

T.C.
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TÜRKİYE'DE ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİNDE
KULLANILAN DOĞAL GAZ İLETİMİNİN MEVCUT DURUMU
VE GELECEĞİNE BAKIŞ

Necip Recep DAVRAN

Danışman: Prof. Dr. Ahmet BARAN

ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

ERZİNCAN
2019

Her Hakkı Saklıdır.

Kabul ve Onay Sayfası

Prof. Dr. Ahmet BARAN danışmanlığında, Necip Recep DAVRAN tarafından hazırlanan bu çalışma 20/08/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Ahmet BARAN

İmza:



Üye : Doç. Dr. Yunus BABACAN

İmza:

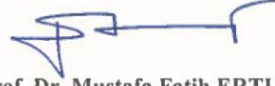


Üye : Dr. Öğr. Üyesi Cemil ALTIN

İmza:



Yukarıdaki sonuç Enstitü Yönetim Kurulunun 06. 09. / 2019 tarih ve 36./11..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.



Prof. Dr. Mustafa Fatih ERTUGAY
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, şekil ve tabloların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

Bilimsel Etiğe Uygunluk Sayfası

“Türkiye’de Elektrik Enerjisi Üretiminde Kullanılan Doğal Gaz İletiminin Mevcut Durumu ve Geleceğine Bakış” isimli “Yüksek Lisans” tezim tarafımda intihal tespit programı ile incelenmiştir. Buna göre tezimde bilimsel etik ihlali ve intihal olarak nitelendirilebilecek herhangi bir durum olmadığını taahhüt ederim.

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir biçimde elde edildiğini; aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi beyan ederim. 20/08/2019



Necip Recep DAVRAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TÜRKİYE'DE ELEKTRİK ENERJİSİ ÜRETİMİNDE KULLANILAN DOĞAL GAZ İLETİMİNİN MEVCUT DURUMU VE GELECEĞİNE BAKIŞ

Necip Recep DAVRAN

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ahmet BARAN

Ekonomik büyümenin temel girdilerinden olan enerji, toplumların refah seviyesi ve ülkelerin ekonomisi üzerindeki tüm etkilerinden dolayı tüm dünya gündeminde önemli bir yer teşkil etmektedir. Türkiye'de de enerjiye duyulan ihtiyaç, diğer fosil yakıtlara nazaran çok daha temiz bir enerji kaynağı olarak bilinen doğal gaza talebin artmasına sebep olmuştur. Bu ihtiyaç ise büyük bir kısmının ithal edildiği doğal gazın iletimini oldukça önemli hale getirmektedir.

Bu çalışma da ülkemiz için önemli enerji kaynaklarından biri olan doğal gaz enerjisinin ülkemize iletimi, ülkemizdeki üretimi ve ülkemizdeki tüketimi irdelendikten sonra ülkemizde doğal gazdan elektrik enerjisi elde edilmesi hakkında teknik ve literatür bilgisi sunulmuş olup, çalışma doğal gaz enerjisi arz talep hususlarında geleceğe yönelik öngörüler ile sona ermektedir.

2019, 72 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Doğal Gaz, Doğal Gaz İletimi, Doğal Gazdan Elektrik Enerjisi Üretimi, Doğal Gazın Ülkemizdeki ve Dünyadaki Geleceği

ABSTRACT

Master Thesis

OVERVIEW OF THE CURRENT SITUATION AND FUTURE OF NATURAL GAS TRANSMISSION USED IN THE PRODUCTION OF ELECTRICAL ENERGY IN TURKEY

Necip Recep DAVRAN

Erzincan Binali Yıldırım University
Institute of Natural and Applied Sciences
Department of Electrical and Electronics Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet BARAN

Energy, which is one of the main inputs of economic growth, is an important part of the world agenda due to the welfare level of societies and all the effects on the economy of the countries. In Turkey, the need for energy has caused the demand for natural gas, which is known as a cleaner source of energy than other fossil fuels, to increase. This need makes the transmission of natural gas, which is mostly imported, very crucial.

In this study, after examining the transmission of natural gas energy to our country which is one of the important energy resources for our country, production and consumption in our country, technical and literature knowledge about obtaining electricity from natural gas is presented and the study concludes with the predictions regarding the future demand for natural gas energy supply, it is sooner.

2019, 72 Pages

Keywords: Natural Gas, Natural Gas Transmission, Electricity Generation from Natural Gas, The Future of Natural Gas in Turkey and in the World

TEŐEKKÖR

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum bu alıŐma Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Başkanlığında yapılmıştır.

Çalışmanın gerçekleştirilme sürecinin her aşamasında bana desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, bilgi ve deneyimleri ile bana yol gösteren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ahmet BARAN'A teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman olduğu gibi bu yoğun ve meŐakkatli süreçte beni yalnız bırakmayarak büyük destekleriyle yanımda olan, bana her daim inanan ve güvenen, sevgili ve çok değerli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Necip Recep DAVRAN

Ağustos, 2019

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLolar LİSTESİ.....	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
3. KURAMSAL TEMELLER.....	6
3.1. Doğal Gaz Nedir?.....	6
3.2. Dünya Ülkelerindeki Aktif Doğal Gaz Rezervleri ve Üretimleri.....	8
3.2.1. Dünya doğal gaz rezervleri.....	8
3.2.2. Dünya doğal gaz üretimleri	9
3.2.3. Küresel doğal gaz rezervlerinin Ömrü.....	10
3.2.4. Küresel doğal gaz tüketimi	10
3.3. Dünya Ülkeleri Arasında Mevcut Doğal Gaz İletim Hatları.....	10
3.3.1. Yamal-Avrupa I doğal gaz boru hattı	12
3.3.2. Urengoy-Pomary-Uzhorod doğal gaz boru hattı (Brotherhood)	14
3.3.3. Soyuz doğal gaz boru hattı	15
3.3.4. Northern Lights doğal gaz boru hattı.....	15
3.3.5. Nord Stream doğal gaz boru hattı (Kuzey Akım).....	16
3.3.6. Langeled doğal gaz boru hattı.....	17
3.4. Türkiye'de ki Mevcut Doğal Gaz İletim Hatları ve Özellikleri.....	19
3.4.1. Türkiye-Rusya doğal gaz boru hattı (Batı Hattı)	20
3.4.2. Türkiye-İran doğu anadolu doğal gaz boru hattı (Doğu Hattı).....	21
3.4.3. Türkiye-Rusya doğal gaz boru hattı (Mavi Akım)	22
3.4.4. Bakü-Tiflis-Erzurum doğal gaz boru hattı (BTE, Güney Kafkasya).....	23
3.4.5. Türkiye-Yunanistan doğal gaz enterkoneksiyonu (ITG).....	24
3.4.6. Trans Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı Projesi (TANAP)	24
3.4.7. Türk Akım doğal gaz boru hattı.....	25

3.5. Türkiye'de LNG Temini	26
3.6. Dünya'da ve Türkiye'de Doğal Gaz Depolama	28
3.6.1. Marmara Ereğlisi LNG terminali	29
3.6.2. Silivri yeraltı doğal gaz depolama	30
3.6.3. FSRU (Floating Storage and Regasification Unit) Dörtüol.....	31
3.6.4. Egegaz Aliğa LNG Terminali	31
3.6.5. Tuz Gölü yeraltı doğal gaz depolama.....	31
3.6.6. Etki Limanı FSRU	32
4. MATERYAL ve YÖNTEM.....	34
4.1. Türkiye'de Elektrik Enerjisi Üretim Santralleri.....	34
4.1.1. Termik santraller.....	35
4.1.2. Rüzgar enerji santralleri (RES).....	36
4.1.3. Bio enerji santralleri (BES)	37
4.1.4. Jeotermal enerji santralleri (JES).....	39
4.1.5. Güneş enerji santralleri (GES).....	41
4.1.6. Hidroelektrik enerji santralleri (HES)	43
4.1.7. Dalga enerji santralleri.....	45
4.1.8. Nükleer enerji santralleri (NES)	45
5. ARAŞTIRMA BULGULARI	47
5.1. Türkiye'de Elektrik Enerjisi Üreten Doğal Gaz Santralleri.....	47
5.1.1. Enka Gebze doğal gaz kombine çevrim santrali.....	50
5.1.2. Enka İzmir doğal gaz kombine çevrim santrali	51
5.1.3. Bursa Ovaakça doğal gaz kombine çevrim santrali.....	51
5.1.4. Ambarlı doğal gaz kombine çevrim santrali (İstanbul-A).....	52
5.1.5. Hamitabat doğal gaz kombine çevrim santrali	52
5.1.6. Ali Metin Kazancı doğal gaz kombine çevrim santrali	53
5.1.7. Enerjisa bandırma doğal gaz kombine çevrim santrali.....	53
5.1.8. Erzin doğal gaz kombine çevrim santrali	54
5.1.9. OMV samsun doğal gaz kombine çevrim santrali.....	54
5.1.10. Yeni elektrik doğal gaz kombine çevrim santrali	55
5.2. Doğal Gaz'dan Elektrik Üretim Teknolojisi (Doğal gaz kombine çevrim santralleri).....	56
5.2.1. Doğal Gaz'dan Elektrik Üretimi	56
5.2.2. Kombine çevrim santrali çalışma prensibi.....	57

5.2.3. Kombine çevrim santrali sistem bileşenleri.....	58
5.2.3.1. Suyu minerallerden ayırma (safılaştırma) sistemi	58
5.2.3.2. Gaz türbin sistemi	59
5.2.3.3. Isı geri kazanımlı buhar jeneratörü (HRSH).....	59
5.2.3.4. Buhar türbini (ST).....	60
5.2.3.5. Hava soğutmalı kondenser (ACC)	61
6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	62
KAYNAKLAR	67
ÖZGEÇMİŞ	73



ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Boru Hattı ile Doğal Gaz İletimi	12
Şekil 3.2. Yamal-Avrupa Doğal Gaz Boru Hattı	13
Şekil 3.3. Brotherhood ve Soyuz Doğal Gaz Boru Hattı	14
Şekil 3.4. Northern Lights Doğal Gaz Boru Hattı	16
Şekil 3.5. Nord Stream Doğal Gaz Boru Hattı	17
Şekil 3.6. Langeded Doğal Gaz Boru Hattı	18
Şekil 3.7. Doğal Gaz Boru Hatları	20
Şekil 3.8. Doğal Gaz'ın LNG ve Boru Hatları ile Taşınma Yolları	26
Şekil 3.9. LNG Terminal Aşamaları	27
Şekil 3.10. Marmara Ereğlisi LNG Terminali	30
Şekil 3.11. Tuz Gölü Yeraltı Doğal Gaz Depolama Tesisi	32
Şekil 4.1. Termik Santrali	36
Şekil 4.2. Rüzgar Enerji Santrali	37
Şekil 4.3. Biyoenerji Santrali	38
Şekil 4.4. Jeotermal enerji kaynakların konum haritası	39
Şekil 4.5. Jeotermal Enerji Üretim Şeması ve Kullanım Alanları	40
Şekil 4.6. Güneş Enerjisi Santrali	42
Şekil 4.7. Hidroelektrik Enerji Santrali ve Baraj	44
Şekil 4.8. IBM Destekli Dalga Enerjisi Dönüştürücüsü	45
Şekil 4.9. Nükleer Enerji Santrali	46
Şekil 5.1. Enka Gebze Doğal Gaz Kombine Çevrim Santrali	50
Şekil 5.2. Enka İzmir Doğal Gaz Kombine Çevrim Santrali	51
Şekil 5.3. Bursa Ovaakça Doğal Gaz Kombine Çevrim Santrali	52
Şekil 5.4. Hamitabat Doğal Gaz Kombine Çevrim Santrali	53
Şekil 5.5. Erzin Doğal Gaz Kombine Çevrim Santrali	54
Şekil 5.6. Yeni Elektrik Doğal Gaz Kombine Çevrim Santrali	55
Şekil 5.7. Kombine Çevrim Santrali Şeması	57
Şekil 5.8. Gaz Türbini	59
Şekil 5.9. HRSG (Isı Geri Kazanımlı Buhar Generatörü).....	60
Şekil 5.10. Buhar Türbini	61
Şekil 5.11. Hava Soğutmalı Kondenser (ACC)	61

TABLULAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 3.1. 2008-2017 Bölgelere Göre Dünya Doğal Gaz Üretimi	9
Tablo 3.2. 2008-2017 Dünya Doğal Gaz Tüketimi.....	10
Tablo 3.3. Planlanan Doğal Gaz Boru Hattı Projeleri.....	19
Tablo 4.1. Termik Santraller	35
Tablo 4.2. Rüzgar Enerji Santralleri	37
Tablo 4.3. Biyoenerji Santralleri.....	38
Tablo 4.4. Jeotermal Enerji Santralleri	41
Tablo 4.5. Güneş Enerji Santralleri.....	43
Tablo 4.6. Hidroelektrik Enerji Santralleri	44

SİMGELER ve KISALTMALAR

Simgeler

%	Yüzde
<i>m</i>	Metre
<i>m</i> ³	Metreküp
<i>Sm</i> ³	Standart Metreküp

Kisaltmalar

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
ACC	Air Cooled Condenser
BAE	Birleşik Arap Emirlikleri
BES	Bio Enerji Santrali
BOTAŞ	Boru Hatları ile Petrol Taşıma A.Ş.
BP	British Petroleum
BTE	Bakü Tiflis Erzurum
CNG	Compress Natural Gas
EÜAŞ	Elektrik Üretim A.Ş.
FSRU	Floating Storage and Regasification Unit
GE	General Electric

GES	Güneş Enerji Santrali
GWH	Giga Watt Hours
HES	Hidroelektrik Enerji Santrali
HP	High Pressure
HRSG	Heat Recovery Steam Generator
IBM	International Business Machine
ITG	Interconnector Turkey-Greece
INOGATE	Interstate Oil and Gas Transport to Europa
JES	Jeotermal Enerji Santrali
KWH	Kilo Watt Hours
KV	Kilo Volt
LNG	Liquified Natural Gas
LP	Low Pressure
LPG	Liquified Petroleum Gas
MW	Mega Watt
MWE	Mega Watt Electric
MWH	Mega Watt Hours
MWT	Mega Watt Heat
NES	Nükleer Enerji Santrali

OECD	Organisation for Economic Co-operation and Devepolment
OSB	Organize Sanayi Bölgesi
RES	Rüzgar Enerji Santrali
RPM	Revolutions Per Minute
SSCB	Sovyet Sosyalist Cumhuriyet Birliği
ST	Steam Turbine
TANAP	Trans Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı Projesi
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim A.Ş.
TPAO	Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
TWH	Tera Watt Hours

1. GİRİŞ

Küresel alanda ülkelerin gelişme ve kalkınma açısından önemli faktörlerin başında gelen üretim için enerji, en önemli etkenlerden bir tanesidir. Üretim alanında çok çeşitlilik göstermiş olsa da enerjinin önemi her geçen gün artış eğilimi göstermektedir. İhtiyaç olan enerjiler arasında doğal gaz önceden de olduğu gibi son dönemlerde de önemini yitirmeyen kaynaklardan biridir. Türkiye açısından düşünüldüğünde, dünya genelinde bulunan ve üretilen doğal gaz miktarına oranla yok denecek kadar az durumdadır. Bu sebeple Türkiye önemli bir enerji ithalatçısı konumundadır ve doğal gaz enerjisi noktasında bağımlı bir ülkedir.

Doğal gaz dünya genelinde üretimi ve kullanılabilirliği olarak kendini kanıtlamış bir enerji kaynağıdır. Fosil bir yakıt çeşidi olmasına karşın, çevreyi olumsuz anlamda etkilemesi açısından havaya karbon salınımı olarak diğer fosil yakıtlar arasında en masum olanı olarak görülmektedir. Buna ek olarak yanması için çevreden gerekli diğer materyallere de minimum seviyede ihtiyaç duymaktadır. Bu yönleriyle çevreci bir enerji kaynağı olarak görülmektedir.

Dünya genelinde ve Türkiye'de doğal gazdan elektrik enerjisi üretimi gün geçtikçe artış göstermiş, artmaya da devam edeceğinin sinyallerini vermektedir. Elektrik üretim teknolojisindeki ilerlemeler sayesinde doğal gaz ile elektrik enerjisi üretimi küresel alanda önem kazanmıştır. Özellikle gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde sanayi alanında elektrik enerjisi kullanımı oldukça yaygın olduğu için, farklı enerji çeşitlerinin iklim veya diğer birçok faktörden etkilenmeyecek doğal gaz gibi enerji kaynaklarından üretilmesi sağlanmıştır.

Küresel anlamda bir çok ülkede rezerv bakımından çok az veya yetersiz olan ve ihtiyacı karşılama noktasında çok uzağında kalan doğal gaz, ülkeler arası iletilmesi sayesinde küresel alana yayılmış durumdadır. Türkiye'ye ithal edilen doğal gaz uzun süreli sözleşmelere bağlanarak arz güvenliği sağlanmıştır. Sınır komşusu olan veya deniz sınırı olunan ülkelere boru hatları ile doğal gaz ithal edilme yöntemine gidilmiş, uzak ülkelere ise kaynağı çeşitlendirmek amacıyla doğal gazın sıvılaştırılmış halinin, deniz yolu ile gemilerle taşınması sağlanmıştır. Türkiye'de bunların yanı sıra arz güvenliği sağlanması ve çeşitlilik için yeraltına açılan veya halihazırda bulunan mağara gibi

devasa boşluklara doğal gaz depolanması yöntemine de gidilmiş, uzun vadede bu gibi projelerin sayısı da kapasitesi de artırılması planlanmıştır.

Dünya ülkeleri gibi Türkiye’de enerji çeşitlendirmek, yenilenebilir enerji kaynaklarının özellikle elektrik enerjisi üretimi gibi sanayi alanında yüksek girdiye sahip kalemlerde kullanmak amacıyla yatırımlarını ve alanlarını genişletmek istemektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının güneş enerji santralleri, jeotermal enerji santralleri, bio enerji santralleri ve rüzgar enerji santrallerinde kullanılarak enerji dönüşümü gerçekleştirmek, son dönemlerde küresel anlamda bir çığır açmıştır. Fakat bahsedilen enerji kaynakların iklime ve farklı doğal şartlarına bağımlılıkları yüksek oldukları için ve elektrik enerjisi gibi çok yüksek sanayi giderlerini karşılamak güç olacağı için doğal gaz enerjisinden özellikle vazgeçilememektedir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Doğal gaz enerjisi sadece Türkiye açısından değil Dünya genelinde de önemli bir yere sahiptir. Özellikle son dönemlerde elektrik enerjisi üretimindeki payı da göz önüne alındığında, gelecek adına doğal gaz enerjisinin ne kadar fayda sağlayacağı öngörülmektedir. Bu bölümde çalışılan konu ile ilgili olarak daha önce yapılmış olan çalışmalardan bazıları sunulmuştur. Bu bölümde Türkiye’de ve Dünya’da Elektrik Enerjisi Üretiminde Kullanılan Doğal Gaz’ın İletimi ve Geleceği hakkında çalışmalara örnekler verilmiştir.

Gürol (2019) yapmış olduğu çalışmada literatüre üç önemli noktada katkı yapmıştır. Kendine özgü Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Modeli’ni iyileştirmesi bunlardan ilkidir. İkinci olarak doğal gaz arzı sağlarken tek bir tedarikçiden alım oranı yüzdesinin belirlenmesi olmuştur. Son olarak ise, Türkiye’nin gelecekteki ihtiyaç duyacağı doğal gazın temin edilme planının öngörülmesidir. Enerjideki arz güvenliği ile sürdürülebilirlik arasında bağıntı kurulmuş ve Sürdürülebilir Temin Zinciri Modeli üzerine çalışılmıştır.

Güneş (2013) yapmış olduğu çalışmada Türkiye’de mevcut doğal gaz boru hattı şebekesi yapısını detaylı bir şekilde incelemiş ve optimal tasarım noktasında gelişmeler elde edilmiştir. Bu çalışma ile Türkiye’de bulunan mevcut boru hatlarının belirli noktalarındaki kompresörlerden birini optimizasyon sayesinde boşa çıkarıp, Nijerya ve Cezayir’den ithal edilen doğal gaz için kullanılabileceği öngörülmüştür.

Erkan (2013) yapmış olduğu çalışmada doğal gaz tedariki noktasında Rusya Federasyonu’na bağımlılığın gün geçtikçe artan Avrupa Ülkeleri’nin, enerji güvenliği ile ulusal alanda güvenliğinin zamanla tehdit unsuru olmaması amacıyla, bu konudaki olumsuz etkileri detaylıca incelemiştir. Bu bağlamda, Avrupa Ülkelerinin enerji arz noktasında tedarikçi çeşitliliği oluşturması üzerine araştırma yapmıştır.

Uluatam (2010) yapmış olduğu çalışmada Avrupa’daki doğal gaz boru hatlarının ve geliştirilen yeni projelerin varlığının sebeplerini araştırmıştır. Yanı sıra dünya genelinde güncel araştırmaların sonucu doğal gaz rezervlerinin bölgelere göre dağılımı ve uzak bölgelere iletilme yöntemleri üzerine araştırma yapmıştır.

MMO (2006) hazırlamış olduğu raporda Türkiye'nin dışa bağımlı olduğu ithal enerji kaynaklarına dayalı enerji politikalarından doğal gazın enerji üretim, tüketim ve kullanıldığı alanlar incelenmiştir. Bununla birlikte doğal gaz piyasasında devam eden ve gelecek için öngörülen yatırımlar da araştırılmıştır. Bu çalışma ile ithal edilen doğal gaz enerjisinin daha verimli kullanılarak, her açıdan Türkiye için optimizasyon sağlamak amaçlanmıştır.

Kılıç (2014) yapmış olduğu çalışmada Türkiye için önemli olan doğal gaz enerjisinin arz güvenliği bakımından irdelenip, ülkeye ithal edilmesinde oluşabilecek her türlü risk unsurlarının belirlenip, etkileriyle beraber ortadan kaldırılması amaçlanmıştır. Aynı zamanda doğal gaz ile ilgili; enerji kaynakları arasındaki yeri, önemi, taşınması ve ticareti hakkında geniş bir araştırma yapılmıştır.

Günaslan (2016) yapmış olduğu çalışmada dünyada ve Türkiye’de enerji görünümü irdelendikten sonra, Türkiye’de elektrik üretiminde kömür ile yarışan doğal gazdan elektrik üreten kombine çevrim santrallerinin birçok açıdan değerlendirilmesi yapılmıştır. Elektrik üretiminde doğal gaz enerjisi kullanılmasının sebepleri araştırılmış, enerji yatırımları hakkında bilgiler verilmiştir. Dışa bağımlılıkta yüksek orana sahip doğal gaz enerjisinden elektrik üretimin riskleri değerlendirilmiştir.

Ağdaş (2015) yapmış olduğu çalışmada Türkiye için önemli enerji kaynakları sıralamasında üstlerde yer alan doğal gazın ithalatı ile ilgili geçmiş incelenmiş ve SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats - Güçlü Yönler, Zayıf Yönler, Fırsatlar, Tehditler) analizi ile araştırılmış ve çözüm yöntemleri sunulmuştur. SWOT analiz yöntemi ile yapılan irdeleme sonucunda, Türkiye’de doğal gaz ithalatının fırsat ve tehditlerinin olduğu çalışma sonucunda ortaya konulmuştur.

İsmayilov (2018) yapmış olduğu çalışmada Türkiye ile Azerbaycan Hükümetlerinin enerji politikaları güvenlik anlamında incelenmiştir. Geçmişte ve mevcut enerji noktasında tehditler araştırılıp, iki ülke arasında iş birliği yapılarak bölgedeki sorunun çözümü için detaylı araştırma yapılmıştır. Enerji iletiminde iç ve dış tehdit unsurlarına karşı alınacak önlemler geniş çaplı olarak irdelenmiştir.

Konak (2019) yapmış olduğu çalışmada Türkiye’de doğal gaza olan bağımlılığın neden azaltılması gerektiği ve alternatif enerji kaynaklarına yönelim olmasının gerekliliği

araştırılmıştır. Çalışmada yapılan araştırma sonucunda on yıllık bir dönem baz alınmış, bu süreçteki değerler incelenmiş ve Türkiye'deki doğal gaz ithalatının hızla artış eğiliminde olduğu ortaya konulmuştur. Doğal gaza olan bağımlılığın bir nebze de olsa azaltılması gerektiği vurgulanmıştır.

