin Geri Testi

Şekil 4.2 doğal gaz tüketim artış/azalış trendinin tahmin edilmesinde MARS ve logit analizleri kullanılarak elde edilen iki farklı modelin geri testini göstermektedir. Bu şekilde turuncu renk gerçek doğal gaz tüketim artış/azalış trendini ifade etmektedir. Öte yandan, mavi renk MARS yöntemi kullanılarak kurulan modelin tahmin sonuçlarını içermektedir. Bunların yanı sıra, gri renk ise regresyon yöntemi kullanılarak kurulan modelin tahmin sonuçlarını ifade etmektedir. Bahsi geçen şekilden de anlaşılacağı üzere, mavi ve turuncu renkler birbirlerine oldukça yakın ve paralel hareket etmektedir. Buna karşın, gri renk ile çizilen grafik ise bu iki renkten oldukça uzaktadır.

Netice itibarıyla, yapılan geri testlerden de yola çıkarak, doğal gaz artış/azalış trendinin tahmininde MARS yönteminin regresyona kıyasla çok daha başarılı olduğu anlaşılmaktadır. Son olarak, modelin kurulum tarihinden sonra yayımlanan veriler ile MARS modelinin tahmin başarısı ölçülmüştür. Şekil 4.3'te 2021 M7 – 2021 M12 dönem aralığındaki 6 farklı ay için doğal gaz tüketim miktarına yönelik MARS yönteminin başarısı resmedilmektedir.



Şekil 4.3 2021 M7 – 2021 M12 Dönem Aralığında MARS Modelinin Başarısı

Şekil 4.3'ten anlaşılacağı üzere, bazı sapmalar olsa da MARS yöntemi ile kurulan model doğal gaz tüketimini modellemede oldukça başarılıdır.

#### 4.7 Anlamlı Değişkenlerin Duyarlılık Analizinin Yapılması

Yapılan kapsamlı ekonometrik analizleri sonucunda, doğal gaz tüketiminin en başarılı bir şekilde MARS yöntemi ile tahmin edilebildiği belirlenmiştir. Bu modelde, sıcaklık oranı ve yenilenebilir enerji kullanımı en önemli değişkenler olarak öne çıkmıştır. Çalışmanın bu bölümünde, bahsi geçen iki değişkene yönelik duyarlılık analizi gerçekleştirilecektir. Bu sayede, bu değişkenlerin tutarlılığı bir kere daha test edilebilecektir. İlgili analiz sürecinde Engle Granger eşbütünleşme analizinden faydalanılacaktır. Bu analizde ilk olarak değişkenlerin birim kök testi gerçekleştirilmektedir. Gerçekleştirilen birim kök testi sonucunda göre değişkenlerin düzey seviyelerinde durağan olmamaları beklenmektedir. Ek olarak, bu değişkenlerin aynı sıra farklarında durağan olmaları gerekmektedir. Bu ön koşulu



sağlayamayan değişkenler ile Engle Granger eş bütünleşme analizi gerçekleştirilememektedir. Dolayısıyla, ilk etapta değişkenlere yönelik ADF birim kök testi yapılmıştır. Söz konusu test sonuçları Tablo 4.14’te paylaşılmıştır.

Tablo 4.14 ADF Birim Kök Testi Sonuçları

<b>Değişken</b>	<b>P değeri (Düzy)</b>	<b>P değeri (Birinci Sıra Fark)</b>	<b>Sonuç</b>
Doğal Gaz Tüketimi	0.3517	0.0000	Birinci sıra farkında durağan
Yenilenebilir Enerji	0.8130	0.0000	Birinci sıra farkında durağan
Sıcaklık Oranı	0.0000	-	Düzy değerde durağan

Tablo 4.14’ten anlaşılacağı üzere, doğal gaz tüketimi ve yenilenebilir enerji değişkenleri için p değerleri birinci sıra farkları alınca 0.05 değerinin altında olmaktadır. Öte yandan, sıcaklık oranı değişkeni ise düzy haliyle durağandır. Dolayısıyla, sıcaklık oranı değişkeni Engle Granger eşbütünleşme analizine uygun değildir. Bu yüzden, adı geçen değişkene yönelik duyarlılık analizi yapılamamıştır. Özetle, duyarlılık analizi sadece yenilenebilir enerji değişkeni için yapılabilmektedir. Engle Granger eşbütünleşme analizinde ikinci olarak değişkenler arasında regresyon analizi yapılmaktadır. Daha sonra, regresyon analizi sonucunda oluşan hata terimi serileri elde edilmektedir. Analizin son aşamasında ise bu hata terimi serilerine yönelik birim kök testi yapılmaktadır. Değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin çıkabilmesi için, hata terimlerine yönelik serinin durağan çıkması gerekmektedir. Analiz sonuçlarına Tablo 4.15’te yer verilmiştir.

Tablo 4.15 Hata Terimi ADF Birim Kök Testi Sonuçları

<b>Değişken</b>	<b>P değeri (Düzy)</b>	<b>P değeri (Birinci Sıra Fark)</b>	<b>Sonuç</b>
Regresyonun Hata Terimi	0.0268	-	Düzy değerde durağan

Tablo 4.15'ten görülebileceği üzere, regresyonun hata terimine ait birim kök testinin p değeri sonucu 0.0268 olarak belirlenmiştir. Bu değeri 0.05'ten düşük olduğundan dolayı, hata terimi serisinin durağan olduğu anlaşılmaktadır. Dolayısıyla, Engle Granger eşbütünleşme analizine göre yenilenebilir enerji kullanımı doğalgaz tüketimini uzun vadede etkilemektedir. Belirtilen bu sonuçlar MARS yöntemi ile yapılan ekonometrik analize göre de tutarlıdır. Dolayısıyla, duyarlılık analizine göre de yenilenebilir enerji değişkeninin oldukça anlamlı olduğu anlaşılmaktadır.



## SONUÇLAR VE STRATEJİ ÖNERİLERİ

Ekonomik ve sosyal gelişmeyi desteklemek, daha iyi bir yaşam kalitesi inşa etmek için enerjiye olan ihtiyaç her geçen gün daha da artmaktadır. Barney ve Franzi (2022), enerjinin modern bir ekonomide endüstriyel büyümenin en az yarısından sorumlu olduğunu ve üretim maliyetinin beşte birinden daha fazlasını oluşturduğunu ifade etmektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde artan enerji talebini güvenli ve çevreye karşı sorumlu bir şekilde karşılamak oldukça önemli bir zorluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Bugün dünyanın tükettiği enerjinin çoğu hidrokarbonlardan gelmektedir ve ABD Enerji Bilgi İdaresi (EIA) tarafından 2021 yılında yayınlanan rapora göre, mevcut veriler ışığında 2040 senesine kadar dünyanın toplam enerji tüketiminin %48 artması beklenmektedir. Hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelere gelen bu artan talebi karşılamak için tüm enerji üretimi artırılmaya çalışılmaktadır.

Ulusal ekonominin gelişmesini kolaylaştıran ve sanayi toplumunun ilerlemesine destek olan elektrik tüketimi her geçen gün artmaktadır. Doğal gaz tüketim talebindeki artışların temel faktörlerinden birisi artan elektrik ihtiyacının karşılanmasında doğal gaz kullanımının her geçen gün artmasıdır. Elektrik üretiminin pek çok yolu olmasına karşın kirlilik açısından kömürden daha iyi ve verimli olan, nükleer enerjiye oranla daha uygun bir yatırım gerektiren doğal gaz temiz bir yakıt olarak en optimal seçim olarak tercih edilmektedir. 2040 yılına kadar talep artışının devam ederek enerji üretimindeki payının kömürü geçeceği öngörülen doğal gazın tüm kaynaklar içerisinde çok kritik öneme sahip olduğu görülmektedir.

Türkiye hem sanayi üretimi hem de nüfus açısından hızla büyümektedir. Buna paralel olarak enerji talebi de hızla artmaktadır. Enerji, Türkiye'nin kalkınma ve gelişmesi için en önemli gereksinimlerinin birisidir. Türkiye'nin enerji ihtiyacı temel olarak petrole, doğal gaza ve elektriğe bağlıdır. Öte yandan, Türkiye'nin enerji üretimi, toplam enerji tüketiminin sadece %30'unu karşılamaktadır ve bu nedenle enerji ithal eden bir ülkedir (Kademli, 2021). Bu yüzden arz ve talep dengesinin doğru tahmin edilerek planlanması gerekmektedir. Talep ve arz tahmini, politika yapıcılar için plan yapma, maliyet tasarrufu sağlama ve verimliliği artırma açısından oldukça önemlidir. Doğru tahminleme yapabilmek belirsizliği azaltarak enerji sisteminin işleyişiyle ilgili daha iyi kararlar verebilmesine olanak sağlamaktadır. Bundan dolayı enerji talebinin ve arzının modellenmesi ve tahmin edilmesi, araştırmacıların ve politika yapıcıların yoğun ilgisini çeken enerji alanında temel bir konu haline gelmektedir.

Bu çalışmada Türkiye'nin doğal gaz talebini tahmin edebilmek için ekonometrik modellemeler kurulması amaçlanmıştır. Elde edilecek modeller sayesinde gereğinden fazla/az doğal gaz ithalatının önlenmesi ve bununla birlikte Türkiye'nin doğal gaz tüketimine yönelik stratejiler geliştirmek mümkün olabilecektir. Doğal gaz tüketim miktarına ve artış/azalış trendine yönelik iki farklı modelleme yapısı kurgulanmıştır. Doğal gaz tüketim miktarına yönelik modelleme için MARS ve regresyon; artış/azalış trendine yönelik modellemede MARS ve logit yöntemleri kullanılmıştır. Farklı yöntemler kullanılmasıyla karşılaştırmalı analiz yapılarak elde edilen modellerin bağımlı değişkeni açıklama kuvveti test edilebilecektir.

