

DOĞAL GAZIN ÖZELLİKLERİ, KULLANIM ALANLARI, ÇEVRE VE EKONOMİK YÖNDEN İNCELENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Şafak ATAŞ

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Ekim 2005

ÖZET

Bu çalışmada, doğal gazın özellikleri, depolama teknikleri, diğer yakıtlarla karşılaştırılması ve enerji kaynakları arasındaki yeri hakkında araştırmalar yapılmıştır. Araştırmalar sonucunda doğal gazın depolanmasına duyulan ihtiyaç ve bunun sonucunda elde edilecek ekonomik kazançtan bahsedilmiştir. Ayrıca doğal gazın diğer yakıtlarla karşılaştırıldığında daha verimli ve çevreci bir yakıt olduğu sonucuna varılmıştır. Doğal gazın sadece ısıtma alanında değil soğutma ve elektrik üretiminde de başarı ile kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

**Bilim Kodu :
Anahtar Kelimeler : Doğal Gaz, Sıvılaştırılmış Doğal Gaz(LNG), Depolama
Sayfa Adedi : 81
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Hikmet DOĞAN**

**PROPERTIES, USAGE AREAS, ENVIROMENTAL AND ECONOMIC
ASSESMENT OF NATURAL GAS**

(M. Sc. Thesis)

Şafak ATAŞ

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE END TECHNOLOGY**

October 2005

ABSTRACT

In this study, specifications of natural gas, storage techniques, comparison of natural gas with other fuels and its place in energy were investigated. In the end of the study, need for storing natural gas and economical benefits of storing natural gas are mentioned. Besides it is concluded that natural gas is more efficient, and more environment-friendly relative to other fuels. It was also concluded that natural gas cannot only be used in heating but also in cooling and producing electricity successfully.

**Science Code :
Key Words : Natural gas, Liquefied Natural Gas (LNG), Storage
Page Number : 81
Adviser : Prof. Dr. Hikmet DOĞAN**

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım süresince yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren değerli hocam Prof. Dr. Hikmet DOĞAN' a, ilgi ve desteği ile bana her zaman yardımcı olan değerli hocam Öğr. Gör. Dr. Tayfun MENLİK'e, yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Mustafa AKTAŞ hocama, araştırmalarım sırasında bana yardımcı olan arkadaşlarım Ümit AÇIKGÜL , Murat KORKMAZ ve Arş. Gör. M. Bahadır ÖZDEMİR' e ve emeği geçen herkese teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xi
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	3
3. DOĞAL GAZIN TANIMI VE TARİHÇESİ.....	5
4. DOĞAL GAZIN ÖZELLİKLERİ.....	7
4.1. Doğal Gazın Kimyasal Özellikleri	8
4.2. Doğal Gazın Fiziksel Özellikleri.....	9
4.2.1. Doğal gazın üst ısı değeri.....	9
4.2.2. Doğal gazın alt ısı değeri	9
4.2.3. Doğal gazın yoğunluğu	9
4.2.4. Teorik yanma havası	9
4.2.5 Gerçek yanma havası	10
4.2.6 Duman gazları	10
5. ÇEVRESEL ETKİLERİ AÇISINDAN DOĞAL GAZ	11
5.1. NO _x Emisyonları	12
5.1.1. Doğal gaz yanmalarında NO _x oluşumu	12

	Sayfa
5.2. Kükürtoksit (SO _x) Emisyonları	13
5.2.1. Kükürtoksitler ve hava kirliliği	13
5.3. Karbonmonoksit (CO) Emisyonları	14
5.3.1. CO emisyonlarının insan sağlığına etkisi.....	14
5.4. Sera Etkisi ve Küresel Isınma	15
6. GAZLARIN SINIFLANDIRILMASI	17
6.1. Gaz Aileleri	17
7. DOĞAL GAZIN KULLANIM ALANLARI	20
7.1. Isıtma Sistemlerinde Doğal Gaz Kullanımı	20
7.1.1. Kombiler	21
7.1.2. Doğal gazlı kat kaloriferleri	23
7.1.3. Doğal gaz sobaları.....	23
7.1.4. Doğal gazlı sıcak su hazırlama.....	24
7.1.5. Doğal gazlı pişirme	25
7.1.6. Doğal gazlı merkezi ısıtma	25
7.2. Soğutma Sistemlerinde Doğal Gaz Kullanımı	30
7.2.1. Doğal gazlı soğutma nedir?.....	30
7.2.2. Absorbsiyonlu soğutma sistemi	30
7.2.3. Doğal gaz'lı soğutmanın tercih sebepleri.....	33
7.2.4. Doğal gazlı soğutmanın yaygınlaştırılması için yapılması gerekenler	35
7.2.5. Doğal gazlı soğutmanın avantajları.....	37
8. DOĞAL GAZIN ENERJİ KAYNAKLARI İÇİNDEKİ YERİ	39
8.1. Türkiye’de Doğal Gazın Birincil Enerji Tüketimindeki Yeri	39

	Sayfa
8.2. Türkiye’de Elektrik Üretiminde Doğal Gazın Rolü.....	40
9. DOĞAL GAZIN DEPOLANMASI.....	41
9.1. LNG (Sıvılaştırılmış Doğal Gaz)	42
9.1.1. LNG’nin depolanması.....	43
9.1.2. LNG’nin taşınması	52
9.2. Doğal Gazın Yer Altında Depolanması ve Türkiye’deki Yeraltı Depolama Projeleri	52
9.2.1. Su tabakalarında depolama	52
9.2.3. Yer altı doğal gaz depolama projesi.....	58
10. TÜRKİYEDE VE DÜNYADA DOĞAL GAZ.....	61
10.1. Türkiye’nin Doğal Gaz Potansiyeli.....	61
10.1.1. Türkiye’deki doğal gaz rezervleri, tüketimi ve muhtemel gelişmeler	62
10.1.2. Mevcut doğal gaz sisteminin modifikasyonu ve geliştirilmesi projeleri	65
10.2. Dünya Doğal Gaz Rezervleri, Tüketimi ve Muhtemel Gelişmeler.....	67
10.2.1. Kuzey Amerika	70
10.2.2. Batı Avrupa	71
10.2.3. Doğu Avrupa, Rusya ve Eski Sovyet Cumhuriyetleri	72
10.2.4. Orta ve Güney Amerika	73
10.2.5. Asya	74
10.2.6. Ortadoğu.....	75
10.2.7. Afrika	75
11. SONUÇ VE ÖNERİLER	78

	Sayfa
KAYNAKLAR	79
ÖZGEÇMİŞ	81

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Dünya'daki doğal gaz rezervleri	6
Çizelge 3.2. Gelecek 20 yıl içinde dünya doğal gaz tüketim miktarları tahmini	6
Çizelge 4.1. Doğal gazın kimyasal bileşimi	8
Çizelge 6.1. Yakacak gazların sınıflandırılması	17
Çizelge 6.2. Yakacak gazların gruplandırılması	18
Çizelge 6.3. Propan, bütan ve karışımlarının özellikleri	19
Çizelge 8.1. Doğal gazın birincil enerji tüketimi içindeki payı.....	38
Çizelge 10.1. Türkiye doğalgaz potansiyeli.....	60
Çizelge 10.2. Ülkeler itibariyle doğal gaz rezervleri.....	68
Çizelge 10.3. Belli başlı ülkeler itibariyle doğal gaz üretimi, tüketimi, ihracatı ve ithalatı(1998).....	76

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 7.1. Kombi kesiti ve bölümleri.....	20
Şekil 7.2. Yanma havasının dış duvar üzerinden alındığı ve baca gazının fan ile dışa atıldığı iç içe borulu bacalı fanlı kombi.....	21
Şekil 7.3. Yanma havası ile baca gazını dış duvar üzerinden alınıp verildiği iç içe borulu hermetik doğal gaz sobası.....	23
Şekil 7.4. Dökme demir dilimli, üç yollu doğal gaz kazanı.....	26
Şekil 7.5. Dökme dilimli doğal gaz kazanı.....	26
Şekil 7.6. Yoğuşma önlemlili çelik doğal gaz kazanı.....	27
Şekil 9.1. Betondan yapılan LNG depolama tankı kesiti.....	43
Şekil 9.2. Çift duvarlı metalik konstrüksiyonlu LNG depolama tankı kesiti.....	47
Şekil 9.3. Yer altı gaz depolarının türleri.....	56
Şekil 10.1. 2003 yılı doğal gaz üretiminin bölgelere göre dağılımı.....	61

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 9.1. Betondan yapılan LNG depolama tankı.....	46
Resim 9.2. Betondan yapılan LNG depolama tankı.....	46
Resim 9.3. Çift duvarlı metalik konstrüksiyonlu LNG depolama tankı.....	50
Resim 9.4. Çift duvarlı metalik konstrüksiyonlu LNG depolama tankı.....	50
Resim 9.5. LNG'nin taşınması.....	51
Resim 9.6. Kaya tabakaları arasındaki su hacimleri.....	52
Resim 9.7. Sondaj tesisatı kesit resmi.....	53

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış olan bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklaması
A_a	Alt havalandırma
$A_{\bar{u}}$	Üst havalandırma
F_b	Baca kesiti
h	Yükseklik
H	Isıl değer
HFK	Hava fazlalık katsayısı
$H_{\bar{u}}$	Üst ısı değer
H_a	Alt ısı değer
Q_k	Kazan gücü
Q_{br}	Brülör gücü
P	Basınç
$V_{kuru_{min}}$	Birim hacimdeki yakıta göre teoride çıkması gereken yanma ürünlerinin kuru bazdaki toplam hacmi
$\dot{V}_{a_{min}}$	Birim hacimdeki yakıta göre stokiometrik oranda gereken hava miktarı
$\dot{V}_k$	Kazan debisi
W	Gazın borudaki hızı
λ	Kullanılan gerçek yakma havası miktarının, teorik yakma havası miktarına oranı

Kısaltmalar Açıklaması

A.G.D.A.Ş.	Adapazarı Gaz Dağıtım Anonim Şirketi
B.O.T.A.Ş.	Boru Hatları ile Petrol Taşıma Anonim Şirketi
İ.G.D.A.Ş.	İstanbul Gaz Dağıtım Anonim Şirketi
İ.B.Ş.B.	İstanbul Büyükşehir Belediyesi
K.V.S.	Kısa Vadeli Sınır Değer
O.S.B.	Organize Sanayi Bölgesi
U.V.S.	Uzun Vadeli Sınır Değer

1. GİRİŞ

İnsanlığın en önemli ve vazgeçilmez ihtiyaçlarından biri enerjidir. Bugün kişi başına düşen enerji tüketimi kalkınmanın bir ölçütü olarak kullanılmaktadır. Petrol, kömür ve doğal gaz fosil yakıt denilince akla gelen ilk enerji kaynaklarıdır. Dünyanın bugünkü birincil enerji tüketiminde petrol %40'lık pay ile ilk sırayı alırken, doğal gaz %23 ile %28'lik payı olan kömürün ardından gelmektedir(1).

Özellikle son yıllarda fosil yakıtların yanması ile oluşan atık gazların çevresel etkileri çok büyük bir önem kazanmıştır. Fosil yakıtların yanması ile oluşan gazlar ve tozlar, asit yağmuru, çürütme, sera etkisi ve atık ısı etkisi gibi olumsuz çevresel etkiler oluşturmaktadır. Dünyada insan ve çevre sağlığı açısından yaşanan bir takım olaylar çevresel duyarlılığın artmasına neden olmuştur. Yanma neticesinde oluşan kimyasal bileşikler, karbonoksitler (CO_x), azotoksitler (NO_x), kükürtoksitler (SO_x), su buharı (H_2O) ve hidrokarbonlar v.b. gibi bileşiklerdir. Bu yanma ürünlerinin hepsi, dünyanın global ısınmasıyla ilgili olarak sera etkisi meydana getirmektedirler. Kükürtoksitler ve azotoksitler asit yağmurları oluşumuna sebebiyet verirken, ayrıca azotoksitler foto kimyasal sis oluşturmaktadır. Doğal gaz diğer fosil yakıtlarla karşılaştırıldığında daha çevreci ve verimli bir yakıt olduğu ortaya çıkmaktadır(2).

Dünyamızın ekonomik ve politik geleceğine damgasını vuran petrol ve doğal gaz, alternatif enerji kaynaklarının aranması ve geliştirilmesi konusunda yapılan tüm çabalara karşın, bilimsel tahminlere göre önemini büyük ölçüde 2000'li yıllarda da sürdürecektir. 1940'lı yıllardan itibaren, dünya doğal gaz rezervleri yaklaşık olarak 138,3 trilyon metreküptür. Bugünkü üretimle yeni rezervler bulunmaz ise doğal gaz rezervleri 65 yıllık ihtiyacı karşılayacaktır. Yeni teknolojik gelişmelerle bu rezervlere yenilerinin katılacağı bu nedenle de petrol ve doğal gazın uzun yıllar dünya gündeminde kalacağı yadsınamaz bir gerçektir(1).

Türkiye, dünya petrol ve doğal rezervlerinin %70'inden fazlasını elinde tutan Orta Doğu, Rusya ve Türk Cumhuriyetleri'nin komşusu durumundadır. Sovyetler birliğinin dağılması ile birlikte, uluslar arası petrol şirketlerinin bu bölgeye kaymaları

gözenmektedir. Bu gelişmeler ışığında, Türkiye'nin uzun vadeli petrol ve doğal gaz politikalarının yeniden ele alınmasında büyük yararı bulunmaktadır.

Birincil enerji kaynakları yeterli düzeyde olmayan ülkemizde, ithal enerji oranı giderek büyümektedir. Birincil enerji tüketiminde doğal gazın payı yıllara göre 1987 yılında %1,4, 1990 yılında %5,8, 1995 yılında %9,7 olarak gerçekleşmiştir. Bu doğrultuda doğal gazın birincil enerji içerisindeki payının gelecek yıllarda daha da büyümesi beklenmektedir. Bu büyümenin hangi noktaya kadar ulaşması gerektiğinin ülkenin gelecekteki, ekonomik, siyasi ve alt yapı durumu göze alınarak tekrar gözden geçirilmesi ve şimdiden belirtilmesi gerekmektedir(1).

Bu çalışmada , Türkiye’de 1987 yılından itibaren kullanılmaya başlanan “doğal gaz” enerji kaynağının çeşitli yönleri (dünya rezervleri, depolama teknikleri, Türkiye’deki uygulamaları, ısı ekonomisi bakımından diğer yakıtlarla karşılaştırılması, soğutma ve elektrik üretiminde kullanımından sağlanabilecek faydalar) incelenmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Selalmaz, 1997 yılında doğal gazlı ısıtma sistemleri ile diğer ısıtma sistemlerinin karşılaştırılmalı analizi ve doğal gaz uygulama projeleri ile ilgili yaptığı araştırmada; ısıtma sistemlerinde yakıt olarak doğal gaz kullanıldığında diğer yakıtlara göre bir çok üstünlükler sağladığı (yüksek ısı verim, hava kirletecek unsurların az olması, taşıma ve depolama problemlerinin ortadan kaldırılması gibi), baca konstrüksiyonunun yakıtın cinsine bağlı olduğu ve doğal gaz kullanıldığında su buharının korozyon etkisi olduğu, doğal gaz tesisatında kullanılan bütün malzemelerin standartlara uygun olması gerektiği, kazan dairelerinde yeterli havalandırmanın sağlanmasının sistemin verimi açısından çok önemli olduğu sonucuna varmıştır(3).

Ceyhan, 1998 yılında LNG depolama sisteminin teknik ve ekonomik analizini araştırmış ve araştırmaları sonucunda; LNG tesisleri doğal gazın 600 kat küçültülerek çok büyük hacimlerin tanklarda depolana bilmesinin sağlandığı, günümüzdeki en geçerli usulün sıvılaştırılarak depolanması olduğu ve bu şekilde yıl içerisinde pik çekişlerden kaynaklanan gaz ihtiyacının LNG tesisleri sayesinde karşılanabileceği sonucuna varmıştır(4).

Çengel, 1999 yılında doğal gazın depolanması ile ilgili araştırmalar yapmış ve bu araştırmada; doğal gaz üretim sahalarının yeterince bulunmamasına rağmen büyük ölçüde gaz tüketicisi konumunda bulunan ülkemizde doğal gazın gerek sıvılaştırılarak gerek yer altında depolanmasının gerçekleştirilmesinin zorunlu olduğu sonucuna varmıştır(5).

Durgut, 2000 yılında doğal gazın sıvılaştırılması ve ekonomik etüdü hakkında araştırmalar yapmıştır. Araştırmacı oldukça maliyetli olan sıvılaştırma işleminin devreye girmesinden dolayı LNG kullanımının pahalı olduğuna, doğal gazın boru hatlarıyla taşınmasının kuruluş masrafları yüksek görülse de uzun vadede deniz yoluyla taşınan LNG' den daha ekonomik olduğu sonucuna varmıştır(6).

Karabay, 2002 yılında araçlarda doğal gaz kullanımı konulu yaptığı araştırmada; araçlarda doğal gaz kullanımı konusunda eski ya da yeni bu konuda çalışan tüm ülkelerin hemen bir standart oluşturmasının gerekli olduğu sonucuna ulaşmıştır(7).

Yalvaç, 2002 yılında katı ve sıvı yakıtlı kazanların doğal gaz yakıtlı kazanlara dönüşümünü ve termodinamik analizini araştırmıştır. Yalvaç çalışmaları ve araştırmaları sonucunda katı yakıtlı kazanların yapısal özelliklerinin dönüşüm için pek de uygun olmadığı sonucuna varmıştır. Sıvı yakıtlı kazanlarda ise dönüşümün belirli koşullarda mümkün olabileceği sonucuna varmıştır(8).

3. DOĞAL GAZIN TANIMI VE TARİHÇESİ

Kömür, Petrol ve Doğal Gaz gibi fosil yakacaklar, milyonlarca yıl önce hayvan ve bitki artıklarının toprak altında kalarak basınç ve ısı altında değişikliğe uğrayıp bugünkü durumlarına gelmeleriyle oluşmuş enerji kaynaklarıdır(9).

Doğal gaz çok eskilerden beri bilinen bir enerji kaynağıdır. Bundan 3000 yıl kadar önce, Çin’de tuz üretiminde enerji kaynağı olarak doğal gaz kullanıldığı bilinmektedir. Ayrıca M.Ö. 50’de Roma’da Uesta Tapınağı’ndaki aşk tanrıçası heykelinin doğal gazdan elde edilen alev ile sürekli aydınlatıldığı bilinmektedir. M.S.150’de Çin Sichuan’da tuzun çökertilmesi işleminde, yakıt olarak kullanılmak için yer altı rezervuarlarından sızan doğal gazın bambu borularla taşındığı kayıtlara geçmiştir. Marco Polo gezileri sırasında Bakü’deki Zoroastrin ateş tapınağında yüzyıllardan beri yanmakta olan doğalgaz alevlerini tespit etmişti(10).

Doğal gaz ilk olarak modern üretim ve tüketim tekniklerine A.B.D.’de rastlanılmaktadır. 19.Yüzyıl sonlarında derin olamayan ve yer yüzüne yakın mesafelerdeki kaynaklarından elde edilen doğal gaz borularla üretim yerlerine taşınarak şehir aydınlatılmasında kullanılmıştır. Sonra da ilk endüstriyel tesislerde kullanımı, tuz imalatında olmuştur. Daha sonrada evlerde geniş kapsamlı olarak ocaklarda, fırınlarda, ısıtma ve sıcak su hazırlama amaçlarıyla kullanılmıştır(9).

Doğal gaza genellikle sıradağ yamaçlarında ya petrol yatakları ile birlikte ya da serbest olarak rastlanılmaktadır. Bugün dünyadaki doğalgaz rezervlerinin 100 trilyon m³ olduğu tahmin edilmektedir. Bu miktarın ülkelere göre dağılımı da şöyledir: Eski SSCB %43, İRAN %13, ABD %5,6, KATAR %4,2, CEZAYİR %2, HOLLANDA ve NORVEÇ %1.

Çizelge 3.1.’de dünyadaki doğal gaz rezervleri üretim ve tüketiminin bölgelere göre dağılımı gösterilmiştir(10).

Çizelge 3.1. Dünyadaki doğal gaz rezervleri

Dünya Doğal Gaz Rezervleri, Üretimi Ve Tüketiminin Bölgelere Göre Dağılımı (milyar m ³)							
	Amerika	Eski S. Birliği	Avrupa	Asya Pasifik	Orta Doğu	Afrika	TOPLAM
Rezerv (trilyon m³)	13,62	56,70	5,15	10,28	49,52	11,16	146,43
Üretim (milyar m³)	835,5	656,2	282,2	254,8	187,2	113,7	2329,6
Tüketim (milyar m³)	817	536,2	443,9	268,2	175,3	52	2292,6

Gelecek 20 yıl içinde dünya doğal gaz tüketim miktarları Çizelge 3.2.'deki gibi tahmin edilmektedir(10).

Çizelge 3.2. Gelecek 20 yıl içinde dünya doğal gaz tüketim miktarları tahmini

Dünya Doğal Gaz Tüketiminin Bölgelere Göre Oransal Dağılımı (milyar m ³)				
	2005	2010	2015	2020
Kuzey Amerika	814,8	910	1002,4	1061,2
Güney ve Orta Amerika	159,6	238	294	428,4
Avrupa	621,6	739,2	862,4	1010,8
Eski Sovyetler Birliği	627,2	705,6	764,4	896
Orta Doğu	226,8	254,8	268,8	308
Afrika	64,4	67,2	70	78,4
Asya Pasifik	406	534,8	660,8	882
TOPLAM	2920,4	3449,6	3922,8	4664,8

Türkiye'de şimdiye kadar büyük doğalgaz rezervlerine rastlanılmamıştır. 14 milyar m³ olduğu tahmin edilen Trakya'daki doğalgaz rezervlerinden yılda 400-500 milyon m³ üretim gerçekleştirilerek Hamitabat doğal gazlı elektrik üretme santralında kullanılmaktadır. Ayrıca Mardin'de yaklaşık 1 milyar m³ bir doğal gaz rezervi mevcuttur(9).