Franza vd. (2016) yapmış olduğu çalışmada doğal gazın doğal evre üzerindeki kömür gibi fosil yakıtlara göre büyük avantajlarından bahsetmiş, hangi alanlarda kullanımının arttığını ortaya koymuş ve gelecekte kullanım alanlarının nerelere gidebileceği noktasında öngörülerde bulunmuştur. Bir yandan da sadece doğal gaza bağımlı kalınmaması gerektiği üzerinde durulmuştur. Farklı enerji kaynakları ile karşılaştırılması da yapılmış, olumlu ve olumsuz yönleri ortaya konmuştur.

3. KURAMSAL TEMELLER

Bu bölümde Doğal Gaz Enerjisi hakkında genel bilgiler verilmiştir. Yanı sıra küresel anlamda doğal gaz rezerv miktar bakımından bölgeler ve ülkeler irdelenmiştir. Rezerv açısından yetersiz miktarda doğal gaz sahibi ülkelerin, uzak bölgelerden veya sınır komşularından doğal gaz ithal ettikleri boru hatları hakkında genel bilgi verilmiştir. Aynı zamanda Türkiye'de mevcut doğal gaz iletim hatları detaylı bir şekilde incelenmiş, LNG olarak ithal edilen doğal gazın hangi ülkelerden ne şekilde ithal edildikleri hakkında bilgi verilmiştir.

3.1. Doğal Gaz Nedir?

Doğal gaz yenilenebilir olmayan, ticari anlamda değeri yüksek olan ve varlığı çok eski dönemlere dayanan bir enerji kaynağıdır (Gürol, 2019).

4646 sayılı 2001 yılında yayınlanan Doğal Gaz Piyasası Kanununa göre doğal gazın tanımı "Yerden çıkarılan ve çıkarılabilen gaz halindeki doğal hidrokarbonlar ile bu gazların piyasaya sunulmak üzere çeşitli yöntemlerle sıvılaştırılmış, basınçlandırılmış veya fiziksel işlemlere tabi tutulmuş (Sıvılaştırılmış Petrol Gazı - LPG hariç) diğer halleri" olarak belirtilmiştir (Doğal Gaz Piyasası Kanunu, 2011).

Doğal gaz fosil bir yakıt çeşididir ve yeraltından çıkarıldığı zaman herhangi bir işlemle geçirilmeden direk olarak kullanılabilir. İçerik olarak minimum %90 oranında metan (CH_4), etan (C_2H_6), propan (C_3H_8) ve diğer bazı hidrokarbon bileşimlerini bünyesinde bulundurmaktadır ve doğal gazın kullanımı sonrasında kükürt oksit ve karbon gibi maddeler açığa çıkmadığı için hava kirliliği bakımından da avantajlı sayılmaktadır. Çevreye zararının hemen hemen hiç denecek kadar olması, maddi olarak insanlara külfetinin diğer fosil yakıtlara göre az olması, yanması için gerekli hava miktarının az olması doğal gazın tercih edilmesindeki etkenlerin başında gelmektedir (Gürol, 2019).

İlk dönemlerinde doğal gaz Çin'de yakıt olarak kullanılmış, 18. y.y. ile birlikte kullanımı ticari alanda oldukça artmış ve bu artış günümüze kadar süregelmiştir. Endüstriyel alanda 1841 yılı içerisinde ABD'nde tuz üretmek amacıyla kullanılmaya

başlanmıştır. 18.yy. sonlarına doğru yine ABD’nde boru hattı ile gaz taşınmış ve büyük çaplı kullanımın temelleri atılmıştır. Doğal gazın II. dünya savaşı öncesine kadar diğer ülkelerde kullanımı yokken, savaş sonrasında Avrupa ve Kuzey Afrika’da birçok ülkede ve Sovyetler Birliği’nde rezerv olarak fazla miktarda bulunmasıyla çıkarılmaya ve kullanılmaya başlanmıştır (Gürol, 2019).

Doğal gazın önemli bir miktarı kombine çevrim santrallerinde elektrik üretmek amacıyla kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra ısıtma, soğutma, küçük çaplı sanayi, fırın, demir çelik, cam gibi birçok alanda da kullanımı mevcuttur. Son dönemler de doğal gazın birçok çeşitli araçlarda Compressed Natural Gas(Sıkıştırılmış Doğal Gaz) olarak da kullanımı da artmıştır (Gürol, 2019).

Doğal gaz temiz bir enerji kaynağıdır, bu sebeple kazanlar için avantaj sağlamaktadır. Kazanlarda kurum ve kül biriktirmediği için kazan verimleri daima yüksektir ve ekstra bir temizlik gerektirmez. Aynı zamanda doğal gazda depolama ihtiyacı olmayıp, direk borularla kazanlara bağlandığı için farklı enerji kaynakları gibi ekstra depo ihtiyacı yoktur. Kazan daireleri bu sebeptir ki doğal gazda çatı katına da konulabilmektedir, bu da inşaat sektörü için önemli derece de tasarruf demektir (Ataş, 2005).

Doğal gaz; içerisinde çıkarıldığı kaynağa göre değişiklik gösteren hidrokarbon ve diğer gaz bileşenlerini ihtiva etmektedir. Bu gaz bileşenlerinin değişimi gazın yoğunluğunun, alt üst ısıl değerinin ve birçok özelliğinin belirlenmesinde temel rol oynamaktadır. Bu sebeple farklı noktalardan çıkarılan gazın özellikleri de farklılık göstermektedir (Ataş, 2005).

Doğal gazın üst ısıl değeri 12818 kcal/kg iken, alt ısıl değeri 11554 kcal/kg'dır. Bu değerler normal şartlarda belirli hacimlerde, belirli sıcaklık değerlerinde etkileşimler sonucu elde edilmiştir. Doğal gazın yoğunluğu ise kütesinin hacmine oranı ile hesaplanır ve genelde 0,6-0,8 kg/m³ değerleri arasındadır. Bir birim hacminin yanması için ihtiyaç olan hava miktarı Teorik Yanma Havası olarak bilinmektedir. Doğal gazın bir birim hacminin yanması sonucu meydana çıkan gaz da Duman Gazı olarak bilinmektedir (Ataş, 2005).

Fosil yakıtların sanayi gibi birçok alanda yakılması sonucu açığa çıkan gazların çevreye olan olumsuz etkileri dünya'nın önem verdiği konuların başında gelmiştir. Oluşan bu

gazlar atmosferde sera etkisi, asit yağmurları, ısınma gibi olumsuz etkilere sebep olmaktadır. Yanma sonucu ortaya çıkan gazlardan bazıları karbon monoksit, kükürt oksit, azot oksit gazlarıdır. Bu gazlar global ısınmaya sebep olacak etkileri oluşturmaktadır. Doğal gazın diğer fosil yakıtlar arasında daha çevreci ve daha verimi yüksek bir gaz olduğu araştırmalar ve uygulamalar sonucu ortaya çıkmıştır (Ataş, 2005).

Dünya genelinde üretim süreçlerinin başında kömür çok öncelerden bu yana kullanılageldiği için rezerv bakımından gün geçtikçe azalmış durumdadır. Bununla birlikte kömürün ilk dönemlerde kullanılmasına rağmen çevreye olumsuz etkileri göz önünde bulundurulmamıştır. Son zamanlarda kömürün yanı sıra doğal gaz ve petrol de enerji kullanım noktasında üst sıralarda yer almıştır. Doğal gazın çevreye olan olumsuz etkisinin daha az olması, her ne kadar diğer fosil yakıtlar gibi doğal gazında Türkiye'de rezervinin yetersiz olsa da, ithal edilme yöntemlerinin daha ucuz mal edilmesi, verim olarak daha yüksek olması gibi sebeplerden dolayı doğal gaz kullanımı kayda değer bir seviyede artış göstermiştir. Yakın zamanda ise dünya genelinde fosil yakıtların rezervleri bakımından azalıyor olması, küresel anlamda ülkeleri yenilenebilir enerji kaynakları kullanımına zorlamıştır. Fakat yenilenebilir enerji kaynaklarının da elektrik üretimi gibi yüksek girdiye sahip sanayi sektörü için yetersiz kalması, enerji kaynakları arasından doğal gazın önemini artırmış durumdadır (Konak, 2019).

3.2. Dünya Ülkelerindeki Aktif Doğal Gaz Rezervleri ve Üretimleri

3.2.1. Dünya doğal gaz rezervleri

Dünya genelinde doğal gaz rezervi 2016 yılı itibariyle 193,1 trilyon m³ iken, 2017 yılına gelindiğinde bu rakam %0,2 oranında artış göstermiş ve 193,5 trilyon m³ olarak açıklanmıştır. Küresel doğal gaz rezerv miktarlarının %40,9'u Orta Doğu'da, %30,6'sı Avrasya'da, %7,1'i Afrika'da, %10'u Asya Pasifik'te, %5,6'sı Kuzey Amerika'da, %4,2'si Orta ve Güney Amerika'da, %1,5'i de Avrupa'da yer almaktadır. Genel olarak Organisation for Economic Cooperation and Development(Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü) ülkelerinin gaz rezervi %9,2'dir (TPAO, 2019).

Küresel alanda 2017 yılı itibariyle en fazla doğal gaz rezervine sahip 10 ülke sıralamasında Rusya Federasyonu 35 trilyon m³ rezerv ile dünya genelinde ilk sırada yer almaktadır. Rusya Federasyonu'nun ardından İran 33 trilyon m³ doğal gaz rezervi ile gelmektedir. Katar'ın 25 trilyon m³, Türkmenistan'ın 20 trilyon m³, ABD'nin 9 trilyon m³, Suudi Arabistan'ın 8 trilyon m³, Venezuela'nın 6 trilyon m³, BAE'nin 6 trilyon m³, Çin'in 6 trilyon m³ ve Nijerya'nın 5 trilyon m³ doğal gaz rezervlerine sahip oldukları açıklanmıştır. Genel olarak küresel alanda doğal gaz keşif sonucu rezerv miktarlarında oran olarak azalma görülmüştür. 1950'li yıllardan bu yana gerçekleştirilen doğal gaz keşfi sonucu en az miktar 2017 yılına ait olmuştur (TPAO, 2019).

3.2.2. Dünya doğal gaz üretimleri

2016 yılı itibariyle küresel alanda doğal gaz 3550 milyar m³ üretilmişken, 2017 yılında üretim %0,3 oranında artış göstermiş ve 3680 milyar m³ olmuştur. Özellikle Orta Doğu ve Avrasya'da değer gözle görülür şekilde artış göstermiştir. Üretimdeki artışın 2023 yılına kadar Kuzey Amerika da 167 Milyar m³ seviyelerine çıkması beklenmektedir (TPAO, 2019).

Tablo 3.1. 2008-2017 Bölgelere Göre Dünya Doğal Gaz Üretimi (Milyar m³) (TPAO, 2019).

	Kuzey Amerika	Orta ve Güney Amerika	Avrupa ve Avrasya	Orta Doğu	Afrika	Asya Pasifik	Toplam
2008	801	163	1074	400	213	417	3069
2009	807	159	955	420	200	440	2981
2010	821	163	1027	479	214	486	3191
2011	866	167	1034	525	211	484	3288
2012	894	174	1028	545	216	485	3343
2013	900	176	1026	588	206	516	3409
2014	937	177	1003	603	207	539	3461
2015	969	178	995	616	210	562	3530
2016	945	179	1008	631	207	580	3550
2017	952	179	1057	660	225	608	3680

3.2.3. Küresel doğal gaz rezervlerinin ömrü

2017 yılı verilerine göre, dünya genelinde toplam rezervin (193,5 trilyon m³) aynı yıl içerisinde üretilen doğal gaz (3,68 trilyon m³) miktarına oranı, dünya genelinde doğal gazın rezerv ömrünü vermektedir ve bu da 52,6 yıldır. Bu veri tabiki yeni keşfedilecek rezerv miktarı ile yılda üretilen gaz miktarına göre değişiklik gösterecektir (TPAO, 2019).

3.2.4. Küresel doğal gaz tüketimi

2017 yılı içerisinde dünya genelinde doğal gaz talebi, 2016 yılındaki değerlere göre %3 artış göstermiş ve 3,6 trilyon m³ olmuştur. Talep artış oranı farklı bölgelerde farklı miktarlarda gerçekleşmiştir. Uluslararası Enerji Ajansı'na göre küresel alandaki gaz talebinin 2023'e kadar yıllar arası %3 oranında artacağı öngörülmüştür.

Tablo 3.2. 2008-2017 Dünya Doğal Gaz Tüketimi (Milyar m³) (TPAO, 2019).

	Kuzey Amerika	Orta ve Güney Amerika	Avrupa ve Avrasya	Orta Doğu	Afrika	Asya Pasifik	Toplam
2008	821	144	1.134	347	101	480	3.028
2009	816	139	1.048	356	100	498	2.957
2010	850	148	1.127	386	108	562	3.181
2011	871	152	1.099	403	115	594	3.233
2012	903	162	1.083	413	123	627	3.311
2013	928	166	1.051	447	123	678	3.381
2014	944	169	1.006	461	127	694	3.401
2015	963	176	1.010	494	136	702	3.480
2016	952	175	1.044	509	133	727	3.540
2017	943	173	1.078	536	142	770	3.643

3.3. Dünya Ülkeleri Arasında Mevcut Doğal Gaz İletim Hatları

Nüfus artışı, kentsel gelişim ve sanayileşme ile birlikte dünyada enerji tüketimi gün geçtikçe artmaktadır. 2040 yılında dünya nüfusunun 1,6 milyarlık bir artış ile 9 milyar seviyesine ulaşması beklenmektedir (Türkiye Doğal Gaz Dağıtıcıları Birliği Derneği, 2017). Bu durum, daha fazla insana enerji arzı sağlanması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Enerji talebi her ülkede farklı oranlarda olsada küresel ölçekte bakıldığında sürekli artış göstermektedir. Bu artan talebi karşılamak için enerji

yatırımlarının da paralel bir şekilde artış göstermesi gerekmektedir. Yapılan çalışmalara göre önümüzdeki yıllarda dünya genelinde enerji kaynaklarına yapılacak yatırımın yaklaşık %14,67 kadar miktarı doğal gaz sektörüne yapılması planlanmaktadır (Türkiye Doğal Gaz Dağıtıcıları Birliği Derneği, 2017). Buda dünya genelinde doğal gaz rezervleri olan ülkelerin bu rezervleri çıkarıp işlemesi, rezerv olmayanlarında doğal gazı diğer ülkelerden getirebilecekleri yatırımlara yönelmesi noktasında yatırım yapmalarının kaçınılmaz olduğu anlamına gelmektedir.

2015 yılında küresel olarak yaklaşık 1 trilyon m³ doğal gaz ticareti gerçekleşmiştir (Türkiye Doğal Gaz Dağıtıcıları Birliği Derneği, 2017). Bu ticaretin %70'lik kısmı boru hattı ile olup, geri kalan kısmını LNG (Liquified Natural Gas, Sıvılaştırılmış Doğal Gaz) oluşturmaktadır (Türkiye Doğal Gaz Dağıtıcıları Birliği Derneği, 2017). Bu noktada ülkeler arasındaki var olan sözleşmeler güncellenerek, yeni ithalat-ihracat anlaşmaları yapılmaktadır. Bu anlaşma şartlarında da ülkeler arası doğal gaz iletimi ön plana çıkmaktadır.

Doğal gazın üretildiği yerden son tüketiciye kadar etkili ve verimli bir şekilde taşınması için kapsamlı ve köklü bir ulaşım sistemi kullanılması gerekmektedir. Bu sebeple kaynağından talebin yüksek olduğu bölgelere hızlı, verimli ve etkili taşınması için boru hattı ağı tasarlanmış ve uygulanmıştır. Doğal gaz taşımacılığı, petrol ve gaz endüstrisi için büyük öneme sahiptir. Doğal gazı taşımak için ekonomik ve güvenli bir yol olan boru hattı taşımacılığı ön plana çıkmıştır. Doğal gaz kullanımında önemli zorlukların başında, uzun mesafeli iletimlerde geniş çaplı boru hatlarının yapım işidir (Gunes, 2013).

Doğal gaz pazarının talebi karşılayabilmesi için ulaşım önemli bir etkidir. Boru hattı segmentleri sayesinde dünya geneli tüm noktalar ve alanlar taleplerini karşılamak amacıyla doğal gaz alabilirler. Rekabetçi bir pazarda önemli yer edinebilmek için mevcut küresel enerji pazarında her anlamda iyi tasarlanmış bir boru hattı ağı sahip olunmalıdır. İyi yapılandırılmış bir ulaşım sistemi içinde yeterli sermaye ve yatırım maliyetine ihtiyaç duyulmaktadır (Gunes, 2013).

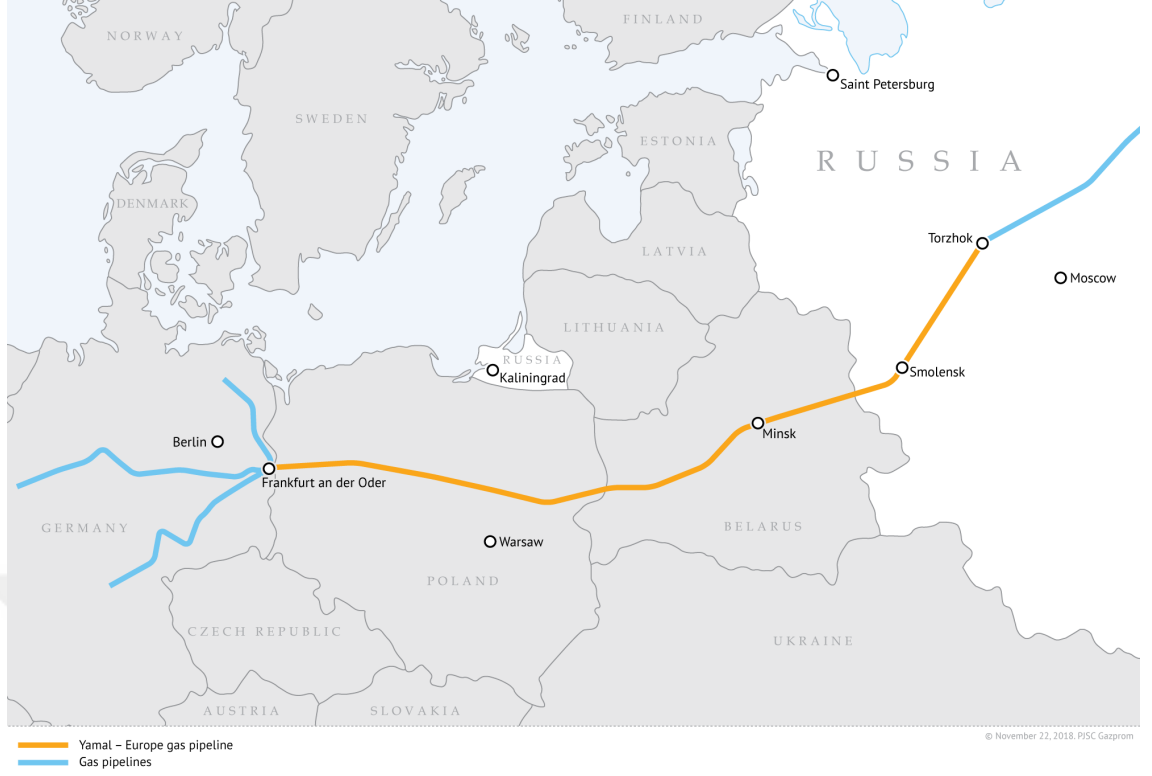


Şekil 3.1. Boru Hattı ile Doğal Gaz İletimi (Gunes, 2013).

Dünyanın en uzun doğal gaz boru hatlarından bazıları aşağıda belirtilmiştir;

3.3.1. Yamal-Avrupa I doğal gaz boru hattı

Yamal-Avrupa I doğal gaz boru hattı, Rusya Federasyonu doğal gazının Avrupa'ya iletilmesi amacıyla inşa edilen en önemli hatlardan biridir. Yamal-Avrupa I doğal gaz boru hattı yapımına 1994 yılında başlanmış ve 1999 yılına kadar inşaatı devam etmiştir. Toplam uzunluğu 4200 kilometre olan doğal gaz hattının 2000 kilometrelik kısmında 1420 milimetrelük borular kullanılmıştır. Hat üzerinde toplam 14 adet kompresör mevcuttur ve son kompresörün 2006'da inşaatının tamamlanmasıyla hattın gaz akışı başlamıştır. Yamal-Avrupa I hattı toplamda 32,9 milyar m³ kapasiteye sahiptir. Yamal-Avrupa I doğal gaz boru hattı Beyaz Rusya ve Polonya'dan geçerek Almanya Berlin'e ulaşmaktadır. Buradan da diğer doğal gaz boru hatlarına aktarılan Rus gazı Avrupa'nın diğer ülkelerine iletilmektedir (Erkan, 2013).

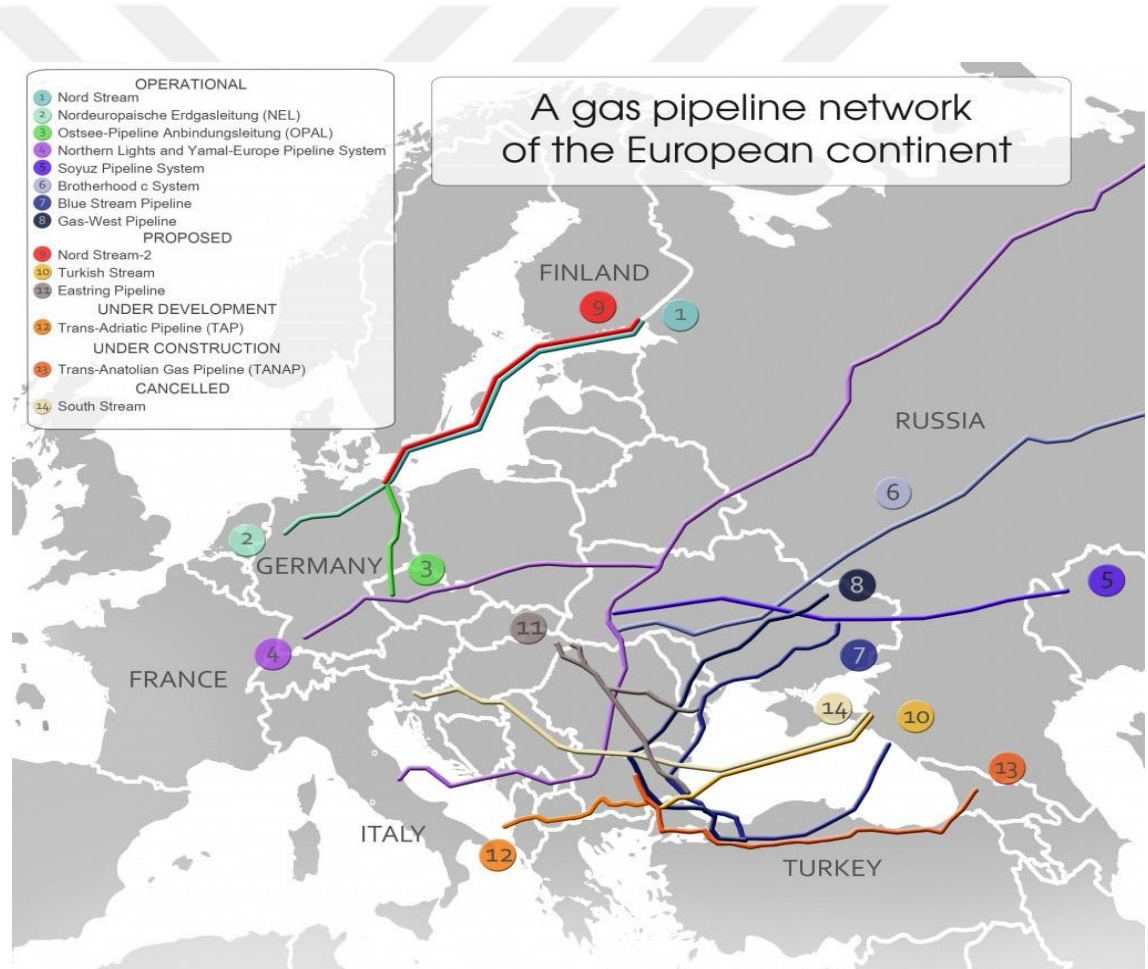


Şekil 3.2. Yamal-Avrupa Doğal Gaz Boru Hattı (Erkan, 2013).