Doğal gaz tüketimi bağımlı değişken olarak ele alınmış, buna bağlı olarak makroekonomik veriler, iklim koşulları, enerji ve fiyat verileri ile toplumsal ve kültürel veriler olarak 4 veri grubu altında 27 bağımsız değişken kullanılmaktadır. Değişkenlerin belirlenmesi sürecinde kapsamlı literatür taraması yapılmıştır. Aylık verilerin değerlendirildiği bu çalışmada değişkenlere ait 2015 yılı ocak ayı ile 2021 yılı haziran ayı arasındaki 78 gözlem kapsama dâhil edilmiştir. Verilerin temin edilmesinde Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Enerji Bakanlığı, Enerji Piyasası İzleme ve Denetleme Kurumu, Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası, Türkiye İstatistik Kurumu kaynaklarından faydalanılmıştır.

Doğal gaz tüketim miktarına yönelik MARS yöntemi ile oluşturulan modelde 4 temel fonksiyon ve 2 değişken yer almaktadır. Doğal gaz tüketimini etkileyen en önemli değişkenler sıcaklık oranı ile yenilenebilir enerji kullanım oranı olarak analiz sonucunda ortaya çıkmıştır. Sıcaklık azalışları makul seviyelerde olduğu sürece yenilenebilir enerjideki artış oranının doğal gaz tüketiminin azalmasında çok önemli etkiye sahip olduğu görülmektedir. %99 oranında ithalata bağımlı olunan doğal gazın makroekonomik dengeler içerisindeki payını azaltmak için, sıcaklık değişikliklerinin kontrol edilemedi varsayıldığında, yenilenebilir enerji yatırımların önemi analiz sonucunda ortaya çıkmaktadır. Sıcaklık oranının 3 temel değişkende de yer alması doğal gaz tüketiminin sıcaklıkla çok yüksek ilişkili olduğunu göstermektedir. Modelin detayları aşağıdaki yer almaktadır.

$$Y = -0.002 - 1.282 * (\text{maks}(0, \text{Sıcaklık Oranı} - 0.190))$$

$$- 1.290 * (\text{maks}(0, \text{Sıcaklık Oranı} - 0.327))$$

$$- 2.984 * ((\text{maks}(0, \text{Yenilenebilir Enerji Oranı} - 0.402)) * (\text{maks}(0, 0.247 - \text{Sıcaklık Oranı})))$$

Regresyon yönetimi sonucunda 5 değişkenin modelde yer aldığı görülmektedir. Kömür fiyatlarındaki artış regresyon sonucunda doğal gaz tüketimini artıran en önemli değişken olarak öne çıkmaktadır. İkinci yüksek katsayıya sahip değişken olan yenilenebilir enerjideki artışın doğal gaz tüketimini önemli ölçünde azalttığı görülmektedir. Sıcaklık oranına bağlı olarak artış olması durumunda doğal gaz tüketiminin azalması beklenmektedir. Büyüme oranı artarsa doğal gaz tüketiminin artacağı ortaya çıkmaktadır. İşsizlik oranının artması doğal gaz tüketimini az da olsa düşürmektedir. Büyüme oranı ve işsizlik oranının etkisi diğer değişkenlere göre oldukça azdır. Modelin detayları aşağıdaki yer almaktadır.

$$\begin{aligned} \text{TURKEYTUKETIM} &= 0.008793 * \text{BUYUME ORANI} \\ &- 0.058090 * \text{ISSIZLIK ORANI} \\ &+ 1.776941 * \text{KOMUR FIYATLARI} \\ &+ 0.064320 * \text{SICAKLIK ORANI} \\ &- 1.535268 * \text{YENILENEBILIR ENERJİ ORANI} \end{aligned}$$

Doğal gaz artış/azalış trendine yönelik MARS yöntemi ile ortaya çıkan 4 temel fonksiyon içeren model sonucunda sıcaklıktaki ve USD/TRY kurundaki artış oranı en önemli değişkenler olarak öne çıkmaktadır. Büyüme, işsizlik gibi ekonomik faktörlerden ziyade bu iki değişkene insanların daha fazla önem verdiği görülmektedir. Amerikan doları kurundaki artış fiyatlarda ve enflasyonda artışa sebep olabileceğinden insanların bilinçaltında psikolojik olarak da doğal gaz kullanımının azaltılması gerektiği fikrini öne çıkarabileceği söylenebilmektedir.

Logit yöntemine ilişkin sonuçlar incelendiğinde en yüksek katsayının kömür fiyatlarında olduğu görülmektedir. Kömür fiyatlarında meydana gelen artışın doğal gaz tüketim trendinde çok ciddi oranda azalış sağlayacağı öngörülmektedir. İkinci en yüksek katsayıya sahip değişken yenilenebilir enerji kullanım oranıdır. Yenilenebilir enerjinin toplam enerji içerisindeki payı arttıkça doğal gaz tüketimi ve buna bağlı olarak ithalata bağımlılık azalabilecektir. Sıcaklık ve işsizlik oranlarında meydana gelebilecek artışların da doğal gaz tüketiminde azalış sağlayacağı logit sonucunda analiz edilmiştir. Ortaya çıkan sonuçların literatür araştırması sonucunda incelediğimiz diğer akademik çalışmalarla da uyumlu olduğu görülmektedir.

Tüm bu çalışmalar ve yapılan analizler sonucunda ortaya çıkan modeller ışığında, aşağıda belirtilen stratejilerin uygulanabilmesi mümkündür.

1. Bu tez çalışmasının literatüre sağlayacağı en önemli katkı elde edilen yeni data analizi bazlı tüketim modelidir. Ortaya koyulan bu model ile Türkiye'nin doğal gaz sektörüne yönelik tüketim tahminlemelerinin analiz edilebilmesi mümkün olabilmektedir. Doğal gaz tüketimlerinin tahmin edilebilmesi Türkiye gibi ihtiyacı olan doğal gazı çok yüksek oranda ithal eden bir ülke için son derece önemlidir. Model sonucunda ortaya çıkan değerlendirmeler önemle incelenerek piyasa yapıcılar tarafından etkili, verimli ve özgün stratejiler ortaya konmalıdır. Bunun yapılamaması durumunda Türkiye'nin cari açığında en büyük kalem olan enerji içerisinde en kritik öneme sahip doğal gazın yanlış planlamaları sonucunda ülkenin ekonomik yapısı derinden etkilenecektir.

Çalışmada elde edilen sonuçlar politika yapıcılarının strateji geliştirmelerine destek ve katkı sağlayacaktır. Bununla birlikte bu stratejiler, ortaya konulduğu günümüz koşulları ile sınırlıdır. Günümüz koşulları için değerlendirildiğinde oluşturulacak stratejilerde sıcaklık değişimleri, yenilenebilir enerji kullanım oranındaki değişimler ve kömür fiyatlarındaki değişimler bağımsız değişkenler olarak önemli dikkate alınmalıdır. Ancak doğal gaz tüketimine etki eden faktörleri göstermek için ortaya konan bu model her an kullanılabilir durumdadır. Bu yüzden çalışma sonucunda ortaya konan bu model hem piyasa yapıcılarının ve sektördeki oyuncularının her daim analiz yapabilmelerine olanak sağlamakta hem de bu şekilde literatüre değerli katkı sunmaktadır.

2. Günümüzde Türkiye'nin yıllık doğal gaz tahminlemesi EPDK tarafından her sene başında yapılarak resmi gazetede yayınlanmaktadır. Tüketim tahmini ülke genelinde bulunan 72 dağıtım şirketinden gelen verilerin toplanması ve geçmiş yıllardaki verilerle kıyaslanarak yapılmaktadır. Birçok dağıtım şirketinde talep tahminlemesine özel birimler bulunmayıp geçmiş yıllardan sahip oldukları datayı regresyon ile modelleyerek sonuç elde etmeye çalışmaktadırlar.

Ancak geçmiş yıllardaki veriler incelendiğinde ortaya çıkan sonuçların istenen başarı seviyesini yakalayamadığı görülmektedir. 2019 senesi için 23 Ocak tarihli 9143 numaralı Kurul Kararı ile tahmini tüketim miktarı yaklaşık 52 milyar m<sup>3</sup> olarak yayınlanmıştır. Yıl hazırlanan sonunda 2019 EPDK yıllık sektör raporu incelendiğinde gerçekleşen tüketim miktarının yaklaşık 48.26 milyar m<sup>3</sup> olduğu görülmektedir. Ortaya çıkan sapma yaklaşık % 7,79 olarak hesaplanmıştır. Geçmiş yıllarda özellikle İran, Azerbaycan ve Rusya ile yapılan uzun dönemli kontratlar süresince bu sapmalar tolere edilebilmiştir. Ancak uzun dönemli kontratların sona

ermesi, LNG tüketiminin boru gazına oranla her geçen gün artması ile birlikte bu sapmaların minimize edilmesi ihtiyacı ortaya çıkmaktadır.

Bu kapsamda, Türkiye'nin kısa, orta ve uzun vadelerde (saatlik-günlük-yıllık) doğal gaz tüketimine yönelik modellemelerin yapılacağı, hem tüketim miktarının daha doğru belirleneceği hem de Kurul tarafından stratejiler oluşturulabilmesi için tüketim miktarına etki eden değişkenlerin belirlenebilmesi için denetleyici ve düzenleyici kurum nezdinde yeni bir departman oluşturulması önerilmektedir. Bu birim tüketim modelleri oluşturarak en önemli dikkate alınması gereken değişkenleri Kurul'a raporlamalı ve her gerçekleşme dönemi sonucunda modelin başarısını değerlendirerek geliştirmelidir. Bu tez çalışmasında çok geniş bir veri seti kullanılmasına rağmen birçok değişken yeterli datalara erişilemediği için kapsam dışı bırakılmak durumunda kalmıştır. Kamu bünyesinde mevzuatlarla yetkilendirilecek bir yapı, çok daha geniş bir veri seti elde ederek daha kapsamlı modeller ortaya koyabilecektir.