4. DOĞAL GAZIN ÖZELLİKLERİ

Doğal gazın temiz bir yakıt olması, kazan bakım ve işletmesi açısından önemli bir avantaj sağlar. Fueloil veya kömür yakılması halinde kalorifer kazanı ısıtma yüzeyleri üzerinde biriken kül ve kurum tabakası hem yüzeyleri aşındırır hem de ısı geçişini engelleyerek kazan verimini düşürür. Bu yüzden kazan boruları haftada en az bir kere temizlenmek zorundadır. Halbuki doğal gaz kullanımında böyle bir sorun yoktur(11).

Doğal gaz kullanılması halinde yakıt hazırlama ve kül atma işlemlerine gerek kalmaz. Hem fueloil, hem de kömür depolanmak zorundadır. Bu nedenle kazan dairelerinde yakıt tankı veya kömürlük hacimleri oluşturulmaktadır. Halbuki doğal gazda buna gerek yoktur. Yakıt doğrudan şebekeden kazana boru ile bağlanmaktadır. Özellikle yakıt depolama zorunluluğu dolayısı ile katı ve sıvı yakıtlarda kazan dairesi bodruma yapıldığı halde, doğal gaz için kazan daireleri çatı katında oluşturulabilir. Böylece değerli inşaat alanlarından önemli ölçüde tasarruf yapılabilir. Yakılmadan önce fueloil ısıtılmak, filtrelenmek ve basınçlandırılmak zorundadır. Kömür ise kırılmak, taşınmak ve kurutulmak gibi işlemlere gerek gösterir.

Doğal gaz yakıcıları tamamen otomatik kontrolle, insana gerek duymadan ve emniyetli bir şekilde çalışırlar. Devreye çabuk girip, devreden çabuk çıkabilirler. Doğal gazlı kazanlarda ısı verim de yüksektir. Bir kazanın ısı veriminin yüksek olması, kazanı terk eden duman gazlarının sıcaklığının düşük olmasına bağlıdır. Fuel oil veya kömür yakılması halinde, daha önce sözü edilen, kükürt oksitlere bağlı asit korozyonu nedeniyle duman sıcaklıkları fazla düşürülmez. Halbuki doğal gazda böyle bir sorun olmadığından daha verimli kazanlar yapmak mümkündür.

Bütün bu temizlik, depolama, yakıt hazırlama ve kül atma maliyetleri göz önüne alınırsa, doğal gaz yakılmasının gerek yatırım, gerekse işletme maliyetlerinde önemli kazançlar sağladığı söylenebilir. Kazan verimlerindeki artışlar da dikkate alındığında doğal gazın diğer yakıtlara göre en az %10 mertebesinde ilave işletme ekonomisi sağladığı söylenebilir(11).

4.1. Doğal Gazın Kimyasal Özellikleri

Doğal gaz esas olarak metan (CH_4) ve daha az oranda etan (C_4H_{10}) ve propan (C_3H_8) gibi hidrokarbonlardan meydana gelir. Ayrıca bileşiminde azot (N_2), karbondioksit (CO_2), hidrojen sülfür (H_2S) ile helyum (He) gazları da bulunabilir. Ancak H_2S zararlı bir bileşen olduğundan, doğal gaz üretim noktasında bu bileşenden temizlenerek boru hattına pompalanır. Doğal gaz renksiz ve kokusuz bir gazdır. Doğal gazın evsel kullanım ve merkezi ısıtma olmak üzere konutlarda iki farklı kullanım alanı vardır. Bu farklı alanlardaki alternatif yakıtlar da farklıdır. Evsel kullanımda alternatifler hava gazı, LPG, ısıtmada ise kömür ve fueloildir(11). Çizelge 4.1.'de doğal gazın kimyasal bileşimi gösterilmiştir(12).

Çizelge 4.1. Doğal gazın kimyasal bileşimi

BİLEŞENLERİ	KİMYASAL FORMÜLÜ	ORANLARI (%)
Metan	CH_4	92
Etan	C_2H_4	5,3
Propan	C_3H_6	1,1
Azot	N_2	0,6
Karbondioksit	CO_2	0,6
Hidrojen Sülfür	H_2S	0,2
Helyum	He	0,2

Doğal gazın içinde bulunan hidrokarbonların ve diğer gaz bileşenlerin oranı, doğal gazın çıkarıldığı kaynağa göre, değişmektedir. İçindeki bileşim yüzdelerinin değişmesi doğal gazın, alt ve üst ısıtma değeri, yoğunluk, hava fazlalık katsayısı ve yanmış gazların miktarı gibi karakteristik özelliklerinin değişmesine sebep olur. Bu yüzden değişik bölgelerden veya kaynaklardan çıkarılan doğal gazın özellikleri farklıdır(9).

4.2. Doğal Gazın Fiziksel Özellikleri

Doğal gazın üst ısı değeri , alt ısı değeri, yoğunluğu, teorik ve gerçek yanma havası ihtiyacı, duman gazı miktarları ve duman gazı bileşenlerinin miktarları, hesaplamalar ve verim açısından bilinmesi gerekli olan fiziksel özellikleridir.

4.2.1. Doğal gazın üst ısı değeri

Bir gazın normal şartlarda hesap edilmiş 1m^3 hacminin tama yanmasıyla, yanmadan önceki ve sonra açığa çıkan ürünlerin 25°C sıcaklıkta bulunmaları ve oluşan su buharının da 25°C sıcaklıkta sıvı fazda olmasına göre açığa çıkan enerjidir(13). Doğal gazın üst ısı değeri $12\,818\text{ kcal/kg'}$ dır.

4.2.2. Doğal gazın alt ısı değeri

Bir gazın normal şartlarda hesap edilmiş 1m^3 hacminin tamamen yanmasıyla, yanmadan önceki ve sonra açığa çıkan ürünlerin 25°C sıcaklıkta bulunmaları ve oluşan su buharının yoğunlaşmadığı hale göre açığa çıkan enerjidir(13). Doğal gazın alt ısı değeri $11\,554\text{ kcal/kg'}$ dır.

4.2.3. Doğal gazın yoğunluğu

Bir gazın yoğunluğu, gazın kütlelerinin belirli şartlardaki hacmine oranıdır. (kg/m^3). Doğal gazın yoğunluğu $0,6\text{-}0,8\text{ kg/m}^3$ arasındadır.

4.2.4. Teorik yanma havası

Bir birim ağırlığındaki veya hacmindeki yakıtın tam olarak yanabilmesi için hava fazlası dikkate alınmadan gerekli olan hava ihtiyacına denir. (Nm^3/kg).

4.2.5 Gerçek yanma havası

Bir birim ağırlığındaki veya hacmindeki yakıtın tam olarak yanmasını temin maksadıyla teorik yanma havasına ilave edilen hava fazlası da dikkate alınarak verilmesi gerekli toplam hava miktarıdır. (Nm^3/kg). Hava fazlalık katsayısı (n) olarak gösterilir.

4.2.6 Duman gazları

Bir birim ağırlığındaki veya hacmindeki yakıtın tam olarak yakılmasından sonra elde edilecek baca gazı miktarıdır. Hava fazlalık katsayısıyla birlikte dikkate alındığında gerçek duman gazlarının miktarı bulunabilir. ($\text{Nm}^3\text{hava}/\text{Nm}^3\text{yakıt}$)(9).

5. ÇEVRESEL ETKİLERİ AÇISINDAN DOĞAL GAZ

Doğal gazın en önemli özelliklerinden birisi; zehirsiz olmasıdır. Doğal gazın solunması halinde zehirleyici ve öldürücü etkisi yoktur. Ancak ortamda çok fazla birikmişse teneffüs edilecek oksijen azaldığından dolayı boğulma tehlikesi vardır. Bu yüzden şehre dağıtmadan önce gaz kokulandırılmaktadır. Böylece ortamda gazın varlığını hissetmek mümkün olmaktadır. Doğal gazın en önemli tehlikesi diğer gaz yakıtlarda da olduğu gibi belirli oranlarda hava ile karışması halinde patlayıcı olmasıdır. Bu nedenle gaz sızıntılarının olmaması, olacak kaçakların hemen belirlenmesi ve gaz sızabilecek yerlerin iyi havalandırılmış olması emniyet açısından çok önemlidir. Doğal gazın diğer önemli bir özelliği de havadan hafif olmasıdır. Dolayısı ile; hava içinde yükselme eğilimindedir. Bu yüzden havalandırma bacalarından ve menfezlerden dışarı kolaylıkla atılabilir. Doğal gazın kuru bir gaz olması nedeniyle bağlantılarda kurumayan sızdırmazlık malzemeleri kullanılmalıdır(11).

Çevreyi kirleten üç ana faktör doğal gaz dumanı içerisinde bulunmamaktadır. Bunlardan birincisi kükürt oksitlerdir. Bu madde duman gazındaki ve havadaki nemle, sülfürik aside dönüşür. Böylece hem kazan borularını, hem de asit yağmurları ile çevreyi aşındırır ve tahrip eder. Ayrıca solunması halinde insanlar için zehirleyici etkisi vardır. İkincisi is ve uçan kül parçacıklarıdır. Özellikle kömür yakılması halinde çevreye yayılan bu katı parçacıklar temizlik ve insan sağlığı açısından son derece zararlıdır. Ayrıca kazan yüzeylerini kaplayarak verimi ve ısı kapasiteyi düşürürler. Üçüncü faktör ise; yanmamış gazlardır. Bunlar içinde özellikle karbonmonoksit belirli dozlara ulaştığında öldürücü etkisi olan son derece zararlı bir maddedir. Her üç zararlı madde de doğal gaz yanma ürünlerinde bulunmamaktadır. Yanma ürünleri içinde bulunan ve çevreye zarar veren bir başka bileşen de azot oksitlerdir (NOx). Azot oksitler fiziksel rahatsızlıklara, gözlerde yanmaya ve yüksek dozda bulunduğu boğulma hissine neden olur. Yanma ürünleri içinde NOx oluşumunun ana nedenlerinden biri yanma sıcaklığının yüksek olmasıdır. Doğal gaz ocak sıcaklıkları yüksek olup, NOx emisyonu da eğer önlem alınmazsa, diğer yakıtlara göre daha az olmakla birlikte yine de önemli mertebededir(11).

5.1. NO_x Emisyonları

5.1.1. Doğal gaz yanmalarında NO_x oluşumu

Doğal gazın yanması sonucu oluşan atık gazlar, çevre koruması açısından ele alındığında, özellikle NO_x emisyonları son yıllarda gittikçe daha çok önem kazanmaktadır(2).

Ekonomik gelişmenin en önemli parametrelerinden olan enerji, toplumun yaşam düzeyinin iyileştirilmesinde ve gelişme hızının yükseltilmesinde en büyük itici güç olmuştur. Her ne kadar doğal kaynaklardan atmosfere verilen benzer kirleticilerin miktarı, fosil yakıtların kullanılabilir enerjiye dönüşüm ve tüketim süreçlerinde meydana gelen CO₂, SO₂, NO_x gibi bileşikler v.b. kirleticilerinkinden çok daha fazla ise de, bu sonuçların değişiminin özellikle yoğun yerleşim merkezleri ve sanayi bölgeleri çevresinde büyük ölçüde artması, gerek insan sağlığı ve gerekse bitki örtüsü ve çevre dokusu üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Bu bağlamda kirletici kaynak emisyonlarının hava kirliliğine katkılarının önlenmesi ve yaşamsal tehlike oluşturacak sınırların aşılmasında önem kazanmaktadır. Büyük ölçekli faaliyetler sonucu bölgesel düzeyde ortaya çıkan çevre sorunları, CO₂ artışından kaynaklanan sera etkisi, florlu karbon bileşiklerinin ve azot oksitlerinin yol açtığı ozon tabakasının incilmesi ya da ozon deliği gibi olaylar giderek yerkürenin sorunu olmuştur.

Gelişen daha ciddi çevre bilinci ve yanma sırasında oluşan zararlı emisyonları en aza indirecek yakma teknolojilerinin uygulanması sonucu zararlı emisyonlar ve termik kayıplar azaltılmış olmasına rağmen yinede NO_x miktarı zaman zaman endişe verecek boyutlara ulaşmaktadır(2).

Yakma tekniğinde son yıllarda kaydedilen gelişmeler, yanma veriminin iyileştirilmesi üzerine ek olmuştur. Daha ciddi bir çevre koruma bilincinin uyanması ile birlikte, yanlış esnasında oluşan zararlı emisyonu en aza indirmek için büyük çaba sarf edilmektedir. Böylece son 10 yıl içinde zararlı emisyonun azaltılmasına

paralel olarak, termik kayıplarda % 30 oranında azaltılmıştır. Ancak buna rağmen, çevreye yayılan azot oksitlerinde bir artış kaydedilmiştir.

Sanayi bölgeleri ve yoğun yerleşim merkezlerinin çevresinde son yıllarda görülen ozon konsantrasyonu endişe ile karşılanmakta ve emisyon sınırlarının tayini bakımından yeni yasal düzenlemelere gidilmesi zorunlu olmaktadır.

“Temiz enerji” olarak tanımlanan doğal gazın yanmasında bile yanma tepkimesi sonucu bazı kirletici emisyonlar meydana gelebilir. Örneğin kötü karışma, yetersiz hava gibi uygun olmayan işletme koşulları, büyük miktarlarda is, CO ve yanmamış hidrokarbon emisyonlarının nedenidir. Ancak doğal gazın yanmasında asıl kirleticiler azotoksitlerdir. Bunların miktarı yanma odasının sıcaklığı ve yanma ürünlerinin soğuma hızı ile değişir. Emisyon düzeyi ise yakma ünitesi büyüklüğüne ve işletme koşullarına bağlıdır. Kimi büyük ölçekli yakma sistemlerinde NO_x kontrolü için bir kısım işletme değişikliklerine gidilir. Örneğin stokiyometrik olmayan yakma ve/veya iki kademeli yanma ile emisyon oranları % 5-50 oranında düşürülmüştür(2).

5.2. Kükürtoksit (SO_x) Emisyonları

5.2.1. Kükürtoksitler ve hava kirliliği

Kükürtoksitler, özellikle doğal gazın dışındaki fosil yakacakların yanması sonucunda oluşan önemli atmosferik kirleticilerden biridir. Belli başlı bileşenleri SO₂ (kükürt dioksit), SO₃ (kükürt trioksit), H₂SO₃ (sülfüroz asit) ve H₂SO₄ (sülfürik asit) olarak sıralanabilir. Kükürdün yanması sonucunda oluşan kükürt dioksit (SO₂) özellikle sisli günlerde solunum yollarını tahriş etmenin yanı sıra, havadan 2,2 kat daha ağır olması sebebiyle çökelir ve toprakta suyla birleşerek sülfürik asidi meydana getirir. Bu asidin binalar ve metaller üzerindeki agresif ve korozyon etkisi oldukça fazladır(2).

Günümüzde kükürt içeren fosil yakacakların yanması sonucunda açığa çıkan kükürt dioksitleri kolayca elimine eden yakma teknolojileri henüz geliştirilememiştir. Yakın bir gelecekte katalizörlerin de yardımı ile bunun gerçekleşeceği umulmaktadır.

Hava kirliliği açısında en önemli bileşenlerden birisi olan kükürt oksitlerdir. İnsan sağlığı ve çevre açısından bu kirleticinin olumsuz etkisi mümkün olduğu kadar azaltılmalıdır. İçinde kükürt miktarı nispeten fazla olan kömür ve ağır fuel-oil gibi fosil yakacakların yakılması halinde, açığa çıkan duman gazları muhakkak bir kükürt giderme işlemine tabii tutulmalıdır. Külfetli olan bu giderme işlemi ancak, büyük kapasiteli tesislerde mümkün olabilmektedir. Nispeten küçük kapasitelerde, doğal gaz, LPG gibi kükürt oranı az olan yakacakların kullanılması gereklidir. Bu hususta özellikle küçük endüstride ve konutlarda doğal gaz veya motorin kullanımı teşvik edilmelidir.

5.3. Karbonmonoksit (CO) Emisyonları

Renksiz, kokusuz ve havanın ortalama yoğunluğuna eşit olan karbon monoksit, hem kaynaklandığı nokta etrafında iyi dağılmayan, hemde varlığı kolay fark edilemeyen zehirli bir gazdır(2).

5.3.1. CO emisyonlarının insan sağlığına etkisi

İnsan sağlığı bakımından bilinen en eski gaz zehirlenmeleri, tam yanmamış atık gazların solunması nedeniyle karbon monoksitten kaynaklananlardır. Bu zehirlenme kanda bulunan hemoglobinin karbon monoksit ile kompleks bir bileşik (COHb: karboksi hemoglobin) oluşturarak hücrelere oksijen sevkini önlenmesine yol açar. Karboksi hemoglobinin, ayrıca dokulara ulaşabilen oksijeninde hücrelerde serbest hale gelmesini engellediği belirlenmiştir. Kanın COHb oluşturma hızı, oksijenle O_2Hb oluşum hızından 210 kat daha fazladır. Böylece hava içinde oksijen varlığının en az 1/200 – 1/250 kadar CO derişikliliğine ulaştığında karbon monoksit hemoglobini tamamen bağlar. Buda yaklaşık olarak 750-1000 ppm'dir. CO değerinin 750 ve üstünün doğrudan ve hızlı bir şekilde insan ölümüne yol açtığı belirlenmiştir. Dış havanın CO değeri azalır azalmaz, COHb de parçalanır ve CO gazını dışarı atar. Ortalama %0,4' lük bir kan için COHb derişikliği normalde sürekli olarak korunur. Kandaki COHb seviyeleri, dış havanın CO derişikliği ve bu havayı soluma süresi ile orantılıdır(2).

Karbon monoksit esas olarak eksik yanma neticesi görülen bir yanma ürünüdür. Dolaşım, kalp ve kan hastalığı bulunan kişilerin soluduğu havada 10-50 ppm düzeyinde karbon monoksitin bulunması bile insan sağlığı açısından oldukça zararlı olmaktadır.

5.4. Sera Etkisi ve Küresel Isınma

Küresel ısınma yeryüzündeki ortalama sıcaklığın insani veya doğal nedenlerle artması olayına verilen isimdir. Dünya yüzeyindeki veya yakınındaki sıcaklık dört parametre tarafından belirlenir:

- a) Dünya'ya gelen güneş ışığı miktarı
- b) Dünya'nın yansıttığı güneş ışığı miktarı
- c) Atmosferin ısıyı ne kadar emdiği ve
- d) Su buharının buharlaşması/yoğunlaşması

Dünyaya gelen güneş ışığı hem atmosferi hem de yeryüzünü ısıtır. Daha sonra atmosfer bu ısıyı kızılötesi ışın olarak yansıtır. Su buharı, karbondioksit, metan, kloroflorokarbonlar (CFC)'lar radyasyonu önce emip sonra geri yansıttıkları için atmosferin ısınmasına sebep olurlar. Bunun yanında, dünyanın yansıttığı güneş enerjisinin bir kısmını da emerler. Bu emme ve yansıtma işlemi serada olan emme ve yansıtma olayına benzediği için, bu olaya 'sera etkisi' denir(14).

'Sera etkisi' olmasaydı dünya yüzeyindeki ısı çok daha düşük olacaktı. Bu yüzden, aslında, sera gazları bizim için faydalı maddelerdir. Sorun olan bu gazların konsantrasyonlarının gün geçtikçe artmasıdır.

Endüstri devriminden bu yana, atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonu %30, metan konsantrasyonu %50 ve azot oksit konsantrasyonları %15 oranında artmıştır. Bu da atmosferin ısı-tutma kapasitesinin artmasına neden olmuştur(14).

Peki atmosferdeki sera gazı konsantrasyonu neden artıyor?

Bilim adamlarına göre bu artışın temel nedeni insan aktiviteleri ve fosil yakıtlarının kullanımı. Isınmak için, ulaşım için ve enerji elde etmek için kullandığımız fosil yakıtları karbondioksit emisyonlarının %98'ine, metan emisyonlarının %24'üne ve azot oksitlerin %18'ine sebep oluyor.

Yeryüzü sıcaklığı onsekizinci yüzyılın sonlarından beri yaklaşık 0,5 derece yükselmiş durumda. Yirminci yüzyılın en sıcak 10 yılının hepsi de geçtiğimiz 15 yıl içinde yaşandı. Bunların arasında en sıcak olanıysa 1998 yılıydı. Kuzey yarımküredeki kar örtüsü azaldı ve Antarktik okyanusundaki buzulların bir kısmı eridi. Deniz seviyesi bütün dünyada 10-20 cm arttı(14).

Ozon tabakasının delinmesi

Atmosferdeki ozonun yaklaşık % 90'ı yeryüzünden itibaren başlayan 10 ila 40 km arası yükseklikler stratosfer tabakasında bulunur: Bu bölgedeki ozonun özelliği tüm canlı varlıkları, doğal kaynakları ve tarımsal ürünleri olumsuz yönde etkileyen morötesi radyasyonu yani ultraviole ışınlarını absorbe etmesidir. Bu ışın tutma işlemi, oksijen'in ozon'a ve ozon'un parçalanarak tekrar oksijene dönüşmesi sırasında ultraviole ışınlarını kullanması sonucunda meydana gelmektedir. Dışardan herhangi bir kimyasal madde ilavesi olmadığı takdirde ozon oluşumu ve parçalanması devamlı bir şekilde sürmekte ve sonuçta zararlı ultraviole ışınları bu tabaka tarafından tutulmuş olmaktadır. Doğal bazı olaylar (sıcaklık değişimi, hava akımları gibi) ozon dengesini zaman zaman bozmakla birlikte bu durum ozon miktarında önemli değişikliğe yol açmaktadır.

Ozon yoğunluğunun ultraviole ışınlarını tutma görevi yapamayacak kadar azalması ozon tabakasının delinmesi olarak adlandırılmaktadır. Bu durum gerçekte ozon tabakasındaki bir delik olmayıp ozon tabakasındaki incelme olayıdır(14).

