

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

128761

DOĞAL GAZ ŞEBEKESİNİN İNCELENMESİ VE TAŞ  
FIRINLARIN REHABİLİTASYONU

Makine Müh. Yunus KESGİN

F.B.E Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Isı Proses Programında  
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

~~YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ~~  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Tez Danışmanı

: Prof.Dr.İsmail TEKE

Doç.Dr. E. Akayıldız

İSTANBUL, 2002

Doç. Dr. U. KESGİN

Yunus

# İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	iv
KISALTMA LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	viii
ÖNSÖZ.....	ix
ÖZET.....	x
ABSTRACT .....	xi
1 GİRİŞ .....	1
2 DOĞAL GAZ.....	2
2.1 Doğal Gazın Oluşumu ve Bulunuşu .....	2
2.2 Dünyada Doğal Gaz .....	3
2.3 Türkiye'de Doğal Gaz .....	7
2.3.1 Doğal Gazın Enerji Tüketimindeki Yeri .....	10
2.3.2 Sektörel Bazda Doğal Gaz Kullanımı .....	11
2.3.3 Mevcut Doğal Gaz Sistemi ve Planlanan Yatırımlar .....	13
2.3.3.1 Doğudan Gelen Boru Hattı.....	15
2.3.3.2 Ege Hattı.....	15
2.3.3.3 Karadeniz (Blue Stream) Hattı .....	15
2.3.3.4 Ege II. LNG Terminali .....	15
2.3.3.5 Güney Hattı .....	16
2.3.3.6 Yer altı Depolama Sistemi .....	16
3 DOĞAL GAZ NAKİL HATLARI .....	17
3.1 Genel .....	17
3.2 Rusya-Türkiye Doğal Gaz Nakil Hattı.....	17
3.2.1 Hat Vanaları.....	17
3.2.2 Doğal Gaz Ölçüm ve Basınç Düşürme İstasyonları .....	18
3.2.2.1 Ana Ölçüm İstasyonu .....	18
3.2.2.2 Ölçüm ve Basınç Düşürme İstasyonları (RMS) .....	19
3.3 Batı İstanbul (Esenyurt) Ölçüm ve Basınç Düşürme İstasyonu .....	21
3.4 İstanbul da Doğal Gaz ve Regülasyon Sistemi.....	21
3.4.1 Doğal Gaz Çelik Hat Nakil Sistemi .....	22
3.4.2 Ani Kapamalı (Actuator) Vanalar.....	24
3.4.3 Doğal Gaz Regülasyon Sistemi .....	25
3.4.2.1 Regülatör İstasyonu Çalışma Prensipleri .....	26

4	ŞEHİR İÇİ DOĞAL GAZ DAĞITIM HATLARI .....	31
4.1	Genel .....	31
4.2	Dağıtım Hattı Basıncı.....	31
4.2.1	Orta Basınç Şebekenin (Dağıtım Hattı) Avantajları .....	31
4.3	Orta Basınç Sınıfındaki Doğal Gazın Taşınması.....	32
4.3.1	Polietilen Tekniğinin Özel Vasıfları .....	32
4.3.2	Polietilen-Polietilen Bağlantılar.....	33
4.3.3	Metal-Polietilen Bağlantılar .....	34
4.3.4	Koruma.....	35
4.3.5	Kontrol ve Testler .....	36
4.3.5.1	Mekanik Direnç Testi.....	36
4.3.5.2	Sızdırmazlık Testi.....	36
4.4	Servis Hattı.....	36
4.5	Servis Kutusu.....	36
4.6	Servis Regülatörü.....	38
5	TAŞ FIRINLARIN DOĞAL GAZA DÖNÜŞÜMLERİ .....	41
5.1	Genel .....	41
5.2	Kazan Daireleri ile Taş Fırınlarda Doğal Gazın Dönüşümünün Karşılaştırılması	41
5.2.1	Dönüşüm Öncesi Etüd .....	42
5.3	Isı Üreten Merkezi Tesisler .....	42
5.4	Kalorifer Kazanlarında Gaz Hattı Montajı.....	43
5.4.1	Boru, Fittings ve Armatürler .....	43
5.4.2	Tesisat Yapımı.....	43
5.4.2.1	Basınç Kaybı Hesabı.....	44
5.4.2.2	Boru Sürtünme Kaybı ( $P_R$ ).....	45
5.4.2.3	Özel Direnç Kaybı ( $P_Z$ ) .....	46
5.4.2.4	Yükseklik Farkından Doğan Basınç Kaybı (DPH).....	46
5.4.2.5	21 mbar Kullanım Basıncında Sürtünme Kaybı ve Gaz Akış Hızı .....	47
5.4.2.6	300 mbar Kullanım Basıncı Sistemler .....	51
5.4.2.7	Ölü Hacim Hesabı.....	52
5.4.2.8	Sayaç Hacimleri.....	52
5.4.2.9	Cihaz Mahallinin Havalandırılması .....	53
5.4.2.9.1	Tabii Havalandırma .....	54
5.4.2.9.2	Cebri Havalandırma .....	55
5.4.2.10	Yakıt Miktarı .....	56
5.4.2.11	Boru Destekleri.....	56
5.4.2.12	Sayaç, Filtre ve Regülatör Montajı .....	56
5.5	Doğal Gaz Kullanan Mevcut Taş Fırınlarda Yapısal Durumu.....	59
5.5.1	Taş Fırınlarda Duvar Yapısı.....	59
5.5.2	Ocak (Cehennemlik) Bölümü.....	59
5.5.3	Baca ve Duman Kanalı.....	60
5.5.4	Bacalar ve Hesap Yöntemi .....	62
5.5.4.1	Bacaların Boyutlandırılması.....	64
5.5.4.2	Hesaplar için Ana Değerler .....	65
5.5.4.2.1	Hesaplamalar .....	66
5.5.4.2.2	Geçici Kesitin Hesaplanması.....	68
5.5.4.2.3	Bacadaki Ortalama Atık Gazın Hızı .....	69
5.5.4.2.4	Isı Geçiş Katsayısı ( $K_b$ ).....	69
5.5.4.2.5	Soğutma Katsayısı ( $K_s$ ).....	69

5.5.4.2.6	Atık Gazın Ortalama Sıcaklığı ( $T_m$ ).....	71
5.5.4.2.7	Atık Gazın Ortalama Yoğunluğu.....	71
5.5.4.2.8	Atık Gazın Ortalama Hızı .....	71
5.5.4.2.9	Atık Gaz Kanalı Statik Basıncı.....	71
5.5.4.2.10	Sürtünme Katsayısı .....	72
5.5.4.2.11	Atık Gaz Kanalı Direnç Hesabı ( $\Sigma\zeta$ ), Şekil Sürtünme Basıncı ( $P_{EV}$ ) .....	72
5.5.4.2.12	Bacaya Girişte Gerekli Atmosfer Altı Basıncı (Vakum) ( $P_{ZE}$ ) .....	73
5.5.4.2.13	Atık Gazın Statik Basıncı ( $P_H$ ) .....	73
5.5.4.2.14	Baca Direnç Hesabı ( $\Sigma\zeta$ ), Sürtünme Basıncı ( $P_R$ ) .....	73
5.5.4.2.15	Bacaya Girişte Gerekli Atmosfer Altı Basıncının Kontrolü .....	74
5.5.4.3	Baca Gazı Emisyon Değerleri .....	74
5.6	Brülör Seçimi.....	75
5.6.1	Brülör Gaz Kontrol Hattı Ekipmanları.....	75
5.7	Yakıcı Cihazlara Ait Elektrik Tesisatı ve Topraklaması.....	80
5.7.1	Elektrik Tesisatı.....	80
5.7.2	Topraklama Tesisatı.....	81
6	TAŞ FIRINLARIN YENİDEN YAPILANDIRILMASI.....	87
6.1	Genel .....	84
6.2	Taş Fırınlarında Kullanılan Yakıtların Karşılaştırılması.....	84
6.3	Mevcut Taş Fırınlarında Yapılan İnceleme .....	85
6.3.1	Ekmeğin Özellikleri .....	86
6.3.1.1	Ekmeğin Dış Yüzeyinde Olması Gereken Özellikler .....	86
6.3.1.2	Ekmeğin İç Yüzeyinde Olması Gereken Özellikler .....	86
6.3.1.3	Ekmeğin Kimyasal Özellikleri .....	86
6.3.1.4	Ekmeğin Mikrobiyolojik Özellikleri.....	87
6.3.1.5	Hamuru Mayalandırmada Sıcaklık ve Nemin Önemi.....	87
6.3.1.6	Ekmeğin Pişirilmesi için Gereken Enerji Miktarı .....	88
6.3.2	İzolasyonsuz ve İzolasyonlu Bir Taş Fırında Isı Kaybı Hesabı .....	89
6.3.3	Duman Kanalının İyileştirilmesi.....	91
6.4	Enerji Ekonomisi Yönünden İncelenmesi.....	91
6.4.1	Amortisman Süresi.....	95
6.5	İşletme Şartlarının İyileştirilmesi .....	96
7	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	98
	KAYNAKLAR.....	101
	ÖZGEÇMİŞ.....	102

## SİMGE LİSTESİ

$A_{\text{Kolektör}}$	Kollektör alanı ..... (m <sup>2</sup> )
$P_L$	Dış hava basıncı..... (N/m <sup>2</sup> )
$P_{L0}$	Deniz seviyesindeki dış hava basıncı..... (N/m <sup>2</sup> )
$g$	Yerçekimi ivmesi.....(m/s <sup>2</sup> )
$R_L$	Havanın gaz sabiti..... (J/kgK)
$T_L$	Dış hava sıcaklığı.....(K)
$Z$	Jeodezik yükseklik .....(m)
$\rho_L$	Dış hava yoğunluğu ..... (kg/m <sup>3</sup> )
$R_G$	Atık gaz sabiti..... (J/kgK)
$C_p$	Atık gaz özgül ısısı..... (J/kgK)
$S_E$	Akış emniyet sayısı ..... 1,5(boyutsuz)
$P_W$	Isı kaynağı için gerekli akma basıncı..... (N/m <sup>2</sup> )
$m$	Atık gaz miktarı ..... (kg/s)
$\sigma(\text{CO}_2)$	Karbondioksitin hacımsal miktarı..... (%)
$Q_N$	Kazan kapasitesi ..... (kW)
$\eta_w$	Kazan verimi ..... (%)
$A'$	Geçici kesit alanı..... (m <sup>2</sup> )
$D_h$	Geçici çap .....(m)
$w$	Bacadaki ortalama atık gaz hızı..... (m/s)
$\rho$	Yoğunluk ..... (kg/m <sup>3</sup> )
$K_s$	Soğuma katsayısı .....(boyutsuz)
$U$	Bacanın çevresi.....(m)
$H_L$	Baca uzunluğu .....(m)
$K_b$	Bacalarda ısı geçiş katsayısı ..... (W/m <sup>2</sup> K)
$T_m$	Atık gazın ortalama sıcaklığı.....(K)
$T_e$	Baca girişindeki atık gaz sıcaklığı.....(K)
$T_w$	Kazan çıkışındaki atık gaz sıcaklığı.....(K)
$\rho_m$	Atık gazın ortalama yoğunluğu ..... (kg/m <sup>3</sup> )
$w_m$	Atık gazın ortalama hızı ..... (m/s)
$H$	Duman kanalı yükselmesi .....(m)
$P_{Hv}$	Atık gaz kanalı statik basıncı.....(Pa)
$\Psi$	Bacalarda sürtünme katsayısı .....(boyutsuz)
$L_v$	Açındırılmış duman kanalı uzunluğu.....(m)
$\zeta$	Direnç katsayısı .....(boyutsuz)
$P_{EV}$	Şekil sürtünme basıncı ..... (N/m <sup>2</sup> )
$P_{Rv}$	Direnç basıncı .....(Pa)
$P_{FV}$	Üfleme basıncı.....(Pa)
$P_{ZE}$	Vakum basıncı .....(Pa)
$P_L$	Yanma için gerekli hava basıncı.....(Pa)
$H_B$	Etkin baca yüksekliği .....(m)
$P_H$	Atık gaz statik basıncı.....(Pa)
$P_R$	Sürtünme basıncı .....(Pa)
$P_T$	Toplam basınç kaybı .....(mbar)
$P_{R/L}$	Bir metre borudaki sürtünme kaybı .....(mbar/m)
$L$	Boru uzunluğu .....(m)
$P_Z$	Özel direnç kaybı.....(mbar)
$\Delta P_H$	Yükseklik farkı basıncı .....(mbar)
$V$	Gaz hızı ..... (m/s)
$\xi$	Fitting kayıp katsayısı .....(boyutsuz)

$\Delta H$	Yükseklik farkı .....	(m)
$\Delta P_R$	Toplam basınç kaybı farkı.....	(mbar)
$P_1$	Giriş mutlak basınç .....	(bar)
$P_2$	Çıkış mutlak basıncı.....	(bar)
$Q$	Debi.....	( $m^3/h$ )
$D$	Boru anma çapı.....	(mm)
$V_0$	Ölü hacim .....	( $m^3$ )
$S$	Sayaç hacmi.....	( $dm^3$ )
$A_a$	Alt havalandırma kesit alanı.....	( $cm^2$ )
$\Sigma Q_{br}$	Toplam brülör anma ısı gücü.....	(kW)
$A_{\bar{u}}$	Üst havalandırma kesit alanı .....	( $cm^2$ )
$Q_h$	Hava debisi .....	( $m^3/h$ )
$f$	Katsayı.....	(boyutsuz)
$Q_c$	Cihaz kapasitesi .....	(kw)
$H_u$	Yakıtın alt ısıl değeri.....	( $kcal/m^3$ )
$\eta$	Verim .....	(%)
$P$	Güç.....	(W)
$U$	Gerilim .....	(Volt)
$I$	Akım.....	(A)
$\cos\phi$	Güç faktörü.....	(boyutsuz)
$Q_{topl\bar{a}m}$	Toplam ısı kaybı .....	( $kcal/h$ )
$Q_{izo-topl\bar{a}m}$	İzolasyonlu toplam ısı kaybı.....	( $kcal/h$ )
$K_{topl\bar{a}m}$	Toplam ısı iletim katsayısı .....	( $W/m^2K$ )
$K_{izo-topl\bar{a}m}$	İzolasyonlu toplam ısı iletim katsayısı.....	( $W/m^2K$ )
$Q_{net}$	Net ısı kaybı miktarı.....	( $kcal/h$ )
$\alpha_{iç-yüzey}$	İç yüzey ısı transfer katsayısı .....	( $W/m^3K$ )
$\alpha_{dış-yüzey}$	Dış yüzey ısı transfer katsayısı .....	( $W/m^3K$ )
$\lambda_{dolgu tuğla}$	Dolgu tuğla ısı iletim katsayısı .....	( $W/mK$ )
$L_{k\bar{a}l\bar{ı}n\bar{l}ı\bar{k}}$	Duvar kalınlığı.....	(m)
$L_{izolasyon}$	İzolasyon kalınlığı.....	(m)
$\lambda_{izolasyon}$	İzolasyon malzemesi ısı iletim katsayısı .....	( $W/mK$ )
$T_{ortam}$	Ortam sıcaklığı .....	( $^{\circ}C$ )
$T_{fırın}$	Fırın sıcaklığı.....	( $^{\circ}C$ )
$T_{iç-yüzey}$	Duvar iç yüzey sıcaklığı.....	( $^{\circ}C$ )
$T_{dış-yüzey}$	Duvar dış-yüzey sıcaklığı.....	( $^{\circ}C$ )
$T_{izo-iç-yüz}$	İzolasyonlu duvar iç yüzey sıcaklığı.....	( $^{\circ}C$ )
$T_{izo-dış-yüz}$	İzolasyonlu duvar dış yüzey sıcaklığı .....	( $^{\circ}C$ )
$T_{izo-tuğ-yüz}$	İzolasyonlu tuğla yüzey sıcaklığı.....	( $^{\circ}C$ )
$TPT$	Toplam parasal tasarruf.....	(TL)
$H$	Toplam çalışma süresi.....	(yıl)
$F$	Yakıt fiyatı.....	(TL/ $m^3$ )
$K_y$	Karlılık yüzdesi.....	(%)
$n$	Çalışma yılı(ömrü).....	(yıl)

## KISALTMA LİSTESİ

TS	Türk standartları
TSE	Türk standartları enstitüsü
DIN	Alman ulusal standartları
EN	Avrupa normları
İBŞB	İstanbul Büyük Şehir Belediyesi
PE	Polietilen boru
SCID	Müşteri regülatör istasyonu
RMG	Regülatör tipi
SCADA	System of Controlling and Data Acquisition
İGDAŞ	İstanbul Gaz Dağıtım Anonim Şirketi
BOTAŞ	Boru Hatları Taşımacılık Anonim Şirketi
RMS	Reducing and Metering Station
ANSI	American National Standards Institute
LNG	Liquid Natural Gas
T.P.A.O	Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı



## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	Tipik bir doğal gaz rezervuarı .....	2
Şekil 2.2	Dünya fosil yakıt rezervleri .....	6
Şekil 2.3	Bölgesel olarak dünya doğal gaz rezerv ve tüketim değerleri.....	7
Şekil 2.4	Türkiye'nin mevcut ve planlanan doğal gaz nakil hatları.....	9
Şekil 2.5	Türkiye'de doğal gaz kullanımının sektörlerine göre dağılımı .....	13
Şekil 3.1	Ölçüm ve basınç düşürme istasyonu şeması .....	20
Şekil 3.2	İstanbul şehrinde yıllara göre yapılan doğal gaz nakil çelik boru hatları (20barg).....	22
Şekil 3.3	İstanbul şehri ana çelik hat haritası (basınç:20barg).....	25
Şekil 3.4	İki değişik tipte kartuj filtre.....	27
Şekil 3.5	Francel marka doğal gaz regülatör istasyonu .....	27
Şekil 3.6	Pilot tahrikli regülatör ve yardımcı elemanları.....	28
Şekil 3.7	Çıkış basıncı düşmesi halindeki çalışma.....	29
Şekil 3.8	Çıkış basıncı artması halindeki çalışma .....	30
Şekil 4.1	İstanbul da yapılan polietilen dağıtım hatları(4barg).....	33
Şekil 4.2	Bir bölge regülatörüne bağlı polietilen dağıtım hattı dal şebekesi (4barg).....	35
Şekil 4.3	Değişik tip servis kutuları .....	37
Şekil 4.4	Servis regülatörü iç mekanizmasının şematik resmi.....	38
Şekil 4.5	Kaynaktan eve doğal gazın ulaşım serüveninin şematik gösterimi .....	39
Şekil 4.6	İstanbul ili doğal gaz yoğunluk haritası .....	40
Şekil 5.1	Merkezi sistem tesisat şeması.....	45
Şekil 5.2	Bina dışındaki sayaçlar için muhafaza .....	58
Şekil 5.3	Rotary sayaç bağlantısı .....	58
Şekil 5.4	Ateş tuğlası ve duvar yapılırken tuğlalarının dizilişi .....	59
Şekil 5.5	Temsili bir taş fırının cehennemlik bölümü .....	60
Şekil 5.6	Kemer baca.....	60
Şekil 5.7	Dikdörtgen baca.....	60
Şekil 5.8	Kemer baca detayı .....	61
Şekil 5.9	Cehennemlik ve ısı transfer borularının dizilişleri .....	62
Şekil 5.10	İki kazanın ortak bir bacaya bağlanması.....	64
Şekil 5.11	Kazan kapasitesi ile ısı kaynağı için gerekli akma basıncı grafiği .....	68
Şekil 5.12	Atık gaz miktarının kazan kapasitesi ile ilgili bağıntı grafiği .....	69
Şekil 5.13	Geçici kesitin bulunması .....	70
Şekil 5.14	İzolasyonsuz bacalar için ısı geçiş katsayısının tespit grafiği .....	70
Şekil 5.15	İzolasyonlu bacalarda ısı geçiş katsayılarının tespit grafiği.....	71
Şekil 5.16	Atık gaz kanalı yataydaki yer değişimin yüksekliği .....	71
Şekil 5.17	Çapa göre sürtünme sayısının değişimi .....	72
Şekil 5.18	Gaz brülörü.....	76
Şekil 5.19	Fanlı brülör gaz kontrol hattı ekipmanları.....	78
Şekil 5.20	Atmosferik brülör gaz kontrol hattı ekipmanları.....	79
Şekil 5.21	Linye hattı şeması .....	83
Şekil 6.1	Taş fırının ısı kaybeden yüzeyleri.....	89
Şekil 6.2	İzolasyonsuz ve izolasyonlu duvar yüzeyleri.....	90
Şekil 6.3	Önerilen yeni duman kanalı .....	92
Şekil 6.4	Duvar kalınlığı 60 cm için izolasyon kalınlıklarına göre ısı kayıpları.....	93
Şekil 6.5	Duvar kalınlığı 40 cm için izolasyon kalınlıklarına göre ısı kayıpları.....	94
Şekil 6.6	Duvar kalınlığı 60 cm olan taş fırın için ilk yatırımdaki izolasyon maliyeti .....	94
Şekil 6.7	Duvar kalınlığı 40 cm olan taş fırın için ilk yatırımdaki izolasyon maliyeti .....	95



## ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 Dünyada doğal gaz rezervleri 1.1.1993-1.1.1994.....	4
Çizelge 2.2 1.1.1990/1991 Rakamları ile en büyük rezerve sahip 15 ülke .....	5
Çizelge 2.3 Dünya doğal gazını üreten en büyük 15 ülke karşılaştırması.....	5
Çizelge 2.4 Dünya fosil yakıt durumu.....	6
Çizelge 2.5 Botaş'ın doğal gaz alım anlaşmaları.....	10
Çizelge 2.6 Doğal gaz tüketiminin, birincil enerji tüketimi içindeki payı (%).....	11
Çizelge 2.7 2020 yılına kadar sektörel olarak doğal gaz talebi (milyon m <sup>3</sup> ).....	14
Çizelge 4.1 Dağıtım hatlarındaki basınç aralıkları.....	31
Çizelge 5.1 Boru hatlarında çap ve basınca göre bağlantılar.....	44
Çizelge 5.2 DIN 1786'ya göre bakır boru için debi ve çapa bağlı akış hızı(v) ve sürtünme kaybı (R).....	47
Çizelge 5.3 Doğal gaz debisi, hızı ve boru çaplarına göre çelik borulardaki sürtünme kaybı.....	48
Çizelge 5.4 Boru ekleme parçalarına ait basınç kayıpları .....	50
Çizelge 5.5 Özel(yerel) basınç kayıpları Z (mbar).....	51
Çizelge 5.6 TS 6047'ye uygun olarak imal edilen doğal gaz borularının iç çapları .....	52
Çizelge 5.7 Körüklü Sayaçlar .....	53
Çizelge 5.8 Boru kelepçeleri mesafesi .....	57
Çizelge 5.9 Yüksekliğe karşılık pratik hava basınç değerleri.....	66
Çizelge 5.10 TS 4040 ve TS 4041'e uygun kazanlar için esas değerler.....	67
Çizelge 5.11 Yağ yakıt ve gaz brülörlerinde $\sigma(\text{CO}_2)$ 'in tayini için $f_{x1}$ , $f_{x2}$ , $f_{x3}$ değerleri .....	68
Çizelge 5.12 Baca sisteminde kullanılan elemanların direnç katsayıları.....	73
Çizelge 5.13 Baca gazı emisyon değerleri .....	74
Çizelge 5.14 Akım kapasitesine göre iletken kesitleri.....	82
Çizelge 6.1 Yakıtların verdikleri enerji ile maliyetlerinin karşılaştırılması .....	84
Çizelge 6.2 Ekmeğin kimyasal özellikleri .....	87
Çizelge 6.3 Ekmeğin mikrobiyolojik özellikleri.....	87
Çizelge 6.4 Taş fırının yüzey alanları.....	90
Çizelge 6.5 Taş fırın yüzeylerinden kaybedilen ısı kayıpları .....	91

## ÖNSÖZ

Doğal gazın Ülkemizde yaygınlaşmasıyla birlikte hemen hemen her sektörde kullanımı artmıştır. Doğal gazın temiz, ucuz, kullanımı kolay, depolama gerektirmeyen bir yakıt oluşuyla kullanıcısının yüzünü güldürmüştür. Ülkemizde kullanıma başlandığı yıllarda teşvik amacıyla ucuz satılan doğalgaz rahat sarfedilmiş, fakat ekonomik krizler, dövizin artmasıyla pahalılaştıran doğal gazın, daha tasarruflu ve verimli kullanıma gereğini ortaya çıkarmıştır.

Doğal gazın yaygın olarak kullanılmaya başlandığı geleneksel taş fırınlarında teknik bir takım problemler dolayısıyla 2000 yılında doğal gaz kullanımı yasaklanmıştır. Yeniden teknik anlamda istenen ideal şartların sağlanmasına yönelik böyle bir çalışmaya çok değerli hocam Sn.Prof.Dr. İsmail Teke Bey ile karar verdik. Bu çalışmadaki sonuçların, gaz dağıtım şirketlerinin önünü açacağına ümit ediyorum. Böylelikle ithal bir enerji kaynağı olan doğal gazın verimli, güvenli ve daha ekonomik kullanımı sağlanmış olacaktır.

Bu uzun çalışma boyunca yardım ve desteklerini benden esirgemeyen değerli hocam Sn.Prof.Dr.İsmail Teke Bey'e , İGDAŞ'ta görev yapmakta olup bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen Makine Yüksek Mühendisi Sn.Serkan Keleşer'e ve özellikle sabır ve desteklerinden dolayı eşim ve çocuklarıma teşekkür ederim.



## ÖZET

Doğal gazın dünyadaki enerji kullanımındaki payı giderek artmaktadır. Çevreci, ucuz, taşınmasının kolaylığı ve ekonomik olması avantajlarıdır. Ülkemizin bulunduğu coğrafyadaki komşu ülkelerimizin doğal gaz zengini olması kullanımımızı hızlandırmış ve 1980 li yıllarda ülkemiz doğal gaz ithal edilmeye başlanmıştır.

Bu çalışmamızda doğal gazın kaynaktan müşteriye kadar geçen serüveni hakkında bilgiler verilmektedir. Doğal gazın üstünlüklerinden bahsedilmektedir.

Doğal gaz temiz ve verimli yakılabilirlik açısından üstün niteliklere haiz bir yakıttır. Ancak bu niteliklerden maksimum ölçüde faydalanabilmek, en son teknoloji ile donatılmış kazan / fırın ve brülör sistemlerinin kullanım gereksinimi ile birlikte hassas bir yanma ayarı ve doğru hava / yakıt oranlarının sağlanmasına bağlıdır.

Doğal gaz ülkemizde; tüm dünyayı sarsan ve süratle köklü çözümlere ulaştıran petrol krizi ve çevre kirliliğinin yapamadığını yapmış, yanma-yakma-ısıtma sistem ve tekniklerine ilişkin önceki yapıyı toptan bir kabuk değişimine itmiştir. Bu değişimle birlikte eski sistem gaz kullanan taş fırınlarda da gazın daha verimli ve emniyetli bir şekilde kullanarak üretim yapmak gereği ortaya çıkmıştır. Bu çalışma da;

- 1-)Taş fırınlarda hali hazırda, doğal gaz kullanımındaki mevcut durum ve bunun yapısal değişikliklerle iyileştirilmesi,
- 2-)Kazan daireleri ile taş fırınların doğal gaza dönüşümünün karşılaştırılması,
- 3-) Taş fırınların doğal gaza dönüşümü ile yapılacak yakıt tasarrufu,
- 4-)Uygulanacak izolasyonla, yapılacak enerji tasarrufu ve optimum çözüm bulunarak bunun geri dönüş zamanının tespiti,
- 5-)İşletme şartlarının iyileştirilmesi,
- 6-)Taş fırında kullanılacak baca ve duman kanalı tasarımının yapılması,
- 7-) Kullanılacak brülör seçimi,
- 8-)Emniyet açısından yapılması gereken otomasyonun tespiti incelenmiştir.

Sonuç olarak, doğal gaz kullanan ve kullanacak olan taş fırınların yanma verimini iyileştirerek; ekonomik tasarruf sağlamak, çevreyi kirleten maddelerin sınır değerler altında tutmak, sistemin güven içerisinde çalıştırılmasını sağlamak, sistemde olabilecek sorunun kaynağını tespit etmek gibi temel faydalar elde etmek mümkün olacaktır.

**Anahtar kelimeler:** Doğal gaz, regülatör, boru hattı, iç tesisat, taş fırın, bacalar, duman kanalları, enerji tasarrufu

## ABSTRACT

The share of usage of natural gas is getting rising in the world. Its advantages are; being environmental, to be cheap; easily transportable and economical usage.

Since the neighbour countries which are in our country's geography have got natural gas richness, they increase our usage of natural gas and by 1980's our country has started to import natural gas.

In this study; the information is given about the adventures of natural gas's passing from the source of the customer, and also the advantages of the natural gas is discussed.

Natural gas is superior characteristic for its pure and efficient burning. However for the purpose of maximum usage of its attributes, it is necessary to use the oven and the burner system which are equipped by the latest technology within sensitive of boiler, burning adjustment and supplying the right air/fuel proportion.

In our country natural gas to the contrary to petroleum crises which shocked all round the world and which forced the people to take immediately rooted solution and environmental pollution has made to change the previous structure regarding burning, lighting – heating systems and techniques to totally new shell. As a consequence for this change, the necessity of producing safely and efficiently in the stone ovens appear, which are using old system gas.

In this study it is examined

1. The improvement of the available condition of natural gas and the structural improvement
2. The agreement on the transformation of boiler circle department to natural gas
3. The energy saving by using natural gas in the stone ovens
4. The establishment of the return period by applying isolation, energy saving and maximum solution
5. The improvements of the administration conditions
6. The design of chimney and smoke canal used in the stone oven
7. The selection of the burner which is going to be used
8. The establishing of automation which is necessary for safety,

As a consequence it is possible to gain basic advantages by establishing the main sources available in the system by providing making running the system in safety, keeping the materials which are causing the environmental pollution at limit values, providing economic savings.

**Keywords:** Natural gas, regulator, pipeline, domestic installation, stone ovens, chimneys , smoke canals, energy saving

## 1. GİRİŞ

Doğal gaz Türkiye için, henüz 15 yıllık, bir olay olmakla beraber, ülkemizin coğrafi ve jeopolitik konumu itibariyle, doğal gaz ve doğal gaz taşımacılığı büyük öneme sahiptir. Türkiye'nin bir çok ülke ile doğal gaz alım anlaşması bulunmaktadır. Yapılan bu anlaşmalar ile ülkemizde daha ucuz ve temiz olan doğal gazın tüm yurttaki tüketiciye ulaşması mümkün olacaktır. Aynı zamanda Türkiye coğrafi konumu nedeniyle, doğusundaki zengin petrol ve doğal gaz kaynaklarının Avrupa'ya ulaşmasında büyük bir rol oynayacak adeta bir enerji koridoru haline gelecektir.

Ülkemizde yaygınlaşacak olan doğal gaz, konutlarda , elektrik üretiminde, gübre sanayiinde ve diğer sanayi kuruluşlarında ve büyük ticari amaçlı mekanlarda kullanılacaktır. Doğal gazın ısıtmada, soğutmada ve üretimde kullanımlarında esas olan verimli ve yerinde kullanımı büyük önem arz edecektir.

Doğal gaz temiz ve verimli yakılabilirlik açısından üstün niteliklere haiz bir yakıttır. Ancak bu niteliklerden maksimum ölçüde faydalanabilmek, en son teknoloji ile donatılmış kazan / fırın ve brülör sistemlerinin kullanım gereksinimi ile birlikte hassas bir yanma ayarı ve doğru hava / yakıt oranlarının sağlanmasına bağlıdır.

Doğal gaz ülkemizde; tüm dünyayı sarsan ve süratle köklü çözümlere ulaştıran petrol krizi ve çevre kirliliğinin yapamadığını yapmış, yanma-yakma-ısıtma sistem ve tekniklerine ilişkin önceki yapıyı toptan bir kabuk değişimine itmiştir. Bu değişimle birlikte eski sistem gaz kullanan taş fırınlarda da gazın daha verimli ve emniyetli bir şekilde kullanarak üretim yapabilmeleri gereği ortaya çıkmıştır. Bu çalışma da, bu noktadan hareketle doğal gaz kullanımı durdurulan taş fırınlarda daha güvenli ve ekonomik olarak nasıl gaz kullanabilir konusu irdelenecektir.

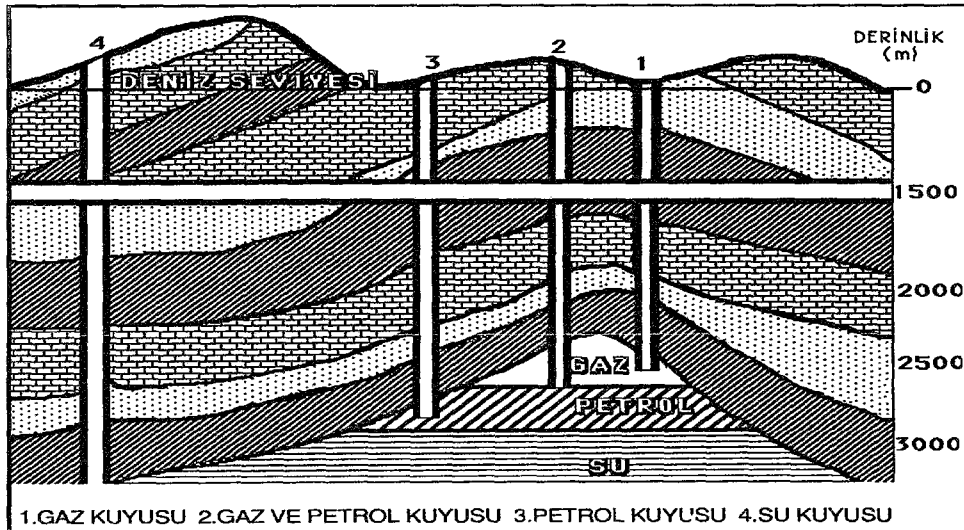
## 2. DOĞAL GAZ

### 2.1 Doğal gazın oluşumu ve bulunuşu

Milyonlarca yıl önce denizlerde yaşayan mikroskobik canlılar, ölererek okyanusların altında kıta kenarlarında birikmiş ve zamanla diğer mikroorganizmalar, bitkiler ve taşlarla karışarak yeni bir oluşum meydana getirmişlerdir. Doğal gazın oluşumu bu şekilde başlamaktadır. Oluşan doğal gaz bulunduğu yerdeki boşluklardan yukarı doğru yükselmekte, bu yükselme, geçirgen olmayan tabakaya ulaşıncaya kadar devam etmektedir. Geçirgen olmayan tabakalar arasında sıkışmış olan doğal gaz bekleyişini teknik olarak kullanımı başlayana kadar sürdürmektedir. (Cussak, 1967)

Doğal gaz, petrolden hafif olduğu için, petrolün üzerindeki katmanda bulunan boşlukları doldurur. Alt tarafta petrol ve en altta da tuzlu su bulunur. (Şekil 2.1) Doğal gaz, petrolün üzerindeki katmanlarda bulunabileceği gibi, petrolün sürüklenmesi sonucu yalnız olarak da bulunabilir.

Doğal gaz insanlar tarafından yüzyıllardır bilinmektedir. Günümüzden 5000 yıl kadar önce ateşe tapan insanların (Mecusilerin) tapındıkları sönmeyen alev, yeraltında bulduğu fay ve boşluklardan sızan doğal gazın alevinden başka bir şey değildir. Ayrıca doğal gazın, günümüzden 3000 yıl kadar önce, Çin'de bambu boruları ile taşınarak tuz üretiminde kullanıldığı bilinmektedir. (BOTAŞ, 1996)



Şekil 2.1 Tipik bir doğalgaz rezervuarı

Doğal gazın modern üretim ve tüketim tekniklerine ilk olarak ABD’de rastlanmaktadır. Yeryüzüne yakın kaynaklardan elde edilen doğal gaz, borularla tüketim yerlerine taşınarak şehir aydınlatmasında kullanılmıştır. İnsanlar tarafından yüzlerce yıldır bilinen doğal gazın yaygın olarak kullanımı ise 1973 petrol kriziyle birlikte başlamıştır.

## 2.2 Dünya’da doğal gaz

Başlangıçta daha çok yerel olarak kullanılan bu yakıt, özellikle 1970’li yıllardan sonra petrol fiyatlarındaki aşırı artış ile enerji sektöründeki yerini genişletmiştir. Uluslararası kullanımı sürekli artış göstermiş ve üretici ve tüketici konumunda birçok ülkelerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu değişim doğal gazın toplam enerji üretimindeki payını artırmıştır. Günümüzde dünyanın çeşitli bölgelerinde birçok doğal gaz üreticisi ülke bulunmaktadır bugün, Batı Avrupa’nın kullandığı doğal gazın %70’i Avrupa’da üretilmektedir. Geri kalan miktarın %90’ını dağılan SSCB ülkeleri, %10’unu ise Cezayir karşılamaktadır.

Doğal gazın tüketim alanlarının genişlemesine paralel olarak, yeni doğal gaz kaynağı arayışları hızlanmış, üretim teknikleri geliştirilmiş ve kayıplar azaltılmıştır. Bu nedenle bilinen doğal gaz rezervinde sürekli bir artış gözlenmektedir. Örneğin 1991 yılı başı itibariyle bilinen dünya doğal gaz rezervi 130 trilyon m<sup>3</sup> olup, bu rezerv 18 yıl önce bilinen rezervin iki katından fazladır. (Homer, 1993) Çizelge 2.1’de 1 Ocak tarihleri baz alınarak 1993 ve 1994 yıllarına ait ispatlanmış doğal gaz rezervleri görülmektedir. Çizelgeden de görüleceği üzere 1994 yılı rezervleri 148 trilyon m<sup>3</sup>e ulaşmıştır.