Literatür incelendiğinde belirlenen bu strateji hem yenilikçilik stratejileri hem de farklılaştırma stratejileri olarak tanımlanmaktadır. Farklılaştırma stratejisi çerçevesinde, organizasyonlar benzer işler yapan kurumlardan daha farklı yetenekler göstermektedirler (Rong vd., 2013). Bu sayede hem rekabette öne geçilebilirken hem de müşteri memnuniyeti sağlanabilmektedir (Dennet't vd., 2000). Tez çalışması içeriğinde ikinci strateji önerisinde açıkladığımız gibi denetleyici ve düzenleyici kurum bünyesinde tüketim modelleme, analiz ve tahminlemesine odaklanabilecek yeni bir birim tahsis edilmesi sağlanacaktır. Kurulacak yeni departmanın farklılaştırma stratejisi ile birlikte literatürdeki yenilikçi stratejilere de örnek olacağı görülmektedir. Yenilikçi stratejiler, örgüt içerisinde bir yenilik ortaya çıkması manasına gelmektedir (Lohmann ve Santos, 2020). Bu yeni bir ürünün/hizmetin meydana getirilmesi olabileceği gibi yeni bir birimin tahsis edilmesi yoluyla da yapılabilmektedir (Li vd., 2021). Bu çerçevede, detaylı tüketim modellemesi ortaya koyabilecek bir birim kurulması yenilikçi stratejiler kapsamında değerlendirilebilecektir. Bu departman sayesinde, ithalata bağımlı olunan doğal gazın cari açık içerisindeki payı minimize edilebilecektir.

Çalışmamız sonucunda ortaya çıkan model ve analizler neticesinde belirlenen stratejilerin, literatürde yer alan stratejik yönetimdeki dört temel görüş ile bağdaştırılabilmesi önemlidir. Literatürde yer alan bilgi temelli görüşe göre, organizasyonların daha fazla başarı elde edebilmesi için sahip oldukları bilgiyi her geçen gün daha da artırması gerekmektedir (Kogut ve Zander, 1996). Farklı bir söylemle, elde edilen bilgi seviyesinin yükselmesi örgütlerin daha başarılı olmasına katkı sağlamaktadır (Nonaka vd., 1994). EPDK bünyesinde

oluşturulması önerilen iş birimi, ortaya koyacağı model ve çalışmalarla kurum içerisinde bilgi seviyesinin artmasına katkı sağlayacaktır. Artan bilginin etkin ve doğru bir şekilde kullanılması ile de ülkenin faydasına olacak doğru stratejiler geliştirilmeye devam edilebilecektir.

3. Çalışma sonucunda doğal gaz tüketimine etki eden faktörlerin belirlendiği stratejik modeller ortaya çıkmıştır. 15 yıllık veri seti üzerinde yaptığımız çalışmanın sonuçlarına bakıldığında farklı yöntemler kullanıldığında farklı modeller ve bunlara bağlı farklı değişkenlerin öne çıkabileceği görülmektedir. Dolayısıyla tüketim tahmini yapmak oldukça zor bir konudur. En ufak sapmalarda ülkeye siyasi ve ekonomik olarak büyük etkiler sağlayabilecektir. Dolayısıyla, tahmin modellerinin daha başarılı olabilmesi için çalışırken, doğru tahmin yapamama riskini minimize edebilmek için doğal gaz tüketim miktarının da azaltılması için stratejilerin uygulanması gerekmektedir. Bununla birlikte, alınabilecek stratejik kararlar aşağıda listelenmektedir.

A. Yerli enerji kaynaklarının üretimdeki payı artırılmalıdır. Yerli enerji kaynakları arasında rüzgâr, güneş ve biyokütle enerjisini kapsayan yenilenebilir enerji kaynakları ön plana çıkmaktadır. Türkiye’de mevcut kaynaklar arasında yer almayan nükleer, enerji kaynakları arasına hızlı ve güvenli şekilde dâhil edilmelidir. Geleceğin yakıtı olarak görülen hidrojen üretim teknolojilerine yatırım yapılarak doğal gaz hattına enjeksiyonu sağlanarak doğal gaz ihtiyacı azaltılmalıdır.

Doğal gaz, Türkiye’de kümülatif nihai enerji tüketiminde petrolün ardından ikinci sırada yer almaktadır. Bununla birlikte hem kısa hem orta vadede tüketimdeki artışla birlikte ilk sıraya geçmesi öngörülmektedir. Türkiye’de iç kaynak üretimin, tüketimin %1’ini dahi karşılamadığı düşünüldüğünde çeşitlendirme stratejisine önem vererek diğer arz kaynaklarını farklılaştırmalı ve kullanım oranlarını artırmalıdır. Analiz sonucunda modellerde de görüldüğü gibi yenilenebilir enerji kullanım oranındaki artış doğal gaz tüketimini düşüren en önemli değişken olarak ilk sırada yer almaktadır. Türkiye kendi enerjisini kendi kaynakları ile üretebileceği çok büyük yenilenebilir enerji potansiyeline sahiptir. Rüzgâr, güneş, jeotermal ve biokütle gibi yenilenebilir enerji kaynakları jeopolitik olarak çok fazla üretim imkânına sahiptir.

Yenilenebilir enerjinin payının artırılması için Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanlarında artış sağlanmalıdır. Yeşil enerji için yerli malzeme ve donanım üretimi için Ar-Ge merkezlerinin daha fazla teşvik edilmesi gerekmektedir. Yatırımlar için gereken finansman desteğini sağlayacak mekanizmaların kapsamının büyütülmesi gerekmektedir. Tüm bunlara ek



olarak yenilenebilir enerjinin önemi ve geleceğimizdeki yeri tüm vatandaşlara doğru şekilde aktarılmalı ve herkes bilinçlendirilmelidir.

Yerli ve yenilenebilir enerjinin yanı sıra enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesinde nükleer enerjinin önemi ve payı büyük olacaktır. Türkiye’de henüz kullanılmadığı için veri setlerinde ve analizlerde yer almayan nükleer enerji, cari açık kalemlerinin en büyüklerinden olan doğal gaz ithalatını minimize edecek önemli bir çeşitlendirme stratejisi olarak görülebilir. Nükleer enerji konusunda insanların daha fazla bilgilendirilmesi, akademik olarak eğitim-öğretim çalışmalarının artırılması ve mümkün olan en hızlı şekilde şebeke sistemine entegre edilerek payının artırılması gerekmektedir. Burada en önemli nokta Türkiye’nin kendi know-how’ını bu konuda hızla artırabilmesi gerekmektedir.

B. Doğal gaz tüketimini azaltmaya yönelik önemli bir temel strateji de enerji verimliliği çalışma ve projelerinin artırılmasıdır. Regülasyonlar ve yönetmeliklerde iyileştirmelerin yapıldığı, yerli/yabancı oldukça fazla sayıda finansman destekli fon kaynaklarının ayrıldığı projelerin sayısının artırılması gerekmektedir. Devlet destekli KOSGEB ve TÜBİTAK gibi katma değerli proje üreten yapıların güçlendirilmesi ve desteklenmesi önem arz etmektedir. Konutlar, sanayi, ulaşım, tarım gibi birçok alanda nasıl enerji verimliliğinin sağlanarak doğal gaz tüketimini azaltabileceğimiz konusunda eylem ve kalkınma planları herkese anlatılmalıdır.

C. Arz güvenliği kapsamında farklı ülkelerden tedarikin artırılması gerekmektedir. Boru gazı ile ithalatta Rusya en yüksek paya sahipken, Azerbaycan ve İran ile birlikte toplam ithalat içerisindeki pay %50’yi geçmektedir. LNG ile ithalatta ABD ve Cezayir önde gelen ülkeler arasında yer almaktadır. 2022 Rusya-Ukrayna savaşı da göz önüne alındığında kaynak çeşitliliğini sağlamak arz güvenliğine katkı sağlayacaktır. Özellikle artan LNG payı bu duruma olanak sağlamaktadır. Boru gazı için de yeni planlanan güzergâhlarda Türkiye aktif bir rol olarak transit rolünü sürdürmelidir. Tüm bunlara ek olarak regülasyonlar, kurumsal yapılanma, altyapı, insan kaynakları ve halka ilişkilerden kaynaklanan problemlere çözüm sağlanmalıdır.

D. Dışa bağımlılığı azaltmanın en temel yöntemlerinden birisi, kendi doğal gazında üretimi artırabilmektir. Bu kapsamda arama ve sondaj faaliyetlerine artarak devam edilmelidir. Dünyada kanıtlanmış rezervlerin %50’den fazlasına komşu coğrafi konumda olan Türkiye’nin doğru keşif politikaları ile başarılı sonuçlara ulaşabileceği söylenebilecektir (Kavaz, 2021).

Bu çalışmanın literatüre pek çok yönden katkıda bulunması amaçlanmıştır. 28 değişkenle 78 aylık çok geniş bir veri seti hazırlanarak çalışılmıştır. Daha çok finans alanında kullanıldığı gözlemlenen MARS metodu, enerji sektöründe doğal gaz tüketim modellemesinde bu kapsamda ilk kez kullanılmış ve regresyon yöntemine göre çok daha başarılı bir model oluşturduğu görülmüştür. Ortaya çıkan dinamik modeller uzun vadede kullanılarak hem araştırmacılar hem de politika yapıcılar için ışık tutucu niteliktedir.

Çalışma kapsamında doğal gaz tüketimini etkileyen faktörler üzerinde odaklanılmıştır. Bu bağlamda, tezin farklı kısıtlarından söz etmek mümkündür. Öncelikli olarak Türkiye genelinde hazırlanan modeller şehir veya coğrafi bölge bazında sonuç sağlayamayabilecektir. Dolayısıyla farklı çalışmalarda gözlem süresi ve değişken sayısı artırılarak daha küçük coğrafi bölgeler için modeller kurulabilir. Aylık verilerin kullanılması orta ve uzun vadeli planlamalara katkı sağlayacaktır. Günlük verilerin kullanımıyla kısa vadeli planlamalar için modeller hazırlanabilir ancak bu durumda da günlük verisi olmayan birçok değişken kapsam dışı kalabilecektir.

