

ISISAN ÇALIŞMALARI NO. 252

BUHAR TESİSATI

(KAYNAR SU - KIZGIN YAĞ)



ISISAN





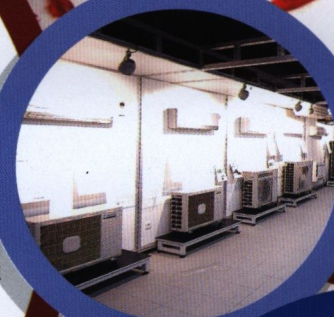
Bilgi paylaştıkça çoğalır!

33Yıl
ve
370
Yayın

33 yıllık başarı dolu geçmişi, tesisat, proje ve uygulama alanındaki deneyimi ve bilgi birikimi ile sektörün önde gelen firması Isisan'ın 2007 yılı Eylül ayında kurduğu Isisan Akademi'de bugüne kadar düzenlediği 77 eğitime yaklaşık 2000 kişi katıldı. Uygulamalı eğitimlerde ısıtma, soğutma ve havalandırma sektörü temsilcilerinin yetkinlikleri ve deneyimleri arttı.

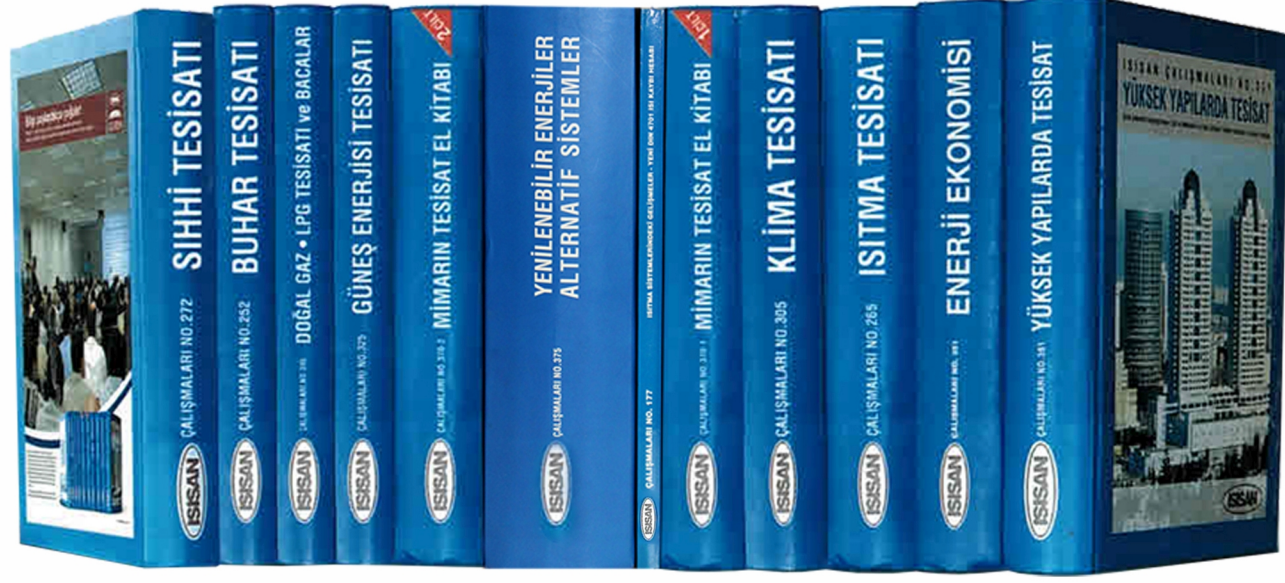
Isisan Akademi, 2008 yılında 500'ü aşkın eğitim düzenlemeyi planlıyor. Isisan, böylelikle faaliyet gösterdiği ısıtma, soğutma ve havalandırma sektörünün gelişmesi açısından önemli bir boşluğu doldurmaya devam edecek. Isisan'ın eğitim faaliyetleri İstanbul ile sınırlı değil. Ankara, Adana, İzmir, Antalya ve Bursa bölge müdürlüklerinde düzenlenen eğitimlerle Isisan bayilerini, servislerini ve sektör temsilcilerini, pazara sunduğu ürünlerle ilgili bilgilendiriyor. Eğitimlere üniversitelerin makine mühendisliği, mimarlık bölümü öğrencileri, çeşitli üniversitelere bağlı meslek yüksek okullarındaki iklimlendirme-soğutma, makine, tesisat teknolojileri gibi alanlarda eğitim gören yüksek öğrenimli tekniker adayları ile teknik ve mesleki lise öğrencileri de katılabiliyor. Eğitimler öğrencilere ihtiyaç duydukları bilgileri Isisan'ın pratik eğitim salonlarında, cihazların üzerinde birebir uygulamalı örnekleri ile öğrenme fırsatı sunuyor.

Isisan Akademi eksiksiz bir eğitim merkezi görevi görüyor. Sergilenen tüm ürünlerin çalışır halde olması, uygulamalı eğitim için önemli bir olanak sunuyor. Isisan Akademi aynı zamanda, binanın kendisinin şartlandırılması için kullanılan tesisat teknolojileri, yangın tesisatları, projelendirme ve uygulama detayları, yenilenebilir enerjiler ve alternatif sistemler ile ilgili örnek çevre dostu uygulamalar, kontrol sistemleri ve ileri bilgi teknolojileri ile oluşturulmuş güçlü altyapısı ile eğitim faaliyetleri için benzersiz bir ortam sunuyor.



BUHAR TESİSATI

(KAYNAR SU - KIZGIN YAĞ)



ISISAN'ın ilk Buhar Tesisatı Kitabı'nı 1990 yılında yayımladık. Isısan'ın 25. ve Buderus'un 269. kuruluş yıldönümünü kutlamaya hazırlandığımız bugünlerde, Buhar Tesisatı Kitabı'nı Isısan yayınları içerisinde 15. kitap olarak sizlere takdim ediyoruz. Yeni Buhar Tesisatı Kitabı; kaynar su ve kızgın yağ konularını, proje uygulama bilgilerini, pratik notları ve uygulama projelerini de kapsamaktadır.

Isısan; sistem çözümleri, tesisat uygulama kitapları, yayınlar ve seminerler ile proje, uygulama ve montajın daha doğru yapılabilmesi için sektöre katkıda bulunmaya çalışmaktadır.

Hedef :

Cihazların ve sistemin daha verimli çalışması,
Cihazların arıza yapmadan çalışmasının sağlanması,
Enerji tüketiminin azaltılması,
Baca gazı emisyon miktarlarının azaltılarak çevrenin korunması,
İleriki yıllarda yapılacak bakım ve servis masraflarının azaltılması,
Sistemi basitleştirerek servis ve işletmenin kolaylaştırılması,
Sonuçta müşteri memnuniyetinin artırılmasıdır.

Isısan cihaz seçiminden önce dünya pazarını araştırıp, en kaliteli cihazları incelemektedir. Türkiye koşullarına uygunluklarını (düşük voltajda, düşük gaz basıncında çalışabilme vb zor koşullara dayanımını) test ederek cihaz seçmektedir. Kaliteli cihazlar seçip, doğru proje, doğru uygulama ve yüksek kaliteli servis yapıldığında oluşan yüksek performans müşteri memnuniyetini getirmektedir.

Isısan, kitap ve yayınlarla bilgiyi paylaşarak, Türkiye'de on kişinin bir basamak atlaması yerine, tesisat ile ilgili herkesin bir basamak atlamasına katkıda bulunmayı hedeflemektedir. Kitabın içerisindeki buhar-kaynar su-kızgın yağ karşılaştırma tablosu; göz önüne alınabilecek kriterleri belirlemek, bunlara göre sistemleri ve cihazları değerlendirmek, yüksek sıcaklık ısıtma sistemlerinin özelliklerini açıklamak için hazırlanmıştır. Önem sırası ve teknik değerlendirmeler tartışmaya açıktır. Kitap bu bakış açısıyla düşünmeyi engellemeden, alternatifler oluşturmak ve bilgileri paylaşmak için hazırlanmıştır.

Yeni Buhar Kitabı'nda konuları güncelleştirerek, dinamik bir sunum yapmaya çalıştık. Buhar kitabını Prof. Dr. Ahmet **Arısoy** ile birlikte hazırladık. Isısan mühendis ve teknisyenleri çok ciddi katkılarda bulundular. Kendilerine teşekkür ederim.

Isıtma sektörünün oluşmasına ve gelişmesine çok büyük katkıları olan Sayın Sebahattin **Sunguroğlu**'nu saygı ile anıyorum.

Ayrıca bu kitaba katkıları bulunan **Erdoğan Atakar**, **Yalçın Bozduman**, **Enis Burkut**, **İsmail Can**, **Mürşit Çelikkol**, **Ender Çilsaat**, **Hacik Eram**, **Özdemir Ertan**, **Ersin Gürdal**, **Aydemir Kınalı**, **Sebahattin Koca**, **Ethem Mağden**, **Celal Okutan**, **İhsan Önen**, **Baycan Sunaç**, **Metin Tunç**, **Cafer Ünlü** ve Edebiyat öğretmeni **Fatma Arısoy**'a, Isısan kitaplarının dağıtımını yapan **Birsan Yayınevi**'ne ve bu kitabı okuyarak eleştirilerini bize iletme nezaketini gösterecek meslektaşlarıma teşekkür ederim.

15.08.2000
RÜKNETTİN KÜÇÜKÇALI
Makina Y. Mühendisi

BİRİM DÖNÜŞÜM TABLOSU		
1. BUHAR TESİSATI VE BUHAR TEMEL BİLGİLERİ	9	
1.1. Buhar kullanımı ve karşılaştırması	9	2.4.7. Otomatik tip blöf vanası
1.2. Kaynar su, kızgın yağ ve buhar sistemi pratik notlar	9	2.4.8. Patlama kapağı
1.3. Temel bilgiler	21	2.4.9. Alarm sistemi
1.3.1. Buharlaştırma-kaynama	21	2.4.10. Kazan armatürleri
1.3.2. Kaynama noktası	22	2.4.11. Buhar kazanlarında kontrol
1.3.3. Buhar özellikleri	22	2.5. EKONOMİZÖR
1.3.4. Buhara verilen ısıнын hesabı	22	2.5.1. Yoğuşmalı paket kazan ve yoğuşmalı eşanjör
1.3.5. Suyun buharlaşması	27	2.6. SU BESLEME DEVRESİ
1.3.6. Yoğuşma	27	2.6.1. Besi suyu ve besleme suyu hattı
1.3.7. Kısıma	27	2.6.2. Kum filtresi
1.4. Sıvı yakıtlar	27	2.6.3. Su yumuşatma cihazı
1.5. Çelik borular	28	2.6.4. Anyon dealkalizerleri
2. KAZAN DAİRESİ SİSTEMİ	29	2.6.5. Ters osmos
2.0. Buhar kazan daireleri projelendirme ön bilgileri	29	2.6.7. Degazör pompası
2.1. BUHAR KAZANLARI	29	2.6.8. Kazan besleme pompaları
2.1.1. Çelik kazanların doğal gazda kullanım şartları	31	2.6.9. Besi suyu ön ısıtıcısı
2.1.2. Buhar kazanları tehlike grupları	31	2.6.10. Besi suyu boru hattı
2.1.3. Buhar jeneratörleri	32	2.7. BUHAR DEVRESİ
2.1.4. Alev duman borulu büyük hacimli buhar kazanları	36	2.7.1. Buhar sayaçları
2.1.5. Kompakt duman borulu düşük basınçlı/yüksek basınçlı buhar kazanları	36	2.7.2. Buhar kurutucuları
2.1.6. Duman borulu yüksek basınçlı buhar kazanları	36	2.7.3. Basınç düşürücüler
2.1.7. Çift külhanlı yüksek basınçlı buhar kazanları	38	2.7.4. Hava atıcılar
2.1.8. Kazanlarda emniyet ve kontrol tekniği	41	2.7.5. Vakum kırıcılar
2.2. ÜNİTE TEKNİĞİ	41	2.8. KONDENS DEVRESİ
2.2.1. Tam gaz almalı su şartlandırma ünitesi	43	2.8.1. Kondens deposu
2.2.2. Kısmi gaz almalı su şartlandırma ünitesi	43	2.8.2. Boyler
2.2.3. Su yumuşatma ünitesi	44	2.9. ISI EKONOMİSİYLE İLGİLİ CİHAZ VE DEVRELER
2.2.4. Pompa ünitesi	44	2.9.1. Kazan blöf ısı geri kazanma sistemi
2.2.5. Doğal gaz besleme hattı ünitesi	44	2.9.2. Kondens ısı geri kazanma sistemleri
2.2.6. Buhar jeneratörleri için üniteler	44	2.9.3. Degazör eşanjörü
2.3. BUHAR AKÜMÜLATÖRLERİ	44	2.9.4. Kondens kirlilik algılama sistemleri
2.4. BUHAR KAZANI ELEMANLARI	45	2.9.5. Flanş tankı
2.4.1. Presostatlar	46	2.9.6. Blöf tankı
2.4.2. Manometreler	49	2.10. YAKIT DEVRESİ
2.4.3. Kazan otomatik besleme cihazı	49	2.10.1. Brülör
2.4.4. Su seviye göstergesi	50	2.10.2. Genel olarak yakıt hattı
2.4.5. Emniyet vanaları	52	2.10.3. Yakıt depoları
2.4.6. Üst blöf kontrol vanası	52	2.10.3.1. Ana yakıt depoları
		2.10.3.2. Günlük yakıt depoları
		2.10.3.3. Motorin depoları
		2.10.3.4. Pot depoları
		2.10.4. Yakıt dolum transfer pompaları
		2.10.5. F.P.I. istasyonları
		2.10.6. Doğal gaz hatları
		2.11. KAZAN DAİRESİ VE BACA
		2.11.1. Baca

3.	BUHAR DAĞITIM HATTI	104
3.1.	DOYMUŞ BUHAR BORULARININ BOYUTLANDIRILMASI	105
3.2.	KONDENS HATTI BOYUTLANDIRMASI	114
3.2.1.	Boru çapı ve pompa seçimi	115
3.3.	BUHAR HATLARI DÜZENLENMESİ	117
3.4.	KONDENS İLE İLGİLİ ÖNLEMLER	120
3.5.	BORU HATTI	122
3.5.1.	Borular	122
3.5.2.	Fittings	122
3.5.3.	Flanş	122
3.5.4.	Boruların tespit edilmeleri	122
3.5.5.	Borularda genleşme	124
3.5.6.	Boru hatlarında sabit mesnetlere gelen kuvvetler	127
3.5.7.	Askı profillerinin hesabı	130
3.5.8.	Borularda ısı kaybı	131
3.5.9.	Buhar kolektörleri	133
3.6.	VANALAR	133
3.6.1.	Globe vanalar	134
3.6.2.	Sürgülü vanalar	134
3.6.3.	Küresel vanalar	134
3.6.4.	Plug vanalar	134
3.6.5.	Kelebek vanalar	135
3.6.6.	Diyaframli vanalar	135
3.6.7.	Çek vana ve pislik tutucular	135
3.7.	VANA BOYUTLANDIRMASI VE SEÇİMİ	135
3.8.	BUHAR KAPANLARI	139
3.8.1.	Termodinamik buhar kapanları	139
3.8.2.	Termostatik buhar kapanları	139
3.8.3.	Mekanik buhar kapanlar	141
3.8.4.	Buhar kapanlarının seçimi ve boyutlandırması	141
3.8.5.	Kondenstop kontrol sistemi	141
3.8.6.	Buhar kapanlarının tesisi ile ilgili bazı kurallar	142
4.	KAZAN İŞLETME VE BAKIMI	143
4.1.	KAZAN İŞLETME BİÇİMLERİ	143
4.2.	İŞLETME	145
4.2.1.	Kazanın çalışmaya hazırlanması ve ilk ateşleme	146
4.2.1.1.	Kaynatma	148
4.2.1.2.	Emniyet valflerinin kontrolü	148
4.2.2.	Kazanın devreye sokulması	148
4.2.3.	Devredeki kazanın işletilmesi	149
4.2.3.1.	Brülör alevi	149
4.2.3.2.	Su seviyesi	149
4.2.3.3.	Köpürme	150
4.2.3.4.	Kazan besleme suyu	150

4.2.3.5.	Blöfler	150
4.2.4.	Kazanın servisten çıkarılması	150
4.2.4.2.	Boşaltma	150
4.2.5.	Olağanüstü durumlar için işletme kuralları	151
4.3.	BAKIM	151
4.3.1.	Günlük bakım işlemleri	151
4.3.2.	Aylık bakım işlemleri	152
4.3.3.	Yıllık bakım	152
4.3.3.1.	Yıllık bakım işlemleri	152
4.3.4.	Bakım ve temizleme	153
4.3.4.1.	Kazan dış temizliği	153
4.3.4.2.	Duman gazı tarafı temizliği	153
4.3.4.3.	Su tarafı temizliği	153
4.3.5.	İşletilmeyen kazanların korunması	153
	Duman gazı tarafının korunması	153
4.3.5.2.	Su tarafının korunması	153
4.3.5.3.	Kazanların kuru muhafazası	154
4.3.6.	Yakıt filtresi bakımı	154
4.3.7.	El ve adam delikleri	154
4.3.8.	Fanlar ve damperler	154
4.3.9.	Kazan besleme pompaları	155
4.3.10.	Besi ve kazan suyu	155
4.3.11.	Kazan suyundan numune alma ve analizler	155
5.	KAYNAR SU SİSTEMLERİ	157
5.1.	KAYNAR SU SİSTEM TASARIMI	157
5.1.1.	Ana parametrelerin saptanması	157
5.2.	GENLEŞME VE BASINÇLANDIRMA TANKİ (DENGİ DEPOSU)	158
5.2.1.	Kaynar su sistemi genleşme tankı hesabı	158
5.2.2.	Seviye kontrol cihazları	161
5.2.3.	Basınç kontrol cihazları ve emniyet ventilleri	163
5.3.	SİSTEMİN DİĞER ELEMANLARI	166
5.3.1.	Kaynar su sirkülasyon pompaları	166
5.3.2.	Su şartlandırma	166
5.3.3.	Sistem besleme pompaları	166
5.3.4.	Kimyasal dozlama	166
5.3.5.	Besleme suyu deposu	166
5.3.6.	Kazanlar	166
5.3.7.	Azot tüpleri	166
5.4.	ISI SANTRALİ DÜZENİ	167
5.4.1.	Otomatik kontrol	167
5.4.2.	Isı santrali içindeki borulama ve ısı yalıtımı	167
5.4.3.	Kaynar su teçhizatının teknik nitelikleri	167
5.5.	KAYNAR SU SİSTEMLERİNDE İŞLETME	167

6.	KIZGIN YAĞ SİSTEMLERİ	168
6.1.	Kızgın yağ sistemlerinde kullanılan yağlar	168
6.2.	Kızgın yağ sistemi	168
6.2.1.	Genleşme tankı	168
6.2.1.1.	Tankın boyutları	168
6.2.1.2.	Tankın yerleştirilmesi ve boru tesisatı	168
6.2.1.3.	Tank donanımı	170
6.2.1.4.	Su tahliye vanası	170
6.2.1.5.	Gaz örtüsü	173
6.2.2.	Pompalar	173
6.2.3.	Kullanıcı ekipman	173
6.2.4.	Malzeme	173
6.3.	Kızgın yağ kazanları	173
6.3.1.	Kontrol cihazları	174
6.4.	İşletme	174
6.4.1.	İlk dolum	174
6.4.2.	Sistemin düzenli çalıştırılması	175
6.4.3.	Isı iletim yağlarının çalışma ömrü	175
6.4.4.	Sağlık ve güvenilirlik önerileri	175

REFERANSLAR176**EKLER**177

Ek 1.	Kazan dairesi ve beton kaideler	177
Ek 2.	PROJELER	

Büyüklik	Gösterimi	Birimi	Gösterimi			Çevrimi			
			SI	Metrik	İngiliz				
Uzunluk	L	Metre	m	m	in ft	1 m = 39.37 in 1 m = 3.281 ft	1 in = 25.4 mm 1 ft = 30.48 cm		
Alan	A,F	Metrekare	m ²	m ² ha	sq in sq ft acre	1 m ² = 1550 sq in 1 m ² = 10.764 sq ft 1 ha = 10000 m ² 1 ha = 2.471 acre	1 sq in = 645.16 mm ² 1 sq ft = 0.0929 m ² 1 acre = 0.40468 ha 1 sq mile = 2.58999 km ²		
Hacim	V	Metreküp	m ³	m ³ l	cu in cu ft gal	1 m ³ = 1000 l 1 l = 61.024 cu in 1 l = 0.2642 gal 1 m ³ = 35.315 cu ft	1 cu in = 16.3971 cm ³ 1 cu ft = 0.02831 m ³ 1 gal = 3.78541 l		
Kütle	m	Kilogram	g kg	g kg	oz Lb	1 kg = 35.274 oz 1 kg = 2.2046 Lb	1 oz = 28.3495 g 1 Lb = 0.4539 kg		
Yoğunluk			kg/m ³	kg/m ³	cu ft/Lb	1 m ³ /kg = 16.0185 cuft/Lb			
Hız	w,V		m/S	m/S	ft/min	1 m/S = 196.85 ft/min			
Debi	V,Q		m ³ /S	m ³ /h m ³ /S L/S	cfm	1 m ³ /S = 3600 m ³ /h 1 m ³ /h = 0.5886 cfm 1 cfm = 1.699 m ³ /h			
Basınç	P	Paskal Bar	Pa bar mbar N/m ²	kg/cm ² kg/m ² mmSS atm	psi in H ₂ O Lb/ft ²	1 Pa = 1 N/m ² 1 bar = 100.000 Pa 1 mbar = 100 Pa 1 bar = 0.981 atm 1 mbar = 10.19 mmSS 1 mmSS = 9.80665 Pa	1 mbar = 100 Pa 1 bar = 14.504 psi 1 mbar = 2.089 Lb/ft ² 1 mbar = 0.4019 in H ₂ O 1 kPa = 7.50062 mmHg 1 inH ₂ O = 249.089 Pa		
Enerji, Isı	E, M, Q	Kilojul Kilovatsaat	kJ kWh	kcal	Btu	1 kWh = 3600 kJ 1 kcal = 4.1868 kJ 1 kJ = 0.948 Btu	1 kJ = 0.2388 kcal 1 kWh = 860 kcal 1 Btu = 1.055 kJ		
Güç Isı Güç	P	Kilovat	kJ/h kW	kcal/h	Btu/h HP	1 kW = 1 kJ/S 1 kW = 860 kcal/h 1 kW = 3412 Btu/h 1 kW = 1.341 HP	1 HP = 735.5 W 1 HP = 632 kcal/h 1 Btu/h = 0.252 kcal/h 1 kcal/h = 3.97 Btu/h		
Özgül Isı	C, Cp		kJ/kgK	kcal/kg°C	Btu/LbF	1 kJ/kgK = 4.187 kcal/kg°C 1 kJ/kgK = 0.2388 Btu/LbF			
Isı Akısı	q		kJ/m ² h W/m ²	kcal/m ² h	Btu/hft ²	1 W/m ² = 3.6 kJ/m ² h 1 W/m ² = 0.86 kcal/m ² h 1 W/m ² = 0.317 Btu/hft ²			
Sıcaklık	T	Kelvin	K	°C	°F	°C = (°F-32) x 5 / 9 K = 273 + °C °F = °C x 9 / 5 + 32			

BİRİM DÖNÜŞÜM TABLOSU

1. BUHAR TESİSATI VE BUHAR TEMEL BİLGİLERİ

1.1. Buhar Kullanımı ve Karşılaştırması

Buhar çeşitli amaçlarla çok yaygın olarak kullanılan bir akışkandır. Buharın ana kullanım alanları 1- Endüstriyel, 2- Isıtma, 3- Termik santrallarda elektrik üretimidir. Burada esas olarak endüstride buhar kullanımı üzerinde durulacaktır. Sadece ısıtma amacıyla buhar kullanımı artık terk edilmiştir. Ancak özel durumlarda ısıtmada buhar kullanılmaktadır. Bu nedenlerin en önemlisi ısıtma yapılan bölgede büyük kot farkının bulunmasıdır. Kazan üzerinde statik basıncın çok yüksek olması nedeniyle bu durumlarda sıcak veya Kaynar su kullanılamaz veya ekonomik olmaktan çıkar. Kot farkının fazla olduğu yerlerde kazan dairesini üst seviyelerde yerleştirilerek basınç sorunu sıcak (veya kaynar) sulu sistemlerde kısmen çözülebilir. Ancak bu durumlarda doğal dolaşım tamamen ortadan kalkacağından, özellikle kömürlü sistemlerde pompalar mutlak elektrik kesintilerine karşı emniyete alınmalıdır. Endüstride buhar kullanımında tercih nedenleri şöyle sıralanabilir:

1. Yüksek akışkan sıcaklıklarına çıkmak mümkündür.
2. Isı geçiş yüzeylerinde sıcaklık sabittir. Buhardan ısı çekişi genellikle doymuş buharın yoğunlaşmasıyla gerçekleşir. Bu işlem sabit sıcaklıkta gerçekleştiğinden bütün ısıtma yüzeyi boyunca buhar tarafının sıcaklığı sabittir.
3. Sıcaklık kontrolünü çok hassas biçimde gerçekleştirmek mümkündür. Söz konusu sabit yoğunlaşma sıcaklığı buharın basıncına bağlıdır. Basınç kontrolü yoluyla proses sıcaklığını çok hassas olarak kontrol etmek mümkündür.
4. Büyük miktarda ısı enerjisini küçük bir kütle ile taşımak mümkündür.
5. Buhar hijyenik, tamamen saf bir maddedir. Bu nedenle özellikle gıda endüstrisinde vazgeçilmez bir dezenfeksiyon ve proses elemanıdır. Buharsız gıda endüstrisi düşünülemez.
6. Akışkanın taşınması kendi basıncıyla gerçekleşir. Pompalamaya gerek yoktur.
7. Daha küçük boru çapı ile tesisat kurulabilir.

Yukarıda sayılı nedenlerle buhar gıda, kimya, petrokimya, tekstil endüstrisinde geniş ölçüde kullanılır. Buharın dezavantajları ise:

1. Buhar tesisatında korozyon riski daha fazladır.
2. Kondens hattının oluşturulması ve işletmesi zor ve pahalıdır.
3. Buhar dağıtım hatları belirli bir eğime sahip olmalı ve içinde kondens birikmemelidir.
4. Buharı 1 km'den daha uzun mesafelere taşımak, teknik ve ekonomik açıdan dezavantajlıdır.
5. İşletme masrafları daha fazladır (kondens kayıpları nedeniyle). Buharın alternatifi ısıtmada kaynar su, endüstriyel proseslerde kızgın yağ olabilmektedir. Tablo 1'de her üç alternatifin çeşitli yönlerden birbiriyle karşılaştırması yapılmıştır.

1.2. Kaynar Su, Kızgın Yağ ve Buhar Sistemleri Pratik Notları

1.2.1 Kızgın Yağ Notları

1. Kızgın yağ sistemlerinde yağın kullanılabileceği maksimum bir sıcaklık değeri vardır. Bu sıcaklığın üzerinde yağ ayrışmaya başlar ve yapısı bozulur. Bu sıcaklığın üzerinde gazlaşma olur. Geriye kalan yağ da karbonlaşmıştır ve bir daha kullanılamaz.
2. Yağın bu şekilde bozulmasına termo-craking olayı adı verilir.
3. Farklı firmalar tarafından kızgın yağ sistemlerinde kullanılmak üzere sentetik yağlar geliştirilmiştir. Shell ve Mobil şirketleri yağlarında bugün için ulaşılabilen üst limit sıcaklık 310°C mertebelerindedir.
4. Üst kullanma sıcaklığı ise bu yağlarda 280 °C seçilebilir (üst limitten 30°C daha düşük).
5. Kızgın yağ sistemleri hava ile temaslarının kesilmesi için azotla 0.2-0.5 bar mertebelerinde basınçlandırılır. Dolayısı ile en büyük avantajları düşük basınçta yüksek sıcaklık değerlerine ulaşabilmeleridir.
6. Yağın viskozitesi sıcaklık ile değişmektedir. Dolayısı ile kızgın yağ pompaları tasarımında bu durum göz önüne alınmalıdır. Yağ soğuk iken gerekli pompalama gücü yüksektir. Yağ ısındıkça gerekli pompalama gücü azalır.

1.2.2. Kaynar Su Notları

1. Kaynar su sistemlerinde dik tip genleşme depoları tercih edilirdi. Böylece basınçlandırma için kullanılan azot gazı ile su temas yüzeyi ve suda eriyen gaz miktarı azaltılmış olur. Bugün için ise, kompresörlü veya pompalı tip membranlı genleşme depoları (ara soğutuculu depo kullanılmak şartı ile) daha kullanışlı olduğu için tercih edilmektedir.
2. Isı geçiş katsayıları hızı ve geometriye bağlı olmakla birlikte mertebe olarak aşağıdaki değerlerdedir:

Kızgın yağ: 1500-2000 kcal/hm²°C

Kaynar su: 2000-3000 kcal/hm²°C

Buhar: 5000-10000 kcal/hm²°C

1.2.3. Buhar Notları

Buhar kazanı notları

1. Sistemdeki tüm manometrelerin boruları helezonlu olmalıdır. Böylece ani basınç dalgalanmaları dengelenir. Ani veya sürekli basınç dalgalanmaları manometrelere zarar verebilir. Sistemde kullanılacak manometrelerin göstereceği değer manometre limitinin orta değerine yakın olmalıdır. Örneğin 6 atü bir tesisat için (0-10) atü'lük bir manometre kullanılmalıdır. Kazan üzerine ϕ 160'lık manometre takılmalıdır, böylece uzaktan okumak daha kolaylaşır. Kollektör üzerindeki manometre ϕ 100 olabilir.
2. Buhar kazanı üzerindeki su seviyesi gösterge cihazı kazandaki suyun alt ve üst sınırlarını gösterir. Suyun azalması veya artması halinde kazan besli cihazının kontakları kazan besli pompasına kumanda eder. Eğer kazandaki su boru seviyesinin altına düşerse, boruların üstü susuz kalır. Boru üstünün susuz kalması halinde borular kavrulur ve kısa sürede delinir.

A-MALİYET

KARŞILAŞTIRMA KONUSU	BUHAR TESİSATI	KAYNAR SU TESİSATI	KIZGIN YAĞ TESİSATI
1- İLK YATIRIM MALİYETİ	Buhar sistemleri, kaynar su sistemlerine göre daha pahalı bir yatırımdır. Kendi içinde ise; kızgın buhar sistemleri, doymuş buhara göre daha büyük bir kuruluş maliyeti gerektirir.	Kaynar su sistemleri (160 °C su sıcaklığına ve 10 bar işletme basıncına kadar) kullanım amaçlarına göre yüksek sıcaklık işletmelerinin en ekonomik çözümüdür. İşletme basıncı 160 °C sıcaklıkta; kaynar suyun dolaştığı en üst seviyede $\sim(5+2)=7$ bar mertebesinde gerçekleşir. 30 mSS Statik basınç varsa işletme basıncı ~ 10 bar olarak gerçekleşir. 180 °C sıcaklıktan sonra ise kullanımı çok yüksek basınç nedeniyle genellikle ekonomik değildir. Kot farkı fazla olan tesislerde, kazan dairesini en yüksek seviyede oluşturarak (doğal sirkülasyon ters bir alev oluşmasına ve sirkülasyon pompası basıncının artmasına rağmen) kaynar su kazanı ve genleşme deposu işletme basıncı azaltılabilir.	Sistem basınçsızdır. Yüksek sıcaklıklardaki kullanımlarda (180 °C nin üzerindeki sıcaklıklardaki) ilk yatırım maliyeti en ucuzdur. Orta sıcaklık işletmelerinde ise en pahalı çözümdür. Korozyon riski istenmeyen ve çok yüksek sıcaklıkta ısıtıcı akışkan kullanımı gerektiren yerlerde ekonomiktir.
2-AKİŞKAN VE İŞLETME MALİYETİ	İlk dolunda daha az su gerekir. Suyun şartlandırılmış olması çok önemlidir. Dozlama sürekli gerekir. Kazan biyofü ve köpük alma gereksinimi ve kondens suyu kayıpları nedeniyle, su takviyesi gerekir. Akışkan maliyeti işletmede kaynar sudan fazladır. İşletmede hassas uzmanlık istediği için de ilave maliyet oluşur ve pahalıdır.	Toplam su hacmi en fazla olan sistemdir. Suyun yumuşatılmış olması gerekir. İşletme sırasında düşük oranlarda dozlama gerekir. En ucuz akışkan maliyeti kaynar sulu sistemlerdedir. Ancak sistemlerdeki suyun boşaltılmasından olabildiğince kaçınılmalıdır.	Anılmış su yerine kızgın yağ kullanıldığı için akışkan maliyeti çok yüksek olan sistemdir. Sistemde kullanılan yağın belirli aralıklarla tümüyle değiştirilmesi gerekir. Yağın kalitesi karbonlaşma (cracking) riskinden dolayı çok önemlidir. Yağın kalitesi arttıkça, kullanım süresi de artar. Tekniğine uygun işletilen bir kızgın yağ sisteminde normal ömrü 1 yıldır. Yağ analiz edilerek kontrolü suretiyle daha uzun süreler kullanılabilir. Kızgın yağ sistemlerinin çok özel koşullar dışında tercih edilmemesinin en önemli iki nedeninden biridir. Kızgın yağ sistemleri çok özel uygulamalarda zorunlu olarak kullanılır.
3- SİSTEMİN YAKIT MALİYETİ	En fazladır. Özellikle kondens suyu kayıpları, biyof kayıpları, kondens stop kaçırımları ve buhar kaçakları nedeniyle yakıt maliyeti artar.	En azdır. Yaygın sistemlerde kullanıldığında dağıtım kayıpları fazladır. Ayrıca arıza hallerinde suyun boşaltılması gerektiğinde; su ve enerji kayıpları oluşur. Kesintili işletmede (gece kapatılan sistemler) ataleti ve yakıt kaybı en fazladır. Sürekli işletmelerde ise yakıt tüketimi en az olan sistemdir.	Kaynar sudan fazla, buharı daha azdır. Kızgın yağ kazanlarının verimleri, buhar kazanına göre biraz daha düşüktür. Buhar sisteminin kondens, biyof vb. işletme kayıpları dikkate alındığında ise; Kızgın yağ sisteminin toplam sistem verimi (yakıt maliyeti) buhar tesislerine göre daha azdır.
4-İSTİTİCİ YÜZEY ALANI	En az ısıtıcı yüzeyi gerekir. (Isı geçiş katsayısı en fazla olduğu için)	Orta	En fazla

Tablo1 . BUHAR, KAYNAR SU, KIZGIN YAĞ SİSTEMLERİ KARŞILAŞTIRMA TABLOSU

B- PERFORMANS

KARŞILAŞTIRMA KONUSU	BUHAR TESİSATI	KAYNAR SU TESİSATI	KIZGIN YAĞ TESİSATI
5- SİSTEMİN ÖMRÜ	Kondens suyu devrelerindeki korozyon nedeniyle kaynar suya göre ömür daha kısadır.	Buhara göre ömür daha uzundur.	En uzun ömre sahiptir. (Korozi etkisi olmayan yağ kullanıldığı için)
6- KOROZYON PROBLEMİ	Korozyon riski yüksektir.	Daha az korozyon problemi yaşanır.	Korozyon ihmal edilebilir.
7- ISITILACAK YÜZEYDE HOMOJEN SICAKLIK DAĞILIMI	Mükemmel. Buharın ısıtıcıya giriş sıcaklığı ile, çıkış sıcaklığı (kondens suyu sıcaklığı) aynı olduğu için; ısıtıcı yüzeyi üzerindeki sıcaklıklar aynıdır.	Yüzey sıcaklığı homojen değildir. Suyun giriş ve çıkış sıcaklığı arasındaki farka bağlı olarak, ısıtıcı yüzeyi üzerinde farklı sıcaklıklar oluşur.	Yüzey sıcaklığı homojen değildir. Yağın giriş ve çıkış sıcaklığı arasındaki farka bağlı olarak, ısıtıcı yüzeyi üzerinde kaynar suya göre de daha fazla farklı sıcaklıklar oluşur.
8- YÜKSEK SICAKLIĞA ULAŞABİLME	Doymuş buhar veya kızgın buhar ile çok yüksek sıcaklıklara çıkabilir. (~ 300 °C) Yüksek sıcaklıklar için yüksek basınç gerekir. (316 °C sıcaklıkta 107 bar) Kapasiteye bağlı olarak çok yüksek basınçlara su borulu tip kazanlarla çıkabilir. 30 bar basınç kadar silindirik tip kazanlar, 25 bar ve daha yüksek basınçlarda ise su borulu kazanlar seçilebilir.	Yüksek sıcaklıklar için yüksek basınç gerekir. 180 °C sıcaklıktan sonra kullanımı ekonomik değildir. Aynı ısıtma sıcaklığı için, buhara göre daha yüksek basınç gerekir.	Akışkan olarak kullanılan yağın izin verildiği çok yüksek sıcaklıklara ulaşılır. (~ 300 °C) Yüksek sıcaklıklara çıkıldığı halde sistem düşük basınç altındadır. Bu nedenle yüksek basınç istenmeyen ve yüksek sıcaklık ihtiyacı olan işletmelerde (özellikle 180 °C üzerinde kullanıma çok daha fazla yarar) avantajlıdır. Yüksek sıcaklıklarda kullanılan yağın karbonlaşarak (cracking) bozulma riski arttığı için, yağ kalitesi daha fazla önem kazanmaktadır.

Tablo 1 . BUHAR, KAYNAR SU, KIZGIN YAĞ SİSTEMLERİ KARŞILAŞTIRMA TABLOSU (Devam)

KARŞILAŞTIRMA KONUSU	BUHAR TESİSATI	KAYNAR SU TESİSATI	KIZGIN YAĞ TESİSATI
9- KAPASİTE VE BASINÇ SINIRLARI	Kurulu güç olarak en büyük kapasitedeki sistemler buharlı olanlardır. Kullanım yerleri ile kazan arasındaki yükseklik farkının fazla olduğu sistemlerde buharın üst seviyedeki kullanım yerlerine ulaşabilmesi için ilave basınç gerekmez. Çünkü yoğunluğu az olan buhar borulardaki basınç kayıpları ile orantılı olarak yükselir. Kaynar suya göre avantajlıdır.	Kurulu güç olarak ikinci büyük sistemdir. En yaygın ve uzak yerlere hizmet verebilen sistemdir. Ancak kullanım yerleri ile kazan arasındaki yükseklik farkının fazla olduğu sistemlerde sistem basıncı da arttığı için; pratik değildir. Örnek olarak 160 °C sıcaklıkta kaynar su sıcaklığı olan bir tesiste en üst seviyedeki kullanım yerinde emniyet basıncı ile birlikte yaklaşık olarak 7 bar (mutlak) basınç gereklidir. En üst ve en alt kullanım yerleri arasındaki seviye farkı 50 m ise, kazan işletme basıncı 12 bar (mutlak) mertebesinde gerçekleşir. Aynı tesiste 150 °C sıcaklıkta kaynar su kullanılması halinde ise işletme basıncı 10 bar (mutlak) mertebesinde dir.	Akışkan pahalı olduğundan , sistemin mümkün olduğu kadar küçük olması gerekir. Uzun mesafelerde bu sistemin kullanılması pahalı olup, uygun değildir.
10-TAŞINABİLEN ISI MİKTARI (Boru çapını da belirler) (Bakınız Tablo 1A)	Birim kütle ile suyun gizli ısı taşıdığından, taşınan ısı en büyüktür. Ancak boru çapını belirleyen buhar hacmi olduğundan, aynı boru çapında; a- Düşük basınçlarda (~8 bar'a kadar) buhar boruları ile taşınabilen ısı miktarı, kaynar sulu sistemlere göre daha azdır. b- Yüksek basınçlarda ise buhar boruları ile daha fazla ısı taşınabilir. c- Kondens borularının çapları çok küçük olduğu dikkate alınarak; buhar sistemlerindeki ortalama çap (kesit) ile kaynar sulu sistemlere göre genelde daha fazla ısı taşınabildiği görülmüştür.	a- Kızgın yağa göre avantajlıdır. Suyun özgül ısıma ısı çok yüksektir. (1 kcal/kgC) (4,186 kJ / kgK) b- $\Delta t = 40^\circ\text{C}$ olan kaynar su sistemlerinde taşınabilen ısı miktarı; alçak buhar basıncı sistemlerine göre daha fazladır. Buhar sistemleri ile boru çapı karşılaştırılmalıdır. Kaynar su gidiş ve dönüş suyunun ortalama sıcaklığı ile aynı sıcaklıktaki buharlı sistem karşılaştırılmalıdır. Buhar ve kondens borularının ortalama kesiti ile kaynar su sistemi boru çapı karşılaştırılmalıdır.	Yağın özgül ısıma ısı düşüktür. Ortalama özgül ısı : (0,5 kcal/kgC) (2,09kJ/kgK) Sıcaklık farkları da fazla artırılamaz. Bu nedenle en az ısı taşınımı bu alternatiftedir.
11- ISI KAYBI	Doymuş buhar sıcaklıkları endüstriyel uygulamalarda 300 °C mertebelerine çıkabilir. Buhar hatları genellikle ağırlıklı olarak geçitlerinden bakımları daha iyi yapılır. Çalışan sistemlerde ısı kayıpları kaynar sudan biraz daha azdır denilebilir.	Isıtıcı akışkan sıcaklığı genelde 180 °C değerini aşmaz. Ancak boru hatları uzundur ve zamanla izolasyonların bozulması ile hat kayıpları önemli mertebelere çıkar.	En yüksek sıcaklıklar bu sistemdedir. Kızgın yağ tesisi yaygın sistemlerde kullanılmaz. Boru uzunlukları da az olan , yaygın olmayan yüksek sıcaklığa gereksinim duyulan özel tesislerde kullanılabilir.

KARŞILAŞTIRMA KONUSU	BUHAR TESİSATI	KAYNAR SU TESİSATI	KIZGIN YAĞ TESİSATI
12-BORU İZOLASYON KALINLIKLARI	Buhar borularının izolasyon kalınlığı, aynı çaptaki kaynar su borusuna göre biraz daha fazla olmalıdır. (Isı transfer katsayısı daha büyük olduğu için) Kondens borusunda ise çap ve sıcaklık daha küçük olduğu için, izolasyon kalınlığı daha azdır.	Buhar borusuna göre daha az.Kaynar su gidiş ve dönüş sıcaklıklarının ortalama sıcaklığındaki buhar ile karşılaştırma yapılmalıdır.Kaynar su gidiş suyu sıcaklığı ve çapı ile buhar borusu ve izolasyon kalınlığı, dönüş suyu sıcaklığı ve çapı ile de kondens borusu ve izolasyon kalınlığı karşılaştırıldığında toplam ısı izolasyon maliyeti: a- Düşük basınçlı buhar sistemlerinin kaynar sulu sistemlere göre genelde biraz daha pahalı, b- Yüksek basınçlı buhar sistemlerinde ise daha ucuz olduğu görülür. c- Kaynar sulu sistemlerde gidiş dönüş sıcaklık farkı (Δt), buharlı sistemlerde ise buhar hızları seçimleri boru ve dolayısıyla ısı yalıtım maliyetini ciddi boyutta etkiler.	En az (ısı iletim katsayısı daha düşük olduğu için)
13-SİSTEMİN ISIL ATALETİ	Ataleti kaynar suya göre daha azdır. Kazandaki su miktarı ve sistemdeki su miktarı kaynar suya göre daha azdır. Sistemin buhar tutması uzun zaman alır.	Kazandaki ve sistemdeki su miktarı çok fazladır. Devreye girmesi uzun zaman alır. Ataleti en fazla olan sistemdir.	Sistemde ve kazanda bulunan yağ miktarı çok az olduğundan sistemin ısı ataleti çok azdır. Hemen devreye girer. Yağın ortalama özgül ısıma ısı (0,5 kcal/kJ °C) suyun yaklaşık olarak yarısı kadardır.
14-KESİNTİLİ ÇALIŞMA KAYIPLARI	Fazla	En fazla	En az.

Tablo1 . BUHAR, KAYNAR SU, KIZGIN YAĞ SİSTEMLERİ KARŞILAŞTIRMA TABLOSU (Devam)

KARŞILAŞTIRMA KONUSU	BUHAR TESİSATI	KAYNAR SU TESİSATI	KIZGIN YAĞ TESİSATI
15- ISI İÇERİĞİ	Isı içeriği yüksek. Gizli ısı olarak yaklaşık 2100 kJ/kg	Orta derecede ısı içeriği. Özgül ısı (1 kcal/kg°C) (4.18 kJ/kgK)	Isı içeriği düşük. Mertebe olarak özgül ısı: (0.4-0.7 Kcal/kg°C) (1.69-2.93 kJ/kgK)
16- ISI TRANSFER KATSAYISI	Yüksek (5000-10000 kcal/hm ² °C) (Aynı ısıtma yüzeyinden, daha fazla ısı transferi sağlanır.)	Orta (2000-3000 kcal/hm ² °C)	Göreceli olarak düşük. (1500-200 kcal/hm ² °C)
17- ESNEKLİK	Sistem esnektir.	Sistem daha az esnektir.	Sistem esnek değildir.
18- KONTROL KOLAYLIĞI	a- Kullanım yerlerinde 2 yollu vana ile genellikle daha kolay kontrol salanır. Kullanımı kolay ve basittir. b- Isıtma merkezinde buhar kazanlarının su seviye ve basınç kontrolü yapılır. c- Gözetimli veya gözetimsiz işletme şartlarına göre farklı kontrol sistemleri kullanılır.	a- Kullanım yerlerinde 3 yollu veya 2 yollu vanalar kullanılarak kontrol sağlanır. b- Isıtma merkezinde sıcaklık ve basınç kontrolü yapılır. c- Gözetimli veya gözetimsiz işletme şartlarına göre farklı kontrol sistemleri kullanılır.	a- Kullanım yerlerinde 3 yollu veya 2 yollu vanalar kullanılarak kontrol sağlanır. b- Isıtma merkezinde sıcaklık ve basınç kontrolü yapılır. c- Gözetimli veya gözetimsiz işletme şartlarına göre farklı kontrol sistemleri kullanılır.

Tablo1 . BUHAR, KAYNAR SU, KIZGIN YAĞ SİSTEMLERİ KARŞILAŞTIRMA TABLOSU (Devam)

KARŞILAŞTIRMA KONUSU	BUHAR TESİSATI	KAYNAR SU TESİSATI	KIZGIN YAĞ TESİSATI
19- SICAKLIK YER BASINÇ DÜŞÜRME İMKANI	Basınç düşürme vanasıyla buhar basıncı kolayca düşürülerek istenilen şartlar sağlanır. NOT : Basınç düşürücü vana çıkışında buharın sıcaklığı değişmediği halde, basıncı düşürülür. Çıkıştaki buhar kuru buhar (kızdırılmış buhar özelliği taşır)	Sıcaklık düşürme daha zordur. Ancak farklı zonlarda 3 yollu vanalar ve sekonder pompalar kullanıp, dönüş suyu karıştırılarak sıcaklık düşüşü veya farklı sıcaklık zonları oluşturulabilir.	Sıcaklık düşürme daha zordur. Farklı zonlara 3 yollu vanalar ve sekonder pompalar monte edilerek karışım sağlanabilir ve farklı sıcaklık zonları oluşturulabilir.
20- FLAŞ PROBLEMİ	Vardır. Flaş buhar kayıpları sistem verimini azaltacağı için; buhar sistemlerinde, flaş buharı olabildiğince değerlendirilecek ilk yatırım yapılmalıdır.	Yoktur.	Yoktur.
21- BLOF KAYBI KÖPÜK ALMA KAYBI	Vardır. Buhar kazanlarında sürekli olarak buharlaşma olduğu için (özellikle kondens suyu dönüşü olmayan veya kısmen olan sistemlerde daha da önemli), belirli aralıklarla kazanların boşaltma vanaları (otomatik veya manuel) açılarak blof yapılır. (bir miktar kaynar su dışarıya atılır) Blöf ve köpük alma işlemi sırasında oluşacak flaş buhardan da ısı geri kazanımı yapılması enerji kayıplarını azaltacaktır.	Blöf kaybı azdır	Yoktur.

Tablo1 .BUHAR, KAYNAR SU, KIZGIN YAĞ SİSTEMLERİ KARŞILAŞTIRMA TABLOSU (Devam)

C-MONTAJ

KARŞILAŞTIRMA KONUSU	BUHAR TESİSATI	KAYNAR SU TESİSATI	KIZGIN YAĞ TESİSATI
22- YER İHTİYACI	Kazan hacmi çok büyüktür. Degazör tankı kondens suyu tankı, degazör ve kondens suyu besli pompaları ile birlikte kazan dairesi için daha büyük alana ihtiyaç vardır.	Modem sistemlerde azot veya buhar yastıklı genişleme depoları yerine, ara soğutucu depo + pompalı tip genişleme (dengeleme) depoları ve su rezerv deposu kullanılmaktadır. Bu durumda buhara göre daha küçük boyutlu kazan dairesine ihtiyaç vardır.	Kazan konstrüksiyonu biraz daha farklıdır. Aynı kapasitedeki kaynar su kazanına göre daha fazla ısıtma yüzeyine ihtiyaç vardır. Boyut kaynar su kazanına yakındır. Yağ depolama tankı, gaz ayırma tankı ve genişleme tankı boyutları biraz daha küçüktür. Sirkülasyon pompaları vardır. Kazan dairesi için gerekli olan alan ihtiyacı biraz daha küçüktür.
23- BORU KALİTESİ	Kaliteli boru ve ciddi boru işçiliği gerektirir. Yüksek basınçlarda dikşsiz ve yüksek kaliteli çelikten imal edilmiş borular kullanılmaktadır.	Yüksek basınçlarda dikşsiz ve yüksek kaliteli çelikten imal edilmiş borular kullanılmaktadır. Boru montaj işçiliği buhardan daha kolaydır. Ancak boru çapları buhara göre daha büyük olduğu için, işçilik maliyeti de artar.	Daha ince etli borular kullanılabilir. Borular yüksek kaliteli çelikten imal edilmiş olmalıdır. Montaj işçiliği ve kaynak kalitesi önemlidir.
24- BORU ÇAPLARI	Küçük (Buhar ve kondens borularının toplam kesiti dikkate alınarak) Bak 10. Kriter: Taşınabilen Isı Miktarı	Büyük	Daha büyük.
25- BORU ŞERHESİ	Zor ve pahalıdır. Buhar borularına, kondensin alınması için sürekli bir eğim verilmelidir. Uzun mesafelerde testere dişi biçiminde montaj yapılır. Termik genişlemeyi dengeleyecek önlem alınmasına dikkat edilmelidir.	Hava toplanmasına izin vermemek kaydı ile eğimin önemi yoktur. Belirli yerlerde (üst noktalarda) hava tahliyesinin yapılması gereklidir. Termik genişlemeyi dengeleyecek önlem alınmasına dikkat edilmelidir.	Eğimin önemi yoktur. İlk dolunda hava tahliyesinin yapılabilmesi kaydı ile) Genellikle çok yüksek sıcaklıklarda kullanıldığı için, termik genişlemeleri dengeleyecek (boru uzamaları) önlemler alınmalıdır.

Tablo I . BUHAR, KAYNAR SU, KIZGIN YAĞ SİSTEMLERİ KARŞILAŞTIRMA TABLOSU (Devam)

KARŞILAŞTIRMA KONUSU	BUHAR TESİSATI	KAYNAR SU TESİSATI	KIZGIN YAĞ TESİSATI
26- KONDENS SUYU BORUSU DOŞENMESİ	Kondens suyu boruları sürekli alçalan eğimde monte edilmelidir. Kondens suyu korozyon bir akışkan olduğu için, düşük basınçlarda da yüksek kaliteli çelikten üretilen borular kullanılmalıdır. Düşük basınçlı buhar sistemlerinde boru cidar kalınlığı daha fazla olan DIN 2441 normuna göre üretilen dikişli boruların kullanımı mümkün olsa da, korozyon problemi başladıktan sonra kalın cidarlı borularda da delinme olacaktır. Kalın etli boru kullanmak yerine, yüksek kaliteli çelikten (ST-42 vb) imal edilmiş borular tercih edilmelidir. Borunun cidar kalınlığı ve çelik çekme boru kullanımı ise basınç dayanımı ve emniyet ile ilgilidir. Toplanan kondens suyunun sisteme döndürülmesi basınç ve doğal akış ile gerçekleşmiyorsa; ara kondens deposunda toplanır ve pompa ile ısıtma merkezindeki ana kondens deposuna basılabilir.	Yoktur.	Yoktur.
27- BOŞALTIMA MUSLUKLARI	Tek vana genellikle yeterlidir.	Çift vana kullanılması daha uygundur.	Çift vana kullanılır.
28- DOLAŞIM POMPAŞI	Pompalama gerekmez . Buhar kendi basıncıyla döler. Kazana su basmak için kazan bes pompaları kullanılır.	Dolaşım pompaları kullanılır.	Dolaşım pompaları kullanılır.
29- BUHAR KAPANI (KONDENSTOP)	Gerekli. Kondensstoplar buhar sistemlerinin en çok servis ve kontrol gerektiren elemanlarıdır.	Gereksizdir.	Gereksizdir.

Tablo 1. BUHAR, KAYNAR SU, KIZGIN YAĞ SİSTEMLERİ KARŞILAŞTIRMA TABLOSU (Devam)

D- İŞLETME BAKIM VE ONARIM

KARŞILAŞTIRMA KONUSU	BUHAR TESİSATI	KAYNAR SU TESİSATI	KIZGIN YAĞ TESİSATI
30- SERVİS - BAKIM SIKLIĞI VE MALİYETİ	En fazla servis bakım gereksinimi bu alternatiftedir. Çoğu zaman kurulan sistem sürekli gözetimi gerektirir. Kondensatörler en fazla bakım gerektiren cihazlardır. Kaynar suya göre daha zordur ve uzmanlık gerektirir.	Daha kolay ve ucuzdur.	Bakım sıklığı ve ihtiyacı en az olan alternatiftir. En fazla problem olasılığı sirkülasyon pompalarındadır. Ancak yüksek işletme riski (yangın) nedeniyle özellikle kazanların ve sistemde dolaşan yağın bakım ve kontrolleri yüksek standartlarda ve belirli periyotlarda yapılır. Kızgın yağın normal işletme koşullarında 1 yıl ve daha uzun aralıklarla değişiminin gerekmesi nedeniyle servis ve bakım maliyeti artar. En pahalı ve zordur. Çok özel eğitim ve uzmanlık gereklidir.