Dünya doğal gaz rezervlerine sahip 85 ülkeden en büyük rezervlerine sahip olan 15 ülke 1990-91 rakamları ile Çizelge 2.2’de verilmektedir. Ayrıca, dünya doğal gazının büyük kısmını üreten 15 ülke karşılaştırmalı olarak Çizelge 2.3’de verilmektedir. Dünya doğal gazının %34’ünü üreten BDT ve %24’ünü üreten ABD ilk iki sırayı almaktadırlar. Ancak çizelgelerde verilen değerlerin brüt üretimler olduğuna dikkat edilmelidir. Çünkü toplamda, üretilen gazın %9’u kuyulara geri enjekte edilmekte, %4’ü havaya tahliye edilmekte ve %5’i de üretim prosesleri sırasında tüketilmektedir. Dolayısıyla toplam üretimin ancak %82’si satışa hazır halde bulunmaktadır.

1997 yılı kesinleşmiş rakamları ile, İtalya’nın doğal gaz dağıtıcı devlet kuruluşu Snam’ın istatistiki verilerine göre, dünya doğal gaz rezervleri 150,4 trilyon m<sup>3</sup> olup, yıllık dünya

genelinde doğal gaz tüketimi ise 2,3 trilyon m<sup>3</sup>'e ulaşmıştır. Dünya doğal gaz rezerv ve tüketim değerleri Şekil 2.2'de bölgesel olarak gösterilmektedir.

Çizelge 2.1 Dünya doğal gaz rezervleri 1.1.1993-1.1.1994 (milyar m<sup>3</sup>)

	1993	1994			
<b>KUZEY AMERİKA</b>	<b>2672</b>	<b>2640</b>	Mozambik	65	45
A.B.D.	4673	4675	Namibya	147	147
<b>LATİN AMERİKA</b>	<b>7550</b>	<b>7565</b>	Nijerya	3400	3451
Arjantin	540	522	Ruanda	57	57
Bolivya	120	118	Senegal	0	6
Brezilya	133	137	Somali	6	6
Şili	111	109	G. Afrika	54	27
Kolombiya	288	283	Sudan	86	86
Ekvator	109	108	Tanzanya	118	118
Meksika	1983	1973	Tunus	92	91
Peru	326	325	Zaire	1	1
Trinidad-Tobago	247	240	<b>ORTADOĞU</b>	<b>44744</b>	<b>45102</b>
Venezuela	3693	3750	Abudabi	5335	5324
<b>BATI AVRUPA</b>	<b>6279</b>	<b>6272</b>	Bahreyn	167	159
Avusturya	20	21	Dubai	124	121
Danimarka	214	215	İran	20700	21000
Fransa	32	30	Irak	3100	3100
Doğu Almanya	15	14	İsrail	1	1
Batı Almanya	183	184	Ürdün	28	28
Yunanistan	9	9	Kuveyt	1485	1498
İrlanda	34	31	Umman	7079	7070
İtalya	375	360	Ras-Al-Khaimah	31	31
Hollanda	1930	1875	S. Arabistan	5185	5134
Norveç	2756	2805	Sarca	305	303
İspanya	19	18	Suriye	200	227
İngiltere	610	630	Türkiye	25	25
Yugoslavya	82	80	Yemen	429	481
<b>DOĞU AVRUPA</b>	<b>56938</b>	<b>58208</b>	<b>ASYA/</b>		
Arnavutluk	2	2	<b>OKYANUSYA</b>		<b>12802</b>
	<b>13787</b>				
Bulgaristan	7	7	Afganistan	100	100
Çek.Cum.-Slovakya	13	11	Avusturalya	2350	2986
Eski Sovyetler Bir.	56200	57500	Bangladeş	714	708
Macaristan	92	88	Bruney	400	400
Polonya	158	155	Çin	1680	2000
Romanya	466	445	Hindistan	735	718
<b>AFRİKA</b>	<b>9771</b>	<b>9974</b>	Erdonezya	2872	2662
Cezayir	3650	3700	Japonya	31	30
Angola	51	48	Malezya	1926	2148
Kamerun	110	110	Burma	278	278
Kongo	77	77	Yeni Zelanda	137	132
Mısır	436	595	Pakistan	671	651
Ekvator Ginesi	37	37	Papu Yeni Gine	436	548
Etiyopya	25	25	Filipinler	62	71
Gabon	16	14	Tayvan	68	68
Gana	24	24	Tayland	231	181
Fildişi Sahilleri	15	15	Vietnam	106	106



Libya	1299	1289	<b>TOPLAM/DÜNYA145429/148223</b>
Madagaskar	2	2	
Fas	3	3	

Çizelge 2.2 1.1.1990 / 1991 Rakamları ile en büyük rezerve sahip 15 ülke

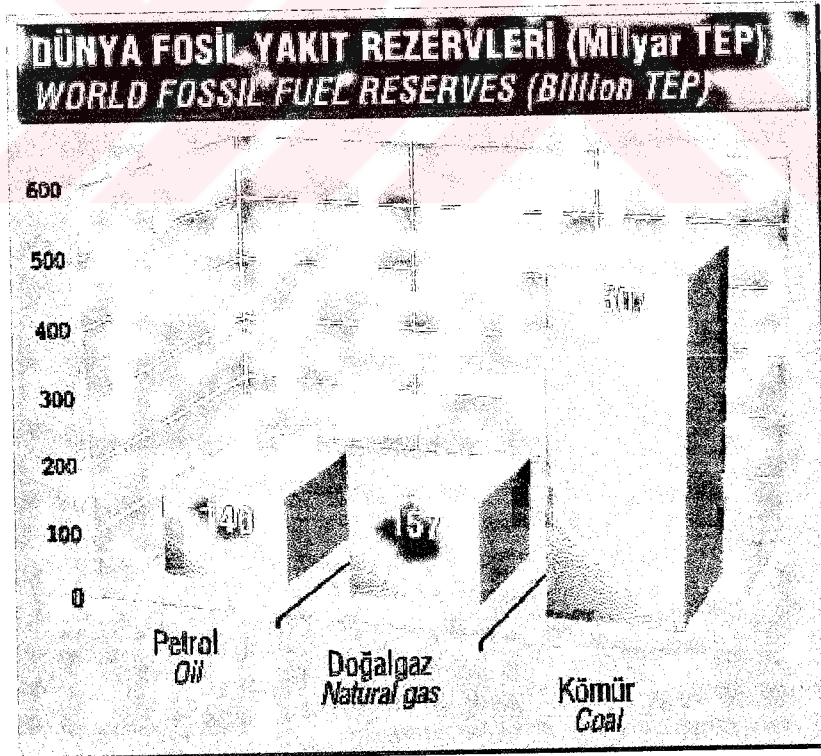
Ülke	Bulunan Gaz 1990	Rezervi( $10^{12}$ Ton) 1991	Dünya % 1990
Eski Sovyetler Bir.	52,0	53,0	40%
İran	17,0	17,0	13%
Abu Dabi	5,2	5,2	4%
S. Arabistan	5,2	5,2	4%
ABD	4,7	4,8	4%
Katar	4,6	4,6	3%
Venezualla	3,0	3,4	3%
Algeria	3,2	3,3	3%
Irak	3,1	3,1	2%
Nijerya	2,8	2,8	2%
Kanada	2,7	2,8	2%
Endonezya	2,6	2,6	2%
Norveç	2,3	2,3	2%
Avusturalya	2,1	2,1	2%
Meksika	2,1	2,0	2%
70 Diğer	17,6	17,6	13%
<b>Toplam Dünya</b>	<b>130,2</b>	<b>131,8</b>	<b>100%</b>

Çizelge 2.3 Dünya doğal gazını üreten en büyük 15 ülke karşılaştırması

Ülke	Toplam Gaz 1990	Rezervi( $10^9 m^3$ ) 1991	Dünya % 1991
Eski Sovyetler Bir.	825	844	37%
ABD	595	604	24%
Kanada	137	137	5%
Algeria	120	127	5%
İngiltere	72	72	3%
Endonezya	56	59	2%
UK	52	58	2%
S.Arabistan	47	49	2%
İran	43	46	2%
Venezuela	38	41	2%
Meksika	37	38	2%
Norveç	39	37	1%
Romanya	32	29	1%
Nijerya	25	28	1%
Arjantin	24	23	1%
55 Diğer	324	322	13%
<b>Toplam Dünya</b>	<b>2,466</b>	<b>2,514</b>	<b>100%</b>

Çizelge 2.4 Dünya fosil yakıt durumu

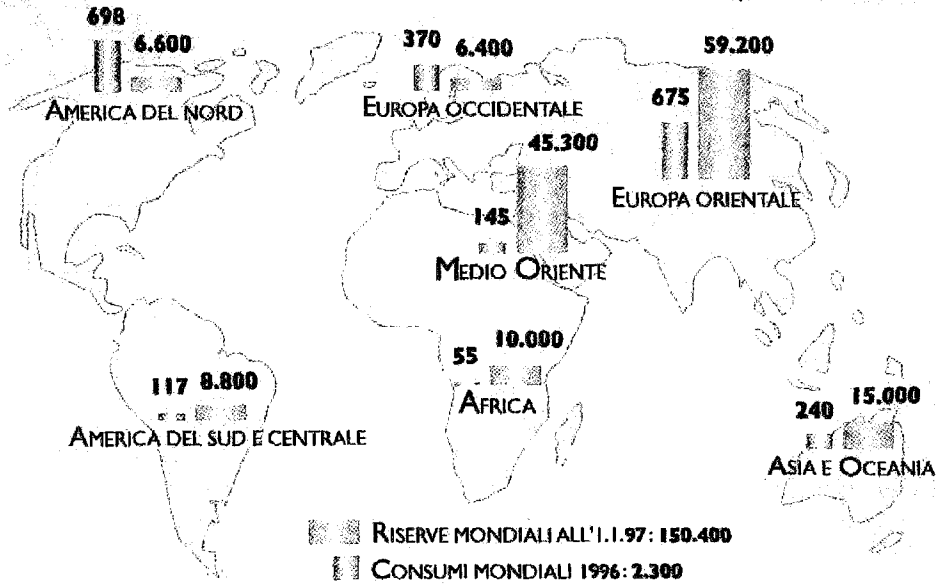
	PETROL / OIL	KÖMÜR / COAL	DOĞALGAZ / NATURAL GAS
Toplam dünya fosil yakıt rezervleri <i>World's total fossil fuel reserves</i>	136.2 milyar ton <i>136.2 billions tons</i>	1 trilyon ton <i>1.000 billion tons</i>	142 trilyon m <sup>3</sup> <i>142.000 billion m</i>
Rezervlerin kullanılabilme süreleri <i>Utility periods of reserves</i>	43.1 yıl <i>43.1 years</i>	236 yıl <i>236 years</i>	80 yıl <i>80 years</i>
Dünya fosil yakıt üretimi <i>World's fossil fuel production</i>	3.2 milyar ton <i>3.2 billion tons</i>	4.4 milyar ton <i>4.4 billion tons</i>	1.89 milyar TEP <i>1.89 billion TEP</i>
Dünya fosil yakıt tüketimi <i>World's fossil consumption</i>	4 milyar ton <i>4 billion tons</i>	2.141 milyar TEP <i>2.141 billion TEP</i>	1.8 milyar TEP <i>1.8 billion TEP</i>



Şekil 2.2 Dünya fosil yakıt rezervleri

## RISERVE E CONSUMI DI GAS NATURALE - 1996

(MILIARDI DI METRI CUBI)



Şekil 2.3 Bölgesel olarak dünya doğal gaz rezerv ve tüketim değerleri

### 2.3 Türkiye'de Doğal Gaz

Yurdumuzda ilk defa 1970 yılında Kumrular bölgesinde varlığı tespit edilen doğal gaz, 1976 yılında Pınarhisar Çimento Fabrikası'nda kullanılmaya başlanmıştır. 1975 yılında Çamurlu sahasında bulunan doğal gaz 1982 yılında Mardin Çimento Fabrikası'na verilmiş, ancak her iki kaynaktaki rezerv ve üretim miktarı düşük olduğu için yaygınlaştırılamamıştır.

18 Eylül 1984 tarihinde SSCB ve TÜRKİYE hükümetleri arasında doğal gaz alımına ilişkin bir anlaşma imzalanmıştır. Bu anlaşmaya göre, BOTAŞ ile eski SSCB'nin gaz ticareti konusunda yetkili kuruluşu SOYUZGAZEXPORT söz konusu anlaşmaya uygun olarak, doğal gaz sevkiyatının ayrıntılı şartlarını ve fiyatını tespit ederek, bir ticari anlaşma yapmakla görevlendirilmiştir. Bu tarihten itibaren BOTAŞ tarafından çalışmalara başlanmış ve 1985 yılında yaptırılan Türkiye Doğal Gaz Kullanım Etüdü ile doğal gaz tüketim potansiyeli ve güzergahı belirlenmiştir. Bu etüdde, Kuzeybatı Anadolu'nun enerji tüketim potansiyel açısından elverişli bir bölge olduğu görülmüş ve eski SSCB'den gelecek hattın Bulgaristan sınırından Türkiye'ye girerek Hamitabat, Ambarlı, İstanbul, İzmit, Bursa, Eskişehir

güzergahını takip ederek hava kirliliğinin ciddi boyutlarda oluşu Ankara'ya ulaşmasına karar verilmiştir.

14 Şubat 1986 tarihinde Ankara'da BOTAŞ ile SOYUZGAZEXPORT arasında 25 yıl süreli doğal gaz alım satım anlaşması imzalanmıştır. Bu anlaşmaya göre; 1987 yılından itibaren tedricen artan miktarlarda gaz alımı başlayacak, 1993'te maksimum miktar olan 5-6 milyar m<sup>3</sup>/yıla ulaşacaktır. Ayrıca doğal gaz için ödenen bedelin %70'i de Türk ihraç malları alımında kullanılacaktır. BOTAŞ'ın imzalamış olduğu doğal gaz anlaşmaları Çizelge 2.6 görülmektedir.

Doğal gaz iletim hattı, Bulgaristan sınırında, Malkoçlar mevkiinden yurdumuza girmektedir. Hamitabat üzerinden Ambarlı'ya kadar 225,4 km. 36"lık borularla gelmekte ve burada 2 paralel 30" ve 53 km'lik hatlarla geçerek, Pendik'te tekrar karaya çıkmaktadır. Buradan 36 km 36"lık bir hat Demirciler'e uzanmakta, Demirciler'den 17,8 km 24"lik branşmanla Pazarcık'a ve daha sonra da 12"lik ve 1,2 km'lik bir hat ile İGSAŞ'a uzanmaktadır. İkinci bir kol ise, Demirciler'den 24" ve 7,3 km'lik bir hatla Muallim mevkiine gelmektedir. Burada 2 paralel 24" ve 6 km uzunluğundaki hatlarla İzmit Körfez geçişi yapılmaktadır. Hersek-Yumurtatepe bağlantısı 24" ve 48,5 km, Yumurtatepe-Gemlik hattı ise 24" ve 10,2 km'dir. Yumurtatepe-Bursa-Bozüyük-Eskişehir üzerinden Ankara'ya uzanan hat ise 24" ve 370,4 km uzunluğundadır. Hattın toplam uzunluğu 842 km'dir. Şekil 2.3'de mevcut ve planlanan doğal gaz hat şeması gösterilmektedir.

75. bar basınca göre dizayn edilen boru hattında, 31 adet hat vanası, 9 adet pig istasyonu, Kırklareli'nde 1 adet kompresör istasyonu ve müşterilere uygun basınçta gaz verebilmek için ölçüm ve basınç düşürme istasyonları mevcuttur. Ana kontrol merkezi Ankara-Yapracık'tadır

26 Ekim 1986 tarihinde inşasına başlanan hat, 23 Haziran 1987 tarihinde ilk durağı olan Hamitabat'a ulaşmıştır. Bu tarihten itibaren yerli doğal gazın yanı sıra, ithal doğal gaz da Hamitabat'taki Trakya Kombine Çevrim Santralinde elektrik enerjisi üretiminde kullanılmaya başlanmıştır. Hat, Ağustos 1988'de Ankara'ya ulaşmıştır. Doğal gaz, Temmuz 88'de İGSAŞ'ta, Ağustos 88'de Ambarlı Santrali'nde, Ekim 88'de Ankara'da konut ve ticari sektörde kullanılmaya başlanmıştır. Sınai sektörde ise, doğal gaz kullanımı Ağustos 89'da başlamış olup, ana hat güzergahında bulunan çeşitli sınai kuruluşlarca değişik amaçlarla kullanılmaktadır.



Şekil 2.4 Türkiye'nin mevcut ve planlanan doğal gaz nakil hatları.

Çizelge 2.5 Botaş'ın doğalgaz alım anlaşmaları

## BOTAŞ'IN DOĞALGAZ ALIM ANLAŞMALARI (milyar m<sup>3</sup>) NATURAL GAS PURCHASING AGREEMENTS (billion m<sup>3</sup>)

Mevcut anlaşmalar Current Agreements	Miktar (Plato) milyar m <sup>3</sup> /yıl Quantity Billion m <sup>3</sup> /year	İmza tarihi Date Signed	Süre (Yıl) Term (Year)	Durumu Status
Rusya Federasyonu (Batı) <i>Russian Federation (West)</i>	6	Şubat 86 <i>February 86</i>	25	Devrede <i>Valid</i>
Rusya Federasyonu (Batı) <i>Russian Federation (West)</i>	8	Şubat 98 <i>February 98</i>	23	Devrede <i>Valid</i>
Rusya Federasyonu (Mavi Akım) <i>Russian Federation (Blue Current)</i>	16	Aralık 97 <i>December 97</i>	25	2001 <i>Valid</i>
Cezayir (LNG) <i>Algeria</i>	4	Nisan 88 <i>April 88</i>	20	Devrede <i>Valid</i>
Nijerya (LNG) <i>Nigeria</i>	1.2	Ekim 95 <i>October 95</i>	22	Devrede <i>Valid</i>
İran <i>Iran</i>	10	Ağustos 96 <i>August 96</i>	25	2001 <i>Valid</i>
Türkmenistan <i>Türkmenistan</i>	16	Mayıs 99 <i>May 99</i>	30	2002-2004 <i>Valid</i>
<b>Toplam Total</b>	<b>61.2</b>			

### 2.3.1 Doğal gazın enerji tüketimindeki yeri

Mevcut doğal gaz nakil hatlarından arz edilen doğal gaz miktarına, yıllar itibarıyla bir göz atıldığında, doğal gazın birincil enerji tüketimi içindeki payının gittikçe arttığı görülmektedir. 1985 yılında %0,2 olan pay, 1995 yılında %9,7'ye yükselmiştir. 1996 yılı doğal gaz tüketiminin, birincil enerji tüketimi içindeki payı %10,56 ve 1997'de de %14'tür.

Yıllar itibariyle doğal gaz tüketimi ve birincil enerji tüketimi içindeki yüzde payı Çizelge 2.7'de gösterilmektedir.

Çizelge 2.6 Doğal gaz tüketiminin, birincil enerji tüketimi içindeki payı(%)

Yıllar	Birincil Enerji Tüketimi (TPE)	Doğal Gazın Payı (%)
1980	31,913	-
1985	39,167	0,20
1990	53,334	5,80
1991	54,624	7,00
1992	57,022	7,40
1993	61,018	7,60
1995	64,170	9,70
1996	68,035	10,56
1997	71,057	14,00

Doğal gaz tüketimine yönelik talep miktarlarını karşılayabilecek arzın sağlanması halinde, birincil enerji tüketimi içindeki payının daha da artması beklenmektedir. (Yardım, 1998)

### 2.3.2 Sektörel bazda doğal gaz kullanımı

Doğal gaz, sektörel bazda ilk olarak enerji sektöründe kullanılmaya başlamıştır. Dünyada henüz sınırlı sayıda doğal gaz Kombine Çevrim Santrali bulunurken, Türkiye'de ilk defa Hamitabat ve daha sonra da Ambarlı'da bu santraller çok kısa sürede tesis edilerek sırasıyla 1986 ve 1988 yılından itibaren işletmeye açılmıştır.

Doğal gaz ısı-güç teknolojisindeki gelişmeler Türkiye'de de etkisini göstermiş ve bu teknik ile sanayici hem kendi elektrik enerjisini daha ucuza elde etmek ve elektrik kısıntıları nedeniyle de oluşabilecek üretim aksaklıkları ve sıkıntılarını giderebilmek hem de üretimleri için gerekli sıcak hava, buhar ve sıcak su ihtiyacını karşılamak için Otoprodüktör Statüsünde Kojenerasyon Santrali kurmaya başlamış olup, bu teknolojiyle doğal gazla elektrik üretimine

geçmede hızlı bir gelişim kaydedilmiş ve 1992 yılında ilk Otoprodüktör Santral devreye alınmıştır. 1987 yılında ithal edilen doğal gazın %100'ü (513 milyon m<sup>3</sup>) sadece elektrik sektöründe kullanılmış, daha sonraki yıllarda ithal edilen doğal gazın diğer sektörlerde de kullanılmaya başlanması elektrik sektörünün kullanım oranını düşürmesine rağmen, miktar olarak artışı engellenememiştir. 1990 yılında toplam doğal gaz tüketiminde %70'lik pay ile 2555 milyon m<sup>3</sup>'e, 1992'de %58'lik pay ile 2588 milyon m<sup>3</sup>'e, 1994 yılında %53'lik pay ile 2745 milyon m<sup>3</sup>'e, 1996 yılında %53'lük pay ile 4050 milyon m<sup>3</sup>'e, 1997 yılında %52'lik pay ile 4941 m<sup>3</sup>'e, 1998 yılında %54'lük pay ile 5349 milyon m<sup>3</sup>'e, 1999 yılında %64'lük pay ile 7743 milyon m<sup>3</sup>'e, 2000 yılında %66'lık pay ile 9733 milyon m<sup>3</sup>'e ve 2001 yılında da %68'lik pay ile 10994 milyon m<sup>3</sup>'e ulaşmıştır.

Gübre sektöründe 1988 yılında kullanıma geçilmiş ve toplam tüketimin içinde %3'lük pay ile 149 milyon m<sup>3</sup>'e ulaşılmıştır. 1990 yılında %15'lik pay ile 493 milyon m<sup>3</sup>'e, 1992 yılında %15'lik pay ile 641 milyon m<sup>3</sup>'e, 1994 yılında %12'lik pay ile 608 milyon m<sup>3</sup>'e, 1996 yılında %10'lik pay ile 802 milyon m<sup>3</sup>'e, 1997 yılında %8'lik pay ile 748 milyon m<sup>3</sup>'e, 1998 yılında %4.7'lik pay ile 472 milyon m<sup>3</sup>'e, 1999 yılında %1.2'lik pay ile 141 milyon m<sup>3</sup>'e, 2000 yılında %0,7'lik pay ile 113 milyon m<sup>3</sup>'e ve 2001 yılında da %0,7'lik pay ile 121 milyon m<sup>3</sup> düzeyinde olmuştur.

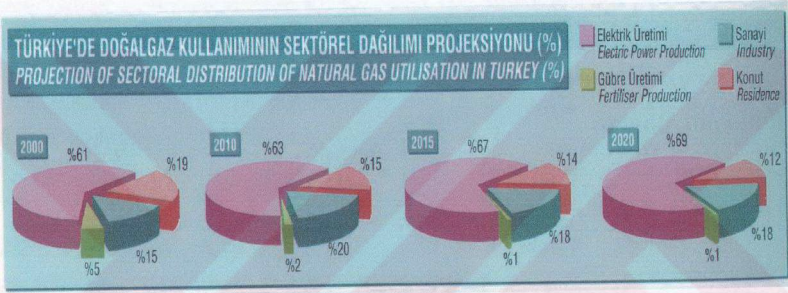
Sanayi sektöründe 1989 yılından itibaren doğal gaz kullanımına geçiş başlamış, 1990 yılında %7'lik pay ile 218 milyon m<sup>3</sup>'e, 1992 yılında %19'luk pay ile 843 milyon m<sup>3</sup>'e, 1994 yılında %23 pay ile 1191 milyon m<sup>3</sup>'e, 1996 yılında %18'lik pay ile 1364 milyon m<sup>3</sup>'e, 1997 yılında %19'luk pay ile 1784 milyon m<sup>3</sup>'e, 1998 yılında %18.9'luk pay ile 1877 milyon m<sup>3</sup>'e, 1999 yılında %15'lik pay ile 1801 milyon m<sup>3</sup>'e, 2000 yılında %10'luk pay ile 1484 milyon m<sup>3</sup>'e ve 2001 yılında da %9.8'lik pay ile 1571 milyon m<sup>3</sup> düzeyinde gerçekleşmiştir.

Konut sektöründe ise, ana iletim hattı üzerinde bulunan ve yatırım yapabilecek tüketim potansiyeline sahip ve hava kirliliğinin yoğun olduğu Ankara, İstanbul, Bursa, Eskişehir ve İzmit'te doğal gaz kullanımı sağlanmıştır. Konutlarda doğal gaz kullanımı 1990'da %1'lik pay ile 49 milyon m<sup>3</sup>'e, 1992 yılında %8'lik pay ile 372 milyon m<sup>3</sup>'e, 1994 yılında %12'lik pay ile 639 milyon m<sup>3</sup>'e, 1996 yılında %19'luk pay ile 1484 milyon m<sup>3</sup>'e, 1997 yılında %21'lik pay ile 2082 milyon m<sup>3</sup>'e, 1998 yılında %22.5'lik pay ile 2239 milyon m<sup>3</sup>'e, 1999 yılında %18.7'lik pay ile 2255 milyon m<sup>3</sup>'e, 2000 yılında %22.4'lük pay ile 3271 milyon m<sup>3</sup>'e ve 2001 yılında da %20.8'lik pay ile 3341 milyon m<sup>3</sup> düzeyinde gerçekleşmiştir.



TEAŞ'ın yapmış olduğu çalışmalara göre; elektrik santrallerinde doğal gaz kullanım oranı 2001'de %32, 2010 yılında %29 ve 2020 yılında %32 olacaktır. Bu rakamlar da, doğal gazın elektrik üretiminde önemli bir paya sahip olacağını göstermektedir.

BOTAŞ tarafından gerçekleştirilen talep tahmin çalışmalarına göre 2010 yılında toplam talep 53553 milyon m<sup>3</sup> olup, konut sektörü %15, sanayi sektörü %20, elektrik sektörü %63 ve gübre sektörünün ise %2'lik bir paya sahip olması beklenmektedir. 2020 yılına kadar sektörel olarak doğal gaz talebi Çizelge 2.8'te gösterilmekte, yüzde pay olarak dağılım ise Şekil 2.4'te verilmektedir. (Bulak, 1998)(İGDAŞ, 2000)



Şekil 2.5 Türkiye'de doğal gaz kullanımının sektörlere göre dağılımı

### 2.3.3 Mevcut doğal gaz sistemi ve planlanan yatırımlar

Hali hazırda yılda 10.5 milyar m<sup>3</sup>'lük kapasiteye ilave olarak, ileriki yıllarda gerek Rus gazı gerekse Cezayir'den gelen LNG miktarındaki artışların sistemde güvenli olarak taşınması ve tüketiciye düzenli gaz arzı yapılabilmesi amacıyla başta ilave loop'ların yapımı ve kompresör istasyonlarının da kurulması gündemdedir.

Doğal gaz kullanımında, arz güvenliği açısından tek bir kaynağa bağlı kalmama ve arz esnekliğini artırmak için kaynak çeşitlendirilmesi ve depolama imkanlarının oluşturulması büyük önem taşımaktadır. Ülkemizde de bu maksatla hem temel yük tesisi olarak çalıştırmak hem de ihtiyaç duyulduğunda pik düşürücü olarak devreye sokulmak üzere Marmara Ereğlisi'nde BOTAŞ tarafından bir LNG (sıvılaştırılmış doğal gaz) Terminali kurulmuştur. LNG olarak ithal edilen doğal gaz, bu terminalde gaz fazına dönüştürüldükten sonra 24" 23

km'lik boru hattıyla ana iletim hattına enjekte edilmektedir. Anma kapasitesi 4 milyar m<sup>3</sup> olan bu terminalin kapasitesini artırabilmek için modifikasyon yapılacak olup, ilk aşamada çıkış kapasitesinin 439 bin m<sup>3</sup>/h'ten 685 bin m<sup>3</sup>/h'e, pik kapasitesinin 685 bin m<sup>3</sup>/h'ten, 1.1milyon m<sup>3</sup>/h'e çıkarılması planlanmıştır. Bu durumda da 5,2 milyar m<sup>3</sup>'lük doğal gaz kapasitesine ulaşılabacaktır.

Çizelge 2.7 2020 yılına kadar sektörel olarak doğal gaz talebi (milyon m<sup>3</sup>)

Yıllar	Elektrik	Gübre	Konut	Sanayi	Toplam
1987	513	-	-	-	513
1988	1.017	149	0,05	-	1.166
1989	2.712	375	7	5	3.099
1990	2.555	493	49	218	3.315
1991	2.859	477	187	538	4.061
1992	2.588	641	369	846	4.444
1993	2.470	798	480	1.167	4.915
1994	2.745	608	639	1.191	5.183
1995	3.806	718	992	1.149	6.665
1996	4.050	802	1.485	1.364	7.701
1997	4.900	734	1.955	1.830	9.419
1998	6.960	851	2.783	2.758	13.352
1999	10.113	851	3.197	3.284	17.445
2000	12.152	851	3.679	4.108	20.790
2001	16.520	851	4.162	5.857	27.390
2002	18.520	1.652	4.443	7.156	31.771
2003	19.520	1.652	5.223	8.139	34.534
2004	22.520	2.565	5.744	8.567	39.396
2005	24.520	2.565	8.337	9.719	45.141
2006	24.520	2.565	8.533	9.880	45.498
2007	24.520	2.566	8,763	10.089	45.938
2008	26.520	2.566	8.923	10.683	48.692
2009	28.520	2.566	9.051	11.094	51.231
2010	30.520	2.566	9.167	11.300	53.553
2011	32.520	2.566	9.242	11.420	55.748
2012	34.520	2.566	9.326	11.541	57.953
2013	36.520	2.566	9.403	11.669	60.158
2014	38.520	2.566	9.488	11.804	62.378
2015	40.520	2.566	9.576	12.140	64.802
2016	42.520	2.566	9.646	12.544	67.276
2017	44.520	2.566	9.717	13.047	69.850
2018	47.520	2.566	9.796	13.682	73.564
2019	50.520	2.566	9.869	14.488	77.443
2020	52.520	2.566	9.925	14.989	80.000

### 2.3.3.1 Doğu'dan gelen boru hattı

Hattın toplam taşıma kapasitesi 18 milyar m<sup>3</sup> olarak planlanmaktadır. D.Beyazıt-Erzurum-Ankara istikametini takip edecek olan bu boru hattı yaklaşık 1000 km olarak tamamlanmış ve 2001 yılı sonu itibariyle gaz akışı sağlanmıştır.Yapılan kontrat gereğince alınacak doğal gaz miktarı 2000'de 3 milyar m<sup>3</sup>'le başlayıp 2001'de 5 milyar m<sup>3</sup>, 2003'te 10 milyar m<sup>3</sup>'e ulaşacak şekilde olmasına rağmen proje bir takım sebeplerden dolayı gecikmiş ve 2001 yılı sonunda ancak gaz akışı sağlanabilmiştir. Türkmenistan doğal gazının da planlanan bu hat üzerinden taşınması düşünülmektedir.

### 2.3.3.2 Ege hattı

2001 yılında bitirilmesi planlanan fakat bazı aksaklıklar yüzünden henüz yapımı devam eden bu hattın, ilk yılda 3061 milyon m<sup>3</sup>, 2015 yılında 5986 milyon m<sup>3</sup>'lük ihtiyaca cevap vermesi düşünülmektedir. Karacabey yakınındaki ana hattımızdan ayrılıp M.Kemal Paşa, Susurluk, Balıkesir, Akhisar, Turgutlu, Aliğa dolaylarından geçerek 350 km uzunluğundaki boru hattıyla İzmir'e ulaşılması planlanmaktadır.

### 2.3.3.3 Karadeniz (Blue Stream) hattı

Rusya Federasyonu'ndan yapımı bittikten sonra ilk yıl 500 milyon m<sup>3</sup>'le başlayacak 2007 yılında 16 milyar m<sup>3</sup>'e çıkacak doğal gazı, tüketim noktalarına taşıyabilmek için yapılması gereken Samsun'dan Çorum'a 48" 197 km, Çorum'dan Ankara ayırımına 40" 197 km'lik boru hattı montaj çalışmaları 2001yılı sonu itibariyle bitme aşamasına gelmiştir. Karadeniz geçişi ise halen yapım aşamasında sürdürülmektedir.

### 2.3.3.4 Ege II. LNG terminali

İzmir Aliğa'da kurulması planlanan ikinci terminalin yatırımına 1998 yılında başlanmış ve 2001 yılında devreye alınması planlanmıştır. Toplam gazlaştırma kapasitesi 6 milyar m<sup>3</sup>'tür. Muhtemel art kaynakları arasında Mısır ve Yemen bulunmaktadır. Bu bölgede Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nca yap-işlet kapsamında ihaleye çıkarılan, 1400 MW'lik kurulu güce sahip santral projesi bulunmaktadır.

### 2.3.3.5 Güney hattı

2003'de işletmeye alınması planlanan bu hattın, ilk yıl 1271 milyon m<sup>3</sup>, 2015 yılında 9177 milyon m<sup>3</sup>'lük talebe cevap vermesi beklenmektedir. Hattın Ankara-Kırıkkale-Mersin istikametini takip ederek İskenderun'a ulaşması planlanmaktadır. Hat uzunluğu yaklaşık 1080 km'dir.

### 2.3.3.6 Yer altı depolama sistemi

Doğalgaz teknik olarak, boru hatlarında ve LNG olarak yer üstünde depolanabildiği gibi, yer altında tükenmiş petrol veya gaz rezervuarlarında, tuz yataklarında, yer altında açılan boşluklarda ve terk edilmiş maden ocaklarında depolanabilmektedir.

Gaz kullanımının yaygınlaştırılmasına paralel olarak kışın artan gaz talebinin depolardan karşılanması amacıyla, bugüne dek gerekli çalışmalar yapılmamıştır. Mevsime bağlı, günlük ve saatlik çekiş dalgalanmalarını dengelemek için depolama tesislerinin, konut tüketimi açısından hayati önemi vardır. Marmara Ereğlisindeki sıvılaştırılmış doğalgaz (LNG) terminali dışında başka bir doğalgaz deposu da yoktur.

Arz-talep dengesinin kurulabilmesi için yer altı depolama imkanlarının sağlanması gereklidir. Boru hatları ile dağıtım şebekesinin ekonomikliğini artırabilmek, tüketimdeki mevsimlik ve günlük dalgalanmalarda sıkıntıyı önlemek, veya başka bir nedenle gaz iletiminin mümkün olmadığı durumlarda gaz iletimini sürekli kılabilmek için yer altı gaz depolarından istifade edilmelidir. Bu amaçla T.P.A.O'na ait K.Marmara Silivri'deki yaklaşık 2,5-3 milyar m<sup>3</sup> doğal gaz rezervine sahip rezervuarın, mevcut gaz tüketildikten sonra yeraltı depolama tesisi olarak kullanılması için mühendislik çalışmaları başlamıştır. Tesisteki mevcut 5 kuyudan doğal gazın boşaltılmasının 2-3 senede mümkün olacağı tahmin edilmektedir. Diğer yer altı depolama projesi; Tuzgözü Sultanhamı yöresinde yerin yaklaşık 700 metre altında bulunan tuz kütlelerini ergitilmesi ile elde edilecek boşluklara gazın enjekte edilmesidir. Bu proje Güney Hattı'nın inşasıyla, Konya ve Kayseri'nin gaza kavuşmasından sonra kuvvetle gündeme gelecektir.

### 3. DOĞAL GAZ NAKİL HATLARI

#### 3.1 Genel

Doğal gazın hangi aşamalardan geçtikten sonra, tüketiciye sunulur hale geldiğini incelemek maksadıyla genel bilgilendirmeye gidilmesi uygun görülmüştür.

#### 3.2 Rusya-Türkiye Doğal Gaz Nakil Hattı

Rusya-Türkiye Doğal Gaz Boru Hattı sistemi, Rusya'dan ithal edilen doğal gazı Bulgaristan-Türkiye sınırından Ankara'ya kadar taşıyacak ve bu taşıma sırasında çeşitli tüketicilere de doğal gaz verecek şekilde projelendirilmiş ve inşa edilmiş bir boru hattıdır.

Doğal gaz boru hattı ile yılda 14 milyar  $\text{Sm}^3$  doğal gaz nakli gerçekleşip, tüketici kullanımına sunulabilecektir. Boru hattının tasarım sıcaklığı  $50^{\circ}\text{C}$ 'dir. Boru hattının, pig istasyonları dışında da büyük bir kısmı toprak altındadır.

Boru hattı sistemi, ANSI B.31.8'e göre tasarlanmıştır. (BOTAŞ, 1988)

##### 3.2.1 Hat vanaları

Boru hattı boyunca 31 adet hat vanası bulunmaktadır. İki vana arasındaki uzunluk 20 ile 5 km arasında değişmektedir. Hat vanalarının 3 temel görevi vardır;

- a) Doğal gaz akışını durdurmak. Herhangi bir kaza veya hakim çalışmaları sırasında iki hat vanası arasındaki kısım boru hattının diğer kısımlarından ayrılır. Bu sayede, boru hattının diğer kısımlarındaki basınç seviyesi düşmez ve böylece arızalı kısmın altında ya da üstünde gaz akışını devam ettirmek mümkün olur.
- b) Hat vanaları ile izole edilen boru hattını kısmen veya tamamen boşaltmak ve boru hattının izoleli kısmını hava ile doldurmak
- c) İzole edilen kısmı gazla doldurmak ve boru hattının diğer kısımları ile basıncı eşitlemek.

