



T. C. ANADOLU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DOĞAL GAZ KULLANIMININ
DİĞER KLASİK YAKITLAR İLE
YANMA VERİMİ VE ENERJİ MALİYETİ YÖNÜNDEN
KARŞILAŞTIRILMASI**

NURİYE ÜNAL /

**Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı
Enerji Dalında Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

DANIŞMAN : PROF. DR. BATTAL KUŞHAN

ŞUBAT 1991

Nuriye ÜNAL'ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırlan-
dığı "DOĞAL GAZ KULLANIMININ DİĞER YAKITLAR İLE YANMA
VERİMİ VE ENERJİ MALİYETİ YÖNÜNDEN KARŞILAŞTIRILMASI"
başlıklı bu çalışma jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin
ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edil-
miştir .

4.10.2/1990

ÜYE : Prof.Dr.Battal.KUSHAN (Danışman)
ÜYE : Yrd.Doc.Dr. İlker GÜRKAN
ÜYE : Yrd. Doc. Dr. Nurd YÜCEL

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
gün ve 267-9... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Rüstem HAYA

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

"Doğal Gaz kullanımının diğer Klasik yakıtlar ile yanma verimi ve Enerji Maliyeti yönünden karşılaştırılması" konusunda yapmış olduğum bu çalışmada bana yardımcı olan Sayın Danışman Hocam Prof. Dr. Battal KUŞHAN'a; kaynak temin etmemde bana yardımcı olan; diğer Hocalarıma ve kurumlara teşekkürü bir borç bilirim.

Nuriye ÜNAL

ÖZET

Enerji zamanımızın en önemli problemlerinden biridir. Teknolojinin ve sanayinin gelişmesi bizi yeni enerji kaynakları bulmaya yöneltmektedir. Enerji ihtiyacını karşılamak ve alternatifleri arttırmak amacıyla SSCB'den doğal gaz ithal edilmektedir.

Bu çalışmada, doğal gaz; yanma, kullanım alanları, boru hattı sistemleri, iç tesisat projelendirmesi ve maliyeti yönünden incelenmiş, diğer klasik yakıtlarla yanma verimi ve fiatı yönünden karşılaştırılmıştır.

Doğal gaz, kömür hariç, diğer yakıtlardan daha ekonomiktir. Kullanımının temiz olması, çevre ve hava kirliliğine sebep olmaması ve otomatik kontrolünün kolay olması gibi avantajlarından dolayı tercih edilmektedir.

SUMMARY

Energy is one of the important problems of our time. Development of technology and industry led us to find new energy sources. To supply energy necessities and alternatives, natural gas is being imported from USSR.

In this study, natural gas is examined in many respects, such as combustion, usage areas, pipe line systems, projecting of internal installation and cost and it is compared with other classical fuels with its combustion efficiency and cost.

Apart from coal, natural gas is more economical than other fuels. Natural gas is preferred because of these advantages such as: the usage of natural gas is clean; it doesn't cause environmental pollution and automatic control is easy.

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL

2. 1	Doğal gazın yanma ürünleri	13
2. 2	Sovyetler Birliği - Türkiye Doğal gaz boru hattı	22
3. 1	Hava (şehir) gazına göre dizayn edilmiş ocak bekinin doğal gaza dönüşüm alternatifleri	26
3. 2	Baca bağlantılı ısıtıcılar ve teknik özellikleri	31
3. 3	Balanslı hermetik tip ısıtıcılar ve teknik özellikleri	32
3. 4	Katalitik yanmalı ısıtıcılar ve teknik özellikler	33
3. 5	Kombi ısıtıcının teknik özellikleri bağlantı şeması	34
3. 6	Depolu su ısıtıcıları ve teknik özellikleri	35
3. 7	Alev Duman Borulu kazan içindeki gaz sıcaklıkları	39
3. 8	Daldırma tüp ile tank ısıtması	42
3. 9	Uzunluk/çap oranının verim üzerindeki etkisi	43
3.10	Isıl işlem fırını enerji bilançosu	44
3.11	Rekuperatif brülör	45
3.12	Regeneratif brülör	45
3.13	Seramik radyant tüplü brülör	46
3.14	Tek taraflı metalik radyant tüplü brülör	48
3.15	Seramik daldırma tüpü	49
3.16	Gaz Türbini + Atık ısı kazanından oluşan Bileşik Isı Güç Sistemi	52
3.17	Sıvı yakıtlı taşıt	53

ŞEKİL

4. 1	Yük faktörü düşük ve yüksek arz eğrisi	55
4. 2	Yıllık talep profili	59
4. 3	Küçük ölçekli sınai kuruluş için yıllık talep profili	60
4. 4	Büyük ölçekli sınai kuruluş için yıllık talep profili	61
4. 5	Türkiye doğal gaz Boru hattı ve istasyonlar	63
4. 6	Basınç düşürme ve ölçüm istasyonlarının dizaynı	67
4. 7	Doğal gaz boru sistemi	68
4. 8	Doğal gaz iç tesisatı örnekleri	75
4. 9	Yedi dairesel ve küçük işletmesi (ekmek fırını) olan binanın gaz tesisatı şeması	80
5. 1	Jenaratörler ile Bileşik Isı - Elektrik Üretimi	90
5. 2	Gaz ve buhar çevrimlerinin birlikte kullanılması	92

TABLÖLAR DİZİNİ

TABLO

2.1	Gazların sınıflandırılması	5
2.2	S.S.C.B.'den ithal edilen doğal gazın garanti edilen özellikleri	7
2.3	Çeşitli rezervlerden elde edilen doğal gazın ortalama bileşimleri ve fiziksel özellikleri	10
2.4	Yanıcı Gazların Hacimsel olarak Alt ve Üst alevlenme limitleri	11
2.5	Standart kuru havanın hacimsel bileşimi	11
2.6	Genel yakıt özellikleri	16
2.7	Türkiye'de doğal gaz rezervleri	20
2.8	1986 yılı sonuna göre bilinen doğal gaz rezervleri	21
4.1	Cihazların bağlantı değerleri (V_s)	81
4.2	Cihaz türüne bağlı olarak eş zaman faktörü f_6	82
4.3	Max debi ve anma çapına bağlı olarak akış hızı (V) ve özgül sürtünme basınç kaybı (R)	83
4.4	Akış hızı ve yerel kayıp katsayıları toplamına göre basınç kaybı	84
4.5	Dağıtım hattı ve kolon hattının hesabı	85
4.6	Cihaz, sorti ve tüketim hatlarının hesabı	86
4.7	Dağıtım ve kolon hattı için yerel kayıp katsayıları hesabı	87

TABLO

4.8	Tüketim, sorti ve cihaz bağlantı hattı için yerel kayıp katsayıları hesabı	88
5.1	01.04.1990 - 30.06.1990 tarihleri arasındaki doğal gaz fiyatları	94
5.2	Mayıs-1990 tarihindeki yakıt fiyatlarının karşılaştırılması	97

SİMGELER DİZİNİ

<u>SİMGELER</u>	<u>AÇIKLAMA</u>
V	Cihaz tüketim değeri (m^3/h)
f	Eş zamanlık faktörü
V_s	Maksimum hacimsel debi (m^3/h)
ΔP_R	Düz borulardaki basınç kaybı (mbar)
ΔP_F	Yerel basınç kaybı (mbar)
ΔP_A	Yükseklik basınç kaybı (mbar)
ρ	Gaz yoğunluğu (kg/m^3)
v	Gaz hızı m/s
g	Yer çekimi ivmesi ($9,81 m/s^2$)
f	Yerel kayıp katsayısı
h	Yükseklik (m)
H_u	Üst ısı değeri $kcal/m^3$, $kcal/kg$.
l	Boru uzunluğu (m)

İÇİNDEKİLER

SAYFA

TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET.....	iv
SUMMARY.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ ✓.....	vi
TABLolar DİZİNİ ✓.....	viii
SİMGELER DİZİNİ ✓.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. DOĞAL GAZIN TANITIMI.....	4 ✓
✓ 2.1. Doğal Gazın Oluşumu ve Özellikleri.....	4
✓ 2.2. Doğal Gazın Yanması ve Diğer Yakıtlarla Karşılaştırılması.....	8
/ 2.32.3. Dünya Doğal Gaz Rezervleri.....	19
✓ 2.4. Türkiye'de Doğal Gaz.....	21
3. DOĞAL GAZIN KULLANIM OLANAKLARI ✓.....	24
3.1. Konutlarda Kullanımı.....	24
3.1.1. Mutfakta Kullanım.....	24
3.1.2. Isıtma ve Sıcaksu Temininde Kullanım	29
3.2. Sanayide Kullanım.....	35
3.2.1. Kazanlarda Kullanımı.....	36
3.2.2. Proseste Kullanımı.....	40
3.2.3. Fırınlarda Kullanımı.....	42
3.2.4. Mahal Isıtmasında Kullanımı.....	48

	<u>Sayfa</u>
3.2.5. Hammadde Olarak Kullanımı.....	50
3.3. Elektrik Üretiminde Kullanımı.....	51
3.4. Motorlarda Kullanımı.....	52
4. DOĞAL GAZ SİSTEMLERİ.....	54
4.1. Doğal Gaz Sistemlerinin Genel Tanımı.....	54
4.2. Talep Potansiyelinin Saptanması.....	56
4.2.1. Konut ve Ticari Sektör Kullanıcıları	57
4.2.2. Küçük ve Orta Ölçekli Yakıt Tüketen Kullanıcılar.....	58
4.2.3. Büyük Ölçekli Yakıt Tüketen Kullanı- cılar.....	60
4.3. Türkiye'de Doğal Gaz Boru Hattı Projesi....	62
4.3.1. Hat Vanaları.....	62
4.3.2. Pik İstasyonları.....	64
4.3.3. Ölçüm ve Basınç Düşürme İstasyonları	65
4.3.4. Kompresör İstasyonları.....	68
4.3.5. Telekomünikasyon Sistemi.....	69
4.4. Doğal Gaz Dağıtımı.....	69
4.4.1. Yüksek Basıncılı Ana Taşıma Şebekesi.	70
4.4.2. Orta Basınç Boru Şebekesi.....	72
4.4.3. Alçak Basıncılı Dağıtım Şebekesi.....	73
4.4.4. Kullanıcının İç Tesisatı.....	74
4.5. Konutlarda Boru Çapı Hesabı.....	74
4.5.1. Tanımlar ve Hesap Tarzı.....	75
4.5.2. Örnek Proje.....	77
5. EKONOMİK ANALİZ.....	89

	<u>SAYFA</u>
5.1 Doğal Gazdan Elde Edilen Enerjinin Verimli Kullanımı.....	89
5.2. Doğal Gaz Fıatının Oluşması.....	93
5.3. Doğal Gazın Diğer Yakıtlarla Fıat Yönuğden Karşılaştırılması.....	96
6. DOĞAL GAZ KULLANIMININ AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI.....	101
✓6.1. Doğal Gaz Kullanımının Avantajları.....	101
✓6.2. Doğal Gaz Kullanımının Dezavantajları.....	102
7. SONUÇLAR VE İRDELEME.....	105
KAYNAKLAR.....	108

I. GİRİŞ

Doğal gaz; özellikle son yüzyıl içinde önemli enerji kaynaklarından biri olarak günlük yaşama girmiştir. Dünya Enerji Konferansı Türk Milli Komitesinin yayınladığı, 1987 Türkiye Enerji Raporuna göre 1987 yılı itibariyle ülkemiz birincil enerji tüketiminin % 27,7'si kömür

% 45,3'ü petrol

% 11,3'ü odun

% 8,4'ü hidrolik

% 1,3'ü doğal gaz

% 6'sı diğer enerji

kaynaklarıdır. Halen birincil enerjimizin % 48'i ithal kaynaklı olup, ithal enerjinin % 84,7'sini petrol teşkil etmektedir. Kömürün % 86,8'i yerli kaynaklardan, % 13,2'si ithal yoluyla temin edilir. Bu miktarın tamamı taşkömürü ihtalatıdır. Petrolün % 12,3'ü yerli, % 87,7'si ithal kaynaklardan sağlanmaktadır.

2000 yılı için yapılan tahminlerde birincil enerji tüketimi % 31,7'si kömür

% 33,8'i petrol

% 5,4'ü doğal gaz

% 16,3'ü hidrolik

% 4,2'si jeotermal enerji

% 5'i odun

% 1,2'si nükleer ve güneş enerjisi

% 1,8'i diğer enerji kaynakları.

Doğal gazın; % 5,4'lük payının yaklaşık 2,6'sı konut-ticari ve sınai sektörde, % 2,8'lik kısmı ise elektrik ve gübre sektöründe kullanılarak, petrol ürünleri ve kömürü ikame etmesi öngörülmüştür.

LPG; ülkemizin geleneksel petrol ürünü ithal kalemlerinden birini oluşturmaktadır. Tüketimi sürekli artış göstermekte ve rafineri kapasiteleri bu tüketime cevap vermediğinden ithalat rakamı sürekli artmaktadır. Doğal gaz ikamesi ile LPG ithalatının bir bölümünden vazgeçilmiş olacaktır.

Fuel-oil ithalatı 1987 yılından itibaren durdurulmuştur, yapılan Fuel-oil tüketim tahminleri doğrultusunda dış satım gerekliliği duyulmaktadır⁽¹⁾. Doğal gazın fuel-oil ikamesi dış satım miktarını arttıracaktır.

Konut ve ticari sektörde; doğal gazın özellikle ısınma amaçlı kullanımı ile kömüre ve petrol ürünlerine ikamesi düşünülmüştür. Bu sektörde özellikle hava kirliliğini önlemesi açısından önemlidir. Doğal gaz; içinde kükürt bileşikleri olmaması kül ve partikül bırakmaması nedeniyle hava kirliliğini önlemektedir. Fakat, Doğal gaz bileşimindeki azot (N_2) ve yanma sırasında alevin yüksek sıcaklık alanında; yakma havası içinde bulunan molekül halindeki azotun, oksidasyonu ile NO_x bileşikleri

(1) 1988 Geniş, O., Botaş Doğal gaz sempozyumu.

oluşmaktadır. Bu kirlilikte NO_x oluşumunu azaltan önlemler alınarak giderilebilir. Doğal gaz, enerji tasarrufuna en yatkın enerji kaynaklarından biridir. Mevcut sistemlerden sınai sektörde doğal gaz kullanımında diğer yakıtlara göre % 5 - % 12, konut ve ticari sektörde ise % 1 - % 5 arasında enerji tasarrufu yapılabilmektedir. Ayrıca kendine has özellikleri nedeniyle, doğal gaza özgü geliştirilen birçok ekipman kullanılması durumunda bu tasarruf % 50'ye kadar çıkabilmektedir.

Bu çalışmanın amacı da Doğal gazın anlatılan özelliklerinin yararlı ve zararlı yönlerini diğer yakıtlarla mukayese ederek incelemektir.

2. DOĞAL GAZIN TANITIMI

2.1. DOĞAL GAZIN OLUŞUMU VE ÖZELLİKLERİ

Organik teoriye göre; diğer fosil yakacaklar gibi, doğal gaz da milyonlarca yıl önce yaőamıő bitki ve hayvan artıklarından oluőmuőtur. Yeryüzü kabukları arasına gömülen bu artıklar, basınç ve ısı etkisiyle, kimyasal değişikliklere uğrayarak doğal gazı meydana getirmiőtir.

Genelde doğal gaza, sıradağ yamaçlarında petrol yatakları ile birlikte veya serbest olarak rastlanılmaktadır. Bugün üretilen doğal gazın yaklaşık % 40 kadarı petrol ile aynı yataklardan % 60 kadarı ise petrol bulunmayan yataklardan sağlanmaktadır.

Doğal gaz esas olarak METAN (CH_4) ve metana göre daha az oranda olmak üzere, ETAN (C_4H_{10}) ve PROPAN (C_3H_8) gibi hidrokarbonlardan ve AZOT (N_2), KARBONDİOKSİT (CO_2), HİDROJENSÜLFÜR (H_2S) ile HELYUM (He) gazlarından meydana gelen renksiz ve kokusuz bir gazdır. Ayrıca çok küçük yüzdelerde olmak üzere OKSİJEN ve ARGON gazlarının bulunduğu doğal gaz kaynaklarına da rastlanabilir.

Ticari kullanıma arzedilen doğal gazda genellikle % 80 ile % 95 arasında METAN, % 5 - % 10 arasında ETAN ve PROPAN bulunur. Geri kalan yüzde genellikle AZOT'tur.

Alt ısııl değeri 7100 - 10700 kcal/m³, havaya göre yoğunluğu ise 0,58 - 0,79 (Hava : 1,0) arasındadır. Doğal gaz mavi bir alevle yanar ve hava ile belirli oranda karıştığında patlayıcı özelliği vardır.

Doğal gazın sınıflandırılması değişik literatürlerde değişik şekillerde verilir. Metan oranı yüksek doğal gaza H grubu, Metan oranı düşük doğal gaz L grubu olarak (DIN göre) sınıflandırılır. Ayrıca doğal gaz; gaz çıkışından dışarı akan gazın enerji miktarının ölçüsü olarak tanımlanan ve ısııl değerin çıkış çapına oranı olan WOBBE Endeksine göre sınıflandırıldığında Tablo 2.1'de 2. sınıf gaz ailesine girer.

Tablo 2.1. Wobbe endeksine göre gazların sınıflandırılması

Sınıf	Gaz	Wobbe endeksi kWh/m ³
1	Hava Gazı	6,6 - 8,7
2	Doğal Gaz	11,46 - 16,7
3	LPG	21,5 - 25,7
4	Biogaz	8,7 - 11,0

Dünyanın çeşitli rezervlerinden çıkan doğal gazların ortalama bileşimleri ve fiziksel özellikleri Tablo 2.3'de verilmiştir. S.S.C.B.'den ithal edilen doğal gazın,

gerçekleştirmesi garanti edilen fiziksel özellikleri ise Tablo 2.2'de verilmiştir.

Eğer doğal gaz rezervinde kükürt varsa; üretilen doğal gazda hidrojen sülfür görülür. Bu bileşenin dağıtım şebekelerinde ve kullanma yerlerinde yaratabileceği korozyon problemlerini önlemek gayesi ile doğal gaz şebekeye verilmeden önce genellikle temizlenir. Kullanıma sunulan doğal gaz, içindeki kükürtün ihmal edilebilir seviyede olması nedeniyle, yakılma sonucunda oluşan duman gazında kükürt dioksit bulunmaz. Duman gazında kükürt dioksit (SO_2) bulunması insan sağlığına ve çevreye olumsuz etki yapmaktadır.

Doğal gaz içinde, yanmayan madde bulunmadığı için tümü yanar, hava ile çok iyi karışabildiğinden hava fazlalık katsayısı bir (1,0) civarındadır. Yanmamış yakacak kaybı yoktur, baca kaybı ise diğer yakacaklara göre çok küçüktür.

Sıvı ve katı yakacaklarda; duman gazı ile sürüklenen kurum, kül gibi yanmamış maddelerin ısı transferi yüzeylerine yapışarak meydana getirdiği ısıl direnç problemi doğal gazda yoktur. Doğal gaz yakan kazanların periyodik bakımları daha uzun zaman dilimlerinde yapılır.

Doğal gaz, yük değişimlerine kolayca cevap verecek şekilde otomatik kontrolü basitçe yapılabilen bir yakacaktır. Yakacak olarak kullanıldığında doğal gazın diğer yakacaklarda olduğu gibi, depolama ve yakıt hazırlanması (kıрма, öğütme, ısıtma v.b.) problemleri yoktur. Dağıtma

şebekelerinden geldiği gibi yakıcılardan yakılabilir.

Tablo 2.2 S.S.C.B.'den ithal edilen doğal gazın
garanti edilen özellikleri

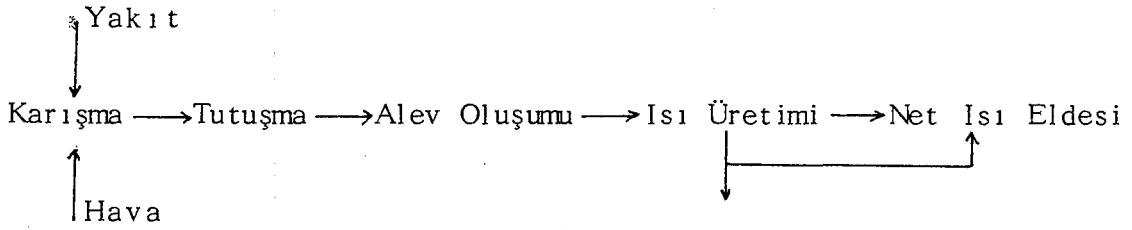
	Garanti Edilen	Fiili
Metan (CH_4)	min % 85	98,86
Etan (C_2H_6)	max % 7	0,211
Propan (C_3H_8)	max % 3	0,043
Bütan (C_4H_{10})	max % 2	0,017
Diğer hidrokarbonlar (C_mH_n)	max % 1	0,033
Karbondioksit (CO_2)	max % 3	0,035
Oksijen (O_2)	max % 0,02	-, -
Azot (N_2)	max % 5	0,829
Hidrojen Sülfür (H_2S)	max 5,10 mg/m^3	
Merkaptan Kükürt	max 15,30 mg/m^3	
Toplam Kükürt	max 102,00 mg/m^3	
Üst Maksimum	9360 kcal/m^3	
Isıl Ortalama	9000 kcal/m^3	8950 kcal/m^3
Değer Minimum	8750 kcal/m^3	

Not: m^3 , 15°C ve 1,01325 bar mutlak basınçtaki 1 m^3 gazın hacmine te-
kabül eder.

2.2. DOĞAL GAZIN YANMASI VE DİĞER YAKITLARLA KARŞILAŞTIRILMASI

Doğal gaz tüketiminin büyük bir bölümü yakıt olarak yapılmaktadır.

Yanma, gaz fazında; yakıtın yanabilen bileşenlerinin oksijenle ışık ve ısı çıkararak, hızlı bir şekilde birleşmesidir. Bu birleşme tüm diğer kimyasal tepkimelerde olduğu gibi tepkimeye giren ve tepkime sonucu üretilen ürünlerin oranlarına bağlı olarak gelişir.



Yukarıdaki akış şemasında yanma işlemi, basit olarak karakterize edilmiştir. Şemada yanma işleminin çeşitli aşamalarda gerçekleştiği görülmektedir. Gerçekte birbirinden ayrı düşünülmemeyen, birbiri ile içiçe olan bu aşamalar şunlardır.

- Yakıt ve havanın karışması
- Gerekli koşulların sağlanmasıyla tutuşmanın gerçekleşmesi.
- Alev oluşumu
- Isı üretimi

- Net ısı eldesi

Yanma sonucu elde edilen net ısı miktarı C/H oranı gibi yakıtta özgül özelliklere bağlı olduğu kadar yakıt/hava oranı, sıcaklık, basınç, zaman gibi faktörlere de bağlıdır.

Yanma tutuşma ile başlar. Çeşitli yöntemlerle gerçekleştirilen tutuşma işleminde amaç, yakıt-hava karışımının sıcaklığını yanma tepkimelerinin kendiliğinden gelişeceği seviyeye getirmektir. Tutuşmanın oluşacağı en düşük sıcaklık, minimum tutuşma sıcaklığıdır ve bu sıcaklıktan düşük seviyelerde tutuşma olmaz. Tutuşma sıcaklığı yakıt/hava oranı ile değişmektedir. Tutuşma için koşullar uygun olsa bile, tutuşturucunun devreye girmesi ile ilk tutuşma arasında bir süre geçer. Tutuşma gecikmesi olarak tanımlanan bu süre yakıt/hava oranının artması ile kısalmaktadır.

Akan bir karışımda tutuşma olur olmaz bir alev oluşur. Doğal gaz ve bazı gazlar için kararlı alevin elde edileceği karışım limitleri tablo 2.4'de verilmiştir.

Yakacaklar içerisindeki yanabilir elemanlar Karbon, Hidrojen ve bunların bileşenleridir. Kükürt de yanabilir bir elemandır ve yakacağın ısı değerini bir miktar arttırmaya rağmen, korozif etkileri nedeniyle zararlı olduğundan; yakacakta istenmeyen bir maddedir. Bu yüzden tüketime sunulmadan önce doğal gazın içinde bulunan kükürt alınır.

Doğal gaz ile daha rahat tam yanma sağlandığından verimli olarak kullanılabilir.

Tablo 2.3 Çeşitli rezervlerden elde edilen doğal gazın ortalama bileşimleri ve fiziksel özellikleri.

Rezerv Adı	Bileşimi (hacimce %)								Havaya göre izafi Yoğunluk	Üst Isıl Değer (MJ/Nm ³)
	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C _m H _n	CO ₂	O ₂	N ₂		
Califor-										
nia(ABD)	87,20	5,20	3,50	2,00	1,70	0,40	-	-	0,690	44,8
Kansas										
(ABD)	77,00	3,90	2,60	2,00	0,60	1,10	0,10	13,6	0,698	37,2
Lousiana										
(ABD)	92,18	3,33	1,48	0,79	0,30	0,90	-	1,02	0,615	39,5
Teksas										
(ABD)	90,98	4,56	1,88	1,04	0,75	0,12	-	0,67	0,630	41,0
Arjantin	95,00	4,00	-	-	-	-	-	1,00	0,576	38,3
Kanada	87,02	9,15	2,78	0,35	-	0,24	-	0,46	0,635	41,7
S.Ara-										
bistan	56,00	19,00	14,30	5,90	2,70	1,90	-	-	0,653	37,1
SSCB										
(BAKÜ)	88,80	2,20	1,10	0,50	0,50	6,90	-	-	0,658	37,3
Venezu-										
ella	76,70	6,79	6,69	3,26	1,66	1,90	-	-	0,768	48,3

Tablo 2.4 Alt ve üst alevlenme limitleri (Hacimsel %)

<u>Yanıcı Gazlar</u>	<u>Alt Limit %</u>	<u>Üst Limit %</u>
Karbonmonoksit	12,5	74,2
Etilen	2,95	28,6
Propilen	2,40	10,3
Propan	3,37	9,5
n-Bütan	1,86	9,05
i-Bütan	1,83	8,43
Hidrojen	4,0	75,0
Şehir Gazı	4,0	40,0
Metan	5,3	14,9
Doğal Gaz	5,4	14,5
LPG	1,5	9,0

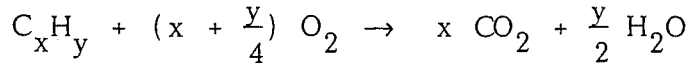
Pratik açıdan birçok yanma olayı için gerekli oksijen havadan sağlanır. Standart kuru havanın hacimsel bileşimi aşağıdaki gibidir.

Tablo 2.5 Standart kuru havanın hacimsel bileşimi

<u>Eleman</u>	<u>Hacimsel %</u>
Oksijen O ₂	20,99
Karbon dioksit CO ₂	0,03
Hidrojen H ₂	0,01
Azot N ₂	78,03
Argon Ar	0,94
Toplam	100,00

Hava sıcaklığı ve içindeki su buharı bu bileşimi bir miktar değiştirmesine rağmen, birçok yanma olayında ortalama olarak havanın hacimsel olarak % 21 Oksijen, % 79 Azot olduğu kabul edilir.

Doğal gaz genelde çeşitli hidrokarbonlardan oluşan bir yakacak olduğundan

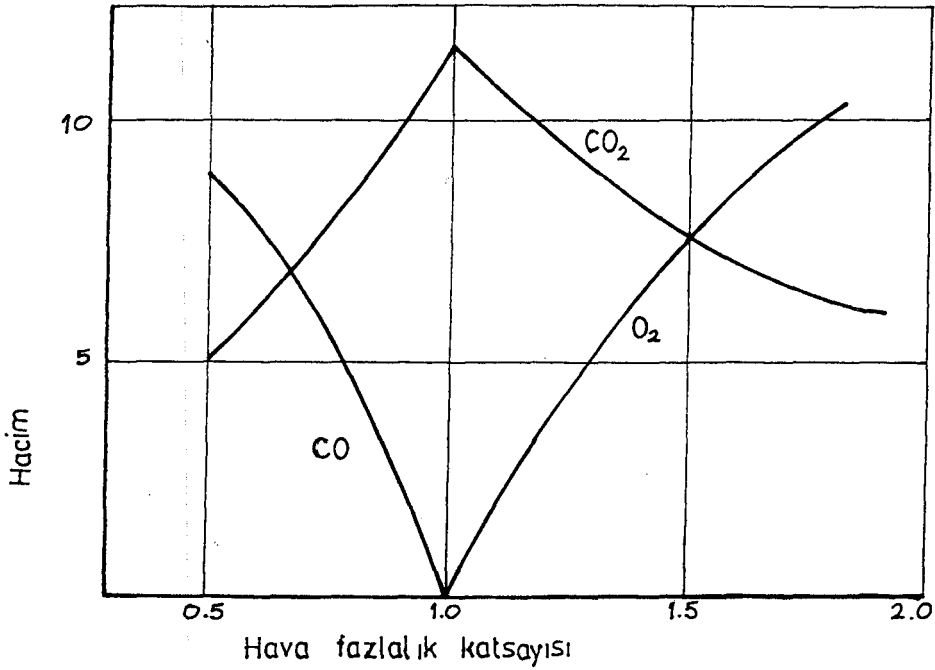


şeklinde yanar. Belirli miktardaki yakıtın yanması için gerekli olan oksijen miktarı x ve y değerlerine yani, yakıtın Karbon/Hidrojen oranına bağlıdır. Bu oksijen miktarı tam yanma için stokiyometrik oksijen gereksinimi olarak tanımlanır ve yanma veriminin analizinde önemli bir faktör olup, gerçek yanma koşullarının sağlanıp sağlanmadığının belirlenmesinde önemli bir referans noktasıdır. Yakma sisteminin en önemli elemanı olan brülör, yakıt ve havayı, kararlı ve sürekli bir yanma sağlayacak şekilde, alevlenme limitleri içinde uygun oranlarda karıştırmalıdır. Ancak bu oranlarda hava-yakıt kullanımı ile yakıt ve havanın çok iyi karışmasına bağlı olarak tam yanma sağlanabilir. Bu nedenle ortama fazla hava verilerek yakıt ve oksijen moleküllerinin çarpışma olasılığı artırılır.

