

57582

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOĞALGAZ BORU HATLARININ
BOYUTLANDIRMA VE GÜVENLİĞİ YÖNÜNDEN
İNCELENMESİ

Mak. Müh. Sinan ÇELİK

F.B.E. Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Enerji Makinaları Programında
hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Ertuğrul KÜÇÜKKARAMIKLI

İSTANBUL , 1996

57582

ÖZET

Günümüz teknolojisinde gaz yakıtlar önemli bir rol oynamaktadır. Doğalgaz ekonomik ve verimli bir enerji kaynağıdır. Bu yüzden gelecek günler içinde kullanım alanının gittikçe büyümesi beklenmektedir. Böylece doğalgazın önemi bir kez daha vurgulanacaktır. Kamu ve endüstri doğalgaz ile yeni yeni tanışmaya başladı. Bundan başka doğalgazdan istifade etme yolları da her geçen gün artmaktadır.

Doğalgaz boru hatlarını boyutlandırma ve güvenliği yönünden incelenmesi adı altındaki tezimde alçak,orta,yüksek basınçlı boru hatları,şebekeler,depolar, valflar, kompresörler, ayar cihazları gibi boru hat elemanlarına yer verdim.

Tezimin çok değerli meslek arkadaşlarıma faydalı olacağını umarım.

Bu projeyi bana veren ve yardımlarını benden esirgemeyen Sayın Prof. Ertuğrul KÜÇÜKKARAMIKLI ' ya teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Mak. Müh.

Sinan ÇELİK

ZUSAMMENFASSUNG

Die Gaskraftstoffe spielen heutzutage bei der entwickelnde Technologie eine große Rolle. Das Erdgas hat eine ekonomische und leistungsfähigkeite Energiequelle. Deshalb wird es in der nächsten Tag allmählich das Verwendungsfeld verbreiten. In diesem Punkt wird die Erdgasnützung noch mal betonen. Die Öffentliche und Industrie beginnt es langsam langsam kennenzulernen. Außerdem die Nützungswege von dem Erdgas Tag für Tag zunehmen.

Meine These Unter den Rohrleitungsbau und Sicherheit von Erdgas enthält die Rohrleitungselemente wie nieder, mitte und hochdruck Rohrleitung,Netze, Speicherung, Verdichter, Reguliergeräte, Ventile o.ä.

Ich hoffe, daß sehr geehrte Berufsfreund und -freundin von meiner These nützen.

Ich danke Herrn Prof.Ertuğrul KÜÇÜKKARAMIKLI ,der mir diese Thema gab und half.

Maschinenbau Ingenieur

Sinan ÇELİK

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ

1.1. Doğal Gazın tanımı.....	2
1.2. Dünya Doğal gaz rezerv ve tüketimi.....	3
1.3. Üreticiden tüketiciye ulaşım.....	5
1.4. Doğal gaz ticaret potansiyeli.....	6

2. DOĞAL GAZIN ÖZELLİKLERİ

2.1. Gaz şartları	8
2.2. İdeal ve gerçek gazlar	10
2.3. Sıvılaştırılmış gazlar.....	15
2.4. Alt ve üst ısıl değer.....	17
2.5. Yoğunluk.....	20
2.6. Gaz Basıncı.....	20
2.7. Wobbe indeksi.....	21
2.8. Isıl kapasite, viskozite.....	22

3. ŞEBEKE HESAPLARI

3.1. Maksimum hacimsel debinin bulunması.....	23
3.2. Akışkanlar mekaniğinin temel prensipleri.....	23
3.3. Basınç kayıp hesapları.....	31
3.4. Boru şebekeleri.....	47

4. DOĞAL GAZIN NAKİL VE DAĞITIMI

4.1. Gaz nakil hatları.....	52
4.2. Gaz basınç ayar donanımları (GDR) , Gaz basınç ayar ve ölçme donanımları (GDRM).....	71
4.3. Kompresör donanımları.....	80

5. TÜKETİM UÇLARININ DENGELENMESİ

5.1. Gaz kapları.....	87
5.2. İlave gaz ile gaz takviyesi.....	93
5.3. Depolama ile gaz takviyesi.....	99

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Tarihçesi incelendiğinde ilk defa Çin'de yakıt olarak kullanıldığı düşünülen doğalgaz (natural gas) özellikle son yüzyıl içinde önemli enerji kaynaklarından biri olarak günlük yaşamda yer almaktadır. Kokusuz ve görünmez olmasından dolayı hayalet (ghost) adı ile geçmişte tanımlanmış olan doğalgaz günümüzde dünya enerji gereksiniminin önemli bir kısmını karşılamakta kullanılmaktadır.

Ülkemiz enerji kapamakta önemli bir kaynak olarak düşünülen ve henüz gelişme safhasında bulunan doğalgaz üretim ve tüketimi bazı ülkelerde ise çok büyük boyutlara erişmiş durumdadır. Örneğin A.B.D.'de tüm enerji tüketiminin yüzde 26'sı doğalgazla karşılanırken tüm dünya sözkonusu olduğunda bu oran yüzde 19'a yakındır. Ülkemizde ise bu oran ihmal edilebilecek kadar küçük olup yüzde 0'a yakındır.

A.B.D.'de ilk defa 1821 yılında Newyork eyaletinde keşfedildiği bilinen doğalgaz, gaz sahalarının hemen yakınında yakıt olarak kullanılmaya başlandı. Elektrik lambalarının bulunmasından önce aydınlatma amacıyla kullanılan doğalgaz daha sonra yerleşim merkezleri ve endüstride yakıt olarak tüketildi.

Özellikle endüstride tüketimi gittikçe ağırlık kazanan doğalgazı gaz sahasından uzakta bulunan endüstri bölgelerine götürebilmek için 1920'lerden itibaren uzun borular döşenmeye başlandı.

Doğalgaz yüzyılımızın başında enerji kaynağı olarak önem kazanırken özellikle petrol rezervuarlarından petrolle birlikte üretilen doğalgaz, henüz nasıl değerlendirileceği bilinmediğinden dolayı atmosfere veriliyordu. 1930'lu yıllarda bu şekilde boşa giden doğalgazın değeri zamanla arttı ve oluşan petrol krizleri doğalgazın değerlendirilmesi ile ilgili araştırma ve çalışmalarını teşvik edici rol oynadı.

1.1.Doğalgazın Tanımı

Ham petrolle birlikte veya ayrı olarak yeraltında gözenekli ortamlarda bulunan hidrokarbon ve hidrokarbon olmayan gazların doğal olarak oluşmuş karışımı doğal gaz olarak tanımlanır. İçinde esas olarak tanımlanan metan ve daha sonra da daha ağır hidrokarbonlar daha az oranda bulunurken ayrıca nitrojen,karbondioksit, hidrojen sülfür ve helyum hidrokarbon olmayan gazlar olarak yer alır. Bazı gazlarda ise yoğunlaşmış olarak metandan ağır hidrokarbonlar bulunabilir. Tüketim alanlarında kullanılan doğalgaz içinde yaklaşık % 80-95 arasında metan ve çok daha az oranda etan ve propan içerir. Geri kalanın çoğunluğu nitrojendir. Isı değeri 900-1200 BTU/SCF ve özgül yoğunluğu (Hava için 1.00) 0.58-0.79 arasında değişir (Katz et al . 1959)

Rezervuarlardan üretilen doğalgazın içinde benzin,sıvılaştırılmış petrol gazı,su buhar ve bazen de petrol bulunabilir ki bunların doğalgaz tüketiciye ulaştırılmadan önce doğalgazdan ayrıştırılması gerekir. Benzin ve yoğunlaşmış hidrokarbonlar ayrıştırıldıktan sonra doğalgazın ısı değeri de düşer.

Gaz durumundaki fosil yakıt olarak tanımlanabilen doğalgaz yerleşim merkezlerinde , ticari merkezlerinde ve içerdiği bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı endüstri kesiminde de kullanılan temiz ve mükemmel bir yakıttır. Kömür ve ham petrolle kıyaslandığında özellikle çevre sorunları yaratmadığından dolayı tercih edilmektedir.

Üç değişik türde doğalgaza rastlanmaktadır.Bunlar sırasıyla;

1. Kuru gaz (sweet dry gas)
2. Islak gaz (sweet wet gas) : Üretilen gaz içinde yoğunlaşmış olarak görülen gazdan ağır hidrokarbonları içeren doğalgaz bu tür içinde sınıflandırılabilir. Yoğunlaşmış hidrokarbonların yanında su da içerebilir.
3. Kirli gaz (sour gas) : Hidrojen sülfür gibi hidrokarbon olmayan gazları içeren doğal gazlardır. Doğalgaz petrol içeren yapılara benzer yeraltındaki kısmen veya tamamen geçirimsiz tabakalarla kaplanmış gözenekli yapılarda bulunur.Birçok petrol rezervuarlarının içinde ya petrolde çözülmüş olarak veya petrollü rezervuarın üstünde bir gaz başlığı

şeklinde büyük hacimlerde gaz bulunur ki bu tür gaza petrolle ilişkili gaz denir. Çözünmüş durumda ise petrolle birlikte üretilir. Eğer bir gaz başlığı içinde ise Petrol üretimini etkileyen özelliğinde dolayı petrol üretildikten sonra gazın üretilmesi daha doğrudur. Bazı rezervuarlardan ise yalnız doğalgaz üretilir. Bu tür gaz da petrolle ilişkili olmayan gaz olarak tanımlanır. Dünya ortalaması olarak tüm gazların % 40'ı petrolle ilişkili olan türdendir.

1.2. Dünya Doğal Gaz Rezerv ve Tüketimi

1983 yılında yapılan bir istatistiksel çalışmaya göre dünya doğalgaz rezervi $3.3 \cdot 10^{15}$ SCF ($\sim 9 \cdot 10^{13} \text{ m}^3$) kadardır. Doğalgaz rezervinin ülkelere göre dağılımı tablo 1 'de gösterilmektedir. Tablo 1 'e göre Sovyetler Birliği Dünyada en büyük gaz rezervine sahip ülke olup Sovyetler Birliği ve Ortadoğu tüm dünya doğalgaz rezervinin yaklaşık 2/3'ünü bulundurmaktadır. (Katz et al . 1959)

1980'li yılların başında dünya yıllık doğalgaz tüketimi $60 \cdot 10^{12}$ SCF ($\sim 1.7 \cdot 10^{12} \text{ m}^3$) kadardır. Bunun yaklaşık % 51'i Kuzey Amerika'da, % 14'ü B. Avrupa'da, %26'sı doğu bloku ülkelerde ve % 9'u diğer ülkelerde diğer ülkelerde tüketilmiştir. Gelecekte doğalgaz tüketiminin sabit kalması durumunda doğalgaz rezervinin 55 yılda tükenebileceği söylenebilir.

Dünya petrol tüketiminde yaklaşık 1/3 'lük paya sahip olan K. Amerika (özellikle A.B.D.) dünya gaz tüketiminde ise çok daha yüksek bir paya (% 51) sahiptir. Ancak tüketilen petrolün çoğunu dışarıyla karşılayan K.Amerika, tükettiği doğalgazın çoğunu ise K.Amerika'daki rezervlerden karşılamaktadır. Büyük orandaki tüketiminden dolayı rezervi gittikçe azalmaktadır. Endüstrileşmiş B.Avrupa'da ise gaz tüketimi hızla artmaktadır. Hollanda'daki Groningen sahası, Kuzey Denizindeki sahalar ve bulunduğumuz yıllarda önemli bir konu olarak dünya kamuoyunu meşgul eden Sovyetler Birliği'nden Orta Avrupa'ya döşenen boru hattı ile alınan gaz B.Avrupa tüketimini karşılamakta kullanılmaktadır.

Tablo 1.1 Dünya Doğal Gaz Rezervinin Ülkelere Göre Dağılımı (1983)
(Satman ,A. , 1986)

Ülke	Rezerv,10 ¹² SCF	Dünya yüzdesi
Sovyetler Birliği	1300	39.6
İran	370	11.3
A.B.D.	209	6.4
Katar	151	4.6
Cezayir	126	3.9
S.Arabistan	114	3.5
Türkiye	1	0.03

Tablo 1.2 Bölgesel Dağılım (Satman ,A. , 1986)

Bölge	Rezerv,10 ¹² SCF	Dünya yüzdesi
D. Avrupa+Sovyetler Birliği	1329	40.5
Ortadoğu	830	25.3
K.Amerika	379	11.5
Afrika	232	7.1
B.Avrupa	202	6.1
Uzak Doğu+Çin	176	5.4
G.Amerika	110	3.4
Avustralya	23	0.7
Toplam	3281*10 ¹² SCF	

1950'de K.Amerika'da toplam enerji tüketiminin % 9'u doğalgazla karşılanırken bu oran 1978'de % 26'ya yükselmiştir. 1960'da İngiltere'de toplam enerji tüketiminin % 2' si doğalgazla karşılanırken Kuzey Denizi rezervlerinin bulunmasından sonra 1975'te bu oran % 15'e ulaştı.

Günümüzde Türkiye enerji tüketimi yaklaşık 22 Milyon Ton petrole eşdeğerdir ve doğalgazın bu tüketimdeki payı sifıra yakındır. Bugüne kadar bulunan ve ekonomik olarak işletilebilir gaz içeren tek saha olan Hamitabad gaz sahasının rezervi $1 \cdot 10^{12}$ SCF olarak tahmin edilmektedir. Halen tam kapasitede işletilmeyen bu sahadan elde edilecek gazın sahaya yakın bir bölge içinde tüketilmesi ve halen kurulmakta olan elektrik santralinde kullanılması planlanmaktadır.

1.3. Üreticiden Tüketicie Ulaşım

Dünya rezervi büyük olan doğal gazın gelecekteki en azından 25 yıl içinde dünya enerji tüketimindeki yerini koruyacağı beklenmelidir. Ancak doğalgazın gelecekteki rolünü saptayan faktör rezerv değil de doğalgazın tüketiciye iletimi ve dağıtımında doğan problemler ve üreticilerin dışsattım için aldıkları davranıştır.

Geçmişte doğalgaz üreticiden tüketiciye borularla iletilmekte idi. Bu iletim yöntemi günümüzde de geçerliliğini korumaktadır. Boru döşeme masrafları ancak rezervin büyük olduğu ve istemin garantili olduğu durumlarda karşılanabilmektedir.

Doğal gazın borularla iletimine bir başka seçenek onu soğutuculu tankerlerde sıvılaştırılmış doğal gaz (liquified natural gas) olarak iletmek ve tüketilen yere vardığında onu tekrar gaz durumuna dönüştürmektir. Bu işlem ise büyük yatırım gerektirmekte ve ayrıca gazın % 25 sıvılaştırılmış doğal gaz işlemi ve iletimi sırasında kullanılmaktadır. Örneğin Ortadoğu'dan Japonya'ya ve A.B.D.'ye gaz taşımada gerekli yatırım petrol eşdeğeri olarak (41 SCF Doğal gaz enerjisi 1 ton ham petrol enerjisine eşdeğer) günde 1 varil (BBL) için 10^4 A.B.D. dolarından başlamaktadır. Her ne kadar yüksek bir yatırımsa da, doğal gazın temiz ve uygun yakıt olmasından dolayı belirli önemli uygulamalarda diğer yakıtlar ile karşılaştırıldığında fazla yüksek olmamaktadır (Katz et al , 1959)

Diğer taraftan sıvılaştırılmış petrol gazının tankerlerle iletiminde özel çevre problemleri doğmaktadır. Örneğin, limanlarda tankerlerin çarpışmaları gibi. Her ne kadar bu konuda birçok önlem alınsa da yine de oluşan kazalar gemi iletiminde yavaş ilerlemeye sebep olmaktadır.

Doğalgazın metanole dönüştürülerek iletilmesi pahalı tankerlerin yapımını ve buna bağlı olarak sıvılaştırma ve tekrar gazlaştırma donanımlarının yapımı için gereği ortadan kaldırdığından iletilme işlemi basitleştirilmektedir. Ancak metanol dönüşümünün de gaz üretim alanlarında büyük dönüşüm donanımlarının yapılması gereklidir. Bu da sıvılaştırılmış doğalgaz durumunda geçerli olan % 25 enerji kaybına kıyasla % 40' lık enerji kaybı doğmaktadır.

Dünyanın en büyük gaz rezervleri Batı Avrupa, Kuzey Amerika ve Japonya gibi önemli tüketici merkezlerden genellikle çok uzaktır. İletim probleminin yanında politik faktörlerde doğal gaz ticaretinin yavaş gelişmesine neden olmaktadır. Yine de doğal gazın çevre kirliliğini en aza indirgeyen bir yakıt olmasından dolayı ileride bu tür problemlerin azalması beklenebilir. Yukarıda sayılan önemli gaz tüketici merkezlere kıyasla Türkiye'nin şanslı yani gaz rezervlerinin bulunduğu orta doğu ülkelerine ve Sovyetler Birliği'ne yakınlığıdır. Ülkemizin enerji açığının bu ülkelerde yapılacak doğal gaz dış alımlarıyla sağlanması oldukça çekici bir seçenek olarak görülmektedir.

1.4. Doğal Gaz Ticaret Potansiyeli

Günümüzde uluslararası ticaret potansiyeli oldukça düşük olmasına rağmen geleceğe yönelik bazı projeler bu ticareti arttırmaya yöneliktir. Bu projeler üç grupta toplanabilir.

1. Sovyetler Birliği'nin dış satımı
2. Esas olarak OPEC (Organization for Petroleum Exporting Countries) ülkelerinden yapılacak sıvılaştırılmış doğalgaz, LNG, dış satımı
3. OPEC ülkelerinden borularla dış satım

Şimdi bunları kısaca inceleyelim.

1. Sovyetler Birliği'nden dış satım: Sovyetler Birliği ,Sibirya'dan üretilen gazı borularla Avrupa'ya sevk etmekte ve başta F.Almanya ve İtalya olmak üzere Fransa, Avusturya ve Finlandiya'ya yılda $1 \cdot 10^{12}$ - $1.8 \cdot 10^{12}$ SCF ($30 \cdot 10^9$ - $1 \cdot 10^9$ m³) dış satım yapacak şekilde bir anlaşma yapmış bulunmaktadır. Bu miktar 171-310 Milyon varil petrol / yıl enerji eşdeğerine karşılık gelmektedir. Diğer taraftan ülkemiz ile Sovyetler Birliği arasında

yapılan bir ön anlaşma ile yılda $1.4 \cdot 10^{11}$ - $2.1 \cdot 10^{11}$ SCF ($4 \cdot 10^9$ - $6 \cdot 10^9$ m³) (24-36 Milyon varil petrol eşdeğeri/yıl) arasında değişecek miktarda gazın Sovyetler Birliği'nden ülkemize dışalımını öngörülmektedir. Her ne kadar Sovyetler Birliği'nde daha büyük doğal gaz rezervleri varsa da ve daha fazla dış satım yapabilirse de, özellikle 1990'lardan sonra Sovyetler Birliği'nde artacak olan iç sistemi karşılayabilmek için daha fazla dış satım yapılması olası görülmektedir.

2. LNG dışsatımı : % 80 kadarı OPEC ülkelerinden olacak dışsatımın yaklaşık bir milyon varil petrol eşdeğeri / gün olarak B. Avrupa, K. Amerika ve Japonya'ya yapılacağı tahmin edilmektedir.

3. Borularla Dış satım : Orta Doğu ' dan ve K. Afrika'dan B. Avrupa'ya yapılacak bu ticaret yaklaşık 0.25 milyon varil petrol eşdeğeri/gün kadar olabilecektir.

Doğal gaz ticareti konusunda tutulacak tutum ülkeden ülkeye değişmektedir. Günümüzde doğal gazı önemli derecede tüketen ve büyük dağıtım ve gaz kullanan donanımlara sahip ülkeler eğer istemi önümüzdeki yıllarda da karşılamak isterlerse kendi iç kaynaklarından azalan üretimlerinden dolayı büyük güçlüklerle karşılaşacaklardır. Kendi gaz gereksinimlerini karşılamak için dış alıma ne kadar bağımlı olmaları gerektiği konusunu kararlaştırmak zorunluluğundadırlar. Örneğin, gerekli enerjiyi kömürden karşılamak sözkonusu olduğunda, dışarıdan alınan gazın maliyeti ve riskleri dışarıdan alınabilecek kömürün maliyeti ve riskleri ile kömürden sentetik gaz dönüşümünü sağlamak için gerekli yatırım ve doğabilecek çevre sorunları ile dikkatli bir şekilde karşılaştırılmalıdır. Doğal olarak bazı ülkeler doğal gaz istemini azaltmaya karar verebilirler. Bu arada doğal gaz dış satımı yapan ülkeler ise gazı doğal gaz olarak veya LNG olarak değil de doğal gazdan elde edilebilen yakıt veya bazı petrokimyasal maddeler olarak dış satım seçeneğini tercih edebilirler. Bunlar gibi doğalgaz üreten ve tüketen ulusları ilgilendiren değişiklikler dünya doğalgaz ticaretinde de önemli değişiklikler doğurabilirler.

BÖLÜM 2

DOĞAL GAZIN ÖZELLİKLERİ

2.1. Gaz Şartı

2.1.1. Normal ve Standart Şartlar,Kilomol,Normal Hacim

0°C ve 1.01325 bar normal fiziksel şart olarak ifade edilir. Bazı ülkelerde 0°C yerine 15°C kullanılır.Çoğunlukla bir kimyasal reaksiyonda 25°C ve 1.01325 bar kimyasal standart durum olarak verilir.

Madde miktarı (m) ile gösterilir.Gazlar için molekül sayısı da önemli bir faktör dür.SI birim sisteminde mol (n) ile gösterilir.Mol'deki molekül sayısı Avagadro sabiti olarak ifade edilir.

$$N_A = 6.022 \cdot 10^{26} \quad 1/\text{kmol}$$

1 kmol'de hasil olan kütle molar kütle (M) dir.

Fiziksel normal şartlarda gazın hacmi (Vn) dir.Avagadro yasasına göre tüm ideal gazlar aynı hacim,aynı basınç ve aynı sıcaklıklarda aynı molekül sayısı içerirler.Aynı fiziksel şartlar altında tüm ideal gazların 1 kmol'u aynı hacim (Vm) içerirler.fiziksel normal şartlarda molar normal hacim (Vmn),

$$V_{mn} = 22.41388 \text{ m}^3/\text{kmol} \cong 22.4 \text{ m}^3/\text{kmol} \quad (\text{İdeal gaz için}) \quad (2.1.1)$$

İdeal olmayan(gerçel) gazlarda molar normal hacim (Vmn),22.4 m³/kmol'dan biraz farklılık gösterir.(Tablo 2.1) Bu farklılık,yanma ve ısı değerlerinin hesaplarından kaynaklanır.

Kütle (m),mol (n) ve normal şartlardaki hacim (Vn) arasındaki ilişki,

$$m = n \cdot M \quad (2.1.2)$$

$$V_n = n \cdot V_{mn} \quad (2.1.3)$$

$$m = \rho_n \cdot V_n \quad (2.1.4)$$

2.1.4 eşitliğinde normal fiziksel şartlarda yoğunluk ρ_n ile gösterilir ve molar kütleden şöyle hesap edilir.

$$\rho_n = M / V_{mn} \quad (2.1.5)$$

Gazın yoğunluğu ve özgül hacmi,

$$\rho = m / v \quad (2.1.6a)$$

$$v = 1 / \rho \quad (2.1.6b)$$

Bir gaz karışımının yoğunluğu r_1, \dots, r_x hacimsel oranlarından ve bu oranların yoğunluklarından ρ_1, \dots, ρ_x ile hesaplanabilir.

$$\rho_m = r_1 \cdot \rho_1 + r_2 \cdot \rho_2 + \dots + r_x \cdot \rho_x \quad (2.1.7)$$

Bir gazın mutlak basıncı P veya Pmut ile gösterilir. Atmosferik basınç ile ölçülen (Pe) basıncının toplamından ibarettir.

$$P = P_a + P_e \quad (2.1.8)$$

Tablo 2.1 Yanma Gazlarının Özellikleri
(N. P. S. A. , 1972)

yanma gazı	kimyasal sembol	Molar kütle	Özgül gaz sabiti	Molar normal hacim	Normal şartlardaki yoğunluk	Relatif Yoğunluk	Normal şartlardaki yanma değeri	Normal şartlardaki ısı değeri
		M	Ri	Vmn	ρ_n	d	Ho.n	Hu.n
		kg/kmol	J/kgK	m ³ / kmol	kg / m ³	-	kWh / m ³	kWh / m ³
Hidrojen	H ₂	2.0158	4124.0	22.428	0.0898	0.069	3.540	2.995
Karbonmo- nooksit	CO	28.0104	296.8	22.400	1.2505	0.967	3.509	3.509
Metan	CH ₄	16.043	518.3	22.360	0.7175	0.555	11.061	9.968
Etin(asetilen)	C ₂ H ₂	26.038	319.6	22.226	1.1715	0.906	16.243	15.693
Eten(etilen)	C ₂ H ₄	28.054	296.8	22.245	1.2611	0.975	17.615	16.516
Etan	C ₂ H ₆	30.069	276.7	22.191	1.3550	1.048	19.526	17.874
Propen	C ₃ H ₆	42.080	197.6	21.998	1.9129	1.479	25.993	24.326
Propan	C ₃ H ₈	44.096	188.5	21.928	2.0110	1.555	28.123	25.893
n-Bütan	C ₄ H ₁₀	58.123	143.0	21.461	2.7080	2.094	37.239	34.392
n-Pentan	C ₅ H ₁₂	72.150	115.2	(20.90)	(3.452)	(2.670)	(47.000)	(43.490)
n-Hexan	C ₆ H ₁₄	86.177	96.5	(20.10)	(4.290)	(3.315)	(57.970)	(53.720)

2.2. İdeal ve Gerçek Gazlar

Herhangi bir gaz için termik durum eşitliği şu şekilde yazılır :

$$P \cdot v_g = R_i \cdot T \quad (2.2.1)$$

Burada P, mutlak basınç, Ri belirli bir gazın özgül gaz sabitesidir. Gerçekte ideal gaz yoktur. Çoğu gaz idal gaz gibi davranabilir. Örneğin hava gazı alçak basınçta doğal gaz gibi davranış gösterebilir.

Gaz kütlesi (m) ve hacim (V) için ideal gazın termik durum eşitliği yazılabilir. Benzer şekilde 1 kmol gaz için molar hacim (Vm) için bu eşitlik yazılır.

$$P \cdot V = m \cdot R_i \cdot T \quad (2.2.2)$$

$$P \cdot V_m = M \cdot R_i \cdot T = R_0 \cdot T \quad (2.2.3)$$

Burada, Ro tüm gazlar için üniversal gaz sabiti olarak adlandırılır.

$$R_0 = M \cdot R_i = 8.31441 \text{ kJ/kmolK} \quad (2.2.4)$$

Gerçek gazların davranışları, (z) gerçel gaz faktörü ve (k) sıkıştırılabilirlik katsayısı yardımı ile ideal gazın termik durum eşitliğinin düzenlenmesiyle sağlanır. (Gerçel gaz indisi = r = real)

$$P \cdot V_r = z \cdot R_i \cdot T \quad (2.2.5)$$

İdeal gaz için z = 1, gerçel gaz için virial katsayısı (moleküller arası kuvvetleri ifade eden katsayı) eklenir.

$$z = 1 + B(t) / v + C(t) / v^2 + D(t) / v^3 + \dots$$

Gerçek gaz faktörü (z) fiziksel duruma da bağlıdır. N.Ş.A.'da gerçel özgül hacim (Vnr), gerçel molar hacim (Vmnr)

$$P_n \cdot V_{nr} = z_n \cdot R_i \cdot T_n \quad (1 \text{ kg için}) \quad (2.2.6a)$$

$$P_n \cdot V_{mnr} = z_n \cdot R_0 \cdot T_n \quad (1 \text{ kmol için}) \quad (2.2.6b)$$

Herhangi bir durumun gerçel gaz faktörü (z), N.Ş.A.'da zn ile ilgili olup sıkıştırılabilirlik katsayısı (K) şöyle ifade edilir.

$$K = \frac{z}{z_n} = \frac{P \cdot v_r \cdot T_n}{P_n \cdot v_{nr} \cdot T} = \frac{P \cdot \rho_{nr} \cdot T_n}{P_n \cdot \rho_r \cdot T} \quad (2.2.7a)$$

$$\rho_n = \rho_{nr} \cdot \frac{P \cdot T_n}{P_n \cdot T} \cdot \frac{1}{K} \quad (2.2.7b)$$

Belirli bir durumdaki gerçek yoğunluk ρ_r , N.Ş.A.'da gerçek yoğunluk ρ_{nr} 'dir. N.Ş.A.'da gerçek gaz için $Kn = 1$ 'dir. İdeal gazlarda tüm durumlarda $K=1$ 'dir. Gerçek gazlarda K değeri 1'den büyük veya küçük olabilir.

Yaklaşık 12°C sıcaklık ce 70 bar'a kadar toprak hatlarında sıkıştırılabilirlik,

$$K \approx 1 - \frac{P_{mut}}{450bar} \quad (\text{Doğalgaz için}) \quad (2.2.8a)$$

$$K \approx 1 - \frac{P_{mut}}{6200bar} \quad (\text{Hava gazı ve kok gazı için}) \quad (2.2.8b)$$

Herhangi bir durumdaki (muhtemelen nemli) bir gazın gerçek (V_r) ile kuru gazın gerçek hacmi (V_{nr}) arasında ilişki vardır. 2.2.7 eşitliğinden,

$$V_{nr} = V_r \cdot \frac{P_G \cdot T_n}{P_n \cdot T} \cdot \frac{1}{K} = V_r \cdot Z^z \quad (2.2.9a)$$

Z^z durum katsayısı olarak adlandırılır. Bu katsayı gaz miktar ölçümünde bulunur ve ölçülen hacim (V_r) normal şartlardaki hacim (V_{nr}) ile değiştirilerek hesap edilir.

$$Z^z = \frac{V_{nr}}{V_r} = \frac{P_G \cdot T_n}{P_n \cdot T} \cdot \frac{1}{K} \quad (2.2.9b)$$

Atmosferik basınç (P_a), su buharının kısmi basıncı $P_D = \varphi \cdot P_s$, üst basınç (P_e) ve kuru gazın kısmi basıncı (P_G) ile gösterilirse

$$P_G = P_a + P_e - \varphi \cdot P_s \quad (2.2.10)$$

Burada φ , relatif gaz yoğunluğudur. İzahı,

$$\varphi = \frac{P_D}{P_s} \quad (2.2.11a)$$

P_D su buharının kısmi basıncı, P_s doyma noktası basıncıdır. Su buharının düşük kısmi basınçlarında su ideal gaz olarak düşünülebilir. Su için ,

$$\varphi = \frac{\rho_D}{\rho_s} \quad (2.2.11b)$$

ρ_D mutlak gaz nemi, ρ_s doyma noktası nemidir. P_s ve ρ_s değeri Tablo 2.2.den gaz sıcaklığına göre bulunur. ρ_D işletme durumunda nemli bir gazın her m^3 'ünde 2.2.11b eşitliği ile relatif nem (φ) bulunabilir.

Normal şartlar altında nemli bir gazın mutlak yoğunluğu $\rho_{Dn,f}$ bilinirse öncelikle işletme durumu için ρ_D hesaplanmalıdır. Düşük su buharı kısmi basıncında $K = 1$ alınır.

$$\rho_D = \rho_{Dn,f} \cdot \frac{P \cdot T_n}{P_n \cdot T} \quad (2.2.12)$$

Burada, P nemli gazın mutlak basıncıdır. $P = P_a + P_e$ ilgili olarak φ , 2.1.11b eşitliğine göre hesaplanabilir. ρ_s fiziksel normal şartlarda su buharı yoğunluğu $\rho_{H_2O,N} = 0.8038 \text{ kg/m}^3$ 2.2.11b eşitliğine yerleştirilirse işlemler daha basit hale gelir.

$$\rho_D = \rho_{H_2O,n} \cdot \frac{P_s \cdot T_n}{P_n \cdot T_s} \quad (2.2.13)$$

ρ_s ve ρ_D (2.2.12 eşitliği) $T_s = T$ olduğu durumda 2.2.11b eşitliği ile bağlantılı olarak yazılabilir.

$$\varphi = \frac{\rho_{Dn,f} \cdot P}{\rho_{H_2O,n} \cdot P_s} = \frac{\rho_{Dn,f} \cdot P}{0.8038 \text{ kg/m}^3 \cdot P_s} \quad (2.2.14)$$

Bazı durumlarda mutlak nem ve kuru normal hacim için ilgili büyüklük olarak $\rho_{Dn,t}$ verilir. Hacim değişirse $\rho_{Dn,t}$ verilmelidir. Kuru gazın kısmi basıncına göre $P - P_d$ azalırken nem de aynı oranda artar.

$$\frac{\rho_{Dn,t}}{\rho_{Dn,f}} = \frac{P}{P - P_s} \quad (2.2.15)$$

Aynı düşünceye göre normal fiziksel şartlarda su buharı için sabit sıcaklıkta bu eşitlik

$$\frac{P - P_s}{P} = \frac{\rho_{H_2O,n} + \rho_{Dn,t}}{\rho_{H_2O,n}} \quad (2.2.16)$$

olarak verilir. yukarıdaki eşitliğe basınç oranı yazılırsa,

$$\rho_{Dn,f} = \rho_{Dn,t} \cdot \frac{\rho_{H_2O,n}}{\rho_{H_2O,n} + \rho_{Dn,t}} \quad (2.2.17)$$

olarak bulunur. 2.2.17 eşitliği 2.2.16 eşitliğine yerleştirilirse relatif nem,

$$\varphi = \frac{\rho_{Dn,t}}{\rho_{H_2O,n} + \rho_{Dn,t}} \cdot \frac{P}{P_s} \quad (2.2.18)$$

$$\varphi = \frac{\rho_{Dn,t}}{0.8038 \text{ kg/m}^3 + \rho_{Dn,t}} \cdot \frac{P}{P_s}$$

Relatif nem hesabı için verilen eşitlikler düşük su buharı basınçları için de geçerlidir. Bir gazın izobar olarak soğutulmasında sabit kalan su buharı miktarının tamamen doyduğu sıcaklık yığılma noktası (Tepe Noktası) sıcaklığı (tr) olarak verilir.

İdeal bir gazın kısılmasında sıcaklık sabit kalır. gerçel gazın kısılmasında ise gaz soğur. (Joule -Thomson etkisi) Doğalgazın basınç ayarında özellikle buna dikkat edilmelidir.