E- İŞLETME RİSKİ VE EMNİYET

KARŞILAŞTIRMA KONUSU	BUHAR TESİSATI	KAYNAR SU TESİSATI	KIZGIN YAĞ TESİSATI
31- YANGIN RİSKİ	Yoktur.	Yoktur.	Vardır. Sistemde ısıtıcı akışkan olarak kullanılan yağ yanıcı olduğu için, malzeme ve işçilik kalitesi ile; işletme, servis ve bakım çok önemlidir. Hata yapılmasında oluşabilecek bir yangın, sistemi çökertebileceği gibi çevresi de ciddi boyutlarda etkilenir. Ancak doğru proje, montaj, işletme, bakım ve kontroller yapılması kaydıyla sistem emniyetlidir.
32- EMNİYET	Sistem basınç altında çalışır ve tam güvenlik önlemleri alınmış olması gerektirir. Patlama riskini daha fazla taşır. Ancak doğru proje, uygulama ve işletme yapılması ve çok kaliteli malzeme kullanılması halinde; sistem yüksek basınçlarda da emniyetlidir.	Sistem basınç altında çalışır ve tam güvenlik önlemleri alınmış olması gerektirir. Patlama riski buhara göre biraz daha fazladır. Kaynar su sistemlerinde basınç düşüğünde ani buharlaşma (aşırı hacim genişlemesi) sonucunda tesisatta patlama olabilir veya cıdar hasarları oluşabilir. Ancak doğru proje, uygulama ve işletme yapılması ve çok kaliteli malzeme kullanılması halinde; sistem yüksek basınçlarda da emniyetlidir.	Sistem basınçsız olduğundan emniyetlidir. Basıncın sürekli kontrolü için genişleme depoları ve sisteminin yedekli yapılması önerilir.
33- AVANTAJLI OLDUĞU TESİSLER (SONUÇ)	1) Yüksek sıcaklık gereksinimi olan ve yüksek basınca dayanıklı ısıtıcı sistemlerin kullanılabildiği tesisler. 2) Kot farkı çok fazla olan bölgelerde uzaktan ısıtma sistemi olarak 3) Açık buhar kullanılabilecek (beton küre vb) sistemler. 4) Hijyen gereken ısıtma tesisleri (Gıda sanayi) 5) Yüksek sıcaklık gereksinimi olan (çamaşırhaneler vb) ve bina içine emniyetle kurulması gereken ısı merkezlerinde (su hacmi çok az olan buhar jeneratörleri)	1) Yaygın bölge ısıtma sistemleri 2) Orta sıcaklık (~180 °C kadar) ısıtma gereksinimi olan ve buhara göre daha az korozyon riski istenen ısıtıcıların kullanıldığı tesisler.	1) Yüksek sıcaklık gereksinimi olan , yüksek basınç istenmeyen tesisler. 2) Isıtma devresinde korozyon riski olmaması gereken tesisler. 3) Küçük ve yaygın olmayan tesislerde uygulanabilir.

Tablo 1 . BUHAR, KAYNAR SU, KIZGIN YAĞ SİSTEMLERİ KARŞILAŞTIRMA TABLOSU (Devam)

BUHAR

Eff. Basınç	Hız	Kesit	Hac. Debi	Özg. Hac	Küt. Debi	Isı İçeriği	Isıl Debi
bar	m/s	m ²	m ³ /s	m ³ /kg	kg/s	kJ/kg°C	kJ/s
0	15	0.01	0.15	1.673	0.089659	2257	202
2	15	0.01	0.15	0.603	0.248756	2163	538
4	15	0.01	0.15	0.374	0.40107	2108	845
6	15	0.01	0.15	0.272	0.551471	2066	1139
8	15	0.01	0.15	0.215	0.697674	2030	1416
10	15	0.01	0.15	0.177	0.847458	2000	1695
0	25	0.01	0.25	1.673	0.149432	2257	337
2	25	0.01	0.25	0.603	0.414594	2163	897
4	25	0.01	0.25	0.374	0.668449	2108	1409
6	25	0.01	0.25	0.272	0.919118	2066	1899
8	25	0.01	0.25	0.215	1.162791	2030	2360
10	25	0.01	0.25	0.177	1.412429	2000	2825
0	40	0.01	0.4	1.673	0.239091	2257	540
2	40	0.01	0.4	0.603	0.66335	2163	1435
4	40	0.01	0.4	0.374	1.069519	2108	2255
6	40	0.01	0.4	0.272	1.470588	2066	3038
8	40	0.01	0.4	0.215	1.860465	2030	3777
10	40	0.01	0.4	0.177	2.259887	2000	4520

KAYNAR SU

Sıc. Farkı	Hız	Kesit	Hac. Debi	Özg. Hac	Küt. Debi	Özg. Isı	Isıl Debi
°C	m/s	m ²	m ³ /s	m ³ /kg	kg/s	kJ/kg°C	kJ/s
40	1	0.01	0.01	0.001	10	4.18	1672
40	1.5	0.01	0.015	0.001	15	4.18	2508
40	2	0.01	0.02	0.001	20	4.18	3344
50	1	0.01	0.01	0.001	10	4.18	2090
50	1.5	0.01	0.015	0.001	15	4.18	3135
50	2	0.01	0.02	0.001	20	4.18	4180
30	1	0.01	0.01	0.001	10	4.18	1254
30	1.5	0.01	0.015	0.001	15	4.18	1881
30	2	0.01	0.02	0.001	20	4.18	2508

Tablo 1A. AYNİ 0.01m² BORU KESİTİNDEN BUHAR VE KAYNAR SU İLE TAŞINABİLEN ISI MİKTARLARI

3. Buhar kazanlarında çift presostat kullanılır. Bunlardan birincisi kazanın çalışma basıncının ayarlandığı presostatdır. Kazanımız 6 atü ise, presostat 5,5 ile 6 arasında çalışır. Orta basınçlı buhar tesisatlarında presostat diferansı 0,5 atü mertebesinde kullanılır. Bu presostat brülöre kumanda eder. Presostatta ayarlanacak basıncın, presostatın çalışma aralığının ortalarında bir yerde olması gereklidir. Orta noktada presostatın hassasiyeti daha fazladır. Örneğin, kazanımız 6 atü ise 0-10 atü presostat kullanılmalıdır. Sistemdeki ikinci presostat limit presostatdır. Limit presostatın ayar diferansı çalışma basıncının 0,5 atü fazlasıdır. 6 atü'de çalışan bir kazanda 6,5 atü limit presostat brülöre kumanda ederek sistemi kapatır.

4. Kazan üzerindeki emniyet ventili ve presostatlardan önce vana konulmamalıdır. Kazan üzerindeki tüm armatürler için tek tek kazan üzerine delik açılmamalıdır. 2 tane kollektör yapılarak tüm armatürler bu kollektörlere bağlanmalıdır.

5. Kazan besli cihazları (kazan su seviye kontrol cihazları) 3 veya 5 kontaklı olabilirler. 3 kontaklı kazan besli cihazlarında 1. kontak pompa start, 2. kontak pompa stop, 3. kontak brülör stop kontaklıdır. İlave kontaklar ile sesli ve ışıklı alarm verilebilir.

6. Aynı devrede birden fazla sayıda buhar kazanı varsa, kazanlar aynı ortak kolektöre bağlanır. Kolektör girişinde bir çek vana, bir ana buhar vanası ve bir by-pass vanası olmalıdır. Her kazanın kondens pompası ve besli hattı ayrı ayrı olmalı. Pompa emişi or-

tak olabilir. Ancak her kazanın besisi suyu pompası ayrı olmalıdır. Bir adet pompa ise aynı basınçta çalışan kazanların yedek besisi suyu pompası olarak seçilebilir.

7. Buhar kazanı çıkışıdaki vanaları iptal edip, yalnız kollektöre girişte vana olsa yeterlidir.

8. Presostat ve manometre kazana helezonla bağlanmalıdır.

9. Presostatın ve emniyet vanasının altında kapama vanası olmaz.

10. Buhar kazanı siparişi verirken, kazan işletme ve emniyet setlerini paket olarak imalatçı firmadan istemek daha uygundur.

Buhar devresi notları

1. Buhar tesisatında borular akış yönüne doğru % 1 eğimle götürülmelidir. Böylece oluşan kondens akış yönünde ilerler. Ancak uzun yatay borular var ise, yaklaşık 60 mt'de bir kondens alınmalıdır. Bu noktada boru yukarıya dik olarak $\approx 30-40$ cm yükseltilir ve altından kondens alınır.

2. Buhar tesisatında orta ve yüksek basınçlı sistemlerde çelik çekme boruları seçilmelidir. Düşük basınçlı buharda APS normuna uygun ST 37 malzemeden doğal gaz boruları 6 bar basınca kadar kullanılabilir. Yüksek basınçlı buharda ise, ST 42 kalitede çelik çekme borular kullanılmalıdır.

3. Buhar tesisatında küresel vana kullanılmamalıdır. Küresel vana ani olarak açılırsa, tesisat borularında çok hızlı ısınma sonucu ani uzamalar meydana gelebilir ve bransmanlar kopabilir.

4. Buhar hattında ve kollektörün altında mutlaka kondensstop grubu olmalıdır. Bu grupta kondensstopun çalışıp çalışmadığını, kaçak olup olmadığını anlamak için mutlaka gözetleme camı veya kondensstop kontrol cihazı konulmalıdır.

5. Eşanjör devresinde, eşanjörün vanaları kapatıldığında patlamasını engellemek için mutlaka emniyet ventili kullanılmalıdır.

6. Eşanjöre buhar üstten gelmeli, kondensstop grubu olmalıdır.

7. Buhar tesisatlarında genellikle maliyeti daha ucuz olduğu için U-tipi eşanjörler kullanılır.

8. Buhar akümülatörleri kazandan gelen buharın depolandığı basınçlı kaplardır. Buhar depolanması sayesinde kazan daha küçük kapasitede seçilebilir ve ani buhar çekişlerinde kazan borularının yanma riski ortadan kalkar. Buhar akümülatörlerinde de diğer tüm basınçlı kaplarda olduğu gibi emniyet ventili kullanılmalıdır.

9. Almanya'da 5 bar buhar basıncından sonra, PN16 yerine PN 40 boru kullanımı tercih edilmektedir. Bu çözüm pahalı gelirse 10 bar basıncına kadar buhar tesisatında hiç olmazsa kolektördeki vanalar PN 40 olmalıdır.

Kondens devresi notları

1. Açık buhar kullanılan tesislerde, yani üretilen buharın alınıp dışarıya atılarak kullanıldığı tesislerde, kondens tankına yumuşatılmış su takviyesi yapılır. Böyle durumlarda kondens tankından kazana gelen su soğuk olabilir ($40^{\circ}\text{C}-50^{\circ}\text{C}$ veya daha soğuk). Bu arada kazanın 130°C veya daha sıcak mertebelerinde oldu-

ğunu düşünürsek, kazanda gerilmeler oluşur. Ayrıca kazandaki su sıcaklığının kullanılan yakıtın yoğunlaşma sıcaklığının altına düşmesi durumunda (örneğin 6 numara Fuel-oil için 130°C) buhar kazanları duman borularında asit oluşur, bu da kazanların çabuk delinmesine sebep olur. Bu yüzden kazan ile kondens tankı arasında, kazana giren su sıcaklığını artırmak için bir kazan besisi suyu ısıtma eşanjörü konulmalıdır. Eşanjör konulduğu zaman, kondens pompalarını hesaplarken eşanjörün basınç kaybını da dikkate almak gerekir.

2. Türkiye'de ciddi projelere bakıldığında kondens tankı ile kazan arasında eşanjör konulma oranı % 15'den fazla değildir.

3. 5 ton/h kapasitesinde 3 atü'lük bir buhar kazanının kondens pompasının debisi: 5 ton/h'den büyük, basıncı da 30 mss'dan büyük olmalıdır. Bu pompaları hesaplarken pompa debisini buhar debisiyle aynı seçip, basıncını kazan basıncı+pompa kazan arasındaki basınç kayıpları toplamından 1-2 atü büyük seçmek daha uygundur. Pompa eğrisinin yataya yakın olması önemlidir.

4. Ani buhar çekişlerinde, boruların susuz kalıp zarar görmemesi için kondens pompaları buhar kapasitesinin % 20-% 25'i kadar büyük olmalıdır. Buhar akümülatörlerine ihtiyaç olup olmadığı ayrıca kontrol edilmelidir.

5. Kondens pompalarında mekanik salmastra her zaman gerekli değildir. (Kondens pompalarındaki su maksimum 100°C mertebelerindedir). Normal salmastralar $120^{\circ}\text{C}-130^{\circ}\text{C}$ 'lere kadar kullanılabilir. Mekanik salmastranın değişimi için genellikle pompayı söküp, fabrikaya göndermek gerekmektedir.

6. Buhar tesisatında kullanılan kondens tankının içerisinde bulunan şamandra bakırdır. Bu şamandra sıcaktan etkilenmemesi için plastik yerine bakırdan yapılır. Kondens tankına yumuşatılmış su verilmelidir.

7. Kondens tankı kazan besisi pompalarının seviyesinin 40-50 cm üstüne yerleştirilmelidir. Böylece kazan besisi pompalarının emişlerinde oluşabilecek kavitasyon engellenir.

8. Kondens deposunda su sıcaktır. Pompa emişinde düşük basınç nedeniyle buharlaşma oluşur. Buhar kabarcıkları pompa çarklarını tahrip eder ve bunların sık değişmesine neden olur. Depo yukarıda olunca, statik basınç nedeniyle emişteki düşük basınç engellenir.

9. Kondens tankı çıkışıdaki vana ve kazan besisi pompaları ile kondens tankı arasındaki vanalar buhar vanası olmayabilirler. Ancak kazan besisi pompaları çıkışıdaki vanalar ve kazan girişindeki vana en az PN16 buhar vanası olmalıdır. Sistemdeki diğer tüm vanaların buhar vanası olması gerekir. Kondens tankının boşaltma vanası genelde DN 50 seçilir ve bu buhar vanası tipinde olmalıdır.

10. Kondens pompası ile kazan arasındaki boru yukarıdan gidecek ise, hava tüpü konulmalıdır.

11. Farklı basınçlardaki kondensler aynı boru ile toplanmaz. Her basınçtaki kondens ayrı ayrı toplanıp, kondens kabına ayrı girmez.

Termik degazör notları

1. Buhar sistemlerinde kazana beslenen suyun içinde erimiş gaz (özellikle oksijen) bulunmamalıdır. Bunun için buhar sistemlerinde genellikle termik degazörler kullanılır. Termik degazör kullanımı ile ilgili alt sınır basınç değeri 6 bar olarak verilebilir. 6 bar basıncın üzerinde buhar sistemlerinde termik degazör mutlaka kullanılmalıdır.
2. Termik degazörler atmosferik ve basınçlı olarak ikiye ayrılabilir. Yaygın olarak kullanılan atmosferik degazörlerde yaklaşık 0.2 bar basınç altında 102-105 °C sıcaklıklarda gaz giderme işlemi yapılır. Bu sıcaklıkta yapılan gaz gidermede suyun içindeki erimiş gaz oranı 0.1-0.2 ppm mertebelerine kadar indirilebilir.
3. Su içindeki gaz miktarı basınç ve sıcaklığa bağlıdır. Suyun üzerindeki basınç arttıkça ve su soğudukça içinde erimiş olarak kalabilecek gaz miktarı artar. Şekil 1B'de basınç ve sıcaklığa bağlı olarak suyun içindeki erimiş hava miktarları verilmiştir. Örneğin 20°C'de atmosferik basınçta 1 litre suda 18 cm³ hava olabilirken, 90°C'de bu değer 4 cm³'e düşer. Buna karşılık 1 bar basınçta 90°C sıcaklıktaki suda 15 cm³ hava bulunabilir.
4. Gazların cinslerine göre de suyu terk etme sıcaklıkları farklıdır. Atmosferik basınçta CO₂ 80°C mertebelerinde ayrılırken, oksijen (hava) 102 °C'de ayrılır.
5. Basınçlı degazörlerde basınç altında 140 °C sıcaklıklara kadar çıkarılır.
6. Degazörü, kazan besli pompasının 4-5 m yukarısına yerleştirmek gerekir, böylece pompa emişinde kavitasyon oluşmaz.
7. Degazörün içerisindeki tavalar mutlaka paslanmaz çelikten yapılmalıdır. Çiğin doğrusu tüm degazörü paslanmaz çelikten yapmaktadır, ancak degazörün domunun saçtan yapıldığı durumlar da mevcuttur.
8. Düşük basınçlı degazörlerin çıkışında su sıcaklığı 102-105 °C mertebesindedir. Eğer sistemde 6 numaralı Fuel-oil kullanılıyor ise degazör çıkışına bir eşanjör koymak ve kazana giren su sıcaklığını 130 °C'ye çıkarmak kazan ömrünü artıracaktır.

Yakıt devresi notları

1. Buharlı tesislerde yakıt tanklarını ısıtmada kullanılan buharın kondensi, yağ karışması riski nedeniyle genellikle dışarı atılır. Böylece hem enerji, hem su ve hem de bu suyu şartlandırmak için kullanılan kimyasallar dolayısıyla büyük bir maliyet kaybı ortaya çıkar. Bunun için geliştirilen özel sensörler yardımı ile yağa su karıştığını belirleyip, kondensi hemen dışarı otomatik olarak atmak mümkündür. Bu cihazların kullanımı ile büyük bir kar sağlamak mümkündür.
2. Isıtma eşanjöründen çıkan yakıtın sıcaklığı 6 numaralı Fuel-oil'de 130 °C, 5 numaralı fuel-oil'de 110 °C'dir.
3. Fuel-oil'de viskozite arttıkça, içindeki kükürt oranı artar. Bu kükürt de yoğunlaşma sırasında sülfirik asite dönüşür. Sülfirik asit kazan borularının delinmesine neden olur.
4. Yakıt hatlarında Fuel-oil ısıtılarak akıcı hale getirilir. Fuel-oil'in iyi pülverize olabilmesi için yeterince akıcı olması gereklidir. Bu da ısıtılarak yapılır. 6 numaralı Fuel-oilin brülör lansı çıkışındaki basıncı 25 bar ve sıcaklığı ise 130 °C mertebesindedir.

şındaki basıncı 25 bar ve sıcaklığı ise 130 °C mertebesindedir.

5. Eğer Fuel-oil az ısıtılsa pülverize olmaz. Eğer fuel-oil çok ısıtılırsa, bu sefer de dişli yakıt pompalarında kavitasyon yaratıp, pompalara zarar verebilir.
6. Yakıt depoları ve kondens deposuna öne doğru %1 eğim verilmelidir. Boşaltma musluğu da ön tarafa monte edilmelidir.
7. Yakıt depolarının dolum boruları, dolum sırasında aşırı yakıt buharlaşmasını önlemek için, depo alt seviyesine göre 20-30 cm mesafeye kadar indirilmelidir. Buharlaşan yakıtın bir kısmı havalık borusundan dışarıya kaçacağı için az da olsa kayıp ve tehlike riski vardır.
8. Fuel-oil depolarının ısıtıcıları, depo altından itibaren max. 10 cm yüksekliğe bağlanmalı ve fuel-oil çıkışı alt tarafından olmalıdır.
9. Dişli tip pompa, yağ filtresi, buhar tutucu gibi elemanların kolaylıkla sökülüp, takılabilmeleri için lüzumlu yerlere konik rakorlar monte edilmeli veya flanşlı bağlantı yapılmalıdır.
10. Fuel-oil depoları 50 mm, kondens tankı 80 mm kalınlıkta cam pamuğu ile izole edilmeli ve üzerleri 0,5 mm galvaniz saç ile kaplanmalıdır.
11. Yakıt borularının bir tamirat anında boşaltılabilmeleri için F.P.I. istasyonu yönünde % 1 eğim verilmeli ve birer adet boşaltma musluğu konulmalıdır.
12. Yakıt dolum borularına yakıt depoları yönünde % 2 eğim verilmelidir.
13. Yakıt depolarının havalık boruları ise cihazlar yönünde % 1-2 eğimli olmalıdır.

1.3. Temel Bilgiler

1.3.1. Buharlaşma-Kaynama

Buharlaşma her sıcaklıkta meydana gelir. Kaynama sıcaklığına kadar sıcaklık arttıkça buharlaşma hızı da artar. Kaynama noktasına ulaşıldığında ise kaynama adı verilen farklı bir olay ortaya çıkar. Aslında kaynamada da buharlaşma söz konusudur. Fakat bu, farklı bir şekilde ve farklı hızda bir buharlaşma olayıdır. Kaynama sıcaklığı sıvının cinsine ve basınca bağlıdır.

Bir sıvı yüzeyi üzerinde, mutlaka, belirli bir miktarda söz konusu sıvının buharı bulunur. Sıvının üzerindeki bu buhar miktarı, buharlaşmanın devamını kontrol eden ana parametredir. Bu buharın uzaklaştırılması buharlaşmayı teşvik eden bir işlemdir. Eğer buharlaşma açık bir kaptaki yapıyorsa, kaptaki su bitene kadar buharlaşma devam eder. Örneğin açık bir tavada herhangi bir sıcaklıkta bırakılan su, tava tamamen kuruyana kadar buharlaşmaya devam eder. Halbuki kapalı bir kaptaki buharlaşma sırasında, örneğin aynı şartlarda mantarı kapalı bir şişedeki suda, su yüzeyi üzerindeki hacim buharla öylesine dolar ki bir süre sonra artık daha fazla su buharlaşamaz. Bu bir denge halidir. Denge durumunda sıvı ve buhar miktarları sabit hale gelir. Sıvının ve üstündeki gazın sıcaklıkları ve basınçları eşittir. Bu denge haline doyma denir. Bu durumda sıvı ve buhar doymuştur.

Buharlaşma ve yoğunlaşma aynı zamanda basınçla ilişkilidir. Eğer

sıvının üzerindeki basınç artırılırsa, buharlaşma azalır. Aynı şekilde basınçla kaynama sıcaklığı da artar. Basınç ne kadar yüksek olursa, kaynama sıcaklığı o kadar yüksek olur.

1.3.2. Kaynama noktası

Bir sıvının kaynama noktası, buhar basıncının serbest yüzey üzerindeki toplam basınca eşit olduğu sıcaklık olarak tarif edilebilir. Bu sıcaklık aynı zamanda söz konusu basınçtaki doyma sıcaklığı olarak bilinir. Kaynama noktası çoğu zaman standart atmosferik basınçtaki suyun kaynama sıcaklığı olan 100°C olarak bilinir. Halbuki doyma sıcaklığı veya kaynama noktası, basıncın fonksiyonudur ve basınçla artar.

Tamamen kapalı bir kaptaki buhar üretiminde, sıvı fazdan gaza geçişteki büyük hacim artışına bağlı olarak, basınç artımı olur. Basıncın artması ile sıvının ve buharın sıcaklığı da sürekli olarak artar. Isı verilmeye devam edilirse, sonuçta kap patlayana kadar basınç ve sıcaklık yükselmeye devam eder. Buhar kazanlarında kritik noktanın altındaki basınçlarda çalışma halinde, basınç istenilen bir değerde sabit tutulur. Bunun için, üzerinde yeterli bir buhar hacmi bırakılarak su seviyesi sabit tutulur ve üretilen buhar ile kazandan çekilen (tüketilen) buhar miktarları birbirlerini sürekli dengeleyecek şekilde üretilen buhar miktarı ayarlanır.

Buhar mutlaka serbest su yüzeyi üzerinde ve suyla temas halinde mevcut durumdadır. Bu gaz hacminde buhardan başka gazlar (hava veya yoğunlaşmayan diğer gazlar) bulunması olayı değiştirmez.

Buharla suyun serbest bir yüzey olmaksızın bir arada bulunması da mümkündür. İki fazlı bir akışkan olarak su buhar karışımları buhar kazanı borularında çok karşılaşılan bir akışkan biçimidir. Bu durumdaki akışkanı tarif etmek için kuruluk derecesi kavramı geliştirilmiştir. Bir su-buhar karışımındaki buharın ağırlıksal kesri (oranı) kuruluk derecesini verir. Buna göre saf suyun kuruluk derecesi $x=0$ ve saf buharın kuruluk derecesi, $x=1$ değerindedir.

1.3.3. Buharın Özellikleri

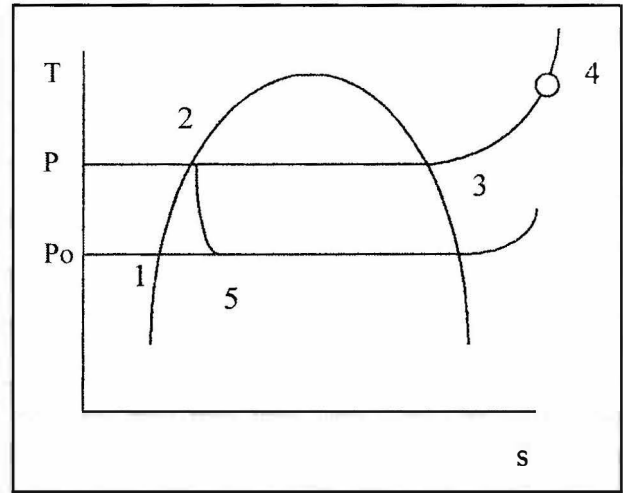
Buhar üreten veya kullanan cihazların tasarımı için buharın özelliklerinin bilinmesi gerekir. Herhangi bir durumdaki buharın özellikleri söz konusu noktadaki buharın halini tarif eder. Diğer saf maddeler gibi, su buharı için de bilinmek istenen özellikler sıcaklık, basınç, özgül hacim, entalpi, entropi olarak sayılabilir. Herhangi bir noktada buharın halini tarif etmek için bu özelliklerden sadece ikisi yeterlidir. Bu demektir ki, bir hal için buharın iki özelliği biliniyorsa, bunlar cinsinden aynı haldeki diğer bütün özellikler hesaplanabilir.

Buharla ilgili hesaplarda bu özelliklerden yararlanarak çeşitli basınçlara karşı gelen doyma sıcaklıkları, doymuş suyun ve buharın entalpileri ve özgül hacimleri ve buharlaşma entalpisi (buharlaşma ısısı) istenmektedir. Bunun için Buhar Tabloları hazırlanır. Bu tablolar yardımı ile buhar üreten ve kullanan bütün cihazların tasarımı mümkündür. Tablo 2'de su buharı için hazırlanmış doymuş buhar tablosu görülmektedir.

Çoğu zaman pratikte buhar tabloları yerine diyagramlar kullanılır. Buhar hesaplarında en çok kullanılan diyagramlar T-s (sıcaklık entropi) ve h-s (entalpi-entropi) diyagramlarıdır. h-s diyagramına Mollier diyagramı da denilir. Bu diyagramlarda iki özellik cinsinden (eksen takımları) diğer özelliklerin değişimi eğriler halinde verilmiştir. Ayrıca diyagramlarda faz eğrileri, yani doymuş buhar ve doymuş su halleri de işaretli vaziyettedir. Şekil 3'de su buharı için hazırlanmış bir Mollier diyagramı görülmektedir.

Şekil 4'de ise şematik olarak verilen bir T-s diyagramında buharın çeşitli halleri işaretlenmiştir. Bu şekilde 1 numaralı noktada akışkan su halindedir. 2 noktasında su doyma sıcaklığına erişmiştir. Dolayısı ile 2 noktasında doymuş su bulunmaktadır. 3 noktasında ise akışkan doymuş kuru buhar halindedir. Doymuş kuru buhar kendi sıvısı ile temas halindeki saf buhardır. Bu buhar alınarak başka bir yerde kendi sıvısı ile temasta olmaksızın sabit basınçta ısıtılırsa, sıcaklığı yükselir ve 4 noktasına ulaşılır. Bu durumdaki buhara kızgın buhar adı verilir. Kızgın buhar aynı basınçtaki doymuş buhardan daha sıcaktır ve doymuş buharla kızgın buhar arasındaki bu sıcaklık farkına, buharın kızgınlık derecesi denir.

Bir buhar kazanındaki işlemler yukarıda tarif edilen 1 noktasından 4 noktasına kadar olan sabit basınçtaki işlemlerden ibarettir.



Şekil 4. ŞEMATİK T-S DİYAGRAMINDA BUHARIN ÇEŞİTLİ HALLERİ

1.3.4. Buhara Verilen Isının Hesabı

Pratik olarak 1 kg akışkanın içerdiği ısı enerjisine onun özgül entalpisi denir ve bir akışkana verilen ısı onun başlangıç ve son entalpileri arasındaki farktan hesaplanabilir. Örneğin 10 kg su, 50°C sıcaklıktan, 14 atü basınçta 500 °C'de kızgın buhar haline getirilirse, verilecek ısı:

$$Q=m (\dot{I}_2-\dot{I}_1)$$

$$\dot{I}_1: \text{Başlangıçtaki suyun entalpisi } (=50 \text{ kcal/kg})$$

$$\dot{I}_2: \text{Sondaki buharın entalpisi } (=831 \text{ kcal/kg})$$

$$Q=10 (831-50)=7810 \text{ kcal } (=32646 \text{ kJ})$$

p : Basınç (bar)
 T : Sıcaklık (C, K)
 v : Özgül hacim (m³/kg)
 g : Yoğunluk (kg/m³)
 i : Özgül entalpi (kJ/kg)
 i_{sb} : Gizli buharlaşma ısı (kJ/kg)
 s : Özgül entalpi (kJ/kg K)
 ' : Doymuş su için değer
 '' : Doymuş buhar için değer

p	T	v'	v''	g	i'	i''	i _{sb}	s'	s''
bar	C	m ³ /kg	m ³ /kg	kg / m ³	kJ / kg	kJ / kg	kJ / kg	kJ / kg K	kJ / kg K
0.075	40.316	0.0010079	19.24	0.05198	168.77	2574.9	2406.2	0.5763	8.2523
0.080	41.534	0.0010084	18.10	0.05523	173.86	2577.1	2403.2	0.5925	8.2296
0.085	42.689	0.0010089	17.10	0.05848	178.69	2579.2	2400.5	0.6079	8.2082
0.090	43.787	0.0010094	16.20	0.06171	183.28	2581.1	2397.9	0.6224	8.1881
0.095	44.833	0.0010098	15.40	0.06493	187.65	2583.0	2395.3	0.6361	8.1691
0.10	45.833	0.0010102	14.67	0.06814	191.83	2484.8	2392.9	0.6493	8.1511
0.11	47.710	0.0010111	13.42	0.07454	199.68	2588.1	2388.4	0.6738	8.1177
0.12	49.446	0.0010119	12.30	0.08089	206.94	2391.2	2384.3	0.6963	8.0872
0.13	51.062	0.0010126	11.47	0.08712	213.70	2594.0	2380.3	0.7172	8.0592
0.14	52.574	0.0010133	10.09	0.09351	220.02	2596.7	2376.7	0.7367	8.0334
0.15	53.997	0.0010140	10.02	0.09977	225.97	2599.2	2373.2	0.7549	8.0093
0.16	55.341	0.0010147	9.433	0.1060	231.59	2601.6	2370.0	0.7721	7.9869
0.17	56.615	0.0010154	8.911	0.1122	236.93	2603.8	2366.9	0.7883	7.9038
0.18	57.826	0.0010160	8.445	0.1184	241.99	2605.9	2363.9	0.8030	7.9460
0.19	58.982	0.0010166	8.027	0.1246	246.83	2607.9	2361.1	0.8182	7.9272
0.20	60.086	0.0010172	7.650	0.1307	251.45	2609.9	2358.4	0.8521	7.9094
0.21	61.145	0.0010178	7.307	0.1368	253.88	2611.7	2355.8	0.8453	7.8925
0.22	62.162	0.0010183	6.995	0.1430	260.14	2613.5	2353.3	0.8581	7.8764
0.23	63.139	0.0010189	6.709	0.1490	264.23	2615.2	2350.9	0.8702	7.8611
0.24	64.082	0.0010194	6.447	0.1551	268.13	2616.8	2348.6	0.8820	7.8464
0.25	64.992	0.0010199	6.204	0.1612	271.99	2618.3	2346.4	0.8932	7.8323
0.26	65.871	0.0010204	5.980	0.1672	275.67	2619.9	2344.2	0.9041	7.8188
0.27	66.722	0.0010209	5.772	0.1732	279.24	2621.3	2342.1	0.9146	7.8058
0.28	67.547	0.0010214	5.579	0.1793	282.69	2622.7	2340.0	0.9248	7.7933
0.29	68.347	0.0010219	5.398	0.1852	286.05	2624.1	2338.1	0.9346	7.7812
0.30	69.124	0.0010223	5.229	0.1912	289.30	2625.4	2336.1	0.9441	7.7693
0.32	70.615	0.0010232	4.922	0.2032	295.55	2628.0	2332.4	0.9623	7.7474
0.34	72.029	0.0010241	4.650	0.2150	301.48	2630.4	2328.9	0.9795	7.7266
0.36	73.374	0.0010249	4.408	0.2269	307.12	2632.6	2325.5	0.9958	7.7070
0.38	74.658	0.0010257	4.190	0.2387	312.50	2634.8	2322.3	1.0113	7.6884
0.40	75.886	0.0010265	3.993	0.2504	317.65	2636.9	2319.2	1.0261	7.6709
0.45	78.743	0.0010284	3.576	0.2796	329.64	2641.7	2312.0	1.0603	7.6307
0.50	81.345	0.0010301	3.240	0.3086	340.56	2646.0	2305.4	1.0912	7.5947
0.55	83.737	0.0010317	2.964	0.3374	350.61	2649.9	2299.3	1.1194	7.5623
0.60	85.954	0.0010333	2.732	0.3661	359.93	2653.6	2293.6	1.1454	7.5327
0.65	88.021	0.0010347	2.535	0.3945	368.62	2656.9	2288.3	1.1696	7.5055
0.70	89.959	0.0010361	2.365	0.4229	376.77	2660.1	2283.3	1.1921	7.4804
0.75	91.785	0.0010375	2.217	0.4511	384.45	2663.0	2278.6	1.2131	7.4570
0.80	93.512	0.0010387	2.087	0.4792	391.72	2665.8	2274.0	1.2330	7.4352
0.85	95.152	0.0010400	1.972	0.5071	398.63	2668.4	2269.8	1.2518	7.4147
0.90	96.713	0.0010412	1.869	0.5350	405.21	2670.9	2265.6	1.2696	7.3954
0.95	98.204	0.0010423	1.777	0.5627	411.49	2073.2	2261.7	1.2865	7.3771

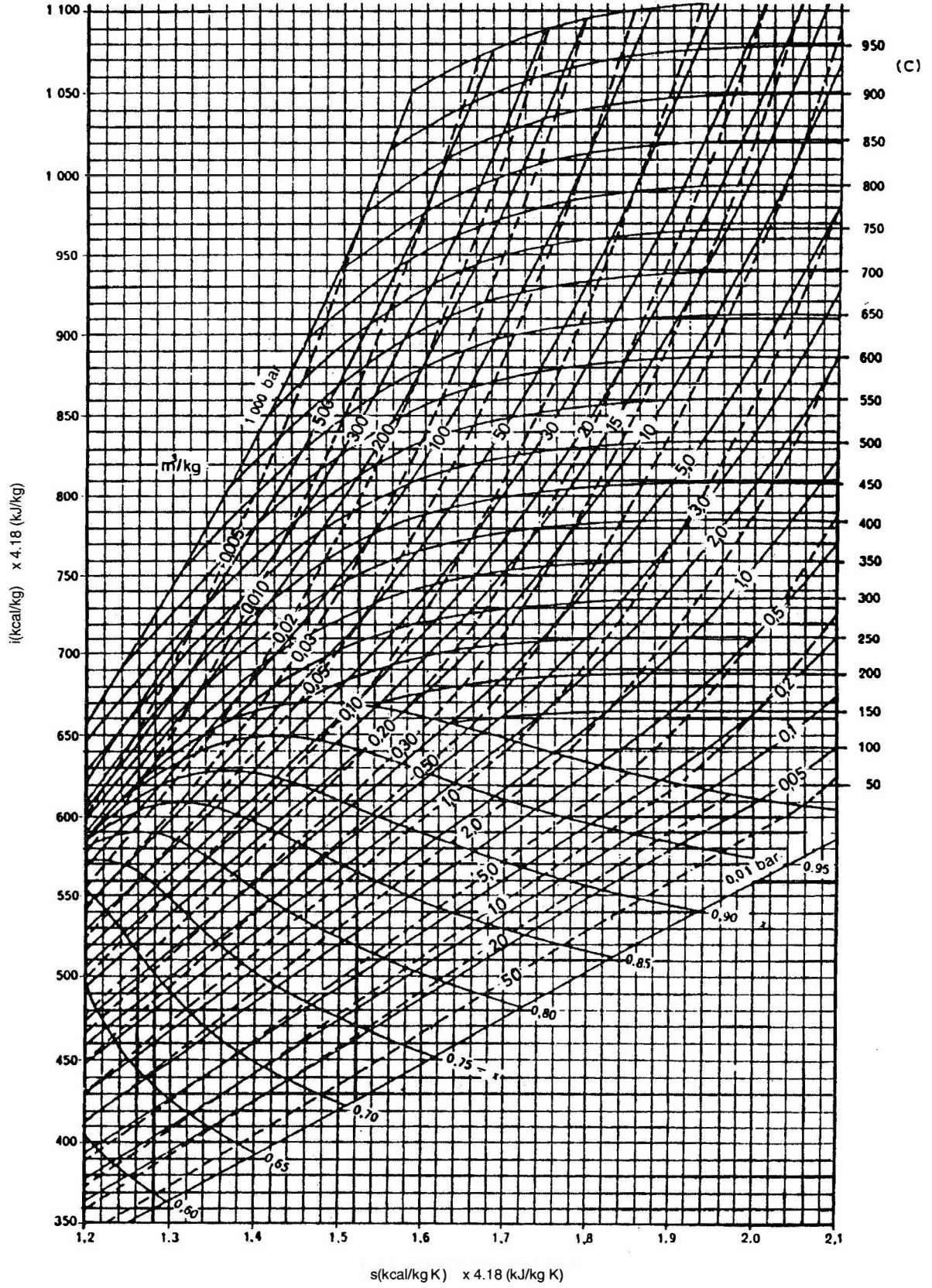
Tablo 2. BASINCA GÖRE SU BUHARI TABLOSU

p	T	v'	v''	''	i'	i''	i _{sb}	s'	s''
1.0	99.632	0.0010434	1.694	0.5904	417.51	2675.1	2257.9	1.3027	7.3598
1.1	102.32	0.0010455	1.549	0.6455	428.84	2679.6	2250.8	1.3330	7.3277
1.2	104.81	0.0010476	1.428	0.7002	439.36	2683.4	2244.1	1.3609	7.2984
1.3	107.13	0.0010495	1.325	0.7547	449.19	2687.0	2237.8	1.3368	7.2715
1.4	109.32	0.0010513	1.236	0.8088	458.42	2690.3	2231.9	1.4109	7.2465
1.5	111.37	0.0010530	1.159	0.8628	467.13	2693.4	2226.2	1.4336	7.2234
1.6	113.32	0.0010547	1.091	0.9165	475.38	2696.2	2220.9	1.4550	7.2017
1.7	115.17	0.0010563	1.031	0.9700	483.22	2699.0	2215.7	1.4752	7.1813
1.8	116.93	0.0010579	0.9772	1.023	490.70	2701.5	2210.8	1.4944	7.1622
1.9	118.62	0.0010594	0.9290	1.076	497.85	2704.0	2206.1	1.5127	7.1440
2.0	120.23	0.0010608	0.8854	1.129	504.70	2706.3	2201.6	1.5301	7.1268
2.1	121.78	0.0010623	0.8459	1.182	511.29	2708.5	2197.2	1.5468	7.1105
2.2	123.27	0.0010636	0.8098	1.235	517.62	2710.6	2193.0	1.5627	7.0949
2.3	124.71	0.0010650	0.7768	1.287	523.73	2712.6	2188.9	1.5781	7.0800
2.4	126.09	0.0010663	0.7465	1.340	529.64	2714.5	2184.9	1.5919	7.0657
2.5	127.43	0.0010675	0.7184	1.392	535.34	2716.4	2181.0	1.6071	7.0520
2.6	128.73	0.0010688	0.6925	1.444	540.87	2718.2	2177.3	1.6209	7.0389
2.7	129.98	0.0010700	0.6684	1.496	546.24	2719.9	2173.6	1.6342	7.0262
2.8	131.20	0.0010712	0.6460	1.548	551.44	2721.5	2170.1	1.6471	7.0140
2.9	132.39	0.0010724	0.6251	1.600	556.51	2723.1	2166.6	1.6595	7.0023
3.0	133.54	0.0010735	0.6056	1.651	561.43	2724.7	2163.2	1.6716	6.9909
3.1	134.66	0.0010746	0.5872	1.703	566.23	2726.1	2159.9	1.6834	6.9799
3.2	135.75	0.0010757	0.5700	1.754	570.90	2727.6	2156.7	1.6948	6.9693
3.3	136.82	0.0010768	0.5538	1.806	575.46	2729.0	2153.5	1.7059	6.9589
3.4	137.86	0.0010779	0.5385	1.857	579.92	2730.3	2150.4	1.7168	6.9489
3.5	138.87	0.0010789	0.5240	1.908	584.27	2731.6	2147.4	1.7273	6.9392
3.6	139.86	0.0010799	0.5103	1.960	588.53	2732.9	2144.4	1.7376	6.9297
3.7	140.83	0.0010809	0.4974	2.011	592.69	2734.1	2141.4	1.7476	6.9205
3.8	141.78	0.0010819	0.4851	2.062	596.77	2735.3	2138.6	1.7574	6.9116
3.9	142.71	0.0010829	0.4734	2.113	600.76	2736.5	2135.7	1.7670	6.9028
4.0	143.62	0.0010839	0.4622	2.163	604.67	2737.6	2133.0	1.7764	6.8943
4.1	144.52	0.0010848	0.4516	2.214	608.51	2738.7	2130.2	1.7856	6.8860
4.2	145.39	0.0010858	0.4415	2.265	612.27	2739.8	2127.5	1.7945	6.8779
4.3	146.25	0.0010867	0.4318	2.316	615.97	2740.9	2124.9	1.8033	6.8700
4.4	147.09	0.0010876	0.4226	2.366	619.60	2741.9	2122.3	1.8120	6.8623
4.5	147.92	0.0010885	0.4138	2.417	623.16	2742.9	2119.7	1.8204	6.8547
4.6	148.73	0.0010894	0.4053	2.467	626.67	2743.9	2117.2	1.8287	6.8473
4.7	149.53	0.0010903	0.3972	2.518	630.11	2744.8	2114.7	1.8368	6.8401
4.8	150.31	0.0010911	0.3894	2.568	633.50	2745.7	2112.2	1.8448	6.8330
4.9	151.08	0.0010920	0.3819	2.619	636.83	2746.6	2109.8	1.8527	6.8260
5.0	151.84	0.0010928	0.3747	2.669	640.12	2747.5	2107.4	1.8604	6.8192
5.2	153.33	0.0010945	0.3611	2.769	646.53	2749.3	2102.7	1.8754	6.8059
5.4	154.76	0.0010961	0.3485	2.870	652.76	2750.9	2098.1	1.8899	6.7932
5.6	156.16	0.0010977	0.3367	2.970	658.81	2752.5	2093.7	1.9040	6.7809
5.8	157.52	0.0010993	0.3257	3.070	664.69	2754.0	2089.3	1.9176	6.7690
6.0	158.84	0.0011009	0.3155	3.170	670.42	2755.5	2085.0	1.9308	6.7575
6.2	160.12	0.0011024	0.3059	3.270	676.01	2756.9	2080.8	1.9437	6.7464
6.4	161.38	0.0011039	0.2968	3.369	681.46	2758.2	2076.8	1.9562	6.7357
6.6	162.60	0.0011053	0.2883	3.469	686.78	2759.5	2072.7	1.9684	6.7252
6.8	163.79	0.0011068	0.2803	3.568	691.98	2760.8	2068.8	1.9802	6.7150
7.0	164.96	0.0011082	0.2727	3.667	697.06	2762.0	2064.9	1.9918	6.7052
7.2	166.10	0.0011096	0.2655	3.766	702.03	2763.2	2061.1	2.0031	6.6956
7.4	167.21	0.0011110	0.2587	3.866	706.90	2764.3	2057.4	2.0141	6.6862
7.6	168.30	0.0011123	0.2522	3.964	711.68	2765.4	2053.7	2.0249	6.6771
7.8	169.37	0.0011137	0.2461	4.063	716.35	2766.4	2050.1	2.0354	6.6683
8.0	170.41	0.0011150	0.2403	4.162	720.94	2767.5	2046.5	2.0457	6.6596
8.2	171.44	0.0011163	0.2347	4.261	725.43	2768.5	2043.0	2.0558	6.6511
8.4	172.45	0.0011176	0.2294	4.360	729.85	2769.4	2039.6	2.0657	6.6429
8.6	173.44	0.0011188	0.2243	4.458	734.19	2770.4	2036.2	2.0753	6.6348
8.8	174.41	0.0011201	0.2195	4.557	738.45	2771.3	2032.8	2.0848	6.6269

Tablo 2. BASINCA GÖRE SU BUHARI TABLOSU (Devam)

p	T	v'	v''	''	i'	i''	i _{sb}	s'	s''
9.0	175.36	0.0011213	0.2148	4.655	742.04	2772.1	2029.5	2.0941	6.6191
9.2	176.29	0.0011226	0.2104	4.754	746.76	2773.0	2026.2	2.1033	6.6116
9.4	177.21	0.0011238	0.2061	4.852	750.82	2773.8	2023.0	2.1122	6.6042
9.6	178.12	0.0011250	0.2020	4.950	754.81	2774.6	2019.8	2.1210	6.5969
9.8	179.01	0.0011262	0.1981	5.049	758.74	2775.4	2016.7	2.1297	6.5898
10.0	179.88	0.0011274	0.1943	5.147	762.61	2776.2	2013.6	2.1382	6.5828
10.5	182.02	0.0011303	0.1855	5.392	772.03	2778.0	2005.9	2.1588	6.5659
11.0	184.07	0.0011331	0.1774	5.637	781.13	2779.7	1998.5	2.1786	6.5497
11.5	186.05	0.0011359	0.1700	5.883	789.92	2781.3	1991.3	2.1977	6.5342
12.0	187.96	0.0011386	0.1632	6.127	798.43	2782.7	1984.3	2.2161	6.5194
12.5	189.81	0.0011412	0.1569	6.372	806.69	2784.1	1977.4	2.2338	6.5051
13.0	191.61	0.0011438	0.1511	6.617	814.70	2785.4	1970.7	2.2510	6.4913
13.5	193.35	0.0011464	0.1457	6.862	822.49	2786.6	1964.2	2.2676	6.4780
14.0	195.04	0.0011489	0.1407	7.106	830.08	2787.8	1957.7	2.2837	6.4651
14.5	196.69	0.0011514	0.1360	7.351	837.46	2788.9	1951.4	2.2993	6.4526
15.0	198.29	0.0011539	0.1317	7.596	844.67	2789.9	1945.2	2.3145	6.4406
15.5	199.85	0.0011563	0.1275	7.840	851.69	2790.8	1939.2	2.3292	6.4289
16.0	201.37	0.0011586	0.1237	8.085	858.56	2791.7	1933.2	2.3436	6.4175
16.5	202.86	0.0011610	0.1201	8.330	865.27	2792.6	1927.3	2.3576	6.4065
17.0	204.31	0.0011633	0.1166	8.575	871.84	2793.4	1921.5	2.3713	6.3957
17.5	205.72	0.0011656	0.1134	8.820	878.28	2794.1	1915.9	2.3846	6.3853
18.0	207.11	0.0011678	0.1103	9.065	884.58	2794.8	1910.3	2.3976	6.3751
18.5	208.47	0.0011701	0.1074	9.310	890.75	2795.5	1904.7	2.4103	6.3651
19.0	209.80	0.0011723	0.1047	9.555	896.81	2796.1	1899.3	2.4228	6.3554
19.5	211.10	0.0011744	0.1020	9.801	902.75	2796.7	1893.9	2.4349	6.3459
20.0	212.37	0.0011766	0.09954	10.05	908.59	2797.2	1888.6	2.4409	6.3367
20.5	213.63	0.0011787	0.09716	10.29	914.32	2797.7	1883.4	2.4585	6.3276
21.0	214.85	0.0011809	0.09489	10.54	919.90	2798.2	1878.2	2.4700	6.3187
21.5	216.06	0.0011830	0.09272	10.78	925.50	2798.6	1873.1	2.4812	6.3100
22.0	217.24	0.0011850	0.09065	11.03	930.95	2799.1	1868.1	2.4922	6.3015
22.5	218.41	0.0011871	0.08867	11.28	936.32	2799.4	1863.1	2.5030	6.2931
23.0	219.55	0.0011892	0.08677	11.52	941.60	2799.8	1858.2	2.5136	6.2849
23.5	220.68	0.0011912	0.08495	11.77	946.80	2800.1	1853.3	2.5241	6.2769
24.0	221.78	0.0011932	0.08320	12.02	951.93	2800.4	1848.5	2.5343	6.2690
24.5	222.87	0.0011952	0.08152	12.27	956.98	2800.7	1843.7	2.5444	6.2612
25.0	223.94	0.0011972	0.07991	12.51	961.96	2800.9	1839.0	2.5543	6.2536
25.5	225.00	0.0011991	0.07835	12.76	966.87	2801.2	1834.3	2.5640	6.2461
26.0	226.04	0.0012011	0.07686	13.01	971.72	2801.4	1829.6	2.5736	6.2387
26.5	227.00	0.0012031	0.07541	13.20	976.50	2801.6	1825.0	2.5831	6.2315
27.0	228.07	0.0012050	0.07402	13.51	981.22	2801.7	1820.5	2.5924	6.2244
27.5	229.07	0.0012069	0.07268	13.76	985.88	2801.9	1816.0	2.6016	6.2173
28.0	230.05	0.0012088	0.07139	14.01	990.48	2802.0	1811.5	2.6106	6.2104
28.5	231.01	0.0012107	0.07014	14.20	995.03	2802.1	1807.1	2.6195	6.2030
29.0	231.97	0.0012126	0.06893	14.51	999.53	2802.2	1802.6	2.6283	6.1969
29.5	232.91	0.0012145	0.06776	14.70	1004.0	2802.2	1798.3	2.6370	6.1903
30	233.84	0.0012163	0.06663	15.01	1008.4	2802.3	1793.9	2.6455	6.1837
31	235.67	0.0012200	0.06447	15.51	1017.0	2802.3	1785.4	2.6623	6.1799
32	237.45	0.0012237	0.06244	16.02	1025.4	2802.3	1776.9	2.6786	6.1585
33	239.18	0.0012274	0.06053	16.52	1033.7	2802.3	1768.6	2.6945	6.1463
34	240.88	0.0012310	0.05873	17.03	1041.8	2802.1	1760.3	2.7101	6.1344
35	242.54	0.0012345	0.05703	17.54	1049.8	2802.0	1752.2	2.7253	6.1228
36	244.16	0.0012381	0.05541	18.05	1057.6	2801.7	1744.2	2.7401	6.1115
37	245.75	0.0012416	0.05389	18.56	1065.2	2801.4	1736.2	2.7547	6.1004
38	247.31	0.0012451	0.05244	19.07	1072.7	2801.1	1728.4	2.7689	6.0896
39	248.84	0.0012486	0.05100	19.58	1080.1	2800.8	1720.6	2.7829	6.0789
40	250.33	0.0012521	0.04975	20.10	1087.4	2800.3	1712.9	2.7965	6.0685
41	251.80	0.0012555	0.04850	20.62	1094.6	2799.9	1705.3	2.8099	6.0583
42	253.24	0.0012589	0.04731	21.14	1101.6	2799.4	1697.8	2.8231	6.0482
43	254.66	0.0012623	0.04617	21.66	1108.5	2798.9	1690.3	2.8360	6.0383
44	256.05	0.0012657	0.04508	22.18	1115.4	2798.3	1682.9	2.8487	6.0286

Tablo 2. BASINCA GÖRE SU BUHARI TABLOSU (Devam)



Şekil 3. SU BUHARI İÇİN MOLLIER DİYAGRAMI

Suyun antalpisi (kcal/kg) doğrudan suyun (°C) cinsinden sıcaklık değeri olarak alınabilir. Örneğin 50 °C suyun antalpisi 50 kcal/kg değerindedir. Buharın antalpisi ise Mollier diyagramından okunabilir.

Buhar basıncı metrik birimlerde atmosfer (1 kg/cm²) olarak verilir. Buharın manometre okunan basıncına izafi basınç (geyç basıncı) denir ve (atü) şeklinde ifade edilir. Buhar kazanlarındaki işletme basınçları genellikle izafi basınç olarak ifade edilir (örneğin 10 atü). Buharla ilgili tablo ve diyagramlar ise çoğu zaman mutlak basınç cinsinden verilir. İzafi basıncı mutlak basınca çevirmek için dış ortam basıncını (1 atmosfer) ilave etmek gerekir. Mutlak basınç (ata) şeklinde belirtilir. Örneğin izafi basıncı 15 atü olan bir buharın mutlak basıncı 16 ata değerindedir.

SI sisteminde ise buhar basıncı (bar) olarak ifade edilir ki, yaklaşık olarak 1 bar = 1 kg/cm² (atü) alınabilir. Bu açıdan herhangi bir zorluk yoktur.