Teorik orandan az veya çok hava kullanımı, baca gazının kimyasal bileşiminde değişikliklere neden olur. Teorik miktardan fazla hava kullanıldığında, yakıttaki tüm karbonlar Karbondioksit'e dönüşecek ancak, baca gazları

içinde tepkimeye girmeyen oksijen miktarı artacak ve ısı ortamdaki bu oksijen tarafından tutulacaktır.

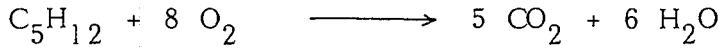
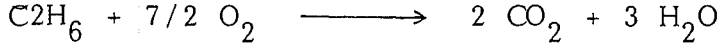
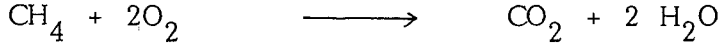
Doğal gaz için hazırlanan Şekil 2.1'de hava miktarına (hava fazlalık katsayısı) bağlı olarak baca gazı içinde CO ve CO₂ yüzdeleri değişimi verilmiştir.



ŞEKİL 2.1 DOĞAL GAZIN YANMA ÜRÜNLERİ

Doğal Gaz bileşimi, çıkarıldığı kaynağa bağlı olarak değişim göstermekle birlikte, metan (CH₄) ağırlıklı bir gazdır. Diğer yanıcı bileşenleri, azalan yüzdeyle, etan (C₂H₆), propan (C₃H₈), bütan (C₄H₁₀), penton (C₅H₁₂),

çok az miktarda karbondioksit (CO_2) ve azot (N_2) inert gazlarını da içermektedir. Doğal gazın yanıcı bileşenleri için yanma tepkimeleri aşağıda verilmiştir.



Sovyetler Birliği'nden alınan Doğal Gazın özellikleri Tablo 2.2'de verilmiştir. Aşağıdaki hesaplamalar bu özelliklere göre yapılmıştır. Hesaplamalarda 1 mol Doğal Gazın hacimsel yüzdeleri baz alınmıştır.

$$\begin{aligned} \text{Teorik olarak gerekli } \text{O}_2 &= (0,98857 \text{ mol } \text{CH}_4) \left(\frac{2 \text{ mol } \text{O}_2}{1 \text{ mol } \text{CH}_4} \right) \\ &+ (0,0021 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_6) \left(\frac{7/2 \text{ mol } \text{O}_2}{1 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_6} \right) \\ &+ (0,00043 \text{ mol } \text{C}_3\text{H}_8) \left(\frac{5 \text{ mol } \text{O}_2}{1 \text{ mol } \text{C}_3\text{H}_8} \right) \\ &+ (0,00017 \text{ mol } \text{C}_4\text{H}_{10}) \left(\frac{13/2 \text{ mol } \text{O}_2}{1 \text{ mol } \text{C}_4\text{H}_{10}} \right) \\ &+ (0,00033 \text{ mol } \text{C}_5\text{H}_{12}) \left(\frac{8 \text{ mol } \text{O}_2}{1 \text{ mol } \text{C}_5\text{H}_{12}} \right) \\ &= 1,99 \text{ mol } \text{O}_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Teorik olarak gerekli hava} &= (1,99 \text{ mol } \text{O}_2) \left(\frac{100 \text{ hava}}{21 \text{ O}_2} \right) \\ &= 9,476 \text{ mol hava} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hava ile giren } \text{N}_2 &= (9,476 \text{ mol hava}) \left(\frac{79 \text{ mol } \text{N}_2}{100 \text{ mol hava}} \right) \\ &= 7.486 \text{ mol } \text{N}_2 \end{aligned}$$

Yanma Ürünleri

$$\begin{aligned}
 \text{CO}_2 &= (0,98857 \text{ mol CH}_4) \left(\frac{1 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6} \right) \\
 &+ (0,00211 \text{ mol C}_2\text{H}_6) \left(\frac{2 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6} \right) \\
 &+ (0,00043 \text{ mol C}_3\text{H}_8) \left(\frac{3 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol C}_3\text{H}_8} \right) \\
 &+ (0,00017 \text{ mol C}_4\text{H}_{10}) \left(\frac{4 \text{ mol H}_2\text{O}}{1 \text{ mol C}_4\text{H}_{10}} \right) \\
 &+ (0,00033 \text{ mol C}_5\text{H}_{12}) \left(\frac{5 \text{ mol CO}_2}{1 \text{ mol C}_4\text{H}_{10}} \right) \\
 &+ (0,00035 \text{ mol CO}_2) \text{ Doğal Gaz} \\
 &= 0,977 \text{ mol CO}_2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{H}_2\text{O} &= (0,98857 \text{ mol CH}_4) \left(\frac{2 \text{ mol H}_2\text{O}}{1 \text{ mol CH}_4} \right) \\
 &+ (0,00211 \text{ mol C}_2\text{H}_6) \left(\frac{3 \text{ mol H}_2\text{O}}{1 \text{ mol C}_2\text{H}_6} \right) \\
 &+ (0,00043 \text{ mol C}_3\text{H}_8) \left(\frac{4 \text{ mol H}_2\text{O}}{1 \text{ mol C}_3\text{H}_8} \right) \\
 &+ (0,00017 \text{ mol C}_4\text{H}_{10}) \left(\frac{5 \text{ mol H}_2\text{O}}{1 \text{ mol C}_4\text{H}_{10}} \right) \\
 &+ (0,00033 \text{ mol C}_5\text{H}_{12}) \left(\frac{6 \text{ mol H}_2\text{O}}{1 \text{ mol C}_5\text{H}_{12}} \right) \\
 &= 1,988 \text{ mol H}_2\text{O}
 \end{aligned}$$

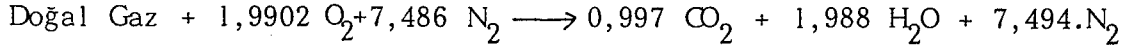
$$\text{N}_2 = (7,486 \text{ mol}) \text{ hava} + (0,00829 \text{ mol}) \text{ doğal gaz} = 7,494 \text{ mol N}_2$$

Doğal gazın tüm bileşenleri dikkate alındığında yanma

TABLO 2.6 GENEL YAKIT ÖZELLİKLERİ

	KÖMÜR	FO ₃	FO ₆	DOĞAL GAZ
Karbon	77,4	85,00	84,58	73,92
Hydrojen	3,4	11,39	10,90	24,57
Oksijen	2,0	0,317	0,40	0,07
Azot	1,2	0,087	0,112	1,44
Kükürt	1,0	3,20	4,00	-
Kül	8,0	-	-	-
Nem	7,0	-	-	-
Vanadyum	-	0,0062	0,008	-
H/c Oranı (Ağırlık %)	0,0439	0,134	0,129	0,332
ÜST Isıl Değer (kcal / kg)	7308	10105	9913	13025 (8950 kcal/m ³)
ALT Isıl Değer (kcal / kg)	7083	9547	9383	11740 (8080 kcal/m ³)
Stokiyometrik hava miktarı (gr / kcal)	1,374	1,369	1,376	1,304
Baca gazındaki buhar miktarı (gr / kcal %)	0,0515	0,1015	0,09896	0,1698
Kuru baca gazındaki stokiyometrik CO (% mol)	19,04	15,78	15,88	11,75
SO emisyonu (pp mW / W)	1834	4336	5487	-
Baca gazındaki suyun çığ noktası °C	35	49	49	56

denklemini aşağıdaki gibidir.



1 MOL DOĞAL GAZIN STOKİYOMETRİK YANMASI

- Yanma için gereken O_2 1,99 mol O_2
- Yanma için gereken hava miktarı 9,47 mol
- Havayla birlikte ortalama giren N_2 miktarı 7,48 mol
- Yanma ürünleri CO_2 miktarı 0,99 mol
- Yanma ürünleri H_2O miktarı 1,98 mol
- Yanma ürünlerindeki toplam N_2 miktarı 7,488 mol
- Toplam yanma ürünleri miktarı 10,46 mol
- Toplam yanma ürünleri miktarı (kuru baz) 8,48 mol
- Yanma ürünlerindeki max CO_2 (%) oranı 11,67 mol

Tablo 2.6.'da Kömür, FO_5 , FO_6 ve Doğal Gazın kimyasal bileşimleri yanma sonucu oluşan ürünler ve ısı değerleri verilmiştir. Kömürün bileşimi çıkarıldığı kaynağa bağlı olmaktadır. Fakat örnek olması amacıyla Tablo-daki kömür ele alınmıştır.

Doğal gaz, Fuel oil ve kömürün özellikleri karşılaştırıldığında şu noktalar dikkati çekmektedir.

Doğal gaz kükürt içermediğinden SO_2 yayımı oluşmamaktadır. İçinde % 1 kükürt

% 10 kül bulunan 1 ton Petrol eşdeğeri KÖMÜR'ün endüstriyel bir kazanda, kontrol ekipmanı kullanmaksızın yakılması sonucu 100 kg partikül, 29,2 kg Kükürtoksit, 11,5 kg Azotoksit emisyonu meydana gelmektedir.

Aynı sistem ve aynı koşullarda % 1 kükürt içeren 1 ton petrol eşdeğeri FUEL-OİL'in yakılması sonucu 1,8 kg partikül, 20 kg kükürtoksitleri, 8,2 kg azotoksitleri emisyonu oluşmaktadır.

1 ton petrol eşdeğeri DOĞAL GAZIN bu sistemle yakılması sonucunda ise 0,1-0,3 kg partikül, 2,3-4,3 kg azotoksit emisyonu oluşurken, kükürtoksit emisyonu hiç oluşmamaktadır⁽¹⁾. Görüldüğü gibi DOĞAL GAZ yanma sonucu atmosfere yapacağı emisyon diğer yakıtlara göre çok küçüktür.

Doğal gaz, gaz yakıt olduğundan katı ve sıvı yakıtlarda olduğu gibi yanma öncesi işlemlere gerek yoktur.

Doğal gazın H/C oranı kömür ve fuel-oil'e göre daha yüksektir. Buna bağlı olarak yanma ürünleri içinde daha fazla su buharı içerir. Böylece yanma gazları ile sürüklenip kaybedilen suyun buharlaşma enerjisi Doğal gazda daha çok olacaktır. Ancak Doğal Gazın kükürt içermemesi nedeni ile, baca gazları su buharının yoğunlaşma noktasına (56°C) kadar soğutulabilir ve bu dezavantaj ortadan kaldırılabilir. Bu sayede, Doğal Gazın Alt Isıl Değeri yerine yaklaşık Üst Isıl Değerinden faydalanabilir. Katı ve sıvı yakıtların baca gazları, kükürt içerdiği için, suyun yoğunlaşma noktasına kadar soğutulması düşünülmaz. Fuel-oil'in baca gazlarının soğutulabileceği en düşük sıcaklık 140°C'dir. Baca gazlarının soğutulması ile doğal gazdan % 20'ye varan bir tasarruf sağlanabilir.

(1) 1988 Aksoy N., Botaş Doğal Gaz Sempozyumu.

Parlak (aydınlık) bir aleve sahip olan kömür ve fuel-oil, parlak olmayan doğal gaza göre daha fazla radyasyona sahiptir. Ancak doğal gazın kükürt içermemesine bağlı olarak elde edilen temiz yanma ürünleri, direkt olarak ısıtma ortamına gönderilerek ısı transferi arttırılabilir ve doğal gaz alevinin düşük olan radyasyon enerjisi yükseltilebilir.

Fuel-oil ve kömür kullanılan kazanların ısı transfer yüzeylerinde İS-Kurum birikimleri olduğundan, kazan veriminde düşüş meydana gelmektedir. Doğal gazda böyle durum söz konusu değildir.

Yanma verimi katı yakıt kazanlarında % 85-97, sıvı ve gaz yakıt kazanlarında % 99 civarındadır.

Tam yanma için gerekli olan fazla hava miktarı; yakıta, brülör ve fırın dizaynına bağlı olarak değişir. Gaz yakıtlar hava ile hızlı ve homojen olarak karışabildiklerinden gerekli olan fazla hava miktarı bağıl olarak düşüktür. Katı yakıtların hava ile karışması daha zor olduğundan gereken fazla hava miktarı, fazladır.

<u>Yakıt</u>	<u>Fazla hava % (ağırlık)</u>
Kömür (Pulverize)	15-20
Kömür (Izgaralı)	15-60
Fuel-oil	5-20
Doğal Gaz	5-12

2.3. DÜNYA DOĞAL GAZ REZERVLERİ

Dünyada toplam doğal gaz rezerv kapasitelerinin saptanması, halen mevcut bilinen rezervlerin günümüz ekonomik ve teknik koşullarına göre daha ne kadar gaz vereceğinin jeolojik ve mühendislik bilgilerle hesaplanmasıdır. Herhangi bir yıla ilişkin rezerv kapasitesinin o yıldaki tüketime oranı (R/P) söz konusu rezervin ömrünü verecektir. Tablo 2.8'deki cetvel ve grafikler 1986 yılına göre toplam $102,2 \times 10^{12} \text{ m}^3$ olan dünyü gaz rezervlerinin dağılımını ve ömürlerini göstermektedir.

Dünya rezerv dağılımında S.S.C.B. rakipsizdir. Bugünkü tüketime göre ömrü 58,7 yıldır.

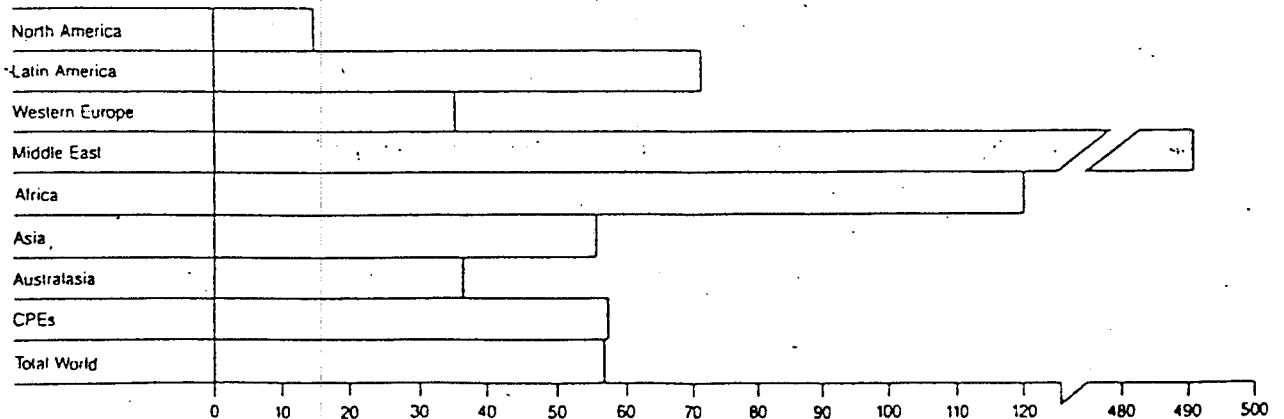
Türkiye'deki doğal gaz rezervlerine gelince; ülkemizde bilinen doğal gaz rezervleri Güneydoğu Anadolu'da Mardin-Çamurlu yöresinde ve Trakya bölgesinde toplanmıştır. Trakya'da yeni gaz alanı arama çalışmaları sürdürülmektedir.

Tablo 2.7 Türkiye doğal gaz rezervleri

BÖLGELER	REZERV (10^9 m^3)	ÜRETİLEBİLİR REZERV (10^9 m^3)
Mardin-Çamurlu	0,964	0,819
Trakya-Hamitabat	27,8	12,9
TOPLAM	28,764	13,619

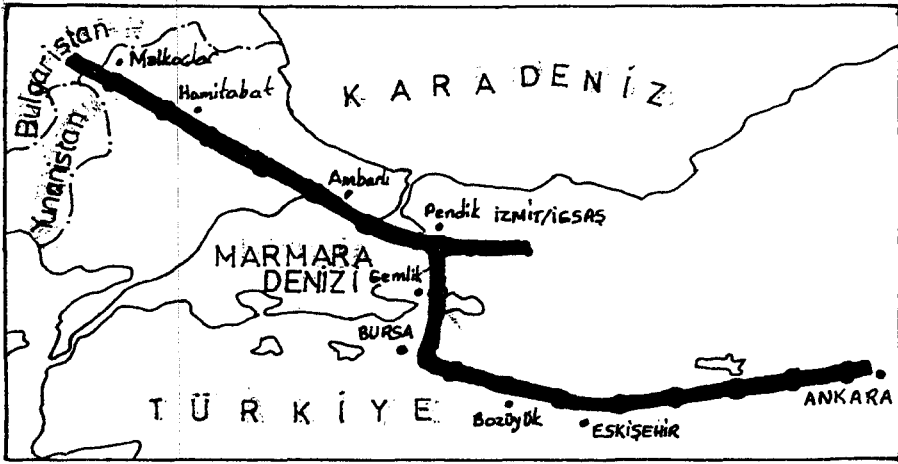
TABLO 2.8 1986 yılı sonuna göre doğal gaz rezervleri

	Trillion cubic feet	Trillion cubic metres	Share of total	R/P ratio		Trillion cubic feet	Trillion cubic metres	Share of total	R/P ratio
North America					Asia and Australia				
USA	185.4	5.2	5.1%	11.6	Japan	1.1	†	†	14.6
Canada	99.6	2.8	2.8%	40.0	Brunei	7.1	0.2	0.2%	25.7
Total North America	285.0	8.0	7.9%	15.5	Indonesia	49.4	1.4	1.4%	36.8
Latin America					Other South-East Asia				
Argentina	23.0	0.7	0.5%	46.5	Malaysia	49.4	1.4	1.4%	*
Ecuador	4.1	0.1	0.1%	*	Bangladesh	12.7	0.4	0.4%	*
Mexico	76.5	2.2	2.1%	84.0	India	17.6	0.5	0.5%	60.4
Trinidad	10.4	0.3	0.3%	82.8	Pakistan	18.7	0.5	0.5%	48.1
Venezuela	59.0	1.7	1.6%	95.8	Australia	18.7	0.5	0.5%	35.5
Others	17.1	0.5	0.5%	33.7	New Zealand	5.7	0.2	0.2%	42.7
Total Latin America	190.1	5.5	5.2%	71.6	Total Asia and Australasia	198.7	5.6	5.6%	54.4
Western Europe					Total NCW				
Netherlands	70.4	2.0	1.9%	30.6		2 019.4	57.1	55.9%	58.7
Norway	103.2	2.9	2.9%	*	Centrally-Planned Economies (CPEs)				
United Kingdom	22.4	0.6	0.6%	14.7	China	30.0	0.8	0.8%	64.8
West Germany	6.5	0.2	0.2%	14.9	USSR	1 550.0	43.9	42.9%	64.0
Others	16.3	0.5	0.5%	18.2	Others	15.8	0.4	0.4%	6.4
Total Western Europe	218.8	6.2	6.1%	35.9	Total CPEs	1 595.8	45.1	44.1%	58.5
Middle East					Total World				
Abu Dhabi	90.0	2.5	2.5%	*		3 615.2	102.2	100.0%	58.7
Bahrain	7.0	0.2	0.2%	44.7	Of which OPEC				
Dubai	4.4	0.1	0.1%	*		1 193.2	33.7	33.0%	*
Iran	450.0	12.7	12.4%	*	Notes:				
Iraq	28.0	0.8	0.8%	*	* 100 yılın üstünde				
Kuwait	35.0	1.0	1.0%	*	† 0.05'den az				
Qatar	152.0	4.3	4.2%	*	R/P = Rezerv/Üretim				
Saudi Arabia	124.0	3.5	3.4%	*					
Others	34.9	1.0	1.0%	*					
Total Middle East	925.3	26.1	25.6%	*					
Africa									
Algeria	106.0	3.0	2.9%	85.5					
Egypt	8.9	0.3	0.2%	44.5					
Gabon	0.5	†	†	*					
Libya	21.2	0.6	0.6%	*					
Nigeria	47.0	1.3	1.3%	*					
Others	17.9	0.5	0.5%	*					
Total Africa	201.5	5.7	5.5%	*					



2.4. TÜRKİYE'DE DOĞAL GAZ

Türkiye kalkınmakta olan ülkeler arasında yer almaktadır. Ülkeler enerji stratejilerini uluslararası gelişmeleri takibederek çizerler. Kalkınma ile birlikte enerji tüketimi de artmaktadır. Enerji kaynaklarımızın sınırlı olması nedeniyle enerji ithaline gidilmektedir. Enerji konusunda "Doğal gaz"da bir seçenektir. Türkiye'de Sovyetler Birliği ile yapılan ikili anlaşma sonucu doğal gaz ithal etmektedir.



ŞEKİL 2.2 SOVYETLER BİRLİĞİ TÜRKİYE

Doğal Gaz Boru Hattı

Sovyetler Birliği - Türkiye doğal gaz boru hattı BOTAŞ tarafından yapılmıştır. Hattın; Malkoçlar - Hamitabat bölümü 76 km, Hamitabat - Ambarlı bölümü 144 km'dir. Marmara denizini iki koldan geçen boru hattının toplam

uzunluğu 736,8 km'dir.

Sovyetler Birliği'nden gaz türbinleri ile çalışan kompresörlerle basılan doğal gaz 75 bar basınçta gelmektedir. Regülatör istasyonlarında basınç 40 bara düşürülerek şehirlere verilecektir.

Doğal Gaz 1987 yılından itibaren Trakya doğal gaz kombine çevrim santralinde elektrik üretimi için hammadde olarak kullanılmaktadır.

1988 yılı Ekim ayından itibaren Ankara'da doğal gaz kullanılmaya başlanmıştır. Ankara herbiri 1500-2000 aboneyi kapsayan 50 bölgeye ayrılarak kademe kademe doğal gaz kullanımına geçmektedir. Bütün bu alışmalar EGO Genel Müdürlüğü yönetiminde müteahhit firma KUTLUTAş - İNGİLİZ AMEC tarafından yapılmaktadır.

İstanbul'da ise şehir şebekesinin yapımı için 1988 yılında ALARKO - FRANSIZ SOFREGAZ şirketleri ile anlaşma yapılmış olup, İGDAş yönetiminde çalışmalar devam etmektedir.

Bursa ve Eskişehir için fizibilite yapılmış olup, çalışmalar devam etmektedir.

3. DOĞAL GAZIN KULLANIM OLANAKLARI

3.1. KONUTLARDA KULLANIM

Dünyada doğal gazın en yaygın olarak kullanıldığı sektörlerden biri konut ve ticari sektördür. Örneğin Hollanda'da konutların % 97'si; İngiltere'de % 91'i pişirme, mekan ısıtma ve sıcak su ihtiyacını karşılamada gerekli enerji'yi doğal gazdan sağlamaktadır.

Doğal gaz konutlarda; odun, kömür, fuel-oil ve LPG'ye alternatif olarak kullanılır ve hava gazında yerini alır.

Odun, kömür ve fuel-oil gibi yakıtlar belli bir yerde yakılır ve elde edilen sıcak-su, mekan ısıtması olarak kullanılacak bölgeye borularla nakledilir. Doğal gaz, bu şekilde kullanıldığı gibi, istenirse konutlara doğal gaz borularıyla, her odaya konabilecek gaz yakma cihazlarına iletilip yakılabilmektedir.

Sovyetler Birliği'nden alınacak olan Doğal gaz miktarı yılda 6 milyar m³'e eriştiginde, bu miktarın % 27'sinin konutlarda tüketileceği hesaplanmaktadır.

3.1.1. Mutfak Kullanımı

Doğal gaz mutfakta, ocak ve fırınlarda kullanılabi-

lır. Ocak ve fırınlarda ayrıca LPG veya havagazı da kullanılabilir. Fırın ve ocakların dizaynı, kullanılacak yakıtın; ısı yüküne, yanma için gereken hava miktarına, tutuşma ve yanma hızına göre yapılır.

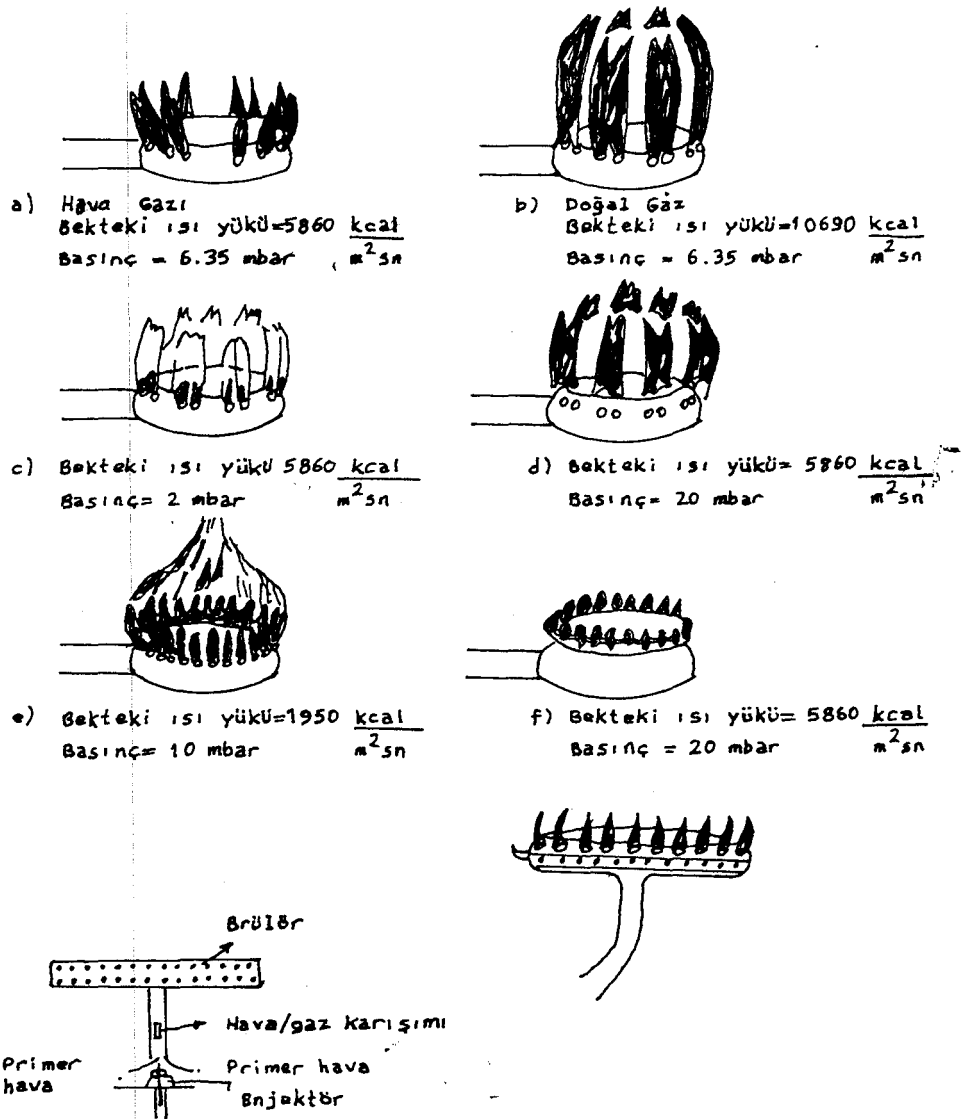
Hava (şehir) gazının alt ısı değeri yaklaşık 4000 kcal/m³, doğal gazın alt ısı değeri 8250 kcal/m³, LPG'nin alt ısı değeri 22200 kcal/m³'dür. Ancak 4000 kcal/m³ olarak belirttiğimiz şehir gazının alt ısı değeri standartlarda geçen bir değerdir⁽¹⁾.

Görüldüğü gibi, doğal gazın alt ısı değeri; hava gazının değerinin yaklaşık iki katıdır. Bu yüzden ocak ve fırın brülörlerinde aynı ısı yükünü sağlamak için sisteme hava gazının yarı hacminde doğal gaz verilmesi kafidir. LPG'nin alt ısı değeri doğal gaza göre 2,5 kat daha fazla doğal gaz gönderilmelidir.