Tablo 2.2 Doymuş Gazda Mutlak Nem (ρ_s) ve Su Buharının Kısmi Basınçları(P_s)
(N. P. S. A. . 1972

t °C	P_s bar	ρ_s kg / m ³	t °C	P_s bar	ρ_s kg / m ³	t °C	P_s bar	ρ_s kg / m ³
-20	0.0010	0.0009	13	0.0149	0.0113	42	0.0819	0.056
-18	0.0012	0.0011	14	0.0159	0.0120	44	0.0910	0.062
-16	0.0015	0.0013	15	0.0170	0.0128	46	0.1008	0.068
-14	0.0018	0.0015	16	0.0182	0.0136	48	0.1116	0.075
-12	0.0022	0.0018	17	0.0194	0.0144	50	0.1233	0.083
-10	0.0026	0.0021	18	0.0206	0.0153	52	0.1361	0.091
-8	0.0031	0.0025	19	0.0219	0.0163	54	0.1500	0.099
-6	0.0037	0.0029	20	0.0233	0.0172	56	0.1651	0.109
-4	0.0044	0.0035	21	0.0248	0.0183	58	0.1814	0.119
-2	0.0052	0.0041	22	0.0264	0.0194	60	0.1992	0.130
0	0.0061	0.0048	23	0.0280	0.0205	62	0.2184	0.142
1	0.0066	0.0052	24	0.0298	0.0217	64	0.2391	0.154
2	0.0071	0.0056	25	0.0316	0.0230	66	0.2615	0.168
3	0.0076	0.0059	26	0.0336	0.0243	68	0.2856	0.182
4	0.0081	0.0064	27	0.0356	0.0257	70	0.3116	0.198
5	0.0087	0.0068	28	0.0377	0.0272	72	0.3396	0.214
6	0.0093	0.0073	29	0.0400	0.0287	74	0.3696	0.232
7	0.0100	0.0077	30	0.0424	0.0303	76	0.4019	0.251
8	0.0107	0.0083	32	0.0475	0.0338	78	0.4365	0.271
9	0.0115	0.0088	34	0.0531	0.0375	80	0.4736	0.293
10	0.0123	0.0094	36	0.0594	0.0417	90	0.7011	0.423
11	0.0131	0.0100	38	0.0662	0.0462	100	1.0133	0.595
12	0.0140	0.0107	40	0.0737	0.0511			

2.3. Sıvılaştırılmış Gazlar

Gazlar erime eğrilerinin durumlarına göre sıkıştırma, soğutma ve kısma ile hacmin önemli ölçüde küçülmesi sonucu sıvılaşırlar. Sıvılaştırma kritik basıncın altında mümkündür.

Tablo 2.3 Sıvılaştırılmış Gazlar (Gerbe, G., 1990)

			Azot N ₂	Metan CH ₄	E tan C ₂ H ₆	Karbondioksit CO ₂	Propan C ₃ H ₈	n- Bütan C ₄ H ₁₀
Kaynama sıcaklığı (1.01325 bar)	t_s	°C	-195.8	- 161.5	- 88.6	(-78.5) *	- 42.0	- 0.5
Buharlaşma entalpisi(t_s ve 1.01325 bar)	r	$\frac{kJ}{kg}$	192.2	548.5	540.1	(573.6) *	448	403.6
Kritik basınç	P_k	bar	33.8	46.2	47.5	73.8	42.6	38.0
Kritik sıcaklık	t_k	°C	-146.9	- 82.5	32.1	31.0	96.8	152.1
Yoğunluk, gaz formu (Normal hal)	ρ_n	$\frac{kg}{m^3}$	1.250	0.7175	1.3550	1.9770	2.011	2.708
Yoğunluk, sıvı (1.01325 bar ve t_s)	ρ_f	$\frac{kg}{m^3}$	810	421	546	*	585	600
Hacim oranı (Normal hal: t_s 'de sıvı)	$\frac{V_n}{V_r}$	-	648	587	403	*	291	222

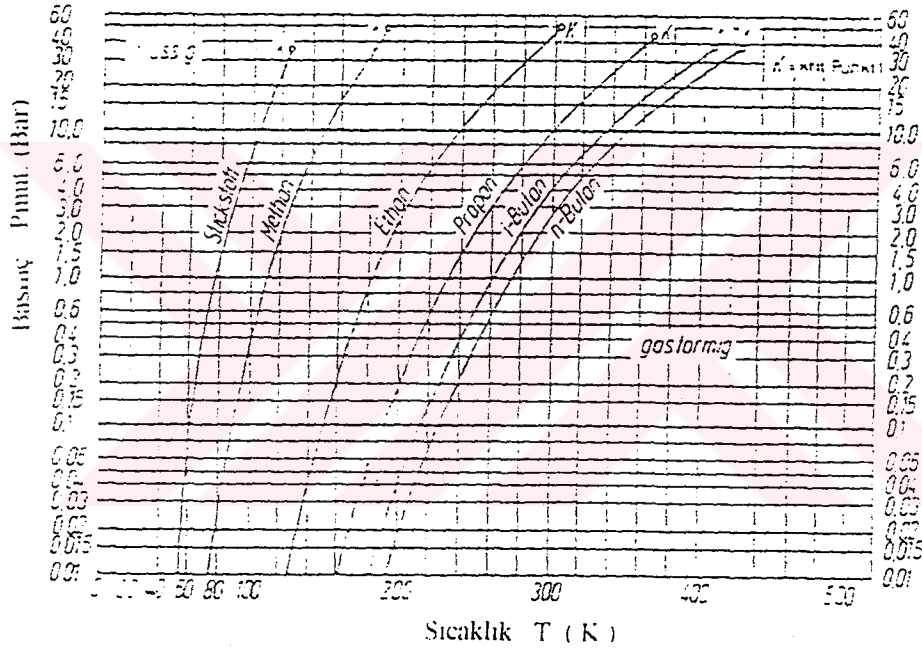
* 1.01325 bar'da CO₂ gaz durumundan katı duruma geçer : Süblimasyon (Süblimasyon sıcaklığı, Süblimasyon entalpisi)

Bazı gazların karakteristik özellikleri Tablo 2.3'te ve buhar basınç eğrileri Şekil 2.1'de verilmiştir. Buhar basınç eğrileri kritik noktada $K(P_k, t_k)$ sona ererler.

“ Sıvı gaz ” (LPG = Liquefied Petroleum Gas) hidrokarbonlardan oluşmuş bir karışımdır. Bu karışım, başlıca propan ve bütandan oluşur. Bunlar belirli bir ortamda sıkıştırılarak sıvılaştırılırlar ($t_r < t_k$). t_s , 1.01325bar'da sıvı durumdahacim,normal şartlardaki hacmin aksine propanda 1:291, bütanda 1:222azalır.

Sıvılaştırılmış doğalgaz (LNG = Liquefied Natural Gas) büyük ölçüde metandan oluşmuştur. $t_k = -82.5 \text{ } ^\circ\text{C}$ 'nin altında sıvılaşması mümkündür. Yukarıda verilen metottaki farklı kombinasyonların kullanıldığı yerlerde atmosferik basınçta sıvılaşma olur.

$P_n = 1.01325 \text{ bar}$ 'da $t_s = -161.5 \text{ } ^\circ\text{C}$ 'ta sıvılaşma olur. Bu durum normal şartların aksine 1:587 oranında azalması ile olur.



Şekil 2.1 Gazların Buhar Basınç Eğrileri
(Gerbe .G. .1990)

Bir gaz karışımının yoğunluğu, sıvılaştırılmış gazlarda oranların yoğunluğu ile $\rho_{f1} \dots \rho_{fx}$ hesaplanabilir.

$$\rho_{\beta M,i} = r_{f_1} \cdot \rho_{f_1} + r_{f_2} \cdot \rho_{f_2} + \dots + r_{f_x} \cdot \rho_{f_x} \quad (2.3.1)$$

Burada $r_{f_1} \dots r_{f_x}$ sıvı karışım oranıdır. Gaz formundaki karışım ile sıvı karışım birbirinden farklıdır. Kütlesel oran $\mu_1 \dots \mu_x$ ile gösterilir. Sıvılaştırılmış gaz karışımı yoğunluğu şu şekilde hesap edilir.

$$\rho_{\beta M,i} = \frac{m}{V_f} = \frac{m}{V_{f_1} + V_{f_2}} = \frac{m}{\frac{m_1}{\rho_{f_1}} + \frac{m_2}{\rho_{f_2}}} = \frac{1}{\frac{m_1}{m \cdot \rho_{f_1}} + \frac{m_2}{m \cdot \rho_{f_2}}}$$

$$\rho_{\beta M,i} = \frac{1}{\frac{\mu_1}{\rho_{f_1}} + \frac{\mu_2}{\rho_{f_2}} + \dots + \frac{\mu_x}{\rho_{f_x}}} \quad (2.3.2)$$

2.4. Alt ve Üst Isıl Değer

Alt ısıl değer (H_u) ve üst ısıl değer (H_o) yakıttaki kimyasal birleşme enerjisini gösterirler. Üst ısıl değer yakıt miktarı ile ilgili enerjidir. Egzoz gazı ilgili sıcaklığa (25°C) geri soğutulmazsa tam yanma sonucu bu enerji açığa çıkar. Egzoz gazında oluşan su buharı -nın buhar formunda olduğu düşünülür.

Daha yüksek sıcaklık daha düşük alt ve üst ısıl değer demektir. Egzoz gazı sıcaklığa bağımlı özgül ısı kapasitesi olan değerler için bu geçerlidir. Egzoz gazının yanması ve geri soğuması sabit basınçta gerçekleşir.

Ekseriya 1 m^3 kuru gazın gerçek normal hacminin alt ve üst ısıl değeri bir işletme durumundaki alt ve üst ısıl değer ($H_{o,n}$ ve $H_{u,n}$) ile ilgilidir. Bu durumda gaz nemi dikkate alınmalıdır. Isıl değer b indisi ile verilir. Her iki farklı durum için depo edilen enerji birbirinden farklıdır.

$$(Enerji)_B = (Enerji)_n$$

$$V_B \cdot H_{o,B} = V_n \cdot H_{o,n}$$

$$H_{o,B} = \frac{V_n}{V_B} \cdot H_{o,n}$$

Buradan $V_B = V_r$ ve 2.2.9 eşitliğine göre $H_{o,B}$ şu şekilde bulunur.

$$H_{0,B} = H_{0,n} \cdot \frac{(Pa + Pe - \varphi \cdot Ps) \cdot Tn}{Pn \cdot T} \cdot \frac{1}{K} = H_{0,n} \cdot Z^Z \quad (2.4.1a)$$

Aynı işletme durumu için $H_{U,B}$

$$H_{U,B} = H_{U,n} \cdot \frac{(Pa + Pe - \varphi \cdot Ps) \cdot Tn}{Pn \cdot T} \cdot \frac{1}{K} = H_{U,n} \cdot Z^Z \quad (2.4.1b)$$

olarak bulunur.

Doğalgaz için alçak basınçta ve hava gazı için orta basınçta ideal gaz davranışı durumunda $K = 1$ alınır.

Mol miktarı (n), molar alt ve üst ısı değerler ($H_{0,m}$ ve $H_{u,m}$) molar normal hacimle ilişkili olarak verilir.

$$H_{0,m} = Vmnr \cdot H_{0,n} \quad (2.4.2a)$$

$$H_{u,m} = Vmnr \cdot H_{u,n} \quad (2.4.2b)$$

Molar ve normal hacimle ilişkili olan özgül alt ve üst ısı değerler arasındaki ilişki,

$$H_0 = \frac{H_{0,m}}{M} = \frac{H_{0,n}}{\rho_n} \quad (2.4.2c)$$

$$H_u = \frac{H_{u,m}}{M} = \frac{H_{u,n}}{\rho_n} \quad (2.4.2d)$$

Alt ve üst ısı değer, ilgili sıcaklıkta egzozda H_2O 'nun yoğuşmasındaki enerjinin serbest kalmasına göre birbirinden ayrılırlar.

$$H_{u,n} = H_{0,n} - w_{a,n} \cdot r_n \quad (2.4.3a)$$

$$H_{u,m} = H_{0,m} - w_{a,m} \cdot r_m \quad (2.4.3b)$$

$$H_u = H_{0,n} - w_a \cdot r \quad (2.4.3c)$$

Egzoz gazındaki nem miktarı 1 kg ise w_a , 1 kmol ise $w_{a,m}$, 1 m³ ise $w_{a,n}$ ile gösterilir. $r_n = 1963 \text{ kJ} / \text{m}^3$, 1 m³ su buharının normal hacimdeki kondensasyon entalpisidir. $r_m = 44.0 \text{ MJ} / \text{kmol}$, 1 kmol su buharının kondensasyon entalpisidir.

Yanma değeri, ayarlı bir kalorimetre ile ölçülebilir. Direkt ısı değerinin ölçülmesi mümkün değildir. Kalorimetre yardımıyla ölçümün yanında gaz karışımında gaz kromatografi ile mol veya hacimsel oranların belirlenmesi ve yanmayla ilişkili olarak ısı

değerlerinin hesaplanması mümkündür. Mol ve hacimsel oranlar bütün ideal gazlarda identiktir.

Gaz karışımlarının alt ve üst ısı değerleri normal hacimde aşağıdaki şekilde verilir.

$$H_o.n = r_1 \cdot H_o.n_1 - r_2 \cdot H_o.n_2 - \dots - r_x \cdot H_o.n_x \quad (2.4.4a)$$

$$H_u.n = r_1 \cdot H_u.n_1 - r_2 \cdot H_u.n_2 - \dots - r_x \cdot H_u.n_x \quad (2.4.4b)$$

Tablo 2.4 Gaz Formundaki Yakıtların Alt ve Üst Isıl Değerleri
(Burckhard .B. ,1973)

Madde	Molar kütle M kg / kmol	Molar norm hacim V m n m ³ / kmol	ALT VE ÜST ISIL DEĞER					
			H o.m MJ / kmol	H u.m MJ / kmol	H o MJ / kg	H u MJ / kg	H o.n MJ / m ³	H u.n MJ / m ³
Karbonmonoksit CO	28.0104	22.400	282.99	282.99	10.103	10.103	12.633	12.633
Hidrojen H ₂	2.0158	22.428	285.34	241.34	141.80	119.97	12.745	10.783
Metan CH ₄	16.043	22.360	390.35	802.35	55.498	50.013	39.819	35.883
Etilen (asetilen) C ₂ H ₂	26.038	22.226	1299.51	1255.61	49.912	48.222	58.473	56.493
Eten (etilen) C ₂ H ₄	28.054	22.245	1410.54	1322.53	50.283	47.146	53.414	59.457
Etan C ₂ H ₆	30.069	22.191	1559.88	1427.37	51.377	47.486	70.293	64.345
Propen(propilen) C ₃ H ₆	42.080	21.998	2058.49	1926.48	48.918	45.781	93.576	87.575
Propan C ₃ H ₈	44.096	21.928	2220.03	2044.02	50.345	46.354	101.242	93.215
1, 3 Butadien C ₄ H ₆	54.0914	21.564	2541.74	2409.73	46.990	44.549	117.326	111.232
1- Buten C ₄ H ₈	58.107	21.587	2717.01	2541.00	48.426	45.288	125.863	117.710
n- Butan C ₄ H ₁₀	58.123	21.461	2377.08	2557.08	49.500	45.715	134.061	123.810
izo-Butan C ₄ H ₁₀	58.123	21.550	2368.72	2648.71	49.356	45.571	133.119	122.910
n- Pentan C ₅ H ₁₂	72.150	(20.90)	3538.15	3272.14	49.011	45.352	(169.19)	(156.56)
n- Hexan C ₆ H ₁₄	86.177	(20.10)	4194.92	3886.91	48.578	45.104	(208.70)	(193.38)
n- Heptan C ₇ H ₁₆	100.203	(18.30)	4853.57	4501.55	48.437	44.924	(251.48)	(233.24)
n- Oktan C ₈ H ₁₈	114.230	(17.0)	5511.71	5115.69	48.251	44.784	(324.22)	(300.92)
Benzol C ₆ H ₆	78.113	(20.9)	3301.51	3189.51	42.266	40.576	(157.97)	(151.65)
Toluol C ₇ H ₈	92.140	(18.9)	3947.94	3771.91	42.847	40.937	(208.89)	(199.57)
o- Xyol C ₈ H ₁₀	106.167	(15.5)	4596.29	4375.28	43.293	41.221	(296.53)	(282.34)
Amonyak NH ₃	17.0304	22.065	379.0	313.0	22.254	18.379	17.177	14.185
Hidrojanür H ₂ S	27.0256	(21.20)	665.0	643.0	24.606	23.792	(31.37)	(30.33)
Metanol C ₂ H ₅ (OH)	34.076	22.192	562.25	518.25	16.500	15.209	25.336	23.353
Etilenol C ₂ H ₅ (OH)	32.042	(21.1)	763.32	675.82	23.838	21.092	(36.20)	(32.03)
Metanol C ₂ H ₅ (OH)	46.0688	(21.0)	1408.50	1275.49	30.574	27.708	(67.07)	(60.79)

Alt ve üst ısı değerler, gaz karışımlarının bileşenlerinin kütle oranlarından

μ_1, \dots, μ_x faydalanılarak bulunabilir.

$$H_o = \mu_1 \cdot H_o_1 + \mu_2 \cdot H_o_2 + \dots + \mu_x \cdot H_o_x \quad (2.4.4c)$$

$$H_u = \mu_1 \cdot H_u_1 + \mu_2 \cdot H_u_2 + \dots + \mu_x \cdot H_u_x \quad (2.4.4d)$$

2.4.4 eşitlikleri ayrı ayrı komponentlerden oluşan gaz karışımları için hem de doğalgaz - sıvı gaz karışımında olduğu gibi teknik gaz karışımları için geçerlidir.

Alt ve üst ısı değer birimleri için SI birim sistemi kullanılır. Bunlar kJ / m^3 , MJ / kmol ve özel durumlarda MJ/kg 'dır. kWh / m^3 de kullanılır.

Eski yazılarda enerji birimi olarak kcal kullanılır. Enerji birimleri arasındaki dönüşüm,

$$1 \text{ kcal} = 4.1868 \text{ kJ}$$

$$1 \text{ kWh} = 3.6 \text{ MJ}$$

$$1 \text{ Mcal} = 1.163 \text{ kWh} \quad \text{olarak verilir.}$$

2.5. Yoğunluk

Yoğunluğun yanında gaz tekniğinde hava ve gaz yoğunluğu söz konusu olduğunda relatif yoğunluk (önceden yoğunluk oranı idi) kullanılır.

$$d = \frac{\rho_G}{\rho_L} \quad (2.5.1a)$$

İdeal gaz olarak gaz ve hava alınır (d) fiziksel şartlara bağlı olmaz. Bir gaz karışımının relatif yoğunluğu için yoğunluktaki gibi aynı eşitlik geçerlidir.

$$d_{Mi} = d_1 \cdot r_1 + d_2 \cdot r_2 + \dots + d_x \cdot r_x \quad (2.5.1b)$$

2.6. Gaz Basıncı

Gaz tekniğinde mutlak, üst v.s. gibi basınç kavramları çok kullanılır. Serbest basınç, akan gazın statik üst basıncıdır. Sürtünmeler sonucu oluşan basınç kayıpları serbest basınca göre azdır. Bunun yanında akışkanlar mekaniğinde toplam, kinetik ve statik basınç kavramları da kullanılmaktadır. Basınç birimleri tablo 2.5'de verilmiştir.

Farklı koşullar için üç basınç alanı mevcuttur.

Alçak Basınç \longrightarrow $P_e = 100 \text{ mbar}$ 'a kadar

Orta // \longrightarrow $P_e = 100 \text{ mbar} - 1 \text{ bar}$

Yüksek // \longrightarrow $P_e = 1 \text{ bar}$ 'dan fazla

Gaz nakil ve dağıtımında 4 bar ve 16 bar'daki basınç alanları birbirinden ayrılırlar.

Tablo 2.5 Basınç Birimleri (Burckhard ,B. ,1973)

	bar	$at = \frac{kp}{cm^2}$	$Pa = \frac{N}{m^2}$	Torr	$\frac{kp}{m^2}$
1 bar	1	1.01972	10^5	750.062	10197.2
$1at = \frac{kp}{cm^2}$	0.980665	1	98066.5	735.559	10^4
$1Pa = \frac{N}{m^2}$	10^{-5}	$1.01972 * 10^{-5}$	1	$750.062 * 10^{-5}$	0.101972
1 Torr	$1.333224 * 10^{-3}$	$1.35951 * 10^{-3}$	133.3224	1	13.5951
$1 \frac{kp}{m^2}$	$0.980665 * 10^{-4}$	10^{-4}	9.80665	0.073559	1

2.7. Wobbe İndeksi

Wobbe indeksi (Wo veya Wu) bir yakıcının enerji tedariki için bir ölçüdür. Wobbe indeksi gazın değışebilirliğini gösteren bir büyüklüktür. Çeşitli karışımları olan ve aynı Wobbe indeksli gazlar brülörde aynı ısı yükü verirler.

$$\text{Üst Wobbe indeksi : } Wo.n = \frac{Ho.n}{\sqrt{d}}$$

$$\text{Alt Wobbe indeksi : } Wu.n = \frac{Hu.n}{\sqrt{d}}$$

Relatif Wobbe indeksi ise bir gazın metana göre indeksidir. Buna göre relatif Wobbe indeksi metan için 1 ' dir.

2.8. Isıl Kapasite, Viskozite :

1 kg için özgül ısı kapasitesi c , 1 kmol için özgül ısı kapasitesi c_m , sıcaklığı yaklaşık 1 K artırmak için gerekli enerjidir. Bazı durumlarda normal hacim için geçerli olan ısı kapasitesi verilir.

Sabit basınçta (c_p, c_{mp}) değerler, sabit hacimdeki (c_v, c_{mv}) değerlerden daha büyüktür. Sıcaklığa bağlı olarak artar. Yalnız tek atomlu gazlarda sabittir.

Viskozite iç sürtünmelerden dolayı sıvı veya gazların direncidir. Dinamik viskozite (η) ve kinematik viskozite (ν) yoğunluk (ρ) ile ilgilidir.

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}$$

(η) ve (ν) gazlar için sıcaklıkla artar. Yalnız çok yüksek sıcaklıklarda düşer. Metan için aşağıda bazı değerler verilmiştir.

t (° C)	0	20	40
$\eta \left(\frac{kg}{ms} = \frac{Ns}{m^2} \right)$	$10.3 * 10^{-6}$	$11.7 * 10^{-6}$	$11.7 * 10^{-6}$

(η) basınca bağlı olup kritik noktanın yakınlarının dışında ihmal edilebilir. (ν) gazlarda yoğunluk ve basınçla ters orantılıdır.

BÖLÜM 3

ŞEBEKE HESAPLARI

3.1. Maksimum Hacimsel Debinin Bulunması

Boru şebeke hesapları için en önemli büyüklüklerden biri hacimsel debidir. Hacimsel debi, gaz tüketim düzeneklerinin kullanılmasına, ısıl yüküne, çeşidine ve sayılarına bağlıdır. Aynı zamanda kullanılan tüketici düzeneklerini dikkate alarak borulardan akan saatteki maksimum hacimsel debi V_s ile gösterilir.

Maksimum hacimsel debinin (V_s) bağlantılı değerleri toplamına ($\sum V_a$) oranı eş zamanlılık faktörünü verir.

$$f_s = \frac{V_s}{\sum V_a} \quad (3.1.1)$$

Cadde boru şebekeleri, evlerde gaz dağıtımından başka gelecekte beklenen yükleri de sağlar.

3.2. Akışkanlar Mekaniğinin Temel Prensipleri

3.2.1. Genel

Akışkanlar mekaniğinin en basit yasaları şu şekilde izah edilir.

- Akım düzenlidir. (Değişmeyen Akım)
- Ortam sıkıştırılmazdır. (Gaz yoğunluğu sabit)
- Akım sürtünmesizdir. (İç ve dış sürtünme yok.)

Düzenli akım için debi eşitliği,

$$m = A \cdot w \cdot \rho = c \quad (3.2.1)$$

Debi eşitliğinde sıkıştırılmayan ortam için $\rho = \text{const}$ alınır.

Hacimsel Debi = Boru Kesiti * Ortalama Akım Hızı = sabit

$$V = A \cdot w = \text{const} \quad (3.2.2)$$

Sıkıştırılmayan ortamlarda düzenli ve sürtünmesiz akım için Bernolli Eşitliği şu şekilde yazılır.

Toplam Enerji = Potansiyel Enerji + Basınç Enerjisi + Kinetik Enerji = Sabit

$$= m \cdot g \cdot h + m \cdot \frac{P}{\rho} + m \cdot \frac{w^2}{2} = const \quad (3.2.3)$$

Eşitliğin her iki yanını (m) ile bölünüp (ρ) ile çarpılırsa tüm üyeler basınç birimine sahip olurlar.

$$\rho \cdot g \cdot h + P + \frac{\rho}{2} \cdot w^2 = const \quad (3.2.4)$$

Bu eşitliğin ayrı ayrı üyeleri özel anlam ifade eder. İlk üye ($\rho \cdot g \cdot h$) ortamın ağırlık kuvveti ile basıncını ifade eder. Buna ağırlık basıncı da denir. İkinci üye (P) ortamın iç basıncını ifade eder. Bu statik basınç (Literatürlerde de ekseriya P_{st}) olarak gösterilir. Üçüncü üye ($\rho \cdot w^2 / 2$) basıncı ifade eder. Burada basınç hareket enerjisi sonucu ortaya çıkar. Bu da kinetik basınç olarak adlandırılır. (Literatürlerde ekseriya P_{kin} olarak gösterilir.) Statik, kinetik ve ağırlık basınçlarının toplamına, toplam basınç denilir.

3.2.2. Akım Biçimleri

Laminar ve türbülanslı olmak üzere iki çeşit akım türü vardır. Laminar akımda akım çizgileri akım doğrultusuna paralel olarak yanyana bulunurlar. Bu akım pratikte varsayılır. Düşük ses hızlarında, düşük viskozitede v.s. laminar akım esas alınır. Hız, kritik hızın üzerinde ise türbülanslı akım söz konusudur. Her iki akım biçimi de Reynold Sayısı yardımıyla bulunur.

Akım hızı (w), boru iç çapı (d) ve kinematik viskozite (ν) alınırsa Reynold Sayısı ;

$$Re = \frac{w \cdot d}{\nu} \quad (3.2.5)$$

Kritik Reynold sayısının altındaki akımlar laminar olarak öngörülürler. $Re_{krit} = 2320$ kabul edilir. Akım bu durumda laminardır. Fakat stabil (dengeli) değildir. En küçük akımda bile sabit türbülans oluşur.

Tablo 3.1a Boru çapları - mm (Gerbe ,G ,1990)

Orta ağırlıklı boru çapları DIN 244 0 (6.78) - zet		çok ağır boru çapları DIN 244 1 (6.78) - zet		Bakır boru çapları DIN 1786 (5.69) - zet	
DN	di	DN	di	DN	di
15	16.0	15	14.8	10.0	8.0
20	21.6	20	20.4	12.0	10.0
25	27.2	25	25.6	15.0	13.0
32	35.9	32	34.3	18.0	16.0
40	41.8	40	41.8	22.0	20.0
50	53.0	50	40.2	28.0	25.0
65	68.8	65	51.3	35.0	32.0
80	80.8	80	67.1	42.0	39.0
100	105.3	100	79.2	54.0	50.0
125	130.0	125	103.5	64.0	60.0
150	155.4	150	154.3	76.1	72.1

3.2.3. Sürtünme ve Pürüzlülük

Sürtünmesiz akım için 3.2.1'deki kabuller geçerli değildir. Ortam viskozitesi ve boru cidar pürüzlülüğü sürtünme ve enerji dönüşümüne etki eder. Bundan dolayı basınç kayıpları oluşur. Hagen ve Poiseuille kurallarına göre sürtünme sebebiyle düz boruda oluşan basınç kayıpları (ΔP_R) Darcy'e göre :

$$\Delta P_R = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w^2 \quad (3.2.6)$$

Burada λ , boru sürtünme katsayısıdır. Laminar akımda λ boru cidar pürüzlülüğünden bağımsız olup Reynold Sayısının bir fonksiyonudur. Türbülanslı akımda;

- $k = 0$ kabul edildiği yerlerde hidrolik düz borular (λ yalnız Re ' ye bağlıdır.)
- Hidrolik pürüzlü borular (λ yalnız boru çapı d ve boru cidar k ' ya bağlıdır.)
- Düz ve pürüzlü arasındaki üst geçiş alanında bulunan borular (λ , Re , d ve k ' ya bağlıdır.)

Tablo 3.1b Boru çapları - mm (Gerbe ,G. ,1990)

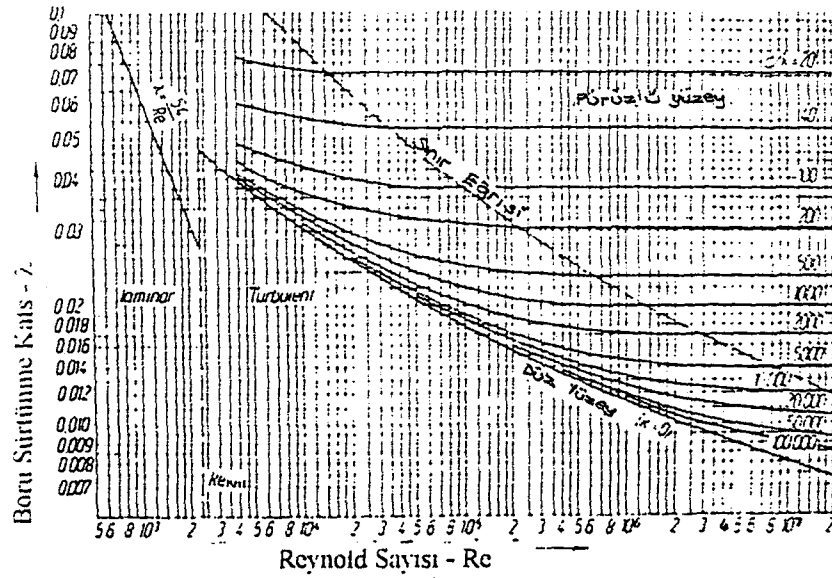
Dikişsiz elik boru DIN 2448 (2.81) - zet		Kaynaklı elik boru DIN 2458 (2.81) - zet	
da	di	da	di
26.9	22.3	48.3	43.7
33.7	28.5	60.3	55.7
42.4	37.2	76.1	70.9
48.3	43.1	88.9	83.1
60.3	54.5	114.3	107.9
76.1	70.3	139.7	132.5
88.9	82.5	168.3	160.3
114.3	107.1	219.1	210.1
139.7	131.7	273.0	263.0
168.3	159.3	323.9	312.7
219.1	207.3	355.6	344.4
273.0	260.4	406.4	393.8
323.9	309.7	457.0	444.4
355.6	339.6	508.0	495.4
406.4	388.8	610.0	597.4
457.0	437.0	711.0	696.8
508.0	486.0	813.0	797.0
610.0	585.0	914.0	894.0
		1016.0	996.0

Tablo 3.2'de λ hesapları için geçerli eşitlikler gösterilmiştir.

Boru sürtünme katsayısı pratik olarak 3.2.12 eşitliği kullanılarak iteratif yolla hesap edilebilir. Burada $Re-\lambda$ diyagramının kullanılması tavsiye edilir. d / k parametresi için pürüzlülük değerleri tablo 3.3 'te verilmiştir.

Tablo 3.2 Boru Sürtünme Katsayısı Hesabı (Gerbe G. , 1990)

Denklem No.	Denklem	Yasa	Geçerlilik alanı	Varsayım
3.2.7	$\lambda = \frac{64}{Re}$	Hagen - Poisseuille	< 2320	Hidrolik düz yüzey (k = 0)
3.2.8	$\lambda = 0.3164Re^{-0.25}$	Blasius	2320...10 ⁵	//
3.2.9	$\lambda = 0.0032 + 0.221Re^{-0.237}$	Nikuradse	10 ⁵ ...5 * 10 ⁶	//
3.2.10	$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \log(Re\sqrt{\lambda} - 0.8)$	Prandtl ve Karman	> 10 ⁶	//
3.2.11	$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \log \frac{d}{k} + 1.14$	Nikuradse	$> \frac{200d}{\sqrt{\lambda} \cdot k}$	Hidrolik pürüzlü yüzey
3.2.12	$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{2.51}{Re\sqrt{\lambda}} + \frac{k}{d} \cdot 0.269 \right)$	Prandtl ve Colebrook	$< \frac{200d}{\sqrt{\lambda} \cdot k}$	Hidrolik düz ve pürüzlü yüzey arasındaki geçiş bölgesi



Şekil 3.1 Re - λ Diyagramı (Gerbe G. , 1990)

Tablo 3.3 Pürüzlülük Değerleri (Gerbe G. , 1990)

Boru Çeşiti	k (mm)
Çelik Boru (Daha yakın değer yoksa)	0.5
Çelik Boru,dikişsiz,yeni	0.03... 0.06
Çelik Boru,kaynaklı,yeni	0.04... 0.1
Çelik Boru,galvanizlenmiş,yeni	0.1..... 0.15
Çelik Boru,paslanmaz,hafif kabuk bağlı	0.2.....0.5
Çelik Boru,kabuk bağlı	0.5.....2
Döküm Boru (Daha yakın değer yoksa)	1.5
Döküm Boru,yeni	0.1.....0.15
Döküm Boru,paslanmaz,hafif kabuk bağlı	0.5.....1.5
Döküm Boru,kabuk bağlı	1.5... 4
Bakır Boru	0.002
Plastik Boru	0.01

Boru şebeke hesaplarında mevcut münferit dirençler (konu 3.2.4) toplam pürüzlülük (k_f) için boru cidar pürüzlülüğüyle birlikte verilmiştir. Toplam pürüzlülüğe ait ek değerler tablo 3.5 ve tablo 3.6 da özetlenmiştir. Boru nakil hatlarındaki münferit dirençler ihmal edilebilir düzeydedir.

3.2.4 Münferit Dirençler

Armatürlerde olduğu gibi form ve bağlantı parçalarında akım dönmeleri,akım türbülansları ve akım çözülmelerinden dolayı oluşan cidar sürtünmeleri ilaveten basınç kayıpları oluşturur.Bunlar teorik olarak basit şekilde hesaplanabilir.Çoğu kez bu kayıplar bir deneyle bulunur ve münferit direnç değerleri (ζ) ile gösterilir.Prensip olarak 3.2.6 eşitliği kullanılır.Form parçalarından dolayı oluşan basınç kayıpları (ΔP_F) ;

$$\Delta P_F = \sum \zeta \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w^2 \quad (3.2.13)$$

Form ve bağlantı parçaların dur umuna göre ζ nin bulunması için geçerli eşitlikler tablo 3.4'te verilmiştir. Ek değerler ise şekil 3.15'te mevcuttur.