Bir hat vanasının çeşitli kısımları vardır. Bunlar:

I) Ana vana; bu küresel vanadır, tam açılıp tam kapamayı sağlar. Bu vana hat üzerine kaynaklanmıştır.

II) By-pass vanası

III) Bu hattın vanadaki iki havalandırma borusu; bunlar ana boruya bağlıdır. Üst ve alt akış kolunun boşaltılmasında kullanılır.

Hat vanaları gaz/yağ ile hareket ettirilen bir mekanizmaya sahiptir ve bunlar, geçen boru çapında ve küresel vanalardır. Hat vanaları, kullanım basıncına göre 34 ve 20 bar'a set edilmiş olup basınç bu değerlerin altına düştüğünde otomatik olarak kapanmaktadır. Bu işlem, bütün hat vanalarında bulunan düşük basınç trip sinyali ile yapılmaktadır. Ayrıca tüm hat vanalarının elle yerinde veya Ankara'daki kontrol merkezinden kapatılması mümkündür.

### **3.2.2 Doğal gaz ölçüm ve basınç düşürme istasyonları**

Doğal gaz boru hattı boyunca, büyük tüketicilere gaz vermek için 10 adet ölçüm ve basınç düşürme istasyonu ve Rusya'dan ithal edilen doğal gazın miktar ve kalitesini ölçmek için 1 adet ana ölçüm istasyonu bulunmaktadır.

Bu istasyonlardan, Malkoçlar'da kurulu Ana ölçüm istasyonu; boru hattı üzerinde kurulmuştur. Diğer istasyonlar ise boru hattından branşmanlarla gaz almaktadır. Kurulu basınç düşürme ve ölçüm istasyonları; Hamitabat, Batı İstanbul (Esenyurt), Ambarlı, Doğu İstanbul (Dolayoba), İgsaş, Gemlik, Bursa, Bozüyük, Eskişehir, Ankara.

#### **3.2.2.1 Ana ölçüm istasyonu**

Türkiye-Bulgaristan sınırının Türk kesiminde kurulu olan ölçüm istasyonunun amacı 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 kalorifik değeri (yakma metoduyla) ölçülmektedir. İstasyonda sıvı toplayıcılar, filtreler, ölçüm ve kokulandırma ekipmanları bulunmaktadır.

Bulgaristan sınırından gelen gaz 36" çaplı boru vasıtasıyla toprak altından kondensat toplayıcıya ulaşır. Kondensat toplayıcının üst koluna bir gaz/yağ hareketlendirici iletim hattı giriş vanası konmuştur. Bu vana alçak ve yüksek basınçlarda kapama yapar. Kondensat toplama içindeki sıvıyı basınçla yakma çukuruna boşaltır. Kondensat toplayıcı da çok yüksek sıvı seviyesi, istasyonu devre dışına alır ve istasyonu ana boru hattından ayırır.

Sıvı genişlemesinden doğabilecek aşırı basınçta, sistemin zarar görmemesi için, 82 bar'a ayarlanmış tahliye vanası ile sistem korunur.

Gaz, kondensat toplayıcıda, istasyon giriş vanası yoluyla filtrelere geçer. Paralel olara çalışan 3 adet %50 kapasiteli siklon filtre bulunmaktadır. Filtrelerde tutulan sıvı, drenaj tankında depolanır, buradan da boşaltım tankerine pompalanır.

Filtrelerden geçen gaz ölçüm hatlarına girer. Burada 1'i yedek 4'ü çalışır durumda 5 adet paralel orifis metre bulunmaktadır. Gaz/yağ hareketlendirici vanalar, her bir orifis metre hattının aşağı akış hızına göre ölçüm hatlarını devreye alan ya da devre dışı bırakan ölçüm kontrol sistemi ile çalışmaktadır. Ölçüm hattı üzerindeki düşük akış anahtarı en düşük akış hızını gösterir. Operasyon sırasında düşük akış anahtarı vanayı kapatarak geri akışı önler. Ölçülen gaz, çıkış vanası yoluyla hatta akar, ana hatla akıştan önce gaz analiz edilir. Analiz cihazı olarak gaz kromatografi kullanılır. Hidrokarbon ( $C_1$ 'den  $C_g$ ),  $CO_2$ ,  $N_2$  ve ayrıca  $H_2S$  ve merkaptan analizörü bulunmaktadır.

Gaz kokulandırma ünitesinde, 10-ME-3 tetrahidrotiofen adlı kokulandırıcı katılmasıyla kokulandırılır. Pig fırlatıcı, ölçüm ve kokulandırma ünitelerinin alt akış kısmındadır.

Bu ana istasyon dışındaki diğer tüm ölçüm ve basıncı düşürme istasyonları birbirinin benzeridir.

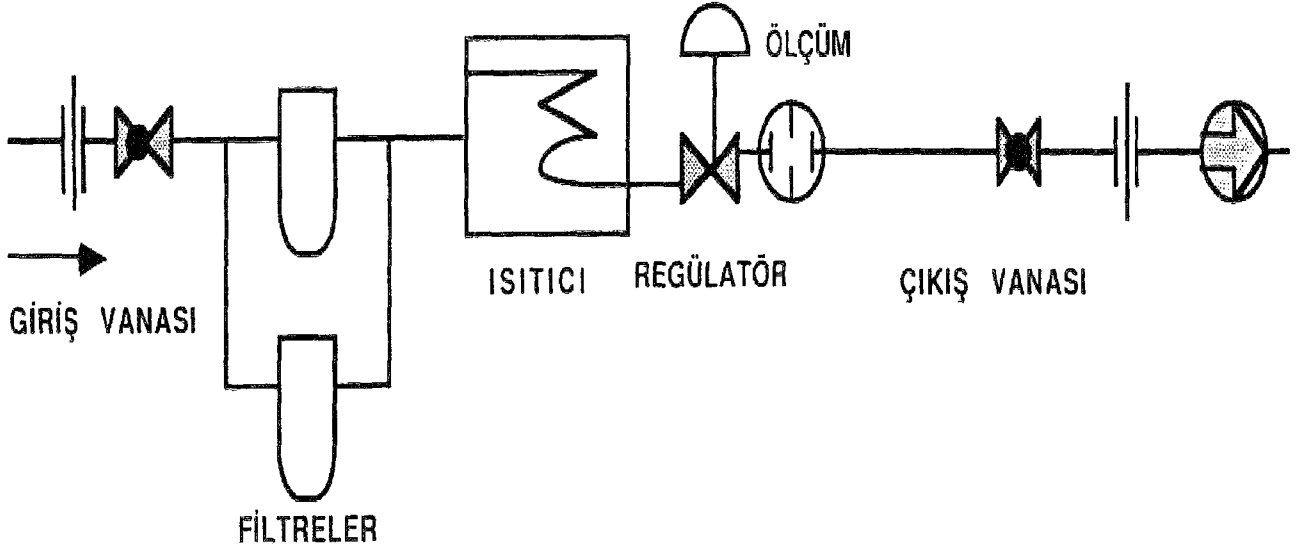
### 3.2.2.2 Ölçüm ve basınç düşürme istasyonları (RMS)

Bu istasyonların amacı , her bir büyük tüketiciye istedikleri basınçta doğal gaz vermek ve faturalamaya esas olan doğal gaz miktarını (enerji ve birim  $m^3$  olarak) ölçmektir. Her bir istasyonda filtreler, ısıtıcılar, basınç düşürücüler ve ölçüm cihazları bulunmaktadır. (Şekil 3.1)

Bu istasyonda, biri yedek, biri çalışır şekilde en az iki basınç düşürme hattı mevcuttur.

Kontrol vanalarının alt akış kısmındaki basınç sabit tutulur ve akış değişir. Basınç kontrol vanalarının alt akış kısmı, kontrol vanalarının yanlış fonksiyonlarından kaynaklanacak aşırı basınçtan şu şekilde korunur:

a) Yüksek basınç alarmıyla kontrol odasına bir alarm yollanır,



Şekil 3.1 Ölçüm ve basınç düşürme istasyonu şeması

- b) Pilot kumandalı basınç güvenlik vanaları açılır ve
- c) Tahliye vanasının (relief) ayarlanan basınç değerinin üzerindeki bir basınca set edilen istasyonu devre dışı bırakacak, yüksek basınç tertibatı ile sistem korunur.

Basınç düşürme bölümünün alt akış kısmında gazın, yoğunluk, net ısıl değer ve kompozisyonu gibi özellikleri analiz edilir. Gazın yoğunluğu ve ısıl değeri akış bilgisayarına veri olarak gider.

Gaz, basınç düşürme ünitesinden sonra gaz ölçüm ünitesine girer. Ölçüm ünitesi bir ya da daha fazla ölçüm ünitesine sahiptir.

Ölçüm hattının alt akış kısmına yerleştirilen gaz/yağ kumandalı vana, ölçülen gazın akış hızına göre ölçüm hatlarını devreye alan ya da devre dışı bırakan ölçüm kontrol sistemi ile çalışmaktadır. Ölçüm hattı üzerindeki düşük akış anahtarı en düşük akış hızını gösterir. Aktivasyon sırasında, düşük akış anahtarı vanayı kapatarak geri akışı önler. Ölçüm hattında bulunan elemanlar şunlardır:

- a) Bir orifis
- b) Akış kaydedici



- c) Basınç kaydedici
- d) Sıcaklık kaydedici

Ölçülen gaz, istasyon çıkış vanası yoluyla kullanıcıya verilir.

### **3.3 Batı İstanbul (Esenyurt) ölçüm ve basınç düşürme istasyonu**

Basınç düşürme ve ölçüm istasyonları ile ilgili temel bir kısım teknik bilgiler verilmekle beraber, şu an için İstanbul iki noktada BOTAS' dan gazı teslim almaktadır. Bu noktalardan İstanbulun batı yakasındaki doğal gazı, istenen spesifikasyonlarda temin eden ve şehir şebekesine veren Esenyurt ölçüm ve basınç düşürme istasyonu (RMS), ikinci nokta ise İstanbul'un anadolu yakasında doğalgazı teslim aldığımız Pendik-Dolayoba ölçüm ve basınç düşürme istasyonudur.

Basınç düşürme ve ölçüm istasyonları Proses Bölgesi, Kontrol Sistemi ve Yardımcı Üniteler olmak üzere üç bölümden ibarettir. Proses Bölgesi, gazın girişinden akışına kadar gaz üzerinde yapılan işlemleri kapsar, bunlar sırasıyla şöyledir:

- 1) İstasyon giriş vanası
- 2) Filtre ünitesi (Siklon ve kartuj tipi)
- 3) Isıtıcı ünitesi
- 4) Basınç düşürme ünitesi
- 5) Ölçüm ünitesi
- 6) İstasyon çıkış vanası

### **3.4 İstanbul da doğal gaz dağıtım ve regülasyon sistemi**

İstanbul'un doğal gaz şehir şebekesi çelik nakil hatları batı ve doğu olmak üzere doğal gazı Esenyurt RMS istasyonundan ve Pendik-Dolayoba istasyonundan almakta ve şehir ana iletim hatları buralardan itibaren başlamaktadır.

BOTAS'ın basınç düşürme ve ölçüm istasyonlarına ek olarak, İGDAŞ (İstanbul gaz dağıtım A.Ş ) da projesi ve yatırımı kendisine ait olmak üzere, BOTAS'la koordinasyon içinde, 2001 yıl sonu rakamlarına göre Esenyurt ve Pendik'te ikişer adet basınç düşürme ve ölçüm istasyonu kurarak şehir doğal gaz talebini karşılayacak arz imkanlarını oluşturmuştur.

İGDAŞ'ın doğal gaz dağıtım ve regülasyon sistemi iki ana başlık altında incelenecektir.

### 3.4.1 Doğal gaz çelik hat nakil sistemi

İGDAŞ, İstanbul şehir şebekesi doğal gaz nakil hatları, toplam 700 km uzunluktadır(2001 yılı sonu itibariyle). Esenyurt'tan başlayarak en uç noktada bölge regülatör istasyonlarına kadar, doğal gaz, bu çelik hatlarla iletilmektedir. 2001 yılı sonu itibariyle toplam çelik doğal gaz iletim hattı dökümü şöyledir: 30" (47,63 km), 28" (16,78 km), 24" (104,65 km), 20" (96,98 km), 16" (15,95 km), 12" (85,57 km), 8" (97,51 km), 6" (156,17 km) ve 4" (54,43 km). Şekil 3.2 de İstanbul da yapılan çelik hat yatırımlarının metrajlarını görmektedir.



Şekil .3.2 İstanbul şehrinde yıllara göre yapılan doğal gaz nakil çelik boru hatları (20 barg)

Doğal gaz nakil hattı boyunca gömülü tip, uygun çapta redüksiyonlu vanalar ve vana odaları mevcuttur. Bu vanaların amacı, ilave bransmanlar, acil müdahaleler ve planlı çalışmalar için

çelik hat üzerinde yapılacak çalışmalara imkan sağlamaktır. Ayrıca hattın ilk devreye alınması sırasında hat üzerindeki vanaların zarar görmeyeceği ve sistemin sıhhatli olarak devreye alınabilmesi amacıyla gömülü vanalar ve vana odaları ana nakil hattı boyunca yerleştirilmektedir. Doğalgaz nakil hatları üzerinde manuel açma kapamalı ve uzaktan kumandalı basınç tahrikli Actuatörlü vanalar olmak üzere iki tip vanalar bulunmaktadır. Uzaktan kumandalı vanalar SCADA sistemi ile bağlantılı şebekenin güvenliği açısından önemli bir fonksiyon icra etmektedir. Şekil 3.3 de İstanbul şehri coğrafik haritası üzerinde 20 barg lik ana çelik hat şebekesinin haritası görülmektedir.

Vana odalarının konumunun tespitinde demografik faktörlerin yanı sıra, hattın güzergahı ve müdahale edilebilirlik kolaylığı da göz önünde bulundurulmaktadır. Son yıllarda ise vanaların gömülü vana odalarında dizaynı şekli yerine tamamen toprağa gömülü redüktörlü vanalar şebeke üzerinde kullanılmaya başlanmıştır. 2001 yılı sonu itibarıyla İstanbul çelik ana dağıtım hatları üzerinde toplam 331 adet gömülü vana odası bulunmaktadır.

Gömülü vanalarda asfalt ya da zemin seviyesindeki kapak kaldırılarak, yüzeyden sadece o hattı devreden çıkarabilmek mümkündür. Bu tip küresel redüksiyonlu vanalarla sadece hat üzerinde açma ve kapama işlemleri yapılabilmektedir.

Vana odaları ise hat çapına ve malzemesine uygun olarak monte edilen küresel vana, vana öncesine, sonrasına ya da hem öncesinde hem sonrasında bulunan hat çapına uygun güvenlik maksadıyla tahliye (blowdown) vanalarını içermektedir.

Tahliye vanaları 20" ve üzeri çaplar için 6", 16" için 4" ve 12" ve altındaki çaplar için 2" çapında küresel vanalardır. Tahliye vanaları, acil durumda iki vana odası arasında kalan hattı, flair (baca) borularını kurarak boşaltmakta ve gazsız hattın devreye alınması sırasında; hattın, vana odasından sonraki kısmında ve vana öncesi gazlı kısımda basıncın stabil olarak dengelenmesinde kullanılmaktadır. Vana odaları, içinde iki personelin rahatça çalışabileceği şekilde iç hacme, havalandırma düzeneğine ve dışarıdan giriş-çıkış ve temizliği rahat yapılacak şekilde ergonomiye sahip olarak imal edilmektedir.

Doğal gaz, regülasyon sistemine gitmeden önce, çelik hatta alındıktan sonra kokulandırılmakta ve bu işlem Tetra Hidro Tiyofen ve Merkaptan kullanılarak yapılmaktadır.

### 3.4.2 Ani kapamalı (actuator) vanalar

Aktüatör, bir veya iki silindirdaki doğrusal hareketi dairesel harekete dönüştüren “Scotch-yoke” mekanizmasıdır.

Sistem üzerinde ani kapama yapması istenen veya kontrol edilmek istenen vanaların üzerine monte edilir. Vananın çalışması için gerekli tork daki değişimleri, “Scotch-yoke” mekanizmasındaki hidrolik silindirlerden alır.

Actüatör, 90° açılma çalışma stroku sayesinde , küresel, kelebek sürgülü vanalar v.s. de kullanılmak için uygundur.

Actüatörün hususi karakteristiği, son derece güvenilir olması, özellikle kolayca adapte edilebilmesi ve çok net yapısal çözümler sunmasıdır. Ciddi bir sorun olan yatak sürtünmelerini en aza indirmek suretiyle mükemmel bir actüatör sağlamaktadır.

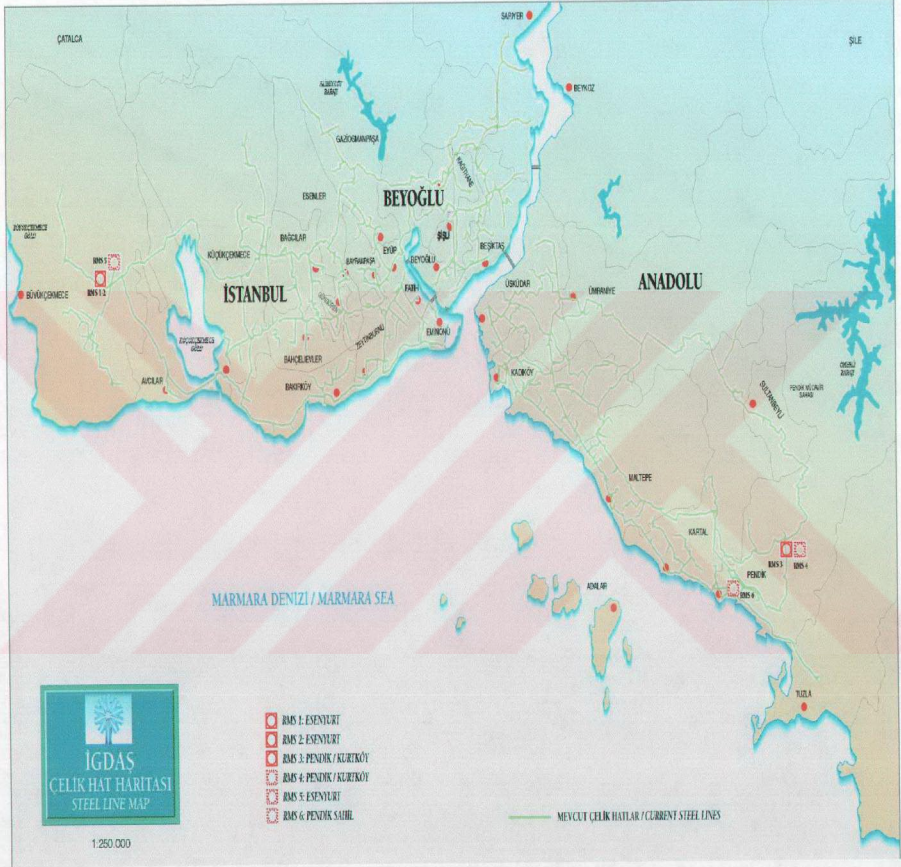
Akışkan gücü, actüatör kontrol sisteminin suyu alınıp filtre edildikten sonra actüatör içerisinde bulunan basınçlı tanka yağ konularak oluşturulan basınçlı gazdır. Akışkan kuvveti olarak kullanılan yağ, çalışma hızının hassas bir şekilde ayarlanması, vananın kendisinin çıkış tork değerinden bağımsız olarak çok iyi bir vana regülasyonu ve bütün kontrol sisteminin korunması ve yağlanması sayesinde bakım yapılmayan uzun bir dönemden sonra bile çalışmaya hazır halde olmasını sağlar.

Actüatörün karlılığını, boru içerisinde taşınan gaz akışkan gücü olarak kullanıldığında hat üzerindeki yerleşim vanaları kontrolü için sadece elektrik sinyal hatları gerekli olup herhangi bir güç hattına ihtiyaç olmadığı açıkça göstermektedir.

Vana bağlantısı, actüatör flanşındaki saplama civatası ile vana flanşına vidalanarak sağlanır. “Scotch-yoke” mekanizması, çalıştırılan valfin üzerindeki boyutlara uygun delinmiş ve yiv açılmış bir burçtan ibarettir.

Arızalara karşı otomatik mekanizma sistemi vardır. Hattaki basınç değişikliklerine bağlı olarak vananın otomatik çalışması veya uzaktan kontrol sistemleri (SCADA) ile kontrol etme imkanlarına sahiptir. Vana pozisyonu, yerel sinyallerle mekanik gösterge vasıtasıyla sağlanır(kuşbakışı görünümü, kontrolün imkansız görüldüğü hatların bile kolay görünmesini

sağlar). Vananın pozisyonu (açık-kapalı) elektrik veya pnomatik mikro switch'lerle gönderilen sinyallerle sağlanır. Bütün elektrikli cihazlar su geçirmez ve aynı zamanda isteğe bağlı olarak alev geçirmez olarakta imal edilebilmektedir.



Şekil .3.3 İstanbul şehri ana çelik hat haritası (basınç:20 barg)

### 3.4.3 Doğal gaz regülasyon sistemi

İstanbul doğal gaz şebekesinde basınç düşürme istasyonu ya da diğer bir deyişle regülatör istasyonları, ortalama 20 bar basınç değerinde doğal gaz iletimi yapan ana çelik hattan doğal

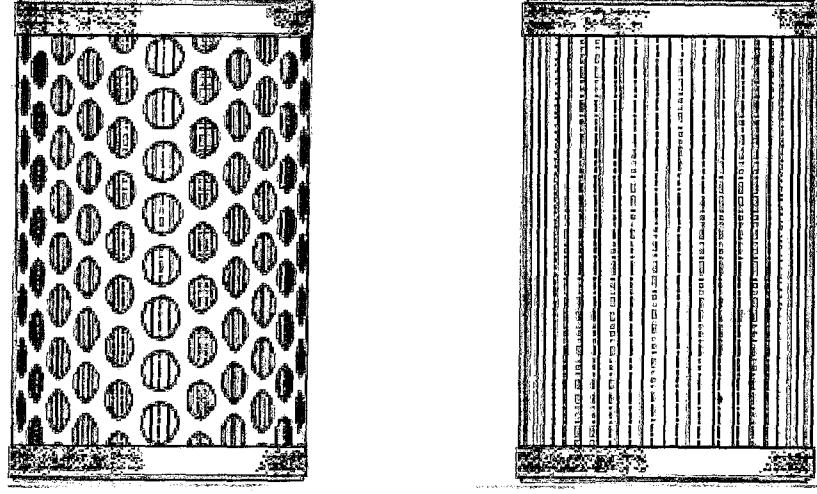
gazı olarak şehir içi dağıtım şebekesi kullanım ve çalışma basıncı olan 4 bar değerine regülasyon yaparlar. İstanbul doğal gaz şebekesinde basınç regülasyonu yapan 400 adet bölge regülatörü ve de sanayi istasyonu olarak basınç regülasyonu yapan 360 adet müşteri istasyonu (skid) bulunmaktadır. Bu rakamlar 2001 yıl sonu değerlerini içermektedir.

Doğal gaz regülasyon sistemlerinde, Fransız Sofregaz firmasıyla yapılan anlaşmalar gereği öncelikle Francel marka 5.000 ve 10.000 Nm<sup>3</sup>/h'lik doğal gaz regülatörleri kullanılmaktadır. Ayrıca sistemde RMG Messtechnik, Pietro Fiorentini, Tartarini, Schlumberger, Bryan Donkin gibi markalar da bölge ve müşteri regülatör istasyonu olarak kullanılmaktadır.

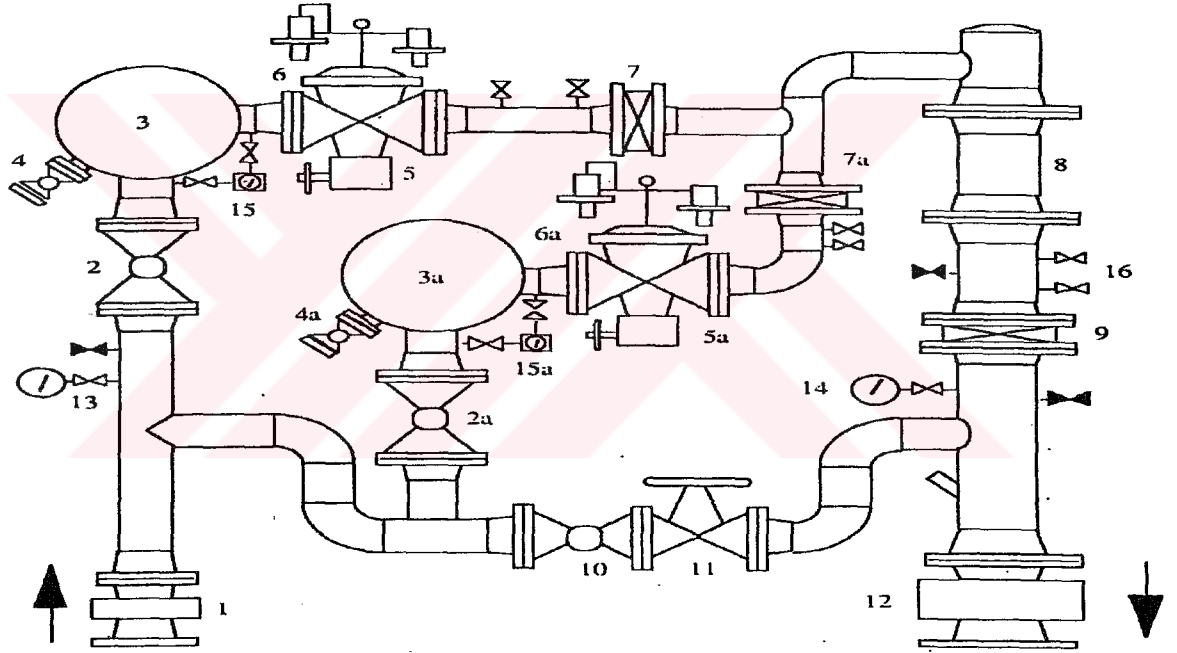
#### 3.4.2.1 Regülatör istasyonu çalışma prensipleri

Bölge regülatör istasyonu olarak çift hatlı, by-pass vanalı ve pilot tahrikli basınç düşürme istasyonları kullanılmaktadır. Bölge regülatör istasyonlarında, I. Hat aktif, II. Hat ise yedek hat olarak görev yapmaktadır. Şebekeden 20 bar'lık basınç değeriyle gelen doğal gaz, aktif olan I. Hatta gelerek öncelikle kartuj filtre kovanında filtre edilir. Kartuj filtre 5 mikron ve üzerindeki toz, sıvı ve partikülleri %99 verimle filtre eder. Şekil 3.4'te iki ayrı tip kartuj filtre gösterilmektedir. Filtre kovanında 1 bar'lık maksimum bir basınç kaybına müsaade edilmektedir. Filtre diferansiyel manometresinde okunan  $\Delta P$  değerine göre filtre değişimine karar verilir ve kovan kapağı açılıp, uygun prosedüre göre filtre değişimi gerçekleştirilebilir.

20 bar'da filtre edilen gaz ön genişleme rölesinde 6 bar'a düşürülür ve pilot röle'ye gönderilir. Pilot röle'de ise 4 bar'lık istasyon çıkış basıncına düşürülür. Ön genişleme rölesi, pilot röleye devamlı sabit basınçta gaz gönderir. Pilot röle, çıkış basıncının artmasına ya da azalmasına göre, regülatör diyaframının üstündeki gazın azalmasını ya da artmasını sağlar. Böylece regülatörün çalışması sağlanır. Şebekede kullanılan çift hat ve by-pass'lı Francel marka doğal gaz regülatörünün çalışma şeması şekil 3.5'da verilmektedir. Şekil 3.6'de ise pilot tahrikli bir regülatörün çalışma diyagramı verilmektedir.

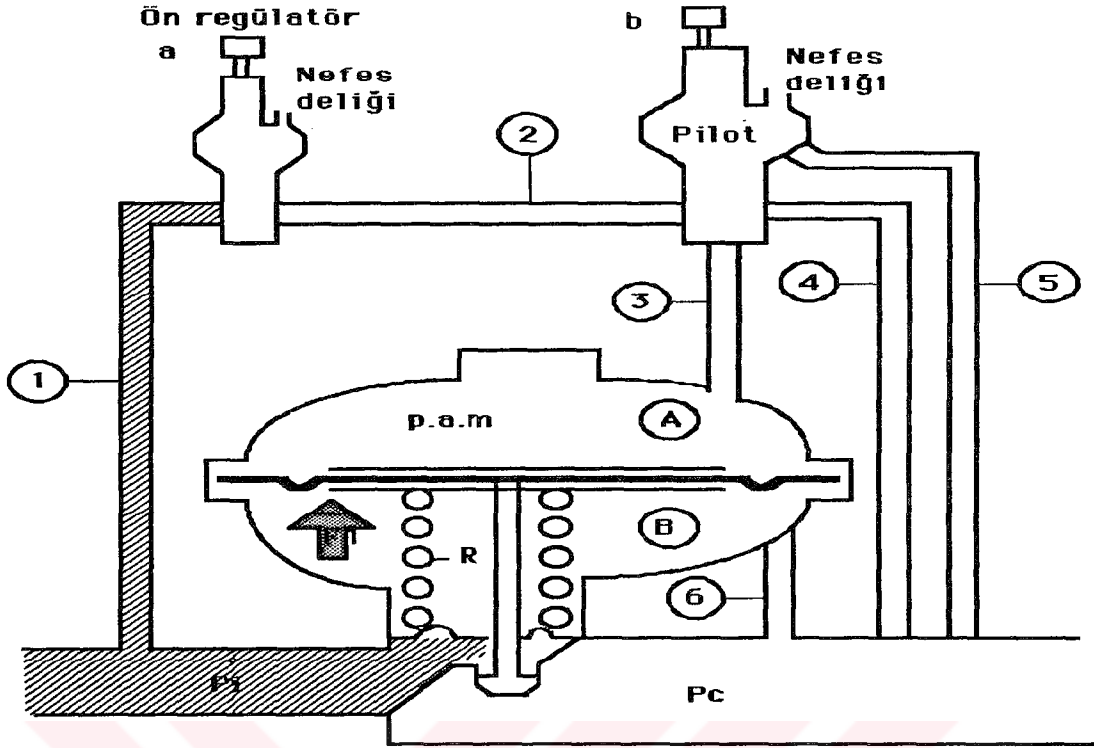


Şekil 3.4 İki değişik tipte kartuj filtre



REFERANS SAYI	VAZİYET PLANININ TANIMI	ÇAP	FLANŞLAR
1	1 Giriş izolasyon contası	4"	ANSI 300 RF
2 / 2a	2 Küresel vana tam geçişli	4"	ANSI 300 RF
3 / 3a	2 Filtre	4"/3"	ANSI 300 RF
4 / 4a	2 Hatteki boşaltma için küresel vanası tam geçişli	2"	ANSI 300 RF
5 / 5a	2 Emniyet kapama vanası	3"	ANSI 300 RF
6	1 ASOFLEX "S" regülâtör	3"	ANSI 300 RF
6a	1 ASOFLEX regülâtör	3"	ANSI 300 RF
7/7a	2 Flanşlar monte edilen kelebek vanalar	3"	ANSI 150 RF
8	1 Sayaç manşonu	6"	ANSI 150 RF
9	1 Flanşla monte edilen kelebek vanalar	6"	ANSI 150 RF
10	1 Küresel vana tam geçişli	3"	ANSI 300 RF
11	1 Gaz ayar vanası	3"	ANSI 300 RF
12	1 Çıkış izolasyon contası	6"	ANSI 150 RF
13	1 Basınç göstergesi giriş 0-40 bar		
14	1 Basınç göstergesi çıkış 0-6 bar		
15 / 15a	2 Diferansiyel basınç göstergesi maxi DP indeks		
16	2 Küresel vana 1/4" BSP F silindirik		

Şekil 3.5 Francel marka doğal gaz regülâtör istasyonu



Şekil 3.6 Pilot tahrikli regülatör ve yardımcı elemanları

Şekil 3.6'da bulunan semboller ve numaralar:

- 1) Regülatör giriş basıncı ( $P_i$ ),
- 2) Ön genişleme rölesi çıkış basıncı ( $P_{ö.g.ç.}$ ),
- 3) Regülatör diyaframına uygulanan üst basınç ( $P_{d.ü.}$ )
- 4) Pilot röle drenaj borusu,
- 5) Pilot röleye gelen çıkış basıncı ( $P_c$ )
- 6) Regülatörün çalışması için gelen basınç ( $P_c$ )

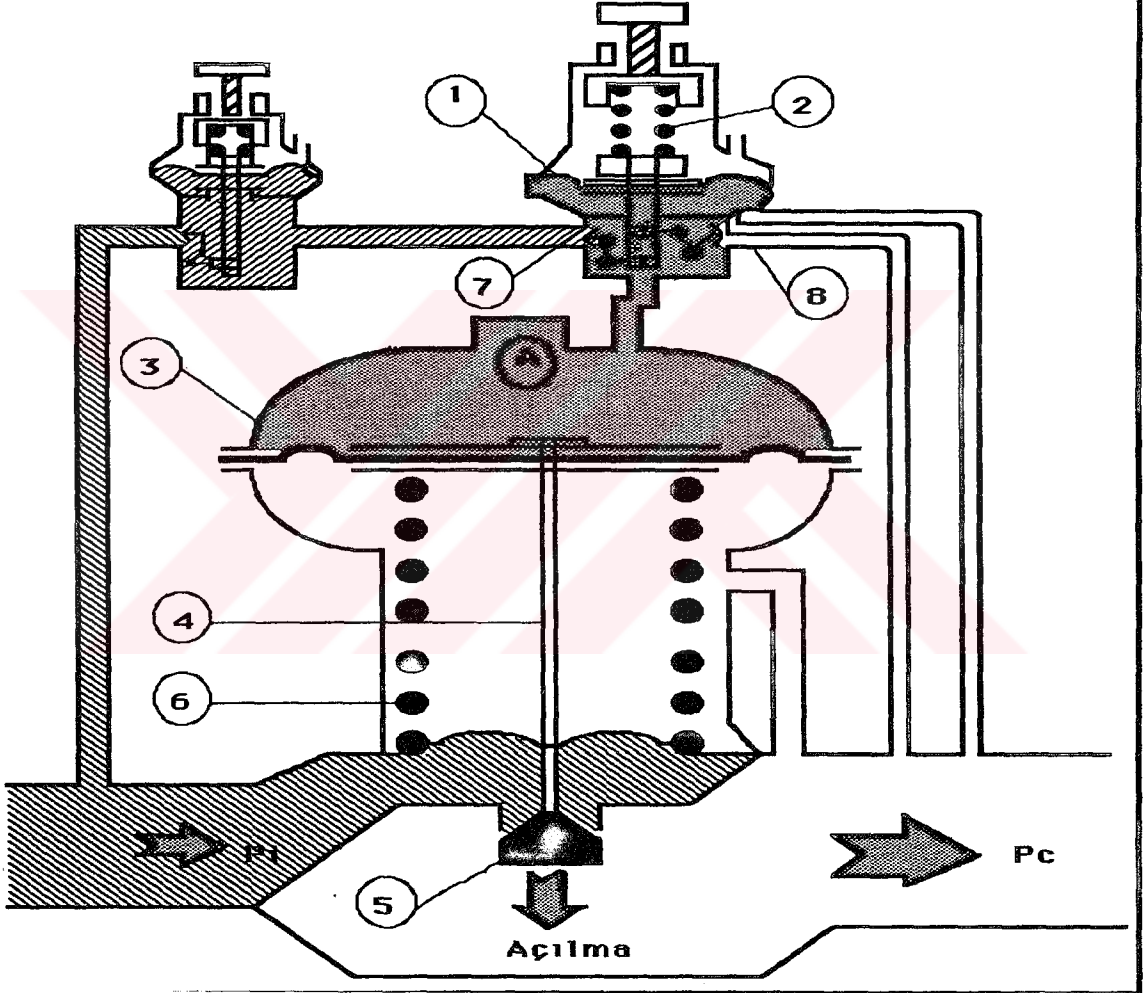
Bahsedilen,  $P_{ö.g.ç.}$  basıncı, pilot röleyi çalıştırarak, regülatör diyaframı üzerine gelen  $P_{d.ü.}$  basıncını ayarlar. Böylece  $P_{d.ü.}$  basıncı da regülatör vanasını açıp kapayarak çıkış basıncını ayarlamaktadır. Regülatör diyaframının orta mili yay kuvvetiyle baskı yaparak regülatörün slam-shut denilen kurma kolunu attırır; bu işlem, acil durumlarda, çıkış basınç değeri, regülatör set değerlerini maksimumunu aştığı ya da minimumunun altına düştüğü durumlarda, sistemin emniyetli çalışmasını sağlar. Bu işlemden sonra, I. Hattaki sorun giderilene kadar 1. Hat devre dışı kalır ve slam-shut attıktan sonra istasyonunu II. Hattı devreye girer. I. Hat regülasyon set değerleri minimum 2.8 bar, maksimum 4.8 bar, II. Hat set



değerleri ise minimum 2.6 bar ve maksimum 5.0 bardır. Regülasyon set değerleri bir iğne vana yoluyla I. ve II. hat regülatörlerinin üzerinden ayarlanabilmektedir.