Bu gazların tam yanmasının sağlanabilmesi için gereken hava miktarı farklıdır. Alevlenme limiti hava gazı için (% 4-40), Doğal gaz için (% 5-15), LPG için (% 1,5-9)'dur. Alevlenme limiti bize gazın; tutuşması için gereken hava içindeki minimum ve maksimum gaz hacimlerini yüzde olarak ifade eder. Dizaynda dikkat edilmesi gereken diğer bir hususta yanma hızıdır. Yanma hızı alevin brülör başlığından çıkan hava/gaz karışımı içindeki geri gitme hızıdır. Kararlı bir alev elde etmek için yanma hızının, brülör başlığından gelen hava/gaz karışımının hızına eşit olması gerekir.

(1) m³: 15°C ve 1,01325 bar Mutlak Basıncıdaki 1m³ gazın hacmidir.

Örnek şekiller üzerinde, şehir gazına göre dizayn edilmiş ocak bekinin doğal gaza dönüşümü için alternatifleri inceleyelim.



ŞEKİL 3.1 Hava gazına göre dizayn edilmiş ocak bekinin doğal gaza dönüşüm alternatifleri

Şekil 3.1 (a)'da; şehir gazının bek çıkışıındaki alev görülmektedir. Kararlı bir alev elde etmek ve tam yanma olayının gerçekleşmesi için, enjektörden çıkan gazın ve beraberinde sürükleyeceği primer havanın fiziksel karışım prosesi oldukça önemlidir. Hava gazına göre, doğal gazın yanma hızının daha düşük ve % 5-15 gibi kritik bir alevlenme limiti'nde oluşu, bekte oluşacak alevin kararlılığını, boyunu, biçimini ve alevin rengini etkiler.

Şekil 3.1 (b)'de; hava gazına göre dizayn edilmiş bir bekte, hiçbir değişiklik yapılmadan, doğal gaz yakıldığındaki görünümü verilmiştir. Doğru olmayan hava/gaz karışımından ve doğal gazın düşük yanma hızından dolayı, gazı fazla havası az olan bir alev elde edilecektir. Bekte elde edilecek birim alana düşen ısı yükü istenenden farklı, yaklaşık 2 kat olacaktır.

Şekil 3.1 (c)'de, bek çıkışında aynı ısı yükünü elde etmek için hızı düşürmek gerekmektedir. Çünkü hava gazının yanma hızı 1 m/sn olduğu halde, doğal gazın 0,43 m/sn. Hızı düşürmenin bir yolu basıncı düşürmektir. Basıncı 2 mbar'a düşürelim. Enjektörden çıkan gazın hızı düşecektir, basınç düşüklüğünden dolayı, enjektörden çıkan gaz, beraberinde daha az primer hava sürükleyecektir. Böylece bekte, gerekenden daha az hava ve gerekenden daha çok gaz içeren dengesiz ve tam yanmanın olmadığı sarı ve sisli bir alev oluşacaktır.

Şekil 3.1 (d)'de; bekte aynı ısı yükünü elde etmek ve gazın tam yanması için gereken doğru primer hava çeki-

şini sağlamak amacıyla basıncı 20 mbar'a yükseltip, enjektör çapını küçültelim. Fakat alev deliklerinde kopukluk olur. Bu durumda hava/gaz ayarı sağlanmış olmasına rağmen, doğal gazın düşük yanma hızı, yanma olayının meydana geldiği bek çıkışında alev kopukluğuna neden olur.

Şekil 3.1 (e)'de; alev kopukluğunu önlemek için, doğru oranda hava/gaz karışımının hızını, alev deliklerinde azaltmak gerekir. Bunun için, ya ocak bekinin alev delikleri genişletilir, ya da alev deliklerinin sayısı arttırılır. Bu şekilde de yanma hızı ayarlanmış olmasına rağmen brülörün rezistansı düşeceği için, basıncı 20 mbar yerine 10 mbar'a indirmek ve enjektör çapını biraz büyütüp, gelen gazın hızı ayarlamak veya enjektör çapını küçültüp, ocak bekinin alev deliklerinin çapını büyütme gerekmektedir.

Şekil 3.1 (f)'de; bekte aynı basınç altında aynı ısı yükünü elde etmek için, enjektör çapı küçültülür. Ocak bekinin alev delikleri orjinal çapta tutulur ve bu deliklerin, hemen kenarına ilave delikler açılır. Böylece bu deliklere gelen hava/gaz karışımının hızı düşer ve hava gazına göre düşük olan 0,43 m/sn'lik yanma hızına göre yanma olayı gerçekleşerek, kararlı bir alev oluşur. Fırınlar için de aynı şeyler yapılabilir.

LPG'den doğal gaza dönüşümde ise bu değişikliğin tam tersi yapılır. Yani enjektör çapı büyültülüp, ocak beklerinin alev deliklerinin sayısı azaltılmalıdır. Bu da alev deliklerinin bazılarının kapatılmasıyla olur.

3.1.2. Isıtma ve Sıcaksu Temininde Kullanım

Türkiye'nin nüfusunun yaklaşık % 55'i şehirlerde yaşamaktadır. Bu nüfusun yaklaşık % 40'ı İstanbul, Ankara ve İzmir'dedir. 2000 yılına kadar İstanbul, Ankara, Bursa ve Eskişehir'de en az 1 milyon konut yapılacak ve bu konutların ısıtması için 10 milyar kcal/h ısı gerekecektir⁽¹⁾.

Doğal gazın ısıtma amacıyla konutlarda doğrudan kullanımı; kazan dairesi tesisatı ve ekipmanları yatırımını ortadan kaldıracağı için maliyetin önemli bir bölümünden kurtulmuş olunacaktır.

Doğal gaz; konutlarda, ısıtma ve sıcaksu temini için başlıca şu şekilde kullanılır.

3.1.2.1. İndirekt sistemli ısıtma

Apartmanlarda ve tek daire için kullandığımız fuel-oil ya da kömür yakılan kalorifer sistemlerinde Doğal gazda kullanılabilir. Su sistemlerde kazanlar önce içlerinden geçen bir akışkanı (genellikle suyu) ısıtırlar. Daha sonra bu akışkan ikinci bir ısıtıcı yüzeyde (radyatörlerde) dolaşarak mahal havasını ısıtır. Doğal gaz yakışlı ısıtma kazanlarını da iki bölümde incelemek mümkündür.

Kat kaloriferleri; en yaygın olan tipleri atmosferik brülör ile çalışanlarıdır. Bu tip kazanlar açık yanma

(1) Doç. Arınç Ü.D. 1988 M.M.O. Doğal Gaz Sempozyumu.

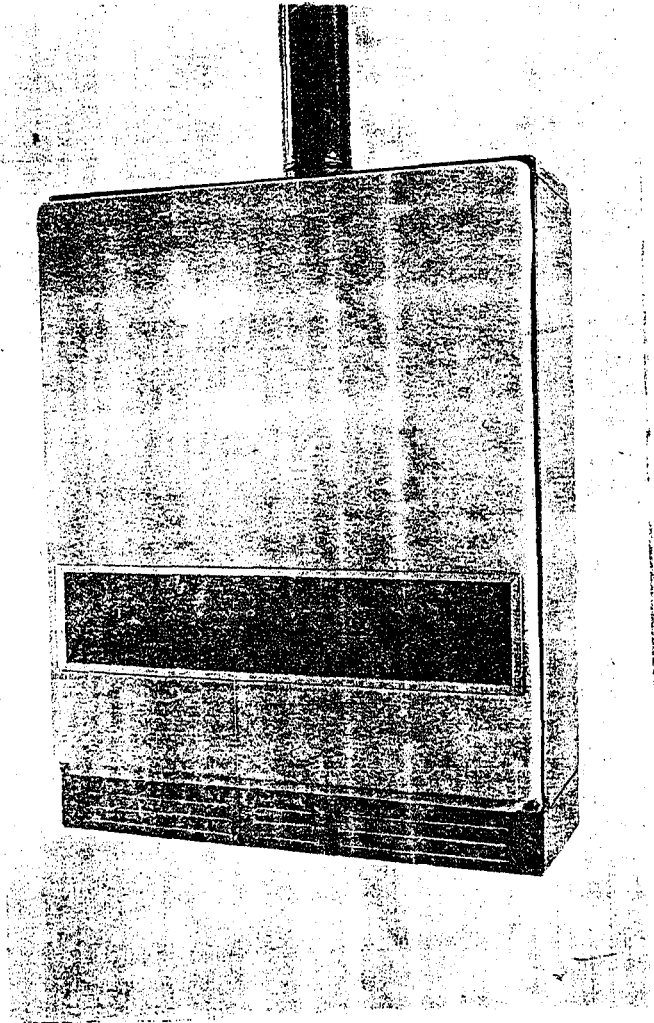
odalı (baca bağlantılı) olduğu gibi kapalı yanma odalı (hermetik balanslı) olarak da imal edilmektedir. Konvansiyonel (baca bağlantılı) açık yanma odalı sistemlerde ısı gücü 6000-50000 kcal/h arasındadır. Balanslı tip kat kaloriferi ise tabii çekimli olarak (20.000 kcal/h) değerine kadar üretilmektedir. Her iki tip kazan çelik eşanjörlü olduğu gibi yaygın olarak döküm dilimli eşanjörlü olarak da imal edilmektedir. Bu tip kazanların yüksek ısı verimliliği yanında yoğuşan su nedeniyle korrozyondan etkilenmeyen düşük duman gazı sıcaklığında çalışma gibi avantajları vardır. Bu tip kazanlar döşemeye oturtuldukları gibi, nadirenduvara monte edilen tipleride vardır.

Merkezi ısıtma; 50.000 kcal/h ısıtma kapasitelerinden 1.000.000 kcal/h ısıtma kapasitesine kadar imal edilen bu tür kazanlar genelde üflemlili vantilatörlü yüksek basınçlı doğal gaz brülörü ile çalışır. Monoblok gövdeli çelik kazanlar yapılabildiği gibi, dilimli döküm kazanlarda üretilmektedir.

3.1.2.2. Direkt sistemli ısıtma

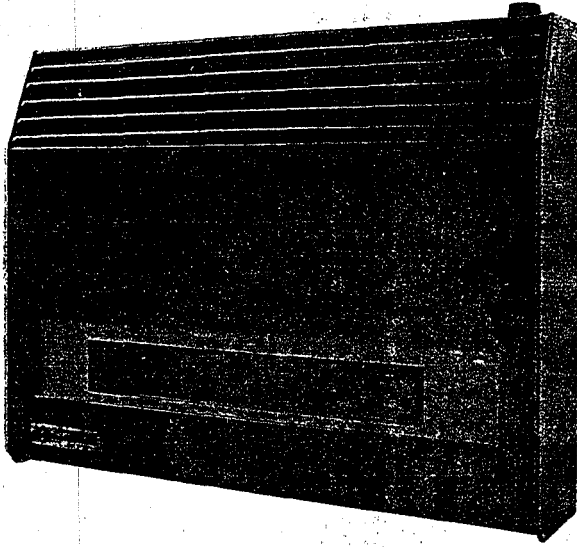
Bu sistemde doğal gazın yakılması sonucu meydana gelen ısı enerjisi direkt olarak mahal havasına transfer edilir. Bu doğal gaz sobası diyebileceğimiz cihazlarla yapılır. Bu cihazlarda yanma havasının temin edilme şekli, yanma ve atık gazın atılma durumuna göre üç grupta incelenebilir.

Baca bağlantılı ısıtıcılar; yanma için gereken havayı buldukları ortamdan alırlar. Yanma sonucu hasıl olan gazlar eşanjörden geçerek davlumbaz vasıtasıyla bir bacaya verilirler. Isıtma güçleri genelde 5000 kcal/h değerindedir. Bu güç yaklaşık 50 m² yer ısıtır. Isıl verimleri % 75 civarında olup, yanma odaları ve ısıtma yüzeyleri emaye kaplı kaliteli sac olduğu gibi dökümden de yapılabilir.



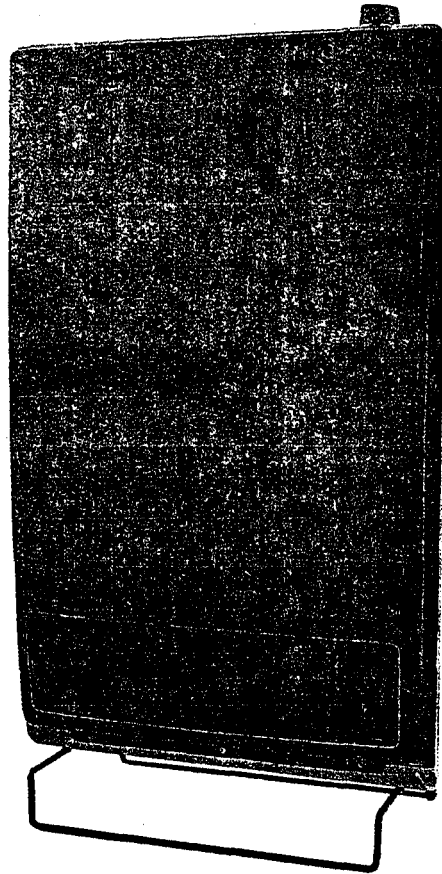
Şekil 3.2 Baca bağlantılı ısıtıcılar

Balanslı hermetik tip ısıtıcılar; Kapalı yanma odalı ısıtıcılardır. Yanma için gerekli hava bina dışından alınmakta yanma gerçekleştikten sonra duman gazları eşanjörden geçip temiz hava ile karışmadan dışarı atılmaktadır. Bu sistemlerde yanma için mahal içindeki hava kullanılmamaktadır. Bu tip cihazlar genelde 2000-2500 kcal/h ve 4000/5000 kcal/h güçlerinde üretilmektedir. Yanma odaları emaye kaplı kaliteli saçtan eşanjörleri ise alüminyumdan olduğu gibi pik dökümden de imal edilmektedir. Odanın ısıtması genelde tabii konveksiyon ile (kısmen radyasyonla) sağlanmaktadır. Ancak konvektörlerde bir vantilatör kullanılarak cebri konveksiyon ile de oda ısıtılmaktadır.



Şekil 3.3 Balanslı hermetik tip ısıtıcılar

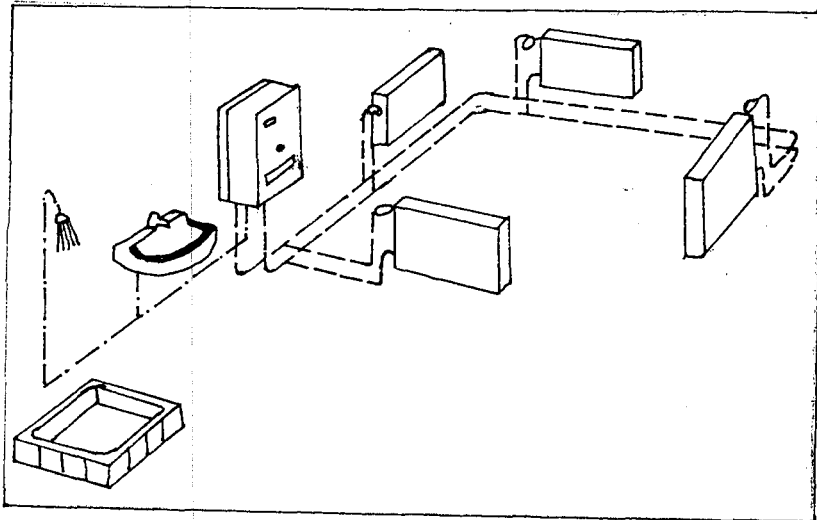
Katalitik yanmalı ısıtıcılar; Bu ısıtıcılarda brülör vazifesini "Altın, Radyum veya Platin" tuzları emdirilmiş seramik elyaf esaslı malzeme görmektedir. Enjektörden çıkan gaz hava ile karışarak bu malzeme üzerinde (CO) çıkarmayacak şekilde yanmaktadır. Bu malzeme, yanma olayında katalitik etki yapmaktadır. Atık gazlar da sağlık açısından zararlı madde içermediğinden yanma gazlarının baca veya dışarıya verilmesinde bir sakınca görülmez. Bu tür cihazlar en fazla 2600 kcal/h ısıtma gücünde imal edilmekte olup aynı cihazda 1700-2100 kcal/h güçlerini de kademe kademe ayarlamak mümkündür.



Şekil 3.4 Katalitik yanmalı ısıtıcılar

3.1.2.3. Birleşik (Kombi) ısıtıcılar (Mahal ve su ısıtıcıları)

Son yıllarda doğal gazın kullanım kolaylığına bağlı olarak Avrupa'da hızla yaygınlaşmaya başlayan hem "mahal ısıtması" hem de "sıcak kullanma suyu" sağlayan bir cihazdır. Genelde 15.000-25.000 kcal/h kapasiteli olarak üretilmektedir. Bu tür cihazlarda ısıl gücün harca- ma önceliği sıcak kullanım suyundadır, yani; mutfak veya banyoda musluk açılıp sıcak su istenildiğinde, mahal ısıtması için radyatörlere giden su derhal yol değiştire- rek sıcak su eşanjörüne girer ve şebekeden gelen soğuk suyu ısıtarak musluktan sıcak su akmasını sağlar. Musluk kapatıldığında mahal ısıtması için radyatörlere giden hat tekrar açılarak ısınmanın devamını sağlar.



--- kalorifer tesisatı
 ——— sıhhi tesisat

ŞEKİL 3.5 Kombi ısıtıcısının bağlantı şeması

3.1.2.4. Su ısıtıcıları

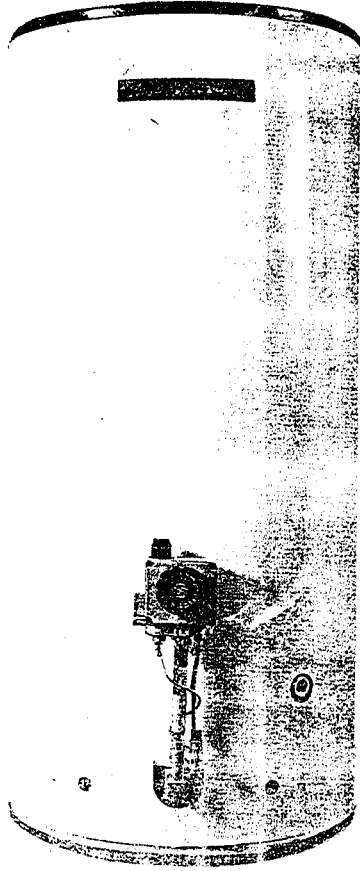
Sıcak su temininde, doğal gazla çalışan cihazlar kullanmak mümkündür. Bu cihazlar, iki grupta incelenebilir.

Ani su ısıtıcıları (şofbenler); Genelde dakikada on veya onüç litre sıcak su ($t = 25^{\circ}\text{C}$) üretirler. Atmosferik brülörlüdürler. Güce göre gaz ayarlı olup basınç değişikliklerinden etkilenmeyecek şekilde (su selektörlü) tasarlanan tipleri vardır. Diğer tiplerden birisi ise çıkış su sıcaklığını ($35-55^{\circ}\text{C}$ aralığında) istenilen değerde tutan termostatik ısıtıcılardır.

Depolu su ısıtıcıları; Genel olarak 50, 80, 100, 125, 150 litre su kapasitelerinde üretilmektedir. Termostatik kontrollüdürler. Atmosferik brülör yanma odası şekline uygun olarak daireseldir. Monoblok poliüretan ile izole edilmişlerdir(Şekil 3.6).

3.2. SANAYİDE KULLANIM

Doğal gaz; sistemde kolay kontrol edilmesi, çok temiz ve özellikleri sabit kalan bir yakıt olması, dağıtım borularının kullanım yerine kadar iletilmesi, yanması ve yakma işleminin kolay olması, çevre kirliliği yaratmaması nedenleriyle sanayide de değişik alanlarda kullanılmaktadır.



Şekil 3.6 Depolu su ısıtıcıları

3.2.1. Kazanlarda Kullanımı

Sanayi tesislerinde, proses için gerekli sıcak su veya buhar, kazanlarda üretilmektedir.

Doğal gazın bileşim elemanları incelendiğinde karbon (C) miktarının diğer yakıtlara göre düşük, hidrojen (H) miktarının fazla olduğu görülür. Bu ise stokiometrik yanmada sıvı yakıt ve kömür alevinin parlak sarı, doğal gaz alevinin mavimtrak bir renkte oluşmasını sağlar. Aynı yanma şartlarında doğal gazda sıvı yakıta göre birim

ısıtma yüzeyine daha az radyasyon ısısının transfer edilmesi demektir.

Yanma hücresinde elde edilen pratik yanma (ocak) sıcaklıkları aşağıdaki gibidir.

Doğal Gaz 1200 - 1600°C

Sıvı Yakıt 1200 - 1600°C

Elle beslemeli kömür 900°C

Mekanik kömür yakma sistemlerinde 1200 - 1400°C

Ocakta radyasyonla geçen ısı:

$$Q_s = C \cdot F_s \left(\frac{t_f - 273}{100} - \frac{t_w - 273}{100} \right)$$

c = Radyasyon katsayısı (kcal/m²h°C)

c = 3,6 Fuel-Oil için

c = 2,2 Doğal gaz için

c = 4,0 Kömür için

$F_s = 2 \times \text{Alev boyu} \times \text{Alev çapı (m}^2)$

$F_s = \text{Radyasyon yayan ve alan yüzeyin izdüşüm alanı (m}^2)$

$t_f = \text{Radyasyon yayan yüzeyin sıcaklığı } ^\circ\text{C}$

$t_w = \text{Radyasyon alan yüzeyin sıcaklığı } ^\circ\text{C}$

Çapı 850 mm boyu 2000 mm olan bir kazan ocağında fuel-oil ve doğal gaz yakılması halinde transfer edilen radyasyon ısısı

$$F_s = 2 \times 0,85 \times 1,85 = 3,14 \text{ m}^2$$

90/70 Çalışan kazan için $t_w = 90 + 10 = 100^\circ\text{C}$

Fuel oil için $t_f = 1200^\circ\text{C}$

$$Q_s = 3,6 \times 3,14 \left[\left(\frac{1200 - 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{100 - 273}{100} \right)^4 \right]$$

$$Q_s = 530.000 \text{ kcal/h}$$

Doğal gaz için $t_f = 1200^\circ\text{C}$

$$Q_s = 2,2 \times 3,14 \times \left[\left(\frac{1200 - 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{100 - 273}{100} \right)^4 \right]$$

$$Q_s = 325.000 \text{ kcal/h}$$

$$\frac{Q_s \text{ Doğal gaz}}{Q_s \text{ Fuel oil}} = \frac{325.000}{520.000} = 0,613$$

Görüldüğü gibi doğal gazda % 39 daha az ısı transferi oluşmaktadır.

Doğal gaz alevi renginin mat olması dolayısıyla yanma hücrelerinde teşekkül eden alevden ısıtma yüzeylerine sıvı yakıta göre daha az radyasyon ısı transferi yapılabildiğinden yanma hücreleri sonunda gaz sıcaklığı sıvı yakıta göre Şekil 3.7.'de görüldüğü gibi yaklaşık 150°C fazla olmaktadır. Bu ise kazan dizaynında kazan malzemelerinin aşırı ısınmaması için ısı geçişini kolaylaştıran bir takım tedbirler alınmasını gerektirmektedir. Alınması gerekli tedbirler⁽¹⁾,

- Kazan aynaları hesaplarında et kalınlığı el verdiği oranda ince yapılmalıdır.

- Kazan boruları aynalara kaynak edilmeli ve boru uçları aynalardan dışarıya fazla taşmamalıdır.

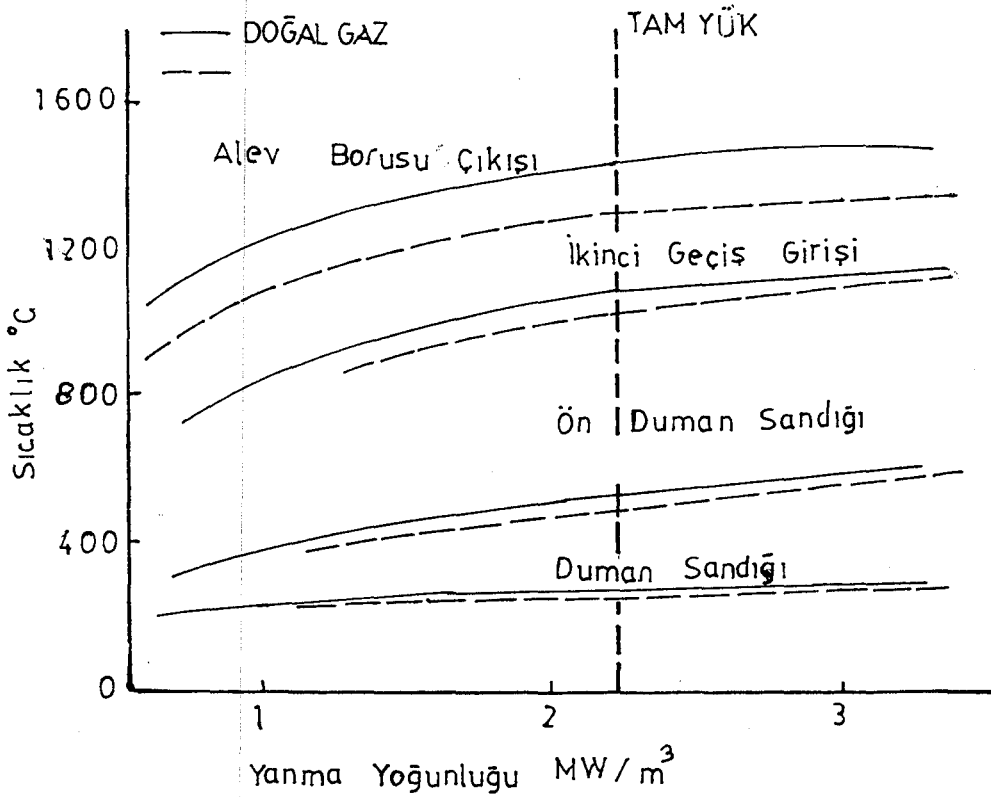
- Yanma hücreleri hacmi küçük seçilmemelidir.

- Gaz brülörü kapasitesi, kazan kapasitesine uygun seçilmeli veya ayarlanabilmelidir. Brülör kapasitesi

(1) Bilgiç M. 1989 İstanbul M.M.O. Semineri.

veya ayarı büyük olursa doğal olarak yanma hücresi sonunda gaz sıcaklığı yüksek olur.

- Yanma hücresi gereğinden fazla refraktar malzeme ile kaplanmamalıdır.



ŞEKİL 3.7 Alev Duman Borulu kazan içindeki gaz sıcaklıkları

Konveksiyon yüzeylerinde ısı transferi; Doğal gazda yanma hücresi sonundaki gaz sıcaklığının sıvı yakıt şartlarına göre takriben 150°C'den fazla olması ve duman gazları bünyesinde fazla su buharı bulunmasından dolayı, duman gazları daha fazla ısı taşıdığından kazanın konvek-

siyon yüzeylerinde (duman borularında) sıvı yakıtta göre daha fazla ısı transferi vuku bulmaktadır. Neticede aynı kazanda sıvı yakıt ve doğal gaz yakılması halinde aynı ısı elde edilmektedir. Ancak bacaya atılan duman gazı doğal gazda daha fazla ısı ihtiva ettiğinden kazan verimi % 3-5 mertebesinde düşük olmaktadır. Doğal gazda kükürt (S) yok denecek kadar az olduğundan kazanlarda alçak sıcaklık korozyonunu ortadan kaldırır. Duman gazlarının kazan içinde alçak sıcaklık korozyonu oluşumunun engellenmesi için belirli sıcaklığın altına düşmesi arzu edilmez. Bu değerler pratik olarak

Kömür yakımında	160°C
Sıvı yakıt yakımında	140°C
Doğal gazda	60°C

Bacaya giden gazlarda her 20°C'lik indirim % 1 verim artışı sağlar. Doğal gaz sistemlerinde yanma havası, bacaya konan eşanjörlerle ön ısıtmaya tabi tutulur. Yani, baca gazlarının ısıısıyla yanma havası ısıtılır. Doğal gazın sülfür ihtiva etmemesi ve korozyona sebebiyet vermesi sebebiyle baca gazları çığlenme noktasının altına 60°C kadar soğutularak, ısı geri kazanılabilir.

Diğer yakıtların bileşimde kükürt bulunması nedeniyle ancak 140°C - 160°C altında kükürt oksitleri olduğundan daha aşağı derecelere soğutulamazlar.