Hattın ilk bölümü Rusya Federasyonu sınırlarında kalmaktadır. Tarzhok bölgesinden başlayarak Beyaz Rusya'ya kadar ilerleyen bu bölüm yaklaşık 402 km'dir ve hattın üzerinde 3 adet kompresör istasyonu mevcuttur. Kompresör istasyon isimleri Rzhhevskaya, Kholm-Zhirkovskaya ve Smolenskaya'dır. Doğal gaz boru hattının ikinci bölümü 575 km Beyaz Rusya sınırları içerisinde uzanmaktadır. Beyaz Rusya Federasyonu sınırlarında kalan boru hattı üzerinde toplamda 5 adet kompresör istasyonu (Nesvizhskaya, Krupskaya, Slonimskaya, Minskaya ve Orshanskaya) inşaatı yapılmıştır. Hattın Beyaz Rusya sınırları içerisinde kalan kısmının işletim hakkı Rusya Federasyonu devleti enerji şirketi olan Gazprom'a aittir. Hattın üçüncü bölümü olarak adlandırılan yaklaşık 683 km uzunluğundaki kısmı Polonya sınırları içerisindedir. Bu bölümde de hattın üzerinde kurulu 5 adet kompresör istasyonu mevcuttur. Polonya sınırları içerisinde kalan hattın işletimi Rusya Federasyonu ve Polonya Devlet şirketlerine aittir. Polonya'dan sonra hattın dördüncü bölümü Almanya sınırları içerisinde ilerlemektedir. Burada ki hattın işletim hakları ise Rusya Federasyonu ve Almanya devlet şirketlerine ait ortak şekilde yürütülmektedir (Erkan, 2013).

3.3.2. Urengoy-Pomary-Uzhorod doğal gaz boru hattı (Brotherhood)

Bu doğal gaz boru hattı, eski dönemlerde Sovyetler Birliği şimdilerde ki Rusya Federasyonu'nda 1900'lü yılların üçüncü çeyreğinde inşa edilmiş çok büyük hatlardan biridir. Urengoy-Pomary-Uzhorod doğal gaz boru hattı Batı Sibirya'daki doğal gazı taşıyan ve yaklaşık 2750 km uzunluğa sahip bir hattır. Taşıma kapasitesi olarak çok daha fazla olmasına rağmen 32 milyar m³ doğal gaz iletimi sağlanmıştır. Rus gazının yaklaşık %70'ini Avrupa'ya taşımaktadır. Slovakya ve Ukrayna ülkelerinden direk geçtikten sonra iki kola ayrılır. Hattın bir güzergahı Çek Cumhuriyeti, Almanya, Fransa ve İsviçre üzerinden ilerlerken, diğer kolun güzergahı İtalya, Macaristan ve Avusturya ülkelerine doğru uzanmaktadır (Erkan, 2013).



Şekil 3.3. Brotherhood ve Soyuz Doğal Gaz Boru Hattı (South Front, 2019).

3.3.3. Soyuz doğal gaz boru hattı

Soyuz gaz doğal gaz boru hattı, Yamal-Avrupa doğal gaz boru hattı kadar yüksek kapasiteye sahip değildir fakat Rusya Federasyonu'nun Türkmenistan ve Kazakistan'dan daha ucuza alınan doğal gazın Avrupa'ya taşınması amacıyla inşa edilmiştir. Mevcut doğal gaz hattının uzunluğu yaklaşık 2675 km'dir. Bölgede bulunan ülkelerin ilk olarak eski yapım boru hatları ile doğal gaz taşıma zorunluluğu olduğundan ve yeni hatların kontrolü Rusya Federasyonu'nun elinde olması bu doğal gaz boru hattının önemini bir kat daha artırmıştır. Taşıma kapasitesi 32 milyar m³ olan hat Ukrayna'ya kadar tek hat şeklinde gelmektedir ve burada iki kola ayrılmaktadır. Bir kol Bulgaristan-Romanya ve Moldova üzerinden Türkiye'ye ulaşırken, diğer kol farklı bir doğal gaz hattına bağlanarak Avusturya ve Çek Cumhuriyeti üzerinden Almanya'ya kadar uzanmaktadır (Erkan, 2013).

3.3.4. Northern Lights doğal gaz boru hattı

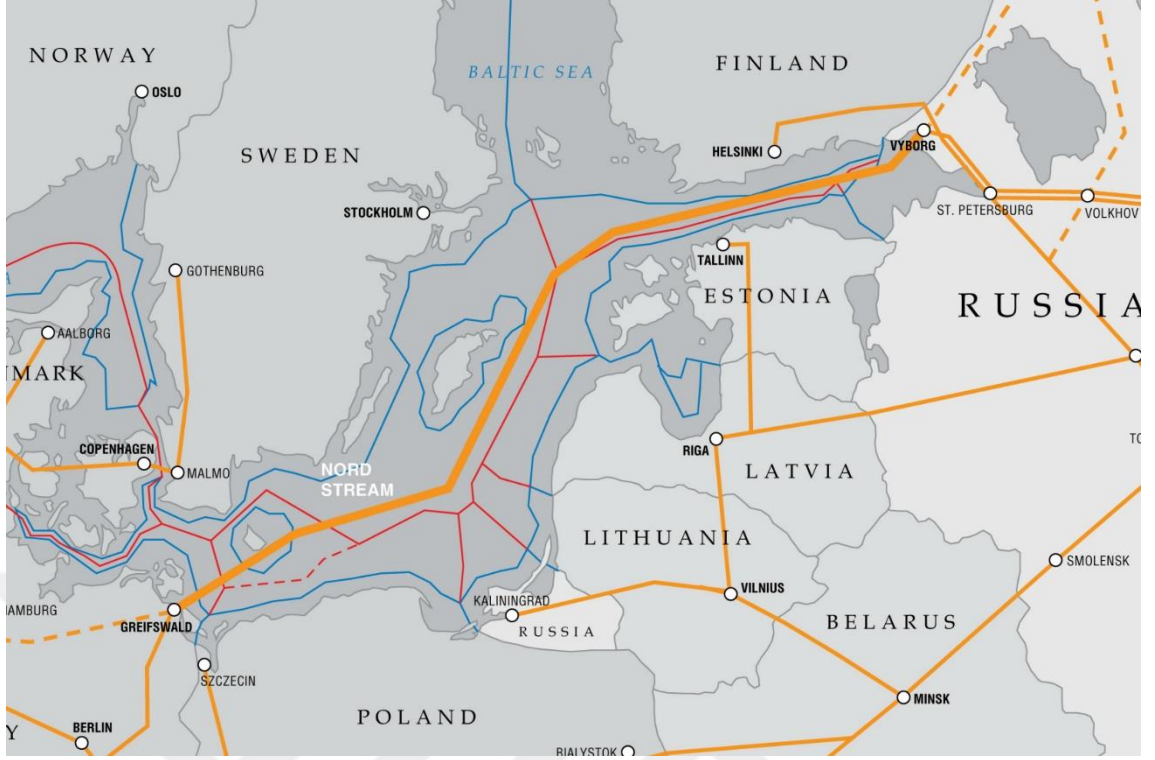
Uzunluğu yaklaşık 4500 km olan mevcut doğal gaz boru hattı inşaatı 1984 yılında bitmiştir. Avrupa'nın gaz ihtiyacının yaklaşık %23'ünü karşılayan doğal gazı taşıyan iki boru hattından bir tanesidir. İşletim hakkı Rusya Federasyonu devlet enerji şirketi olan Gazprom'dadır. Normalde taşıma kapasitesi yaklaşık 50 milyar m³ olan boru hattı, genelde 32 milyar m³ kapasiteye kadar kullanılmıştır (Erkan, 2013).



Şekil 3.4. Northern Lights Doğal Gaz Boru Hattı (Erkan, 2013).

3.3.5. Nord Stream doğal gaz boru hattı (Kuzey Akım)

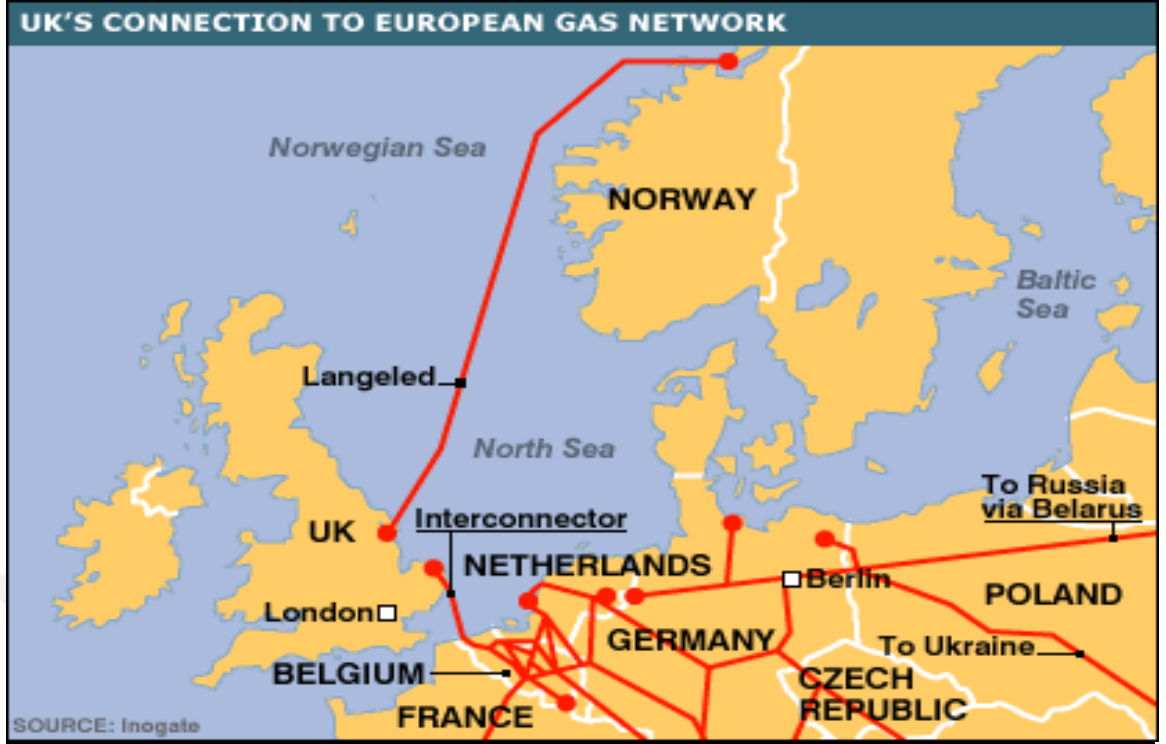
Nord Stream Doğal Gaz Boru Hattının yapılmasındaki amaç hem Avrupa doğal gazının güvenliğini hem de Rusya Federasyonu'nun doğal gaz güvenliğinin sağlanması olmuştur. 2006 yılında yapılması kararlaştırılan mevcut proje ile Rusya Federasyonu'nun sorun yaşadığı ülkeler dışından güzergah belirleyerek Avrupa'ya doğal gazın iletilmesi amaçlanmıştır. Yaklaşık uzunluğu 1224 km olan doğal gaz boru hattı Baltık Denizi'nin altından inşa edilerek yapımı tamamlanmıştır. Rusya Federasyonu'nun Vyborg kesiminden başlayarak hemen hemen tamamı denizin altından götürülen hat Almanya'nın kıyı kesiminde yer alan Greifswald bölgesine kadar uzanmaktadır ve hattın en önemli özelliklerinden bir tanesi transit hiçbir ülke sınırından geçmiyor olmasıdır. Mevcut boru hattının birinci kısmının yapımı 2011 yılında tamamlanmış, ikinci kısmı ise 2012 yılında tamamlanarak toplam yaklaşık olarak yılda 55 milyar m³ doğal gaz iletilmesi planlanmıştır (Erkan, 2013).



Şekil 3.5. Nord Stream Doğal Gaz Boru Hattı (Erkan, 2013).

3.3.6. Langede doğal gaz boru hattı

Langede Doğalgaz Boru Hattı Norveç'te ki Ormen Lange bölgesinden üretilen doğal gazın İngiltere'ye iletilmesi amacıyla inşa edilmiştir. Diğer büyük boru hatlarından ayıran özelliği deniz altında kalan kısmının boru hatları arasında en uzun olmasıdır. Toplamda yaklaşık 1200 km uzunluğa sahip boru hattı, 2007 yılının Ekim ayı itibariyle gaz taşımaya başlamıştır. Yıllık doğal gaz taşıma kapasitesi 25,5 milyar m³ civarındadır (Uluatam, 2010).



Şekil 3.6. Langeded Doğal Gaz Boru Hattı (Wonders of Engineering, 2019).

Dünya genelinde özellikle Avrupa Ülkeleri'nde nüfus ve ticaret sebebiyle doğal gaz tüketimi oldukça fazladır. Buna dayanarak Avrupa Birliği'ndeki ve diğer bir çok ülke her geçen gün artan doğal gaz ihtiyacını azaltmak ve arz kaynaklarını farklılaştırmak amacıyla projeler geliştirmiştir. Rusya Federasyonu gibi yıl bazında yaklaşık 160 milyar m³ doğal gaz ihraç eden ülkeler, farklı sebeplerden dolayı pazar paylarını kaybetmek istememişlerdir. Bu sebeple Avrupa'ya ve diğer ülkelere doğal gaz ihraç ettiği boru hatlarına alternatif olarak yeni iletim hatları projesi geliştirmişlerdir. Bunlara ek olarak enerji piyasasında konum itibariyle stratejik noktada olan Türkiye, boru hattı projelerini sınırları içerisinde geçirmeyi düşünmüş, bu noktada bazı projelerde aktif rol oynamıştır. Bu gibi sebeplerden dolayı ülkeler yeni boru hatları planlama yoluna gitmiştir (Uluatam, 2010).

Tablo 3.3. Planlanan Doğal Gaz Boru Hattı Projeleri (Uluatam, 2010).

BORU HATTI	BAŞLANGIÇ	BİTİŞ	UZUNLUK(km)	KAPASİTE(m³)
Beyaz Akım	Gürcistan	Romanya	1238	32
Güney Akım	Rusya	İtalya/Avusturya	3200	63
Kuzey Akım	Rusya	Almanya	1222	55
Mavi Akım 2	Rusya	İsrail		
NELL	Almanya	Almanya	370	20
OPAL	Almanya	Almanya	470	35
Skandled	Norveç	İsveç/Danimarka	200	8,75
Trans-Adriyatik	Yunanistan	İtalya	520	20
Trans-Hazar	Türkmenistan	Azerbaycan	1200	30-62
Trans-Sahara	Nijerya	İspanya/İtalya	4128	30
Yamal-Avrupa 2	Rusya	Almanya	4100	28

3.4. Türkiye'de ki Mevcut Doğal Gaz İletim Hatları ve Özellikleri

Boru Hatları ile Petrol Taşıma A.Ş. (BOTAŞ), 1974 yılında Türkiye'ye petrol taşıma amacıyla Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı'na bağlı olarak kurulmuştur. 1987 yılında BOTAŞ, petrolün yanı sıra doğal gaz taşıma işini de yürütmeye başlamıştır. O yıllarda doğal gaz yurtdışından henüz ithal edilmediği için Türkiye'de ki doğal gazın çıkarılması işlemi de TPAO tarafından yürütülmüştür. Daha sonra doğal gaz ile ilgili talep ve planlama işlemleri BOTAŞ tarafından yürütülmeye başlanmıştır. 1990 yılında çıkarılan 397 sayılı Kanun Hükmünde Kararname, BOTAŞ'ı doğal gaz ile ilgili tüm ithalat ve satış gibi işlemlerin tek yetkilisi haline getirmiştir. Yaklaşık 10 yıl bu şekilde işleyiş sonrasında Doğal Gaz Piyasası Kanunu çıkarılmış ve BOTAŞ'ın yetkileri zayıflatılmıştır (MMO, 2006).

1984 yılında Sovyet Sosyalist Cumhuriyetleri Birliği (SSCB) ile Türkiye Cumhuriyeti arasında doğal gaz iletimine yönelik bir anlaşma imzalanmıştır. Türkiye'ye ilk kez ithal gaz girişi gerçekleşikten sonra farklı kaynaklardan da gaz tedarik etmek amacıyla 1994 ve 1999 yılında Cezayir ve Nijerya ülkeleri ile Sıvılaştırılmış Doğal Gaz ithalat Anlaşmaları yapılmıştır. İthal edilen LNG Marmara Ereğlisi'ndeki tesis sayesinde ana iletim hattına aktarılmıştır. Bu yıllardan sonra Türkiye'nin doğal gaz ithalatını artırmak amacıyla çeşitli ülkelerle uzun süreli anlaşmalar yapılmış ve yeni projeler üzerinde çalışmalar devam etmiştir (MMO, 2006).

Türkiye'de toplam boru hattı uzunluğu yaklaşık 12.290 km'dir. Türkiye'deki ana iletim ağı dokuz adet girişten oluşur. Dördü ithal doğal gaz, ikisi LNG girişi, ikisi yerli üretilen doğal gazın girişi ve bir tanesi de depolanan doğal gaz girişidir (Kılıç, 2014).

Türkiye aktif olarak 6 adet gaz boru hattı ile doğal gaz iletimini gerçekleştirmektedir ve bir hattın yapımı devam etmektedir. Aşağıda, Şekil 1.4.'de gösterilen bu hatlar hakkında bilgi verilmiştir.



Şekil 3.7. Doğal Gaz Boru Hatları (Erkan, 2013).

3.4.1. Türkiye-Rusya doğal gaz boru hattı (Batı Hattı)

Enerji kaynaklarındaki azalma ve diğer birçok sebepten dolayı farklı enerji kaynaklarına yönelim olmuş, bunun sonucundada Türkiye Cumhuriyeti o dönemdeki SSCB hükümeti ile doğal gaz ithalatı ile ilgili anlaşma imzalamıştır. Yapılan bu anlaşmayı takiben, 1985 yılında Türkiye'nin doğal gaz tüketim hacminin ne kadar olduğu ve doğal gaz boru hatlarının güzergâhı belirlenmiştir. Daha önceki görüşmelere istinaden, Ankara'da Türkiye adına BOTAŞ, Sovyetler Birliği Hükümetleri adına Soyuz Gaz Export arasında, 14 Şubat 1986'da 25 yıllığına doğal gaz ithalat-ihracat anlaşması imzalanmıştır. 1987 yılı itibariyle doğal gaz ithalatına başlanmış, 1993 yılına gelindiğinde yıllık 6 milyar m³ seviyesine ulaşılmıştır. Rusya Federasyonu ile Türkiye

arasındaki bu doğal gaz boru hattı, Türkiye'nin batısında Malkoçlardan başlayıp İstanbul, Eskişehir gibi şehirlerden geçerek Ankara'ya uzanmaktadır. Bu boru hattının uzunluğu 845 km'dir. Boru hattının yapımı Ekim 1986'da başlayıp, Ağustos 1988 tarihinde tamamlanmıştır. Bu hatta gelen doğal gaz, elektrik enerjisi üreten Hamitabat Santralinde kullanılmıştır. Doğal gazın Ankara'ya gelmesiyle birlikte o tarihten itibaren doğal gaz hem konut hem de ticari alanda kullanılmıştır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019).

Batı hattı Türkiye giriş sınırında Malkoçlar Ana Ölçüm istasyonu bulunmaktadır. Hattın devamında her 30 km'de hat genişliği çapında herhangi arıza durumunda hattı boşaltmak ve hattın diğer tarafını izole etmek amacıyla konulmuş vanalar mevcuttur. Kırklareli ili sınırları içerisinde boru hattının üzerine, basıncı düşen doğal gazın basıncını artırmak amacıyla Kompresör İstasyonu kurulmuştur. Kırklareli Kompresör İstasyonu 3 ünite aktif 1 ünite yedek (3+1) çalışacak şekilde dizayn edilmiştir (BOTAŞ, 2019).

Mevcut hattın üzerindeki diğer kompresör istasyonu İstanbul Avrupa kısmındaki Ambarlı Kompresör İstasyonu'dur. Ambarlı Kompresör İstasyonu 2 ünite aktif 1 ünite yedek (2+1) çalışacak şekilde dizayn edilmiştir (BOTAŞ, 2019).

Batı hattının üzerinde kurulu olan son kompresör Eskişehir şehir merkezine yaklaşık 12 km mesafede kurulu olan Eskişehir Kompresör İstasyonu'dur. İstasyon 2018 yılında yenilenmiştir. Eskişehir Kompresör İstasyonu 3 ünite aktif 1 ünite yedek (3+1) çalışacak şekilde dizayn edilmiştir. Tesis Türkiye genelinde inşaatı bitirilip devreye alınan en yeni Kompresör İstasyonudur (BOTAŞ, 2019).

3.4.2. Türkiye-İran doğu anadolu doğal gaz boru hattı (Doğu Hattı)

Türkiye-İran Doğu Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı İran'dan yılda 10 milyar m³ doğal gazı Türkiye'ye ithal etmek amacıyla inşa edilmiştir. Boru hattının ithalat-ihracat anlaşmasının imzaları 8 Ağustos 1996 yılında Türkiye-İran arasında atılmıştır. Türkiye-İran boru hattı çap olarak 16" ve 48" arasında değişmekte ve hattın toplam uzunluğu yaklaşık 1491 km'dir. Ağrı, Doğubayazıt'tan Ankara'ya kadar uzanan hattın 10.12.2001 tarihi itibarıyla İran doğal gazı Türkiye'ye taşınmaya başlamıştır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019).

Doğu hattı Türkiye giriş sınırında Gürbulak Ana Ölçüm istasyonu bulunmaktadır. Hattın devamında her 30 km'de hat genişliği çapında, herhangi arıza durumunda hattı boşaltmak ve hattın diğer tarafını izole etmek amacıyla konulmuş vanalar mevcuttur (BOTAŞ, 2019).

Hattın üzerinde kurulu dört adet Kompresör İstasyonu mevcuttur.

Ağrı Doğubayazıt sınırları içerisinde boru hattının üzerine, basıncı düşen doğal gazın basıncını artırmak amacıyla Kompresör İstasyonu kurulmuştur. Her bir ünite 11 MW gücündedir. Doğubayazıt Kompresör İstasyonu 2 ünite aktif 1 ünite yedek (2+1) çalışacak şekilde dizayn edilmiştir (BOTAŞ, 2019).

Erzincan Kompresör İstasyonu Erzincan il merkezine yaklaşık 110 km mesafede Çayırılı ilçesi yakınlarında kurulmuş bir basınçlandırma tesisidir. İnşaatı 2012 yılında bitmiş, devreye alınması 2013 yılı sonlarında gerçekleşmiştir. Erzincan Kompresör İstasyonu 3 ünite aktif 1 ünite yedek (3+1) çalışacak şekilde dizayn edilmiştir. Her bir ünite 12 MW gücünde üretilmiştir (BOTAŞ, 2019).

Sivas Kompresör İstasyonu il merkezine yaklaşık 15 km uzaklıkta kurulmuştur. Her bir ünitesi 16 MW gücünde olan tesis, 2 ünite aktif 1 ünite yedek (2+1) çalışacak şekilde dizayn edilmiştir (BOTAŞ, 2019).

Kırşehir il merkezine yaklaşık olarak 40 km uzaklıkta olan Mucur ilçesi sınırları içerisinde kurulan doğal gaz basınçlandırma merkezi, her biri 24 MW gücünde olan iki üniteden oluşmuştur. 1 ünite aktif 1 ünite yedek (1+1) çalışacak şekilde dizayn edilmiştir. Mucur tesis çıkışından bir hat ayrılarak güneydeki illeri beslemektedir (BOTAŞ, 2019).