Pilot tahrikli regülatörlerin çalışması sırasında;

a) Çıkış basıncı düştüğü zaman pilot üzerinde bulunan 2 nolu yay 1 nolu diyaframı aşağı doğru iter,böylece 7 nolu giriş vanasını açar,bu esnada 8 nolu çıkış vanasını kapatır.(Şekil 3.7)

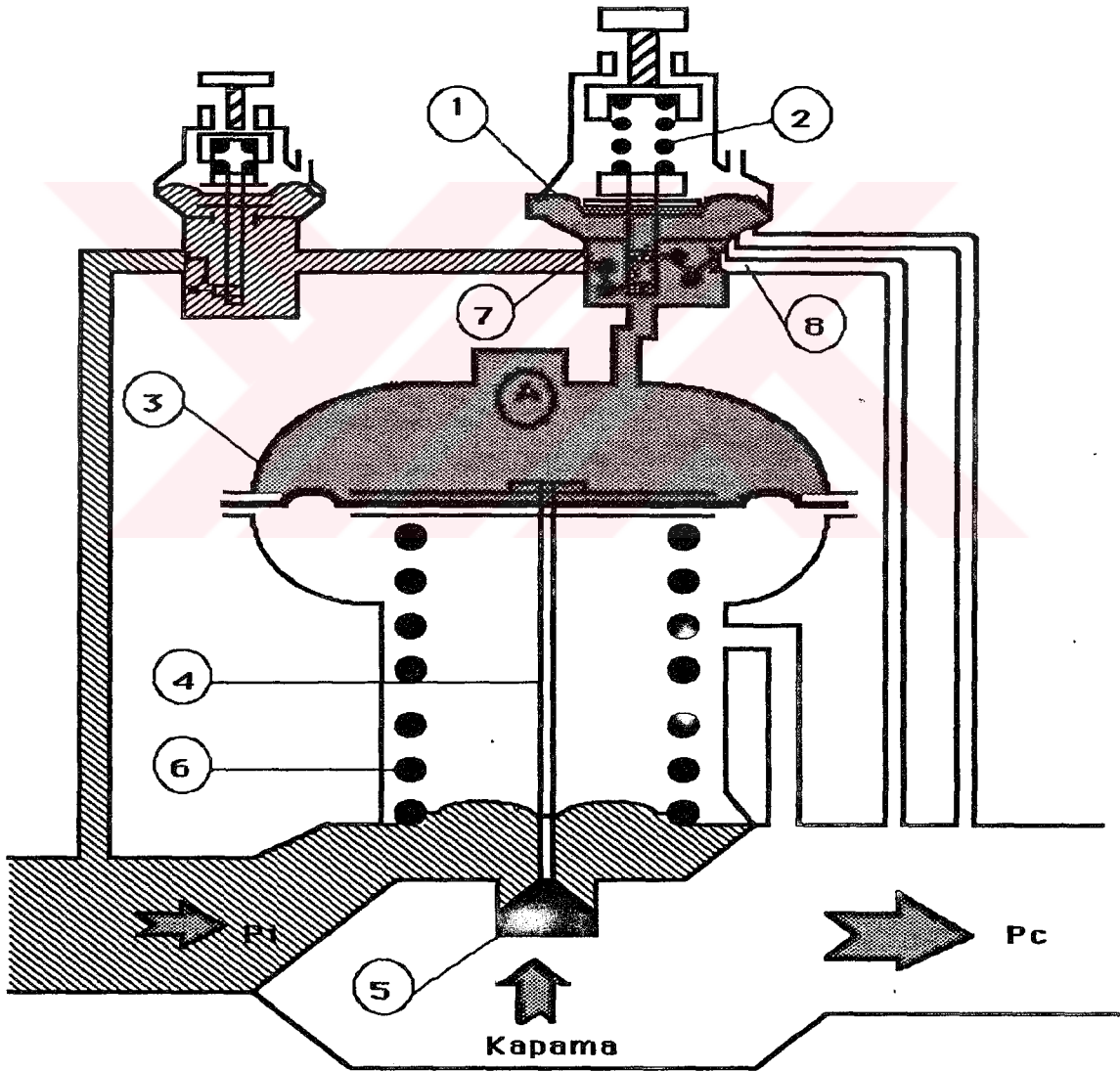


Şekil 3.7 Çıkış basıncı düşmesi halindeki çalışma

b) Böylece A haznesinde bulunan  $P_{d.n.}$  basıncını yükselterek 3 nolu diyaframı aşağı doğru iter. 4 nolu çubuk vasıtası ile 5 nolu vana açılır ve çıkış basıncı yükselir. Bu olay 6 nolu yay kuvveti ve çıkış basıncı 3 nolu diyaframın yapmış olduğu baskıyı karşılayana kadar devam

eder. Bu kuvvetler dengelendiği anda, zaten çıkış tarafındaki basınç istenilen değere ulaşmış olacaktır.

Çıkış basıncı istenilen değeri aştığı zaman, Şekil 3.8’de görüldüğü üzere, çıkış basıncının artması ile 1 nolu diyafram yukarı kalkacak, 7 nolu vana kapanacak ve 8 nolu vana açılacaktır. Böylece A haznesinde bulunan  $P_{d.u.}$  basıncı düşecektir; bu basıncın düşmesiyle 3 nolu diyafram 6 nolu yay tarafından yukarı itilecek ve böylece 5 nolu vana da kapanmış olacaktır. Bu vana kapanınca çıkış basıncı da istediğimiz değere ulaşacaktır.



Şekil 3.8 Çıkış basıncı artması halindeki çalışma

## 4. ŞEHİR İÇİ DOĞAL GAZ DAĞITIM HATALARI

### 4.1 Genel

Doğal gaz nakil hatlarıyla taşınarak bölge regülatörlerine ulaşan 20 bar basıncındaki doğal gaz, regülatörlerdeki regülasyon işlemi ile 4 bar basınca indirilmektedir. Daha sonra dağıtım hatları vasıtasıyla son kullanıcıya ulaştırılmaktadır. Bu bölümde dağıtım hatlarında kullanılan taşıma yöntemi ve seçilen basınç sınıfı hakkında bilgi verilecektir.

### 4.2 Dağıtım hattı basıncı

Büyük şehirlerde genellikle proje şartları elverişli ise ,dağıtım hattı basınç sınıfı olarak Orta Basınç (4 bar) Dağıtım tekniği kullanılmaktadır. Bu teknik varlığını , yüksek basınçlı doğal gaz nakil sistemlerine borçludur. Geleneksel düşük basınçlı sistemler karşısında bir çok üstünlüğü vardır.

Çizelge 4.1 Dağıtım hatlarındaki basınç aralıkları

Yüksek basınç aralığı	Orta basınç aralığı	Alçak basınç aralığı
4 bar'ın üstü	4 bar ile 1 bar arası	1 bar'ın altı

#### 4.2.1 Orta basınç şebekenin (dağıtım hattı) avantajları

- Sistemde oluşturulan basıncın muhafazası sayesinde işletmede esneklik ,
- Bireysel bir regülatör yardımıyla müşteriye sabit basınçta gaz sunulması sayesinde , hizmet kalitesinde yükselme ,
- Aynı eşdeğer çap için bu tür şebekelerin kapasiteleri düşük basınç şebekelerden daha yüksektir. Başka bir deyişle aynı miktar gazı düşük basınç borulardan 5 kat daha küçük çaplı orta basınç borularla taşınabilir, bu teknikle elde edilen basınç sayesinde , çapı daha küçük ama nakil ve besleme kapasitesi yüksek borularla donatılmış yeni tesisler inşa edilebilmektedir.
- Düşük basınç şebekelerde sık rastlanan müşteri kullanım basıncının düşmesi olayına rastlanmaz , bu durum sabit gaz basıncının sağlanmasıyla garanti altına alınmış olur.

Tek veya çift hatlı servis hatlarındaki basınç regülatörleri emniyet sistemine sahip olup müşterinin gaz teminin kesintiye uğramasını önler,

- Gidiş akış yolu basıncının belirli basıncının aşırı düşmesi veya aşırı geliş akışını takiben regülatör çıkış basıncının belirli bir limit değerinin altına düşmesi veya geliş akış yolu basıncının belirli bir limit değeri aşması durumunda , emniyet elemanları servis kutularına , kutuda kaçak olması gibi ana akış durumlarında gaz akışını kesmek maksadıyla yerleştirilmişlerdir.
- Boru çapları daha düşük olduğu için su, elektrik vb. gibi alt yapı çalışmalarında zarar görme riski düşüktür.
- Orta basınç şebekenin inşaat maliyeti düşük basınç şebeke maliyetinden daha düşüktür. Buna sebep orta basınç şebeke borularının daha ucuz olması ve kazı, inşaat maliyetlerinin düşük olmasının avantajının regülatör ve bağlı boruların yüksek maliyeti karşılamaıdır.

### 4.3 Orta basınç sınıfındaki doğal gazın taşınması

Orta basınç sistemlerde ilk başlarda sargılı, alın kaynaklı çelik borular kullanılıyordu. Mekanik özellikleri itibariyle çelik bu amaç için yeterli olmakla birlikte , uygulamada başta korozyon sorunu olmak üzere bir çok sorunu da beraberinde getiriyordu.

Bu durumda amaç, iyi mekanik özelliklere sahip ama aynı zamanda – dağıtım maliyetlerinin azaltılmasına imkan verecek – korozif olmayan malzemeler bulmaktı. Bu malzemede polietilen idi. Orta basınç sınıfındaki 4 bar lık doğalgaz regülatör çıkışında polietilen tekniği ile üretilen polietilen borular vasıtasıyla bir dal şebeke dizaynı ile cadde ve sokaklara dağılmaktadır. Daha sonra son kullanıcı olan müşterilere servis hattı (polietilen boru ile) çekilerek bina önüne konulacak servis kutusu ve servis regülatörü ile istenilen basınçta gaz arzı sağlanmaktadır.

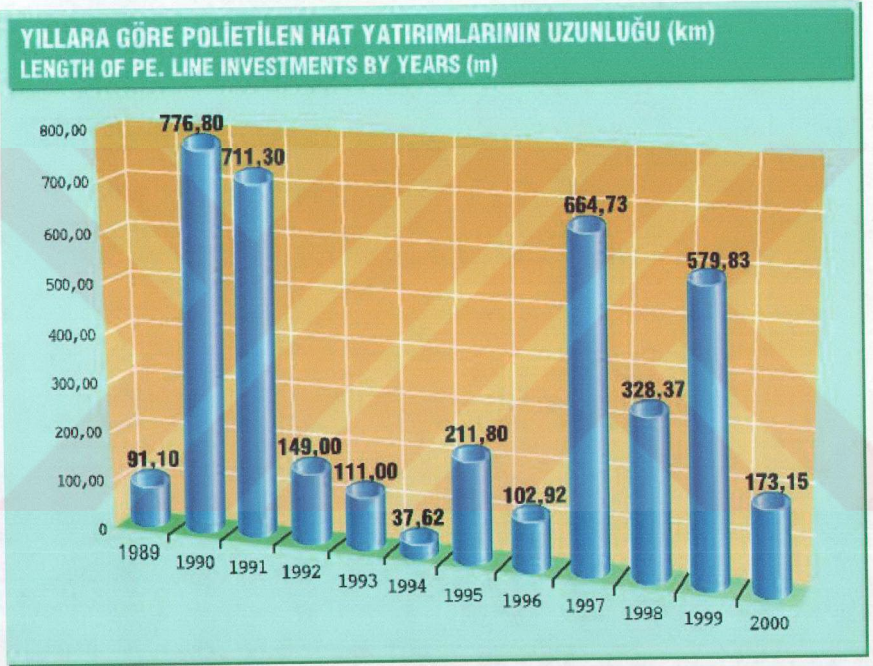
#### 4.3.1 Polietilen tekniğinin özel vasıfları

Orta basınçlı şebekelerin inşaatında modern ve ekonomik çözüm, PE (polietilen) boru kullanılmaya başlanmıştır. PE 'nin hafiflik, esneklik ve korozyondan etkilenmezlik gibi özelliklerinden azami yararlanılmaktadır.

Bu orijinal tekniğin temel özellikleri şöyle sıralanabilir:

- İstenilen uzunlukta boru kullanımına imkan vermesi,
- Polietilen elektrofüzyon fittingleri yardımıyla ek yapılabilmesi,
- Malzeme kalitesinin yüksek olması son derece güvenli olmasını sağlar,

Örnek olarak İstanbul da yıllara göre döşenen dağıtım hattı (polietilen) metrajları Şekil 4.1 de verilmektedir. 4barg basınç sınıfında çalışan bu dağıtım hatlarının dizayn basıncı 6 barg dir. Şekil 4.2 de bir bölge regülatörüne (I 03) bağlı dağıtım hattının dal şebeke dizaynı görülmektedir.



Şekil 4.1 İstanbulda yapılan polietilen dağıtım hatları

#### 4.3.2 Polietilen – Polietilen bağlantılar

Bu tür bağlantılar elektrofüzyon kaynak yöntemi ile yapılır. Nadiren mekanik tertibatta kullanılır.

Genel polietilen ferşinde (döşmesinde) dikkat edilecek hususlar,

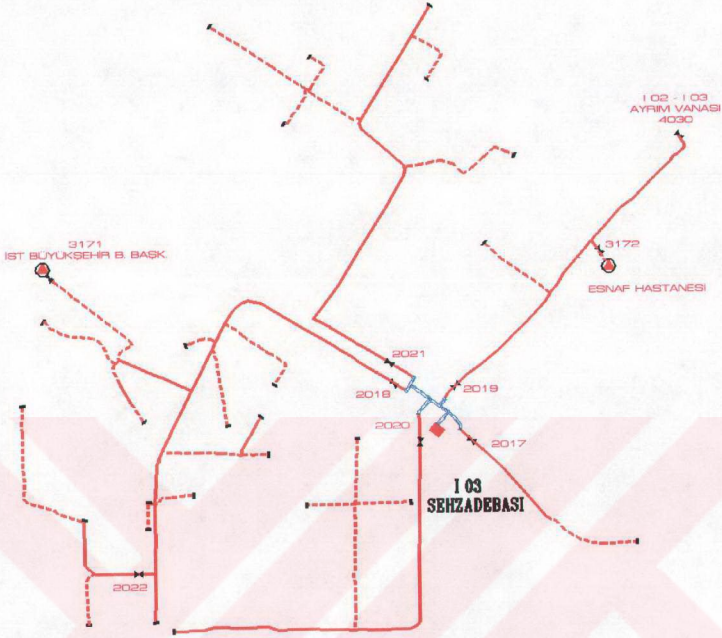
- Yassı uçlu fittingsler ve servis T-çıkış ağzları, elektrofüzyon manşonları ya da üreticiden veya yan kuruluşundan üretilmiş kovanlı fittingsler aracılığı ile kaynaklanır.
- Borunun üst kısmında ölçülmüş dış cephe sıcaklığı  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  ve  $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$  arasında ise elektrofüzyon gerçekleştirilir. Bu sıcaklık  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  altında ise uygun bir örtü ile (örn.çadır) çalışma yeri ve PE malzeme, ön koşul olan dereceye kadar ısıtılır.
- PE malzemenin sıcaklık artışı, özellikle  $+35^{\circ}\text{C}$  üzerine çıkmasını önlemek için malzemelerin kaynak öncesi ve kaynak esnasında güneş ışınlarına karşı korunması şarttır(örn.şemsiye),
- Kaynak çalışma ortasında kesilirse, soğuduktan sonra tekrar kaynak işlemine devam edilmeyecek ve söz konusu fittingsler sökülecek.
- Bağlantı borularının yada servis tapalarının montajında kaynak ve soğuma süresince PE boru destekleri kullanılır.
- Kovan tekniği ile servis hattının PE boruya bağlantısında kılıf olarak kullanılan 0,50m geniş bölümü kesilmiş olması gerekir. Ne bu işlem esnasında ne de işletme esnasında PE borunun hasar görmemesi için bütün önlemlerin alınması gerekir.

#### 4.3.3 Metal – polietilen bağlantılar

Çelik boruya ve PE boruya tek parça geçiş fitting kaynaklanır. Metal – plastik bağlantılar üretim yerinde (fabrikada) yapılır ve sökülemez. Gerektiğinde, fitting'in çelik ucuna bir flanş kaynatılır.

Metal – plastik bağlantılar için ön şartlar:

- Fitting düz olarak yerleştirilir (gerekirse, fitting'in her iki tarafına sert bir kılıf yerleştirilerek ayarlama sağlanır).
- Çelik boruya ve fitting'in çelik kısımlarına soğuk sargı ile pasif katodik koruma yapılır.
- Çelik ve PE'ne kaynaklanan fittingslerde, PE elektrofüzyon için alınacak önlemler normal elektrofüzyon fitting önlemleriyle aynıdır. Çeliğe kaynak uygulandığında ise fitting'in PE bölümleri eriyen çelik parçalardan korumak zorundadır.



Şekil 4.2 Bir bölge regülatörüne bağlı polietilen dağıtım hattı dal şebekesi (4 barg)

#### 4.3.4 Koruma

PE borunun 0,30 m üzerine yerleştirilmiş sarı ikaz bandı haricinde , özel önlemlerin gerektirdiği belirli noktalar:

- Toprağın üzerindeki servis hattı çıkışı : mekanik koruma, anti-ultraviyole ışınlar,
- Pe boruya hasar verebilecek maddeler yakınından ; özellikle 0,20 m'den az uzaklıktaki boru hat geçişlerinde; bölge ısı merkezi ve endüstriyel atık su şebekesi yakınında (ısı koruması), 0,50 m'den az uzaklıktaki elektrik kablolar yakınında (ısı koruması) yapılmalıdır.

### 4.3.5 Kontrol ve testler

PE şebekenin maksimum çalışma basıncı 6 barg'dir. PE 'nin yüksek termal genleşme özelliğinden dolayı test esnasında özellikle güneş ışınlarından doğacak sıcaklık değişimlerinin mümkün olduğu kadar az olması gerekir. Her basınç test ölçümlerinde sıcaklık derecesi aynı olmak zorundadır.

#### 4.3.5.1 Mekanik direnç testi

İki saat süreyle 6 barg basınçtaki hava ile test yapılır ve metal manometre kontrol edilir. Köpüklü bir madde ile tüm bağlantıların sağlamlığı kontrol edilir ve test sonrası yüzey temizlenir.

#### 4.3.5.2 Sızdırmazlık testi

En az 48 saat süreyle 0,5-1 barg basınçtaki hava ile test yapılır ve raporlanır. Şayet belirtilen test yöntemlerinin uygulanamayacağı özel durumlar meydana gelirse, uygulanacak yöntem, köpüklü bir madde ile içi gaz dolu boruların bağlantı noktalarında sızdırma yapıp-yapmadığının araştırılmasıdır.

### 4.4 Servis hattı

Sokaklara döşenen dağıtım hatlarından binalara değişik çaplarda (örn. Q32,Q20) bağlantı hatları çekilir. Polietilen borularla çekilen bu servis hatları servis kutuları içersindeki servis regülatörlerine bağlanarak müşterinin kullanımına hazır hale getirilir.

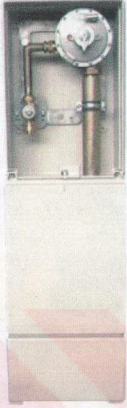
### 4.5 Servis kutusu

Servis kutularının değişik uygulamalarını görmek mümkündür. İstanbul da bina dış yüzeyine konan ayaklı ve gömülü tipleri olan alüminyum alaşımli sert plastik kutulardır.

Bursa da bina yüzeylerine (İstanbul daki kutuların yarısı boyutlarında) montajlı tipleridir. Fransa da ise bina duvarlarına gömülü olarak uygulamalarına rastlamak mümkündür. Ankara



da ise servis kutusu kullanılmamıştır. Şekil 4.3 de Türkiye de doğalgaz kullanan şehirlerde kullanılan değişik tipteki servis kutularının resimleri görülmektedir.



S 200 servis kutusu

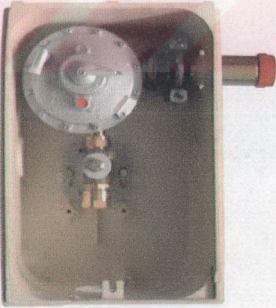


S 300 servis kutusu (60m<sup>3</sup>)

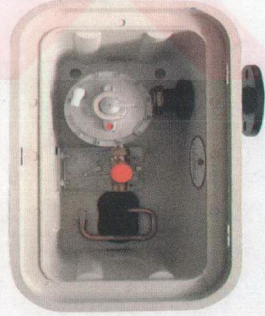


S 300 servis kutusu (120m<sup>3</sup>)

Duvar tipi servis kutuları



S 200 servis kutusu (yarım duvar tipi)

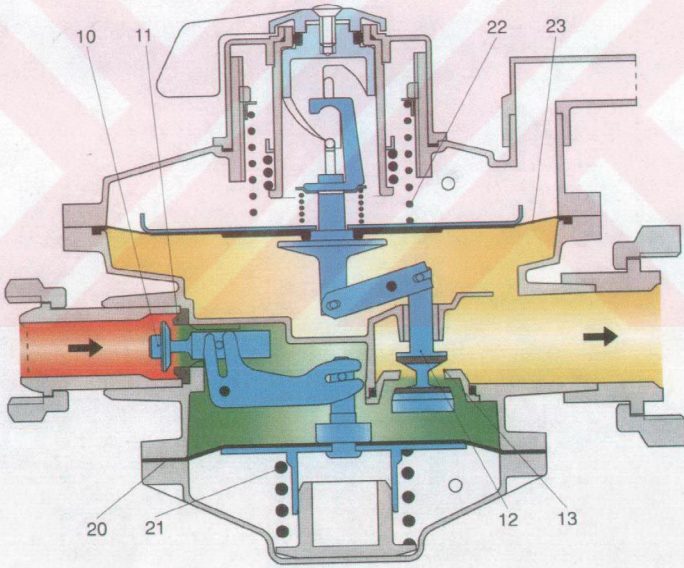


CES 200 yer tipi servis kutusu

Şekil 4.3 Değişik tip servis kutuları

#### 4.6 Servis regülatörü

Servis kutularına gelen servis hattındaki basınç örneğin İstanbul da orta basınç değerindedir( 4 barg.). Müşterinin kullanımı ise daha düşük basınçlardır. Gaz yakıcı cihazlar (300mbarg, 50mbarg, 40mbarg, 21mbarg. v.s) değişik basınçlarda gazı isterler. Cihazlara kadar çekilecek iç tesisat boru güzergahlarının uzun olması yerel kayıpların yüksek olması ve iç tesisat proje kriterlerinin farklı basınçlara ihtiyaç göstermesi gerekebilmektedir. Bu nedenle servis hattından gelen basıncı kullanıcının talebine göre düşürecek basınca regüle etmek için servis regülatörü kullanılır. Bu değer İstanbul için 300mbarg veya 21mbarg dir. Daha sonra içtesisattaki farklı basınç ihtiyaçları için domestik regülatörler kullanılabilir. Şekil 4.4 de bir servis regülatörünün şematik gösterimi verilmektedir.



Şekil 4.4 Servis regülatörü iç mekanizmasının şematik resmi





## 5. TAŞ FIRINLARIN DOĞALGAZA DÖNÜŞÜMLERİ

### 5.1 Genel

Doğal gaz temiz ve verimli yakılabilirlik açısından üstün niteliklere haiz bir yakıttır. Ancak bu niteliklerden maksimum ölçüde faydalanabilmek, en son teknoloji ile donatılmış kazan / fırın ve brülör sistemlerinin kullanım gereksinimi ile birlikte hassas bir yanma ayarı ve doğru hava / yakıt oranlarının sağlanmasına bağlıdır.

Doğal gaz ülkemizde; tüm dünyayı sarsan ve süratle köklü çözümlere ulaştıran petrol krizi ve çevre kirliliğinin yapamadığını yapmış, yanma-yakma-ısıtma sistem ve tekniklerine ilişkin önceki yapıyı toptan bir kabuk değişimine itmiştir. Bu değişimle birlikte hali hazırda doğal gaz kullanan ve kullanacak olan taş fırınların da, doğal gazı daha verimli , daha ekonomik ve daha emniyetli bir şekilde kullanarak üretim yapabilmeleri araştırılmıştır. Bu çalışmada taş fırının imalat aşamasından başlanarak, geometrik dizaynı ve emniyet sistemleri konusu detaylı olarak ele alınarak aşağıdaki hususlar bu bölümde incelenecektir.

- 1-) Kazan daireleri ile taş fırınların doğal gaz dönüşümünün karşılaştırılması,
- 2-) Taş fırınlarda hali hazırda, doğal gaz kullanımındaki mevcut durum ve bunun yapısal değişikliklerle iyileştirilmesi,
- 3-) Taş fırında kullanılacak baca ve duman kanalı tasarımının yapılması,
- 4-) Kullanılacak brülör seçimi,

### 5.2 Kazan daireleri ile taş fırınların doğal gaz dönüşümlerinin karşılaştırılması

Bu bölümde Taş fırınların doğalgaza dönüşüm kriterlerinin tespiti ve bunların ayrıntılı anlatımı yapılacaktır. Doğal gaz dönüşüm işlemleri gaz şirketlerinin çıkarmış oldukları tesisat şartnamelerine göre yapılmaktadır. Bu yetki değişik ülkelerde farklı kurumlar tarafından da yürütülebilmektedir(örneğin; ülkedeki gaz birliğinin ortaya koyduğu kuralları içeren teknik şartnameler veya otoritenin meslek birliklerinde olduğu yerlerde bu kurumların teknik şartnameleri v.s). Ülkemizde gaz kullanılan şehirlerde (İstanbul, Ankara,İzmit v.s) gaz şirketlerin iç tesisat dönüşüm şartnamelerine göre işlemler yapılmaktadır. 2001 yılında gaz

kullanan illerdeki gaz şirketlerinin işletme müdürlerinin bir araya gelerek şartnamelerde birliktelik sağlama çalışmaları yapılmış ve son noktaya gelinmiştir. Üzerinde mutabakata varılan çalışmada, 200 m<sup>3</sup>/h gaz çekiş kapasitesi ve altındaki tüketicilerin dönüşümleri iç tesisat teknik şartnamesine göre ve bu değer üzerinde gaz tüketen sanayi ve imalatçıların ise endüstriyel tesislerde doğalgaz dönüşüm şartnamesine göre dönüşümlerini yaptırabileceklerdir.

Konumuz olan taş fırınlarda, 200 m<sup>3</sup>/h lik kapasitenin altındaki tüketiciler sınıfına girdiğinden iç tesisat teknik şartnamesindeki kazan dairelerin doğal gaz dönüşüm kriterleri çerçevesinde dönüşümleri yapılacaktır.

### 5.2.1 Dönüşüm öncesi etüd

Doğal gaz dönüşüm yapılacak sahada çalışmalara başlamadan önce tam ve kapsamlı teknik etüd yapılmalıdır. Bu çalışmalar yapılırken; ısı merkezinin toplam yükü hesaplanarak ilgili gaz kuruluşlarından gaz tedarik imkanı araştırılır. Yürürlükteki yönetmelikler ve standartlar göz önünde bulundurularak ısı merkezinin konumu, kazanlar, havalandırma, baca ve mevcut tesisatların kontrolü yapılmalı ve uygun olmayan noktalar tespit edilmelidir.

Emniyetli ve verimli bir yanma sağlamak için uygun seçimler yapılarak tesisin (kazan dairesinin) doğal gaza dönüşümünün projelendirilmesi yapılmalıdır.

### 5.3 Isı üreten merkezi tesisler

Toplu konut alanları, hastaneler, kamu kurum ve kuruluşları gibi büyük kapasiteli ısı merkezlerine sahip, orta basınç hattından bransman alınmak sureti ile doğal gaza dönüşümleri yapılan yerlerdir. Isı merkezlerinin müstakil olması durumunda kullanım ünitelerine orta basınç hattından gaz verilebilir. (1 Bar'ın üzerinde basınçla girilmemesi emniyet açısından tavsiye edilir.) Ancak binaların altında bulunan ısı merkezlerine brülör giriş basıncına (çalışma basıncına) uygun bir basınçla girilmelidir. (Bu basınç 350 mbar'dan fazla olmamalıdır.) Müstakil olmayan (Bina altlarında veya çatıda) ısı merkezine yakın bir alanda ve ısı merkezinin toplam kapasitesine uygun bir regülatör sayaç ünitesi kurularak basınç düşürüldükten sonra kazan dairelerine girilmelidir.

Bu tür doğal gaz dönüşümlerinde ;

- Isı üreticisi, ilgili mamül standartlarına ve kural standartlarına; mesela TS 377, TS 430, TS 497, TS 3101, TS 4040 ve TS 4041'e uygun olmak mecburiyetindedir.
- Ortak veya müstakil ekleme parçaları (TS 11384) ile bir bacaya bağlanan ve aynı zamanda veya biri çalışırken diğeri devre dışı edilerek işletilen ısı üreticileri TS 3818'de belirtilen kurallara uygun olmalıdır.
- Isı üreticisinin yerleştirildiği mahallerdeki duvar ve tavan aralıklarının ölçüleri, imalatçı tarafından şart koşulan değerlerin altına düşmemelidir.
- Bakım ve onarım amaçları için brülörün yerinden geri çıkarılması veya yana alınması imkanı verecek, gerektiğinde kapısı da olan, yeterli alanlar mevcut olmalıdır.

Ayrıca diğer şartlar, TS 3818 ve ilgili standartlar dikkate alınmalıdır.

#### **5.4 Kalorifer kazanlarında gaz hattı montajı**

##### **5.4.1 Boru, Fittings ve Armatürler**

İşletme basıncı 1 bar'a kadar olan gaz boru hatları TS 7363'deki kurallara uygun olmalıdır. Boruların birleştirilmesi kaynaklı veya flanşlı yapılmalıdır. Gaz tesisatındaki teçhizatın, ayar, kumanda ve kontrol cihazları ile diğer tesis elemanlarının  $\varnothing \leq DN50$  anma çapına kadar ve 4 bar işletme basıncına kadar dişleri, TS 61 /Nisan 1978'e uygun olması ve işletme şartlarına uygun contaların da kullanılması şartı ile dişli bağlantı kullanılabilir.

Konik halkalı contalı boru bağlantılarında kullanılan ekleme parçaları TS 3818'e, contalık malzemeler TS 10943, TS 10944, TS 10945'e uygun kullanılmalıdır. Boru hatlarında bağlantılar Çizelge 5.1'e uygun yapılacaktır. Kaynakları kontrolleri;

- Gözle muayene,
- Dye penetrant,
- Radyografi,
- Ultrasonografi olmak üzere 4 şekilde yapılmalıdır.

Boru hatlarında test, maksimum çalışma basıncının 1,5 katında yapılmalıdır.

##### **5.4.2 Tesisat Yapımı**

Tesisatın yapımı ilgili kurum tarafından onaylanmış ve TS 7363'e uygun olarak yapılacaktır. İç tesisatta basınç kayıpları hesaplanacaktır. Ancak, tesisat yapımında aşağıdaki hususlara da zorunlu olarak uyulacaktır.

Çizelge 5.1 Boru hatlarında çap ve basınca göre bağlantılar

ÇAP (mm)	\ BASINÇ	0-4 Bar (4Bar'a kadar)	4 Bar ve Üstü
0-25		Vidalı -Flanşlı	
25-65		Flanşlı-Kaynaklı-Vidalı	
65 ve üstü		Flanşlı-Kaynaklı	

- Sıva altı tesisat montajı yapılmamalıdır.
- Gaz borusu, taşıyıcı eleman olarak ve kendi amacı dışında kullanılamaz. (Topraklama vb.)
- Yatay gaz boruları, tesisat sızıntı ve terleme sularından etkilenmemesi için diğer tesisat borularının üst kısmına döşenmelidir. (Yeni yapılar için). Eski binalarda gerekli tedbirler alındıktan sonra yapılabilir.
- Gaz boruları; Elektrik hatları, buvatlar, sayaçlar vb. elektrik ekipmanları ve sıcak su borularından en az 15 cm. açıklıkta döşenmelidir.

Gaz boruları; asma tavan içerisinde, asansör boşluklarından, çöp ve yanıcı madde depolarından, çöp bacalarından, duman bacasından, davlumbaz içlerinden, içine girilmesi mümkün olmayan hacimlerden, banyo ve WC'lerden, yatak odalarından, aydınlıklardan (üstü kapalı veya açık) geçirilmemelidir. Ancak aydınlık, WC ve banyolardan gaz hattının geçmesinin zorunlu olduğu hallerde ilave tedbirler alınmalıdır.

- Bina dilatasyon geçişlerinde flexible eleman kullanılmalıdır.
- Duvar ve döşeme geçişlerinde korozyonu önlemek için boru çapından 10-20 mm. büyük çapta boru kılıfı kullanılmalı, kılıf ile boru arası mastik ile doldurulmalıdır. Boru kılıfı içinden geçişlerde bağlantı yapılmamalıdır.

#### 5.4.2.1 Basınç kaybı hesabı

Doğal gaz tesisat hesapları, kalorifer, sıhhi tesisat hesaplarına benzer ve tablolardan yararlanılır. Temel hesap felsefesi, belirli bir tüketim için deneme-yanılma metoduyla boru seçimi yapmak ve tesisatlardaki kayıp değerlerini belirli formül ve tablolardan tespit ederek; seçilen değerlerin doğruluğunu ispatlamaktır. Doğal gaz tesisatlarında uygulanan hesap yöntemi; fark yöntemidir.

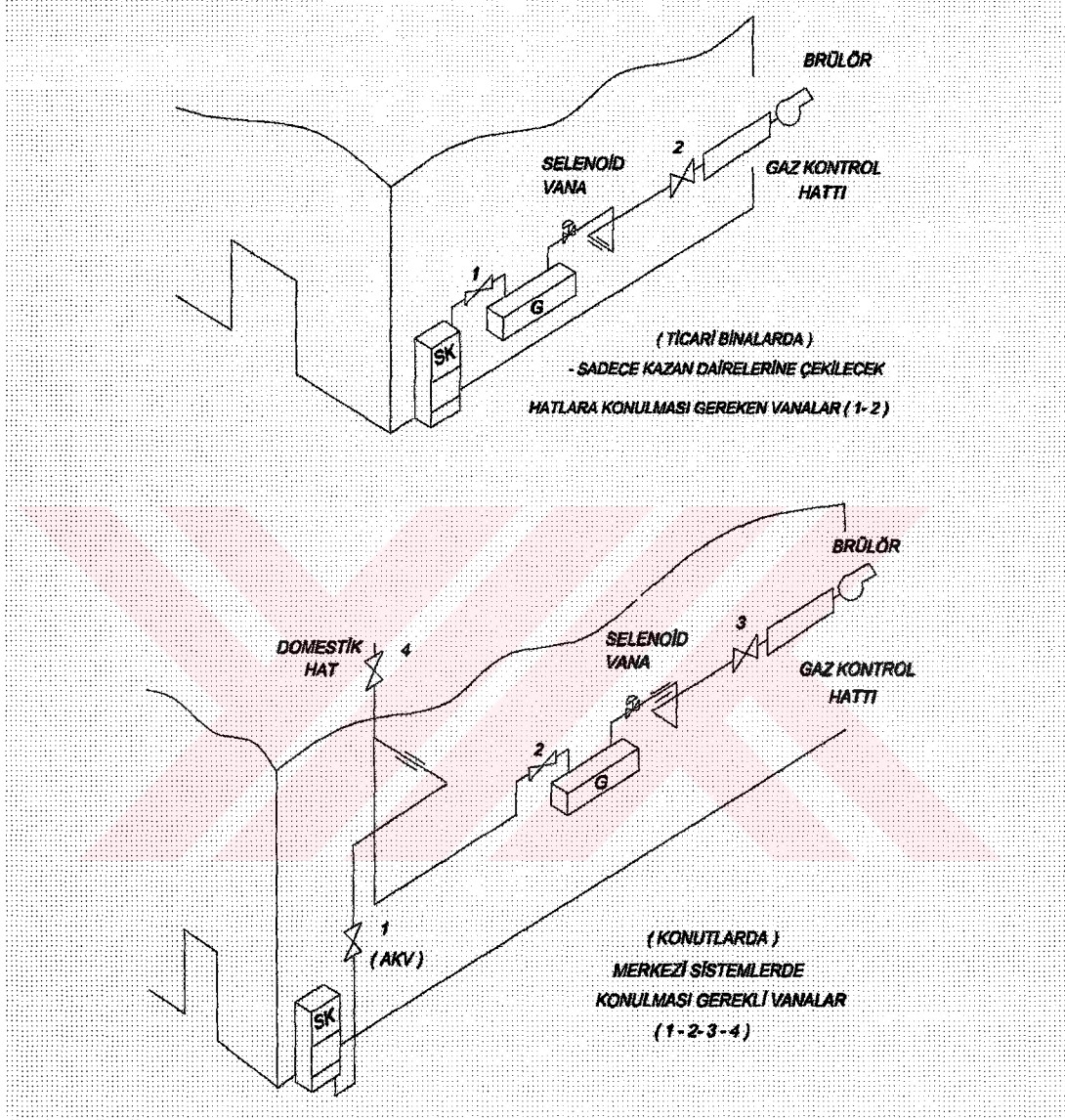
Toplam basınç kaybı,

$$\Delta P_T = (P_R / L) \times L + P_Z + \Delta P_H \quad (5.1)$$

ifadesi ile hesaplanır.



Servis kutusundan cihaz bağlantıları arasında kabul edilebilen toplam basınç kaybı maksimum 1,8 mbar'dır. Tüm tesisat bölümünde borulardaki gaz akış hızının 6 m/s'yi geçmemesine dikkat edilmelidir.



Şekil 5.1 Merkezi sistem tesisat şeması

#### 5.4.2.2 Boru sürtünme kaybı ( $P_R$ )

Borulardaki sürtünme sebebiyle basınç düşmesi, gaz hızı, debi, boru çapı, ve boru uzunluğuna bağlıdır. Bu değerler doğal gazında içinde bulunduğu 2. gaz ailesi için Çizelge 5.2 ve Çizelge 5.3'de görülmektedir.

### 5.4.2.3 Özel direnç kaybı ( $P_Z$ )

Özel direnç kayıpları bağlantı parçaları ve bükümlerde oluşan; basınç kayıplarını ifade eder. Fittinglerde oluşan kayıpların hesaplanması için gerekli olan katsayılar Çizelge 5.4'de verilmiştir.