6. GAZLARIN SINIFLANDIRILMASI

6.1. Gaz Aileleri

Yakacak olarak kullanılan gazların sınıflandırılmasında gaz ailesi deyimi kullanılır ve her aile de gruplara ayrılır. Çizelge 6.1.'de yakacak olarak kullanılan gazların sınıflandırılması verilmiştir(13).

Çizelge 6.1. Yakacak gazların sınıflandırılması

Gaz ailesi	Gösteriliş	Cinsi	Grupları
1	S	Hava Gazı	A: Hava Gazı B: Kok Gazı
2	N	Doğal Gaz	L: Doğal Gaz H: Doğal Gaz (Petrol esaslı)
3	F	Sıvılaştırılmış Gaz	Propan, Bütan Propan + Bütan Karışımı

Yakacak olarak kullanılan gazları ayrıca Çizelge 6.2.'de görüldüğü gibi de gruplandırmak mümkündür.

Bu arada tablolarda adı geçen yanıcı gazları da kısaca hatırlatmak yararlı olacaktır.

Kokhane gazı (kok gazı)

Taşkömürünün yanma odalarında oksijensiz ortamda gazının alınmasıyla elde edilir, “taşkömürü gazı” adı da verilir. Kullanılabilir olması için temizlenmesi gerekir. Gazı alınmış kömüre de “kok kömürü” denir.

Su gazı

Kor halindeki kok kömürünün üzerinden su buharının geçirilmesiyle elde edilir. 1100 °C civarında su buharı O_2 ve H_2 ‘e ayrışır, O_2 ise C (karbon) ile birleşerek yanıcı ve zehirli CO (karbon monoksit) ile zehirsiz CO_2 (karbon dioksit) gazları meydana gelir.

Hava gazı (Şehir gazı)

%70 kokhane gazı ve %30 ısı gazı karışımındadır. Havadan hafif olup, CO sebebiyle zehirlidir.

Çizelge 6.2. Yakacak gazların gruplandırılması

Grup	Üst ısı değeri (MJ / m ³)	Ana Bileşenleri	Örnek
1	<10	N_2 , CO_2 , H_2	Yüksek Fırın Jeneratör
2	10 – 30	CO, H_2 , CH_4 , N_2	Hava Gazı
3	30 – 60	CH_4 , C_nH_m	Doğal Gaz
4	60>	C_nH_m	Propan, Bütan

Çizelge 6.3. Propan, bütan ve karışımlarının özellikleri

Cinsi	Sembol	Ana Bileşen
Propan	C_3H_8	% 95 C_3H_8 + C_3H_6
Bütan	C_4H_{10}	% 95 C_4H_{10} + C_4H_8
Karışım	C_3H_8 + C_4H_{10}	% 60 C_4 - CH

Uluslararası haberleşmede ise aşağıdaki gösterilişler kullanılır.

LPG: Sıvılaştırılmış petrol gazı propan, bütan gibi (Liquefied petroleum gas)

LNG: Soğutularak sıvılaştırılmış doğal gaz (Liquefied natural gas)

SNG: Doğal gazın yanma özelliğindeki sentetik gaz (Substitute (synthetic) natural gas)

CRYOGENIC: -150 °C nin altındaki sıvı halde bulunan gaz(13).

7. DOĞAL GAZIN KULLANIM ALANLARI

7.1. Isıtma Sistemlerinde Doğal Gaz Kullanımı

Bireysel Isıtma (her dairenin bağımsız ısınması), kombiler, kat kaloriferleri ile soba ve şömineler olmak üzere üç kısımdır. Kombi ısıtma cihazları şofbenlerde olduğu gibi borulardan gelen suyun ısıtılması ilkesi üzerine çalışırlar.

Kombi cihazları ısıtma ve sıcak su sağlama amacına yönelik kullanılabilir. Sıcak su kullanımının öncelikli olduğu kombilerde sıcak su musluğunun açılmasıyla cihazdaki ani su ısıtıcısı tarafından anında sıcak su temin edilir. Kombi cihazları genelde iki farklı ısıtma kapasitelidir(15).

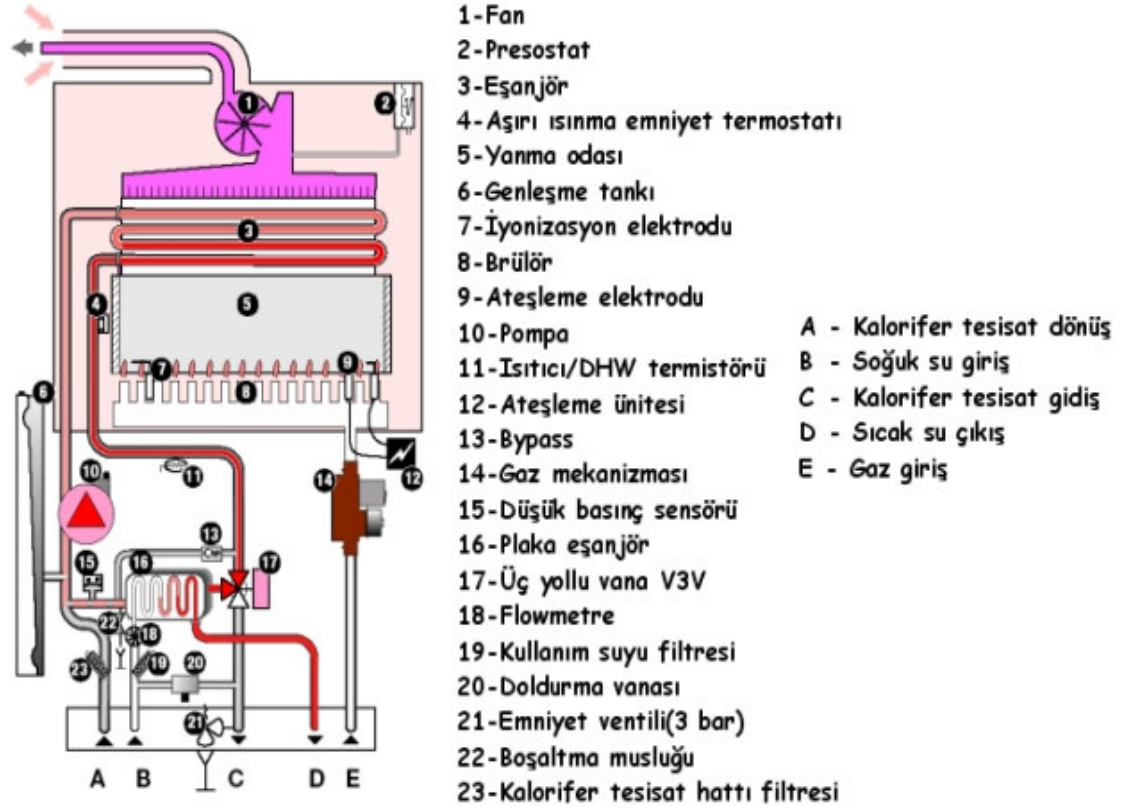
En çok kullanılan cihazlar 7500-20 000 kcal/h arasındadır. Diğerleri ise 10 000-30 000 kcal/h arasında ayarlanabilen cihazlardır. Kombilerde izolasyonu iyi yapılmış bir yerleşim yerinde 300-350 m²'lik bir alanı ısıtmak mümkündür.

Kombilerde baca tepmesine ve çekmemesine, aşırı ısınmalara, alev sönmesine, donmaya ve gaz kaçağına karşı her türlü önlem alınmıştır.

Az yer kaplayan ve montajı kolay olan kombiler sessiz çalışırlar. Kombiler yanma havasının temini yönünden bacalı, baca fanlı ve hermetik olmak üzere üçe ayrılırlar.

7.1.1. Kombiler

Şekil 7.1.'de kombi kesiti ve bölümleri gösterilmiştir.



Şekil 7.1. Kombi kesiti ve bölümleri

Doğal gazlı bacalı kombiler

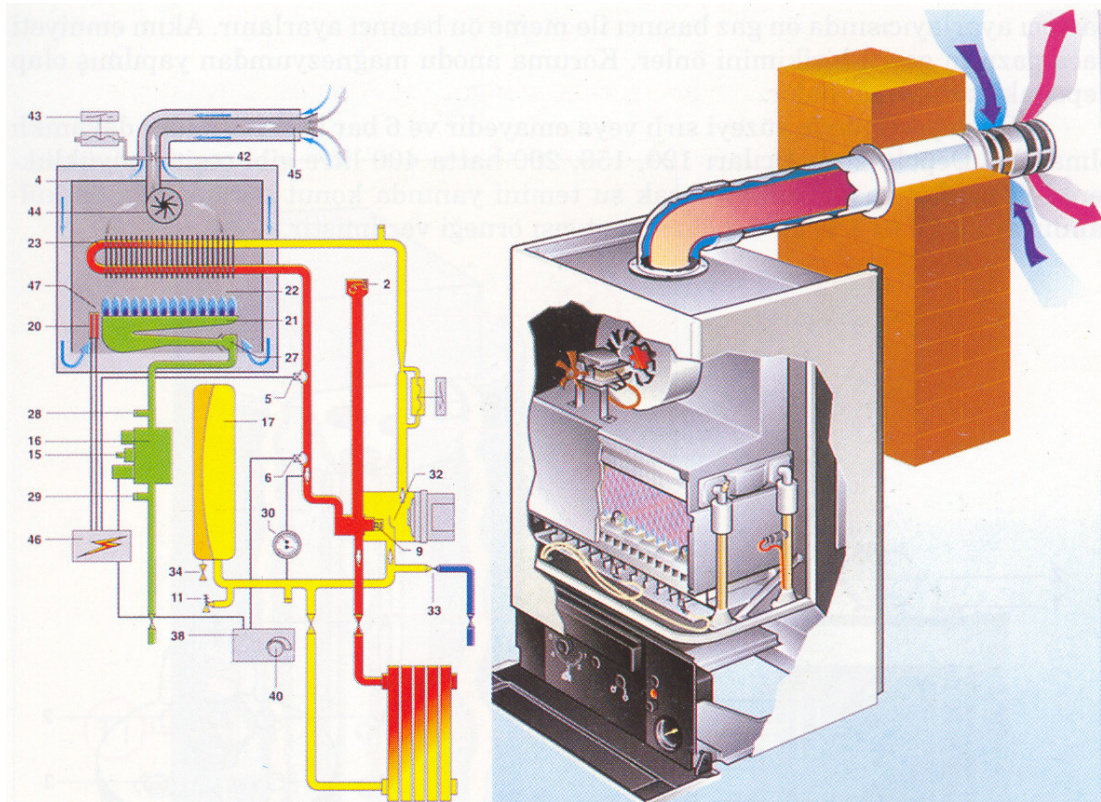
Bacalı kombilerde yanma odası cihazın bulunduğu ortama açıktır ve yanma sırasında cihaz, ortamın havasını kullanır.

Bacalı kombiler banyoya, yatak odalarına, apartman boşluğu gibi ortamlara ve hacmi en az 8 m³'ten az olan yerlere konulamaz. Bacalı kombilerde yanma sonucu oluşan atık gazlar baca aracılığıyla dışarı atılır. Hava girişinin şartnamelere uygun olmadığı

yerlerde bu tip cihazların kullanılması can güvenliği açısından tehlikeli olduğundan, İGDAŞ tarafından gaz açma onayı verilmemektedir.

Doğal gazlı bacalı fanlı kombiler

Bacanın yetersiz olduğu durumlarda bu tip cihazlar kullanılabilir. Yanmış gazlar bir baca fanı ve baca gazı borusu ile pencere veya atmosfere açık duvardan dışarı atılır. Bacalı kombilerin montaj mahalleri ile ilgili kısıtlamalar bu cihazlar için de aynen geçerlidir(15). Şekil 7.2. 'de bacalı fanlı kombilere bir örnek verilmiştir.



Şekil 7.2. Yanma havasının dış duvar üzerinden alındığı ve baca gazının fan ile dışa atıldığı iç içe borulu bacalı fanlı kombi(13)

Doğal gazlı hermetik kombiler

Hermetik kombilerde bacaya gerek yoktur. Ortamın havasını kullanmadığı için kısıtlama getirmeden kullanılırlar.

Yanma için gerekli havayı bir fan vasıtasıyla ve özel iç içe geçen iki borudan oluşan hava akım borusu sayesinde dışarıdan alırlar. Hermetik kombiler mutlaka dış duvara veya dış duvara yakın bir yere monte edilmeli ve hava akım borusu atmosfere açık olmalıdır. Apartman aydınlıklarına bağlanamaz.

7.1.2. Doğal gazlı kat kaloriferleri

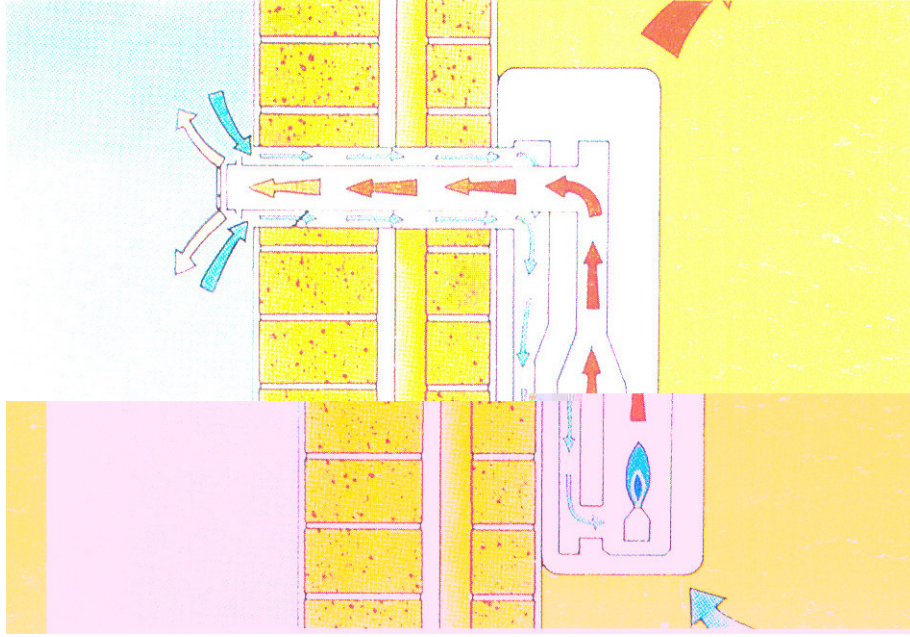
Doğal gazlı konutlarda kullanılan kat kalorifer kazanları, hem atmosferik hem de üflemleri brülörlü olabilir. Kat kaloriferleri, kazan içindeki suyun istenilen sıcaklıkta ısıtılması ve bunun bir pompa vasıtasıyla radyatörlerde dolaştırılması suretiyle mahal ısıtma yapan cihazlardır(15).

Bu kazanlarla bir veya birkaç daireyi ısıtmak mümkün olabilmektedir.

7.1.3. Doğal gaz sobaları

Atmosferik brülörlerin kullanıldığı sobalar bacalı veya hermetik olarak iki farklı tiptir. Bacalı sobalar mutlaka bacaya bağlanmalıdır. Baca bağlantıları kısa tutulmalıdır. Bu sobalar 8 m³'ten küçük hacimlere yerleştirilmemelidir. Hermetik sobalar ise bacaya ihtiyaç göstermezler.

Dış duvara monte edilen hermetik sobalar özel bacası sayesinde yanma havasını dışarıdan alıp, baca gazlarını da dışarıya verirler. Mahal kısıtlaması gerektirmeden atmosfere bakan herhangi bir duvara monte edilebilir. Şekil 7.3.'de iç içe borulu hermetik doğal gaz sobası gösterilmiştir.



Şekil 7.3. Yanma havası ile baca gazını dış duvar üzerinden alıp verildiği iç içe borulu hermetik doğalgaz sobası(13)

Dış görünüşleri dekoratif olan sobalar, üzerindeki termostat düğmesi sayesinde ayarladığınız sıcaklığa uygun olarak çalışırlar. Otomatik ateşlemelidirler. Alev söndüğünde gazı kesen otomatik emniyet sistemi mevcuttur. 7000 kcal/h kapasiteye kadar piyasada çeşitli güçlerde sobalar bulunmaktadır. Şömineler Doğal gaz şömineleri salon, oturma odası gibi geniş alanların ısıtılmasında kullanılır. Kapasiteleri 5000-7000 kcal/h'dır. Dekoratiflerdir. Termostat kontrolü ile ortamı istediğiniz sıcaklıkta ısıtırlar(15).

7.1.4. Doğal gazlı sıcak su hazırlama

Sıcak su gereksinimlerinin karşılanmasında da tüpgaz, havagazı, sıvı ya da katı yakıtlar, elektrikten yararlanma gibi yöntemler zahmetli ve pahalıdır. Ayrıca temizlik açısından dezavantajlar içerirler. Doğal gaz kullanımıyla birlikte bu sorunlar ortadan kalkmaktadır ve her an kolayca sıcak su elde edilebilmektedir. Hem ısıtmayı hem de sıcak suyu sağlayan kombi kat kaloriferi ile iki iş için tek cihaz kullanılabilen bu da önemli bir yarar sağlamaktadır. Doğal gazla sıcak su elde etmek için şofben ve termosifon da kullanılabilir.

7.1.5. Doğal gazlı pişirme

Doğal gazın mutfakta kullanımı tüpgaz (LPG) ya da havagazına göre hem ekonomiktir, hem de sürekliliği vardır. Örneğin tüpgaz, evde yakıt depolamak anlamına geldiği için tehlikelidir ve tüp bittiğinde yeni tüp almak gerekir. Doğal gaz ise temiz, bitme sorunu olmayan, pişirmede güvenle kullanılabilen bir enerji olarak tercih edilmektedir.

7.1.6. Doğal gazlı merkezi ısıtma

Merkezi sistem, birden fazla bağımsız bölümün bir kazan dairesinden ısıtılmasıdır. Genellikle 12 veya daha fazla bağımsız bölüm içeren binalarda ilk yatırım maliyeti ve tesisatın işletme şartları açısından tavsiye edilir.

Doğalgaz kullanımında merkezi ısıtma; kazan, brülör, otomatik kontrol, vana, pompa, baca gibi temel unsurlardan oluşan bir sistemdir.

Merkezi ısıtma sisteminde yakıt ekonomisini sağlamak için, “Otomatik Kontrol Paneli’nin” tesisatlarda bulunması önerilmektedir. Bu panelin kullanılması halinde sisteme konulacak ekipmanlar (üç veya dört yollu karışım vanası, şönt pompa, vb.) ilgili kazan imalatçı ve/veya ithalatçı firmaların önerileri ve istekleri doğrultusunda kullanılmalıdır.

Merkezi ısıtma sisteminin temel unsurlarını (kazan, brülör, oto kontrol,... vb.) satın alırken üretici firma ve tesisat uygulayıcılarının, (bayi ve/veya yüklenici taşeron) yeterliliği çok önemlidir. Sistemin ve sistemde yer alan temel unsurların; öngörülen işletme, bakım ve koruma talimatlarında belirtilen şartlarda çalıştırılması, bakımlarının düzenli ve yetkili kişilerce yapılması cihazların ömrünü uzatır(15).

Doğal gazlı merkezi ısıtmadaki temel unsurlar

Kazanlar Kalorifer kazanları malzeme yapılarına göre dökme dilimli ve çelik olmak üzere iki ana gruba ayrılırlar. Kazan seçimi, doğalgaza geçişte en önemli konudur. Türkiye’den çok daha önce doğalgaz kullanımına geçmiş Avrupa ülkelerine bakıldığında her iki cins kazanın da uzun yıllardan beri kullanıldığı görülmektedir. Yurt dışında her iki cins kazan üretilmekte ve pazar bulabilmektedir.

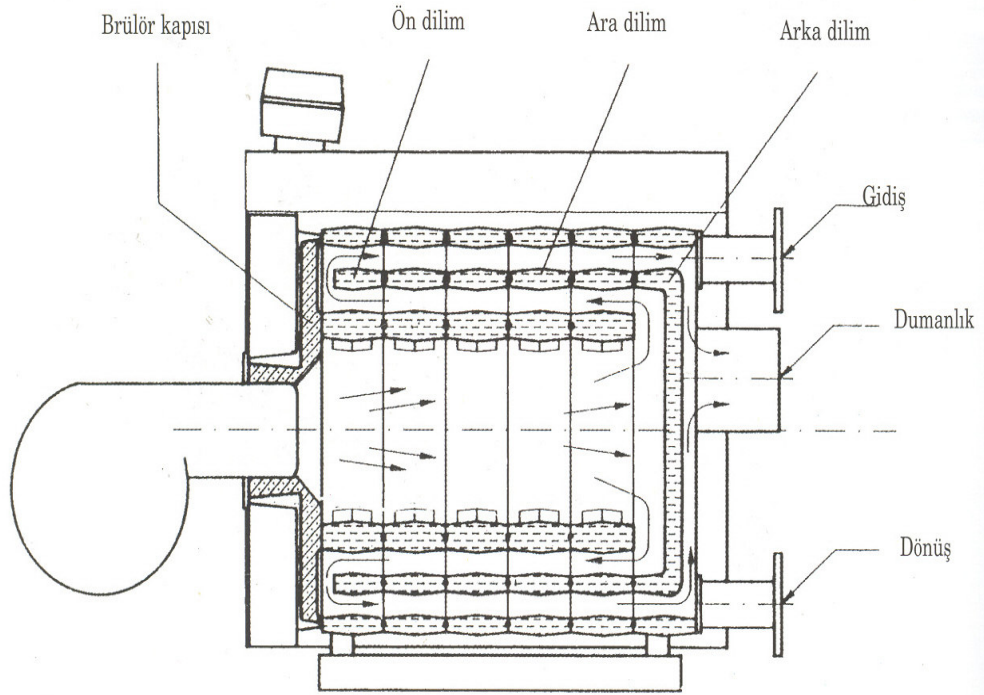
Hatta Avrupa’da bazı üretici firmalar hem dökme dilimli kazan hem de çelik kazan üretmekte ve pazarlamaktadırlar. Bu demektir ki her iki cins kazanın birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları olmasına rağmen, her ikisi de doğalgaz pazarında kendilerine yer edinebilmiştir. Daha önce de söylediğimiz gibi doğalgaza geçiş olayı yalnızca bir kazan değiştirme değildir.