Tablo 3.4 Form ve Bağlantı Parçalarındaki Münferit Direnç Değerlerinin Bulunması
(Becher ,U. . 1983)

Eşitlik No	Eşitlik	Kullanılan for mül işaret ler i	Münferit direnç çeşitler i	İzah
3.2.14	$\zeta \approx \left(1 - \frac{A_k}{A_g}\right)^2$	$A_k = \text{Min. Kesit}$ $A_g = \text{Max. Kesit}$	Dallanma Redüksiyon Genişleme	
3.2.15	$\zeta \approx \left(\frac{\alpha}{225^\circ}\right)^2$	$\alpha = \text{Redüksiyon açısı}$	Daha küçük redüksiyon	Basınç kayıp hesapları için, min. kesitteki akış hızı 3.2.13 eşitliğine yerleştirilir
3.2.16	$\zeta \approx \left(\frac{\alpha}{50^\circ}\right)$	$\alpha = \text{Genişleme açısı}$	Daha küçük genişleme	
3.2.17	$\zeta \approx \left[0.131 + 0.159 \left(\frac{d}{r}\right)^{3.5}\right] \cdot \frac{\beta}{180^\circ}$	$d = \text{Bor u çapı}$ $r = \text{Eğrilik yarıçapı}$ $\beta = \text{Açı}$	Dirsek	
3.2.18	$\zeta \approx \left(\frac{\beta + 6^\circ}{79}\right)^2$	$\beta = \text{Açı}$	Açı	
3.2.19	$\zeta \approx \left(\frac{Va}{V} - 0.23\right)^2 \cdot \frac{1}{1.188} + 0.87$	$Va = \text{Gelen hacimsel debi}$	T- Parçası (keskin köşeli)	
3.2.20	$\zeta \approx \left(\frac{Va}{V} - 0.23\right)^2 \cdot \frac{1}{1.188} - 0.75$	$V = \text{Kol ayrımından önceki hacimsel debi}$	T- Parçası (Radüslü)	
3.2.21	$\zeta \approx \left(\frac{Va}{V} - 0.2\right)^2 \cdot \frac{1}{1.03} - 0.8$		T- Parçası	

Armatürler için münferit direnç değerleri

Ölçme,ayar ve kapama düzeneğinde çok büyük yatay ve dikey kesit değişimleri sürtünme ve çözülme kayıpları olmaktadır.Bu kayıplar inşaa tarzının farklılığına göre çeşitlilik gösterirler.Boru donanım hesapları için imalatçı firmanın yapmış olduğu deneyler sonucu bulunduğu direnç değerleri kullanılmalıdır.Şekil 3.15'te verilen değerler,yalnız ek değerler olarak anlaşılmalıdır.

Eşdeğer boru uzunluğu

Boru hatlarındaki basınç düşümü oransal olarak $\rho \cdot w^2 / 2$ olduğu için armatür - lerde olduğu gibi form ve bağlantı parçalarındaki basınç kayıpları eşdeğer düz bir borunun aynı büyüklükteki sürtünme kayıplarıyla ifade edilebilir.

$$l = \frac{\zeta}{\lambda} \cdot d \quad (3.2.22)$$

3.2.5. Kaldırma kuvveti

Yatay olmayan boru hatlarında hava ile gaz arasındaki yoğunluk farkından dolayı kaldırma kuvveti etkili olur. Basınç farkı ise yoğunluk ve yükseklik farkına bağlıdır.

$$\Delta Pa = (\rho_{hava} - \rho_{gaz}) \cdot (h_1 - h_2) \cdot g \quad (3.2.23)$$

Çoğu durumlarda gaz , havaya nazaran düşük yoğunlukta olduğundan dik borularda bir basınç kazancı (negatif basınç kaybı) ve inişli borularda basınç kaybı görülür. Relatif yoğunluğu 1'in üzerinde olan gazlarda bu olaylar aksine cereyan eder. Yüksek basınç alanlarında kaldırma kuvveti ihmal edilebilir düzeydedir. Yükseklik farklarının önemsiz olduğu zaman da bu kaide geçerlidir.

3.2.6. Akım hızı

Boru çapları ile maliyetler i arasındaki ilişki şekil 4.44 ve 4.46'da izah edilmiştir. Buradan mümkün olan en yüksek akım hızları bulunabilir. Böylece önceden verilen gaz durumuna göre büyük debiler kullanılabilir. Gaz debisi hıza bağlı olarak yükselen basınç kayıplarıyla ve basınç düşümünden sonra tekrar gerekli basınç yükselmesi için hasıl olan masraflar da nakil hatlarına etki eder. Basınç alanları, çapları, toplam pürüzlülük ve boru sürtünme katsayısı gibi belli başlı değerlere dayanılarak akım hızı için ek değerler tablo 3.5'te bulunmaktadır. Buna göre ilk alınacak tedbir, çap seçimi olmalıdır. Daha eski

şebekelerde bu nazarı itibare alınmamalıdır ki akım hızı $w > 3$ m/s 'de toz partikülleri yarıklara dolmasın.

Tablo 3.5 Akım Hızı İçin Ek Değerler (Becher, U., 1983)

Basınç Alanı	Alçak Basınç	Orta Basınç	Yüksek Basınç				
Üst basınç	P_e	bar	≤ 0.03	$> 0.03-0.1$	$>0.1-1$	$>1-16$	40-70
Çap	DN	mm	50-600	50-600	100-400	300-600	400-900
Toplam pürüzlülük	k_i	mm	0.5-3.0	0.5-3.0	0.1-0.5	0.1-0.5	0.1
Ek basınç düşümü	$\frac{\Delta P}{L}$	$\frac{mbar}{km}$	0.5-1.5	1.0-1.5	—	—	—
	$\frac{P_1^2 - P_2^2}{L}$	$\frac{bar^2}{km}$	—	—	≤ 0.03	≤ 5	≤ 30
Boru sürtünme kats.	λ		0.05-0.02	0.04-0.017	0.038-0.016	0.021-0.015	0.010-0.008
Akım hızı	w	$\frac{m}{s}$	0.5-3.5	1...10	7...18	≤ 20	≤ 20

3.3. Basınç kayıp hesapları

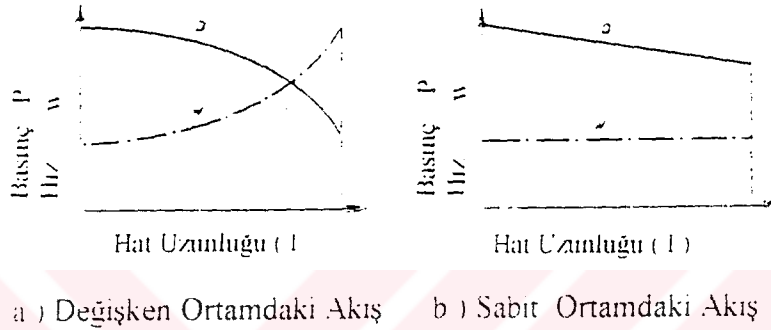
3.3.1. Gerçel davranışlı değişken ortamlardaki akış

Konu 3.2'de bahsedilen kabüllerde nakil gazının yoğunluğu sabit kalmak koşuluyla güvenilirdir. Gaz besleme yerinden ne ölçüde akarsa o nispette basınç kayıpları oluşur. Böylece yoğunluk düşer. Boru kesitinin sabit olduğu varsayılır. Hacimsel debi ve hız artar. (Şekil 3.2a)

Basınç kayıplarında % 5'lik hata payı pratikte nazarı itibare alınmaz. (konu 3.3.3) Gerçekte gazlar ideal gaz tanımına uymazlar. Özellikle yüksek basınçlarda doğalgazın sıkıştırılabilirliği gözönüne alınmalıdır. Bu varsayımlara göre aşağıdaki düşünceler söylenebilir.

3.2.6 eşitliği dl iletim uzunluğu için şu şekilde ifade edilir.

$$dp = -\lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot w^2 \cdot dl \quad (3.3.1)$$



Şekil 3.2 Gazların Akışındaki Basınç ve Hız Değişimi
(Gerbe, G., 1990)

Yukarıdaki eşitlikteki (—) uzunluğa bağlı olarak basınç düşümünü gösterir. 3.3.1 eşitliğinde gazın gerçel davranışında (ρ) ve (w) da dikkate alınmalıdır. İdeal gaz davranışlarının aksine sıkıştırılabilirlik katsayısı (K) 2.1.15 eşitliğini kapsar.

$$\rho_r = \frac{\rho_i}{K} \quad \text{ve} \quad w_r = w_i \cdot K$$

3.3.1 eşitliği tekrar düzenlenirse:

$$dp = -\lambda \frac{l}{d} \frac{\rho_r}{2} w_r^2 dl = -\lambda \frac{l}{d} \frac{\rho_i}{2} w_i^2 \cdot K \cdot dl \quad (3.3.2)$$

Bu eşitliğe ideal gazlar için ρ_i ve w_i yerleştirilirse boru kesitinin sabit olduğu varsayıldığında debi eşitliği,

$$w_1 \cdot \rho_1 = w_2 \cdot \rho_2 = w \cdot \rho = const \quad (3.3.3)$$

Gazın genişmesinden dolayı oluşan soğumayı çevre ısısı telafi eder. Böylece izotermal durum değişimi oluşur. Burada ,Boyl-Mariotto yasası ideal gaz için geçerlidir.

$$\frac{P_1}{\rho_1} = \frac{P_2}{\rho_2} = \frac{P}{\rho} = \text{const}$$

3.3.3 eşitliği yukarıdaki verilere göre tekrar düzenlenirse;

$$w_1 \cdot P_1 = w_2 \cdot P_2 = w \cdot P = \text{const}$$

ve bununla,

$$w = \frac{w_1 \cdot P_1}{P} = \frac{w_2 \cdot P_2}{P} \quad \rho = \frac{\rho_1 \cdot P}{P_1} = \frac{\rho_2 \cdot P}{P_2}$$

Başlangıç veya son durumunun belli olmasına göre ρ ve w ideal gaz durum büyüklüklerindedir. Bunlar w_i ve ρ_i 'dir.

$$dp = -\frac{\lambda}{d} \cdot \frac{\rho_{1i} \cdot P}{2 \cdot P_1} \cdot w_{1i}^2 \cdot \frac{P_1^2}{P^2} \cdot K \cdot dl$$

$$\frac{1}{P_1} \cdot \int_{P_1}^{P_2} p \cdot dp = -\lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho_{1i}}{2} \cdot w_{1i}^2 \cdot \int_0^P K \cdot dl \quad (3.3.4a)$$

veya belirli son durumda ,

$$\frac{1}{P_2} \cdot \int_{P_1}^{P_2} p \cdot dp = -\lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho_{2i}}{2} \cdot w_{2i}^2 \cdot \int_0^P K \cdot dl \quad (3.3.4b)$$

(K) basınca bağlı olup hat uzunluğu (l)' nin değişimi ile ilgili bir büyüklüktür. Diğer bir ifadeyle ,integralin önündeki (K) çekilmeden önce hattın ortasındaki değer yerleştirilir. Burada ortalama basınç hatlarında parabolik basınç akışı söz konusudur.

$$P_m = \frac{2 \cdot P_1^3 - P_2^3}{3 \cdot P_1^2 - P_2^2} \quad (3.3.5)$$

İlk durum belli ise 3.3.4 eşitliğinden,

$$\frac{1}{2P_1} \cdot (P_1^2 - P_2^2) = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho_{1i}}{2} \cdot w_{1i}^2 \cdot K_m$$

$$P_1^2 - P_2^2 = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \rho_{1i} \cdot w_{1i}^2 \cdot K_m \cdot P_1 \quad (3.3.6a)$$

veya

$$P_1^2 - P_2^2 = (P_1 - P_2) \cdot (P_1 + P_2) = \Delta P \cdot (P_1 + P_2) \quad \text{ve} \quad \frac{P_1 + P_2}{2} = P_{m,aritm.}$$

$$\Delta P = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho_{1i}}{2} \cdot w_{1i}^2 \cdot K_m \cdot \frac{P_1}{P_{m,aritm.}} \quad (3.3.6b)$$

Daha açık şekilde aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$P_2 = P_1 \cdot \sqrt{1 - \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho_{1i}}{P_1} \cdot w_{1i}^2 \cdot K_m} \quad (3.3.6c)$$

$$\Delta P = P_1 \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho_{1i}}{P_1} \cdot w_{1i}^2 \cdot K_m} \right) \quad (3.3.6d)$$

Son durum belli ise,

$$P_1^2 - P_2^2 = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \rho_{2i} \cdot w_{2i}^2 \cdot K_m \cdot P_2 \quad (3.3.6e)$$

$$\Delta P = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho_{2i}}{2} \cdot w_{2i} \cdot K_m \cdot \frac{P_2}{P_{m,aritm.}} \quad (3.3.6f)$$

Daha açık şekilde:

$$P_1 = P_2 \cdot \sqrt{1 + \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho_{2i}}{P_2} \cdot w_{2i} \cdot K_m} \quad (3.3.6g)$$

$$\Delta P = P_2 \cdot \left(\sqrt{1 + \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho_{2i}}{P_2} \cdot w_{2i} \cdot K_m} - 1 \right) \quad (3.3.6h)$$

Fiziksel normal şartlar için basınç kayıplarını hesaba katarak eşitliği tekrar düzenlersek;

$$w_{1i} = w_n \cdot \frac{P_n \cdot T_1}{P_1 \cdot T_n} \quad \text{ve} \quad \rho_{1i} = \rho_n \cdot \frac{P_1 \cdot T_n}{P_n \cdot T_1}$$

3.3.6'a eşitliğinden,

$$P_1^2 - P_2^2 = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \rho_n \cdot w_n^2 \cdot P_n \frac{T_1}{T_n} \cdot K_m \quad (3.3.6i)$$

3.3.6b eşitliğinden,

$$\Delta P = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho_n}{2} \cdot w_n^2 \cdot \frac{P_n}{P_{m,aritm.}} \cdot \frac{T_1}{T_n} \cdot K_m \quad (3.3.6k)$$

veya 3.3.6d eşitliğinden

$$\Delta P = P_1 \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \lambda \frac{l}{d} \cdot \rho_n \cdot w_n^2 \cdot \frac{P_n}{P_1^2} \cdot \frac{T_1}{T_n} \cdot K_m} \right) \quad (3.3.6l)$$

Reynold sayısı ($Re_1 = Re_2 = Re_m$) değişmediği için boru sürtünme katsayısı (λ) borunun yerine bağlı değildir. (w) ve (ν) aynı şekilde basınca bağlı olduğu için Reynold sayısı sabit kalacaktır.

3.3.4 ve 3.3.6 eşitliği gerçel ρ_r ve w_r değerleriyle düzenlenebilir. Bu durumda ortalama sıkıştırılabilirlik katsayısı (K_m) yerine bilinen başlangıç durumu için eşitlikte K_m/K_1 oranı kullanılır. K_m/K_2 durumu için de geçerlidir. Burada P_1 ve P_2 basınçları da dikkate alınmalıdır.

3.3.2. Gerçel davranışlara riayet etmeksizin değişken ortamlardaki akış

1. gaz ailesindeki gazlarda kompressibilite yüksek basınçlarda ihmal edilebilir.
2. Gaz ailesine mensup gazlarda maximum basınç 20 bar' dır. $K=1$ olduğunda 1'e kadar 3.3.6a eşitliği geçerlidir. Buna göre şekil 3.3 ve 3.4 teki diyagramlar çizilir.

3.3.3 Sabit ortamlardaki akış

Basınç kayıp hesaplarında oluşan hata %5'in altında ise yoğunluk ve basınç değişimi değişken ortamlarda dikkate alınmadığı konu 3.3.1' de açıklanmıştı. Bundan dolayı tüm alçak basınç alanlarında özellikle ev tesisatlarında genel olarak akış genel

hatlarıyla ele alınır. Orta basınç alanlarındaki hesaplamalarda ise sınırlar aşılmamalıdır. Burada Herning'in tahmini ampirik formülleri geçerlidir.

$$f = 50\% \frac{P_1 - P_2}{P_1} \quad (3.3.7)$$

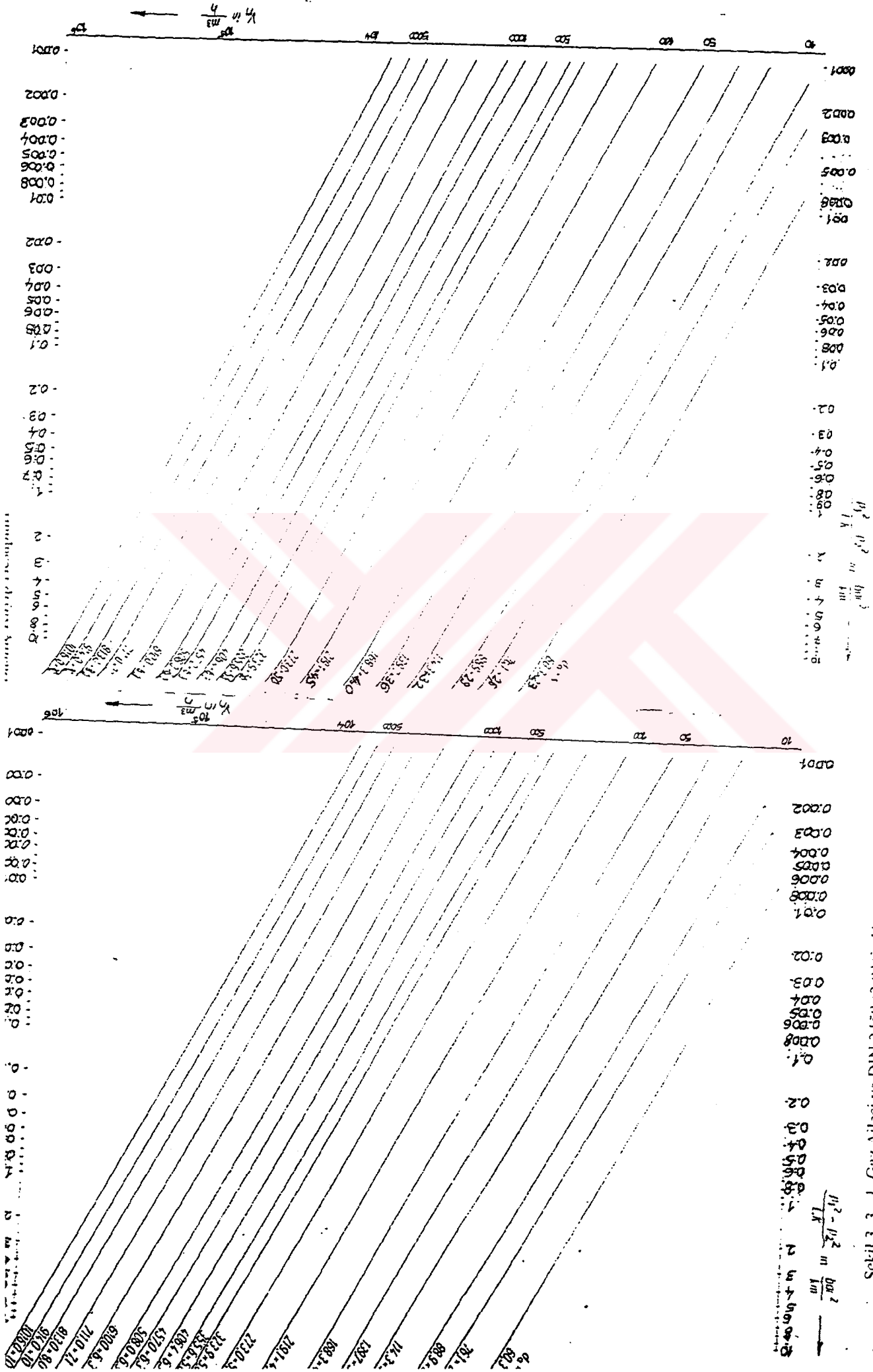
Basınç ve hız dağılımı şekil 3.2b'de izah edilmiştir. 3.2.6 ve 3.2.13 eşitliğinin toplanmasıyla toplam basınç kayıpları bulunur.

$$P_1 - P_2 = \Delta P_R + \Delta P_F = \left(\lambda \frac{l}{d} + \Sigma \zeta \right) \frac{\rho}{2} \cdot w^2 \quad (3.3.8a)$$

3.2.23 eşitliğine göre kaldırma kuvveti dikkate alınırsa toplam basınç farkı şöyle ifade edilir.

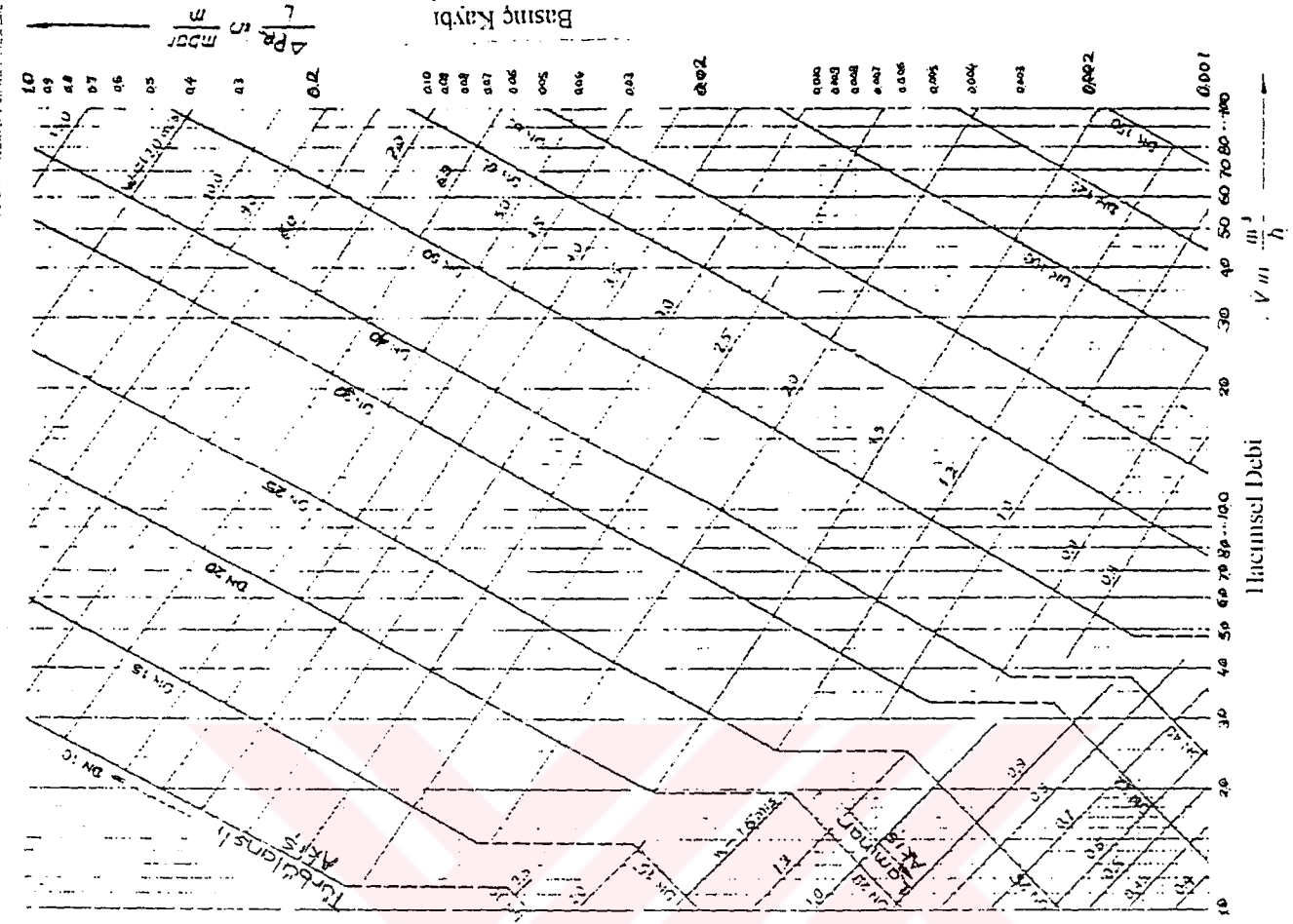
$$\Delta P_{Top} = \Delta P_R + \Delta P_F + \Delta P_A = \left(\lambda \frac{l}{d} + \Sigma \zeta \right) \frac{\rho}{2} \cdot w^2 + (\rho_{hava} - \rho_{gaz}) \cdot (h_1 - h_2) \cdot g \quad (3.3.8b)$$

3.13 ve 3.14 diyagramlarından 3.2.13 eşitliği, 3.5 ve 3.12 diyagramlarından 3.2.6 eşitliği yazılabilir. Armatürlerde olduğu gibi form ve bağlantı parçalarının direnç değerleri için ek değerler 3.15'te verilmiştir. Ev tesisatlarının yapımında da bu diyagramdan sıkça yararlanılmaktadır.

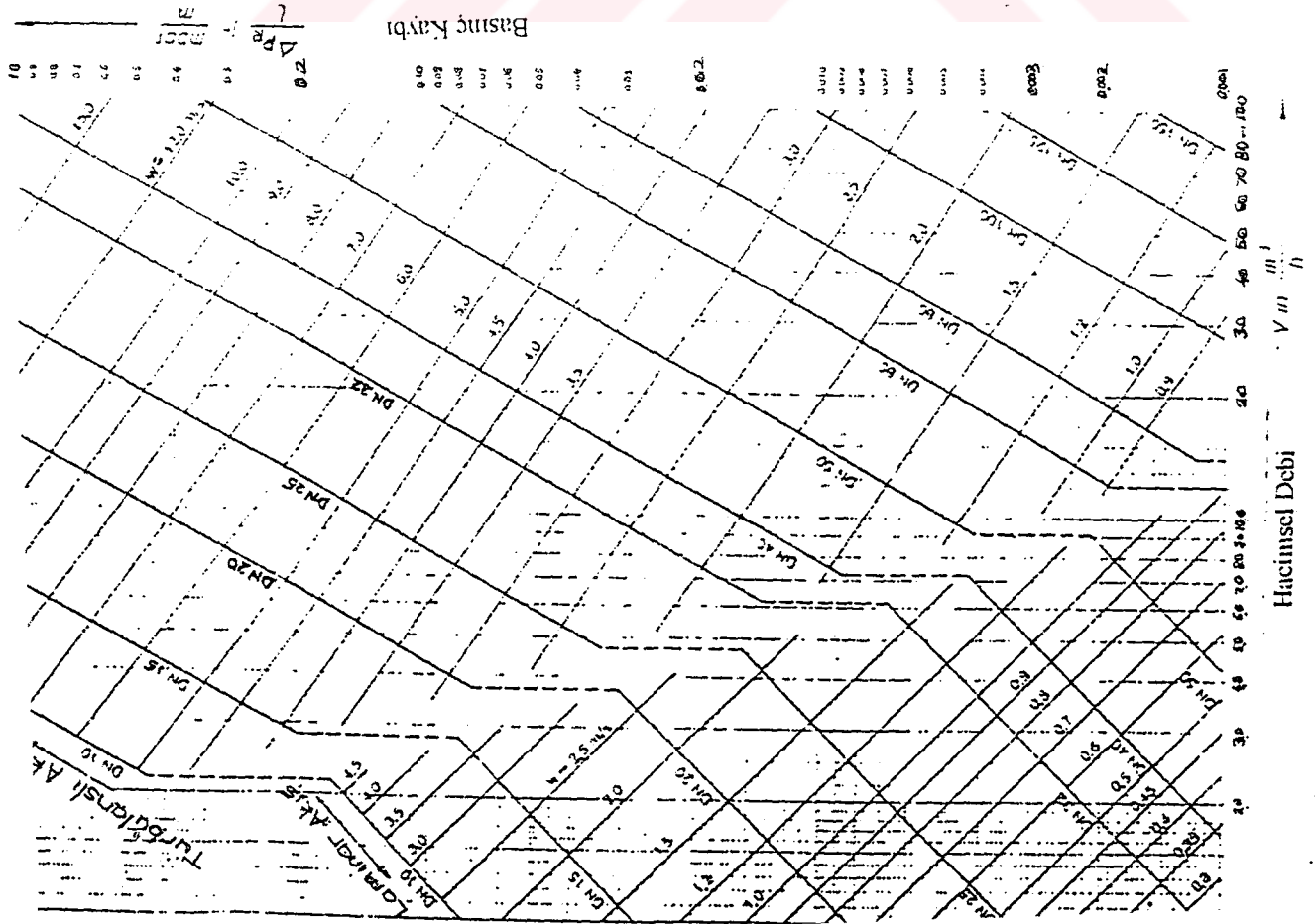


Şekil 3.4 2. Gaz Altesisi ve DIN 2458 (2.81)'e Uygun Çelik Borular İçin Değişken Ortamdaki Basınç Kayıpları (Gerbe.G. . 1990)

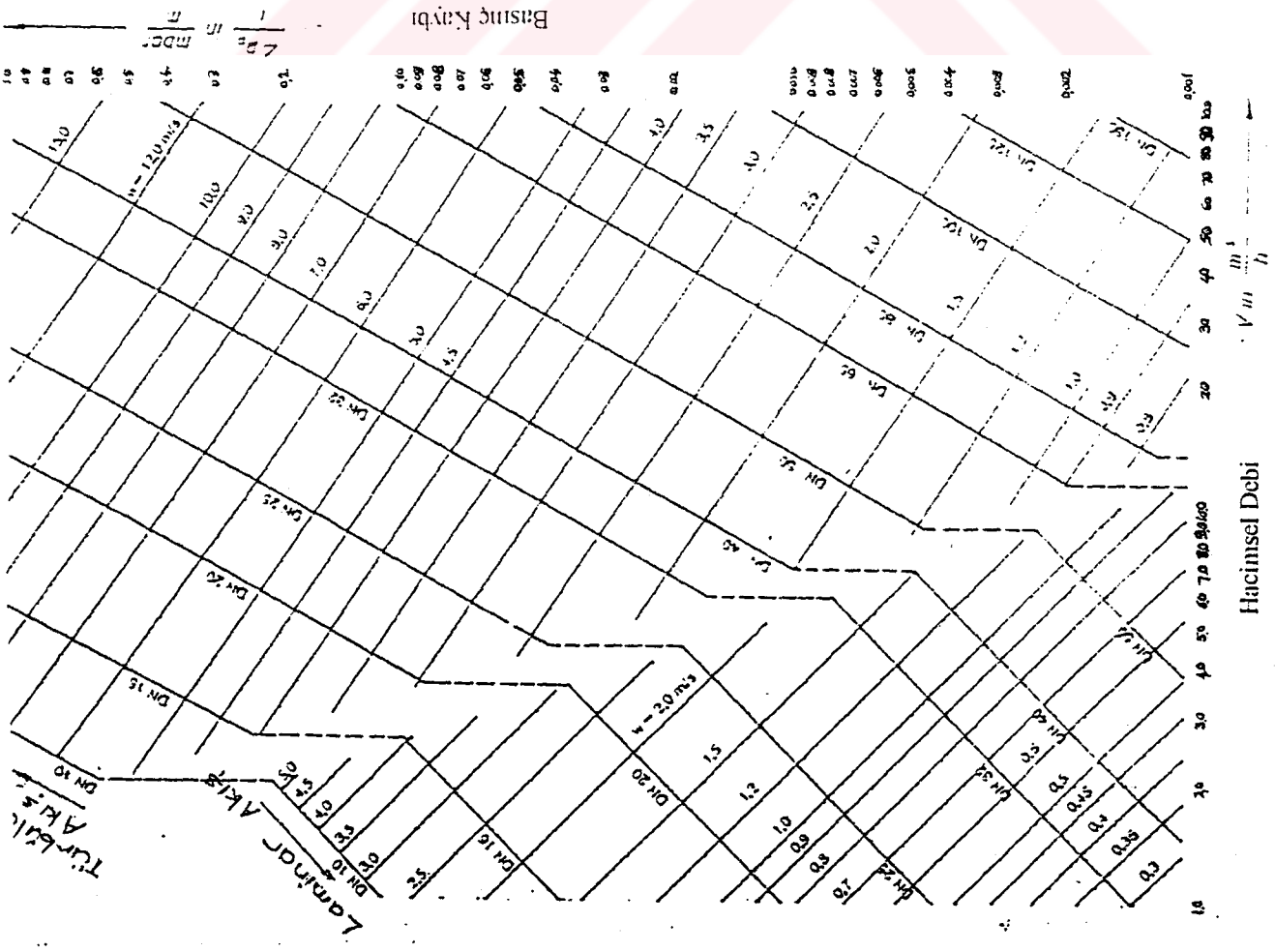
Şekil 3.3 1. Gaz Altesisi ve DIN 2458 (2.81)'e Uygun Çelik Borular İçin Değişken Ortamdaki Basınç Kayıpları



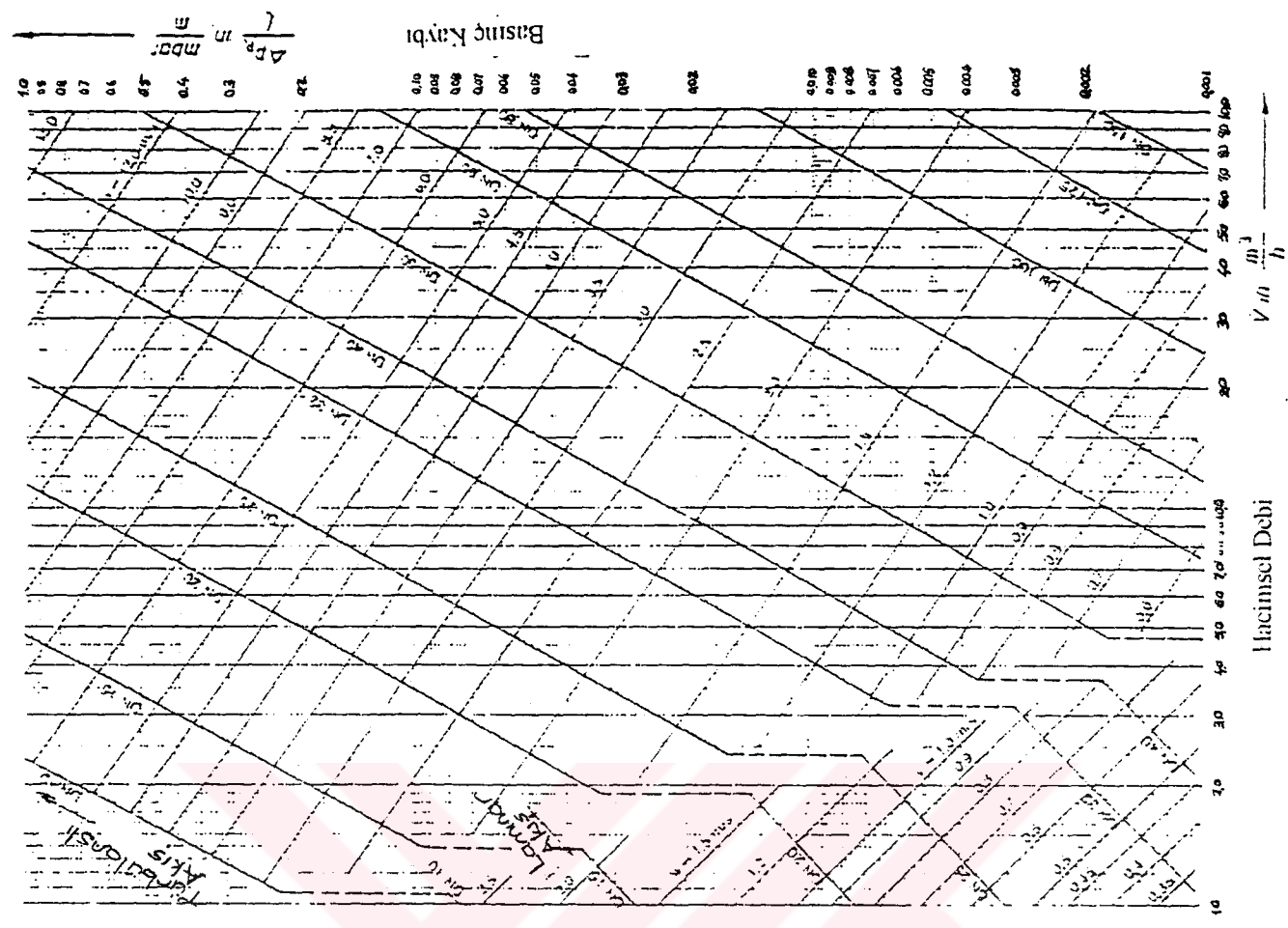
Şekil 3.6 2. Gaz Ailesi ve DIN 2440' a Uygun Çelik Borular İçin Sabit Ortamdaki Basmaç Kayıpları
 $k=0.5 \text{ mm} \cdot v = 14.0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot s$, $d=0.64$, ($t=12^\circ\text{C}$)
 (Gerbe G 1990)