## KAYNAKÇA

- Abe, J. O., Popoola, A. P. I., Ajenifuja, E., Popoola, O. M. 2019, Haziran 7. "Hydrogen Energy, Economy And Storage: Review And Recommendation". International Journal Of Hydrogen Energy. Elsevier.
- Alawadh, T., Alzahmi, S. 2021. "Solar Energy Adoption: Technical Advantages And Challenges For The Gulf Cooperation Council Countries". İçinde 2021 6th International Conference On Renewable Energy: Generation And Applications (ICREGA) (Ss. 184–188). IEEE.
- Allahverdi, M. 2019. "Azerbaycan-İran İlişkilerinde Stratejik Kültürün Rolü Yüksek Lisans Tezi Allahverdi Mehdiyev Enstitü Anabilim Dalı : Ortadoğu Çalışmaları". Sakarya Üniversitesi.
- Alvarez-Herranz, A., Balsalobre-Lorente, D., Shahbaz, M., Cantos, J. M. 2017. "Energy İnnovation And Renewable Energy Consumption İn The Correction Of Air Pollution Levels". Energy Policy, 105, 386–397.
- Amarfio, E. M., Ntiamoah, E. A., Bediako, B. A., & Brobbey, O. The Future And Challenges Of LNG.
- Amoli, S. J., Aghashahi, F. 2016. "An Investigation On Strategic Management Success Factors İn An Educational Complex". Procedia - Social And Behavioral Sciences, 230, 447–454.
- Arthur, C. K., Temeng, V. A., & Ziggah, Y. Y. (2020). Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS) approach to blast-induced ground vibration prediction. International journal of mining, reclamation and environment, 34(3), 198-222.
- Askari, M., Mirzaei, V., Abadi, M., Mirhabibi, M., Mohammad Bagher, A., Vahid, M., ... Dehghani, P. 2015. "Hydroelectric Energy Advantages And Disadvantages". Hydroelectric Energy Advantages And Disadvantages. American Journal Of Energy Science

- Aydoğan, B., Vardar, G. 2020. "Evaluating The Role Of Renewable Energy, Economic Growth And Agriculture On CO<sub>2</sub> Emission İn E7 Countries". *International Journal Of Sustainable Energy*, 39(4), 335–348.
- Bao, J., Yuan, T., Zhang, L., Zhang, N., Zhang, X., He, G. 2019. "Comparative Study Of Liquefied Natural Gas (LNG) Cold Energy Power Generation Systems İn Series And Parallel". *Energy Conversion And Management*, 184, 107–126.
- Baptista, J., Newell, S., Currie, W. 2010. "Paradoxical Effects Of Institutionalisation On The Strategic Awareness Of Technology İn Organisations". *Journal Of Strategic Information Systems*, 19(3), 171–183.
- Barbosa, M., Castañeda -Ayarza, J. A., Lombardo Ferreira, D. H. 2020. "Sustainable Strategic Management (GES): Sustainability İn Small Business". *Journal Of Cleaner Production*, 258, 120880.
- Basu, D., Miroshnik, V. W., Basu, D., Miroshnik, V. W. 2019. "Advantages Of Nuclear Power". İçinde *The Political Economy Of Nuclear Energy* (Ss. 7–21). Springer International Publishing.
- Beyca, O. F., Ervural, B. C., Tatoglu, E., Ozuyar, P. G., & Zaim, S. (2019). Using machine learning tools for forecasting natural gas consumption in the province of Istanbul. *Energy Economics*, 80, 937-949.
- Borah, B., Zhang, H., Snurr, R. Q. 2015. "Diffusion Of Methane And Other Alkanes İn Metal-Organic Frameworks For Natural Gas Storage". *Chemical Engineering Science*, 124, 135–143.
- Breitmoser, Y. (2021). An axiomatic foundation of conditional logit. *Economic Theory*, 72(1), 245-261.
- Bu, Y., Wang, E., Bai, J., & Shi, Q. (2020). Spatial pattern and driving factors for interprovincial natural gas consumption in China: Based on SNA and LMDI. *Journal of*

Cleaner Production, 263, 121392.

Butt, S., Ramakrishnan, S., Loganathan, N., & Chohan, M. A. (2020). Evaluating the exchange rate and commodity price nexus in Malaysia: evidence from the threshold cointegration approach. *Financial Innovation*, 6(1), 1-19.

Cai, Z., Yu, C. H., & Zhu, C. (2021). Government-led urbanization and natural gas demand in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 147, 111231.

Chai, J., Liang, T., Lai, K. K., Zhang, Z. G., & Wang, S. (2018). The future natural gas consumption in China: Based on the LMDI-STIRPAT-PLSR framework and scenario analysis. *Energy Policy*, 119, 215-225.

Chung, K. H., Lo, L. J. 2020. "Strategic Management Of The Minor-Form And Microform Cleft Lip: A Long-Term Outcome Assessment". *Journal Of Plastic, Reconstructive And Aesthetic Surgery*, 74(4), 828–838.

Çıtak, F., Uslu, H., Batmaz, O., & Hoş, S. (2021). Do renewable energy and natural gas consumption mitigate CO2 emissions in the USA? New insights from NARDL approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(45), 63739-63750.

Decker, R. A., Haltiwanger, J., Jarmin, R. S., Miranda, J. 2020. "Changing Business Dynamism And Productivity: Shocks Versus Responsiveness". *American Economic Review*, 110(12), 3952–3990.

DEK. 2020. "Enerji Senaryoları Çalışma Grubu Raporu".

Dennet't, C., Ineson, E. M., Stone, G. J., & Colgate, M. (2000). Pre-bookable services in the chartered airline industry: Increasing satisfaction through differentiation. *The Service Industries Journal*, 20(2), 82-94.

Department Of Primary Industries And Regional Development, "Western Australian Renewable Hydrogen Strategy", Drd-Wa, Temmuz 2019.

- Deshpande, V., Swaminathan, J. M. 2020, Aralık 1. "Introduction To The Special Issue On Responsible Operations And Supply Chain Management". Manufacturing And Service Operations Management. Informs Inst.For Operations Res.And The Management Sciences.
- Dimitrios, B., Christos, P., Ioannis, R., Vasiliadis, L. 2020. "Strategic Management İn The Hotel Industry: Proposed Strategic Practices To Recover From COVID- 19 Global Crisis". Academic Journal Of Interdisciplinary Studies, 9(6), 130.
- Dinçer, H., Hacıoğlu, Ü., & Yüksel, S. (2018). Evaluating the effects of economic imbalances on gold price in Turkey with MARS method and discussions on microfinance. In Microfinance and its impact on entrepreneurial development, sustainability, and inclusive growth (pp. 115-137). IGI Global.
- Dinçer, H., Yüksel, S., Çağlayan, Ç. Y.Y. "The Contribution Of Nuclear Energy Investment On Sustainable Financial And Economic Development | Journal Of Financial Economics And Banking", 2021, <http://www.jofeb.org/index.php/Jofeb/Article/View/9>.
- Dobronyi, C., & Gu, J. (2021). Identification of Dynamic Panel Logit Models with Fixed Effects. arXiv preprint arXiv:2104.04590.
- Doganova, L., Kornberger, M. 2021. "Strategy's Futures". Futures, 125, 102664.
- Dong, K., Sun, R., & Dong, X. (2018). CO2 emissions, natural gas and renewables, economic growth: assessing the evidence from China. Science of the Total Environment, 640, 293-302.
- Ebrahimifar, S., Naji-Azimi, Z., Rahimnia, F. 2020. "Combination Of SWOT Analysis, Analytic Hierarchy Process, And Monte Carlo Simulation To Identify The Strategic Positioning Of Crisis Management At The Ferdowsi University Of Mashhad, Iran". Sci J Rescue Relief
- Ellram, L. M., Ueltschy Murfield, M. L. 2019. "Supply Chain Management İn Industrial

- Marketing–Relationships Matter". *Industrial Marketing Management*, 79, 36–45.
- El-Masry, A. M., Youssef, A. H., & Abonazel, M. R. (2021). Using logit panel data modeling to study important factors affecting delayed completion of adjuvant chemotherapy for breast cancer patients. *Commun. Math. Biol. Neurosci.*, 2021, Article-ID.
- Es, H. A. (2021). Monthly natural gas demand forecasting by adjusted seasonal grey forecasting model. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 43(1), 54-69.
- Fabbiani, E., Marziali, A., & Nicolao, G. D. (2021). Forecasting residential gas demand: machine learning approaches and seasonal role of temperature forecasts. *International Journal of Oil, Gas and Coal Technology*, 26(2), 202-224.
- Fadiran, G., Adebusuyi, A. T., & Fadiran, D. (2019). Natural gas consumption and economic growth: Evidence from selected natural gas vehicle markets in Europe. *Energy*, 169, 467-477.
- Fashoto, S. G., Mbunge, E., Ogunleye, G., & den Burg, J. V. (2021). Implementation of machine learning for predicting maize crop yields using multiple linear regression and backward elimination. *Malaysian Journal of Computing (MJoC)*, 6(1), 679-697.
- Fernandes, J. P. 2019. "Developing Viable, Adjustable Strategies For Planning And Management—A Methodological Approach". *Land Use Policy*, 82, 563–572.
- Ferreira, L. B., Duarte, A. B., Cunha, F. F. D., & Fernandes, E. I. (2019). Multivariate adaptive regression splines (MARS) applied to daily reference evapotranspiration modeling with limited weather data. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 41.
- Galadima, M. D., & Aminu, A. W. (2019). Shocks effects of macroeconomic variables on natural gas consumption in Nigeria: Structural VAR with sign restrictions. *Energy policy*, 125, 135-144.