3.2.2. Proseste Kullanım

Sanayide, kazanlarda elde edilen buhar veya sıcak

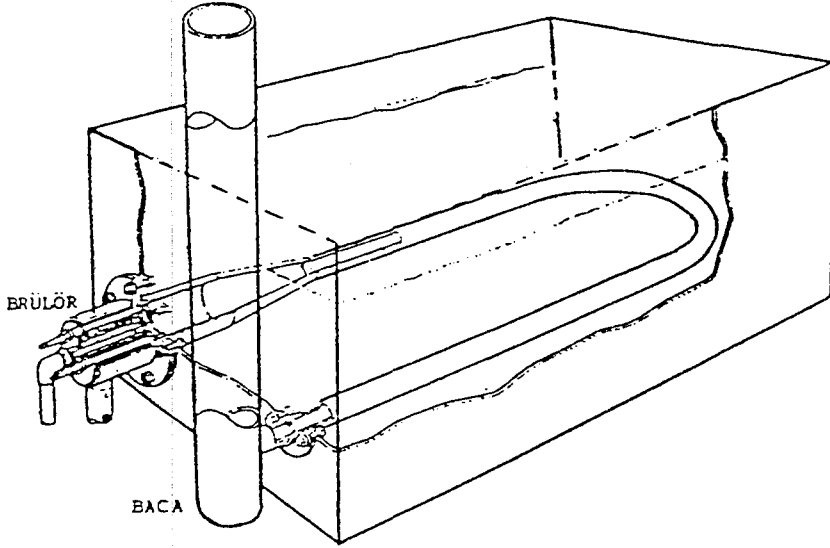
su, borularla kullanım yerine kadar taşınmakta, orada amaca göre kullanılmaktadır. Normal şartlarda % 80 civarında olan kazan verimi çeşitli kayıplar nedeniyle % 50'nin altına düşmektedir.

Doğal gazı ihtiyaç olan noktaya taşıyıp üretim şartlarına bağlı olarak direkt veya indirekt kullanmak ve yüksek verim elde etmek mümkündür. Bu amaçla geliştirilmiş olan ekipmanlar, kullanıcılara büyük tasarruf sağlamaktadır. Buhar kullanarak ısıtma yapılan sistemlerde doğal gaz direkt veya indirekt kullanılabilir.

Örnek olarak, bir tank ısıtmasını inceleyelim. Mevcut sistemlerde tank ısıtması, tank içindeki serpantinlerde dolaşan buhar ile yapılmaktadır. Böyle bir sistemde, kazan verimi % 80 olsa bile, kazanın her zaman tam kapasitede çalışmaması, buhar taşıma kaybı ve diğer kayıplar nedeniyle enerjinin ancak % 50'si kullanılabilir. Yakıtın ihtiyaç noktasında kullanılması, kayıpları ortadan kaldıracak, dolayısıyla verimi arttıracaktır. Bu nedenle tank ısıtmasında kullanılabilen doğal gazlı daldırma tüpleri (Şekil 3.8'de) geliştirilmiştir.

Sistem küçük çaplı U şeklinde metal bir boru ve buna monte edilmiş nozzle mix brülöründen oluşmaktadır. Bu sistemde boru çapını küçük tutarak, yüksek gaz hızlarına ve dolayısıyla yüksek verimlere ulaşmak mümkündür. Şekil 3.9'da uzunluk/çap oranının verim üzerindeki etkisi görülmektedir. Pratikte en çok kullanılan boru çapları 1,5" - 6" arasında değişmekte ve 40.000 kcal/h 500.000

kcal/h arasında ısı yükü elde edilmektedir.

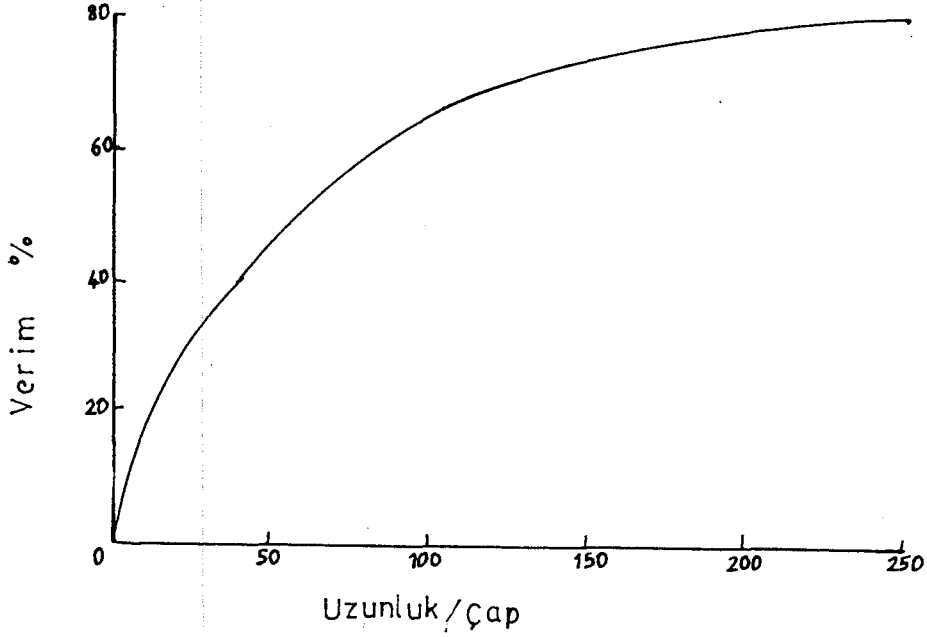


Şekil 3.8 Daldırma tüp ile tank ısıtması

Doğal gaz, şartlara bağlı olarak su ısıtmasında direkt olarak kullanılabilir. Bu amaçla geliştirilen daldırma tüpünden çıkan baca gazları besleme suyunu ısıtarak sistemi terkeder. Bu sistemlerde 87°C sıcaklık elde etmek mümkündür.

3.2.3. Fırınlarda Kullanım

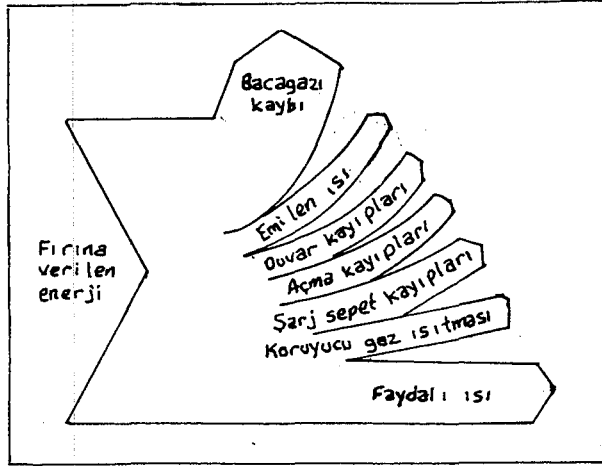
Doğal gaz, yüksek sıcaklık gerektiren, her türlü kurutma pişirme ve ısıl işlem fırınlarında, diğer yakıtlara alternatif olarak kullanılır.



ŞEKİL 3.9 Uzunluk /Çap oranının verim üzerindeki etkisi

Yüksek fırınlarda, baca gazları atmosfere atılmaktadır. Bu nedenle, konvansiyonel yüksek sıcaklık fırınlarında ısı verimi % 5 ile % 20 arasında değişmektedir. Enerjinin büyük bir kısmı baca gazlarıyla dışarı atılmaktadır. 1300°C'de atmosfer atılan baca gazları verimi % 70 düşürmektedir. Bu enerji kayıplarını önlemek amacıyla, atık ısıdan yararlanarak yakma havasını ısıtan sistemler geliştirilmiştir. Yakma havasının ısıtılması, yüksek alev sıcaklığı vermekte ve dolayısıyla verim artmaktadır. Bu prensibe dayanarak değişik brülör sistemleri geliştirilmiştir. (Şekil 3.10)

Rekuperative brülörler, Şekil 3.11'de görüldüğü gibi, rekuperatörün ekzest yoluna monte edilen ve ısınmış yakma havasını sağlayan, ters akışlı bir eşanjör içine

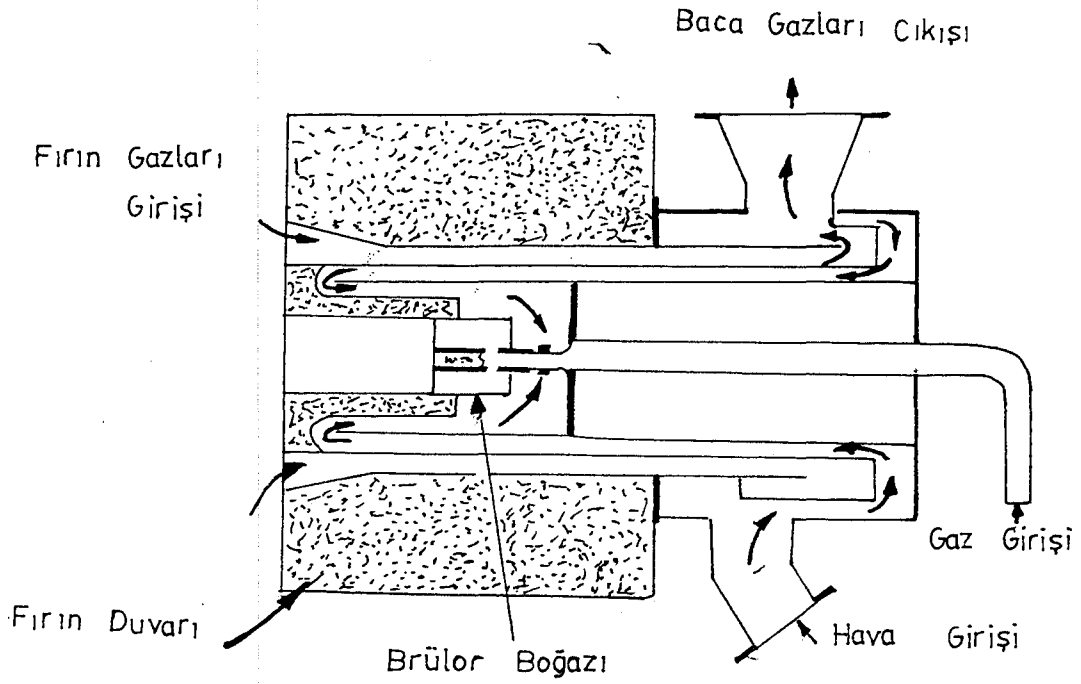


ŞEKİL 3 10 Isıl işlem fırını enerji bilançosu

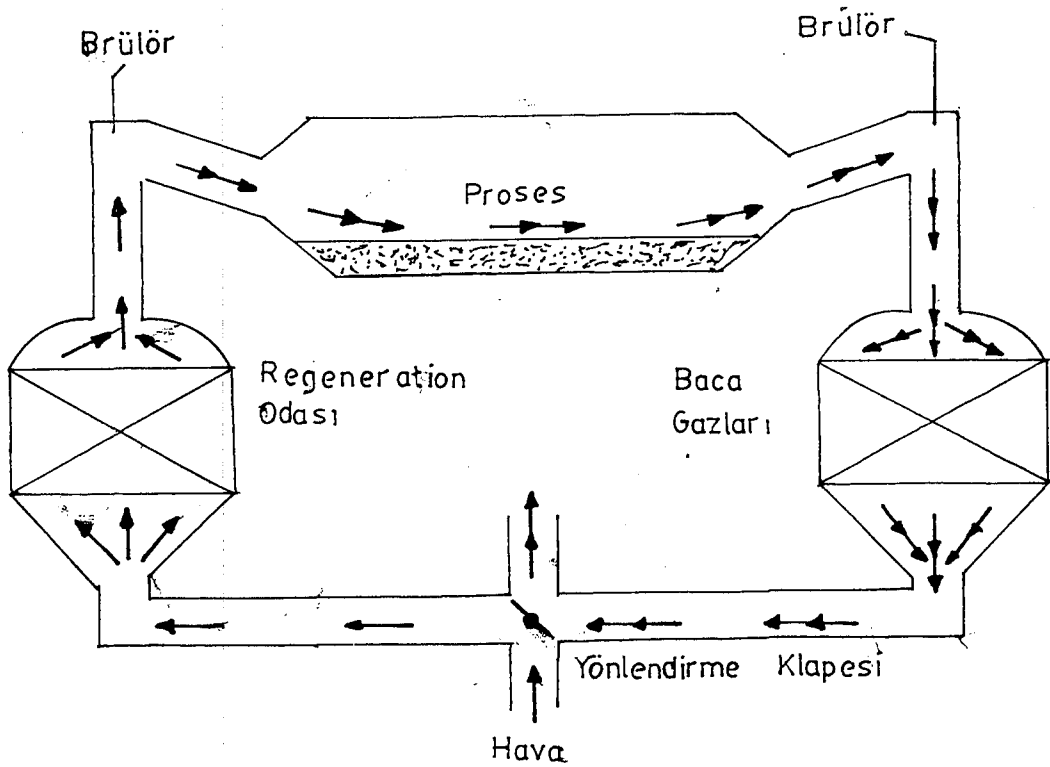
monte edilen tünelmixing brülöründen meydana gelen kombine bir sistemdir. Bu tip brülörlerde yanma havası 600°C 'ye kadar ısıtılarak % 30'a ulaşan bir verim artışı sağlanır.

Rejenerativ brülörler, Şekil 3.12'de görüldüğü gibi, çift brülörden oluşur. Her brülörün bir regenerasyon odası vardır, brülörler dönüşümlü olarak devreye girer. Biri, sıcak baca gazlarıyla ısıtılırken, diğeri yanma havasıyla soğutulmaktadır. Regenerative brülörlerde yanma havası 1200°C 'ye kadar ısıtılabilmekte ve % 50'ye ulaşan verim artışı sağlanmaktadır.

Birçok yüksek sıcaklık prosesleri indirekt ısıtma gerektirir. Bunun için seramik radyant tüpler 1250°C 'ye kadar yüksek verimle çalışmaktadır. Şekil 3.13'de görüldüğü gibi, tüpün her iki ucu, malzemedeki gerilmeyi azaltan ve ısıl genleşmeyi sağlayan bir montaj tekniğiyle fırın



ŞEKİL 3.11 Reküperativ Brülör

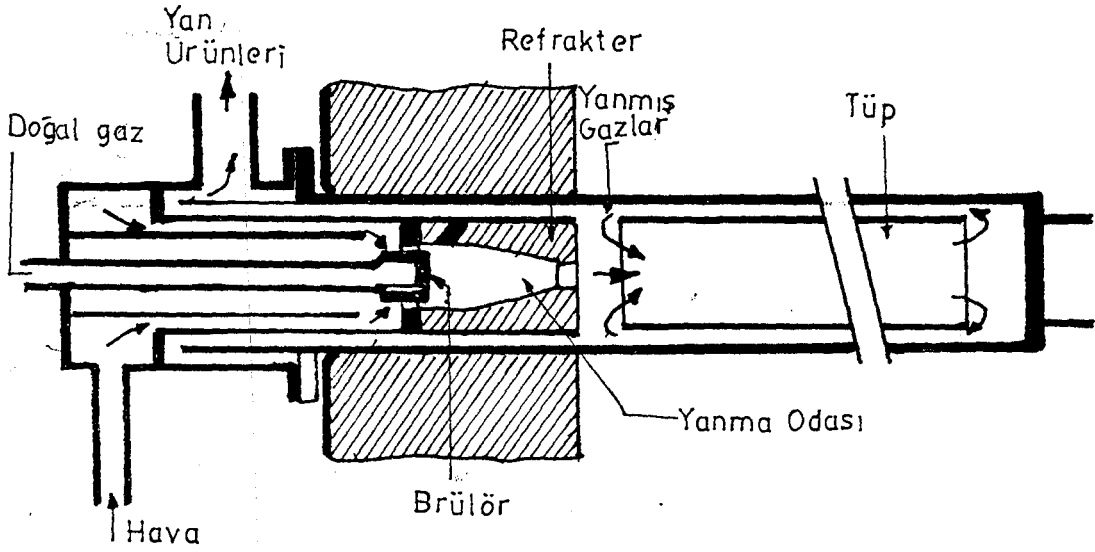


ŞEKİL 3.12 Regenerativ Brülör

duvarına monte edilmiştir. Sisteme 60 kw kapasiteli bir reküperative brülör konarak, bu sistemde brülörden 100 m/sn hızla çıkan yanmış gazlar elde edilebilir. Bu gazlar tekdüze bir sıcaklık dağılımı verebilmek için radyant tüp içine konsantrik olarak monte edilmiş borulardan geçerek reküperatöre girer ve oradan atmosfere atılır. Seramik radyant tüpler metallerin; ısıtma, sinterleme ve ısı işleme fırınlarında, seramik sanayiinde üretim fırınlarında kullanılmaktadır.

Yanma ürünü gazların ürünle temas etmesinin sakıncalı olduğu proseslerde, ürünün özel atmosfer içinde tutulması gerekmektedir. Bu proseslerde kullanılmak üzere Şekil 3.14'de görülen Metalik Radyant tüplü brülörler geliştirilmiştir. Gaz, ısıya dirençli bir malzemedan yapılmış radyant tüp içinde yakılmakta ve tüp duvarlarında kondüksiyon yoluyla yayılan ısı, radyant ısı transferiyle ortama verilir. Metalik radyant tüplerde proses sıcaklığı 400-900°C iken tüp sıcaklığı 1050°C olmaktadır. Bu tip brülörlerde yanma ürünü gazlar radyant tüp içinden geçerek atmosfere atılır.

Demir dışı metallerin eritilmesinde kullanılmak üzere Şekil 3.15'de görüldüğü gibi seramik daldırma tüpleri geliştirilmiştir. Tüpe bir reküperatör monte edilerek büyük ölçüde yakıt tasarrufu sağlanır. Bu sistem Alüminyum ve Çinko Sanayiinde yüksek verimle uygulanabilmektedir.

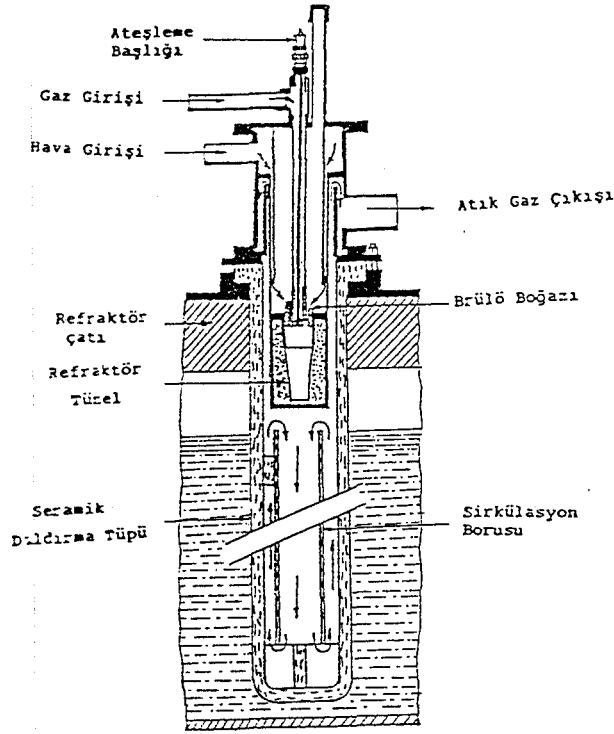


ŞEKİL 3.14 Tek taraflı Metalik Radyant tüplü Brülör

Doğal gazın yanma ürünlerinin, proses ürünleri ile temas etmesi sakıncalı olmadığından, bazı proseslerde doğal gazla direkt ısıtma yapılarak enerji verimini arttırmak mümkündür.

3.2.4. Mahal Isıtmasında Kullanım

Mahal ısıtması genellikle sıcaksu veya buharla beslenen radyatör veya konvektör gibi ısıtıcılardan oluşan merkezi ısıtma sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemin verimi % 75 olmasına rağmen dağıtım kayıpları ve kazanın her zaman tam yükte çalışmaması ve kullanım yerinin heran



Şekil 3.15 Seramik Daldırma tüpü

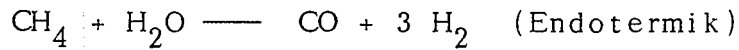
verimli kullanıma imkan vermemesi gibi nedenlerle zamana bağlı olarak verim düşüşü olmaktadır. Bu tip merkezi sistem kazanlarda verimi arttırmak için yapılan çalışmalar sonucunda, % 85 verimle çalışabilen modüler Boyler sistemi geliştirilmiştir. Sistem, küçük kapasiteli birkaç boylerden oluşmaktadır. Bu boylerler gerekli toplam ısıyı vermek üzere birbirine bağlanmıştır. Isı ihtiyacının az olduğu zamanlarda birkaç boyler devre dışı bırakılarak yakıttan tasarruf sağlamak mümkündür.

Mahal ısıtmasında, yüksek verimle kullanılan düşük sıcaklıktaki radyant ısıtıcılar da kullanılır. Bu ısıtıcı-

lar belli bir bölgeyi ısıttıklarından ve istenildiğinde devreye alındıklarından daha yüksek verimlere ulaşmaktadır. Ayrıca; doğal gazla çalışan sıcak hava üfleyicileri de mekan ısıtmasında kullanılabilir. Bu sistem de, radyant ısıtıcılar gibi, buhar veya sıcak sulu sistemler yerine ihtiyaç olunan noktada kullanıldığı için, daha verimli kullanılabilir.

3.2.5. Hammadde Olarak Kullanımı

Doğal gaz pek çok kimyasal maddenin üretiminde doğrudan ya da sentez gazına ($\text{CO} + \text{H}_2$) dönüştürülerek kullanılır. Bu dönüşüm, önceden kükürtlü bileşenleri uzaklaştırılan metanın su buharı ile katelitik tepkimeye girmesi sonucu aşağıdaki eşitliğe göre oluşur.



İşlem koşulları, gazın daha sonra kullanılacağı üretime göre seçilir. Örneğin, amonyak üretiminde kullanılacak gaz için 25-35 bar basınç kullanılırken metanol üretiminde kullanılacak gaz için 15-20 bar basınç yeterlidir.

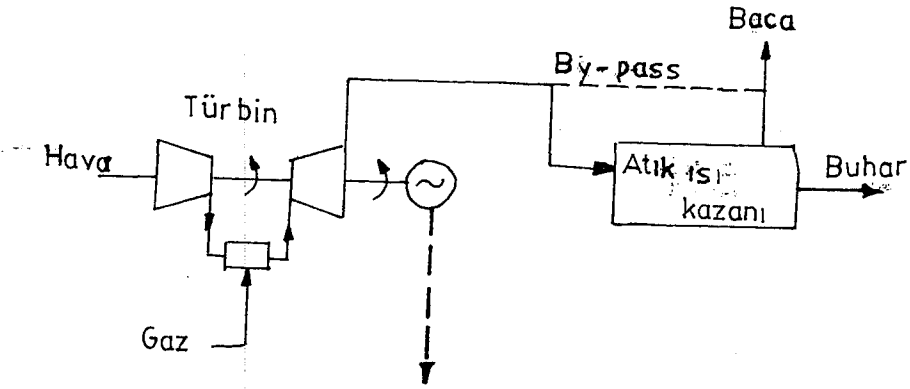
Sentez gazından, Karbon monoksitin hidrojenleme süreçleri olarak bilinen sentezlerle geliştirilmiş, geçiş metal katalizörler kullanarak pek çok kimyasal maddenin, benzin ve motorin gibi yakıtların üretimi ağırlık kazanmıştır. Bu yaklaşımla; gazın bir enerji kaynağı değil de ham madde olarak girdiği sanayi kolları dört başlıkta toplanabilir.

- Metanol üretimi
- Petrokimyasal maddeler
- Gübre
- Metaller (sünger demir, alüminyum)

3.3. ELEKTRİK ÜRETİMİNDE KULLANIMI

Doğal gaz elektrik üretiminde de verimli olarak kullanılmaktadır. Elektrik ve ısı ihtiyacı tek bir sistemden karşılanır. Yüksek basınçlı buhar kazanı ve buhar türbininden elektrik ve ısı ihtiyacının sağlandığı bileşik ısı güç sistemleri 1940'lı yıllarda kullanılmaya başlanmıştır. Bileşik ısı güç sistemlerinde doğal gaz motorları veya türbinlerinin kullanılması 1970'li yıllarda başlamıştır. Isı/güç oranının 2:1 ila 3,5:1 arasında değiştiği doğal gaz kullanılan bileşik ısı güç sistemlerinde, içten yanmalı gaz motorları kullanıldığında ise buhar üretimi yapılmaktadır. Gaz türbinleri kullanıldığında gerektiğinde eksozt gazları içinde doğal gaz yakılarak ısı güç oranı 1.8:1'e çıkabilmektedir. Yüksek basınçlı buhar kazanı ve buhar türbininden oluşan bileşik ısı güç sistemlerinin mevcut ısı/güç oranı daha yüksek olan doğal gaz motoru veya gaz türbinlerinin kullanıldığı ısı güç sistemlerinin kullanılmasını yaygınlaştırmıştır. Bu sistemlerin verimli kullanılabilmesi ısı ve güç ihtiyacının aynı anda olması ve tesisin ısı/güç oranına uygun bir sistemin seçilmesine bağlıdır. Bu sistemler; kimya, kağıt, tekstil ve gıda

sektöründe; en verimle şekilde kullanılır.



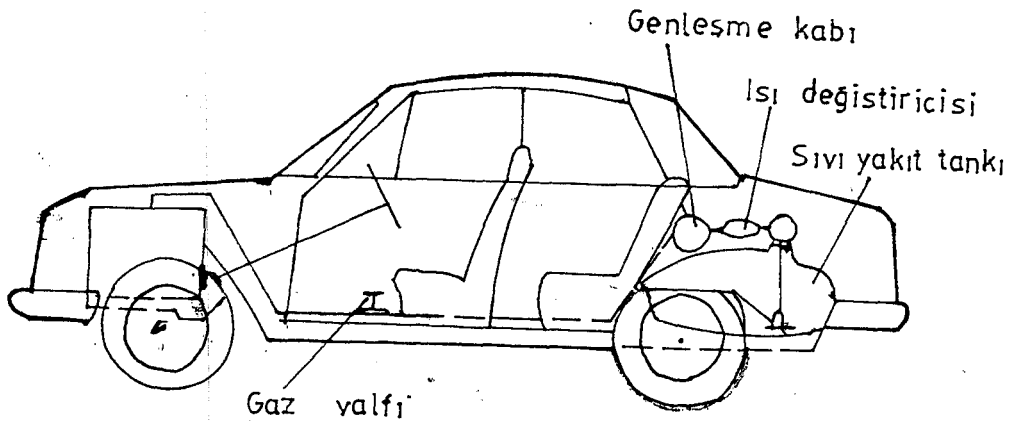
ŞEKİL 3.16 Gaz türbini + Atık ısı kazanından oluşan Bileşik ısı güç sistemi

3.5. MOTORLARDA KULLANIMI

Doğal gaz, içten yanmalı motorlarda yakıt olarak kullanılabilir. Doğal gaz 4 silindirli, 4 stroklu bir benzin motorunda kullanıldığında; doğal gaz deposu taşıta kolayca yerleştirilmesi için silindirik veya eliptik yapılmalıdır. Ayrıca, sıvı doğal gazın kaynama sıcaklığı, suyun donma sıcaklığının altında ve çok düşüktür. Bundan dolayı, doğal gaz normal sıcaklıklarda yüksek buharlaşma basıncına sahiptir. Bu yakıt basınca dayanıklı, hafif ve sızdırmaz tank içinde depolanmalıdır. Depodan çıkan sıvı yakıtı gaza çevirmek, basıncını düşürmek uygun şart-

larda makinaya vermek için özel teçhizata ihtiyaç vardır.

Doğal gaz, benzin motorunda kullanıldığında motor konstrüksiyonunda hiç bir değişiklik yapılmaz. Benzin - hava yerine Doğal gaz - hava karıştırılarak motorun emme subaplarından içeriye alınarak sıkıştırma, bujilerle ateşleme, yanma ve genişleme şeklinde çevrim tamamlanır.