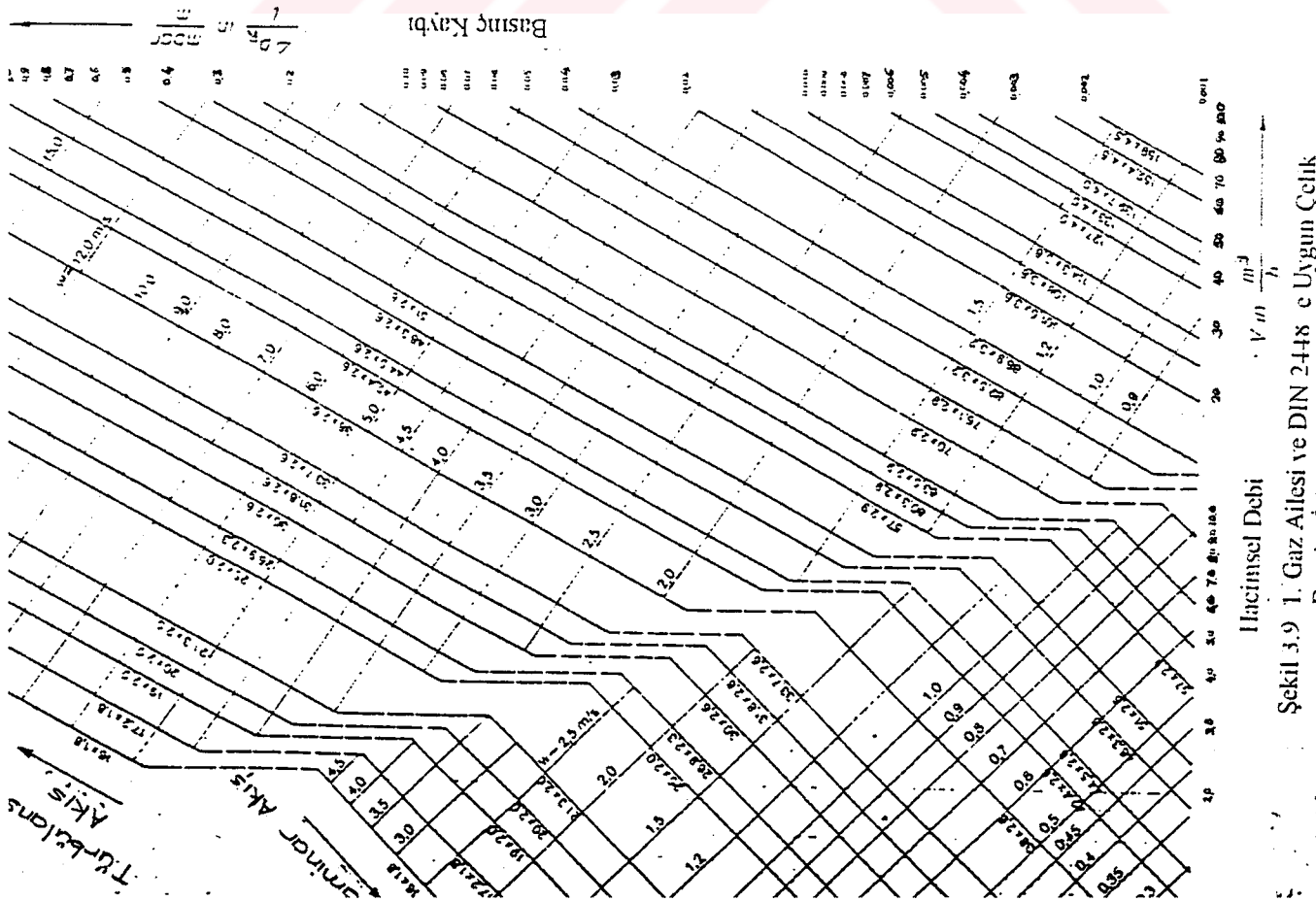
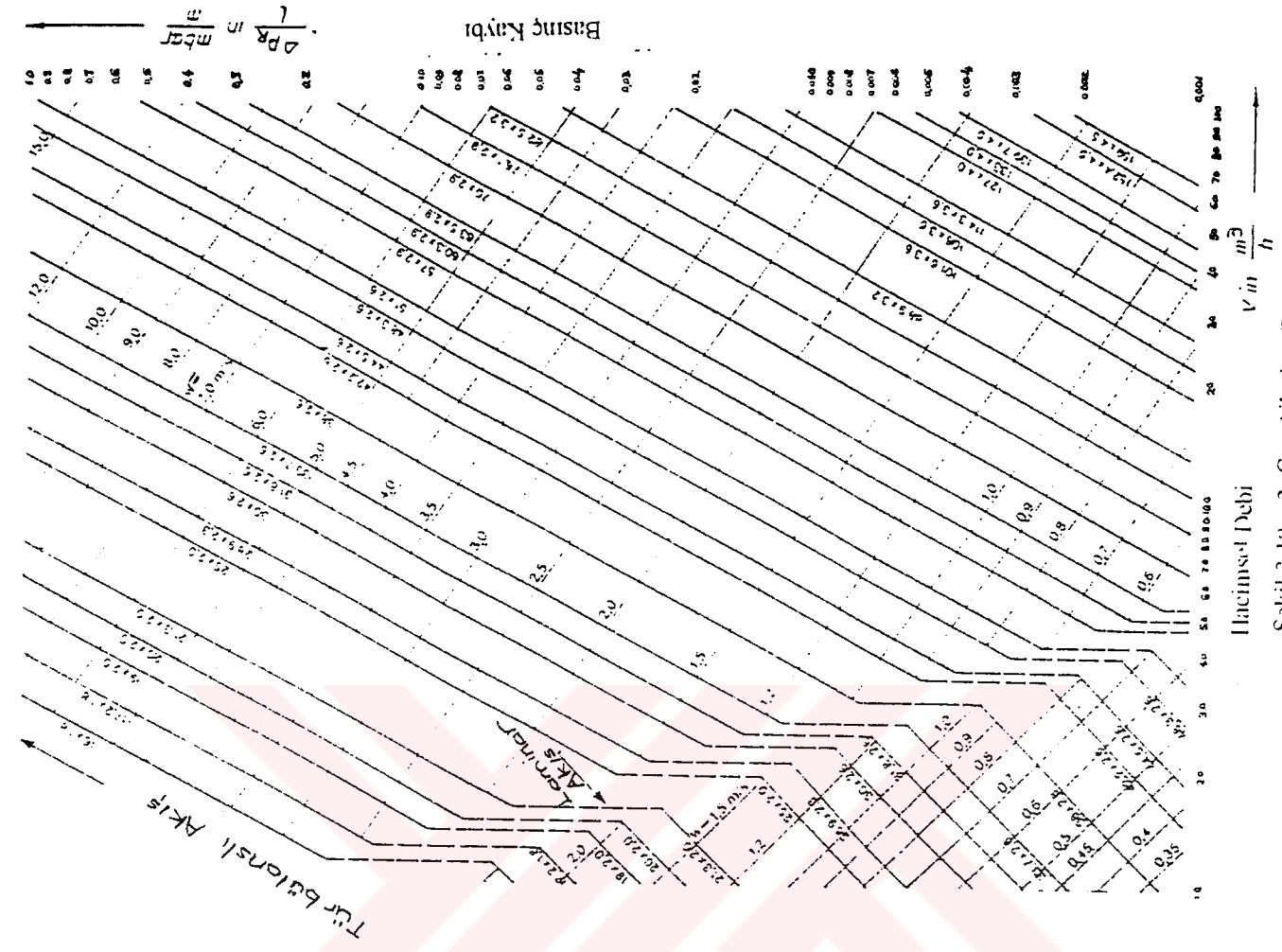
Şekil 3.5 1. Gaz Ailesi ve DIN 2440' a Uygun Çelik Borular İçin Sabit Ortamdaki Basmaç Kayıpları
 $k=0.5 \text{ mm} \cdot v = 26.0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot s$, $d=0.51$, ($t=12^\circ\text{C}$)

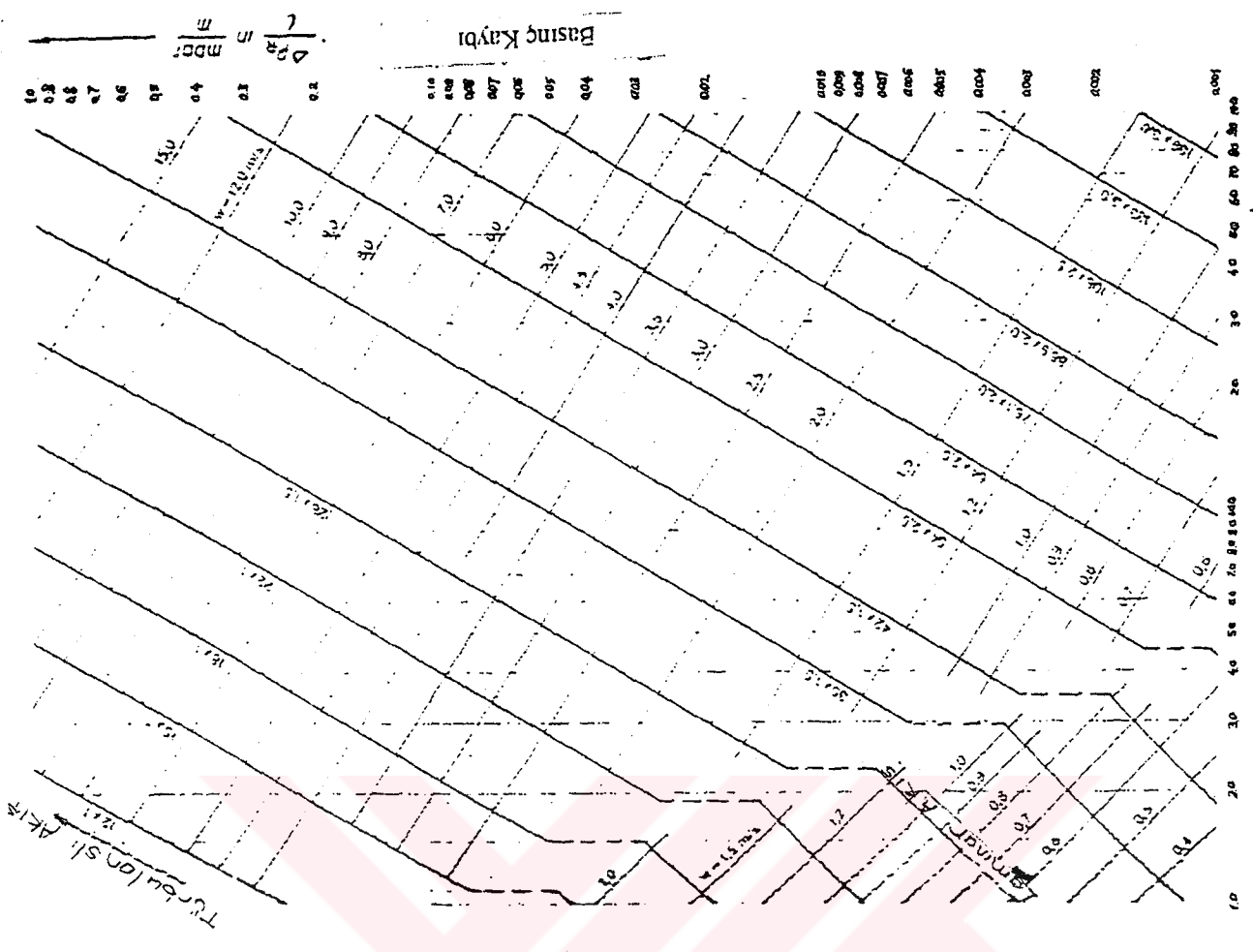


Şekil 3.7 1. Gaz Ailesi ve DIN 2441'e Uygun Çelik Borular İçin Sabit Ortamdaki Basmaç Kayıpları
($k=0.5 \text{ mm} \cdot v = 26.0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \cdot d = 0.5 \cdot v \cdot 1.2 \text{ (}^\circ\text{C)}$)



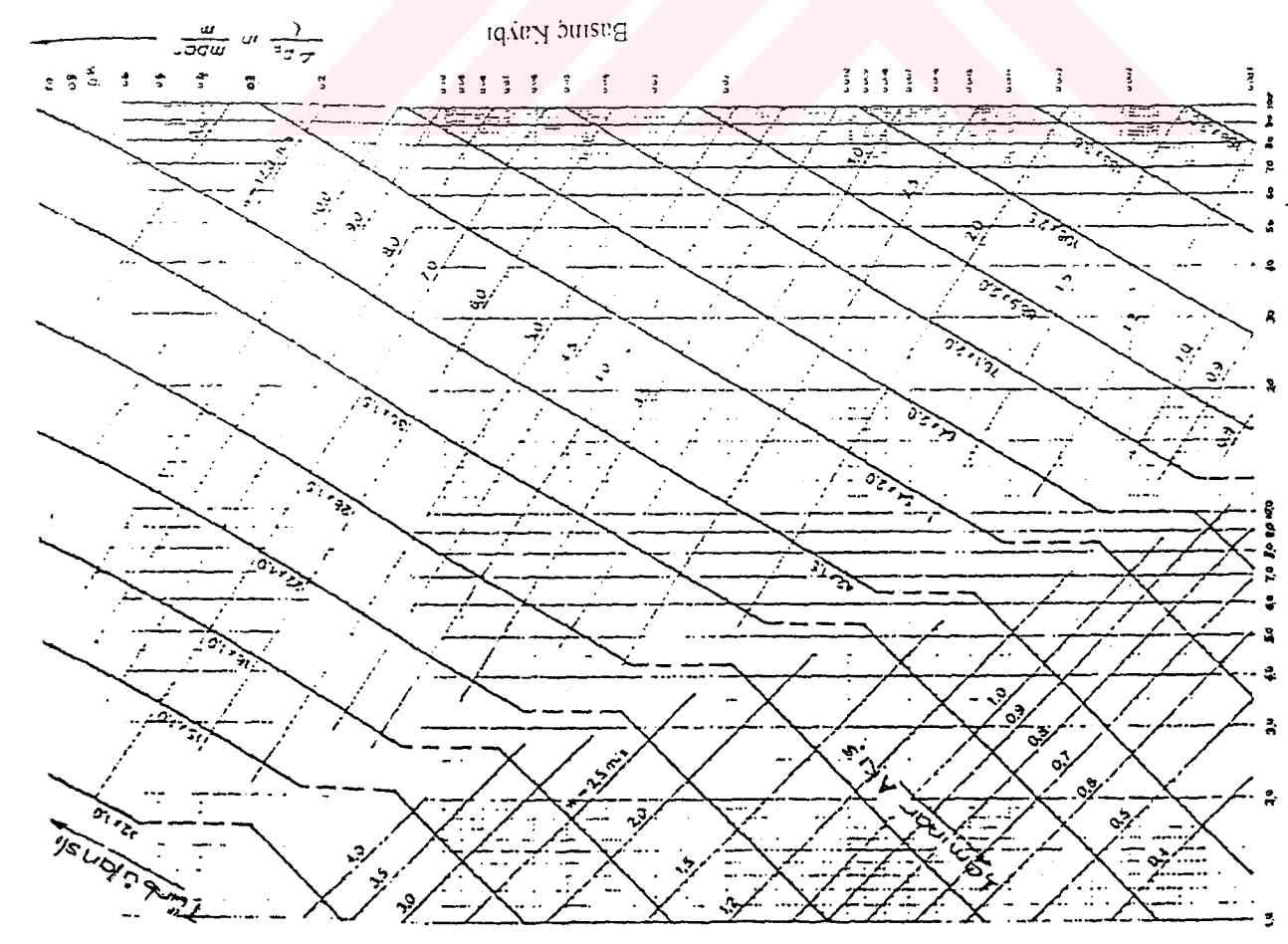
Şekil 3.8 2. Gaz Ailesi ve DIN 2441'e Uygun Çelik Borular İçin Sabit Ortamdaki Basmaç Kayıpları
($k=0.5 \text{ mm} \cdot v = 14.0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \cdot d = 0.64 \cdot v \cdot 12 \text{ (}^\circ\text{C)}$)





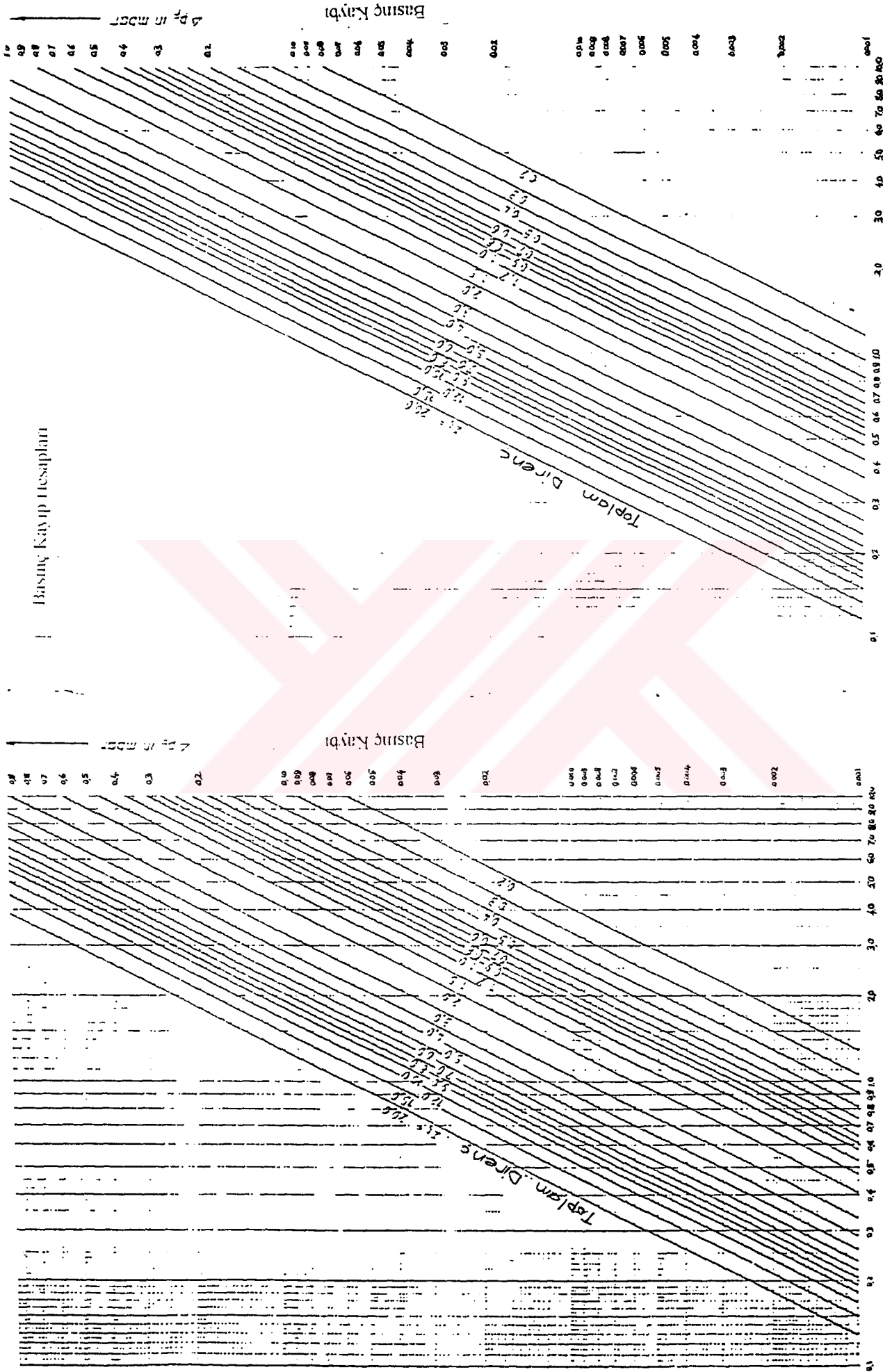
Hacimsel Debi $V_m \frac{m^3}{h}$

Şekil 3.11 1. Gaz Ailesi ve DIN 1786 a Uygun Bakır Borular İçin Sabit Ortamdaki Baskıng Kayıpları
($k=0.5 \text{ mm} \cdot v = 26.0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}$, $d = 0.5 \cdot v = 12^\circ \text{C}$)



Hacimsel Debi $V_m \frac{m^3}{h}$

Şekil 3.12 2. Gaz Ailesi ve DIN 1786 a Uygun Bakır Borular İçin Sabit Ortamdaki Baskıng Kayıpları
($k=0.5 \text{ mm} \cdot v = 14.0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}$, $d = 0.64 \cdot v = 12^\circ \text{C}$)



Şekil 3.13 1. Gaz Ailesi İçin Form Armatür ve Bağlantı Parçalarındaki Basınç Kayıpları (Gerbe.G. . 1990)

Şekil 3.14 2. Gaz Ailesi İçin Form Armatür ve Bağlantı Parçalarındaki Basınç Kayıpları (Gerbe.G. . 1990)

İşaret ler		ζ	İşaret ler		ζ
1	Redüksiyon	0.5	15	90° haç parçası kol ayrımı düz geçiş	0
2	Deve boynu	0.5	16	90° haç parçası kol ayrımı dallanma	1.5
3	90° köşebent	1.5	17	90° hassas haç parçası kol ayrımı düz geçiş	0
4	45° köşebent	0.7	18	90° hassas haç parçası kol ayrımı dallanma	1.5
5	90° dirsek	0.4	19	Kesme vanası (konik) düz geçişli	2.0
6	45° dirsek	0.3	20	Kesme vanası (konik) köşeli	5.0
7	90° Te parçası kol ayrımı düz geçiş	0	21	Kesme vanası (küresel)	0.2
8	90° Te parçası kol ayrımı dallanma	1.5	22	Kesme sürgüsü	0.5
9	90°-Hassas Te parçası	1.5	23	Kesme klapesi	0.2
10	90° Te parçası karşı akımlı	3.0	24	Emniyet bağlantı armatürü	3.0
11	Te dirsek kol ayrımı düz geçiş	0			
12	Te dirsek kol ayrımı dallanma	1.3			
13	Te hassas dirsek	1.3			
14	Te dirsek karşı akım	1.5			

Şekil 3.15 Form ve Bağlantı Parçaları İle Armatürler İçin Direnç Değerleri
(Burckhard ,B. ,1973)

4.3.4. Yaklaşık basınç kayıplarının hesaplanması

Gaz dağıtımında basınç kayıp hesapları DVGW - G 464 (11.83) de akışkanlar mekaniğinin pratik kabüllerine göre yapılır. Basınç kayıp hesaplarında sabit hesaplarında sabit ortamdaki akış esas alınır.

$$\Delta P = R_m \cdot l \cdot V_n^2 \quad (3.3.9)$$

ve değişken ortamlardaki akış ,

$$P_1^2 - P_2^2 = R_m \cdot L \cdot V_n^2 \quad (3.3.10)$$

Çap ve toplam pürüzlülüğe (tablo 3.6) göre R - değeri tablo 3.7 ' den bulunur. Ana değerlerin toleranslarında R-değeri gerçek verilere uygun olmalıdır. Toplam tolerans için ayrı ayrı tolerans bölümleri birbiriyle çarpılır. Ana değerler ve tolerans eşitlikleri tablo 3.8'de özetlenmiştir.

Tablo 3.6 Toplam Pürüzlülük İçin Ek Değerler
(Burckhard ,B. ,1973)

k_i	Boru malzemesi	Yataklama	İletim ağı	Montaj	Örnek
0.1	Çelik,döküm, plastik	Yok	Yok veya az karmaşık	Kısmen	Nakil hatları, Üst yataklama (örtme) hatları
0.5	Çelik,döküm, plastik	Yok	Çok fazla karmaşık	Var	Üst yataklama, temin hatları
1.0	Çelik,döküm,	Az	Fazla karmaşık	Var	Alçak basınç boru şebekeleri
3.0	Çelik,döküm,	Fazla	Fazla karmaşık	Var	Eski alçak basınç boru şebekeleri

Tablo 3.7 R - Değerleri (DVGW - G 464' den Özet)
(Burckhard ,B. ,1973)

Akış Bicimi	Sabit ortam	Değişken ortam
R - Değeri	$10^3 R_m$ $\{R_m\} = \lambda \cdot \rho_n \cdot \frac{P_n T_i}{P_i T_n} \cdot \frac{8}{\pi^2 d^5 3600^2 100}$ $\left(\frac{mbar \cdot h^2}{m \cdot m^5} \right)$	$10^3 R_w$ $\{R_w\} = \lambda \cdot K \cdot \rho_n \cdot P_n \cdot \frac{T_i}{T_n} \cdot \frac{16}{\pi^2 d^5 3600^2 100}$ $\left(\frac{bar \cdot h^2}{km \cdot m^5} \right)$
Toplam Pürüzlülük	$k_1 = 0.5 \text{ mm}$ $k_2 = 1.0 \text{ mm}$ $k_3 = 3.0 \text{ mm}$	$k_1 = 0.1 \text{ mm}$ $k_2 = 0.5 \text{ mm}$ $k_3 = 1.0 \text{ mm}$
DN = di		
50	7228 8808 13659	8453 13438 17200
80	586 700 1034	713 1099 1380
100	179 212 307	221 336 419
150	20.8 24.2 34.2	26.45 39.31 48.30
200	4.55 5.28 7.28	5.88 8.61 10.49
250	1.40 1.62 2.20	1.8328 2.6559 3.2152
300	0.537 0.616 0.831	0.7080 1.0175 1.2258
400	0.118 0.135 0.179	0.1581 0.2244 0.2864
500	0.0360 0.0416 0.0547	0.0495 0.0696 0.0828
600	0.0141 0.0159 0.0208	0.0192 0.0268 0.0317
R için Ana değerler	$p_n = 50 \text{ bar}$ $w \approx 3 \text{ m/s}$ $\rho_n = 0.84 \frac{kg}{m^3}$ $v = 14.2 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{s}$ (p_n ve T_i için)	$K = 1$ $w \approx 3 \text{ m/s}$ $T_i = 283 \text{ K}$

Tablo 3.8 Tablo 3.7'deki Diğer Veriler İçin Uygun Eşitlikler
(Burckhard ,B. ,1973)

R - değeri için temel büyüklükler	Tablo 3.7' e göre R - değeri için temel değerler	Diğer verilere uygun eşitlikler (*) Sabit ortamda akış	Değişken ortamda akış	Eşitlik
Başlangıç basıncı:	$P_{e_1} = 50 \text{ bar}$	$R^* = R_{r,ab} \frac{1063 \text{ mbar}}{1033 \text{ mbar} - p_{e_1}^*}$		3.3.11a
Sıkıştırılabilirlik kats.	$K=1$		$R^* = R_{r,ab} \cdot K_m^*$	3.3.11b
İç çap	$d_i = DN$		$R^* = R_{r,ab} \cdot \frac{d_{DN}^3}{d_i^{*3}}$	3.3.11c
Gaz sıcaklığı	$T = 283 \text{ K}$		$R^* = R_{r,ab} \cdot \frac{T^*}{283 \text{ K}}$	3.3.11d
N.Ş.A'daki yoğunluk	$\rho_n = 0.84 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$		$R^* = R_{r,ab} \cdot \frac{\rho_n^*}{0.84 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$	3.3.11e

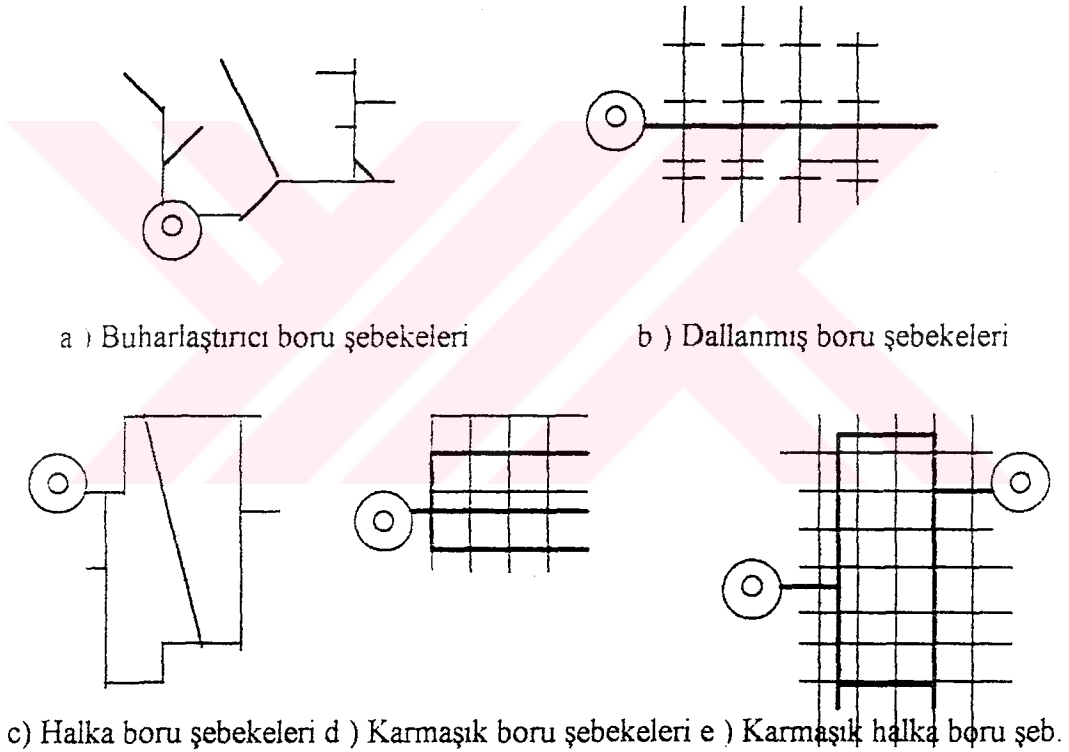
3.4. Boru şebekeleri

3.4.1. Şebeke şekilleri

Aşağıda gösterilen şebeke şekilleri düzenlemelerine göre birbirinden ayrılırlar.

(Şekil 3.16)

- a) Buharlaştırıcı boru şebekeleri
- b) Dallanmış (şubelere ayrılmış) boru şebekeleri
- c) Halka boru şebekeleri
- d) Karmaşık boru şebekeleri
- e) Karmaşık halka boru şebekeleri



Şekil 3.16 Şebeke Şekilleri (N. P.S.A. ,1972)

a ve b : Her noktaya yalnız bir yol üzerinden gidilir.

c,d,e : Her noktaya birden fazla yol ile gidilir.

Belli başlı noktalarda iktisadi (düşük donanım masrafları) ve temin güvencesi

mevcuttur. Bu durum tablo 3.9'da açıkça ifade edilmiştir. Temin güvencesi donanım masraflarının aksine davranış gösterdiğinde burada bir itilaf söz konusu olmaz.

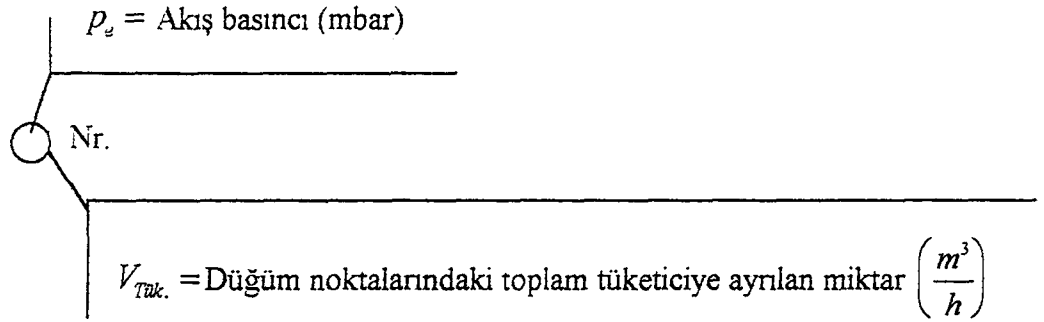
Tablo 3.9 Şebekelerin Belirlenmesi (N. P.S.A. , 1972)

Şebeke biçimi	Donanım masrafları	Güç rezervi	Temin güvencesi
a) Buharlaştırıcı boru	Az	Az	Kötü
b) Dallanmış boru	Az	Orta	Orta
c) Halka boru	Orta	İyi	Orta-İyi
d) Karmaşık boru	Yüksek	İyi	İyi
e) Karmaşık halka boru	Çok yüksek	Çok iyi	Çok iyi

3.4.2. Kavramlar ve yasalar

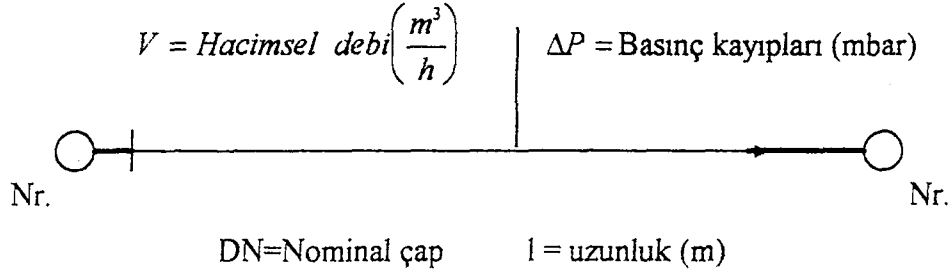
Boru hatlarının birleştiği veya dallandığı boru şebekelerindeki noktalar düğüm noktalarıdır. Aynı şekilde besleme ve gaz alma noktaları da düğüm noktaları olarak gösterilir ve hesap kapsamını sınırlarlar. Çoğu münferit alıcılar düğüm noktalarındaki bir hat boyunca birleşirler. Burada oluşan hatalar DN 50' den itibaren ihmal edilebilir derecededir.