Kazanıyla, brülörüyle, bacasıyla, vanasıyla, otomatik kontrolüyle, emniyet sistemleriyle, izolasyonu, borulamasıyla, pompasıyla komple bir sistem seçimidir. Bu sistemin en iyi şekilde seçilmesi gerekir.

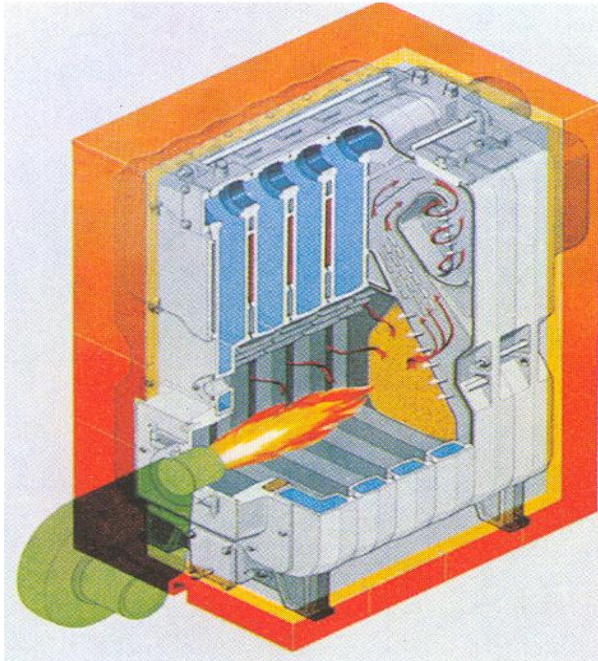
Kazanları malzeme yapılarına göre iki şekilde gruplandırabiliriz.

Doğal gaz kullanılan dökme dilimli kazanlar

Dilimli olması nedeniyle kazan dairesine kolayca taşınabilen ve monte edilebilen, dilim ilavesi ile kapasitenin arttırılabildiği kazanlardır. Seçim sırasında ihtiyaca uygun kazan tipi seçme şansı fazladır. Bu tür kazanlar ithal edildiğinde DIN 1691 ve 4702 normuna, yerli kazanların da TS 430, 4040 ve 4041 (ısı verim) standardına uygun olması gerekir(15). Aşağıdaki şekillerde dökme demir dilimli örnek kazanlar ve kesitleri gösterilmiştir.



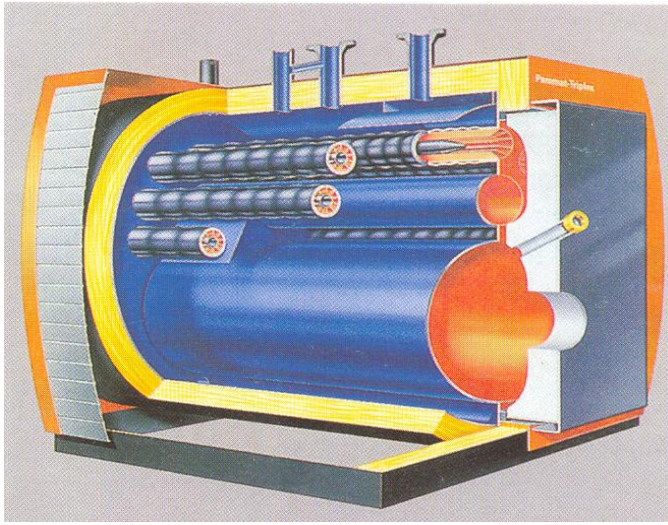
Şekil 7.4. Dökme demir dilimli, üç yollu doğal gaz kazanı(13)



Şekil 7.5. Dökme dilimli doğal gaz kazanı(13)

Doğal gaz kullanılan çelik kazanlar

TS 497, TS 4040, TS4041 (ısı verim,kapasite) standartlarına uygun olmalıdır. Girişi dar olan kazan dairelerinde, mono blok (tek parça) üretimlerin kazan dairesine girişi zordur. Montajı yerinde yapılan (parçalı) ürünlerde, üretici firmanın sağladığı garanti şartları gözden geçirilmelidir. Aşağıdaki şekillerde örnek çelik kazan şekillerive kesitleri gösterilmiştir(15).



Şekil 7.6. Yoğuşma önlemlili çelik doğaı gaz kazanı(13)

Kazanları, üzerindeki brülör cinslerine göre de ikiye ayırabiliriz.

Aşağıdaki açıklamaları yapılan brülör cinsleri hem çelik kazanlara, hem de dökme dilimli kazanlara tatbik edilebilmektedir.

Doğal gaz kullanılan üflemeli brülörlü kazanlar

Kazanı değıştirmeden alternatif yakıt (fuel-oil, motorin, LPG) kullanma şansı vardır. Dökme dilimli kazanlarda dilim ilavesiyle kapasite yükseltilmesinde brülör değışimi gerekmeyebilir. Bu tip brülörlerde yanma havası bir fan vasıtasıyla sağlanır.

Doğal gaz kullanılan atmosferik brülörlü kazanlar

Bu kazanlar sadece doğalgaz ve LPG yakarlar. Sıvı yakıtla (fuel-oil, motorin) çalışmazlar. Üflemeli brülöre nazaran daha sessiz çalışırlar.

Kapasiteleri sınırlıdır. (maksimum 350 000 kcal/h) Bu tip brülörler kazanla birlikte dizayn edildikleri için kazanla birlikte satılırlar. Bu sistemde brülör, yanma hücresi ve bacanın uyumu çok önemlidir. Atmosferik brülörlü bir kazan seçtiğinizde uygulayıcı firmaya özellikle mevcut bacanızı incelettiriniz ve bacanın uygunluğu konusunda garanti alınız(15).

7.2. Soğutma Sistemlerinde Doğal Gaz Kullanımı

7.2.1. Doğal gazlı soğutma nedir?

Bir çok kişi , elektrikli soğutma teknolojileri vasıtasıyla soğutma işlemini bilmektedir. Ancak, ticari soğutma işinde elektrik ve doğal gaz arasındaki rekabetin artışı ile birlikte, yeni doğal gaz yanmalı soğutma sistemleri, geride kalan 10 yıl içerisinde önemli teknik gelişmeler kaydetmiştir. Günümüzde doğal gazlı soğutma, elektrikli soğutma teknolojilerine karşı daha az maliyetli ve çevre uyumludur(16).

Doğal gazlı soğutma tipleri

Üç tip doğal gazlı soğutma vardır;

1. Absorpsiyonlu doğal gazlı soğutma
2. Motor tahrikli doğal gazlı soğutma
3. Kurutuculu doğal gazlı soğutma

7.2.2. Absorbsiyonlu soğutma sistemi

Ülkemizde doğal gazlı absorpsiyonlu soğutma sistemleri hızla kullanılmaya başlanmıştır. İstanbul'da doğal gazın dağıtımını yapan İGDAŞ, ülkemiz için örnek teşkil etmesi açısından yeni yaptırdığı İstanbul Büyük Şehir Belediyesi, İGDAŞ katlı otopark ve hizmet binasının soğutma sistemini, doğal gazlı absorpsiyonlu soğutma sistemi şeklinde yapmaktadır(17).

Absorpsiyon ve motor tahrikli sistemler, doğrudan doğruya elektrik ünitelerinin yerini almıştır ve bazı durumlarda elektrikli ünite ile birlikte ısıtma kazanına ihtiyaç duyulur. Bunun aksine, kurutucu nem giderici sistemler, genellikle başka bir soğutucu ile birlikte kullanılır.

Absorpsiyon prosesinde, bir soğutma etkisi yaratmak için buharlaştırma veya gazlaştırma işleminden yararlanılır. Ancak, absorpsiyon sistemlerindeki soğutucu

CFC veya HCFC yerine su esaslı solüsyonlardır. Bu sistemlerde, soğutma çevrimi mekanik sıkıştırmadan ziyade soğutucuyu ısıtma yoluyla tahrik edildiği için elektrikli ünitelerden ve motor tahrikli sistemlerden farklılık gösterirler.

Amerika Gaz Birliği (AGA)'nin yaptığı bir çalışma, yeni gazlı soğutma donanımının elektrikli soğutma esaslı termal enerji depolaması ile verimli bir şekilde rekabet edebileceği ve konfor soğutma maliyetlerini düşürebileceğini ortaya çıkarmıştır. Ticari soğutma için doğal gaz ekipmanının kullanımı, pik elektrik talebini azaltabilir veya yok edebilir.

Buhar sıkıştırmalı soğutma çevrimi

Buhar sıkıştırmalı soğutma sisteminin başlıca elemanları; buharlaştırıcı (evaporatör), kompresör, yoğusturucu (kondenser) ve genişleme valfidir.

Kompresörün basmış olduğu yüksek basınçlı buhar halindeki soğutucu akışkan kondenserde yoğuşur. Yoğuşan akışkanın basıncı genişleme valfinde düşürülür. Daha sonra evaporatörde akışkan soğutulacak ortamdan ısı alarak buharlaşır ve soğutma olayı gerçekleşir. Buradan akışkan tekrar kompresöre yönelerek basıncı yükseltilir(17).

Absorbsiyonlu soğutma çevrimi

Absorbsiyonlu soğutma çevrimi buhar sıkıştırmalı soğutma çevrimine oldukça benzer. Soğutma yükü soğutucu akışkanın buharlaştırıcıda buharlaşmasıyla karşılanır. Buhar sıkıştırmalı çevrimdeki mekanik işlemin yerine, absorbsiyonlu soğutma sisteminde fiziko kimyasal işlemler almıştır. Buhar sıkıştırmalı çevrimdeki kompresörün yerini, absorbsiyonlu sistemlerde termik kompresör adı verilen absorber kaynatıcı çifti almaktadır.

Bilindiği gibi kompresörlü sistemlerde soğutucu akışkan olarak freon gazları kullanılır. Absorbsiyonlu sistemlerde ise iki akışkan çiftinden oluşan solüsyon,

lityum bromür (LiBr) + su ve amonyak + su solüsyonları kullanılır. Bu solüsyonların birincisinde LiBr absorban, su ise soğutucu akışkandır.

Absorbsiyonlu soğutma sistemini meydana getiren başlıca elemanlar; kaynatıcı, yoğusturucu, buharlaştırıcı absorber ve sıvı ısı değıştirici (ekonomizer) olarak tanımlanır. Soğutucu akışkan sistemin her tarafında dolaşır. Yutucu akışkan ise sadece kaynatıcı, absorber ve ısı değıştirici arasında dolaşır(17).

Genel olarak absorbsiyon prensibi, karşılıklı çözünlüğü olan maddelerin yüksek sıcaklıklarda daha az, düşük sıcaklıklarda ise daha fazla çözümlüdür.

Absorbsiyonlu soğutma sisteminin çalışma prensibi şöyledir; absorberden çıkıp bir pompa vasıtasıyla ısı değıştiricisinden geçerek ısınan LiBr bakımından fakir eriyik kaynatıcıya gelir. Burada dışardan verilen ısıyla (sıcak su, buhar, doğal gaz veya LPG gibi yakıtların direkt yakılmasıyla) soğutucu akışkan tamamen buharlaşarak eriyikten ayrılır. Buharlaşarak kaynatıcıyı terk eden soğutucu buharı, yoğusturucuya girer. Kaynatıcıda eriyik içinden soğutucu buharının ayrılmasıyla LiBr bakımından zenginleşen eriyik (zengin eriyik) ısı değıştiricisinden geçip fakir eriyiğe ısı verdikten sonra absorbere geri döner. Kaynatıcıdan buharlaşarak yoğusturucuya giren soğutucu buharı burada yoğuşarak dışarıya ısı atar. Yoğuşma basıncı, izafi olarak buharlaşma basıncından büyüktür. Her iki basınç mutlak olarak atmosfer basıncının altındadır.

Basınç kayıpları düşünülmezse, kaynatıcı yoğusturucu basıncında, absorber ise buharlaştırıcı basıncındadır. Yoğusturucuda tamamen yoğuşmuş olarak çıkan soğutucu akışkan izafi olarak düşük basınçta çalışan buharlaştırıcıya girmeden evvel bir kısma vanasından geçirilir. Buharlaştırıcıya kısılarak giren soğutucu akışkan burada buharlaşarak gerekli soğutma yükünü ortamdan çeker.

Buharlaştırıcıdan kızgın veya doymuş halde çıkan soğutucu buharı absorbere girer. Absorberde, ısı değıştiricisinden geçip ısı verdikten sonra bir kısma vanasında absorber basıncına kısılan zengin eriyik, buharlaştırıcıdan gelen soğutucu buharını yutar. İşlem esnasında ısı açığa çıkar. Yutma işleminin gerçekleşmesi için açığa

ıkan ısının absorberden atılması gerekir. Absorber içinde tekrar fakir hale gelen eriyik bir pompa vasıtasıyla tekrar kaynaticıya gönderilir. Isı kayıplarını azaltmak için absorberden kaynaticıya gönderilen fakir eriyik kaynaticıdan dönen zengin eriyik tarafından bir ısı değiştiricisinde ısıtılır. Pompaya verilen küçük bir enerji haricinde absorbsiyonlu soğutma sisteminin çalışması için dış bir mekanik enerjiye ihtiyaç yoktur. Kaynaticıda verilen ısı enerjisiyle sistem çalışır. Absorbsiyonlu soğutma sisteminde, soğutucu akışkan iki kere buharlaştırılıp yoğuşturulmaktadır. Oysa buhar sıkıştırılmalı soğutma sisteminde bu işlem bir kere olur. İlave buharlaşma-yoğuşma mekanik enerjinin yerini alan fiziko-kimyasal bir işlemdir(17).

Absorbsiyonlu soğutma sistemlerinin, buhar sıkıştırılmalı soğutma sistemlerinden farklı yanı, elektrik enerjisi kullanılmamasıdır. Yeni enerji kaynakları olarak bilinen güneş enerjisi, jeotermal enerji, atık ısı, LPG ve doğal gaz gibi enerji kaynakları bu soğutma sistemi için uygun enerji kaynaklarıdır.enerji girişi olarak sıcak ısı kaynağı kullanılır. Sıcak ısı kaynağı farklı tipte olabilir. En çok yaygın olarak kullanılanlar; sıcak su, buhar veya direkt olarak herhangi bir brülörle yakılan gaz veya sıvı haldeki yakıtlardır. Bu yeni enerji kaynakları içerisinde ise doğal gaz maliyeti en az olanıdır. Diğer yakıtlara göre %20 daha ekonomiktir. Ayrıca taşınmasının kolaylığı, çevreye zarar vermemesi, zehirsiz olması gibi nedenlerden dolayı doğal gaz ideal bir enerji kaynağıdır.

7.2.3. Doğal gaz'lı soğutmanın tercih sebepleri

Maliyet

Türkiye'de elektrik birim fiyatı, artan yakıt maliyetine paralel olarak artış göstermektedir (Nisan 2001 rakamları ile ortalama 1000 kcal'lik değere karşılık gelen yakıt fiyatı; doğal gaz için 28,350 iken elektrik için 91,144 TL yani doğal gazın yaklaşık 3 katıdır). Bunun yanında, özelikle yaz sezonunda, pik talep esnasında soğuk hava pahalı bir üründür. Normal olarak pik dışı zamanlarda, enerji açısından verimli gazlı soğutma seçenekleri elektrik kullanımı üzerindeki pik talep baskısını

düşürmeye yardımcı olabilir ve belki de maliyet yönünden ilave enerji üretim faaliyetlerine olan ihtiyacı azalır(16).

Dayanıklılık

Kompresörü çalıştırmak için bir elektrik motoruna ihtiyaç duyulmadığından, doğal gaz üniteleri genellikle daha uzun çalışır ve elektrikli klimaların ihtiyaç duyduğundan daha az bakım ve onarıma ihtiyaç duyar.

Esneklik

Gazlı soğutma, hem tesisi esnasında hem de uygulamada esneklik gösterir. Doğrudan doğruya elektrikli ısı pompalarına karşı rekabet eden, konut ve küçük iş yerleri için doğal gazla çalışan kombine ısıtma ve soğutma üniteleri de günümüzde üretilmektedir. Sistem elektrikli ısı pompası ile aynı prensipte çalışır, fakat kompresör bir doğal gaz yanmalı motor vasıtasıyla tahrik edilir. Bina içi hava dolaşımı, verimi ve nem kontrolünü iyileştirerek, değişken hızlarda çalışabilir. Soğuk aylarda, sistem yalnızca bina dışından gelen ısıyı çekmek için bir ısı pompası gibi çalışmaz, bunun yanında motor tarafından üretilen ısıyı yeniden yakalar ve bunu bina içine tekrar verir. Böylece verim arttırılmış olur(16).

Çevre

Günümüzün elektrikli soğutma üniteleri, küresel ısınmaya yol açtığı bilinen kloroflorokarbonların (CFC) kullanımına ihtiyaç duyar. Bunun tersine, gazlı üniteler CFC kullanmaksızın çalıştırılacak şekilde tasarlanmıştır.

Düşük Bakım Maliyeti

Cihazlarda hareketli parçaların yer almaması sebebiyle arızalanma oranları rakiplerine göre çok daha azdır. Ayırık tiplerde ortalama ömür 5 yıl, büyük ünitelerde 10-15 yıldır. Gazlı soğutma sistemleri için 25 yıl öngörülmektedir.

7.2.4. Doğal gazlı soğutmanın yaygınlaştırılması için yapılması gerekenler

Şu ana kadar elektriğin hakim olduğu ve bu hakimiyetin sürdüğü bir pazarda, CFC esaslı olmayan doğal gazlı soğutma donanımı kendini göstermeye başlamıştır. Montreal Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü'ne göre CFC ünitelerinin zorunlu olarak kademeli devre dışı kalması soğutma pazarında doğal gazın önemini arttıracaktır. Bunun gerçekleşebilmesi için, aşağıda sıralanan faktörlerin bir araya gelmesi gereklidir(16).

1. Doğal gaz arzının arttırılması,
2. Rekabetçi ve teşvik edici doğal gaz fiyatları,
3. Türkiye' de yeni bir sistem olması dolayısıyla teçhizatın sektöre ve potansiyel müşteriye etkin tanıtımı,
4. Çevresel etkisinin ön plana çıkartılması,
5. Pazara yeni girecek olması dolayısıyla, üretici/ithalatçı firmaların cazip fiyat sunmaları,
6. TSE' nin konu hakkında hızla standart çalışma yapması.
7. Gaz dağıtım şirketlerinin bu sistemle alakalı ticari ve teknik altyapısını tamamlaması,
8. Gaz ithalatçı ve toptancı şirketlerin bu kullanım alanını teşvik edici uygulamaları,
9. Enerji Bakanlığı/Enerji Piyasası Kurulu gerekli altyapı çalışmalarını tamamlayarak bu sistemleri teşvik etmesi (yerli üretime geçinceye kadar gümrük muafiyeti v.b.).

Donanımın satışının gerçekleştirilmesinde satış temsilcisinin rolü büyük olduğu için, ticarileştirme yıldızının merkezinde satış temsilcisi gösterilmiştir. Ancak, eğer müşteri donanım ile ilgili tasarrufları anlayamaz ve satın alma kararlarını yalnızca düşük teklif hususunda alırsa, temsilci donanımı satamaz. Bunun yanında, temsilciler, ürünün çalıştırılması, entegrasyonu ve bakımı hakkında imalatçıdan yeterince bilgi desteği alamazsa, donanımı satmak için zorlanacaktır. Genellikle hem gaz hem de elektrik donanımı sunan satış temsilcisi en az direnme yolunu takip

edecek ve satış çabaları da desteklenmezse veya gaz donanımı için müşteriden hiçbir talep gelmezse hiç kuşkusuz, elektrik donanımını anlatacaktır.

Eğer firma, teknoloji ile ilgili çalıştırma ve kurma konusunda rahatsızlık duyuyorsa veya donanımın işletme özellikleri konusunda müşteriye yanlış bilgi ile dolu kullanım ömrü ve geri ödeme çalışması sunuluyorsa, mühendislik firmaları satış konusunda başarısız olabilir.

Sonuç olarak, problemleri çözmek için, müşteriler tarafından kullanılan, mühendislik firmaları tarafından tanımlanan, müteahhitler tarafından kurulan ve uzun yıllar satış temsilcileri tarafından satılan elektrikli soğutucuların değiştirilmesi hususunda "Teşvik edici ne gibi şeylerin yapılması gerektiği" sorusuna cevap aranmalıdır. Bir çok firma bu teknoloji çerçevesinde çok iyi sorgulanmalıdır. Bu yeni teknolojinin ekonomik olması ve bu teknolojinin sunduğu fırsatın anlaşılması gerektiği çok açık bir cevaptır(16).

Müşteriler, paralarını bu karlı yatırıma yatırarak çok iyi bir gelir elde ederler ve düşük işletme maliyetinden yararlanırlar. Mühendislik firmaları, "Gazlı Soğutma Uzmanı" olarak bu teknolojiden yararlanabilir. Bu teknoloji açıkça anlatılırsa, mühendislik firmaları donanım özellikleri ve tesis konusunda birikimlerini kullanacaktır.

Teknoloji transferinin arttırmak için, bilgilendirme kampanyası düzenlenebilir. Bu konuda TV yayınlarından, fuarlardan, sergilerden, yayınlardan, seminerlerden vs. yararlanılabilir. Bilgilenme ile ilgili engellerin aşılması, gazlı soğutma pazarının büyümesinde en temel taşıdır(16).