Şekil 3.17 Doğal gazlı taşıt

4. DOĞAL GAZ SİSTEMLERİ

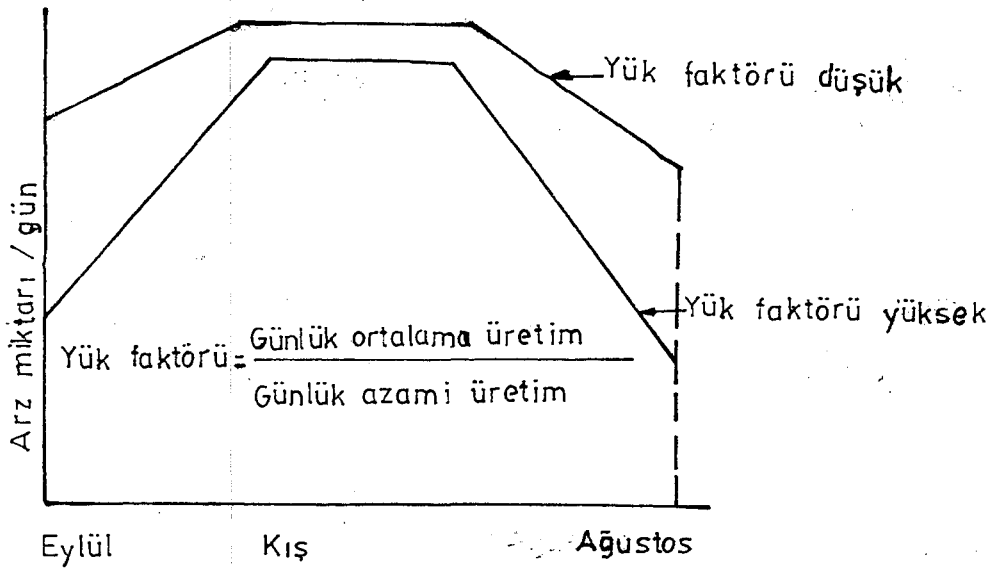
4.1. DOĞAL GAZ SİSTEMLERİNİN GENEL TANIMI

Gaz sistemleri, ilk yatırım maliyetleri yüksek, işletme maliyetleri düşük sistemlerdir. Gaz; su ve elektrik gibi sosyal bir hizmete cevap vermekle birlikte karşısında sürekli alternatifi bulunuşu nedeniyle vazgeçilmez bir kaynak da değildir. Bu nedenlerle, gerek pazarın, gerekse sistem ihtiyaçlarının belirlenmesinde uzun vadeli plan ve programların yapılması ve doğal gaz sisteminin meydana gelebilecek her türlü değişikliğe cevap verecek şekilde dinamik olarak yönlendirilmesi gerekir.

Gaz kaynakları, iletim ve Dağıtım Sistemi, Pazar yapısı; gaz sistemlerini belirleyen ana faktörlerdir.

Doğal gazı, ana kaynaktan ya boru hatlarıyla gaz halinde ya da sıvılaştırılmış olarak tankerlerle LNG terminallerine getirmek mümkündür. Gaz çıkarımı ve boru hattının veya gazın sıvılaştırılmış olarak iletimi için gerekli olan yatırımın yüksek oluşu nedeniyle, tüketiciden belirli ölçülerde alım garantisi istenmektedir. Bu ölçülerdeki esnekliği belirleyen arz yük faktörü; günlük ortalama üretim miktarının, günlük azami üretim miktarına oranıdır. Genelde yük faktörü % 60 altına düşmez. Yük

faktörünün % 60 olması demek yılın bazı günlerinde arzın, % 160 olması demektir.



ŞEKİL 4.1 Arz - eğrileri

Bu nedenle gaz üretimi ve taşıma sisteminin bu esnekliği kaldırabilecek kapasitede olması gerekmektedir. Petrolle bileşik gazların üretiminde ve LNG'de yük faktörü genelde % 90 civarındadır.

Gazın üreticiden boru hattıyla veya LNG yoluyla alıp kullanıcılara sunulması için gazın alımı, iletimi dağıtım ve bağlantı hatları yapımı ve işletilmesi Türkiye'de BOTAS tarafından yapılmaktadır. Ana iletim hattı; gazı, üreticiden ülke sınırında alıp ana pazar bölgesi

boyunca taşır. Dağıtım hatları ise pazarın yoğun olduğu bölgelere ana iletim hattından branşmanlar alınarak oluşturulur.

4.2. TALEP POTANSİYELİNİN SAPTANMASI

Gaz sistemleri; yıl içinde kullanılan miktar ve kullanım biçimi, gazın ikame ettiği yakıt cinsleri birbirinden çok farklı birçok kullanıcıya hitab etmektedir. Kullanıcıları üç ana grupta toplayabiliriz.

- Konut ve ticari sektör kullanıcıları
- Küçük ve orta ölçekli yakıt tüketen sınıai kullanıcılar
- Büyük ölçekli yakıt tüketen sınıai kullanıcılar

Kullanıcıların türü, yük faktörleri ve kullanım miktarları çok büyük önem arz etmekte ve gaz sisteminin yükünü belirlemektedir. Konut ve ticari sektör ile ısınma yükü fazla olan sınıai sektör sistemi olumsuz yönde etkiler; buna rağmen sosyal ve ekonomik etkenler ve hava kirliliği gibi nedenler bu sektörleri gaz sisteminin ayrılmaz bir parçası haline getirmektedir.

Gaz sisteminden yararlanan kullanıcılar yıl içindeki değişik talep dalgalanmalarına göre farklılık gösterdikleri gibi gaz arzının sürekliliğine duyarlılık açısından da farklılık göstermektedir. Özellikle konut ve ticari sektör kullanıcıları ile kesinti veya azalma sırasında gaz yerine alternatif yakıt kullanmaları üretimi aksatıcı ve kaliteyi olumsuz yönde etkileyici prosesleri bulunan

sınai kullanıcılarının en yüksek talep durumlarında bile taleplerinin karşılanabilmesi gerekmektedir. Talep esnekliklerine % 100 cevap vermek üzere kurulan taşıma ve dağıtım sistemleri; yılın büyük bölümünde atıl kalacağından, ekonomiklikten uzaklaşmakta ve ulaşılan fazla maliyet yine kullanıcılara yüklenmektedir. Talep dalgalanmalarının arz esneklikleriyle karşılanamadığı durumlarda değişik çözümler getirilmektedir.

Bunlardan biri gazın kesilmesinden ve alternatif yakıt kullanımından prosesleri zarar görmeyecek sınai kullanıcılar ile kendilerinin arzu ettiği kesilebilir kontratlar yapmak ve kontratta önceden belirlenen şartlar dahilinde yılın en yüksek talep dönemlerinde önceden haber vermek kaydıyla bu tür kullanıcıların gazını kesmektir. Bu durumda bu kullanıcıların proseslerinde çift yakıtlı sistemler kullanma zarureti doğmakta bu zaruret gözönüne alınarak bu kullanıcılara daha cazip fiyatlar önerilmektedir.

Pik kullanım dönemlerinde gaz talebinin kesintili kullanıcıların gazlarının kesilmesiyle dahi karşılanamadığı durumda gazın depolardan sağlanması gerekmektedir. Depolama miktarının belirlenmesinde; kesintisiz ve kesintili talep miktarı, azami arz miktarı ve geçmiş yıllarda karşılanan en düşük kış sıcaklıkları gözönüne alınır.

4.2.1. Konut ve Ticari Sektör Kullanıcıları

Konut ve ticari sektörde doğal gaz; mutfakta,

sıcak su elde edilmesinde ve ısınmada kullanılır.

Isınma amaçlı kullanım iklim koşullarına bağlı olarak değişiklik arzetyekte, mutfak ve sıcak su için yapılan tüketime göre daha fazla olmaktadır. Konut ve ticari sektörün, yazın sadece mutfak ve sıcak su için olan gaz talebi ısınma yükünde devreye girmesiyle özellikle kışın en soğuk günlerinde çok büyük miktarlara ulaşır. Bu sektörde sıcaklığa bağlı olarak yıl içinde mevsimsel ve günlük tüketim oynamaları meydana geldiği gibi, gün içinde de gaz kullanım amaç ve alışkanlıklarına bağlı olarak değişik saatlerde çok değişik miktarlarda gaz talebi oluşur.

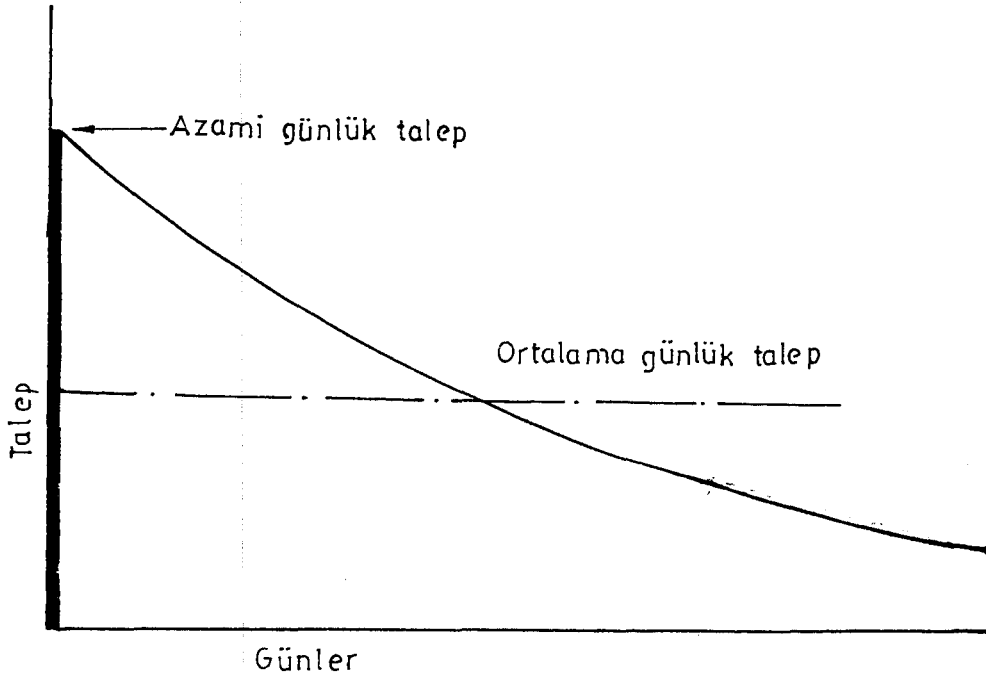
Gün içinde gaz talebinin en düşük olduğu saatler mutfak ve sıcak su yükünün sıfırlandığı ısınma yükünün azaldığı gece saatleri, en yüksek olduğu saatler ise her üç yükün maksimuma ulaştığı 18.00 ile 21.00 saatleri arasındır.

Şekil 4.2'de görüldüğü gibi, Azami günlük tüketimler, Aralık, Ocak ve Şubat; asgari günlük tüketimler Haziran, Temmuz, Ağustos döneminde oluşmaktadır.

Talep için yük faktörünü, ortalama günlük tüketimin azami günlük tüketime oranı olarak tanımlarsak konut ve ticari sektörde yük faktörü % 30 civarındadır.

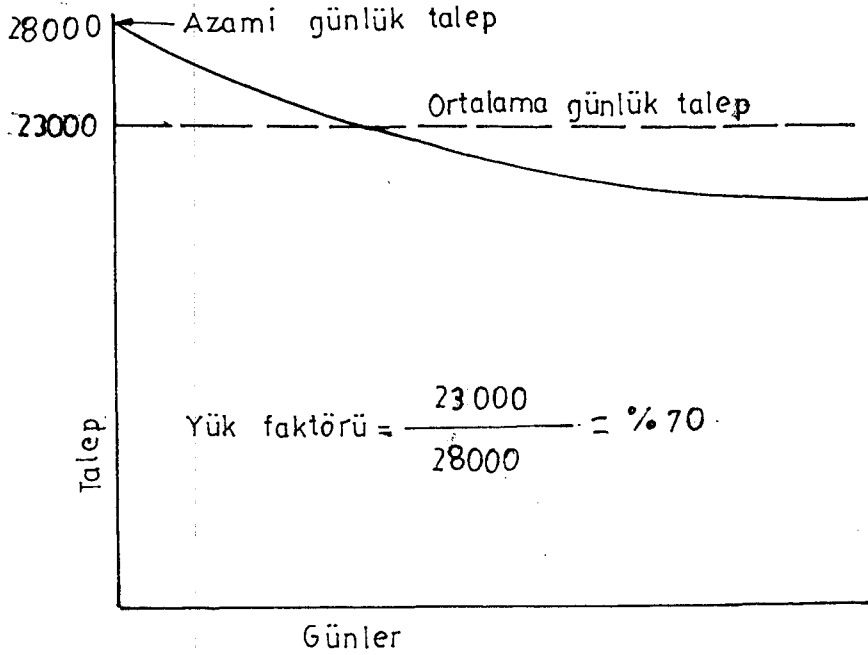
4.2.2. Küçük ve Orta Ölçekli Yakıt Tüketen Kullanıcılar

Küçük ve orta ölçekte gaz tüketen sınaı kullanıcı-



ŞEKİL 4.2 Yıllık talep profili

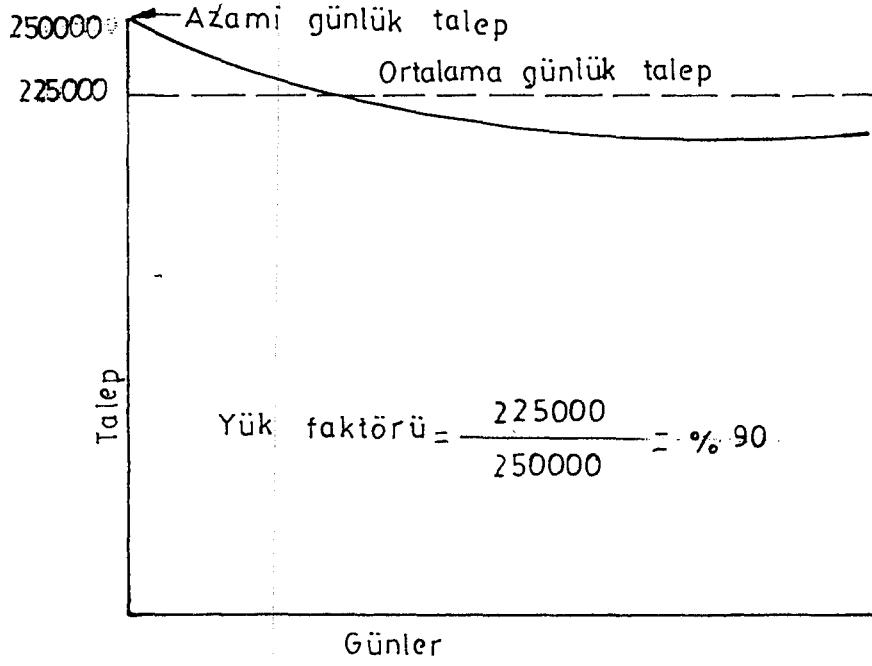
lar üretimde doğrudan proseslerinde veya her iki amaç için kullanılabilirler. Isınma yükleri yüksek sınaî kuruluşlar ile prosesleri hava sıcaklığına duyarlı kuruluşların yıl içinde gaz talepleri mevsimsel farklılıklar gösterir. Vardiye usulü çalışan kuruluşların gün içinde çalıştıkları vardiye sayısı da gün içi talep oynamalarına neden olmaktadır. Bu tür sınaî kuruluşların talep yük faktörü % 70 - % 90 arasında değişir. Şekil 4.3'de görüldüğü gibi günlük ortalama gaz talebi 23000 m^3 olan bir sınaî kuruluşun en soğuk kış günü talebi 28.000 m^3 'e çıkabilmektedir. Bu kuruluşun yük faktörü % 70'tir.



ŞEKİL 4.3 Küçük ölçekli sanai kuruluş için yıllık talep profili

4.2.3. Büyük Ölçekli Yakıt Tüketen Kullanıcılar

Büyük ölçekte gaz tüketen sanai kuruluşlar, gazı proseslerinde yakıt ve hammadde olarak veya elektrik üretiminde kullanırlar. Bu kuruluşların yıl içi talepleri sıcaklığa bağlı olarak çok büyük dalgalanmalar göstermez ve talep yük faktörü genelde % 90'nın altında olur. Bu kullanıcılara örnek verirsek, ortalama günlük tüketimi 225.000 m^3 olan bir kuruluşun kışın en soğuk gününde gaz tüketimi 250.000 m^3 'e çıkar yani yük faktörü % 90 olur. (Şekil 4.4)



ŞEKİL 4.4 Büyük ölçekli sanai kuruluş için yıllık talep profili

4.3. TÜRKİYE'DE DOĞAL GAZ BORU HATTI PROJESİ

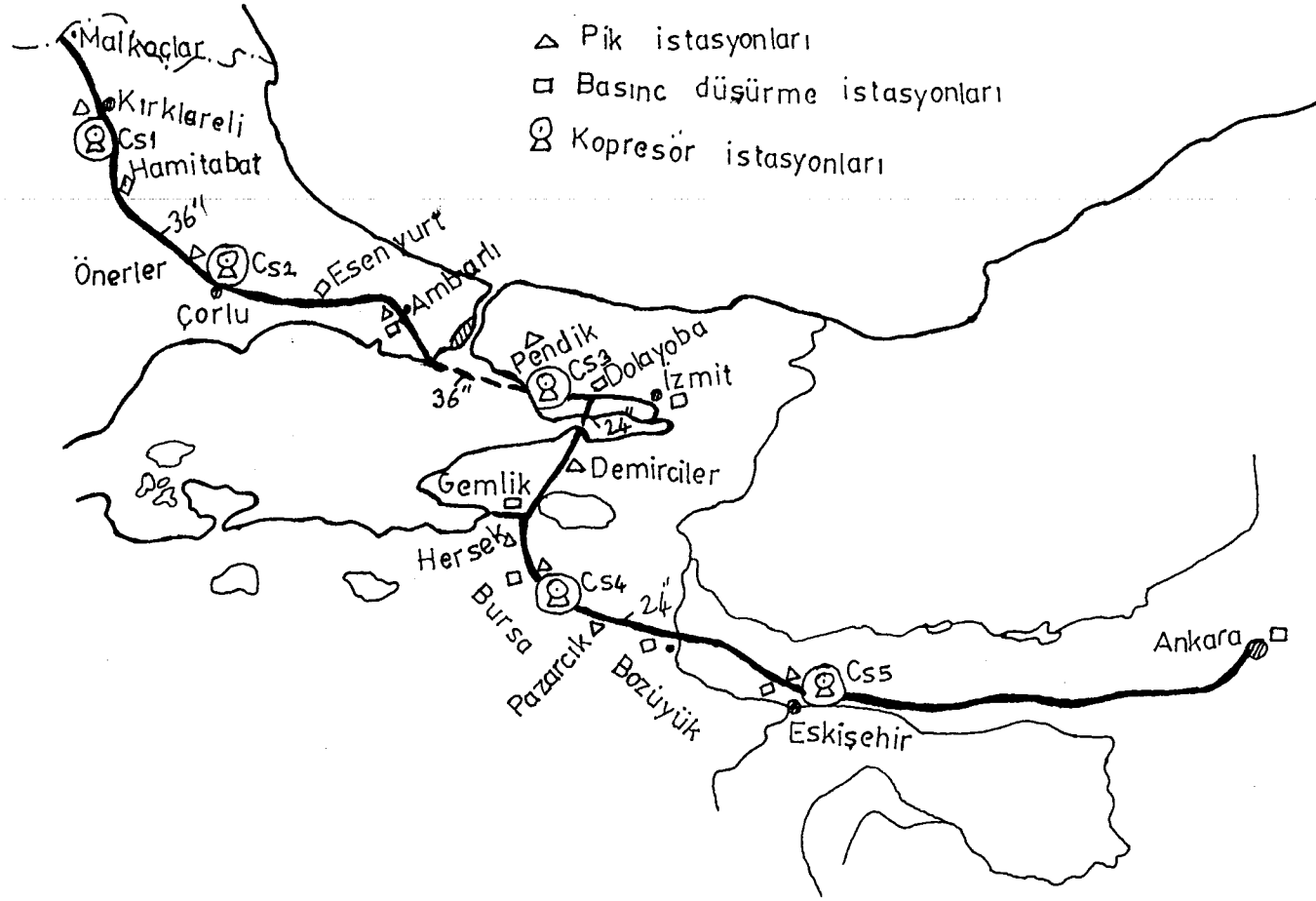
S.S.C.B. - Türkiye Doğal gaz Boru Hattı sistemi; SSCB'den ithal edilen doğal gazı Bulgaristan-Türkiye sınırından Ankara'ya kadar taşıyacak ve taşıma sırasında çeşitli tüketicilere doğal gaz verecek şekilde projelendirilmiş ve inşa edilmiş bir boru hattıdır. Boru hattının toplam uzunluğu 736,8 km'dir. Bu uzunluğun 308,3 km'si 36" (91,44 cm) çapında; 428,5 km'si 24" (60,96 cm) çapındadır. Marmara denizi 2 adet 30" (76,20 cm) çapındaki boru ile İzmit körfezi ise 2 adet 24" (60,96 cm) çapındaki boru ile geçilmiştir. (Şekil 4.5)

Doğal gaz boru hattı ile 75 bar'lık işletme basıncında yılda 14 Milyar m³ doğal gaz kullanılabilir. Boru Hattı Sistemi ANSI (American National Standart Gas Transmission and Distribution Piping Systems) B 31,8'e göre dizayn edilmiştir.

4.3.1. Hat Vanası

Hat vanaları; Doğal gaz akışını durdurarak, herhangi bir kaza veya bakım çalışmaları sırasında iki hat vanası arasındaki kısmını, boru hattının diğer kısımlarından ayırır, boru hattının diğer kısımlarındaki basınç seviyesi düşmez ve böylece arızalı kısmın altında veya üstündeki gaz akımını devam ettirmek mümkün olur.

Boru hattı boyunca 31 adet hat vanası bulunmaktadır.



ŞEKİL 4.5 Türkiye doğal gaz boru hattı ve istasyonları

Bu hat vanaları ile izole edilen boru hattını kısmen veya tamamen boşaltmak için boru hattının izoleli kısmı hava ile doldurulur. Boru hattının diğer kısımları ile basınç eşitlenir.

Doğal gaz boru hattındaki tüm hat vanaları küreseldir. Hat vanalarında düşük basınç trip sinyali bulunmaktadır. 100-121 numaralı hat vanaları 34 barın altına, 122-129 nolu hat vanalarındaki basınç 20 barın altına düştüğünde vanalar otomatik olarak kapanır. Tüm vanalar elle kapatılabildiği gibi, Ankara'daki kontrol merkezinden kapatılmasında mümkündür.

4.3.2. Pik İstasyonları

Pik istasyonları, devreye alma ve boru iç yüzeylerinin temizlenmesi amacıyla kurulur. Boru hatlarında biriken tozlar, kompresör yağları ve çeşitli kondensatlar piklerle temizlenir. Bu pikler genellikle dayanıklı plastikten piston şeklinde yapılmıştır. Ayrıca borunun iç yüzeyinde zamanla oluşan fiziksel veya kimyasal değişiklikleri belirleyen piklerde bulunmaktadır. Normal işletme sırasında doğal gazın kuru olması ve hidrokarbon yoğunlaşma sıcaklığından daha yüksek sıcaklıklarda bulunması sebebiyle boru hattında sivilaşma olur ve bu sıvılar piklerle temizlenir.

Boru hattı boyunca 9 adet pikleme istasyonu bulunmaktadır. Bu istasyonlarda hem pik göndermek hem de pik almak mümkündür.

- Kırklareli
- Önerler
- Anbarlı
- Pendik
- Hersek
- Demirciler
- Pazarcık
- Bursa
- Eskişehir'de pik istasyonları vardır.

Ayrıca; Malkoçlarda yalnızca pik verme, Ankara'da yalnızca pikalma istasyonları vardır.

4.3.3. Doğal Gaz Ölçüm ve Basınç Düşürme İstasyonları

Doğal gaz boru hattı boyunca büyük tüketicilere doğal gaz vermek için 10 adet Ölçüm ve Basınç düşürme, SSCB'den ithal edilen doğal gazın miktar ve kalitesini ölçmek için 1 adet Ana Ölçüm İstasyonu bulunmaktadır. Ana ölçüm istasyonu; boru hattı üzerinde Malkoçlarda kurulmuştur.

Diğer istasyonlar ise boru hattından branşmanla gaz almaktadır. Kurulu basınç düşürme ve ölçüm istasyonları;

- Hamitabat
- İstanbul - Batı (Esenyurt)
- Ambarlı
- İstanbul Doğu (Dolayoba)

- İgsaş
- Gemlik
- Bursa
- Bozüyük
- Eskişehir
- Ankara

Türkiye-Bulgaristan sınırının Türk kesiminde kurulu olan ana ölçüm istasyonunun amacı SSCB'den ithal edilen doğal gazın miktar ve kalitesinin ölçümünü yapmak, doğal gaza koku verici madde katmaktır. Ölçüm istasyonunda doğal gazın miktarının yanısıra, su ve hidrokarbon yoğunlaşma sıcaklıkları, kükürt miktarı, gaz kompozisyonu ve kalori değeri ölçülmektedir. İstasyonda sıvı toplayıcılar, filtreler, ölçüm ve kokulandırma ekipmanları bulunmaktadır.

Basınç Düşürme ve Ölçüm İstasyonlarının amacı her büyük tüketiciye istedikleri basınçta doğal gaz vermek ve faturalamaya esas doğal gaz miktarını ölçmektir. Şekil 4.6'de görüldüğü gibi her istasyonda, basınç düşürücüler, ölçüm cihazları ve filtreler bulunur.

Filtreler; gazla birlikte taşınan sıvı ve katı partiküllerin temizlenmesi amacıyla kurulmuştur, gazın akış miktarına göre siklon veya kartruj tipleri vardır, 5 mikron veya daha büyük partiküllerin % 90'nını temizleyecek şekilde imal edilirler.

Basınç düşürücü sistemi, kullanıcılara verilen doğal gazın sabit çıkış basıncında tutulmasını sağlar.

Çıkış basıncındaki düşme halinde regülatör açılır, akış fazlalaşır ve basınç eski sabit değerine gelir.

Doğal gaz miktarı orifismetrelere ile ölçülmektedir.

Gaz basıncının ani olarak düşmesi gaz sıcaklığını düşürür. Yaklaşık olarak her 1 barlık basınç düşmesi gazda 0,4 - 0,6 °C soğumaya sebep olur. Gazın soğumasıyla su ve hidrokarbon yoğuşma sıcaklığının altına düşülerek su ve hidrokarbon sıvıları oluşur; bunu önlemek için ısıtıcılar konulmuştur. Basınç düşürücü regülatörden önce gazın sıcaklığı maksimum akışta yoğuşma sıcaklığının 10°C üzerine çıkarılır.

Doğal gaz kokusuz bir gazdır. Doğal gazın kaçak yapma durumunda hissedilebilmesi için içine koku katılır. Gereken istasyonlara ısı eşanjörleri ve kokulandırma üniteside eklenmektedir.

Ayrıca her istasyonun çalışmasını sağlayan ve gaz miktarını ölçen bir kontrol sistemi bulunur. Bilgisayarlar yardımıyla kontrol yapılır. İstasyonda tüketilen saatlik, günlük doğal gaz miktarı ölçülür. Bütün cihaz ve kontrol edilebilir ekipmanların durumları ve veriler Ankara'daki ana komuta ve kontrol merkezine iletilir.

4.3.4. Kompresör İstasyonları

Projede beş adet kompresör istasyonu düşünülmüş ve bunlar Kırklareli, Önerler, Pendik, Bursa ve Eskişehir'de yapılmıştır. Kompresör istasyonları buldukları yerde

çalıştırılabilirdikleri gibi Ana komuta ve Kontrol merkezinde işletilebilmektedir. Kompresörlerin çıkış basıncı 71,3 bardır.

4.3.5. Telekominikasyon Sistemi

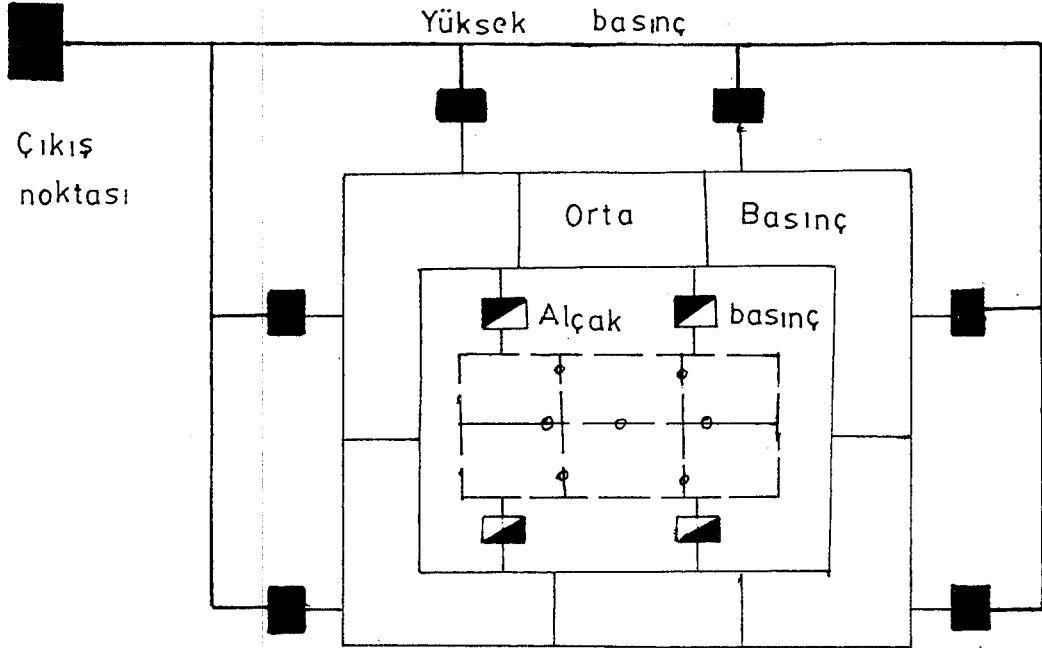
Doğal gaz Telekominikasyonu Sistemi; Boru Hattı İstasyonlarının tüm haberleşme, kontrol ve bilgi aktarma ihtiyacını karşılamak için kurulmuştur. İstasyonlar, Ana komuta ve kontrol sistemi arasındaki veri iletişimi Botaş'a ait Radyo-Linkler aracılığı ile gerçekleşmektedir. Böylece tüm hat vanaları, Basınç düşürme ve ölçüm istasyonları, Kompresör istasyonuna ait işletme bilgileri Ankara'da kurulan Ana komuta ve kontrol merkezine anında taşınır ve bu merkezdeki 3 adet Bilgisayar yardımı ile Boru Hattı işletilir.