Düğümler , düğüm numaraları ile belirtilir. Burada basınç ve eşzamanlılıkta dikkate alınarak düğümlerdeki toplam tüketiciye ayrılan miktar belirlenir. (Şekil 3.17)



şekil 3.17 Düğümler (N. P.S.A. ,1972)

Hatlarda düğüm bağlantıları alt altadır. Akış yönü ve basınç kaybıyla birlikte uzunluk , çap , hacimsel debi beraber gösterilir. (Şekil 3.18)



Şekil 3.18 Hatlar (N. P.S.A. .1972)

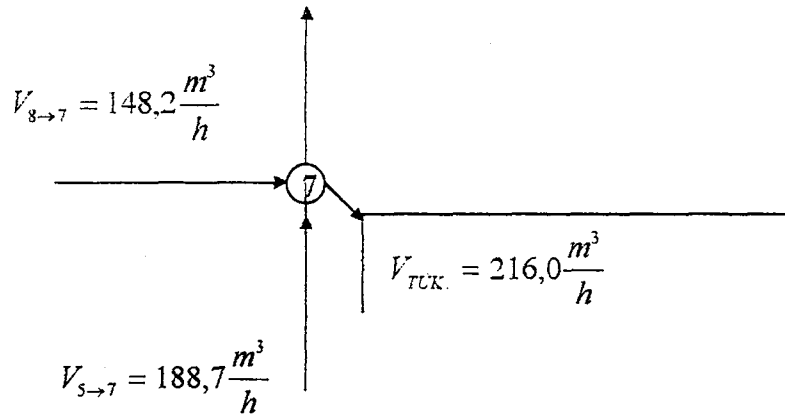
İki veya daha çok hattın birleşmesi veya daha sonra bu hatların birleşmesi ilmik olarak adlandırılır. Bir şebekenin ilmik sayısı (m) için hat sayısı (s) ve düğüm sayısı (k) ise aralarındaki bağıntı aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

$$m = s - kH$$

Düğüm koşulları: Düğümlerden akan hacimsel debilerin toplamı akıp giden hacimsel debilere eşittir. Bu Kirchhoff yasası ile izah edilebilir. (Şekil 3.19)

$$\sum V_{GİREN} = \sum V_{ÇIKAN}$$

$$V_{7 \rightarrow 13} = 120,9 \frac{m^3}{h}$$



Şekil 3.19 1. Kirchhoff Yasasına Göre Düğümlerdeki Hacimsel Debi (N.P.S.A. .1972)

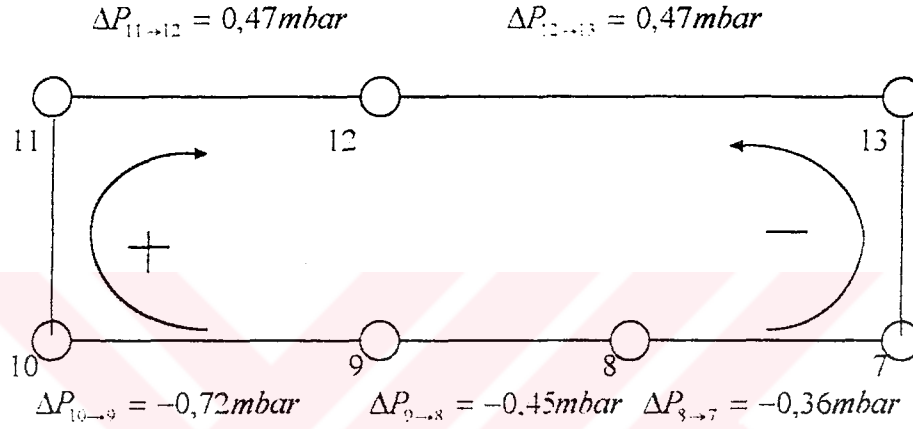
İlmik Koşulları: Her ilmikte tüm hatların basınç düğümlerinin toplamı sıfır olmalıdır.

Bu 2. Kirchhoff yasası ile gösterilir.

$$\sum \Delta P_s = 0$$

Bu toplamda hatların birleşmesine göre saat göstergesinde ($\sum \Delta P_s$) basınç düşümü- nün değerleri (+) pozitif, saat göstergesinin ters yönünde (-) negatif alınır.

(Şekil 3.20)



Şekil 3.20 2. Kirchhoff Yasasına Göre Bir İlmikteki Basınç Kayıpları
(N.P.S.A. ,1972)

3.4.3. Hesap metotları

Konu 3.4.2' de bahsedilen yasalar , kompleks sistemlerin belirli eşitliklerinde iteratif yaklaşım metotları ile hesap edilir. Aşağıda Hardy-Cross yöntemi gösterilmiştir. Düğüm çizgileri belirlenip debi dağılımı yapıldıktan sonra basınç kayıpları hesaplanır. Sonra hacimsel debinin dağılımı düzenlenir. 3.4.3 eşitliğindeki ilmik koşulları dikkate alınır. Hacimsel debiyi düzeltmek için aşağıdaki eşitlik kullanılır.

$$\Delta V = - \frac{\sum \Delta P_s}{2 \sum \frac{\Delta P_s}{V_s}} \quad (3.4.4)$$

Hem bir hattın basınç düğümü (ΔP_s) için hem de bir hattın hacisel debisi (V_s) için akış doğrultusundaki işaretlere dikkat etmek gerekir.

3.4.4 Elektronik bilgi işleme donanımlarının ilavesi

Günümüzde temin şebekelerinin hesapları için hesap donanımlarının yerleştirilmesi alışagelmıştır. DVGW - GW 303 ' te elektronik bilgi işleme donanımlı boru şebeke hesapları gösterilmiştir. Belli başlı iki görevi vardır. Mevcut olan boru şebekesinin analizi ve optimal demonte tedbirleri gelecek için gaz ihtiyacına işaret etmektedirler . Analizde şebeke için gerekli bilgiler tümüyle belirlidir. Buna ilaveten besleme miktarı ölçülür ve bir tüketici için öngörülen miktar hesap edilir. Diğer boru çapları veya boru bağlantıları,kapalı kesme düzeneği v.s. tespit edildiği gibi boru pürüzlülük değerleri için mevcut hat planlarının toleransları şebekeler üzerinden dağıtılan gazın basınç ölçümlerine etki eder.

Gaz ihtiyacının ayarlanması için mevcut temin alt yapısının genel analizi yapılmalıdır. Temin yerinde mevcut sıcak gaz penetrasyonu yapılabilir. Buradan hareketle tüm münferit gaz alma noktalarındaki iksisadi yükselişi görmek mümkündür. Buna göre gelecek yıllar için iktisadi bir yükseliş belirtilebilir.İlave yeni donanımlar hakkında dataların kullanılmasında elektronik bilgi işleme donanımları kendiliğinden işler. Muhtemelen ilave dağıtımın olduğu yerlerde ve yüksek ihtiyaç bölgelerinde kullanılır. Bu ihtiyaç için hesaplayıcı yardımıyla hat ölçümü yapılır.

Bu çeşit hesap tarzı dengeli akım için verilmiştir. Elektronik bilgi işleme donanımlarının ilerlemesiyle yük dağılımının planlaması ve düzenlemesi için proses hesaplayıcılar vasıtasıyla dengesiz gaz boru hesapları yapılır. Boru şebekesindeki gerekli akış basınçları bulunabildiği gibi tüketicinin azalış artmasında veya ilave gaz depolanmasında yahut gazın akış yönünün değiştiği durumlarda dengesiz boru şebeke hesapları için programların yapılması önemli bir problemdir.Daha büyük yüksek nakil hatlarında pratik olarak bu metot kullanılır.

BÖLÜM 4

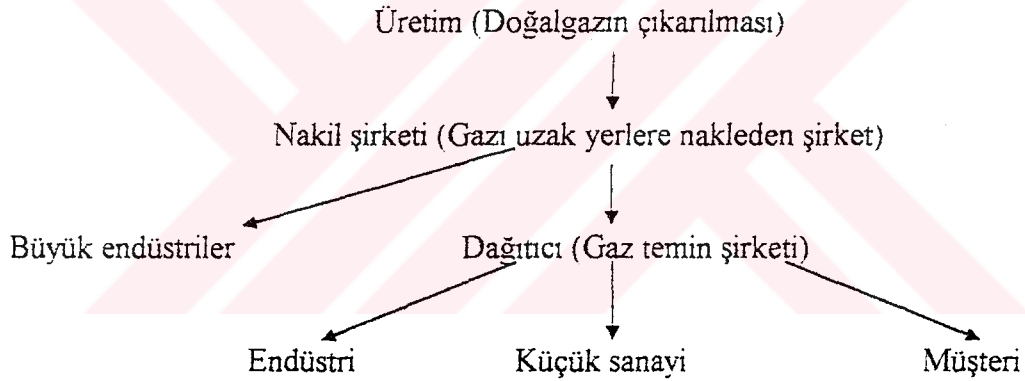
DOĞAL GAZIN NAKİL VE DAĞITIMI

4.1 Gaz nakil hatları

4.1.1 Gaz nakil hatlarının planlaması

4.1.1.1 Temel kavramlar,talimatnameler

Gaz kaynakları ve tüketiciler ekseriya yanyana bulunurlar. Gaz uzak yerlere ve tüketiciye naklinde birçok basınç kademelerinden geçerek ayar edilir. (Şekil 5.1) Yeni nakil hatlarının planlanması uzun faydalanma süresinden dolayı (min. 25 yıl) zaruridir. Boru çapı ve maksimum işletme basıncı bir nakil hattının planlanmasındaki en önemli faktörlerdir.



Şekil 4.1 Gaz Nakili ve Dağıtımı (Schuster ,F. .1969)

Gaz nakil hatlarının düzenlenmesi ve işletilmesi belirli bir sıra ile yapılır. (Tablo 4.1)17 Aralık 1974'te yüksek basınçlı gaz nakil hatlarının düzenlenmesi yapılmıştır. Bu düzenleme hem yüksek basınçlı gaz nakil hatları,kompresör ayar ve ölçme donanımlarının yapımı ile direkt nakil hatlarının düzenlenmesi hem de bunların işletilmesini kapsar. Yüksek basınçlı gaz nakil hatlarının düzenlenmesi bütün planlanan yüksek basınçlı gaz nakil hatları için (>16 bar üst işletme basıncı) gösterge usulu yazılır. Yapımcı firma nakil,ayar için ilave düzenlemeleri DVGW,TÜV,Matzeme kontrol enstitüsü gibi mütehassıs kuruluşlara yaptırır.

4.1.1.2 Hat güzergahının işaretlenmesi,Yol hukuku

Genel gaz hatları ilgili mercü ve planlama yerleri ile arazi keşfine göre ayarlanır. Kötü arazi şartlarında ölçümler hem zemin hem de dikey kesitlerden alınır. Böylece hatların en ve boy profilleri belirlenir. Caddeler,sokaklar,tren yolları v.s. kavşakların müsadese için bu tür profiller geçerlidir. Bir hattın yapımçı firmasıyla anlaşarak ve kısmi mülkü kamulaştırarak müzakere (anlaşma) sağlanır. Burada hattı yapan firmanın asıl görevi hatları çekerek daha sonra ana elemanları hatlar üzerine yerleştirmektir. Hatların yapımında kamu bilgisine de başvurulursa iyi olur. Enerji ekonomisi yasasına göre hat güzergahını gazı tedarik eden firmalar yaptığı için enerji temini iktisadi ve emniyetli olacaktır. Gaz nakil hatlarının yeni inşaatları da bütün bunlar göz önüne alınarak yapılacaktır.



Tablo 4.1 Gaz Hatlarının Belirlenmesi (Schuster ,F. ,1969)

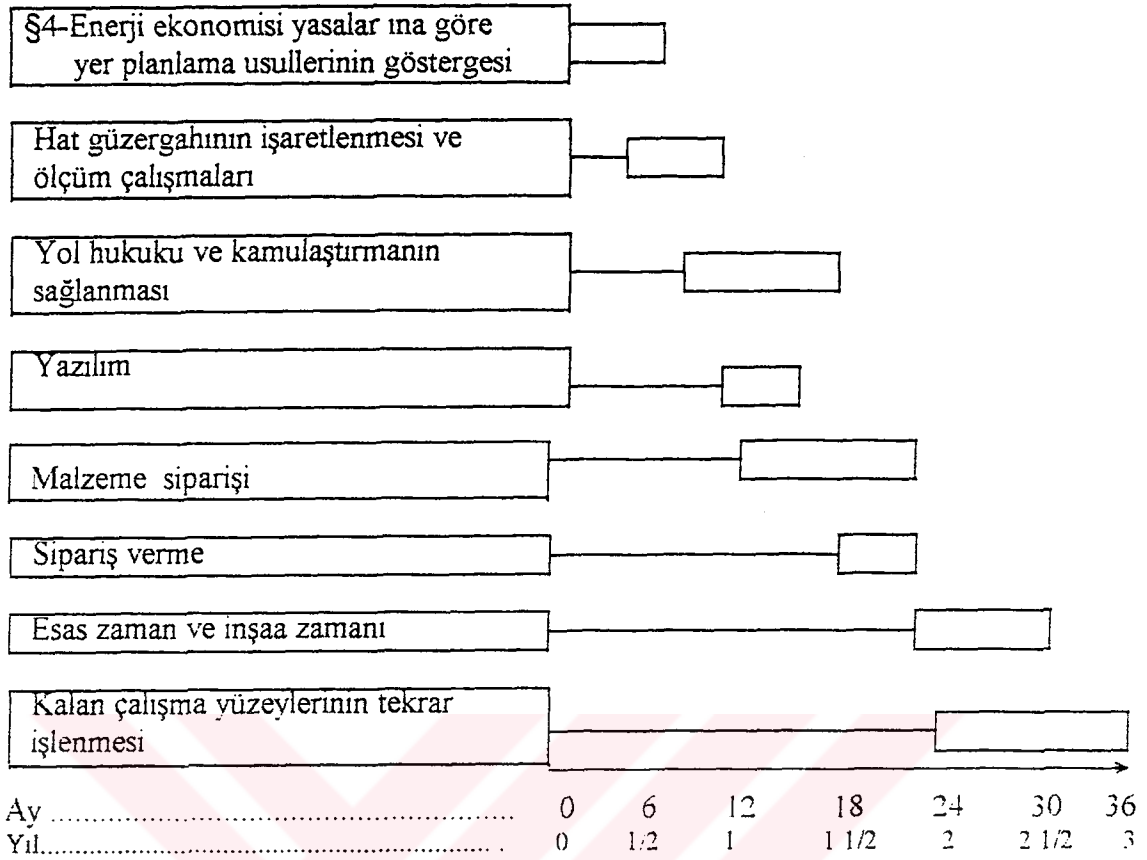
Yasal Düzenlemeler	İzahı
EnWG	Enerji ekonomisi yasası
Gaz HL-VO	Yüksek basınçlı gaz hatlarının düzenlenmesi
DVGW-G 459 6.86	4 bara kadar işletme basınçları için ev bağlantıları için düzenleme
DVGW-G 461/ I 11.81	İyi şekil verilebilir dökme demirden ve basınçlı borulardan yapılmış 4 bara kadar dayanan gaz borularının düzenlenmesi
DVGW-G 462/ I 9.76	Çelik borulardan yapılmış işletme üst basıncı 4 bara kadar dayanan gaz borularının düzenlenmesi
DVGW-G 462/ II 1.85	Çelik borulardan yapılmış 4 - 16 bar arasında işletme üst basıncına sahip olan gaz borularının düzenlenmesi
DVGW-G 463 7.89	İşletme üst basıncı 16 bardan daha fazla olan çelik gaz boruları
DVGW-G 465/ I 5.82	4 bara kadar işletme üst basınçlı gaz boru ağlarının kontrolü
DVGW-G 465/ II 2.83	4 bara kadar işletme üst basınçlı gaz borularının çalışması
DVGW-G 466/ I 7.89	1 bar ın üstünde çelik borulardan oluşmuş gaz boru ağları : koruma
DVGW-G 466/ II 12.85	1 - 16 bar arasındaki işletme üst basınçlarına sahip olan iyi şekil verilir dökme demirden yapılmış yüksek basınçlı gaz boru ağlarının korunması ve kontrolü için talimatlar
DVGW-G 469 7.87	Gaz temin donanımları ve boruları için basınç kontrol metotları
DVGW-G 472 9.88	PVC - U ' dan oluşmuş 1 bar işletme basıncına kadar dayanıklı ve PE ' den oluşmuş 4 bar işletme basıncına kadar dayanan gaz boruları ; düzenleme
DVGW-G 477 4.83	Sert PVC borular ın kontrol emniyet altında imali ile boru ve boru bağlantılarındaki gaz nakli için sert polietilen (PE)
DVGW-G 496 12.86	Gaz donanım boruları
DVGW-G 600 11.86	Gaz hazırlama için teknik ayarlar (DVGW - TRGI 1986)
DVGW-GW 1 5.84	Çelik boru kaynak dikişlerinin tahribatsız kontrolü
DVGW-GW 120 4.80	Kamuya gaz ve su temini için boru ağlarının planı
DVGW-GW 301 8.77	Boru hatlarını yapan firma için DVGW nin hızlanmasına ait usuller
DIN 2425 T 1 8.75	Su ve temin ekonomisi için planlama ile kamu gaz ve su temininin boru ağları planları ,uzaktan iletim için planlama
DIN 2425 T 3 5.80	Su ve temin ekonomisi için planlama ile uzaktaki boru hatlarının planlanması ,uzak yerlere iletim için planlama.DVGW teknik ayarları

Tablo 4.1 Gaz hatlarının belirlenmesi (Devam)

Yasal Düzenlemeler	İzahı
DIN 2448 2.81	Dikişsiz çelik borular, ölçüler, uzunluğa bağlı kütleler için
DIN 2458 2.81	Kaynaklı çelik borular, ölçüler, uzunluğa bağlı kütleler için
DIN 2470 T1 12.87	İşletme üst basıncı 16 bara kadar olan çelik borulardaki gaz iletimi, boru iletim kısımlarındaki talepler
DIN 2470 T1 5.83	İşleme üst basıncı 16 bardan daha fazla olan çelik borularda gaz iletimi, boru iletim kısımlarındaki talepler
DIN 40.69 1.74	Gaz dağıtım hatlarının bulunduğu yerler, işaret panoları
DIN 41.24 8.81	Kazılan yerlerdeki, çukurlardaki, işyerlerindeki inşaa grupları, kazılan yerleri kapatma
DIN 8062 11.88	PVC-U, PVC-HJ borular 1, ölçüler
DIN 8074 T1 9.87	Yüksek yoğunluklu PE borular 1, ölçüler
DIN 28600 1.83	Gaz ve su boruları için iyi şekil verilir, dökme demirden yapılmış basınçlı boru ve elemanlar 1, teknik iletim koşulları 1
DIN 30676 10.85	Dış koruma için katodik korozyon korumasının kullanılması ve planlama
RBV	Boru hatlarının inşaaındaki teknik ayarlar Boru hatlarının inşaaındaki teknik raporlar
	" Kazılan yerlerin doldurulmasına ilişkin not yaprağı " Dağıtım 1970. İlgili kaynak , caddecilik araştırma şirketi, Maastrichter Straße 45, 5000 Köln

4.1.1.3 Zamanlama

İnşaa zamanının dışında planlama, tespit usulleri, yazım, ihale ve siparişe dikkat edilmesi gerektiği için tasarımda çok erken bir zamanlama yapılmalıdır. Şekil 4.2'de yüksek basınçlı doğalgaz boru hatlarının projeleri için zamanlama gösterilmektedir. Ölçme ve planlama teknikleri ekseriya mühendis ölçüm büroları v.s. tarafından yapılır. Yer çalışmaları ve boru hatlarındaki inşaa çalışmalarını DVGW'nin tanıdığı boru hatları döşeyen ilgili inşaa firmaları yapar. Malzemelerin ve üst inşaa nakil hatlarının ismarlanması direkt gaz tedarik firmaları tarafından yapılır.



Şekil 4.2 Yüksek Basıncılı Doğalgaz Boru Hatlarının Proje Zamanlaması (Schuster F., 1969)

4.1.1.4 Gaz boru ağlarının yapımı

Doğalgaz 67.5 - 80 bar işletme üst basıncına sahip olan yüksek basınca dayanıklı gaz borularında ayar yapılarak nakledilir. (Kuzey Denizi'nde 130 bara dayanan hatların olması gibi istisnai durumlar mevcuttur.) Daha eski yüksek basınçlı boru hatları 20 -40 bar arası basınçlarda çalışırlar. Yaklaşık 0.1 bar/km basınç düşümü, 100-150 km'de bir kompresör istasyonunu gerektirir.

Tablo 4.2 Doğalgaz Nakil Hatlarının Kapasitesi (Schuster, F., 1969)

Çap (mm)	Hacimsel debi $\frac{m^3}{h}$	Doğalgaz-H'da Güç $\left(H_{U,N} = 37,75 \frac{MJ}{m^3} \right)$, MW
900	$1,2 \cdot 10^6$	≈ 12500
1050	$1,75 \cdot 10^6$	≈ 18200
1250	$2,75 \cdot 10^6$	≈ 28500

Yüksek basınçlı ana nakil boruları Almanya'da üst bölgesel şebekelerde uzak yerlere gazın naklinde kullanılır. Özel büyük müşterilere dağıtımında olduğu gibi gaz tedarik firması gazın bölgesel yüksek basınçlı ağlar ve borularda sevkini sağlar. Gaz tedarik firmalarını bölgesel nakil hatlarında şebekeleri besler ve gazı daha büyük müşteriler için tedarik eder. Bir gaz firmasının son müşterileri alçak basınçlı şebekeden faydalanırlar. Alçak basınçlı şebekelerde tıpkı orta ve yüksek basınçlı şebekeler gibi çalışırlar. Basınç alanlarının dağılımı 45 mbara kadar alçak basınç temininde geçerlidir. 45 - 100 mbar arası yükseltilmiş alçak basınçlarda ve 1 bara kadar ki orta basınçta ve bazı durumlarda 4 bara kadar ki yüksek basınçlarda yeni inşaa bölgelerinde gözden geçirilir. Ekseriya yüksek basınç gereken yerlerde orta basınç kullanmak daha ekonomiktir. Müşterileri karışık şebekeden oluşmuş bağlantı hattı (Ev bağlantısı) besler. Gaz tüketim düzeneklerinin işletimi için daha fazla yüksek şebeke basıncına ihtiyaç duyulur. Binaların içinde basınç gaz ayar cihazlarıyla düşürülür. Ev içi bağlantılarda doğalgaz yaklaşık 25 bara kadar alçak basınçlarda kullanılır.

4.1.1.5 Gaz boru ağlarının yapı kısımları

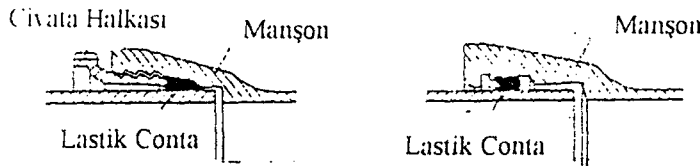
Boru ağları; döküm borular, çelik borular ve plastik borulardan yapılırlar. Borular çap ve nominal basıncına göre isimlendirilirler. Her halukarda üst ayar edilmeksizin iç çapları nominal çaplarına uygundur. Dış çapı (da) olarak tespit edildiği için farklı cidar kalınlığı (s) daima iç çapa tesir eder. (Tablo 4.3 ve 3.1)

Tablo 4.3 Boruların İç Çapları (DN), Dış Çapları (da) ve Nominal Cidar Kalınlıkları (s)
(Schuster, F., 1969)

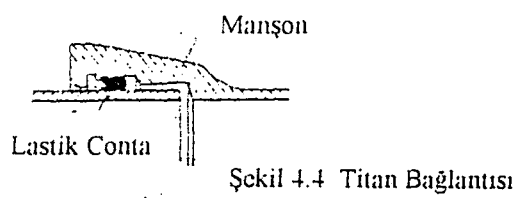
Boru biçimi Malzeme	DN	50	80	100	250	500	600
Çelik DIN E 2470/ I DIN 2470/ II	da mm	60,3	88,9	114,3	273,0	508	610
	s mm	2,9	3,2	3,2	5,0	6,3	6,3
	s mm	-	-	3,6	5,6	6,3	6,3
Civata veya titan manşonlu iyi şekil veri - lebilir döküm	da mm	-	98	118	274	532	635
	s mm	-	6,0	6,1	7,5	10,0	11,0
Sert PVC (10 bar)	da mm	63	90	110	280	560	630
	s mm	3,0	4,3	5,3	13,4	26,7	30,0
Sert PE (10 bar)	da mm	63	90	110	280	-	-
	s mm	5,8	8,2	10,0	25,5	-	-

Döküm borular ve bağlantıları

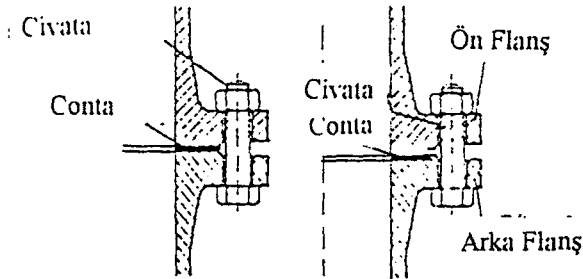
Gri döküm borular lamel yapılı dökme demirden yapılır. 1950'den beri küresel yapılı iyi şekil verilir dökme demirler kullanılmaktadır. İyi şekil verilir dökme demir çeliğe benzer özelliklere sahiptir. Korozyona dayanıklı ve bu yüzden de nakil hatlarında kullanılmaya elverişlidir. Dezavantajı ise çeliğin aksine daha büyük (kalın) cidar kalınlığına sahip olmasıdır. Bu yüzden daha büyük kütleler daha küçük imal uzunluklarındaki gibi kullanılırlar. Dış koruma kılıfı olarak bitüm çimento harcı ve plastik folyo kullanılır. Borularda bulunan döküm manşon, lastik conta, civata contası, civata manşon bağlantılarında (Şekil 4.3) manşon içi civata dış kısmını görür. Bağlantılarda lastik conta civata contasının çekilmesiyle yerine oturtulur. Böylece sızdırmazlık sağlanır. civata contasının çekilmesinden sonra yaklaşık 3° lik açı oluşur. Belli başlıları arasında günümüzde titan bağlantısı (Şekil 4.4) kullanılmaktadır Burada döküm manşonlu borular kullanılır. Sızdırmazlık elemanı olan profilli lastik contalar montaj sırasında içeriye doğru kayarlar. Bu bağlama tarzı basit ve hızlı montaj sayesinde daha düşük maliyetle yapılır. Titan bağlantıları, özel takımların kullanılmasıyla dış çaplarda imal edilirler. Böylece $3 - 6^\circ$ lik açılar oluşur. Tüm manşon bağlantılarında boru uçları manşon zeminine çarpmazlar. Söz konusu bağlantılar ilave emniyet olmaksızın aksel yönde çekme v.s.' ye dayanıklı değildir. Flanşlı ve vidalı bağlantılar toprak hatlarında, armatürlerde ve form parçalarında kullanılır. Flanş aralarında conta kullanılarak civata ile tespit edilir. İki uygulama tarzı mevcuttur. Bunlar ön ve arka çıkıntılılarda olduğu gibi düz profillerdir. (Şekil 4.5) Tüm kullanılacak olan contalar gaz sızdırmazlığına karşı mukavimdirler.



Şekil 4.3 Civatalı Manşon Bağlantısı



Şekil 4.4 Titan Bağlantısı



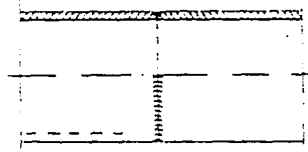
Şekil 4.5 Flanş Bağlantısı

(Schuster .F. .1969)

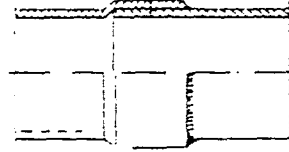
Çelik borular ve bağlantıları

Yüksek basınçlı boru hatlarında çelik borular kullanılır. Bu borular döküm boruların aksine daha büyük elastikiyete sahiptirler. İyi şekil verilebilir daha büyük inşaa uzunluğuna sahiptirler. Bundan dolayı az bağlantıları vardır. Toprak hatlarında iyi bir izolasyonla korozyona dayanıklı hale getirilirler. Dış izolasyon boru etrafında helezon biçiminde veya plastikten yapılır. Gaz buharlaştırıcı boruları işlenmez, hafif yağlanmış veya epoksi reçinesiyle kaplanır. Tüm boru bağlantılarının- daki izolasyon büyük bir itina ile yapılarak izolasyon kontrol cihazıyla da kontrol edilir.

Çelik borularda iki bağlantı tarzı vardır: kaynaklı ve lastik contalı hareketli manşon bağlantısı. Küt kaynak bağlantısı: uzun kuvvetlere maruz kalan kaynak bağlantılarında kullanılır. (Şekil 4.6) Daha eski kaynak bağlantılarında ise kaynak manşon bağlantısı kullanılır. (Şekil 4.7) Tüm kaynak bağlantıları DIN 8560 ' a uygun olarak kontrol edilir ve uygun kaynak işaretiyle gösterilirler. Çelik borular için de titan manşon benzeri civata manşon kullanılır. Bu tür kaynak bir üstünlük sağladığı için bu bağlantı tarzı günümüzde kullanılmaktadır.



Şekil 4.6
Küt Kaynak Bağlantısı



Şekil 4.7
Kaynaklı Manşon Bağlantısı

(Schuster, F., 1969)

Plastik borular ve bağlantıları

Plastik borular genelde sert PVC ve PE ' den yapılırlar. Her iki hammadde de korozyona dayanıklı ve iletmezler. Dezavantajı ise eskime etkisi gibi mekanik zorlamalarda, sıcaklık değişimlerinde ve gerilmelerde malzemeler çok hassastır. Çok

büyük sıcaklık farkları olduğu için kaynak,yapıştırma veya zedeli (ezik) manşonlarda olduğu gibi büyük kuvvetlere maruz kalırlar. Çelik boruların kaynak manşonunda olduğu gibi çözülemeyen bağlantılardan yapıştırma manşonlar v.b. benzer şekilde yapılırlar. Çözülebilir bağlantılar, metal boru civata bağlantıları veya fittings bağlantıları gibi titan manşonun benzeri sokma manşon bağlantılarıdır.

Form parçaları

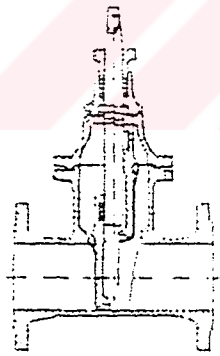
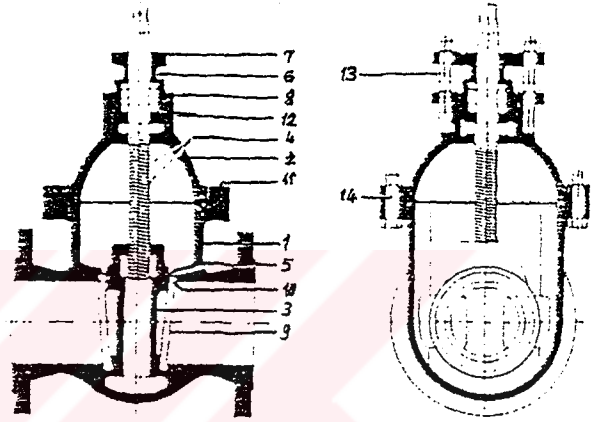
Boru hatlarının yapımında belli başlı form parçaları kullanılarak yön değişimleri, dallanma v.s. sağlanır. Farklı boru çapları birbirine armatürlerde olduğu gibi form parçaları ile bağlanır. Bu parçalar aynı malzemeden yapılmalıdır. Bundan dolayı korozyona karşı dayanıklılıkları da aynı olacaktır. Uygun bağlantılarda tıpkı hammaddelerde olduğu gibi birbirine bağlanırlar. Planlamada çelik,döküm ve plastik maddelere ait semboller kullanılır.