1.3.5. Suyun Buharlaşması

Bir buhar kazanında sabit basınçta meydana gelen suyun buharlaşması olayı üç aşamada oluşur. Birinci aşamada su buharlaşma sıcaklığına kadar ısınır. Bu aşamada suya verilen ısı duyulur ısı biçimindedir. Birim kütle başına.

$$q = C \cdot (T_s - T_0)$$

kadar ısı verilir. Burada,

C=Suyun özgül ısı (kcal/kg °C)

T₀=Suyun başlangıç sıcaklığı (°C)

T_s= Suyun buharlaşma sıcaklığı (°C)

Suyun buharlaşmaya başladığı sıcaklık basınca bağlıdır. Basınca bağlı buharlaşma sıcaklığı değeri Şekil 3'de verilen Mollier diyagramından, Tablo 2'den veya aşağıdaki yaklaşık denklemlerden bulunabilir.

$$T_s = 100 \sqrt{P_s}$$

P_s: Doyma basıncı (mutlak değer) (kg/cm²)

İkinci aşama suyun buharlaşmasıdır. Bu aşamada sıcaklık sabit kalır ve verilen ısı gizli ısı biçimindedir.

Bu aşamada verilen ısı,

$$q = \dot{I}_s' - \dot{I}_s''$$

$\dot{I}_s''$: Doymuş kuru buhar antalpisi (kcal/kg)

$\dot{I}_s'$: Doymuş suyun antalpisi (kcal/kg)

şeklinde bulunur.

Doymuş buharın antalpisi Mollier diyagramından basınçla, doyma eğrisi (x=1)'in kesim noktasından okunur. Doymuş suyun antalpisi, bulunan noktadaki sıcaklık değerinin (°C) aynen alınması ile (kcal/kg) elde edilir. Tablo 2'deki doymuş buhar tablosundan her iki antalpi değeri de okunabilir.

Üçüncü aşama ise doymuş buharın kızdırılmasıdır. Kızdırma işlemi kazandan alınan doymuş buharın kızdırıcı adı verilen ayrı bir bölümde ısıtılması ile meydana getirilir. Birçok uygulamada kızdırma işlemi gereksizdir, sadece doymuş buhar yeterlidir.

Buharı kızdırmak için

$$q = \int_{T_s}^{T_2} C_p dT = \dot{I}_2 - \dot{I}_s''$$

eşitliği kullanılabilir.

C_p: Sıcaklığa bağlı buharın özgül ısı (kcal/kg °C)

$\dot{I}_2$: Kızgın buhar sıcaklığında bulunan antalpisi (kcal/kg)

Bu üç aşamada su buharının fiziksel özellikleri ve yukarıdaki ifadelerle göre verilmesi gerekli ısılar tablolar ve diyagramlar halinde verilir. Burada sadece Şekil 3 Mollier diyagramı ve Tablo 2'deki doymuş buhar tablosu verilmiştir (Kızgın buhar hali için Ref 2'ye bakınız). Mollier diyagramlarında basınçlar mutlak olarak verilmiştir. Bu hususa okumalarda dikkat etmek gerekir.

1.3.6. Yoğuşma

Buharın yoğuşması, suyun buharlaşmasının ters işlemidir. Dolayısı ile aynı biçimde ele alınabilir. Örneğin 10 ata basınçta 5 kg doymuş buhar yoğuşması sırasında,

$$Q = m (\dot{I}_s'' - \dot{I}_s')$$

$\dot{I}_s''$: Buharın antalpisi (=663 kcal/kg) (x=1 ile p=10 bar'ın kesim noktası)

$\dot{I}_s'$: Suyun antalpisi (=178 kcal/kg) (T_s=100√10=178°C'den)

$$Q = 5 (663 - 178) = 2425 \text{ kcal}$$

ısı ortaya çıkar. Elde edilen kondens 10 ata basınçta doymuş sudur.

1.3.7. Kısılma

Su veya buharın bir vanadan geçerek basıncının düşmesine kısılma veya makaslama denir. Bu olayda pratik olarak antalpi sabit kalır.

Örneğin yukarıdaki örnekte elde edilen kondens bir kondenstop-tan geçerek atmosferik basınca düşerse, bu olay bir kısılma olayı olarak incelenebilir.

Mollier diyagramında doymuş sıvı görülmediğinden, bu olay örneğin T-s diyagramında incelenebilir. Böyle bir diyagramda 10 ata doymuş sıvıdan sabit antalpi doğrusu boyunca 1 ata basınca inilince yaş buhar bölgesine düşülür. Yani suyun bir kısmı buharlaşır. Flaş buhar denilen bu buharın problemleri ve kullanımı üzerinde ileride durulacaktır.

1.4. Sıvı Yakıtlar

Fuel-oil petrol ürünlerinin geniş bir aralığını kapsar. Viskozitesine ve yoğunluğuna göre Fuel-oil sınıflara ayrılır. Yakıtlar ASTM tarafından 1'den 6'ya kadar numaralandırılmıştır. 1 ve 2 numara olarak bilinen yakıtlar gazyağı ve motorindir. 3 ve 4 numaralı yakıtlar kalorifer yakıtı olarak isimlendirilir. 5 ve 6 numaralı yakıtlar ise sanayi yakıtı olup ağır Fuel-oil olarak bilinir. Tablo 5'de Türkiye'de Shell tarafından üretilen Fuel-oil'in özellikleri verilmiştir. Tablo 6'da ise bu yakıtların yanma özellikleri ve yanma ürünleri görülmektedir.

DENEYLER	S İ N İ F L A R				
	70 Saniye	200 Saniye	600 Saniye	1200 Saniye	3500 Saniye
A.S.T.M. Numarası	4	5	5	6	6
Özgül Ağırlık, 15 °C'da (kg/m³)	~ 0.883	~ 0.910	~ 0.932	~ 0.944	~ 0.960
Viskosite Red. 1 (100 °F'da) Saniye	50-70	132-200	400-600	900-1200	max. 3500
Akma Noktası (°C)	max.* 2	max.* 10	max.* 15	max.* 18	max.* 20
Alevlenme Noktası (°C)	min. 66	min. 66	min. 66	min.** 86	min.** 66
Kükürt Miktarı (% wt.)	max. 1.8	max. 2.5	max. 2.95	max. 3.18	max. 3.5
Kül Miktarı (% wt.)	max. 0.02	max. 0.05	max. 0.06	max. 0.08	max. 0.1
Tortu Miktarı (%wt.)	—	max. 0.1	max. 0.16	max. 0.20	max. 0.25
Su, Distilasyon ile, (% wt.)	—	max. 0.5	max. 0.72	max. 0.84	max. 1.0
Üst Isıl Değer (Kcal/Kg)	~ 10.800	~ 10.400	~ 10.400	~ 10.300	~ 10.300
Su ve tortu (% vol.)	max. 0.5	—	—	—	—

* : Bu değer akma noktası hakkında bir fikir vermek üzere belirtilmiştir. Kat'i sınır olarak kabul edilmemelidir.

** : Pratikte bu değer 92 °C'ın üzerindedir.

Tablo 5. SHELL FUEL-OİL SPESİFİKASYONLARI

Hafif yağlar (motorin) ısıtılmadan yakılabıldıkları halde, özellikle 5 ve 6 numaralı yakıtlara istenilen pompalama ve yanma özelliklerinin kazandırılması için ısıtılmaları gerekir. Motorin ancak -6°C sıcaklığın altında pelteleşerek akıcılık özelliğini yitirir. Kükürt Fuel-oil'de hiç istenmeyen bir elemandır. Çünkü kükürt bulunması halinde yanma ürünleri asit karakterlidir ve ısıtma yüzeylerinde ve duman kanallarında önemli ölçüde korozyona neden olur. % 2-3 oranına varan ölçüde kükürt içeren Fuel-oil, yakıldığında asit buharlarının yoğunlaşma sıcaklığı 120-130 °C mertebelerindedir. Bu bakımdan ısıtıcı cidarlardaki sıcaklıklarının 120-130 °C değerinin altına düştüğü kazanlarda, yakıt olarak Fuel-oil kullanmak doğru değildir.

1.5. Çelik Borular

Çelik boru çapları metrik sistemde DN simgesiyle gösterilir. DN 20 anma çapı 20 mm olan standart boruyu tanımlar. PN ise borunun standart basınç dayanımını ifade eder. PN16 soğukta borunun dayanabileceği maksimum basıncın 16 bar olduğunu gösterir. Bu konuda borular bölümünde daha geniş bilgi bulunmaktadır.

	Gaz Yağı	Motorin	F U E L - O İ L				
			50 Saniyelik	150 Saniyelik	800 Saniyelik	3500 Saniyelik	6500 Saniyelik
Karbon %	86,3	85,8	85,9	85,7	85,4	85,3	85,2
Hidrojen %	13,6	13,2	12,7	11,4	11,3	11,2	11,0
Kükürt %	0,05	0,7	1,0	2,5	2,9	3,0	3,3
Kuru hava miktarı (Nm³/kg)	11,25	11,15	11,10	10,72	10,65	10,62	10,55
Yaş duman gazları miktarı CO ₂	1,605	1,599	1,600	1,595	1,590	1,588	1,585
SO ₂	0,0003	0,0049	0,007	0,018	0,020	0,021	0,022
H ₂ O	1,4981	1,457	1,410	1,265	1,255	1,242	1,221
N ₂	8,89	8,81	8,76	8,47	8,41	8,40	8,34
Toplam	11,9934	11,8809	11,777	11,348	11,275	11,251	11,168
CO ₂ + SO ₂ kuru duman gazları	15,3	15,4	15,5	16,0	16,1	16,1	16,2
Özgül ağırlık 15 °C / 4 °C	0,78	0,83	0,88	0,65	0,96	0,97	0,98
Üst ısı değer (kcal/kg)	11150	10950	10710	10370	10310	10270	10210
Net ısı değer (kcal/kg)	10400	10220	10040	9750	9700	9650	9600

Tablo 6. FUEL - OİL YANMA ÜRÜNLERİ VE ISIL DEĞERLERİ

2. KAZAN DAİRESİ SİSTEMİ

2.0. Buhar Kazan Daireleri Projelendirme Ön Bilgileri

Bir buhar sistemi kazan dairesinin projelendirilmesine, gerekli donelerin belirlenmesi ve bir akım şeması çizilmesiyle başlanır. Kazan dairesi projelendirmesi için gerekli ana bilgiler aşağıda sıralanmıştır:

- Gerekli buhar miktarı (kg/h). Buhar kapasitesi iyi belirlenmeli, gelecek için düşünülen buhar ihtiyaçları için büyük kazan seçmek yerine, ayrı bir kazan düşünmek ve sistemi ve yerleşimi buna göre planlamak daha doğrudur.
- Kazan çalışma basıncı (bar). Kazan çalışma basıncı belirlenirken, kullanım yerinde gerekli basınç, buhar hatlarındaki basınç kaybı ve bir emniyet payı göz önüne alınır. Çalışma basıncı gereksiz yere büyük seçilmemelidir. Eğer farklı basınçlarda buhar ihtiyacı varsa ve bu basınçlardaki buhar ihtiyacı önemli miktarlardaysa; farklı basınçta çalışan birden çok sayıda kazan kullanmakta yarar vardır.
- Buhar cinsi: Buhar sistemlerinde genellikle doymuş kuru buhar kullanılır. Aksi halde buharın kuruluk derecesi veya kızgın buhar halinde, sıcaklık verilmelidir.
- Kullanılacak yakıtın cinsi ve özellikleri.
- Yakıt deposu büyüklüğü, kaç günlük ihtiyacı karşılayacağı (a- Ana yakıt deposu b- Günlük depo c- Motorin deposu)
- Kullanılacak besi suyunun özellikleri
- Geri döndürülen kondens miktarı.
- Ekonomizör kullanılıp, kullanılmayacağı.
- Buharın hangi amaçla, ne şekilde kullanılacağı.
- Termik degazör istenip istenmediği.

Bu bilgilerin ışığı altında buhar merkezi boyutlandırılabilir. Ek 2'de yakıt olarak fuel-oil kullanılan bir merkezin akım şeması görülmektedir. Şemadaki elemanları yakıt hattı ve su hattı olarak genelde ikiye ayırmak mümkündür. Bu bölümde, bu elemanların her biri üzerinde durularak projelendirme, montaj ve çalıştırma esasları ile ilgili gerekli bilgi verilecektir.

Fuel-oil sistemlerinde yakıt hattında, ısıtıcı ana yakıt deposu, ısıtıcı günlük depo, motorin deposu, dolum pompası, yakıt transfer pompası, hat ısıtıcısı (FPI istasyonu), brülör, yakma havası vantilatörü ve baca bulunur. Su-buhar hattında ise, besi suyu deposu, hidrofor, dozajlama tankı, dozaj pompası, kum filtre, su yumuşatma cihazı, degazör, degazör pompası, kondens tankı, kazan besi pompaları, eşanjörler, flaş buhar tankları ve buhar kollektörü bulunur. Her iki hattın kesim noktasında ise buhar kazanı ve ekonomizör vardır. Doğal gaz yakan sistemlerde ise, yakıt hattında sadece gaz emniyet kontrol elemanları, brülör, hava vantilatörü ve baca bulunacaktır.

2.1. Buhar Kazanları

Buhar kazanları; istenilen miktar, basınç ve özellikte buharın üretildiği sistemin ana elemanlarıdır. Uygulamada çok sayıda farklı tipte buhar kazanı mevcuttur. En çok karşılaşılan iki ana

buhar kazanı tipi, alev duman borulu silindirik tip kazanlar ile su borulu kazanlardır. Kazan tipleri için bakınız Ref 1. ve kazan projelendirmesi için bakınız Ref 2,3. Burada buhar kazanı olarak alev duman borulu tip kazanlar esas alınacaktır. Orta kapasitede endüstriyel buhar ihtiyacı büyük oranda bu tip kazanlarda karşılanmaktadır. Ancak büyük kapasitelere gidildiğinde ve enerji santralleri söz konusu olduğunda su borulu kazanlar kullanılır. Alev duman borulu kazanlar, büyük su hacimli kazanlar olarak da bilinir. Tablo 7 de Buhar kazanı ve Jeneratörü istek formu görülmektedir. Kazan veya jeneratör siparişi verilirken bu form doldurulmalıdır

Kazanlarla ilgili iki ana büyüklük, kazan işletme ve konstrüksiyon basınçlarıdır.

- Kazan işletme basıncı: Kazanın çalışması düşünülen basınçtır.
- Kazan konstrüksiyon basıncı: Kazan mukavemet hesaplarında esas alınan basınç olup, siparişte belirtilmesi gerekir. Bu basınç işletme basıncından ~% 10 daha büyük olmalıdır. Örneğin 8 atü işletme basıncı olan kazan sipariş edilirken konstrüksiyon basıncının 8,8 ~ 9 atü olduğu belirtilmelidir.

Büyük su hacimli kazanların (Silindirik tip buhar kazanları) konstrüksiyonunda:

a- Max. basınç 30 atü.

b- Max. güç 32 MW olabilmektedir. Ancak normal şartlarda buhar kazanı için ekonomi ve güvenlik ön plana alınmalıdır.

30 atü işletme basıncı ve 50 ton/h toplam buhar kapasitesi değerleri üzerinde su borulu kazanların kullanılması tavsiye olunur. Birden fazla sayıda buhar kazanı kullanmak gerektiğinde tavsiye edilen kapasite bölümü aşağıda verilmiştir.

Kazan Sayısı	Kapasite Bölüşümü
2 adet (kısmi yedekli)	2/3 + 2/3
3 adet (yedeksiz)	1/3 + 1/3 + 1/3
3 adet (yedekli)	1/2 + 1/2 + 1/2

a- Kazanların yedekli veya yedeksiz olması işletme karakterine ve müşteri isteğine bağlıdır. Eğer işletme kısa bir süre için bile düşük kapasitede çalışmaya müsaade etmiyorsa kazanlar yedekli olmalıdır. Ama örneğin ısıtma halinde olduğu gibi, bir süre için 2/3 kapasite ile çalışma sakıncalı değilse, yedeksiz olabilir.

b- Gereğinden büyük seçilen kazanlar işletmede verim düşüklüğüne neden olur. Genellikle sistem ihtiyacının tamamını tek kazan yerine, birden fazla sayıda kazan ile karşılamak, işletme esnekliği ve (düşük kapasitelerde çalışma halinde) verim açısından üstünlük sağlar.

c- Silindirik tip buhar kazanları büyük su hacimleri dolayısı ile ani buhar çekişine dayanıklı kazanlardır. Normal şartlarda Silindirik tip bir buhar kazanı toplam su hacminin 1/20'si kadar ani buharı fazla etkilemeden verebilir.

d- Bunun dışında daha büyük ani buhar çekişleri olan, pres işleri vs. gibi yerlerde buhar akümülatörleri kullanılmalıdır. Kazanın devamlı çalışarak ürettiği buhar, akümülatörde depo edilir ve ani ihtiyaçlar bu depodan karşılanır.



BUHAR KAZANI / JENERATÖRÜ İSTEK FORMU

Müşteri:
Proje İsmi:

1. Kazan Verileri

- (x) 1.1 Buhar Kapasitesi : kg/h
(x) 1.2 İşletme Basıncı : bar
1.3 Konstrüksiyon Basıncı : bar
(x) 1.4 Buhar Tipi : ☐ Doymuş
☐ Kızgın (..... °C)

2. Yakıt Verileri

- (x) 2.1 Yakıt Tipi ☐ Fuel-Oil (No:.....)
☐ Motorin
☐ Doğal Gaz
☐ LPG ☐ Propan
☐ Mix Gaz (%70 Butan, %30 Propan)
☐ Diğer (İçeriği:.....)

2.2 Özellikleri

- Basıncı bar
- Sıcaklığı °C
- Net Isıl Kapasitesi kcal/kg
- Net Isıl Kapasitesi (kcal/m³n)
- Viskozitesi cst (20°C'de)

3. Besi Suyu Verileri

3.1 Özellikleri

- ☐ 0° dH'ya kadar yumuşatılmış.
☐ 80°C'de kısmi degaze edilmiş.
☐ 103 C'de tam degaze edilmiş.

- ☐ Kondens Dönüşü m³/h
☐ Kondens Sıcaklığı °C

3.2 İstenenler

- ☐ Su Şartlandırma Ünitesi (Su analizi gereklidir.)
☐ Besi Suyu Tankı
☐ Paslanmaz Çelik Degazör
☐ Kondens Tankı
☐ Kondens Pompası/Pompaları

4. Elektrik Verileri

- ☐ 380 V, 3 Faz, 50 Hz., Nötral Fazlı
☐ 415 V, 3 Faz, 50 Hz., Nötral Fazlı
☐ 220 V, 1 Faz, 50 Hz.

5.Cihazın Kullanılacağı Yer Verileri

- 5.1 Rakım : m
5.2 Ortam Sıcaklıkları min. °C max. °C
5.3 Bağlı Nem %

Kazan / Jeneratör Alman Kazan Standardı (TRD, DIN, vb.)'na uygun olarak tasarlanmıştır.

Kontrol ve sertifikasyonu Alman Kazan Kurumu (TUEV) tarafından yapılmıştır.

(x) Bu bilgilerin verilmesi zorunludur.

Tablo 7. BUHAR KAZANI VE JENERATÖRÜ İSTEK FORMU.
ŞİPARİŞTE BU FORM DOLDURULMALIDIR.

e- Duman borulu buhar kazanları ve sıcak su kazanları karşılaştırılmasında, ısı verim açısından yaygın olan bir yanlışlığı mevcuttur. Buhar kazanlarının, sıcak su kazanlarına oranla daha yüksek ısı verime sahip olduğu zannedilmektedir. Halbuki tam tersine; aynı kapasitede, daha düşük olan baca sıcaklığına bağlı olarak; sıcak su kazanları, ekonomizörsüz buhar kazanlarından daha verimlidir.

f- Buhar kazanları ile ilgili çok önemli bir başka nokta ise yarım silindirik kazanların buhar kazanı olarak kullanılmaması gereğidir. Yarım silindirik kazanlarda buhar üretilmemelidir. Aksi uygulamalar sonucu, Türkiye’de çok fazla sayıda buhar kazanı patlaması meydana gelmiştir.

g- Dolayısı ile düşük ve orta basınç kapasitesinde silindirik formda alev duman borulu kazanlar, yüksek basınç ve kapasiteli buhar üretiminde su borulu kazanlar kullanılmalıdır.

h- Kazanlarda kapasite normal olarak üretilecek buhar miktarı veya ısı miktarı cinsinden ifade edilmelidir. Yani, kapasite örneğin 1 ton/h buhar ve 500.000 kcal/h şeklinde ifade edilmelidir. Ancak, özellikle Bayındırlık Bakanlığı Birim Fiyat Listelerinde kazanlar m² olarak, ısıtma yüzey miktarları ile ifade edildiğinden, eskiden kazanlar (m²) olarak da satılmaktaydı.

j- Klasik skoç tipi kazanlarda (Fuel-oil veya doğal gaz) 1 m² ısıtma yüzeyinden 20-25 kg/h buhar üretilmektedir. Özel alev duman borulu kazanlarda ise bu değer 50 kg/m²h ve üzerine çıkabilmektedir. Aradaki fark kazanın iyiliğine ve ısıtma yüzeylerindeki gaz hızına (dolayısı ile kullanılan basınç kaybına) bağlıdır. Cebri çekişli veya cebri üflemler (karşı basınçlı) kazanlarda bu değer daha yüksektir. Bu nedenle kazan seçimi yaparken m² yerine, firmaların kataloglarında taahhüt ettikleri buhar miktarı değerlerine dayanmak daha doğrudur. Bu arada kazan verimi ve gaz tarafı basınç kaybı değerlerine dikkat edilmelidir. Normalin altında verim ve normalin üstünde basınç kaybı değerleri olan kazanları seçmekten kaçınılmalıdır.

k- Buhar kazanları boyutları kataloglarda ifade edilmişlerdir. Yerleştirme ile ilgili olarak bu değerler esas alınır. Alev duman borulu buhar kazanları paket halinde imal edilirler ve ayakları vasıtasıyla hazırlanacak basit bir temel üzerine oturtulurlar. Silindirik kazanların beton kaideleri için döşemede demir filizleri bırakılmalı veya kazan kaideleri, bitmiş döşeme altından birbirlerine en az 10 cm kalınlıkta demirli beton ile bağlanmalıdır. Bunlar yapılmayacak ise, kazan beton kaideleri iki parça dökülmeyip birleştirilmelidir.

l- Kazan dairesi planlanmasında kazan ve cihazlar yerleştirilirken, rahat servis ve işletme yapılabilecek mesafeler özenle bırakılmalıdır.

m- Kazan alternatifleri karşılaştırılırken, boyutları da dikkate alınmalıdır. Büyük boyutlu kazanlar, daha büyük kazan dairelerine ihtiyaç oluşturacağı için inşaat maliyetleri de artacaktır.

2.1.1. Çelik Kazanların Doğal Gazda Kullanım Şartları

l- Kazan borularını aynaya makineti ile bağlamayınız. Kazan

borularının aynaya bağlantısı çok kaliteli kaynak ile yapılmalıdır.

2- Kazan konstrüksiyonunda su ile soğumayan yüzey (Külhan, cehennemlik vb. yerlerde) bırakılmamalıdır.

3- Yüksek gaz sıcaklığı olan duman sandığı etrafındaki ısı, arka duman sandığını su ile soğutarak, vb. kazanılabilir.

4- Brülör kapağında ve ön duman sandığında refrakter malzeme kullanılmalıdır.

5- Kazanların brülör kapakları, duman sandığı kapakları, varsa patlama kapaklarında sızdırma olmamalıdır.

6- Yüksek basınçlı kazanlarda (12 bar’dan sonra) Ondüle külhan (veya kısmen ondüle külhan) kullanılmalıdır. (Yüksek sıcaklık farkının oluşturduğu genleşmeyi alabilmek ve ocak içerisindeki ısı transferini artırabilmek için).

7- Yüksek evsafli sac ve boru kullanılmalıdır.

8- Kazanlara imalattan sonra normalizasyon işlemi yapılmalıdır.

9- Kazan boru çapları 70/76 yerine 57/63 veya daha küçük seçilmelidir.

10- Kazan konstrüksiyonu basıncı yeterince dayanıklı olmalıdır. Standart olarak yapılan test basıncının oranı olabildiğince yüksek (iki katına kadar olabilir) olmalıdır.

11. Yüksek basınç testi imalat sırasında kazan üzerinde kalan gerilmeleri de alacaktır.

2.1.2. Buhar Kazanları Tehlike Grupları

Alman standardı DampfKV’ye göre buhar kazanları tehlike potansiyellerine göre dört gruba ayrılır. Burada tehlike potansiyeli belirleyen iki parametre kazan su hacmi ve işletme basıncıdır. Bu iki parametreye bağlı olarak söz konusu dört grup Şekil 13’de işaretlenmiştir. Şekilde renk koyulaştıkça, yani basınç ve su hacmi arttıkça tehlike artmaktadır. Buna göre en tehlikesiz kazanlar Grup I ve Grup II kazanlardır. En tehlikeli kazanlar ise, Grup IV kazanlardır. Bu grupların tanımı aşağıda verilmiştir:

Grup I:

Su hacimleri $V < 10$ litre olan buhar ve kaynar su kazanları (Örneğin ekspresso makineleri)

Grup II:

Su hacimleri $V > 10$ litre ve işletme basınçları $P < 1$ bar olan buhar kazanları ile $V > 10$ litre ve gidiş suyu sıcaklığı $T \leq 120$ °C olan Kaynar su kazanları

Grup III:

Su hacmi $V = 10-50$ litre ve işletme basınçları $P > 1$ bar olan ve P (bar) x V (litre) < 1000 şartını sağlayan buhar kazanları

Grup IV:

Bunların dışında kalan buhar ve kaynar su kazanlarıdır.

Grup IV kazanları içinde “Produktkessel” olarak isimlendirilen özel bir kazan grubu vardır. Bu grubun sınırı aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$pxV \leq 10000$ olan kazanlarla; $pxV \leq 20000$ olan fakat TRD 604 72 saat gözetimsiz işletme koşullarını yerine getiren ve $p \leq 32$ bar, $V \leq 10000$ litre, $P \leq 2$ t/h veya 1.2 MW şartlarını da sağlayan kazanlar.

Buna göre Grup I, II ve III kapsamındaki kazanlarda sürekli gözetime gereksinim yoktur. Buna karşılık Grup IV kazanlardan TRD 601. B2 kapsamındakiler sürekli gözetim gerektirir. TRD 604.B1 ve B2 kapsamındakiler 24 saat ve 72 saat gözetimsiz işletilebilir. Alman kurallarına göre TRD601 ve 604 kapsamında tanımlanan sürekli gözetimli, 24 saat gözetimsiz ve 72 saat gözetimsiz kazan işletmesi şartları 4. Bölümde verilmiştir. Farklı gruplara giren kazanlardan istenenler farklıdır ve bunların yerleşimleriyle ilgili sınırlamalar bulunmaktadır. Buna göre Grup IV kapsamında bulunan ve "Produktkessel" tanımına girmeyen kazanlar insanların yaşadığı binaların altına, üstüne içine ve bitişiğine yerleştirilemezler. Bu kazanların konuşlandırılması için, bina dışında ayrı bir kazan dairesi gerekir. Ayrıca bu kazanların yapımında belirli testlerin yapılması ve bunların sertifikalandırılması gerekir. Çalışma ömrü boyunca da periyodik olarak test edilmelidir. Bu testler her yıl dıştan muayene, 3 yılda bir içten muayene ve 9 yılda bir basınç testi olarak özetlenebilir.

Bu şartlar söz konusu standartlardan alınarak Türk Standartları'nda ve Belediye Yönetmelikleri'nde de yer almıştır. Türkiye için de sözü edilen kaynar su ve buhar kazanlarını otel, işyeri, alışveriş merkezi veya konut gibi binaların içine, üstüne, bitişiğine veya altına koymak yasaktır. Buhar kazanlarının Almanya'da uymak zorunda olduğu yerel yasal çerçeve 2002 yılına kadar geçerlidir. Avrupa Birliği içerisinde ortak kazan standartlarının oluşturulması çalışması yürütülmektedir. Bu tarihten sonra yeni Avrupa Normları ve kuralları geçerli olacaktır. Türkiye açısından da kazan üretiminin bu yeni Avrupa standartlarına uyandırılması önemlidir. Bu standartlar emniyet felsefesini ve seviyesini, konstrüksiyon prensiplerini, test yöntemlerini ve muayene stratejilerini ortak bir noktaya getirecektir.

2.1.3. Buhar Jeneratörleri

Otel, çamaşırhane, küçük konfeksiyon atölyeleri, gıda ve kimya sektörü gibi alanlarda; küçük buhar üretimlerinin yerleştirme sınırlaması olmadan bina altlarında, hatta insanların çalıştığı hacimlerde yapılabilmesi istenir. Bunun için kullanılacak buhar kazanının Grup I veya III içinde olması gerekmektedir. Düşük su hacimli bu buhar kazanlarına buhar jeneratörleri adı verilmektedir. Buhar jeneratörlerinin yerleşim sınırlaması yoktur. Bu kazanların bir başka önemli özelliği ise hızlı buhar üretmeleridir. Almanya'da buhar jeneratörlerine hızlı buhar üreticileri denilmektedir.

Buhar jeneratörlerinin klasik büyük su hacimli kazanlara göre avantajları aşağıdaki gibi sayılabilir:

- Yerleşimle ilgili kısıtlamaları yoktur. Binaların altına, standartlara uygun olarak yerleştirilebilir.
- Soğuk starttan itibaren buhar tutmaları 5 dakikanın altındadır.
- Fiyatları genellikle daha ucuzdur.
- İşletme öncesi sertifikasyon testlerine gerek yoktur (Alman standartlarına göre).
- Periyodik kontrole gerek yoktur (Alman standartlarına göre).

- Yer ihtiyacı küçüktür.

- Kurulu ağırlığı azdır.

Dezavantajları ise:

- Isı depolama kabiliyeti yoktur.

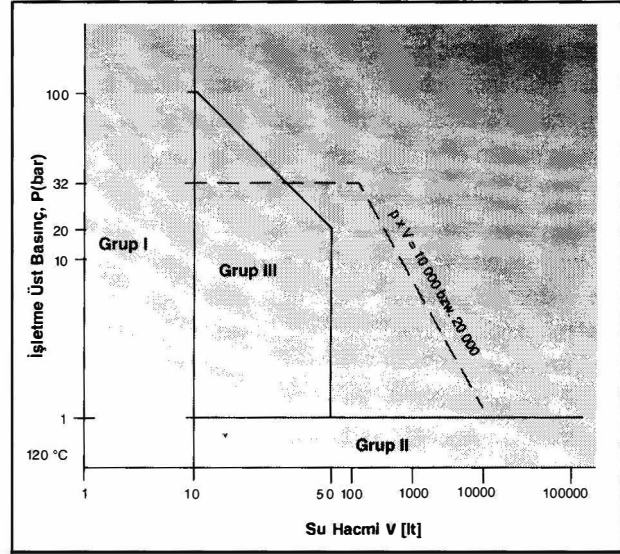
- Basınç dalgalanmaları daha büyüktür.

- Şalt sayısı daha fazladır.

- Elde edilen buhar daha yaştır.

- Uygun olmayan su kullanılması halinde kireç oluşumundan etkilenme daha hızlıdır.

- Ömürleri daha kısadır (jeneratörlerde 10-15 yıl, buhar kazanlarında 20-30 yıl).



Şekil 13. DAMPFKV'YE GÖRE KAZAN GRUPLARI

Buderus Buhar Jeneratörü (Dampffix DF)

A. Paket yatık ve dik tip jeneratörler

Buhar jeneratörü Dampffix DF yatık ve dik tip olarak, komple paket halinde üretilmektedir. Brülör, kumanda paneli, pompa, kontrol elemanları, kablolama hepsi birlikte ve test edilmiş olarak teslim edilmektedir.

B. Kapasite aralığı

Buhar üretim kapasitesi 150-2000 kg/h aralığındadır.

C. İşletme basıncı

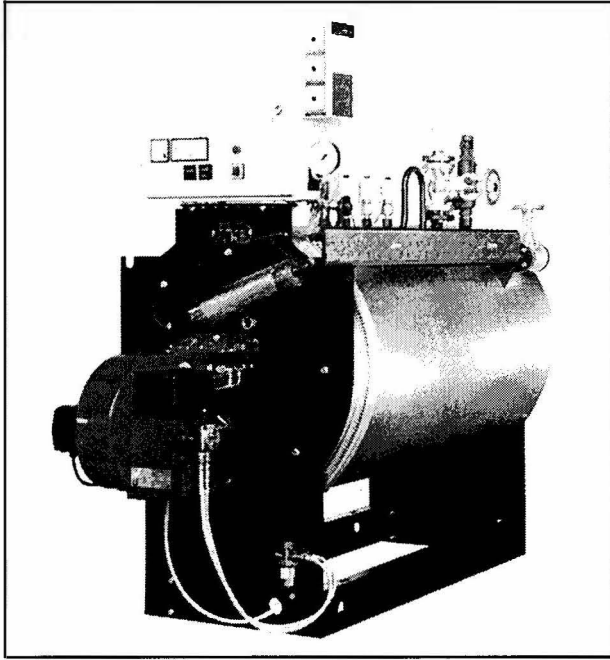
Buhar jeneratörlerinin işletme basıncı 32 bar'a kadar çıkmaktadır. 6,7 bar'a kadar olan basınçlar cihaz üzerinde yapılacak ayarlarla elde edilebilir. Bu değerlerin altındaki basınçlar için, buhar devresinde basınç düşürücü kullanmak gereklidir.

D. Kısa sürede buhar eldesi

Dampffix DF'nin buhar tutma süresi yaklaşık 4 dakika mertebelerindedir.

E. İki serpantinli buhar jeneratörü

Şekil 14'te, Dampffix DF yüksek kapasite buhar jeneratörü görülmektedir. Jeneratörün iç yapısı ise, Şekil 15'te verilmiştir. Kazan ısı geçiş yüzeyleri (üç geçiş) içiçe iki serpantinden oluşmak-



Şekil 14. BUDERUS DAMPFFIX DF YÜKSEK KAPASİTE BUHAR JENERATÖRÜ

tadır. Dış serpantin boru çapı, içtekenden daha küçüktür. Bu serpantinlerin içinden geçen su, dışından geçen alev ve sıcak gazlarla buharlaştırılır.

F. Saf buhar

Serpantin borularına su olarak giren akışkan, içinde ancak max. % 6 mertebelerinde su kalacak şekilde yaş buhar olarak boruları ve kazanı terk eder. Buharın içindeki % 6 mertebesindeki su, aynı zamanda kazana giren besi suyu içindeki bütün safsızlıkları (tuzlar vs.) da içermektedir. Bu su kazan çıkışında özel bir separatorde buhardan ayrılır ve dışarı atılır. Böylece bütün yabancı maddeler de dışarı atılmış olur. Buharın kalitesi bu sudan ayırma

işlemine bağlıdır. Ayırma iyi yapılamazsa, buhar kalitesi düşer ve böyle bir buhar hastane, gıda endüstrisi, nemlendirme gibi işlemlerde kullanılamaz. Ancak dolaylı olarak ısıtma vb. amaçlarla kullanılabilir.

G. Üç geçişli buhar jeneratörü

Alev ve dumanlar jeneratörde üç geçiş yapar. Alevler jeneratörün arkasına doğru birinci geçişi tamamlayıp, sıcak gaz halinde iki serpantin arasından ikinci geçişle tekrar öne gelir. Son geçişte gazlar dış serpantin ile jeneratör dış gövdesi arasında tekrar arkaya gider.

H. Düşük ısı kayıpları

Son geçişte dış tarafta su ile soğutma olmadığı için, ısı kaybına karşı jeneratörün dış gövdesi 100 mm kalınlıkta izolasyon tabakasıyla kaplanmıştır. Baca gazlarını mümkün olduğu kadar soğutmak amacıyla serpantin yüzeyleri geniş tutulmuştur. Bu sayede baca gazlarındaki enerjiden yüksek oranda faydalanılır ve baca kayıplarını % 9-11 arasında tutulabilir.

I. Brülöre uygun besi suyu pompaları

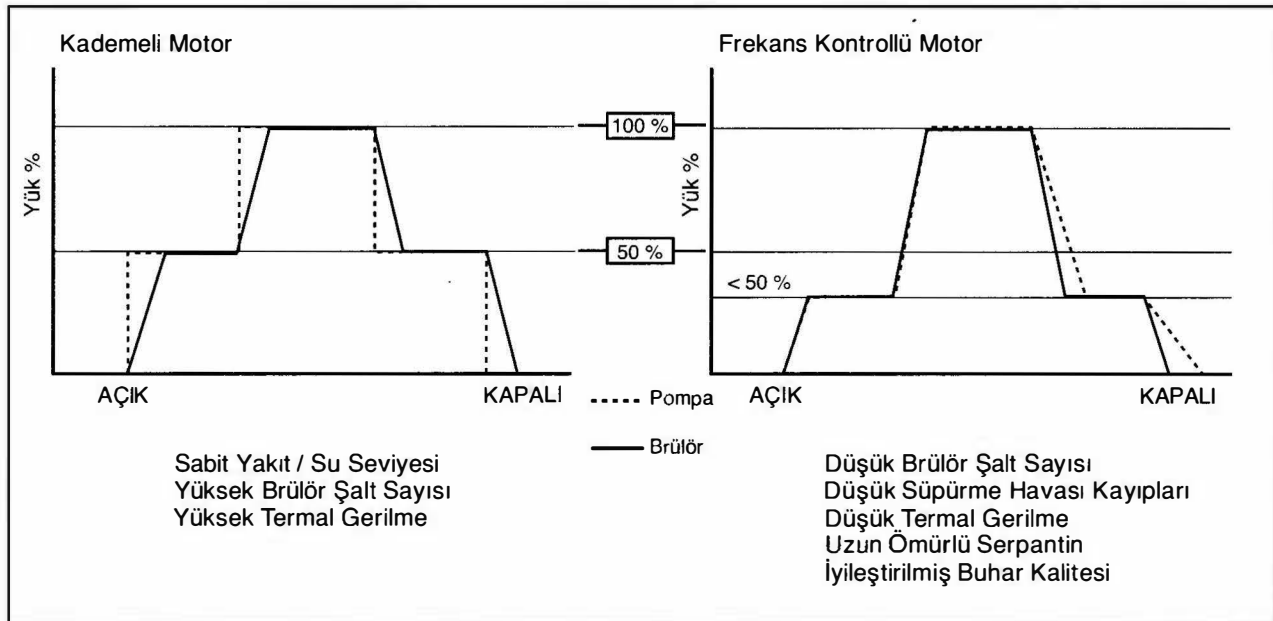
Dampffix DF buhar jeneratörlerinde besi suyu pompaları pistonlu tiptedir, santrifüj pompa kullanılmaz. Pompa ile brülörün uyumlu çalışması şarttır. İki kademeli brülör varsa, pompa da iki kademeli seçilir. Oransal brülörlerle, oransal pompa kullanılır. Brülör-besi suyu pompası çifti, kademeli veya frekans kontrollü olmak üzere iki alternatiflidir.

İ. Kademeli brülör-besi suyu pompası çifti

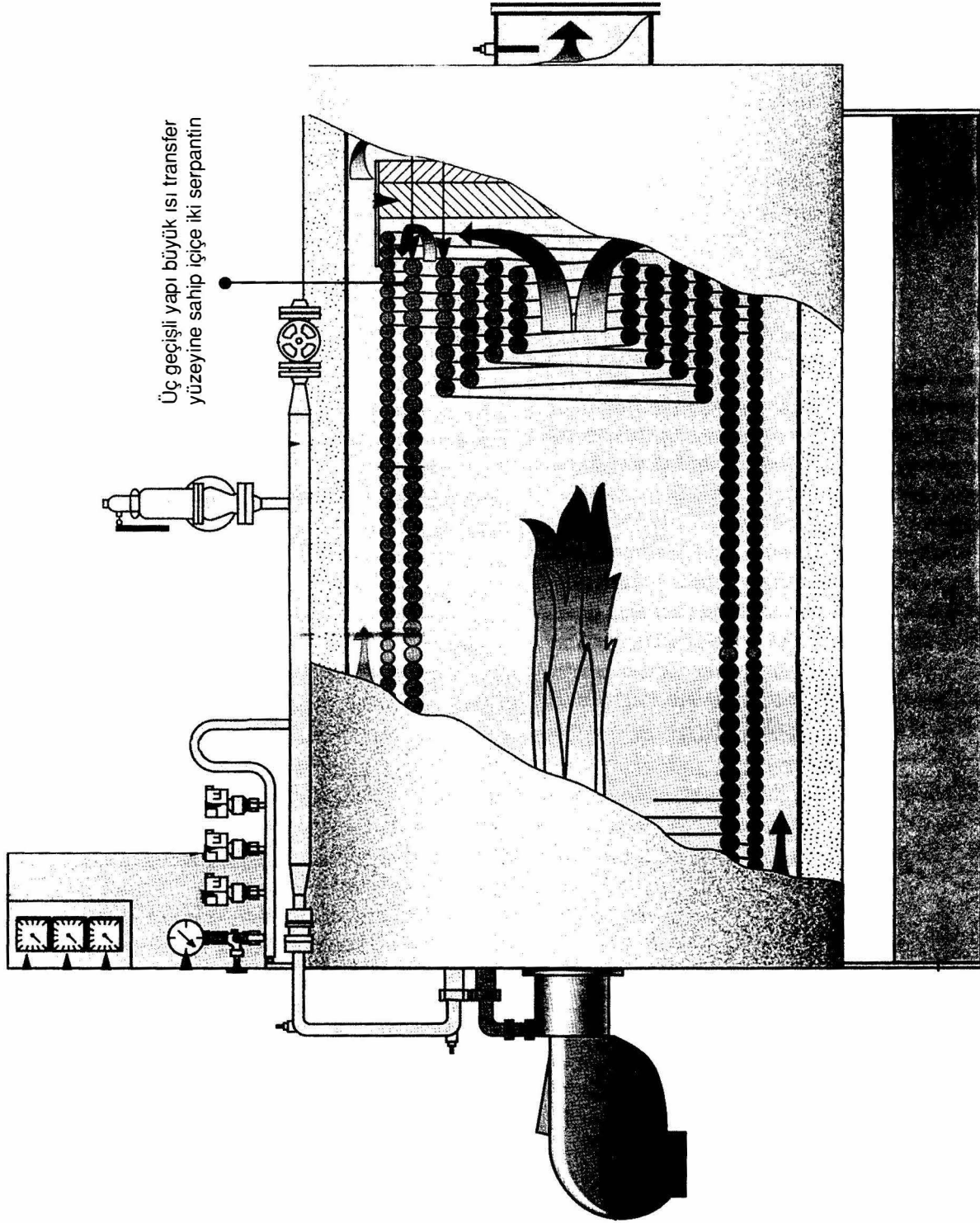
Kademeli alternatif, konvansiyonel uygulamadır. Küçük kapasitelerde yakıt ne olursa olsun kademeli brülör kullanılır. Burada buhar kapasitesi kademelerin aç/kapa çalışmasıyla sağlanır. Her iki durumda da pompa ve brülörün çalışması Şekil 16'da verilmiştir. Buhar ihtiyacı % 50'nin altındaysa, şalt sayısı artar.

J. Frekans kontrollü brülör-besi suyu pompası çifti

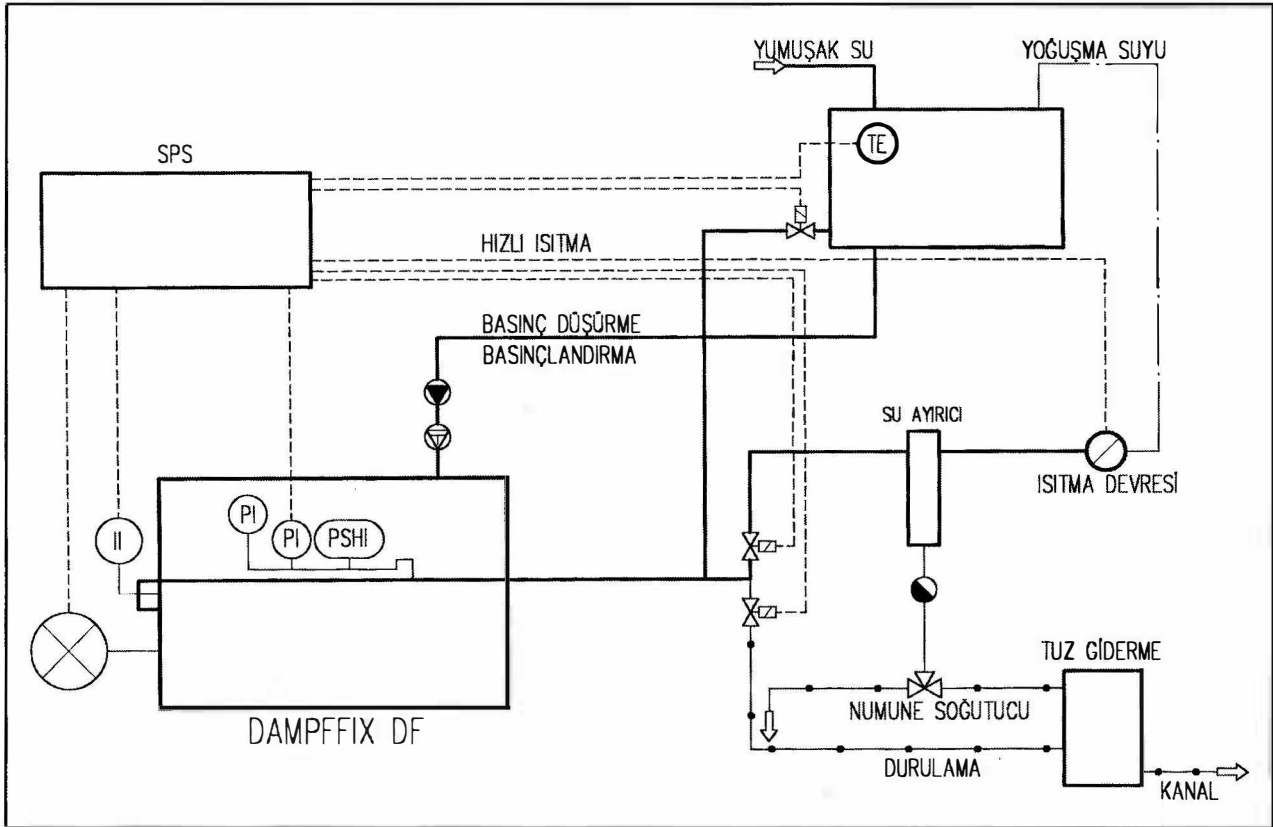
Frekans kontrollü sistemlerde ise, brülörün kapasitesine uygun



Şekil 16. DAMPFFIX DF YAKIT / SU SEVİYESİ KONTROLÜ



Şekil 15. BUDERUS DAMPPFIX DF YÜKSEK KAPASİTE BUHAR JENERATÖRÜ KESİTİ



Şekil 17. ABA-DF'Lİ DAMPFFIX'TE DURDURMA, İŞLETME, ÇALIŞTIRMA

besi pompası çalışması mümkün olur. Uzun ömürlü kazan ve kaliteli buhar üretimi bu sistemde garantili olarak elde edilir.

K. İlk hareket

Buhar jeneratörüne gönderilen su miktarı arttıkça, yakılan yakıt miktarı da artırılmak zorundadır. İlk hareket serpantin suyla doldurulmasıyla başlar. Bu aşamada önce pompa çalışır. Serpantin dolduktan sonra, brülör çalışmaya başlar. Durulama devri denilen bu aşamada buhar devresine buhar verilmez, su dışarı atılır. Buhar oranı % 90 mertebesine ulaştığında buhar devresi açılarak, durulama devresi kapatılır. Sistemin şematik gösterilimi Şekil 17'dedir.

L. Otomatik ilk hareket ve durdurma kontrolü ABA-DF

Dampffix DF buhar jeneratörleri elle çalıştırılabilir. Ancak bu belirli riskleri ve kayıpları da beraberinde getirebileceğinden, sistemin otomatik çalıştırılması için ABA-DF geliştirilmiştir. Bu sistemde Şekil 17'de görüldüğü gibi motorlu ve manyetik vanalar bulunmaktadır. Bu vanalar ve kumanda paneli yardımıyla bütün işlemler otomatik olarak yapılır. Devreye almada bir kereye mahsus olarak, manuel buhar ihtiyaç sinyali verilir. Bundan sonra bütün işlemler otomatik olarak gerçekleşir.

M. ABA-DF ile minimize edilmiş oksijen korozyonu

Otomatik çalıştırma ve durdurmada bir başka avantaj ise, durdurma konumuna geçildiğinde serpantin boruları içinde vakum oluşturarak sistemden hava emilmesinin önlenmesidir. Böylece oksijen korozyonunun önüne geçilir. Bunun için jeneratör borularında vakuma geçmeye izin verilmez. Kazan soğudukça içeri

su beslenerek basınç yükseltilir.

N. Ekonomik işletme ve uzun ömür

Otomatik sistem ABA-DF sayesinde enerji ve su tasarrufu yapılır, korozyon önlenir, besi suyu sıcaklık kontrolüyle gaz tarafı korozyonu önlenir, emniyet artırılır, personel giderlerinden tasarruf sağlanır ve jeneratör ömrü uzar.

O. Üç aşamalı emniyet tekniği

Cihazın emniyeti baca gazı ve buhar çıkışındaki iki termostatla sağlanır. Baca gazı sıcaklığı artarsa kurum oluşumu, yanlış brülör çalışması, yetersiz su beslemesi gibi arızalar söz konusudur. Brülör susturulur. Aynı şekilde buhar sıcaklığı, jeneratör çalışması basıncındaki doyma sıcaklığını aşmamalıdır. Jeneratör çalışması basınç kontrolü ile gerçekleşir. Buhar hattındaki basınç otomatik brülöre kumanda verir. Bu şalterde aynı zamanda bir de basınç sınırlayıcı bulunur. Üçüncü aşamada emniyet içinse bir emniyet ventili bulunmaktadır. Besi suyu sıcaklık kontrolü de göz önüne alındığında, cihazda üç sıcaklık, iki basınç kontrolü bulunmaktadır. Emniyet ventili sayısı yerel şartnamelere göre istenirse iki olabilir. Avrupa standartlarında (EN) bu kazanlar için tek ventil yeterli olmaktadır.

Ö. Su şartlandırma paketi

Buderus buhar jeneratörlerinin su şartlandırma paketi (Su servis ünitesi) mevcuttur. Bu paket, besi suyunun yumuşatılması, gazlardan arındırılması ve kimyasal dozajlanması işlemlerini otomatik olarak yapan, komple bir pakettir.

2.1.4. Alev Duman Borulu Büyük Hacimli Buhar Kazanları

Su hacmi sınırlaması olmayan ve Grup IV'e giren alev duman borulu kazanlar genellikle silindirik formdadır. Alev ve sıcak gaz geçişi, iki veya üç geçişli olabilmektedir. Ocak genellikle bir adet olup, büyük kapasiteli tipler iki ocaklı da olabilmektedir. Bu kazanlarda genellikle doymuş buhar üretilir. Kazan baca gazı çıkışında entegre veya dıştan ekonomizör kullanımı yaygındır. Özellikle büyük kapasiteli kazanlarda mutlaka ekonomizör kullanılmasıdır. Büyük su hacimli buhar kazanlarını, kapasitelerine göre üç grupta toplamak mümkündür. 250 kg/h'ten, 50000 kg/h'e bütün kapasite aralığını kapsayan üç tip Buderus buhar kazanı, bu tip kazanların konstrüksiyonuna örnek olarak sırayla incelenecektir.

2.1.5. Buderus Kompakt Duman Borulu Düşük/Yüksek Basıncılı Buhar Kazanları (U-ND, U-HD)

A. Paket kazan

Bu kazan Şekil 18'de görüldüğü gibi, komple olarak paket halinde teslim edilen kompakt bir yapıya sahiptir. Brülör, kumanda paneli, emniyet ve kontrol cihazları, kablolama hepsi birlikte ve test edilmiş olarak teslim edilmektedir.

B. Kapasite aralığı

Buhar üretim kapasitesi 250-4500 kg/h aralığındadır.

C. İşletme basıncı

İşletme basınçları 0.5 ile 1 bar aralığında düşük, 1 ile 16 bar arasında yüksek seviyede olabilmektedir.

D. Kompakt kazan yapısı

Bu kazanda ısı transfer yüzeyleri optimum olarak tasarlanmış, kazan boyutları emniyet tekniğinin sağlanabildiği en alt seviyelere indirilmiştir. Kazanda geri dönüşlü bir yanma odası bulunmaktadır. Burada öne yönelen alevin devamındaki sıcak gazlar, ön duman sandığında son geçişi oluşturmak üzere duman borularına girer. Sıcak gazlar kazanın arkasına ilerleyip, burada toplanarak bacaya bağlanır.

E. Yüksek ısı transferi

Bu kazanlarda minimum boyutta yüksek oranda ısı transferini gerçekleştirmek amacıyla, duman borularında türbülötör kullanılmaktadır. Türbülötör aracılığıyla duman borularında ilerleyen sıcak gazlardaki enerjinin büyük bir çoğunluğunun su hacmine aktarılması mümkün olmaktadır.

F. Verim

U-ND ve U-HD kazanlarda, yakıttan elde edilen enerjinin %90'ından fazlası kullanabilmektedir. Ekonomizör kullanımında bu verim değeri %95'in üzerine taşınmaktadır.

G. Düşük baca kayıpları

Etkin bir şekilde gerçekleştirilen ısı transferi sayesinde kazanı terk eden duman gazları, kazandaki su sıcaklığının yaklaşık 60 °C üzerine kadar soğutulur. Baca gazı sıcaklığında sağlanan bu düşük sıcaklıklar, baca kayıplarının düşük olmasını mümkün kılar.

H. Su ile kaplı alev duman boruları

Ocak ve duman boruları tamamen su ile kaplıdır. Suyun üzerinde buhar hacmi bırakılmıştır.

I. Elektrotlu su seviye kontrolü

Su yüzeyinde çalkantı olmaması için besli suyu girişi üstten, su seviyesi düzeyinde yapılır. Su seviyesi otomatik olarak kontrol edilir ve duman boruları ile külhanın hiçbir zaman suyun dışında kalmasına izin verilmez. Su seviyesi elektrotlarla kontrol edilir. Ayrıca seviye göstergesinden su seviyesi görülebilir.