4.4. DOĞAL GAZ DAĞITIMI

Doğal gaz boru sistemleri (Şekil 4.7) dört gruba ayrılarak incelenebilir.

- Ana taşıma şebekesi (Yüksek basınç)
- Orta basınç boru şebekeleri
- Dağıtım şebekeleri (Alçak basınç)
- Kullanıcının iç tesisatları

İlk üç bölümün, mülkiyeti ve sorumluluğu tamamen gaz üretim ve dağıtım kuruluşlarına aittir.



ŞEKİL 4.7 Doğal gaz boru sistemi

4.4.1. Yüksek Basınçlı Ana Taşıma Şebekesi

Doğal gaz kaynaklarından başlayarak kentsel veya bölgesel dağıtım şebekelerinin merkezi basınç düşürme istasyonlarına kadar gelen bölümdür. Doğal gaz, yeraltında basınçlı halde bulunur, sondaj sonucu kendi basıncıyla yer yüzüne çıkarılır.

Yeryüzüne çıkarılan doğal gazın özellikleri doğru-

dan kullanıma uygun olduğu takdirde, boru hattı boyunca uygun aralıklarla yerleştirilmiş kompresörler aracılığıyla kullanım yerine sevk edilir. Rezervden gaz çekildikçe basınç azalacağı için ilk kompresör istasyonu rezerve yakın yere konulmalıdır.

Rezervlerin çoğundan çıkan doğal gazın içinde (H_2O , CO_2 , H_2S ve çeşitli inorganik maddeler v.s.) zararlı maddeler bulunur. Bu maddelerin temizlenmesi için gazın işlemden geçirilmesi gerekir. Bu durumda gazın ilk sevk edileceği yer işleme tesisleridir. İşleme tesislerinin yerleri mümkün olduğu kadar kaynağa yakın seçilerek, temizlenecek maddelerin gereksiz yere taşınması önlenir.

Doğal gaz; kaynakları ile kullanım yerleri arasında çok uzun mesafeler olduğundan, hat boyunca sıralanmış kompresörler aracılığıyla yüksek basınç altında sevk edilir. Bu tür gaz ana hatlarında 80 bar'a varan basınçlarda çalışılmaktadır. Henüz uluslararası bir standart yoktur. Yüksek basıncın emniyet açısından riskli olması nedeniyle bazı ülkeler 40 bar'a kadar düşen basınçlarda çalışmaktadırlar.

Ana taşıma hatlarından alınan branşmanlar vasıtasıyla orta basınç şebekeleri ve büyük sanayi kuruluşları beslenir.

Doğal gazın borularla uzak yerlere taşınması sırasında akış hesaplarında gazların özelliklerinden yararlanarak çeşitli formüller geliştirilmiştir (1).

(1) Satman, A., 1986 Doğal gaz mühendisliği.

Toplama sistemleri ve kısa uzunluktaki borular için Weymouth formülü, büyük çaplı ve uzun borular için Panhandle formülü, eğimli borular için Ferguson tarafından geliştirilmiş formüller kullanılabilir.

Boru hattı tasarımı yapılırken bu hesaplamaların dışında kullanılacak malzemelerin seçimi ve bu malzemelerin özelliklerinin tasarıma etkileri, gerilim analizleri, inşaat ve montaj teknikleri, korrozyon ve korrozyondan korunma sistemleri, gaz kullanımındaki dalgalanmalar, muhtemel tehlikelere karşı alınması gerekli önlemler de düşünülmelidir.

4.4.2. Orta Basınç Boru Şebekeleri

Orta basınç boru şebekeleri; yüksek basınçlı ana taşıma hatları ile düşük basınç şebekeleri arasında yer alır. Orta Basınç regülatör istasyonları ve dallanmış şebeke hatlarıyla donanmıştır. Bu şebekeler, çalışma basınçları 4-25 bar arasında olan yüksek orta basınç şebekeleri ve çalışma basınç 0,4-4 bar arasında olan orta basınç şebekeleri olarak ikiye ayrılır.

4-25 bar arasında çalışan şebekeler, büyük yerleşim merkezlerinin veya birbirine yakın küçük yerleşim merkezlerinin orta basınç şebekelerini besler. Şebekeye bağlı her orta basınç regülatörü; sistemin looplar (halkalı yapıda) halinde olması nedeniyle, birden fazla hat tarafından beslenir. Bu şekilde sistem kademeli bir basınç

düşümüyle çalışarak, yüksek basınçta gelen gazın bu basınçından mümkün olduğu kadar yararlanırken, emniyet açısından mümkün olan en düşük basınçta çalışmaktadır. Şehir gaz şebekelerinde, ana regülatörlerde gaz basıncı 4-25 bara indirilirken aynı zamanda gazın kokulandırılması v.s. işlemleride yapılır.

0,4-4 bar arasında çalışan şebekeler, orta basınç regülatörlerinden aldıkları gazlarla düşük basınç şebekelerini besleyen hatlardır. Bu basınçtaki şebekeler ikincil şebekeler, yakın çevrede 20.000 - 30.000 arası aboneye gaz dağılımı sağlamak için halkalı yapıdadırlar. Birden fazla orta basınç regülatöründen beslenirler ve besledikleri her bir üçüncül şebeke hattına birden fazla besleme yaparlar. Bu hatlar üzerinde kontrol ve emniyet açısından nüfus sıklığına bağlı olarak 1-3 km uzunluktaki boru parçaları ve vanalarla izole edilecek şekilde döşenir ve gerektiğinde bu hatlar izole edilerek en kısa sürede boşaltılabilir. Üçüncül şebekeler; merkezi bir noktadan beslenir ve gaz taşımacılığı için değil, düşük basınç regülatörlerini besleme amacıyla kullanılırlar. Bu şebekelerde basıncın belli bir değerin altına düşmemesine dikkat edilmelidir. Aksi takdirde basınç regülatörleri çalışmaz.

4.4.3. Alçak Basıncılı Dağıtım Şebekeleri

Dağıtım şebekeleri, düşük basınç regülatörleri ile bina giriş regülatörleri arasında bulunan bölümdür. Çalışma basınçları 300 mbar'ın altındadır, tek bir regüla-

törden beslenirler ve halkalanma yapmadan, her bina girişine tek bir hat gidecek şekilde alınan branşmanlarla tüketiciye gazı ulaştırırlar. Bina girişlerine konulan regülatörler tüketiciye sabit basınçta gaz sağlar. Türkiye'de bu basınç; regülatör çıkışı 21 mbar, gaz sayacı çıkışı ise 20 mbar olarak seçilmiştir. Bina giriş regülatörleri gaz üretim ve tüketim şirketlerine ait son elemandır.

4.4.4. Kullanıcının İç Tesisatı

Kullanıcının iç tesisatının mülkiyeti tüketiciye ait olmakla birlikte, denetimi gaz dağıtım şirketlerine aittir. Endüstriyel kullanıcılar; tesislerinin gaz şebekelerini kendi proseslerini karşılayacak şekilde tasarlar ve ana taşıma hatlarından gazı alırlar.

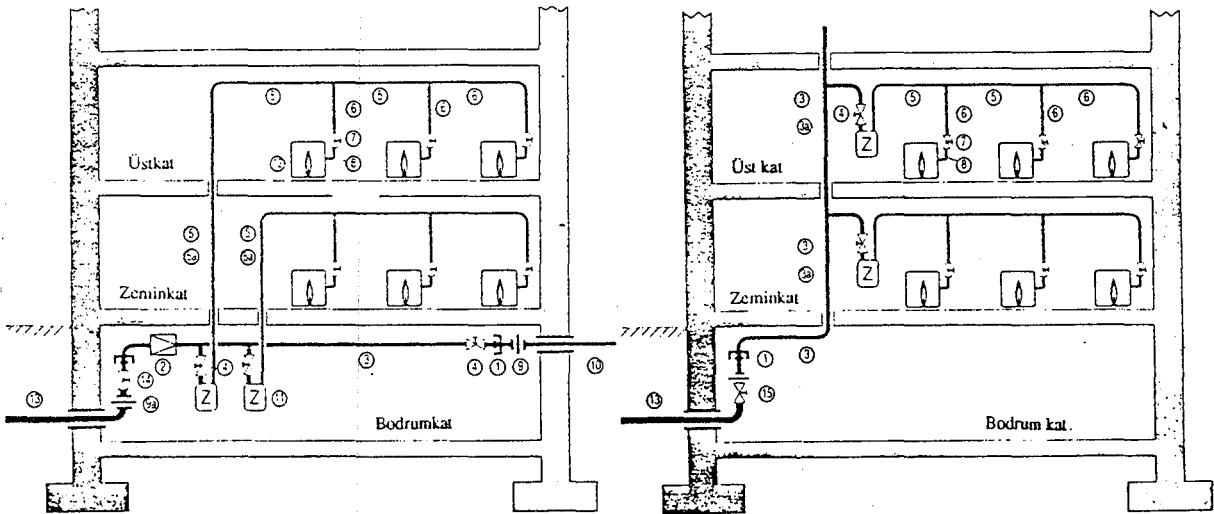
4.5. DOĞAL GAZ İÇ TESİSATI BORU ÇAPLARININ HESABI

Bina içi gaz tesisatı boru çaplarının hesabı değişik standartlarda farklı yöntemlerle hesaplanmaktadır. En çok kullanılanı Batı Alman standartlarını esas alan yöntemdir. T.S.E. bu standartları esas alarak çalışmalar yapmaktadır. Geniş bir kullanım alanı olduğu düşüncesiyle bu standartlar esas alınarak "Konut iç tesisatı hesapları" aşağıda yapılmıştır.

4.5.1. Tanımlar ve Hesap Tarzı

Tesisat Bölümleri: Gaz işletmesine ait dağıtım şebekesi borusuna yapılan bağlantı yerinden gaz tüketim cihazlarına kadar olan tesisatın bütünüdür. Aşağıdaki bölümleri içerir.

- Bina bağlantı bölümü
- Dağıtım bölümü
- Düşey kolon bölümü
- Tüketim bölümü
- Ayrım ve cihaz bağlantı bölümü (Şekil 4.8)



Örnek a) Gaz sayacı zemin katta diğer bağlantılar dış tesisat üzerinden

Örnek b) Gaz sayacı ilgili katlarda

- | | | |
|----------------------------|---|---|
| 1) Çözülebilir bağlantı | 6) Sorti hattı | 11) Gaz sayacı |
| 2) Gaz - basınç regülatörü | 7) Cihaz bağlantı vanası | 12) Gaz tüketim cihazı |
| 3) Dağıtım hattı | 8) Cihaz bağlantı hattı | 13) Bina bağlantı hattı |
| 3a) Düşey kolon hattı | 9) 9a Ayırma parçası | 14) Ana emniyet, vanası |
| 4) Kapanma vanası | 10) Dış tesisat (açığa veya toprak altına döşenmiş) | 15) Entegre izolasyonlu ana emniyet, vanası |
| 5) Tüketim hattı | | |
| 5a) Düşey kolon hattı | | |

4.8 Doğal gaz iç tesisat örnekleri

Cihaz Tüketim Değeri: Cihazda bir saatte yanan gazın miktarıdır. Birimi (m^3/h)'dir (Tablo 4.1).

Eşzamanlılık Faktörü: Tesisattaki tüm cihazların aynı anda devrede olamayacağı dikkate alınarak bulunan ve cihaz cinsine bağlı olan değerlerdir (Tablo 4.2).

Maksimum Hacimsel Debi ($V_s m^3/h$): Herhangi bir tesisat bölümünden, cihaz tüketim değeri ve eşzamanlık faktörüne bağlı olarak bir saatte geçecek maksimum gaz debisidir.

Sürekli basınç kaybı (ΔP_R): Düz borularda akışkanın sürtünmesinden ileri gelen basınç kaybıdır. $P_R = R \cdot L$

P_R : Düz boruda basınç kaybı (mbar)

R : Birim boru uzunluğunda basınç kaybı (mbar/m)

L : Toplam boru uzunluğu (m)

Yerel basınç kaybı (ΔP_F): Bağlantı malzemeleri ve armatörlerden ileri gelen basınç kaybıdır.

$$P_F = \frac{v^2 \cdot f}{2} \times 10^{-2} \sum f$$

P_F : Bağlantı malzemesi ve armatürlerden ileri gelen basınç mbar

v : Gaz hızı (m/s)

f : Gaz yoğunluğu (kg/m^3)

$\sum f$: Toplam yerel yük kayıp katsayısı

Yükseklik farkından oluşan basınç (ΔP_A): İnen ve çıkan hatlarda yükseklik farkından dolayı oluşan ve boru içindeki gaz yoğunluğuyla, boru dışındaki hava yoğun-

luğunun farklı olmasından ileri gelen basınç kaybı veya kazancıdır.

$$P_A = g \cdot h \cdot (f_h - f_g) \cdot 10^{-2}$$

P_A : Yükseklik farkından oluşan basınç kaybı (mbar)

g : Yer çekimi ivmesi ($9,81 \text{ m/s}^2$)

f_h : Havanın yoğunluğu (kg/m^3)

f_g : Gaz yoğunluğu (kg/m^3)

Toplam basınç kaybı ($\Sigma \Delta P$)

$$\Sigma \Delta P = P_R + P_F + P_A$$

Muhtelif tesisat bölümlerinde mücade edilen max. basınç kayıpları (ΔP_{zul})

Bina bağlantı hattı	0,2 mbar
Dağıtım hattı	0,3 mbar
Kolon hattı	0,0 mbar
Tüketim hattı	0,8 mbar
Ayrım ve Cihaz Bağlantı hattı	0,5 mbar

4.5.2. Örnek proje

Örnek projede; çeşitli cihazlarla donatılmış yedi dairelik bir konut ve bir küçük işletme, (ekmek fırını) L grubundan doğal gazla beslenmektedir. DIN 2440'a uygun çelik borular kullanılarak hesap yapılmıştır.

Boru tesisatı ana kapatma vanasından (HAE) veya basınç regülatöründen sonra başlayan ve ayrı ayrı cihaz bağlantı hatlarından oluşan tesisat bölümlerine (TB)

ayrılmıştır. Her birime bağlanmış cihaz sayısı, türü ve anma ısı güçleri kolon şemasında belirtilmiştir. Ekmek pişirme fırını ve diğer fırın cihazları ile birlikte küçük işletmenin kullanma şartları dikkate alınarak max debisi (V_s) $12,0 \text{ m}^3/\text{h}$ verilmiştir. Her tesisat bölümünden max debi (V_s) hesaplanır. Değerler Föy 1a'ya yazılır.

2 sütun, cihaz türüne bağlı olarak cihaz sayısı

- 3. sütun, cihaz türüne bağlı olarak toplam debi

V_A cihaz türü. Bu değer her cihaz türü için farklılık, cihazın bağlantı değerleri ya imalat katalogundan ya da Tablo 4.1'den alınır.

- 4. sütun, cihaz türüne bağlı olarak eş zaman faktörü f_g cihaz türü tablo 4.2'den alınır.

- 5. sütun, sütun 3. ve 4'ün çarpımıdır.

- 6. sütun, 5. sütuna yazılan değerlerin toplamı, o tesisat bölümüne ait max debiyi verir ve 6. sütuna yazılır.

- 7. sütuna, her tesisat bölümünün uzunluğu yazılır. Boru çapının seçiminde hızın (v) 2 m/s değerleri civarında olması ve 3 m/s değerini aşmaması esas alınır.

8, 9 ve 10. sütun, max debi (V_s) ve boru çapı DN'e bağlı olarak özgül sürtünme basınç kaybı (R) ve akış hızı (V) tablo 4.3'den okunur. V_s 'in ara değerleri için (R) ve (V) değerleri okunurken enterpolasyon yapılır.

- 11. sütuna, 7. ve 10. sütunun $R \cdot l$ çarpımı yazılır.

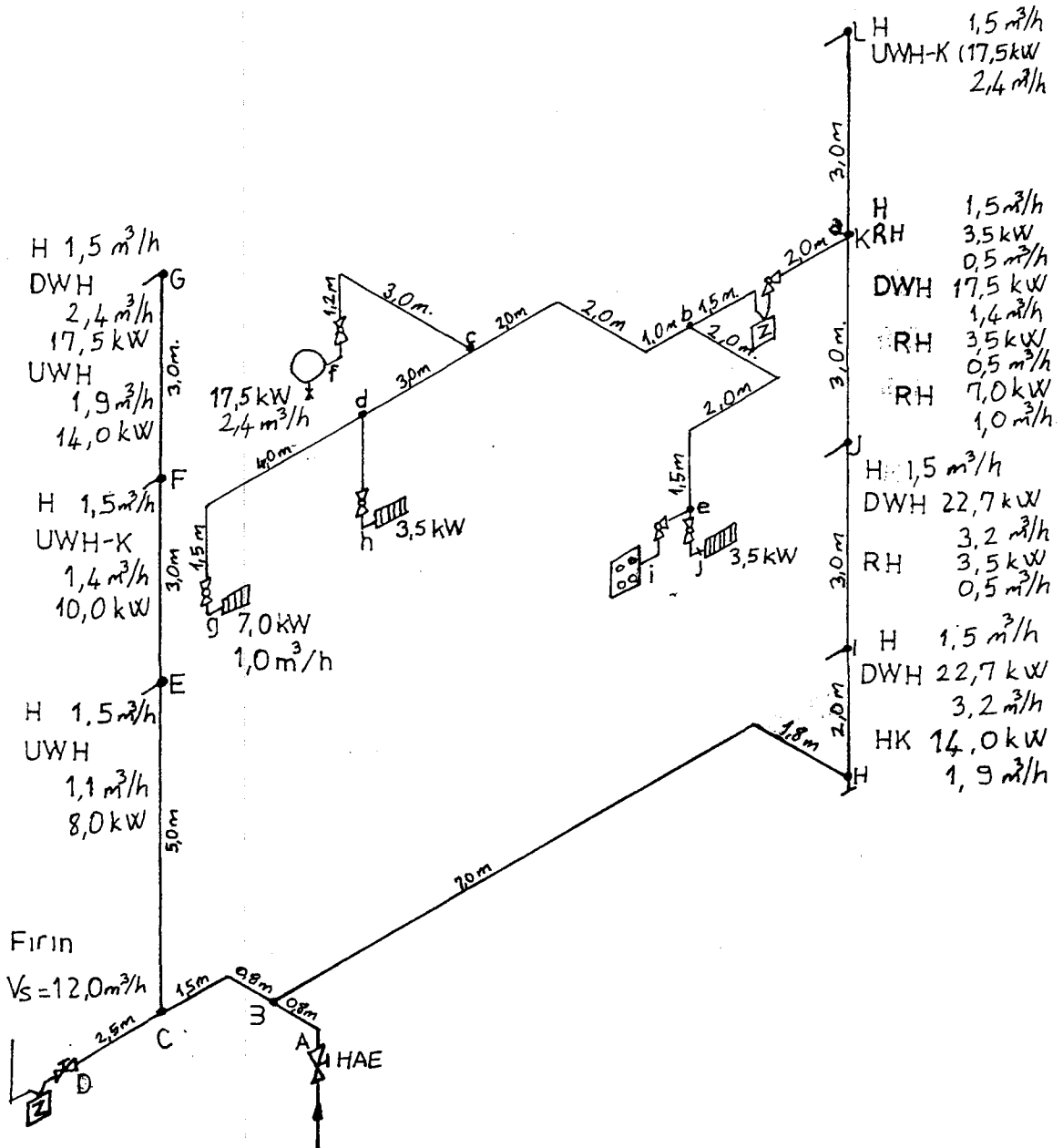
- Her tesisat bölümünden toplam yerel kayıp katsayıları ($\sum \xi$) Föy 2 yardımı ile bulunur ve Föy la'nın 12. sütununa yazılır.





- Yerel basınç kayıpları tablı 4.4'den V hızına bağlı olarak bulunur ve Föy la'nın 13. sütununa yazılır.




- 14 sütuna, Yukarı çıkan boru H "+" işaretli; aşağı inen boru H "-" işaretli olarak, yükseklik farkı yazılır.

- 15. sütuna, 14. sütundaki değer gazın kaldırma değeri (doğal gaz (-0,04)) ile çarpılarak yazılır.

11., 13. ve 15. sütunlardaki değerlerin toplamı, tesisatın toplam basınç kaybı olarak 16. sütununa yazılır.



-  H 4 gözlü ocak - fırın
 HH 4 gözlü kuzine
 RH oda ısıtıcısı
 DWH şofben

-  UWH Sıcak su kazanı
 UWH-K kombi su ısıtıcısı
 HK Kalorifer kazanı

ŞEKİL 4.10 Yedi dairesli ve küçük işletmesi olan binanın GAZ tesisat şeması

Tablo 4.1 Cihazların bağlantı değerleri (V_s)

Gaz tüketim cihazı	Anma ısı gücü \dot{Q}_{NL} (kW)	İşletme alt ısı değeri $H_{u,B}$ (kWh / m ³)'ye bağlı olarak bağlantı değeri V_A (m ³ / h)				
		1. Gaz ailesi	2. Gaz ailesi		4. Gaz ailesi	
			L grubu	H grubu		
		$H_{u,B} = 4,2 \text{ kWh/m}^3$	$H_{u,B} = 8,6 \text{ kWh/m}^3$	$H_{u,B} = 10,6 \text{ kWh/m}^3$	$H_{u,B} = 6,3 \text{ kWh/m}^3$	
Ocak - fırın	4fl.	3,0	1,5	1,2	2,0	
Şofben	8,7	2,5	1,2	1,0	1,6	
	17,5	5,0	2,4	2,0	3,3	
	22,7	6,5	3,2	2,6	4,3	
	27,9	8,0	3,9	3,2	5,3	
Termosifon Su hacmi	80 l	6,9	1,9	0,9	0,7	1,3
	120 l	7,6	2,1	1,0	0,8	1,5
	150 l	8,3	2,3	1,1	0,9	1,6
	190 l	8,7	2,4	1,2	1,0	1,7
	200 l	10,5	2,9	1,4	1,2	1,9
Oda ısıtıcısı (Soba)	3,5	1,0	0,5	0,4	0,7	
	4,7	1,3	0,6	0,5	0,9	
	7,0	2,0	1,0	0,8	1,3	
	9,3	2,7	1,3	1,1	1,8	
	11,6	3,3	1,6	1,3	2,2	
Sıcak su kazanı	5,0	1,4	0,7	0,6	1,0	
Kombi su ısıtıcısı	6,0	1,7	0,8	0,7	1,1	
	7,0	2,0	1,0	0,8	1,3	
Kalorifer kazanı	8,0	2,3	1,1	0,9	1,5	
	9,0	2,6	1,3	1,0	1,7	
	9,3	2,7	1,3	1,1	1,8	
	10,0	2,9	1,4	1,1	1,9	
	11,0	3,1	1,5	1,2	2,1	
	14,0	4,0	1,9	1,6	2,6	
	17,5	5,0	2,4	2,0	3,3	
	18,6	5,3	2,6	2,1	3,5	
	20,9	6,0	2,9	2,4	4,0	
	23,3	6,7	3,2	2,6	4,4	
30,0	8,6	4,2	3,4	5,7		

Tablo 4.2 Cihaz türüne bağlı olarak eş zaman faktörü f_6

Cihazların sayısı	Cihaz türüne bağlı olarak eş - zaman faktörü			
	f_{GH}	f_{GDWH}	f_{GRH}	f_{GUWH}
1	0,621	1,000	1,000	1,000
2	0,448	0,607	0,800	0,883
3	0,371	0,456	0,703	0,822
4	0,325	0,373	0,641	0,782
5	0,294	0,320	0,597	0,752
6	0,271	0,283	0,564	0,729
7	0,253	0,255	0,537	0,710
8	0,239	0,234	0,515	0,694
9	0,227	0,217	0,496	0,680
10	0,217	0,202	0,480	0,668
11	0,208	0,191	0,466	0,657
12	0,201	0,180	0,454	0,648
13	0,194	0,172	0,443	0,639
14	0,188	0,164	0,432	0,631
15	0,183	0,157	0,423	0,624
16	0,178	0,151	0,415	0,617
17	0,173	0,146	0,407	0,611
18	0,169	0,141	0,400	0,605
19	0,166	0,137	0,394	0,599
20	0,162	0,133	0,387	0,594
21	0,159	0,129	0,382	0,590
22	0,156	0,125	0,376	0,585
23	0,153	0,122	0,371	0,581
24	0,151	0,119	0,366	0,577
25	0,148	0,117	0,362	0,573
26	0,146	0,114	0,357	0,569
27	0,144	0,112	0,353	0,566
28	0,142	0,110	0,349	0,562
29	0,140	0,108	0,346	0,559
30	0,138	0,106	0,342	0,556
31	0,136	0,104	0,339	0,553
32	0,134	0,102	0,336	0,550
33	0,133	0,100	0,332	0,547
34	0,131	0,099	0,329	0,545
35	0,130	0,097	0,327	0,542
36	0,128	0,096	0,324	0,540
37	0,127	0,095	0,321	0,537
38	0,126	0,093	0,319	0,535
39	0,125	0,092	0,316	0,533
40	0,123	0,091	0,314	0,530
41	0,122	0,090	0,311	0,528
42	0,121	0,089	0,309	0,526
43	0,120	0,088	0,307	0,524
44	0,119	0,087	0,305	0,522
45	0,118	0,086	0,303	0,520
46	0,117	0,085	0,301	0,518
47	0,116	0,084	0,299	0,517
48	0,115	0,083	0,297	0,515
49	0,114	0,082	0,295	0,513
50	0,114	0,082	0,293	0,512

Tablo 4.3 Max debi ve anma çapına bağlı olarak akış hızı (V) ve özgül sürtünme basınç kaybı (R) (2. gaz ailesi ve DIN 2440'a uyan çelik boru için)