Armatürler

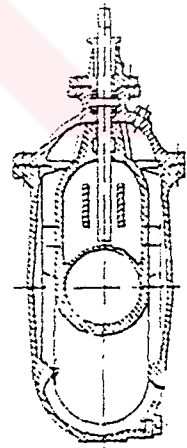
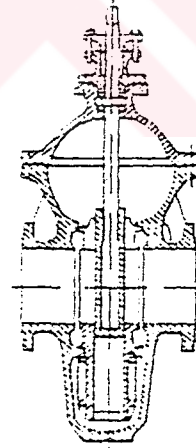
En önemli armatürler kesme organlarıdır. Bunlar sırasıyla klape,sürgü ve vanalardır. Sürgüler kamalı ve paralel olarak ayrılırlar. Kamalı sürgülerin uç açılarında oturma ve sızdırmazlık yüzeyleri birbirini karşılar. (Şekil 4.8a) Paralel sürgüler ise paralel oturma ve sızdırmazlık yüzeylerine sahiptir. (Şekil 4.8b) Yüzey tipi sürgülerde özel bir tip olan paralel sürgülerdendir. (Şekil 4.8c) Bu sürgülerin bağlantı yüzeylerinde iki adet sızdırmazlık halkası bulunur. Yüzey sürgü muhafaza larının iç kısımları yağ ile doldurulur. Kaygan ve sızdırmaz yüzeylerde bir yağ filmi vardır.Sürgünün hareket etmesiyle bu film yayılır. Sürgü açık durumda iken sürgü muhafazasında borulara yağ gitmez. Membranlı sürgüler membranla sızdırmazlığı sağlarlar. (Şekil 4.8d) bu membranlar toprak hatlarında kullanılmazlarToprak hattı için küresel vanalar kullanılır. (Şekil 4.12) El kumandalı armatürler direkt sürgü uçları üzerine açılırlar. Bunlar gaz basınç ayar ve ölçme donanımlarında kullanılırlar.

a) Kamalı Sürgü

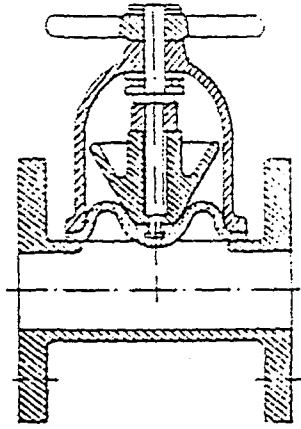
1. Sıkıştırılmış Pirinç Halkalı Muhafaza Alt Kısmı
2. Muhafaza Üst Kısmı
3. Sıkıştırılmış Pirinç Halkalı Kama
4. Uç
5. Uç Somunu
6. Salmastra Alt Kısmı
7. Pirinç Kaplamalı Salmastra
8. Salmastra Contası
9. Muhafaza Contası
10. Kama Contası
11. Muhafaza Contası
12. Salmastra Contası
13. Çekiç Başlı Civata
14. Altı Köşe Civata



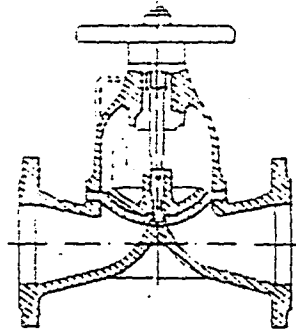
b) Paralel Sürgü



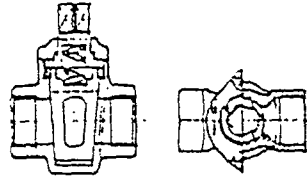
c) Yüzey Tipi Sürgü



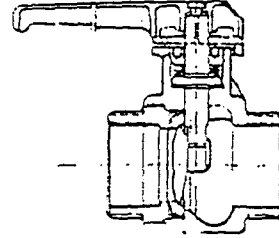
d) Diyafram Sürgü



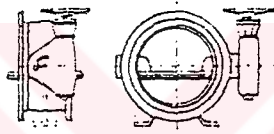
Şekil 4.8 Sürgüler (Schuster ,F. ,1969)



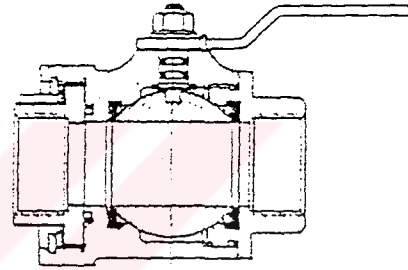
Şekil 4.9 Kesme Vanası
1/4 Tur (90°) Kapama Yollu



Şekil 4.10 Kesme Klapesi
1/4 Tur (90°) Kapama Yollu

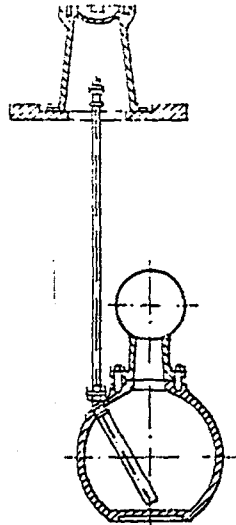


Şekil 4.11 Kesme Klapesi
Çok Kademeli, Kapama Yollu



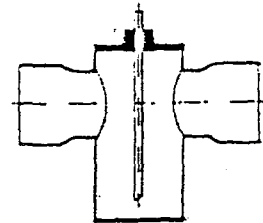
Şekil 4.12 Küresel Vana
(Schuster .F. ,1969)

Uygulamalardaki su cendereleri veya kondensat ayırıcıları, küresel su cendereleri (Şekil 4.13a) olarak kullanılan armatürler özel bir çeşittir. Doğal ve yapay boru ağlarının derin noktalarından düşen kondensat (yoğuşum suyu) bu armatürler sayesinde uzaklaştırılır.



Şekil 4.13a
Boru Hattının
Altına Kondensat
Ayrıcının Monte
Edilmesi
(Schuster .F. ,1969)

Şekil 4.13b
Boru Hattına
Kondensat
Ayrıcının
Montesi
(Schuster .F. ,1969)



4.1.1.6 Çelik borularda boru cidar kalınlığının hesaplanması

Çelik borularda iç basınca karşı cidar kalınlığı DIN 2413 ' e göre hesabı yapılır. Genelde gaz hatları ında herhangi bir zorlama söz konusu değildir. Buradaki gerilme hesabı 120° ye kadar geçerlidir.

$$\text{Cidar kalınlığı : } S_v = \frac{d_a \cdot p}{2\sigma_{zul} \cdot Vn} \quad (4.1)$$

$$\text{Emniyetli gerilme : } \sigma_{zul} = \frac{K}{S} = Y \cdot K \quad (4.2)$$

Burada ;

- S_v : Hesap edilen cidar kalınlığı
- d_a : Boru çapı
- p : İç üst basınç (P_e ile izah edilir.)
- σ_{zul} : Emniyet gerilmesi
- K : Mukavemet faktörü
- S : Emniyet katsayısı
- Y : Faydalanma derecesi

Kaynak dikiş faktörü ıslah çeliklerinde, boru imalinde dikişsiz borularda 1, kaynaklı borularda 0,5.....1 alınır. (DIN 2413) Emniyetli gerilmelerde emniyet faktörü $s = 1,5 \dots 1,6$ arasında alınır. Emniyet faktörü (S) veya faydalanma derecesi (Y) malzemenin kırılma mukavemetine bağlıdır. Gerçek boru cidar kalınlıkları, hesaplanan cidar kalınlığı (S_v) ve ilave c_1, c_2 'nin yardımıyla bulunur.

$$S = S_v + c_1 + c_2 \quad (4.3)$$

c_1 , emniyetli boru cidar kalınlığını gösteren ilave bir sayıdır. Diğer sayılar ise (0,2...0,5)mm arasında değişim gösterir. Kaynaklı çelik borular DIN 1626 (10.84) ' de gösterilmiştir. Kaynaksız çelik borular ise DIN 1629 (10.84) ' de izah edilmiştir.

c_2 , korozyon ve faydalanma ile ilgili ilave bir sayıdır.(DIN 2413) Bu sayı hatların belli bir amaca yönelik faydalanma süresini ve beklenen korozyon süresini gösterir. Korozyon ve faydalanmaya mani olduğu takdirde bu ilave sayılara gerek kalmaz. Ama az da olsa söz edilir. Diğer sayılar (0,3.....0,6)mm arasındadır.Genelde bu sayılar 1 ' e kadar yükselebilir.

Çok yüksek işletme basıncı sözkonusu olmadığı zaman kusursuz kaynak bağlantıları, DIN 2470 / I (12.87),tablo 1 ve DIN 2470 / II (5.83),tablo 2 ' de zikredilen cidar kalınlıklarına uygun olarak kullanılır. (Tablo 4.3)

4.1.2 Gaz hatlarının yapımı

4.1.2.1 Boru çukurlarındaki çalışmalar

Bu konu burada kapsamlı şekilde incelenecektir.Boru güzergahları için arazi biçimleri,zemin ve alt yapının durumu,ana su seviyesi,boru hatları,kanallar,kablolar, özel engeller v.s. ele alınır. DVGW, gaz borularının toprak altı çalışmalarını ehil kişilere vermiştir. Böylece işlemlerin hız kazanmasını sağlamıştır. DVGW G 301 (8.77)

Şehir içlerinde yapı tedbirleri iş alanlarını sınırlandırır. Yapı personeli ve insanların yapı yerlerinde herhangi bir zorlama ile karşılaşmaması için emniyet tedbirleri alınmıştır.

Boş arazilerde yapı tedbirlerinde ilave yapılardan kaçınmak için iş alanları sınırlandırılmıştır. Esas zeminin hazırlanması ve tüm önlemler ekonomik ve emniyetli bir şekilde yapılır. Boru çukurları 0,8...1 m arasında değişir. Bu çukurlar bazı yerlerde 0,6 m ' ye kadar düşer. [DIN 19630 (8.82)]

Minimum çukur genişlikleri ise DIN 4124 (8.81) de verilmiştir. 1,25 - 1,75 m arasındaki çukurlarda çukur genişliği 0,60 m olmalıdır. Boruların çevresi çift taraflı olarak 0,15 m daha genişletilirse (2 * 0.15 m) toplam çukur genişliği 0,90 m olur. Çukur tabanına boru hatları döşenir.Taşlı veya düzensiz zeminlerde malzeme değişimi öngörülür. En az 15 cm yüksekliğinde kum gibi taşsız nötral bir malzeme boru tabanına

dökülmelidir. Borular yerleştirildikten sonra taşsız bir dolgu ve minimum 10...15 cm kalınlığında nötral bir moloz dökülmelidir. Boruların üzerindeki ilk 30 cm makinalı veya makinasız yapılmalıdır. Aksi takdirde toprak elle dövülür. Hat güzergahlarındaki ikaz bantları üzerine "dikkat gaz hattı" yazılarak boru hatlarının üst yarısında yaklaşık 30 cm' ye yerleştirilir. Trafik olan yerlerdeki çukurların kapatılmasında ise talimat ve yönetmeliklere uygun hareket edilir. (tablo 4.1 boru çukurlarının doldurulmasına ilişkin not yaprağı)

4.1.2.2 Boruların yerleştirilmesi

Buradaki uygulamalarda zorunlu çalışmaların ayrıntılarına değinilmeyecektir. Boru hatlarının inşaatı kalifiye elemanlar tarafından yapılır. Boru hatları ilgili firma tarafından DVGW - GW 301 (08.77) ' ye uygun olmalı ve armatürler, çeşitli form parçaları da öngörü len plana uygun şekilde yerleştirilir. Çukur zeminlerinin uygunlukları ve meyilleri kontrol edilir. Meyiller metre başına 2 mm ' yi aşmamalıdır. Kondensat ya da su cendereleri derin noktalara konulmalıdır. Bazı gaz firmaları boruları eğimli olarak yerleştirmezler. Doğal gaz kuru ve dağıtılabilir olduğundan kondense kabına da sahip değildir.

Basınç deneyleri : DVGW - G 469 (07.87) ' e göre boru hatları işletmeye alınmadan önce iç basınç deneyleri yapılır. Bağlantı hatlarını delmeden önce ana tedarik hatlarında bu deneyler yapılmalıdır.

Ölçme : Boru hatlarının tüm kısımlarında önceden hazırlanan plana uygun olarak ölçüm yapılır.

4.1.2.3 Çelik boru hatlarını korozyondan koruma

boruların üst yüzeylerinde zamanla korozyon oluşur. Malzemeyi tahribata uğratan korozyon kimyasal veya elektrokimyasal yolla ortadan kaldırılabilir. Bunun % 5 ' lik kısmını yerde bulunan boru hatları oluşturur. Bu tedbirleri aktif katodik koruma tedbirleri de ilaveten destekler. Pasif korumada bağlama maddesinin organik veya anorganik koruma kılıflarıyla boru hattı geniş ölçüde ayrılır. Aktif korozyon koruma tedbirleri katodik dış koruma gibi direkt korozyon reaksiyonunun engellenmesine yöneliktir. Boru

hatlarındaki korozyonu aktif veya pasif veya her ikisi ile birlikte önleme tedbirleri alınması gerektiğini planlama tespit eder.

Toprak zemininde korozyon

Oksijen özelliği dolayısıyla toprak zeminindeki çelik ve demiri paslandırmaz. Havalandırılmamış zeminler,sulu zeminler,sazlık zeminler veya yüksek humus içeren zeminlerdeki boru hatları anaerob (oksijensiz yaşam süren) mikroorganizmalardan dolayı korozyona maruz kalırlar. Bakteriler boruların üst yüzeylerinde derin yaralar oluşturur. Elektriki boru akımları ekseriya boru hatlarındaki güçlü aşınmalar içindir. Farklı zeminlerde değişik boru akımları oluşur. Toprak hattındaki en tehlikeli korozyon ise elektriki seyrek akımlardan oluşur. Bu akımları boru hatlarının çevresinde bulunan doğru akım kaynakları oluşturur. Seyrek akımlar humuslu yerlerde bulunurlar. Buralarda en tehlikeli korozyon söz konusudur.

Örtülme ile korozyondan korunma

Çinko ile kaplama gibi metalik kılıflar,koruma boyaları,örtülü metal elektrolitin dokundurulması pasif korozyon korumayı engeller. Humuslu topraktaki nem miktarından dolayı bir elektrolit görevini yapar.

Şimdiye kadar yerleştirilmiş toprak boru hatlarının çoğu bitümlü bir kütle ile izole edilmiştir. Sözkonusu izolasyon ince ana boya,çözülmüş bitüm ve kalın sıcak akışkan özelliğine sahip olan tabakadan erimiş bitümden oluşur. Bitüme dolgu malzemesi olarak taş unu ilave edilir. Bu tabakalar cam yüzeyindeki kalın tabaka gibidir. Güneş radyasyonundan dolayı aşırı ısınmalar kalkan boya izolasyonu ile bertaraf edilir.

Bu izolasyonun yanında dış koruma olarak plastik kaplama önemli bir rol oynar. Bitüm örtülmelerin aksine plastik kaplamalar önemli avantajlar taşır. Bunlar ; düşük su alma , yüksek elektriksel direnç , humuslu ortamlarda mükemmel direnç kabiliyeti , yüksek sıcaklıklarda yüksek mekanik direnç kabiliyetidir. Birçok plastik PE veya PVC den yapılmıştır. Bu kılıflarla özellikle iyi koruma yapılır. Plastik kaplamalar ya sinterlenerek veya ekstürüze edilmek suretiyle dikişsiz PE kılıflardan imal edilirler. Kendi kendine yapışan PVC , PE gibi bantlar ise kaynak yerlerinin izolesinde kullanılırlar.

Katodik olarak korozyondan korunma

Aktif korozyondan korunma yöntemlerinde sözkonusu olan korozyon reaksiyonları vasıtasıyla korozyon ya azaltılır veya tamamen durdurulur. Örtülü pasif dış korumada örtülerin zamanla gözenek , yarık ve küçük hatalı yerlere sahip olmamasını sağlar. Burada deliklerin çürümeleride olabilir. Katodik korumayla belirsiz tehlike arz eden yerlerde metale ilave koruma sağlanır. Katodik korumada doğru akım kullanılır. Bu akım elektrolitten metal yüzeye doğrudur ve korozyon akımlarına karşıdır. Koruma akımlarının büyüklüğü minimum korozyon akımı ile aynı olmalıdır.

Korozyon başlangıcında metalde pozitif iyonlar hareketli, negatif iyonlar ise hareketsizdir. Metal (-) yüklenir. Metal yüzeyinde bulunan fazla elektronlar elektrolitte birleşmezse korozyon olayı durur. Metal iyonlarının çözülmesiyle bu olay tekrar devam eder. Katodik korumayla metal iyonlarının bulunduğu yerleri ilave elektronlar besler. Böylece korozyon durur.

Katodik koruma için gerekli olan doğru akım , yabancı akım donanımları üzerinde bulunan doğru akımla veya çinko, magnezyum gibi galvanitik anotlar yardımıyla yabancı akımsız olarak sağlanabilir. Galvanitik anotların ilavesinde anot malzemesi daima değersiz malzemededen seçilir. Anot ekseriya magnezyum veya çinko alaşımından oluşur.

İktisadi olan metoda göre koruma akımı,özgül toprak direnci ve yersel veriler tarafından bu karar belirlenir. Katodik korozyondan korunmanın özelliği özel literatürlerde gösterilmiştir. Katodik korozyon koruma,yüksek basınçlı gaz nakil hatları için teknik ayarlar yapılır. DVGW- G 463 (1.83) - GW 10 (4.84) -GW 12 (4.84). Şebeke yerlerinde de katodik koruma artan bir kütle içinde yapılır . katodik koruma yapılırken şu varsayımlar esas alınır : Korunan boru hatlarındaki en son noktaya izoleli flanşla monte edilir. İzoleli boru hatlarında flanşlı armatür gibi elemanlar bulunur. Bunlar elektriği iletmezler. Ev bağlantı hatlarında (DVGW - G 600 TRGI 1986 sayı 3.2.11) izole parçalarının montesi ile ev içi boruları elektrikten uzak olmalıdır. Küçük mesafeli kablolar da veya yabancı boru hatı haçlarda (haç parçalarında) izole yüzeyi ara kısımlarıyla güvence altına alınmalıdır ki hiç bir metalik dokunma söz konusu olmasın.

Küçük koruma akımlı PE kılıflı boruların yerleştirilmesini katodik korozyon koruma düzeneği kolaylaştırır.

4.1.2.4 Eve gaz bağlantısı

Ev bağlantısı, ev ile temin hattını birbirine bağlar ve ana kapama düzeneği ile sona erer. Ev bağlantısının ana kısımları; ev bağlantı hattı, ev içi ve ana kesme düzeneğidir. Ev bağlantıları emniyetli işletme üst basıncı için ölçülür. İşletme üst basıncı için şebeke ev bağlantısına irtibatlanır. Ana kesme düzeneği ile gaz basınç ayar cihazları arasında bağlantı hattı için bu geçerlidir. Ev bağlantı hatları, mümkün olduğu kadar dereceli dik açılı ve binaya giden hatların en kısa yolu üzerindedir.

Pe = 4 bara kadar dişli bağlantılı ev bağlantı hatları için DIN 2442 normundaki çelik borular DIN 2470 T 1 normuyla birlikte kullanılır. Pe = 4 bara kadar ki ev bağlantı hatları için akışkan gaz dışında DVGW - G 459 (6.86) geçerlidir. Ev bağlantı hatları için DVGW - TRGI 1986 geçerlidir. Çelik boruların yerleştirilmesinde DVGW - G 462 / I , yüksek basınçlı PE boruların yerleştirilmesi DVGW - G 472 ' e göre yapılır.

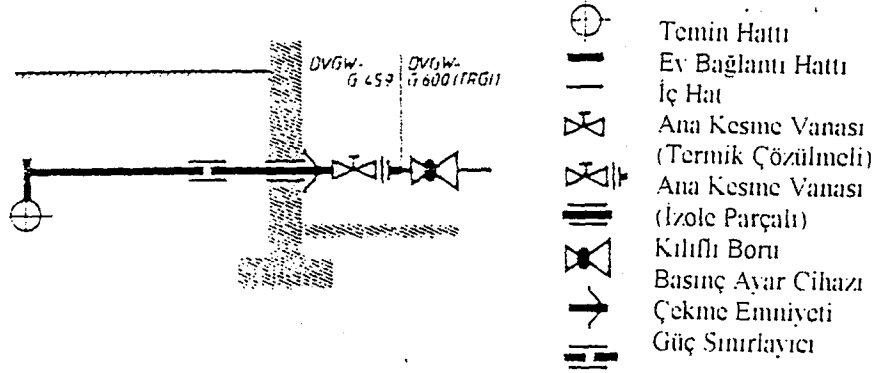
Üst kapama (0.61.0) m arasında olmalıdır. Ev bağlantı hatları ölçülür ve ana plan DIN 2427 T 1 ' e göre yapılır. Direkt olarak ev bağlantı hatlarının yapımından sonra ana kesme vanası kolay ulaşılabilen yere monte edilir. Ana kesme vanası 70°C ' de termik çözülmeye uğrar. Yangın durumunda ana kesme vanası hemen kapanır.

Pe = 1 bara ve \geq DN 80 ' e kadar ki ev bağlantılarında ana kesme vanası binanın dışına monte edilir. Pe > 1 , DN < 80 olduğunda da bu geçerliliğini korur. Metal borularda DIN 3389 ' a göre G - işaretli izole parçası monte edilir. İzole parçası binanın dışına monte edilirse termik olarak yüklenmek zorundadır ve uygun işaretle

(GT) gösterilir. İzole parçası, ana kesme vanası ile konsriktif olarak bağlanır. Derin yapı çalışmalarında inşaa makinalarında kullanılır. Dışarıdan etkili çekme kuvveti taşıma mukavemeti olan bina kısımları üzerine etki eder. Güç sınırlayıcılar yerleştirilir. Bina kısımları üzerinde tamamen çekme kuvvetleri olmadığı durumda bu geçerlidir.

(Şekil 4. 14) İşletme öncesi ev bağlantıları öngörülen nominal basınçla DVGW-G 469 ' e göre ana kesme bağlantısı kapatılarak kontrol edilir. Bunun yanında kontrol basıncı minimum 2 bar civarındaki işletme üst basıncını aşmamalıdır. Tehlikeye karşı gaz ev hatlarına verilmeden önce gaz - hava karışımı gönderilir. Ev bağlantısı gaz tedarik

firmasının işletme donanımlarına dahildir. Gaz sayacı ve mevcut ayar cihazları da bunlardandır. Ayrıca boru çapları da DVGW - G 464 'e göre hesap edilir.



Şekil 4.14 DVGW - G459/460 (TRGI) Geçerlilik Alanları
(Hochmeier .A. ,1966)

4.1.3 Gaz hatları ve gaz boru ağlarının işletmesi

Gaz dağıtım hatlarının ikaz ve kontrolünde üç ana görev mevcuttur.

- Güvenli temin emniyeti. Temin ağına irtibatlı olan müşteriler için daima yeterli basınçta ve miktarda gaz bulunur.
- Temin emniyeti. Patlama tehlikesinden dolayı dağıtım donanımları gazı kontrol ederek dağıtırlar.
- Donanım değerinin korunumu. Toprağın altında bulunan boru hatları yüksek kapital değerlerine sahiptir. Zararların bilinmesi ve bertaraf edilmesinde firmanın iktisadi olarak büyük etkisi vardır.

4.1.3.1 Yeni yerleştirilen hatların işletmesi

Yeni yerleştirme, eski hatların genişletilmesi veya yenileştirilmesidir. Bir şebekenin genişletilmesi durumunda işletme nispeten basitleşir. Çünkü tüm ev bağlantıları tamamıyla tesis edilebilir. Bu olay hatların havası alınmadan yapılmalıdır. Yerleştirme durumunda müşterilerin gazı kısa bir zaman için kesilmesi durumunda tekrar işletmeye alma komplike bir iştir. İşletme basıncındaki sızdırmazlık denemesi tüm bağlantı yerlerinde boya ile yapılır. 4 bara kadar ki işletme üst basınçlı gaz boru şebekelerindeki çalışmalar DVGW - G 465 / II (2.73) ' de kesit 5 ve 6 daki uygulamalara göre yapılır. Özel işletme tedbirleri orta ve yüksek basıncın kontrol edilmesi gereken yerlerde geniş ölçüde geçerli değildir.

4.1.3.2 Hatların dış işletmesi

Hatlar faaliyet halinde değilken gazsız durumdadırlar. Emniyet sağlanıncaya kadar borulardaki ateşleme kabiliyeti olmayan (ateşlemeyen) gaz - hava karışımı bulunmaz. Ayrıca bu hatlarda azot gibi bir inert gaza da ihtiyaç vardır.

4.1.3.3 Boru şebeke kontrolü

Boru şebeke işletmesinin düzenli kontrol tedbirleri, sızdırmazlık kontrollerini, boruların ve armatürlerin iç durum kontrollerini içerir. DVGW - G 465 / I (5.82) ; sayı 3.2 her borunun uygun kontrolü yapılır. DVGW - G 466 / I (5.84); sayı 4.1.1' e göre yüksek basınç hatları binaların 20 m yakınından geçen hatların olduğu yerlere yapılır. Alev iyonizasyon dedektörü veya gazla hassas donanımlar sızdırmazlığı denetler. Bu metodu yalnız havadan daha hafif olan gazlara uygulayabiliriz. Gaz basınç ayar donanımlarının regülatör ve filtreleri gibi su kapları ve armatürlerdeki belirli kontrolleri boru hatlarının iç durumu tayin eder. boru şebekelerindeki yataklamalara da dikkat edilmeli ve böylece yataklamadan kaynaklanan meseleler de önceden halledilmiş olur.

4.1.3.4 Hazırlık hizmeti / Çağrı hizmeti

Gaz dağıtım donanımlarındaki arıza ve zararlar hızlı ve mütehassıslar yardımıyla ele alınarak incelenir. Hazırlık hizmetinde en az iki personel bulunmalıdır. Çağrı hizmetinde hazır bulunan cihazda ilgili alet ve cihazlar da hazır bulundurulmalıdır. Çağrı hizmetinde de en az iki personel hazır bulundurulmalıdır. Bundan başka usta, mühendis v.b. nin gerektiğinde çağrı hazırlığında bulunması iyi olur.

4.2 Gaz basınç ayar donanımları (GDR) , Gaz basınç ayar ve ölçme donanımları (GDRM)

4.2.1 Planlama.inşaa ve işletme

4.2.1.1 Temel kavramlar, talimatlar

Yüksek gaz basınçları tek ya da çok kademeli olarak indirgenir. Bunun için bazı donanımlara ihtiyaç vardır.Tipik montaj yerleri tablo 4.4 ' de verilmiştir. Planlama için aşağıdaki bilgiler esas alınır.

- Mevcut,gerekli basınç düşümü yani ön basınç (giriş basıncı) ve ayarlama sonrası arka basınç (çıkış basıncı)
- Debi miktarı ve gazın çıkarılma karakteristikleri

Gaz basıncı ayar donanımlarının gazı yayması özellikle gazın azalmasına bağlıdır. Bunun için nakil hatlarında basınç düşümü veya şebeke beslemesinin söz konusu olacağı ya da bu şebekedeki farklı tüketicilerin veyahut münferit azaltıcıları da hesaba katarak debi miktarının belirlenmesi gerekir.

Gaz basınç ayar ve ölçme donanımlarının işletmesinde ölçme ve ayarlar aşağıdaki gibi yapılmalıdır.

- Tozdan temizlemek için filtreleme ve diğer temizleme metotları
- Ön ısıtma
- Düzensiz yüksek basınca karşı çeşitli donanım kısımlarının korunması
- En önemli teknik dataların kaydedilmesi
- Gaz formundaki maddelerin ilavesi

Gaz basınç ayar ve gaz basınç ayar ve ölçme donanımlarının işletmesi ve düzenlemesi için dikkate değer en önemli husular tablo 4.5 'te gösterilmiştir. Ayar gazın basınç düşümündeki enerjisinden istifade edilmez. Bu değerler gerilim giderme makinalarında , t ürbini ve pistonlu kompresörlerde belirli durumlar için ekonomiktir.

Tablo 4.4 Gaz Basınç Ayar Cihazlarının Başlıca Montaj Yerleri (Hochmeier .A. .1966)

Montaj kısımları	Görevi
Gazın çıkarıldığı yer	Gaz hazırlama ve nakil için basıncı düşürme
Gazi uzak yerlere nakleden gaz tedarik şirketi	Gaz miktarını ayarlama Gaz basınç ayar-ölçme donanımları, çok kademeli
Yer şebekesi	Orta veya düşük basınç şebekeleri ile bağlantılı yüksek veya orta basınca sahip şebekelere gaz nakli
Ev bağlantısı	Yüksek,orta basınçlı veya yükseltilmiş alçak basınçlı gazı temin eder. Ev için doğalgaz alçak basınçta tavsiye edilir.
Gaz tüketim cihazları	Gaz tüketim cihazlarının girişinde aşırı yüklemelerden kaçınma ve yanmasının iyileşmesi

Tablo 4.5 Gaz Basınç Ayar Donanımları ve Gaz Basınç Ayar - Ölçme Donanımları İçin Yasalar, Düzenlemeler ve Talimatlar (Hochmeier ,A. ,1966)

Yasa, düzenleme, talimat	İzahı
BImSchG	Federal immisyon koruma yasası
TALaerm	Gürültüye karşı koruma için teknik talimat (16.7.1968 tarihli federal hükümetin genel talimatnamesi)
Elex V	27.2.1980 tarihli küçük sanatlar nizamnamesinin 24. fıkrasına göre düzenleme - Patlama tehlikesi olan ortamlardaki elektriki donanımlar hakkındaki düzenleme
Gas HL - VO	Yüksek basınçlı gaz hatlarının düzenlemesi
DVGW - G 280 3.90	Gazı çıkarma ve odorizasyon (gaz madde ilavesi)
DVGW - G 490	Giriş basınçları 100 mbar - 4 bar arasındaki gaz basınç ayar donanımlarının yapımı ve teçhizatı için teknik ayarlar
DVGW - G 491 3.92	4 bar - 100 bar arasındaki giriş basınçları için basınç ayar donanımları - planlama ve düzenleme
DVGW - G 492 / II 12.88	4 bar - 100 bar arasındaki gaz miktarını ölçme donanımları
DVGW - G 494 11.81	Gaz basınç ve ayar donanımları ve ses izolasyonu
DVGW - G 495 7.80	Büyük gaz debilerini ölçen donanımlar ve ayar cihazları
DVGW - G 498 1.85	Kamuya gaz temininde boru hat ve donanımlarındaki basınç kapları ; imali ayarı, işletmeye alınması ve çalışması

Tablo 4.5 Gaz basınç ayar donanımları ve Gaz basınç ayar -ölçme donanımları için yasalar,düzenlemeler ve talimatlar (devam)

Yasa,düzenleme,talimat	İzahı
DIN 3380 12.73	100 bara kadar ki giriş basınçları için gaz basınç ayar cihazları
DIN 3381 6.84	100 bara kadar ki işletme basınçları ve gaz basınç ayar donanımları için emniyet düzenekleri , emniyetli üfürme ve kesme düzenekleri
DIN 19226 5.68	Ayar,sevk ve idare tekniği ile ilgili kavramlar
DIN 30690 T 1 7.83	Gaz temininde yapı kısımları,gaz temin donanımlarında yapı kısımlarının gerekliliği
DIN 30690 T 2 9.80	Gaz temininde yapı kısımları, gaz tüketim düzeneklerinin ayar cihazları için metalik malzemenin kullanılması
VDE 0165 9.83	Patlama tehlikesi olan alanlardaki elektriki donanımlara ait düzenekler
VDE 0170 / 0171 5.78	Patlama tehlikesi olan alanlardaki elektriki donanımlara ait işletme malzemeleri

4.2.1.2 Gaz basınç ayar donanımları ile gaz basınç ayar ve ölçme donanımlarının çeşitleri ve yapı uygulamaları

Çeşitleri : Şekil 4.15 'de gaz basınç ayar ve ölçme donanımlarının belli başlı uygulamaları gösterilmiştir. Müşterilerin gaz talepleri arttıkça daha yüksek teknoloji ve bunlarla beraber daha yüksek maliyeler gerekir. Zaruri uygulamalar ekonomik açıdan da ele

alınmalıdır. Şekil 4.15 'de gösterilen üç uygulama tarzının haricinde birçok uygulama mevcuttur.

GDRM Şeması	Akım Karakteristiği	Müşteri İhtiyaçları Temini
<p>1</p> <p>Tek Hatlı</p>	Gaz servisinin kesilmesi	Dış işletme daimi güvenilir olmalı
<p>2</p> <p>Baypaslı ve Tek Hatlı</p> <p>Ayar organı</p>	Haf akımı kısa süreli kesildiğinde ayar organı manuel olarak çalıştırılır	Kısa süreli dış işletme güvenilir olmalı
<p>3</p> <p>Baypaslı ve Cift Hatlı</p> <p>Ayar organı</p>	İstisnai durumlarda hatlardan biri emniyet icindir	Dış işletme güvenilir değil

Şekil 4.15 Gaz Basınç Ayar ve Ölçme Donanımlarının Uygulama Tarzları
(Hochmeier, A., 1966)

Yapı uygulaması : Gaz basınç ayar donanımı ve gaz basınç ayar-ölçme donanımı boşluklara, dolap içlerine serbest hava donanımları veya çukur donanımları olarak yerleştirilebilir. Yerleştirme aşağıda izah edilen şekilde yapılmalıdır. 100 mbar - 4 bar arası (DVGW - G 490 (1.74)) giriş basınçlarında kapalı alanlara ve bodrumlara bu donanımlar yerleştirilir. İşletme girişlerinde v.b. ortamlarda bu tür cihazlar kullanılır. 4 -100 bar arasında giriş basıncına sahip olan gaz hatları binalara bağlanamaz. Dört tarafı açık olan binalarda bu donanımlar çok iyi korunacağından tercih edilirler. Bina masraflarını sınırladığı için gaz filtresi ve ön ısıtıcı serbest bir mahale konur ve hassas ayar, emniyet ve ölçme donanımları belirli bir yere yerleştirilir. Gaz basınç ayar donanımları ve gaz basınç ayar - ölçme donanımlarının dolaplara yerleştirilmesi daha küçük donanımlarda akıllı ve

iktisadi bir çözümdür. Çukurlara da bu donanımlar emniyetli bir şekilde yerleştirilir. Ama bu yerleştirme tarzı iyi bir çözüm değildir.

Montaj : Gaz basınç ayar donanımları ve gaz basınç ayar - ölçme donanımları münferit olarak ayar edilerek yerlerine monte edilir. Çok kademeli donanımlarda seri imalat daha ekonomiktir. İmalathanelerde kısmi ya da komple montaj yapılır. Bu tarz donanımlar bir esas üzerine oturtularak giriş ve çıkış hatları birbiriyle irtibatlandırılır.

Kontroller ve işletmeye alma : Bunlar hava veya inert bir gazla sızdırmazlık deneylerini içerirler. Ayar esnasında azot kullanılır. Ön basınç >4 bar [DVGW G 491 (1.74)] olduğunda bir mütehassıs bu donanımları azaltmalıdır. Bu donanımların işletmeye alınması imalatçının direktifleri doğrultusunda yapılır.

4.2.1.3 Gaz basınç ayar ve gaz basınç ayar - ölçme donanımlarının montesi , yapı grupları ve yapı kısımları

Yapı grupları şunlardır;filteler,ön ısıtıcılar,emniyet sistemleri,ayar ve ölçüm cihazları,odorizasyon(gaz fazında madde ilavesi),kayıt cihazları v.b. sayılabilir.

Kapama düzenekleri : Plaka sürgü,küresel vana ve kapama kelebeği belli başlı düzeneklerdir. Bu düzenekler toza karşı hassastırlar.

İzolasyon elemanları : Gaz temin şebekesinin katodik olarak korunması için izole parçalara ihtiyaç vardır. Gaz basınç ayar ve gaz basınç ayar - ölçme donanımlarının metalik bağlantıları üzerindeki şebekeden koruma akımı geçer. İzole elemanları patlama tehlikesi olan ortamlarda dış kıvılcım atlamasına karşı emniyet altına alınmalıdır.

Filtreler : Ekseriya iç korozyon veya oksitlenmeyle tozlar oluşur. Bazen de eski şebekeden toz biçimindeki maddeler karışır. Bu yüzden gaz basınç ayar ve ölçme donanımlarının girişine toz filtreleri yerleştirilir.

Ön ısıtıcılar : Doğalgazın gerilimini giderme esnasında bir sıcaklık düşümü (Joule - Thomson etkisi) hasıl olur.Bu yüzden ayar valfi öncesi çok büyük basınç düşümleri için doğalgaz ön ısıtma işlemine tabi tutulur.Bu işlem ayar valfinin arka tarafında gaz sıcaklığının sabit olduğu yerlerde yapılır.