7.2.5. Doğal gazlı soğutmanın avantajları

1. Elektrikli soğutmada kullanılan soğutucu akışkan CFC' in (Kloroflorokarbon) aksine doğal gazda kullanılan LiBr ve amonyağın soğutucu akışkanın çevre dostu olması.
2. İşletme maliyetlerinin düşük olması.
3. Elektrik tesislerinde ve kablolaralarda klima santralleri için gelen ilave maliyetlerin azaltılması.
4. Gaz firmalarının teşvik edici fiyat indirimleri.
5. Teçhizatın daha uzun ömürlü olması.
6. Kullanım esnekliği (hem ısıtma hem soğutmada).
7. Kullanım kolaylığı.
8. Doğal gazın kesintisiz temini.
9. Oluşabilecek acil durumlara kısa zamanda müdahale (15 dakika).
10. 650 yetkili doğal gaz tesisatçı firmanın bu yeni uygulamaya kolayca geçişi.
11. Özellikle aşırı sıcak günlerde elektrik kullanımını düşürerek, enerji kullanımını dengelemesi.
12. Bina dışına konulduğunda dış etkenlere karşı dayanıklı olması.
13. Teçhizat için boş alan ihtiyacının düşük olması.
14. Çalıştırma sisteminin kolay olması.
15. Kullanım alanlarının geniş olması (kurumlar, okullar, hastaneler, üniversiteler, belediye binaları vs.).
16. Hareket eden parçası olmayan basit bir sistem olması.
17. Yüksek güvenilirlik.
18. Bakım maliyeti düşüklüğü.
19. Uzun ömürlü olması (en az 20 seneden başlayan).
20. Tedarikçi firmalar tarafından sağlanan parça ve servis garantisi.
21. Farklı ısı kaynakları ile kullanılabilmesi (hibrid soğutma sistemleri).
22. Kojenerasyon ünitelerine absorpsiyonlu soğutma sistemleri entegre edilebilir (aynı sistemden elektrik, ısıtma, soğutma, sıcak su üretme imkanı).
23. Verimi artırıcı yönde çalışmalarla birlikte yeni yüksek performanslı cihazların üretilmesi.

24. Düşük sıcaklıklar için amonyaklı absorpsiyonlu çillerlerin geliştirilmesi.
25. Hem ısıtma hem de soğutmada kullanılabilme kolaylığı.
26. Düşük emisyon için çalışmaların olması.
27. Değişken yük ve şartları karşılayabilme kabiliyeti.
28. Doğal gazla bağlantılı soğutma sistemi üreten firmaların gün geçtikçe artması (yalnızca ABD' de günümüzde 25' e yakın firma olup bunlardan bilinen 6 tanesi Türkiye' de faaliyet göstermektedir.).
29. Doğal gazlı soğutma sistemi üreten firmaların referansları arasına gün geçtikçe dünyaca tanınmış firmaların girmesi (İngiltere' de BBC, Tayland' ta Coca Cola gibi).
30. Doğal gazlı soğutma sistemi üreten firmaların ürün yelpazesinin gün geçtikçe genişlemesi(16).

8. DOĞAL GAZIN ENERJİ KAYNAKLARI İÇİNDEKİ YERİ

8.1. Türkiye’de Doğal Gazın Birincil Enerji Tüketimindeki Yeri

Bilindiği üzere, doğal gaz, Türkiye’de üretilen yerli doğal gazın 1976 yılında Trakya Bölgesi'nde bazı sanayi tesislerinde kullanılmaya başlanması ile birincil enerji tüketimi içinde yer almaya başlamıştır. Doğal gazın birincil enerji tüketimi içindeki payının gün geçtikçe artarak (Çizelge 8.1.) 2020 yılında %23'e ulaşması beklenmektedir(18).

Çizelge 8.1. Doğal gazın birincil enerji tüketimi içindeki payı (%)

Yıllar	1990	1995	2000	2020
Petrol	44,65	46,18	48,47	24
Doğal Gaz	6,50	10,08	18,33	23
Kömür	45,05	38,86	29,55	40
Nükleer	0,00	0,00	0,00	6
Hidroelektrik	4,04	5,04	3,65	3

Ancak doğal gazın birincil enerji tüketimindeki payı, Sovyetler Birliği'nden 1987 yılından itibaren doğal gaz ithal edilmeye başlayana kadar ihmal edilir seviyelerde kalmıştır. 1987 yılında 513 milyon m³ ile sadece Trakya'da kurulu olan Hamitabat Kombine Çevrim Santralında kullanılan ithal doğal gazın tüketimi, gübre, konut ve sanayi sektörlerindeki kullanımlarla hızla artmış ve 2000 yılında 14 milyar m³ seviyesine ulaşmıştır. Halihazırda 5 şehir, 7 elektrik santrali, 40 oto-produktör tesisi, 2 gübre fabrikası, 228 sanayi kuruluşu ve 4 organize sanayi bölgesi, doğal gaz kullanmaktadır. Sanayi sektöründeki müşterileri; Cam, Çimento, Gıda, İşlenmiş Metal, Otomotiv, Tekstil ve Seramik gibi alt sektör gruplarından oluşmaktadır(15).

8.2. Türkiye’de Elektrik Üretiminde Doğal Gazın Rolü

- 1999 yılı Aralık ayı başı itibariyle Türkiye’de elektrik enerjisinin üretim tesislerinin kurulu gücü 26,039 MW' tır.
- 1998 yılı sonu itibariyle kurulu gücün % 55,83' ünü termik (gaz çevrim santralleri dahil), % 44,14' ünü hidrolik ve % 0,03' ünü rüzgar santralleri oluşturmaktadır.
- Son 10 yılda % 0,15-0,21 Türkiye’de nüfus artışı ile birlikte sosyal yapısı değişen, ekonomisi genişleyen ve bunlara bağlı olarak sanayisi büyüyen Türkiye’de kişi başına düşen kurulu miktarı çok az artmıştır.
- 1998 yılı itibariyle Türkiye’de tüketime 114,320 GWh' lik bir enerji sunulmuştur.
- 1998 yılı üretiminin birincil kaynaklara dağılımına göz atıldığında, doğal gazın Türkiye genelinde % 22,37 oranı ile 25 GWh elektrik üretiminde rol aldığı görülebilir. Sıralamaya bakılırsa, hidroelektrik santralleri ve termik linyit santrallerinden hemen sonra yer aldığı açıktır(15).

9. DOĞAL GAZIN DEPOLANMASI

Yeraltında ve yerüstünde doğal gaz depolama, bir ülkenin doğal gaz arz-talep dengesinin sağlanabilmesi için optimum çözümlerin geliştirilebilmesinde kesinlikle gerekli bir faaliyettir. Doğal gazın nispeten düşük maliyetlerde satın alınabileceği, ısınma amaçlı kullanılmadığı dönemlerde depolanması, ısınma için kullanıldığı dönemlerde karşı karşıya kalınan arz açığını karşılayacak ve dolayısıyla maliyetin düşmesini sağlayacaktır(19).

Kullanıcılar tarafından talep edilen doğal gaz miktarları günlük, haftalık, aylık, mevsimlik ve yıllık olarak incelendiğinde farklılıklar arz etmektedir. Kullanıcıların enerji talepleri çalışma dinlenme zamanlarıyla, çevre dış sıcaklığına doğrudan bağlıdır. Günün belirli saatlerinde yemek pişirme, sıcak su kullanımı ve ısınma gibi sebeplerle enerji talepleri yoğunlaşırken, bunu karşılamak için kullanıma arz edilen doğal gaz miktarları da artmaktadır. Tüketim değerleri ortalamasının üzerinde olan bu ihtiyaçlara “Pik Talepler” de denilmektedir. Talepler gece yarısından sonra ise; büyük miktarda düşüş kaydederek, günün en az sarfiyat değerine inmektedir. Haftalık sarfiyat miktarları incelendiğinde bina ve konutlardaki tüketim miktarları hafta sonu ve tatil günlerinde artmaktadır. Sanayi ve ticari işletmelerde ise bunun tamamen tersi olmakta, hafta içinde yoğun taleple karşılaşılırken hafta sonlarında tüketim miktarı düşmektedir. Doğal gaz tüketim miktarı aylara göre de büyük farklılıklar göstermektedir. Çevre sıcaklığının düşük olduğu kış aylarında ısınma ve sıcak su ihtiyacı için gerekli enerji miktarı arttığından doğal gaz sarfiyatı da artmaktadır. Yıllık izinlerin kullanıldığı, bazı fabrikaların revizyona ve tatile girdiği yılın en sıcak aylarında ise, doğal gaz tüketim miktarı aylık olarak yılın en az değerlerine ulaşmaktadır(9).

Gaz dağıtım ve satış şirketleri veya sorumlu kuruluşlar, günlük, haftalık, aylık, mevsimlik ve yıllık olarak değişen doğal gaz taleplerini karşılamak zorundadırlar. Tesis, boru hattı ve şebeke projelerinin en fazla tüketim değeri göz önünde

bulundurularak, yapılması gerekir. Aksi halde ihtiyaçların karşılanmasında büyük sıkıntıların yaşanması kaçınılmaz olacaktır.

Enerji ihtiyaçlarını katı ve sıvı yakıtlarla, LPG gazı ile karşılayan müşteriler tüketim için belirli depolama kapasitelerine sahiptirler. Ancak doğal gaz kullanan müşteriler sistem gereği kullandıkları gazı kesinlikle depolamadıkları gibi, vanayı açtıklarında istedikleri basınç ve debide yakıtı kullanmak isteyeceklerdir.

İşte bütün bu durumlar göz önünde bulundurularak değişken taleplerin karşılanması amacıyla doğal gaz çeşitli yerlerde ve metotlarda depolanmalıdır.

Doğal gaz yüksek basınçlarda yer üstü depolarında ve yeraltı depolarında, kullanılmış petrol yataklarında depolanabilmektedir. Ayrıca yeraltında kil tabakaları arasında bulunan tuz tabakaları su ile eritilerek dışarı alınmakta yerine yüksek basınçlarda doğal gaz depolanmaktadır.

Doğal gazın yüksek basınçlarda da olsa yerüstü ve yeraltında depolanması problemi çözümünde tam başarı sağlayamazken bazı problemleri de beraberinde getirmektedir. Yerüstü depolarının yüksek basınca dayanıklı olarak imal edilmesi emniyet ve maliyet konularını gündeme getirirken depolama kapasiteleri de düşük kalmaktadır(9).

9.1. LNG (Sıvılaştırılmış Doğal Gaz)

Doğal gaz atmosferik basınçta yaklaşık olarak -160°C sıcaklığına kadar soğutulduğunda sıvı hale geçer ve sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG) olarak adlandırılır. Bir birim hacim LNG buharlaştırıldığında yaklaşık olarak 600 birim hacim doğal gaz elde edilir. LNG su yoğunluğunun yarısından daha düşük bir yoğunluğa sahiptir. LNG doğal haliyle kokusuz, renksiz, korozif olmayan ve zehirleyici bir özelliği bulunmayan bir sıvıdır. Buharlaştırıldıktan sonra kolayca fark edilmesi için içerisine kokulandırıcılar eklenerek kullanıma sunulur. Hava ile karıştırıldığında yanma limitleri hacimce %5 ile %15 arasındadır.

Temel olarak metan (CH_4) (%90 ve üzeri) ve daha düşük oranlarda etan (C_2H_6), propan (C_3H_8) ve daha ağır hidrokarbonları içeren doğal gaz küçük oranlarda azot (N_2), oksijen (O_2), karbon dioksit (CO_2), kükürtlü bileşikler ve su gibi kirleticiler içerebilir. Sıvılaştırma sırasında kirleticiler uzaklaştırıldığından LNG doğal gaz ile kıyaslandığında daha temizdir(20).

9.1.1. LNG'nin depolanması

Doğal gazın sıvılaştırılarak (LNG) yerüstü tanklarında depolanması diğer depolanma metodlarına alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır. Sıvılaştırma işlemi sırasında doğal gaz hacminin 600 defa küçülmesi gaz fazındaki depo kapasitelerine göre çok büyük miktarda gazın depolanmasına imkan vermektedir. Doğal gaz atmosfer basıncında ancak $-160\text{ }^\circ\text{C}$ 'nin altında sıvı olarak tutulabilmektedir. Bu sebeple LNG depolarının $-160\text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklığı koruyabilen ve soğutma yapabilen yapıda olmaları gerekir(9).

LNG Depoları hem sıvılaştırma tesislerinde hem de buharlaşma yapılan ithal terminallerinde kullanılabilir. LNG depoları çift duvarlı ve metalik konstrüksiyonlu yapılabildiği gibi beton duvarlı olarak da yapılabilmektedir.

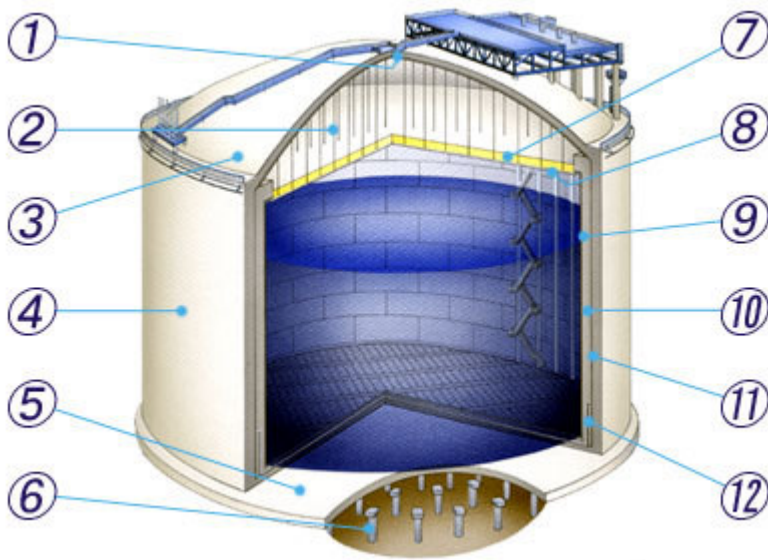
Çift duvarlı metalik konstrüksiyonlu tankların dış yüzeyleri karbon çeliğinden iç yüzeyleri ise %9 nikel çeliği veya alüminyumdan yapılmaktadır. İç ve dış yüzeyler arasında perlit ve mineral lifli olmak üzere iki çeşit izolasyon malzemesi kullanılmaktadır. Tank toprak üzerine yapılmış ve aralarında toprağın donmasına karşı elektrik rezistanslar bulunan beton dilimlerin üzerine oturtulmuştur. Tek beton dilimleri paralel yerleştirilmiş, aralarında hava akımının sağlanabildiği ayaklar üzerine oturtulmuştur.

Beton tanklarda iç yüzeyleri yine %9 nikel çeliği veya alüminyumdan dış yüzeyleri betondan yapılan tanklardır. İki yüzey arasında perlit ve mineral lifli olmak üzere iki çeşit izolasyon malzemesi bulunmaktadır. Mineral lifli izolasyon malzemeleri sıvının hareketlerini karşılayabilmektedir.

Her iki tür tank yapımında göz önünde bulunduran 3 kısım vardır. Bunlar:

- 1- LNG'den etkilenmeyen ve içinde bulunduran tank.
- 2- LNG'nin $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de tutulmasını sağlayacak kalınlık ve yapıda izolasyon malzemesi.
- 3- Metalden veya betondan yapılabilen dış duvar.

Metal konstrüksiyondan yapılan LNG depoları maliyet açısından ucuz olmalarına karşılık emniyetli değildirler. Betondan yapılan tanklar ise daha pahalı olmalarına karşılık emniyetlidirler(9). Şekil 9.1. betondan yapılan LNG tankı ve bölümleri gösterilmiştir(21).



Şekil 9.1. Betondan yapılan LNG depolama tankı kesiti(21)

1 Çatı astarı

Buhar haldeki doğal gazı içerde tutmak için çatının iç yüzeyine çelik bir çatı astarı monte edilmiştir.

2 Asma çubuklar

Asma tavan, çatı gövdesinden paslanmaz çelik asma çubukları ile tutturulmuştur.

3 Beton çatı

Betondan yapılmış çatı yakındaki yangınlardan gelebilecek ısıdan ve uçan cisimlerin darbe etkisinden koruma avantajı sağlar.

4 PC yan duvarlar

PC beton duvar LNG sızdırmayacak şekilde tasarlanmıştır ve duvar ile çatı, duvar ile tavan arasında tek parça bağlantılar yapılmıştır.

5 RC taban plakası

RC beton taban plakası, kazıklarla birlikte tankın temelini oluşturur.

6 RC kazıklar

Kazıklar tank gövdesini destekler.

7 Çatı izolasyonu (yalıtımı)

İç sıcaklığı korumak için çatı yalıtımında cam yünü ya da perlit kullanılır.

8 Asma tavan

Alüminyum alaşımlı asma tavan çatı yalıtımını destekler.

9 İç kabuk

%9 Nikel çelikten yapılmış olup LNG' yi ve üzerinde kalan açık kısmı tutar.

10 Yan duvar yalıtımı

İç kabuk ile dış yan duvarlar arası perlit ile doldurularak yan yüzey yalıtımı sağlanmıştır(21).

11 Yan yüzey astarı

Buhar haldeki doğal gazı içerde tutmak için PC yan duvarının İç yüzüne çelik bir yüzey astarı çekilmiştir.

12 İkincil bariyer

Çok nadiren de olsa iç deponun sızıntı yapması halinde LNG, %9 Nikel çelik olan ikincil bariyerin içerisinde birikecektir.

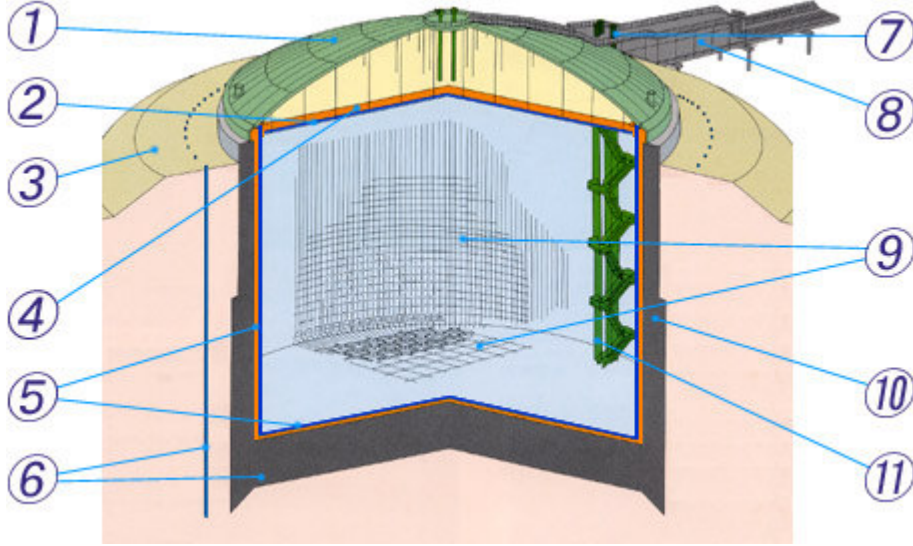
Aşağıdaki resimlerde betondan yapılmış LNG depoları gösterilmiştir(21).



Resim 9.1. Betondan yapılan LNG depolama tankı



Resim 9.2. Betondan yapılan LNG depolama tankı



Şekil 9.2. Çift duvarlı metalik konstrüksiyonlu LNG depolama tankı kesiti(21)

1 Kubbe çatı

Çatı, gazı tank içerisinde tutacak şekilde yapılmıştır ve memeleri, delikleri ve pompa varillerini üzerinde bulundurur. Çatı, kirişlerden, çemberlerden ve çatı plakalarından meydana gelmiştir ve duvarın tepe kısmına oturtulmuştur. Bazı durumlarda çelik yüzeyi korumak için çatı beton ile kaplanır.

2 Asma tavan

Alüminyum alaşımlı asma tavan, çatı gövdesinden asılmıştır ve üzerinde bulunan yalıtım malzemesini destekleme görevi görür. Asma tavanın yükseklik seviyesi meydana gelebilecek depremlerde oluşabilecek dalga yüksekliği düşünülerek tasarlanır.

3 Banket

Emniyeti arttırmak için tankın etrafına banket yapılır.

4 Asma tavan üzerindeki yalıtım

Hafif ve yüksek yalıtım karakteristiğine sahip cam yünü kullanılmıştır(21).

5 Yan ve alt yalıtım

Membranın yanı tabanını desteklemek için yalıtım materyali olarak yüksek basınç direncine ve yalıtım kapasitesine sahip olan ve fabrikalarda panel şeklinde imar edilen katı poliüretan köpüğü (puf) kullanılır. Malzemenin seçiminde basınç direnci değerlendirmeye alınır.

6 Isıtıcı

Donma kabarmasına önlemek için alt ve yan yüzeylere ısıtma boruları yerleştirilmiştir.

7 Pompa iskelesi

Dalgıç pompaların bakımı için bir pompa iskelesi yapılmıştır.

8 Tesisat ve konsol

Sıvı ve gazı tank içerisine besleme yapmak veya tanktan deşarj etmek için tesisat ve konsol koyulmuştur.

9 Membran

Sıvı ve gazı yalıtım için kullanılır ve düşük sıcaklık uygulamalarında yaygın olarak kullanılan paslanmaz çelik (Sus 304)'ten imal edilmiştir. Mitsubishi'nin membran sistemi yalıtım paneli üzerinde kurulmuş olup sıvı ve gazın basıncı tankın yalıtım katmanı üzerinden transfer edilir ve bu şekilde çalışmasının kararlı ve emniyetli olması sağlanır. Mitsubishi'nin membranı tek oluklu tiptedir. Oluklar, oluk şeklinde bükme yöntemi ile şekillendirilmiştir. Oluklar, oluk şeklinde bükme yöntemiyle şekillendirilmiştir ve her yöndeki ısı büzüşmeleri absorbe etmesi için boyuna ve çaprazlama olarak düzenlenmiştir.

10 Yan ve taban duvarlar

Yan duvar ve taban, gaz ve sıvı basıncı, toprak basıncı, su basıncı, depremler ve diğer yüklere dayanabilmesi için güçlendirilmiş betondan yapılmıştır. Yapısı ve konstrüksiyon metodu toprak ve diğer şartlara göre belirlenir(21).

11 Pompa varili çerçevesi

Tankın tabanında deşarj pompa varili ve besleme borusunun delikleri vardır ve çatıyla desteklenmiştir. Genellikle yukarı ve aşağıya koymasına imkan verecek şekilde tabana sallanmalı koruma yerleştirilmiştir.

Aşağıdaki resimlerde çift duvarlı metalik konstrüksiyonlu LNG depoları gösterilmiştir(21).