- Gao, F., & Shao, X. (2021). Forecasting annual natural gas consumption via the application of a novel hybrid model. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(17), 21411-21424.
- Gomila, R. (2021). Logistic or linear? Estimating causal effects of experimental treatments on binary outcomes using regression analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, 150(4), 700.
- Greiner, P. T., York, R., & McGee, J. A. (2018). Snakes in The Greenhouse: Does increased natural gas use reduce carbon dioxide emissions from coal consumption?. *Energy Research & Social Science*, 38, 53-57.
- Groissböck, M., Gusmão, A. 2020. "Impact Of Renewable Resource Quality On Security Of Supply With High Shares Of Renewable Energies". *Applied Energy*, 277, 115567.
- Güner, H. M. 2018. "Tedarik Zinciri Çevikliğinin Firma Performansı Üzerine Etkisi Ve Teknoloji Belirsizliği". İstanbul Ticaret Üniversitesi.
- Güney, T. 2019. "Renewable Energy, Non-Renewable Energy And Sustainable Development". *International Journal Of Sustainable Development And World Ecology*, 26(5), 389–397.
- Güney, T., Kantar, K. 2020. "Biomass Energy Consumption And Sustainable Development". *International Journal Of Sustainable Development And World Ecology*, 27(8), 762–767.
- Gyamfi, B. A., Adedoyin, F. F., Bein, M. A., Bekun, F. V., Agozie, D. Q. 2021. "The Anthropogenic Consequences Of Energy Consumption In E7 Economies: Juxtaposing Roles Of Renewable, Coal, Nuclear, Oil And Gas Energy: Evidence From Panel Quantile Method". *Journal Of Cleaner Production*, 295, 126373.
- Hartley, P. R., & Medlock III, K. B. (2014). The relationship between crude oil and natural gas prices: The role of the exchange rate. *The Energy Journal*, 35(2).
- Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2009). MARS: multivariate adaptive regression



- splines. *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*. Springer: New York, NY., 321-329.
- Hemmati, M., Abapour, M., Mohammadi-Ivatloo, B., & Anvari-Moghaddam, A. (2020). Optimal Operation Of Integrated Electrical And Natural Gas Networks With A Focus On Distributed Energy Hub Systems. *Sustainability*, 12(20), 8320.
- Heracleous, L., & Wirtz, J. (2012). Strategy and organisation at Singapore Airlines: achieving sustainable advantage through dual strategy. In *Energy, Transport, & the Environment* (pp. 479-493). Springer, London.
- Hosseini, S. E., Wahid, M. A. 2020. "Hydrogen From Solar Energy, A Clean Energy Carrier From A Sustainable Source Of Energy". *International Journal Of Energy Research*, 44(6), 4110–4131.
- James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2021). Linear regression. In *An introduction to statistical learning* (pp. 59-128). Springer, New York, NY.
- Jiang, H., Dong, X., Jiang, Q., & Dong, K. (2020). What drives China's natural gas consumption? Analysis of national and regional estimates. *Energy Economics*, 87, 104744.
- Jonek-Kowalska, I. 2019. "Transformation Of Energy Balances With Dominant Coal Consumption In European Economies And Turkey In The Years 1990-2017". *Oeconomia Copernicana*, 10(4), 627–647.
- Kabir, E., Kumar, P., Kumar, S., Adelodun, A. A., Kim, K. H. 2018, Şubat 1. "Solar Energy: Potential And Future Prospects". *Renewable And Sustainable Energy Reviews*. Elsevier.
- Kademli, M. U. R. A. T. (2021). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Sürdürülebilir Kalkınma ve Ekonomik Büyümedeki Rolü ve Önemi.
- Kamal, A., Al-Ghamdi, S. G., Koc, M. 2019, Ağustos 1. "Revaluating The Costs And Benefits

- Of Energy Efficiency: A Systematic Review". *Energy Research And Social Science*. Elsevier.
- Kang, S. H., Islam, F., Kumar Tiwari, A. 2019. "The Dynamic Relationships Among CO2 Emissions, Renewable And Non-Renewable Energy Sources, And Economic Growth In India: Evidence From Time-Varying Bayesian VAR Model". *Structural Change And Economic Dynamics*, 50, 90–101.
- Kara, B., Gribincea, A., & Coreachin, S. (2020). EU-Turkey Natural Gas Unity: Opportunities And Constraints For Turkey To Become A Gas Hub. *Ecosoen*, (1-2), 88-97.
- Karabiber, O. A., & Xydis, G. (2021). A review of the day-ahead natural gas consumption in Denmark: starting point towards forecasting accuracy improvement. *International Journal of Coal Science & Technology*, 8, 1-22.
- Kavaz, İ. (2021). Türkiye'nin Enerjide Gelecek Vizyonu. *SETA Perspektif*, 252, 1-5.
- Kenny, G. 2020. "Diversification Strategy". Kogan Page. <https://www.amazon.com/diversification-strategy-graham-kenny/dp/0749460695> Erişim Tarihi: 1 Ekim 2021
- Khan, M. I., Yasmin, T., Shakoor, A. 2015, Temmuz 21. "Technical Overview Of Compressed Natural Gas (CNG) As A Transportation Fuel". *Renewable And Sustainable Energy Reviews*. Elsevier.
- Khan, M. K., Teng, J. Z., & Khan, M. I. (2019). Effect of energy consumption and economic growth on carbon dioxide emissions in Pakistan with dynamic ARDL simulations approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(23), 23480-23490.
- Kienzler, M., Kowalkowski, C. 2017. "Pricing Strategy: A Review Of 22 Years Of Marketing Research". *Journal Of Business Research*, 78, 101–110.
- Koberg, E., Longoni, A. 2019, Ocak 10. "A Systematic Review Of Sustainable Supply Chain Management In Global Supply Chains". *Journal Of Cleaner Production*. Elsevier.

- Kogut, B., & Zander, U. (1996). What firms do? Coordination, identity, and learning. *Organization science*, 7(5), 502-518.
- Kok, B., Benli, H. 2017. "Energy Diversity And Nuclear Energy For Sustainable Development İn Turkey". *Renewable Energy*, 111, 870–877.
- Kostakis, I., Lolos, S., & Sardianou, E. (2021). Residential natural gas demand: Assessing the evidence from Greece using pseudo-panels, 2012–2019. *Energy Economics*, 99, 105301.
- Krkoska Bayles, B. K. 2018. "A Mathematical Link Between The Natural Energy Of Stars And Fission". İçinde *International Conference On Nuclear Engineering, Proceedings, ICONE (C. 5)*. American Society Of Mechanical Engineers (ASME).
- Kulasekara, H., Seynulabdeen, V. 2019. "A Review Of Geothermal Energy For Future Power Generation". İçinde *2019 5th International Conference On Advances İn Electrical Engineering, ICAEE 2019 (Ss. 223–228)*. Institute Of Electrical And Electronics Engineers Inc.
- Kumar, S., Choudhary, S., Singh, G., & Singhal, S. (2021). Crude oil, gold, natural gas, exchange rate and indian stock market: Evidence from the asymmetric nonlinear ARDL model. *Resources Policy*, 73, 102194.
- Lambert, D. Kumar, S., Choudhary, S., Singh, G., & Singhal, S. (2021). Crude oil, gold, natural gas, exchange rate and indian stock market: Evidence from the asymmetric nonlinear ARDL model. *Resources Policy*, 73, 102194.
- M., Enz, M. G. 2017. "Issues İn Supply Chain Management: Progress And Potential". *Industrial Marketing Management*, 62, 1–16.
- Lederer, J. (2022). Linear Regression. In *Fundamentals of High-Dimensional Statistics* (pp. 37-79). Springer, Cham.
- Le, T.-H., Chang, Y., Park, D. 2020. "Renewable And Nonrenewable Energy Consumption, Economic Growth, And Emissions: International Evidence". *The Energy Journal*.

- Le, T., Marino, J., Montemayor, T. 2017. "Power Or Fuel: Renewable Natural Gas A Feasible Alternative".
- Li, J. M., Dong, X. C., Jiang, Q. Z., & Dong, K. Y. (2021). Urban natural gas demand and factors analysis in China: Perspectives of price and income elasticities. *Petroleum Science*.
- Li, N., Wang, J., Wu, L., & Bentley, Y. (2021). Predicting monthly natural gas production in China using a novel grey seasonal model with particle swarm optimization. *Energy*, 215, 119118.
- Li, J., Wu, Q., Tian, Y., & Fan, L. (2021). Monthly Henry Hub natural gas spot prices forecasting using variational mode decomposition and deep belief network. *Energy*, 227, 120478.
- Li, P., Tan, D., Wang, G., Wei, H., Wu, J. 2020. "Retailer's Vertical Integration Strategies Under Different Business Modes". *European Journal Of Operational Research*.
- Li, Y., Wu, Z. Xin, Dinçer, H., Kalkavan, H., Yüksel, S. 2021. "Analyzing TRIZ-Based Strategic Priorities Of Customer Expectations For Renewable Energy Investments With Interval Type-2 Fuzzy Modeling". *Energy Reports*, 7, 95–108.
- Lin, B., & Agyeman, S. (2021). Impact of natural gas consumption on sub-Saharan Africa's CO2 emissions: Evidence and policy perspective. *Science of The Total Environment*, 760, 143321.
- Lin, B., & Li, Z. (2021). Does Natural Gas Pricing Reform Establish An Effective Mechanism In China: A Policy Evaluation Perspective. *Applied Energy*, 282, 116205.
- Lin, B., Xu, B. 2020. "How Does Fossil Energy Abundance Affect China's Economic Growth And CO2 Emissions?". *Science Of The Total Environment*, 719, 137503.
- Liu, G., Dong, X., Jiang, Q., Dong, C., & Li, J. (2018). Natural gas consumption of urban households in China and corresponding influencing factors. *Energy Policy*, 122, 17-26.

- Liu, J., Wang, S., Wei, N., Chen, X., Xie, H., & Wang, J. (2021). Natural gas consumption forecasting: A discussion on forecasting history and future challenges. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 103930.
- Liu, W., Zhang, Z., Fan, J., Jiang, D., Daemen, J. J. K. 2020. "Research On The Stability And Treatments Of Natural Gas Storage Caverns With Different Shapes In Bedded Salt Rocks". *IEEE Access*, 8, 18995–19007.
- Liu, Z. 2017. "China's Strategy For The Development Of Renewable Energies". *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, And Policy*, 12(11), 971–975.
- LODER. 2021. "Loder Lojistik Derneği - Lojistik Terimler". <http://www.loder.org.tr/tr/terimler.html> Erişim Tarihi: 11 Nisan 2021
- Lohmann, V., & Santos, P. (2020). Trombe wall thermal behavior and energy efficiency of a light steel frame compartment: Experimental and numerical assessments. *Energies*, 13(11), 2744.
- Loock, M. (2020). Unlocking The Value Of Digitalization For The European Energy Transition: A Typology Of Innovative Business Models. *Energy Research & Social Science*, 69, 101740.
- Maleki, A. 2018. "Design And Optimization Of Autonomous Solar-Wind-Reverse Osmosis Desalination Systems Coupling Battery And Hydrogen Energy Storage By An Improved Bee Algorithm". *Desalination*, 435, 221–234.
- Malinauskaite, J., Jouhara, H., Ahmad, L., Milani, M., Montorsi, L., Venturelli, M. 2019. "Energy Efficiency In Industry: EU And National Policies In Italy And The UK". *Energy*.
- Mao, G., Huang, N., Chen, L., Wang, H. 2018. "Research On Biomass Energy And Environment From The Past To The Future: A Bibliometric Analysis". *Science Of The Total Environment*, 635, 1081–1090.