3.4.3. Türkiye-Rusya doğal gaz boru hattı (Mavi Akım)

Boru hattının ithalat-ihracat anlaşmasını BOTAŞ ile Gazexport 25 yıllığına 15.12.1997 tarihinde imzalamıştır. Bu anlaşma ile yılda 16 milyar m³ doğal gazın Rusya Federasyonu'ndan Türkiye'ye iletimi hedeflenmiştir. Bu hat Rusya Federasyonu sınırları içerisinde 48" ve 56" olarak 370 km uzunluğundadır. Karadeniz'in altında çift hat şeklinde 24" olarak 390 km uzanmaktadır. Türkiye sınırları içerisinde ise Samsun'dan

giriş yaparak Ankara'ya kadar uzanmakta ve 48” genişliğinde 501 km uzunluğundadır. Bu kapsamda Mavi Akım boru hattı inşaatı iki ülke tarafından gerçekleştirilmiştir. Türkiye sınırları dışında kalan boru hattının inşaatı GAZPROM tarafından, Türkiye sınırları içerisinde kalan kısmı BOTAŞ tarafından gerçekleştirilmiştir. Samsun-Durusu istasyonu yapımı 15.10.2002 tarihinde bitirilmiştir. Mavi Akım boru hattı 20 Şubat 2003 tarihinde devreye alınmış ve gaz akışı başlamıştır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019).

Mavi Akım Doğal Gaz Boru Hattı Türkiye'ye Karadeniz'den Durusu Ana Ölçüm istasyonundan giriş yapmıştır. Hattın devamında her 30 km de hat genişliği çapında herhangi arızı durumda hattı boşaltmak ve hattın diğer tarafını izole etmek amacıyla konulmuş vanalar mevcuttur. Çorum ili Sungurlu ilçesi sınırları içerisinde boru hattının üzerine, basıncı düşen doğal gazın basıncını artırmak amacıyla Kompresör İstasyonu kurulmuştur. Çorum Kompresör İstasyonu 2 ünite aktif 1 ünite yedek (2+1) çalışacak şekilde dizayn edilmiştir (BOTAŞ, 2019).

3.4.4. Bakü-Tiflis-Erzurum doğal gaz boru hattı (BTE, Güney Kafkasya)

BTE boru hattı Azerbaycan'ın Güneyindeki Şah Deniz bölümünde çıkarılan doğal gazın Türkiye'ye ithalatını amaçlayan bir projedir. Bu boru hattının anlaşması 12 Mart 2001 tarihinde Türkiye ile Azerbaycan arasında 15 yıllık süreyle imzalanmıştır. Anlaşmaya göre her yıl yaklaşık 6,6 milyar m³ doğal gazın Türkiye'ye taşınması hedeflenmiştir. BTE boru hattı yapımına 16 Ekim 2004'te başlamıştır. Toplamda 980 km uzunluğunda, 42” çapında olan hattın yapımı yaklaşık 3 yıl sürmüş ve 4 Temmuz 2007 tarihinde Azerbaycan'dan Türkiye'ye doğal gaz girişi olmuştur. Bu hat üzerinden gelen doğal gazın çıkarıldığı alanda ikinci bir üretim alanı daha oluşmuş ve bu çıkan doğal gazın da bu hatta paralel olarak Türkiye üzerinden Avrupa'ya taşınması amaçlanmıştır. Bu noktada Avrupa'ya Türkiye üzerinden götürülen projenin ismi TANAP projesidir. TANAP projesinin bir kısmı devreye alınmış olup, tam olarak ise 2022 yılında gaz akışı sağlanması planlanmıştır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019).

BTE Doğal Gaz Boru Hattı Türkiye'ye Gürcistan sınırında Türkgözü Ana Ölçüm istasyonundan giriş yapmıştır. Hattın devamında her 30 km'de hat genişliği çapında herhangi arızı durumda hattı boşaltmak ve hattın diğer tarafını izole etmek amacıyla

konulmuş vanalar mevcuttur. Ardahan ili Hanak ilçesi sınırları içerisinde boru hattının üzerine Hanak Kompresör İstasyonu kurulmuştur. Hanak Kompresör İstasyonu 3 ünite aktif 1 ünite yedek (3+1) çalışacak şekilde dizayn edilmiştir (BOTAŞ, 2019).

3.4.5. Türkiye-Yunanistan doğal gaz enterkoneksiyonu (ITG)

Türkiye-Yunanistan Doğal Gaz Hattı'nın amacı, Avrupa Birliği Ülkeleri'nin programı olan INOGATE (Interstate Oil and Gas Transport to Europa) kapsamında oluşturulan gaz ringinin inşa edilmesi ile doğal gazın Türkiye üzerinden Yunanistan'a taşınmasını sağlamaktır. Türkiye ile Yunanistan Hükümetleri arasında anlaşma 23 Şubat 2003'te imzalanmış, iki ülkenin doğal gaz şirketleri olan BOTAŞ ve DEPA arasında ithalat-ihracat anlaşması 23 Aralık 2003 tarihinde 15 yıl süreli olarak imzalanmıştır. Bu boru hattında gaz akışı ise 18 Kasım 2007 itibariyle başlamıştır. Bu projenin ilerleyen zamanlarda İtalya'ya kadar ilerletilmesi düşünülmüş ve Türkiye, İtalya ve Yunanistan hükümetlerince 2007 yılında anlaşmaya varılmıştır. Fakat bugüne kadar projenin genişletilmesi ile ilgili ilerleme sağlanmamıştır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019).

3.4.6. Trans Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı Projesi (TANAP)

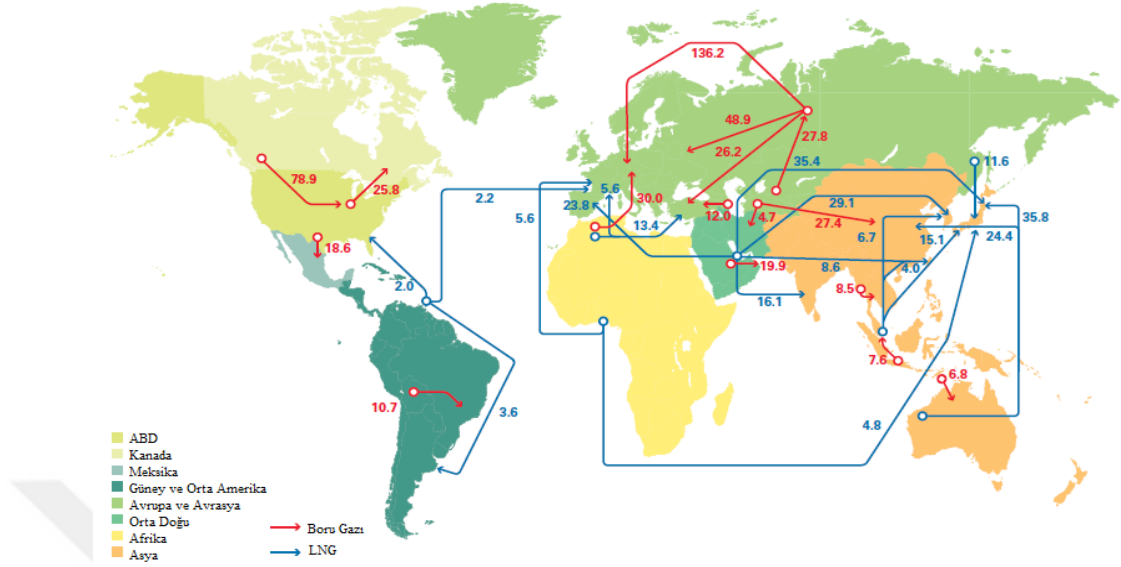
TANAP; %30 BOTAŞ, %58 Azerbaycan Cumhuriyeti Devlet Petrol Şirketi (SOCAR) ve %12 British Petroleum (Britanyalı Enerji Şirketi, BP)'a ait olan uluslararası bir projedir. TANAP boru hattı ile amaç, Azerbaycan doğal gazının Türkiye'ye ve Avrupa'ya iletilmesini sağlamaktır. Artan enerji talebi nedeniyle, bu proje Türkiye için büyük önem arz etmektedir. Bu proje kapsamında, Türkiye-Azerbaycan arasında 25 Ekim 2011'de yılda yaklaşık olarak 6 milyar m³ gazın Türkiye'ye ithalatının gerçekleşeceği anlaşma imzalanmıştır. Türkiye olarak TPAO, Azerbaycan da TANAP için doğal gaz çıkarma ve proje genişletme işinde %19, BOTAŞ ise bu projede %30 hisseyle gaz iletim işinin içerisinde olmuştur. Yani TPAO ve BOTAŞ'ın bu projede, doğal gazın çıkarılmasından, son tüketildiği yere kadar iletilmesinde aktif rolleri vardır. TANAP ile Türkiye'nin doğu sınırından batı sınırına kadar uzanan, uzunluğu yaklaşık 1850 km, yılda 32 milyar m³ doğal gaz taşıma kapasitesi olan boru hattı yapımının büyük bölümü bitmiş durumdadır. 12 Haziran 2018'de TANAP boru hattına ilk gaz

verilmiş ve Türkiye'ye gazın girişı sağlanmıştır. 2020 yılında da Avrupa'ya gaz arzı sağlanması planlanmıştır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019).

3.4.7. Türk Akım doğal gaz boru hattı

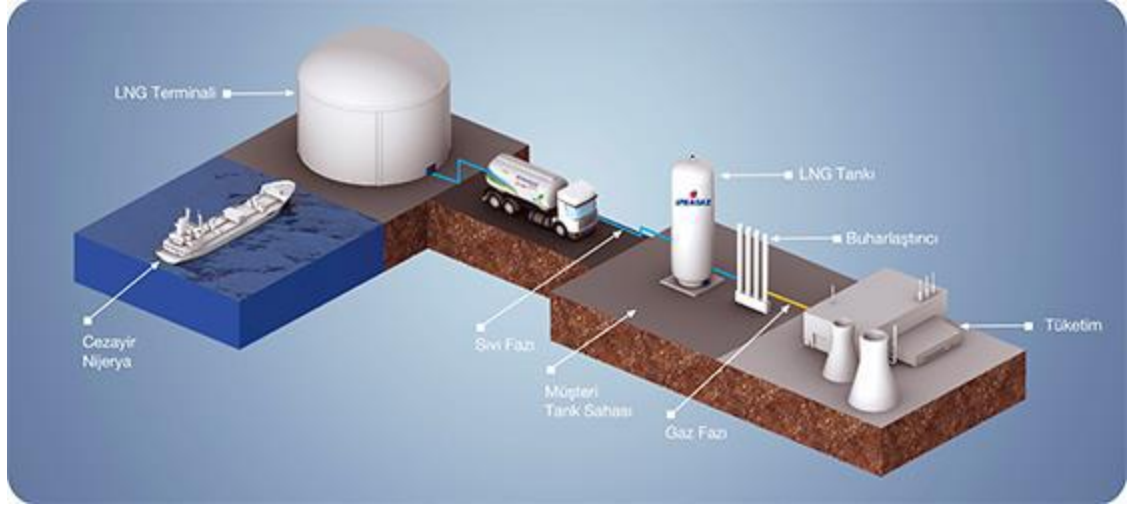
Türk Akım doğal gaz hattı projesi Türkiye ile Rusya Federasyonu Hükümetleri arasında 10 Ekim 2016 tarihi itibarıyla imzalanmış bir anlaşmadır ve projenin detayları bu anlaşma kapsamında belirlenmiştir. Bu projenin amacı, bir yandan Türkiye'ye Rusya Federasyonu'na direk olarak gaz alımını sağlamak, diğer yandan Rus gazını Türkiye üzerinden Avrupa'ya taşımadır. Türk Akım boru hattı Rusya Federasyonu'ndan başlayarak Karadeniz'in tabanından ilerlemekte, Türkiye'ye Kırklareli ilinin bir köy sınırından giriş yapmakta ve sınır komşularına doğru devam etmektedir. Bu proje çift boru hattından oluşmaktadır ve her bir hat yılda 15,75 milyar m³ gaz taşıma kapasitesine sahiptir. Türk Akım projesinin Karadeniz'in altında kalan kısmı Rusya Federasyonu Hükümeti tarafından yapımı tamamlanacak ve işletilecektir. Hattın devam ettiği kara bölümünde Türkiye sınırları içinde kalan kısmındaki çift hattın bir tanesi sadece Türkiye'ye doğal gaz taşıyacaktır ve bu hattın inşası BOTAş tarafından yürütülecektir. Diğer hat ise %50 olacak şekilde iki ülke tarafından inşa edilecek ve işletilecektir. Rusya Federasyonu'ndan gelen batı hattı ile Türkiye'ye arzı sağlanan doğal gazın, Türk Akım projesi ile herhangi başka bir ülkenin sınırları içerisindeki boru hatlarını kullanmadan direk olarak Türkiye'ye gelmesi sağlanmış olacaktır. Türk Akım Projesi kapsamında boru hattının yapımı devam etmektedir. 2019 yılı sonlarına doğru hatta gaz verilmesi planlanmıştır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019).

3.5. Türkiye'de LNG Temini



Şekil 3.8. Doğal Gaz'ın LNG ve Boru Hatları ile Taşınma Yolları (Ağdaş, 2015).

Toprağın altın çok uzun seneler boyunca yüksek sıcaklık ve basınç değerlerine maruz kalmış, kimyasal reaksiyonlar sonucu değişen organik maddelerin dönüştüğü şekil olan doğal gazın, belirli işlemlerden geçirilmiş hali LNG (Liquified Natural Gas) olarak adlandırılmıştır. Doğal gaz, -162°C ye soğutulur, yoğunlaştırılarak geçirilmiş olduğu sıvı hale Sıvılaştırılmış Doğal Gaz (LNG) denilmiştir. LNG doğal gaz çok yüksek oranlarda (%90) metandan, az miktarda da etan, propan, bütan ve diğer hidrokarbonlardan oluşmuştur. Doğal gaz çoğu zaman boru hatları ile taşınmasına rağmen bazı zamanlarda, özellikle taşınması mümkün olmayan veya ekonomik anlamda mümkün olmayan durumlarda LNG ile taşınma yöntemine gidilmiştir. Bu durumda doğal gaz hacim olarak 600 kat küçültülerek soğutulularak özel üretim gemilerle ve tankerlerle sıvılaştırılarak taşınmıştır. LNG şeklinde taşınan doğal gazın gaz fazından sıvı hale geçip, iletiminin sağlanması, depolanması ve tekrar gaz fazına geçmesi çeşitli aşamalardan oluşmaktadır (Ağdaş, 2015).



Şekil 3.9. LNG Terminal Aşamaları (Ağdaş, 2015).

Doğal gazın Türkiye için arz güvenliği ve temin esnekliği noktasında 1994 yılından sonra Cezayir'den Türkiye'ye LNG şeklinde doğal gaz ithalatı gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Yine çeşitliliği artırmak amacıyla Nijerya'dan Türkiye'ye doğal gaz ithalatı LNG şeklinde yapılmaya başlanmıştır. Türkiye Nijerya ve Cezayir ülkeleri ile uzun dönemli sözleşmelerle doğal gaz alımı gerçekleştirirken, Katar ile de uzun vadeli olmadan kısa süreli ve miktar olarak az miktarlarda yıllık alım yapmıştır. Türkiye yıllık Cezayir'den 4 milyar m³ ve Nijerya'dan da yıllık 1,2 milyar m³ doğal gaz alımı başlangıç olarak gerçekleştirmiştir. İthal ettiği LNG şeklindeki doğal gazı Marmara Ereğlisi ve Ege Gaz Aliğa tesislerinde depolayıp, daha sonra bu lokasyonlarda gaz haline geçirilen LNG şeklindeki doğal gaz ana iletim hatlarına verilmiştir. Marmara Ereğlisi tesisinin iki temel görevi vardır. LNG şeklinde gelen doğal gazın gemilerden ve tankerlerden boşaltılarak depolanması ve gerektiği zamanlarda ana iletim hattına gazlaştırılarak verilmesi işidir. Marmara Ereğlisi Terminali yıl bazında 6 milyar m³ doğal gaz sevk edebilecek kapasitede 1994 yılında inşaatı bitmiştir. Ege Gaz Aliğa LNG Terminali ise 2001 yılında devreye alınmış ve yılda 6 milyar m³ doğal gazı ana iletim hatlarına sevk edebilecek kapasiteye sahiptir (Ağdaş, 2015).

Türkiye'de 2018 yılında 11.328,45 milyon Sm³ LNG ithal edilmiştir. Bu miktar toplam ithalatın %22,49'unu oluşturmuştur. Toplam LNG ithalatının %54,63'ü Cezayir ve Nijerya'dan uzun süreli sözleşmelerden gerçekleşirken, geri kalan kısmı spot olarak alınan LNG'ler den oluşmuştur (EPDK, 2018).

3.6. Dünya'da ve Türkiye'de Doğal Gaz Depolama

Doğal gaz kullanım oranı olarak fosil yakıtlar arasında her geçen yükselmiştir. Dünya enerji konseyi tahminlerine göre doğal gaz kullanım oranı petrol ve kömür miktarına yaklaşma eğilimi göstermiştir. 2040 yılına gelindiğinde dünyadaki yakıtlar arasında payı yaklaşık %25 seviyelerinde olacağı tahmin edilmektedir. 2000'li yılların ilk çeyreğinde dünya genelinde doğal gaz ticareti 630 milyar m³ seviyelerinde iken, 2018 yılı içerisinde bu miktarın 1 trilyon m³ seviyelerine çıkmış olduğu belirtilmiştir. Gelecek 25 yıllık süreçte ise bu rakamın 1,5 trilyon m³ seviyelerine çıkacağı tahmin edilmektedir. Artış gösteren doğal gaz ticaretinde boru hattının yanı sıra LNG ticaretinin de gözle görünür bir artış oranına sahip olduğu yadsınamaz gerçek haline gelmiştir. 2000'li yılların başlarında LNG ticareti doğal gaz ticaretinin %20'sini oluşturuyorken, son dönemlerde bu rakam %30'ları geçme eğilimi göstermiştir. Dünya Enerji Konseyi Raporu'na göre ise 2040'lı yıllarda LNG'in toplam doğal gaz ticaretindeki oranı %43'lü seviyelere çıkacağı belirtilmiştir (EPDK, 2019).

Doğal gaz altyapısına tüm dünya ülkelerinde, özellikle Avrupa'da doğal gaz rezerv bakımından fakir ülkeler yatırım yapmaktadırlar. Avrupa ülkeleri yüksek miktarda doğal gazı hem kendilerine getirebilmek hem de depolamak amacıyla boru hatlarını genişletirken, depolama alanlarını da artırma üzerine çalışmalar yapmaktadır. Buradaki amaç, gazın ihtiyaçlarından daha fazlasını elde tutmak ve gaz esnekliğini de sağlamış olmaktır. Örneğin Avusturya'da gaz tüketimi 2016 yılında 8 milyar m³ gerçekleşmişken, Avusturya 47 milyar m³ doğal gazın 39 milyar m³ kadar miktarını elinde tutmuş ve daha sonra ihracatını gerçekleştirmiştir. Diğer bir örnek ise Avrupa'da en fazla doğal gaz tüketen Almanya, 160 milyar m³ ithal ettiği gazın 85 milyar m³ miktarını ihtiyaç olarak kullanmış ve geri kalan miktarını ihraç etmiştir. Bunu boru hattı ve gaz depoları sayesinde gerçekleştirmiştir (World Energy Council, 2019).

Türkiye'de 2018 yılı sonu geçerli olmak üzere, lisans kayıtlı olarak yeraltına depolanan doğal gaz kapasitesi 3,391 milyar m³, yine lisansa kayıtlı olan LNG şeklinde depolanan doğal gaz miktarı ise 0,943 milyar m³ olarak gerçekleştirilmiştir. Yeraltı depolama miktarı bir önceki yıla oranla %6,27 artış göstermiştir (EPDK, 2019).

LNG gemileri ortalama 60 bin ton sıvılaştırılmış doğal gaz taşımaktadır. 60 bin ton LNG, gaz fazına geçirilmek için ısıtılınca yaklaşık 100 milyon m³ doğal gaz oluşur (Karabay, 2010).

Türkiye'de doğal gaz depolama tesisleri hakkında özet bilgi aşağıda verilmiştir.

3.6.1. Marmara Ereğlisi LNG terminali

Türkiye'nin boru hatları ile doğal gaz ithalatının yanında uzak ülkelerden de doğal getirme düşüncesi sonucu Sıvılaştırılmış Doğal Gaz (LNG)'a yönelim olmuştur. LNG ithalatına başlamadan önce, ithal edilecek sıvılaştırılmış doğal gazın gemi ve tankerlerden boşaltılması, depolanması ve tekrar gaz ihtiyacına binaen ana iletim hattına verebileceği tesislere ihtiyaç duyulmuştur. İlk olarak Marmara Ereğlisi LNG Terminali Tekirdağ Çorlu Marmara Ereğlisi bölgesinde inşaatına 1989 yılında başlanılmış, 1994 yılında ise yapımı tamamlanan terminal devreye alınmıştır (BOTAŞ, 2019).

Marmara Ereğlisi LNG Terminali'nin temel görevleri; Gemilerle gelen LNG'yi tanker gemilerden boşaltımını sağlamak, ithal edilen LNG'yi depolamak ve ihtiyaç duyulduğunda depodaki LNG'yi Rusya-Türkiye doğal gaz ana iletim boru hattına gaz şeklinde iletilmesini gerçekleştirmektir. 3 adet her biri 85.000 m³ kapasitede LNG tankı mevcuttur, günlük doğal gaz ana iletim hattına gazlaştırma miktarı 37 milyon Sm³'tür (BOTAŞ, 2019).



Şekil 3.10. Marmara Ereğlisi LNG Terminali (BOTAŞ, 2019).

3.6.2. Silivri yeraltı doğal gaz depolama

Türkiye'de doğal gaz kullanımını zamanla sürekli artış göstermiş, bu da daha fazla doğal gazın ithal edilmesini gündeme getirmiştir. Boru hatlarıyla hali hazırda doğal gaz getirildiği için, bunun yanında LNG şeklinde doğal gaz ithalatının artırılma yöntemine gidilmiştir. Bu kapsamda Türkiye'nin doğal gaz ithalatını gerçekleştiren BOTAŞ ile Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) arasında 1999 yılında depolama tesisi yapım anlaşması imzalanmıştır. Anlaşmada Kuzey Marmara Sahası ile Değirmen köy sahalarını kapsayan Silivri Depolama Tesisinde toplam 1,6 milyar m³ doğal gazın depolanması planlanmıştır. Tesisin inşaatının bitip devreye alınması 2007 yılında gerçekleşmiştir. Yaz mevsimlerinde BOTAŞ tarafından sisteme doğal gaz depolanmakta, kış mevsimlerinde ise ihtiyaç dahilinde BOTAŞ'a ait 36" ana iletim hattı buradan beslenmektedir (Ünlüuysal, 2010).

Silivri Yeraltı Depolama Tesisinde Faz-I ve Faz-II kapsamında yapılan genişletmelerle son dönemlerde yaklaşık 2,84 milyar Sm³ doğal gaz depolanırken, günlük bazda 25 milyon Sm³ ana iletim hattına gaz verilebilir hale getirilmiştir (BOTAŞ, 2019).

3.6.3. FSRU (Floating Storage and Regasification Unit) Dörtyol

LNG fazındaki doğal gazın depolandığı ve ihtiyaç duyulduğu taktirde ana iletim hattına veya bölgelere doğal gazı sağlayabilecek gemi tipi olarak tanımlanmıştır. FSRU gemileri, doğal gazın ihtiyaç olduğu zaman gaz arzını sağlayabileceği yerin yakınlarında deniz kıyısında sabit şekilde durmaktadır. Uzak ülkelerden gelen LNG taşıyan gemiler FSRU gemisine yaklaşarak LNG şeklindeki doğal gazı iletmektedir. Türkiye'de bir adet FSRU gemisi mevcuttur ve Hatay Dörtyol Akdeniz Kıyısında demir atmış durumdadır. FSRU gemisi 2018 yılı ilk çeyreğinde devreye alınmış ve gaz depolama işlemi gerçekleşmiştir. FSRU gemisinin LNG depolama kapasitesi 263.000 Sm³ ve günlük ihtiyaç duyulduğu taktirde 20 milyon m³ doğal gazı hatta verebilecek kapasitededir (BOTAŞ, 2019).