Resim 9.3. Çift duvarlı metalik konstrüksiyonlu LNG depolama tankı



Resim 9.4. Çift duvarlı metalik konstrüksiyonlu LNG depolama tankı

9.1.2. LNG'nin taşınması

Doğal gaz karada boru hattı (pipeline) ile nakledilir. Fakat kuzey Afrika ve Alaska gibi deniz aşırı ülkelerde elde edilen gaz LNG (sıvılaştırılmış doğal gaz) olarak gemiler ile taşınırlar.

Sıvılaştırılmış doğal gaz 270-300 m uzunluktaki tankerlerde yatay silindirik 25 000 m³ , membranlı tankerin bordasına dayanan 70 000 m³ veya küresel 125 000 m³ kaplarda taşınır(13). Resim 9.5.'de LNG'nin tankerle taşınması gösterilmiştir(20).

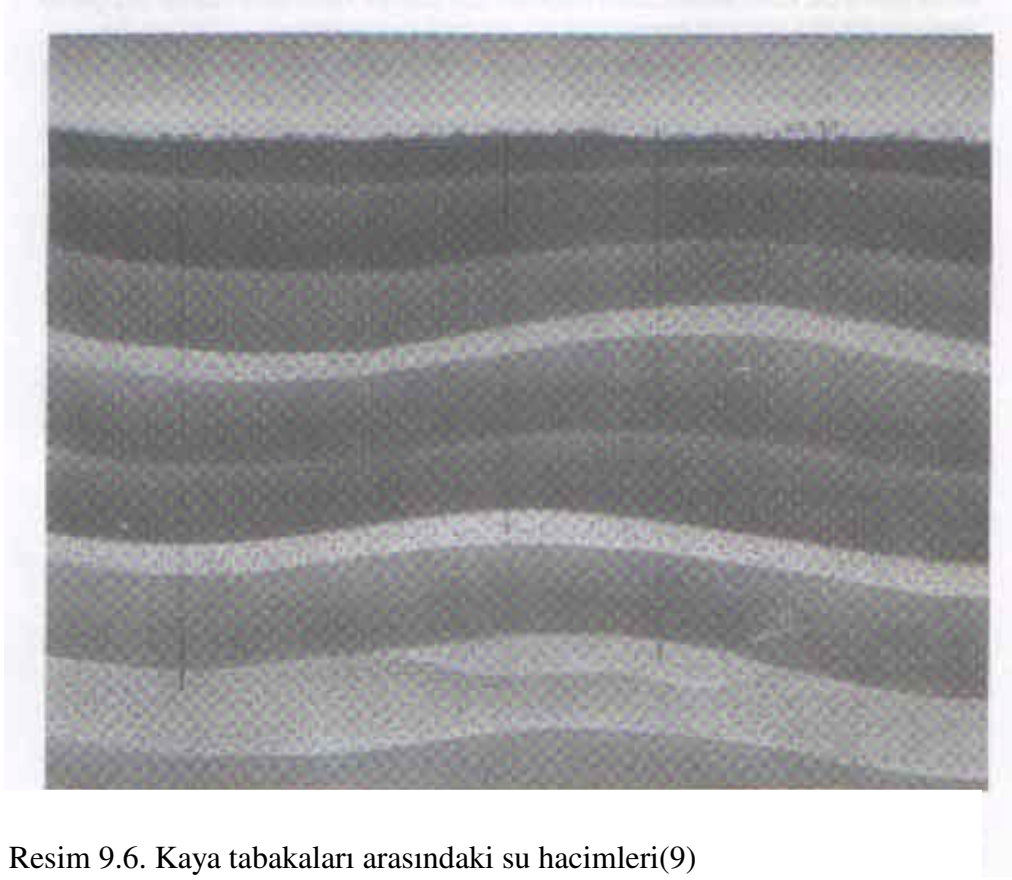


Resim 9.5. LNG'nin taşınması

9.2. Doğal Gazın Yer Altında Depolanması ve Türkiye'deki Yeraltı Depolama Projeleri

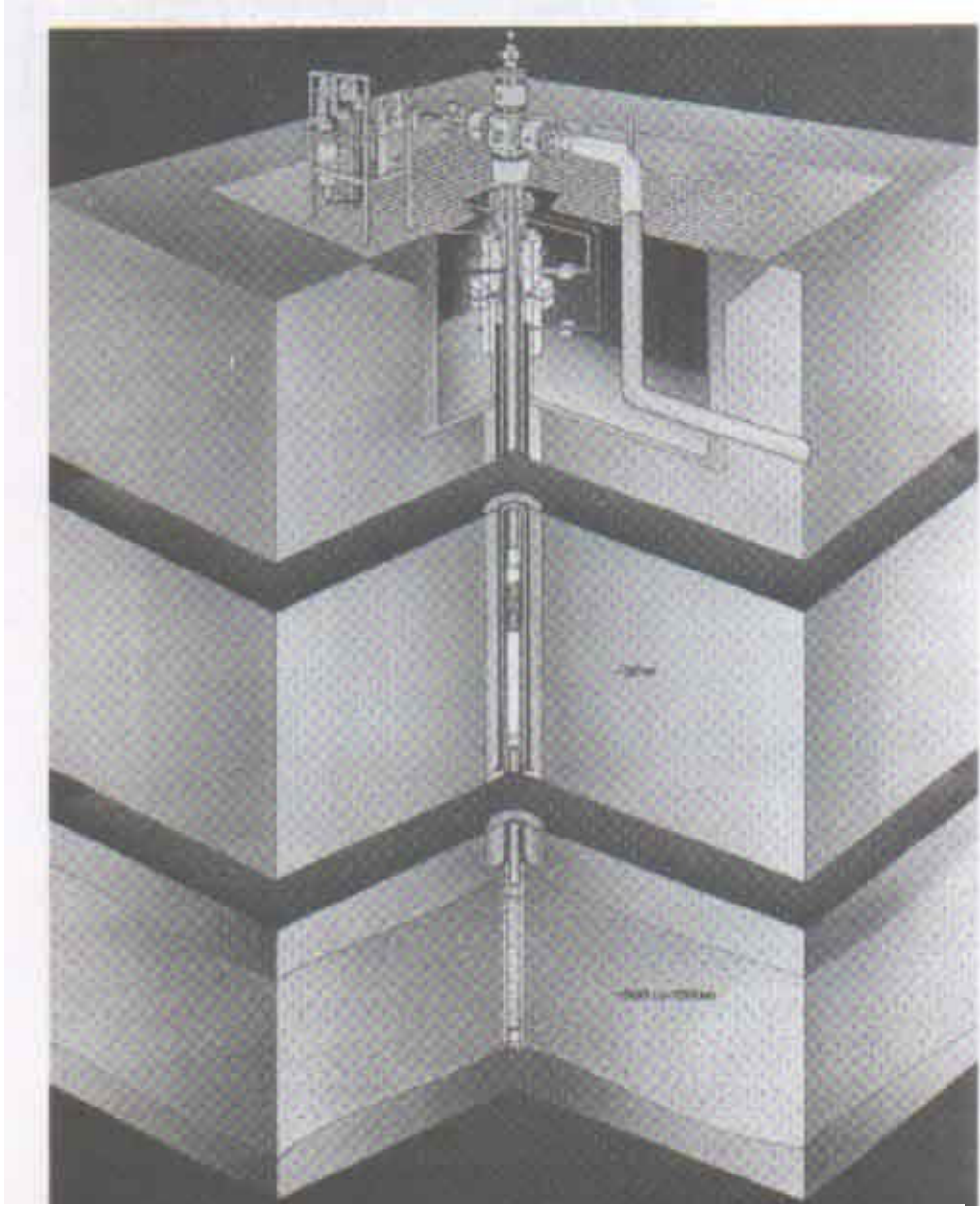
9.2.1. Su tabakalarında depolama

Su tabakalarında depolamada su nüfuz etmiş süngerimsi geçirgen yapıdaki kil tabakaları arasında doğal gaz basınçlı olarak gönderilerek depolanmaktadır. Depolama yapılan su ve kaya tabakalarının derinliği 400 ile 1500 metre arasında değişmektedir. Bu tür depolarda doğal gaz orjinal yatağındaki kuyu şartlarına benzer şekilde depo edilebilmektedir. Resim 9.6.'de kaya tabakaları arasındaki su hacimleri gösterilmiştir.



Resim 9.6. Kaya tabakaları arasındaki su hacimleri(9)

Depolama için uygun bir yerin bulunması birkaç yıllık bir araştırmayı gerektirirken, yer tespitinden sonra da bir dizi test ve uygunluk deneylerinden sonra depolamaya karar verilmektedir. Resim 9.7.'de sondaj tesisatı kesit resmi gösterilmiştir.



Resim 9.7. Sondaj tesisatı kesit resmi(9)

İlk araştırmalar jeolojik metotlarla yeryüzünde yapılmaktadır. Sismik araştırma cihazlarından gönderilen şok dalgaları kaya tabakalarının alt yüzeylerinden yansıtılarak geri gönderilmektedir. Bilindiği gibi bu tür sismik araştırma metotları yol yapımı ve temel yapısı araştırmalarında kullanılmaktadır. Geri gönderilen dalgalar sismik cihazlar tarafından elektrik sinyallerine dönüştürülmekte ve kaydedilmektedir. Kaydedilen bu elektrik sinyalleri bir bilgisayar merkezinde matematiksel metotlar kullanarak işlenir. Bu jeofizik araştırmalardan elde edilen bulgular sahanın jeolojik yapısını ve depolama için uygun olup olmadığını

göstermektedir. Daha sonra ise yeraltında sondaj çalışmalarına geçilir. Sondaj çalışmaları sırasında yeraltından alınan toprak ve su numunelerinden elde edilen bulgularla deponun geometrik yapısı, üst kapak kayasının durumu ve depolama hacmi kapasitesi tespit edilir. Sondaj çalışmalarında burgulu matkap elemanları ve sondaj boruları kullanılmaktadır. Burgu matkap ucunun soğutulması ve kuyu duvarlarını daha kolay delmek amacıyla sondaj borularından aşağıya doğru çamur şeklinde özel sıvı karışımı verilmektedir. Bu çamur sondaj borusuyla kuyu arasındaki boşluğu da doldurur. Sondaj borusunun en alt ucuna kayalardan korumak ve filtrelemek amacıyla bir süzgeç yerleştirilmiştir. Borunun yeryüzünden yaklaşık 30 m aşağısındaki bölümüne de bir otomatik emniyet vanası yerleştirilmiştir. İki tip sondaj kuyusu vardır. Bunlardan üretim kuyusu merkezi istasyona bağlıdır. Gözetleme kuyusu ise depolama işlemi sırasındaki değişimleri tespit etmek için gözetleme amacıyla kullanılmaktadır. Kompresör ünitesi ile temizleme tesislerinin bulunduğu merkezi istasyon üretim kuyusu ve gaz taşıma boru hattına bağlanmıştır. Kompresör şartlara göre genellikle ya gaz türbinleri tarafından ya da elektrik motorları tarafından çalıştırılır.

Yer altı depolarından geri çekilen Doğal Gaz su ihtiva eder. Bazen de sülfür bileşikleri ihtiva eder. Bu sebeple depolardan çekilen doğal gazın temizleme ve arıtma işlemlerinden sonra taşıma ve dağıtım sistemlerine verilmesi gerekir.

Depoya gazın pompalanması ve sonrasında depolama bölgesindeki jeolojik hareketlerin ve gazın yer değiştirmesinin görüntülü bilgisayar sistemi ile izlenmesi gerekir(9).

9.2.2. Tuz tabakalarında depolama

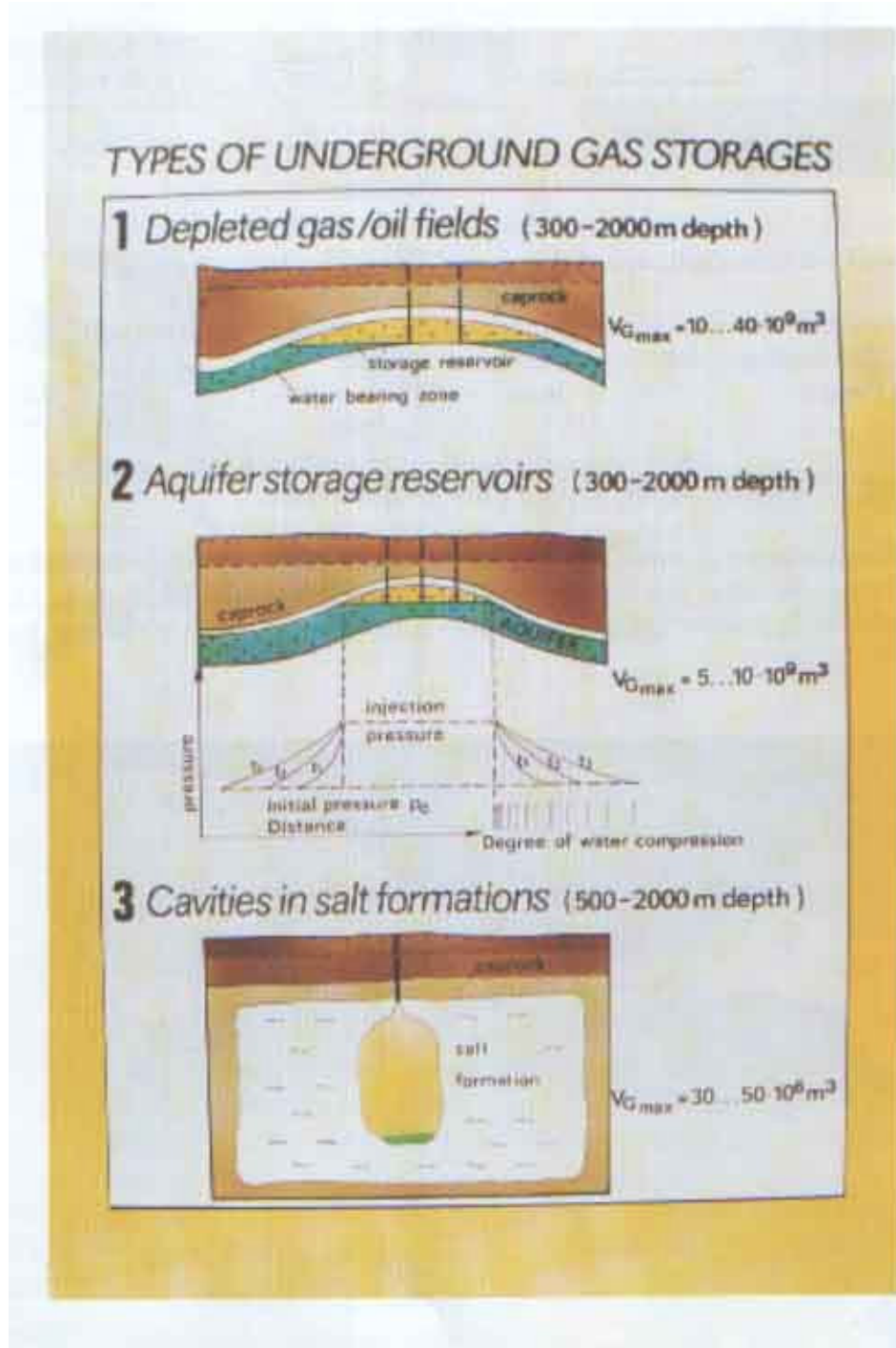
Tuz tabakalarında depolama tekniği ile her tabakada 200 000 m³'lük bir hacimde depolama imkanı doğmuştur. Su tabakalarının tespitinde kullanılan metot ve cihazlarla tespit edilen etrafı kayalarla çevrili yer altı tabakasına su gönderilerek tuz eritilmektedir. Dışarıya alınan tuzlu suyun yerine basınçlı doğal gaz depolanmaktadır. Çıkarılan tuzlu su eriyiği sanayi kullanımları için müşterilere satılmaktadır. Bu depolama metodu sayesinde doğal gaz müşterilerinin özellikle kış aylarında ortaya çıkan yoğun talepleri karşılanabilmektedir.

Kuyu açma ve sondaj çalışmaları aynen su tabakalarında kullanılan prensiplerle yürütülmektedir.

Doğal gazın yer altında depolaması konusunda Fransa'da büyük gelişmeler sağlanmıştır. Su tabakasında depolama çalışmalarına 1950 yıllarında başlanmış ve 475 milyon m³ kapasiteli ilk depo Beynes'te 1956 yılında çalışmaya başlanmıştır. Tuz tabakalarında depolama çalışmaları 1970 yılında Tersanne'de 480 milyon m³ kapasitedeki bir deponun işletmeye başlanması ile ilk ürününü vermiştir.

Yeraltında gaz depolanmasında büyük bir bilgi birikimine sahip olan Fransız GDF kuruluşunun bu konudaki çalışmaları devam etmektedir. 1985 yılında Fransa da 10 adet su tabakası ve 2 adet tuz tabakasında olmak üzere 12 adet yer altı deposunun toplam kapasitesi 22,150 milyar m³'dür(9).

Şekil.9.3.'de yer altı gaz depolarının türleri gösterilmiştir(13).



Şekil.9.3. Yer altı gaz depolarının türleri

1. Boşaltılmış gaz/petrol yatakları
2. Gözenekli tabakalar
3. Tuz oluşumları içindeki boşluklar

9.2.3. Yer altı doğal gaz depolama projesi

Gazın kışın fazlaca kullanılması neticesi kış mevsiminde arz-talep dengesizliği ortaya çıkmaktadır. Böyle durumlarda, arz ve talebi dengelemek maksadı ile doğal gaz sisteminde regülasyonu sağlamak için başvurulacak en iyi yöntem yeraltı depolarının kullanılmasıdır(18).

Doğal gaz sisteminin ayrılmaz bir parçası olan "yeraltı depolama" bütün dünyada gelişmekte ve önem kazanmakta olup, artık gaz piyasasını kontrol eden ana unsurlardan birisi haline gelmiştir. Ayrıca pik çekişlerinde fiyat dalgalanmalarının önüne set çeken bir regülatör vazifesi görmesi, yeraltı depolamanın önemini daha da artırmaktadır.

Doğal gazın mevsimsel, günlük ve saatlik tüketim taleplerinin düzenlenmesi; ısı farklılığına bağlı olarak talebin azaldığı yaz aylarında, doğal gazın kışın artan ihtiyacı karşılamak amacıyla yeraltında depolanması için gerekli çalışmalar hızla devam etmektedir(18).

Kuzey Marmara ve Değirmen köy sahaları yeraltı doğal gaz depolama projesi

Kuzey Marmara ve Değirmen köy Sahaları Yeraltı Doğal Gaz Depolama Projesi tamamlandığında bu sahalarda yılda 1,6 milyar m³ doğal gaz depolanabilecektir. Sahalara yaz aylarında ortalama 9 milyon m³/gün ile enjekte edilecek olan gaz, kış aylarında ortalama 11 milyon m³/gün debi ile üretilbilecektir(22).

Kuzey Marmara ve Değirmen köy sahalarının yeraltı gaz deposu olarak kullanılması amacıyla kurulacak olan yüzey tesislerinin anahtar teslimi (EPIC) ihalesine ilişkin olarak Lurgi Oel Gas Chemie GmbH-Fernas İnşaat Ltd. Şti. konsorsiyumu ile anlaşma imzalanmıştır.

Halen söz konusu konsorsiyum detay mühendislik çalışmalarına devam etmekte olup, malzeme temin çalışmaları kapsamında 2003 yılı içerisinde satın alma

şartnameleri hazırlanmış olan start-up ısıtıcı, gaz dehidrasyon ünitesi, ,hidrokarbon çığlenme noktası ayarlama ünitesi, yakıt gazı sistemi, inlet gaz filtreleri, ön separatör ünitesi, yüksek basınçlı separatör, düşük basınçlı separatör, glikol enjeksiyon üniteleri, asma vinç ile gaz ölçüm sistemi siparişe bağlanmıştır. Kompresör ve türbin paketlerinin imalatları tamamlanmış ancak testleri devam etmektedir.

2003 yılı içerisinde 1/50000 ölçekle Nazım İmar Planı Tadilatı yapılmış, sağlık koruma bandı mesafesi 75 m olarak belirlenmiştir. 1/5000 ve 1/1000 ölçekli planlar onaylanmış, tesis yeri ve tesis izinleri, yapı ruhsatı ve enerji piyasası düzenleme kurumundan depolama lisansı alınmıştır. Ortak yüzey tesisinin giriş yolu alt yapısı tamamlanarak yol kullanıma açılmış ve tesise elektrik temin edilmiştir. Ağustos 2003 itibarı ile konsorsiyum şantiyedeki faaliyetlerine başlamış; kompresör, idari ve atölye binalarının inşaatı devam etmektedir.

Ayrıca kuzey Marmara sahasında açılacak olan uzun açılımlı kuyuların entegre sondaj servisleri işi için Baker Hughes Inteq (BHI) firması ile anlaşma imzalanmıştır. 2003 yılı sonunda sahada 3 uzun açılımlı kuyunun sondaj ve tamamlama işlemleri bitirilmiştir. 3 kuyuda yapılan test çalışmaları sonrasında kuyu performansları proje beklentilerini karşılar nitelikte bulunmuştur.

Değirmenköy sahasında toplam 7 adet kuyunun tamamlama operasyonları ve testleri gerçekleştirilmiştir. Sahaların yeraltı gaz deposu olarak kullanılmasına Nisan 2005'te başlanacağı tahmin edilmektedir(22).

Tuz gölü doğal gaz yeraltı depolama projesi

Doğal gazın yeraltında depolanabildiği en uygun ortamlardan birisi; yeraltında bulunan tuz yapılarında eritme (leaching) operasyonu ile oluşturulan büyük hacimli suni kavernalardır. Tuz Gölü'nün 30-40 km. güneyinde, Aksaray ili Sultanhanı ilçesi Bezirci yöresinde varlığı ispat edilmiş olan tuz domları bu iş için uygunluk arz etmektedir. Proje ile ilgili olarak 1999 yılında ihale açılmış ve yapılan ihale sonrası PLE/PODZEMGAZPROM/ENVY konsorsiyumu ile sözleşme imzalanmış ve çalışmalara başlanılmıştır. 15 Ekim 2000 tarihi itibariyle sismik çalışmalara başlanılmış ve Kasım 2000'de bu çalışmalar tamamlanmıştır. Ham data olarak sahadan elde edilen sismik etüt sonuçlarının değerlendirilmesine devam edilmektedir(18).