- Martin, P. (2022). *Linear Regression: An Introduction to Statistical Models*. Sage.
- Marziali, A., Fabbiani, E., & Nicolao, G. D. (2021). Ensembling methods for countrywide short-term forecasting of gas demand. *International Journal of Oil, Gas and Coal Technology*, 26(2), 184-201.
- Mashhoodi, B. (2021). Who is more dependent on gas consumption? Income, gender, age, and urbanity impacts. *Applied Geography*, 137, 102602.
- M. Deymi-Dashtebayaz, A. Ebrahimi-Moghadam, S. I. Pishbin, Ve M. Pourramezan, "Investigating The Effect Of Hydrogen Injection On Natural Gas Thermo-Physical Properties With Various Compositions", *Energy*, 167, 235-245, 2019, Doi: 10.1016/J. Energy.2018.10.186.
- Min, S., Zacharia, Z. G., Smith, C. D. 2019. "Defining Supply Chain Management: In The Past, Present, And Future". *Journal Of Business Logistics*, 40(1), 44–55.
- Mohamed, T. 2021. "Geothermal Energy". *Içinde Distributed Renewable Energies For Off-Grid Communities* (Ss. 247–261). Elsevier.
- Montgomery, D. C., Peck, E. A., & Vining, G. G. (2021). *Introduction to linear regression analysis*. John Wiley & Sons.
- Mosteanu, N. R., Faccia, A., Ansari, A., Shamout, M. D., Capitanio, F. 2020. "Sustainability Integration In Supply Chain Management Through Systematic Literature Review". *QUALITY:Access To Success*, 117–123.
- Mughal, N., Arif, A., Jain, V., Chupradit, S., Shabbir, M. S., Ramos-Meza, C. S., & Zhanbayev, R. (2022). The role of technological innovation in environmental pollution, energy consumption and sustainable economic growth: Evidence from South Asian economies. *Energy Strategy Reviews*, 39, 100745.
- Mumtaz, F., Bayram, I. S., Elrayyah, A. 2017. "Importance Of Energy Storage System In The

Smart Grid". Communication, Control And Security For The Smart Grid. Institution Of Engineering And Technology.

Nakano, M., Matsuyama, K. 2021. "Internal Supply Chain Structure Design: A Multiple Case Study Of Japanese Manufacturers". *International Journal Of Logistics Research And Applications*, 24(1), 79–101.

Napshin, S. A., Marchisio, G. 2017. "The Challenges Of Teaching Strategic Management: Including The Institution Based View". *International Journal Of Management Education*, 15(3), 470–480.

Nelson, M., Alejandro Mejia, J., Alejandro, J. 2020. "What Is Energy? Examining Engineering Students' Conceptions Of Energy".

Ni, W., Sun, H. 2019. "The Effect Of Sustainable Supply Chain Management On Business Performance: Implications For Integrating The Entire Supply Chain In The Chinese Manufacturing Sector". *Journal Of Cleaner Production*, 232, 1176–1186.

Nonaka, I., Byosiere, P., Borucki, C. C., & Konno, N. (1994). Organizational knowledge creation theory: a first comprehensive test. *International Business Review*, 3(4), 337-351.

Nurunnabi, M. 2017. "Transformation From An Oil-Based Economy To A Knowledge-Based Economy In Saudi Arabia: The Direction Of Saudi Vision 2030". *Journal Of The Knowledge Economy*, 8(2), 536–564.

Obadi, S. M., & Korcek, M. (2020). Driving Fundamentals Of Natural Gas Price In Europe. *International Journal Of Energy Economics And Policy*, 10(6), 318-324.

Obringer, R., Mukherjee, S., & Nateghi, R. (2020). Evaluating the climate sensitivity of coupled electricity-natural gas demand using a multivariate framework. *Applied Energy*, 262, 114419.

Omara, M., Zimmerman, N., Sullivan, M. R., Li, X., Ellis, A., Cesa, R., ... Robinson, A. L.

2018. "Methane Emissions From Natural Gas Production Sites In The United States: Data Synthesis And National Estimate". *Environmental Science And Technology*, 52(21), 12915–12925.
- Özmen, A., Yılmaz, Y., & Weber, G. W. (2018). Natural gas consumption forecast with MARS and CMARS models for residential users. *Energy Economics*, 70, 357-381.
- Öztürk, S., & Öztürk, F. (2018). Forecasting energy consumption of Turkey by Arima model. *Journal of Asian Scientific Research*, 8(2), 52.
- Pecher, A., Peter Kofoed, J. 2017. "Handbook Of Ocean Wave Energy". Springer Nature.
- Peng, P., Lu, F., Cheng, S., Yang, Y. 2021. "Mapping The Global Liquefied Natural Gas Trade Network: A Perspective Of Maritime Transportation". *Journal Of Cleaner Production*, 283, 124640.
- Peng, X., Jia, Y., Chan, K. C., Wang, X. 2021. "Let Us Work Together: The Impact Of Customer Strategic Alliances On IPO Underpricing And Post-IPO Performance". *Journal Of Corporate Finance*, 67, 101899.
- Pérez-Salazar, M. D. R., Lasserre, A. A. A., Cedillo-Campos, M. G., González, J. C. H. 2017. "The Role Of Knowledge Management In Supply Chain Management: A Literature Review". *Journal Of Industrial Engineering And Management*. Universitat Politecnica De Catalunya.
- Perifanis, T., & Dagoumas, A. (2020). Price And Volatility Spillovers Between Crude Oil And Natural Gas Markets In Europe And Japan-Korea. *International Journal Of Energy Economics And Policy*, 10(5), 432.
- Pono, M., Munizu, M. 2021. "The Role Of Company Competitiveness As Mediation Variable The Impact Of Supply Chain Practices On Operational Performance". *Uncertain Supply Chain Management*, 9(1), 125–132.



- Porter, M., Heppelmann, J. 2017. "Why Every Organization Needs An Augmented Reality Strategy". HBR'S 10 MUST, 85.
- Prakash, N., Ramachandran, A., Varma, R., Chen, J., Mazzoleni, C., Du, K. 2018. "Near-Infrared Incoherent Broadband Cavity Enhanced Absorption Spectroscopy (NIR-IBCEAS) For Detection And Quantification Of Natural Gas Components".
- Pröllochs, N., Feuerriegel, S. 2020. "Business Analytics For Strategic Management: Identifying And Assessing Corporate Challenges Via Topic Modeling". *Information And Management*, 57(1), 103070.
- Rahman, Z. U., Khattak, S. I., Ahmad, M., & Khan, A. (2020). A disaggregated-level analysis of the relationship among energy production, energy consumption and economic growth: Evidence from China. *Energy*, 194, 116836.
- Radhakrishnan, A. (2022). Lecture 2: Linear Regression.
- Raja, M. N. A., & Shukla, S. K. (2021). Multivariate adaptive regression splines model for reinforced soil foundations. *Geosynthetics International*, 28(4), 368-390.
- Rajeev, A., Pati, R. K., Padhi, S. S., Govindan, K. 2017, Eylül 20. "Evolution Of Sustainability In Supply Chain Management: A Literature Review". *Journal Of Cleaner Production*.
- Rong, H. U., Hongshan, X. I. A., & Jiang, Y. (2013). Complex dynamics for airlines' price competition with differentiation strategy. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 13(1), 11-16.
- Roumi, S., Yousefi, H., Aslani, A., & Bekhrad, K. (2021). Effects of natural gas supply on macro-economics: comparative analysis. *International Journal of Ambient Energy*, 42(5), 483-490.
- Rymarczyk, T., Kozłowski, E., Kłosowski, G., & Niderla, K. (2019). Logistic regression for machine learning in process tomography. *Sensors*, 19(15), 3400.

- Sakib, N., Hossain, N. U. I., Nur, F., Talluri, S., Jaradat, R., & Lawrence, J. M. (2021). An Assessment Of Probabilistic Disaster In The Oil And Gas Supply Chain Leveraging Bayesian Belief Network. *International Journal Of Production Economics*, 108107.
- Salles, A. O. T., Santos, L. T. Dos, Campos, A. F. 2019. "Consolidation Of The Wind Energy Sector In The Brazilian Electricity Matrix: Opportunities, Advantages And Challenges". *International Journal Of Innovation And Sustainable Development*, 13(3–4), 392–409.
- Sarhan, M. A. 2017. "The Efficiency Of Seismic Attributes To Differentiate Between Massive And Non-Massive Carbonate Successions For Hydrocarbon Exploration Activity". *NRIAG Journal Of Astronomy And Geophysics*, 6(2), 311–325.
- Sharma, V., Cali, Ü., Sardana, B., Kuzlu, M., Banga, D., & Pipattanasomporn, M. (2021). Data-driven short-term natural gas demand forecasting with machine learning techniques. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 108979.
- Sinaga, O. (2019). The dynamic relationship between natural gas and economic growth: Evidence from Indonesia. 670216917.
- Smajla, I., Sedlar, D. K., Vulin, D., & Jukić, L. (2021). Influence of smart meters on the accuracy of methods for forecasting natural gas consumption. *Energy Reports*, 7, 8287-8297.
- Şen, D., Günay, M. E., & Tunç, K. M. (2019). Forecasting annual natural gas consumption using socio-economic indicators for making future policies. *Energy*, 173, 1106-1118.
- Şen, Z. 2018. "Hydro Energy". *Içinde Comprehensive Energy Systems (C. 1–5, Ss. 606–637)*. Elsevier Inc.
- Shokuhi, A., Nabavi Chashmi, S. A. 2019. "Formulation Of Bank Melli Iran Marketing Strategy Based On Porter'S Competitive Strategy". *Journal Of Business-To-Business Marketing*, 26(2), 209–215.
- Skorek-Osikowska, A., Martín-Gamboa, M., Dufour, J. 2020. "Thermodynamic, Economic