Özel direnç kaybı ( $P_Z$ ),

$$P_Z = 3,97 \times 10^{-3} \times \sum \xi \times V^2 \quad (5.2)$$

şeklinde ifade edilir. Fittinglerdeki toplam kayıp katsayısı ( $\sum \xi$ ) : Fitting adetlerinin kayıp katsayılarıyla çarpılıp, aritmetik olarak toplanmasıyla elde edilir. Özel direnç kayıpları Çizelge 5.5 kullanılarak da hesaplanır.

### 5.4.2.4 Yükseklik farkından doğan basınç kaybı (DPH)

Gaz ve hava arasındaki yoğunluk farklarından dolayı akış yönüne göre borularda basınç farkı oluşur.

$d < 1$  olan gazlarda ;

- Yukarı çıkan borularda basınç kazancı ( $\Delta P_H < 0$ )
- Aşağı inen borularda basınç kaybı ( $\Delta P_H > 0$ )

$d > 1$  olan gazlarda ;

- Yukarı çıkan borularda basınç kaybı ( $\Delta P_H > 0$ )
- Aşağı inen borularda basınç kazancı ( $\Delta P_H < 0$ )

meydana gelir.

Doğal gazında içinde bulunduğu 2. gaz ailesi için ( $d < 1$ ) dir.

$$\Delta P_H = \Delta H \times (-0,049) \quad \text{mbar} \quad (5.3)$$

olarak belirlenmiştir.

$\Delta H$  yükseklik farkı ;

- Yukarı çıkan borular için + (pozitif)
- Aşağı inen borular için – (negatif) olarak alınır.

Çizelge 5.2 DIN 1786'ya göre bakır boru için debi ve çapa bağlı akış hızı(v) ve sürtünme kaybı (R)

Vs	12x1		15x1		18x1		22x1		28x1.5		35x1.5		42x1.5		54x2	
	v	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R	V	R
M3/h	m/s	mbar/m	m/s	mbar/m	m/s	mbar/m	m/s	mbar/m	m/s	mbar/m	m/s	mbar/m	m/s	mbar/m	m/s	mbar/m
1.0	3.5	0.2371	2.1	0.0438	1.4	0.0191	0.9	0.0078								
1.5	5.3	0.4750	3.1	0.1369	2.1	0.0514	1.3	0.0117								
2.0	7.1	0.7819	4.2	0.2242	2.8	0.0838	1.8	0.0293	1.1	0.0064						
2.5	8.8	1.1549	5.2	0.3295	3.5	0.1228	2.2	0.0427	1.4	0.0149						
3.0	10.6	1.5914	6.3	0.4524	4.1	0.1680	2.7	0.0583	1.7	0.0204	1.0	0.0064				
3.5	12.4	2.0907	7.3	0.5916	4.8	0.2196	3.1	0.0760	2.0	0.0265	1.2	0.0083				
4.0	14.2	2.6504	8.4	0.7479	5.5	0.2769	3.5	0.0957	2.3	0.0333	1.4	0.0104				
4.5					6.2	0.3402	4.0	0.1173	2.5	0.0407	1.6	0.0127				
5.0							4.4	0.1410	2.8	0.0488	1.7	0.0152	1.2	0.0060		
5.5							4.9	0.1663	3.1	0.0575	1.9	0.0179	1.3	0.0070		
6.0							5.3	0.1934	3.4	0.0669	2.1	0.0207	1.4	0.0081		
6.5							5.7	0.2224	3.7	0.0768	2.2	0.0238	1.5	0.0093		
7.0							6.2	0.2536	4.0	0.0874	2.4	0.0271	1.6	0.0106	1.0	0.003
7.5							6.6	0.2858	4.2	0.0985	2.6	0.0305	1.7	0.0119	1.1	0.003
8.0							7.1	0.3203	4.5	0.1103	2.8	0.0341	1.9	0.0133	1.1	0.004
8.5									4.8	0.1225	2.9	0.0378	2.0	0.0148	1.2	0.004
9.0									5.1	0.1354	3.1	0.0418	2.1	0.0163	1.3	0.005
9.5									5.4	0.1488	3.3	0.0459	2.2	0.0179	1.3	0.005
10.0									5.7	0.1629	3.5	0.0501	2.3	0.0196	1.4	0.006
10.5									5.9	0.1774	3.6	0.0546	2.4	0.0213	1.5	0.006
11.0									6.2	0.1925	3.8	0.0592	2.6	0.0231	1.6	0.007
11.5									6.5	0.2081	4.0	0.0640	2.7	0.0250	1.6	0.007
12.0									6.8	0.2243	4.1	0.0689	2.8	0.0269	1.7	0.008
12.5									7.1	0.2411	4.3	0.0741	2.9	0.0289	1.8	0.008
13.0											4.5	0.0793	3.0	0.0309	1.8	0.009
13.5											4.7	0.0848	3.1	0.0330	1.9	0.010
14.0											4.8	0.0904	3.2	0.0351	2.0	0.010
14.5											5.0	0.0960	3.4	0.0374	2.1	0.011
15.0											5.2	0.1019	3.5	0.0396	2.1	0.012
15.5											5.4	0.1079	3.6	0.0420	2.2	0.012
16.0											5.5	0.1142	3.7	0.0444	2.3	0.013
16.5											5.7	0.1206	3.8	0.0469	2.3	0.014
17.0											5.9	0.1270	4.0	0.0494	2.4	0.015
17.5											6.0	0.1337	4.1	0.0519	2.5	0.015
18.0											6.2	0.1406	4.2	0.0545	2.5	0.016
18.5											6.4	0.1474	4.3	0.0573	2.6	0.017
19.0											6.6	0.1546	4.4	0.0599	2.7	0.018
19.5											6.7	0.1620	4.5	0.0628	2.8	0.019
20.0											6.9	0.1693	4.7	0.0657	2.8	0.020
21.0													4.9	0.0715	3.0	0.021
22.0													5.1	0.0776	3.1	0.023
23.0													5.3	0.0839	3.3	0.025
24.0													5.6	0.0905	3.4	0.027
25.0													5.8	0.0973	3.5	0.029
26.0													6.0	0.1043	3.7	0.031
27.0													6.3	0.1150	3.8	0.033
28.0													6.5	0.1188	4.0	0.036
29.0													6.7	0.1264	4.1	0.038
30.0													7.0	0.1344	4.2	0.040
31.0													7.2	0.1422	4.4	0.043

#### 5.4.2.5 21 mbar kullanım basıncında sürtünme kaybı ve gaz akış hızı

Borulardaki sürtünme kaybı ve gaz akış hızı aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$P_2 = P_1 - (13,92 \times L \times Q^{1,82} / D^{4,82}) \quad (5.4)$$

$$\Delta P_R = (P_1 - P_2) \times 1000 \quad (5.5)$$

$$W = 353,677 \times Q / (D^2 \times P_2) \quad (5.6)$$

Bu tür sistemlerde özel direnç kayıpları ve yükseklik farkından doğan kayıp ve kazançlar (5.2) ve (5.3) bağıntıları yardımıyla hesaplanır.

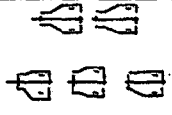






















21 mbar sistemlerde ; borulardaki gereksiz ses ve titreşimleri önlemek için gaz hızı (V), 6 m/s'yi geçmemelidir.

Çizelge 5.3 Doğalgaz debisi,hızı ve boru çaplarına göre çelik borulardaki sürtünme kaybı

Q	DN15		DN20		DN25		DN32		DN40		DN50		DN65		DN80	
	w	PR	w	PR	w	PR	W	PR	w	PR	w	PR	w	PR	W	PR
m <sup>3</sup> /h	m/s	mbar/m	m/s	mbar/m	m/s	mbar/m	M/s	mbar/m	m/s	mbar/m	m/s	mbar/m	m/s	mbar/m	m/s	mbar/m
0,7	1,00	0,0140														
0,8	1,10	0,0155														
0,9	1,30	0,0190														
1,0	1,40	0,0192														
1,1	1,54	0,0220														
1,5	2,10	0,0732	1,10	0,0087												
1,6	2,24	0,0836	1,18	0,0123												
1,8	2,52	0,1046	1,34	0,0196												
2,0	2,80	0,1256	1,50	0,0269												
2,1	2,94	0,1388	1,58	0,0298												
2,4	3,36	0,1784	1,82	0,0377												
2,5	3,60	0,1916	1,90	0,0405	1,20	0,0126										
2,6	3,82	0,2076	1,98	0,0438	1,24	0,0136										
2,8	3,88	0,2396	2,14	0,0504	1,32	0,0156										
3,0	4,10	0,2718	2,30	0,0570	1,40	0,0176										
3,2	4,38	0,3090	2,46	0,0646	1,52	0,0199										
3,4	4,66	0,3464	2,62	0,0723	1,64	0,0222										
3,5	4,80	0,3651	2,70	0,0762	1,70	0,0234										
3,8	5,22	0,4294	2,88	0,0892	1,82	0,0273										
4,0	5,50	0,4723	3,00	0,0980	1,90	0,0299	1,10	0,0074								
4,2			3,16	0,1078	2,02	0,0328	1,14	0,0080								
4,5			3,40	0,1226	2,20	0,0373	1,20	0,0091								
4,8			3,64	0,1388	2,32	0,0421	1,32	0,0103								
5,0			3,80	0,1497	2,40	0,0454	1,40	0,0111	1,00	0,0052						
5,5			4,20	0,1800	2,60	0,0543	1,50	0,0132	1,10	0,0061						
6,0			4,5	0,2127	2,90	0,0640	1,60	0,0155	1,20	0,0072						
6,5			4,90	0,2481	3,10	0,0745	1,80	0,0180	1,30	0,0083						
7,0			5,30	0,2862	3,30	0,0857	1,90	0,0206	1,40	0,0095						
7,5			5,70	0,3270	3,60	0,0978	2,10	0,0235	1,50	0,0108						
8,0					3,80	0,1108	2,20	0,0265	1,60	0,0122	1,00	0,0037				
8,5					4,10	0,1244	2,30	0,0296	1,70	0,0137	1,10	0,0041				
9,0					4,30	0,1388	2,50	0,0330	1,80	0,0152	1,10	0,0046				
9,5					4,50	0,1540	2,60	0,0365	1,90	0,0168	1,20	0,0051				
10,0					4,80	0,1700	2,70	0,0402	2,00	0,0185	1,30	0,0056				
10,5					5,00	0,1867	2,90	0,0441	2,10	0,0202	1,30	0,0061				
11,0					5,30	0,2042	3,00	0,0482	2,20	0,0221	1,40	0,0066				
11,5					5,50	0,2225	3,20	0,0524	2,30	0,0240	1,40	0,0072				
11,8					5,62	0,2339	3,26	0,0560	2,36	0,0252	1,46	0,0075				
12,0					5,70	0,2416	3,30	0,0588	2,40	0,0260	1,50	0,0078				
12,5					6,00	0,2614	3,40	0,0614	2,60	0,0281	1,60	0,0084				
13,0							3,60	0,0663	2,60	0,0302	1,60	0,0090				
13,5							3,70	0,0713	2,70	0,0325	1,70	0,0097				

	DN15		DN20		DN25		DN32		DN40		DN50		DN65		DN80	
14,0							3,80	0,0764	2,80	0,0348	1,80	0,0104				
14,5							4,00	0,0817	2,90	0,0372	1,80	0,0111				
15,0							4,10	0,0872	3,00	0,0396	1,90	0,0118				
15,5							4,30	0,0928	3,10	0,0422	2,00	0,0125				
16,0							4,40	0,0987	3,20	0,0448	2,00	0,0133				
16,5							4,50	0,1047	3,30	0,0475	2,10	0,0141				
17,0							4,70	0,1109	3,40	0,0504	2,10	0,0149				
17,5							4,80	0,1172	3,50	0,0532	2,20	0,0157				
18,0							4,90	0,1238	3,60	0,0562	2,30	0,0166				
18,5							5,10	0,1305	3,70	0,0592	2,30	0,0175	1,40	0,0047	1,00	0,0021
19,0							5,20	0,1374	3,80	0,0623	2,40	0,0184	1,40	0,0049	1,00	0,0022
19,5							5,40	0,1444	3,90	0,0655	2,50	0,0193	1,50	0,0051	1,10	0,0023
20,0							5,50	0,1517	4,00	0,0687	2,50	0,0202	1,50	0,0054	1,10	0,0024
20,5							5,65	0,1592	4,10	0,0720	2,56	0,0212	1,55	0,0056	1,10	0,0025
21,0							5,80	0,1667	4,30	0,0754	2,60	0,0222	1,60	0,0059	1,10	0,0026
21,5									4,40	0,0789	2,70	0,0232	1,60	0,0061	1,15	0,0028
22,0									4,60	0,0825	2,80	0,0242	1,60	0,0064	1,20	0,0029
23,0									4,70	0,0898	2,90	0,0263	1,70	0,0070	1,20	0,0031
23,5									4,80	0,0936	2,95	0,0274	1,75	0,0073	1,26	0,0032
24,0									4,90	0,0975	3,00	0,0285	1,80	0,0076	1,30	0,0034
24,5									5,00	0,1015	3,05	0,0296	1,85	0,0079	1,35	0,0035
25,0									5,10	0,1055	3,10	0,0308	1,90	0,0082	1,40	0,0036
25,5									5,20	0,1096	3,20	0,0320	1,90	0,0085	1,40	0,0037
26,0									5,30	0,1138	3,30	0,0333	1,90	0,0088	1,40	0,0039
26,5									5,40	0,1181	3,30	0,0345	1,95	0,0091	1,45	0,0040
27,0									5,50	0,1224	3,40	0,0358	2,00	0,0094	1,50	0,0042
27,5									5,60	0,1268	3,45	0,0370	2,05	0,0097	1,50	0,0043
28,0									5,70	0,1313	3,50	0,0383	2,10	0,0101	1,50	0,0045
28,5									5,80	0,1359	3,60	0,0396	2,15	0,0104	1,55	0,0046
29,0									5,90	0,1405	3,70	0,0410	2,20	0,0108	1,60	0,0048
29,5											3,75	0,0423	2,20	0,0111	1,60	0,0049
30,0											3,80	0,0437	2,20	0,0155	1,60	0,0051
30,2											3,82	0,0442	2,22	0,0116	1,62	0,0051
31,0											3,90	0,0466	2,30	0,0122	1,70	0,0054
32,0											4,02	0,0490	2,42	0,0130	1,75	0,0058
32,5											4,09	0,0500	2,44	0,0134	1,77	0,0059
33,9											4,28	0,0549	2,53	0,0146	1,85	0,0064
35,0											4,41	0,0580	2,64	0,0154	1,90	0,0068
35,9											4,49	0,0607	2,69	0,0160	1,94	0,0071
37,0											4,62	0,0648	2,74	0,0172	2,00	0,0075
38,0											4,75	0,0674	2,82	0,0179	2,06	0,0079
40,0											5,01	0,0745	2,98	0,0199	2,18	0,0083
42,0											5,26	0,0816	3,15	0,0219	2,26	0,0100
43,0											5,40	0,0853	3,24	0,0227	2,34	0,0109
45,0											5,64	0,0915	3,39	0,0244	2,45	0,0111
46,0											5,75	0,0980	3,45	0,0254	2,50	0,0124
47,0											5,87	0,1040	3,52	0,0266	2,56	0,0126
48,0											6,00	0,1100	3,58	0,0270	2,63	0,0129
50,0													3,68	0,0288	2,68	0,0130
50,9													3,86	0,0316	2,82	0,0141
51,0													3,89	0,0320	2,84	0,0144
55,0													4,14	0,0363	3,00	0,0161
60,0													4,48	0,0428	3,28	0,0188
65,0													4,85	0,0497	3,52	0,0220
70,0													5,21	0,0557	3,82	0,0250
75,0													5,59	0,0658	4,06	0,0285

Çizelge 5.4 Boru ekleme parçalarına ait basınç kayıpları

Sıranos	Semboller	Boru Ekleme Parçaları	Kayıp Değeri
1		Redüksiyon	0.5
2		Deveboynu	0.5
3		Dirsek, 90°	0.4
4		Dirsek, 45°	0.3
5		Dirsek, 90°	1.5
6		Dirsek, 45°	0.7
7		Dirsek, 90°	1.5
8		Te parçası, düz geçiş	0.0
9		Te parçası Düz geçişli Kol ayrımında	0.0 1.3
10		Düz geçişli	0.0
11		Te parçası, bir ağız temizleme için;	1.3
12		Te parçası, bir ağız temizleme için, düz geçiş	0.0
13		Te parçası, zıt akışlı	1.5
14		Te parçası, kol ayrımı	1.3
15		Te parçası, zıt akışlı (iki akış birleşiyor)	1.5
16		^ Düz geçişli Kol ayrımında	0.0 1.3
17		Te parçası, akış iki kola ayrılıyor	1.3
18		u Düz geçişli Kol ayrımında	0.0 1.3
19		Haç parçası Düz akışta	0.0
20		Sürgülüvana	0.5
21		Köşe mushuğu	5.0
22		Musluk	2.0
23		Valf(Ventil)	0.6

Çizelge 5.5 Özel (yerel) basınç kayıpları Z (mbar)

FİTTİNG KAYIP DEĞERLERİ																										
HIZ	0,3	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12	13
1	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
1,1	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
1,2	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	0,044	0,047	0,050	0,054	0,057	0,060	0,064	0,067	0,070	0,074	0,087
1,3	0,0020	0,003	0,007	0,010	0,013	0,017	0,020	0,023	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
1,4	0,0023	0,004	0,008	0,012	0,016	0,019	0,023	0,027	0,031	0,035	0,039	0,043	0,047	0,051	0,054	0,058	0,062	0,066	0,070	0,074	0,078	0,082	0,086	0,089	0,093	0,101
1,5	0,0027	0,004	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	0,071	0,076	0,080	0,085	0,089	0,094	0,098	0,103	0,107	0,116
1,6	0,0030	0,005	0,010	0,015	0,020	0,025	0,030	0,036	0,041	0,046	0,051	0,056	0,061	0,066	0,071	0,076	0,081	0,086	0,091	0,097	0,102	0,107	0,112	0,117	0,122	0,132
1,7	0,0034	0,006	0,011	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	0,120	0,126	0,132	0,138	0,149
1,8	0,0039	0,006	0,013	0,019	0,026	0,032	0,039	0,045	0,051	0,058	0,064	0,071	0,077	0,084	0,090	0,096	0,103	0,109	0,116	0,122	0,129	0,135	0,141	0,148	0,154	0,167
1,9	0,0043	0,007	0,014	0,021	0,029	0,036	0,043	0,050	0,057	0,064	0,072	0,079	0,086	0,093	0,100	0,107	0,115	0,122	0,129	0,136	0,143	0,150	0,158	0,165	0,172	0,186
2	0,0048	0,008	0,016	0,024	0,032	0,040	0,048	0,056	0,064	0,071	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	0,206
2,1	0,0053	0,009	0,018	0,026	0,035	0,044	0,053	0,061	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
2,2	0,0058	0,010	0,019	0,029	0,038	0,048	0,058	0,067	0,077	0,086	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
2,3	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
2,4	0,0069	0,012	0,023	0,034	0,046	0,057	0,069	0,080	0,091	0,103	0,114	0,126	0,137	0,149	0,160	0,172	0,183	0,194	0,206	0,217	0,229	0,240	0,252	0,263	0,274	0,297
2,5	0,0074	0,013	0,025	0,037	0,050	0,062	0,074	0,087	0,099	0,112	0,124	0,136	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
2,6	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
2,7	0,0087	0,014	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	0,260	0,275	0,289	0,304	0,318	0,333	0,347	0,376
2,8	0,0093	0,016	0,031	0,047	0,062	0,078	0,093	0,109	0,124	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	0,373	0,405
2,9	0,0100	0,017	0,033	0,050	0,067	0,083	0,100	0,117	0,134	0,150	0,167	0,184	0,200	0,217	0,234	0,250	0,267	0,284	0,300	0,317	0,334	0,351	0,367	0,384	0,401	0,434
3	0,0107	0,018	0,036	0,054	0,071	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	0,464
3,1	0,0114	0,019	0,038	0,057	0,076	0,095	0,114	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
3,2	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	0,528
3,3	0,0130	0,022	0,043	0,065	0,086	0,108	0,130	0,151	0,173	0,195	0,216	0,238	0,259	0,281	0,303	0,324	0,346	0,367	0,389	0,411	0,432	0,454	0,476	0,497	0,519	0,562
3,4	0,0138	0,023	0,046	0,069	0,092	0,115	0,138	0,161	0,184	0,207	0,229	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
3,5	0,0146	0,024	0,049	0,073	0,097	0,122	0,146	0,170	0,195	0,219	0,243	0,267	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
3,6	0,0154	0,026	0,051	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	0,515	0,540	0,566	0,592	0,617	0,669
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	0,543	0,571	0,598	0,625	0,652	0,707
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
3,9	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	0,392	0,423	0,453	0,483	0,513	0,543	0,574	0,604	0,634	0,664	0,694	0,725	0,785
4	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	0,730	0,762	0,826
4,1	0,0200	0,033	0,067	0,100	0,133	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	0,767	0,801	0,868
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
4,3	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	0,661	0,697	0,734	0,771	0,807	0,844	0,881	0,954
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	0,845	0,884	0,922	0,999
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
4,6	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
4,7	0,0263	0,044	0,088	0,132	0,175	0,219	0,263	0,307	0,351	0,395	0,438	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
4,8	0,0274	0,046	0,091	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	0,777	0,823	0,869	0,915	0,960	1,006	1,052	1,098	1,189
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
5	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

YEREL BASINÇ KAYIPLARI Z (MBAR)

## 5.4.2.6 300mbar kullanım basınçlı sistemler

Orta basınç hesaplamalarında RENOARD formülü kullanılır.

RENOARD;

$$P_1^2 - P_2^2 = 29160 \times L \times Q^{1,82} / D^{4,82}$$

(5.7)

300mbar da gaz hızı için (5.6) bağıntısına başvurulur.

300mbar tesisatlarda ; borulardaki gereksiz ses ve titreşimleri önlemek için gaz hızı (V), 10 m/s'yi geçmemelidir.

#### 5.4.2.7 Ölü hacim hesabı

Kazan tesisatlarında aynı zamanda taş fırnlarda brülörlerin ilk kalkış anlarında ani olarak aşırı gaz çekişini temin ederek servis kutusundaki regülatörün shut-off vanasının atmasını önlemek amacıyla böyle bir hacim hesabı yapılır. Servis kutusundan cihaza kadar (kullanılmışsa ani kapamalı regülatörden cihaza kadar) olan boru hacmi(ölü hacim), 21mbar tesisatlarda, cihaz debisinin 500'de birinden, 300mbar lık tesisatlarda ise cihaz debisinin 1000'de birinden daha düşük olmamalıdır.

Ölü hacim ( $V_0$ ) :

$$V_0 = ((D / 1000)^2 \times \pi / 4) \times L + S / 1000 \quad (5.8)$$

Çizelge 5.6 TS 6047'ye uygun olarak imal edilen doğal gaz borularının iç çapları

Boru tipi	Dış çap (mm)	Et kalınlığı (mm)	İç çap (mm)
DN 15 (1/2")	21,3	2,8	15,7
DN 20 (3/4")	26,7	2,9	20,9
DN 25 (1")	33,4	3,4	26,6
DN 32 (1 1/2")	42,4	3,6	35,2
DN 40 (1 1/4")	48,3	3,7	40,9
DN 50 (2")	60,3	3,9	52,5
DN 65 (2 1/2")	73	5,2	62,6
DN 80 (3")	88,9	5,5	77,9
DN 100 (4")	114,3	6,02	102,26

#### 5.4.2.8 Sayaç hacimleri

Körüklü tip sayaçlardan başka daha yüksek kapasiteli olan Rotary ve türbünlü sayaç tipleride vardır. Bu tip sayaçlarda gazın birikebileceği bir hazne olmadığından , hacimleri ' 0' olarak kabul edilir.



Rotary tip sayaçlarda minimum debi ; sayacın maksimum kapasitesinin 1/20'si kadardır. 300mbar basınçta bu değer 1,3 ile çarpılır.

Çizelge 5.7 Körüklü sayaçlar

Sayaç tipi	Sayaç hacmi (dm <sup>3</sup> )	Max. Debi (m <sup>3</sup> /h) (21mbar)	Max. Debi (m <sup>3</sup> /h) (300mbar)	Min.Debi (m <sup>3</sup> /h) (21-300mbar)
G4	2	6	8	0,04-0,05
G6	5	10	13	0,06-0,08
G10	5	16	21	0,1-0,13
G16	10	25	33	0,16-0,21
G25	21	40	52	0,25-0,33
G40	40	65	85	0,4-0,52
G65	60	100	130	5-6,5

#### 5.4.2.9 Cihaz mahallinin havalandırılması

Kazan dairesi (taş fırın veya yakıcı cihaz mahallinin) havalandırılması için gerekli hava miktarı; teorik yanma havası, hava fazlalığı ve kazan dairesinin havalandırılması için gerekli olan hava miktarının toplamıdır. Kazan dairesi havalandırması, kazan dairesi sıcaklığını ısıtma sezonunda 32 °C'yi aşmayacak şekilde olması göz önüne alınarak yapılmalıdır. (Eğer sistem yaz sezonunda da maksimum kapasiteye yakın değerlerde çalıştırılıyorsa ilave havalandırma gerekmektedir.)

Yanma ve havalandırma için gerekli hava miktarı aşağıda belirtilen üç metottan biri ile sağlanır.

- Alt havalandırma havası tabii olarak alt havalandırma menfezinden sağlanır. Egzost havası da daha küçük boyutlardaki üst havalandırma menfezinden atılır. Bunun için gerekli enerji sıcaklık değişimi ile sağlanır (Tabii havalandırma).
- Taze hava alt menfezlerden fan vasıtası ile sağlanır ve egzost havası yine bir fan vasıtası ile üst menfezlerden atılır. Fanların seçiminde kazan dairesinde pozitif basınç oluşacak şekilde yapılmalıdır. (Cebri havalandırma-1)
- Taze hava alt menfezlerden fan vasıtası ile sağlanır. Egzost havası üst menfezlerden tabii yolla atılır. (Cebri havalandırma-2). Bu yolla yapılan havalandırmada üst havalandırma kesiti tabii havalandırma hesabında kullanılan formül ile belirlenmelidir.

Taze havanın tabii olarak çekilmesi ve egzost havasının fan ile atılması, kazan dairesinde negatif basınç oluşmasına sebep olacağından ve dumanın akış yönünü değiştirebileceğinden dolayı sistem olarak kullanılamaz.

Sıvı yakıtlı kazanların gaz yakıtlı kazanlar ile aynı kazan dairesinde kullanılması durumunda, bu kazanlar da doğal gaz kazanı gibi düşünülmelidir.

Üst ve alt menfezler mümkün olduğu kadar mahallin üst ve alt kısımlarına yerleştirilmelidir.(Üst havalandırma menfezi tavandan en fazla 40 cm aşağıda, alt havalandırma menfezi döşemeden en fazla 50 cm yukarıda olacak şekilde açılmalıdır.) Böylece pratik olarak sistemin çalışması sağlanır ve by-pass (kısa devre) olayı önlenir.

Üst havalandırmanın cebri olarak yapılması gereken yerlerde alt havalandırma da cebri olarak yapılmalıdır. Fanlar kazan dairesinde negatif basınç oluşturmayacak şekilde seçilmelidir.

#### 5.4.2.9.1 Tabii havalandırma

Tabii havalandırmanın yapılabilmesi için alt ve üst menfezlerin dış hava ile direkt temas etmesi sağlanmalıdır. Kazan dairesinin dış hava ile teması sadece üst menfez seviyesinde ise taze hava uygun boyutlarda kanal ile sağlanmalıdır.

Projeye uygun olarak imal edilecek havalandırma menfez ve kanalları galvaniz veya DKP sac olarak yapılmalıdır. DKP sac kullanılması durumunda menfez ve kanallar antipas üzeri yağlı boya ile boyanmalıdır.

Alt havalandırma hesabı (TS 7363)

$$A_a = 540 + (\Sigma Q_{br} - 60) \times 4,5 \quad (5.9)$$

$$\Sigma Q_{br} = \Sigma Q_{kazan} \text{ (kcal/h) } / 860 \quad (5.10)$$

Toplam anma ısı gücü 1000 kw'ın üzerinde olan kazan dairelerinde net kesit hesabı bilinen havalandırma yöntemlerine göre hesaplanmalıdır. (TS 3419) Burada yanma havası ihtiyacı, toplam anma ısı gücünün her kw'ı için 1.6 m<sup>3</sup>/h olacak şekilde hesaplanmalıdır. Menfez üzeri dikdörtgen deliklerde kısa kenar en az 10 mm. olmalıdır. Izgara kafes vb.lerin göz aralıkları

en az 10x10 mm. olmalıdır. Havalandırma için kanatların kullanılması durumunda hesaplamalar TS 7363/Rev. standardı uygulama kuralları dikkate alınmalıdır.

Üst havalandırma hesabı

$$A_u = A_a / 2 \quad (5.11)$$

Net alan, havalandırma menfez kanatları arasında kalan alanları toplamıdır. Kullanılacak havalandırma menfezlerinin boyutları net alanın 1,50 ile çarpılması ile hesaplanır. Tabii havalandırmadaki max. toplam kanal uzunluğu belirlenmelidir. Havalandırma kanallarının maksimum uzunluğu için verilen bu şekil kullanılarak belirlenen hava kanalı boyutu projede belirtilmelidir. Panjur tip menfezler kullanılırsa, çıkan değerler 1,5 ile çarpılır.

#### 5.4.2.9.2 Cebri havalandırma

Tabii havalandırması mümkün olmayan kazan dairelerinin cebri olarak havalandırılması gerekir. Cebri havalandırma için gerekli minimum taze hava ve egzost gazı miktarları hesaplanır. Çıkan miktarlara uygun fan seçimi yapılır. Dikkat edilmesi gereken en önemli husus kazan dairesinde negatif basınç oluşturulmamasıdır.

Üflemeli brülörler için;

$$Q_h = f \times Q_{br} \times 3,6 \quad (5.12)$$

f : Katsayı

Alt havalandırma (taze hava) için, f =0,9

Üst havalandırma (egzost havası) için, f =0,6

Atmosferik yakıclı cihazlar için

$$Q_h = f \times Q_c \times 3,6 \quad (5.13)$$

Alt havalandırma (taze hava) için, f =1,1

Üst havalandırma (egzost havası) için, f =0,45

Cebri havalandırmada, hava kanlında ; hava akış hızı 5 m/s'den az ve 10 m/s'den fazla olmamalıdır.

Hava akış hızı (V<sub>Hava</sub>) ;

$$V_{\text{hava}} = Q_h / (F \times 3600) \quad (5.14)$$

#### 5.4.2.10 Yakıt miktarı

$$B = Q_y / (H_u \times \eta) \quad (5.15)$$

H<sub>u</sub> : Yakıtın alt ısı değeri.(kcal/m<sup>3</sup>), Doğal gaz için 8250 kcal/m<sup>3</sup> tür.

$\eta$  : Verim (%), doğal gazlı yakıcılar için %90 ile %93 arasında alınır.

#### 5.4.2.11 Boru Destekleri

- Kelepçeler plastik dübel ve çelik bağlantı elemanları ile tutturulacaktır.
- Boru dirsek dönüşlerinde mutlaka kelepçe kullanılacaktır.
- Brülör gaz emniyet hattı sabit bir mesnet ile desteklenecektir.
- Kelepçeler fittings malzemelerine ve bağlantı noktalarına bağlanmayacaktır.
- Kullanılacak kelepçelerin boru çaplarına göre mesafeleri için Boru kelepçeler mesafesi Çizelge 5.8 deki değerlerden yararlanılacaktır.

#### 5.4.2.12 Sayaç, filtre ve regülatör montajı

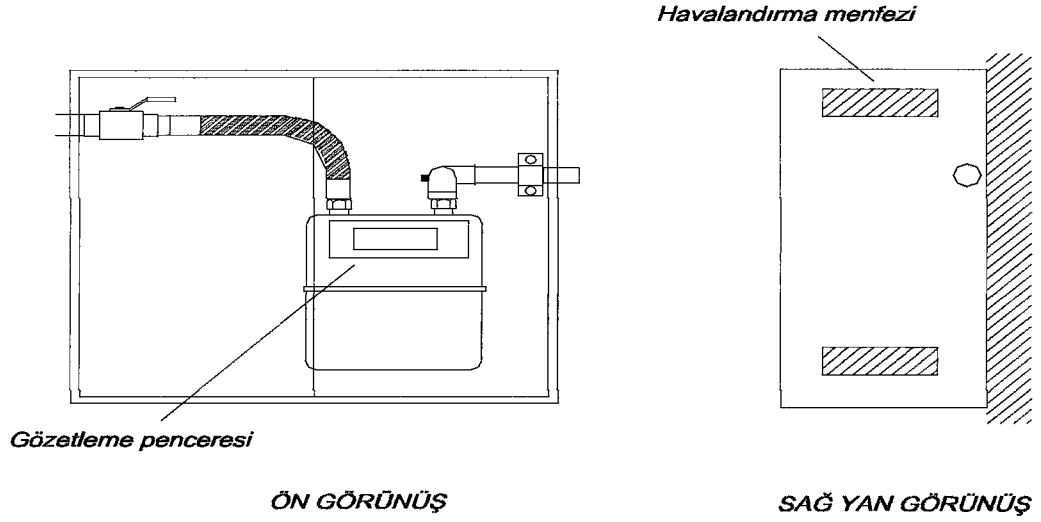
Sayaçlar TS 5477 ve TS 5910'a regülatörler TS 10624'e, Filtreler TS 10276'ya, küresel vanalar TS 9809'a uygun olmalıdır. Sayaçlar ve sayaç hattı elemanları havalandırılan nemsiz, dış etkenlere karşı korunmuş, endeksi kolay okunabilir, bakım ve değiştirilmesine imkan veren bir yere konulmalıdır. Duvara monte edilen sayaçlar uygun konsollar üzerine, kolay okunabilir bir yüksekliğe yerleştirilmelidir. Sayacın bina dışına konulması durumunda sayaç ve sayaç hattı elemanları korozyona dayanıklı malzemeden yapılmış bir koruyucu muhafaza içine alınmalıdır. Muhafaza kutusu tabii havalanmayı sağlayacak şekilde imal edilmelidir.

Çizelge 5.8 Boru kelepçeleri mesafesi

BORU ÇAPI	YATAY	DÜŞEY
1/2"	2,0 m.	2.5 m.
3/4"	2,5 m.	3,0 m.
1"	2,5 m.	3,0 m.
1 1/4"	2,7 m.	3,0 m.
1 1/2"	3,0 m.	3,5 m.
2"	3,0 m.	3,5 m.
2 1/2"	3,0 m.	3,5 m.
3"	3,0 m.	3,5 m.
4"	3,0 m.	3,5 m.
6"	5,5 m.	7,5 m.
8"	6,0 m.	8,5 m.

Sayaç, filtre ve regülatör montajında aşağıdaki hususlara riayet edilmelidir.

- Elektrik sayacı, anahtar, priz, buat, elektrikle çalışan aletler ve elektrik kablolarından, sıcaksu borularından minimum 15 cm. mesafede olmalıdır.
- Kazan dairesi içine montaj yapılmamalıdır.
- Baca duvarlarına monte edilmemelidir.
- G 25 ve daha küçük kapasitedeki körüklü tip sayaçlar duvara konsol ile monte edilecektir. G 40 ve daha büyük kapasiteli sayaç seçiminde rotary ve türbünlü sayaçlar kullanılmalıdır.
- Dişli bağlantılı (rotary ve türbinli tip sayaçlar hariç) sayaçların sayaç girişinde flexible bağlantı yapılacaktır. Daha büyük tip sayaçlarda flanşlı bağlantı yapılmalıdır.
- Sayaç öncesinde gaz açma kapama amacı ile TS 9809 ve ilgili standartlara uygun küresel vana kullanılmalıdır.
- Rotary ve türbin tipli sayaçlar öncesine gözenek çapı 50 mikronluk filtre konulmalıdır.
- Dişli bağlantılarda sızdırmazlık macunu (TS 10943, TS 10944), flanşlı bağlantılarda uygun sızdırmazlık contaları kullanılmalıdır.
- Filtre ve regülatörler; kolayca sökülüp takılabilir, temizlenebilir ve ölçüm yapılabilir konumda monte edilmelidir.
- Vanalar kolay müdahale edilebilir ve açılıp kapanabilir konumda monte edilmelidir.

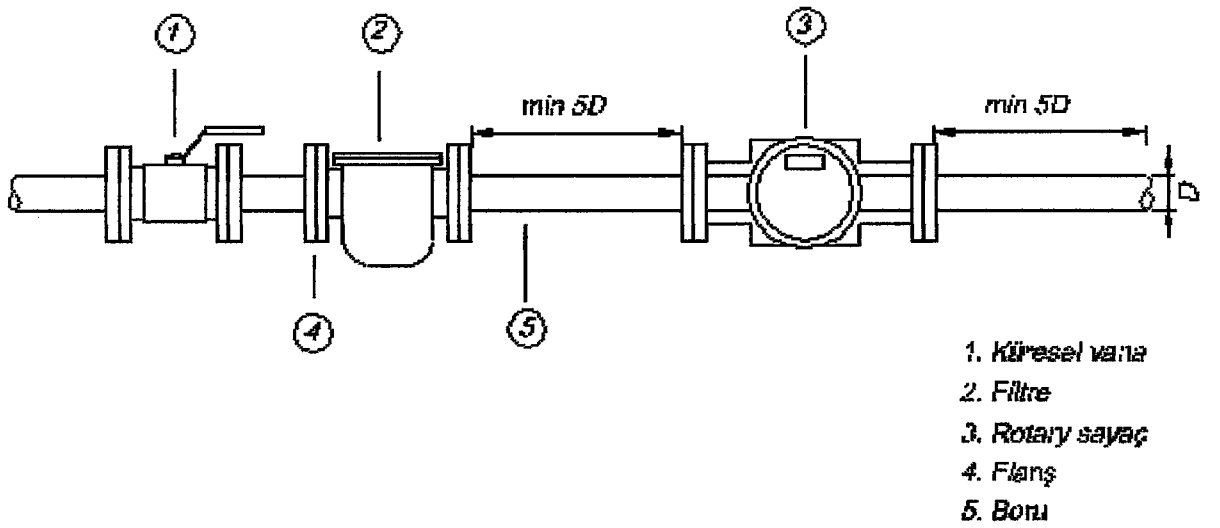


**NOT:** Kutu ebatları sayacın büyüklüğüne göre belirlenmelidir.

Kutu korozyona dayanıklı yanmaz malzemeden olmalıdır.