3.6.4. Egegaz Aliğa LNG terminali

Egegaz Terminali, Ege denizi kıyısı İzmir Aliğa'da özel bir şirkete bağlı olarak kurulmuş LNG depolama tesisidir. Her biri 140.000 m³ kapasiteye sahip iki adet tam olarak sızdırmaz LNG depolama tankına sahiptir. Bu terminal aynı zamanda depolanan doğal gazı tekrar gazlaştırılarak ana iletim hattına verebilecek teknolojiye de sahiptir. İzmir Aliğa LNG Terminali 2006 yılında devreye alınmıştır. Sıvılaştırılmış doğal gaz buraya gemilerle gelerek transfer yapılmaktadır (EGEGAZ, 2010).

3.6.5. Tuz Gölü yeraltı doğal gaz depolama

Tuz Gölü yeraltı doğal gaz depolama tesisi Aksaray merkezine 40 km uzaklıkta, Aksaray Sultanhanı ilçesi sınırları içerisinde, BOTAŞ'a bağlı olarak kurulmuştur. 2019 yılı itibarı ile 1,2 milyar Sm³ çalışma gazına sahip olan tesis, günlük 40 milyon Sm³ doğal gazı ana iletim hattına verebilme kapasitesine sahiptir. Tesisin açılışı ve ilk gaz depolama işlemi olan birinci faz 2017 yılında yapılmıştır. Tuz Gölü Depolama Projesi kapsamında yeraltında 1-1,5 km derinliklerde tuz eritilerek boşluklar oluşturulmuştur (BOTAŞ, 2019).

Tuz Gölü Doğal Gaz Projesi genişletilmesi kapsamında ikinci faz devam etmektedir. Faz I ve faz II toplamında yeraltında yaklaşık büyüklükleri 700.000 m³ olan suni

kuyular açılmış olacaktır (Özen, 2018). İkinci etabın bitmesi ile birlikte çalışma gazının 1,2 milyar Sm^3 'ten 5,4 milyar Sm^3 'e artması sağlanmış olacaktır. Ana iletim hattına geri üretim kapasitesi ise günlük bazda 40 milyon Sm^3 'ten 80 milyon Sm^3 'e çıkarılmış olacaktır (BOTAŞ, 2019).



Şekil 3.11. Tuz Gölü Yeraltı Doğal Gaz Depolama Tesisi (BOTAŞ, 2019).

Tuz Gölü Yeraltı Depolama Projesi'nin kapasite artışı kapsamında kuyular oluşturabilmek amacıyla 130 km uzaklıktaki Hirfanlı Barajından tatlı su taşınacaktır. Eritme işlemi sonucu oluşacak tuzlu suyun ise kuyulara 45 km mesafedeki verimsiz alana deşarj edilmesi planlanmıştır. Doğal gazın depolanacağı kuyuların tamamı hazır hale gelince, Kayseri-Konya Ana İletim Hattı'ndan 21 km uzunluğundaki 40" çapındaki hattan doğal gaz alınarak kuyulara iletimi sağlanmış olacaktır (Özen, 2018).

3.6.6. Etki Limanı FSRU

2015 yılı itibari ile Aliğa LNG Terminali inşaatı Kolin Grubu lisans almış, o dönemde yaşanan bazı sorunlardan dolayı acil olarak doğal gaza ihtiyaç olmuş ve bu proje yerine FSRU ile bu durumun çözülebileceği düşünülmüş ve FSRU projesine öncelik verilmiştir. Proje kapsamında düşünülen FSRU 143.000 m^3 LNG depolama kapasitesine sahip ve bir günde 20 milyon m^3 doğal gazı ana iletim hattına verebilecek kapasitededir.

Gazlaştırma yapacağı zaman ana iletim hattına iletim branşman hattından vermektedir. Devreye alındığından bu yana spot olarak ithal edilen LNG depolaması yapmıştır (Özen, 2018).



4. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu bölümde Türkiye'de Elektrik Enerjisi Üretim Santralleri hakkında detaylı bilgiler sunulmaktadır. Son yıllar baz alınarak; hangi enerji türünden ne kadar elektrik ihtiyacı karşılandığı, hangi enerji türlerinden yararlanıldığı, bu enerji türlerinin ne kadarının ithal edildiği ve ne kadarının yerli olarak üretildiği ayrıntılı olarak verilmiştir. Elektrik enerjisinin sanayi gibi bir çok alanda önemli bir girdi olmasının sonucu olarak hangi enerji türlerinin elektrik enerjisi üretiminin ne kadar kısmını karşıladığı konuları ele alınmıştır.

4.1. Türkiye'de Elektrik Enerjisi Üretim Santralleri

Elektrik santralleri, doğadaki nükleer, termik, jeotermik, hidrolik gibi enerji kaynaklarından yararlanılarak motorlar yardımı ile döndürülen alternatörlerin elektrik ürettiği sistemler bütünü olarak tanımlanmıştır. Elektrik santrallerinde enerji kaynakları, transformatör merkezi, alternatör ve motor gibi teçhizatlar mevcuttur. Transformatör merkezleri tesislerde üretilen elektrik enerjisinin gerilim değerini uluslararası şebekelerdeki değerlere yükseltir. Hangi tür santral ile elektrik üretileceği ise ilk yatırım, işletme-bakım gibi zamanla ortaya çıkacak maliyetlere ve enerji kaynağının sürdürülebilir miktarlarına bağlıdır (Erdinç, 2013).

Türkiye'de elektrik enerjisi üreten santrallerin sayısı son dönemlerde oldukça artış göstermiştir. 2018 yıl sonu itibariyle bu rakam lisanssız olanlar (sadece kendi ihtiyacını karşılayan yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı) da dahil yaklaşık 7.423 olmuştur. Bu santrallerin 623 tanesi hidroelektrik, 249 tanesi rüzgar, 42 tanesi kömür, 320 tanesi doğal gaz, 48 tanesi jeotermal, 5.868 tanesi güneş ve 273 tane santralde diğer enerji kaynaklarına aittir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 12 2019).

Enerji santralleri genel olarak Termik Santraller, Yenilenebilir Enerji Santralleri (HES, JES, RES, GES ve Dalga Enerjisi) ve Nükleer Enerji Santralleridir.

4.1.1. Termik santraller

Fosil yakıtları enerji kaynağı (doğal gaz, kömür vb.) olarak kullanarak elektrik enerjisi üreten santrallerdir. Termik santrallerde fosil yakıtlar yakılarak ısı enerjisi açığa çıkar ve çıkan ısı enerjisi kullanılarak buhar türbinlerinin döndürülmesi suretiyle makinelerde güç üretimi sağlanmış olur. Termik santralde açığa çıkarılan ısı, kazanlarda içerisinde su bulunan boruların olduğu kısımdan geçirilerek boru içerisindeki su, kızgın buhar haline dönüşür. Bu buhardaki ısı ve hareket enerjisi türbinler yardımı ile alternatörleri çevirir ve elektrik enerjisi üretilmiş olur. Bu tür santrallerin çevreye etkileri, yanma sonucunda çıkan zararlı gazlardan dolayı olumsuzdur fakat günümüzde hala bu tür santraller mevcuttur (Erdoğan, 2013). Türkiye'nin 2018 yılı içerisinde toplam ürettiği elektrik enerjisi miktarının yaklaşık %67,1'i fosil enerji kaynaklarından karşılanmıştır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 12 2019).

2019 yılı 14 Mart gününde Termik Santrallerin günlük ürettiği toplam elektrik enerjisi miktarı 467.591 MWh, toplam üretilen günlük elektrik enerjisi ise 813.622 MWh olarak bildirilmiştir. Termik santrallerin günlük üretimdeki yüzdesi %57,47 olmuştur (Küçükkaya, 2019).

Türkiye'de kurulu Termik Santraller den bazıları Tablo 1'de ve örnek bir Termin Santralin resmi Şekil 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Termik Santraller (Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, 2019).

Sıra	Santral Adı	İl	Kurulu Güç(MW)	İşletmeye Alınma Yılı
1	Zonguldak Eren Termik Santrali	Zonguldak	2.790	2010
2	Enka Gebze Doğal Gaz Santrali	Sakarya	1.540	2002
3	Enka İzmir Doğal Gaz Santrali	İzmir	1.520	2003
4	Afşin Elbistan B Termik Santrali	Kahramanmaraş	1.440	2004
5	Bursa Doğal Gaz Santrali	Bursa	1.432	1998
6	Afşin Elbistan A Termik Santrali	Kahramanmaraş	1.355	1984
7	Cenal Karabiga Termik Santrali	Çanakkale	1.320	2016/2017
8	İSKEN Sugözü Termik Santrali	Adana	1.320	2003
9	İÇDAŞ Bekirli Termik Santrali	Çanakkale	1200	2011/2014
10	İskenderun Atlas Termik Santrali	Hatay	1200	2014



Şekil 4.1. Termik Santral (Küçükkaya, 2019).

4.1.2. Rüzgar enerji santralleri (RES)

Rüzgar santralleri, rüzgar enerjisinden yararlanılarak elektrik enerjisi üreten santrallere verilen isimdir. Rüzgar santrallerinde elektrik üretimi rüzgar hızının 6 m/s olduğu zaman yapılmaktadır. Aynı zaman da rüzgar hızının küpü ile orantılı elektrik üretimi sağlanmış olmaktadır. Maliyet olarak pahalı kurulum bedeline sahip olan bu santraller bazı lokasyonlar için uygun oldukları ve yenilenebilir oldukları için tercih sebebi olmuşlardır (Erdinç, 2013). Türkiye'nin 2018 yılı içerisinde toplam ürettiği elektrik enerjisi miktarının %6,6 kadarı rüzgar enerjisinden karşılanmıştır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 12 2019).

2018 yılı itibariyle toplam kurulu gücü 7.005 MW olan Rüzgar Enerji Santrallerinden 19,882 milyar KWh elektrik enerjisi üretilmiştir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019).

Enerji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından verilen Türkiye'de ki işletmede olan bazı RES santralleri Tablo 4.2'de ve örnek bir Rüzgar Enerji Santralinin resmi Şekil 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2. Rüzgar Enerji Santralleri (Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, 2019).

Sıra	Santral Adı	İl	Kurulu Güç(MW)
1	Soma RES	Manisa	140,8
2	Osmaniye RES	Osmaniye	135
3	Şanlı RES	Balıkesir	114
4	Soma RES	Manisa	90
5	Aliağa RES	İzmir	90
6	Sebenoba RES	Hatay	60
7	Çatalca RES	İstanbul	60
8	Susurluk RES	Balıkesir	45
9	Bandırma RES	Balıkesir	45
10	Yuntdağ RES	İzmir	42,5



Şekil 4.2. Rüzgar Enerji Santrali (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019).

4.1.3. Biyo enerji santralleri (BES)

Biyoenerji santralleri, bakterilerin oksijensiz alanlarda bitki ve hayvan atıklarını bozduklarında açığa çıkardıkları biyogazın yakılmasıyla elektrik enerjisi üretilen tesislerdir. Biyogaz bileşeninde metan oran olarak %50'nin üzerinde, karbondioksit %40'ın üzerinde ve geri kalan oranda da hidrojen sülfür, hidrojen ve azot bulunmaktadır. Çevredeki zararlı atıkların enerjiye dönüştürüldüğü düşünüldüğünde faydalı olan Biyoenerji Santralleri son dönemlerde dünya genelinde kullanımı yaygınlaşmış durumdadır (Erdoğan, 2013).

Türkiye'de 2019 yılı itibariyle kurulmuş 150 adet Biyoenerji Santrali mevcuttur. Toplam kurulu gücü 665,2 MW olarak belirtilmiştir. 2019 yılı ikinci çeyreği itibariyle üretilen enerji miktarı ise 272.254,19 MWh olmuştur. Yaklaşık olarak yıl bazında Türkiye'nin enerji miktarının %1,1'lik kısmını karşılamıştır (TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, 2019).

Türkiye'de kurulu olan Biyoenerji Santrallerinden bazıları Tablo 4.3'de ve örnek bir Biyoenerji Santralinin resmi Şekil 4.3'de verilmiştir.

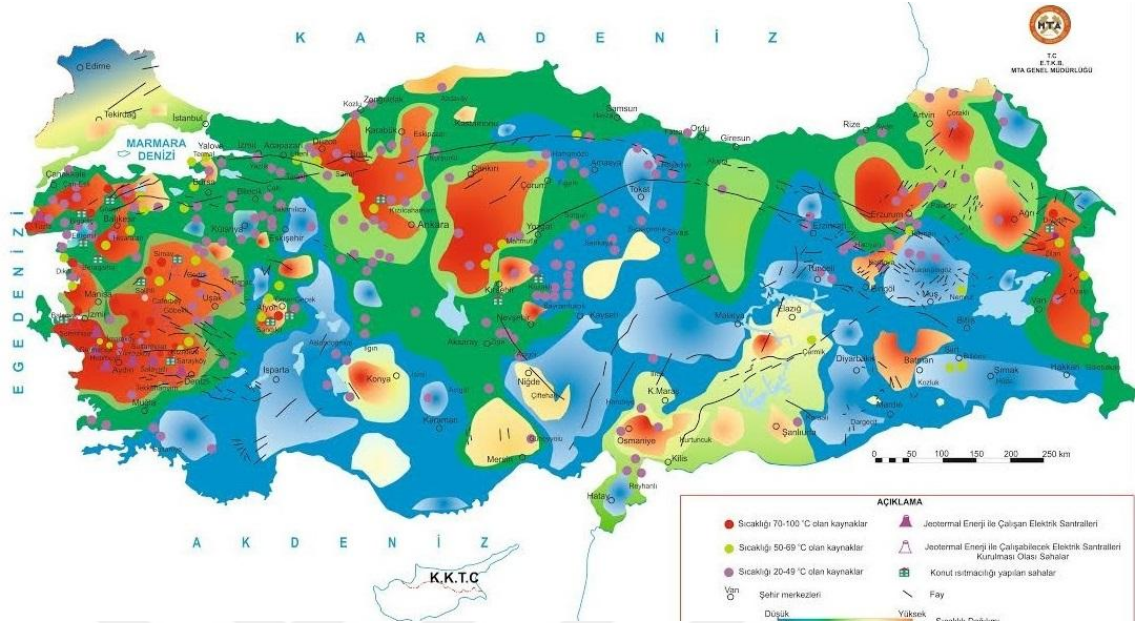
Tablo 4.3. Biyoenerji Santralleri (Yılmaz vd., 2018).

Sıra	Santral Adı	İl	Kurulu Güç(MW)
1	Odayeri Çöp Gazı Santrali	İstanbul	34
2	Toros Tarım Samsun Atık Isı Santrali	Samsun	31
3	Mamak Çöplüğü Biyogaz Santrali	Ankara	25
4	Çadırtepe Biyokütle Santrali	Ankara	23
5	Sofulu Çöplüğü Biyogaz Santrali	Adana	16
6	Akçansa Çimento Atık Isı Santrali	Çanakkale	15
7	Kömürcüoda Çöplüğü Biyogaz Santrali	İstanbul	14
8	Eti Alüminyum Atık Isı Elektrik Santrali	Konya	13
9	Eti Maden Bandırma Atık Isı Santrali	Balıkesir	12
10	ITC-KA Sincan Biyokütle Gazlaştırma Santrali	Ankara	11



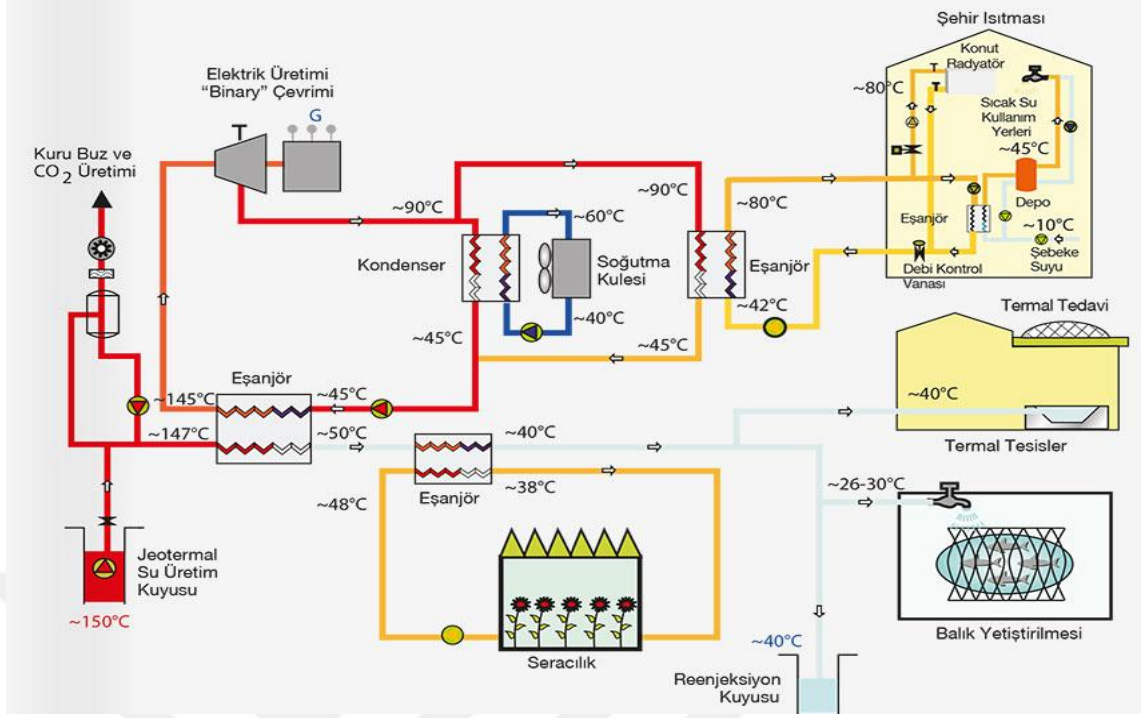
Şekil 4.3. Biyoenerji Santrali (Enerji ve Tesisat, 2019).

4.1.4. Jeotermal enerji santralleri (JES)



Şekil 4.4. Jeotermal enerji kaynaklarının konum haritası (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019).

Jeotermal santraller yerin altında bulunan sıcak suların enerjisinden yararlanılarak elektrik üretimi yapmaktadır. Magmaya yakın alanlarda buldukları için bu sular aşırı sıcaktır. Bu yüzden doğrudan da dolaylı olarak da kullanılabilir. Jeotermal santralinde kullanılan suyun Elektrik Enerjisi üretimi yanı sıra farklı alanlarda da kullanımı mümkündür (Erdinç, 2013). Türkiye'nin 2018 yılı içerisinde toplam ürettiği elektrik enerjisi miktarının %2,5'i jeotermal enerjiden karşılanmıştır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 12 2019).



Şekil 4.5. Jeotermal Enerji Üretim Şeması ve Kullanım Alanları (Rks Mühendislik, 2019).

Türkiye coğrafi konum ve jeolojik yapısı bakımından deprem kuşağı bölgesinde yer almaktadır. Bu sebeple jeotermal enerjisi açısından zengindir ve yaklaşık 1000 adet jeotermal kaynağa sahiptir. 2018 yılında Türkiye'nin jeotermal enerjisi ısı kapasitesi 5.000 MWt'ye çıkmıştır. Türkiye'de 2018 yılı sonlarına kadar toplamda 632 adet jeotermal enerji kuyusu keşif edilmiştir. Türkiye'de jeotermal enerji potansiyelinin %78'lik oranı Batı Anadolu, %9'u İç Anadolu, %7'lik dilimi Marmara Bölgesi, %5'i Doğu Anadolu ve %1'i diğer bölgelerde mevcuttur. Mevcut rezervin %90'lık kısmı ısıtma, termal turizm ve çeşitli endüstriyel uygulamalar da kullanılmaya uygun iken kalan %10'luk kısmı elektrik enerjisi üretilmesine uygun bulunmuştur. Türkiye'de ilk jeotermal enerji santrali 0,5 MWe güce sahip Kızıldere Santralidir ve kuruluş tarihi 1975'tir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019).

Türkiye'de işletmede olan önemli Jeotermal Enerji Santralleri Tablo 4.4'de verilmiştir.

Tablo 4.4. Jeotermal Enerji Santralleri (Zaim vd., 2018).

Sıra	Santral Adı	İl	Kurulu Güç(MWe)	İşletmeye Alınma Yılı
1	Efeler	Aydın	115	2014
2	Kızıldere 2	Denizli	80	2013
3	Pamuk Ören	Aydın	68	2013
4	Galip Hoca	Aydın	47	2009
5	Alaşehir	Manisa	45	2015
6	Maren	Aydın	44	2011
7	Dore 3	Aydın	34	2014
8	Greeneco	Denizli	26	2016
9	Enerjeo	Manisa	25	2016
10	Mehmethan	Aydın	25	2016
11	Deniz	Aydın	24	2012
12	Ken Kipaş	Aydın	24	2015
13	Kerem	Aydın	24	2014
14	Kubilay	Aydın	24	2016
15	Türkerler Alaşehir 2	Manisa	24	2016
16	Türkerler Alaşehir	Manisa	24	2014
17	Özmen 1	Manisa	24	2016
18	Pamukören 2	Aydın	23	2013
19	Pamukören 3	Aydın	23	2013
20	Dora 4	Aydın	17	2016
21	Kızıldere	Denizli	15	1984
22	Gümüşkøy	Aydın	13	2013
23	Karkey Umurlu	Aydın	12	2015
24	Umurlu 2	Aydın	12	2015
25	Maspo Enerji JES 4	Aydın	10	2013
26	Ken 3	Aydın	9,8	2016
27	Dora 2	Aydın	9,5	2010
28	Babadere	Çanakkale	8	2015
29	Dora 1	Aydın	7,95	2006
30	Sultanhisar	Aydın	7,5	2017

4.1.5. Güneş enerji santralleri (GES)

Güneş enerjisi asıl olarak güneş çekirdeğinde meydana gelen reaksiyonlar sonucunda oluşan ısıma enerjisidir. Dünya yüzeyinde güneş enerjisi şiddeti metrekarede 0-1100 W olarak değişim göstermektedir. Yeryüzünün çok uzağında katmanların dışında ise bu

değer metrekarede 1370 W olarak belirtilmiştir. Güneş enerjisinden elektrik üretiminde maliyet, teknolojik ilerlemelere bağlı olarak düşme eğilimi göstermiş, bu da güneş enerjisinden daha fazla yararlanılması noktasında ilerleme sağlamıştır. Son dönemlerde fotovoltaik panel üretimleri ve teknolojisi ilerlediği için elektrik enerjisi üretimi de çoğalmış durumdadır (Erdoğan, 2013). Türkiye'nin 2018 yılı içerisinde toplam ürettiği elektrik enerjisi miktarının %2,6 kadarı güneş enerjisinden karşılanmıştır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 12 2019).

2018 yılında Türkiye'de toplamda 5.868 adet güneş enerjisi santralinin olduğu ve toplamda güneş enerjisi kurulu gücünün 5.063 MW olarak belirtilmiştir. 2017 yılında yapımına başlanan Konya Karapınar ilçesinde 1.000 MW gücünde olan güneş enerji santrali dünyanın en büyük santrallerinden biri olduğu ifade edilmektedir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019).



Şekil 4.6. Güneş Enerjisi Santrali (Enerji Portalı, 2019).

Türkiye'de kurulu Güneş Enerji Santrallerinden en yüksek kapasiteye sahip 10 adedi Tablo 4.5'de ve örnek bir Güneş Enerji Santrali Şekil 4.6'de verilmiştir.

Tablo 4.5. Güneş Enerji Santralleri (Elektrik Sözlük, 2019).