V_s $\frac{m^3}{h}$	DN 15		DN 20		DN 25		DN 32		DN 40		DN 50		DN 65		DN 80	
	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R	v	R
	$\frac{m}{s}$	$\frac{mbar}{m}$	$\frac{m}{s}$	$\frac{mbar}{m}$	$\frac{m}{s}$	$\frac{mbar}{m}$	$\frac{m}{s}$	$\frac{mbar}{m}$	$\frac{m}{s}$	$\frac{mbar}{m}$	$\frac{m}{s}$	$\frac{mbar}{m}$	$\frac{m}{s}$	$\frac{mbar}{m}$	$\frac{m}{s}$	$\frac{mbar}{m}$
1.0	1.4	0.0192														
1.5	2.1	0.0732	1.1	0.0087												
2.0	2.8	0.1256	1.5	0.0269												
2.5	3.5	0.1916	1.9	0.0405	1.2	0.0126										
3.0	4.1	0.2716	2.3	0.0570	1.4	0.0176										
3.5	4.8	0.3651	2.7	0.0762	1.7	0.0234										
4.0	5.5	0.4723	3.0	0.0980	1.9	0.0299	1.1	0.0074								
4.5			3.4	0.1225	2.2	0.0373	1.2	0.0091								
5.0			3.8	0.1497	2.4	0.0454	1.4	0.0111	1.0	0.0052						
5.5			4.2	0.1800	2.6	0.0543	1.5	0.0132	1.1	0.0061						
6.0			4.5	0.2127	2.9	0.0640	1.6	0.0155	1.2	0.0072						
6.5			4.9	0.2481	3.1	0.0745	1.8	0.0180	1.3	0.0083						
7.0			5.3	0.2852	3.3	0.0857	1.9	0.0206	1.4	0.0095						
7.5			5.7	0.3270	3.6	0.0978	2.1	0.0235	1.5	0.0108						
8.0					3.8	0.1108	2.2	0.0265	1.6	0.0122	1.0	0.0037				
8.5					4.1	0.1244	2.3	0.0296	1.7	0.0137	1.1	0.0041				
9.0					4.3	0.1388	2.5	0.0330	1.8	0.0152	1.1	0.0046				
9.5					4.5	0.1540	2.6	0.0365	1.9	0.0168	1.2	0.0051				
10.0					4.8	0.1700	2.7	0.0402	2.0	0.0185	1.3	0.0056				
10.5					5.0	0.1867	2.9	0.0441	2.1	0.0202	1.3	0.0061				
11.0					5.3	0.2042	3.0	0.0482	2.2	0.0221	1.4	0.0066				
11.5					5.5	0.2225	3.2	0.0524	2.3	0.0240	1.4	0.0072				
12.0					5.7	0.2416	3.3	0.0568	2.4	0.0260	1.5	0.0078				
12.5					6.0	0.2614	3.4	0.0614	2.5	0.0281	1.6	0.0084				
13.0							3.6	0.0663	2.6	0.0302	1.6	0.0090				
13.5							3.7	0.0713	2.7	0.0325	1.7	0.0097	1.0	0.0026		
14.0							3.8	0.0764	2.8	0.0348	1.8	0.0104	1.0	0.0028		
14.5							4.0	0.0817	2.9	0.0372	1.8	0.0111	1.1	0.0030		
15.0							4.1	0.0872	3.0	0.0396	1.9	0.0118	1.1	0.0032		
15.5							4.3	0.0928	3.1	0.0422	2.0	0.0125	1.2	0.0034		
16.0							4.4	0.0987	3.2	0.0448	2.0	0.0133	1.2	0.0036		
16.5							4.5	0.1047	3.3	0.0475	2.1	0.0141	1.2	0.0038		
17.0							4.7	0.1109	3.4	0.0504	2.1	0.0149	1.3	0.0040		
17.5							4.8	0.1172	3.5	0.0532	2.2	0.0157	1.3	0.0042		
18.0							4.9	0.1238	3.6	0.0562	2.3	0.0166	1.3	0.0044		
18.5							5.1	0.1305	3.7	0.0592	2.3	0.0175	1.4	0.0047	1.0	0.0021
19.0							5.2	0.1374	3.8	0.0623	2.4	0.0184	1.4	0.0049	1.0	0.0022
19.5							5.4	0.1444	3.9	0.0655	2.5	0.0193	1.5	0.0051	1.1	0.0023
20.0							5.5	0.1517	4.0	0.0687	2.5	0.0202	1.5	0.0054	1.1	0.0024
21.0							5.8	0.1687	4.3	0.0754	2.6	0.0222	1.6	0.0059	1.1	0.0026
22.0									4.5	0.0825	2.8	0.0242	1.6	0.0064	1.2	0.0029
23.0									4.7	0.0898	2.9	0.0263	1.7	0.0070	1.2	0.0031
24.0									4.9	0.0975	3.0	0.0285	1.8	0.0076	1.3	0.0034
25.0									5.1	0.1055	3.1	0.0308	1.9	0.0082	1.4	0.0036
26.0									5.3	0.1138	3.3	0.0333	1.9	0.0088	1.4	0.0039
27.0									5.5	0.1224	3.4	0.0358	2.0	0.0094	1.5	0.0042
28.0									5.7	0.1313	3.5	0.0383	2.1	0.0101	1.5	0.0045
29.0									5.9	0.1405	3.7	0.0410	2.2	0.0108	1.6	0.0048
30.0											3.8	0.0437	2.2	0.0115	1.6	0.0051
31.0											3.9	0.0466	2.3	0.0112	1.7	0.0054

Tablo 4.4 Akış hızı ve yerel kayıp katsayıları toplamına göre basınç kaybı (2)

(2. gaz ailesi gazları için)

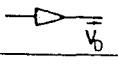
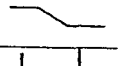
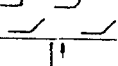
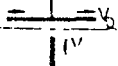
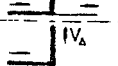
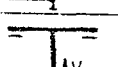
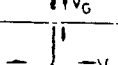
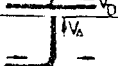

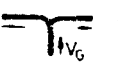
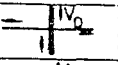
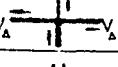
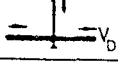
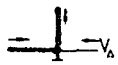
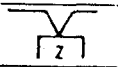





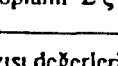
Yerel Basınç Kayıpları Z (mbar)																											
$V \left(\frac{m}{s} \right)$	$\Sigma \zeta$																								$\Sigma \zeta$	$V \left(\frac{m}{s} \right)$	
		0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0			11,5
1.0	0.0012	0.002	0.004	0.006	0.008	0.010	0.012	0.014	0.016	0.018	0.020	0.022	0.024	0.026	0.028	0.030	0.032	0.034	0.036	0.038	0.040	0.042	0.044	0.046	0.048	0.052	1.0
1.1	0.0014	0.002	0.005	0.007	0.010	0.012	0.014	0.017	0.019	0.022	0.024	0.026	0.029	0.031	0.034	0.036	0.038	0.041	0.043	0.046	0.048	0.050	0.053	0.055	0.058	0.062	1.1
1.2	0.0017	0.003	0.006	0.009	0.011	0.014	0.017	0.020	0.023	0.026	0.029	0.031	0.034	0.037	0.040	0.043	0.046	0.049	0.052	0.054	0.057	0.060	0.063	0.066	0.069	0.074	1.2
1.3	0.0020	0.003	0.007	0.010	0.013	0.017	0.020	0.024	0.027	0.030	0.034	0.037	0.040	0.044	0.047	0.050	0.054	0.057	0.060	0.064	0.067	0.070	0.074	0.077	0.081	0.087	1.3
1.4	0.0023	0.004	0.008	0.012	0.016	0.020	0.023	0.027	0.031	0.035	0.039	0.043	0.047	0.051	0.055	0.058	0.062	0.066	0.070	0.074	0.078	0.082	0.086	0.090	0.093	0.101	1.4
1.5	0.0027	0.005	0.009	0.013	0.018	0.022	0.027	0.031	0.036	0.040	0.045	0.049	0.054	0.058	0.063	0.067	0.072	0.076	0.080	0.085	0.089	0.094	0.098	0.103	0.107	0.116	1.5
1.6	0.0031	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025	0.031	0.036	0.041	0.046	0.051	0.056	0.061	0.066	0.071	0.076	0.081	0.086	0.092	0.098	0.103	0.109	0.115	0.121	0.126	0.132	1.6
1.7	0.0034	0.006	0.012	0.017	0.023	0.029	0.034	0.040	0.046	0.052	0.057	0.063	0.069	0.075	0.080	0.086	0.092	0.098	0.103	0.109	0.115	0.121	0.126	0.132	0.138	0.149	1.7
1.8	0.0039	0.006	0.013	0.019	0.026	0.032	0.038	0.045	0.052	0.058	0.064	0.071	0.077	0.084	0.090	0.097	0.103	0.109	0.116	0.122	0.129	0.135	0.142	0.148	0.154	0.167	1.8
1.9	0.0043	0.007	0.014	0.022	0.029	0.036	0.044	0.050	0.057	0.065	0.072	0.079	0.086	0.093	0.100	0.108	0.115	0.122	0.129	0.136	0.143	0.151	0.158	0.165	0.172	0.186	1.9
2.0	0.0048	0.008	0.016	0.024	0.032	0.040	0.048	0.056	0.064	0.072	0.079	0.087	0.095	0.103	0.111	0.119	0.127	0.135	0.143	0.151	0.159	0.167	0.175	0.183	0.191	0.207	2.0
2.1	0.0053	0.009	0.018	0.026	0.035	0.044	0.053	0.062	0.070	0.079	0.088	0.096	0.105	0.114	0.123	0.131	0.140	0.149	0.158	0.166	0.175	0.184	0.193	0.201	0.210	0.228	2.1
2.2	0.0058	0.010	0.019	0.029	0.038	0.048	0.058	0.067	0.077	0.087	0.096	0.106	0.115	0.125	0.135	0.144	0.154	0.163	0.173	0.183	0.192	0.202	0.211	0.221	0.231	0.250	2.2
2.3	0.0063	0.011	0.021	0.032	0.042	0.053	0.063	0.074	0.084	0.095	0.105	0.116	0.126	0.137	0.147	0.158	0.168	0.179	0.189	0.200	0.210	0.221	0.231	0.242	0.252	0.273	2.3
2.4	0.0069	0.011	0.023	0.034	0.046	0.057	0.069	0.080	0.092	0.103	0.114	0.126	0.137	0.149	0.161	0.174	0.183	0.194	0.206	0.217	0.229	0.240	0.252	0.263	0.274	0.297	2.4
2.5	0.0074	0.012	0.025	0.037	0.049	0.062	0.074	0.087	0.099	0.112	0.124	0.137	0.149	0.161	0.174	0.186	0.199	0.211	0.223	0.236	0.248	0.261	0.273	0.285	0.298	0.323	2.5
2.6	0.0081	0.013	0.027	0.040	0.054	0.067	0.081	0.094	0.107	0.121	0.134	0.148	0.161	0.174	0.188	0.201	0.215	0.228	0.242	0.255	0.268	0.282	0.295	0.309	0.322	0.349	2.6
2.7	0.0087	0.015	0.029	0.043	0.058	0.072	0.087	0.101	0.116	0.130	0.145	0.159	0.174	0.188	0.203	0.217	0.232	0.246	0.261	0.275	0.289	0.304	0.318	0.333	0.347	0.376	2.7
2.8	0.0093	0.016	0.031	0.047	0.062	0.078	0.093	0.109	0.125	0.140	0.156	0.171	0.187	0.202	0.218	0.233	0.249	0.265	0.280	0.296	0.311	0.327	0.342	0.358	0.374	0.405	2.8
2.9	0.0100	0.017	0.033	0.050	0.067	0.084	0.100	0.117	0.134	0.150	0.167	0.184	0.200	0.217	0.234	0.250	0.267	0.284	0.301	0.317	0.334	0.351	0.367	0.384	0.401	0.434	2.9
3.0	0.0107	0.018	0.036	0.054	0.072	0.089	0.107	0.125	0.143	0.161	0.179	0.197	0.214	0.232	0.250	0.268	0.286	0.304	0.322	0.339	0.357	0.375	0.393	0.411	0.429	0.465	3.0
3.1	0.0115	0.019	0.038	0.057	0.076	0.095	0.115	0.134	0.153	0.172	0.191	0.210	0.229	0.248	0.267	0.286	0.305	0.324	0.343	0.362	0.382	0.401	0.420	0.439	0.458	0.496	3.1
3.2	0.0122	0.020	0.041	0.061	0.081	0.102	0.122	0.142	0.163	0.183	0.203	0.224	0.244	0.264	0.285	0.305	0.325	0.346	0.366	0.386	0.407	0.427	0.447	0.468	0.488	0.529	3.2
3.3	0.0130	0.022	0.043	0.065	0.087	0.108	0.130	0.151	0.173	0.195	0.216	0.238	0.259	0.281	0.303	0.324	0.346	0.368	0.389	0.411	0.432	0.454	0.476	0.497	0.519	0.562	3.3
3.4	0.0138	0.023	0.046	0.069	0.092	0.115	0.138	0.161	0.184	0.207	0.230	0.252	0.275	0.298	0.321	0.344	0.367	0.390	0.413	0.436	0.459	0.482	0.505	0.528	0.551	0.597	3.4
3.5	0.0146	0.024	0.049	0.073	0.097	0.122	0.146	0.170	0.195	0.219	0.243	0.268	0.292	0.316	0.340	0.365	0.389	0.413	0.438	0.462	0.486	0.511	0.535	0.559	0.584	0.632	3.5
3.6	0.0154	0.026	0.052	0.077	0.103	0.129	0.154	0.180	0.206	0.232	0.257	0.283	0.309	0.334	0.360	0.386	0.412	0.437	0.463	0.489	0.516	0.544	0.571	0.598	0.625	0.679	3.6
3.7	0.0163	0.027	0.054	0.082	0.109	0.136	0.163	0.190	0.217	0.245	0.272	0.299	0.326	0.353	0.380	0.408	0.435	0.462	0.489	0.516	0.544	0.571	0.598	0.625	0.652	0.707	3.7
3.8	0.0172	0.029	0.057	0.086	0.115	0.143	0.172	0.201	0.229	0.258	0.287	0.315	0.344	0.373	0.401	0.430	0.459	0.487	0.516	0.545	0.573	0.602	0.631	0.659	0.688	0.745	3.8
3.9	0.0181	0.030	0.060	0.091	0.121	0.151	0.181	0.211	0.242	0.272	0.302	0.332	0.362	0.393	0.423	0.453	0.483	0.513	0.544	0.574	0.604	0.634	0.664	0.694	0.725	0.785	3.9
4.0	0.0191	0.032	0.064	0.095	0.127	0.159	0.191	0.222	0.254	0.286	0.318	0.349	0.381	0.413	0.445	0.476	0.508	0.540	0.572	0.603	0.635	0.667	0.699	0.731	0.762	0.826	4.0
4.1	0.0200	0.033	0.067	0.100	0.134	0.167	0.200	0.234	0.267	0.300	0.334	0.367	0.400	0.434	0.467	0.501	0.534	0.567	0.601	0.634	0.667	0.701	0.734	0.768	0.801	0.868	4.1
4.2	0.0210	0.035	0.070	0.105	0.140	0.175	0.210	0.245	0.280	0.315	0.350	0.385	0.420	0.455	0.490	0.525	0.560	0.595	0.630	0.665	0.700	0.735	0.770	0.805	0.840	0.910	4.2
4.3	0.0220	0.037	0.073	0.110	0.147	0.184	0.220	0.257	0.294	0.330	0.367	0.404	0.440	0.477	0.514	0.551	0.587	0.624	0.660	0.697	0.734	0.771	0.808	0.844	0.881	0.954	4.3
4.4	0.0231	0.038	0.077	0.115	0.154	0.192	0.231	0.269	0.307	0.346	0.384	0.423	0.461	0.500	0.538	0.576	0.615	0.653	0.692	0.730	0.769	0.807	0.846	0.884	0.922	0.999	4.4
4.5	0.0241	0.040	0.080	0.121	0.161	0.201	0.241	0.281	0.322	0.362	0.402	0.442	0.482	0.523	0.563	0.603	0.643	0.683	0.724	0.764	0.804	0.844	0.884	0.925	0.965	1.045	4.5
4.6	0.0252	0.042	0.084	0.126	0.168	0.210	0.252	0.294	0.336	0.378	0.420	0.462	0.504	0.546	0.588	0.630	0.672	0.714	0.756	0.798	0.840	0.882	0.924	0.966	1.008	1.092	4.6
4.7	0.0263	0.044	0.088	0.132	0.175	0.219	0.263	0.307	0.351	0.395	0.439	0.482	0.526	0.570	0.614	0.658	0.702	0.745	0.789	0.833	0.877	0.921	0.965	1.009	1.052	1.140	4.7
4.8	0.0274	0.046	0.092	0.137	0.183	0.229	0.274	0.320	0.366	0.412	0.457	0.503	0.549	0.595	0.640	0.686	0.732	0.778	0.823	0.869	0.915	0.960	1.006	1.052	1.098	1.189	4.8
4.9	0.0286	0.048	0.095	0.143	0.191	0.238	0.286	0.334	0.381	0.429	0.477	0.524	0.572	0.620	0.667	0.715	0.763	0.810	0.858	0.906	0.953	1.001	1.049	1.096	1.144	1.239	4.9
5.0	0.0298	0.050	0.099	0.149	0.199	0.248	0.298	0.347	0.397	0.447	0.496	0.546	0.596	0.645	0.695	0.744	0.794	0.844	0.893	0.943	0.993	1.042	1.092	1.141	1.191	1.290	5.0

Tablo 4.6 Cihaz, sorti ve tüketim hatlarının hesabı

Föy 1a		Boru Çapının Tayini															
		Diferansiyel yöntem															
Dağıtım hattı : $\Delta p_{zul} \leq 0,3 \text{ mbar}$																	
Tüketim hattı : $\Delta p_{zul} \leq 0,8 \text{ mbar}$																	
Kolon hattı : $\Delta p_{zul} \leq 0,0 \text{ mbar}$ (1. ve 2. gaz ailesi)																	
Sorti ve cihaz bağlantı hattı : $\Delta p_{zul} \leq 0,5 \text{ mbar}$																	
		Boru türü															
		<input type="checkbox"/> 1. Gaz ailesi <input type="checkbox"/> 2. Gaz ailesi <input type="checkbox"/> 4. Gaz ailesi															
		<input type="checkbox"/> DIN 2440 <input type="checkbox"/> DIN 2441/2442 <input type="checkbox"/> DIN 2448/2458 <input type="checkbox"/> DIN 1786															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Hat adı	TB	Q _{ihaz} T _{ihaz}	Adet	ΣV_A (Cihaz) T _{ihaz}	f_G (Cihaz) T _{ihaz}	v /s	l	DN	v	R	R · l	$\Sigma \zeta$	Z	$\Delta H'$	Δp_H	Δp_{TS}	Kontrol $\Sigma \Delta p_{TS} \leq$ Δp_{zul}
ab	H	1	15	0,621	0,9	4,7	3,5	25	2,25	0,042	0,147	8,3	0,167	—	—	0,314	—
	DWH	1	2,4	1,0	2,4												
	RH	3	2,0	0,703	1,4												
	UWH																
bc	H					3,6	5,0	20	2,8	0,081	0,405	1,7	0,053	—	—	0,458	Δp_{abc} = 0,772 < 0,8
	DWH	1	2,4	1,0	2,4												
	RH	2	1,5	0,800	1,2												
	UWH																
cd	H					1,2	3,0	20	0,95	0,007	0,021	0,3	0,001	—	—	0,022	Δp_{abcd} = 0,794 < 0,8
	DWH																
	RH	2	1,5	0,800	1,2												
	UWH																
de	H	1	15	0,621	0,9	1,4	5,6	15	2,0	0,028	0,157	9,7	0,153	-1,6	+0,064	0,374	Δp_{abe} = 0,638 < 0,8
	DWH																
	RH	1	0,5	1,0	0,5												
	UWH																
dg	H					1,0	5,5	15	1,4	0,019	0,105	3,7	0,029	-1,5	+0,060	0,194	< 0,5
	DWH																
	RH	1	1,0	1,0	1,0												
	UWH																
dh	H					0,5	1,5	10	2,3	0,054	0,081	4,0	0,084	-1,5	+0,060	0,225	< 0,5
	DWH																
	RH	1	0,5	1,0	0,5												
	UWH																
ci	H					2,4	4,2	20	1,8	0,038	0,160	4,7	0,060	-1,2	+0,048	0,268	< 0,5
	DWH	1	2,4	1,0	2,4												
	RH																
	UWH																
	H																
	DWH																
	RH																
	UWH																
	H																
	DWH																
	RH																
	UWH																
	H																
	DWH																
	RH																
	UWH																
	H																
	DWH																
	RH																
	UWH																
	H																
	DWH																
	RH																
	UWH																

1) Yukarı çıkan boru : ΔH "+" işaretli ; aşağı inen boru : ΔH "-" işaretli

Tablo 4.7 Dağıtım ve kolon hattı için yerel kayıp katsayıları hesabı

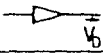
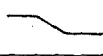


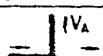

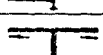
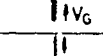


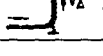

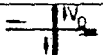
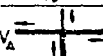
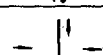
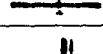
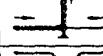
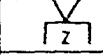

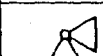

Nr.		Döküm bağlantı parçaları, armatürler	Basitleştirilmiş semboller	Kayıp değerler 1) 2)	Tesisat bölümü																	
					AB	BH	BC	CD	HI	IJ	JK	KL	CE	EF	FG							
1	Redüksiyon \varnothing		$\zeta_D = 0.4$	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
2	S - parçası		$\zeta = 0.5$																			
3	Dirsek		$\zeta = 0.7$	1	1	1																
4	T - geçiş ayrılma 90°		$\zeta_D = 0.3$			1	1		1	1	1		1	1								
5	T - Kol 90°		$\zeta_A = 1.3$		1									1								
6	Temizlik "T" parçası 90°		$\zeta_A = 1.3$					1														
7	T - Karşıt akım 90°		$\zeta_G = 1.5$																			
8	Dirsek T - Geçiş ayrılma		$\zeta_D = 0.3$																			
9	Dirsek T - Kol ayrılma		$\zeta_A = 0.9$																			
10	Dirsek temizlik "T" parçası		$\zeta_A = 0.9$																			
11	Çift dirsek T - ayrılma		$\zeta_G = 1.3$																			
12	+ Geçiş ayrılma parçası 90°		$\zeta_D = 1.3$																			
13	+ Kol ayrılma parçası 90°		$\zeta_A = 2.0$																			
14	Temizlik "+" geçiş 90°		$\zeta_D = 0.5$																			
15	Temizlik "+" kol ayrılma parçası 90°		$\zeta_A = 1.3$																			
16	Tek manşon bağlantılı Sayıç		$\zeta = 2.0$ $\zeta = 4.0$																			
17	Musluk		$\zeta = 2.0$																			
18	Köşe emniyet vanası		$\zeta = 5.0$																			
19	Musluk (küresel)		$\zeta = 0.5$																			
20	Köşe vanası (küresel)		$\zeta = 1.3$																			
21	Sürgülü vana		$\zeta = 0.5$																			
Tesisat bölümü toplamı $\Sigma \zeta$				0.7	2.0	1.0	0.3	1.3	0.3	0.3	0.3	0.3	1.3	0.3	0.3							

1) Verilen yerel kayıp katsayısı değerleri ζ sadece kaba değerlerdir. Özellikle kapatma armatürlerinde kayıp değerleri imalatçıya göre değiştiğinden, gerektiğinde imalatçının verdiği değerler alınır.

2) İndisler kayıp değerinin, hangi akış hızlarına izafe edildiğini belirler.

3) Redüksiyon bağlantı elemanına entegre ise redüksiyonlu bağlantı elemanı dikkate alınmaz.

Tablo 4.8 Tüketim, sorti ve cihaz bağlantı hattı için yerel kayıp katsayıları hesabı

Nr.		Döküm bağlantı parçaları, armatürler	Basitleştirilmiş semboller	Kayıp değerler 1) 2)	Tesisat bölümü															
					ab	bc	cd	be	dg	dh	cf									
1	Redüksiyon (1)		$\zeta_D = 0,4$	/	/		/	/	/											
2	S - parçası		$\zeta = 0,5$																	
3	Dirsek		$\zeta = 0,7$		2		2	2	1	2										
4	T - geçiş ayrılma 90°		$\zeta_D = 0,3$		1	1		1												
5	T - Kol 90°		$\zeta_A = 1,3$	1			1		1	1										
6	Temizlik "T" parçası 90°		$\zeta_A = 1,3$																	
7	T - Karşıt akım 90°		$\zeta_G = 1,5$																	
8	Dirsek T - Geçiş ayrılma		$\zeta_D = 0,3$																	
9	Dirsek T - Kol ayrılma		$\zeta_A = 0,9$																	
10	Dirsek temizlik "T" parçası		$\zeta_A = 0,9$																	
11	Çift dirsek T - ayrılma		$\zeta_G = 1,3$																	
12	+ Geçiş ayrılma parçası 90°		$\zeta_D = 1,3$																	
13	+ Kol ayrılma parçası 90°		$\zeta_A = 2,0$																	
14	Temizlik "+" geçiş 90°		$\zeta_D = 0,5$																	
15	Temizlik "+" kol ayrılma parçası 90		$\zeta_A = 1,3$																	
16	Tek manşon bağlantılı Sıyıcı		$\zeta = 2,0$ $\zeta = 4,0$	1																
17	Musluk		$\zeta = 2,0$				1	1	1	1										
18	Köşe emniyet vanası		$\zeta = 5,0$	1			1													
19	Musluk (küresel)		$\zeta = 0,5$																	
20	Köşe vanası (küresel)		$\zeta = 1,3$																	
21	Sürgülü vana		$\zeta = 0,5$																	
Tesisat bölümü toplamı $\Sigma \zeta$					8,3	1,7	0,3	2,7	3,7	4,0	4,7									

1) Verilen yerel kayıp katsayısı değerleri ζ sadece kaba değerlerdir. Özellikle kapatma armatürlerinde kayıp değerleri imalatçıya göre değiştiğinden, gerektiğinde imalatçının verdiği değerler alınır.

2) İndisler kayıp değerinin, hangi akış hızlarına izafe edildiğini belirtir. e_i wert

3) Redüksiyon bağlantı elemanına entegre ise redüksiyonlu bağlantı elemanı dikkate alınmaz.

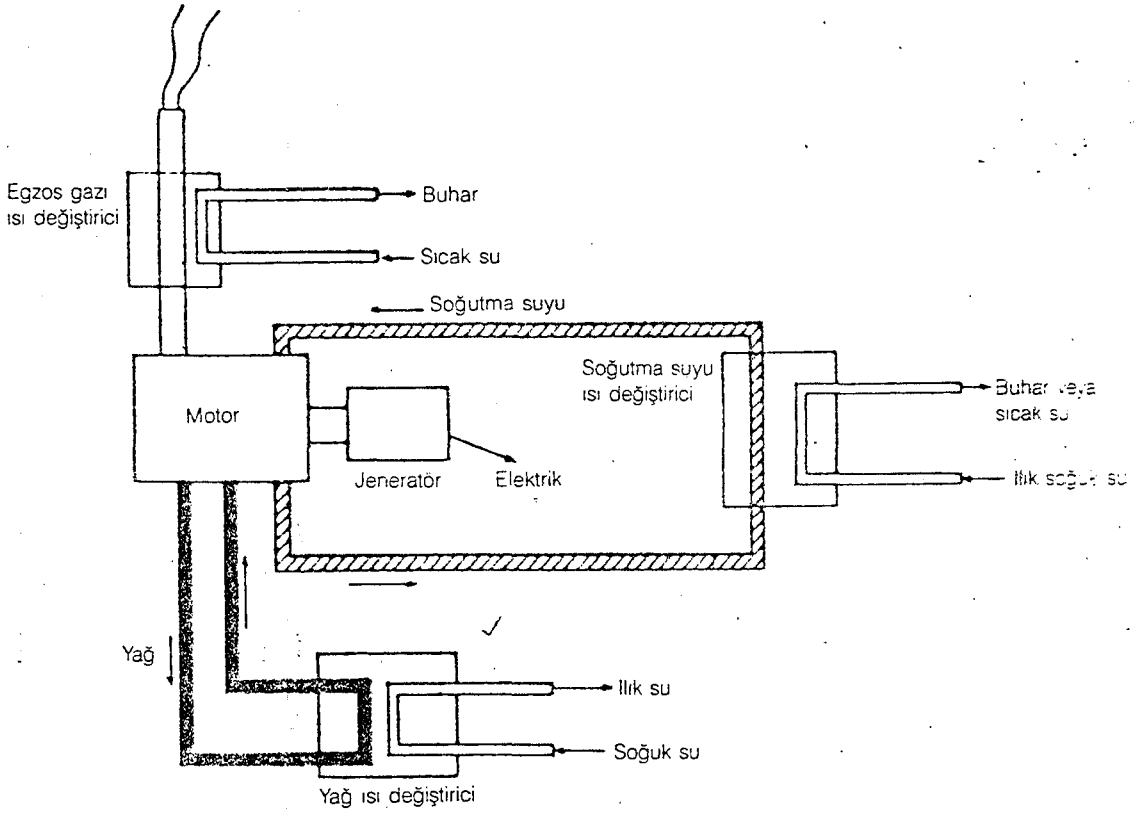
5. EKONOMİK ANALİZ

5.1. DOĞAL GAZDAN ELDE EDİLEN ENERJİNİN VERİMLİ KULLANIMI BİLEŞİK ISI VE ELEKTRİK ÜRETİMİ

Bileşik üretim, aynı enerji girdisinden atık gazların tekrar işleme tabi tutulmasıyla iki enerji çıktısının elde edilmesidir. Bileşik sistemler genellikle elektrik ve ısı üretirler; ısı enerjisi buhar, sıcak su ve soğuk su, soğutma ve sıcak hava olarak kullanılabilir. Böylece, % 30-35 verimlilikle çalışan bir elektrik üretim tesisinde % 65'e ulaşan ısı kayıplarının geri kazanılması sonucu sistem veriminin % 88-91'e yükselmesi ile enerji tasarrufu sağlanır. Bileşik sistemlerin en yaygın olanları

- a) Jeneratörler
- b) Gaz türbinli sistemler
- c) Buhar türbinli sistemler

Doğal gaz jeneratörlü bileşik üretim sistemlerinin 100 kW'a kadar olanı seri imalat niteliğindedir. Bu sistemler sanayide kullanıldığı gibi otel, hastahane, konut, restaurant, yüzme havuzları v.b. yerlerde kullanılabilir. 100 kW'dan büyük olanlar ise kullanılacağı yere göre tasarlanır.



Şekil 5.1 Jeneratörler ile Bileşik Isı-Elektrik üretimi

625 kW gücünde bir sistemi örnek alırsak⁽¹⁾

$$\text{Yakıt Girdisi} = \text{Enerji Çıktısı} + \text{Kayıplar}$$

Aşağıda görüldüğü gibi % 67,2 olan kayıpların % 87,5'i faydalı ısı olarak geri kazanılır ve % 32,8 verimle çalışan jeneratörün verimi bileşik üretim ile % 91,4 çıkar. Bu da % 58,6 enerji tasarrufudur.