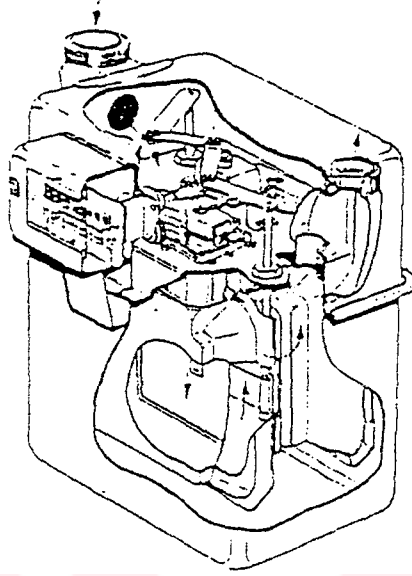
Emniyet sistemleri : Gaz basınç ayar cihazına gelmeden önce emniyet kapama vanası vardır. Bu vana istendiğinde gazı emniyetli bir şekilde keser. Çıkış basıncı emniyetsiz olarak yükselir veya düşerse gaz otomatikmen kesilir. Emniyet vanası kendiliğinden açılmaz. Ayar cihazındaki veya işletme donanımındaki birtakım hataları ortadan kaldırır.Emniyet kapama vanası ya ayar cihazın önüne münferit olarak veya ayar cihazının içine yerleştirilir. Bu vanaların yaylı ve ağırlık yüklü olmak üzere iki çeşidi çok kullanılan tipleridir.Boru hatlarında oluşan emniyetsiz bir durum emniye kapama vanası tarafından bertaraf edilir.

4.2.2 Gaz debisinin ölçümü

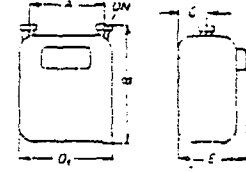
Gazi dağıtmada,gücü ayarlama ve daha büyük tüketimlerde gaz - hava oranının sabit kalması için gaz debisi ölçülür. Hacimsel olarak gaz miktarının ölçümü gaz durumuna göre yapılır. Gaz ölçümünde yapılan hata aşağıdaki şekilde belirlenir.

$$\text{Ölçme Hatası} = \frac{\text{Ölçülen değer} - \text{Gerçek değer}}{\text{Gerçek değer}} \cdot 100 \%$$

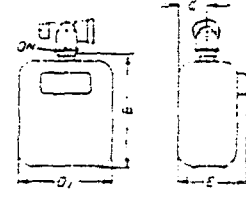
Körüklü gaz sayacı : Bu sayaçlar,ayar düzeneklerinin cinsine göre itmeli gaz sayaçları sınıfına girer. Gazın sayaç içine periyodik olarak dolup boşalmasına göre ölçme yapılır. (Şekil 4.16) körüklü gaz sayaçları aynı zamanda hacimsel ölçüm yapan sayaçlardandır. Bu sayaçların en küçük tipi G 1,6 olup en büyüğü ise G 650 ' dir. Burada "G" gaz sayacının büyüklüğünü gösterir. Sayı ise minimum debinin 10^{-2} katını ifade eder. Yer problemi ve fiyat yüksekliğinden dolayı alçak basınç alanlarında körüklü gaz sayaçları G 65' e kadar kullanılırlar. Basınç kayıplarını 1....2 mbar azaltırlar. DIN 3374 ' e göre normlandırılmış gaz sayaçları tablo 4.6 ' da gösterilmiştir.



Şekil 4.16 Körüklü Gaz Sayacı



Çift Destekli Gaz Sayacı

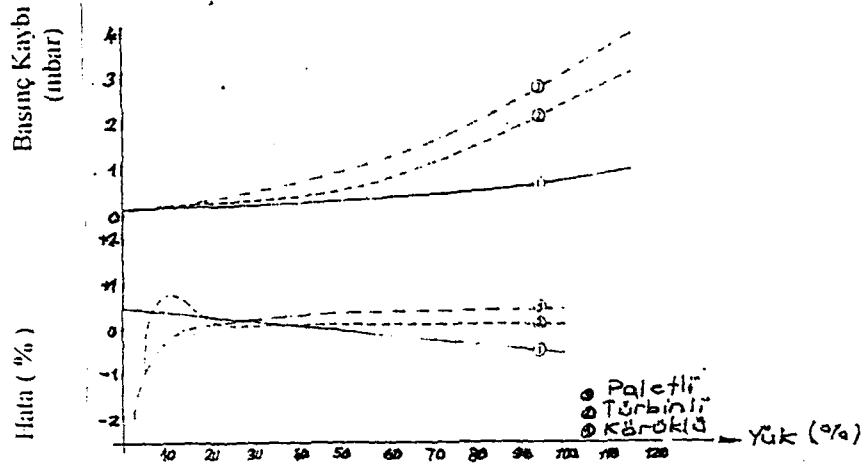


Tek Destekli Gaz Sayacı

Şekil 4.17 Körüklü Gaz Sayacı (DIN 3374)
(Gerbe .G. .1990)

Sayaçların seçiminde 0.6 - 0.8 arasındaki eş zamanlılık faktörleri de dikkate alınır. Evlerde genellikle körüklü gaz sayaçları kullanılır. (Tablo 4.6) Ayrı giriş ve çıkışlı tek ve iki destekli körüklü doğalgaz sayaçları şekil 4.17' de gösterilmiştir.

Gelecek yıllar içinde gaz temin şirketi ile müşteriler arasında sıcaklığa karşı duyarlı gaz sayaçları konulması düşünülmektedir. Sıcaklığa duyarlı bu gaz sayaçları bimetal vasıtasıyla hem mekanik hem de elektronik olarak sayış yapacaklardır. Bu sayaçların 1991 'deki denemeleri başarılı bir şekilde yapılmıştır. Diğer ölçme metotları da ev donanımları için gelecekte önem arz etmektedir.

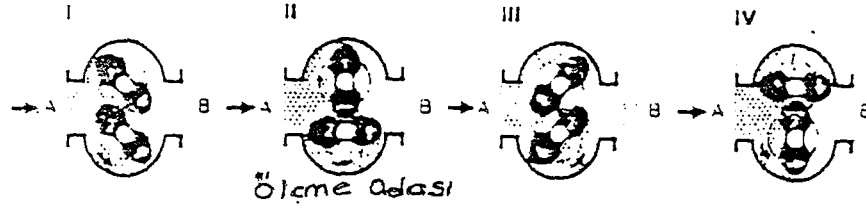


Şekil 4.18 Palet, Türbin ve Körüklü Gaz Sayacılarındaki Basınç Kayıpları ve Ölçme Hataları (Gerbe .G. .1990)

Tablo 4.6 DIN 3374(4.79)'a Göre Körüklü Gaz Sayacıları (Gerbe .G. .1990)

Sayac büyüklüğü	Nominal debi m^3/h	Minimum debi m^3/h	Maximum debi m^3/h	Çap DN	Destek mesafesi A mm
G 2.5	2.5	0.025	4	25	160
G 4	4	0.04	6	25	250
G 6	6	0.06	10	25	250
G 10	10	0.10	16	40	280
G 16	16	0.16	25	40	280
G 25	25	0.25	40	50	335
G 40	40	0.40	65	80	510
G 65	65	0.65	100	80	640
G 100	100	1.0	160	100	710
G 160	160	1.6	250	150	950
G 250	250	2.5	400	200	1050

Paletli gaz sayacıları : Bu tip sayacılar hacimsel ölçüm yaparlar ve imeli (gazı sıkıştıran) sayacılar grubuna dahildirler. Ölçme odasında (şekil 4.19) iki palet vardır. Bu iki palet arasındaki yarım daire şeklindeki yerde ölçüm yapılır. Ölçme odasına periyodik olarak gaz dolar ve boşalır. Ölçme paletinin dönmesini bir magnetik kavrama sağlar. Bu kavrama sayacın mekanizmasına hareket verir. Paletli sayacıların hata eğrisi şekil 4.18 'de verilmiştir. Yaklaşık nominal yükün % 15 ' i 0 çizgisiyle bir eğri oluşturur. % 15 ' in altındaki ölçme hataları negatif, % 15 ' in üzerindeki ise pozitifdir. Basınç kaybı 0,5.....4 mbar arasındaki düşük işletme basınçlarında yüklemelere bağlıdır. Ölçme alanı 40 ila 40000 m^3/h arasında da bulunmaktadır. Paletli sayacılar dikey ve yatay gaz akışı için uygundur. Paletli gaz sayacıları sağlam, uzun ömürlü ve mukavemeti yüksek konstrüksiyonlardan yapılırlar.



Şekil 4.19 Paletli Gaz Sayaçlarının Ölçme Prensibi
(Gerbe, G., 1990)

Türbinli gaz sayaçları : Bu tip sayaçlarda türbin yardımıyla dar bir kesitten geçen gazın hızı ölçülür. Türbinin devir sayısı akan gaz miktarı için bir ölçüdür. Aynı hacimden geçen debi miktarı paletli sayaçlara göre daha fazladır. Türbin devir sayısı yüklenme alanlarında oransal olarak değişir. Türbinin ölçüm alanı $100- 25000 \text{ m}^3/h$ arasında değişmektedir. Bu sayaçlar gazların kirlenmesinden dolayı arızaya ve tıkanmaya yol açmaz. Büyük yüklerde de az gürültü oluştururlar. Türbinli sayaç bağlantılarında sayaç öncesi boru çapının en az 5 katı, sayaç sonrasında genel boru çapının 10 katı kadar düz bir hatta ihtiyaç vardır. (DİN 1952) Vortex sayaçlarda giriş ve çıkış hattı gaz sayacının bir parçasıdır. Burada kullanılan armatürler boru ile aynı anma çapında ve silindirik geçişli olmalıdır. Türbin sayaçlarında kalibrasyonu yüksek basınçlı gaz ile G 7 teknik yönetmenlikte bahsi geçen kurallara uygun yapılır. (TMMOB., 1991)

4.3 Kompresör donanımları

Gazın depolanması, dağıtımı ve karışımında olduğu gibi gazın nakli içinde kompresörler ihtiyaç vardır. Başlıca kullanılan kompresörler şunlardır : Eksenel pistonlu

kompresörler, radyal pistonlu kompresörler, turbo kompresörler. Kompresör seçiminde emme hacmi V_1 , son basınç P_2 'ye uygun olmalıdır. Kademeler, başlangıç basıncı (P_1)'in son basınç (P_2)'ye oranı yani P_2/P_1 'den belirlenir. Pistonlu kompresörler daha yüksek basınç oranlarında çalışırlar. $P_2/P_1 > 2$ ve büyük debilerde turbo kompresörler uygundur. Yatırım masraflarının yanında seçim için enerji masrafları dikkate alınmalıdır. Kompresörlerdeki özgül izoterm kompresyon işi ;

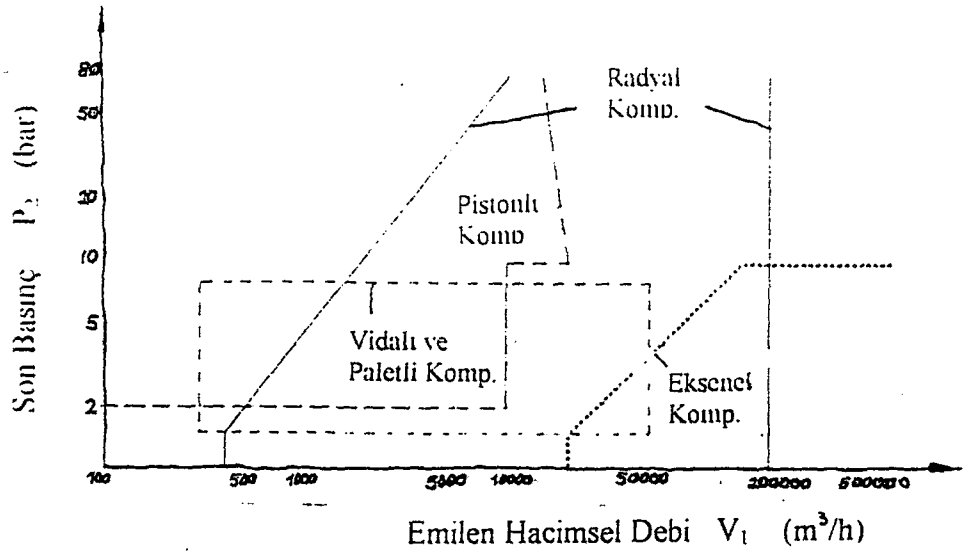
$$w_i = R_1 \cdot T_1 \cdot \ln \frac{P_2}{P_1} \quad (4.4)$$

Özgül izentrop kompresyon işi ;

$$w_i = R_1 \cdot T_1 \cdot \frac{x}{x-1} \cdot \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{x-1}{x}} - 1 \right] \quad (4.5)$$

Burada; $x = \frac{C_p}{C_v}$ ve $T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{x-1}{x}}$ dir.

Gerçek son sıcaklık (T_2^*) hidrolik kayıplardan dolayı yükselir. Kompresör muhafaza - zasının soğutulmasıyla (T_2^*) düşebilir. İdeal gazlarda kompresibilitenin etkisi nümerik bir denklem ile hesaplanabilir.



Şekil 4.20 Farklı Kompresör Tiplerine Ait Alanlar
(Gerbe, G., 1990)

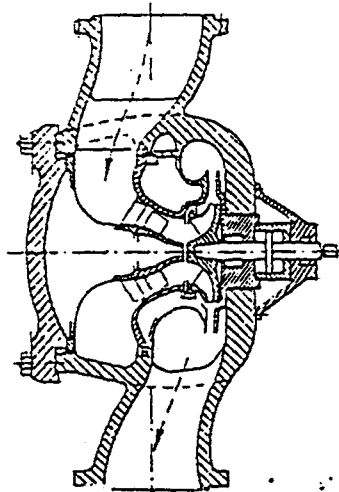
Kompresyon işi w_i kütleli debi (m) ile çarpılıp efektif verime (η_e) bölünürse gerekli işletme gücü (P_i) bulunur.

$$P_i = \frac{m \cdot w_i}{\eta_e} \quad (4.6)$$

4.3.1 Gaz nakil hatlarındaki kompresörler

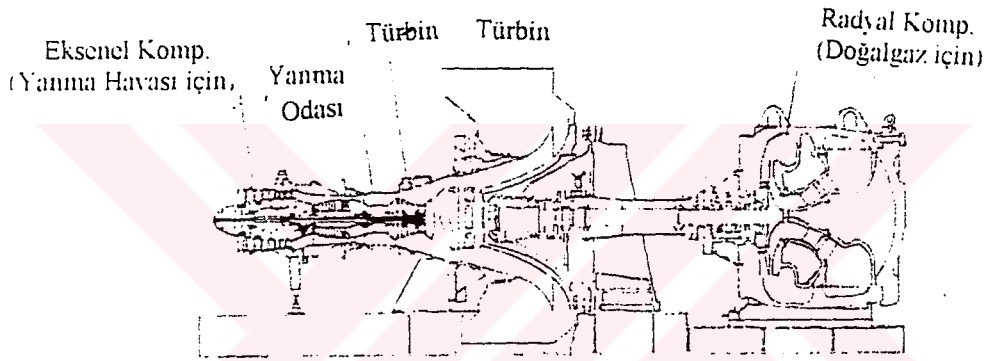
Gazın uzak yerlere naklinde (70....45) barlık yüksek basınçlara ihtiyaç vardır. Kompresyonlarda yüksek akım hızı (Hız < 10 m/s) olmadığı için $P_2 / P_1 = 1,15...1,4$ gibi düşük akım oranları bulunur. Giriş basınçlarının değişmesine bağlı olarak turbo, radyal veya pistonlu kompresörler kullanılır. Büyük nakil hatlarında kompresör istasyonları arası mesafe yaklaşık (100....200) km arasında değişir. Boru hatları ve kompresör donanımları için yapı masrafları ile kompresör mekanizmasının enerji masrafları iktisadi optimizasyonu gündeme gelir. Genel masraflar içinde enerji masraflarının payı 1/3 oranında bulunmaktadır. Gaz türbinleri için turbo kompresörlerde ve gaz motorları için pistonlu kompresörlerde doğalgazın enerjisinden faydalandığı durumda bu oran geçerlidir. Düşük enerji fiyatlarında kompresör istasyonları arasında (100.....150) km gibi daha düşük mesafeler iktisadi olacaktır. Daha yüksek enerji fiyatlarında daha uzak mesafelere ulaşılabilir. Bu durumda yaklaşık 100000 kW / Ünite tahrik gücünde turbo kompresörlere ihtiyaç vardır. Basınç oranı $P_2 / P_1 \cong 1,35$ oranlarında tek kademeli kompresörler kullanılır.(Şekil 4.21) Bu oranın üzerindeki kompresörler ise çok kademelidir. Rotor devir sayısı $n=4000...6000 \text{ min}^{-1}$ rotor çapı 1m'ye ve rotor hızı 350 m / s' e kadar ulaşır. $V_1 = 20000..70000 \text{ m}^3 / \text{h}$ emme hacmine ve $\eta_e = 0,75...0,84$ efektif verimine sahip olan turbo kompresörler kullanılır. Bu kompresörlerde izentrop durum değişimi incelenir.

Şekil 4.21
Tek Kademeli
Radyal Turbo
Kompresör
(Gerbe ,G. ,1990)



Değişken devir sayılı gaz türbininin tek ve çok milli (şekil 4.22) uygulamalarında tahrik makinası olarak avantaj teşkil eder. Şekilde gösterilen iki milli gaz türbinin yolcu uçaklarında ve jet makinası olarak kullanım alanları mevcuttur.

Gaz türbinlerinin verimi (η_T) %26 - 30 arasında reküperatif ön ısıtıcılı gaz türbinlerinin verimi ise %34' e kadar ulaşır. Tahrik gücü (2000...10000) kW / Ünite olan gaz motor tahrikli aksenal pistonlu kompresörlerin birçok avantajı vardır.



Şekil 4.22 İki Milli Olan Gaz Türbinli Doğalgaz Kompresörü
(Gerbe .G. ,1990)

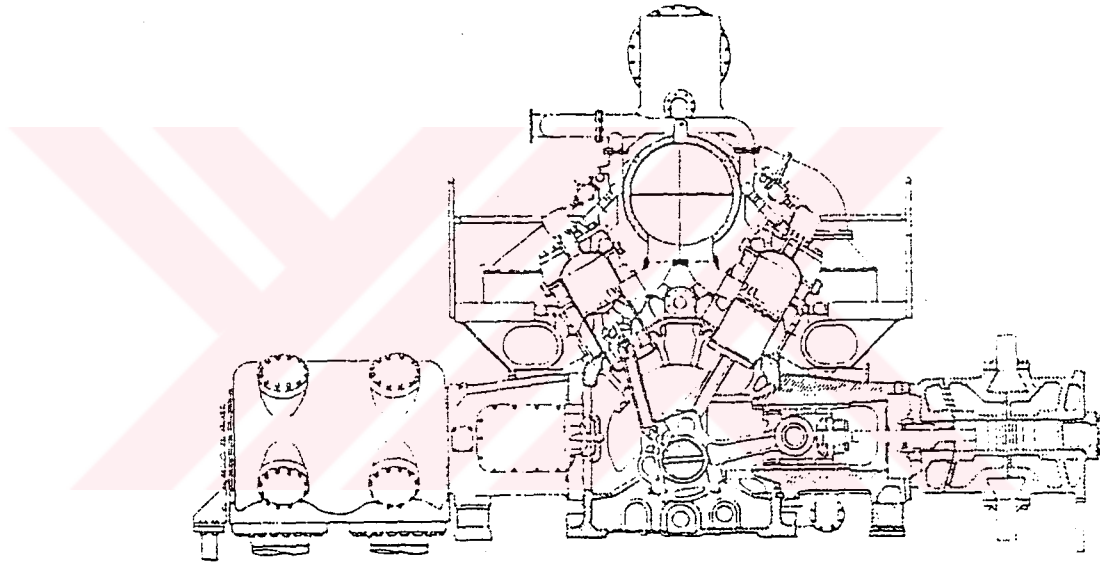
Şekil 4.23'te gaz motor tahrikli çift etkili bir pistonlu kompresörün kesit resmi gösterilmektedir. Bu inşaa tarzında kompresörlü motor bir kavrama ile değil müşterek bir krank mili ile irtibatlanır. Kompresör silindirlerinin çevresinde emme ve basma valfleri bulunur. Bundan başka hacimsel debi, devir sayısının ($150...350$) min^{-1} arasındaki değişimine etki eder. Büyük pistonlu kompresörler $\eta_e = 0,8...0,9$ arasında efektif verimine sahiptirler. Yüklü tahrik motorlarında $\eta_M = 0,38$ ' e kadar ulaşır. Tahrik makinalarının (Gaz türbini veya gaz motoru) güç ihtiyacı uygun bir verimle hesap edilir.

$$P_r = \frac{P_A}{\eta_r} \quad (4.7a)$$

$$P_M = \frac{P_A}{\eta_M} \quad (4.7b)$$

Isıl değerin çekilmesinde nemlenme için gerekli olan hacimsel debi nümerik olarak hesap edilebilir.

$$Vn = \frac{P_r}{H_{u,n}} \quad (4.8a)$$



Şekil 4.23 Gaz Motor Tahrikli ve Çift Etkili Pistonlu Kompresör
(Gerbe ,G. ,1990)

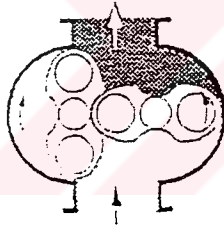
$$Vn = \frac{P_M}{H_{u,n}} \quad (4.8b)$$

Boru nakil hatlarındaki kompresör istasyonları DVGW - G 497(11.85)'te gösterilmiştir.

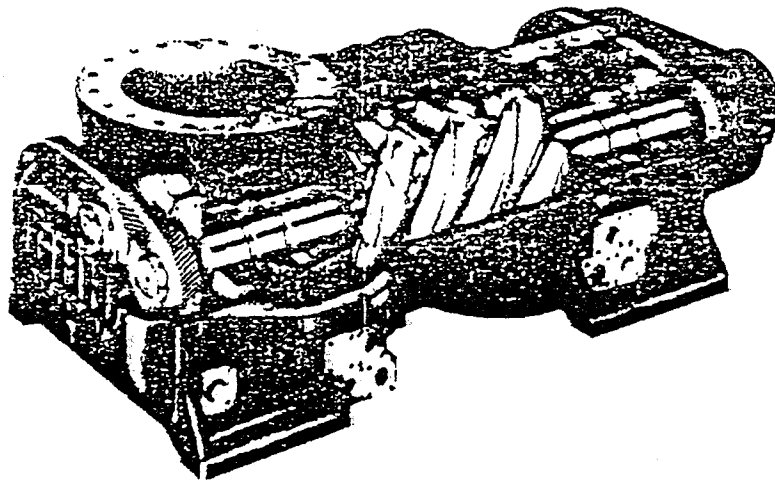
4.3.2 Depolama ve dağıtım donanımlarındaki kompresörler

Büyük yeraltı gaz depolarında uzak nakillerde olduğu gibi benzer işletme koşullarından faydalanılır. Gazın dağıtımında ve karışımında yersel depo kabı için emme

hacimsel debisi $10000 \text{ m}^3/h$ 'in altında bulunmalıdır. P_2/P_1 'in üzerindeki basınç oranlarında aksenal pistonlu kompresörler veya radyal pistonlu kompresörler kullanılır. Bu değerin altında ise turbo kompresörlerin kullanılması daha akıllıcadır. Radyal pistonlu kompresörler döner pistonlu kompresörler grubuna girer. (Şekil 4.24) Şekil 4.25 'te vidalı bir kompresör görülmektedir. Bu çeşit kompresörlerde valf yoktur. Muhafazada yağlama düzeneği de yoktur. Her kademe için $P_2/P_1 < 1,8$ basınç oranına kadar radyal kompresörler, her kademe için $P_2/P_1 < 4,5$ basınç oranına kadar vidalı kompresörler kullanılır. Çok kademeli kompresörlerde ara soğutma öngörülür. Vidalı kompresörler $(4000-6000)\text{min}^{-1}$ gibi yüksek devir sayılarında, radyal kompresörler ise yaklaşık 1500 min^{-1} devir sayılarında çalışması uygundur. Gürültüden dolayı ses absorbe edici bir yapı öngörülmelidir. Tahrik makinası olarak elektrik motoru kullanılır.



Şekil 4.24 Paletli Kompresörün
Prensip Şekli
(Gerbe .G. ,1990)



Şekil 4.25 Vidalı Kompresör (Gerbe .G. ,1990)

BÖLÜM 5

TÜKETİM UÇLARININ DENGELENMESİ

Temin gazının hazırlanması ve nakli en iyi ve iktisadi şekilde yapılarak tüketicinin ihtiyacına uygun olması sağlanır. Zaman zaman günlük tüketim zaman zaman da yıllık tüketimler ele alınır. Büyük endüstrilerin toplam dağıtımdaki gaz payı temin işletmesindeki konjunktur ve iş zamanına bağlı olarak değişim gösterir. Yüksek ısı gaz oranları mevsimlere göre değişiklik ve düzensizlik arzeder. Isıl gazın artmasıyla bu oran nispeten artış kaydeder.

$$\frac{\text{Maximum günlük alınan gaz miktarı}}{\text{Ortalama günlük gaz miktarı}} = \frac{\text{Vd.max}}{\text{Vd.ort}}$$

Gaz temin şirketi müşteriler ile üretim arasında dengeyi sağlamak için gaz kapları yerleştirirler. Gaz kaplarının sayısı ve faydalı ihtivaları son yıllarda artış gözlemiştir. Bu kapların günün için kısmen dengelenmesine müsaade edilir. Eski federal eyaletlerde 1775 yılında max. günlük gaz miktarının %8 ' i gaz kaplarının boşluğunu oluşturur. Federal Almanya'da gaz temin firmalarının gaz kapları yaklaşık 10 milyon m³ olup deponun yarısı alçak basınç diğer yarısı yüksek basınç oluşturur. Bundan başka yeraltı ve sıvılaştırılmış doğalgaz depolayıcıları da vardır. Bunlar 5800 milyon m³ (Vn) depolama kapasiteli olup saatte yaklaşık 6.7 milyon m³ (Vn) gaz depolayabilirler.

Gaz kapları günümüzde genelde saatlik dengelemelere uygun olarak kullanılır. Bunu gaz dağıtım firmaları günlük olarak ayarlarlar. Haftanın günlerinde farklı yüklerinin dengelenmesi için gaz kaplarından yararlanır. Yaz ve kış arasındaki mevsimlik dengelemeler için ilave tedbirler alınmalıdır. Aşağıda belirtilen şu imkanlara da dikkat edilmelidir.

- Gaz kaplarının parçaları (alçak ve yüksek basınçlı gaz kapları)
- Boru hatlarında yüksek basınçlı depolama
- İlave gaz ile gaz takviyesi
- Depolama ile gaz takviyesi
- Bir diğer yakıtın üzerine gaz tüketim düzenine göre değiştirilmesiyle gaz takviyesi

5.1. Gaz kapları

Alçak ve yüksek basınç altında depolama için gaz kapları kullanılır. Alçak basınç kaplarının alçak basınç temin şebekesiyle bağlantısı vardır. Yaş(çan tipi gaz kabı) ve kuru(disk tipi gaz kabı)tip gaz kapları yapı tarzları bakımından birbirinden farklıdır. Kaplar pratik olarak aynı şekilde inşaa edilmiş ve korunmuştur. Gaz kaplarının işletilmesi için gerekli mahalli düzenekler yalnız iktisadi görüşler açısından değerlendirilmemelidir. Çünkü arıza durumunda kısa süre bu düzeneklere ihtiyaç vardır. Gerekli kapasite,arıza süresi ve şebeke oranları v.s. gibi birçok faktöre bağlıdır.

5.1.1.Alçak basınçlı çan tipi gaz kapları

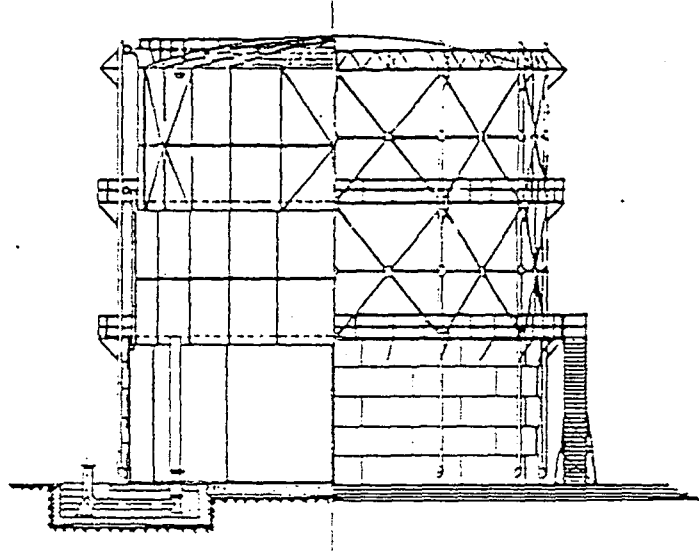
Bu kaplar içine bir çan daldırılabilen bir su deposundan ibarettir.(şekil 5.1) Betondan veya çelik saçtan imal edilmiş olan bu silindirik kaplar tek veya çok parçalı çanlar şeklinde olup kendi stroklarında hareket ederler. Çok parçalı çan şeklindeki parçalar teleskopik kaplarda kullanılır. Tüketiciye nazaran gazın üretimi veya nakli daha fazla ise gaz basıncı yükselir ve çan kendi strokunda yukarı kalkar. Gaz basıncının düşmesiyle şebekeye gaz verilir. Strok kısmının ağırlığı (G) kaptaki gazın üst basıncını (Pe) tayin eder.

$$P_e = \frac{G}{A} = \frac{mg}{A} \quad (5.1.1)$$

Burada A çanın dikey projeksiyon yüzeyidir. Aynı yüzey üzerindeki teleskopik kaplar tek stroklu kaplara nazaran daha çok gazı depo edebilirler. Tek stroklu kaplara nazaran daha yüksek doldurma derecesiyle kademeli olarak daha yüksek basınçlara çıkma olanağı vardır. Gazın kaldırma kuvveti tüm hesaplarda dikkate alınmalıdır.

$$P_e = \frac{mg}{A} - gh * (\ell_L - \ell_G) \quad (5.1.2)$$

Burada çanın itme yüksekliği (h) ' tır. Kap itmeden dolayı çalışır. Itme kısmının hareketiyle hasil olan kuvvetler sabit değildir. Üst kısımda alt kısma nazaran daha az ilave basınçlar oluşur.



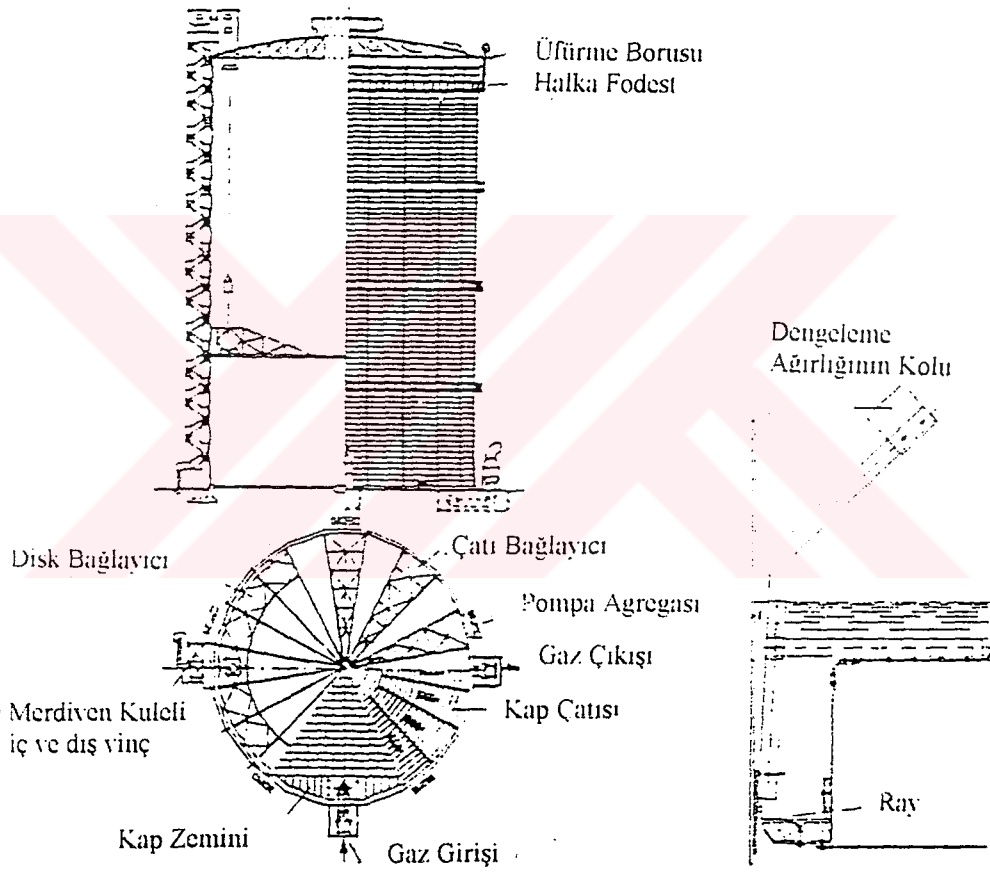
Şekil 5.1 Teleskobik İki Kademeli Çan Tipi Gaz Kabı
(Gerbe, G., 1990)

Şekil 5.1 ' de görüldüğü gibi gaz boruları su yüzeyine kadar döşenmiştir. Gazın depoya gidip gelmesi için gaz borularından yararlanır. Bu yüzden kapların su ile dolması düşük gaz miktarlarında nemlenmeye yol açar. Şayet suyun üzerinde yüzen yağ tabakası bulunuyorsa doymadan da kaçınılmalıdır. Büyük inşaa yüksekliğine sahip gaz kaplarında yüksek hava akım hızları oluşur. Oluşan bu hava akım hızlarıyla gaz soğur. Kışın donma tehlikesiyle karşı karşıya kalınır. Bu yüzden kapların içine doldurulan su ısıtılır. Daha büyük kaplarda suyun dolmasıyla önemli zemin basınçları oluşur. Bunun için uygulamalı ve pahalı esaslar gereklidir. Bu yüzden halka biçiminde kaplar geliştirilmiştir. Hesap ilkeleri DIN 3397 (12.69) ' a uygundur. Bir diğer geliştirilmiş kap çeşiti de vidalı veya spiral kap olup ilk olarak Almanya'da uygulanmıştır. Bu tip gaz kaplarında hareket, çan yüzeyinde bulunan raylar üzerinde makaralarla sağlanır.

5.1.2 Alçak basınçlı disk tipi gaz kapları

Disk tipi gaz kapları çan tipi gaz kaplarına nazaran daha az pahalı olarak bilinirler. Yuvarlak veya çokgen şeklinde dikey duran silindirik kaplardaki disk konstrüksiyonu gaz boşluğunu kaplar. Disk , iki yatak arasındaki bir piston gibi hareket eder. (Şekil 5.2).