İ. Blöf seçeneği

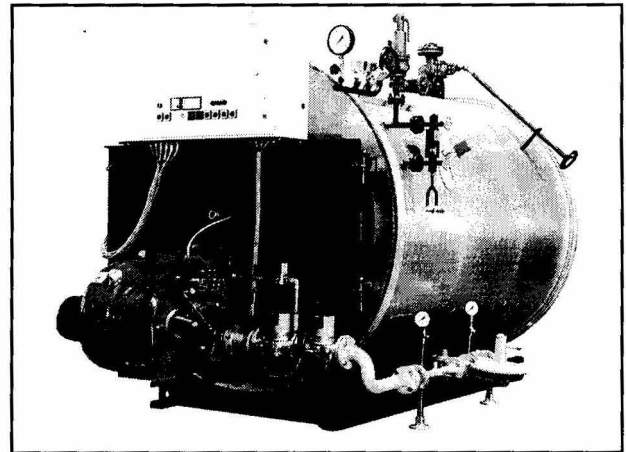
Kazanda üst ve alt blöf yapılmaktadır. Üst blöf (köpük alma işlemi) otomatik, alt blöf (çamur alma işlemi) ise maneldir. Ancak otomatik alt blöf seçeneği de bulunmaktadır.

J. Damla tutucu

Buhar alma ağzında kazan içinde damla tutucu bulunur. Kazandan yüksek kuruluk derecesinde doymuş buhar elde edilir. Buhar kalitesi yüksektir ve gıda, hastane gibi temiz buhar istenilen yerlerde kullanılabilecek saflıkta buhar üretilir.

K. Ömür

Jeneratörler ile denk kapasitelerde buhar üreten bu kazanların ömrü 30 yıl mertebesinde dir.



Şekil 18. BUDERUS U-ND, U-HD DÜŞÜK BASINÇ/ YÜKSEK BASINÇ BUHAR KAZANLARI

2.1.6. Buderus Duman Borulu Yüksek Basıncılı Buhar Kazanları (UL-S, UL-SX)

A. Paket Kazan

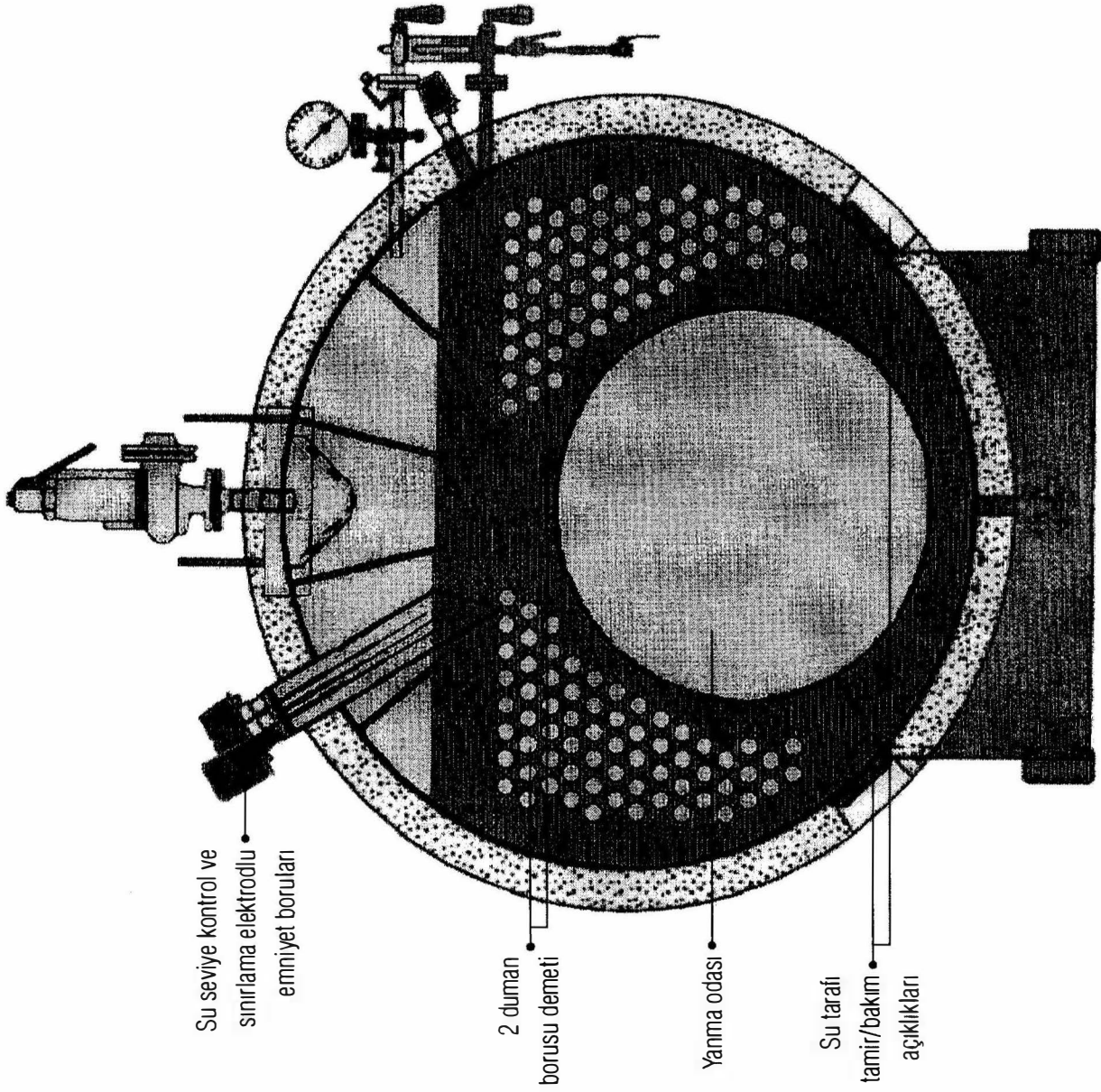
Bu kazan Şekil 20'de görüldüğü gibi, komple olarak paket halinde teslim edilmektedir. Brülör, kumanda paneli, emniyet ve kontrol cihazları, kablolama, bir bütün halinde ve test edilmiş olarak teslim edilir.

B. Kapasite aralığı

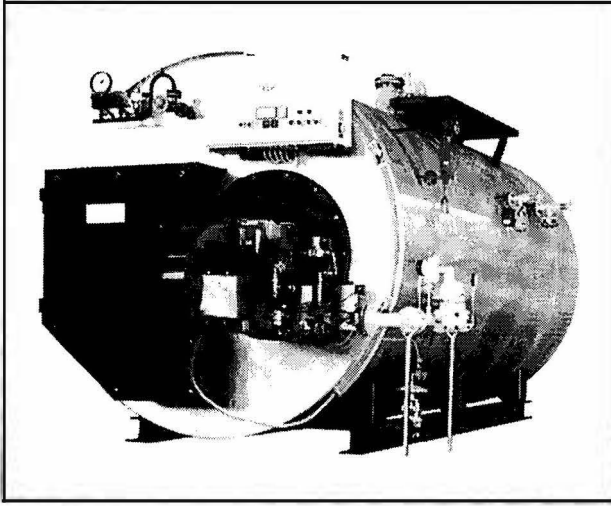
Buhar üretim kapasitesi 2000-28000 kg/h aralığındadır.

C. İşletme basıncı

Kazanların işletme basıncı 6-30 bar aralığındadır.



Şekil 19. BUDERUS U-ND, U-HD DÜŞÜK BASINÇ / YÜKSEK BASINÇ BUHAR KAZANLARI KESİTİ



Şekil 20. BUDERUS UL-S YÜKSEK BASINÇ BUHAR KAZANI

D. Üç geçişli kazan

UL-S doymuş buhar üreten tip kazanın yapısı Şekil 21'de verilmiştir. Kazanda üç geçiş vardır. Yanına odasının sonunda sıcak gazlar ikinci geçişi sağlayan duman borularına döner ve öne ulaşır. İkinci geçiş duman boruları üsttedir. Ön duman sandığında aşağı yönelen gazlar, alttaki üçüncü geçişi oluşturan boru demetiyle tekrar arkaya taşınır ve burada toplanarak ekonomizöre girer.

E. Ekonomizör

Ekonomizör kazanın entegre bir parçasıdır. Gaz ve sıvı yakıtlı kazanlarda ekonomizör, spiral sarılmış sık kanatlı borulardan oluşur.

F. Fuel-oil kullanımı halinde

Fuel-oil yakıtlı tiplerde ise ekonomizör kanat aralıkları daha geniştir ve geçme kanat kullanılır. Ekonomizörden sonra gazlar toplanarak bacaya bağlanır.

G. Türbülötör yok

Bu kazanlarda duman borularında türbülötör kullanılmamaktadır. Buna karşılık gaz hızları 45 m/s mertebelerinde yüksek değerdedir. Bu sayede duman borularında tıkanma riski en aza indirilebilir ve sıvı yakıt kullanımında bile kazanlarda temizlik daha seyrek yapılabilir. Türbülötörlerin sökölme ve temizlikten sonra yeniden yerleştirilmesi ihtiyacı da ortadan kalkacağından dolayı, temizlik işlemi daha kolay ve hızlı gerçekleştirilebilir.

H. Gaz tarafı direnci

Bu kazanlarda gaz tarafı direnci kapasiteye göre 6-12 mbar mertebelerindedir.

I. Verim

Özgül buhar üretimi 45-50 kg/m² mertebesinde ve verim %90'ın üzerindedir. Ekonomizör kullanımı halinde %95 seviyelerinde verimlere ulaşılır.

İ. Külhan ve ayna

Ocakta 12 t/h buhar kapasiteleri ve 13 bar basınç değerlerine kadar düz külhan ve düz ayna kullanılmaktadır. Daha büyük kapasiteler ve basınçlarda ondüleli külhan ve bombeli ayna kullanılır.

J. Doğal sirkülasyon

Ocak ve duman boruları tamamen su ile kaplıdır. Kazanda suyun dolaşımı ısı güçlerle doğal olarak gerçekleştirilir. Brülörün çalışmasıyla birlikte su sirkülasyonu da başlar. Sirkülasyonun daha iyi olabilmesi için ocak üzerinde duman borusu bulunmamaktadır. Borular yana alınmıştır.

K. Düzgün su seviyesi ve duman borularını koruyan konstrüksiyon

Suyun üzerinde buhar hacmi bırakılmıştır. Su yüzeyinde çalkantı olmaması için besi suyu girişi üstten su seviyesi düzeyinden yapılır. Su seviyesi otomatik olarak kontrol edilir ve duman boruları ile külhanın hiçbir zaman suyun dışında kalmasına izin verilmez.

L. Su seviye kontrolü

Su seviyesi elektrotlarla kontrol edilir. Ayrıca seviye göstergesinden su seviyesi görülebilir.

M. Blöf seçeneği

Kazanda üst ve alt blöf yapılmaktadır. Üst blöf (köpük alma işlemi) otomatik, alt blöf (çamur alma işlemi) ise manueldir. Ancak otomatik alt blöf seçeneği de bulunmaktadır.

N. Damla tutucu

Buhar alma ağzında kazan içinde damla tutucu bulunur. Kazandan yüksek kuruluk derecesinde doymuş buhar elde edilir.

O. Ani buhar çekişini karşılayabilme yeteneği

Büyük su hacimli bu kazanlardan ani buhar almak mümkündür. 1-2 dakika içinde, nominal kapasitenin 1.6 ile 1.8 misli buhar çekilebilir.

P. Buhar akümülatörü

Daha uzun süreli aşırı buhar çekişleri varsa basınç düşebilir. İkinci bir ani çekiş için belirli bir süre beklemek gereklidir. Ancak bu şekilde periyodik bir çalışma düzeni kazan ömrü açısından olumsuz bir etkiye sahiptir ve sakıncalıdır. Bu tür buhar ihtiyaçlarında devrede buhar akümülatörleri kullanılmalıdır. Pik çekişlerin olduğu çalışma rejimlerinde modülasyonlu brülör ve frekans kontrollü besi suyu pompası kullanılması tavsiye edilir.

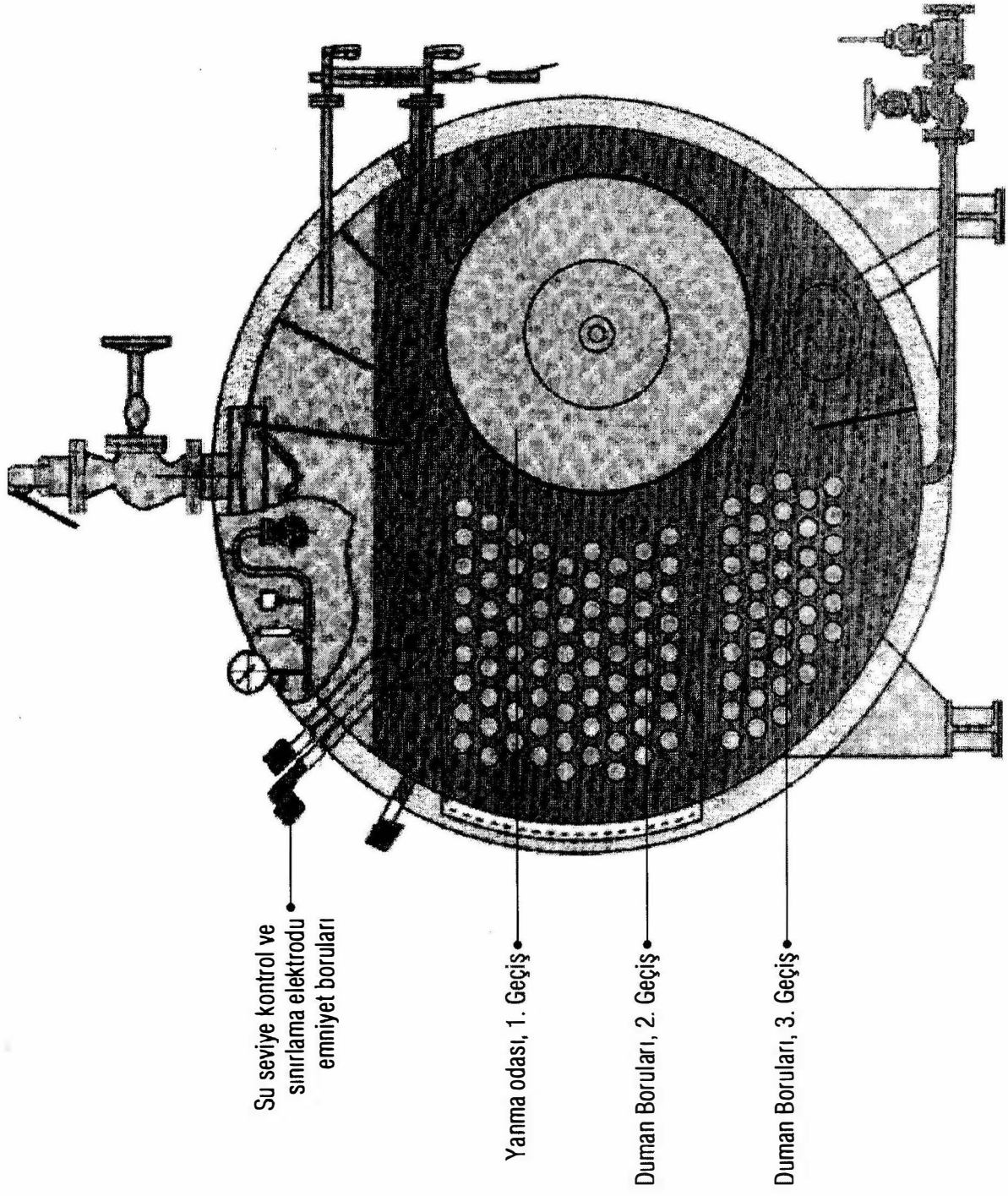
R. Kızgın buhar kazanı

UL-SX tipi ise kızgın buhar üretir. Bu kazanın yapısı Şekil 22'de görülmektedir. Burada diğer tip kazandan olan fark, ön taraftaki kızdırıcı bölümüdür. Bu modelde 300 °C sıcaklığa kadar kızgın buhar üretilir. Kızgın buhar genellikle uzun buhar hatlarında kullanılır. Kızdırıcının bir boş geçişi, bir by-pass ve altta bir ayar klapesi vardır. Kazanın ilk çalışmasında klape kapalı durur. İstenen sıcaklığa ulaşınca klape açılır ve dumanlar kızdırıcıdan geçirilmeye başlanır.

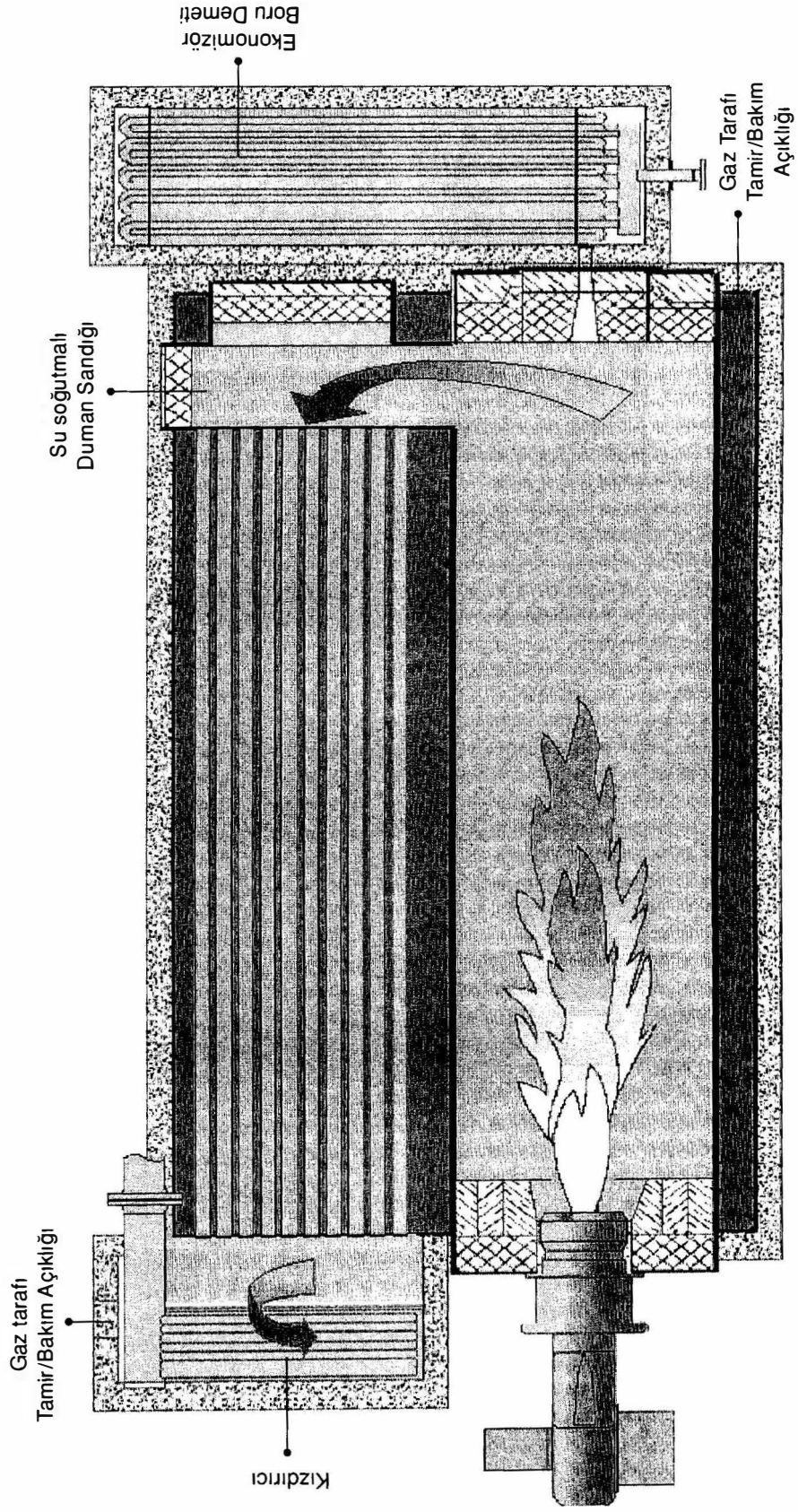
2.1.7. Buderus Çift Külhanlı Yüksek Basınçlı Buhar Kazanları (ZFR, ZFR-X)

A. Çift külhanlı paket kazan

Bu kazan iki yanma odası içermektedir ve komple olarak paket halinde teslim edilir. Brülör, kumanda paneli, emniyet ve kontrol cihazları, kablolama hepsi birlikte ve test edilmiş olarak gelmektedir.



Şekil 21. BUDERUS UL-S YÜKSEK BASINÇ BUHAR KAZANI KESİTİ



Şekil 22. BUDERUS UL-SX YÜKSEK BASINÇ KIZGIN BUHAR KAZANI KESİTİ

B. Kapasite aralığı

Buhar üretim kapasitesi 18000-35000 kg/h aralığındadır.

C. İşletme basıncı

Kazanlar 30 bar işletme basıncına kadar çalışabilmektedir.

D. Üç geçişli kazan

ZFR doymuş buhar üreten tip kazanın yapısı Şekil 23'de verilmiştir. Kazanda üç geçiş vardır. Yanma odasının sonunda gazlar dönerek ikinci geçişi sağlayan duman borularıyla öne ulaşırlar. İkinci geçiş duman boruları külhanın üstündedir. Ön taraf duman sandığında yana dönen gazlar, yandaki üçüncü geçişi oluşturan boru demetiyle tekrar arkaya taşınır ve burada toplanarak ekonomizöre girer.

E. Ekonomizör

Ekonomizör kazanın entegre bir parçasıdır. Ekonomizör sayesinde kazanın verimi %95'in üzerine taşınır.

F. Bağımsız iki gaz hacmi

Kazan alev-duman tarafı tamamen bağımsız iki ayrı blok olarak çalışır. Kazan ortadan simetrik iki parçaya bölünmüştür.

G. Ortak su-buhar hacmi

İki külhanlı ZFR kazanın, su ve buhar hacmi ortak tek bir bloktur.

H. Tek külhanla emniyetli çalışma yeteneği

Kazan, kapasite gerektirdiğinde tek külhanla çalışabilir. Bu yeteneği yönünden alınmış TÜV belgesi bulunmaktadır.

I. Ortak baca gazı bağlantısı

Ekonomizörden sonra her iki bloktan gelen gazlar toplanarak tek bacaya bağlanırlar. Her iki gaz hattı da eşit basınç düşümüne sahiptir. Bu kazanlarla modülasyonlu brülör kullanılmalıdır.

İ. Kızgın buhar kazanı

ZFR-X tipi ise kızgın buhar üretir. Burada fark ön taraftaki kızdırıcı bölümüdür. Bu modelde 300 °C sıcaklığa kadar kızgın buhar üretilir. Kızdırıcının bir ayar klapesi vardır. Kazanın ilk çalışmasında klape kapalı durur ve gerekli sıcaklığa ulaşınca klape açılarak, dumanlar kızdırıcıdan geçirilmeye başlanır.

2.1.8. Buderus Kazanlarda Emniyet ve Kontrol Tekniği

A. Gözetimsiz çalışma

Buderus buhar kazanları, TRD 604 (ve PrEN) normuna göre 72 saat gözetimsiz çalışabilecek şekilde donatılmıştır.

B. Kazan su seviye kontrolü

Kazan su seviye kontrolü, seviye elektrotlarıyla yapılmaktadır. Elektrotlar bir mikroprosesöre bilgi verir ve buradan sabit seviye kontrolü yapılır. İşletmeye ara verilmeden ayar yapılabilir.

C. Üç seviye kontrol elektrotu

Üç adet elektrot vardır. Alt seviye iki elektrotla kontrol edilir. Birinci elektrot seviye kontrol görevi yapar. İkinci elektrot ise sınırlayıcıdır ve seviye buraya düşerse, brülörü susturur ve sinyal verir. Üçüncü elektrot üst seviye kontrolü ile ilgilidir.

D. Kendini test eden elektrotlar

Elektrotlar kendi kendilerini test eden karakterdedir. Kendinde bir hata olduğunu algıladıklarında brülörü kapatırlar. Aynı şekilde elektrotlarda kireçlenme nedeniyle uç ile metal ring arasında bir

kısa devre oluşursa, yine brülör susturulur. Seviye ayar elektrotu dijital bir sinyal üretir ve bu sinyal bütün elektronik cihazlarda kullanılabilir. Kazan tamamen dijital kontrollüdür.

E. Brülör

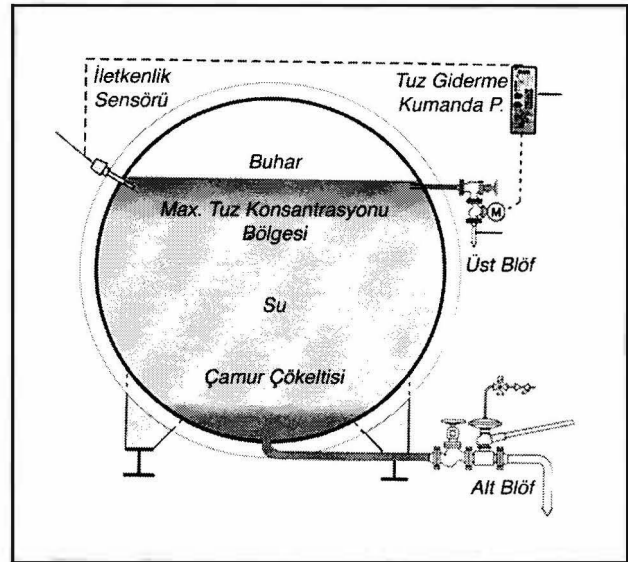
Brülör kademeli veya oransal olabilir. Brülör çalışması yakma otomati üzerinden yapılır. Pilot yanma, düşük yük çalışması buna göre ayarlanır. İlk devreye girmede düşük alevle yumuşak kalkış sağlanır. Kademeli brülör kullanılan buhar sistemlerinde basınçta bir dalgalanma kaçınılmazdır. Oransal brülör kullanılarak sabit buhar basıncı elde edilebilir.

F. Basınç kontrolü

Buhar basıncını kontrol etmek üzere üç basınç şalteri kullanılır. Bunlardan biri esas basınç düzenleyicisidir ve brülöre kumanda eder. Diğer ikisi basınç sınırlayıcısı olarak görev yaparlar ve alt ve üst buhar basınçlarında kazanı susturur.

G. Kazan suyu iletkenlik ölçümü ve otomatik blöf

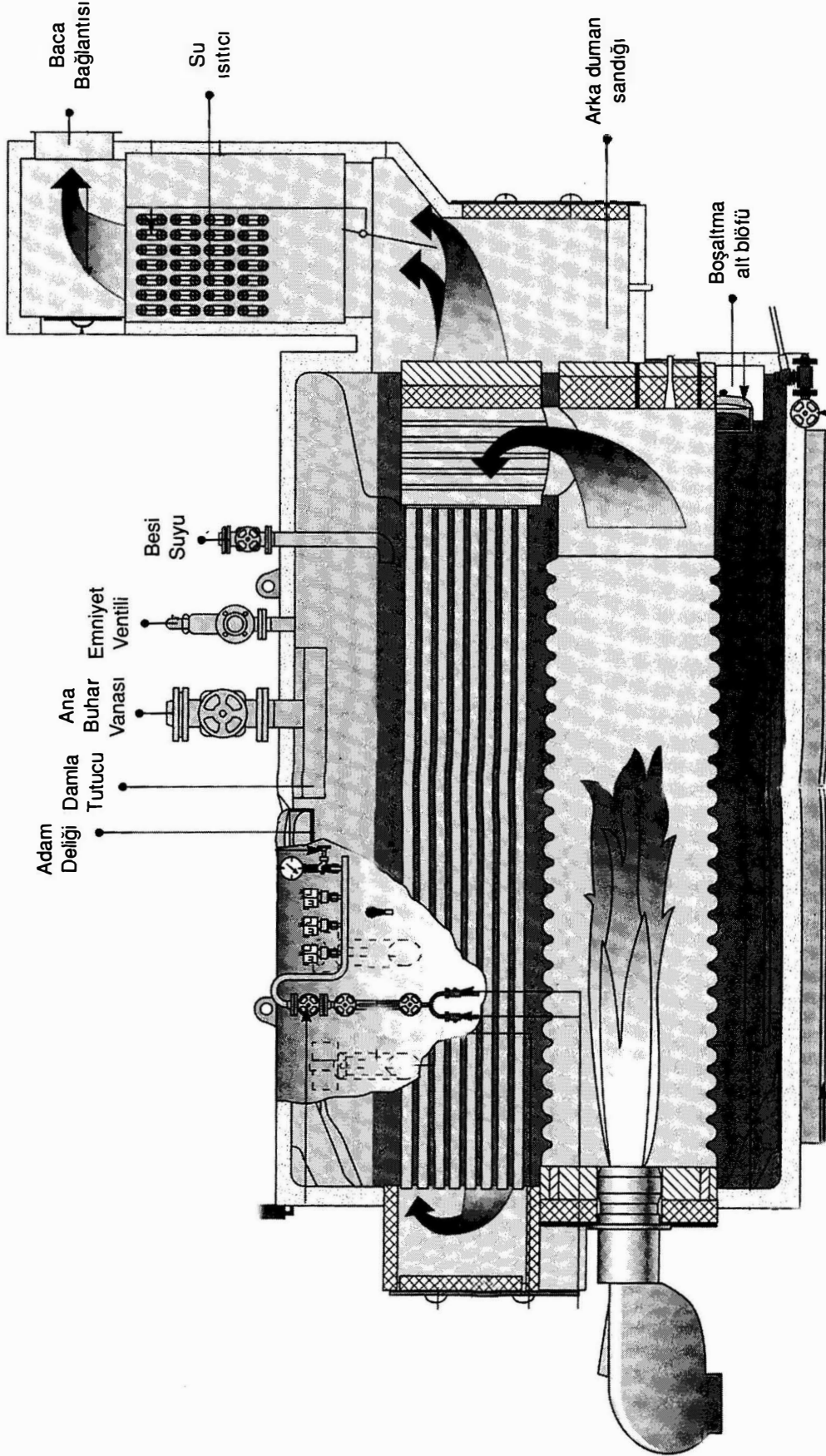
Kazan suyu iletkenlik ölçümü bir iletkenlik elektrotu ile gerçekleştirilerek otomatik olarak üst blöf (köpük alma işlemi) yapılır. Yüksek tuz konsantrasyonlu kazan suyu dışarı atılarak, yerine düşük tuz konsantrasyonlu besi suyu alınır. Alt blöf çamur tahliyesi içindir ve çamur alma işlemi olarak da adlandırılır. Alt blöf elle yapılabilir. Ancak 72 saat gözetimsiz çalışmada alt blöf de otomatik olarak yerine getirilmelidir. Otomatik alt blöf zaman saatinden kumanda alarak belirli aralıklarla, ayarlanan süre boyunca blöf vanasının açılmasıyla yapılır. Şekil 24'de otomatik blöf sistemi görülmektedir.



Şekil 24. BLÖF SİSTEMİ

2.2. Ünite Tekniği

Buhar kazanı emniyet ve kontrol elemanları, su hazırlama, yakıt hazırlama, yakma, ısı geri kazanma gibi yardımcı sistemlerle birlikte bir bütündür. Kazan dairesinde birçok parça, çok fazla sayıda bağlantı noktasıyla bir araya getirilmelidir. Buhar kazanıyla birlikte bu sistemlere ait her parçanın ayrı ayrı hesaplanıp, projelendirilmesi, yapımı ve işletilmesi gerekir. Buhar kazanı sistem



Şekil 23. BUDERUS ZFR ÇİFT KÜLHANLI YÜKSEK BASINÇ BUHAR KAZANI

tasarımı bu görevi içerir. Kazanı ve sistem elemanlarını ayrı ayrı satın almayı hedeflemenin tasarımı, uygulamada ve işletmede çeşitli zorlukları ve dezavantajları bulunmaktadır.

Tasarımdaki dezavantajlar:

- Birçok firmanın ürettiği ürünler içerisinde en kalitelisini seçme zorunluluğu
- Birçok sistem elemanının bir araya getirilme zorluğu
- Boyutlandırmada ve fonksiyonda hata riski.

Uygulamadaki dezavantajlar:

- Yüksek temin ve taşıma maliyeti
- Çok sayıda satıcı ve uygulayıcı ile çalışma zorluğu
- Eksik malzeme ve parçaların bir araya getirilme sorunu
- Uzun montaj süreleri, termin sorunları, hata riskini en aza indirme zorluğu

İşletme dezavantajları:

- Devreye alma, çıkarma ve fonksiyon hataları
- Yüksek işletme ve bakım maliyetleri
- Verim düşümü

Bu sorunların üstesinden gelmek üzere Buderus, ünite tekniğini geliştirmiştir. Buhar kazanı sisteminde gerekecek alt sistemler birer ünite haline getirilerek hazır paket sistemler oluşturulmakta ve pazarlanmaktadır. Fabrikada üretilen, monte edilen ve test edilen üniteler paket halinde müşteriye sunulmaktadır. Böylece gerekli üniteleri seçmek suretiyle hatasız, kolay kurulan ve verimli işletilen bir buhar sistemi ortaya çıkmaktadır. Ünite tekniğinin kullanım kolaylıkları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

Proje için avantajlar

- Birçok ürünün ayrı ayrı tasarımı ortadan kalkar
- Uygulama ve planlama hatası riski ortadan kalkar
- Daha kısa planlama ve uygulama süreleri
- En yüksek planlama garantisi
- % 90 oranında azaltılmış proje maliyetleri

Uygulamacı için avantajlar

- Önemli oranda düşük ek yeri sayısı
- Kolay taşıma ve termin uyumu
- Eksik veya unutulmuş malzemeden kaynaklanacak gecikmeler ortadan kalkar.

- Montaj öncesi ve sırasında daha az çalışma
- Daha az firma ile pazarlık
- Daha az kalifiye çalışan ihtiyacı
- En üst kalitede ekipman
- % 80 oranında azaltılmış montaj süreleri
- Düşük toplam maliyet.

İşletmecisi için avantajlar

- Doğru boyutlandırılmış ve birbirine uyumlu sistem komponentleri
- Borulaması ve kablolaması tamamlanmış kompakt yapı
- İşletme ve bakımı kolay kompakt yapı
- Daha az yer ihtiyacı ve kısa bağlantı uzunluğu
- Doğru seçilmiş ekipmanla sorunsuz devreye alma/devreden çıkarma

- Doğruluğu ispat edilmiş know-how ile fonksiyon garantisi

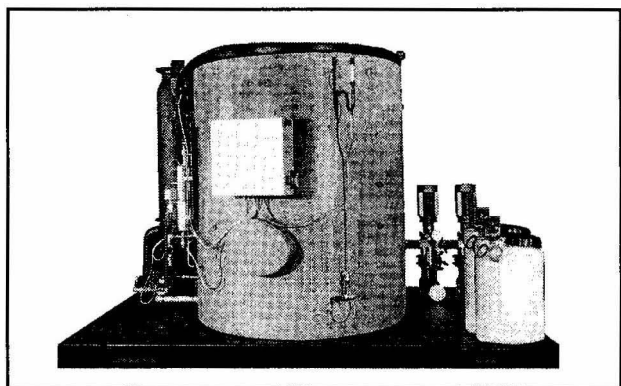
- Toplam montaj ve yedek parça garantisi

Buderus ünite üretim programı çerçevesinde tek bir ürün halinde aşağıdaki hazır paket üniteleri üretmektedir.

2.2.1. Tam Gaz Almalı Su Şartlandırma Ünitesi

Klasik sistemde böyle bir ünite çelik profillerden gövde üzerine yüksekte yerleştirilmiş degazör, izolasyonu, altta besı suyu tankı, izolasyonu, besı suyu pompaları, dozajlama, numune soğutma, drenaj suyu basınç düşürücüsü, soğutma düzeneği, armatür ve boru bağlantıları, elektrik panosu ve kablolama içerecektir. Örnek olarak; 8 m³/h kapasite için yapı yüksekliği 5700 mm, cihaz maliyeti 56000 DM ve montaj maliyeti 6000 DM olacaktır.

Aynı sistem Buderus tam gaz almalı su şartlandırma ünitesinde; yapı yüksekliği, 2350 mm, cihaz maliyeti 37000 DM ve montaj maliyeti 2000 DM olmak üzere aynı şase üzerine monte edilmiş paket olarak gerçekleştirilebilmektedir. Bu ünite büyük kapasiteli ve yüksek basınçlı kazanlar için geliştirilmiştir. Şekil 25'te görülen bu sistemde su fiziksel ve kimyasal olarak şartlandırılır ve hem yumuşatılmış besı suyu, hem de kondens aynı tankta gaz alma işleminden geçirilir. Dik tank hacmi maksimum kapasitenin yarısı kadardır, yani 8 m³/h için 4 m³ tank kullanılır. Tank büyüklüğünün seçiminde dozajlama için gerekli reaksiyon süresi kadar suyun tankta kalabilmesi esas alınır. Tank içine kondens ve taze besı suyu pülverize olarak püskürtülür. Degazör tankına buhar verilir ve buhar miktarı tanktaki basınçla kontrol edilir. Ünite de kullanılan besı pompaları özel olarak geliştirilmiştir. Klasik uygulamada olduğu gibi, kavitasyonu önlemek için tankın pompalardan belirli miktarda daha yüksekte olmasına gerek yoktur. Bu nedenle her şey aynı yatay çelik kaideye monte edilmiştir. Paketin içinde dik degazör tankı, besı pompaları, seviye kontrolü, basınç kontrolü, kimyasal dozajlama, atık drenaj suyu soğutma ve basınç düşürme ünitesi, numune su soğutma, modüler elektrik panosu, basınç emniyeti bulunmaktadır.



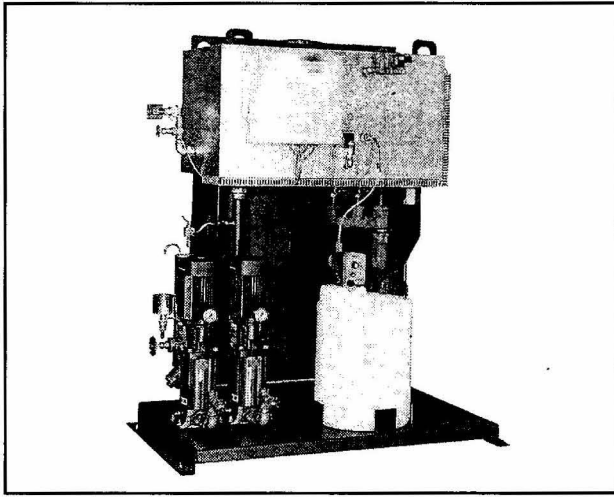
Şekil 25. BUDERUS WSMV TAM DEGAZYONLU SU ŞARTLANDIRMA ÜNİTESİ

2.2.2. Kısmi Gaz Almalı Su Şartlandırma Ünitesi

Şekil 26'da görülen bu ünite buhar jeneratörleri ve 2000 kg/h kapasiteye kadar bütün buhar kazanları için geliştirilmiştir. Bu

sistemde su fiziksel ve kimyasal olarak şartlandırılır, kısmi gaz alma işleminden geçirilir ve depolanır. Tank içine kondens ve taze besi suyu pülverize olarak püskürtülür. Degazör tankına buhar verilir ve buhar miktarı tanktaki sıcaklıkla kontrol edilir. Tanktaki su seviyesi otomatik olarak kontrol edilir. Ünitelerde kullanılan besi pompaları özel olarak geliştirilmiştir. Klasik uygulamada olduğu gibi, kavitasyonu önlemek için tankın pompalardan belirli miktarda daha yüksekte olmasına gerek yoktur. Paketin içinde kombi degazör tankı, modüler elektrik panosu, filtreleme ve su yumuşatma ünitesi, kimyasal dozajlama, besi pompaları, numune su soğutma bulunmaktadır.

Kısmi gaz alma 2000 kg/h altındaki küçük kapasiteli kazanlar için yeterli olabilir. Burada depodaki su 90°C mertebelerine kadar buharla ısıtılır. Buhar miktarı sıcaklık kontrolüyle ayarlanır. Depo basınçsızdır.



Şekil 26. BUDERUS WSMT KISMİ DEGAZYONLU SU ŞARTLANDIRMA ÜNİTESİ

2.2.3. Su Yumuşatma Ünitesi

2.5 m³/h kapasiteye kadar olmak üzere paket halde bir ünitdir. Gerekli bütün komponentler üzerindedir. Debi ayarlı tekli ünite ve debi ve kalite ayarlı ikili ünite olarak mevcuttur.

2.2.4. Pompa Ünitesi

Besi suyu pompa ünitesi buhar jeneratörleri için dışı pompaları, diğer buhar kazanları için özel santrifüj pompaları içerir. Yakıt pompa üniteleri ise yakıt cinsine bağlı olarak farklıdır. Motorin ünitesi pompa, filtre ve dolaşım aparatını içerir. Fuel-oil için ise, ünite izolasyonlu ve ısıtıcıdır.

2.2.5. Doğal Gaz Besleme Hattı Ünitesi

Gaz trane hattı olarak da bilinen bu düzen alçak basınç ve yüksek basınçlı gaz hatları için iki farklı yapıdadır.

2.2.6. Buhar Jeneratörleri İçin Üniteler

Besi suyu kumanda ünitesi, besi suyunun beslenmesi ve boşaltılmasını düzenler. Separatör ünitesi buhardaki nemi alır ve tahliye eder.

2.3. Buhar Akümülatörleri

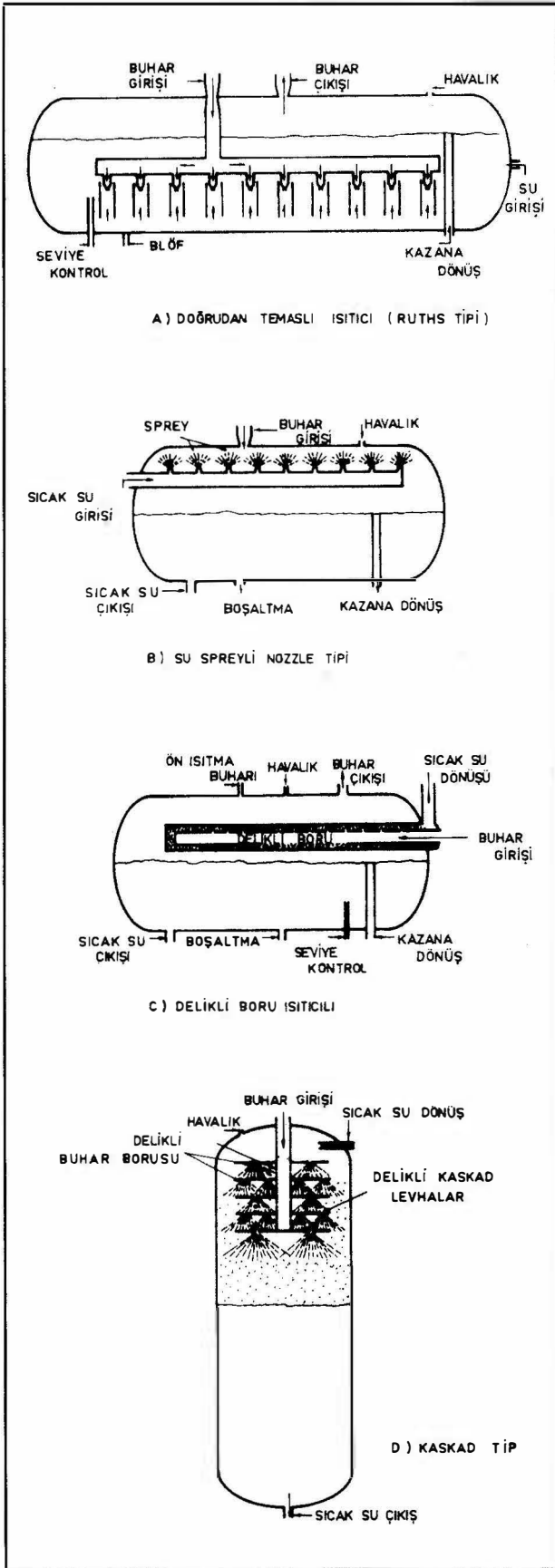
Buhar kazanı, işletmenin buhar ihtiyacındaki değişimleri karşılamadığı zaman, buhar akümülatörlerine gerek duyulur. Buhar akümülatörü, hacimsel olarak yaklaşık dörtte üçü suyla, dörtte biri buhar ile dolu olan, buhar veya kaynar su ile ısıtılan silindirik şeklinde basınçlı bir depodur. Buhar akümülatörlerini buhar veya kaynar suyla ısıtılan birer buhar kazanı olarak da tanımlamak mümkündür. İhtiyaç anında buhar çekilmeye başlandığında, tankın boşalmasıyla düşen basınç tanktaki doymuş suyun buharlaşmasına ve sisteme buhar beslemeye devam edilmesine neden olur. Akümülatör iki basınç arasında çalışır. İşletme açısından, buhar akümülatörlerinin aşağıdaki yararları sayılabilir.

- 1- Buhar kazanı kapasitesi ve boru çapları daha küçük değerlerde seçilebilir.
- 2- Buhar kazanının verimi biraz daha artar.
- 3- İşletmenin ani yük çekişleri daha hızlı bir şekilde karşılanabilir.

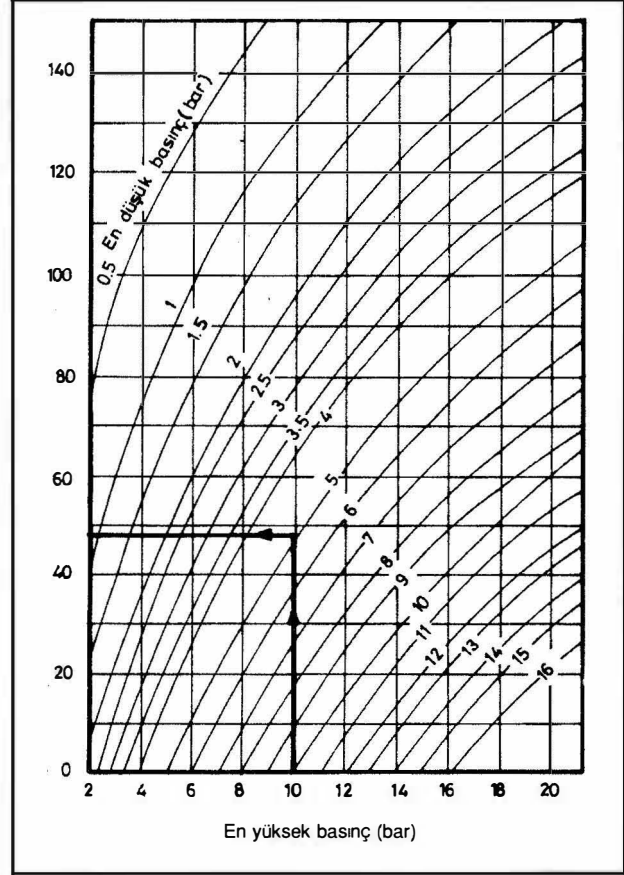
Pratikte buhar akümülatörlerinin üç önemli tipi vardır. Doğrudan temaslı ısıtıcı, delikli boru ısıtıcı ve kaskad ısıtıcı tiplere ait prensip şemaları Şekil 27'de görülmektedir. Bunlardan pratikte en çok kullanılan ve Ruths buhar akümülatörü adını da alan, doğrudan temaslı ısıtıcı tiptir. Bu tipte buhar veya kaynar su depodaki suyun alt seviyesinden içeri verilir. Karışımı iyileştirmek için giriş ağzı lüle şeklinde veya delikli yapılabilir. Boşaltmanın ardından tank tekrar doldurulurken, çekilen buhar kadar aynı miktarda buhar tanka besleneceğinden sürekli çalışmada tanka yeni taze su beslemeye gerek yoktur.

Bir buhar akümülatörünün dolma ve boşalması Şekil 28'de grafik olarak düzenlenmiştir. Bu grafiğe göre, örnek olarak 10 bar basınçta doldurulup 5 bar basınçta boşaltılan bir buhar akümülatöründen m³ başına çekilebilecek buhar miktarı 48 kg/m³ değerindedir.

Buhar akümülatörlerinde tipine göre yaklaşık olarak 1m³ suya 30-150 kg buhar doldurmak mümkündür. Deponun m² su yüzeyinden yaklaşık 400 m³/m² buhar çekilebilir. Pratikte 50 t/h kapasitesine kadar buhar aküleri yapılabilir. Tank büyüklüğü belirlenirken doldurma basıncı, boşaltma basıncı, boşaltma periyotları ve zaman dağılımı, her seferde çekilen buhar miktarı, yıllık kullanma kapasitesi, yıllık soğuk başlangıç sayısı, sistemdeki kazan kapasitesi bilinmelidir. Şekil 29'da ise dıştan buharlaştırıcı serpantinli buhar akümülatörü fonksiyon şeması görülmektedir. Burada besi suyu pompa ile beslenebilir veya basınç altında ise bir selonoid vana ile su beslemesi kontrol edilir. Akümülatör tankından alınan su buharlaştırıcı ısı değiştirgecinden dolaştırılır. Tanka geri dönen akışkan içindeki buhar tankta üstte toplanır. Kullanılan buhar kadar besi suyu ısı değiştirgecine takviye edilir. Kazandan gelen yüksek basınçlı buhar miktarı bir kontrol vanasıyla ayarlanır. Bu vana akümülatördeki basıncı algılayan bir presostatla kumanda edilir.



Şekil 27. ÇEŞİTLİ BUHAR AKÜMÜLATÖRLERİ PRENSİP ŞEMALARI



Şekil 28. BACKSTRÖM GRAFİĞİ

2.4. Buhar Kazanı Elemanları

Buhar kazanı üzerinde emniyet ve kontrol amacıyla belirli elemanların bulunması gerekir. Şekil 30'da şematik olarak buhar kazanı üzerindeki kontrol ve emniyet elemanları gösterilmiştir. Bu şekildeki ve daha sonraki şemalardaki kullanılan semboller ve bazı pratik notlar Şekil 31'de verilmiştir. Bu elemanların hangilerinin hangi sayıda kullanılacağı kazanın işletme biçimine bağlıdır. Alman TRD 601, 602 ve 604 standartları işletme biçimlerini,

1- Sürekli Gözetimli İşletme,

2- Sınırlı Gözetimli İşletme

3- Sürekli Gözetim Gerektirmeyen İşletme

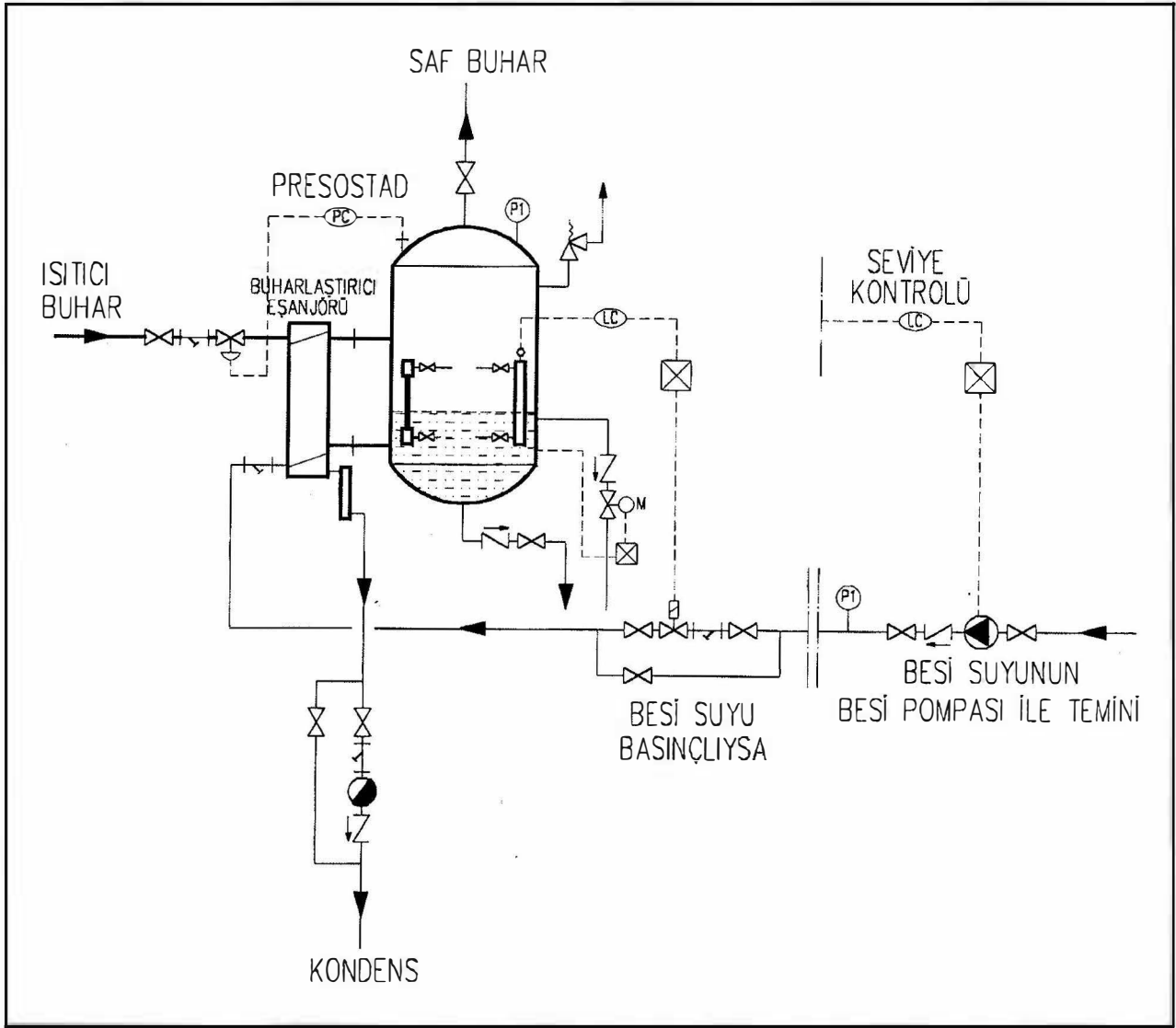
olarak ayırmıştır. Bu işletme biçimlerinde bulunması gerekli eleman cinsleri ve sayıları aşağıda ifade edilmiştir.