Kutuda kilitle kapak kullanılacak ise sayaç vanası kutu dışında kalmalı ve sayaç okuması için gözetleme penceresi bulunmalıdır.

Şekil 5.2 Bina dışındaki sayaçlar için muhafaza



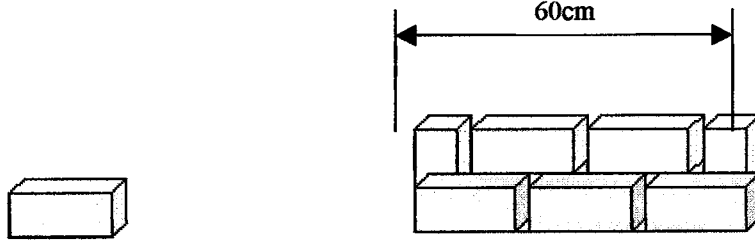
Şekil 5.3 Rotary sayaç bağlantısı

## 5.5 Doğal gaz kullanan mevcut Taş fırınların yapısal durumu

Bu kısımda mevcut taş fırınların inşaatı ve yapısal değerleri hakkında bilgiler verilecektir.

### 5.5.1 Taş fırınların duvar yapısı

Bir taş fırının yapımında 20x10x6 cm ölçülerinde ateş tuğlası, çimento, kireç ve kum kullanılmaktadır.



Şekil 5.4 Ateş tuğlası ve duvar yapılıırken tuğlaların dizilişi

Saatte 750 ekmek üreten bir taş fırında ortalama 11000-12000 adet ateş tuğlası kullanılmaktadır. Duvar kalınlığı Şekil 5.4 deki tuğla dizim şekliyle 60 cm olarak inşa edilmektedir.

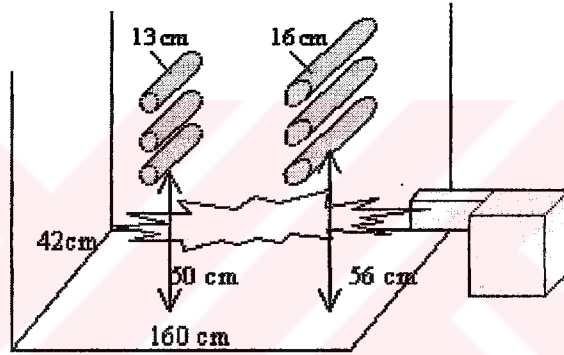
Tuğla dizimi mevcut taş fırınlarda 60 cm nin altında yapıldığı zaman taş fırın duvarlarında çalışma esnasında çatlaklara sebep olduğu tecrübelerden çıkarılmış sonuçlardır. Taş fırının mukavemeti açısından mevcutlarda bu duvar kalınlığı esas alınmıştır. Taş fırın duvarları etrafına çelik kuşak atılmaktadır. Fırının ekmek pişirme gözlerinin kapakları kapatıldığında içeriye kapakların arkasından 15-20sn lik bir zamanda 20atü lük bir basınçlı buhar ekmeklerin üzerine gönderilmektedir. Bu basınç fırının üzerindeki tahliye noktalarından boşalmaktadır.

### 5.5.2 Ocak (cehennemlik ) bölümü

Taş fırının ocak (cehennemlik) kısmı ateş tuğlalarıyla 60 cm lik duvar kalınlığı esasıyla 42x160x250 cm ölçülerinde yapılmaktadır.

Ocak bölümüne ekmek pişirilen gözlerin ısıtılmasında kullanılan TS 8844 CE ye uygun dikişsiz ısı transfer boruları Şekil 5.5 deki gibi yerleştirilmektedir. Isı transferi için kullanılan dikişsiz çekme borular 750 adet/saat ekmek kapasiteli bir fırında 15m/fırın gözü boyunda döşenmektedir. Borular  $\Phi 35 \times 5$  ölçüsündedir. Dönüşlerde soğuk bükme yapılmaktadır.

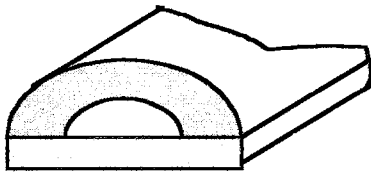
Boruların içerisinde genelde su ve yağ kullanılır. Nadiren civa da kullanılmaktadır. Farklı sıvıların kullanılması ısı transfer katsayıları ile ilgilidir. Boruların alev ile temas ölçüleri değişkenlik arz etmektedir. Alev'in konik yapısından dolayı alevin en sıcak çekirdek kısmına yakın bölgedeki ilk sıradaki borular 16 cm lik kısmı ve 56 cm yüksekliğe yerleştirilmektedir. Alev den uzaklaştıkça ve gözlerin sıralamasına göre boru yükseklik ve mesafeleride değişmektedir. Birinci gözün üst kısmındaki borunun 25 cm lik kısmı, ikinci gözün taban kısmındaki boru demeti 30cm lik kısmı ve ikinci gözün tavan kısmındaki boru demeti ise 40 cm lik kısmı alev ile temas edecek şekilde yerleştirilmektedir. Bu borular direk alev ile temasta oldukları için tamamen deneme yanılma, 40-50 yıllık tecrübelerle ve kullanım ömrüne göre elde edilen tecrübeler ışığında belli aralıklarda yerleştirilerek dizayn edilmektedir.



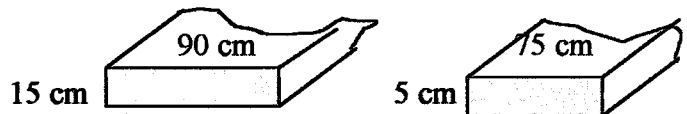
Şekil 5.5 Temsili bir taş fırının cehennemlik bölümü

### 5.5.3 Baca ve duman kanalı

Bacalar Şekil 5.6 deki gibi kemer şeklinde imal edilmektedir. Mukavemet açısından dikdörtgen bacalar Şekil 5.7 tercih edilmemektedir. Bacalar ateş tuğlalarıyla klasik yöntem ile örülerek yapılmaktadır.



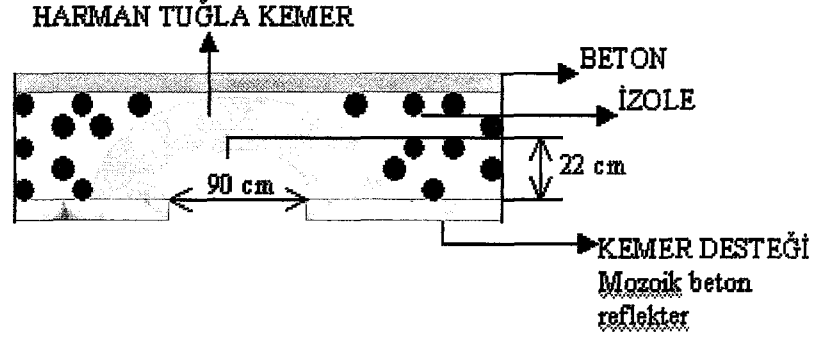
Şekil 5.6 Kemer baca



Şekil 5.7 Dikdörtgen baca



Baca kısmı kemer şeklinde harman tuğla ile örülerek , baca ağız kısmı 90 cm genişliğinde 22 cm yüksekliğinde yapılarak, ayrıca üst kısmına ise beton atılarak Şekil.5.8. görüldüğü üzere inşa edilmektedir.



Şekil 5.8 Kemer baca detayı

Baca temizleme kapağı ve herhangi bir otomatik kontrol sistemi bulunmadığından ısı kaçığını önlemek üzere tamamen elle açıp-kapama yapmak üzere 35x35 cm kare damper kapağı bulunmaktadır. Sistem de daha önce katı yakıt kullanıldığından ( odun ) , taş fırının bir çok noktasında temizleme kapakları bulunmaktadır. Bu kapaklar doğal gaz geçişi esnasında ve hali hazır mevcut durumda da iptal edilmiş değildir. Dolayısıyla bu temizleme kapaklarından taş fırının duman kanallarına ve baca kısmına hatta cehennemlik dediğimiz ocak bölümüne hava (oksijen v.b) girmekte ve sirkülasyona sebep olmaktadır. Bu sirkülasyon neticesinde yanma hücrelerinde , duman kanallarında ve baca kısmında yapmış olduğumuz ölçümlerde %18-%20 aralığında oksijen miktarı tespit edilmiştir.Bu oranlar oksijen miktarının dış ortamdaki oksijen miktarıyla yaklaşık olarak aynı mertebede olduğunu göstermektedir. Bu durum sistemin yanma verimini ve genel verimini son derece menfi yönde etkilemektedir. Bu durum ileri bölümlerde rakamsal verilerle daha detaylı anlatılacaktır.

Duman kanalının (bağlantı kanalı) 10-12m lik oldukça uzun mesafeli olarak inşaa edilmesi bazı problemlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Taş fırınlarda kullanılan brülörlerin ön süpürme zamanının bu mesafedeki egzoz gazlarının tahliyesine yetmediği tespit edilmiştir. Ön süpürmenin yetersiz olması, zaten bir takım nedenlerden dolayı tam yanmanın gerçekleşmediği bir ortamda, yanmamış gazların bulunduğu ve yanma odasının geometrisinin köşeli olması ve bu köşelerde birikebilecek yanmamış, fakat hava yakıt



dirseklerden kaçınılmalıdır. 90° lik her bir dirsek 1 m. kabul edilir. Baca çıkış noktalarında baca şapkası kullanılmalıdır.

Bacalarda kullanılacak malzemeler;

- Genel Yapı Çelikleri: 300 °C baca sıcaklığına kadar (ısı yalıtım malzemesi olarak cam yünü veya taş yünü kullanılabilir);
- Sıcağa dayanıklı çelikler: 450 °C baca sıcaklığına kadar (ısı yalıtım malzemesi olarak taş yünü kullanılmalıdır);
- Paslanmaz çelikler: 550 °C baca sıcaklığına kadar; (ısı yalıtım malzemesi olarak taş yünü kullanılmalıdır.)

Taşıyıcı boru, dahili boru, atık gaz borusu ve aksamalarının malzemesi olarak kullanılır. Bu malzemelerin seçiminde, mekanik özelliklerin sıcaklığa bağlı olarak değiştiği dikkate alınmalıdır. Bacalar korozyona karşı korunmuş olmalıdır. Bacalarda atık gazlardan dolayı oluşabilecek korozyona karşı; uygun malzeme seçilmeli, kaplama, dış örtü ve sac kalınlığına korozyon zammı ilave edilerek boyutlandırma yapılmalıdır.

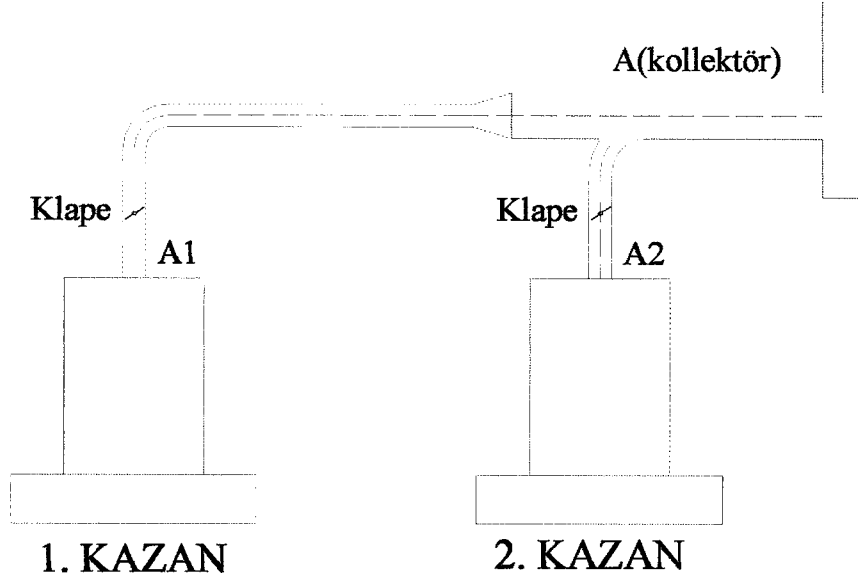
Tercihen her taş fırın veya kazan ayrı bacaya bağlanmalıdır. Zorunlu durumlarda en fazla iki taş fırın veya kazan ortak bir ekleme parçası (kollektör) ile bir bacaya bağlanmalı ve ekleme parçasının kesit alanı, duman kanalı kesit alanlarının toplamının % 80' ini sağlamalıdır. Cihazlar sürekli olarak eş zamanlı çalışmayacak ise bu tür bir baca bağlantısı tercih edilmemelidir.

İki yakma cihazının bir ortak ekleme parçası ile bir bacaya bağlanması durumunda;

- Oksiplot sistemi
- Akış sigortası (sensör)
- Kapatma tertibatı (klape) kullanılmalıdır.

$$A_{\text{Kollektör}} = (A_1 + A_2) \times 0.8$$

(5.16)



Şekil 5.10 İki kazanın ortak bir bacaya bağlanması

İkiden fazla kazanın aynı bacaya bağlanması ancak *fanlı baca sistemi* ile mümkündür. Mevcut baca kesitlerinin hesaplanan kesitten büyük olması durumunda, mevcut baca içerisinden paslanmaz çelik baca geçirilerek baca kesiti uygun hale getirilmelidir. Mevcut baca içine çelik baca geçirilmesi durumunda da baca ısı yalıtımı sağlanmalıdır. Çelikten yapılan ve dış ortamda bulunan bacalar çift cidarlı ve ısı yalıtımı sağlanmış olmalıdır.

Çelik bacalarda mutlaka baca topraklaması ve drenajı yapılmalıdır. Baca gazı analizi yapılabilmesi için test noktası bırakılmalıdır.

#### 5.5.4.1 Bacaların Boyutlandırılması

Bir bacanın boyutları; duman gazı miktarı, sıcaklığı, dış ortam sıcaklığı, cihaz çalışma süresi, baca yüksekliği ve yükü (rüzgar, ısı yük, basınç yükleri, mesnetlenme şartlarının muhtemel değişimlerinden meydana gelen yükler, depremi dikkate alan özel yükler, darbe neticesi meydana gelen düzensiz yükler v.b.) gibi değişkenlere bağlıdır.

Boyutlandırma hesapları ilgili standart olan TS 2165' e (DIN 4705) uygun olarak yapılmalıdır.

Baca hesabı ile ilgili geniş bilgi DIN 4705 de ve TS 2165 ile TS 11389 'da mevcuttur.

Bacanın boyutlandırılmasında gerekli olan ana veriler şunlardır ;

- Yakıt cinsi
- Kazan ve brülör özellikleri
- Deniz seviyesinden jeodezik yükseklik
- Baca gazı miktarı
- Baca gazının kazandan çıkış sıcaklığı
- Kazanın bulunduğu hacime giden havanın , kazanın ve bağlantı parçalarının gerekli üfleme basınçları
- Bağlantı parçasının konstrüksiyonu ve uzunluğu
- Baca malzemesi, konstrüksiyonu ve yüksekliği

#### 5.5.4.2. Hesaplar İçin Ana Değerler

Dış Hava Basıncı (N/ m<sup>2</sup>) :  $p_L$

$$p_L = p_{L0} \times e^{(-g \cdot Z) / (R_L \cdot T_L)} - 4300 \quad (5.17)$$

$p_{L0}$  = deniz seviyesindeki dış hava basıncı  
= 101320 Pa / 15°C

$g$  = yer çekimi ivmesi 9,81 m/s<sup>2</sup>

$R_L$  = havanın gaz sabiti J/kg K  
= 287 J/kg K alınacaktır.

$T_L$  = dış hava sıcaklığı  
( 15°C alınacaktır =>  $T_L=288$  K )

$Z$  = jeodezik yükseklik ( m )

4300 = dış hava basıncının hava şartlarına bağlı olarak dalgalanmasını karşılamak üzere bir sayıdır. (Pa)

Pratikte yaklaşık Çizelge 5.9'deki değerler alınır.

Dış Hava Sıcaklığı (K) :  $T_L$

$$T_L = 273 + T(^{\circ}\text{C}) \quad (5.18)$$

Dış Hava Yoğunluğu ( kg/m<sup>3</sup>) :

$\rho_L$

$$\rho_L = p_L / 287 \times T_L$$

(5.19)

Çizelge 5.9 Yüksekliğe karşılık pratik hava basınç değerleri

Yükseklik	Alınan değer
0 m	97000 N/m <sup>2</sup>
200 m	94500 N/ m <sup>2</sup>
400 m	92000 N/ m <sup>2</sup>
600 m	90000 N/ m <sup>2</sup>
800 m	88000 N/ m <sup>2</sup>

Atık Gaz Sabiti (J/kg K) :

$R_G$

$R_G$  : 290 (fuel-oil) ;

$R_G$  : 300 ( doğalgaz )

Atık Gaz Özgül Isısı (J/kg K) :

$C_P$

$C_P$  : 1050 ( fuel-oil- 200 °C için )

$C_P$  : 1100 (doğalgaz 200 °C için )

Akış Emniyet Sayısı :

$S_E$

$S_E$  : 1,5

#### 5.5.4.2.1 Hesaplamalar

A.) Atık Gaz Debisi :

$\dot{m}$

Tanımlar ;

$P_w$  : Isı kaynağı için gerekli akma basıncı Pa

$\dot{m}$  : Atık gaz miktarı (kg/s)

$\sigma(\text{CO}_2)$  : Karbondioksitin hacimsel miktarı (%)

$Q_N$  : Kazan kapasitesi (kW)

$\eta_w$  : Kazan verimi

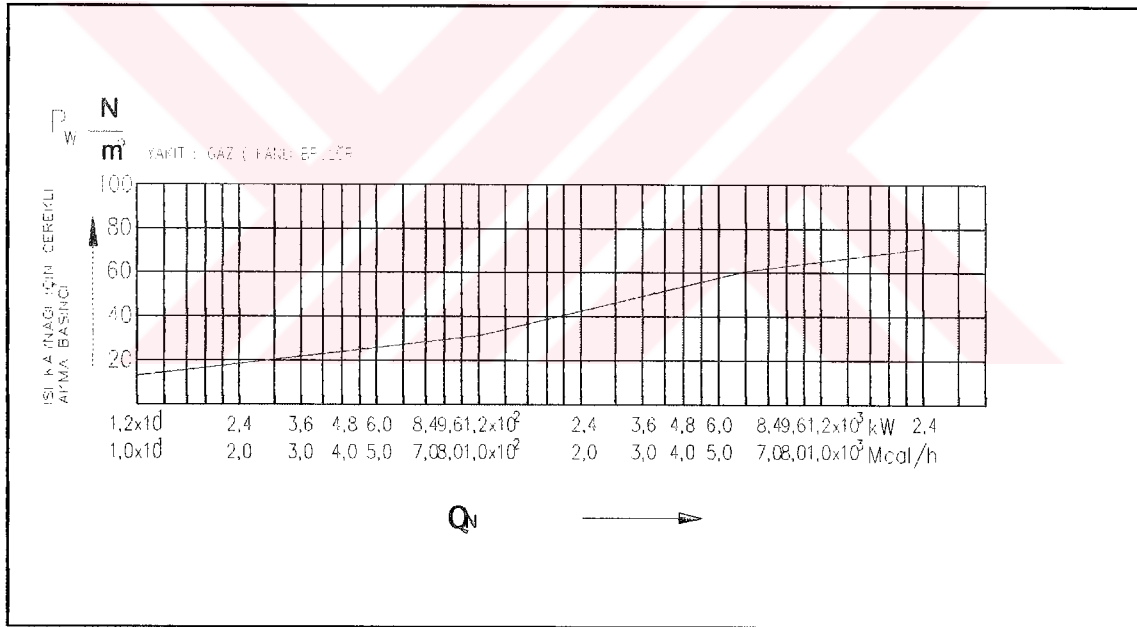
Çizelge 5.10: TS 4040 ve TS 4041'e uygun kazanlar için esas değerler

Yakıtın Cinsi	$P_w$ , $\eta_w$ ve $\sigma(\text{CO}_2)$ için formüller		
Taş Kömürü	$P_w = 15 \cdot \log Q_N$	için (Pa)	$Q_N \leq 100 \text{ kW}$
Linyit briketi	$P_w = -70 + 50 \cdot \log Q_N$	için (Pa)	$100 \text{ kW} < Q_N \leq 1000 \text{ kW}$
	$P_w = 80 \text{ Pa}$		$Q_N > 1000 \text{ kW}$
	$\eta_w = 68,65 + 4,35 \cdot \log Q_N$	için (%)	$Q_N \leq 2000 \text{ kW}$
	$\sigma(\text{CO}_2) = 9,5 \%$	İçin	$Q_N \leq 100 \text{ kW}$
	$\sigma(\text{CO}_2) = 4,1 + 2,7 \cdot \log Q_N$	için (%)	$100 \text{ kW} < Q_N \leq 2000 \text{ kW}$
Odun (%23,1 nemli)	$P_w = 15 \cdot \log Q_N$	için (Pa)	$Q_N \leq 50 \text{ kW}$
	$P_w = 27 + 13 \cdot \log Q_N$	için (Pa)	Özel kazanlar için $100 \text{ kW} < Q_N \leq 350 \text{ kW}$
	$\eta_w = 51,6 + 8,74 \cdot \log Q_N$	için (%)	$Q_N \leq 1000 \text{ kW}$
	$\sigma(\text{CO}_2) = 8,0 \%$	için	$Q_N \leq 10 \text{ kW}$
	$\sigma(\text{CO}_2) = 6,0 + 2,0 \cdot \log Q_N$	için (%)	$10 \text{ kW} < Q_N \leq 1000 \text{ kW}$
(üflemlü ve üflemsiz brülörlü)	$P_w = 15 \cdot \log Q_N$	için (Pa)	$Q_N \leq 100 \text{ kW}$
	$P_w = -47 + 38,5 \cdot \log Q_N$	için (Pa)	$Q_N > 100 \text{ kW}$
Yağ yakıt ve Gaz yakıt	$\eta_w = 85,0 + 1,0 \cdot \log Q_N$	için (%)	$Q_N \leq 1000 \text{ kW}$
	$\eta_w = 88\%$	İçin	$Q_N > 1000 \text{ kW}$
	$f_{x1}$		
	$\sigma(\text{CO}_2) = 1 - f_{x2} \cdot \log Q_N$	için (%)	$Q_N \leq 100 \text{ kW}$
	$\sigma(\text{CO}_2) = f_{x3}$	için (%)	$Q_N > 100 \text{ kW}$

Çizelge 5.11 Yağ yakıt ve gaz brülörlerinde  $\sigma(\text{CO}_2)$  'in tayini için  $f_{x1}$ ,  $f_{x2}$ ,  $f_{x3}$  değerleri

Yakıtın Cinsi	Üfleme Brülörlü			Üflemesiz Brülörlü *		
	$f_{x1}$	$f_{x2}$	$f_{x3}$	$f_{x1}$	$f_{x2}$	$f_{x3}$
Yağ yakıt	11,2	0,076	13,2	-	-	-
Doğalgaz	8,6	0,078	10,2	5,1	0,075	6,0
Hava gaz (Berlin)	8,5	0,079	10,1	4,9	0,078	5,8
Hava gaz (GSP Lch)	8,9	0,076	10,5	5,2	0,074	6,1
Likit petrol gazı (LPG)	10	0,080	11,9	5,9	0,079	7,0

\*) Akış emniyet tertibatının arkasındaki değerlerdir.



Şekil 5.11 Kazan kapasitesi ile ısı kaynağı için gerekli akma (karşı) basıncı grafiği

Atık gaz miktarını kapasiteye, yakıt cinsine ve  $\text{CO}_2$  yüzdesine göre Şekil 5.12'deki grafikten hesaplanır.

#### 5.5.4.2.2 Geçici kesitin hesaplanması : $A'$

Tanımlar ;  $A'$  : Geçici kesit ( $\text{m}^2$ ) - Şekil 5.13'den bulunur.

$$A' = \frac{\pi \times D_h^2}{4} \Rightarrow D_h = \sqrt{\frac{4xA'}{\pi}} \quad (5.20)$$



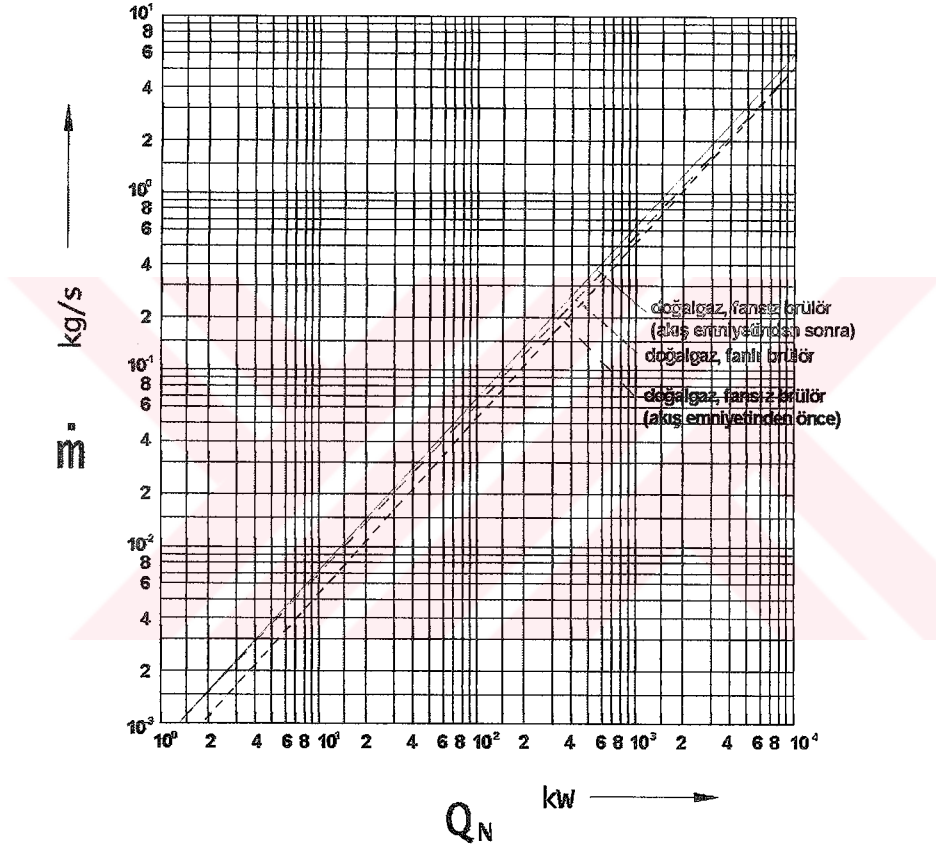
Bulunan kesit değerinden  $D_h$  (çap) hesaplanarak standart çaplardan en yakın büyük çap seçilir.

### 5.5.4.2.3 Bacadaki Ortalama Atık Gaz Hızı (w)

w : Ortalama hız değeri ( m/s ) [  $w_{\min} = 0,5 \text{ m/s}$  ]

$\rho$  : Yoğunluk =  $0,7 \text{ kg/m}^3$

$$A' = m / (w \times \rho) \quad \Rightarrow \quad w = m / (A' \times \rho) \quad (5.21)$$



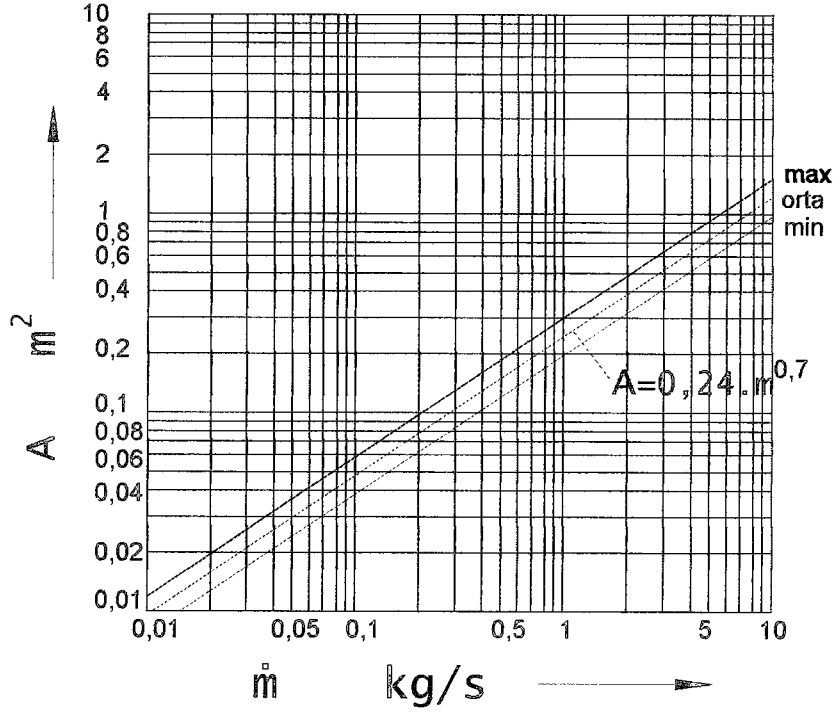
Şekil 5.12 Atık gaz miktarının kazan kapasitesi ile ilgili bağıntı grafiği.

### 5.5.4.2.4 Isı Geçiş Katsayısı ( $K_b$ ) :

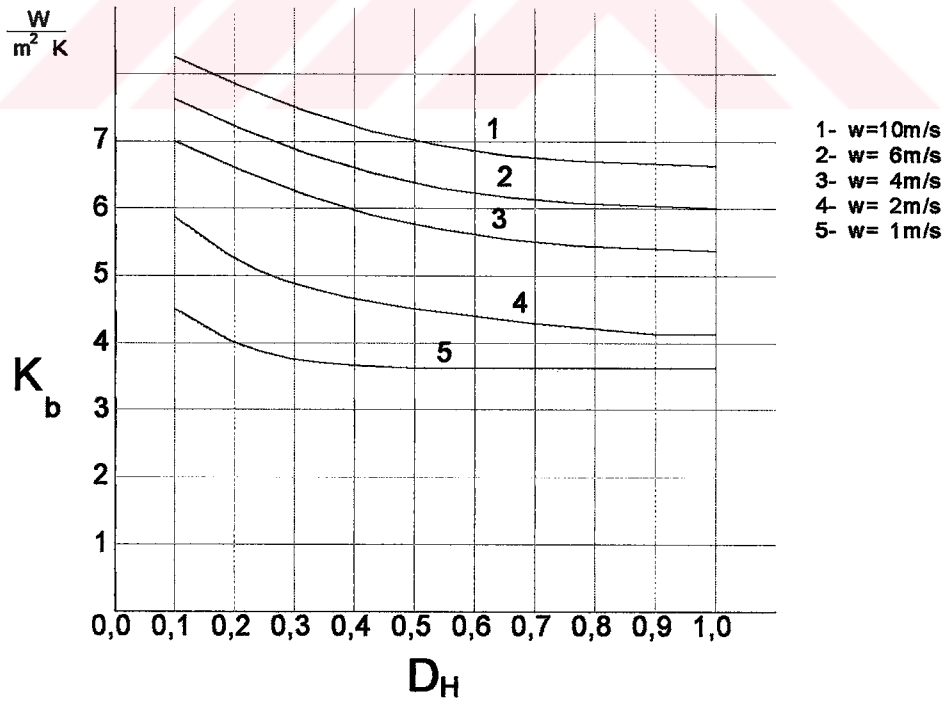
Şekil 5.14 ve Şekil 5.15'den izolasyonu yapılmamış bacalarda ve izolasyonlu bacalardaki birim alandaki ısı geçiş katsayıları çapa ve hız değişimine göre bulunabilir.

### 5.5.4.2.5 Soğutma Sayısı ( $K_s$ )

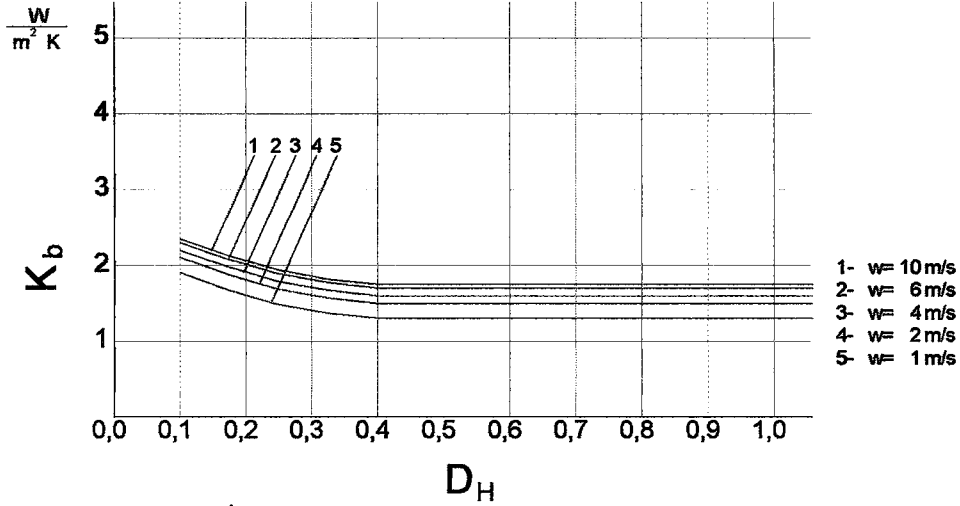
$$K_s = (U \times HL \times K_b) / \dot{m} \times C_p \quad (5.22)$$



Şekil 5.13 Geçici kesitin bulunması.



Şekil 5.14 İzolasyonsuz bacalar için ısı geçiş katsayısının tespit grafiği



Şekil 5.15 İzolasyonlu bacalarda ısı geçiş katsayılarının tespit grafiği

#### 5.5.4.2.6 Atık Gazın Ortalama Sıcaklığı ( $^{\circ}\text{K}$ ) ( $T_m$ )

$$T_e = T_L + (T_w - T_L) \times e^{-K_s} \quad (5.23)$$

$$T_m = (T_L + ((T_e - T_L) / K_s) \times (1 - e^{-K_s})) \quad (5.24)$$

#### 5.5.4.2.7. Atık Gazın Ortalama Yoğunluğu ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) : $\rho_m$

$$\rho_m = p_L / (R_G \times T_m) \quad (5.25)$$

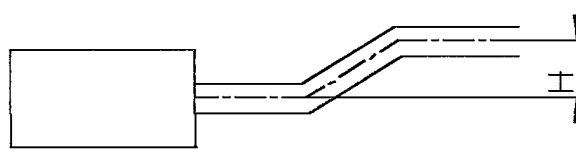
#### 5.5.4.2.8 Atık Gazın Ortalama Hızı ( $\text{m}/\text{sn}$ ) : $w_m$

$$A' : \text{ Kesit } (\text{m}^2)$$

$$w_m = \dot{m} / A' \times \rho_m \quad (5.26)$$

#### 5.5.4.2.9 Atık Gaz Kanalı Statik Basıncı ( $P_{Hv}$ ) (Pa) :

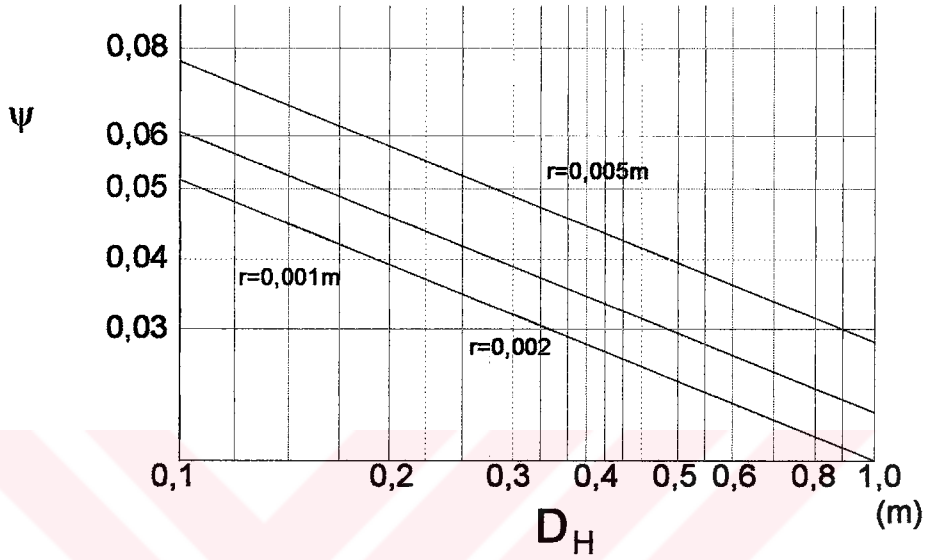
$$P_{Hv} = H \times g \times (\rho_L - \rho_m) \quad (5.27)$$



Şekil 5.16 Atık gaz kanalı yataydaki yer değişimin yüksekliği

#### 5.5.4.2.10 Sürtünme Katsayısı: $\psi$

Paslanmaz çelik bacalarda bağıl pürüzlülük 0,001 civarındadır. Buna göre sürtünme sayısı Şekil 5.17'den bulunabilir.