Sıra	Santral Adı	İl	Kurulu Güç (MW)
1	Kayseri OSB GES	Kayseri	50
2	Özkoyuncu Madencilik GES	Balıkesir	40
3	Konya Karatay Kızören	Konya	18
4	Derinkuyu GES	Nevşehir	17
5	Elazığ Kovancılar GES	Elazığ	15
6	Makasçı Mühendislik GES	Konya	10
7	Renoe Acıpayam GES	Denizli	10
8	Tekno Ray Cihanbeyli GES	Konya	10
9	Yaysun GES	Konya	9,98
10	MT GES	Konya	9,98

4.1.6. Hidroelektrik enerji santralleri (HES)

Hidroelektrik santrali, suyun yüksekten düşerken hareketi sırasında kazandığı hareket enerjisinin kullanılarak türbin döndürmesi suretiyle elektrik enerjisi üreten tesistir. Biriktirmesiz türlerinde hareket halindeki akarsuların önlerine kurulan santraller aracılığı ile elektrik üretimi gerçekleştirilir. Biriktirmeli tür hidroelektrik santrallerinde ise bir alana biriktirilen su borular vasıtasıyla türbinlere çarptırılarak elektrik enerjisi üretilir. Hidroelektrik santrallerdeki elektrik enerjisi üretimi mevsimlere göre değişkenlik gösterdiği için, tesisin kurulacağı bölgedeki coğrafik koşullar önem arz etmektedir. Avantaj olarak ise yakıt olarak kullanım olmadığı için maliyet zaman zaman çok düşük olmuştur (Erdoğan, 2013). Türkiye'nin 2018 yılı içerisinde toplam ürettiği elektrik enerjisi miktarının %19,8'i hidroelektrik enerjisinden karşılanmıştır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 12 2019).

Türkiye'de işletilmekte olan Hidroelektrik Enerji Santrali sayısı 2018 yılı ikinci çeyreği itibariyle 636 olmuştur ve toplam HES kurulu gücü 27.219 MW'tır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019).

Türkiye'de kapasite olarak en yüksek 12 tane Hidroelektrik Santrali Tablo 4.6'da ve örnek bir Hidroelektrik Santralinin resmi Şekil 4.7'de verilmiştir.

Tablo 4.6. Hidroelektrik Enerji Santralleri (Electricity Generation Co., 2019).

Sıra	Santral Adı	İl	Kurulu Gücü(MW)	Üretim(MWh)	Kuruluş Tarihi
1	Atatürk	Şanlıurfa	2405	3.522.280	1992
2	Karakaya	Diyarbakır	1800	4.132.548	1987
3	Keban	Elazığ	1330	3.457.498	1974/1982
4	Altinkaya	Samsun	702,55	658.038	1988
5	Birecik	Şanlıurfa	672	1.157.217	2000/2001
6	Deriner	Artvin	699,6	2.029.947	2013
7	Berke	Osmaniye	510	998.325	2003
8	Hasan Uğurlu	Samsun	500	761.448	1979/1983
9	Ermenek	Karaman	302,4	765.182	2012
10	Borçka	Artvin	300,6	990.301	2007
11	Sır	Kahramanmaraş	283,5	438.780	2003
12	Gökçekaya	Eskişehir	278,4	322.256	2002



Şekil 4.7. Hidroelektrik Enerji Santrali ve Baraj (Ekolojist, 2019).

4.1.7. Dalga enerji santralleri

Okyanus ve denizlerde su dalgası ile oluşan dalga enerjisi, yıl bazında toplamda 80.000 TWH enerji üretebildiği araştırma sonucu ortaya konmuştur. Dünya genelinde tüketilen enerji ile karşılaştırıldığında ise bir ayda dünyada kullanılan enerjinin %20'sine karşılık geldiği hesaplanmıştır. Yenilenebilir bir enerji kaynağı olması, çevre kirliliği noktasında doğaya zarar vermeyen bir enerji kaynağı olması ve fosil yakıtlara olan ihtiyacı azaltmak gibi avantajları olmasına karşın, hava şartları ve iklime bağlılığı ile yerleşim yerlerine yakınlığı gibi dezavantajları da mevcuttur. ABD'de 200 KWH enerji üreten Mutriku Breakwater Dalga Tarlası, İngiltere'de 2,4 MWH dalga enerjisi üretimi gerçekleştiren Orkney Dalga Enerji İstasyonu ve Portekiz'de 2,25 MWH enerji üretim kapasitesine sahip Agucadora Dalga Tarlası dalga enerjisi üretim tesislerinden en önemlilerindedir (İsmayılov, 2018).



Şekil 4.8. IBM Destekli Dalga Enerjisi Dönüştürücüsü (Elektrik Port, 2019).

4.1.8. Nükleer enerji santralleri (NES)

Nükleer santrallerine reaktörlerinde fisyon reaksiyonları sonucu yüksek derecede ısı açığa çıkmakta ve çıkan bu ısı enerjisi ile su ısıtılarak buhar elde edilmektedir. Elde edilen kızgın buhar, buhar türbinlerine gönderilerek türbinin dönmesini sağlamak ve

mekanik enerjiye dönüşen ısı enerjisi, malle bağlantılı olan jeneratörün dönmesi sonucu elektrik enerjisi üretilmiş olmaktadır. Türbine çarptırılan buhar tekrar su haline dönüştürölmek üzere yoğuşturucuya gönderilir ve tekrar kullanılmak üzere su hatta verilir. Genelde nükleer santraller suyun soğutulması amacıyla denizlerin, göllerin kıyılarına kurulmuşlardır (Erdinç, 2013).

2018 yılı üçüncü çeyreğindeki bilgilere göre 31 ölkede 453 adet nükleer santral işletmede ve elektrik enerjisi üretirken, 17 ölkede genelde 57 adet daha nükleer enerji santrali yapımı devam etmektedir. Dünya genelinde nükleer enerji santrallerinde üretilen elektrik enerjisi toplamda dünya arzının %11'ini oluşturmuştur. Türkiye nükleer enerji santralinin Mersin Akkuyu sahasında yapımı ile ilgili, 2010 yılında Rusya Federasyonu ile anlaşma imzalamıştır. Akkuyu Nükleer Enerji Santrali inşasına 2017 yılı itibariyle başlanmıştır. Santralin ilk ünitesinin devreye alınması 2023 yılına planlanmıştır. Türkiye'nin Sinop'ta planladığı diğere bir nükleer santralin anlaşması Japonya ile 2013 yılında imzalanmıştır. Bu proje üzerinde hala çalışmalar devam etmektedir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019).



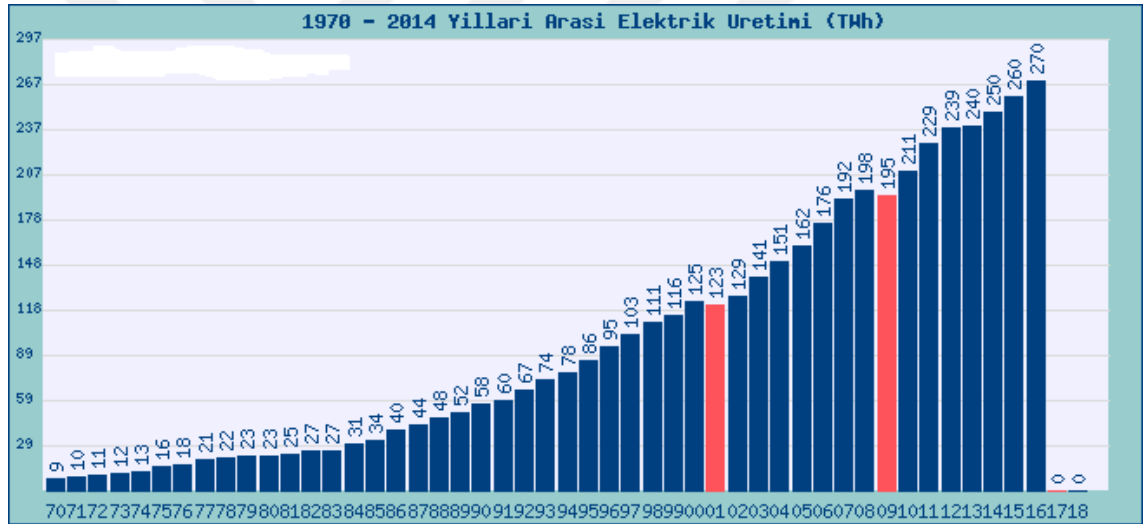
Şekil 4.9. Nükleer Enerji Santrali (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019).

5. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu bölümde doğal gazdan elektrik üretirken kullanılan teknolojiye detaylı bir şekilde sunulmuş ve üretim bulguları hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca Türkiye'de Elektrik Enerjisi üretim miktarının nelere bağlı olduğu ve kapasite olarak yüksek üretim santrallerinden bazıları sunulmaktadır.

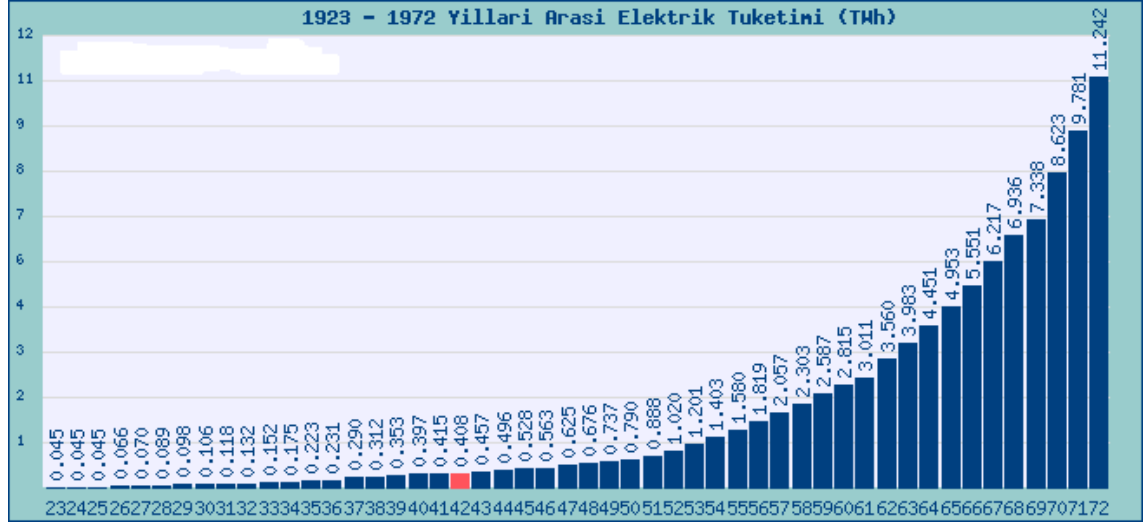
5.1. Türkiye'de Elektrik Enerjisi Üreten Doğal Gaz Santralleri

Türkiye'de elektrik üretiminde, doğal gaz, hidroelektrik, taş kömürü, kömür(linyit), rüzgar, motorin, fueloil, jeotermal, biyogaz ve güneş enerjisi gibi enerji kaynakları kullanılmaktadır (Enerji Atlası, 2019).

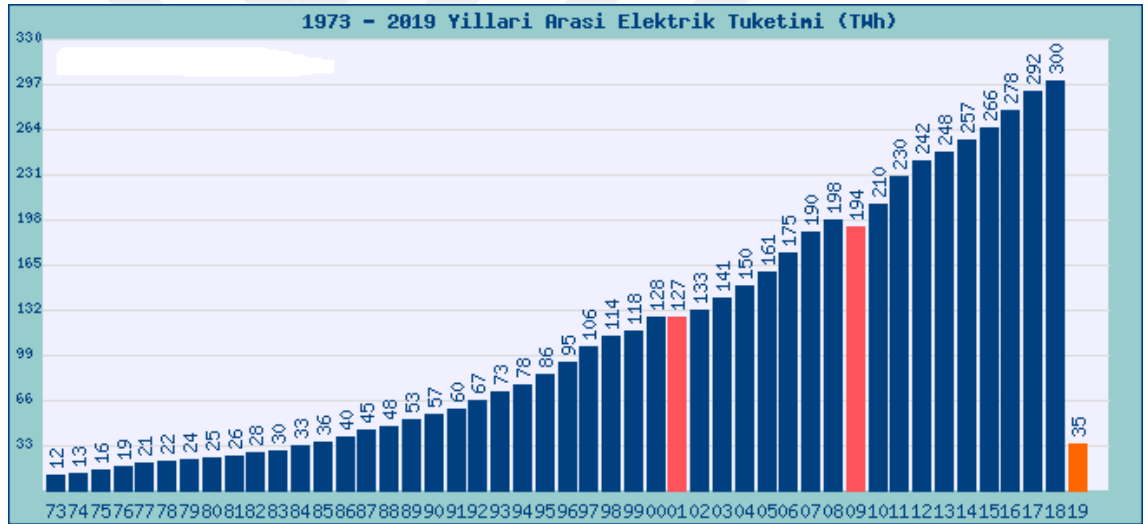


Şekil 5.1. 1970-2017 yılları arası Türkiye Elektrik Üretim Grafiği (TWh) (Enerji Atlası, 2019).

Şekil 5.2 ve Şekil 5.3'de 1923-2019 yılları arasındaki Türkiye'deki elektrik tüketimi grafik halinde verilmiştir. Elektrik tüketimi bu süre zarfında bir kaç yıl dışında sürekli artış eğilimi göstermiştir. Bunun sebebi artan nüfus ve buna bağlı olarak gelişen sanayi gibi faktörler olmuştur.



Şekil 5.2. 1923-1972 yılları arası Türkiye Elektrik Tüketim Grafiği (TWh) (Enerji Atlası, 2019).



Şekil 5.3. 1973-2019 yılları arası Türkiye Elektrik Tüketim Grafiği (TWh) (Enerji Atlası, 2019).

Türkiye'de elektrik enerjisi üretimi 2018 yılında, 2017 yılına göre %2,2 oranında artış göstermiş ve 303,9 milyar kWh olmuş, tüketimi ise %2,2 oranında artarak 303,3 milyar kWh olmuştur (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 12 2019).

Türkiye'nin 2018 yılında elektrik enerjisi üretiminde kullandığı enerji farklılık göstermiştir. Bu enerji kaynaklarının dağılımında %37,3 ile kömür başta gelirken, %29,8'i doğal gazdan, %19,8'i hidroelektrik enerjisinden, %6,6'sı rüzgardan, %2,6'sı

güneş enerjisinden, %2,5'i jeotermal enerjiden ve %1,4'ü diğer enerji kaynaklarından elde edilmiştir. Türkiye'nin 2018 yıl sonu itibariyle elektrik enerjisi kurulu gücü 88.551 MW seviyelerine ulaşmıştır. Kurulu gücünün (maksimum üretebileceği güç) enerji kaynaklarına göre dağılımı; %31,9'u hidroelektrik enerji, %25,6'sı doğal gaz, %21,5'i kömür, %7,9'u rüzgar, %5,7'si güneş, %1,4'ü jeotermal ve %5,9'luk kısmı diğer enerji kaynaklarından meydana gelmiştir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 12 2019).

Türkiye'de doğal gazdan elektrik üreten termik santraller Doğal Gaz Kombine Çevrim Santralleri olarak adlandırılmıştır. Normal termik santrallerdeki mevcut ısıl verimin artırılması amacıyla, farklı çevrimlerin kombinasyonu ile yeni tip santraller geliştirilmiştir. Bu tesisler, en az iki çevrimin birleştirilmesiyle meydana gelmiş elektrik üretim santralleridir. Kombine çevrim tesislerinde üst çevrim ısının çok daha yüksek olduğu alan, bu alandan çıkan atık ve daha düşük ısının olduğu kısımdır. Alt çevrimdeki düşük ısı eşanjör ile ısıtılır ve üst çevrimle birleştirilmiş durumdadır. En yaygın tesis olarak son dönemlerde gaz çevriminin Brayton Çevrimi, su-buhar çevriminin Rankine çevrimi olduğu tesisler tercih edilmiş durumdadır. Gaz türbininden çıkan ısı ile su ısıtılarak buhar elde edilir ve buhar türbinlerinde kullanılır (Başaran, 2017).

Bu çevrimin tercih edildiği tesislerde hava kompresöre giriş yapar ve sıkıştırılarak sıcaklığı ve basıncı arttırılmış olur. Yüksek basınçlandırılmış hava yanma odasında yakılır ve türbine çarparak normal basınca düşerken bir iş yapmış olur. Atık gaz ise direk bacadan havaya atılmış olur. Bu çevrimde verim düşüktür, çünkü ısı kaybı çok fazla olmaktadır (Başaran, 2017).

Gaz türbininden çıkan atık ısı kazanlara girerek suyun buharlaşması için kullanılmaktadır. Oluşan yüksek ısıdaki buhar ara ısıtıcılar yardımı ile de ısıtılıp, buhar türbinlerine gönderilerek ayrıca orada da türbinin dönmesi sağlanmış olmaktadır. Verim normal açık çevrime göre iki kat seviyelerine ulaşabilmektedir. Kombine çevrim tesisleri günümüzde doğal gazın yaygın kullanıldığı tesisler haline gelmiştir (Başaran, 2017).

Türkiye'nin en yüksek elektrik enerjisi üretim kapasitesine sahip 10 doğal gaz kombine çevrim santrali ile ilgili bilgiler aşağıda belirtilmiştir.

5.1.1. Enka Gebze doğal gaz kombine çevrim santrali

1997 yılı itibariyle Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ) aracılığı ile yapılan ihaleyi, "yap işlet" kapsamında Gebze Elektrik Üretim A.Ş. kazanmıştır. Santral inşaatına 2000 yılı ilk çeyreğinde başlanmış, 2002 yılı itibariyle elektrik üretimine başlanmıştır. Santralin inşaatını Enka şirketi yapmıştır. Firma ile Devlet arasında mevcut santralden üretilen elektriği 16 yıl boyunca alım garantisi ile sözleşme imzalanmıştır. 2018 yılı Ekim ayı itibariyle sözleşme sona ermiş ve Enka Gebze Doğalgaz Kombine Çevrim Santrali'nde üretilen elektrik enerjisi serbest piyasada da satılmıştır (Başaran, 2017).

Enka Gebze Doğal Gaz Kombine Çevrim Santrali'nin toplam kurulu gücü 1.540 MW'dır. Üretim kapasitesi 12.884 GWh-yıl iken yıllık elektrik üretimi ortalama 11.311 GWh olmuştur. İşletmesini sahibi olduğu şirket Enka Enerji yapmıştır. Sakarya'nın Adapazarı sınırlarında kurulu olan santral, Türkiye'nin 4., Sakarya'nın en büyük elektrik üreten termik santrali konumundadır (Başaran, 2017).



Şekil 5.1. Enka Gebze Doğal Gaz Kombine Çevrim Santrali (Enka POWER, 2019).

5.1.2. Enka İzmir doğal gaz kombine çevrim santrali

Enka grubu şirketlerinden İzmir Elektrik Üretim Limited Şirketi'ne ait olan santral 1.520 MW kurulu gücü ile İzmir'in en büyük Türkiye'nin ise 5. en büyük enerji santrali konumundadır. 2003 yılında elektrik enerjisi üretimine başlayan santral, 2018 yılı son çeyreğinde yap işlet sözleşmesi bitmiş, lisansı devam edilmiş ve serbest piyasaya elektrik vermeye başlamıştır. Santralin toplam üretim kapasitesi 12.682 GWh-yıl iken yıllık elektrik üretim miktarı yaklaşık 11.120 GWh olmuştur. Enka İzmir Doğal Gaz Kombine Çevrim Santrali İzmir Aliağa sınırlarındadır (Başaran, 2017).



Şekil 5.2. Enka İzmir Doğal Gaz Kombine Çevrim Santrali (Enka POWER, 2019).

5.1.3. Bursa Ovaakça doğal gaz kombine çevrim santrali

Kamu şirketi olan Elektrik Üretim A.Ş. (EÜAŞ)'a ait olan santral 1.432 MW kurulu gücü ile Türkiye'nin 7. büyük, Bursa'nın ise en büyük enerji santral konumundadır. Üretim kapasitesi 1400 MW olan enerji santrali iki kombine çevrim ünitesinden oluşmuştur. Toplamda ikişer adet gaz türbini ile ısıtma kazanı ve bir adet buhar türbini mevcuttur. Santralin yapımı dört adet özel kuruluş tarafından kontrol edilmiştir. Santralin birim kWh miktarı kadar enerji üretiminde kullanmış olduğu doğal gaz miktarı

0,19 Sm³tür. Yıl bazında yaklaşık olarak 9,5 milyar kWh enerji üretmek için yaklaşık olarak 1,7 milyar m³ doğal gaza ihtiyaç duymuştur (Günaslan, 2005). Santralin 154 kilo volt ve 380 kilo volt olmak üzere iki adet çıkışı mevcuttur (Başaran, 2017).



Şekil 5.3. Bursa Ovaakça Doğal Gaz Kombine Çevrim Santrali (ENKA, 2019).

5.1.4. Ambarlı doğal gaz kombine çevrim santrali (İstanbul-A)

Santrali İstanbul Avcılar bölgesinde bulunmaktadır. 1350,9 MW kurulu güce sahip olan enerji santrali devlet kuruluşu olan EÜAŞ tarafından işletilmektedir. Yıllık elektrik enerjisi üretim kapasitesi 9.450.000.000 kWh olan santral, kademeli olarak 1988 yılı ile 1991 yılı arasında tamamı devreye alınmıştır (Başaran, 2017).

5.1.5. Hamitabat doğal gaz kombine çevrim santrali

Hamitabat termik santrali Kırklareli-Lüleburgaz sınırları içerisinde yer almaktadır. Kurulu güç olarak 1120 MW olan santral yaklaşık %48 oranında çevrim verimine sahiptir. Yıl bazında elektrik üretim kapasitesi 7.840.000.000 kWh'dır ve santralin tamamının devreye alınarak tam yükte çalışması 1985-1989 yılları arasında meydana gelmiştir. Yükte iken 5.376.000 Sm³/gün yakıt tüketmektedir. Santral 2013 yılı itibari ile Limak şirketi tarafından satın alınmıştır. 2016 yılı itibari ile santrale 600 MW gücünde yeni ünite montajı gerçekleştirilmiştir (Başaran, 2017).



Şekil 5.4. Hamitabat Doğal Gaz Kombine Çevrim Santrali (Limak ENERJİ, 2019).

5.1.6. Ali Metin Kazancı doğal gaz kombine çevrim santrali

Aksa enerji şirketine ait olan enerji santralinin kurulu gücü 1.150 MW'dır. Bu sayede Antalya'nın en büyük enerji santrali iken Türkiye de en büyük 6. doğal gaz enerji santrali konumundadır. Santralde 3 adet 300 MW gücünde Siemens Gaz Türbini, 4 adet 50 MW gücünde LM6000 gaz türbini ve 2 adet 25 MW GE firmasına ait buhar türbini mevcuttur. Tesisin genel ısı verimi yaklaşık %59 seviyelerindedir. Santral 2008 ile 2011 yılları arasında inşa edilmiş ve tam yüke alınmıştır. Elektrik üretim kapasitesi 8000 GWh/yıl ve yıllık ortalama üretim miktarı 5.359 GWh'dır (Başaran, 2017). Elektrik santralinin kurulu gücü tadilat sebebiyle 900 MW seviyelerine düşürülmüştür.

5.1.7. Enerjisa bandırma doğal gaz kombine çevrim santrali

Kurulu güç olarak 930,8 MW seviyelerinde olan enerji santrali Balıkesir-Bandırma sınırları içerisinde yer almaktadır. Üretim kapasitesi 7.540 GWh/yıl'dır ve yıllık üretim miktarı ortalama 6.427 GWh'dir. Santral Enerjisa Enerji Üretim A.Ş. tarafından işletilmektedir. Santralin inşaatı 2008-2010 yılları arasında tamamlanmıştır. İki adet gaz türbini, iki adet buhar jeneratörü ve bir adet buhar türbini mevcut olan tesis 380 kV çıkışa sahiptir. Bu santralin bir özelliği de iç ihtiyacını karşılamak amacıyla 3,45 MW gücünde hidroelektrik santral mevcut olmasıdır (Başaran, 2017).