Sürekli Gözetim Altındaki İşletmede:

Otomatik su besleme cihazı ve brülöre kumanda eden düşük seviye alarmı (bu kontroller çok seviyeli tek elektrod ve buna bağlı seviye şalteri ve seviye kontrolünden kumanda alır), sürekli üst blöf kontrolü, kesintili alt blöf kontrolü, iki adet presostat (işletme ve emniyet presostatları), iki adet manometre, su seviye göstergesi, iki adet emniyet valfi, besleme suyu girişinde çek valf.

Sınırlı gözetimli işletmede, otomatik su besleme ve brülörü kumanda eden seviye alarmı ayrı ayrı iki seviyede elektrodundan beslenir.

24 saat gözetimsiz işletmede otomatik su besleme ve brülörü



Şekil 29. DIŞTAN BUHARLAŞTIRICI SERPANTİNLİ BUHAR AKÜMÜLATÖRÜ

kumanda eden seviye alarmı ayrı ayrı iki seviye elektrodundan beslenir. Bunlardan biri tek kanallı diğeri iki kanallıdır. Ayrıca bu kontrollar kendinden göstergelidir ve otomatik su besleme sadece şalter olarak pompaya değil, aynı zamanda oransal çalışan motorlu vanaya kumanda eder. İlave olarak emniyet termostadı, yağ dedektörü, kondaktivite (geçirgenlik) sınırlayıcı dedektör bulunur.

2.4.1. Presostatlar

Presostatlar kazan üzerinde iki adet olmalıdır. Bunlardan birincisi limit presostat olup ayarlanan değerde brülörü durdur. Diğeri ise basınç ayar presostadı olup, brülör cinsine göre oransal veya on-off kontrollü olabilir. İki kademeli brülör kullanılması halinde üç adet presostat olacaktır. Presostatların ayarı aşağıdaki gibi yapılır. Örneğin kazan 8 atü max. işletme basıncında çalışacak ise, limit presostat 8,5 atü'ye ayarlanmalı, diferans -0.2 olmalıdır. Yani cihaz 8,3-8,5 arasında kontrol edilmelidir. İşletme presostadı ise 8 atü'ye ayarlanmalı diferansı -0,5 olmalı, yani 7.5-8 atü

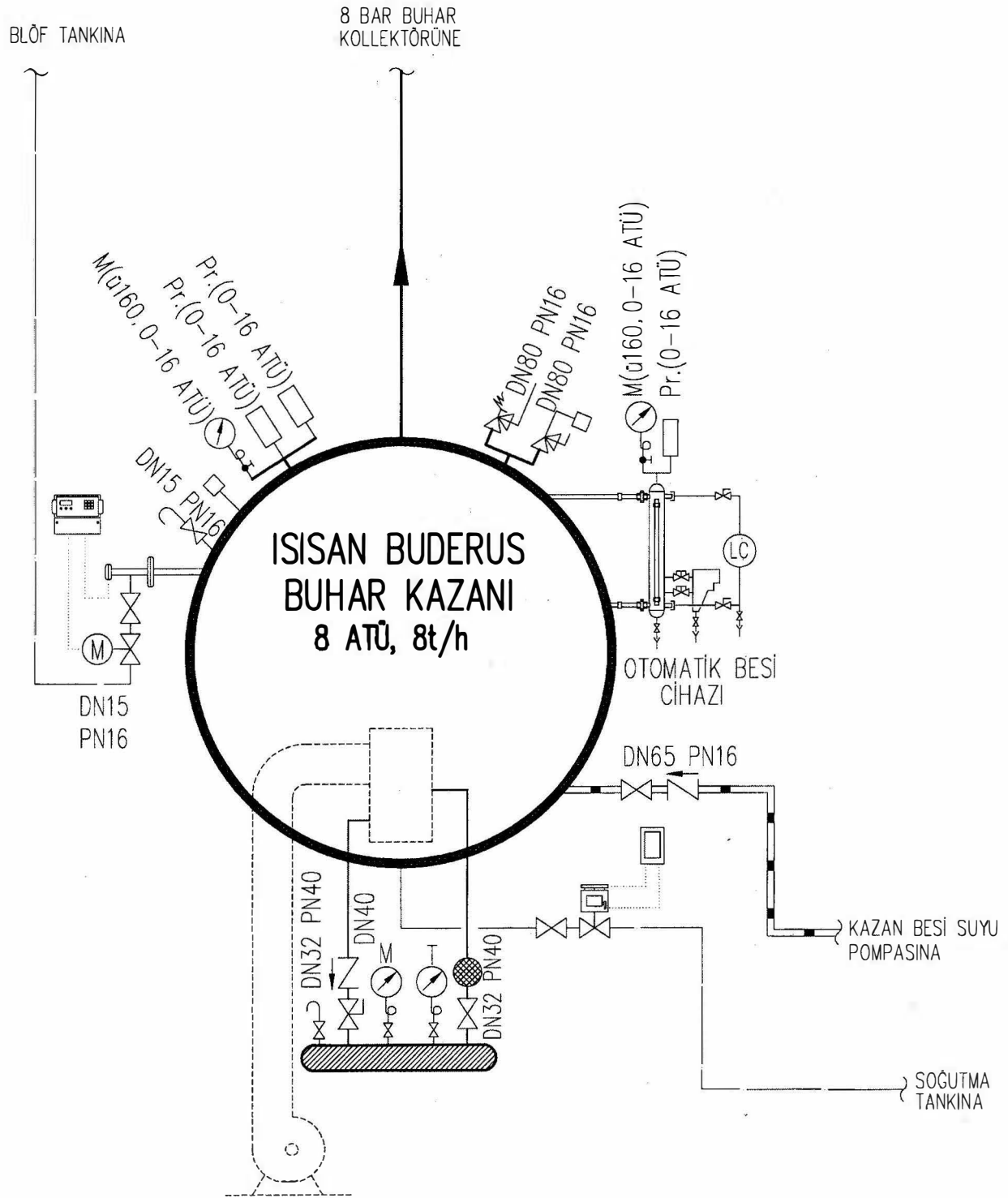
arasında çalışmalıdır. Bu örnekte emniyet valfi ise 8.8 atü'de açacak şekilde ayarlanmalıdır.

Presostat seçiminde dikkat edilecek çok önemli bir nokta presostat ayar basıncının, presostat çalışma aralığının ortasında bir yerde olmasıdır. Örneğin 8 atü basıncı kontrol edecek bir presostat için 0-10 atü göstergeli bir presostat seçmek yerine 0-15 atü presostat kullanmak daha güvencelidir. Çünkü presostatların orta noktalarında çalışma hassasiyeti daha fazladır. Presostat ile kazan arasında kesinlikle vana bulunmamalıdır.

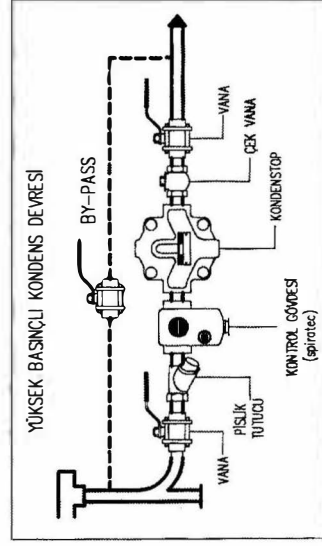
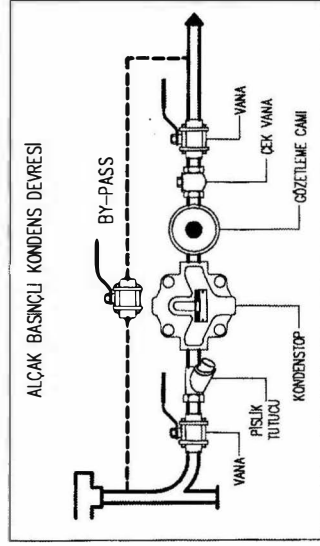
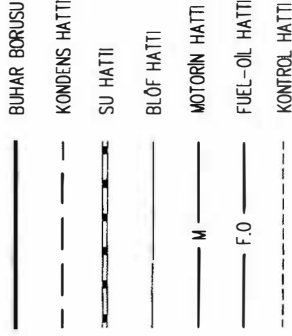
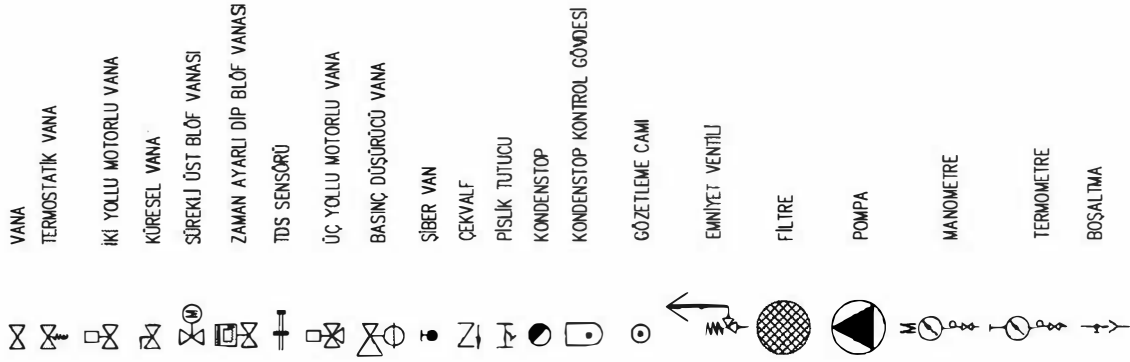
Presostat tipleri aşağıda verilmiştir.

- 0-1 atü
- 0-5 atü
- 0-10 atü
- 0-15 atü
- 0-20 atü
- 0-40 atü

Presostat seçiminde diferansın çalışma basıncının % 10'undan büyük olmaması tercih edilir.



Şekil 30. BUHAR KAZANI EMNİYET VE KONTROL ELEMANLARI

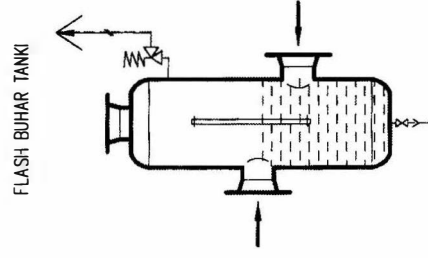


MERKEZİ KONDENSTOP KONTROL SİSTEMİ YAPILMASI
HALİNDE, 255 NOKTADA KONTROL YAPILABİLİR.

Şekil 31. BUAH TESİSATI SEMBOLLERİ

NOT: 1) BRÜLÖRÜN MONOBLOK VEYA ROTARY OLMASI HALİNDE,

- FUEL-OİL SİRKÜLASYON POMPASI BASINCI 3 ATÜ YETERLİDİR.
- FUEL-OİL SİRKÜLASYON HATTINDAKİ ARMATÜRLER PN10 VEYA ŞİBER VANA OLABİLİR.
- 6 NOLU FUEL-OİL KULLANILMASI HALİNDE,
- TÜM YAKIT TRANSFER POMPALARI VE FİLTRELERİ BUAH CEKETLİ TİP SEÇİLMELİDİR.
- FUEL-OİL TRANSFER BORULARI İLE BİRLİKTE REFAKAT İSTİCİSİ OLARAK BUAH BORULARI MONTE EDİLECEK VE BİRLİKTE İZOLE EDİLECEKTİR.
- ANA YAKIT DEPOSU, GÜNLÜK YAKIT DEPOSU VE BUAH CEKETLİ YAKIT POMPALARINDA DÜŞÜK BASINÇ BUAH KULLANILMASI TAVSİYE EDERİZ.
- ANA YAKIT DEPOSU DOLU VE TABAN İSTİCİLERİNE, TANKER İSTİCİSİNE, GÜNLÜK YAKIT DEPOSU SERPANTİNLERİNE VE BUAH CEKETLİ YAKIT FİTİRELERİNDE DÜŞÜK BASINÇLI BUAH KULLANILMASINI, YAKIT İSTİMA ESANJÖRLERİNDE İSE 4 ATÜ VEYA DAHA YÜKSEK BASINÇLI (MAX. 8 ATÜ) BUAH KULLANILMASINI ÖNERİRİZ.
- KAZAN YÜZEY BLÖFÜ ÇIKISININ FLASH BUAHARI
 - TERMİK DEGAZÖR DOMUNA
 - ALÇAK BASINÇ BUAH KOLLEKTÖRÜNE
 - KONDENS DEPOSU TABAN İSTİCİSİNE (DELİKLİ BORUYLA) VERİLEBİLİR
- KONDENSTOP GRUBUNDA BY-PASS VANASI KULLANILMASI:
 - SOĞUK SİSTEMİN İLK DEVREYE ALINMASINDA YARARLIDIR.
 - DEZAVANTAJI İSE: BY-PASS VANASI AÇIK KALIRSA BUAH KAYBINA NEDEN OLUR.
- BUAH KAZANI DİPLEFÜ (ZAMAN AYARLI) TİMER KONTROLLU ÇALIŞIR.
- YÜKSEK BASINÇ HATLARINDA KONDENS HATTINDA KONDENSTOPTAN ÖNCE KONDENSTOP KONTROL SİSTEMİ BULUNMALIDIR. ALÇAK BASINÇ HATLARINDA İSE, KONDENSTOPTAN SONRA, YERLEŞTİRİLECEK GÖZETİLEME CAMI İLE YETİNİLEBİLİR.
- BUAH KAZANLARINDAKİ ARMATÜRLERİN TAMAMI (Vana, Pislik ayırıcı, Çekvalf v.b) ÇELİK DÖKÜM (PN25-40) KULLANILMASI DAHA GÜVENLİDİR.



2.4.2. Manometreler

Manometreler de iki adet olmalıdır. Bunlar kazan basıncının okunmasına yararlar. Manometrelerde çalışma basıncı, cihaz aralığının yaklaşık 3/4'ünde olmalıdır. Örneğin 8 atü için 0-10 atü'lük manometre kullanılabilir.

Manometre tipleri:

0-1 atü

0-6 atü

0-10 atü

0-16 atü

0-25 atü

Manometre çapları

Ø 60 mm

Ø 100 mm

Ø 160 mm

Kolektörler, pompa çıkışları gibi yakından okunabilecek yerlere Ø 100 mm manometreler, kazan üzeri gibi uzaktan okunacak ve hassas okuma istenilen yerlere Ø 160 mm manometreler kullanılır.

Kazan üzerindeki manometreler helezonla kolektöre bağlanmalıdır.

2.4.3. Kazan otomatik besi cihazı

Otomatik su besi cihazı, kazanda ayarlanan su seviyesi azaldıkça, besi pompalarına kumanda ederek kazana otomatik olarak su basılmasını ve seviyenin sabit tutulmasını temin eder. Kazan üzerindeki en önemli emniyet ve kontrol elemanıdır. Şamandıralı ve sıvı kontaklı olmak üzere iki cinsi bulunur. Şamandıralı cihazlarda bakım yapılmazsa ve beslenen su çamurlu ise, şamandıranın takılması ihtimali vardır. Bu durumda cihaz kazandaki su seviyesini algılayamaz. Su seviyesi düşmesine rağmen kazana su basılmaz ve sıra ile önce duman boruları ve sonra külhan su dışında kalır ve tavlânır. Bu sırada aniden su basılırsa kazan patlar. Duman borularının ve külhanın tavlânması halinde değiştirilmesi gerekir. Bu açıdan daldırma tip sıvı kontaklı cihazlar daha emniyetlidir. Seviye kontrol cihazları daha önce de ifade edildiği gibi, emniyet açısından iki veya üç adet olmalıdır. İkinci ve üçüncü cihazlar limitleme görevi yaparlar. Alt seviyeden kumanda alırlar ve normal çalışmada devreye girmezler. Kazanda su besi cihazı olarak şamandıralı tip seçildiğinde bile, emniyet görevi yapan limit seviye kontrol cihazı daldırma tip sıvı kontaklı tip olmalıdır.

Sıvı kontaklı cihazların, şamandıralı cihazlara üstünlükleri şöyle sıralanabilir:

- Şamandıra takılma riski olmadığından daha emniyetlidirler.
- Daldırma tip ölçme duyargaları kazan içinde bulunduğundan gerçek su seviyesini algırlar. Şamandıralı cihazlar Şekil 32'de görüldüğü gibi, kazan yanında ve kazanla alt ve üst seviyeden iki boruyla ilişkili bir dik kolektöre bağlanırlar. Kolektörde su seviyesi kazan çalışmıyorken, bileşik kaplar prensibine göre, kazandaki su seviyesi ile aynıdır. Ancak kazan çalışmaya başladığında, buhar çıkışı sürecinde kazanda su kabarır. Kolektörde ise

daha ağır su bulunduğundan seviye düşüktür. Öte yandan seviye kazan içinde dalgalanırken, kolektörde bu takip edilemez. Sonuç olarak kazan büyüklüğüne ve basıncına bağlı olarak ortaya çıkan bu fark 60-70 mm değerlerine kadar ulaşabilir. Kolektöre bağlanan cihazlar gerçek kazan su seviyesini algılayamazlar. Daldırma tip seviye propları kolektöre bağlanabilecekleri gibi doğrudan kazana da daldırılabilirler. Limit seviye proplarının doğrudan kazana daldırılması tavsiye edilir.

c. Kendi kendini test eden seviye duyargaları, sistemin her gün test edilme zorunluluğunu ortadan kaldırır. Bakıma ihtiyaç göstermezler.

Şamandıralı otomatik su seviye kontrol cihazları genellikle 3 kontaklıdır. Bu kontaklar doğrudan pompaya ON/OFF olarak kumanda eder. 1. kontak pompa çalıştırma, 2. kontak pompa durdurma, 3. kontak minimum su seviyesinde brülörü durdurma ve alarm görevi üstlenirler. 5 kontaklı cihazlarda ise üst seviye alarmı ve ikinci alt limit ilave edilir. Şamandıralı cihaz 3 kontaklı olmalı ve bir daldırma tip limit kontrol cihazıyla birlikte kullanılmalıdır. Bu cihazlar Şekil 32'de gösterildiği gibi kazan yan tarafında dikey olarak teşkil edilecek bir kolektöre bağlanır. Bu kolektöre ayrıca iki adet su seviye göstergesi takılır. Presostatlardan veya manometrelerden bir tanesi helezonla bu kolektörün üstüne bağlanabilir. Diğer presostat ve göstergeler kazan üzerinde teşkil edilecek küçük bir kolektöre bağlanır. Bu kolektör ölçüleri Şekil 33'de verilmiştir.

Modern kazanlarda sıvı kontaklı cihazlar tercih edilmektedir. Bunlarda genellikle iletkenlik algılayıcı çubuklar kullanılır. Kapasitans duyargalı tipleri de vardır. Bu cihazların doğrudan kazana veya kolektöre takılan cinsleri vardır. Kontrol tipleri de değişik olabilmektedir. Gözetim altında işletilen kazanlarda basit tipler kullanılır. Gözetimsiz işletmelerde cihaz sayısı üçtür ve bu cihazların kontrol ve emniyet yeteneği yüksek olmalıdır. Su seviye kontrolü Şekil 34'de şematik olarak gösterildiği gibi, pompanın ON/OFF çalıştırılmasıyla olabileceği gibi, pompa sürekli çalışırken bir motorlu vanaya kumanda edilmek suretiyle oransal da olabilir. Oransal kontrol doğrudan frekans kontrollu kazan pompasıyla da yapılabilir. Bu durumda enerji tasarrufu mümkündür. Ancak voltajın düşük olduğu tesislerde frekans kontrollu pompalar daha fazla arıza yapabilmektedir. Kesintili çalışmada dalgalı, kararsız karakteristik nedeniyle kazan verimi ve ömrü azalır. ON/OFF kontrolün,

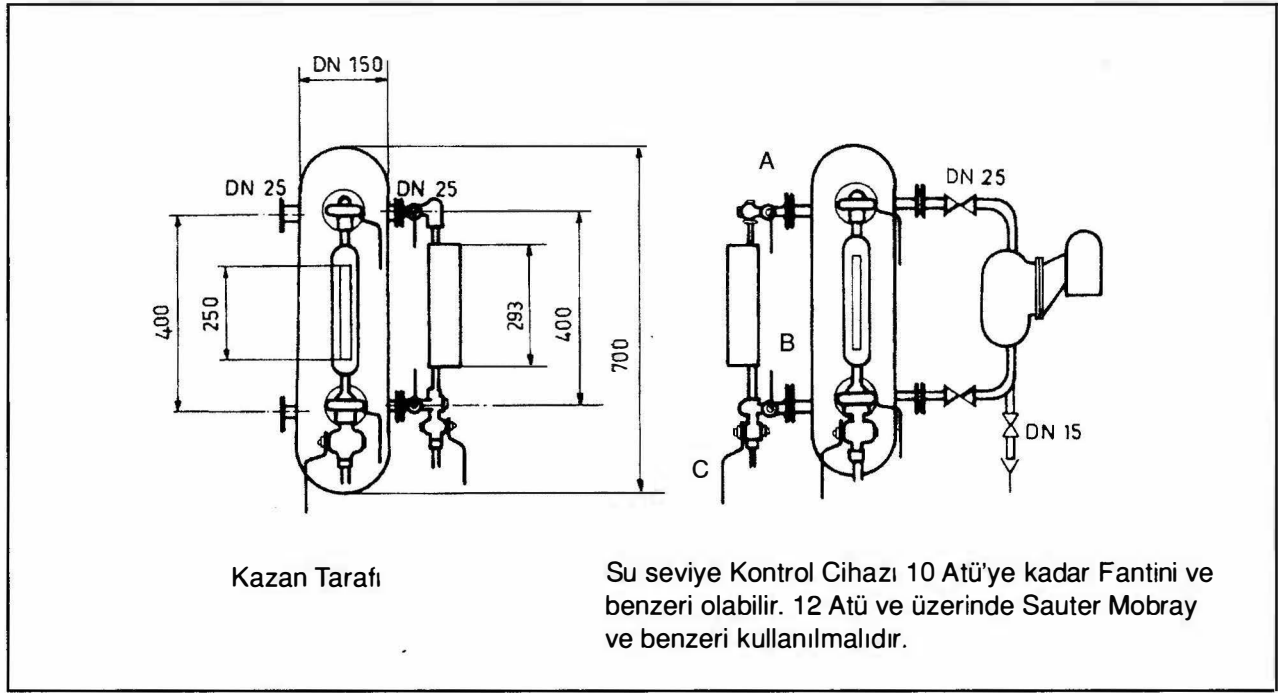
Avantajları:

- Basit ve kolay uygulanabilir.
- Ucuzdur.
- Küçük kazanlara veya yedek kazanlara uygundur.

Dezavantajları:

- Her kazan için ayrı bir besi pompası gerekir.
- Pompa sık devreye girdiğinden ömrü kısılır.
- Kazanda basınç ve buhar kapasitesi dalgalıdır.
- Buharda kuruluk derecesi düşüktür.

Şekil 35'te görülen ON/OFF su seviye kontrol grubunda, her tek



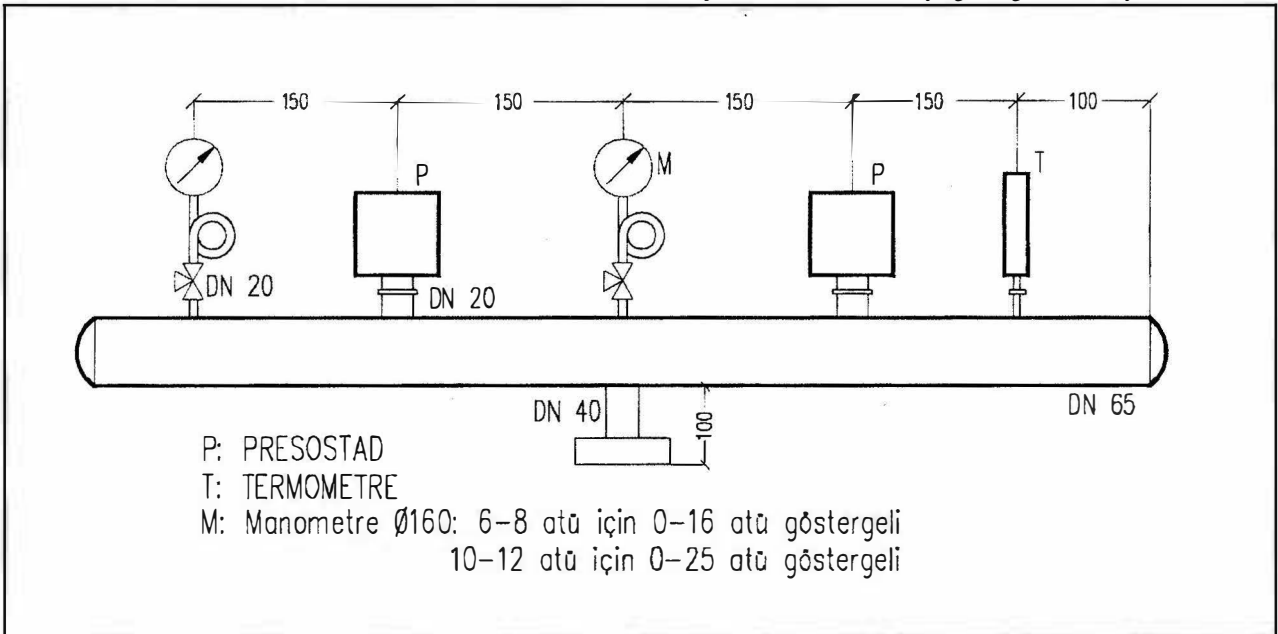
Şekil 32. KAZAN SEVİYE GÖSTERGESİ VE SU SEVİYE KONTROL KOLLEKTÖRÜ

gövde üzerinde üç adet iletkenlik duyargası mevcuttur. Bu duyargaların boyları, montaj sırasında istenilen su seviyelerine göre kesilerek ayarlanır. Çift kontrol sistemi vardır. Şekilde görüldüğü üzere, birinci kontrol sisteminde pompa devreye girme, çıkma ve birinci düşük seviyede brülör susturma (ve alarm) fonksiyonları bulunur. İkinci kontrol sistemi ise sınırlayıcıdır. Üst seviye alarmı ve ikinci düşük seviye alarmı (ve brülör durdurma) fonksiyonları vardır. Duyargalar 500, 1000 ve 1500 mm uzunluklarında üretilir. Şekil 36'da kapasitans duyargalı, oransal seviye kontrol sistemi görülmektedir. Burada üç kontrol grubu görül-

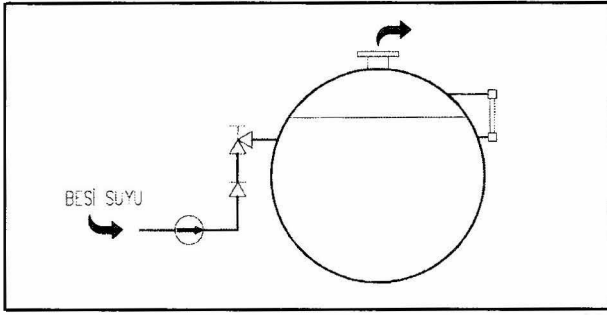
mektedir. Birinci çubuk motorlu vananın oransal kontrolünü temin etmektedir. Aynı zamanda yüksek seviye alarmına sahiptir. İkinci ve üçüncü çubuklar ise birinci alt seviye alarmı (ve brülör durdurma) ve ikinci alt seviye alarmı (ve brülör durdurma) görevi üstlenir.

2.4.4. Su seviye göstergesi

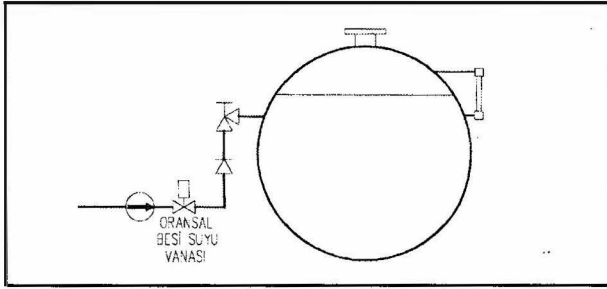
Su seviye göstergeleri çelik gövdeli ve refleks camlı olup kazan- da yine iki adet bulunur. Bu göstergelerin giriş, çıkış ve boşaltma olmak üzere 3 adet valfleri kendi üzerindedir. Bağlantı flanşları DN 20'dir. Su seviye göstergelerinin büyüklükleri:



Şekil 33. KAZAN GÖSTERGE KOLLEKTÖRÜ



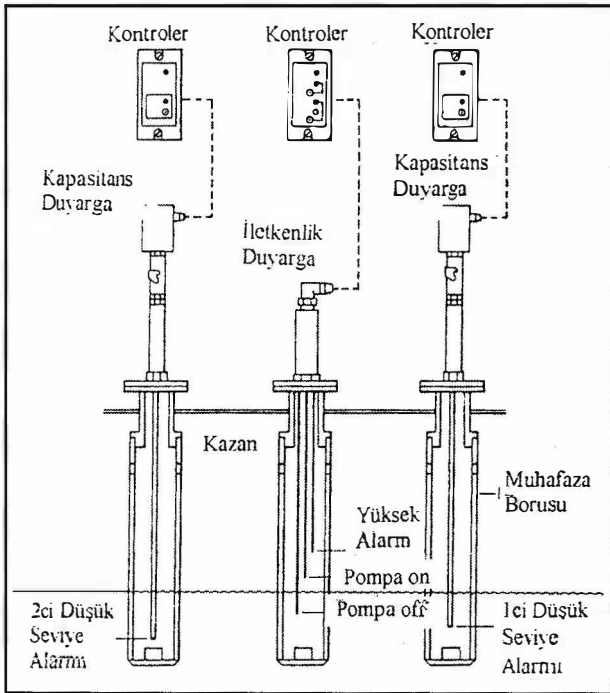
Şekil 34A. KAZAN BESİ SUYU SİSTEMİNDE POMPANIN ON-OFF ÇALIŞTIRILMASI İLE SEVİYE KONTROLÜ



Şekil 34B. KAZAN SEVİYE KONTROLÜ EN İYİ ORANSAL OLARAK GERÇEKLEŞİR.

Bunun için iki sistem mevcuttur:

1. Şekildeki gibi sabit debi pompa ve motorlu vana ile seviye kontrol edilir.
2. Frekans kontrollu değişken debili pompa ile besleme yapılabilir.



Şekil 35. ON-OFF SİSTEMLERDE SEVİYE VE ALARM DUYARGALARI

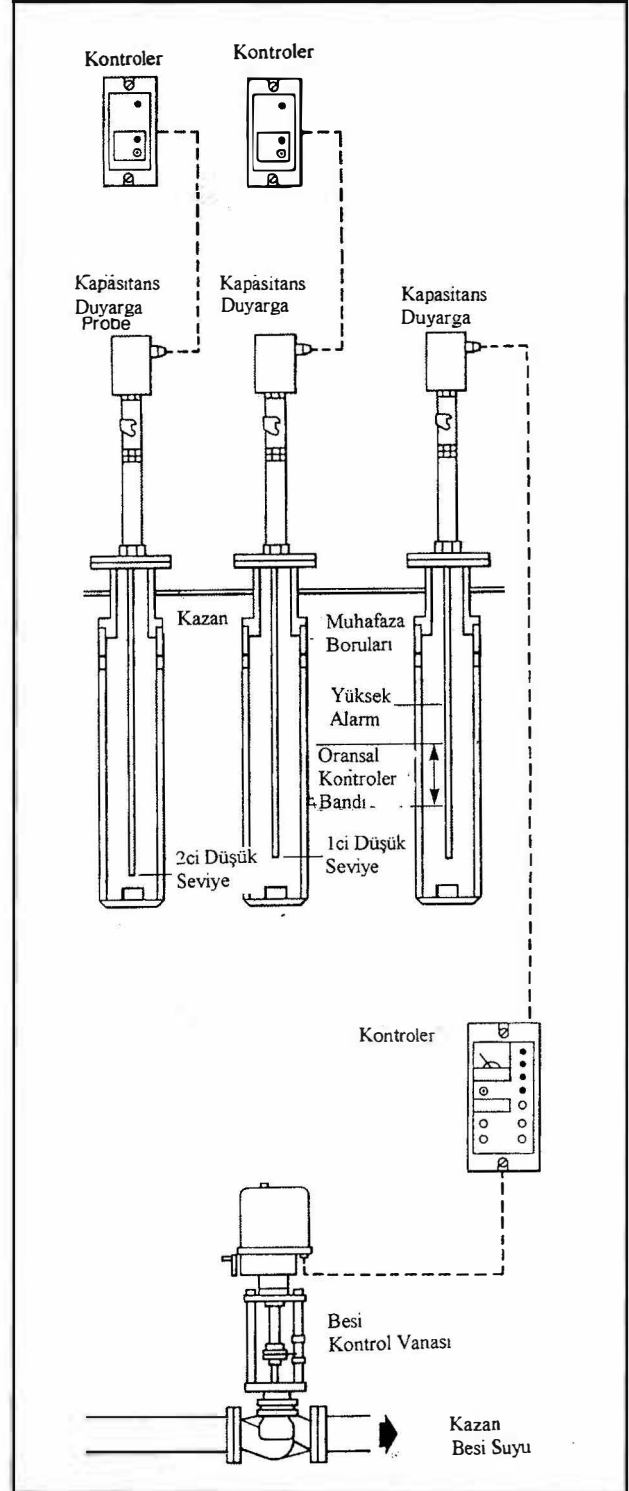
Flanşlar arası mesafe (mm)

310 400 575 775 990

340 440 635 810 —

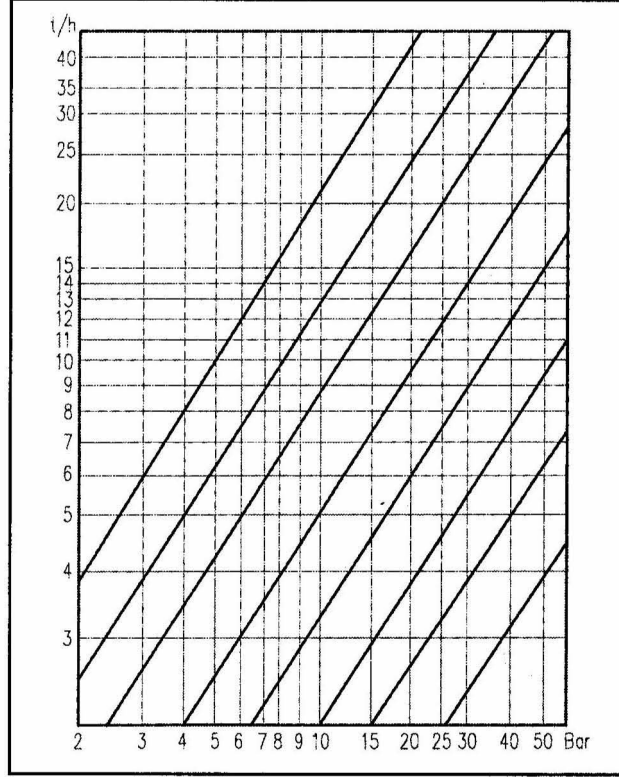
370 515 695 900 2785

Seviye göstergelerinin görülen en alt bölümü kazanda müsaade edilebilecek en düşük su seviyesinden 5 cm daha yukarıda olma-



Şekil 36. ORANSAL SİSTEMLERDE SEVİYE VE ALARM DUYARGALARI

lı ve kazanda müsaade edilebilen en yüksek su seviyesi de görülebilecek şekilde seviye göstergesi boyu seçilmelidir. Genellikle kazanlarda flanşlar arası mesafesi 400 mm olan gösterge kullanılır. Bu göstergenin gözetleme uzunluğu 258 mm değerindedir.



Şekil 37. EMNİYET VENTİLLERİ SEÇİM DİYAGRAMI

2.4.5. Emniyet vanaları

Emniyet cihazları içinde en önemlisi emniyet vanalarıdır. Emniyet vanaları ağırlıklı veya yaylı cinsten olabilir. Kazan üzerinde iki adet kullanılmalıdır. Bunlardan biri yaylı, diğeri ağırlıklı tipte olabilir. Günümüzde genellikle yaylı tip emniyet vanaları kullanılmaktadır. Yaylı vanalar yüksek kalkışlı pop tipi veya tam kalkışlı tip olabilir. Malzeme çelik veya özel döküm olabilir. Boyutları DN15 ile DN 100 arasında değişir. Bağlantıları DN 80'e kadar vidalı, DN 50-100 arası flanşlı olabilir. Flanş conta malzemesi sıcaklığa uygun olmalıdır. Emniyet vanaları açtıklarında kazandaki basınç yükselmeyecek şekilde boyutlandırılmalıdır. Emniyet vanaları çaplarına göre isimlendirilir. Gerekli kapasiteye göre valf seçimi örnek olarak Şekil 32'deki abakta verilmiştir. Farklı tiplerin kapasite belirlemesi için kendi orijinal kataloglarına bakılmalıdır. Emniyet vanaları bir üst çaptaki boru ile kazan dairesi dışında ve tehlikesiz bir yere açılmalıdır. Boru düz ve kısa olmalı, azalan bir eğimle deşarj ilerlemelidir. Boşaltma borusu vanaya mesnetlenip taşıtılmamalıdır. Çapı vana çıkışından küçük olmamalıdır. Uzun boşaltma borusu şartsa, çapı büyütülmelidir. Emniyet vanası girişi ve çıkışı tarafında vana kesinlikle olamaz. Emniyet valfleri, maximum çalışma basıncının % 6 üzerine çıkılmadan, kazan tam kapasitede iken buharı dışarı atabilir.

cek ölçüde olmalıdır. Tablo 38'de yüksek kalkışlı pop tip, Tablo 39'da tam kalkışlı tip yaylı emniyet vanaları kapasite değerleri verilmiştir. Bu tablolardan kazan basıncı ve buhar kapasitesine göre emniyet vanası seçilebilir.

Emniyet valfleri çalışma basıncının yaklaşık % 10 daha üzerinde bir değere ayarlanmalıdır. Örneğin 8 atü işletme basıncı olan bir kazanda emniyet valfleri ~ 8.8 atü değerine ayarlanmalıdır.

2.4.6. Blöf kontrol vanası

Kazan içindeki tuz konsantrasyonunu ayarlamak için üst blöf yapılır. Yani yüksek oranda tuz içeren kazan içindeki su dışarı atılarak yerine çok daha az tuz içeren taze su alınır. Böylece kazandaki tuz konsantrasyonu düşürülür. Eğer üst blöf yapılmazsa, su yüzeyinde köpüklenme olur ve buharla birlikte yüksek oranda tuz içeren su sürüklenir. Bu tuzlu su kontrol cihazlarının arızalanmasına, eşanjör yüzeylerinde birikim oluşmasına, buhar kapalarının tıkanmasına ve boruda ve cihazlarda korozyona neden olur. Blöf yapmanın bir amacı da buhar kazanı içindeki suyun mineral değişikliğini azaltarak elektro korozyon ile metallerin erimesini önlemektir. Blöf miktarı besi suyunun tuz içeriğine, geri döndürülen kondens miktarına ve kazan buhar kapasitesine bağlıdır.

Blöf işlemi elle yapılabileceği gibi, gözetimsiz çalışan kazanlarda otomatik olmak zorundadır. Bunun için kazandaki suyun elektrik iletkenliği (TDS) değerinden uyarı alınır. Bir iletkenlik probu, bir kontrolör ve bir elektrik veya hidrolik olarak aktive edilen motorlu vanadan oluşan sistem otomatik olarak blöf yapar. Sistem Şekil 40'da görülmektedir. Vanada dış gövde dökme demir, iç aksam paslanmaz çeliktir. Sızdırmaz olarak kapanmalıdır. Gücün kesilmesi halinde yay ile kapanması garanti edilmiştir. Yüksek basınç düşümü, düşük debi karakterli bir vanadır. Blöf debisi vana strokunun sınırlandırılmasıyla ayarlanır. En düşük akış seviyesinde erozyonu minimize etmek için strok 10 mm'ye ayarlanır. En yüksek debide ise strok 20 mm'ye ayarlanabilir. Vana üzerinde strokun konumunu gösteren bir indikatör bulunur. Vana gerektiğinde elle açılabilir ve numune almak üzere 1/4 çapında bir ucu vardır. Maksimum basınç dayanımı 32 bar, sıcaklık dayanımı 239 °C değerindedir. Çapı DN 20 olup, blöf kapasitesi basınç ve stroka göre aşağıdaki tabloda verilmiştir. İletkenlik algılama ucu kazan içerisindeki suya daldırılmak üzere ayarlanabilir boydadır. Standart boyları 300 ile 1500 mm arasında değişir. Suyun içine minimum daldırma uzunluğu 20 mm olup, üstten düşey olarak veya yandan yatay olarak daldırılabilir. Özel bağlantı flanşına vidalanarak monte edilir. Bu sistemin yılda bir kez bakımının yapılması yeterlidir.

Kazan efektif basınç (bar)	Blöf vanası kapasitesi kg/h		
	Strok 10 mm	Strok 15 mm	Strok 20 mm
5.5	400	550	860
7	460	710	1150
10	570	950	1500
15	700	1150	1650
20	780	1250	1700
32	940	1400	1800

Doymuş buhar boşaltma kapasiteleri (set basıncı üzerinde %10 akümülayonla)									
Emniyet vanası çapı (DN)	15	20	25	32	40	50	65	80	100
Set Basıncı (barg)	Kapasite kg/h								
0.5	29	61	107	183	266	—	—	—	—
0.75	33	72	126	216	313	466	782	1081	2083
1.0	39	83	144	249	360	536	901	1244	2397
1.5	48	104	182	314	455	677	1136	1570	3024
2.0	59	126	220	379	549	817	1372	1895	3652
3.0	79	169	296	509	738	1099	1844	2547	4908
4.0	99	212	371	639	926	1380	2315	3198	6164
5.0	119	256	448	770	1115	1661	2787	3850	7418
6.0	140	299	523	899	1304	1941	3258	4501	8675
7.0	159	342	599	1030	1492	2223	3730	5153	9930
8.0	180	385	674	1160	1681	2503	4201	5805	11186
9.0	200	429	751	1291	1879	2784	4673	6456	12441
10.0	220	472	825	1420	2058	3065	5144	7108	13697
11.0	240	515	903	1551	2247	3346	5616	7759	14952
12.0	260	558	978	1680	2436	3628	6087	8411	16205
13.0	280	601	1055	1811	2624	3909	6559	9062	17461
14.0	300	645	1130	1941	2813	—	—	—	—
16.0	342	732	1279	2201	3190	—	—	—	—
18.0	382	818	—	—	—	—	—	—	—
20.0	422	905	—	—	—	—	—	—	—

Tablo 38. YÜKSEK KALKIŞLI POP TİPİ EMNİYET VANALARI (sv3)

Buhar boşaltma kapasiteleri										
Emniyet vanası çapı (DN)	20/32	25/40	32/50	40/65	50/80	65/100	80/125	100/150	125/200	150/250
Set Basıncı (barg)	Kapasite kg/h (%5 Akümülayson)									
1	181	338	551	884	1.531	2.132	3.264	5.072	5.882	9.570
2	273	510	832	1.335	2.310	3.217	4.925	7.653	8.876	14.440
3	366	682	1.112	1.785	3.090	4.302	6.586	10.235	11.870	19.311
4	458	855	1.393	2.235	3.869	5.387	8.247	12.816	14.864	24.182
5	550	1.027	1.674	2.685	4.648	6.473	9.909	15.397	17.857	29.052
6	642	1.199	1.954	3.135	5.428	7.558	11.570	17.979	20.851	33.923
7	735	1.371	2.235	3.585	6.207	8.643	13.231	20.560	23.845	38.794
8	827	1.543	2.515	4.035	6.986	9.728	14.892	23.142	26.839	43.664
9	919	1.715	2.796	4.485	7.766	10.813	16.553	25.723	29.833	48.535
10	1.011	1.887	3.076	4.936	8.545	11.898	18.215	28.304	32.826	53.406
11	1.104	2.060	3.357	5.385	9.324	12.983	19.876	30.886	35.820	58.276
12	1.196	2.232	3.638	5.836	10.104	14.068	21.537	33.467	38.814	63.147
13	1.288	2.404	3.918	6.286	10.883	15.154	23.198	36.049	41.808	68.018
14	1.380	2.576	4.199	6.736	11.662	16.239	24.859	38.630	44.802	72.889
16	1.565	2.920	4.760	7.636	13.221	18.409	28.182	43.793	50.789	82.630
18	1.749	3.265	5.321	8.536	14.779	20.579	31.504	48.956	56.777	—
20	1.934	3.609	5.882	9.437	16.338	22.749	34.826	54.118	62.765	—
22	2.118	3.953	6.443	10.337	17.897	24.920	38.149	59.281	—	—
24	2.303	4.297	7.004	11.237	19.455	27.090	41.471	64.444	—	—
26	2.487	4.642	7.565	12.137	21.014	29.260	44.793	—	—	—
28	2.672	4.986	8.127	13.038	22.573	31.430	48.116	—	—	—
30	2.856	5.330	8.688	13.938	24.131	33.601	51.438	—	—	—
32	3.041	5.674	9.249	14.838	25.690	35.771	54.761	—	—	—
34	3.225	6.019	9.810	15.738	27.248	—	—	—	—	—
36	3.410	6.363	10.371	16.639	28.807	—	—	—	—	—
38	3.594	6.707	10.932	17.539	30.366	—	—	—	—	—
40	3.779	7.051	11.493	18.439	31.924	—	—	—	—	—

Tablo 39. TAM KALKIŞLI EMNİYET VANALARI (sv5)

2.4.7. Otomatik dip blöf vanası

Kazanda biriken çamur, tortu vs. yabancı maddeleri dışarı atmak için dip blöf vanasından dışarı su atılır. Bu işlem elle yapılabileceği gibi, gözetimsiz çalışan kazanlarda otomatik olarak yapılmalıdır. Otomatik dip blöf vanası bir zaman saatinden kumanda alır ve belirli aralıklarla açarak dışarı su atar. Günde bir kez veya her vardiyada bir kez 2-3 saniye süre ile alt blöf yapılır. Otomatik alt blöf vanası, hava ile aktive edilen bir pnömatik küresel vana'dır. Güç kesildiğinde, yay geri dönüşüyle kapanır. Pnömatik aktive edici hızlı cevap karakterine sahiptir. Bir zaman saatiyle birlikte çalışır. Çap aralığı DN 25-65 mm arasındadır.

2.4.8. Patlama kapağı

Patlama kapakları kazan üreticisinin sorumluluğunda olup, gaz tarafı patlamalarına karşı alınmış bir önlemdir. Sıvı yakıtlı kazanlarda kullanma alışkanlığı olmasına rağmen faydası tartışma konusudur. Doğal gaz kazanlarında da sızdırma kaynağı olabileceği düşüncesi ile kullanılması tavsiye edilmez. Nitekim son Alman normlarında patlama kapağı zorunlu olmaktan çıkarılmıştır.

2.4.9. Alarm sistemi

Otomatik su besleme cihazlarından kumanda alan bir adet sesli, bir adet ışıklı alarm konulacaktır. Buhar kazanlarında basınç için bir alarm kullanılması olağan değildir.

2.4.10. Kazan armatürleri

Kazan armatürlerinin genel özellikleri üzerinde buhar devreleri konusunda durulacaktır. Burada kazan üzerinde bulunacak armatürler sayılacak ve boyutları verilecektir. Tablo 41'de toplu olarak kapasiteye bağlı kazan armatür boyutları verilmiştir.

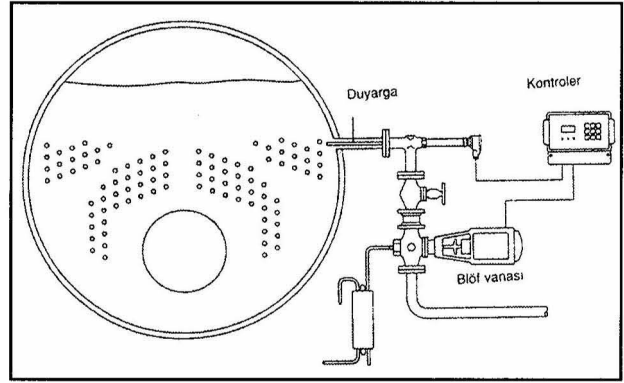
a- Ana buhar alma ventili genellikle pistonlu tipte olup, boyutu, kazan ana çıkış ağzı ile aynı alınır.

Kazan ana buhar alma ağzı boyutu Şekil 42'deki abaktan, buhar hızını doymuş buhar halinde 20-40 m/s arasında seçerek okunabilir. Bu aralıkta üst hız değerinin seçimi daha uygundur. Örneğin 8 atü çalışma basıncı olan 1 t/h kapasiteli kazanda ana buhar alma ağzı DN 65 mm seçilebilir.

Vana, kazana pratikte, basınç pistonunun altına aşağıdan etkileyecek şekilde bağlanır (Vana montajında çıkış yönüne dikkat ediniz). Büyük çaplı vanalara (Ø 115 mm'den büyük vanalara) kolay açılıp kapanması için by-pass hattı teşkil edilir (Bakınız Şekil 43) veya Ø 65'ten büyük vanalar için denge pistonlu özel vanalar kullanılır. Ana buhar alma vanasının, işletme kolaylığı açısından, kazan üzeri yerine kolektöre montajı tavsiye edilir.

b- Besi suyu kazan girişinde bir çek-valf ve bir kapama valfi bulunur. Bu valflerin ve besin hattının çapı, kazan besin ağzı çapından belirlenir. Eğer imalatçıya çap verilecekse, kazan besin hattı eksilen su miktarını uygun bir sürede tamamlayacak şekilde seçilir.

c- Blöf elle yapılıyorsa, bu hatta bir buhar vanası ve bir de blöf ventili birlikte arka arkaya bağlanır. Blöf hattı doğrudan bina dışından blöf çukuruna verilebileceği gibi, bir blöf tankına bağlanabilir.



Şekil 40. OTOMATİK BLÖF SİSTEMİ

Blöf tankından su, atık su kanalına bağlanır. Hattın çapı, kazanın makul bir sürede boşalmasına yetecek büyüklükte olmalıdır. Genellikle blöf hattı DN 40 alınabilir.

d- Kazan cihazları drenaj hatları genellikle DN 15 vanalar ile donatılır. Ayrıca kazan üzerinde bulunan havalık vanası kazandaki ağza göre seçilir.

Genelde havalık DN 15 alınabilir. Havalık kazan üst noktasına, bağlanır. Bu elemanlara her kazanda rastlanmamaktadır.

2.4.11. Buhar kazanlarında kontrol

Buhar kazanlarında esas olarak iki kontrol söz konusudur. Bunlardan birincisi kazan çalışma basıncı, diğeri de su seviyesinin kontrolüdür.

Kazan çalışma basıncı presostatlar vasıtası ile on-off veya oransal olarak kontrol edilir. Kontrol brülöre uygulanır.

Kazan su seviyesi ise on-off olarak su taşıyıcı cihazı tarafından kontrol edilir. Burada kontrol besin suyu pompalarına uygulanır. Daha büyük kazanlarda veya kazan gruplarında ise seviye kontrolü oransaldır ve kontrol bir motorlu vana üzerinden yapılır.

Kazanlarla ilgili sipariş formu Şekil 44'de görülmektedir.

2.5. Ekonomizör

Ekonomizörler baca gazlarının atık ısısından yararlanarak kazan besin suyunu ısıtmak ve böylece yakıt ekonomisi sağlamak üzere kullanılırlar. Özellikle yakıt olarak doğal gaz kullanıldığında veya buhar basıncına bağlı olarak baca gazı sıcaklıkları yüksekse tavsiye edilir. Ekonomizör performansını etkileyen ana faktörlerden biri duman içinde kükürt oksit oranı, dolayısıyla korozyondur. Yakıt ne kadar temizse ekonomizör çıkışında baca gazı sıcaklığı o kadar düşük tutulabilir.

Skoç kazanlarla birlikte kullanılacak ekonomizörler flanşlarla baca kanalına bağlanacaktır. Bu tip ekonomizörlerin kendi beton kaide-leri olacaktır. Kaide üretici firmanın verdiği ölçülere göre dökülecektir. Dıştan ekonomizörlü bir buhar kazanı sistemi Şekil 45'te görülmektedir. Degazörden gelen besin suyu yaklaşık 103 °C mertebelerinde ekonomizöre girmektedir. Ekonomizör girişindeki 3 yollu motorlu vana ile besin suyu miktarı su seviyesinden alınan kontrolle ayarlanmaktadır. Fazla su tekrar degazöre döndürülmektedir. Besin suyu devresinde gerektiğinde elle ekonomizörü by-pass

Buhar kap. Max. kg/h	Besleme pomp. debisi t/h	Buhar alma vanası				Emniyet ventili		Kazan besi suyu girişi	Besi pomp. girişi	Havalık vanası	Blöf ventili
		6 atü	8 atü	10 atü	12 atü	6 atü	8 atü				
		DN	DN	DN	DN	DN	DN		DN		DN/PN
400	0.7	40	40	32	32	25	25	25	32	15	40/25
600	1	50	50	40	40	25	25	25	32	15	40/25
800	1.3	50	50	40	40	25	25	32	40	15	40/25
1000	2	65	65	50	50	25	25	32	40	15	40/25
1200	2	65	65	50	50	32	25	32	40	15	40/25
1400	2.3	65	65	50	50	32	25	32	40	15	40/25
1500	2.5	80	80	65	65	32	32	32	40	15	40/25
2000	3.6	80	80	65	65	40	32	32	40	15	40/25
2400	4	100	100	80	80	40	32	32	40	15	40/25
3000	5	100	100	80	80	50	40	32	40	15	40/25
3600	6	125	100	100	80	50	40	32	40	15	40/25
4000	6.4	125	125	100	100	65	50	32	50	15	40/25
4600	8	150	125	125	100	65	50	32	50	20	40/25
5000	10	150	150	125	125	80	65	40	65	20	40/25
7000	11	150	150	125	125	80	65	50	65	20	40/25
8000	13	200	150	150	125	80	80	50	65	20	40/25
9000	15	200	150	150	150	80	80	50	80	20	40/25
10000	16	200	200	150	150	100	80	65	80	20	40/25

Tablo 41. KAZAN ARMATÜR BOYLARI

yaparak devre dışı bırakmak imkanı bulunmalıdır. Ayrıca ekonomizör girişi ve çıkışında hava alma ve boşaltma vanaları bulunur. Ekonomizör gaz tarafında da duman yolu by-pass hattı bulunmaktadır. Şekildeki by-pass klapesi motorlu olup, baca gazı sıcaklığı belirli bir değerin altına düşmeyecek şekilde otomatik olarak çalışmaktadır. Ekonomizör kanatlı borulardan oluşur. Bu boru yüzeylerinde yoğunlaşma olmaması gerekir. Bunun için besi suyu sıcaklıkları ekonomizör girişinde belirli değerlerin altına inmemelidir. Aynı şekilde baca gazı sıcaklıkları da belirli değerlerin altına düşmemelidir. Böyle durumlarda klape açılarak duman gazlarının ekonomizörü by-pass etmesi sağlanır. Kazanın ve ekonomizörün ilk devreye girişinde de, rejime geçilinceye kadar duman gazları by-pass edilmelidir. Elle kumandalı klapelelerde bu kazan işletmecisi tarafından yapılır.