Şekil 5.17 Çapa göre sürtünme sayısının değişimi

#### 5.5.4.2.11 Atık Gaz Kanalı Direnç Hesabı ( $\sum \zeta$ ), Şekil Sürtünme Basıncı ( $P_{EV}$ )

Tanımlar: Duman kanalı uzunluğu :  $L_V$  (Açındırılmış – m)

Çizelge 5.12' de baca sisteminde kullanılan elemanlara göre direnç katsayıları verilmektedir.

Bu katsayılar toplanarak sistemin oluşturacağı toplam direnç hesaplanır.

Buna göre basınç hesabı ; (Burada hız değişiminin olmadığı varsayılmıştır.)

$$P_{EV} = ((\psi \times (L_V / D_H) + \sum \zeta) \times (\rho_m \times w_m^2 / 2)) \quad (5.28)$$

Duman kanalı direnç basıncı (Pa):

$$P_{RV} = S_E \times P_{EV} \quad (5.29)$$

Duman kanalı gerekli üfleme basıncı:

$$P_{FV} = P_{RV} - P_{HV} \quad (5.30)$$

Çizelge 5.12 Baca sisteminde kullanılan elemanların direnç katsayıları

Ölçü	Sürtünme Dirençleri		Ölçü	Sürtünme Dirençleri	
	Ölçü	Sürtünme Dirençleri		Ölçü	Sürtünme Dirençleri
	Açı		A2/A1		
	15°	0,1	0	1	
	30°	0,2	0,2	0,7	
	45°	0,4	0,4	0,4	
	Açı		0,6	0,2	
	60°	0,7	0,8	0,1	
	90°	0,9	1	0	
	Açı		Açı		
	45°	0,45	30°	0,02	
	60°	0,6	45°	0,04	
	90°	0,9	60°	0,07	
	A1/A2		H/gD		
	0,4	0,33	0,5	1,5	
	0,6	0,25	1	1	
	0,8	0,15			

#### 5.5.4.2.12 Bacaya Girişte Gerekli Atmosfer Altı Basınç(Vakum) ( $P_{ZE}$ ) (Pa) :

Tanımlar:  $P_L$ : Brülör için gerekli yanma havası basıncı - Pa

Pratikte ; atmosferik brülörlü ve katı yakıtlı kazanlarda havalandırılmalı mekan ise 3 Pa , havalandırmasız mekanlarda 4 Pa olarak alınır.

Karşı basınçlı – atmosfer üst basınçlı – kazanlarda  $P_L = 0$  alınır.

$$P_{ZE} = P_W + P_{FV} + P_L \quad (5.31)$$

#### 5.5.4.2.13 Atık Gazın Statik Basıncı ( $P_H$ )

$$P_H = H_B \times g \times (\rho_L - \rho_m) \quad (5.32)$$

#### 5.5.4.2.14 Baca Direnç Hesabı ( $\sum \zeta$ ), Sürtünme Basıncı ( $P_R$ )

Çizelge 5.12 de baca sisteminde kullanılan elemanlara göre direnç katsayıları verilmektedir. Bu katsayılar toplanarak sistemin oluşturacağı toplam direnç hesaplanır.

Buna göre basınç hesabı ;

$$P_E = ((\psi \times (H_B / D_H) + \sum \zeta) \times (\rho_m \times w_m^2 / 2)) \quad (5.32)$$

$$P_R = S_E \times P_E \quad (5.33)$$

### 5.5.4.2.15 Bacaaya Girişte Gerekli Atmosfer Altı Basıncın Kontrolü

$$P_Z = P_H - P_R \quad (5.35)$$

SONUÇ:  $P_Z - P_{ZE} > 0$  şartını sağlayan baca çapı uygundur.

DIN 4705'e göre baca boyutlandırılması hesaplarında cihazlara ait gerekli teknik değerler (baca gazı sıcaklığı, cihaz baca çıkış çapı, cihaz verimi v.b.) üretici firma kataloglarından alınabilir.

### 5.5.4.3 Baca gazı emisyon değerleri

Baca gazı emisyon değerleri Çizelge 5.13'de verilen değerler olmalıdır.

Çizelge 5.13 Baca gazı emisyon değerleri

YAKIT	BACAGAZI DEĞERLERİ	MİN.	MAX.
DOĞALGAZ	O <sub>2</sub> %	1	4,5
	CO <sub>2</sub> %	9,5	11,5
	Yanma Kaybı %	4	8
	Yanma Verimi %	92	96
	Hava Fazlalığı	1,05	(1,2 - 1,25)
	Yakma Isıl Gücü 100 MW'ın altında olan tesislerde (% 3 O <sub>2</sub> )	Yakma Isıl Gücü 100 MW'ın üstünde olan tesislerde (% 3 O <sub>2</sub> )	
CO (Karbonmonoksit) miktarı	100 mg/m <sup>3</sup> 80 ppm 0,008 %	100 mg/m <sup>3</sup> 80 ppm 0,008 %	
NO <sub>x</sub> (Azot Oksitleri) miktarı	Herhangi bir sınırlama yoktur.	500 mg/m <sup>3</sup> 243 ppm 0,024 %	
SO <sub>x</sub> (Kükürt Oksitleri) miktarı	100 mg/m <sup>3</sup> 34 ppm 0,0034 %	60 mg/m <sup>3</sup> 21 ppm 0,0021 %	
Aldehit (Formaldehit olarak, HCHO miktarı)	20 mg/m <sup>3</sup>	Herhangi bir sınırlama yoktur.	

Tüm bu bilgi ve standartlar ışığında TS 2165 (DIN 4705)' e uygun , bu çalışmanın katkılarıyla özel bir baca firmasına EXHAUSTO isimli bir paket program yaptırılmıştır. Şu anda piyasa da kullanıma hazır hale getirilmiştir.

## 5.6 Brülör seçimi

Gaz brülörleri TS 11391, TS 11392 Pr EN 676, TS 11393 ve TS 11042 EN 298 standartlarına uygun olmalıdır. Gaz brülörleri yerine sabit ve sağlam şekilde bağlanmalıdır. Bükülebilir (Flexible) borular, ancak rijit borular ile brülör arasında doğrudan bağlantı elemanı olarak kullanılabilir. Bükülebilir borular muhtemel işletme şartlarına yeterli, kolayca görülebilecek konumda yerleştirilmiş, kırılma ve burulmalara dayanabilecek yapı ve özellikte olmalıdır. (TS 10880'e uygun olmalıdır.)

Projede belirtilen kazan kapasitelerine uygun yakıt miktarını yakacak özelliklerde brülör seçilmelidir. Yakıt miktarı (5.15) formülü ile hesaplanmalıdır.

Brülör seçiminde aşağıdaki hususlara göre hareket edilmelidir. Brülör kapasiteleri aşağıda belirtilen kazan kapasitelerine göre belirlenmelidir.

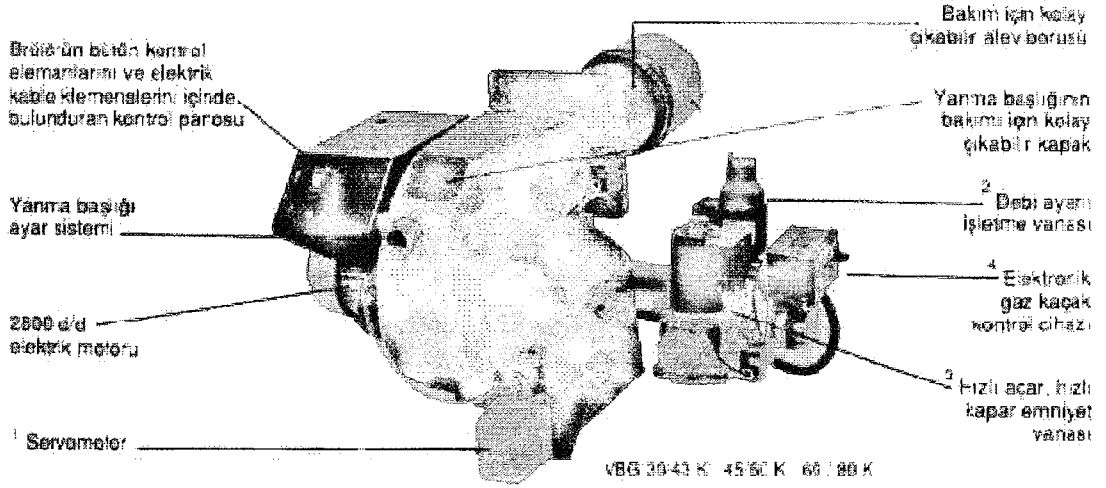
- a) 350 kw'a kadar kapasitelerde tek kademeli, iki kademeli veya oransal,
- b) 350-1200 kw arası iki kademeli veya oransal
- c) 1200 kw üzeri kapasitelerde oransal tip olarak kullanılacaktır.

- Brülör seçiminde doğal gazın alt ısı değeri  $8250 \text{ Kcal/Nm}^3$  olarak alınacaktır.
- Karşı basınçlı veya kalın ön kapağa sahip kazanlarda, brülör seçiminde; karşı basınç ve namlu uzunluğuna dikkat edilerek uygun seçim yapılmalıdır.
- Brülör seçiminde yeni kazanlarda verim % 90, dönüşüm yapılan kazanlarda % 75 kabul edilir.

### 5.6.1 Brülör Gaz Kontrol Hattı Ekipmanları

Doğalgaz yakan cihazların (brülör, bek v.b.) emniyetli ve verimli olarak çalışmalarını temin etmek maksadıyla tesis edilen sistemlerdir. Gaz kontrol hattında kullanılacak olan ekipmanlar yakıcının kapasitesine, brülör tipi ve şekline bağlı olarak değişiklik gösterir. Buna göre gaz

kontrol hattındaki ekipmanlar belirlenirken sistemin özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 5.18 Gaz brülörü

Brülör gaz kontrol hattında bulunması gereken ekipmanlar Şekil 5.19 ve Şekil 5.20’de verilmiştir.

- **Brülör Gaz Vanası**[Küresel Vana (TS EN 331, TS 9809)] : Servis ve emniyet amacıyla gaz açma/kapamayı temin etmek için kullanılan küresel vana konulmalıdır. Her brülör gaz kontrol hattı girişine bir adet küresel vana konulmalıdır.
- **Esnek boru** [Kompanstatör (TS 10880)]: Brülördeki titreşimin tesisata geçişini zayıflatmak için kullanılan ekipmandır. Üniversal tip olmalıdır. Esnek borunun regülatör sinyal hattından sonra konulması uygun olur.
- **Gaz Basıncı Ölçme Cihazı**[ Manometre (TS 827) ]: Hat üzerindeki gaz basıncını ölçmek için kullanılan ekipmandır. Gaz kontrol hattındaki manometreler musluklu tip olmalıdır. 300 mbar basınca sahip sistemlerde regülatör sonrasına 1 adet musluklu manometre takılmalı, öncesine ise ikinci bir musluklu manometre ya da körtapalı ağız bırakılmalıdır.
- **Filtre (DIN 3386)(TS 10276)**: Filtreler, ilk otomatik ayar elemanının veya gaz basınç regülatörünün hemen önüne gaz kontrol hattı ekipmanlarını kirlilikten korumak amacı ile yerleştirilmelidir. Tesiste kullanılacak filtrenin, göz açıklığı 5 µm olmalıdır.



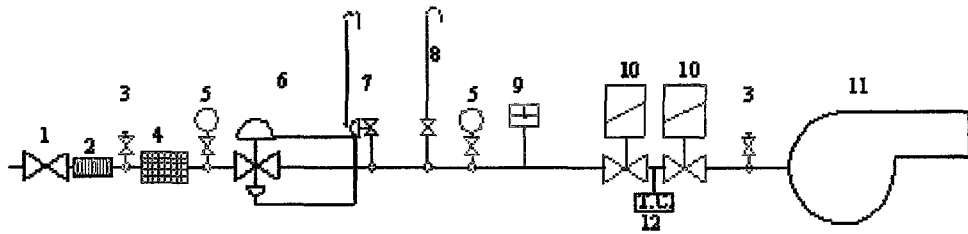
- Gaz basınç regülatörü (TS 10624, TS EN 88): Gaz kontrol hattı girişindeki gaz basıncını brülör için gerekli basınca düşüren ekipmandır.
- Minimum gaz basınç algılama tertibatı (min. gaz basınç presostatı)(TS EN 1854): Regülatör çıkışındaki gaz basıncının brülörün normal çalışma basıncının altında kalması durumunda solenoid valfe kumanda ederek akışın kesilmesini sağlayan ekipmandır. Tüm gaz kontrol hatlarında bulunmalıdır .
- Maksimum gaz basınç algılama tertibatı (max. gaz basınç presostatı)(TS EN 1854):

Regülatör çıkışındaki gaz basıncının brülörün normal çalışma basıncının üstüne çıkması durumunda solenoid vanaya kumanda ederek gaz akışını kesen ekipmandır. 1200 kW ve üzeri kapasitelerde kullanılması zorunludur. 1200 kW'a kadar olan kapasitelerde kullanılması tavsiye edilir.

- Otomatik emniyet kapama vanası (Solenoid Vana) (TS EN 161): Sistemin devre dışı kalması gerektiği durumlarda aldığı sinyaller doğrultusunda gaz akışını otomatik olarak kesen ve ilk çalışma esnasında sistemin emniyetli olarak devreye girmesini sağlayan ekipmanlardır. Gaz kontrol hattında iki adet seri olarak bağlanmış A sınıfı solenoid vana bulunmalıdır.
- Sızdırmazlık kontrol cihazı (Vana doğrulama sistemi) (TS prEN 1643): Otomatik emniyet kapama vanalarının etkin bir şekilde kapanıp kapanmadığını kontrol eden ve vanalardaki gaz kaçaqlarını belirleyen ekipmandır. 1200 KW ve üzeri olan kapasitelerde bulunmalıdır. 1200 KW'a kadar olan kapasitelerde bulunması tavsiye edilir. Ayrıca kapasitelerine bakılmaksızın, kızgın, kaynar sulu, alçak ve yüksek basınçlı buharlı sistemlerde kullanılması zorunludur.
- Relief Vanası (Emniyet tahliye vanası) (DIN 3381): Sistemi aşırı basınca karşı koruyan anlık basınç yükselmelerinde fazla gazı sistemden tahliye ederek regülatörün devre dışı kalmasını önleyen ekipmanlardır. Ani kapamalı regülatör kullanılması durumunda bulunması zorunludur.
- Regülatör veya ayar tertibatı (Akış kontrol vanası): Kademesiz veya çok kademeli brülörlerde gaz hacim debisi için regülatör veya ayar tertibatı mevcut olmalıdır.
- Ateşleme tertibatı: Bir ateşleme brülöründe (pilottan) veya bir elektrikli otomatik çakmaktan (mesela elektrotlu ateşleme transformatorü) veyahut elektrikli kıvılcım

üreticisi ile karşılaştırıldığında oldukça büyük ısı üreten bir özel elektrikli ateşleme tertibatından meydana gelebilir.

- Alev kontrol monitörü: Alev kontrol monitörü, TS 11042 EN 298'e uygun olmalıdır. Alev kontrol monitörü, kontrol edilen brülörün konstrüksiyonuna, işletme özelliklerine ve gücüne uygun olmalıdır.
- Ana kilitleme anahtarı: Bir alet kullanmadan geri çekilebilen veya yana alınabilen brülörler, yana alma veya geri çekilme durumlarında işletme dışı olabilecek şekilde bir ana kilitleme anahtarı ile bloke edilebilmelidir. (Mesela sınırlama anahtarı)
- Ön ayar cihazı: Gaz debisi ön ayar cihazı, sözgelisi içinde emniyet akışı kesme düzeni veya gaz akışı ayar tertibatı bulunan, (istenen değere) ayarlanabilen bir basınç regülatörü olabilir.
- Ventilatorlerin fonksiyon kontrolü: Bir ventilatörün (üfleyicinin) fonksiyon kontrolü için 100 kPa basıncına kadar olan işletmelerde kullanılacak hava basıncı şalteri ventilatörün güç, özellikler ve çalışma şartlarına uygun olmalıdır. (TS 11225)
- Hava debisi ayarlayıcısı: Her brülör, hava debisinin ayarı için bir ayar cihazına sahip olmalıdır. İki veya çok basamaklı brülörlerde yakma havasının debisi ile gaz debisi birbirine bağlı (oransal) olarak ayarlanmalıdır. Bu maksatla her iki ayar elemanı, kazanın her işletme noktasında yakma havasının debisi, gaz debisi ile uyum sağlamalı, izin verilmeyen hiç bir işletme durumu meydana gelmeyecek şekilde birbiriyle bağlanmış olmalıdır. Hava ve gaz için sürekli çalışan elektrikli ayar cihazlarında, yukarıda anılan şartları sağlayacak şekilde karşılıklı konumları kontrol edilmelidir.



Şekil 5.19 Fanlı brülör gaz kontrol hattı ekipmanları

1-Küresel vana (TS EN 331) (TS 9809)

2-Kompansatör (TS 10880)

3-Test nipel

- 4-Gaz filtresi (TS 10276, DIN 3386)
- 5-Manometre (musluklu) (TS 827)
- 6-Gaz basınç regülatörü (TS EN 88, TS 10624)
- 7-Relief valf (DIN 3381)(Regülatör ani kapamalı ise)
- 8-Tahliye hattı (vent)
- 9-Presostat (Min. gaz basınç) (TS EN 1854)
- 10-Selenoid valf (TS EN 161)
- 11-Brülör (TS 11392-11393)
- 12-Sızdırmazlık Kontrol Cihazı

Fanlı ve atmosferik brülör gaz kontrol hatlarında kullanılan tüm armatürlerin dayanım basınçları regülatör giriş basıncının min. 1,2 katı olmalıdır.

Regülatör öncesi gaz giriş basıncı regülatör sonrası gaz armatürlerinin max. çalışma basıncından büyükse regülatör ani kapamalı olmalıdır.

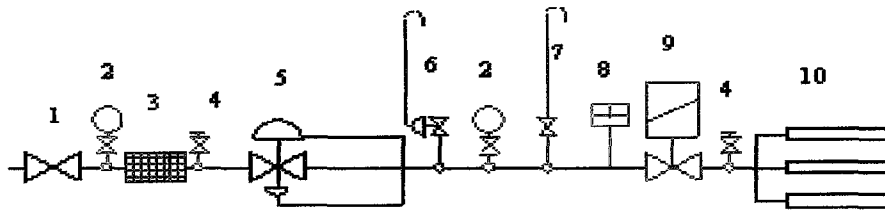
Fanlı brülörlerde diğer emniyet ekipmanları;

Alev denetleme cihazı: Alev söndüğünde brülörü durdurmak amacıyla her brülörde bulunmalıdır.

Hava akış anahtarı: Brülör fanı tarafından yeterli hava sağlanamadığında brülörü durdurmak üzere her brülörde bulunmalıdır.

Emniyet termostatu: Kontrol termostatına ek olarak, kontrol termostatu arızasında devreye girmek üzere, tüm sıcak sulu kazanlarda bulunmalıdır. Manuel (elle kumandalı) resetli olması tavsiye edilir.

Emniyet presostatı: Kontrol presostatına ek olarak, kontrol presostatı arızasında devreye girmek üzere tüm buhar kazanlarında bulunmalıdır.



Şekil 5.20 Atmosferik brülör gaz kontrol hattı ekipmanları

- 1-Küresel vana (TS EN 331) (TS 9809)
- 2-Manometre (musluklu) (TS 827)
- 3-Gaz filtresi (TS 10276, DIN 3386)

- 4-Test nipeli
- 5-Gaz basınç regülatörü (TS EN 88, TS 10624)
- 6-Relief valf (DIN 3381)(Regülatör ani kapamalı ise)
- 7-Tahliye hattı (vent)
- 8-Presostat (Min. gaz basınç) (TS EN 1854)
- 9-Selenoid valf (TS EN 161)
- 10-Brülör (TS 11391)

Sönümlü açma işlemi yapan otomatik ayar elemanlarının kullanılmasına öncelik verilmelidir. Ayarın bozulmasında kapatan otomatik ayar elemanlarının kullanılması durumunda 120 kw'den daha büyük anma ısıtma yüklerinde sönümlü veya kademeli kapatma yapan cihazların kullanılması tavsiye edilir. Çalıştırma (yol verme) ısıtma yükünün seçilmesinde yanma odasında ve gaz şebekesinde olması muhtemel basınç darbeleri göz önüne alınmalıdır.

Atmosferik kazanların baca bağlantısı TS 11383'e uygun olmalıdır. Gövdeleri üzerinde dahili baca ve yöndendirici bulunan atmosferik yakıcı kazanlar, bu baca içinde geri tepme (ters hava akımı) deflektörü bulundurmali ve baca bağlantıları uygun şekilde yapılmalıdır. Atmosferik yakıcıların çalışmaya başlaması, ateşlenmeleri, ayarı, işletme durumu ve diğer hususlar TS 11391'e uygun olmalıdır. Kazanlar mevsim sıcaklıklarına göre çalıştırılmalıdır.

## **5.7 Yakıcı cihazlara ait elektrik tesisatı ve topraklaması**

### **5.7.1 Elektrik Tesisatı**

Cihazlar için gerekli elektrik enerjisinin alınacağı elektrik panosu etnj tipi ex-proof olmalı, kumanda butonları pano ön kapağına monte edilmeli ve kapak açılmadan butonlarla açma ve kapama yapılabilmelidir.

Elektrik dağıtım panosunun yakıcı cihaz mahallinin dışında olması durumunda pano ve aksesuarlarının ex-proof olmasına gerek yoktur. Bu durumda pano girişi NYM kablo olabilir.

Brülör kumanda panosu etanj tipiolmalı mümkün ise ana kumanda panosundan ayrırt edilebilecek şekilde ve brülöre daha yakın bir yer seçilerek monte edilmelidir. Ana pano ile brülör kumanda panosu arasında çekilecek besleme hattı hesaplanmış kesitte ve yanmaz TTR tipi fleksible kablo ile yapılmalıdır.

Brülör kumanda panosu ile brülör arasına çekilecek iletkenler hesaplanmış kesit değerinde ve mutlaka çelik spiral veya galveniz boru içersinden tesisat yapılmalı, kesinlikle boru içersinde kablo eki bulunmamalıdır. Ek yapılması gereken yerlerde mutlaka ex-proof buat kullanılarak ekleme klemensleriyle ek yapılmalıdır.

Boru tesisatlarında eleman giriş çıkışları pirinç rakorlarla yapılmalı, boru içersindeki kablolar görünmemelidir.

Brülöre yakın hareket ihtimali olan tesisat plastik kaplı çelik spirallerle TTR/NYAF tipi kablolarla, diğer tek damarlı iletkenler ise NYAF tipi kablolarla yapılmalıdır.

Aydınlatma sistemi tavandan en az 50 cm aşağıya sarkacak biçimde veya üst havalandırma seviyesinin altında kalacak şekilde zincirlerle veya yan duvarlara etanj tipi exproof flouresan armatürlerle yapılmalı ve tesisat ise NYM kablolarla çekilmelidir.

Mekanik havalandırma gereken yerlerde fan motoru ve baca damperi, brülör kumanda sistemiyle akuple (paralel) çalışmalı, fanda veya damperde meydana gelebilecek arızalarda brülör otomatik olarak devre dışı kalacak şekilde otomatik kontrol ünitesi yapılmalıdır.

### 5.7.2 Topraklama tesisatı

Her yakıcı cihaz için özel topraklama tesisatı yapılmalıdır. Topraklama tesisatı;

- a)0,5 m<sup>2</sup>, 2 mm kalınlığında bakır levha ile
- b)0,5 m<sup>2</sup>, 3 mm kalınlığında galvanizli levhe ile (sıcak daldırma)
- c)Som bakır çubuk elektrotları ile yapılabilir (en az 16 mm çapında ve 1,5 m uzunluğunda, 1000 mikron değerinde).

Her üç halde en az 16 mm<sup>2</sup> çok telli (örgülü) bakır iletken pabuç kullanılarak lehim veya kaynak ile tutturulur. Levha türünde olanlar 1 m toprak altına gömülerek toprak üzerinde kalan iletken boru muhafazası ile cihaz mahalli ana tablosuna irtibatlandırılır. Bakır elektrotlar ise topraktan 20 cm derinliğe yerleştirilerek yine aynı sistemdeki ana tabloya bağlamak suretiyle ana topraklama yapılmalıdır. (topraklama direnci =20Ω)

Ana tablo ile kumanda tablosu ve cihazların topraklamasında kullanılacak topraklama iletkeni ise hesaplanmış faz iletken kesitinde veya bir üst kesitte olmalıdır. Bakır elektrotların özellikleri Φ16 mm çapında dolu,som bakır çubuktan en az 1,5 m boyunda, Φ20 mm çapında

dolu, som bakır çubuktan en az 1,25 m boyunda olmalı ve çubuk elektrotların topraklama direnci  $20\Omega$  sınırlarının altında kalmalıdır. (Nötr-Toprak voltajı  $\leq 3$  V)

Çizelge 5.14 Akım kapasitesine göre iletken kesitleri

Kesit (mm <sup>2</sup> )	Akım kapasitesi	
	Toprak (A)	Hava (A)
4x1,5	27	18
4x2,5	36	25
4x4	46	34
4x6	58	44
4x10	77	60
4x16	100	80
4x25	130	105
4x35	155	130
4x50	185	160
4x70	230	200
4x95	275	245
4x120	315	285
4x150	355	325
4x185	400	370
4x240	465	435

Kesit hesabı;

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos\phi \quad (5.36)$$

P =Güç (brülör,sirkülasyon pompası,aydınlatma v.s toplam elektrik gücü)(Watt)

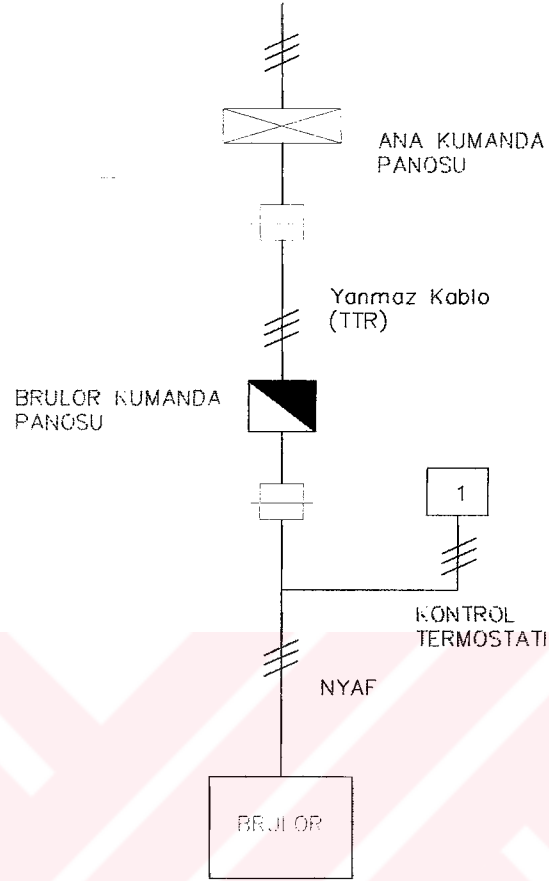
U =Gerilim (380 V)

I =Akım (A)

$\cos\phi$  =Güç faktörü

$$I = P / \sqrt{3} \times U \times \cos\phi \quad (5.37)$$

(5.36) ve (5.37) bağıntılarında bulunan akım değerine göre iletken kesiti Çizelge 5.14 dan alınır.



Şekil 5.21 Linye hattı şeması

## 6. TAŞ FIRINLARIN YENİDEN YAPILANDIRILMASI

### 6.1 Genel

Taş fırınların mevcut durumlarının incelenmesi ve dönüşümlerinde uyulması gereken kriterleri beşinci bölümde anlatıldı. Bu bölümde ise taş fırınların enerji ekonomisi yönünden incelenmesi yapılacaktır. Bu esnada,

- 1-Taş fırınlarda doğal gaz dönüşümü ile elde edeceği yakıt tasarrufu,
- 2-Yeniden yapılandırma ( ısı izolasyonu , duman kanalının iyileştirilmesi v.s) ile yapılacak enerji , malzeme ve işçilik tasarrufu
- 3-Optimum yatırım ve bunun geri dönüş süreleri
- 4-İşletme şartlarının iyileştirilmesi ve emniyet açısından otomasyonun sağlanması konuları incelenecektir.

### 6.2 Taş fırınlarında kullanılan yakıtların karşılaştırılması

Taş fırınlarında klasik yakıt türleri kullanılmaktadır. Bir kısmında katı yakıt (odun) kullanılmakta, bir kısmında ise sıvı yakıt (fuel-oil , motorin ) kullanılmaktadır. Katı ve sıvı yakıtların Çizelge 6.1'de karşılaştırmalı görüldüğü üzere doğalgaz ile rekabet şansı kalmamıştır. Fiyatının yanında nakledilme problemleri, çevreye verdiği zararlar ve ısı verimlilik açısından doğalgaz tercih edilmektedir.

Fırınların maliyetlerinde ciddi bir gider kalemi olan yakıtın daha ekonomik ve rekabetçi bir yakıt olması kaçınılmaz bir hal almıştır.

Çizelge 6.1 Yakıtların verdikleri enerji ile maliyetlerinin karşılaştırılması

Yakıt	Isıl değeri	Birim fiyatı	Ort. verim	TL/1000kcal		Ucuzluk sıralaması	En pahalıya göre oran
Doğalgaz	8250 kcal/m <sup>3</sup>	277.000 TL/m <sup>3</sup>	%93	$\frac{277.000 \times 1000}{8250 \times 0.93}$	36.103	1	%26
Fuel-oil (6 no)	9200 kcal/kg	275.000 TL/kg	%83	$\frac{280.000 \times 1000}{9200 \times 0.83}$	36.668	2	%27
Soma Kömür	5500 kcal/kg	155.500 TL/kg	%65	$\frac{135.000 \times 1000}{5500 \times 0.65}$	37.762	3	%28
İthal	6000 kcal/kg	170.000 TL/kg	%72	$\frac{170.000 \times 1000}{6000 \times 0.72}$	39.352	4	%29



Kömür	kcal/kg	TL/kg		6000x0.72			
LPG Mix	11000	885.000	%92	<u>885.000x1000</u>	87.450	5	%65
Dökme gaz	kcal/kg	TL/kg		11000x0.92			
LPG	11000	915.000	%92	<u>915.000x1000</u>	90.415	6	%67
Propan	kcal/kg	TL/kg		11000x0.92			
Motorin	10200	955.000	%84	<u>955.000x1000</u>	111.461	7	%82.5
	kcal/kg	TL/kg		10200x0.84			
Elektrik	860	115.000	%99	<u>115.000x1000</u>	135.072	8	%100
	kcal/kwh	TL/kwh		860x0.99			

### 6.3 Mevcut Taş fırınlarında yapılan inceleme

Tez çalışmasına başladığımda İstanbul da çeşitli yakıtlar kullanan (sıvı, doğalgaz) taş fırınlarda bazı tespitler yaptım. Ziyaret ettiğim ekmek fırınları ve bu fırınlara ait tespitler şunlardır.

1-Küplüce ekmek san.(taş fırın doğalgaz kullanıyor)

Küplüce mh.Şemsibey sk.no:52 Üsküdar/İstanbul

Çok yüksek miktarda doğalgaz faturası ödediğinden şikayet ediyor.

2-Sümer ekmek san. tic (taş fırın doğalgaz kullanıyor)

Çelik sk.no:2 Tarabya/İstanbul

Çok yüksek miktarda doğalgaz faturası ödediğinden şikayet ediyor.

3-Öz karadeniz ekmek fabrikası (bir odunlu bir sıvı yakıtlı taş fırın var)

Kiraztepe mh.M.Akif Ersoy cd.no:2 Üsküdar/İstanbul

Çok yüksek miktarda yakıt parası ödediğinden dolayı doğalgaz kullanan fırınlarla rekabet edemediğinden şikayet ediyor.

4-Hemşin 2 ekmek fabrikası (taş fırın sıvı yakıt kullanıyor).

Mecidiye dereboyu sk. no:97/A Ortabayır-Kağıthane/İstanbul

Çok yüksek miktarda yakıt parası ödediğinden dolayı doğalgaz kullanan fırınlarla rekabet edemediğinden şikayet ediyor.

Bu şekilde 50 ye yakın taş fırın üzerinde tespitler yapıldı. Öncelikle taş fırınlarda üretilen ekmek hakkında bilgiler toplandı. Mamul 250 gr ekmek için gerekli olan enerji ihtiyacı tespit edildi. Tespit edilen enerjinin , mevcut tüm taş fırınlarda uygun olmayan çok yüksek

değerlerde olduğu müşahade edildi. Sebebinin ise hiçbir taş fırınında izolasyon yapılmadığını gördük ve bu amaçla örnek bir ısı kaybı hesabı yapılmıştır.

### **6.3.1 Ekmeğin özellikleri**

Ekmek 300 gram, buğday ununa, içme suyu, tuz, maya ve tuz gerektiğinde sadece C vitamini, malt unu veya fungal alfa amilaz katılarak hazırlanan hamurun yoğrulup tekniğine uygun bir şekilde işlenip fermantasyona bırakılması ve pişirilmesi ile yapılan mamüldür.

#### **6.3.1.1 Ekmeğin dış yüzeyinde olması gereken özellikler**

Ekmeğin dış özellikleri, dışından bakıldığında iyi pişmiş ve kabarmış; kendisine has görünüşte, kokuda ve kabuk renk dağılımı olabildiğince homojen olmalı; basık ve yanık olmamalıdır.

Dış kısmında gözle görülür herhangi bir yabancı madde ve hamur topakları olmamalı; yapışmayı önlemek için kullanılan un dışında kepek, razmol gibi maddeleri bulunmaması gerekir. Ekmek uzun, yuvarlak ve çiçek şeklinde, serbest veya tavada pişirilmiş olabilir.

#### **6.3.1.2 Ekmeğin iç yüzeyinde olması gereken özellikler**

- Ekmek kesildiği zaman iç kısmı süngerimsi yapıda olmalı
- Gözenekler mümkün olduğunca homojen olmalı ve büyük hava boşlukları bulunmamalı
- Hamur yapışkan olmamalı
- Un ve tuz topakları gözle görülebilir herhangi bir yabancı madde bulunmamalı
- Ekmeğin rengi beyaz-krem ve homojen olmalı
- Kendine has tat ve kokuda olmalı ve herhangi bir yabancı madde, tat ve koku hissedilmemelidir.

#### **6.3.1.3 Ekmeğin kimyasal özellikleri**

Ekmeğin kimyasal özellikleri çizelge 6.2 de gösterilmiştir.

Çizelge 6.2 Ekmeğin kimyasal özellikleri

Özellikler	Sınırlar
Rutubet, % (m/m) en çok	38
Kül, tuz hariç, %(m/m)en çok (kuru maddede)	0,75
%10'luk HCl'de çözünmeyen kül %(m/m) en çok (kuru maddede)	0,12
Tuz, %(m/m) en çok (kuru maddede)	1,75

#### 6.3.1.4 Ekmeğin mikrobiyolojik özellikleri

Ekmeğin mikrobiyolojik özellikleri çizelge 6.3 de gösterilmiştir.

Çizelge 6.3 Ekmeğin mikrobiyolojik özellikleri

Mikroorganizma	N	C	Sınırlar (kob/kg)	
			M1	M
E.coli	5	0	0	0
Sünme(Rope) faktörü sporu	5	1	5	15
Küf	5	1	100	200
N= Bir partiden alınacak numune sayısı				
C = (M) değerinin bulunabileceği en çok numune sayısı				
M1= (N) sayıdaki numune bulunabilecek en üst sınır değeri				
M = C sayıdaki numunede bulunabilecek en üst sınır değeri				
Kob = Koloni oluşturan birim (cfu)				

#### 6.3.1.5 Hamuru mayalandırmada sıcaklık ve nemin önemi

Hamur mayalandırmasında elverişli ortam şartlarını otomatik olarak oluşturan prefabrik mayalama odaları içinde uygun sıcaklık, bağıl nem üreten klima cihazları kullanılır. Bu durumda, ekmeğin pişirilmesinde aşağıda sıralanmış ve istenmeyen olayların ortaya çıkması önlenir, hamurun daha rahatça gelişmesi sağlanır.

1-Yetersiz kabuk ve renk oluşumu

2-Aşırı kalın kabuk oluşumu

- 3-Yumuşak dış kabuk
- 4-Piştirme esnasında hacim küçülmesi
- 5-Aşırı ufalanma
- 6-Bıçak açmama
- 7-Tavaya yapışma

Şekillendirilmiş hamurun mayalandırılması, dinlendirme odasında, 30-60 dk. Bekletilerek tamamlanır. Bu dinlendirme odalarında sıcaklık 28-30 °C ve bağıl nem % 70-80 olmaktadır. Fakat bağıl nem, dinlendirme odalarındaki sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir. Örneğin,

Sıcaklık 25 °C ise	bağıl nem % 85 olmalıdır.
Sıcaklık 30 °C ise	bağıl nem % 80 olmalıdır.
Sıcaklık 35 °C ise	bağıl nem %70-80 olmalıdır.
Sıcaklık 40 °C ise	bağıl nem %60-70 olmalıdır.

İyi mayalandırma için, bağıl nem ne olursa, sıcaklık 35 °C yi geçmemelidir. Genellikle 30 °C civarında olacaktır.

Ekmek üretiminde, hamurun mayalanması için uygun şartlar sağlanmaz ise, hamurun yoğurulmasından, fırında pişirilmesine kadar bir çok kontrol edilmeyen sonuçlar ortaya çıkar. Hamurun mayalanması iki kısımdan oluşur.

- Şekillendirme öncesi mayalanma
- Şekillendirme sonrası mayalanma

Bu süreçler mayalanmanın gerçekleştiği çevrenin sıcaklık ve bağıl nem durumuyla direkt ilişkilidir.