Diskin altında gaz bulunur. Disk üzerindeki boşluk atmosfere açıktır. Rüzgarlanma etkilerini uzaklaştırmak için basit bir çatı yerleştirilmiştir. Gaz boşluğunun sızdırmazlığı emniyet açısından özel bir anlam ifade eder. Şekil 5.3 'de gösterildiği gibi kenarları kıvrılarak köşeli hale getirilmiş ve kaynakla birbirine bağlanan depo cidarı saçları 12-24 köşeli olup kısa kirişlerle birbirine bağlanır. Köşe kirişleri lamel yapıya sahiptir. Kap cidarına bir ağırlığı veya yayı bastıran hareketli ray yardımıyla kaygan bir pervaz sızdırmazlığı sağlar.



Şekil 5.2 Disk Tipi Gaz Kapağı

Şekil 5.3 Disk Kaplı Kap Cidarı ve Kesiti

(Gerbe, G., 1990)

Kaygan pervaz ile disk kap arasında bulunan boşluk yağ ile doldurulmuştur. Kaygan pervaz ile kap cidarı arasındaki yarıkta yağ devirdaym ederek sızdırmazlığı sağlar. Yağ kap cidarına akar. Yağ, daha çok kabin çevresinde dolunur. Sızdırmazlık yağının nakli bir pompa ile sağlanır. Kap konstrüksiyonunun üst kısmında pompalanmış yağı alan bir ara

kap vardır. Böylece yağın iç cidarlarda devirdayımı sağlanır. Alçak basınçlı gaz kaplarının işletilmesi ve yerleştirilmesi DVGW-G 430 (5.64)' e göre yapılır.

Kaplardaki gaz üst basıncını hesaplarken 5.1.1 eşitliğine göre disk ağırlığı kaale alınır. 5.1.2 eşitliğinde ise diskin yükseklik farkı strok yüksekliği olarak alınır. Disk için kısa bir emniyet mesafesi (doldurmada ve boşaltmada) bırakıldığı için geometrik ihtivanın yaklaşık %80 'i faydalı ihtivayı içerir.

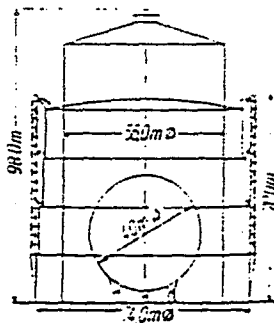
5.1.3 Yüksek Basınçlı Gaz Kapları

Nakil gazının basıncından faydalanılan yerlerde depolama için yüksek basınca sahip gaz kapları kullanılır. Şekil 5.4 'den de anlaşılacağı gibi çan tipi ve disk tipi kapların aksine az yer kaplar.

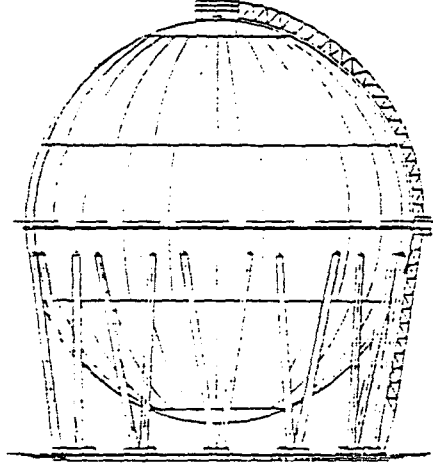
Gaz alçak basınç altında üretildiği veya nakledildiği sürece yüksek basınç depolaması için sızdırmazlık masrafları dikkate alınır. Çoğu gaz temin şirketi günümüzde yüksek basınçlı gazı depo etmek için bir sızdırmazlığın zaruri olmadığını ifade ederler. Yüksek basınç kapları genelde küresel yapıya sahiptir. Çok küçük miktarlar için silindirik kaplar çok düşük işletme ve yatırım masrafları içerirler. Çoğu gaz minimum yüzey basıncına sahip olan kürede depo edilir. Yüksek basınçlı kaplar için cidar kalınlığı AD - Not yaprağı B1(2.77) 'e uygun olup eşitliği şöyle gösterilir :

$$s = \frac{d_s * p}{4 \frac{k}{s} U_N + p} + c_1 + c_2 \quad \text{Küre} \quad (5.1.3)$$

$$s = \frac{d_s * p}{2 * \frac{k}{s} * U_N + p} + c_1 + c_2 \quad \text{Silindir} \quad (5.1.4)$$



Şekil 5.4
Aynı Depolar İçin Çan, Disk ve
Yüksek Basınçlı Küresel Gaz
Kaplarnın Mukayesesi
(Gerbe, G., 1990)



Şekil 5.5 Yüksek Basıncı Küresel Gaz Kabının Kaynaklı Uygulaması (Gerbe ,G. ,1990)

Küresel gaz kaplarının yapımı için eskimeye dayanıklı çelikler ve ince tane yapıllı çelikler ($300 - 500 \text{ N / mm}^2$) kullanılır. Zehirli gazlar için emniyet değerleri 1.8 olup diğer gazlarda 1.5 alınır. Federal Almanya'da imal sebeplerinden dolayı cidar kalınlıkları 30mm , daha büyük cidar kalınlığına sahip gaz kapları daha emniyetli bir gerilmeye sahiptirler. Cidar kalınlığı 30mm'den büyük olduğunda imalattan sonra kaynak dikişleri gerilimsiz olarak tavlanır. Küre kapların konstrüksiyonu için yüzey dağılımı önemlidir. Şekil 5.5 'de ifade edildiği gibi yatay kesitli daire kap yapımında kolay ölçülenebilmesi bir avantajdır. Destekler yaklaşık küre ekvatorunun yüksekliği üzerine kaynak edilir. Destek bağlantılarındaki gerilme uçları düşeceği için küre kesigi üzerine bir yataklama daha uygun düşer. Yapım , kontrol , donatım ve işletme için teknik kuralların yanında DVGW - G433(6.74) 'te sözü edilen hükümlere riayet edilmelidir.

Yatırım masrafları donatım ve büyüklüğe göre faydalanabilir ihtiva için yaklaşık ($70.....80$)DM / m^3 olarak verilir (1986). Kapital,hizmeti bakım ve işletmede ($5.....7$)DM / m^3 faydalı ihtiva için ($70.....80$)DM / m^3 'tür.

Gaz kaplarında , geometrik hacim (V_g) faydalı hacim (V_f) normal şartlarında birbirinden ayrılırlar. Gaz kaplarına konan gaz maximum miktarda olacaktır. $V_f = V_g$ alındığı takdirde;

$$V_f = V_g \cdot \frac{1}{K_{\max}} \cdot \frac{P_{\max}}{P_n} \cdot \frac{T_n}{T} \quad (5.1.5)$$

Yüksek basınç kapları maximum işletme basıncı (P_{\max}) ile gaz temini için gerekli minimum basınç (P_{\min}) arasında çalışırlar. Depo hacmi ($V_{d,n}$) normal şartlar altında gaz miktarını gösterir. Bu gaz miktarı P_{\min} ile P_{\max} arasında değişir. Faydalanabilir hacim (V_f) ve depo hacmi ($V_{d,n}$) normal şartlarda basınçlarla belirlenir. Depo hacmi ,

$$V_{d,n} = V_g \cdot \left(\frac{P_{\max}}{K_{\max}} - \frac{P_{\min}}{K_{\min}} \right) \cdot \frac{1}{P_n} \cdot \frac{T_n}{T} \quad (5.1.6)$$

Rüzgar şartları altında gaz sıcaklığı normal durumdaki sıcaklığa çok etki etmediği için , ekseriya $T_n / T = 1$ olarak alınır.

5.1.4 Boru hatlarında yüksek basınç depolama

Borular yüksek basınçlı depolayıcı olarak kullanılabilir. Bu depolar yerüstü düzenlemesinde boru tip depolayıcılar olarak bilinirler. Boru hatlarının depolayıcı olarak yeraltına yerleştirilmesinin önemli avantajları vardır. Boyama ve revizyon olduğunda bunların yerine katodik koruma uygulanır. Büyük depolayıcı hacimler kazanmak için büyük çap seçileceğinden uygun cidar kalınlığı ve yüksek yerleştirme masrafları söz konusu olur.

Daha büyük çap ve uzunluğa sahip boruların döşenmesi ve şebeke depolayıcı olarak gerekli hacimden istifade edilmesi temin sebeplerinden dolayı ekonomik olacaktır. Boyutların aşırı değişimi boru malzemesi ve döşenmeden kaynaklanan fark fiyatları depolayıcılara ilave eder. Yıllık gerekli nakil kapasitesinin yeni boru hatlarında ölçülmesi icap ettiği için borular ilk yıl içinde gazın naklinin dışında depolayıcı olarak çalışırlar.

Depoların değişik basınçlarda işletmesi için boru cidar kalınlığı da iyi bir şekilde tayin edilmelidir. Normal durumda DIN 2413 / I 'e göre bir çelik boru hattının cidar kalınlığı bilinir. Değişken bir zorlamada basıncının tekrarlı değişimleri DIN 2413/ II 'e uygun olarak hesaplanır. Bu yük belirli bir değeri geçtiğinde söz konusu olur. Yüksek yük yüzey katsayısı ve/veya basıncın büyük salınım genişliklerinde daha büyük cidar kalınlıkları esas alınabilir.

16 bar ' ın üzerindeki hat basınçlarında gaz yüksek basınçlı olarak ele alınma lıdır. Aynı şekilde diğer hükümlere de riayet edilmelidir. Örneğin hatların ikazı için DVGW -G 465 , - G 466/ I ve G466/ II gibi.

Bir boru hattındaki depolama hacmi yüksek basınçlı gaz kaplarına uygun olarak yapılır. Burada ortalama üst basınç (Pm) ve alt ortalama basınç (Pm') olarak alınırsa bir boru hattındaki depolama hacmi

$$Vd = Vg \cdot \left(\frac{Pm}{Km} - \frac{Pm'}{Km'} \right) \frac{1}{Pn} \cdot \frac{Tn}{T} \quad (5.1.7)$$

Boru hatları gazı nakleder ve aynı zamanda depolar. Mümkün olan basınç düşümlerinin bir kısmı nakil için gerekli olup bir diğer kısmı ise "teneffüs etmek " için kullanır.

5.2 İlave gaz ile gaz takviyesi

İlave gaz temin gazına yalnız uç zamanlarda karıştırılır. Bu yüzden bir arıza durumunda düşük yatırım masrafları ve az personele telafi edilebilecek, gerekli olan gaz ve donanımları seçilmeye çaba gösterilmelidir. Federal Almanya'da akışkan gaz ile havayı karıştıran 60 gaz temin şirketi bulunmaktadır (1981).

5.2.1 Karışım sınırları

Karışım sınırları , gaz karışımının yanma özelliklerine bağlı olup sıvıgaz ve sıvı gaz - hava karışımının ilavesi için belirlenir. Mümkün ilave yüksekliği temin gazına da bağlıdır. Gaz tedariki [DVGW - G260 (4.83)] ve yersel temin bölgelerinde üst wobbe

indeksinin değişebilirliği ikinci gaz ailesine uygun olarak DVGW -G 260 (4.83) doğalgaza ilave şu şekilde yapılır.

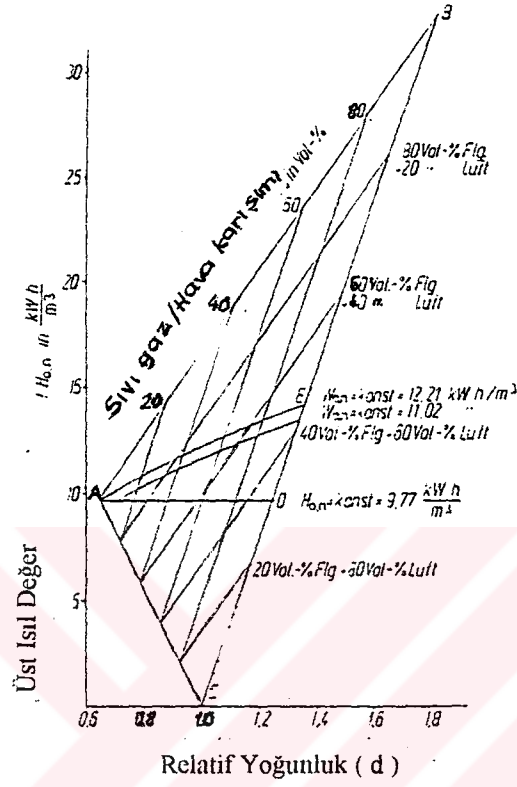
+ 0.6 / - 1.2 kWh / m³ doğalgaz L

+ 0.7 / - 1.4 kWh / m³ doğalgaz H

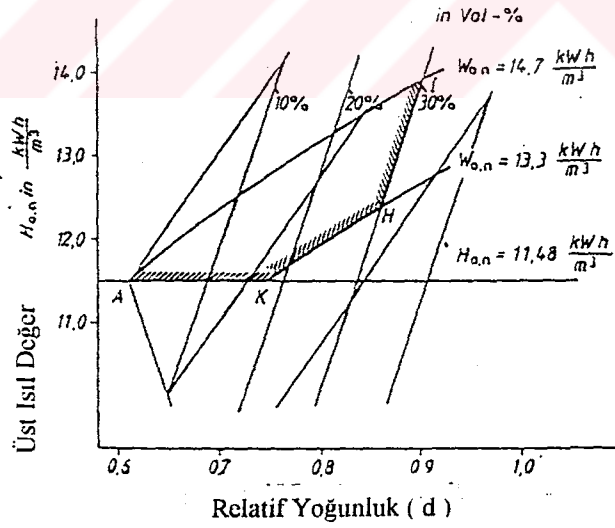
Yılın belirli günlerinde sıvıgaz veya sıvıgaz-hava karışımlarının ilavesinde $d = 0.7$ relatif yoğunluk ile sınırlanmalıdır. Sıvı gaz ilavesi istisnai durumlarda doğalgaz L 'den doğalgaz H 'a şartlandırılmayı gerektirebilir. Sıvı gaz ve havadan oluşan ilave gaz , aynı yanma değeri veya temin gazının aynı wobble indeksine ayar edilir.Bu işlem basit termik gaz hesapları ile yapılır.

Şekil 5.6 da yanma değeri ve relatif yoğunluklar doğalgaz L ve ilave gaz için verilmiştir. Burada %50 propan ve %50 bütandan oluşan gaz karışımı üçgen bir diyagramda gösterilmiştir. Doğalgaz L , sıvı gaz ve hava gibi münferit gazlar için A ,B , C köşe noktaları verilir. Hava ve sıvı gaz karışımları B - C çizgisi üzerinde bulunmalıdır. Aynı şekilde doğalgaz L ve sıvı gaz karışımları A - B hattı üzerinde , doğalgaz L ve hava karışımları A - C hattı üzerinde bulunmalıdır. Yanma değeri eşiti olan ilave gazı D noktası , wobble indeksi eşit olan gazı ise E noktası gösterir.

Karışım oranları diyagramın kesitinden alınır. Şekil 5.7 de böyle bir diyagram kesiti görölmektedir. Burada bütan / hava karışımından doğalgaz H 'a ilave yapılır. Bazı günlerde gazın içindeki hava miktarı gaz temin şirketinin tecrübelerine göre hacimsel olarak minimum %25 den %30 a kadar sıvı gaz / hava karışımları aynı yanma değerine ve aynı wobble indeksine sahip olabilirler. Şekil 5.7 de A-K-H-I hattı ile bu ifade edilmektedir.

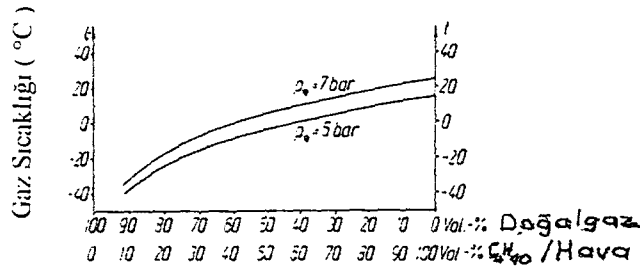


Şekil 5.6
Doğalgazın Relatif
Yoğunluğunun Üst
Isıl Değere Göre
Değişimi (%50
Propan ve Bütan
İçeren Doğalgaz L
ve Hava Karışımı)
(Gerbe G. , 1990)



Şekil 5.7 Doğalgaz - Bütan/Hava Karışımının Üst Isıl
Değerinin Relatif Yoğunluğa Göre Değişiminden Bir kesit
(Doğalgaz H, $H_{o,n}$ = 11,48 $\frac{kWh}{m^3}$)
(Gerbe ,G. ,1990)

%40 ' a kadar ki hacimsel karışımlar ,aynı wobbe indeksli karışımlardan daha emniyetli işletme oranlarına sahiptirler. Relatif yoğunluğun $d = 0.95$ ' i geçmediği üst sınır tecrübelerine göre hesap edilmiştir. Daha yüksek temin basınçlarında akışkan gazın kondensasyonu tepe noktası sıcaklığının altına düştüğünde söz konu su olur. 5 bar ve 7 bardaki sızdırmazlık basınçları için doğalgaz karışımlarında bütan / hava karışımına ait tepe noktaları şekil 5.8 de gösterilmiştir.



Şekil 5.8 Sabit Wobbe İndeksinde Doğalgaz - Sıvıgaz/Hava Karışımlarının Yoğuşum Noktasına Ait Eğriler
(Gerbe G. , 1990)

5.2.2 İlave karışım donanımlarının uygulaması

Yataklı kaplar

Gerekli yatak boşluğunun büyüklüğüne ve yersel verilere göre basınç kapları silindirik veya küresel yapıya sahiptirler. Yatak hacmi , belirli günlerdeki ihtiyaç ve tam yükteki işletme saatlerine uygun şekilde belirlenir. Uzun bir soğutma periyodun da tam yükte (10...20) gün için (10...15)saat çalışma sözkonusudur. Yatakların sonradan doldurulması kış periyodunda sıvı gazda teminininde zorlukları beraberinde getirir. Teknik kurallar gereğince yataklı kaplar , geometrik hacminin %85' ine kadar,yere gömülmesi durumunda basınç kaplarının %90 ' ına kadar yere gömülme sine müsaade edilir. Yerüstü silindirik kapları yaklaşık 4m çap ve 40m uzunluğa sahiptirler. Yaklaşık 380 m³ ' e kadar kaplar imalathanede hazırlanırlarsa küresel kaplara nazaran yatırım masrafları (300....500) DM / m³ daha uygun olur. Yere gö -mülü silindirik kaplar daha büyük çaplara ve daha büyük uzunluklara sahip olabilirler.Küresel kapların yatırım masrafları (1000....5000)m³ 'lük alanda (400... ..700) DM / m³ olarak belirlenir (1986).

Yer üstündeki yataklı kapların koruma mesafeleri şöyle hesaplanır ;

Kap hacmi m ³	≤ 5	> 5 ≤ 100	>100 ≤500	>500 ≤1000	>1000≤3000	> 3000
Koruma mesafesi m	5	10	15	20	25	30

Binaların yakınında veya diğer işletmelere uzak olan binalarda koruma talimatları ve ilave koruma tedbirleri bulunur. Yahut ilave emniyet mesafeleri vardır. Yataklı kapların üstü toprakla örtülür.

Koruma alanı kişilerin tehlikeye düşmesini engeller. Sıvı gaz donanımları ifade edilen tehlikelerden uzak tutulmalıdır. Koruma alanı içerisinde bulunan ateşleme kaynakları güvenilir olmayıp patlamaya karşı koruma talimatlarına uymalıdır.

Sıvı gazı depo eden yataklı kaplar işletmeye alınmadan önce ve her 10 yılda bir mütehassıs yardıyla basınç kontrolü ve iç kontrol yapılmalıdır. Bu deneyler her 2 yıl için tekrarlanmalıdır. Günümüzün zaruri tedbirlerinden dolayı sıvı gaz donanımları emniyete alınmış olmalıdır.

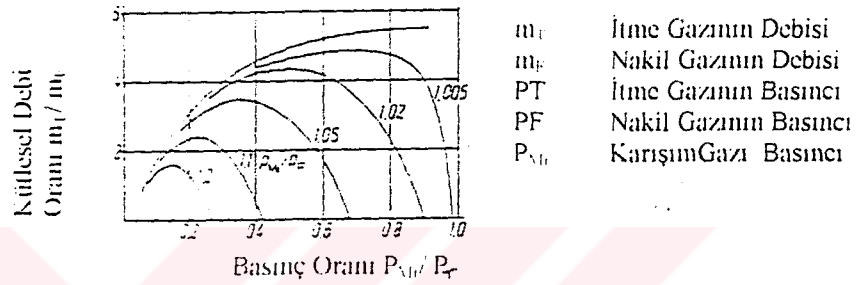
Buharlaştırıcı

Ekseriya boru demetinden oluşmuş ısı değiştiricileri olarak kullanılan buharlaştırma dñzeneklerinde ısı sevki ile su buharı veya sıcak su elde edilir. Bunun yanın da muhtemel mevcut hava kompresörü veya sızdırmazlık havasının soğutulmasıyla dışarı atılan ısıya göre çalışırlar. Sevk edilen sızdırmazlık ısısı yeterli değil veya kompresör zaruri değil ise gaz ateşlemeli kazanlarda sıcak su üretilebilir.

Sıvı gaz - buharlaştırıcı talimatları ve kontrol hükümleri DIN 30696 (2.77) ' de 500 kg / h ' e kadar maddeler için geçerlidir. Patlamaya karşı koruma talimatlarında (EX - RL (0383) , kazalardan koruma talimatlarında ve sıvı gazın kullanılması için talimatlarda (ZH 1/454) emniyet tekniklerinden istifade edilir.

Karışım düzenekleri

En basit karışım düzenekleri enjektörlerdir. Jet pompaları nakil gazını (örneğin hava) emerek sıkıştırırlar. Bu gaz, yüksek basınçta sıvı hale dönüşen gaz veya temin gazı (örneğin; doğalgaz) olabilir. Diyagramda enjektörün yerleştirilmesine bağlı olarak hasil olabilecek karışımlar belli basınç oranları için verilmiştir. Şekil 5.9'da gösterilen alan, nakil gazı ile itme gazının kütleli debileri ve basınçları arasındaki oranı verir.



Şekil 5.9 Bir Enjektördeki Debi ve Basınç Oranlarının Değişim Alanları (Weymouth, T.R., 1972)

Enjektördeki havanın nakli için doğalgaz basıncından faydalanılabilmektedir. Çoğu durumda doğalgaza sıvı gaz hava karışımı ~%30 hacimsel oranında ilave edilir. Bu ilave gaz, sıvı gazın (0.3...0.45) arasında değişkenlik gösterir.

(0.09...0.15) sıvı gazın hacimsel payı

(0.21...0.15) havanın hacimsel payı (V_F)

0.70 doğalgazın hacimsel payı (V_T)

Yoğunluk farkları dikkate alınırsa kütleli debiler arasındaki oran,

$$\frac{m_F}{m_T} = \frac{V_F \cdot \rho_F}{V_T \cdot \rho_T} \approx \frac{(0.21 \dots 0.15) \cdot 1,293 \text{ kg/m}^3}{0.70 \cdot 0,83 \text{ kg/m}^3} \approx (0,47 \dots 0,31)$$

Şekil 5.9'da $P_M \approx (1.1 \dots 1.2) \cdot P_F$ karışım basıncı için $P_M / P_T = (0.4 \dots 0.25)$ olan basınç oranı yukarıda gösterilen kütleli debilerin oranları için geçerlidir. İşletme nedenlerinden dolayı relatif itme gazı azalır, örneğin $m_F / m_T = 2.4$ olursa karışımın

basıncı nakil gazı basıncının aksine 1.1 kat artar. İlave karışım donanımlarının işletmesi ve beklemesinde olduğu gibi emniyet altına almak için yapı donatıma ait detaylı bilgiler DVGW - G214 te verilmiştir. Hava emildiğinde debi oran sal olarak değişir. Sabit yanma değeri ve sabit wobbe indeksine sahip olan gaz karışımlarının ayar edildiği yerlerde enjektörlerin arkasında sıvı gaz bulunur. Daha yüksek karışım basınçlarında atmosferden çok miktarda hava emilemez. Emilen hava kompresöre girer. İlave karışım odacıklarına veya enjektörlere gönderilir. $P_{Mi} = (1,2..1,4)$ bar gibi alçak basınçlarda itme gazı olarak sıvı gaz kullanılır.

5.3 Depolamayla gaz takviyesi

Yılın belirli zamanlarında doğalgazın depo edilmesi ve özellikle kışın tüketiciye nakledilmesi gerekir. Yazın depolama işlemi hafif yüklerde gerçekleşir. Mevsimlik depolamalar için büyük hacimlere ihtiyaç vardır.

Bu depolama işlemi aşağıda gösterilen imkanlar çerçevesinde yapılır.

- Zemin altındaki gözenek boşlukları
- Zemin altındaki oyuklar (kavernler)
- Sıvılaştırılmış doğalgaz kapları

Yeraltındaki depolama işlemleri belirli jeolojik varsayımlara bağlıdır. Yeraltındaki gözenek boşluklarında depolama işlemi yapan elemanlar yer depolayıcısı olarak adlandırılırlar. Jeolojik yapının gazı geçirmeyen bir tabaka ile örtülmüş olması gerekir. Gaz tabakası bulunan alanlarda doğalgaz ve petrol tükenmiştir. Evvelki alanların yanında Aquifer depoları geliştirilebilir. Aquifer , suyla dolu gözenekli bir yapıdır. Burada gaz sıkışarak kenarlardan su basınçlı olarak çıkabilir.

Yeraltı oyukları (kavernler) çok tuzlu su ihtiva eden tuz çubuklarından oluşur veya maden işçiliği ile yapılabilir. Üzerinde bulunan toprak tabakasının yapısı ve kalınlığı mümkün olan işletme basınçlarında küresel gaz kabına benzer işletilebilir.

Sıvılaştırılmış doğalgaz hacminin belirli bir kısmı gaz formunun aksine emilir. Sıvılaştırma derin soğutma ile çok yüksek masraf gerektirmez. Bu şekilde depolama her yerde gerçekleştirilebilir.

5.3.1 Gözenekli depo

Yeraltındaki gözenekli depolar , ya istifade edilmiş gaz veya yağ alanlarında veya Aquiferlerde bulunabilirler. Buna ilaveten gözenekli ve geçirgen bir taş tabaka sı mevcuttur. Bu taş tabakası uygun bir altyapıyı gösterir ve geçirgen olmayan toprak tabakalarıyla örtülüdür. Toprak kışını (kabuğu) geçirgen olmayan killi tabakalar ve kumlu yatakların (geçirgen) değiştiği yerlerde tortu taşlarından oluşmuş bir tabaka bulunur. Gözenek boşlukları ekseriya su ile doludur. Sudaki tuz miktarı değişkenlik gösterir. Bu tabakanın içinde hidrostatik basınç hakimdir. 10m derinliğe kadar basınç yaklaşık 1bar yükselir. Örtülü sıra dağların tarzına göre daha yüksek basınçlar hakim olabilir. Kum , çakıl ve toprak yahut kaya yarıklarındaki diğer taşlarda gözeneklere sahip olup çoğu sızdırmaz yapıdadırlar. Serbest gözenek hacminin (10.....15) % ' i gaz depolama için yeterli görülür. Taş tabakasının geçirgenliği sondajın erişilebilir nakil kapasitesini belirler. Depolanabilir gaz hacmi için gözenek boşlukları , taş tabakasının nüfuziyeti ve derin yatakları uygundur.Yeraltında kubbemsi,eğimli v.b. tabakalar mevcuttur. Çoğu gözenekli depolar Aquifer olarak faaliyet gösterebilirlerse de böyle alt yapılar aynen muhafaza edilerek petrol ve doğalgaz alanları bilinirler ve gazı depo etme amacı için aranır.

Kuru doğalgaz yatakları gibi kuru doğalgaz depolayıcıları da vardır. Bunların alt yapılarında kenar suyu bulunmaz .

Son 10 yıl içinde Federal Almanya'da , büyük bölgelerde jeofiziksel ölçümler yapılmıştır. Petrol ve doğalgazda uygulanan depolama imkanları bunların başlıcalarını oluşturur. Uygun bir alt yapı bulunursa Aquiferlerin gelişimi için geniş çaplı ön çarpışma gerekmez.

--Depremesel ölçümleri

--Deneme delikleri

–Sıkıştırma deneyleri

Bu yüzden Aquifer depolayıcıları daha büyük yatırım masrafları gerektirir. Evvelki gaz veya yağ alanlarının teçhizatının değişmesi gerekir.

Depoların açılma masraflarının tahmininde önceki zikredilen faktörlerin yanında tüketiciye ve nakil sistemlerine iletim mesafe ve konumuna da dikkat edilmelidir. Depo edilen gazın bir kısmından istifade edilemez. Basınç dağılımları için yastık gaz olarak kullanılır. Ortalama olarak gazın 1/3 ' ü iş gazı 2/3 ' ü yastık gazıdır.

Yüksek basınçlı borular ile uygun işletme sağlanması için arazi seviyesinin 500 - 800 m altındaki kazmalar optimaldir. Gaz çıkarılarak sonradan sıkıştırılabilir ve işlenecek hale gelen delik için yatırım masrafları çok büyümez. Gözenekli depolayıcı için özgül yatırım masrafları (1...3) DM / m³ olup istifadeye açık hacimsel ihtiva ile ilgilidir.

5.3.2 Kavern depo

Bazı kütleler ,içi boş oyukların yapımı için uygun mukavemete sahiptir. Diğer kütle çeşitleri , oyuklar düzenleyen tuz yataklarında bulunur. Diğer tortuların aksine daha hafif tuz derinlerden çıkarılır ve yer üstünün yakınlarında bir yere erişilir. Taş tuz tabakasının üstünde tabii bir kılıf vardır. Zemin suyu için tuz kaverninde yataklama tehlikeli olmaz. Oyuklar , hem madencilikte hem de sondajda yapılır. Sondajda tatlı su da çıkar. Su ile doyurularak çok tuzlu su çıkarılır. Bu yüzden tuzlu suyun işlenmesi veya denize dökülmesi bir kavernin üretimi için öngörülür. Tuzlu su diğer formasyonlarda da sıkıştırılabilir.

Kavern delikleri aquiferlere nazaran daha büyüktürler. Çünkü bu deliklerin içinde tuzlu su kombinasyonları bulunabilir. Her iki konsantrik borunun içi tuzlu su ile doludur ve yükseklik ayar edilerek derinliğe göre kavernler çıkarılabilir. Bunun yanın da kavernlerin üst boşluğunda inert sıvı (yağ) deliği korumak için bulunur. Federal Almanya ' da 1989 ' a kadar doğalgaz için kullanılan kavern yatakları yaklaşık 40 kavern olup (1650.....1800) m derinliğe kadar bulunmaktadır. Yaklaşık 500 milyon m³ işgazında , 2.5 milyon m³ / h çıkarma imkanı bulunur. Alçakta bulunan kavern depoları Kuzey Almanya 'da bulunmaktadır. Çünkü güney bölgelerde çok uygun tuz çubukları yoktur ve

tuzlu suyun işlenmesi büyük masrafları beraberinde getirmektedir. Kavernler için özgül yatırım masrafları (2...6) DM / m³ civarında olup faydalı hacimle ilişkilidir.



SONUÇ

Doğalgaz ham petrolle birlikte veya ayrı olarak yeraltındaki gözenekli ortamlarda bulunan hidrokarbon veya hidrokarbon olmayan gazlardan oluşur. Kömür ve ham petrole nazaran çevre sorunları daha az yarattığından tercih edilirler.

Doğal gaz nakil hatları üzerinde bulunan çeşitli armatürler ve bağlantı parçaları direnç oluşturduğundan basınç kayıplarına neden olurlar. Gaz hatlarındaki sabit ortamlardaki akışta basınç, hatlar uzadıkça değişken ortamlardaki akışa nazaran daha yavaş düşer. Buna mukabil değişken ortamlardaki akışta hız hatlar uzadıkça artarken , sabit ortamlarda sabit kalırlar. Kullanılan boruların cinsine, boruların çapına, borulardan geçen gaz debisine ve basıncına bağlı olarak şebeke tasarımı yapılır. Gaz , uzak yerlere ve tüketiciye naklinde birçok basınç kademelerinden geçerek ayar edilir. Gaz nakil hatlarında plastik (PVC ,PE) , çelik ve döküm borular kullanılır. Bunlardan çelik borular ekseriya yüksek basınçlı hatlarda kullanılırlar. Yüksek basınç hatlarında kompresör, türbin, regülatör, hacimsel sayaçlar ve çeşitli emniyet elemanları bulunurken, alçak basınç hatlarında emniyet ventilleri, alçak basınç regülatörü gibi elemanlar yer alır. Ayrıca tüketim noktalarının sürekli dengelenmesi için belirli yerlere gaz kapları konulmuştur.

Gaz nakil hatları emniyetli bir şekilde dizayn edilmelidir. Nakil hatları üzerindeki tüm elemanlar doğabilecek tehlikelere karşı önceden tedbiri alınabilecek şekilde tasarlanmalı ve gelişen teknolojinin nimetlerinden bu hatlarda istifade edebilmelidir.

Referanslar

1. Becher , U. , Handbuch der Gasanwendung , Berlin , 1953
2. Burckhard , B. , Gasinstallation in Zeichnungen , München , 1973
3. Gerbe , G. , Grundlagen der Gastechnik , München , 1990
4. Hochmeier , A. , Technologie der Gasfortleitung und Gasverteilung,Leipzig ,1966
5. Katz et al , Handbook of Natural Gas Engineering , Mc. Graw - Hill Book Company Inc. ,1959
6. Natural Gas Processors Suppliers Association (N.P.S.A.) ,Engineering Data Book Oklahoma , 1972
7. Satman , A. , Doğal Gaz Mühendisliği , İstanbul , 1986
8. Schuster , F. , Gasanwendung , München , 1969
9. TMMOB Kimya Müh. Odası , Doğalgaz Teknik Kuralları , İstanbul , 1991
10. Weymouth , T.R. , Problems in Natural Gas Engineering , ASME , 1972

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı.....: Sinan ÇELİK
Doğum Tarihi.....: 25 . 06 . 1971
Doğum Yeri.....: İstanbul
Ünvanı.....: Makine Mühendisi
Bildiği Yabancı Dil.....: Almanca

Öğrenim gördüğü okullar.....:

Avcılar İlkokulu	1978 - 1983
Avcılar 50. Yıl İnsa Lisesi	1983 - 1986
Şişli Endüstri Meslek Lisesi	1986 - 1987
Şişli Motor Teknik Lisesi	1987 - 1990
Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği	1990 - 1994
Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Müh. Enerji Anabilim Dalı	1994 - 1996

Staj yaptığı firma / kuruluşlar.....:

Türkeli Ticaret Asansör Fabrikası
Emaş A.Ş. Döküm Fabrikası
Ambarlı Fuel - Oil Termik Santrali
Ambarlı Doğalgaz Santrali