5.1.8. Erzin doğal gaz kombine çevrim santrali

Bu enerji santrali Akenerji grubu olan Egemer Elektrik Üretim A.Ş. tarafından Hatay-Erzin ilçesi sınırları içerisinde işletilmektedir. 2014 yılının sonlarına doğru elektrik enerjisi üretimine başlayan santral yılda 7.400 GWh enerji üretim kapasitesine sahiptir. Yıllık ortalama üretim miktarı ise 4.825 GWh elektrik enerjisi miktarındadır ve kurulu gücü 904 MW'dır. Türkiye'nin yıllık enerji ihtiyacının yaklaşık olarak %2,6'sını karşılayabilecek kapasiteye sahiptir. Santral Hatay'ın 2. büyük enerji santrali, Türkiye'nin ise 8. büyük doğal gaz santrali konumundadır. Enerji santralinde 2 adet gaz türbini, 1 adet buhar türbini ve 3 adet jeneratör mevcuttur (Başaran, 2017).



Şekil 5.5. Erzin Doğal Gaz Kombine Çevrim Santrali (Epcom Mühendislik, 2019).

5.1.9. OMV samsun doğal gaz kombine çevrim santrali

OMV Avusturya menşeli bir şirkettir. OMV santrali lokasyon olarak Samsun-Terme ilçesi sınırlarında kurulmuştur. Kurulu gücü olarak 886,92 MW, yıllık elektrik üretim miktarı yaklaşık olarak 6.000 GWh civarındadır. İşletimi OMV Samsun Elektrik şirketine ait olan santral, 2013 yılı ikinci çeyreğinde devreye alınmış ve elektrik enerjisi üretimine başlamıştır. Tesis Samsun'un en büyük enerji santrali, Türkiye'nin ise doğal gaz santralleri arasında büyüklük sıralamasında 9.sırada yer almıştır. OMV santrali 2018 yılında Bilgi Enerjiye devredilmiştir (Başaran, 2017).

5.1.10. Yeni elektrik doğal gaz kombine çevrim santrali

Kurulu gücü 865 MW gücünde olan çevrim santralının yıllık ortalama elektrik enerjisi üretim miktarı yaklaşık 6.500 GWh olmuştur. Santral lokasyon olarak Kocaeli-Dilovası yakınlarında kurulmuştur. Santralin kurulumunu Ansaldo Energia SpA isimli yabancı şirket yapmış, işletimini ise Unit Elektrik ile Ansaldo Energia şirketi birlikte yürütmüştür. Yeni Elektrik Doğal Gaz Çevrim Santrali'nin inşaatı 2011 yılında başlamış, devreye alınma işlemi ve elektrik üretmeye başlaması 2013 yılı sonlarını bulmuştur. Santral iki adet gaz türbini, iki adet atık kazan ve bir buhar türbininden oluşmuştur. Ürettikleri elektrik enerjisini üç farklı 380 kV enerji iletim hattından TEİAŞ'a vermişlerdir. Santralin ihtiyacı olan doğal gaz BOTAŞ tarafından ithal edilen gazdan sağlanmıştır (Başaran, 2017).



Şekil 5.6. Yeni Elektrik Doğal Gaz Kombine Çevrim Santrali (Yeni Elektrik Üretim A.Ş., 2019).

5.2. Doğal Gaz'dan Elektrik Üretim Teknolojisi (Doğal Gaz Kombine Çevrim Santralleri)

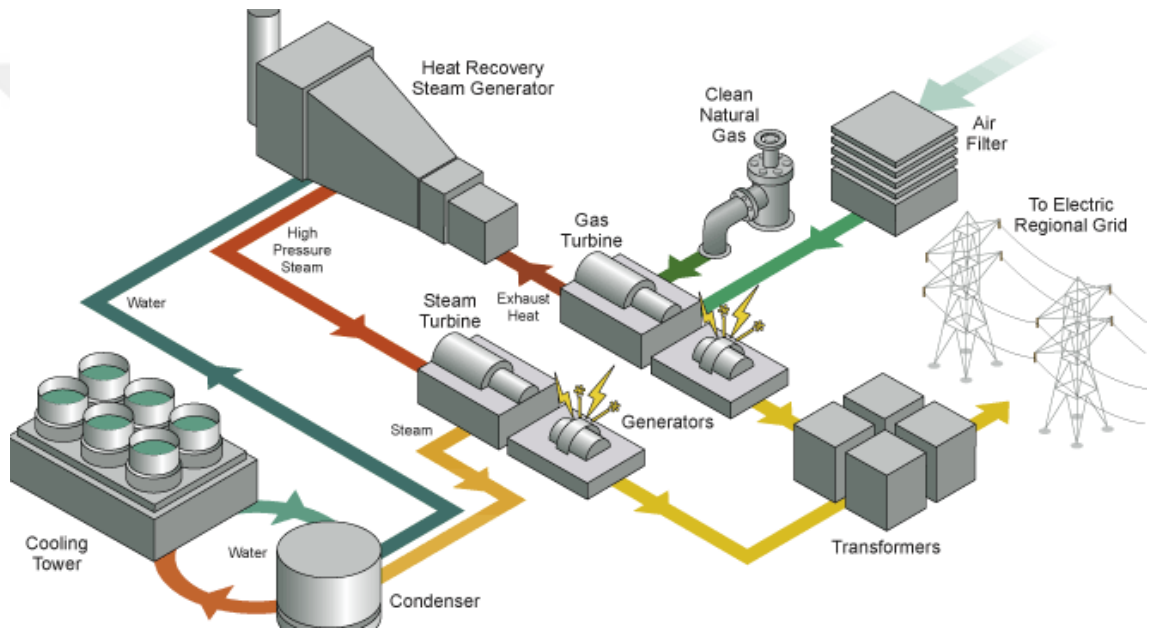
5.2.1. Doğal Gaz'dan Elektrik Üretimi

Kombine çevrim, eş zamanlı güç ve ısı üretimi olarak adlandırılmıştır. Temel olarak gaz türbinleri, buhar santralleri ve elektrik üretmek amacıyla kullanılan gaz motorlarının egzoz ısılarını kullanmayı amaçlamıştır. Böylece daha etkili yakıt kullanımı sağlanmış olacaktır. Bu işlemin iki kayda değer sonucu olmuştur. Fosil enerji arzının azaltılması sağlanmış ve çok daha az miktarda enerji kullanımı sağlanmış; böylece küresel ısınma noktasında havaya daha az zararlı gaz emisyonu olmuştur. Egzoz ısısının emme soğutucularında kullanılabilir olması, kombine çevrim işleminde yeni bir gelişme sağlamıştır. Böylece elektrik ve proses ısısı yanında soğutma etkisi de kojenerasyon işlemi ile üretilmiş olur. Bu işlem literatürde trijenerasyon olarak da adlandırılmaktadır (Elhanan, 2006).

Herhangi bir yakıttaki enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi işlemi, jeneratör yardımı ile mekanik bir işin elektrik enerjisine dönüştürülmesidir. Yakıt türüne ve termodinamik işleme bağlı olarak, bu enerji dönüşümünün verimi %30 kadar düşük olabilmektedir. Bu yakılan enerjinin üçte ikisinin boşa gittiği anlamına gelmektedir. Örnek olarak, fosil yakıtı yakmak için kazanlardan yararlanılan buhar türbinli santrallerde verim ortalaması yaklaşık %33 olmaktadır. Basit çevrim santrallerinde doğal gaz yakıldığında ortalama verim %30'un altında ve akaryakıtta verim yaklaşık %25 civarlarındadır. Boşa harcanan enerjinin çoğu yanma sırasında açığa çıkan sıcak baca gazlarından havaya gönderilmektedir. Elektrik santrallerinin verimliliğini artırmak amacıyla, sıcak egzoz gazlarındaki atık ısı enerjisinin geri kazanılması ve kullanılması için birçok işlem birleştirilebilir. Kombine çevrim tesisleri içerisinde, enerji santralleri verimi %60'lara kadar çıkarılabilmektedir. Birleşik çevrim terimi, çoklu termodinamik çevrimlerin birleştirilmesi anlamına gelmektedir. Kombine çevrim işleminde, ilave elektrik enerjisi üretmek için buhar türbinlerinin kaynağı olan buharı üretmek için, yüksek sıcaklıktaki egzoz gazlarından ısıyı elde eden ısı kazanımlı buhar jeneratörü kullanılır. Burada bir buhar türbini kullanarak iş üretmek için buhar oluşturma işlemi Rankine Döngüsü olarak adlandırılır (Çelikkantar, 2015).

En yaygın kombine çevrim enerji santrali tipi gaz türbini kullanır ve bu kombine çevrim gaz türbin santrali olarak adlandırılmaktadır. Çünkü gaz türbinleri basit çevrimlerde düşük verimliliktedirler ve buhar türbinin verimliliği kombine çevrim gaz türbinlerinin verimliliğinin yarısı kadardır. Kombine çevrim santralleri için birçok farklı konfigürasyon vardır. Fakat tipik her gaz türbini kendi ısı geri kazanımlı buhar jeneratörlerine sahiptir. Isı geri kazanımlı buhar jeneratörleri bir veya daha fazla buhar türbinine sıcak buhar sağlayabilmektedir (Çelikkantar, 2015).

5.2.2. Kombine çevrim santrali çalışma prensibi



Şekil 5.7. Kombine Çevrim Santrali Şeması (KBT Bilim Sitesi, 2019).

Heat Recovery Steam Generator (Isı geri kazanımlı buhar jeneratörü) bir ısı değiştiricidir. Aynı zamanda kazan olarak da adlandırılmaktadır. Çünkü buhar türbinleri için gerekli buharı oluşturmaktadır. HRSG, doğal dolaşım yolu ile veya pompalar kullanılarak yapılan dolaşımdan yararlanmaktadır. Sıcak egzoz gazları, içerisinde sıcak su dolanan borulardan geçer ve ısıyı absorbe eden su buhara dönüşür. Borular aşırı şekilde ısıtılmış buhar üretiminde farklı işlevlere sahip olacak şekilde dizayn edilmiştir. Dizayn edilirken kullanılan modüller ön ısıtıcılar, aşırı ısıtıcılar, buharlaştırıcılar, ekonomizer olarak adlandırılmaktadır (Çelikkantar, 2015).

Kombine Çevrim Santralleri birçok karmaşık sistemden meydana gelir ve bu sistemlerin her biri uyum içinde olmak zorundadır. Ana sistemlerden bazıları Gaz Türbin Sistemi, Buhar Türbin ve Atık Isı Kazan Sistemidir. Çoğu santrallerde chiller ismi verilen bir sistem yanında tüm santrallerde yardımcı ekipmanlarda mevcuttur (Şen, 2018).

İçeri çekilen hava ilk olarak filtrelerden geçirilerek temizlenir ve kompresörler yardımıyla yanma odalarında doğal gaz ile yanmak üzere yeterli basınç seviyelerinde iletilir. Burada doğal gaz ile belirli oranlarda yanan hava ve doğal gaz karışımı (egzoz gazı) ısı ve kinetik enerji sayesinde kompresörü döndürür ve kompresör de bağlı olan jeneratörü çevirerek elektrik enerjisi üretilmiş olur (Şen, 2018).

Gaz Türbinini çeviren egzoz gazı kompresörü çevirdikten sonra egzozdan Atık Isı Kazanına gönderilir. Atık ısı kazanında buhar türbini için gerekli su buharı oluşturmak amacıyla yüksek basınç, orta basınç ve düşük basınç seviyelerinde su buharlaştırılır; istenilen seviyelere getirilir ve buhar türbinine gönderilir. Buhar türbinindeki alçak basınç, orta basınç ve yüksek basınç seviyelerine, atık ısı kazanında bu seviyelerde üretilen buhar gönderilir ve türbin bu sayede döndürülmüş olur. Böylece elektrik enerjisi üretimi sağlanmış olur. Buhar türbinlerinde enerjisini kaybeden buhar kondenserlerde tekrar su haline getirilir ve sisteme aktarımı sağlanmış olur. Böylece kombine çevrim santrallerinde gaz türbininde ve buhar türbininde olmak üzere iki kez elektrik enerjisi üretimi sağlanır. Bununla birlikte santrallerde verimde artırılır (Şen, 2018).

5.2.3. Kombine çevrim santrali sistem bileşenleri

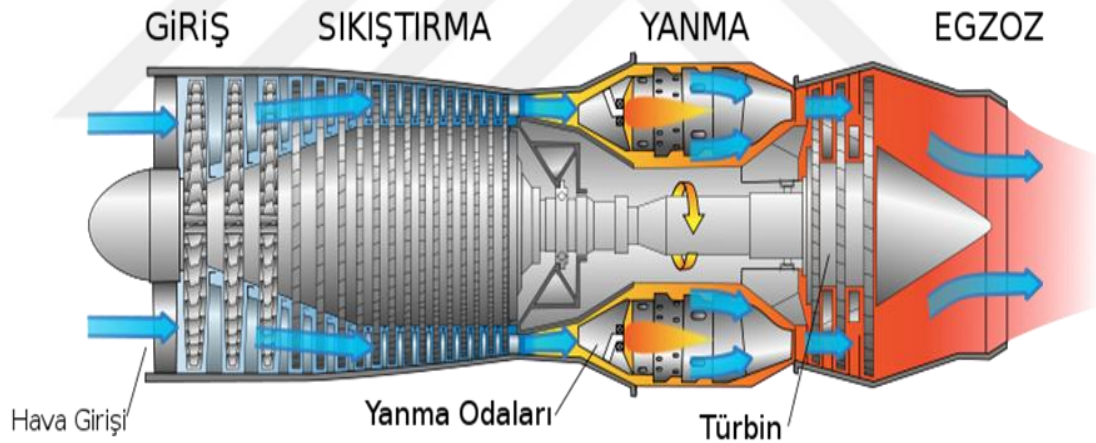
5.2.3.1. Suyu minerallerden ayırma (safılaştırma) sistemi

Su arıtma sistemi olarak adlandırılır ve şehir şebekesinden alınarak kazan suyu elde etmek amacıyla kullanılır. Su art arda birçok filtreden geçirilir. Özellikle kalsiyum ve magnezyum iyonlarını sudan filtrasyon etmek amacıyla kullanılır ve su yumuşatılması sağlanır. Su her açıdan kazanlarda kullanılabilir hale getirildikten sonra tekrar şehir şebekesinin atık su kısmına atılır (Çelikkantar, 2015).

5.2.3.2. Gaz türbin sistemi

Gaz türbinleri ayrı ayrı jeneratörlere bağlanarak enerji üretimi gerçekleştirilmektedir. Dry Low NO_x olarak adlandırılan bir sistem sayesinde, egzozdan belirli bir seviyenin üzerinde NO_x salınımı olmamaktadır. Sistemde amaç gaz türbininin döndürülmesi suretiyle jeneratörün döndürülmesi ve elektrik enerjisi üretimi sağlanmasıdır. Kompresörler ile gönderilen hava yanma odasında doğal gaz ile kimyasal tepkimeye girerek ısı ve basınç oluşur. Meydana gelen yeni enerji şekilleri türbini hızla döndürür ve jeneratöre şaft ile bağlı olan türbin sayesinde jeneratör döner. Bu sayede elektrik enerjisi üretilmiş olur (Çelikkantar, 2015).

Gaz Türbinini yakıt ve hava miktarı, sıkıştırılan havanın basıncının oranı, kompresör giren havanın sıcaklığı, kompresörlerin havayı sıkıştırdıkları kanatların temizlikleri, deniz seviyesinden yükseklik gibi parametreler verim ve çalışma açısından etkilemektedir (Şen, 2018).

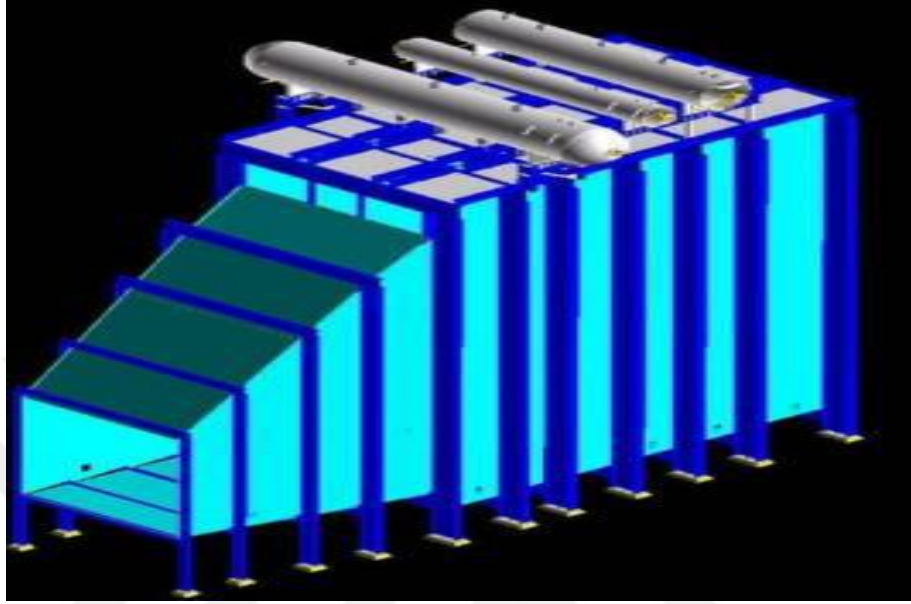


Şekil 5.8. Gaz Türbinini (Çınar Mühendislik Müşavirlik A.Ş., 2019).

5.2.3.3. Isı geri kazanımlı buhar jeneratörü (HRSG)

Her gaz türbininden önce ısı geri kazanımlı bir buhar jeneratörü gelmektedir. Isı geri kazanımlı buhar jeneratörleri ek ateşlemeye sahip çift basınç tipli, yatay ve dolaşımsal bir yapıdadır. İki basınçlı ısı geri kazanımlı buhar jeneratör sistemi High Pressure kızdırıcı, High Pressure evaporatör, High Pressure ekonomizer, Low Pressure kızdırıcı, Low Pressure evaporatör, Low Pressure ekonomizer ve High Pressure ekonomizer I ve bölgesel ısıtma bobinlerinden oluşmuştur. Heat Recovery Steam Generator'ler tam

otomatik su kalite kontrol sistemi ile donatılmış sistemlerdir. Bu sistem örnekleme istasyonundan ve kimyasal dozajlama sisteminden meydana gelir. Kazan suyu kirlendiğinde blöf sistemi ile boşaltılmaktadır (Çelikkantar, 2015).



Şekil 5.9. HRSG (Isı Geri Kazanımlı Buhar Generatörü) (Çelikkantar, 2015).

5.2.3.4. Buhar türbini (ST)

Buhar Türbinleri General Elektrik tarafından tasarlanmış ve uluslararası Thomassen tarafından üretimi ilk olarak yapılmıştır. Buhar türbini elektrik jeneratörü Alstom tarafından üretilmiştir. 3000 RPM ve 11 kV jeneratöre sahiptir. HRSG'ler den elde edilmiş olan yüksek basınca sahip buhar, 60 MW termal kapasiteli buhar türbinine gönderilir ve böylece buhar gücü ve enerjisi elde edilmiş olur (Çelikkantar, 2015).



Şekil 5.10. Buhar Türbini (Çelikkantar, 2015).

5.2.3.5. Hava soğutmalı kondenser (ACC)

Hava soğutmalı kondenser buhar türbini egzozundan veya buhar türbini bypass sisteminden çıkan buharı yoğuşturmaya yarayan sistemdir. Dış bölgedeki hava soğutma ortamı olarak kullanılır. Buhar kanatlı boruların dış yüzeylerinden geçen hava sayesinde yoğuşur. Her kanatlı boru sarmalı soğuk havayı ve dolaşımı emmek için aksenal akış sağlayan fan içerir. Buhar yoğunlaşır ve sonra kazan besleme suyu olarak tekrar kullanılmak üzere yoğuşma tankına geri gönderilir (Çelikkantar, 2015).



Şekil 5.11. Hava Soğutmalı Kondenser (ACC) (B&W SPIG, 2019).

6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışma da ülkemiz için gerekli olan önemli enerji kaynaklarından doğal gaz enerjisinin ülkemize ithal edilmesi, ülkemizde üretilmesi ve tüketilmesi araştırılmıştır. Doğal gazın elektrik enerjisi üretimi noktasında son yıllardaki payı irdelenmiş ve diğer enerji kaynakları ile birlikte oranları verilmiştir. Doğal gaz enerjisinden elektrik enerjisi üretimi teknolojisi ayrıntılı olarak sunulmuştur. Elektrik enerjisi üretiminde kullanılan diğer enerji kaynaklarının oranları hakkında bilgi verilmiştir. Dünya da doğal gaz üretim alanları, farklı iletim yöntemleri ile iletildiği bölgeler, ülkelerin rezervleri, üretim ve tüketimleri hakkında bilgi verilmiştir. Bu kapsamda Türkiye ve Dünya çerçevesinde Doğal gaz arz, talep, üretim, teknolojiler hakkında öngörüler aşağıda sunulmuştur.

Uzun vadede, doğal gaz üreticilerinin konvansiyonel kaynaklarının azalmasından dolayı, ek olarak konvansiyonel olmayan şeyl gaz, tight gaz ve kömür yataklarından elde edilen gaz gibi kaynaklara da yönelim sağlamaları öngörülmektedir. Konvansiyonel olmayan kaynakların tüketilebilir hale getirilmesi ancak teknolojik gelişmelerin paralelinde mümkün olacağından dolayı, teknolojideki gelişim aynı doğrultuda enerjinin de geleceğine yön verebileceği düşünülmektedir (TPAO, 2019).

Doğal gazın geçmiş dönemdeki ihtiyaca cevap vermesi, sanayi gibi geniş kullanım alanlarındaki geri dönüşlerin olumlu olması ve sektörde yapmış olduğu etki, gelecekteki durumu üzerinde rol oynayacağı düşünülmektedir. Küresel anlamda doğal gaz kullanımının yaygınlaşması, "gas to liquid" gibi dönüşüm teknolojilerindeki gelişmeler ve kullanılacağı alanın artması ve enerji kaynaklarındaki dönüşüm süreçlerindeki gelişmeler oluncaya dek, doğal gazın fiyatının orta seviyelerde seyretmesi ihtimal görülmüştür. Türkiye'de ki doğal gaz piyasasının henüz doğmuş, yatırımların geliştirilmeye çalışıldığı, genç ve dinamik bir sektör olarak görülmesi kaçınılmazdır. Fakat buradaki doğal gaz arz açısından olumsuzluk, bir kaç ülkeden yapılan ithalata bel bağlanması ve ülkenin ihtiyaç duymuş olduğu elektrik enerjisi üretiminin yüksek oranda doğal gaza bağlı olmasıdır. Türkiye için doğal gazın olumlu yönleri düşünüldüğünde, Türkiye bir enerji koridoru olma yolunca hızla ilerlemektedir. Uluslararası konjonktürde doğal gaz yatırımlarının ülke sınırlarından geçirilmesi kalıcı bir çözüm olma yolunda atılan önemli adımlardan bir tanesidir. Türkiye'nin, planlanan doğal gaz boru hatları ve

farklı lokasyonlara kurulması planlanan doğal gaz depolama tesisleri ile uzun yıllar enerji noktasında sorun yaşanmayacağı, çalışmaların öngörüleridir. Doğal gazın boru hatları çeşitliliğini artırmanın yanı sıra LNG teknolojisindeki ilerlemeler sayesinde de gazlaştırma ile birlikte boru hatları ile ithal edilen doğal gazın sıvılaştırılarak depolanması, gelecek adına önem arz etmektedir (Yardımcı, 2011).