10. TÜRKİYEDE VE DÜNYADA DOĞAL GAZ

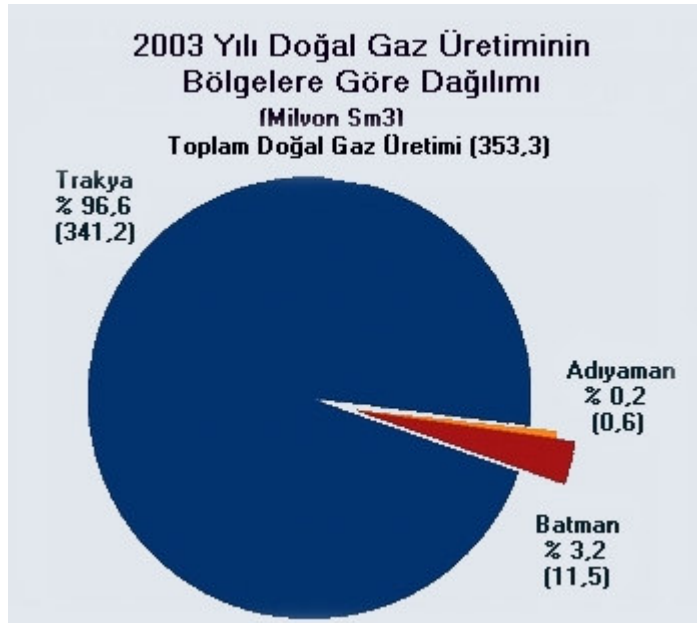
10.1. Türkiye'nin Doğal Gaz Potansiyeli

Türkiye’de ispatlanmış toplam doğalgaz kaynakları 30 milyar m³ civarındadır. Bu potansiyelin kabaca %70’i, yani 20 milyar m³’ü üretilebilir görülmektedir. Halen, 2000 yılı sonu itibari ile 3 Milyar m³ doğal gaz üretimi yapılmıştır. Ancak, Türkiye’de jeolojik ve jeofizik araştırmalarının ve özellikle sondaj edilerek araştırılmış bölgelerinin tarihinin yeni olduğu düşünülürse henüz keşfedilememiş muhtemel rezervlerin önümüzdeki gelecekte yukarıda verilen potansiyel değere ilavesi pekala mümkündür. Çizelge10.1.’de Türkiye’de ispatlanmış ve muhtemel doğalgaz kaynakları ile ilgili bazı değerler verilmiştir. Türkiye’de 300-400 milyar m³ civarında bir doğal gaz potansiyeline sahip olabileceği görülmektedir. Bugün, gelişmiş bir Avrupa ülkesinin ortalama yıllık gaz tüketimi olan 15 milyar m³’lük bir tüketimi, en az 20 yıl süre ile besleyebilecek bu potansiyelin, Türkiye gelecek ekonomisi için ne derece önemli olduğu açıktır(18).

Çizelge 10.1. Türkiye doğal gaz potansiyeli

Bölge	İspatlanmış 10 ⁹ m ³	Muhtemel 10 ⁹ m ³
Trakya; Hamitabat,	50,0	90,0
Tuz gölü Havzası	-	25,0-45,0
Adana-İskenderun	-	45,0-85,0
Güneydoğu Anadolu	15,0 ^(*)	115,0-140,0
Orta ve Batı Akdeniz Sahilleri	-	100,0-150,0
Kumrular, Umurca	5,0	15,0
Doğu Kara Deniz	-	30,0-60,0

2003 yılında gaz sahalarından toplam 353,3 milyon m³ doğal gaz üretilmiştir. Trakya Bölgesinden üretilen doğal gaz 81 şirkete, Batman Bölgesindeki Çamurlu sahasından üretilen doğal gaz bölgedeki 2 şirket ve 1 okula, Adıyaman Bölgesinde üretilen petrolden ayrışan gaz ise 1 şirkete satılmıştır. Üretilen doğal gazın hampetrol eşdeğeri 2,1 milyon varildir. Böylece TPAO sahalarında 2003 yılı içinde üretilen hidrokarbon miktarı 13,2 milyon varil olmuştur. Doğal gaz üretiminin %96,6'sı Trakya Bölgesinden, %3,2'si Batman Bölgesinden ve % 0,2'si Adıyaman Bölgesinden yapılmıştır(22).



Şekil 10.1. 2003 yılı doğal gaz üretiminin bölgelere göre dağılımı

10.1.1. Türkiye'deki doğal gaz rezervleri, tüketimi ve muhtemel gelişmeler

Doğal gaz üretimi Türkiye'de 566 milyon m³ (20 milyar kübik feet)'dir. 14 doğal gaz havzasından temin edilmektedir. Üretim toplam doğal gaz ihtiyacının %5'ini karşılamaktadır. Doğal gaz tüketimi ise 370 milyar kübik feet'dir. (10,5 milyar m³) Önümüzdeki dönemde, doğal gaz talebinin hızlı biçimde artacağı ve 2010 yılında ülkemiz ihtiyacının 55 milyar m³ olacağı tahmin edilmektedir. Doğal gazın enerji santrallerinde ve endüstride kullanımının artması beklenmektedir(23).

Doğal gazın birincil enerji kaynakları tüketiminde, 1995 yılında %10 olan payı 1999 yılında %15,2 olmuştur. 2000 yılında bu payın %16,6, 2005 yılında ise %27,5 olacağı tahmin edilmektedir.

Doğal gaz tüketiminin sektörel dağılımına bakıldığında elektrik sektörü % 59,9, sanayi %21, konut ve hizmetler ise %18,9 oranında pay almaktadır. 2005 yılı itibarıyla söz konusu dağılımın sırasıyla %50,4, %29,5 ve %19,9 olması beklenmektedir.

Türkiye doğal gaz ithalatının önemli kısmını Balkanlardan gelen boru hattı yoluyla Rusya Federasyonu'ndan gerçekleştirmektedir. Cezayir ve Nijerya'dan sıvılaştırılmış doğal gaz ithalatı da yapılmaktadır. Türkiye doğal gaz ithalatını gerçekleştirdiği kaynakları çeşitlendirmek amacıyla İran, Mısır Arap Cumhuriyeti, Türkmenistan ve Irak ile de anlaşmalar yapmış bulunmaktadır.

Türkiye doğal gaz ithalatı ise artış göstermekte olup, sıvı ve gaz halinde 1998 yılında 877 milyon \$ olan ithalat, 1999 yılında %8 oranında artarak 948 milyon \$'a ulaşmıştır. Aynı dönemde sıvılaştırılmış olarak ithal edilen doğal gaz değer olarak 1998 yılında 373 milyon \$, 1999 yılında ise 339 milyon \$ 'dır.

1997 yılında, Türkiye ile Rusya Federasyonu arasında Karadeniz altından geçecek bir boru hattı ile doğal gaz ithali konusunda anlaşma imzalanmıştır. "Mavi Akım Projesi" olarak adlandırılan bu proje çerçevesinde, inşaa edilecek boru hattı Rusya'da İzobilnoye'den Karadeniz kıyısında Dzhugba'ya daha sonra ise Karadeniz altından geçerek Samsun'a ve Samsun'dan da Ankara'ya ulaşacaktır. 1220 kilometrelik hattın 396 kilometrelik kısmı Karadeniz altından geçecektir. Hat tam kapasiteye geçtiğinde yılda 16 milyar metreküp doğal gaz ithalatı mümkün olacaktır. 1996 yılında yapılan anlaşma gereğince kapasitesi yükseltilecek Batı Hattı ile birlikte 2007 yılını müteakiben Rusya'dan 30 milyar metreküp doğal gaz ithal edilebilecektir(23).

Diğer önemli bir proje ise Türkmen gazı projesidir. 1999 yılında imzalanan anlaşmaya dayalı proje kapsamında inşaa edilecek boru hattı Türkmenistan'dan

başlayarak, Hazar Denizi altından, Azerbaycan ve Gürcistan üzerinden geçerek ülkemize ulaşacaktır. 1695 kilometre uzunluğundaki hattın yıllık 565-1060 milyar kübik feet (16-30 milyar m³) doğal gaz nakli mümkün olabilecektir. Gaz tesliminin 2002-2003 yıllarında başlaması beklenilmektedir.

İran'dan doğal gaz ithaline yönelik anlaşma kapsamında yapılacak gaz alımları 2001 yılına ertelenmiş olup proje gereğince Doğubeyazıt'tan Sivas'a boru hattı inşaatı gerçekleştirilecektir. Söz konusu proje ile ülkemizin yılda 10 milyar m³ doğal gaz ithal etmesi planlanmaktadır. Bu proje kapsamında Türkmenistan İran'a doğal gaz ihraç edecek İran ise kendi gazını Türkiye'ye gönderecektir.

Mısır Arap Cumhuriyetinden doğal gaz alımları konusunda da çalışmalar sürdürülmektedir. Boru hattı yoluyla veya sıvılaştırılmış doğal gaz şeklinde ithalat söz konusu olabilecektir.

Diğer taraftan, doğal gaz kullanımının ülke çapında yaygınlaştırılmasına yönelik yatırımlara devam edilmektedir. 1995 yılında 5,6 milyar m³ doğal gaz boru hatlarıyla taşınmıştır. 2000 yılında 10,5 milyar m³ olarak programlanmış olan doğal gaz boru hattı taşımacılığının 2005 yılında 43,7 milyar m³ 'e ulaşması beklenmektedir.

Sonuç olarak, dünyadaki doğal gaz tüketiminin önümüzdeki yirmi yılda 1990'lı yılların ikinci yarısındaki seviyenin iki katına çıkacağı tahmin edilmekte, tüketim artışının özellikle gelişmekte olan ülkelerde belirgin olacağı, doğal gazın elektrik santrallerinde kullanımının artacağı ve ülkelerin ithal kaynaklarını çeşitlendirme yönündeki çalışmalarının yoğunluk kazanacağı anlaşılmaktadır(23).

10.1.2. Mevcut doğal gaz sisteminin modifikasyonu ve geliştirilmesi projeleri

Artan doğal gaz talebine bağlı olarak mevcut iletim sisteminin taşıma kapasitesinin artırılması gündeme gelmiş ve bu kapsamda bir dizi yatırım gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda; yaklaşık 100 km uzunluğunda ve 36" çapında Kırklareli Kompresör İstasyonu-Önerler Pig İstasyonu Arası Loop Hattı, Ambarlı Kompresör İstasyonu (CS-2), Bursa Kompresör İstasyonu (CS-4), Ankara'dan Eskişehir yönüne 61 km. uzunluğunda ve 40" çapında Loop hattı projelerinin devreye alınmasıyla boru hattının günlük taşıma kapasitesi LNG Terminalimizden yapılan doğal gaz sevkiyatı ile birlikte yaklaşık olarak 62 milyon m³'e ulaşmıştır. Ayrıca Türkiye genelindeki boru hatlarının genişletilmesi maksadı ile inşa edilen Çan-Çanakkale boru hattı tamamlanarak Temmuz/2000'de işletmeye hazır hale getirilmiştir. Bunun yanı sıra, doğal gazın ülke sathında yaygınlaştırılması ve "Mavi Akım Projesi" ile Rusya Federasyonu'ndan ve doğudaki arz kaynaklarından alınacak gazın enterkonnekte bir iletim sistemiyle tüketim noktalarına ulaştırılması amacıyla geliştirilen projelerimizde bulunmakta olup, bu projelerin son durumları hakkında da kısa bilgiler vermek istiyorum(18).

Karacabey- İzmir doğal gaz iletim hattı

Konu boru hattı 36" çapında ve yaklaşık 251 km uzunluğunda olup, proje kapsamında Mustafa Kemalpaşa, Susurluk, Balıkesir, Aliğa, Manisa, Akhisar ve İzmir branşman vanaları bulunmaktadır. Ayrıca 36" çapında ve yaklaşık 35 km uzunluğundaki Aliğa branşmanı da proje kapsamına ilave edilmiştir.

Susurluk, Balıkesir, Manisa OSB, Aliğa, Akhisar OSB, Turgutlu OSB, Kemalpaşa OSB, Atatürk OSB, Torbalı ve Pınarbaşı bölgelerindeki sanayi tesislerine gaz arzını sağlamak üzere dağıtım hatları ihalesine çıkılmış olup, sözleşme imzalama aşamasına gelinmiştir(18).

Güney ve güneybatı doğal gaz iletim hatları

Güney Hattı (Sivas-Mersin) ve Güneybatı Hattı'nın (Konya-İzmir) ihalesine çıkılmış ve teklifler alınmış olup, 2001 yılı sonuna kadar yapım sözleşmesinin imzalanması öngörülmektedir(18).

Doğu Anadolu doğal gaz iletim hattı projesi

1996 yılında Türkiye ile İran arasında plato dönemde yılda 10 milyar m³ doğal gaz alım satımı, 1999 yılında Türkiye ile Türkmenistan arasında plato dönemde yılda 16 milyar m³ ve son olarak ta Türkiye ile Azerbaycan arasında plato dönemde yılda 6,6 milyar m³ doğal gaz alım satımı için imzalanan anlaşmalar kapsamında ithal edilecek doğal gaz, Türkiye gaz şebekesinin entegrasyonunu sağlamak ve doğudan gelecek doğal gazı kullanıma sunmak üzere yapımına başlanmış olan Doğu Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı ile taşınacaktır. Doğu Anadolu Doğal Gaz İletim Hattı 5 bölüm halinde ihale edilmiş olup 2001 Haziran sonunda işletmeye hazır hale getirilmiştir. Hat, Ekim 2001 sonunda İran'dan doğal gaz sevkıyatının başlaması ile işletmeye açılacaktır(18).

Samsun-Ankara doğal gaz iletim hattı projesi (mavi akım projesi)

Aralık 1997 tarihinde Rusya Federasyonu'nun ilgili şirketi Gazexport ile BOTAŞ arasında imzalanan Alım-Satım Anlaşması kapsamında 16 milyar m³/yıl Rus doğal gazı, Karadeniz altından ve her biri 24" çapında olan iki ayrı 396 km'lik deniz boru hattı ile sevk edilecektir. Rusya Federasyonu, kendi sınırları içindeki boru hattıyla deniz boru hattının yapım ve işletiminden sorumludur. Türk kara sınırları içindeki 501 km'lik Samsun-Ankara boru hattının yapımı ve işletilmesi Türkiye'nin sorumluluğundadır. Samsun-Ankara Doğal Gaz Boru Hattı'nın yapım çalışmaları tamamlanmış olup, bu hattın 2002 yılının ilk çeyreğinde gaz sevkıyatına başlanması öngörülmektedir(18).

10.2. Dünya Doğal Gaz Rezervleri, Tüketimi ve Muhtemel Gelişmeler

Tüketimi hızla artış göstermekte olan doğal gazın dünya enerji kaynakları tüketimi içerisindeki payı da yükselmektedir. 2020 yılına kadar doğal gaz tüketiminin 167 trilyon kübik feet'e (tcf) (1 kübik feet = 28,317 cm³ 1m³=35,314 kübik feet) (4,72 trilyon m³) ulaşması beklenmektedir. 1980 yılında 53 tcf, 1990 yılında 73 tcf olan tüketim, 1997 yılı itibarıyla 82 tcf (2,3 trilyon m³) seviyesindedir(23).

Dünyada doğal gaz talebi Ortadoğu ve Afrika dışında hızla artma eğilimindedir. Asya'daki gelişmekte olan ülkeler ile Güney ve Orta Amerika'da yüksek oranlı doğal gaz talep artışı beklenmektedir. Ayrıca, önümüzdeki dönemde gelişmekte olan ülkelerde de hızlı bir talep artışı öngörülmektedir.

Doğal gaz elektrik üretiminde giderek artan oranda kullanılmaktadır. 2020 yılına kadar, elektrik enerjisi üretimi için kullanılan doğal gaz miktarının toplam doğal gaz tüketiminin %33'üne ulaşması beklenilmektedir. Doğal gaz, santrallerde ekonomik olarak türbünlerin etkinliğini sağlamasının yanısıra çevre etkileri nedeniyle de tercih edilmektedir. Doğal gaz yakıldığında, kömür ve petrole göre daha az sülfür dioksit, karbon dioksit ve atık açığa çıkmaktadır.

Gelişmiş ülkelerde doğal gaz yıllık tüketim artışının diğer yakıtlara göre yüksek olduğu görülmektedir. 2020 yılına kadar yıllık artışın %2,1 oranında olması beklenmektedir. Gelişmekte olan ülkelere de benzeri gelişim izlenmektedir. 1997 yılı itibarıyla gelişmekte olan ülkelere doğal gaz tüketiminin toplam enerji kullanımındaki payı dünya ortalaması olan %22 oranının altında %14 oranında bulunmaktadır. Ancak önümüzdeki dönemde bu ülkelerdeki yıllık gaz tüketiminin %5,6 oranında artacağı tahmin edilmektedir. Bu ülkelerde doğal gaz enerji üretiminin yanısıra ısıtma ve endüstri yakıtı olarak kullanılmaktadır(23).

Dünya doğal gaz rezervleri son yirmi yılda %100 oranında artış göstermiştir. 2000 yılı Ocak ayı itibarıyla dünya doğal gaz rezervlerinin 5,146 tcf (145,7 trilyon m³) olduğu tahmin edilmektedir. Son yirmi yılda rezerv artışları eski Sovyet

Cumhuriyetlerinde, Ortadoğu, Güney ve Orta Amerika ile Asya Pasifik bölgelerindeki ülkelerde görülmüştür. En önemli artışlar 33 tcf (934 milyar m³) ile Afrika kıtasında Cezayir ve Mısır'da ve 4 tcf (113 milyar m³) ile Asya Pasifik bölgesinde görülmüştür(23).

Dünyada doğal gaz kaynaklarının bölgesel dağılımına bakıldığında rezervlerin petrole göre daha geniş bir alanda dağıldığı görülmektedir. Ortadoğu Bölgesi petrol rezervlerinin %65'ine sahip olduğu halde doğal gaz rezervlerinin %34'üne sahip bulunmaktadır. Sınırlı petrol rezervlerine sahip bazı bölgeler doğal gaz kaynaklarının daha büyük bir kısmına sahiptirler.

Bölgeler itibarıyla Rezerv/Üretim Oranına ilişkin bilgiler ise aşağıda yer almaktadır. Söz konusu oran rezervlerin kullanım süresini göstermektedir.

- Ortadoğu ve Afrika 100,0 yıl
- Eski Sovyet Cumhuriyetleri 83,4 yıl
- Güney ve Orta Amerika 71,5 yıl
- Kuzey Amerika 11,4 yıl
- Avrupa 18,3 yıl

Dünya için söz konusu oran ortalama 63,4 yıldır. Bu oran petrol için ise 41 yıl seviyesindedir. Doğal gaz kaynaklarının ülkeler itibarıyla dağılımı Çizelge 10.2.'de gösterilmektedir(23).

Çizelge 10.2. Ülkeler itibarıyla doğal gaz rezervleri(23)

Ülke	Rezerv (Trilyon kübik feet)	Trilyon m ³	Toplam Rezerv İçi Payı %
Dünya	5146	145,7	100,0
Üretici 20 Ülke	4571	129,4	88,8
Rusya Federasyonu	1700	48,1	33,0
İran	812	22,9	15,8
Katar	300	8,5	5,8
B.A.E	212	6,0	4,1
Suudi Arabistan	204	5,7	4,0
ABD	164	4,6	3,2
Cezayir	160	4,5	3,1
Venezüella	143	4,0	2,8
Nijerya	124	3,5	2,4
Irak	110	3,1	2,1
Türkmenistan	101	2,8	2,0
Malezya	82	2,3	1,6
Endonezya	72	2,0	1,4
Özbekistan	66	1,8	1,3
Kazakistan	65	1,8	1,3
Kanada	64	1,8	1,2
Hollanda	63	1,7	1,2
Kuveyt	52	1,4	1,0
Çin	48	1,3	0,9
Meksika	30	0,8	0,6

Çizelge 10.2.'de de görüleceği üzere, çizelgede yer alan 20 ülke dünya rezervlerinin %88.8'ine sahiptir. Rusya Federasyonu ise %33 ile ilk sırada yer almaktadır.

10.2.1. Kuzey Amerika

ABD ve Kanada'da doğal gaz tüketiminin 1997-2020 yılları arasında yıllık %1,6, Meksika'da ise %2,4 oranında artması beklenmektedir. Artışta, elektrik enerjisi üretimi etkili olmaktadır. Kanada doğal gaz üretiminin %55'i ABD'ye ihraç edilmektedir (Yaklaşık 3 tcf, 84,9 milyar m³). Bu miktar ABD doğal gaz tüketiminin %14'üne tekabül etmektedir. 2005 yılına kadar Kanada'nın ABD pazarındaki payının %18,4'e yükselmesi beklenilmektedir. Kanada'da ve Kanada ile ABD arasında yeni boru hatları inşaatları devam etmekte olup 2000 yılı sonuna kadar iki ülke arasında 5 yeni hattın tamamlanması ile 1 hattın modernize edilmesi beklenmektedir. Söz konusu hatların inşası Batı Kanada'daki rezervlerin piyasaya arz edilmesine imkan sağlayacaktır(23).

ABD'de de önemli ölçüde doğal gaz boru hattı inşaa çalışmaları devam etmektedir. Yapılan son 4 adet boru hattı Wyoming, Montana ve New Mexico üretim bölgelerinden gaz tedarikine imkan sağlamaktadır.

Diğer taraftan sıvılaştırılmış doğal gaz ithalatı ABD için ekonomik olmaya başlamıştır. Yılda 0,08 tcf (2,26 milyar m³) olan ithalatın 2020 yılına kadar 0,39 tcf 'e (11 milyar m³) ulaşması beklenilmektedir. İthalat genel olarak Cezayir'den yapılmakla birlikte ithal kaynakları çeşitlendirilmekte olup Avustralya, Trinidad, Tobago, Katar, Abu Dhabi ve Norveç yeni tedarikçi ülkeler durumundadır.