- And Environmental Assessment Of Renewable Natural Gas Production Systems". *Energy Conversion And Management*: X, 7, 100046.
- Svoboda, R., Kotik, V., & Platos, J. (2021). Short-term natural gas consumption forecasting from long-term data collection. *Energy*, 218, 119430.
- Šebalj, D., Mesarić, J., & Dujak, D. (2019). Analysis of methods and techniques for prediction of natural gas consumption: A literature review. *Journal of Information and Organizational Sciences*, 43(1), 99-117.
- Tamba, J. G., Essiane, N., Sapnken, E. F., Koffi, F. D., Nsouand, J. L., Soldo, B., & Njomo, D. (2018). Forecasting natural gas: A literature survey. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 8(3), 216.
- TDK. 2021a. "İktisadi Terimler Sözlüğü". *Türki Dil Kurumu Yayınları*. <https://emagaza-tdk.ayk.gov.tr/Detay/1037/İktisat-Terimleri-Sozlugu-2011>. Erişim Tarihi:11 Nisan 2021
- TDK. 2021b. "Strateji TDK Sözlük Anlamı". <https://sozluk.gov.tr>. Erişim Tarihi:11 Nisan 2021
- Tesch Da Silva, F. S., Da Costa, C. A., Paredes Crovato, C. D., Da Rosa Righi, R. 2020, Mayıs 1. "Looking At Energy Through The Lens Of Industry 4.0: A Systematic Literature Review Of Concerns And Challenges". *Computers And Industrial Engineering*. Elsevier.
- Tiewsoh, L. S., Sivek, M., Jirásek, J. 2017. "Traditional Energy Resources İn India (Coal, Crude Oil, Natural Gas): A Review". *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, And Policy*, 12(2), 110–118.
- Toklu, E. 2017. "Biomass Energy Potential And Utilization İn Turkey". *Renewable Energy*, 107, 235–244.
- Topcuoğlu, A., Oral, I. O. 2020. "Importance Of Energy For Industries And Role Of The Energy Sector İn Turkey's Economy". *İçinde Lecture Notes İn Energy (C. 77, Ss. 39–63)*.
- Tseng, M. L., Islam, M. S., Karia, N., Fauzi, F. A., Afrin, S. 2019, Şubat 1. "A Literature

- Review On Green Supply Chain Management: Trends And Future Challenges". Resources, Conservation And Recycling. Elsevier B.V.
- Van Waes, A., Farla, J., Raven, R. 2020. "Why Do Companies' Institutional Strategies Differ Across Cities? A Cross-Case Analysis Of Bike Sharing In Shanghai & Amsterdam". *Environmental Innovation And Societal Transitions*, 36, 151–163.
- Wang, H., Chen, L., Qu, Z., Yin, Y., Kang, Q., Yu, B., & Tao, W. Q. (2020). Modeling Of Multi-Scale Transport Phenomena In Shale Gas Production—A Critical Review. *Applied Energy*, 262, 114575.
- Wang, Z., Li, Y., Feng, Z., & Wen, K. (2019). Natural gas consumption forecasting model based on coal-to-gas project in China. *Global Energy Interconnection*, 2(5), 429-435.
- Wannakrairoj, W., Velu, C. 2021. "Productivity Growth And Business Model Innovation". *Economics Letters*, 199, 109679.
- Waymer, D., Heath, R. L. 2019. "The Public Relations Paradox Of Erasure: Damnatio Memoriae As Public Relations Strategy And Tactic". *Public Relations Review*, 45(3), 101778.
- Wei, N., Li, C., Peng, X., Li, Y., & Zeng, F. (2019). Daily natural gas consumption forecasting via the application of a novel hybrid model. *Applied Energy*, 250, 358-368.
- Wei, N., Yin, L., Li, C., Liu, J., Li, C., Huang, Y., & Zeng, F. (2022). Data complexity of daily natural gas consumption: Measurement and impact on forecasting performance. *Energy*, 238, 122090.
- Wei, N., Li, C., Li, C., Xie, H., Du, Z., Zhang, Q., & Zeng, F. (2019). Short-term forecasting of natural gas consumption using factor selection algorithm and optimized support vector regression. *Journal of Energy Resources Technology*, 141(3).
- Winter, A., Deniaud, I., Marmier, F., Caillaud, E. 2018. "A Risk Assessment Model For Supply

Chain Design. Implementation At Kuehne + Nagel Luxembourg". İçinde Proceedings - GOL 2018: 4th IEEE International Conference On Logistics Operations Management (Ss. 1–8). Institute Of Electrical And Electronics Engineers Inc.

Xiang, D., & Lawley, C. (2019). The impact of British Columbia's carbon tax on residential natural gas consumption. *Energy Economics*, 80, 206-218.

Yang, X., Li, H., Wallin, F., Yu, Z., Wang, Z. 2017. "Impacts Of Emission Reduction And External Cost On Natural Gas Distribution". *Applied Energy*, 207, 553–561.

Yemelyanov, O., Symak, A., Petrushka, T., Vovk, O., Ivanytska, O., Symak, D., ... & Lesyk, L. (2021). Criteria, Indicators, And Factors Of The Sustainable Energy-Saving Economic Development: The Case Of Natural Gas Consumption. *Energies*, 14(18), 5999.

Yemelyanov, O., Symak, A., Petrushka, T., Zahoretska, O., Kusiya, M., Lesyk, R., & Lesyk, L. (2019). Changes in Energy Consumption, Economic Growth and Aspirations for Energy Independence: Sectoral Analysis of Uses of Natural Gas in Ukrainian Economy. *Energies*, 12(24), 4724.

Yoesgiantoro, D., Fahrizki, J., & Supriyadi, I. (2021). Cost-Benefit Analysis Of Palm Mill Oil Effluent Becomes Bio-CNG As HSD Fuel Substitution İn West Kalimantan Province. *Economics And Business Quarterly Reviews*, 4(3).

Yoshikawa, H. 2020. "Stock Prices And The Real Economy: The Different Meaning Of Efficiency" (Ss. 3–19). Springer, Singapore.

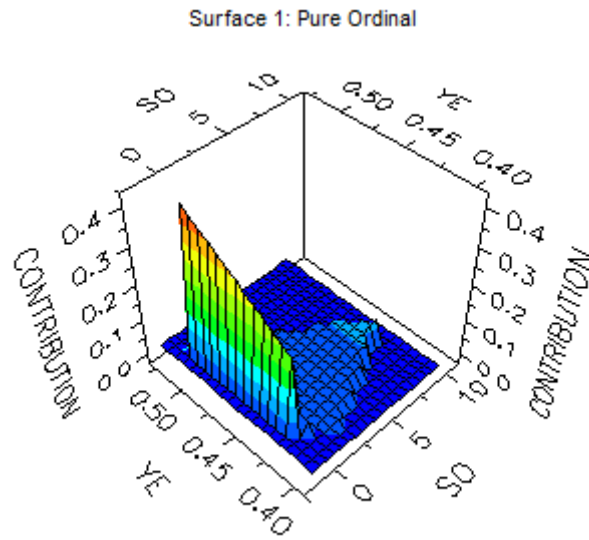
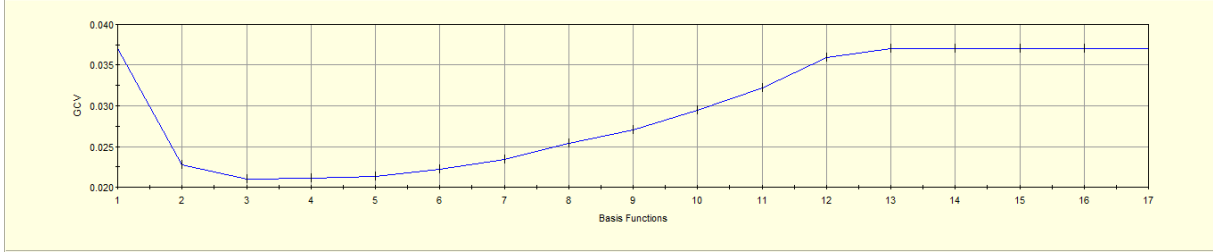
Yu, W., Song, S., Li, Y., Min, Y., Huang, W., Wen, K., Gong, J. 2018. "Gas Supply Reliability Assessment Of Natural Gas Transmission Pipeline Systems". *Energy*, 162, 853–870.

Yucesan, M., Pekel, E., Celik, E., Gul, M., & Serin, F. (2021). Forecasting daily natural gas consumption with regression, time series and machine learning based methods. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 1-16.

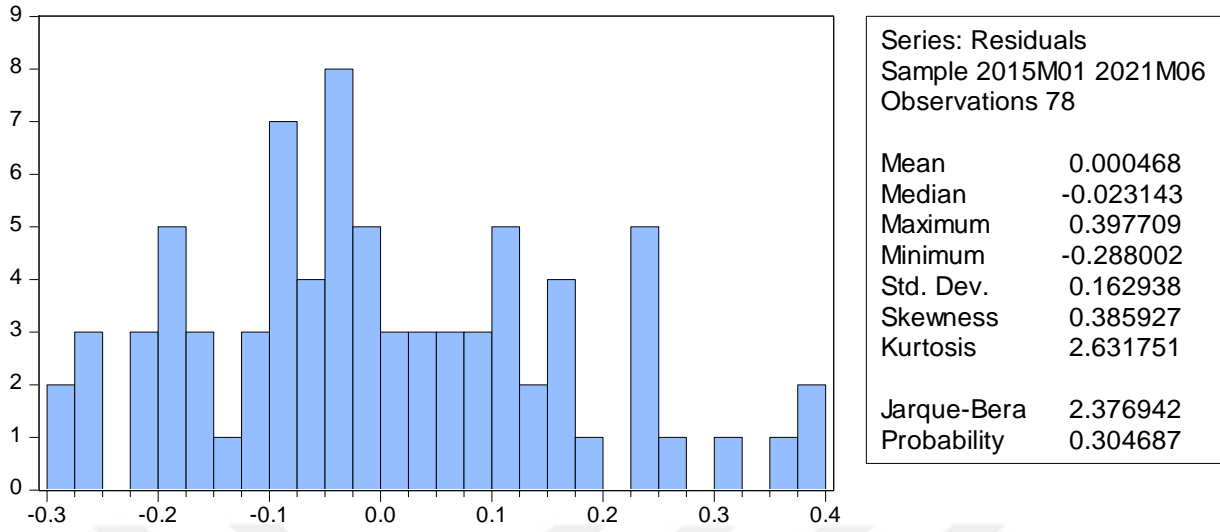
- Yüksel, S., Ubay, G. G. 2021. "Determination Of Optimal Financial Government Incentives İn Wind Energy Investments". İçinde Strategic Outlook İn Business And Finance Innovation: Multidimensional Policies For Emerging Economies (Ss. 25–34). Emerald Publishing Limited.
- Yüksel, S., & Ubay, G. G. (2020). Identifying the influencing factors of renewable energy consumption in Turkey with MARS methodology. *Ekonomi İşletme ve Maliye Araştırmaları Dergisi*, 2(1), 1-14.
- Zhang, F., Zhao, P., Niu, M., Maddy, J. 2016, Eylül 7. "The Survey Of Key Technologies İn Hydrogen Energy Storage". *International Journal Of Hydrogen Energy*. Elsevier Ltd.
- Zhi-Guo, L., Cheng, H., & Dong-Ming, W. (2018). Empirical research on the relationship between natural gas consumption and economic growth in the Northeast Asia. *Energy & Environment*, 29(2), 216-231.
- Zhou, X., Feng, C. 2017. "The İmpact Of Environmental Regulation On Fossil Energy Consumption İn China: Direct And İndirect Effects". *Journal Of Cleaner Production*, 142, 3174–3183.
- Zidane, Y. J. T., Olsson, N. O. E. 2017. "Defining Project Efficiency, Effectiveness And Efficacy". *International Journal Of Managing Projects İn Business*. Emerald Group Publishing Ltd.
- Zou, C., Yang, Z., He, D., Wei, Y., Lİi, J., Jia, A., Yang, S. 2018. "Theory, Technology And Prospects Of Conventional And Unconventional Natural Gas". *Petroleum Exploration And Development*, 45(4), 604–618.