Doğal gazın çevresel güvenceleri, yerel hava kalitesini iyileştirme potansiyeli, petrol ve kömür ile karşılaştırıldığında elektrik üretim noktasında daha yüksek verimlilik, diğer fosil yakıtlara göre sera gazı emisyonlarını düşürme ve geri dönüşüm yakıtı olarak yenilenebilir kaynaklarla ortak çalışma için uygunluk üzerine inşa edilmiştir. Karbon kabarcığı tartışmaları üzerine alternatif bakış açıları, petrol ve kömür rezervlerinin de yararlanılmasının, diğer yandan doğal gazdan vazgeçilmemesi amacı ile uyumsuz olduğunu ortaya koymuştur. Diğer bir yandan doğal gaz enerjisi kullanımının, diğer fosil yakıtlara göre küresel ısınmaya olumsuz etkisinin daha az olduğu bilinmektedir. Yanı sıra küresel alanda doğal gaz tüketimi, zaman ile beklendiği kadar artmadığı gözlemlenmiştir ve yakın gelecek için bu değişimin farklı olmayacağı düşünülmektedir. Dünya genelinde, özellikle Asya kıtasında hava kalitesini iyileştirmeyi amaçlayan yerel politika girişimleri, doğal gazı daha kapsamlı ve potansiyel olarak daha etkili bir şekilde teşvik etmektedir. Avrupa doğal gaz rezerv bakımından zengin yataklara sahip değildir, bu sebeple doğal gaz açısından ithal eden konumdadır. Gelecek adına arz güvenliği açısından ani kesintilere karşın doğal gaz tüketimi konusunda çekimser davranış göstermektedir (Franza, 2016).

Doğal gaz daha temiz bir enerji karışımına geçişte önemli bir rol oynama potansiyeline sahiptir. Eskilerden beri kömür kullanımı teknoloji gelişimi yeterince olmadığı ve rezerv olarak fazla olduğu için kullanılmıştır; fakat CO₂ salınımı doğal gaza göre fazla olduğu için, doğal gaz kullanımı yaygınlaşmış ve gelecekte de artış eğiliminde olacağı öngörülmektedir. Doğal gaz enerjisi salınan karbon başına en yüksek enerji miktarına sahip fosil yakıttır ve diğer fosil yakıtlardan daha az sülfür oksit, azot oksit ve partikül yaymaktadır. Yapılan çalışmalar sonucu göstermiştir ki doğal gaz bir çok açıdan diğer fosil yakıtlar arasında olumlu yönde net bir ayrıma sahiptir. Gelecek adına doğal gazın ticaretinin ve üretiminin jeopolitiğe son derece açık olması, ithal eden ülkeleri düşündüren bir konu haline gelmiştir. Sıvılaştırılmış doğal gaz aslında gaz piyasasında

dinamik bir faktör olarak öne çıkmaktadır ve gaz ticaretinin ülkeler arasında gerçekleşme payının artmasına katkısının gün geçtikçe artacağı ortak bir kanı olmuştur (Franza, L, 2016).

Pazar noktasında, özellikle doğal gaz enerjisi alanında ülkelerin hedeflerine ulaşmalarında ki başrol, pazarın serbestleştirilmesi olmuştur. Bu yöntemle piyasanın kontrollü fiyatlardan ve sübvansiyondan kurtulacağı ve daha fazla ithalat amacıyla ulaştırmaya olanak sağlayacağı düşünülmüştür. Yeni hedeflenen pazar reformu için çeşitlendirilme yönteminin gelecek adına doğal gaz arz noktasında olumsuzlukları minimize edeceği öngörülmektedir. Sözleşme fiyatlandırmasında, yeni pazar tasarımının en büyük katkısı fiyatlandırma olmuştur. Doğal gazın uluslararası alandaki fiyatlarda dalgalanmalara karşı açık olan petrol ürünleri fiyatlarına sabitlemek yerine, gazdan gaza endeksli uluslararası gaz sözleşmelerinde gazı fiyatlandırma kabiliyeti olabileceği öngörülmektedir. Gelecekte uzun vadeli sözleşmelerdeki fiyatlandırmada şeffaflık, güven, likitide ve serbest piyasanın olmazsa olmazları arasında olacağı düşünülmektedir (Rzayeva, 2018).

Yeni tedarik kaynakları noktasında, Türkiye'de son dönemlerde yeni boru hattı gazı kaynaklarının aksine, LNG şeklinde doğal gazın, hızlı ve esnek şekilde ithalatı hız kazanmıştır. Özellikle 2020'li yılların ikinci çeyreğinde LNG ithalatının artacağı öngörülmüştür. Depolama kapasitesinin artışı LNG'nin daha fazla olmasını sağlayacak düşük mevsimsel talep döneminde gaz olarak depolanacaktır. Fakat LNG ithalatının temel sorununun fiyat olduğu belirtilmiştir. Türkiye'nin ithal ettiği doğal gaz için spot LNG, boru hattı ile ithal edilen doğal gazdan %25 oranında daha yüksek fiyatlarda olmuştur. Özel gaz ithalatçıları ile BOTAS, LNG fiyatlandırılması noktasında ucuz fiyatlı alım yaparak, gelecek adına gaz arzını sağlamayı öngörmektedir. İki yeni boru hattı olan TANAP ve TürkStream doğal gaz boru hattı ile Türkiye, gelecekte çeşitli yeni kaynaklardan fazladan gaz ithal etmek ve gazı tekrar ihraç etmek amacıyla yedek kapasiteye sahip olacaktır. Rusya Federasyonu ile yapılacak ithalat anlaşmalarında gelecekte bu hedeflerin gerçekleşmesine bağlı olacaktır. (Rzayeva, 2018).

Küresel anlamda doğal gazın tüketimi sayısal anlamda incelendiğinde, 1970'li yıllardan itibaren gerek elektrik enerjisi üretiminde gerekse de birincil enerji kaynağı olarak kullanılması noktasında doğal gazın oranının sürekli bir artış eğiliminde olduğu

gözlenmektedir. Bu konuda yapılan çalışma ve projeksiyonlar sonucunda, doğal gaz tüketimindeki artışın önümüzdeki 20 yıllık sürede de devam edeceği öngörülmüştür. Türkiye'de doğal gaz tüketimindeki artış 1980'li yılların son çeyreğinde başlamış ve günümüze kadar artarak devam etmiştir. Bu kapsamda 2023 yılına gelindiğinde doğal gaz arzının 70 milyar m³ olacağı veriler sonucunda tahmin edilmiştir (Engin, 2014).

Türkiye için doğal gaz kullanımındaki artış ekonomik faktörlere bağlanmıştır. Doğal gazın kurulum maliyeti, diğer yakıt türleri olan kömür ve nükleer enerjiye oranla düşük seviyelerde kalmaktadır. Elektrik enerjisi üretimi noktasında çevrim santrallerinin süre olarak kısa olması, planlama ve devreye alınmasının daha kolay olması elektrik enerjisi üretiminde Doğal gaz kombine çevrim santrallerinin tercih edilmesinde önemli bir etken olmuştur (Engin, 2014).

Doğu Akdeniz Bölgesi'nde özellikle Mısır, İsrail ve Kıbrıs gibi ülke açıklarında son yıllarda yapılan araştırmalar sonucunda doğal gaz rezervi bakımından zengin sahalar keşfedilmiştir. Bu ülkelerin yanı sıra Lübnan ve Suriye gibi ülkelerin deniz sınırlarındaki sahalarda da hidrokarbon yataklarının var olabileceği kuvvetli ihtimaller üzerinde durulurken, araştırmalar devam etmektedir. Akdeniz'in doğusundaki Levant havzasındaki Tamar sahası ile Leviathan sahasında 900 milyar m³ doğal gaz rezervi olduğu yapılan araştırmalar sonucunda ortaya konmuştur. Rezerv olan bu doğal gaz miktarının 2017 yılı Türkiye de tüketilen doğal gaz miktarı göz önünde bulundurulduğunda yaklaşık 20 yıl yetebileceği öngörülmüştür (Karagöl, 2017).

Doğu Akdeniz Bölgesi'nde Kıbrıs adası açıklarında Afrodit sahasında yaklaşık olarak 84-254 milyar m³ doğal gaz rezervinin olduğu bulunmuştur. Bu doğal gaz rezervinin Avrupa'nın 100 yıllık enerji arzını sağlayabileceği düşünülmektedir. Bölgedeki doğal gaz rezervinin tespit edildiği bir başka alan Mısır açıklarındaki Nil havzası sınırları içerisinde bulunan Zohr sahasıdır. Bu bölgede yaklaşık 850 milyar m³ doğal gaz rezervi bulunmuştur. Rezerv olan bu doğal gaz miktarının 2017 yılı Türkiye de tüketilen doğal gaz miktarı göz önünde bulundurulduğunda yaklaşık 18 yıl yetebileceği öngörülmüştür (Basar, 2015).

Uluslararası Enerji Ajansı, iklimlerdeki farklılıklar değişken veya sabit olsa küresel alanda elektrik üretiminde ki doğal gaz kullanımının artacağını öngörmüştür. Yeni

dönem enerji talebi olarak, 2010-2035 yılları arasında elektrik enerjisi üretiminde kullanılacak doğal gazın yıllık bazda %1.6 artış yaşanacağı belirtilmiştir. Bu oran sanayide %1.9, ısınma alanında ise %1.3 olarak beklenmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı verileri, dünya genelinde farklı bölgelerde tüketilen doğal gazın talep tahminlerinde bulunmuştur. ABD, AB, Japonya ve Türkiye gibi ülkelerin yıllık bazda toplam gaz talepleri 2010-2035 yılları arasını kapsayacak şekilde % 0.8 oranında artacağı öngörüsünde bulunmuştur. Hindistan, Brezilya ve Çin gibi ülkeler ise yıl bazında toplamda %2.3 oranında artması öngörülmüştür (T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 2013).



KAYNAKLAR

- Ağdaş, D., U. (2015) "Türkiye Doğal Gaz İthalatının İncelenmesi ve Sorunlarının Sayısallaştırılmış Swot Analizi ile İrdelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü**, İstanbul, 13, 28-30.
- Ataş, Ş. (2005) "Doğal Gazın Özellikleri, Kullanım Alanları, Çevre ve Ekonomik Yönden İncelenmesi". Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 1-2, 7-8, 8-10, 10-12.
- Basar, B. (2015) " Doğu Akdeniz Doğal Gazının Türkiye - İsrail Etkileşimi Bağlamında Oyun Teorisi ile Analizi", Yüksek Lisans Tezi, **Stratejik Araştırmalar Enstitüsü**, İstanbul
- B&W SPIG. "Dry Cooling Systems",
<https://www.babcock.com/spig/spig-cooling-tower-projects>,
erişim tarihi: 11.06.2019
- Başaran, T. (2017), "Türkiye'de Termik Santraller 2017", **TMMOB 978-605-01-1018-0, Ankara**, 81-89,185-194.
- BOTAŞ. "Ana İletim Hatları",
<https://www.botas.gov.tr/Sayfa/ana-iletim-hatlari/29>,
Erişim tarihi: 06.06.2019.
- BOTAŞ. "Depolama",
<https://www.botas.gov.tr/Sayfa/depolama/19>,
Erişim tarihi: 10.06.2019
- BOTAŞ. "Tuz Gölü Depolama Kapasitemizi Artırıyoruz",
<https://www.botas.gov.tr/Icerik/tuz-golu-depolama-kapasitemizi/39>,
Erişim tarihi: 08.06.2019.
- BOTAŞ. "Tuz Gölü Doğal Gaz Yeraltı Depolama Projesi",
<https://www.botas.gov.tr/Sayfa/tuz-golu-dogal-gaz-yer-alti-de/115>,
Erişim tarihi: 08.06.2019.
- Çelikkantar, D. (2015) "Risk Management For The Occupational Health and Safety and The Risk Assessment Of The Combine Cycle Power Plant", Master's Thesis, **Fatih University The Graduate School of Sciences and Engineering**, İstanbul, 20-21,23-24,25-26.
- Çınar Mühendislik Müşavirlik A.Ş. "Treyler Mobil Elektrik Santralleri Projesi",
<http://cinarmuhendislik.com/yeni/tr/treyler-mobil-elektrik-santralleri-projesi/>,
Erişim tarihi: 10.06.2019
- Doğal Gaz Piyasası Kanunu. (2001). T.C. Resmi Gazete (4646).

- EGEGAZ. "EgeGaz Aliğa LNG Terminali",
<http://www.egegaz.com.tr/tr/terminal.aspx>,
Erişim tarihi: 11.06.2019
- Ekolojist. "Hidroelektrik Santraller Nasıl çalışır?",
<http://ekolojist.net/hidroelektrik-santraller-hes-nasil-calisir/>,
Erişim tarihi: 13.05.2019
- Electricity Generation Co. "Annual Report 2018", <http://www.euas.gov.tr/Duyuru%20Belge%20Kitap/a/E%c3%9cA%c5%9e%202018%20Y%c4%b1l%c4%b1k%20Faaliyet%20Raporu.pdf>, Son erişim tarihi: 19.06.2019
- Elektrik Port. "Dalga Enerjisi Yenilenebilir Enerji Kaynakları",
<https://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/dalga-enerjisi-yenilenebilir-enerji-kaynaklari/8159#ad-image-0>,
Erişim tarihi: 15.06.2019
- Elektrik Sözlük. "Güneş Enerji Santralleri",
<https://elektriksozluk.com/gunes-enerji-santralleri/>,
Erişim tarihi: 04.06.2019
- Elhanan, A., E., M., E. (2006) "Cogeneration of Electricity and Cooling by Gaz Turbines", Ph.D. Thesis, *İstanbul Technical University İnstitute of Science and Technology*, İstanbul, 1-2.
- Enerji Atlası. "Türkiye Elektrik Tüketimi",
<https://www.enerjiatlası.com/elektrik-tuketimi/>,
Erişim tarihi: 03.06.2019
- Enerji Atlası. "Türkiye Elektrik Üretimi",
<https://www.enerjiatlası.com/elektrik-uretimi/>,
Erişim tarihi: 06.06.2019
- Enerji İşleri Genel Müdürlüğü. "Rüzgar RES (Türkiye RES Tesis Bilgileri)",
<http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar.aspx>,
Erişim tarihi: 12.06.2019
- Enerji Portalı. "Güneş Enerjisi Santrali 2017-2018 Maliyetler ve Öngörüler",
<https://www.enerjiportali.com/gunes-enerji-santrali-2017-2018-maliyetler-ongoruler/>, Erişim tarihi: 02.06.2019
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. "Güneş",
<https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Gunes>,
Erişim tarihi: 02.06.2019
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. "Hidrolik",
<https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Hidrolik>,
Erişim tarihi: 11.06.2019

- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. "Jeotermal Enerji", <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Jeotermal>, Erişim tarihi: 10.06.2019
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. "Nükleer Enerji", <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Nukleer-Enerji>, Erişim tarihi: 09.06.2019
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. "Rüzgar", <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ruzgar>, Erişim tarihi: 12.05.2019
- Enerji ve Tesisat. "Ortadoğu Enerji, Kemerburgaz Odayeri Çözp Gazından Elektrik Enerjisi Üretiyor", <https://www.enerjivetesisat.com/enerji-haberleri/enerji/4395-2015-12-28-20-17-07>, Erişim tarihi: 12.06.2019
- Engin, B. (2014) "Türkiye Doğal Gaz Arz Güvenliği ve Gelecek Projeksiyonu ile İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü*, İstanbul, 87-92.
- Enka POWER. "Gebze Doğal Gaz Kombine Çevrim Santrali 1.540 MW Kurulu Güç", <http://www.enkapower.com/gebze-elektrik-uretim-ltd-sti/>, Erişim tarihi: 11.06.2019
- ENKA. "Bursa Doğal Gaz Kombine Çevrim Santrali", <https://www.enka.com/tr/portfolio-item/bursa-dogal-gaz-kombine-cevrim-santrali/>, Erişim tarihi: 11.06.2019
- Epcom Mühendislik. "Erzin 900MW Doğal Gaz Kombine Çevrim Santrali", <http://epcom.com.tr/tr-TR/projeler/erzin-900mw-dogalgaz-kombine-cevrim-santrali>, Erişim tarihi: 11.06.2019
- EPDK. "2018 Yılı Sektör Raporları", <https://www.epdk.org.tr/Detay/Icerik/5-5847/2018-yillik-sektor-raporlari-yayinlanmistir>, Erişim tarihi: 10.06.2019
- EPDK. "Doğal Gaz Piyasası Yıllık Sektör Raporu Listesi", <https://www.epdk.org.tr/Detay/Icerik/3-0-94/yillik-sektor-raporu>, Erişim tarihi: 15.06.2019
- Erdinç, D. (2013) "LNG Prosesi İncelemesi ve Üç Farklı LNG Depolama ve Gazlaştırma Tesisi İçin Maliyet Analizi Değerlendirmesi", Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü*, İstanbul, 16-21.

- Erkan, A.Ç. (2013) "Enerji Arzı Güvenliği Bakımından Avrupa'nın Rusya Federasyonu'na Bağımlılığı", Yüksek Lisans Tezi, **Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü**, Aydın, 182-193.
- EÜAŞ. "Termik Santraller Kurulu Güç ve Üretimleri ",
<http://www.euas.gov.tr/Sayfalar/Termik-Santraller.aspx?did=22>,
Erişim tarihi: 06.06.2019
- Franza, L., Jong, D.D. and Linde, C.V.D. (2016) "The Future of Gas: The Transition Fuel?", The Future of Natural Gas: Markets and Geopolitics, **Lenthe European Energy Review**, Twente Netherlands, 25-40.
- Gunes, E. F. (2013) "Optimal design of a gaz transmission network: A case study of the Turkish natural gas pipeline network system", Graduate Theses and Dissertations, **Iowa State University Master of Science**, Ames Iowa, 15-18.
- Günaslan, M. (2016) "Doğalgaz Yakıtlı Kombine Çevrim Santralleri ve Türkiye Elektrik Üretimindeki Yeri", Yüksek Lisans Tezi, **Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 60-67.
- Gürol, P. (2019) "Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetimi İçin Kavramsal Model Önerisi: Türkiye Doğal Gaz Sektörü Uygulaması", Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 27-28.
- İsmayilov, S. (2018) "Enerji Güvenliği Bağlamında Türkiye ve Azerbaycan'ın Enerji Politikası", Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü**, Ankara, 8-21.
- Karabay, U. (2014) "İstanbul Boğazında Q-Max LNG Tanker Kazalarının Risk Analizi", Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü**, İstanbul, 53-54.
- Karagöl, E., T. ve Özdemir, B., Z. (2017) "Türkiye'nin Enerji Ticaret Merkezi olmasında Doğu Akdeniz'in Rolü", **SETA Vakfı 9789752459304**, İstanbul, 13-14, 50-51.
- KBT Bilim Sitesi. "Doğal Gaz Kombine Çevrim Santralleri",
<https://www.kuark.org/2015/09/1dogalgaz-kombine-cevrim-santralleri/>,
Erişim tarihi: 04.05.2019
- Kılıç, Ü. (2014) "Türkiye'nin Doğal Gaz Arz Güvenliği ile İlgili Risklerin Belirlenmesi ve Analizi", Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü**, İstanbul, 43-46.
- Konak, A. (2019) "Turkey's Natural Gas Dependency and Requirement of Alternative Energy Sources Production", **International Journal of Afro-Eurasian Research**, 4(7), 201-207.

- Küçükkaya, Elif. "TEİAŞ: Türkiye'nin Yıllık Elektrik Enerjisi Tüketimi 892.253 MWh", <https://www.enerjiportali.com/teias-turkiyenin-yillik-elektrik-enerjisi-tuketimi-892-253-mwh/>, Erişim tarihi: 05.05.2019
- Limak ENERJİ. "Hamitabat Doğal Gaz Kombine Çevrim Santrali",
<http://www.limakenerji.com.tr/faaliyet-alanlari/uretim/hamitabat-dogalgaz-termik-santrali>,
Erişim tarihi: 10.06.2019
- Menteş, N. (2018) "Geleneksel Termik Santrallerin Ana Bileşenlerinin Sistem Bileşen Önem Ölçümlerine Göre Değerlendirilmesi", Doktora Tezi, *İnönü Üniversitesi Sosyal Bilimler Fakültesi*, Malatya, 46-47.
- MMO, (2006), "Türkiye'nin Doğal Gaz Temin ve Tüketim Politikalarının Değerlendirilmesi Raporu" MMO, Ankara, Yayın No: MMO/2006/408
- Özen, E. (2018) "Türkiye'nin Enerji Görünümü 2018", *MMO 978-605-01-1198-9, Ankara*, 190-192.
- Rks Mühendislik. "Jeotermal Isıtma Sistemleri",
<http://www.rksmuhendislik.com/hvac/plakali-isi-esanjorleri/>,
Erişim tarihi: 10.06.2019
- Rzayeva, G. (2018) "Gas Supply Changes in Turkey",
<https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2018/01/Gas-Supply-Changes-in-Turkey-Insight-24.pdf?v=ebe021079e5a>
Erişim tarihi: 12.07.2019.
- SOUTH FRONT. "A Network of Power: Gaz Pipelines of The European Continent",
<https://southfront.org/network-of-power/>, Erişim tarihi: 16.06.2019
- Şen, G. (2018) "Doğal Gaz Kombine Çevrim Santralinde Performans Analizi ", Yüksek Lisans Tezi, *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Manisa, 5-21.
- T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu. "2012 Yıllık Doğal Gaz Piyasası Sektör Raporu", <https://www.epdk.org.tr/Detay/Icerik/3-0-94/yillik-sektor-raporu>, Erişim tarihi: 03.05.2019.
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. "Doğal Gaz Boru Hatları ve Projeleri",
<https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Dogal-Gaz-Boru-Hatlari-ve-Projeleri>,
Erişim tarihi: 10.06.2019.
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. "Elektrik",
<https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Elektrik>,
Erişim tarihi: 12.06.2019.

- TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası. "Kaynaklara ve Kuruluşlara Göre Kurulu Güç", http://www.emo.org.tr/ekler/f5959441c3f5942_ek.pdf?tipi=41&turu=X&sube=0, Erişim tarihi: 18.06.2019
- TPAO. "Küresel Doğal Gaz Sektörü", http://www.tpao.gov.tr/tp5/docs/rapor/ sektor_rapor_2018.pdf, Erişim tarihi: 08.06.2019
- Uluatam, E. (2010) "Avrupa Doğal Gaz Piyasasında Yeni Dengeler", **Ekonomik Forum Dergisi**, 62-67.
- Ünlüuysal, F. (2010) "İstanbul Avrupa Yakası Doğal Gaz Dağıtım Şebekesinin En Yüksek Debide Çekişlerde TPAO Trakya Doğal Gaz Depolarından Beslenmesinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, 5-16.
- Wonders of Engineering. "Langeled Pipeline-Norway to Britain", <http://wondersofengineering.blogspot.com/2015/04/langeled-pipeline-norway-to-britain.html>, Erişim adresi: 13.06.2019
- WORLD ENERGY COUNCIL. "Türkiye Enerji Piyasaları Araştırma Raporu", <https://www.dunyaenerji.org.tr/wp-content/uploads/2018/07/TEPG1.pdf>, Erişim tarihi: 14.06.2019
- Yardımcı, O. (2011) "Türkiye Doğal Gaz Piyasası: Geçmiş 25 Yıl, Gelecek 25 Yıl", **Ekonomi Bilimleri Dergisi**, 3(2), 164-166.
- Yeni Elektrik Üretim A.Ş. "Yeni Elektrik 865 MW Doğal Gaz Kombine Çevrim Santrali", <http://www.yenielektrik.com.tr/santral.asp>, Erişim adresi: 12.06.2019
- Yılmaz, A., Ünvar, S., Koca, T. ve Koçer, A. (2018) "Türkiye'de Biyogaz Üretimi ve Biyogaz Üretimi İstatistik Bilgileri", **Enerji ve Çevre Dünyası Dergisi**, 143, 30-32.
- Zaim, A. ve Çavşi, H. (2018) "Türkiye'deki Jeotermal Enerji Santrallerinin Durumu", **Mühendis ve Makina Dergisi**, 59 (691), 51-52.

ÖZGEÇMİŞ

1987 yılında Adana’da doğdu. Liseye kadar olan eğitimi Adana’da tamamladıktan sonra Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümünü kazandı. Lisans bitirme tezinde, Yüksek Hızlı Tren Teknolojisi Maglev projesini tamamladı. 2011 Haziran’da Lisans öğreniminden mezun oldu.

2014 Şubat’ta Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans eğitimine başladı. 2013 Nisan’dan itibaren bir devlet kurumunda Elektrik Elektronik Mühendisi olarak görev yapmaktadır.