Meksika'da üretim tüketimi karşılamaktan uzaktır. Ülkenin net ithalatçı konumunu sürdürmesi beklenmektedir. 1998-2007 döneminde doğal gaz talebinin yılda %9,2 oranında artacağı tahmin edilmektedir. Talepteki artış diğer iki ülkede de olduğu gibi elektrik üretimi ihtiyacından kaynaklanmaktadır. ABD'den doğal gaz ithalatının 2020 yılında 0,24 tcf 'e (6,7 milyar m³) ulaşması beklenilmektedir

10.2.2. Batı Avrupa

Avrupa gaz rezervleri toplam dünya rezervlerin %5'inden az olup, genel olarak Hollanda, Norveç ve İngiltere'de yer almaktadır. Avrupa'nın gaz ihtiyacının 1/3'ü bölge dışından eski Sovyetler Birliği Ülkeleri ve Cezayir'den sağlanmaktadır. Talep artışı özellikle Almanya, Yunanistan, Portekiz, İtalya, İspanya, Finlandiya, Belçika ve Danimarka'da görülmektedir. Batı Avrupa gaz tüketiminin yılda %2,9 oranında artarak 2020 yılına kadar 25,9 tcf'e (733 milyar m³) ulaşması beklenmektedir(23).

Altyapı çalışmaları ise bölgede devam etmektedir. 1999 yılında yapımı tamamlanan 675 km uzunluğundaki Europipe II Norveç'in batı kıyısını Almanya'nın kuzeybatı bölgesine bağlamaktadır. 2010 yılına kadar Norveç doğal gazının Almanya'nın doğal gaz tüketiminin %30'unu karşılaması beklenmektedir. 1998 yılı Almanya gaz tüketimi 3,3 tcf (93 milyar m³) seviyesindedir. Halen yapımı süren Almanya-İsviçre boru hattının kuzey güney hattında gaz akışını arttırması beklenmektedir. Yamal-Europe hattının tamamen tamamlanması ise Rus doğal gazının Almanya ve diğer Batı Avrupa Ülkelerine daha fazla miktarda intikaline imkan sağlayacaktır.

İtalya ve İspanya'daki doğal gaz piyasası da genişleme göstermektedir. İtalya'nın ENI şirketi, Libya Ulusal Petrol Şirketi ile Libya doğal gazının denizaltından yapılacak boru hattı ile İtalya'ya ithali konusunda anlaşmaya varıldığını, anlaşmanın 2003 yılından itibaren yılda 280 milyar kübik feet (7,4 milyar m³) doğal gazın ithalini öngördüğünü belirtmiştir.

İspanya'da doğal gaz enerji santrallerinin devreye girmesi ile 2000 yılı sonrasında doğal gaz talep artışı beklenmektedir. İspanya halen Nijerya'dan sıvı doğal gaz alımı konusunda anlaşma yapmış bulunmaktadır(23).

10.2.3. Doğu Avrupa, Rusya ve Eski Sovyet Cumhuriyetleri

Doğu Avrupa Ülkeleri doğal gaz tüketiminde bir düşüş izlenmektedir. Rusya Federasyonu dünya doğal gaz ticaretine hakim bir konumda bulunmaktadır. Rusya Federasyonu 7 tcf (198,2 milyar m³) olan toplam doğal gaz ihraç miktarının 4,2 tcf'ini (118,9 milyar m³) Avrupa Ülkelerine ihraç etmektedir. Eski Sovyet Cumhuriyetleri arasındaki ticaret esasen barter sistemine dayanmakta ve ekonomik nedenlerle gaz bedellerinin ödenmemesi ticarete engel teşkil etmektedir. Rusya Federasyonu'nun Ukrayna'dan 1 milyar \$ tutarında doğal gaz alacağı bulunmaktadır. Ayrıca, eski Doğu Bloğu ülkelerinde, özellikle Beyaz Rusya ve Ukrayna'da gaz şirketleri gaz abonelerinden para tahsilatı yapamamakta bu durum ise doğal gaz ithalatını zorlaştırmaktadır. Ukrayna'daki gaz şirketi Naftogaz'ın abonelerden 3 milyar \$ tutarında alacağı bulunmaktadır(23).

Rusya Avrupa'ya doğal gaz ihracatının %90'ını Ukrayna'daki doğal gaz boru hatlarının kullanımı ile gerçekleştirmektedir. Rusya ile Ukrayna arasındaki ödeme problemi Rusya'yı Avrupa'ya doğal gaz ihracatında yeni boru hatları inşaatına yönlendirmektedir. Yamal-Europe doğal gaz boru hattı Beyaz Rusya ve Polonya üzerinden Avrupa'ya doğal gaz sevkine imkan sağlamakta olup, birinci kısmı 1999 yılında faaliyete geçmiştir. Türkiye ile Rusya Federasyonu arasındaki Mavi Akım projesinin uygulamaya konulması ve halen inşaatı sürdürülen Baltık Denizi yoluyla Almanya'ya ulaşacak boru hattının tamamlanması ile Ukrayna üzerinden Avrupa'ya gaz ihracatı bugünkü seviyenin üçte birine düşecektir.

Azerbaycan'da bu yıl içerisinde bulunan doğal gaz rezervlerinin 14-25 tcf (396-707,9 milyar m³) olduğu tahmin edilmektedir. Bu rezervin bu ülkeye yılda 0,6-0,7 tcf (16,9-19,8 milyar m³) ihraç imkanı sağlayacağı düşünülmektedir. Polonya ise doğal gaz ihtiyacını Rusya'dan karşılamakla birlikte doğal gaz ithal kaynaklarını çeşitlendirme yönünde çaba göstermektedir. Norveç ile 2001 yılında gaz sevkini öngören 5 yıllık bir anlaşma imzalanmıştır.

1997-2020 döneminde Eski Sovyet Cumhuriyetlerindeki tüketimin yıllık %2.1 diğer Doğu Avrupa Ülkelerinde ise yıllık %5.6 oranında artması beklenilmektedir.

10.2.4. Orta ve Güney Amerika

Bölgedeki gaz rezervleri toplam dünya rezervlerinin %5'inden daha az seviyededir. Doğal gaz üretim, tüketim ve ticareti sınırlı durumdadır. 1997 yılı itibarıyla bölgedeki toplam üretim 2,9 tcf'dir (82,1 milyar m³).

2020 yılına kadar, doğal gaz tüketiminin yıllık ortalama %5 oranında artması beklenmektedir. 1999 yılında yaratılan imkanlarla Trinidad ve Tobago'dan ABD'ye sıvı doğal gaz ihracatına başlanacaktır.

Bölgedeki en büyük genişleme eğilimi gösteren piyasa Brezilya piyasasıdır. 1997 yılında 0,2 tcf (5,6 milyar m³) olan tüketimin 2020 yılında 2,5 tcf (70,7 milyar m³) olması beklenmektedir. Bolivya Brezilya arasındaki boru hattı 1999 yılında işletmeye alınmış olup 2006 yılına kadar hattan sevk edilen miktarın günde 1 milyar kübik feet'e (28,3 milyon m³) ulaşması beklenmektedir.

1990 öncesinde bölgedeki uluslararası boru hatları Bolivya ile Arjantin ve Arjantin ile Şili arasında bulunmakta idi. Ancak, bugün Bolivya ile Brezilya arasında boru hattı inşası sürerken, diğer bir boru hattı projesi kredi aşamasındadır. Arjantin gazının Brezilya'ya ihracına imkan sağlayacak 437 kilometrelik boru hattının yapımı sürdürülmektedir. Kapasitenin azami günlük 425 milyon kübik feet (12 milyon m³) olması öngörülmüştür. 1999 yılında Arjantin ile Şili arasında ikinci boru hattı işletmeye alınmıştır. 940 kilometrelik hat 300 milyon kübik feet/gün kapasitesindedir. Kolombiya gaz firması Promigas tarafından Kolombiya gazının Panama, Kosta Rika ve Nikaragua'ya ihracı yönünde çalışmalar yapılmaktadır(23).

10.2.5. Asya

Doğal gaz tüketiminin 2020 yılına kadar yıllık %5,6 oranında artması beklenmektedir. 1997 yılı dikkate alındığında tüketimin bölgede 8,9 tcf (252 milyar m³) olduğu tahmin edilmektedir. 2020 yılında ise bu miktarın 31,5 tcf (891 milyar m³) olması beklenmektedir.

Japonya dünyada en önemli sıvı doğal gaz ithalatçısı konumundadır. 1998 yılı itibarıyla tüketim 2,4 tcf'dir (67,9 milyar m³). Japonya doğal gaz ithalatının önemli kısmını Güneydoğu Asya Ülkelerinden gerçekleştirmektedir. Endonezya ve Malezya ihracatçı ülkeler durumundadır. İthalattaki muhtemel artış Japonya'nın ekonomik durumu ile yakından bağlantılıdır. Uzun vadede talepte yavaş bir artış beklenmektedir. Malezya ve Endonezya ile doğal gaz temini konusunda anlaşmaları mevcuttur.

Avustralya ise bölgede büyük bir doğal gaz tüketicisi olmamakla birlikte sıvı doğal gaz ihracatçısı durumundadır. Rezervleri ülkenin kuzeybatısında yer almakta ve 21,5 tcf (608,8 milyar m³) olduğu tahmin edilmektedir. Papua Yeni Gine'den boru hatlarıyla gaz ithali konusunda çalışmalar bulunmaktadır.

Çin ve Hindistan bölgedeki tüketiminin %15'ini gerçekleştirmekle birlikte bu ülkelerin taleplerinde de artış beklenilmektedir.

Güneydoğu Asya'da ise piyasa genişlemesinin yanı sıra altyapı projeleri de gerçekleştirilmektedir. Singapur ile Endonezya arasında günlük 325 milyon kübik feet (9,2 milyon m³) gaz naklini öngören anlaşma yapılmış olup, boru hattı halen yapım halindedir. Teslimatın 2001 yılında başlaması öngörülmüştür. Doğal gaz Singapur'da petrokimya endüstrisi ve enerji santrallerinde kullanılmaktadır(23).

Dünyanın en büyük sıvı doğal gaz ihracatçısı Endonezya ise Tayvan ve Güney Kore'ye doğal gaz ihraç etmektedir. Malezya ve Tayland arasında ise kaynakların ortak değerlendirilmesi konusunda çalışmalar mevcut olup, Tayland'daki

Songkhla'dan Malezya'daki Kedah bölgesine boru hattı yapılması projelendirilmiştir(23).

10.2.6. Ortadoğu

Bölge dünyanın ikinci büyük rezerv alanıdır. İran, Katar ve BAE önemli rezervlere sahiptir. Ancak, tüketim bölgede oldukça düşüktür.

Katar'ın kuzey bölgesinden Abu Dhabi, Dubai ve Oman'a gaz nakli için boru hattı yapılması planlanmakta olup inşaatın 2000 yılında başlaması, hattın ise 2003 yılında tamamlanması beklenmektedir.

Bölgede inşaatı devam eden boru hattı ise Mısır Arap Cumhuriyeti ile Ürdün arasındadır. Bu hattın Filistin Özerk Bölgesi'ne uzatılması planlanmaktadır. İnşası planlanan bir diğer boru hattı ise Suriye'den Lübnan'a günde 105 milyon kübik feet nakledecek hattır.

Suudi Arabistan ise gaz altyapısını güçlendirmek için 4 milyar \$ tutarında bir program başlatmıştır. Gazın Riyad'daki enerji santrallerinde kullanılması planlanmaktadır. Gaz halen bilinen 80 alandan 10 tanesinden çıkarılmaktadır(23).

10.2.7. Afrika

Afrika'daki rezervler toplam rezervlerin yaklaşık %8'i civarındadır. Afrika'nın gaz tüketiminin %70'i ile üretimin %80'inden fazlası Cezayir ve Mısır tarafından gerçekleştirilmektedir. Cezayir üretimin %70'ini boru hattı ve sıvılaştırılmış doğal gaz tankerleri ile ihraç etmektedir. Afrika'da doğal gaz en az tüketilen yakıt durumundadır. Söz konusu durumun bölgedeki ekonomik gelişmeyle yakından ilgisi bulunmaktadır. Doğal gaz elektrik enerjisi üretiminde kullanılmaktadır. Toplam gaz kullanımı 1997 yılı itibarıyla 1,8 tcf'dir (50,9 milyar m³). Bölgede anlaşması yapılan Batı Afrika Gaz Boru Hattı ile Nijerya doğal gazının Gana, Benin ve Togo'ya ihracı öngörülmektedir. Hat 120 milyon kübik feet/gün kapasiteli olacaktır.

Mısır Arap Cumhuriyeti ise dahili tüketimi arttırmak ve petrol ihracatı için petrolden gaza dönüşüm projeleri ile ilgilenmektedir. Nil Deltasında bulunan Saffron alanında gaz üretimine 2003 yılında başlanması beklenilmektedir(23).

Çizelge 10.3. Belli başlı ülkeler itibariyle doğal gaz üretimi, tüketimi, ihracatı ve ithalatı (1998)(16)

ÜLKELER	ÜRETİM TCF milyar m ³		TÜKETİM TCF milyar m ³		İHRACAT TCF milyar m ³		İTHALAT TCF milyar m ³	
Rusya Federasyonu	20,9	591,8	13,9	393,6	7,0	198,2		
ABD	18,7	529,5	21,4	605,9			3,4	96,2
İran	1,9	53,8	1,8	50,9	0,1	28		
Katar	0,690	19,5	0,522	14,7	0,168	4,7		
BAE	1,31	37,1	1,07	30,2	0,24	6,8		
Suudi Arabistan	1,65	46,7	1,65	46,7				
Cezayir	2,6	73,6	0,7	19,8	1,9	53,8		
Kanada	6,0	169,9	3,0	84,9	3,0	84,9		
İngiltere	3,2	90,6	3,09	87,5	0,07	1,9		
Almanya	0,8	22,6	3,3	93,4			2,5	70,7
Norveç	1,63	46,1	0,13	3,6	1,50	42,4		
Venezüella	1,0	28,3	1,0	28,3				
Malezya	1,44	40,7	0,70	19,8	0,74	20,9		
Endonezya	2,44	69,1	0,94	26,6	1,27	35,9		
İtalya	0,6	16,9	2,0	56,6			1,4	39,6
Fransa	0,08	2,2	1,37	38,8			1,29	36,5
Özbekistan	1,96	55,5	1,43	40,5	0,54	15,2		
Mısır	0,5	14,1	0,5	14,1				
Japonya	0,08	2,2	2,45	69,3			2,37	67,1
Avustralya	1,1	31,1	0,75	21,2	0,35	9,9		
Çin	0,78	22,1	0,78	22,0				
Türkiye	0,020	0,5	0,370	10,4			0,350	9,9

11. SONUÇ VE ÖNERİLER

Doğal gazın odun, kömür, fuel oil gibi yakıtlara göre daha çevreci ve verimli bir yakıttır. Çevreye zarar veren, yanma neticesinde oluşan sera etkisine yol açan kimyasal bileşikler, karbonoksitler (CO_x), azotoksitler (NO_x), kükürtoksitler (SO_x) ve hidrokarbonlardır. Bu bileşikler doğal gazın yanması sonucunda da ortaya çıkmasına karşılık diğer yakıtlara göre daha az hatta kükürtoksitler (SO_x) ihmal edilecek seviyededir. Bu yüzden doğal gaz odun, kömür, fuel oil gibi yakıtlara göre çevreye daha az oranda zarar vermektedir.

Doğal gazın ısıtma, sıcak su elde etme, pişirme gibi alanlarda verimli bir şekilde kullanıldığı gibi soğutma alanında da kullanılabilir. Doğal gazlı absorpsiyonlu soğutma sistemlerinin diğer soğutma sistemlerinden farkı elektrik enerjisinin kullanılmamasıdır. Absorpsiyonlu soğutma sistemlerinde yeni enerji kaynakları olarak bilinen güneş enerjisi, jeotermal enerji, atık ısı, LPG ve doğal gaz kullanılabilir. Bu yeni enerji kaynakları içerisinde ise doğal gaz maliyeti en az olanıdır.

Türkiye'deki zamana göre değişen doğal gaz taleplerini karşılamak amacı ile doğal gazın gerek yerüstü gerek yeraltı olsun depolanması ülke ekonomisine büyük ölçüde katkı sağlayacaktır. Türkiye'de bulunan tuz gölleri ve tuz yatakları LNG'nin yer altında depolanmasına uygun olup çalışmaların bu yönde yönlendirilmesi gerekmektedir.

Enerji ihtiyacının giderek hızlı bir şekilde arttığı dünyamızda bilinen rezervlere göre 60 – 70 yıl kadar ömrü kaldığı tahmin edilen doğal gazın çok daha verimli kullanılması ve giderek temiz ve yenilenebilir enerji kaynakları olan güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, dalga enerjisi, hidrolik enerji, biyokütle ve hidrojen yakıtına geçiş sürecini hızlandıracak çalışma ve yatırımlara ağırlık verilmesi gerektiği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Yıldırım, H., “Türkiye’de doğal gazın önemi kullanımı ve projelendirilmesi ”, Yüksek Lisans, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana,1-2 (2002).
2. Aydın, C., “İstanbul’da doğal gaz kullanımının çevreye etkisi”, Yüksek Lisans, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, 1, 13, 32, 40-42 (1999).
3. Selalmaz, Ş., “Doğal gazlı ısıtma sistemleriyle diğer ısıtma sistemlerinin karşılaştırılmalı analizi ve doğal gaz uygulama projeleri”, Yüksek Lisans, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, xi, 1-2, 76-77 (1997).
4. Ceyhan, M., “LNG depolama sisteminin teknik ve ekonomik analizi”, Yüksek Lisans, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-2, 68 (1998).
5. Çengel, S., “Doğal gazın depolanması”, Yüksek Lisans, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-2, 39 (1999).
6. Durgut, T.S., “Doğal gazın sıvılaştırılması ve ekonomik etüdü”, Yüksek Lisans, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-2, 152 (2000).
7. Karabay, H., “Araçlarda doğal gaz kullanımı”, Yüksek Lisans, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul,1-2 (2002).
8. Yalvaç, Y.G., “Katı ve sıvı yakıtlı kazanların doğal gaz yakıtlı kazanlara dönüşümü ve termodinamik analizi”, Yüksek Lisans, *İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Malatya, 1-2 (2002).
9. Öztürk, S, “Doğal Gaz Tarihçesi, Özellikleri ve Genel Bilgiler”, Doğal gaz Uygulamaları, *Uğur Yayınevi*, Ankara, 10, 12, 52-59 Şubat (1991).
10. İnternet: Uluslararası Gaz Eğitim Teknoloji Araştırma Merkezi, 20 Soruda Doğal Gaz. <http://www.ugetam.com/> (2005).
11. İnternet: Çağ Isıtma Klima San. Ve Tic. Ltd. Şti., Doğal Gazın Özellikleri. <http://www.cagisitmaklima.com/faydali4.htm> (2005).
12. İnternet: Doğal Gazın Bileşenleri. <http://abone.turk.net/serdarunal/enerji/dgaz.htm> (2004).
13. Dağsöz, A.K., “Doğal Gaz Tanımı, Cihazları, Devreleri, Hesapları”, *Demirdöküm Teknik Yayınları*, 2, 4, 7-8, 70-71, 89, 101, (1999).

14. İnternet: Sera Etkisi ve Küresel Isınma, <http://www.ardidanismanlik.com/arzum/ozontabakas.htm> (2005).
15. İnternet: Doğal Gazlı Isınma Sistemleri, <http://isiser.com.tr/dogalgaz-sistemleri.htm> (2005).
16. Dönmez, F., Ekiz, N., “Soğutma sistemlerinde doğal gaz kullanımı”, **7.Uluslararası Kojenarasyon ve Çevre Konferansı**, İstanbul, (2001)
17. Gedik, M., “Doğal gazla çalışan absorbsiyonlu soğutma sistemlerinin analizi”, Yüksek Lisans, **Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Isparta, 1-2, 4-6, (2001).
18. İnternet: İnkaya, A., BOTAŞ, Doğal Gaz Pazarının Gelişimi, <http://www.kojenerasyon.com/haber/2001/10/18/ayseinkaya1.htm> (2001).
19. İnternet: Örs Yapı Malz.San.Tic.Ltd.Şti., Yer Altında Doğal Gaz Depolama. <http://orsmakina.com/default.asp?PO=NewsRead&ID=10> (2003).
20. Yamanlar, Ş., İ.T.Ü. Petrol ve Doğal Gaz Mühendisliği Bölümü, LNG. <http://atlas.cc.itu.edu.tr/~pdgmb/documents/lng.html> (2005).
21. İnternet: LNG Storage, http://www.mhi.co.jp/tekken/e/lng_tank/mjs_01.htm (2005).
22. İnternet: Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı(TPAO), Doğal Gaz Üretiminin Bölgelere Göre Dağılımı. <http://www.tpao.gov.tr/> (2003).
23. İnternet: T.C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı, Dünya Doğal Gaz Rezervleri, Tüketimi ve Muhtemel Gelişmeler, <http://www.dtm.gov.tr/ead/ekonomi/sayi4/dogalgaz.htm> (2000).

ÖZGEÇMİŞ

30.05.1981 yılında Giresun'un Tirebolu ilçesinde doğdu. İlk, orta, lise eğitimini Ordu'da sırasıyla, Atatürk İlkokulu, Hamdullah Suphi Tanrıöver Ortaokulu ve lise eğitimini de Atatürk Lisesi'nde tamamladı. 1998 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Tesisat Öğretmenliği bölümünü kazandı. Lisans eğitimi sürerken Ankara Üniversitesine bağlı yabancı dil eğitim merkezi olan TÖMER'de on altı ay süren İngilizce eğitimini başarıyla tamamlayarak bu kurumdan diploma almaya hak kazandı. 2002 yılında lisans eğitimini tamamladıktan sonra aynı yıl içerisinde Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün Makine Eğitimi bölümünde yüksek lisans yapmaya hak kazandı ve üç yıldır buradaki eğitimine devam etmektedir.