Ekonomizör seçiminde kazanın ısı kapasitesi esas alınır. Besi suyu sıcaklıkları kazandaki doyma sıcaklığının 20 °C altına kadar artırılabilir. Bu arada duman gazı sıcaklıkları da yoğunlaşma sıcaklığının üzerinde olmak üzere degazörden gelen suyun sıcaklığının 50 °C daha üzerine kadar soğutulabilir. Yani baca gazı sıcaklıkları 150 °C mertebelerine kadar düşürülebilir. Bu şekilde yapılan ekonomi kazan veriminin % 5-7 mertebesinde artması anlamına gelir. Bu durumda baca kaybı % 5 mertebelerine kadar indirilebilmektedir. Ancak bu rakamlar çok iyi tasarlanmış modern kazanlar için geçerlidir. Yüksek baca sıcaklıklarıyla çalışan ucuz kazanlarda ekonomizörle sağlanan verim artışı çok daha fazladır ve % 10 mertebelerine ulaşabilir.

Ekonomizör seçiminde bu elemanın yarattığı gaz tarafı direncine dikkat edilmelidir. Baca gazı sıcaklığını belirlemede bu da bir faktör olmaktadır. Bazı hallerde baca aspiratörü kullanmak gerekebilir. Alman standartlarına göre 50 kW gücün üstündeki kazanlarda baca gazı kaybı % 9'dan küçük olmalıdır. Bu baca gazı sıcaklıklarının yaklaşık 230 °C değerini aşmaması anlamına gelmektedir. Ekonomizör kullanarak baca gazı sıcaklıkları 140-150 °C mertebelerine kadar indirilebilir. Örnek olarak 5000 kg/h buhar kapasiteli, 11 bar çalışma basıncı olan bir kazanda günde 8 saat ve yılda 220 gün çalışıldığı kabul edilsin. Kazanın ortalama % 90 yükte çalışması halinde,

Besi suyu girişi sıcaklığı= 103 °C

Besi suyu çıkış sıcaklığı= 133 °C

Saatlik yakıt tasarrufu = 17.8 l/h

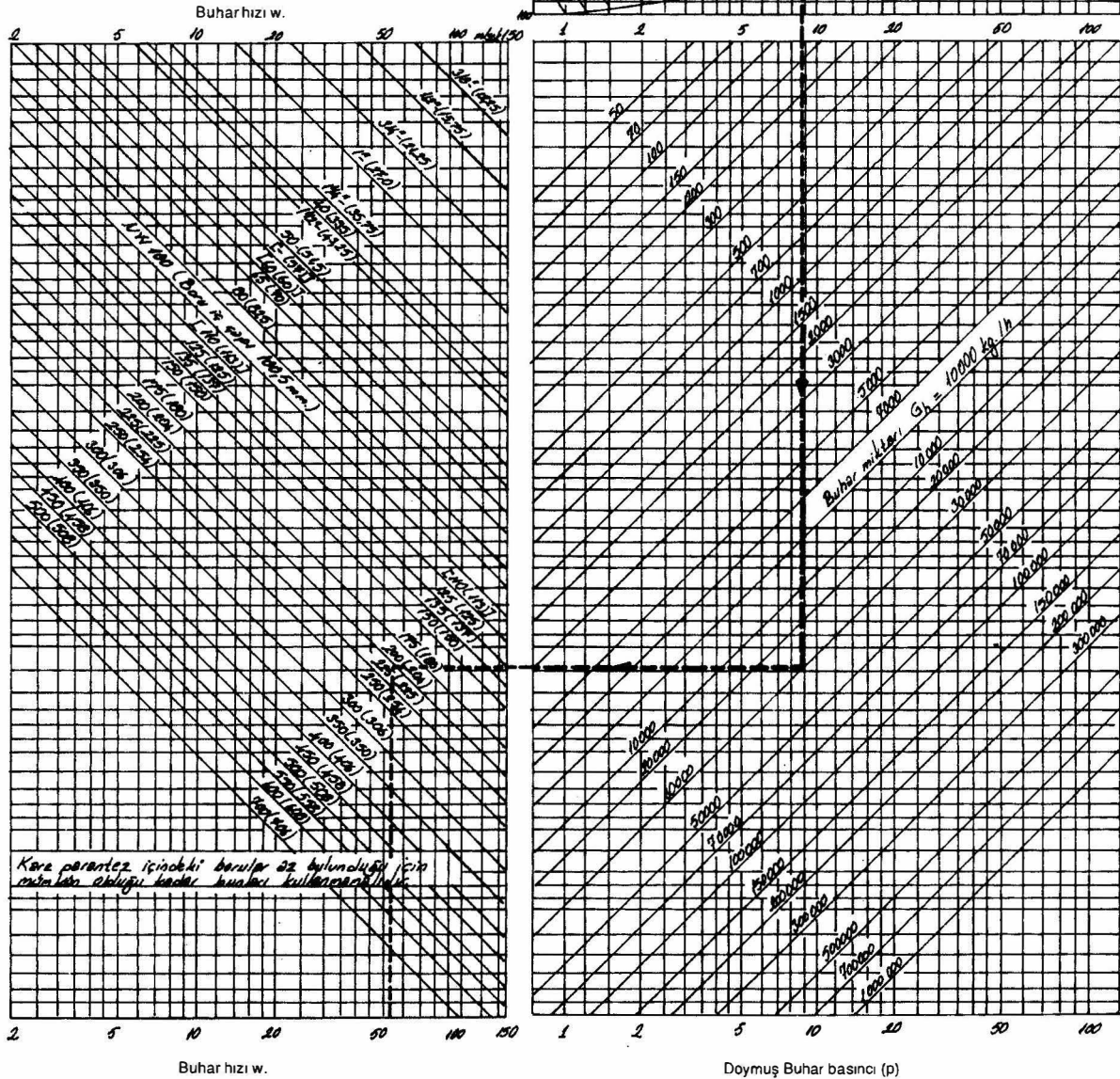
Ekonomizör yatırım maliyeti= 29000 DM

Basit geri ödeme süresi = 2.3 yıl.

2.5.1. Yoğuşmalı paket kazan ve yoğuşmalı ekonomizör

Daha önce incelenen büyük kapasiteli Buderus buhar kazanlarında olduğu gibi bazı buhar kazanlarında entegre ekonomizör bulunmaktadır. Bu tip kazanlarda kullanılabilecek bir ilave imkan yoğuşmalı tip ekonomizördür. Şekil 46'da yoğuşmalı tip ekonomizör görülmektedir. Bu ekonomizör üç sıralı serpantin şeklinde kıvrılmış borulardan oluşmaktadır. Kazandan çıkan ve 150 °C mertebelerine kadar soğutulmuş duman gazları bu serpantin boruları üzerinden geçerken yoğunlaşma sıcaklıkları altına kadar soğutulur. Duman gaz-

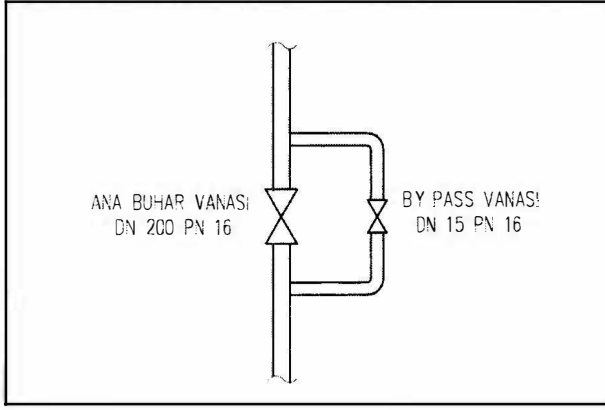
Misal: 200 mm. çapında bir borudan sıcaklığı 300°C Basıncı 12 atü olan 30000 kg/h buhar geçmektedir. Bu buharın hızı ne olacaktır? Noktalı olarak çizilen çizgiler takip edilerek hızın $w=57$ m./san. olduğu bulunur. Doymuş buhar halinde aynı cedvelin sağ alt tarafındaki diyagram kullanarak buhar hızı $w=44$ m./sn. bulunur.



Şekil 42. BUHAR BORULARINDA HIZ

ları içindeki buhar yoğunlaşarak taşıdığı gizli ısıyı da boruların içindeki suya verir. Isı geçiş yüzeyleri tamamen paslanmaz çelikten yapılır. Yoğuşan su nötrale edilerek kanalizasyona verilir. Yoğuşmalı ekonomizörler ancak doğal gaz yakılması halinde anlamlı olabilmektedirler. Yoğuşmalı ekonomizörde de duman gazlarının bypass imkanı olmalıdır. Yoğuşmalı ekonomizörde sisteme beslenen soğuk taze suyun ısıtılması düşünülebilir. Bir başka kullanım alanı ise bunun boyler olarak kullanma sıcak suyu üretiminde kullanılmasıdır.

Örnek yoğuşmasız ekonomizörde,
Baca gazı 240 °C'den 140 °C'ye soğurken
Besi suyu 103 °C'den 140 °C'ye ısınır.
Yoğuşmalı ekonomizörde,
Baca gazı 140 °C'den 50 °C'ye soğurken,
Soğuk taze besi suyu 13 °C'den 76 °C'ye ısıtılır. Bu örnekte ulaşılan kazan verim değeri % 103.9 mertebesindedir. Buna göre verime katkılar aşağıdaki gibi sıralanabilir:
% 103.9 = % 89.5 (kazan) + % 5.9 (ekonomizör) + % 8.5 (yoğuşmalı ekonomizör).



Şekil 43. ANA BUHAR VANASI BYPASI

KAZAN SİPARİŞ FORMU

Buhar kapasitesi (kg/h)	:
Isıtma yüzeyi (m ²)	:
İşletme basıncı (Atü)	:
Konstrüksiyon basıncı (Atü)	:
Gaz yolları toplam direnci (mmSS)	:
Ocaktaki karşı basınç (mmSS)	:
(Ön duman kutusuna kadar)	:
Gerekli baca yüksekliği (m)	:
Buhar çıkış çapı (DN....)	:
Su giriş çapı (DN....)	:
Emniyet ventili çapı (DN....)	:
Baca çıkış çapı (Ø (mm))	:
(Baca bağlantı kanalı dikdörtgen ise baca kare veya dikdörtgen istenebilir.)	:
Otomatik su besleme cihazı eksen mesafesi	:
Su seviye göstergesi eksen mesafesi (mm)	:
Beton kaide ölçüleri (Plan ve kesit resmi)	:
Loyd kontrolü istenip, istenmediği	:

KAZANLA BİRLİKTE VERİLECEKLER

Kazan imalat resmi	:
Su besleme cihazı ve seviye göstergesi kollektörü	:
Manometre (2 adet)	:
Presostat (2 adet) (iki kademeli 3 adet)	:
Emniyet valfleri (2 adet)	:
Otomatik su besleme cihazı	:
Min. su seviye anahtarı	:
Su seviye göstergeleri (2 adet)	:
Baca bağlantısı (Flanş ve karşı flanş ile beraber)	:
Ana buhar alma ağzı (karşı flanş ile birlikte)	:
Kazan su girişi (karşı flanş ile birlikte)	:
Teslim yeri : Şantiye	:

Şekil 44. KAZAN SİPARİŞ FORMU

2.6. Su besleme devresi

Su besleme devresi Şekil 47a ve 47b'de gösterilmiştir. Burada buhar hatları görülmemektedir. Şekil 47b'de görülen yüksek basınçlı besleme suyu devresinde buharlı besleme suyu ısıtıcısı vardır. Yüksek basınçlı kazanlarda, kazandaki su sıcaklığı yüksektir. Besleme suyu ısıtılmadan degazörden geldiği sıcaklıkta (103 °C mertebesinde) kazana beslenirse ısı şoku oluşabilir. Bu durumda ekonomi-

zörsüz yüksek basınçlı sistemlerde besleme suyu ısıtıcıları kullanılır. Sistemdeki bütün kondensler kondens deposunda toplanır. Burada eksik varsa, otomatik olarak taze su takviyesi yapılır. Kondens deposuna taze su beslenmesi seviye kontrol cihazı tarafından, taze su besleme pompalarının çalıştırılmasıyla gerçekleşir.

Kondens deposundan alınan su degazör pompalarıyla termik degazöre basılır. Termik degazör besleme suyu içindeki gazların giderilmesi amacıyla kullanılır. Suyun içinde erimiş olarak bulunan gazlar, özellikle oksijen, çok koroziftir. Sudan ayrılmadan kazana gönderilirse kazanda açığa çıkarak kazan yüzeyleri ve buhar borularında hızlı bir korozyona neden olur. Termik degazörde gazların sudan ayrılması suyun ısıtılmasıyla sağlanır. Suyun sıcaklığı 103 °C mertebelerine kadar çıktığında su üzerindeki gazların pratik olarak tamamı sudan ayrılır.

Suyun ısıtılması için sistemde üretilen buhardan yararlanılır. Gerekli buharın basıncı düşüktür. Bu nedenle degazörde taze buhar yerine blöften veya basınçlı kondenssten geri kazanılan buhar kullanılabilir.

Degazöre gelen su bir ön ısıtıcıda ısıtılarak tanka girebilir. Bu ön ısıtıcı ısı tasarrufu için kullanılır. Degazörden dışarı atılan çürük buhar ve gazların ısısından yararlanmayı amaçlar.

Her kazan için ayrı bir kazan besleme pompası kullanılmalıdır ve yine yedekli olmalıdır. Pompa basıncı kazanın buhar basıncına bağlıdır. Bu basınçtan biraz yüksek olmalıdır. Pompa debisi ise, kazan buhar kapasitesine bağlıdır. Pompa şalt sayısı fazla olmamalıdır. Çok büyük pompa seçildiğinde şalt sayısı artar. Bu ömür ve elektrik tüketimi açısından uygun değildir.

Kazan besleme suyu ısıtma eşanjörü

Buhar kazanını ısı şoklarından korumak için kullanılır.

a. Açık buhar kullanılan sistemlerde kondens deposundaki su sıcaklığı düşük olacağı için, kazana giren su ısıtılmalıdır.

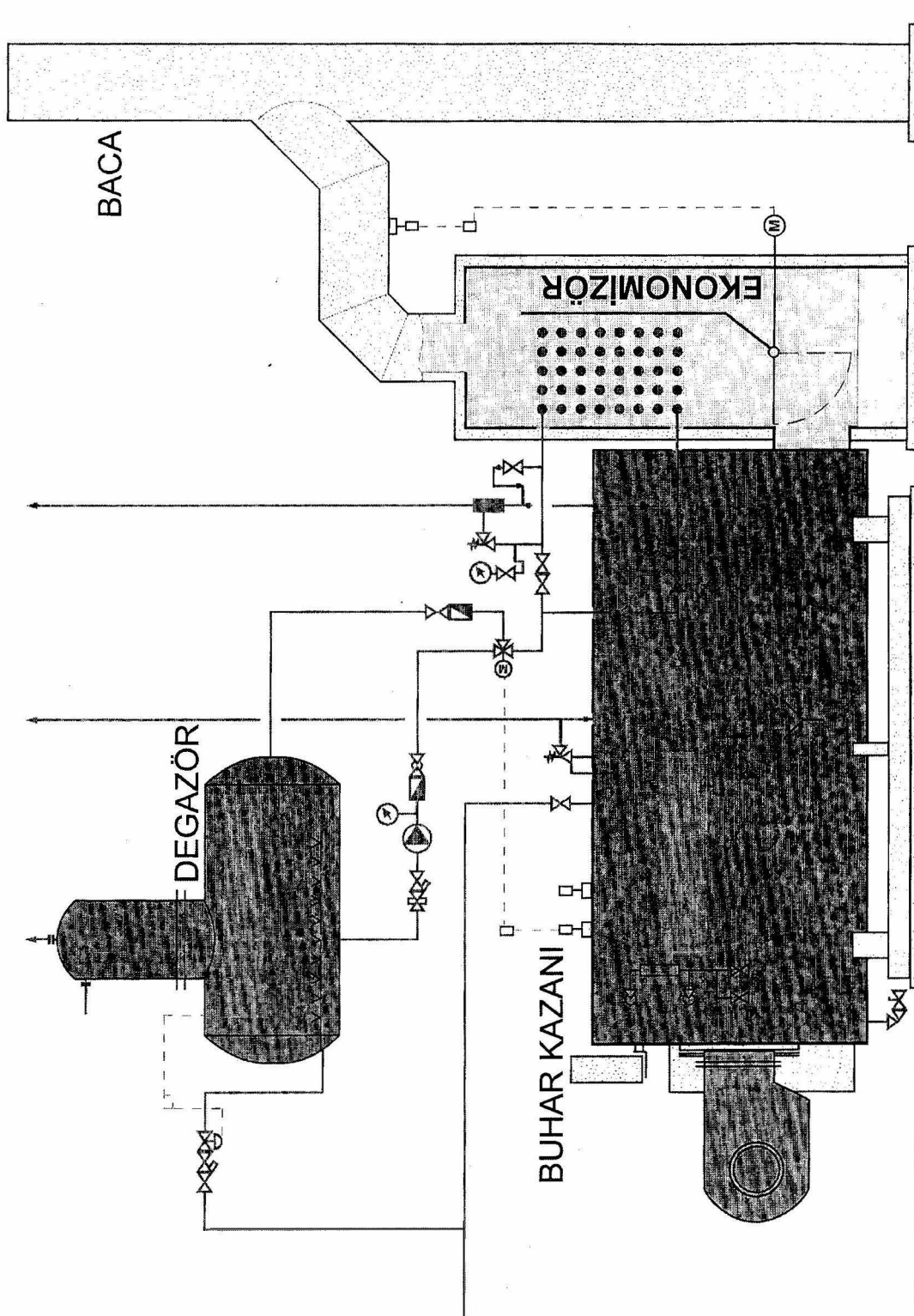
b. Degazörlerin çıkışında su sıcaklığı 102-105 °C mertebesinde. Eğer sistemde 6 numaralı Fuel-oil kullanılıyor ise, düşük basınçlı degazör çıkışına bir eşanjör koymak ve kazana giren su sıcaklığını 130 °C'ye çıkarmak kazan ömrünü artıracaktır.

c. Yüksek basınçlı sistemlerde ise, termik degazör çıkışındaki su sıcaklığı ile kazan su sıcaklığı arasındaki fark çok fazla olduğu için, kazanda termal gerilmeler fazla olabilir. 6 bar ve daha yüksek basınçlı sistemlerde kazan besleme suyu ısıtma eşanjörü kullanılması tavsiye edilir.

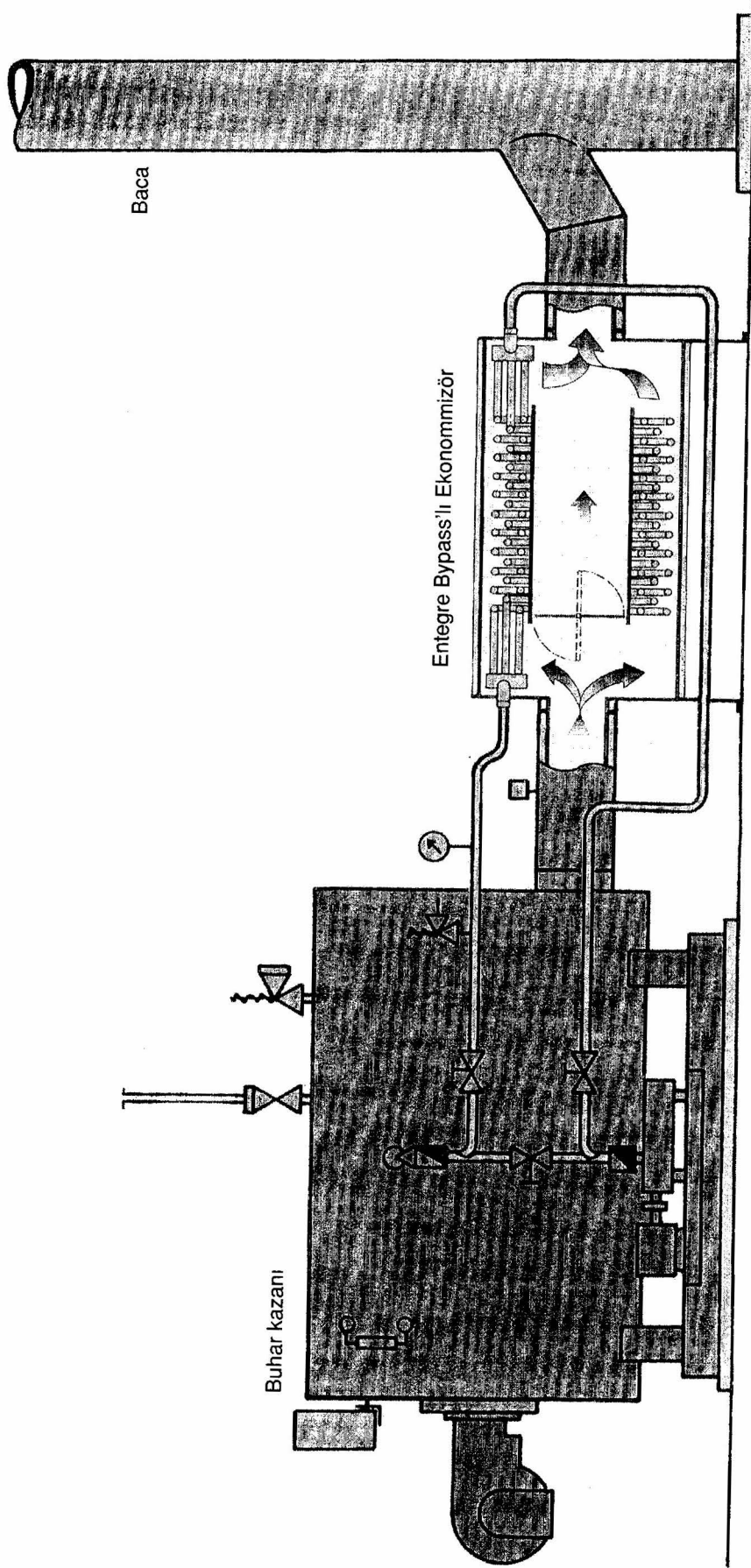
d. 10 bar ve daha yüksek basınçlı sistemlerde ise, ekonomizör yoksa, bu eşanjör mutlaka kullanılmalıdır. Not: Bu konunun kazan imalatçısına danışılarak kararlaştırılması (kazan konstrüksiyonuna bağlı bir durum söz konusu olduğu için) daha doğru olacaktır. Kullanılacak yakıt cinsi de mutlaka belirtilmelidir.

2.6.1. Besleme suyu ve besleme suyu hattı elemanları

Bir kazanın ömrü, işletme verimi ve ürettiği buharın saflığı, kazanın imalat kalitesinden çok bunun içine konan suyun saflığı ile doğru orantılıdır. Bu nedenle buhar kazanı besleme suyunun hazırlanmasında çok bilgili hareket edilmesi ve besleme suyunun hazırlan-



Şekil 45. DIŞTAN EKONOMİZÖR ÖRNEĞİ



Şekil 46. YOĞUŞMALI EKONOMİZÖR ÖRNEĞİ

ması için gerekli cihazların çok titizlikle seçilmesi ve daha sonra bunların gene aynı titizlik ile işletilmesi gerekir. Öncelikle buhar tesislerinde mümkün olduğu kadar kondens geri döndürülerek taze su beslemesi minimuma indirilmelidir.

Kalitesiz bir besi suyu ile işe başlandığında bir taraftan fazlaca kimyasal kullanılır, diğer taraftan bolca yapılan blöfler ile kazan içindeki ısının bir kısmı atılmış olur, işletme verimi düşer, ayrıca kazan kimyasallarının bir kısmı da atılmış olur.

Ülkemizde kullanılan besi sularında en çok rastlanan ve sorunlara neden olan parametreler aşağıdaki gibidir:

a) SERTLİK: Suyun içerisinde bulunan kalsiyum ve magnezyum iyonlarından meydana gelir. Geçici ve kalıcı sertlik olarak iki çeşittir. Toplam sertlik bu ikisinin toplamına eşittir. Geçici sertlik (karbonat sertliği), kazanda suyun ısıtılması ile kalsiyum karbonat çökeltisi halinde metal yüzeylerde birikir ve kışır tabir edilen kireç tabakasını meydana getirir. Sert besi sularının yumuşatılması, günümüzde otomatik rejenerasyonlu, katyonik reçine- li, iyon değiştirici "Yumuşatma cihazları" ile yapılır ve besi suyu sertlik derecesi 1 °FSB (Fransız Sertlik Derecesi) altına çekilir. Tuzlu sondaj suları (klorür oranı 1000 ing/l't'nin üzerinde) bu yöntemle yumuşatılamazlar.

b) ERİMİŞ GAZLAR: Ancak sadece yumuşatılmış su, kazanlar için yeterli değildir. Besi suyu içerisinde bulunan "Oksijen" 0,02 mg/l't'nin üzerinde bulunduğu zaman kazanda korozyona neden olmaktadır. Besi suyu içerisinde bulunan Oksijen ve CO₂ gibi çözülmüş gazların buhar kazanına girmeden önce giderilmesinde "Termik degazör" kullanılması çok faydalı bir yöntemdir. Besi suyunun, yumuşatıcılardan sonra degazör kullanılmayan düşük basınçlı buhar kazanlarında, polifosfat yataklı filtreden geçirilmesi korozyonu önleme açısından son derece yararlıdır.

a) ALKALİNİTE: Suyun içerisinde bulunan karbonat ve bikarbonatlardan meydana gelir. Suyun kuvvetli asitleri nötrleme kabiliyetine o suyun alkaliliği denir. Kazan içerisinde müsaade edilen azami toplam (MO) alkalinite değeri 900 mg/l't'dir.

Blöfün azaltılması istendiğinde, besi suyundaki MO alkalinitesi 90 mg/l't'ye kadar düşebilir. Alkalinitenin düşürülmesi "Dealkalizer" vasıtasıyla yapılır. Buhar kazanı ve jeneratörlerde kullanılan dealkalizerler, kostik soda takviyeli klorür'le rejenere edilen özel anyonik reçineyle çalışırlar.

Bir diğer giderim metodu RO (Reverse Osmosis) uygulamasıdır.

d) pH: Kazan işletmeciliğinde en fazla kullanılan faktörlerden biridir; besi suyu ve blöfde devamlı ölçülmesi gerekir. pH su içerisindeki hidrojen iyonları konsantrasyonunu gösterir. 7'nin altındaki değerlerde su asit karakterli, 7'nin üstündeki değerlerde ise baz karakterli olur. Asit karakterli sular hiçbir zaman kazana verilmez, bunların pH'nın 9-10 civarına çıkarılarak kazana verilmeleri gerekir. pH yükseltiminde sud kostikli (NaOH) maddeler kullanılır. pH'nın çok yüksek olması da istenmez, 11'in üzerindeki değerler kazan saçlarının gevrekleşmesine ve çatlaklara neden olurlar.

e) SİLİKA: Su yumuşatma ve dealkalinizasyon işlemlerinde giderilemeyen, buhar kazanlarında yüksek olması istenmeyen (Kazan içinde azami müsaade edilen limit 150 mg/l't) bir diğer mineral "Silikat"tır. Yüksek basınçlı buhar kazanları, boru yüzeylerinde ve türbin çarklarında cam benzeri yüzeyler oluşturur, temizlenmesi çok zordur. Silikanın getireceği sakıncaların meydana gelmemesi için genellikle besi suyundaki silika miktarı sudaki geçici sertliğin 3 katından az olmalıdır. Kazan suyunda silika oranının azaltılması için blöf yapılır. Besi suyundaki silikanın giderilmesinde Deiyonizasyon veya Ters Osmos arıtım yöntemleri kullanılır.

f) İLETKENLİK: Suyun elektrik iletme kabiliyetidir. Çok kullanılan ölçü birimi $\mu\text{s/cm}$ 'dir. Saf su içinde 100 mg/l NaCl tuz eritildiğinde bu suyun iletkenliği 212 $\mu\text{s/cm}$ değerindedir. İletkenlik suyun içindeki tuz oranını vermesi açısından önemli bir parametredir. Suyun içindeki toplam eriyik miktarı (mg/l) çoğaldıkça iletkenlik yükselir.

Alçak veya orta basınçlı bir buhar kazanı için hazırlanacak besi suyunda müsaade edilen en yüksek değerler aşağıdaki gibidir:

Toplam Sertlik: 0,1 FSB sertliğinden az

Yağ miktarı: 2 mg/l't'den az

Oksijen: 0,05 mg/l't'den az

Toplam demir: 0,05 mg/l't'den az

Toplam karbondioksit: 20 mg/l't'den az

Silikat SiO₂: olabildiğince düşük

pH değeri: 7,0-9,5 arası

Alkalinite: Düşük

Buna karşılık, buhar kazanı içindeki suda müsaade edilen değerler (Kazan içinde kazan kimyasalları kullanıldığı kabul edilmiş) aşağıdaki gibidir:

Toplam sertlik: 0,0 °Fr.

İletkenlik: En çok 6000 micro siemens/cm (bazı literatür 8000 değerini tolere ediyor)

pH: 9,5-11,5

Silikat: en çok 150 mg/l't

Toplam demir (Fe): 10 mg/l't

Klorür: Mümkün olduğu kadar düşük

Çözülmüş oksijen: 0 (termik degazörde oksijenin çoğu alınır.

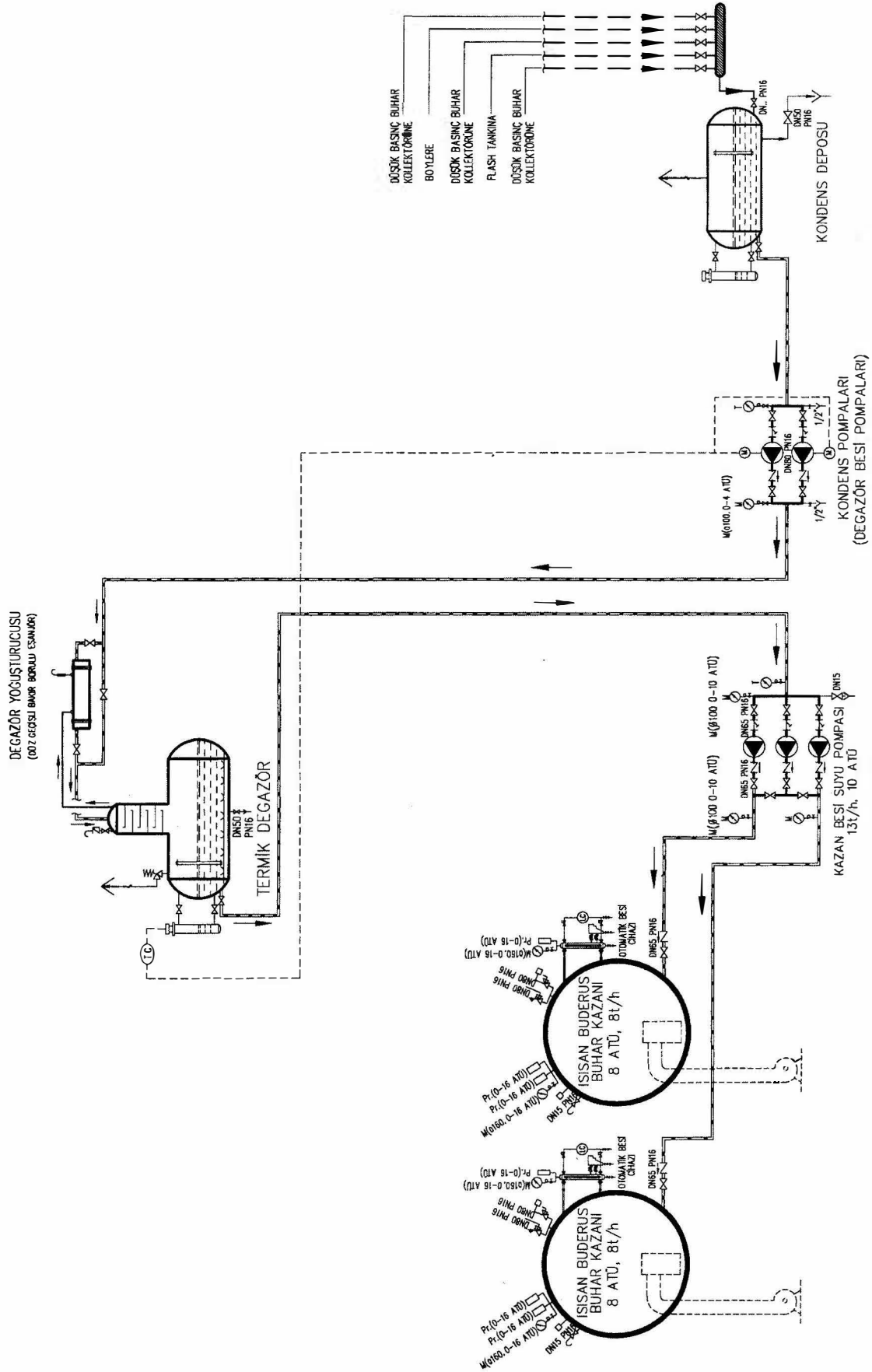
Bakiye ise oksijen tüketen kimyasallarla yok edilir).

2.6.2. Kum filtresi

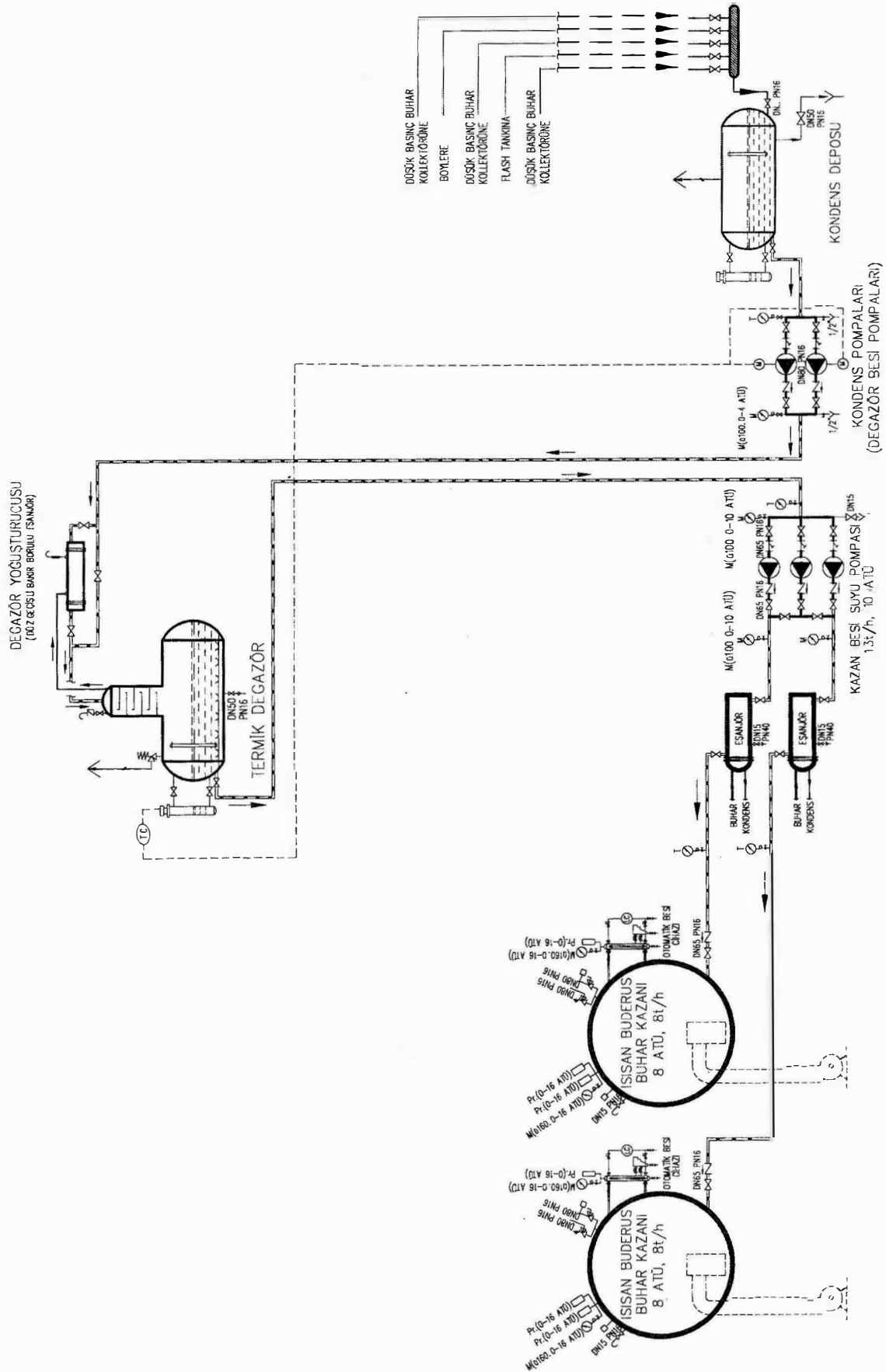
Taze su şehir şebekesinden veya kuyudan karşılanır. Hattın başlangıcında sistem için bir su deposu oluşturulması tavsiye edilir. Bu depo büyüklüğü sistem su sarfiyatı ile ilgilidir.

Besi suyu önce kum filtresinden geçirilerek çamur ve diğer asılı maddelerden arındırılmalıdır. Filtrede su hızı 10 m/h seçilerek tankın çapı belirlenebilir. Genellikle bunların kataloglardan seçiminde su debisi yeterli olmaktadır.

Besi suyu debisi kaybedilen buhar debisinden ziyade kazan ve sistemin ilk dolduruluş süresiyle belirlenir.



Şekil 47A. BUHAR KAZANLARI BESİ SUYU AKIŞ ŞEMASI I



Şekil 47B. YÜKSEK BUHAR KAZANLARI BESİ SUYU AKIŞ ŞEMASI 2

2.6.3. Su yumuşatma cihazı

Orta basınçlı buhar kazanlarında su filtrelendikten sonra yumuşatılır ve dozajlanır. Su yumuşatma cihazından çıkan su saflaşmaz, sudan bazı mineraller alınır ve yerine başka bir mineral verilir. Su yumuşatma cihazı ile elde edilen su bir çok buhar kazanı için yeterli sayılabilirse de yüksek basınçlı kazanlar için çok kötü bir sudur.

Yumuşatılan suyun kimyasal dengesi değişir; doğal suya kıyasla yumuşatılmış su çok koroziftir. Suyun pH değeri 7'nin üzerinde olsa dahi yumuşatılmış su kazanda korozyon yapabilir. Kazan suyunun pH değerinin yükseltilmesi ve 9-10 civarında tutulması korozyonu azaltır. Korozyonu tamamen kesmek için kazan suyu na "inhibitör" tabir edilen kimyasal maddeler de ilave etmek gerekir. pH değerinin 10-11 üzerinde çıkması yine zararlıdır. Yüksek pH kazan saçlarını sertleştirir ve kırılmalık oluşur, neticede kazan cidarları çatlayabilir.

Su yumuşatma cihazı olarak buhar hatlarında genellikle yapay reçineli çift tanklı cihazlar kullanılır. Günümüzde tam otomatik rejenerasyonlu tipler kullanılmaktadır. Otomatik kontrol sistemleri piyasada zaman kontrollü, debi kontrollü ve sertlik kontrollü olabilir. Büyük kapasitelerde geçen su miktarını sayarak tandem veya triplex çalışan sistemler kullanılır. Tanklar dönüşümlü çalışır. Biri suyu yumuşatırken, diğeri ters yıkama ile rejenere edilir. Bu cihazlarda sertlik oluşturan, yani sıcak kazan yüzeyleri üzerinde çökelen, kalsiyum veya magnezyum karbonat veya sülfat tuzları, sodyum tuzlarına dönüştürülür. Sodyumlu tuzlar yüzeylerde çökmediği için su yumuşatılmış, yani çökelen tuzlardan arındırılmış olur. Doyan yapay reçinenin rejenerasyonu için tuzlu su kullanılır.

Su yumuşatma cihazları büyüklüğü geçen su debisine, suyun sertlik derecesine ve rejenerasyon süresine göre belirlenir. Suyun sertliği bir metreküp sudaki CaCO_3 miktarının ağırlığına göre belirlenir. Çeşitli birimler arası ilişki aşağıdadır.

1 Fransız Sertlik Birimi (FSB)=0.56 Alman Sertliği = 0.80 İngiliz Sertliği = 0.2 mval = 10 gr CaCO_3/m^3 .

Rejenerasyon süresi ise, cihazın normal debide yumuşatma yapabildiği süredir. Bu süre sonunda reçine doyar ve rejenere edilmesi gerekir.

Rejenerasyon süresi azaldıkça, gerekli tank hacmi azalır, günlük rejenerasyon sayısı artar. Sistemde bir yumuşak su tankı kullanmak yararlıdır. Su yumuşatma işlemi sürekli yapılarak, yumuşak su bu depoda toplanır. İhtiyaç olduğunda buradan alınır. Böylece su yumuşatıcı daha küçük debide seçilebilir. Rejenerasyon süresi, 16 saate kadar çalışan sistemlerde 8 saat seçilebilir. 24 saat çalışan sistemlerde ise, 12 saat olmalıdır. Günde 4 rejenerasyona kadar çıkılabilir.

Cihaz seçilirken ana veriler ham su debisi ve rejenerasyon süresidir. Bu değerler cihazın sertlik alabilme kapasitesini belirler. Bir su yumuşatma cihazı hem debi, hem de gerekli kapasiteyi sağlamalıdır. örneğin 10 m³/h debili ve 20 (FSB) ham su kullanılan sistemde, rejenerasyon süresi 8 saat ise, toplam sertlik alma

kapasitesi = 10.000* (20-0)* 8 = 1.600.000 FSB olacaktır. Bir su yumuşatma cihazında rejenerasyon işlemi sırasında; ters yıkama, rejenerasyon ve son yıkama işlemleri yapılır. Bu işlem sıra ile yaklaşık 15, 30 ve 15 dakika sürer. Yumuşatma sırasında su debisi litre reçine başına 0.27 lt/dk, rejenerasyon sırasında litre reçine başına 0.13 lt/dk ve ters yıkamada ise dm² depo kesiti başına 2 lt/dk değerindedir. Son yıkamada 2-5 reçine hacmi kadar su kullanılır. Dolayısı ile bütün rejenerasyon sırasında yaklaşık saatlik ham su debisinin yarısı ile 3/4'ü kadar su harcanır. Bu durum suyun kısıtlı olduğu yerlerde dikkate alınmalıdır.

Tuz sarfiyatı ise genellikle kataloglarda belirtilir. Her rejenerasyon işleminden önce tuz kabı tuzla doldurulur ve bu tuz kullanılır. Yapay reçine ise uzun ömürlü olup, aynı reçine 4-5 yıl kullanılabilir. Yukarıdaki örnekte seçilen cihazda her rejenerasyon işleminde yaklaşık 5-7,5 m³ su ve 80 kg tuz kullanılır.

Su yumuşatma cihazlarının galvaniz kaplı olması gerekir. Günümüzde reçine tankları korozyona ve basınca dayanıklı poliester malzemeden, tuz kapları ve aksesuarları ise polietilen malzemeden yapılmaktadır. Besi suyu hattı boru çapı, boruda su hızı yaklaşık 1-1.5 m/sn olacak şekilde boru hesabı cetvellerinden seçilebilir (Bakınız Şekil 48).

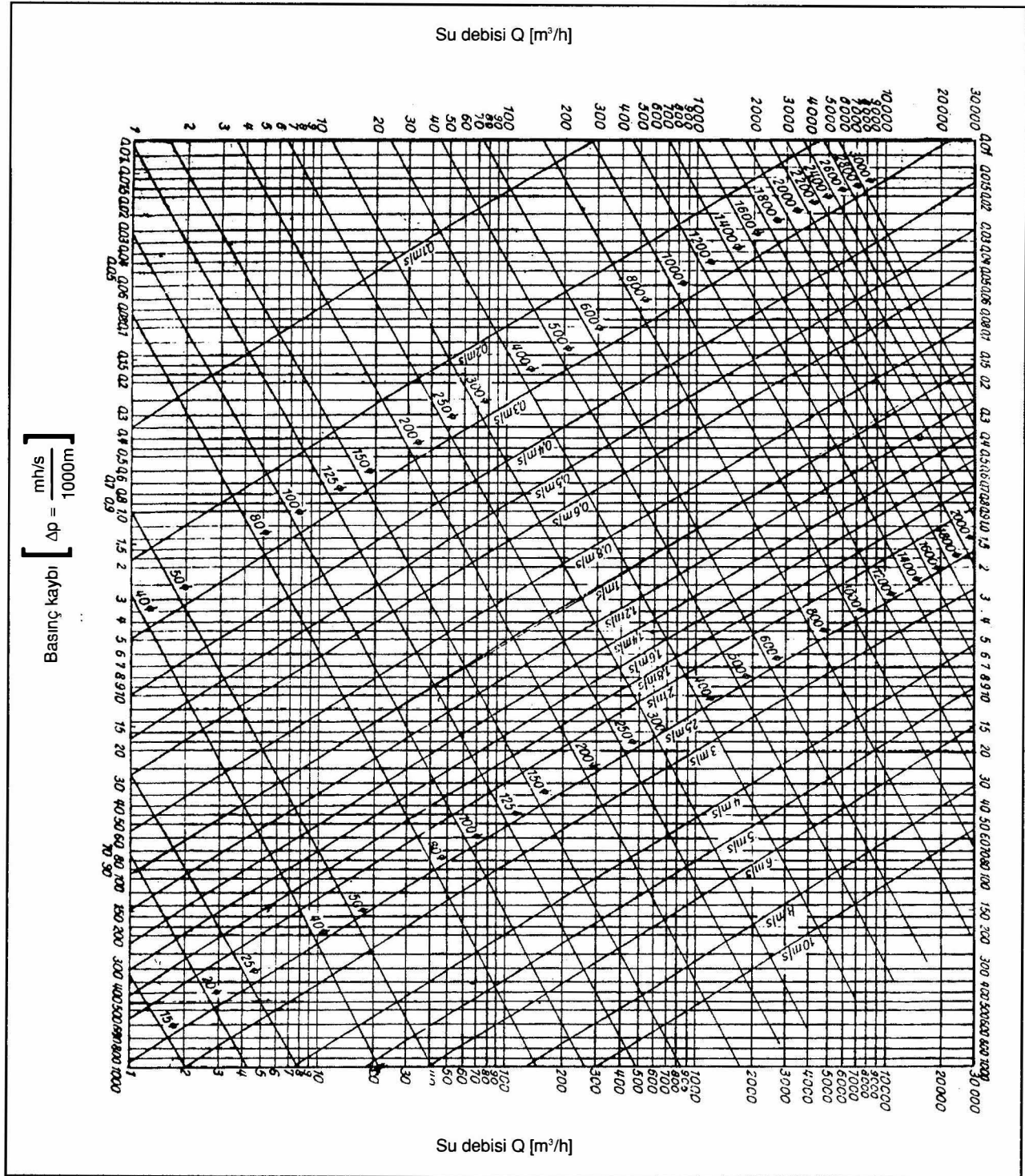
2.6.4. Anyon Dealkalizerleri

Kazan suyundaki alkaliliğin büyük kısmı karbonat ve bikarbonat iyonlarından meydana gelir. Yüksek alkalinite kazanda köpürme, kazanda ve kondens hatlarında korozyon meydana getirir. Korozyonun nedeni ayrılan karbondioksit gazının kondens suyu ile birleşerek karbonik asit oluşturmasıdır. Alkalilik oranının düşürülmesi için üst blöf yapılır. Blöf enerji kaybına neden olduğundan, akılcı yol kazan taze besi suyunun dealkalizerler kullanılarak artırılmasıdır. Çeşitli tip dealkalizerler arasında birinci sırada anyonik reçineli dealkalizerler gelir. Anyon dealkalizerler, su yumuşatma cihazları, yani kation değiştiricilerle aynı prensipte çalışırlar. Ancak burada anyon değiştirici reçine kullanılır. Burada yine rejenere edici malzeme yemek tuzudur (NaCl). Bu cihazlar hem servis, hem de rejenerasyon devirlerinde yumuşak suyla beslenmelidir. Onun için dealkalizer, su yumuşatıcıdan sonra tesis edilir ve yumuşak su ile beslenir.

2.6.5. Ters Osmos

Ham su yüksek iletkenlikte olduğunda kazan besi suyunun klasik yöntemler ile hazırlanması (su yumuşatma cihazı ve dealkalize cihazı ile) çok blöf yapılmasını gerektirir, blöflerin fazla olması ile çok miktarda ısı ve kimyasal dışarı atılır ve işletmenin verimi çok düşer. Yüksek iletkenlikte ham suyu olan işletmelerin klasik yöntemden vazgeçip Ters Osmos sistemi ile besi suyu hazırlamaları işletmeye ekonomi sağlar. Klasik cihazlara göre ilk yatırımı biraz daha yüksek olan T.O. sistemi çok kaliteli su ürettiği için sonuçta çok ekonomik bir işletme sağlanmış olur.

T.O. cihazlarına verilecek suyun öncelikle çok iyi filtrelenmesi gerekir. Ham suyun filtrasyondan başka bir terbiyeye gereksin-



Şekil 48. SU İÇİN BORU ÇAPI SEÇİM ABAĞI

me duyup duymayacağı ham suyun kimyasal analizine bağlıdır. Küçük tesislerde ham suyun iletkenliği uygunsa ve su yumuşatılabiliriyorsa, T.O. öncesi suyu yumuşatmak işletme kolaylığı sağlar. Yüksek kapasiteli sistemlerde ham suyun yumuşatılması gerekmez. İyi bir filtrasyondan sonra suyun içine verilecek kireç taşı önleyici kimyasal (inhibitör) ve pH kontrolü için asit dozlaması ile ham suyun terbiyesi yapılır. Bu işlemde sonra T.O.'dan üretilen suyun içinde erimiş halde karbondioksit gazı kalır. Bu

gazın sudan alınması için su soğuk bir degazörden geçirilir ve kondens deposuna verilir. Üretilen suyun pH derecesi düşük ise suya Kostik (NaOH) ilavesi ile suyun pH derecesi yükseltilir. Su yumuşatma cihazı olan ve bunu iyi kullanan bir işletmede T.O. işletmesi kolaylaşır, filterelenmiş ve yumuşatılmış su başkaca bir işlemde geçirilmeden T.O. cihazına verilir. Ancak kazana beslemeden önce suyun sıcak degazörden geçirilerek erimiş oksijenden arındırılması her zaman tavsiye edilir.

Ters Osmos yöntemi ile, su içindeki minerallerin çoğundan ayrılır. Yalnızca bir cihaz ile aynı anda hem alkalinite, hem sertlik ve varsa nitrit, nitrat, sülfat gibi istenmeyen birçok iyondan ve bakterilerden su arınır. İyi seçilmiş ve eksiksiz kurulmuş bir ters osmos cihazı hidrofor gibi kolay işletilen bir cihazdır. Ters osmos cihazının bir iyi yönü de katı atık oluşturmamasıdır.

Ters osmos cihazı ile elde edilen safa yakın özellikteki besi suyu kalitesi dolayısı ile bu kazandan yalnızca haftada bir kez, kontrol için blöf yapılmaktadır. Oysa yumuşatılmış su ile beslenen kazanlarda en az günde üç kez blöf yapmak gerekir ki bu da işletmenin randımanını çok düşürmektedir.

2.6.6. Termik Degazör (Gaz Alıcı)

Degazörler buhar tesislerinde suyun içinde erimiş halde bulunan gazların ayrılması ve kazana gönderilen suyun ısıtılması (102-105°C'ye kadar) amacı ile kullanılırlar. Kazana gönderilen besi suyu içinde erimiş halde oksijen, azot, karbondioksit gibi gaz bileşenleri bulunur. Bu gazlardan oksijen ve karbondioksit korozyiftir. Kazana gönderilen su içindeki oksijen 0,005 mg/m³ değere kadar düşürülmeli, CO₂ ise tamamen alınmalıdır.

Bu gazlar eğer sudan ayrılmayacak olursa, buhar ve su borularında önemli ölçüde korozyona neden olur. Kazana giren suyun ısıtılması, aynı zamanda büyük sıcaklık farkı dolayısıyla kazanda oluşabilecek termik şokları da önler ve kazanın ömrünü uzatır.

Gazların sudan ayrılması fiziksel ve kimyasal yöntemlerle gerçekleştirilebilir. Ancak buhar tesislerinde kullanılan en uygun yöntem fiziksel esaslı termik degazörlerdir. Termik degazörlerde kazana gönderilecek besi suyu buharla ısıtılır. 80°C mertebelerinde su içinde erimiş halde mevcut gaz bileşenlerin büyük kısmı sudan ayrılırlar. 100 °C'de ise ayrılma işlemi tamamen biter. Şekil 49'da termik degazör tesisatı görülmektedir. Depo seçiminde sistemin buhar kapasitesi esas alınır. degazör deposu kazanın 10-15 dakikalık su ihtiyacını karşılayacak ölçüde seçilir. Örneğin 20 t/h buhar kapasitesi olan bir sistemdeki degazör tankı su hacmi 5 m³ mertebelerinde olmalıdır. Buna göre toplam degazör depo hacmi için,

$$V = 3/8 \cdot m_k$$

yazılabilir. Degazöre verilmesi gerekli buhar miktarı ise,

$$m_g = m_k (t_g - t_k) / r_k$$

olarak hesaplanır. Burada

V=Degazör depo hacmi, lt

m_g= Degazöre verilen buhar, kg/h

m_k= Degazöre beslenen su, kazan buhar kapasitesi, kg/h

t_g=Degazöre verilen buhar sıcaklığı, °C

t_k= Degazöre baskın su sıcaklığı, °C

r_k=Buhar gizli ısı (=500 kcal/kg)

Degazör deposu galvanizli olmalı, tavaları mutlaka paslanmaz çelik yapılmalıdır. Daha uzun ömürlü bir degazör için domun da paslanmaz çelikten yapılması tavsiye edilir.