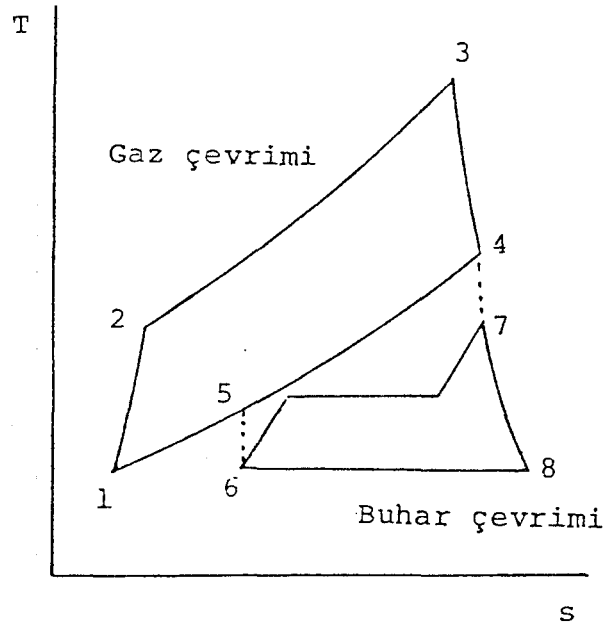
Gaz türbinlerinin ısıl verimi en fazla % 35 civarındadır. Buhar türbinleri ise en iyi koşullarda bile üretim sürecinde kullanılan büyük ısı enerjisine karşılık,

(1) Baysal, C., Kasım 1988 Doğal Gaz Dergisi.

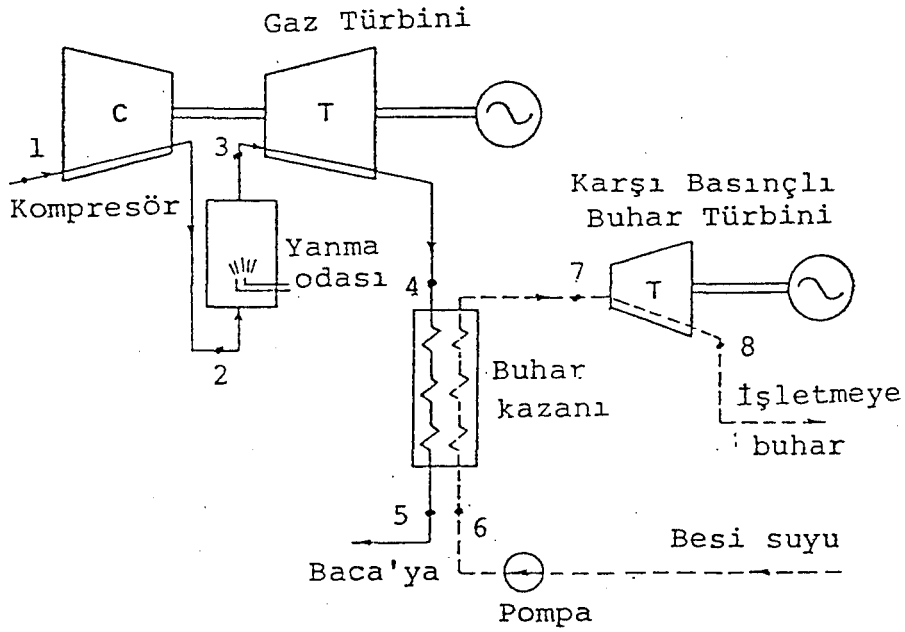
	Enerji		Yüzde
	Enerji kW	kcal/h	Yüzde %
Doğal gaz girdisi	1903,5	1637.000	100,0
Soğutma suyu	645,3	555.000	34,0
Egzost (yararlı)	366,3	315.000	19,2
Yağ soğutucu	102,3	88.000	5,4
Kayıplar (Egzost dahil)	164,5	141.500	8,6
Elektrik	625,0	537.500	32,8

az miktarda elektrik enerjisi üretilir. Eğer işletmenin (elektrik enerjisi/ısı yükü) oranı küçükse karşı basınçlı buhar türbini; Gaz türbini-atık ısı kazanlı sistemler ise her (elektrik enerjisi/ısı yükü) oranını, çok büyük (elektrik enerjisi/ısı yükü) oranında ise karma gaz türbini - buhar türbini santralleri en uygun çözüm olur.

Gaz türbininden yüksek sıcaklıkta çıkan duman gazları ile buhar kazanında buhar elde edip buhar türbini çalıştırılır. Bu şekilde (T,S) diyagramının yüksek sıcaklık bölgeleri gaz çevrimi ile, düşük sıcaklık bölgeleri ise buhar çevrimi ile % 90'a varan verimlerle kullanılır.



a) T-s Diyagramı



b) Basitleştirilmiş devre

Şekil 5.2 Gaz ve Buhar çevriminin birlikte kullanılması

5.2. DOĞAL GAZ FİATININ OLUŞMASI

Doğal gaz fiyatları; Türkiye'de BOTAŞ tarafından tespit edilmektedir (Tablo 5.1).

Doğal gaz fiyatları tespit edilirken çeşitli müşteri gruplarının özellikleri gözönüne alınır. Doğal gaz kullanıcılarının bazılarında yıl içinde, yaz-kış arasında büyük çekiş farklılıkları vardır; bazıları kesintili olarak gaz kullanmak isterken, bazıları sürekli olarak gaz almak isterler. Fiyat tesbitinde esas; özel bir yakıt türü olan doğal gazın verimli bir şekilde kullanılması ve diğer yakıtlarla rekabet edebilmesidir.

Kesintili tüketiciler sistem gerektirdiği zaman BOTAŞ tarafından önceden haber verilerek gaz arzı kesilebilen müşterilerdir. Kesintili satış fiyatı yılda 6 hafta kesintili süresine göre hesaplanmaktadır. Bu kesinti önceden haber vermek suretiyle yapılır, kesintili olarak doğal gaz kullanmak isteyen müşterilere alternatif yakıt stoku maliyeti göz önüne alınarak düşük fiyat uygulanır.

Kesintisiz satış fiyatları buhar ve proses kullanımına göre değişir. Buhar, her türlü kazanda sıcak su, buhar, kızgın yağ üretimidir. Proses kullanımı doğal gazın en verimli kullanıldığı alanlardan biridir.

Buhar kullanımında doğal gaza rakip olabilecek çok yakıt vardır. Gaz sistemlerinin kuruluş aşamasında satışları arttırmak için bütün dünyada uygulanan bir yöntem olan buhar kullanımına prosese göre daha düşük

Tablo 5.1 01.04.1990-30.06.1990 tarihleri arasındaki
doğal gaz fiyatları

**SINAI MÜŞTERİLERE UYGULANACAK OLAN
DOĞAL GAZ SATIŞ TARİFESİ (KDV Hariç)**

Yıllık Sözleşme Miktarı Sm ³ /yıl	Kesintili Satış Fiyatı		Kesintisiz Satış Fiyatı			
	TL/kWh	TL/Sm ³	PROSES		BUHAR	
			TL/kWh	TL/Sm ³	TL/kWh	TL/Sm ³
300.000 - 1.000.000	28.74	306	30.59	325	29.65	315
1.000.001 - 5.000.000	28.01	298	29.65	315	28.74	306
5.000.001 - 15.000.000	25.79	274	27.83	296	26.89	286
15.000.001 - 50.000.000	25.08	267	27.09	288	26.00	276
50.000.001 -100.000.000	24.71	263	26.37	280	25.27	269

**SINAI TÜKETİCİLERİN DOĞAL GAZI ELEKTRİK TÜKETİMİNDE
KULLANMALARI HALİNDE UYGULANACAK OLAN TARİFE (KDV Hariç)**

Yıllık Sözleşme Miktarı Sm ³ /yıl	Kesintili Satış Fiyatı		Kesintisiz Satış Fiyatı	
	TL/kWh	TL/Sm ³	TL/kWh	TL/Sm ³
300.000 - 1.000.000	31.79	338	33.73	359
1.000.001 - 5.000.000	30.85	328	32.77	348
5.000.001 - 15.000.000	28.58	304	30.65	326
15.000.001 - 50.000.000	27.78	295	29.86	317
50.000.001 -100.000.000	27.43	292	29.05	309

Not: 1) Bu fiyatlara % 5 KDV ilave edilecektir.

2) 1 Sm³ : 15 °C ve 1.01325 bar mutlak basınçtaki 1 m³ gazın hacmine tekâbul eder.

3) Kesintili müşteriler, sistem gerektirdiği zaman BOTAŞ tarafından önceden haber verilerek gaz arzı kesilebilen müşterilerdir. Kesintili satış fiyatı 6 haftalık kesinti süresine göre hesaplanmıştır.

4) Kesintili veya kesintisiz tarifeyi seçmek müşterinin isteğine bağlıdır.

5) Fiyatlandırmada doğal gazın 9155 Kcal/Sm³ olan üst ısıl değeri esas alınmıştır.

6) Müşteriler tesislerine talep ettikleri azami saatlik çekişin her 1 m³'ü için aylık 750 TL. sabit hizmet ücreti öderler.

7) Bu fiyatlar 01.04.1990 - 30.06.1990 tarihleri arasında geçerlidir.

tarife uygulanmaktadır.

Tüketiciler tesislerine talep ettikleri azami saatlik çekişin her 1 m³ için aylık 750 TL sabit hizmet ücreti öderler. Tüketiciler sürekli olarak bu maximum kapasiteyi kullanmadıkları halde, istedikleri kapasite her an kendilerine tahsis edilmiş şekilde hazır bulduğundan, sabit hizmet ücreti bunun karşılığıdır.

Tüketiciler sözleşme miktarının aşağıda belirtilen yüzdelerini almaları, almadıkları durumda bu miktara karşılık gelen bedelleri ödemeleri istenmektedir.

Yıllık Sözleşme Miktarı (m ³)	Asgari Ödeme esas alım Yüzdesi%
1 - 15 milyon	50
15 - 50 milyon	60
50 - 100 milyon	70

Botaş'ın izni olmadan yapılan; azami yıllık çekişin üzerindeki çekişler için % 50, azami günlük ve saatlik üzerindeki çekişler için de % 100 zamlı tarife uygulanır.

Doğal gaz fiyatlarının tesbiti ve değişimi ile ilgili prensipler: Doğal gazı yakıt olarak kullanan müşteriler için fiyatlar yurt içinde petrol ürünleri satış fiyatlarının seyrine bağlı olarak revize edilecektir. Ayrıca Türk lirasının Dolar karşısındaki değer değişiminin, yurt içi petrol ürünlerinin fiyat hareketleriyle doğal gaz fiyatına yansıtılmadığı durumda üç ayda bir

Türk Lirasının değer değişimine göre revize edilecektir. Ancak ithal doğal gazın alım fiyatında ki değişiklikler de yukarıda belirtilen revizyon dışında revizyon hakkı doğuracaktır. Bu revizyonlarda doğal gazın diğer petrol ürünleri ile rekabet edebilmesi ve yapılmış olan dönüşüm yatırımlarının geri alınması gözönünde bulundurulacaktır.

5.3. DOğAL GAZIN DİğER YAKITLARLA FİAT YÖNÜNDEN KARŞILAŞTIRILMASI

Doğal gaz ve alternatif yakıtları Tablo 5.2'de 1000 kcal'nin maliyeti ile karőılaőtırma yapılmıştır⁽¹⁾. Bu karşılaştırmada MAYIS-1990 Yakıt Fıatları alınmıştır.

- Hava Gazı ve Doğal Gazı fiyatı; Konut fiyatıdır.
- Elektrik Fiyatı, ısınma amaçlı kullanılacağından 120 kWh'den sonraki kullanım fiyatı esas alınmıştır.
- Birim fiatlarda K.D.V. hariçtir.
- Verim değerlendirilmesinde yakıt hazırlama-depolama işletme giderleride gözününe alınmıştır.

(1) Haziran 1990 Doğal Gaz Dergisi.

Tablo 5.2 Mayıs 1990 tarihindeki Yakıt Fiyatlarının
karşılaştırılması

YAKIT	ISIL DEĞERİ	MAYIS-1990 BİRİM FİYATI	ORTALAMA VERİM	TL/1000 kcal	TL/1000 kcal	UCUZLUK SIRALAMASI
LİNYİT KÖMÜRÜ	3000 kcal/kg	100.000 TL/TON	% 60	$\frac{100.000}{3000 \times 0.60}$	56 TL	1
DOĞAL GAZ	8400 kcal/m ³	550 TL/m ³	% 90	$\frac{550 \times 1000}{8400 \times 0.90}$	72 TL	2
SOMA KÖMÜRÜ	4200 kcal/kg	200.000 TL/TON	% 66	$\frac{200.000}{4200 \times 0.66}$	72 TL	3
KOK	6700 kcal/kg	352.000 TL/TON	% 70	$\frac{352.000}{6700 \times 0.70}$	75 TL	4
FUEL-OİL	9700 kcal/kg	653 TL/kg	% 80	$\frac{653 \times 1000}{9700 \times 0.80}$	84 TL	5
ODUN	2500 kcal/kg	150.000 TL/TON	% 60	$\frac{150.000}{2500 \times 0.60}$	100 TL	6
HAVA GAZI	3000 kcal/m ³	250 TL/m ³	% 80	$\frac{250 \times 1000}{3000 \times 0.80}$	104 TL	7
MOTORİN	10.200 kcal/kg	1.280 TL/kg	% 84	$\frac{1280 \times 1000}{10.200 \times 0.84}$	150 TL	8
GAZYAĞI	10.400 kcal/kg	1.361 TL/kg	% 84	$\frac{1361 \times 1000}{10.400 \times 0.84}$	155 TL	9
ELEKTRİK	860 kcal/kWh	210 TL/kWh	% 99	$\frac{210 \times 1000}{860 \times 0.99}$	247 TL	10

Yakıtların; konutlarda ısınma amacıyla kullanıldığında verecekleri verim oranları "Isısan firmasının hazırladığı raporlara" göre aşağıdaki gibi olmaktadır⁽¹⁾.

<u>Yakıt</u>	<u>Verim</u>
Linyit Kömürü	% 60
Doğal Gaz	% 90
Soma Kömürü	% 66
Kok	% 70
Fuel-oil	% 80
Odun	% 60
Hava Gazı	% 80
Motorin	% 84
Gazyağı	% 84
Elektrik	% 99

Aşağıdaki yöntem ile yakıtların "Kullanıcıya Maliyetini" karşılaştırabiliriz. Karşılaştırmada 1000 kcal ısı elde edilmesi için gerekli yakıtın maliyeti bulunmaktadır.

<u>Yakıt</u>	<u>Fiatı</u>	<u>1/Verim</u>	<u>Yakıtın Isıl Değeri</u>
Linyit Kömürü	100 TL/kg	1/0,60	3000 kcal/kg
Doğal Gaz	550 TL/m ³	1/0,90	8400 kcal/m ³
Soma Kömürü	200 TL/kg	1/0,66	4200 kcal/kg
Kok	352 TL/kg	1/0,70	6700 kcal/kg
Fuel-oil	653 TL/kg	1/0,80	9700 kcal/kg
Odun	150 TL/kg	1/0,60	2500 kcal/kg

(1) 1990 Haziran Doğal Gaz Dergisi.

<u>Yakıt</u>	<u>Fiatı</u>	<u>1/Verim</u>	<u>Yakıtın Isıl Değeri</u>
Hava Gazı	250 TL/m ³	1/0,80	3000 kcal/m ³
Motorin	1280 TL/kg	1/0,84	10200 kcal/kg
Gazyağı	1361 TL/kg	1/0,84	10400 kcal/kg
Elektrik	210 TL/kWh	1/0,99	860 kcal/kWh

1000 kcal için Yakıt Maliyeti

$$1000 \text{ kcal'nin Maliyeti} = \frac{1000 \text{ kcal} \times \text{Yakıtın Birim Fiatı}}{\text{Yakıtın Isıl Değeri} \times \text{Verim}}$$

Linyit Kömürü

$$\text{Maliyet} = \frac{1000 \times 100}{3000 \times 0,60} = 56 \text{ TL}$$

Doğal Gaz :

$$\text{Maliyet} = \frac{1000 \times 550}{8400 \times 0,90} = 72 \text{ TL}$$

Soma Kömürü:

$$\text{Maliyet} = \frac{1000 \times 200}{4200 \times 0,66} = 72 \text{ TL}$$

Kok:

$$\text{Maliyet} = \frac{1000 \times 352}{6700 \times 0,7} = 75 \text{ TL}$$

Fuel-Oil:

$$\text{Maliyet} = \frac{1000 \times 653}{9700 \times 0,8} = 84 \text{ TL}$$

Odun:

$$\text{Maliyet} = \frac{1000 \times 150}{2500 \times 0,6} = 100 \text{ TL}$$

Hava Gazı:

$$\text{Maliyet} = \frac{1000 \times 250}{3000 \times 0,8} = 104 \text{ TL}$$

Motorin:

$$\text{Maliyet} = \frac{1000 \times 1280}{10200 \times 0,84} = 150 \text{ TL}$$

Gazyağı:

$$\text{Maliyet} = \frac{1000 \times 1361}{10400 \times 0,84} = 155 \text{ TL}$$

Elektrik:

1 kWh = 860 kcal olduğu dikkate alınarak;

$$\text{Maliyet} = \frac{1000 \times 210}{860 \times 0,99} = 247 \text{ TL}$$

şeklinde hesaplanır.

Mukayese edilebilmesi için bu hesaplamalar Tablo 5.2'de gösterilmiştir. Tablo 5.2'de görüldüğü gibi "1000 kcal" enerji maliyet sıralaması şöyledir.

1. Linyit Kömürü	56 TL
2. Doğal Gaz	72 TL
3. Soma Kömürü	72 TL
4. Kok	75 TL
5. Fuel-oil	84 TL
6. Odun	100 TL
7. Hava Gazı	104 TL
8. Motorin	150 TL
9. Gazyağı	155 TL
10. Elektrik	247 TL

DOĞAL GAZ 72 TL ile linyit kömüründen sonra ikinci sırada gelmektedir.

6. DOĞAL GAZ KULLANIMININ AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI

6.1 DOĞAL GAZ KULLANIMININ AVANTAJLARI

Doğal gaz, kullananın genel enerji verimliliğini arttıracak masraflarını azaltır. Yani doğal gaz diğer yakıtlardan daha çok verim elde edildiği için yakıt masrafı azalır.

Doğal gaz, kullanıcının işletme maliyetini düşürür. Doğal gazda; yakıt depolama tankına ihtiyaç olmaması, yakıtı hazırlama ekipmanlarının olmaması yani; fuel-oil de ısıtıcılar, pompalar v.s. kömürlü sistemlerde elavator, konveyör v.s. gibi elemanlara ihtiyaç göstermemesi, bakımının ve otomasyonun kolay olması ve baca gazlarının ısısından faydalanılması işletme maliyetlerini düşürür. Proseste direkt olarak kullanılması; dağıtımdan gelen kayıplar önlenmiş ve maliyette düşüş sağlanmış olur.

Doğal gaz kullanımı, ürün kalitesini arttırır. Özellikle cam ve seramik sanayiinde bu çok önemlidir. Doğal gazın içinde sülfür ve katı partikül bulunmadığı için yüzeylerin çok temiz çıkmasını sağlar.

Doğal gaz kullanıcının ilk yatırım maliyetini düşürür. Böylece ilk yatırım yapacaklar içinde avantajlı olur. Diğer yakıtlarda sülfürü arındırmak, toz partiküllerini tutmak, depolama, yakıt hazırlama, v.s. gibi nedenlerle ek harcamalar yapmak gerekmektedir. Doğal gazda ise bu tür harcamalar olmadığı gibi, doğal gaz kullanıldıktan sonra parası ödenmektedir. Bu da üreticinin rekabet şansını olumlu yönde etkilemektedir.

Doğal gazın gelmesiyle yeni bir ekipman pazarı da oluşmaktadır. Bunlar, kazan sistemleri, brülörler, ısıtıcılar, sayaçlar, boru ve fitigs malzemeleri, kontrol ekipmanları v.s. sektörlerdir. Bu ekipman pazarı, ithalat ve imalatı canlandıracak ve geliştirecektir. Ayrıca buna paralel olarak bakım ve servis kuruluşları, mühendislik ve danışmanlık kuruluşları da oluşacaktır. Böylece yeni iş sahaları açılmış olur.

Doğal gazın gelmesiyle döviz kazancı ve ihracaatın artışıda beklenmektedir. Maliyetlerin düşmesi sanayicinin rekabet şansının artması ihracatın artmasını sağlayacak ve böylece döviz kazancımız olacaktır. Ayrıca Sovyetler Birliği'nden alınan doğal gazın bedeli büyük ölçüde "mal ve hizmet" ihracaatı ile ödenecektir.

Doğal gaz, dağıtım borularıyla kullanım yerine kadar götürülmesi nedeniyle kullanıcıya büyük kolaylık sağlar. Doğal gazın temiz olması, kolayca yanması ve kontrol edilebilir olması kullanımını yaygınlaştırmaktadır.

Isıtmada doğal gaz kullanıldığında, hava kirliliğini azaltarak şehirlerimizin çağdaş şartlara gelmesine katkıda bulunur.

6.2 DOĞAL GAZ KULLANIMININ DEZAVANTAJLARI

Doğal Gaz S.S.C.B.'den Türkiye'ye bir tek hatla gelmektedir. Gaz kesildiği zaman; "bu kesinti politik

veya boru hattı üzerinde teknik bir arıza olabilir", tüketicinin durumu ne olacak, boru hattı doğal gaz deposu olarak ne kadar süre ihtiyacı karşılayacak, boru hattı devreden çıktığında ihtiyaçlar nasıl karşılanacak gibi sorular ortaya çıkmaktadır.

Doğal gaz konusu Türkiye'de yenidir. Bu yüzden teknolojisi henüz yeterince bilinmemektedir. doğal gaza ait Standartlar da tam olarak hazırlanmamıştır. Halbuki doğal gaz özellikleri itibariyle çok titiz projelendirme, imalat, bakım ve onarım gerektirmektedir.

Doğal gaz imalatında kullanılacak malzeme ve ekipman yapan tesisler Türkiye'de yoktur, ithalat yoluyla temin edilecek malzemelerinde standartları henüz yeterince belirlenmemiştir. Bu yüzden adaptasyon sırasında teknik güçlükler ve belirsizliklerle karşılaşılmaktadır.

İmalat konusundaki bu yetersizliklerin yanında, daha çok yatırım yapılmasını gerektiren test ve kalibrasyon sistemleri de Türkiye'de henüz kurulmamıştır. Emniyetin sağlanması açısından bu tür merkezlerin kurulması ve etkin çalışmasının sağlanması gerekmektedir.

Doğal gazın, diğer yakıtlara göre gelecekte fiyatının nasıl olacağı şu anda belirsizdir. BOTAŞ; şu anda Doğal gaz piyasaya yeni girdiği ve dönüşüm; ilk anda belirli bir maliyet getirdiği için fiatları düşük tuttuğunu belirtmektedir. İleride fiyat politikası ne olacaktır neye göre ayarlanacaktır bunlar belirsizdir.

Belediye sınırları içinde doğal gaz kullanan sanayi kuruluşları hangi merciden gazı alacaktır. Ayrıca her Belediye kendisine göre "Yönetmelik ve Şartnameler" hazırlamaktadır. Türkiye genelinde bu anlayış karmaşaya neden olmaktadır.

7. SONUÇLAR VE İRDELEME

Doğal gaz hava ve çevre kirliliği yapmaz. Genel Yakıt Özellikleri için verilen tablo 2.6'da da görüldüğü gibi Kömürde % 1,0, FO5'de % 3,2, FO6'da % 4 oranında kükürt vardır. Kullanıma sunulan doğal gazda hiç kükürt yoktur. Doğal gaz yandığı zaman artık madde bırakmaz. Bu nedenlerden dolayı doğal gaz hava çevre kirliliği yapmaz.

Doğal gazda bulunan hidrojen miktarı (Tablo 2.6) Fuel-oil'in yaklaşık iki katı, Kömürün ise yaklaşık yedi katıdır. Bunun için doğal gaz yanma ürünleri içinde daha fazla su buharı içerir. Yanma gazlarıyla dışarıya atılan enerji doğal gazda daha çok olur. Fakat Doğal gaz kükürt içermediği için baca gazları suyun çığlenme noktasına kadar soğutulabilir. Bu sayede Doğal Gazın Alt Isıl Değeri yerine yaklaşık Üst Isıl Değerinden faydalanılabilir.

Kömür ve Fuel-oil'in alev radyasyonu; kısmi yanma neticesinde oluşan sarı ve kırmızı renkteki alevler nedeniyle, yüksektir. Doğal gazda partikül yoktur, Hidrojen mavi alevle yandığından alev radyasyonu çok azdır. Fakat Doğal gaz kükürt içermediği için direkt olarak ısıtma ortamında kullanılabilirdiğinden ısı transferi arttırılabilir.

Yanma verimi (Tablo 5.2'de) görüldüğü gibi katı

yakıtlarda % 60 - % 70 civarında sıvı ve gaz yakıtlarda % 80'den yüksektir.

Tam yanma için gerekli fazla hava miktarı doğal gazda % 5 - % 12 fuel-oil'de % 5 - % 20, kömürde ise kömürün cinsine göre % 15 - % 60 arasında değişir.

Mayıs 1990 tarihindeki yakıt fiyatlarıyla (Tablo 5.2), yakıtlar arasında yapılan karşılaştırmada görüldüğü gibi "1000 kcal" enerji elde edebilmek için 56 TL linyit kömürü, 72 TL doğal gaz, 75 TL kok kömürü, 84 TL Fuel-oil, 247 TL Elektrik yakmak gereklidir. Bu duruma göre ucuzluk sıralaması Kömür, Doğal gaz, Fuel-oil, Elektrik şeklindedir.

Fakat doğal gazın verimli yanması, otomatik kontrolunun kolay olması, yakmadan önce ön hazırlık gerektirmemesi, hava ve çevre kirliliği yapmaması gibi nedenlerden dolayı Doğal gaz boru hattının geçtiği yörelerde; tercih edilen yakıt "DOĞAL GAZ" olacaktır.

Doğal Gazın Türkiye'ye sağlayacağı düşünülen, istihdam, verimlilik, tasarruf ve gelişmenin sağlanabilmesi için bazı hususların gözönüne alınması gerekmektedir. Tüketici Doğal gazın tehlikesinin bilincinde olmalı ve üretimde kaliteye önem vermelidir. Bunun için gerekli olan armatör ve cihazların en iyisini kullanmaktan kaçınmamalıdır.

Gaz dağıtım şirketleride en iyi şekilde organizasyon yapmak ve tüketiciye yardımcı olmak zorundadır.

Doğal gazın alış fiyatı, getirdiği faydalar ve yatırım maliyetleri karşılaştırıldığında çıkan tablo kullanıcının lehinde olması gerekmektedir. Tüketici, ekonomik fiyat, istikrar, devamlılık ve uzun vadeli güvence bekler. Doğal gazın dağıtım projesi ve kullanıcıya verilmesi gereken teknik bilgilerin, tesisat ve cihaz standartlarının ve hukuki çerçevenin koordineli bir şekilde planlanıp yürütülmesi şarttır. Doğal gaz kullanmayı düşünen tüketicinin; tesisatını döşerken hangi standartlara uyacağını, ne tip malzeme kullanacağını, sistemi kime onaylatacağını bilmesi gerekir. Bu yüzden tüketiciye gerekli kolaylıklar gösterilmelidir.

Denetim mekanizmasına gereken önem verilmeli ve tüketiciler bilinçlendirilmelidir.

KAYNAKLAR

- * Kimya Mendisliği Odası Uluslararası Doğal Gaz Sempozyumu, 24-26 Ekim 1988.
- * M.M.O. Ağustos 1989 Doğal Gaz zel Sayılı Dergisi.
- * M.M.O. İstanbul Őubesi Semineri, 9-13 Ocak 1989.
- * İGDAŐ Genel Teknik Őartnamesi.
- * EGO Halk Eğitimi Seminer Notları.
- * Doğal Gaz Dergisi, Kasım 1989 sayısı.
- * Doğal Gaz Dergisi, Haziran 1990 sayısı.
- * Doğal Gaz Dergisi, Nisan 1990 sayısı.
- * Doğal Gaz Dergisi, Kasım 1988 sayısı.
- * Doğal Gaz Dergisi, Ağustos 1989 sayısı.
- * M.M.O. Eskişehir Őubesi Semineri, 24-26 Kasım 1988.
- * Satman A., Doğal Gaz Mendisliği, 1986.
- * Demirdöküm Doğal Gaz Mamlleri BroŐürü.
- * M.M.O. Gaz Tesisat Proje Hazırlama Teknik Esasları, 1990.
- * Botaş Doğal Gaz Sempozyumu 6-9 Haziran 1988.
- * M.M.O. Mendis ve Makina Dergisi, Mayıs 1990 sayısı.
- * Kimya Mendisleri Odası Doğal Gaz Semineri.
- * TS 7363.