## EKLER

### Ek 1: Doğal Gaz Tüketim Miktarına Yönelik Modelleme MARS Yöntemi Sonuçları



## Ek 2: Regresyon Analizine Yönelik Sonuçlar



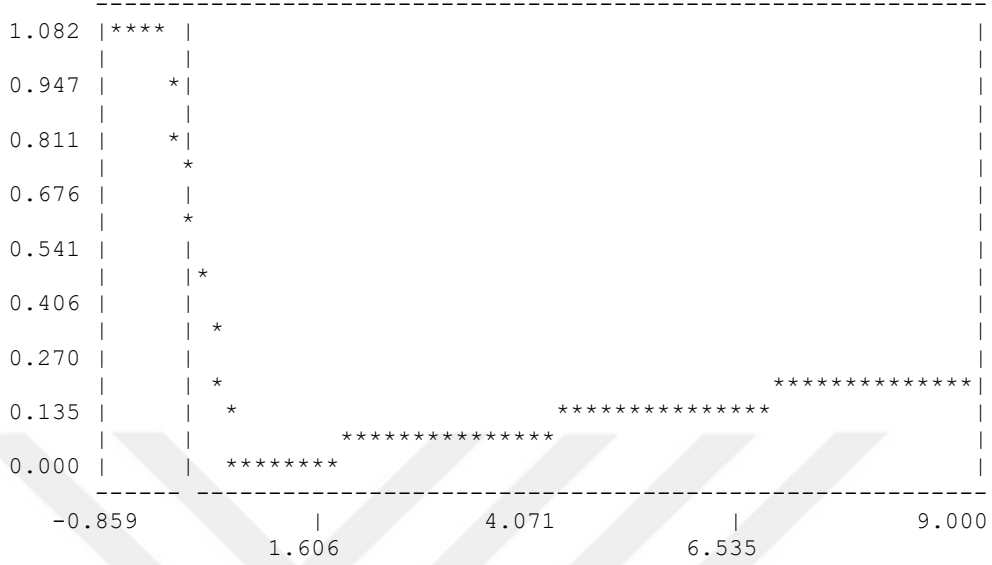
Heteroskedasticity Test: White				
F-statistic	1.638102	Prob. F(15,62)	0.0893	
Obs*R-squared	22.13868	Prob. Chi-Square(15)	0.1042	
Scaled explained SS	15.86426	Prob. Chi-Square(15)	0.3911	
Test Equation:				
Dependent Variable: RESID^2				
Method: Least Squares				
Date: 01/06/22 Time: 21:22				
Sample: 2015M01 2021M06				
Included observations: 78				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.010894	0.033973	0.320674	0.7495
BUYUMEORANI^2	0.000251	0.000178	1.412473	0.1628
BUYUMEORANI * ISSIZLIKORANI	0.001560	0.001509	1.033984	0.3052
BUYUMEORANI * KFORAN	0.079418	0.078859	1.007084	0.3178
BUYUMEORANI * SICAKLIKORAN	0.004116	0.002965	1.388120	0.1701
BUYUMEORANI * YENILENEBILIRENERJI	-0.044953	0.040265	-1.116416	0.2686
ISSIZLIKORANI^2	0.000765	0.003477	0.219933	0.8266
ISSIZLIKORANI * KFORAN	-0.277461	0.277376	-1.000307	0.3211
ISSIZLIKORANI * SICAKLIKORAN	-0.001565	0.010741	-0.145747	0.8846



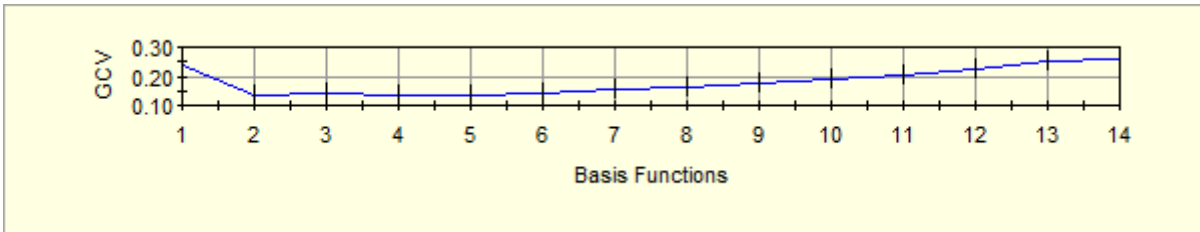
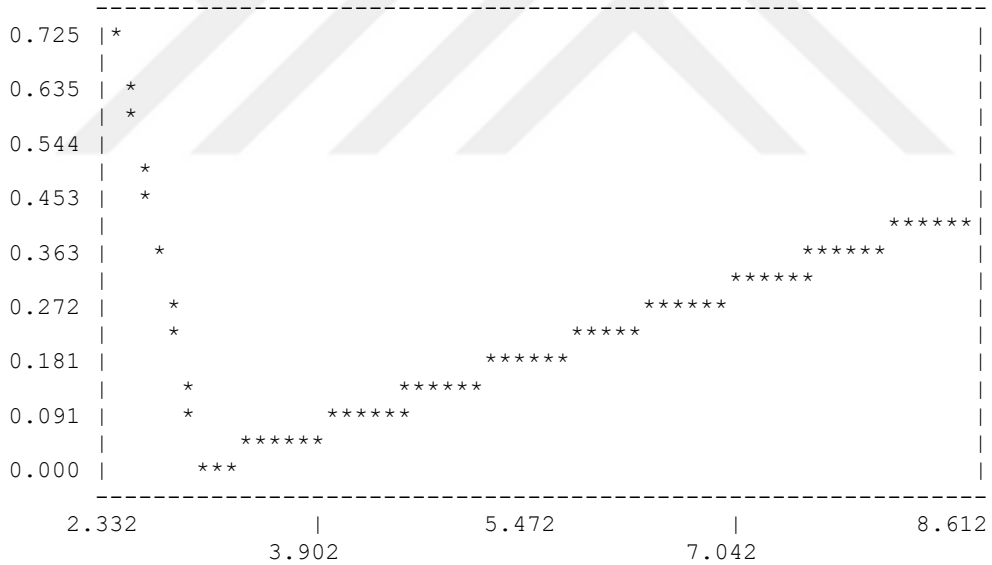
ISSIZLIKORANI * YENILENEBILIRENERJI	-0.032872	0.188701	-0.174203	0.8623
KFORAN^2	-1.032278	3.647084	-0.283042	0.7781
KFORAN * SICAKLIKORAN	1.263685	0.803108	1.573494	0.1207
KFORAN * YENILENEBILIRENERJI	7.023449	7.296255	0.962610	0.3395
SICAKLIKORAN^2	-0.001531	0.002854	-0.536276	0.5937
SICAKLIKORAN * YENILENEBILIRENERJI	-0.013737	0.293492	-0.046805	0.9628
YENILENEBILIRENERJI^2	0.431724	2.584744	0.167028	0.8679
R-squared	0.283829	Mean dependent var	0.026209	
Adjusted R-squared	0.110562	S.D. dependent var	0.033742	
S.E. of regression	0.031822	Akaike info criterion	-3.876652	
Sum squared resid	0.062783	Schwarz criterion	-3.393224	
Log likelihood	167.1894	Hannan-Quinn criter.	-3.683127	
F-statistic	1.638102	Durbin-Watson stat	2.123909	
Prob(F-statistic)	0.089314			

### Ek 3: Doğal Gaz Artış/Azalış Trendine Yönelik Modelleme MARS Yöntemi Sonuçları

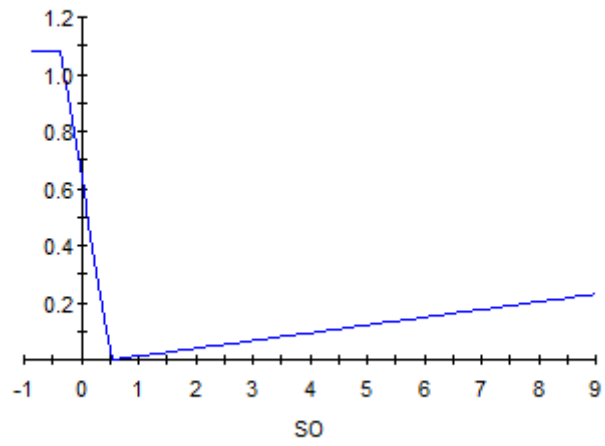
PURE ORDINAL CONTRIBUTION:  
 CURVE 1: SO , max = 1.0819



PURE ORDINAL CONTRIBUTION:  
 CURVE 2: USD , max = 0.72524



Curve 1: Pure Ordinal



Curve 2: Pure Ordinal