Degazöre buhar iki yerden verilir. Bunlardan biri tanktaki su hacmi içinedir. Düşük basınçlı buhar bir delikli borudan su içine

gönderilir. Bu buharın beslenmesi su sıcaklığından kontrol alan bir termostatik vana ile yapılır. İkinci besleme ise tavalara altına buhar hacmine yapılır. Bu buharın basıncı mutlaka, bir basınç düşürücü yardımı ile, 103-105°C'ye karşı gelen doyma basıncına düşürülmelidir. Bu buhar tavalardan aşağı damlalar halinde düşen suyu ısıtmaya yarar ve fazlası, çıkan gazlarla birlikte üstten degazörü terk eder. Kondens tankından gelen su degazöre yukarıdan girer ve karşılıklı birbirine ters ve alt alta duran paslanmaz çelik tavalardan aşağı akar. Şekil 49'daki devrede degazöre giren her iki buhar besleme hattında da basınç düşürücü görülmektedir. Aşırı basınçla degazörün şişmesinin önüne geçilmelidir. Tankın emniyeti için emniyet sifonu veya duyarlı yaylı emniyet vanaları kullanılır.

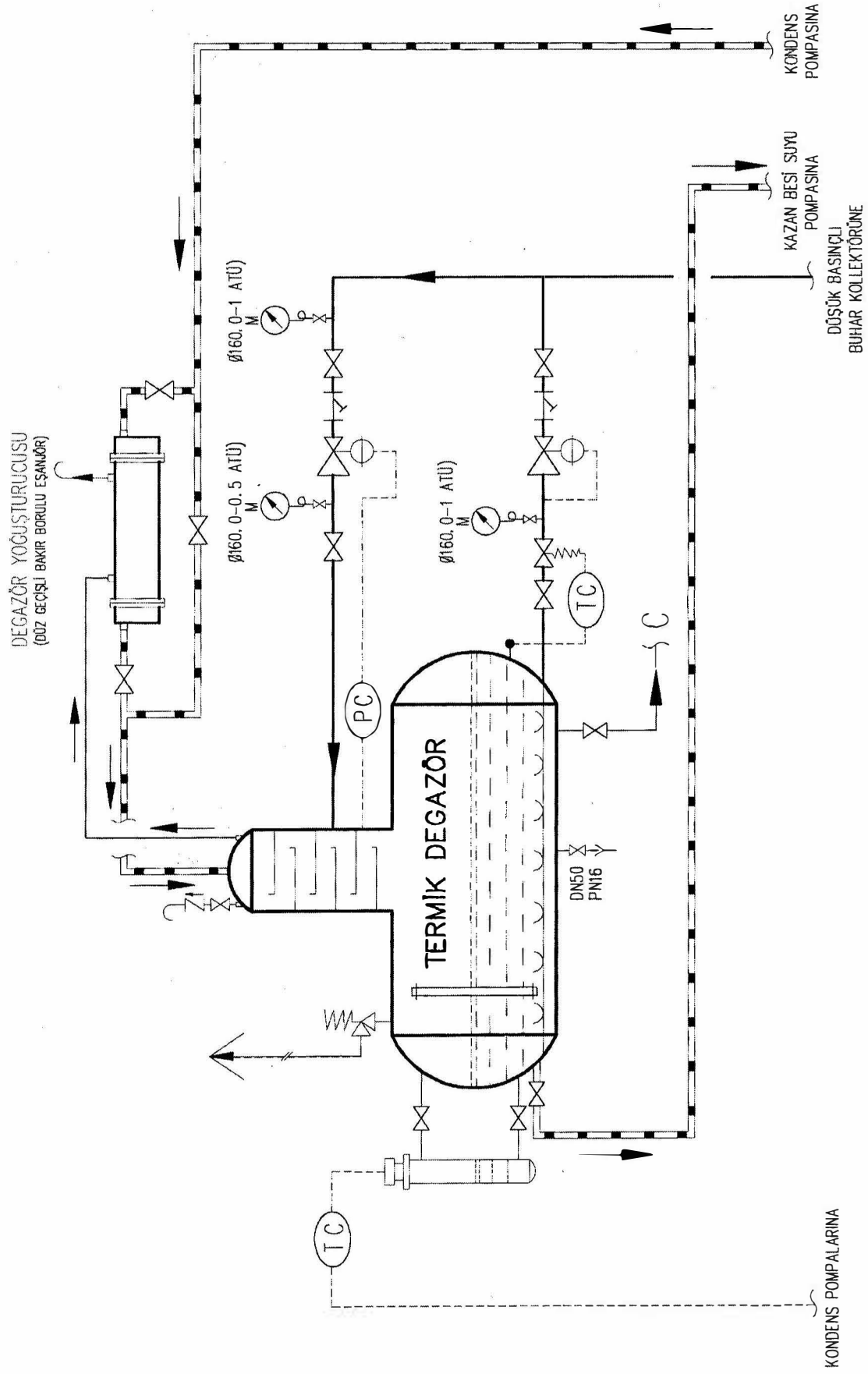
Termik degazörün yukarı konulmasının nedeni, kazana suyu basan besi pompalarındaki kaviteasyonu önlemek içindir. Su sıcaklığının 103°C mertebesinde olduğu düşünülürse, en küçük bir vakumda buhar oluşacaktır. Pompa emişindeki basıncın pozitif olmasını garanti etmek üzere degazör 7-8 m üzerinde yükseğe yerleştirilir.

Degazörden ayrılan gazlar, buharla birlikte alınır. Bu gaz buhar karışımı, degazör yoğunlaştırıcı adı verilen bir ısı değiştirgecinden geçirilerek, kondens tankından gelen besi suyu ile soğutulur ve buhar yoğunlaştırılır. Gazlar dışarı atılırken, yoğunlaşan su pis su tesisatına atılır.

Degazör tankı üzerinden ayrıca ø 160 mm, 0-1 atü büyüklükteki manometre, depo büyüklüğüne göre seçilecek su seviye göstergesi, ø 150 mm, 0-150 °C büyüklükte termometre, DN 15 hava alma ağzı, DN 40 boşaltma ağzı ve ventilleri bulunur. Degazör deposu üzerinde bulunması gerekli bir başka eleman emniyet ventili olup, basınç düşük olduğundan ventil yerine emniyet sifonu kullanımı daha uygundur. Düşük basınçlarda emniyet sifonu basıtlığı, ucuzluğu ve kesin güvenilirliği ile daima tercih edilmelidir. Termik degazör 8-10 cm kalınlıkta 18 kg/m³ yoğunlukta cam yünü ile izole edilmelidir.

Termik degazör pratik notları

1. Buhar sistemlerinde kazana beslenen suyun içinde erimiş gaz (özellikle oksijen) bulunmamalıdır. Bunun için buhar sistemlerinde genellikle termik degazörler kullanılır. Termik degazör kullanımı ile ilgili alt sınır basınç değeri 6 bar olarak verilebilir. 6 bar basıncın üzerinde buhar sistemlerinde termik degazör mutlaka kullanılmalıdır.
2. Termik degazörler atmosferik ve basınçlı olarak ikiye ayrılabilir. Yaygın olarak kullanılan atmosferik degazörlerde yaklaşık 0.2 bar basınç altında 102-105 °C sıcaklıklarda gaz giderme işlemi yapılır. Bu sıcaklıkta yapılan gaz gidermede suyun içindeki erimiş gaz oranı 0.1-0.2 ppm mertebelerine kadar indirilebilir.
3. Su içindeki gaz miktarı basınca ve sıcaklığa bağlıdır. Suyun üzerindeki basınç arttıkça ve su soğudukça içinde erimiş olarak kalabilecek gaz miktarı artar. Şekil 1B'de basınç ve sıcaklığa bağlı olarak suyun içindeki erimiş hava miktarları verilmiştir.



Şekil 49. TERMİK DEGAZÖR

Örneğin 20°C'de atmosferik basınçta 1 litre suda 18 cm³ hava olabilirken, 90°C'de bu değer 4 cm³'e düşer. Buna karşılık 1 bar basınçta 90°C sıcaklıktaki suda 15 cm³ hava bulunabilir.

4. Gazların cinslerine göre de suyu terk etme sıcaklıkları farklıdır. Atmosferik basınçta CO₂ 80°C mertebelerinde ayrılırken, oksijen (hava) 102 °C'de ayrılır.

5. Basınçlı degazörlerde basınç altında 140 °C sıcaklıklara kadar çıkarılır.

6. Düşük basınçlı degazörlerin çıkışında su sıcaklığı 102-105 °C mertebesinde dir. Eğer sistemde 6 numaralı Fuel-oil kullanılıyor ise degazör çıkışına bir eşanjör koymak ve kazana giren su sıcaklığını 130 °C'ye çıkarmak kazan ömrünü artıracaktır.

2.6.6.1. Modern degazörler

Yukarıda anlatılan klasik düşük basınçlı tavalı degazörler yanında, farklı tipte yeni degazörler de geliştirilmiştir. Buderus tarafından sunulan iki farklı tip degazör Şekil 50 ve 51'de görülmektedir. Şekil 50'deki degazör yine düşük basınçlıdır. Burada tavalar yerine taze besi suyu ve kondens püskürtme fışkiyeleri bulunmaktadır. Burada su pülverize halde tank içine püskürtülür. Taze buhar ise tanka tek yerden beslenmektedir. Buhar girişindeki iki yollu kontrol vanası, tanktaki basınçtan kumanda almaktadır. Tankta basınç ayarlanan değerde sabit kalacak şekilde buhar beslemesi yapılır. Degazör tankına ayrıca dozajlama yapılmaktadır. Tank hacmi kazan kapasitesinin 1/2 ile 2/3'ü büyüklükte olabilir. Örneğin 9 ton/h buhar kapasiteli sistemde degazör tankı 4.5 ile 6 ton kapasitede olabilir. Tank büyüklüğünü dozaj maddelerinin reaksiyon süresi belirlemektedir.

Şekil 51'deki sistemde ise buhar sistemi kapalıdır. Kapalı ve yüksek basınçlı kondens hatlarından gelen kondens doğru tanka beslenir. Oluşan flaş buhar dışarı alınır. Tankta basınç yüksektir. Tanktaki suyun ısıtılması kazandan gelen kızgın buharla yapılır.

Taze takviye besi suyu tank domundaki tavalı sistemde ısıtılıp, gazsızlaştırılır.

2.6.7. Degazör Pompası

Kondens tankından degazöre kondensi basan pompalara degazör besi pompası denir. Bu pompalar tek kademeli santrifüj tiptedir. Degazör pompaları yedekli (bir asıl + 1 yedek) seçilir. Bazı hal-lerde üç pompa (iki asıl + bir yedek) kullanılabilir. Pompa kapasitesi seçiminde şalt sayısı çok önemlidir. Pompa büyük seçilirse, şalt sayısı fazla olur ve pompa ömrü kısalmır. Pompa basıncı ise, degazörün yüksekliğine bağlıdır. Genellikle 25 mSS pompa basıncı yeterlidir.

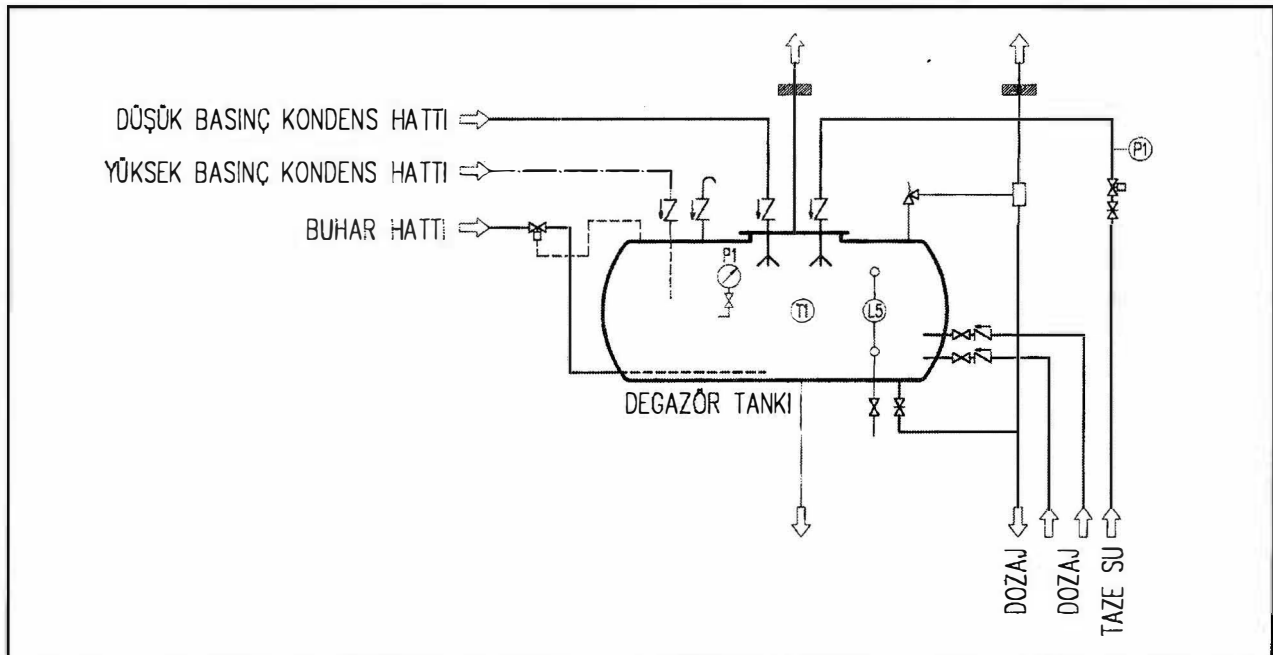
Degazör besi pompasının debisi sistem buhar kapasitesinin üzerinde olmalıdır. Örneğin, 15 t/h debili sisteminde pompa debisi 20 t/h olabilir. Degazör pompaları, degazör deposundaki otomatik seviye kontrol cihazından kumanda alır. Su seviyesi belirli bir değerin altına düşünce, pompa çalışarak suyu degazöre basar. Kondens deposundaki şamandıralı valf ise, bu depoda eksilen suyu yumuşatma cihazından gelen yumuşak su ile takviye eder. Şamandıralı valf yerine şamandıralı anahtarla kumanda edilen bir selenoid valf de kullanılabilir.

Besi suyu hatlarında boru çapı tayini için su hızı 1.5 m/s mertebesinde alınabilir.

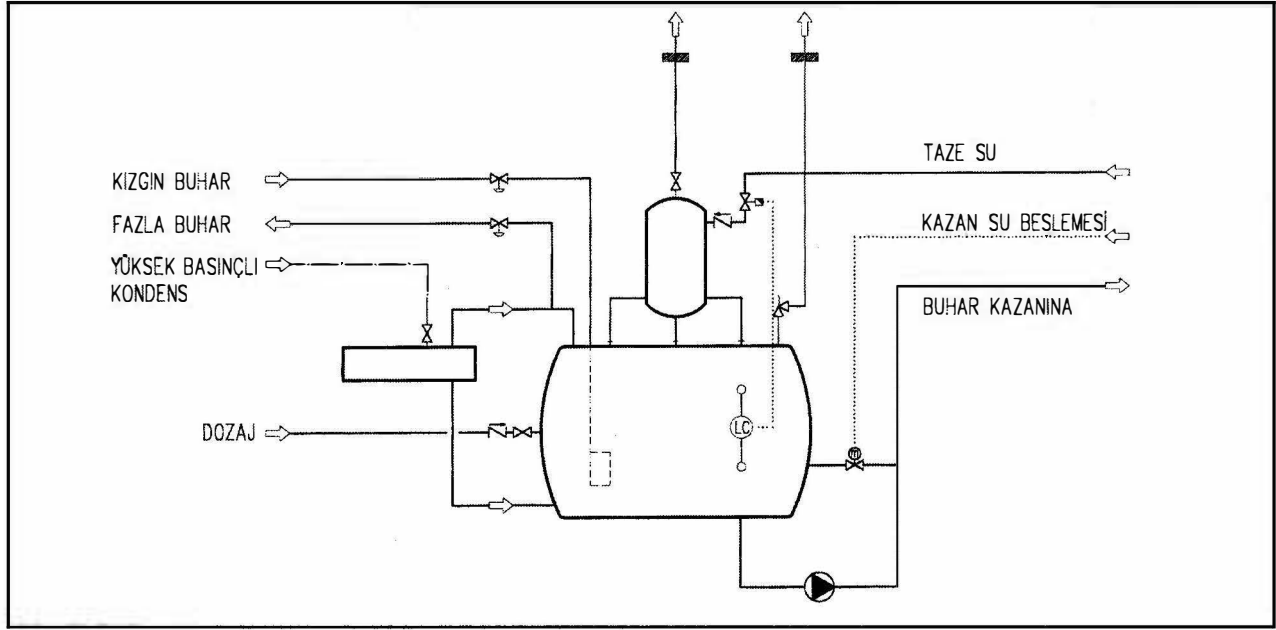
2.6.8. Kazan Besi Pompaları

Degazörden (degazör yoksa kondens tankından) suyu alıp, kazana basan pompalara, kazan besi pompası denilir. Bu pompaların sayısı, kazan sayısından bir fazladır. Fazla pompa yedektir. Aynı kapasitede 3 adet kazan varsa besi pompaları sayısı 4 adet olacaktır.

Besi pompaları debileri de, degazör pompası gibi, kazan buhar



Şekil 50. DÜŞÜK BASINÇLI AÇIK SİSTEMDE SPREYLİ GAZ ALMA



Şekil 51. YÜKSEK BASINÇLI KAPALI SİSTEMDE GAZ ALMA

kapasitesinin üzerinde seçilir (Örneğin 15 t/h için 22 t/h gibi). Ancak ani buhar çekişi olan uygulamalarda pompa debisi, kazan buhar kapasitesinin iki misli seçilebilir. Pompa karakteristiği yatay olan santrifüj pompalar tercih edilmelidir. Bu pompaların basıncı, kazan çalışma basıncının en az %10 veya 2 bar üzerinde olmalıdır. Bu nedenle skoç tipi kazanlarda kademeli santrifüj, daha yüksek basınçlı (su borulu) kazanlarda ise, pistonlu pompalar kullanılır. Örneğin 15 atü çalışma basıncı olan bir kazanda, besi pompaları basıncı 20 atü olabilir. Ancak pompa seçiminde hem debi, hem de basıncı yüksek seçmek yerine, sadece basıncı yüksek tutup, eğrisi fazla düşey olmayan pompalar seçimi önerilir. Besi pompaları emişinde vakum ve dolayısıyla buhar oluşmaması için, degazör (veya kondens deposu) besi pompalarından belirli seviyede yukarıda olmalıdır. Gerekli minimum seviyeler aşağıda verilmiştir:

	Depo basıncı, P (ata)	1			
	Su Sıcaklığı, T (°C)	70	80	90	105
	Bırakılacak yükseklik, H (m)	0	1	2	4

Besi pompaları kazan otomatik besi cihazından kumanda alırlar. Kazan su seviyesi azalınca, pompalar çalışarak su basar.

2.6.9. Besi Suyu Ön Isıtıcısı

Kazana beslenen su sıcaklığı, eğer kazandaki su sıcaklığından 80-100 °C daha düşükse, kazana su giriş bölgelerinde ısıl gerilmeler ve şoklar oluşabilir. Bunu önlemek için, besi suyunun kazana

ısıtılarak gönderilmesi gerekir. Eğer sistemde kondens geri dönürülüyorsa, yani açık sistemlerde, kapasite 200 kg/h gibi küçükse kondens tankında taban ısıtıcısı kullanılır. Büyük kapasitelerde besi hattında ekonomizör veya termik degazör gibi ısıtıcı bir eleman da yoksa, besi suyu ön ısıtıcısı mutlaka kullanılmalıdır. Eğer sistemde degazör varsa, ön ısıtıcı ancak yüksek çalışma basınçlarında, yani kazanlardaki su sıcaklığı yüksekse kullanılabilir. Besi suyu ön ısıtıcısında, ısıtıcı ortam olarak kazanda üretilen buharı kullanır. Bu yolla besi suyu doyma sıcaklığının 20 °C altına kadar ısıtılabilir.

2.6.10. Besi Suyu Boru Hattı

Genel olarak besi suyu hattında pompalardan önce pislik tutucu, pompalardan sonra çek valf ve pompalardan önce ve sonra kapama valfleri kullanılmalıdır. Motorlu vana, basınç düşürücüsü, selenoid valf gibi elemanların giriş ve çıkışında kapama valfi, girişinde pislik tutucu bulunacak, ayrıca bu elemanların bypass hatları olacaktır. Besi suyu hattı, boru çapı hesabında, su hızı 1.5 m/s seçilebilir.

2.7. Buhar Devresi

Kazan dairesindeki ana buhar devresi buhar kazanıyla buhar kolektörü arasındaki hattır. Her bir kazan bağımsız bir hatla ortak buhar kolektörüne bağlanmalıdır. Ana buhar vanası kazan üzerinde değil, kolektör üzerinde olmalıdır. Kazan üzerindeki vanaya müdahale etmek zordur. Birden fazla kazan aynı kolektöre bağlanıyorsa, her bir hatta, Şekil 52'de görüldüğü gibi bir çek vana bulunmalıdır.

Kazanla kolektör arasındaki ana hatta boru çapı belirlenirken genellikle hızdan hareket edilir. Bu devrede buhar hızı 25 m/s alınabilir. İlgili bölümde boru çapı hesabı anlatılmıştır.

Ana buhar vanası çapı buhar hattı çapına uygun olarak seçilir.

Ana vanayı kısa devre eden, 1/2" çapında bir bypass vanası oluşturulmalıdır. Bu vana, kazan buhar tuttuktan sonra, devreye ilk buhar verilirken kullanılır. Bu iki nedenle gereklidir. 1. Buhar basıncı yüksek olduğu için, kesiti büyük olan ana vanayı açmak çok zordur. 2. Büyük miktarda buhar kolektöre ve devreye verilemez. Buhar yavaşça devre ısıtılarak verilmelidir. Bu nedenlerle öncelikle her ana buhar vanasının yanında bulunan 1/2" çapındaki by-pass vanası yavaş olarak açılır. Devre ısındıktan ve ana vananın her iki tarafında basınç dengelendikten sonra ana vana açılır ve bypass vanası kapatılır.

Buhar kolektöre gelirken akış yönünde sürekli eğimli olmalıdır. Bunun için önce buhar borusu üst kote çıkartılır. Üst noktada havalık bulunmalıdır. Daha sonra belirli bir eğimle kolektöre ulaşılır. Kolektöre inen borunun en altında bir kör flanş bulunmalı ve yoğun buhar bu alt seviyeden kondens hattına verilmelidir. Kazanın ilk devreye girdiği ve borunun soğuk olduğu dönemlerde buhar yoğunlaşır. Bu yoğun buharın tahliye imkanı yaratılmazsa, tehlikeli olur. Kolektörde yoğunlaşan su ise yine ayrı bir hatla kondens devresine bağlanır. Yoğunlaşan buhar geri döndürülür. Ayrıca kolektörde bir boşaltma vanası bulunmalıdır.

Buhar tesisatında farklı basınçtaki buhar devrelerini ayırmak yakıt ekonomisi sağlar. En azından alçak ve yüksek basınç devreleri ayrılmalıdır. Yüksek basınç kolektöründen bir basınç düşürücüyle buhar gerektiğinde alçak basınç kolektörüne beslenir. Bu amaçla basınç düşürücü bir basınç kontrol vanası kullanılır. Düşük basınç kolektöründe basınç öngörülen değerin altına düştüğünde otomatik vana açılarak buraya yüksek basınç tarafından buhar takviyesi yapar.

Buhar kolektöründe kazanlara bağlı buhar geliş vanaları, ana dağıtım hatları çıkış vanaları, gösterge bağlama ağzı, boşaltma vanası, bypass vanaları, kondens vanası ve yedek buhar alma vanası bulunur.

Ana buhar kolektöründe buhar çeşitli kullanma yerlerine dağıtılır. Şekil 53'de buhar ve kondens akış şeması verilmiştir. Buhar öncelikle kazan dairesinde kullanılır. Buhar kullanan yerler sıvı yakıt hatları, degazör, boyler, besi suyu ısıtıcılarıdır.

Kullanma yerlerine giden buhar ana buhar hattının üst tarafından alınır. Kullanma yerleri çıkışında, hat boyunca ve hat sonunda kondens toplanır. Bu kondens tekrar kazana geri döndürülmelidir. Ana buhar hatlarının düzenlenmesi ve hesabı ilgili bölümde anlatılmıştır.

2.7.1. Buhar Sayaçları

Kazanda üretilen ve sistemde çeşitli bölgelere gönderilen buharın çeşitli nedenlerle ölçülmesi gereklidir. Öncelikle buhar satılıyorsa, bu ölçüm şarttır. Ancak genel uygulamada üretilen buhar aynı tesiste kullanılır. Burada buharın ölçülmesi sistemin belirlenmesi için gereklidir. Ölçülmeyen buhar genelde savurganlığa neden olur. Sistemin kontrolü ve etkinliğinin belirlenmesi ancak buharın ölçülmesiyle olanaklıdır. Bu nedenle buhar sistemlerinin tasarımı, mutlaka gerekli yerlere buhar sayaçları tesisi göz

önüne alınmalıdır. Bu, sistemin sağlıklı ve ekonomik işletimi açısından büyük öneme sahiptir.

Buhar sayaçlarının seçimi dikkatli yapılmalıdır. İyi seçilmeyen ve uygun tesis edilmeyen buhar sayaçları yanlış ölçüm değerleri verirler ve sistemde fayda yerine zarar oluştururlar. Bu şekilde başta tesis edilen sayaçların sonradan atıldığı da pratikte rastlanan durumlardır. Buhar sayaçları seçiminde rol oynayan dört önemli parametre bulunmaktadır:

1- Buhar yük oranı: Sistemdeki ölçülen buhar debisi sabit değildir. Alt ve üst sınırlar arasında değişir. Sistemdeki buhar kullanımının üst ve alt sınırları oranına buhar yük oranı denir. Buhar yük oranının 10:1 olması, ölçülen maksimum buhar debisinin, minimum buhar debisine oranının 10 olduğunu gösterir. Dolayısıyla ölçülecek buhar debi değişimi iyi incelenerek buna uygun buhar yük oranı olan bir sayaç seçilmelidir.

2. Hassasiyet: Bu değer cihazın hangi hata sınırları içinde ölçüm yaptığını gösterir. Hassasiyet, "ölçülen değer" ve "tam ölçü aralıklı" olmak üzere iki biçimde ifade edilir. Bu iki tanım arasında büyük farklılıklar vardır ve cihazın kalitesini belirleyen en önemli değer olan hassasiyetin bu tanımlardan hangisine göre yapıldığına mutlaka dikkat edilmelidir. Ölçülen değer hassasiyeti $\pm 1\%$ olan bir cihazda, okunan değer $\pm 1\%$ hata içerebilir. Örneğin cihazda 100 kg/h olarak okunan değer gerçekte 99 ile 101 kg/h arasında bir değerdir. Cihazda okunan değer aynı yüzde oranında hata içerebilir. Buna karşılık hassasiyet "tam ölçü aralıklı (FSD)" olarak da ifade edildiğinde, mutlak hata küçük debilerde çok fazla olacaktır. Cihazın tam ölçüsü 1000 kg/h buhar debisi ise, $\pm 1\%$ FSD hassasiyet demek bütün okunan değerlerde ± 10 kg/h hata olabileceği anlamına gelir. Ölçülen değer 1000 kg/h ise, gerçek değer 1000 ± 10 kg/h; ölçülen değer 100 kg/h ise, gerçek değer 100 ± 10 kg/h olacaktır. Bu tür cihazlar küçük debilerde çok kabadır.

3. Cihaz giriş ve çıkışındaki gerekli düz boru uzunluğu

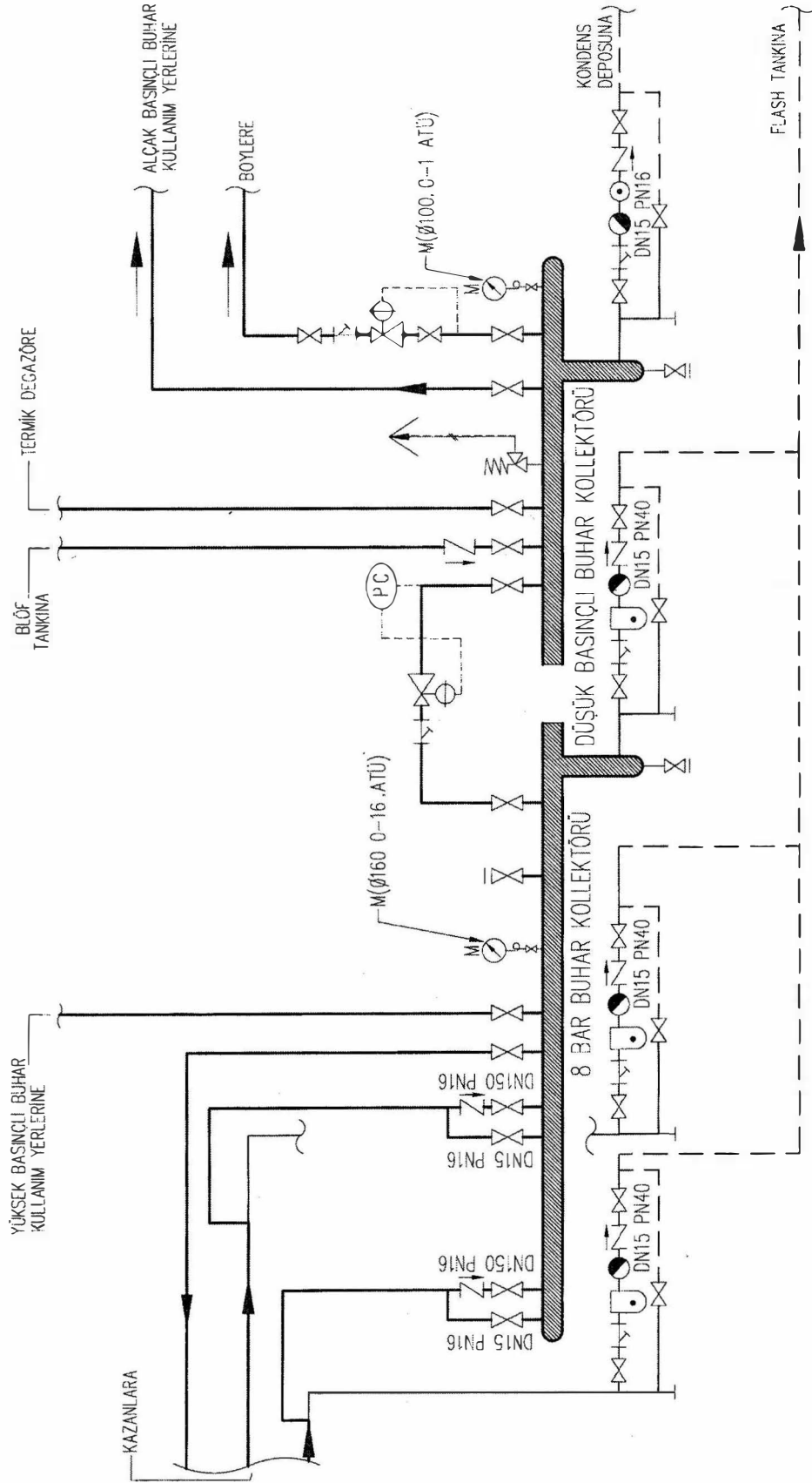
4. Tekrar edilebilirlik özelliği, aynı gerçek debi değerini her seferinde aynı hata sınırları içinde bir rakamla gösterme özelliğidir. Yani zaman içinde ölçtüğü değerlerde farklılık oluşmaması özelliğidir.

Buhar sayaçları farklı prensiplere göre çalışırlar. Bu prensiplere bağlı olarak mevcut tipler arasında aşağıdakiler sayılabilir:

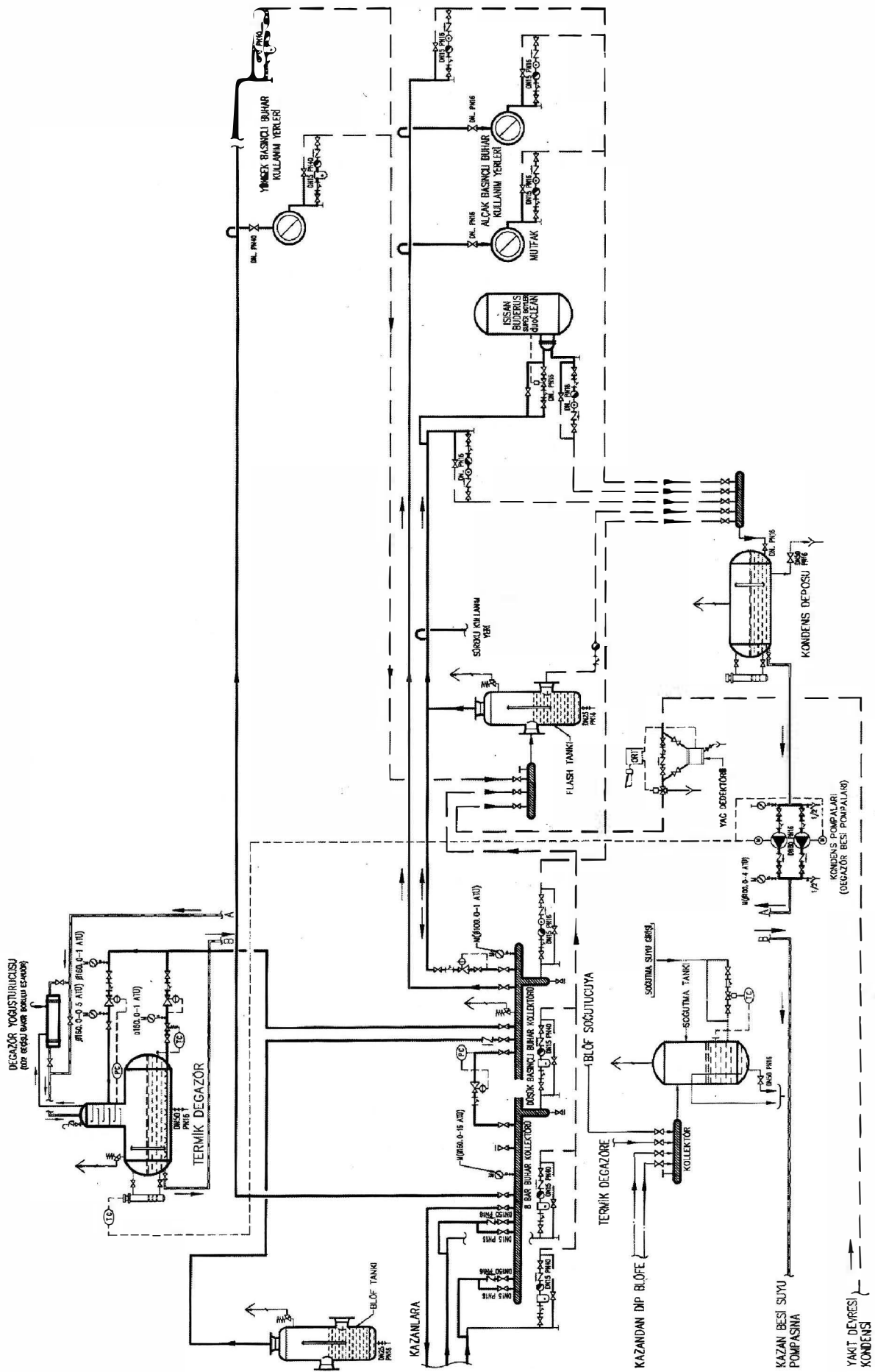
1. Orifis tipi sayaçlar. Bu sayaçlarda buhar geçişini daraltan bir orifis bulunur. Bu orifisin iki tarafındaki basınç farkı ölçülerek debi bulunur. Yaygın kullanılan bir tiptir, ucuzdur, basınç düşümü yaratır, arıza ihtimali azdır ve fazla aşınır. Buhar yük oranı 4:1; hassasiyet $\pm 3\%$ olabilir. Girişte 20-30 çap, çıkışta 5 çap uzunluğunda düz boru mesafesi istenir.

2. Klape tipi sayaçlar. Bunlarda, geçen debi ile orantılı açılan bir klapeden yararlanılır. İdeal sayaçlardır, sayaç çapı boru çapına eşit seçilebilir, 70 m/s hızlara kadar hassastır. Yük oranı 25:1, hassasiyet $\pm 2\%$ olabilir. Girişte 6 çap, çıkışta 3 çap uzunluğunda düz boru mesafesi istenir.

3. Konik makaralı sayaçlar. Sabit basınç farkı ile çalışırlar. Yük



Şekil 52. YÜKSEK VE ALÇAK BASINÇLI BUHAR KOLLEKTÖRLERİ



oranı 100:1, hassasiyet $\pm$ % 1 olabilir. Girişte 6 çap, çıkışta 3 çap uzunluğunda düz boru mesafesi istenir.

4. Vorteks tipi sayaçlar. Cihaz içinde yaratılan vortekslerin sayılmasıyla ölçüm yaparlar. Akış hızı arttıkça okuma hassasiyeti artar. Özellikle gaz debisi ölçümünde idealdir. Yük oranı 12:1, hassasiyet $\pm$ % 1 olabilir. Girişte 20-30 çap, çıkışta 10 çap uzunluğunda düz boru mesafesi istenir.

Buhar sayacı montajında üretici firma tavsiyelerine uyulmalıdır. Özellikle istenen düz boru geçişleri mutlaka sağlanmalıdır. Genellikle gerekli cihaz çapı ile boru çapı birbirlerinden farklıdır. Çoğu zaman bir redüksiyon gerekir. Şekil 54'de bir buhar sayacı montaj örneği verilmiştir. Bu şekilde görülen buhar seperatörü ölçüm hassasiyeti açısından önemli bir işlev üstlenir ve buhar sayacılarından önce bir buhar seperatörü ve bir pislik ayırıcı konulması istenir. Sayaç giriş tarafındaki kapama vanası tam açık pozisyonda olmalıdır. Sayaç giriş tarafında basınç düşürücü, yarı açık vana gibi akışı rahatsız eden elemanlar bulunmamalıdır. Hatta biriken kondens, şekilde görüldüğü gibi kurutucudan boşaltılmalıdır.

2.7.2. Buhar Kurutucuları (Seperatörler)

Genellikle buhar tesislerinde doymuş buhar kullanılmaktadır. Gerek borulardaki ısı kaybı nedeniyle ve gerekse kazandan tam kuru buhar elde edilememesi nedeniyle doymuş buharın içinde su zerrecikleri bulunur. 25-40 m/s mertebelerindeki normal buhar akış hızlarında bu su zerrecikleri tesisatta önemli ölçüde aşınmaya neden olur. Buharla sürüklenen su, içerdiği maddeler nedeniyle aynı zamanda korozyona da neden olur. Ayrıca ütüler gibi bazı kullanma yerlerinde kesinlikle kuru buhar istenir. Ütülerde kullanılan buharın içinde su zerreciklerinin bulunması leke yaptığı için istenmez. Bir başka kullanma yeri ise hassas kontrol vanalarından öncedir. Bu vanalarda çok küçük geçiş kesitlerinde su zerrecileri aşırı bir aşınma meydana getirir.

Buharın kurutulması veya içindeki suyun ayrılması için buhar tesisatlarında seperatör (kurutucu) kullanılır. Seperatör ana buhar hattı başlangıçlarında ve kritik cihaz girişlerinde yerleştirilir. Bu cihazlarda su zerrecikleri yaratılan akış formu ve büyüklüğü nedeniyle kurutucu yüzeylerine çarparak tutulur ve kondens halinde biriken zerreciler, alttan dışarı alınır.

2.7.3. Basınç Düşürücüler

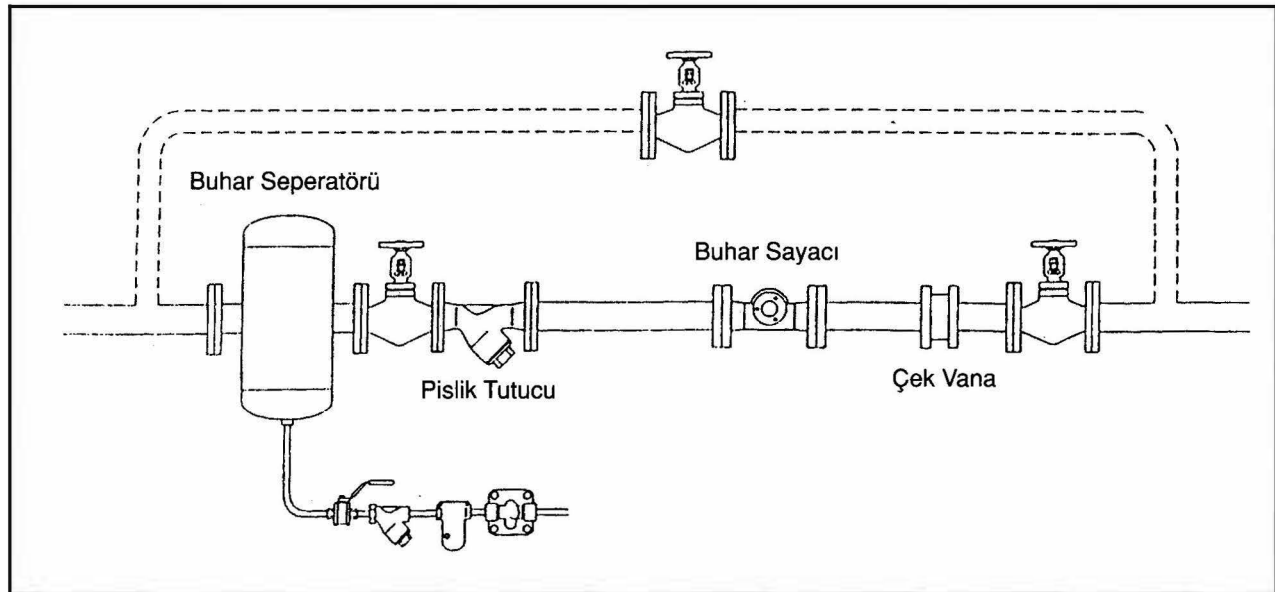
Sistemde yüksek basınçlı buhar bulunmasına karşılık, bazı kullanma yerlerinde daha düşük basınçlı buhara gereksinim duyulur. Cihaza buhar istenen basınçta beslenmelidir. Bu gibi durumlarda basınç düşürücülerle buhar basıncı istenilen sabit değere indirilebilir. Bu elemanda giriş basıncı değişse de çıkışta ayarlanan aynı sabit değer sürekli korunur.

Şekil 55'te basınç düşürücü vana tesisat şeması verilmiştir. Vana öncesinde bir seperatör kullanılması vananın ömrü ve doğru çalışması açısından çok önemlidir.

Basınç düşürme vanaları a) yardımcı enerjisiz çalışan vanalar b) aktüatörlü (yardımcı enerjili, yani elektrikli veya basınçlı havalı) vanalar olarak iki ayrı grupta tanımlanabilir. Ayrıca bu vanaları yine doğrudan tesirli ve pilot tesirli vanalar olarak gruplamak mümkündür. Pilot tesirli vanalar giriş basıncı değişikliklerinden etkilenmeden çok hassas basınç kontrolü sağlarlar.

Basınç düşürücü vanalar için 10:1 oranından fazla basınç düşümü tavsiye edilmez. Eğer daha büyük basınç düşümleri gerekli ise, bu gibi durumlarda arka arkaya bağlı (seri bağlı) iki basınç düşürücü vana kullanılır. Ara basınç değeri giriş ve çıkış basınç değerlerinin geometrik ortalaması olmalıdır. Yani giriş ve çıkış basınçları çarpımının kare kökü olmalıdır. Büyük buhar debilerinde ise, daha büyük vana yerine paralel bağlı aynı kapasiteli iki küçük vana kullanmak daha doğrudur.

Doymuş buharın bir basınç düşürücüden geçirilerek basıncının düşürülmesi halinde,



Şekil 54. BUHAR SAYACI MONTAJ ŞEMASI

1. Antalpisi değişmez.
2. Basıncı düşer.
3. Hacmi artar.
4. Sıcaklığı düşer.
5. Kızgın buhar haline geçer.

Buna göre basınç düşürücüden önceki ve sonraki buhar hattı çapları farklı olacaktır. Örneğin 3300 kg/h debisinde ve 15 bar efektif basınçta buhar 7 bar basınca düşürülmek istendiğinde, geliş hattı DN 80, basınç düşürücü DN 50 ve gidiş (düşük basınç) hattı DN 125 olacaktır. Görüldüğü gibi vana çapı giriş ve çıkıştaki buhar boruları çaplarından daha küçüktür. Basınç düşürücü vanalar firma kataloglarından giriş, çıkış basınçları ve buhar kütleli debi değerleriyle seçilebilir. Bu örnekte Mollier diyagramlarına bakıldığında, girişte 200 °C sıcaklıkta olan doymuş buharın çıkışta 180 °C sıcaklığa düştüğü görülecektir. Bu şartlardaki buharın doyma sıcaklığı 170 °C olup, buhar 10 °C daha kızgın şartlardadır.

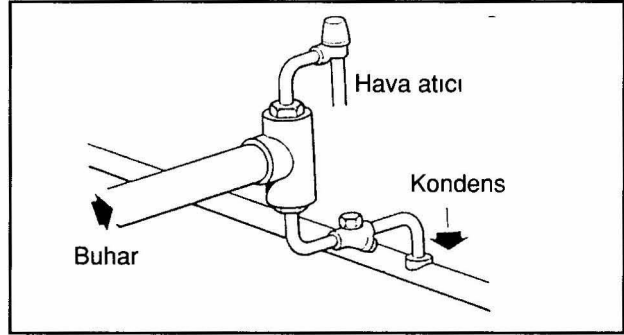
Basınç düşürücüler çıkış basıncının sabit tutulması, giriş basıncının sabit tutulması ve geçen buhar debisinin sabit tutulması gibi başka amaçlarla da kullanılabilirler. Her durumda cihaz farklı tesis edilir.

2.7.4. Hava Atıcılar

Hava, tesisatta ve cihazlarda ilk işletmeye alınma sırasında mevcuttur. Ayrıca buhar beslenmesi kesildiğinde sisteme tekrar hava girişi olur. Bu hava istenmeyen bir elemandır. Kondens suyu eriyerek kazana geri gelir ve korozyona neden olur. Hava aynı zamanda buhar sıcaklığını da düşürür. Bu nedenle buhar cihazlarındaki hava cihaz verimini düşürür. Hava yoğunlaşmayan bir gaz olduğundan sistemden tahliyesi çok önemlidir. Ana buhar hatlarının havası hat sonunda boşaltılır. Bu, sistemin daha çabuk ısınması, daha fazla üretim ve korozyon önlenmesi açılarından gereklidir.

Hava atıcılar farklı tiplerde olabilir. Öncelikle elle ve otomatik olarak çalışan havalıklardan söz etmek mümkündür. İdeal çözüm otomatik hava atıcılarıdır. Otomatik termostatik hava atıcılar soğuk hava ile yağ buharı hava karışımını boşaltır. Karışımın buhar sıcaklığına yakın bir değere yaklaşması sırasında kapanır. Şekil 56'da ana buhar hattında bir uygulama örneği görülmektedir.

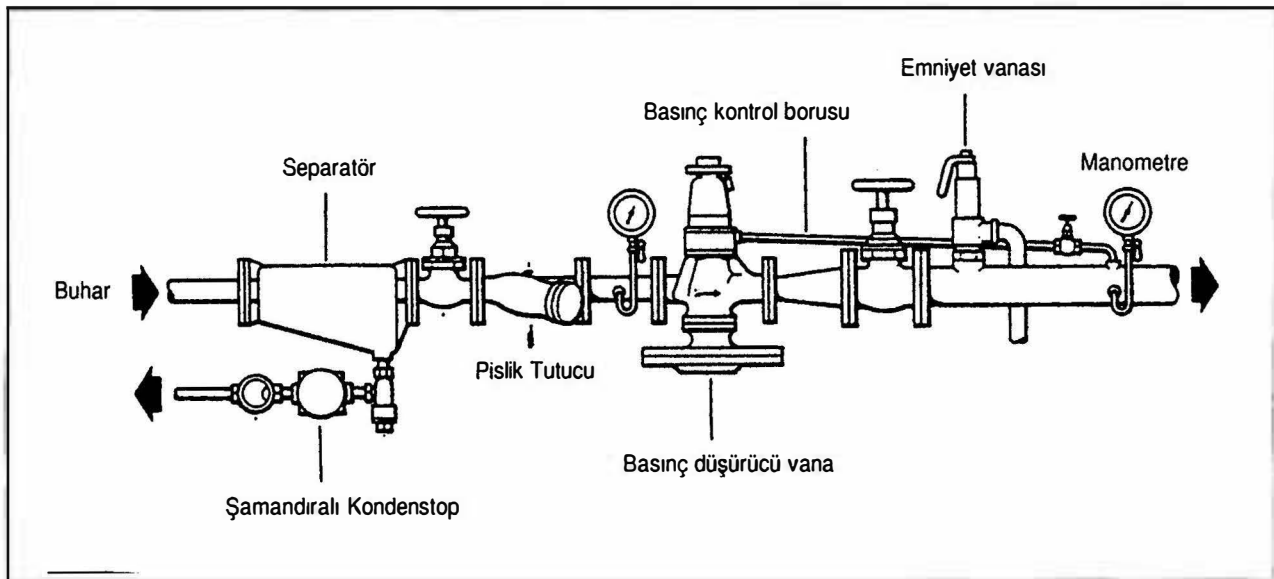
Cihazlar için hava atıcıları yeri buhar veriş şekline ve cihazın yapısına bağlıdır. Buhar cihaza alttan verildiğinde, hava üstte toplanacağından hava atıcı üstte monte edilir. Buhar üstten verildiğinde ise, hava altta toplandığından, hava atıcı alt kısma monte edilir.



ŞEKİL 56. HAVA ATICI MONTAJ ÖRNEĞİ

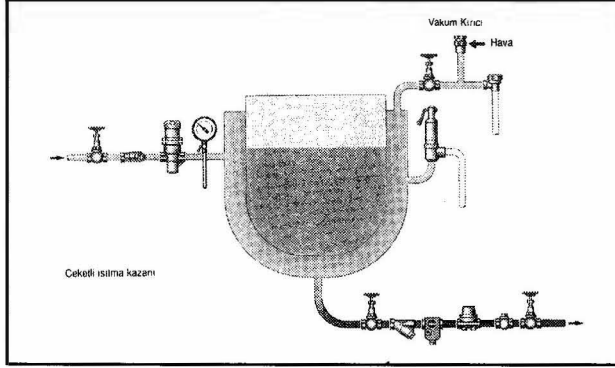
2.7.5 Vakum Kırıcılar

Buhar tesisatında ve buhar cihazlarında kullanım sırasında yüksek basınç söz konusudur. Ancak kullanım kesildiğinde, örneğin Şekil 57'de görülen ceketli ısıtma kazanına kontrol vanası tarafından gönderilen buhar kapatıldığında, soğuma nedeniyle içeride kalan buhar yoğunlaşır. Buharın suya dönüşmesi neticesi meydana gelen büyük hacim azalması nedeniyle içeride basınç giderek azalır ve sonuçta vakuma geçilir. Özellikle kondensin rahat tahliyesi için bu istenilmeyen bir durumdur. Vakumun önlenmesi



ŞEKİL 55. BASINÇ DÜŞÜRÜCÜ TESİSİ

için cihaza bir vakum kırıcı tesis edilmelidir. Şekilde görüldüğü gibi, cihaza hava atıcıyla birlikte takılan vakum kırıcı, bir çek vana gibi çalışır ve cihazda vakum oluşmaya başlayınca içeri hava alarak bunu önler. Cihaza tekrar buhar verildiğinde basınç artmaya başlayınca kapanır. Cihaz içinde kalan hava buhar beslemesiyle birlikte hava atıcıdan dışarı atılır. Vakum kırıcılar ısı değişirgeçerlerinde, tanklarda, ısıtma kazanlarında, sterilizatörlerde ve ana buhar hatlarında kullanılır.



Şekil 57. VAKUM KIRICI TESİS ÖRNEĞİ

2.8. Kondens Devresi

Bir buhar tesisinin iyiliği veya kötülüğü kondensin ne kadar iyi toplandığı ile belirlenebilir. Buhar tesisatında kondens prensip olarak geri döndürülmelidir. Bu sistemin ömrü ve ekonomisi bakımından şarttır. Kondensin geri döndürülmeyp dışarı atılması halinde, dışarı atılan sıcak ve saf suyla birlikte 1) Enerji kaybı, 2) Su kaybı, 3) Besi suyu tasfiye etmek için kullanılan enerji ve kimyasal kaybı meydana gelir. Aynı zamanda dışarı atılan kondens kadar sisteme yeni su geleceğinden, bu yeni su (ne kadar iyi tasfiye edilirse edilsin) kazanda korozyon ve kireçlenme problemlerine neden olur. Bu bakımdan kazan dairesinden uzakta olduğu için buhar beslenen, fakat kondensi geri döndürülmeyen atelye, sosyal tesis gibi ana üretim dışında kalan yerlere buhar vermek yerine, bağımsız bir sistemle bu yerlerin ihtiyacı karşılanabilir. Buralarda ihtiyaç çoğunlukla ısıtma veya kullanma sıcak suyudur.

Kondensin geri döndürülmesi buhar tesisatlarında büyük bir sorundur. Kondensi çeşitli geri döndürme yöntemleri vardır. Küçük sistemlerde kondens kendi basıncıyla geri döner. Büyük sistemlerde ise, bir yerde toplanan kondens pompa ile kazan dairesine döner. Kondens son derece korozif bir akışkandır. Ayrıca özellikle kendi basıncıyla geri dönen kondens hatlarında eğim yine çok önemlidir.