### 6.3.1.6 Ekmeğin pişirilmesi için gereken enerji miktarı

Taş fırınlarda ekmeğin ideal şartlarda istenilen özelliklerde kaliteli pişirilmesi için gerekli olan enerji ihtiyacının tespit edilmesi gereklidir.

Enerji ihtiyacını İstanbul'da hali hazırda 1500 'e yakın taş fırınında ekmeğin üretimi yapan firmaların, taş fırınlarının imalatını yapan firmalar ile görüşmeler yaptım. Aynı zamanda taş fırınların brülör ihtiyacını karşılayan firmalarla görüşmeler yaptım. Elde edilen veriler;

250 gr lık bir somun ekmeğın 220 °C ile 230 °C arasında bir sıcaklıkta ideal bir pişmeyi yakalaşık 20 dakikalık bir sürede pişirildiğı sonucuna ulaşıldı. Yapılan deneysel sonuçlar neticesinde 250 gr lık bir somun ekmeğe ideal şartlarda verilmesi gereken enerjinin 33 kcal/18 dak. olduğı tespit edilmiştir.

### 6.3.2 İzolasyonsuz ve izolasyonlu bir taş fırında ısı kaybı hesabı

Mevcut taş fırınlarından almış olduğumuz değerler çerçevesinde aşağıdaki hesaplamalar yapılmıştır.

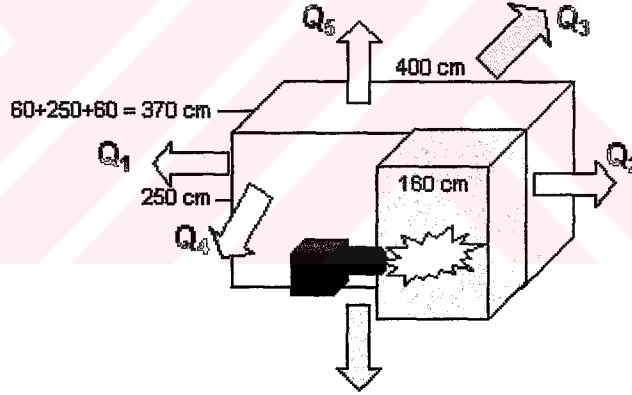
$$Q_{\text{toplam}} = K_{\text{toplam}} \times A_{\text{ısı geçiş}} \times (T_{\text{fırın}} - T_{\text{ortam}}) \quad (6.1)$$

$$Q_{\text{izo-toplam}} = K_{\text{izo-toplam}} \times A_{\text{ısı geçiş}} \times (T_{\text{fırın}} - T_{\text{ortam}}) \quad (6.2)$$

$$1 / K_{\text{toplam}} = 1/\alpha_{\text{ıçyüzey}} + L_{\text{kalinlık}}/\lambda_{\text{dolu tuğla}} + 1/\alpha_{\text{dış yüzey}} \quad (6.3)$$

$$1 / K_{\text{izo-toplam}} = 1/\alpha_{\text{ıçyüzey}} + L_{\text{kalinlık}}/\lambda_{\text{dolu tuğla}} + 1/\alpha_{\text{dış yüzey}} + L_{\text{izolasyon}}/\lambda_{\text{izolasyon}} \quad (6.4)$$

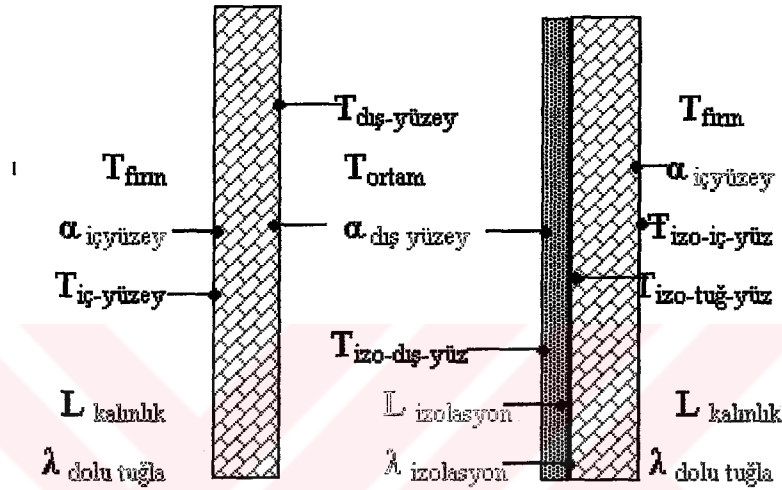
$$Q_{\text{net}} = Q_{\text{toplam}} - Q_{\text{izo-toplam}} \quad (6.5)$$



Şekil 6.1 Taş fırının ısı kaybeden yüzeyleri

$A_{\text{ıçyüzey}}$	= 20	kcal / m <sup>2</sup> h °C
$A_{\text{dış yüzey}}$	= 12	kcal / m <sup>2</sup> h °C
$\Lambda_{\text{dolu tuğla}}$	= 0,9	kcal / mh °C
$L_{\text{kalinlık}}$	= 0,4	Metre
$L_{\text{izolasyon}}$	= 0.15	metre
$\lambda_{\text{izolasyon}}$	= 0,0344	kcal / mh °C
$K_{\text{toplam}}$	= 1,73	kcal / m <sup>2</sup> h °C
$K_{\text{izo-toplam}}$	= 0,20	kcal / m <sup>2</sup> h °C
$T_{\text{ortam}}$	= 25	°C
$T_{\text{fırın}}$	= 300	°C

$T_{\text{iç-yüzey}}$	$= 276 \text{ } ^\circ\text{C}$
$T_{\text{dış-yüzey}}$	$= 65 \text{ } ^\circ\text{C}$
$T_{\text{izo-iç-yüz}}$	$= 297 \text{ } ^\circ\text{C}$
$T_{\text{izo-dış-yüz}}$	$= 30 \text{ } ^\circ\text{C}$
$T_{\text{izo-tuğ-yüz}}$	$= 272 \text{ } ^\circ\text{C}$



Şekil 6.2 İzolasyonsuz ve izolasyonlu duvar yüzeyleri

Çizelge 6.4 Taş fırının yüzey alanları

Yüzey	Yüzey alanı ( $\text{m}^2$ )
$A_1$	9,8
$A_2$	10,3
$A_3$	12,75
$A_4$	13,8
$A_5$	18,52
$A_6$	18,52
$A_{\text{toplam}}$	83,69

Saatte 750 ekmek kapasiteli , 40cm duvar kalınlığına olan Çizelge 6.4 deki yüzey alanlarına sahip bir taş fırının izolasyonsuz yüzeylerinden kondüksiyon yoluyla kaybettiği enerji miktarları ve 15cm izolasyon malzemesi kullanarak kaybettiği enerji miktarları (6.1) ve (6.2) bağıntıları ile hesaplanarak Çizelge 6.5 de verilmektedir.

Çizelge 6.5 Taş fırın yüzeylerinden kaybedilen ısı kayıpları

Isı kaybedilen yüzey	İzolasyonsuz kaybedilen ısı miktarı (kcal/h)	Isı kaybedilen yüzey	İzolasyonlu kaybedilen ısı miktarı (kcal/h)
Q <sub>1</sub>	4664	Q <sub>izo-1</sub>	546
Q <sub>2</sub>	4902	Q <sub>izo-2</sub>	574
Q <sub>3</sub>	6069	Q <sub>izo-3</sub>	710
Q <sub>4</sub>	6568	Q <sub>izo-4</sub>	768
Q <sub>5</sub>	8815	Q <sub>izo-5</sub>	1031
Q <sub>6</sub>	8815	Q <sub>izo-6</sub>	1031
Q <sub>toplam</sub>	39833	Q <sub>izo-toplam</sub>	4661
Q <sub>net</sub>	35172		

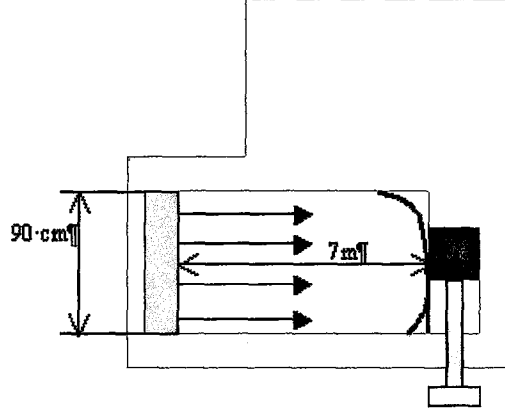
### 6.3.3 Duman kanalının iyileştirilmesi

Mevcut taş fırınlarında duman kanalı uzunlu 12 metre ve çok dirsekli bir yapıya sahiptir. Bu yapıdan dolayı DIN 4705 deki baca ve duman kanalı hesaplamalara göre baca çekişi negatif olmaktadır. Kullanılan brülörlerdeki standart ön süpürme zamanı en fazla 15 sn dir. Bu zaman 12metrelik duman kanalını ve baca daki egzoz gazlarını temizleyip dışarıya atması için yeterli bir zaman değildir. Ön süpürme zamanını bu değerden fazla istemek özel imlat gerektirdiğinden çok maliyetli bir brülör seçimi ile karşı karşıya kalınmaktadır. Bu sebepler ve DIN 4705 deki standartlar çerçevesinde duman kanalı mesafesi 7 metreden fazla olmamalıdır. Dönüş ise birden fazla olmamalıdır. Baca yüksekliği mevcut binanın çatı mahyasın en az bir metre geçmelidir. Baca çift cidarlı izolasyonlu ve paslanmaz çelikten yapılmalıdır. Duman kanalı üzerindeki tüm temizleme kapakları ve ısı tasarrufu için kullanılan damper kaldırılmalıdır.

Baca üstüne mutlaka şapka kullanılmalıdır. Baca ve duman kanalı birleşimine bacanın duman kanalı içersine düşüp duman kanalını tıkamaması için mutlaka duman kanalı çıkışına fatura yapılmalıdır. Duman gazı sıcaklığından faydalanılmak için bacaya damper konulursa mutlaka bir switch ile brülörün kontrol panosuna bağlanmalı damper kapalı iken brülör çalışmamalıdır. Brülörün durduğu anda damper kapalı olmalıdır.

### 6.4 Enerji ekonomisi yönünden incelenmesi

Duvar kalınlığı 60 cm olan bir taş fırında yapılacak izolasyon yatırımıyla elde edilecek enerji tasarrufu ve bunun geri dönüş periyodu incelenmiştir.



Şekil 6.3 Önerilen yeni duman kanalı

Çalışma saati	=16 h
Toplam yüzey alanı	=83,69 m <sup>2</sup>
Doğalgaz birim fiyatı	=381.730 TL/m <sup>3</sup>
Toplam kaybedilen enerji (izolasyonsuz)	=28.768 kcal/h
5cm lik bir izolasyon sonrası kaybedilen enerji	=10.213 kcal/h
Kaybedilen enerji farkı	=18.555 kcal/h
Doğalgazı alt ısı değeri	=8.250 kcal/m <sup>3</sup>
Kaybedilen saatlik doğalgaz miktarı	=2,2 m <sup>3</sup> /h
Günlük kaybedilen doğalgaz miktarı	=36 m <sup>3</sup> /gün
Yıllık kaybedilen doğalgaz miktarı	=12.955m <sup>3</sup> /yıl
Yıllık kaybedilen doğalgazın parasal değeri	=4.945.221.943 TL/yıl
5cm lik izolasyon için yapılacak ilk yatırım maliyeti:	
5cm lik izolasyon malzemesi fiyatı	=5.223.000 TL/m <sup>2</sup>
İşçilik fiyatı	=10.000.000 TL/m <sup>2</sup>
Alüminyum fiyatı	=15.000.000 TL/m <sup>2</sup>
5cm lik izolasyon için yapılacak ilk yatırım bedeli	=2.529.362.870 TL
İlk yatırımın geri dönüş süresi	=184 gün

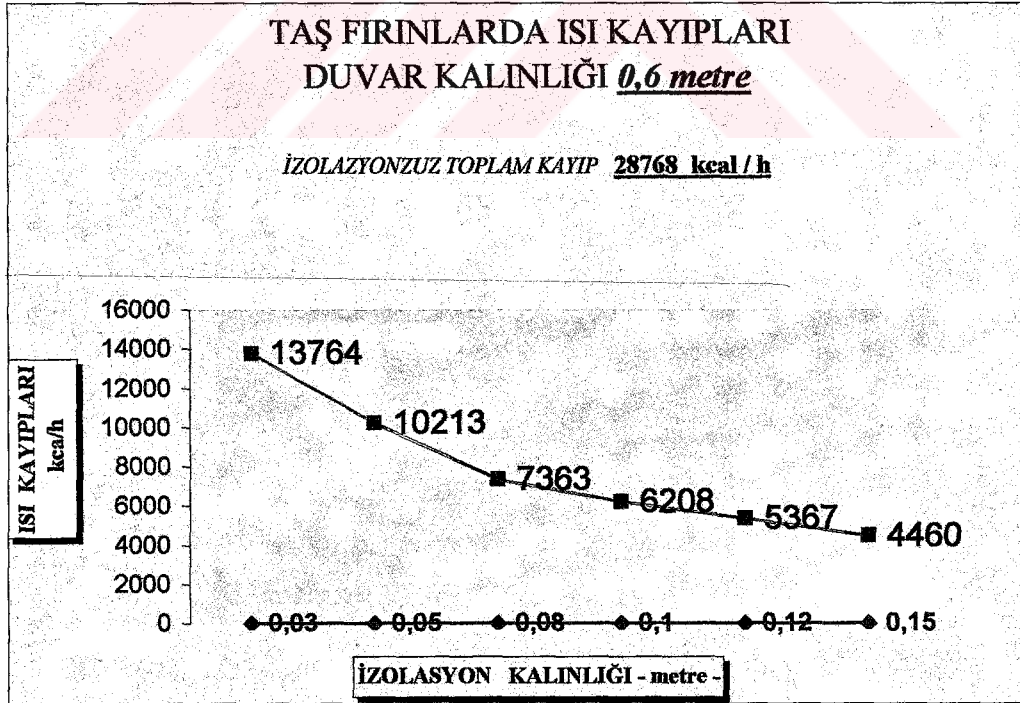
Aynı hesabı 40 cm lik bir duvar kalınlığına sahip bir taş fırın için yaparsak,

Çalışma saati	=16 h
Toplam yüzey alanı	=83,69 m <sup>2</sup>
Doğalgaz birim fiyatı	=381.730 TL/m <sup>3</sup>

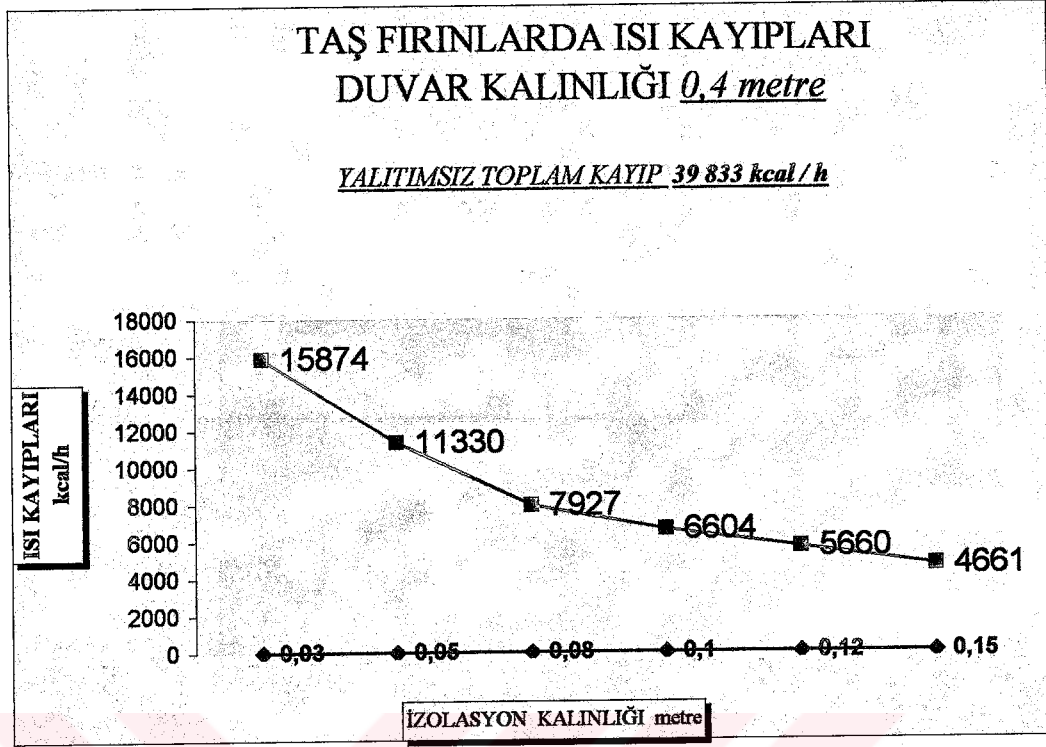


Toplam kaybedilen enerji (izolasyonsuz)	=39.833 kcal/h
5cm lik bir izolasyon sonrası kaybedilen enerji	=11.330 kcal/h
Kaybedilen enerji farkı	=28.503 kcal/h
Doğalgazı alt ısı değeri	=8.250 kcal/m <sup>3</sup>
Kaybedilen saatlik doğalgaz miktarı	=3,5 m <sup>3</sup> /h
Günlük kaybedilen doğalgaz miktarı	=55,3 m <sup>3</sup> /gün
Yıllık kaybedilen doğalgaz miktarı	=19.900m <sup>3</sup> /yıl
Yıllık kaybedilen doğalgazın parasal değeri	=7.596.532.496 TL/yıl
5cm lik izolasyon için yapılacak ilk yatırım maliyeti:	
5cm lik izolasyon malzemesi fiyatı	=5.223.000 TL/m <sup>2</sup>
İşçilik fiyatı	=10.000.000 TL/m <sup>2</sup>
Alüminyum fiyatı	=15.000.000 TL/m <sup>2</sup>
5cm lik izolasyon için yapılacak ilk yatırım bedeli	=2.529.362.870 TL
İlk yatırımın geri dönüş süresi	=120 gün

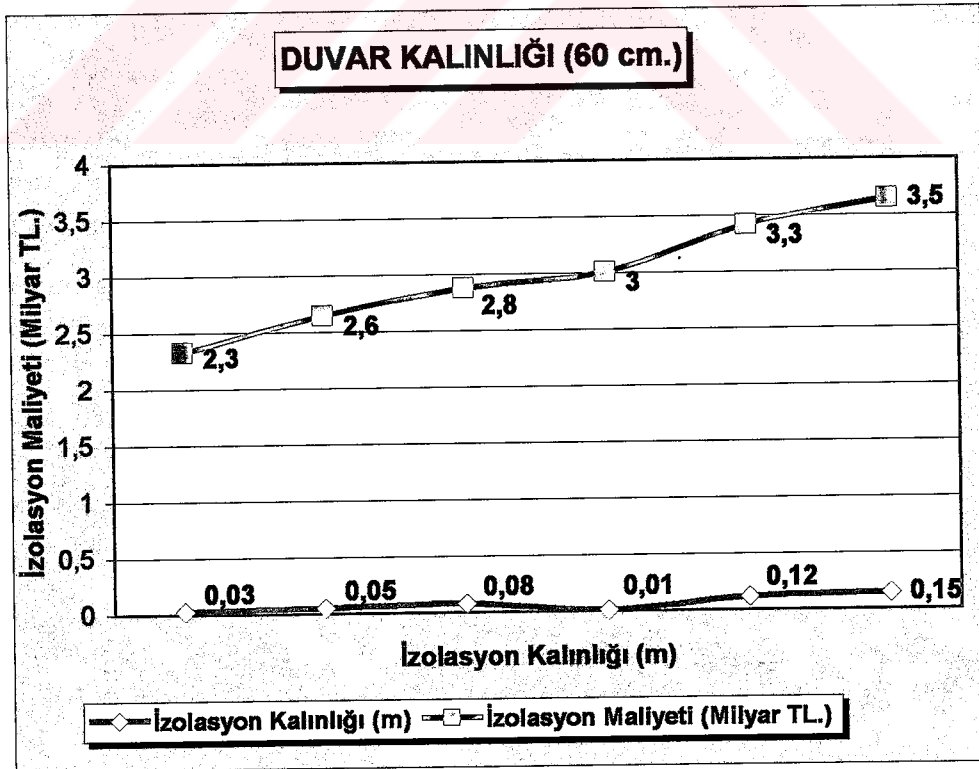
Çeşitli izolasyon kalınlıklarına göre ısı kayıpları hesaplanmış ve Şekil 6.4 ve 6.5 grafikleri elde edilmiştir.



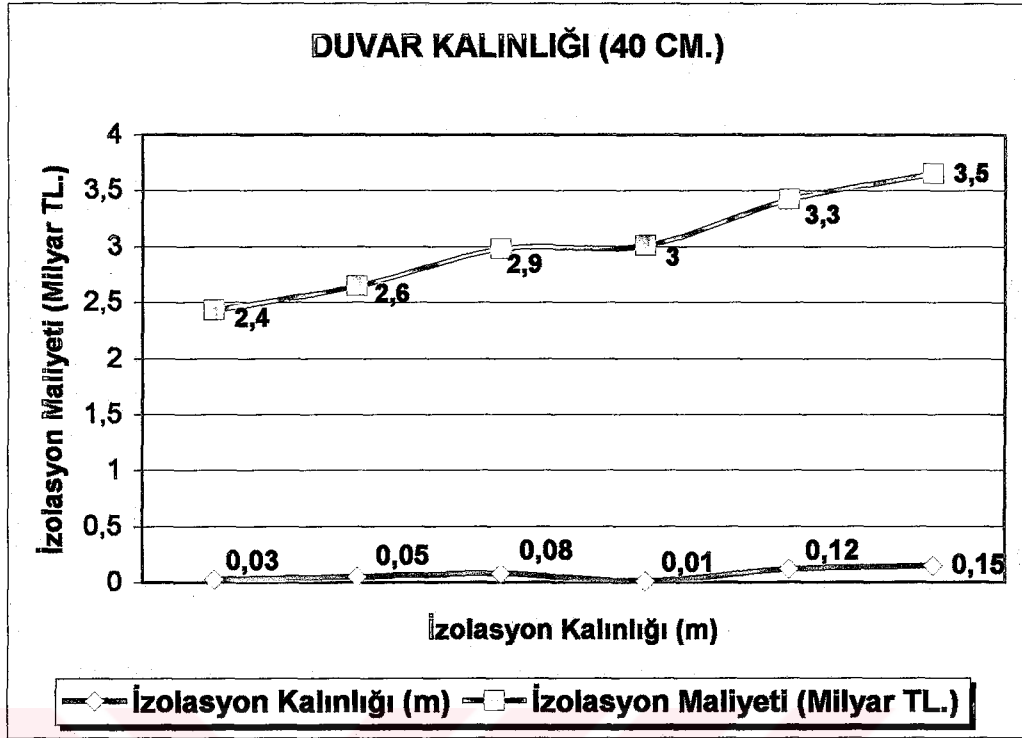
Şekil 6.4 Duvar kalınlığı 60 cm için izolasyon kalınlıklarına göre ısı kayıpları



Şekil 6.5 Duvar kalınlığı 40 cm için izolasyon kalınlıklarına göre ısı kayıpları



Şekil 6.6 Duvar kalınlığı 60 cm olan taş fırın için ilk yatırımdaki izolasyon maliyeti



Şekil 6.7 Duvar kalınlığı 40 cm olan taş fırın için ilk yatırımdaki izolasyon maliyeti

İzolasyon için taş fırının inşasında yapılacak ilk yatırım maliyeti izolasyon kalınlıklarına göre Şekil 6.6 ve Şekil 6.7 de verilmiştir. Bu maliyetlerin çok kısa zamanda geri dönüşünün olacağı (6.6) TPT bağıntısı formülüyle hesaplayarak görmek mümkündür.

#### 6.4.1 Amortisman süresi

Taş fırında yapılacak olan izolasyon ve yapısal değişiklikler neticesinde enerji tasarrufu ve ilk yatırım maliyetlerinde azalmalar meydana gelmektedir.

Saatte 750 adet ekmek kapasitesi yüzey alanları toplamı  $83,69 \text{ m}^2$  olan bir taş fırın için kullanılan 60 cm duvar kalınlığına sahip piyasadaki taş fırınların yapımında 11000 ile 12000 adet ateş tuğlası kullanılmakta iken yapılacak izolasyon ile duvar kalınlığı 40 cm'ye düşürülmektedir. Böylece 4000 adet ateş tuğlası ve işçilik maliyeti azalmaktadır. Öyleki;

20x10x6 ölçülerindeki bir ateş tuğlasının fiyatı: 400.000 TL dir.

İşçilik ücreti : 120.000.000 TL dir.

Tuğla ve işçiliğinden elde edilecek toplam parasal tasarruf 1.720.000.000 TL olacaktır. Bu miktardaki parasal tasarruf, ilk yatırım maliyetinde izolasyona yapılacak yatırım bedelinin büyük bir kısmını karşılamaktadır.

Brülör kapasitesi %25 daha küçük seçilerek brülör ilk yatırım maliyeti düşmektedir.

Gaz şirketlerinin ticari faaliyet gösteren müşterilerinden almış oldukları, abone katılım bedelleri tüketim kapasitelerine bağlıdır. Örneğin İstanbul için bakarsak ; her 3,5 m<sup>3</sup>/h lik gaz çekiş debisi bir abone katılım bedeli karşılığıdır (250 milyon-01/05/2002 itibariyle). Yapılacak izolasyon ile tüketim debisindeki azalma ilk yatırım bedeli kapsamı içerisinde söyleyebileceğimiz abone katılım bedelini de düşürmüş olacaktır.

Gaz tüketim debisi düşeceğinden sayaç kapasitesi düşecek ve sayaç maliyeti azalacaktır.

Aşağıdaki (6.6) bağıntısından toplam parasal tasarruf hesaplanarak amortisman süresi bulunmaktadır.

$$TPT = \frac{[K_{\text{toplam}}^2 \times H \times F (T_{\text{fırın}} - T_{\text{ortam}}) \times 3600 (K_y^n - 1) \times L]}{H_u \times \eta \times (K_y - 1) \times (\lambda + K_{\text{toplam}} \times L)} \quad (6.6)$$

### 6.5 İşletme şartlarının iyileştirilmesi

Sistemdeki tüm temizleme kapakların sızdırmaz bir şekilde kapanması,

Fırın içi sıcaklığı ölçecek uygun bir yere termostat konarak bunun brülör kumanda panosuyla bağlantısının yapılması ve ayarlanan aralıklarda brülörün çalışması için gerekli otomasyon sisteminin kurulması,

Brülörün ocak duvarına sabitlenerek montajının yapılması,

Alt ve üst havalandırmaların yapılması,

Gaz alarm cihazının mahallin içerisinde montajının yapılması,

Duman kanalı ve baca yüksekliklerine belirtilen standartlar ve şartlar çerçevesinde uyulması,

En az altı ayda bir baca gazı emisyon analizlerinin yapılarak brülör ayarlarının yapılması ,

Alevin karşı duvara çarpmasının önlenmesi (alev ayarının yapılmasıyla),

Brülör ana kumanda panosunun ve elektrik ana kesme şalterinin brülörün bulunduğu mahallin dışında bulunması,

Sistemin ve bacanın topraklamasının yapılması,

Doğal gaz tesisatında yer altı kısmı var ise mutlaka katodik korumasının yapılması,

Azami ölçüde işçi sağlığı ve iş güvenliği kurallarına uyulması,

Fırınlarda azami ölçüde teknik emniyet kurallarına uyulması,

## 7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ülkemizde doğal gaz 15 yıldır kullanılan bir enerji kaynağıdır. Bu konuda yapılan çalışmalar hızla devam etmektedir. Önümüzdeki enerji planlamaları projeksiyonuna baktığımızda ülkemizin büyük bir kısmında doğal gazın yaygınlaşacağı ve her vilayette kullanılır hale gelecektir.

Doğal gazın yaygınlaşmasıyla ısınma, soğutma, elektrik üretimi ve sanayi üretiminde kullanımı da artmaktadır. Fakat bu kullanımlarda maksimum verim elde edilebilmektedir? Kullanım alanlarından olan taş fırınlarıyla ilgili yapılan bu çalışma esnasında 50 ye yakın taş fırın bizzat ziyaret edilmiş ve bazı tespitler elde edilmiştir. Bu tespitler ve standartlar çerçevesinde yapılması gereken önerilerimiz aşağıda sıralanmaktadır.

1-Yapmış olduğumuz fırın ziyaretlerinde brülör ile yanma hücresi arasında çok fazla hava girişine müsaade eden, kontrol dışı istenmeyen aralıklar bulunmakta, brülör dış etkilere ve bilinçsiz müdahalelere açık olarak çalışmaktadır. Bu durum brülörün bir flanş yardımıyla yanma hücresine sabitlenerek ve sızdırmaz hale getirilerek ortadan kaldırılmalıdır.

2-Taş fırınlarda kullanılan brülörlerle sıcak su kazanları vb. cihazlar için tasarlanmış olup, taş fırınlarda kullanılmalarında bazı önemli hususlara dikkat edilmesi gerekir. Fırın içersindeki açığa çıkan ısı brülör namlusunun ısınmasına sebep olmaktadır. Çalışma sırasında hava çıkışı olduğu için bu pek problem olmamakla birlikte, kapatılma anında verilen ısı geri tepmekte ve namluyu ısıtmakta ayrıca brülör kablolarına zarar vermektedir. Kazanlarda bu durum gözlenmez, çünkü cehennemlik etrafındaki su ısıyı kısa bir sürede absorbe edebilmektedir. Taş fırınlarda yapılan kontrolde yanma odasında tuğlaların kızardığı, hatta aşırı sıcaklıktan deforme olduğu gözlemlendi. Brülör namlusunun girdiği yerden geri dönen sıcaklık 350 °C olarak ölçüldü. Buda brülör namlusunun ısınmasına sebep olmaktadır. Sonuçta sıcak su kazanları için imal edilmiş brülörlerin taş fırındaki çalışma ortamları dikkate alındığında brülörün alevi yanma hücresine uygun şekilde oluşturulmalı bu mümkün değilse yanma hücresinin dizaynı yeniden yapılmalıdır. Böylece alev direk yanma odası duvarlarına ve ısı transferinde kullanılan borulara vurmadan en yüksek fayda sağlanabilecektir. Bu boruların kısa sürelerde yüksek sıcaklıklara maruz kalmasından dolayı deforme olduğu ve değiştirilmek zorunda kaldığı taş fırın imalatçısı firma tarafından belirtilmiştir. Brülörün bulunduğu

ortamın temiz hava ihtiyacı ve egzoz gazlarının çıkışı için alt ve üst havalandırmalar kesinlikle müdahale edilemeyecek şekilde yapılmalıdır.

3-Taş fırının duman kanalı dizaynında;

Yeni yapılacak taş fırınlarda duman kanalı maksimum yedi metre olmalıdır.

Daha uzun olması halinde DIN 4705'e göre baca çekişinin emniyetli olduğu hesaplanmalıdır.

Yatay duman kanalının bacaya bağlantısı Şekil 6.3 deki gibi olmalıdır. Duman kanalı temizleme kapakları kapatılarak, ortamdan hava girişleri engellenmelidir.

4-Taş fırınlarda verim ve egzoz emisyon ölçümü yapılabilmesi için, baca gazı analiz cihazının probunu bacaya yerleştirecek uygun çapta bir yer bırakılmalı. Taş fırının gazı açıldıktan sonra mutlaka baca gazı analiz raporu istenmeli. Bu rapor değerleri çevre koruma yönetmeliğine göre ilgili birim tarafından değerlendirilmelidir. Taş fırınlarda kullanılacak bacalar; paslanmaz çelikten çift cidarlı ve izolasyonlu, boyu minimum 12 metre olmalı ve çatı mahyasını en az bir metre geçmelidir. Çap hesabında DIN 4705 kullanılmalıdır.

5-Taş fırınların tüm yüzeylerine uygulanacak ısı yalıtımı ile minimum % 25 yakıt tasarrufu sağlanacaktır. Bu sebepten dolayı altıncı bölümde hesaplanarak bulunan, optimum izolasyon kalınlığının aşağıdaki izolasyon malzemesi kullanılarak yapılması uygun olacaktır. Bu optimum kalınlık ve malzeme 83,69 m<sup>2</sup> yüzey alanına sahip saatte 750 adet ekmek üreten bir taş ekmek fırını için geçerlidir. Farklı özelliklerdeki fırınlar için hesaplamalar tekrar yapılmalıdır.

$$\lambda_{\text{izolasyon}} = 0,0344 \text{ kcal /mh}^{\circ}\text{C}$$

$$L_{\text{izo-kalınlığı}} = 5 \text{ cm (minimum),}$$

Taş yünü, 650°C ' ye kadar sıcaklıktan etkilenmez.

6-Taş fırınların yanma odası dikdörtgenler prizması şeklinde olduğu için yanmış gazların tahliyesi tam olarak mümkün olmamaktadır. Özellikle yanma odası köşelerin ölü bölgeler oluşturduğu tespit edilmiştir. Kazanlardaki yanma odası silindirik olduğundan yanmış gazların tahliyesi bu sebeple daha kolay olmaktadır: Bu da emniyeti sağlamaktadır. Yanma hücresi köşeleri; optimum yuvarlatma çapı hesaplanarak fırın yanma odası köşelerinde uygulanmalıdır. Optimum yuvarlatma çapı tespiti iki boyutlu veya üç boyutlu fırın içi akım analizi yapılarak tespit edilebilir. Köşelerdeki yuvarlatmalar ile gaz birikmesi önlenmeli, ortamdan hava alması engellenerek sızdırmaz yapılmalıdır.

7-Taş fırınlarda ekmek pişirmek için 220-250 °C' lik bir sıcaklığa ihtiyaç duyulmakta. Taş fırınlarda ilk çalıştırma ilgili kişi tarafından panodan yapılıyor. Fırın sıcaklığının 260-270 °C' ye ulaşınca brülör ilgili kişi tarafından panodan kapatılıyor. Yani, taş fırınlarda sıcaklığa göre brülör çalışmasını ayarlayan bir termostat mevcut değildir. Fırın üzerindeki termometreye bakılarak brülör elle açılıyor veya kapatılıyor. Bu durum sıvı ve gaz yakıtlı fırınlar içinde aynıdır. Ayrıca ısı kaybını azaltacağı düşüncesiyle elle kontrollü baca damperi mevcuttur. Fırın sıcaklığının istenen değere, termometreye bakarak yükseldiği tespit edilirse, brülör stop ettirilerek, baca damperi kapatılıyor. Böylece bacadan olan kaybın önleniği düşünülmektedir. Bazı fırınlar kontroller sırasında, baca gözlenmesi için yan kapaklar açılarak gazete kağıdı yakıldığında, dumanın gözleme kapağından bulunduğumuz ortama teptiği gözlemlendi. Bu duruma baca damperinin kapalı olmasının sebep olduğu tarafımızdan tespit edildi ve damper açılması sağlandı. Brülör, fırın içi sıcaklığı (ekmek pişirme için gerekli) ayarlayan termostat ve (konmak istenirse) birbirleriyle irtibatlı olarak çalışmalıdır.

8-Brülör ayar seti elemanlarında bulunması gerekli elemanlar.

- 1-)Hava presostadı
- 2-)Hava klapesi
- 3-)Emniyet selenoid vanası
- 4-)İşletme selenoid vanası
- 5-)Gaz presostadı,
- 6-) Butonlu manometre
- 7-) Ani emniyet kapama vanalı gaz basınç regülatörü
- 8-) Filtre
- 9-) Butonlu manometre
- 10-) Esnek bağlantı
- 11-) Elle kapama vanası

BRÜLÖR ARMATÜRLERİ

GAZ YOLU ARMATÜRLERİ

9-Mevcut taş fırınlara doğalgaz verilmemektedir. Yapılan bu iyileştirmelerle birlikte taş fırınların daha güvenli ve ekonomik gaz kullanımı sağlanmış olacaktır.İstanbul gaz dağıtım şirketi bu çalışmayı esas alarak taş fırınlara doğal gaz vermeyi başlatacaktır.



**KAYNAKLAR**

SOFREGAZ (1986), Steel Line Pipe, Sofregaz Specs.,France

İBŞB (1998), İGDAŞ 2000 Yılı Faaliyet Raporu, İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı

BOTAŞ (1996) “Doğal Gaz”, Personel Eğitim Daire Başkanlığı

BOTAŞ (1999) 1999 Yıllık Raporu, Botaş

İGDAŞ (2000) “Doğal Gaz İç Tesisat Yönetmeliği ve Teknik Şartnamesi”,İgdaş

İGDAŞ (2002) “Endüstriyel ve Büyük Tüketimli Tesislerde Doğal Gaza Dönüşüm Teknik Şartnamesi”, İgdaş

İGDAŞ (2000) “Doğalgaz İç Tesisat Uygulamalarında Proje Hazırlama Esasları”, İgdaş

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ (2001),”İleri Isı Transferi Ders Notları”, Prof.Dr İsmail Teke

Yardım, G.,(2001) Türkiye’de Doğal gaz Arz-Talep Dengesi, Doğal Gaz LPG, Petrol ve Enerji Dengesi Mayıs/Haziran 2001

Bulak, S.,(2001) İstanbul’ da Doğal Gaz , Doğal Gaz LPG Petrol ve Enerji Dergisi Mayıs/Haziran 2001

**ÖZGEÇMİŞ**

Doğum tarihi	01.07.1970	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1983-1987	Maçka Anadolu Teknik Lisesi
Lisans	1987-1991	Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fak. Makine Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2000-Devam ediyor	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Müh. Anabilim Dalı, Isı Proses Programı

**Çalıştığı kurumlar**

1991-1992	İhlas Motor A.Ş. Kalite Kontrol Mühendisi
1994-Devam ediyor	İstanbul Gaz Dağıtım A.Ş.(İGDAŞ) İstanbul Bölge Müdürü