Fuel-oil hatlarına, özellikle yakıt tankı ısıtıcılarına beslenen buharın kondensi içine yakıt karışabileceği endişesiyle geri döndürülmez. Eğer ısıtıcı serpantinlerde delinme olursa yakıt kondensle birlikte kazana beslenebilir ki, bu büyük bir tehlike oluşturur. Ancak geri döndürülemeyen ve atılan kondensle birlikte önemli bir saf su ve enerji kaybı söz konusudur. Bu endişenin giderilmesi için yakıt hattı kondens dönüşüne bir yağ dedektörü monte

edilir. Bu dedektör kondensste yağ algıarsa, hemen kondensi dışarı açar ve alarm verir. Günümüzdeki buhar tesislerinde bu dedektörün kullanılması tavsiye edilir.

Kondens hattında çek valf ne zaman kullanılmalıdır? Eğer kondens sürekli aşağı doğru hareket ediyor ve kondens tankına ulaşıyorsa çek valf kullanılmayabilir. Ancak yükselen kondens hatlarında çek valf kullanılmalıdır. Aksi takdirde bir hattaki kondens gelerek, otomatik kontrol vanası kapalıysa, diğer hattaki serpantini doldurabilmektedir. Bu nedenle kondens çıkışına kondens-toptan sonra çek valf koymak gereklidir.

2.8.1. Kondens Deposu

Şekil 58'de görülen kondens tankı, sistemde kullanılan yoğuşan buharın geri döndürüldüğü tanktır. Ancak sistemde kullanılan buharın tamamını kondens şeklinde geri döndürmenin mümkün olmadığı durumlarda aradaki fark su yumuşatmadan geçen şehir şebekesi suyu ile tamamlanır. Kondens, tanka doğrudan beslenirken yumuşatılmış su bir seviye kontrolüne bağlıdır.

Kondens tankının boyutlandırılmasında sistem büyüklüğü önemlidir. Birkaç yüz kg/h buhar kapasiteli sistemlerde, kondens tankı hacmi 1 saatlik kazan kapasitesini karşılayacak büyüklükte seçilir. Örneğin 500 kg/h buhar üretim kapasiteli bir sistemde kondens tankı 500 lt kondens alabilecek hacimde olacaktır. Daha büyük tesislerde bu çözüm pahalıdır. Bu durumda,

a- Kondens geri dönüş zamanı dikkate alındığında, kondens tankı hacmi kazan kapasitesinin 1/6-1/2'si mertebesinde olabilir.

b- Kazan besli pompasının şalt sayısı dikkate alındığında, kondens tankı hacmi kazan kapasitesinin 1/5-1/10'u mertebesinde olabilir.

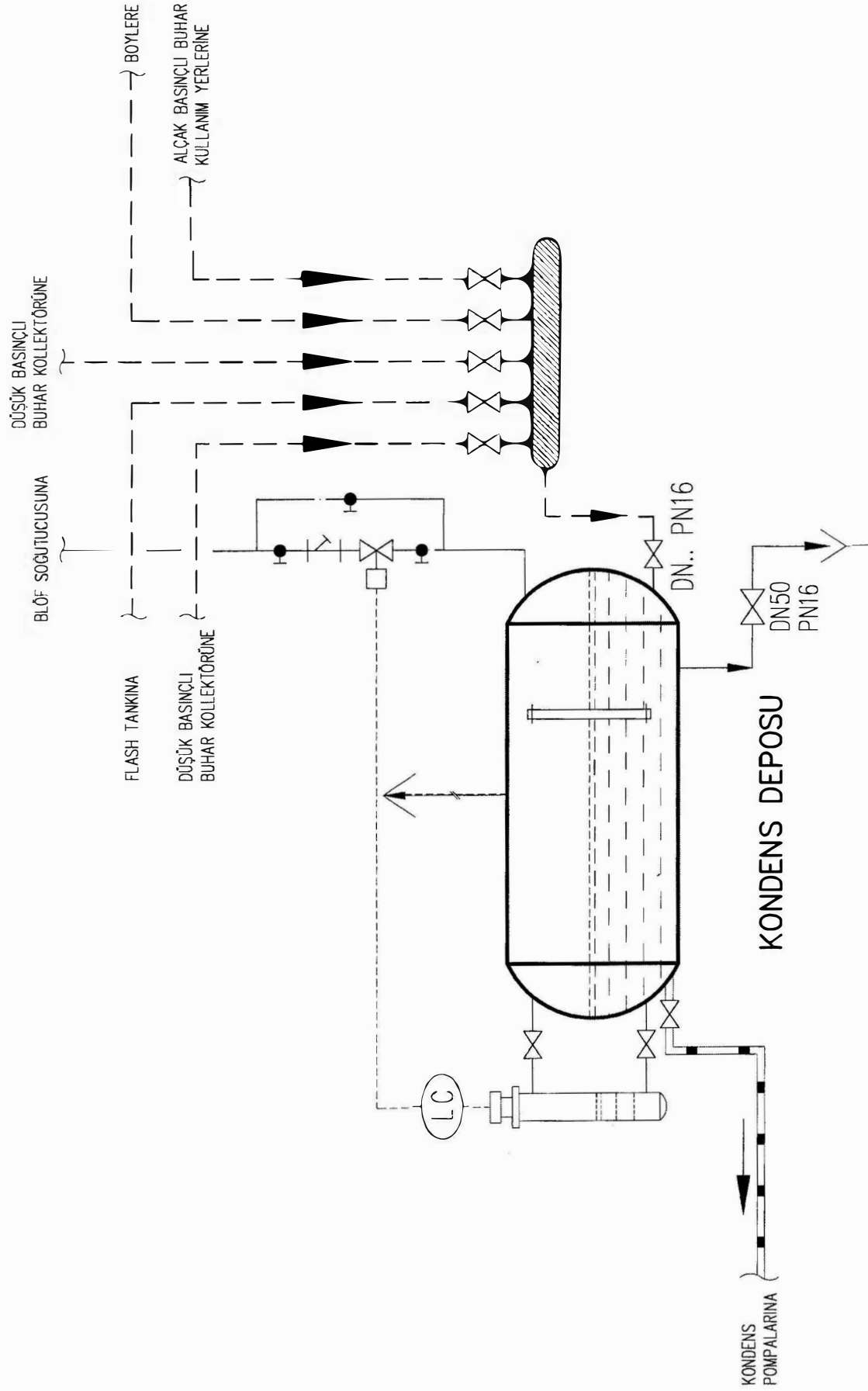
Buhar Kullanımı (ton/h)	Kondens Deposu Hacmi
0 - 1	Sarfiyatın yaklaşık 1/1
1.5 - 2	Sarfiyatın yaklaşık 1/1 - 1/2
3 - 5	Sarfiyatın yaklaşık 1/2 - 1/3
6 - 10	Sarfiyatın yaklaşık 1/3 - 1/5
11	Sarfiyatın yaklaşık 1/5 - 1/10

Şekil 59. KONDENS DEPOSU BOYUTLARI (Tavsiye Edilen)

c- Pratikte Şekil 59'da görülen tablo kullanılabilir.

Kondens depolarında kullanılan şamandıranın mutlaka bakır olmasına dikkat edilmelidir veya şamandıralı cihaz kullanılmamalıdır. Kazan (veya degazör) pompalarında kavitasyona meydan vermemek için depo alt seviyesi, pompa emişinden yukarıda olmalıdır.

Tesisatta kullanılan buhar basıncı yüksekse, kondens suyu sıcaklığı da yüksek olacaktır. Bu durumda yüksek sıcaklıkta depoya döndürülen suyun bir kısmı, örneğin 160 °C'de % 10'u, buharlaşır. Özellikle kondensin büyük kısmı geri döndürülebiliyorsa, depoda soğuma olmayacağından, bu buhar kazan dairesine yayılır. Hem buharın ortamda yarattığı rahatsızlık, hem de enerji kaybı açısından, bu istenmeyen bir durumdur. Bu olayın önlenmesi için



Şekil 58. KONDENS DEPOSU

en ucuz ve pratik çözüm flaş buhar tankı kullanılmasıdır. Bu tanktan ilerde söz edilecektir. Böylece hem yakıt tasarrufu yapılmış hem de kazan dairesinde buhar önlenmiş olur. Eğer sistemde kondens geri döndürülüyorsa, sürekli ham su beslemesi olacaktır. Kondens deposundaki su sıcaklığı çok düşük olacağından, bu suyun kazana doğrudan beslenmesi, yaratabileceği ısı şok dolayısıyla istenmez. Bu durumda ise bir besi suyu ön ısıtıcısında, kazandan üretilen buharla, besi suyu ısıtılır ve uygun sıcaklıkta kazana gönderilir.

Kondens depolarında flatör alt seviyeye ayarlanır. Ayrıca sistem durduğunda borulardan gelecek kondens için depoda rezerv hacim bırakılır.

2.8.2. Boyler

Sistemdeki kullanma sıcak suyu temini için bir boyler gereklidir. Boylerde suyun ısıtılması için buhar kullanılır. Bu buhar düşük basınçlı olabilir. Sistemde geri kazanılan buharın toplandığı düşük basınç kolektöründen gelen bir hatla, boylerdeki su ısıtılır. Sistem Şekil 60'da görülmektedir.

Isıtıcı akışkan olarak buharın kullanıldığı boylerlerin, sıcak sulu sistem boylerlerinden en önemli farkı serpantin yapısıdır. Serpantinden akan buharın gerçekleşen ısı transferi sonucu yoğunlaşacağı ve kondens haline geçeceği dikkate alınarak bu kondensin sağlıklı bir şekilde serpantin dışına alınması sağlanmalıdır (Şekil 60A). Aksi takdirde, kondens serpantin içindeki buhar akışını tıkayabilir. Buhar boylerlerinin kumanda şekli de biraz farklılık gösterir. Bir sıcaklık duyar elemanı ve bu elemandan alınan sinyale göre çalışan bir motorlu iki yönlü vanadan oluşan bu ku-

manda sistemi, her boyler için ayrı ayrı uygulanabilir. Birden fazla buhar boylerinin beraber kullanılması halinde boylerler birbirinden bağımsız olarak yönetilirler.

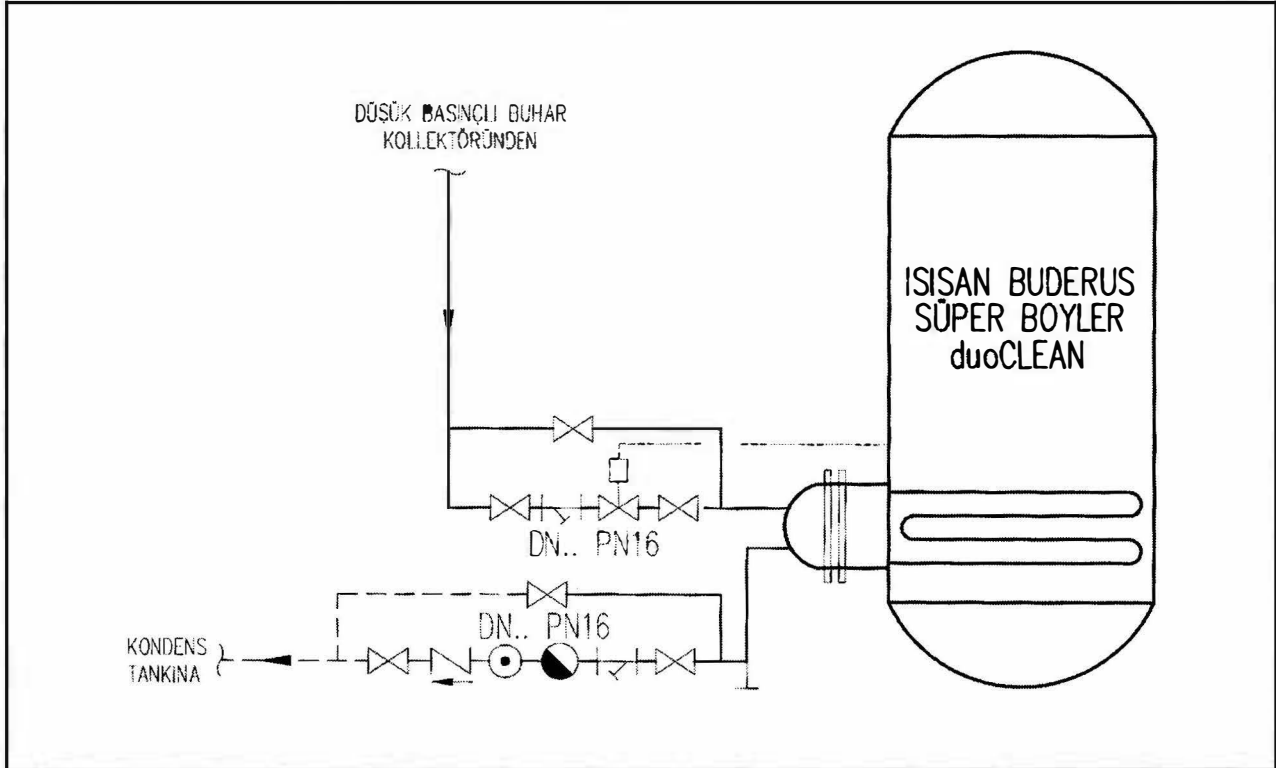
Tablo 60B'de yatık tip buhar serpantinli Buderus Logalux duoclean boylerlerin kapasiteleri ve kondens hattı çapları verilmiştir. Tüm tiplerde aynı serpantin kullanıldığından kapasiteler eşittir. Kondens hattı çapı tüm tipler için DN 15'tir.

2.9. Isı Ekonomisiyle İlgili Cihaz ve Devreler

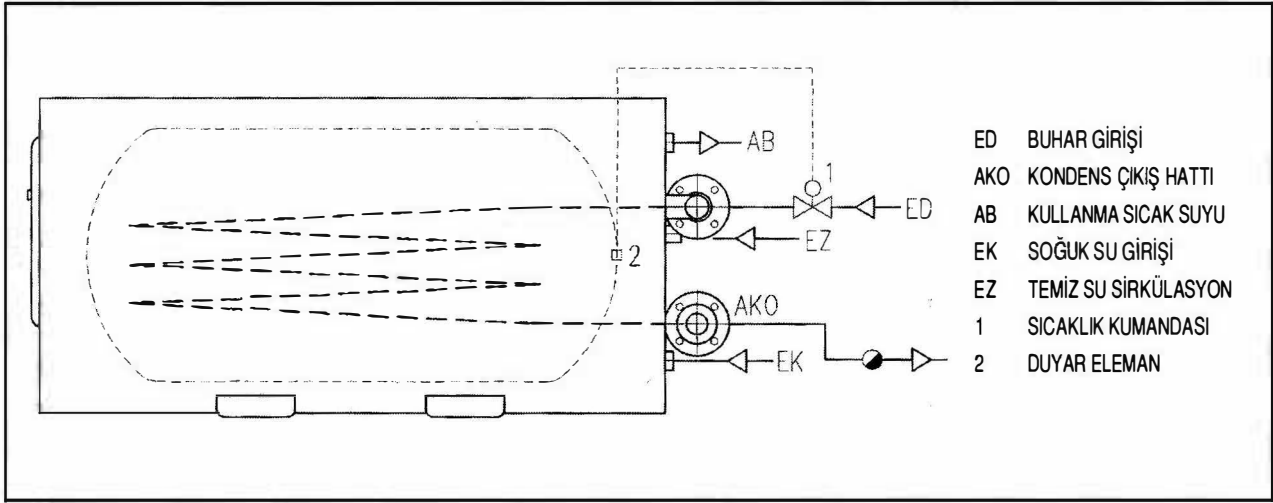
Kazan dairesinde yakıt tüketiminin azaltılmasına yönelik pek çok önlem alınabilir. Bunların başlıcaları aşağıda sıra ile incelenmiştir.

2.9.1 Kazan Blöfö Isı Geri Kazanma Sistemi

Üst blöf olarak dışarı atılan tuz konsantrasyonu yüksek sıcak suyla birlikte önemli ölçüde enerji kaybedilir. Dışarı atılan bu enerjinin bir kısmının geri kazanılabilmesi için Şekil 61'de görülen sistem kullanılır. Bu sistem sayesinde enerjinin % 80'lik kısmı geri kazandırılır. Kazandan alınan blöf önce bir flaş tankına gönderilir. Bu flaş buhar tankı daha sonra anlatılacaktır. Kazan ile tank arasındaki boruda sıvı buhar karışımı akar. Erozyonu önlemek için blöf vanası sonrasında boru çapı büyük tutulmalıdır. Tankta blöften ayrılan flaş buhar (tipik olarak efektif basıncı 0.2 bar) alçak basınç kolektörüne veya doğrudan degazör ısıtması gibi kullanım yerine gönderilir. Blöf tankının alt tarafından bulunan kirli sıcak su bir plakalı tip ısı değiştiricisinde soğutulurken, genellikle soğuk besi suyunun ısıtılmasında kullanılır. Şekil 61'deki, örnek sistemde taze soğuk takviye besi suyu blöf tan-



Şekil 60. BOYLER BUHAR ISITMA DEVRESİ



Şekil 60A. BUDERUS LT D BUHAR BOYLERİ

kından gelen sıcak su ile ısıtılıp kondens deposuna gönderilmektedir. Bu eşanjörde soğuyan blöf ise önce soğutma tankına, buradan da dışarı gönderilir. Buradaki pompa termostatik olarak ısıtma suyu sıcaklığından kumanda alır. Şekil 62'deki örnek devrede ise bir depo olmaksızın su arıtmadan gelen soğuk besi suyu doğrudan bir geçişte ısıtılıp, besi tankına gönderilmektedir. Sistem seçimi için hazır abaklardan yararlanılabilir. Bunun için kazan buhar basıncı ve maksimum blöf debisi bilinmelidir. Sistemin haftalık ve yıllık bakım gereksinimi vardır.

Blöf miktarı = $S.F/(B-F)$

İfadesiyle bulunabilir. Burada, S kazan kapasitesi (kg/h), F kazana giren besi suyu TDS değeri (ppm) ve B kazan suyunda istenilen TDS değeridir (ppm). Kazanda istenilen TDS değeri kazan cinsine göre değişir. Aşağıda tavsiye edilen değerler verilmiştir.

Kazan Türü	TDS iletkenlik değeri (ppm)
Modern Kazanlar	3000
Eski Kazanlar	4500
Su Borulu Kazanlar	1000
Düşey Kazanlar	4500
Lancashire Kazanlar	10000

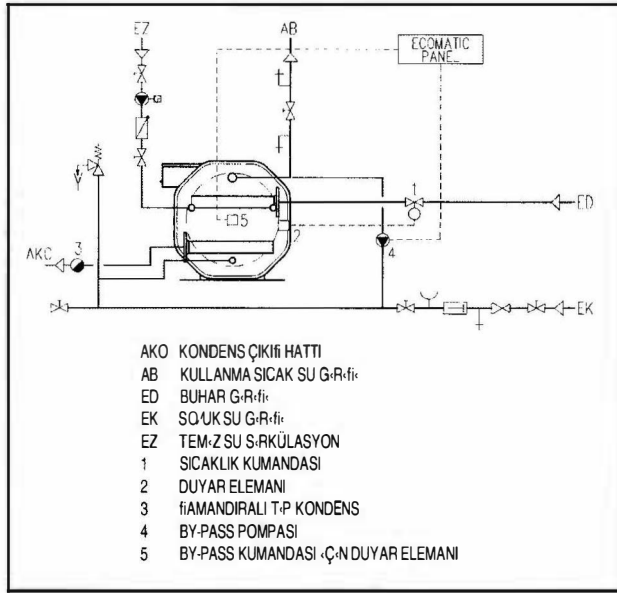
Boyer Hacmi	Kullanma suyu sıcaklığı °C	kW Olarak Kullanma Suyu Isıtma Kapasitesi ve Gerekli Kondens Hattı Çapları (Buhar Üst Basıncına Göre)							
		0.1 bar	0.3 bar	0.6 bar	1.0 bar	2.0 bar	3.0 bar	4.0 bar	5.0 bar
400/1	45	81	105	122	163	233	279	326	372
	60	81	105	122	163	209	256	302	349
550/1	45	81	105	122	163	233	279	326	372
	60	81	105	122	163	209	256	302	349
750/1	45	81	105	122	163	233	279	326	372
	60	81	105	122	163	209	256	302	349
950/1	45	81	105	122	163	233	279	326	372
	60	81	105	122	163	209	256	302	349
1500/1	45	122	157	186	244	349	419	488	558
	60	122	157	186	244	314	384	454	523
2000/1	45	163	209	244	326	465	558	651	744
	60	163	209	244	326	419	512	605	698
2500/1	45	204	262	308	407	582	698	814	930
	60	204	262	308	407	523	640	756	872
3000/1	45	204	262	308	407	582	698	814	930
	60	204	262	308	407	523	640	756	872

□ DN 15

□ DN 20

■ DN 25

Tablo 60B. BUDERUS LOGALUX LT D BUHAR SERPANTİNLİ DUOCLEAN BOYLERLERİNİN SICAK KULLANMA SUYU ISITMA KAPASİTELERİ VE KONDENS HATTI ÇAPLARI



Şekil 60C. BUHAR BOYLERİ SICAKLIK KUMANDA SİSTEMİ

Buna göre kapasitesi 5000 kg/h olan modern bir buhar kazanında kazana beslenen suyun TDS değeri 250 ppm ise, gerekli blöf miktarı 454 kg/h olarak bulunur. Görüldüğü gibi, bu yüksek bir değerdir.

Blöfle atılan enerji miktarı hesaplanmak istenirse, doymuş buhar

tablolarından doymuş sıvının antalpisi okunmalıdır. Örneğimizdeki buharın efektif basıncı 10 bar ise, blöfün antalpisi 782 kJ/kg okunur. Buna göre enerji miktarı = $454.782/3600 = 99 \text{ kW}$ ($\approx 85.000 \text{ kcal/h}$) bulunur.

Blöf miktarının belirlenmesinde sadece besi suyu TDS değerine bakmak yanıltıcı olabilir. Eğer beslenen taze su alkalilik oranı yüksekse ve besi hattında su yumuşatıcıdan sonra bir dealkalizer kullanılmıyorsa blöf miktarı yetersiz kalabilir. TDS değeri kontrol edilmekle birlikte kazan suyunda alkalilik oranı giderek yükselir ve köpürmeye neden olur. Aynı zamanda kondens devrelerinde korozyon oluşur. Bunun için aynı yukarıdaki formül ile alkalinite değerine göre yeni blöf miktarı hesaplanmalıdır. Kazanda tavsiye edilen,

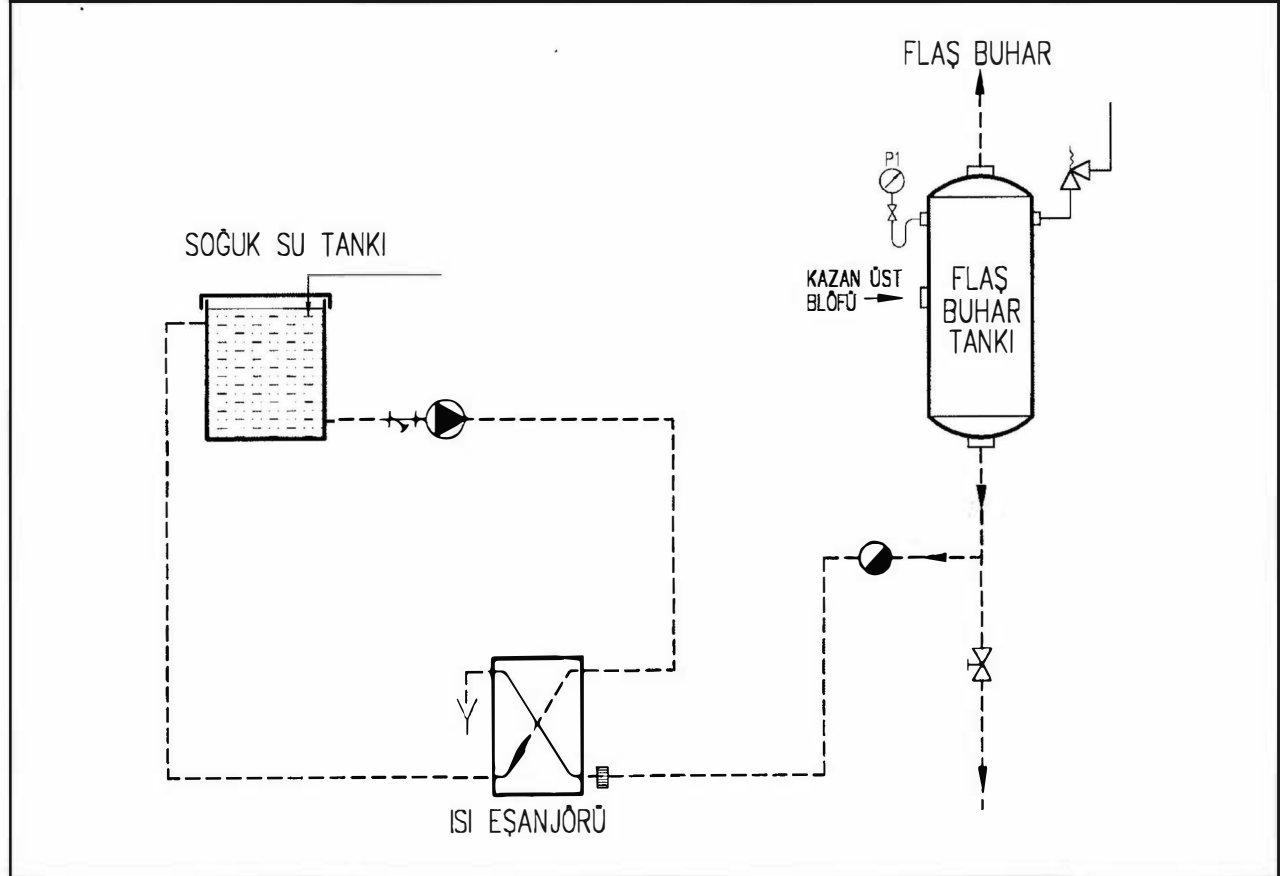
Alkalinite değeri = 850 ppm (mg/l)

Silika oranı = 120 ppm (mg/l)

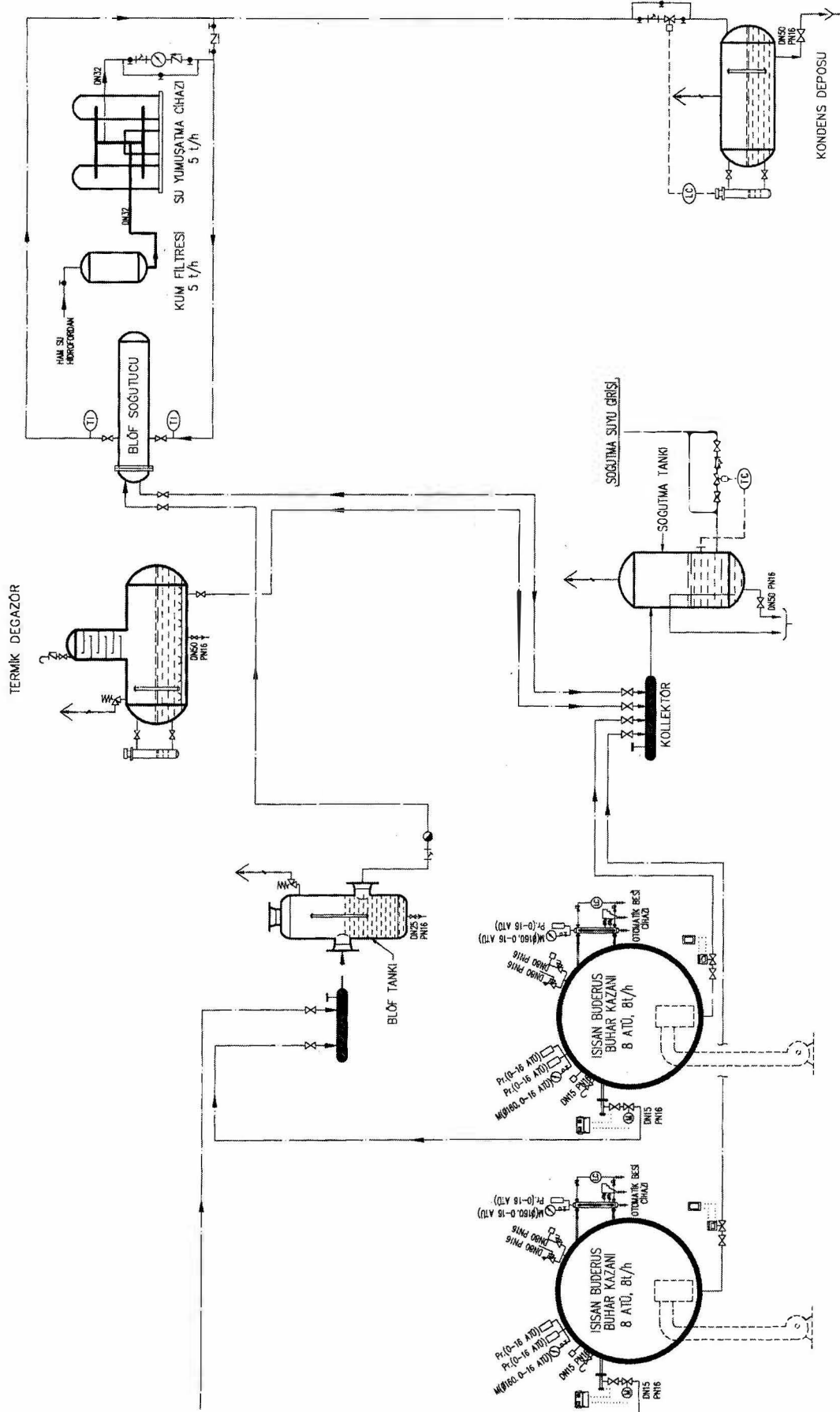
değerindedir. Burada söz konusu basınç değerlerinde silika oranı sınırlayıcı değildir. Bu değer yüksek basınçlı su borulu kazanlarda önem kazanır. Alkalinite düzeyi kontrolü nedeniyle blöf miktarını artırmak yerine, sistemde bir dealkalizer kullanılmalıdır.

2.9.2. Kondenzen Isı Geri Kazanım Sistemleri

Kapalı kondens devrelerinde kondens basınç altındadır. Kondensin basıncı kullanma yerindeki basınca eşit kabul edilebilir. Kapalı kondens devreli bir sistemde kondenzen oluşan flaş buhar kaybı yoktur. Ancak açık kondens depolu sistemlerde kondens-



Şekil 61. ÜST BLÖF ENERJİ GERİ KAZANIMI



Şekil 62. BUHAR KAZANLARI YÜZEY VE DİP BLÖF ISI GERİ KAZANIM AKIŞ ŞEMASI

topta yüksek basınçlı doymuş haldeki suyun basıncı düşürüldüğünde (açık kondens tankına gönderildiğinde), bir kısım su buharlaşır. Aynen blöfte olduğu gibi bu buhara flaş buhar adı verilir. Önlem alınmayan açık kondens hatlarında bu buhar kondens tankından dışarı kazan dairesine kaçır. Bu buhar kaybını önlemek için Şekil 53'te görüldüğü gibi kondens hattı dönüşüne bir flaş buhar tankı yerleştirilerek ayarlanan düşük basınçta buhar elde edilebilir. Bu buhar; sistemde düşük basınçlı buhar ihtiyacı olan boyler, ısıtma vs. yerlerde kullanılabilir. Örnek sistemde flaş buhar alçak basınç kolektörüne bağlanmaktadır.

Elde edilebilecek buhar miktarı kondensin basıncına ve hangi basınçta flaş buharın istendiğine bağlıdır. Şekil 63'te bu parametrelere bağlı olarak üretilebilecek flaş buhar miktarı verilmiştir.

Sistemden dönen kondensin, kullanma suyu ön ısıtıcısından geçirilerek soğutulması pratik uygulamalardan biridir. Ön boylerden çıkan kullanma sıcak suyu 2. boylere girer, yeterli sıcaklığa ulaşmıyorsa 2. boylerde ısıtılır.

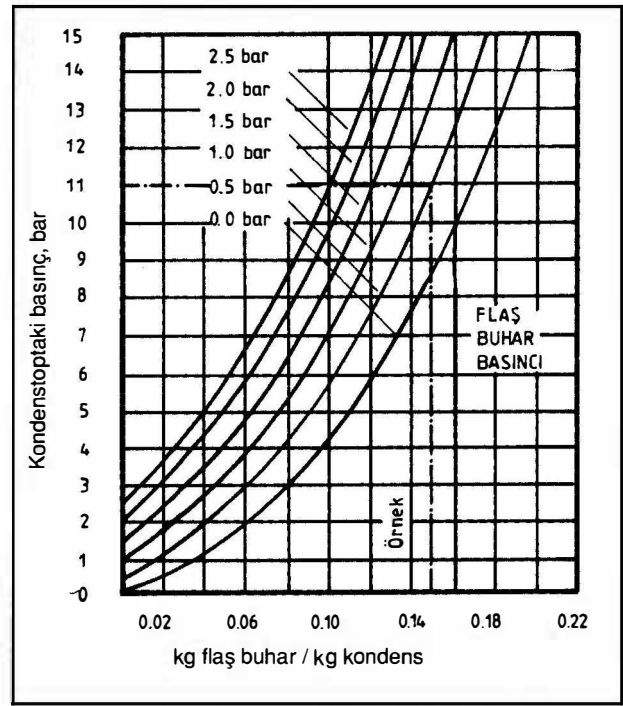
Kapalı ve açık kondens sistemleri oluşturanın ekonomisi aşağıdaki örnekte açıklanmıştır: 5000 kg/h kapasiteli ve 11 bar işletme basıncındaki buhar kazanında günlük çalışma süresi 8 h/gün, yıllık çalışma süresi 220 gün/yıldır. Kazanın yıl boyunca % 75 ortalama yükte çalıştığı kabul edilmektedir. Kondens 5 bar basınçta ve 158 °C sıcaklıktadır. Kondensin % 60 oranında geri döndürüldüğü kabul edilirse, 3000 kg/h kondens geri dönecek ve kaybolan 750 kg/h buhar yerine 10 °C sıcaklıkta 750 kg/h taze takviye besisi suyu beslenecektir. Buna göre hesaplanan sistem ekonomisi aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

	Açık sistem	Kapalı sistem	Kazanç
Kaybolan flaş buhar, kg/h	330	—	
Taze takviye suyu, kg/h	1080	750	580 DM/yıl
Besi suyu sıcaklığı, °C	103	147	
Degazörde besii suyunu 103 C kadar ısıtmak için harcanan buhar, kg/h	211	146	4576 DM/yıl
Besi suyunun kazanda fazladan 103 °C'den 147 °C kadar ısıtılmamasıyla sağlanan yakıt tasarrufu, DM/yıl			15347
Toplam kazanç, DM/yıl			20500
Yatırım Maliyeti, DM	38000	75000	37000
Basit amortisman süresi, yıl			1.8

Burada taze suyun bedeli 1 DM/ton, buhar bedeli 40 DM/ton ve yakıtın bedeli 0.4 DM/l alınmıştır.

Bu örnekte kondensin % 60 oranında geri döndürüldüğü kabul edilmiştir. Kapalı ve açık sistemler arasındaki ekonomiklik farkı kondensin geri döndürülmesine bağlıdır. Eğer kondens geri döndürülmeyip tamamen dışarı atılıyorsa, bu hem su maliyeti, hem su şartlandırma maliyeti, hem de kondensle birlikte atılan enerji maliyeti olarak çok büyük bir kayba neden olur. Bu nedenle kondens buhar sistemlerinde mümkün olduğu kadar geri döndürülmelidir.

Kapalı kondens sistemi yapılmıyorsa, flaş tankı kullanmak suretiyle de buharı kazanmak ve aynı oranda tasarruf yapmak mümkündür.



Şekil 63. FLAŞ BUHAR MİKTARI

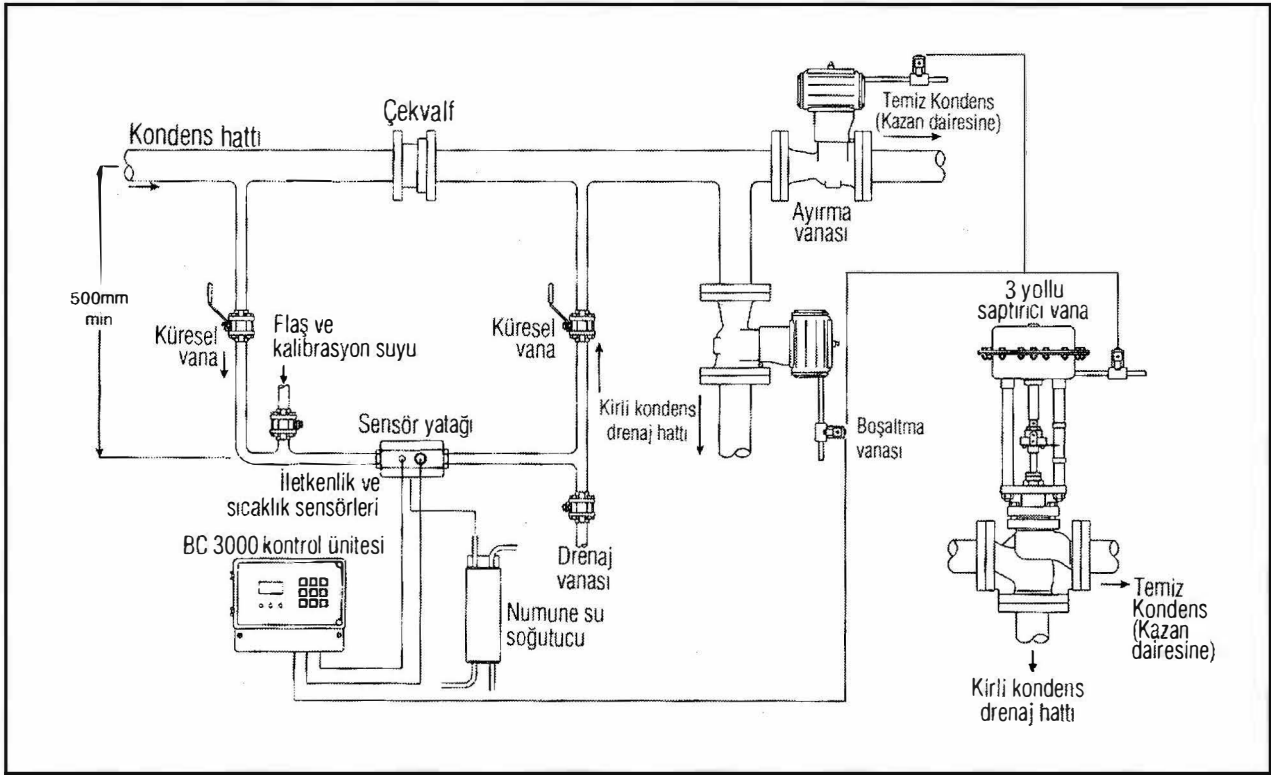
2.9.3. Degazör Eşanjörü

Degazörden atılan çürük buhar hem enerji kaybına, hem de hoş olmayan bir görüntüye neden olur. Degazör devresinde görüldüğü gibi buraya konulacak bir ısı değiştirici ile bu buhar yoğunlaştırılırken, besii suyu ön ısıtması yapılabilir.

2.9.4. Kondens Kirlilik Algılama Sistemleri

Kazan sisteminde, kazana geri döndürülen kondense karışabilecek yabancı maddeler kazanda köpürmeye, kireç oluşumuna korozyona veya patlamaya neden olabilir. Bu nedenle içine zararlı ve tehlikeli maddelerin karışma ihtimali olan uygulamalarda, kondens dışarı atılır. Bu önemli bir enerji ve su kaybına neden olur. Bu kaybın önlenmesi için kirlilik algılama sistemleri kullanılır. Bu sistemler kazana geri dönen kondensi sürekli olarak kontrol ederler. Kondens dışarı atılmaz, normal olarak kazana geri döndürülür. Eğer kondens içerisinde kirlilik yaratan yabancı bir madde varsa, sistem bunu algılayarak alarm verir ve ancak bu durumda kondensi otomatik olarak dışarı atmaya başlarlar. Kirli kondensin kazana dönmesini engellerler. Böylece kazanın kirlenmesini ve muhtemel bir tahribatı önlerler. Aynı zamanda klasik uygulamada dışarı atılacak temiz kondensin güvenli bir biçimde kazana geri döndürülmesini temin ederek büyük bir enerji ve su tasarrufu sağlarlar. Bu amaçla iletkenlik ve bulanıklık olmak üzere, iki tip algılayıcı kullanılmaktadır.

Birinci sistemde kondensin elektrik iletkenliği sürekli olarak algılanır. Kondensin elektrik iletkenliğini değiştiren kirlilik kaynağı maddeler olan asitler, alkaliler vs bölge ısıtma sistemlerinde, kağıt endüstrisinde, ticari mutfaklarda ve boya banyolarında kondense karışma riski taşırlar. Bu gibi durumlarda iletkenlik algılayıcısı kullanılır. Bu sistem sıcaklığa göre kompanse edilen



Şekil 64. İLETKENLİK PROBU KULLANILAN KONDENS KİRLİLİK ALGILAMA SİSTEMİ

elektrik iletkenliğini algılar. Sistemde kontrol rölesi, alarm rölesi ve transmitter çıkışı standarttır. Sistemin ana elemanları algılayıcı sensör, transmitter, üç yollu vana (veya iki adet iki yollu vana) çek vanadır. Bu sistem geçirgenlikte en küçük değişimi algılamakla birlikte; yağ, yakıt ve şeker gibi geçirgenliği etkilemeyen maddeleri algılamayabilir.

Bu tip maddelerin algılanması için benzer bir sistemle, kondens bulanıklığını algılayan dedektör kullanılmalıdır. Saydam olan kondens içine karışabilecek çözünmeyen yabancı maddeler (yakıt yağı, yağ, asılı maddeler) bu dedektör tarafından algılanır. Örneğin yakıt tankları ısıtıcıları dönüşündeki kondens hatlarına bulanıklık algılayan yağ dedektörü takılır. Bu sistem de yukarıdaki benzer şekilde dedektör, ölçme transduseri, üç yollu vana ve çek vanadan oluşur.

Şekil 64'de iletkenlik probu kullanılan sistem şematik olarak verilmiştir. Görüldüğü gibi iletkenlik sistemi; algılayıcı cihaz, kontrol kutusu ve motorlu vanalardan oluşur. Algılayıcı bir bypass hattına takılır. Bypass hattı 1/2" çapta olabilir. Bu hattaki basınç düşümü 500 mmSS'den daha az olmamalıdır. Ana hattaki çek valf ise hafif yay yüklüdür. Kondensteki kirlilik düzeyi set edilen değeri geçerse, otomatik olarak kontrol kutusu kondens dönüş hattını kapatıp, drenaj hattını açar ve kirli kondens dışarı akar. Aynı zamanda alarm verilir. Sistemde bir blöf tankı varsa, tercihen atık kondens bu depoya verilir ve enerjisi geri kazanılmaya çalışılır.

Şekil 53'te ise yağ algılama sistemi görülmektedir. Sistem yukarıdaki aynıdır. Bu her iki sistemi limitleyici olarak kullanmak

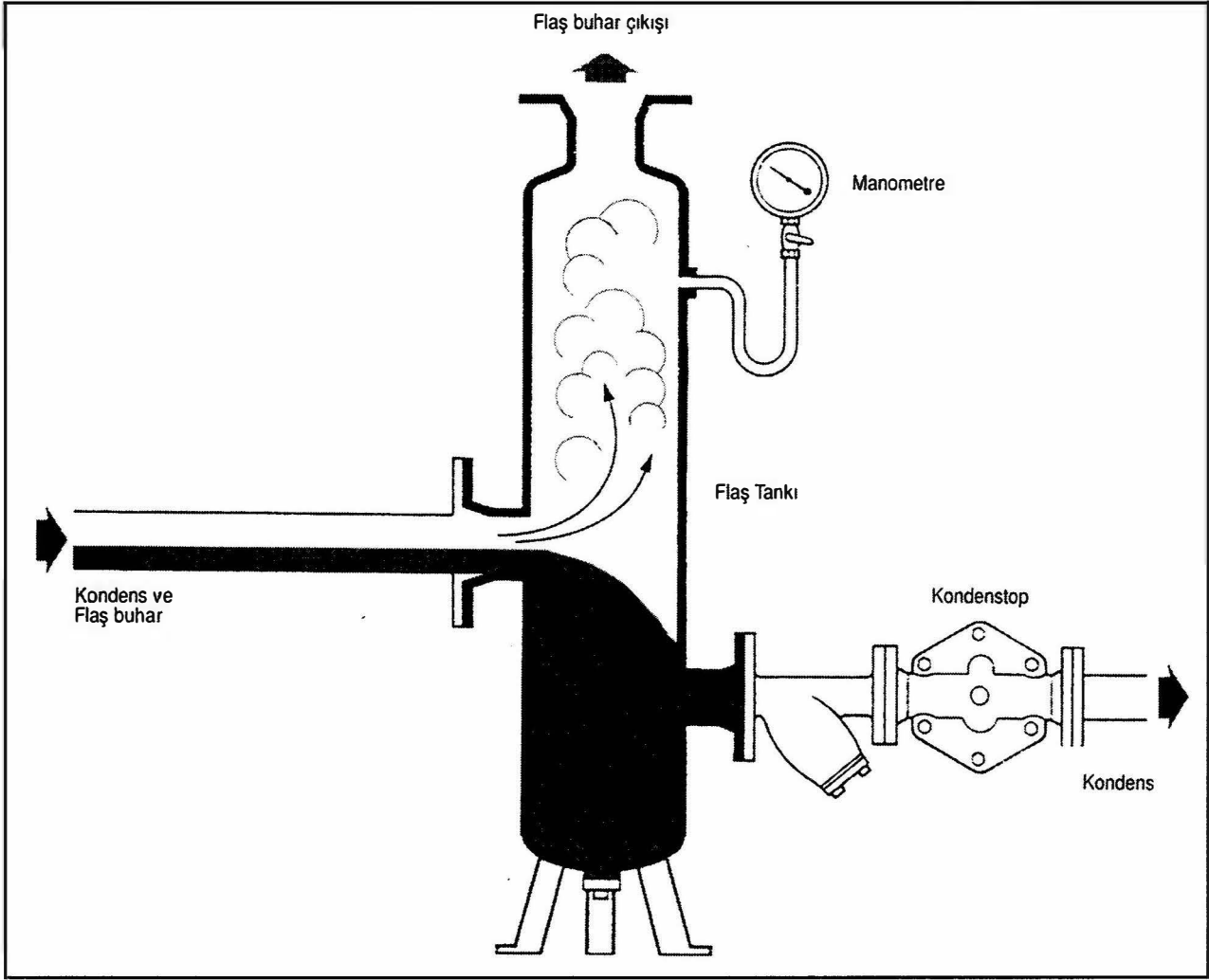
mümkün olduğu gibi transduserleri uygun seçerek sürekli gösterme fonksiyonu da yüklenebilir.

2.9.5. Flaş Tankı

Yüksek basınçtaki kazan suyu veya kondensden alçak basınçlı flaş buhar elde etmek için flaş tank kullanılır. Flaş tankı armatürleri şamandıralı tip buhar kapağı, emniyet vanası, basınç göstergesi ve boşaltma vanasından oluşur. Flaş tankına alttan, tank boyunun 1/3 oranında bir mesafede giren yüksek basınç ve hızdaki doymuş haldeki sıvıdan, basınç düşümü dolayısıyla, flaş buhar ortaya çıkar. Sıvı tankın altında toplanırken, buhar üstte toplanır. Tankın üstünden çekilen buharla birlikte sıvı sürüklenmemesi için, tanktaki buhar hızı çok düşük (3 m/s) olmalıdır. Flaş tank boyutlandırmasında esas düşünce budur. Düşük ayrılma hızı daha kuru buhar eldesine imkan tanır. Şekil 65'te tank boyutları ve elde edilebilecek buhar miktarları gösterilmiştir. Altta toplanan düşük basınçlı kondens alttan alınır. Flaş tankları blöften ısı geri kazanmada ve açık devreli buhar sistemlerinde yüksek basınçlı kondensden ısı geri kazanmada kullanılır. Bu tanklarda maksimum tasarım şartı 14 bar basınç ve buna karşı gelen 198°C doyma sıcaklığıdır.

2.9.6. Blöf Tankı

Kazan boşaltma suyu, kazanda su seviyesini düşürürken atılan su ve dip blöf suyu yüksek basınçlı su olup, doğrudan röğara verilemez. Bunun için bir blöf soğutma tankı kullanılır. Dışarı atılacak kazan suyu bu tankta önce soğutulur ondan sonra deşarj edi-



Çap	Yükseklik	Kondens Çıkış Çapı	Giriş Yüksekliği	Giriş ve Flaş Buhar Çıkış Çapı	Max. Kondens kg/h	Max. Buhar kg/h
150	1100	40	282	65	900	225
200	1100	40	290	100	2250	450
300	1150	50	307	125	4500	900
380	1200	50	330	150	9000	1400
460	1260	50	400	175	12700	2050
500	1400	65	450	200	15900	2400
600	1400	65	450	225	20400	3500
760	1400	80	450	300	34000	5600
920	1500	80	500	350	50000	8200

Şekil 65. FLAŞ BUHAR TANK BOYUTLARI

lir. Soğuyan su kendiliğinden taşma ile kanalizasyona gider. Şekil 66'da blöf tankının genel düzeni görülmektedir.

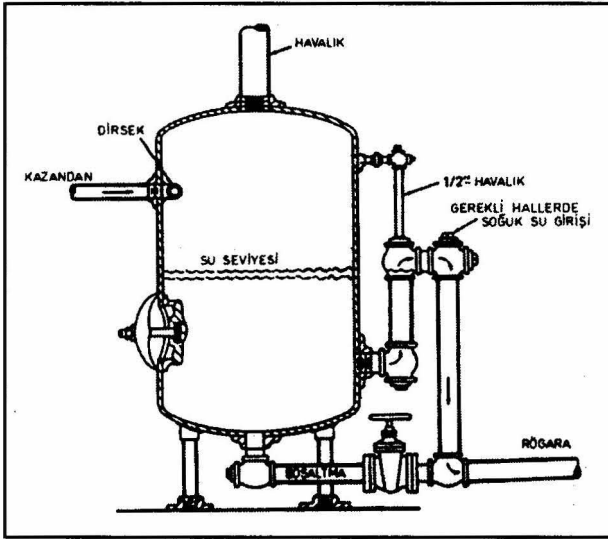
Kanalizasyona bağlantı borusunun kanalizasyona bağlandığı yerde sıcaklığın en fazla 110 °C olması gerekmektedir. Bu bakımdan kapama vanası olan bir soğuk su hattı öngörülmektedir. Basınç altındaki kazanların çabuk boşaltılmaları gerektiğinde bir miktar soğuk su ile karıştırılmalıdır.

Kazan dairesi içindeki bir blöf tankı yerine kazan dairesi dışında

Şekil 67'te görülen bir blöf çukuru da kullanılabilir. Çukur hacmi (m³), en büyük kazan kapasitesi (kg/h)/2000 olarak bulunabilir.

2.10. Yakıt Devresi

Endüstriyel bir buhar tesisi 6 No'lu Fuel-oil yakıt devresiyle ilgili akış şeması Şekil 68'de gösterilmiştir. Bu şemada yakıt hatları ve yakıt sistemine beslenen buhar hatları birlikte bulunmak-



Şekil 66. BLÖF TANKI

tadır. Şekil 69'da sadece yakıt hatları, Şekil 70'de ise sadece ısıtıcı buhar hatları görülmektedir.

Buhar üretiminde genellikle fosil yakıtları kullanılır. Endüstriyel buhar üretiminde de katı, sıvı ve gaz yakıt kullanılmaktadır. Burada yakıt devresi olarak Fuel-oil devresi üzerinde durulacaktır. Fuel-oil üzerindeki devlet sübvansiyonu nedeniyle günümüzde endüstriyel buhar üretiminde en ekonomik yakıt Fuel-oildir. Fuel-oiller (sıvı yakıtlar) viskozitelerine göre 1'den 6'ya kadar numaralandırılmıştır. 6 numaralı Fuel-oil ağır yağ olarak bilinir ve normal ortam sıcaklığında akıcı değildir. En problemli, fakat en ucuz olan 6 numara Fuel-oili akıtabilmek, pompalayabilmek ve yakabilmek için ısıtmak gerekir. 6 numara Fuel-oil viskozitesi 3500 sn değerindedir. Fuel-oillerin kazan devresinde istenilen sıcaklıkları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Yakıt	Viskozite	Pompalarda	Brülörde
6 No Fuel-oil	3500 RW/sn	40-60 °C	130 °C
5 No Fuel-oil	600 RW/sn	20 °C	105-110 °C

2.10.1. Brülör

Sıvı yakıt brülörleri üç grupta toplanabilir:

- a- Buharlaşmalı brülörleri (karbüratörlü)
- b- Pompalı brülörler
- c- Dönel brülörler

Buhar kazanları için buharlaşmalı brülörler kapasiteleri dolayısı ile söz konusu değildir. Buhar kazanlarında en çok diğer iki tip brülörler kullanılır.

Pompalı brülörler 400 kg/h kapasitelere kadar monoblok olarak kullanılır. Fan, pompa, motor, filtre, ısıtıcı ve kontrol elemanları kendi üzerindedir. Tam otomatik, tek veya çift kademeli olabilirler. Kumanda on-off veya oransal olabilir. Özellikle büyük kapasitelerde oransal kontrol yakıt ekonomisi sağlar.

Dönel brülörler genellikle sanayi tipi orta ve büyük işletmelerde kullanılır. Bu brülörler oransal kontrollüdür.

Büyük kapasiteli brülörlerde yakma havası ayrı bir fanla sağlanır ve kanalla brülörün özel girişine adapte edilir.

Karşı basınçlı kazanlarda iki kademeli ve düşük alev başlamalı veya oransal brülör tercih edilmelidir. Aksi takdirde özellikle ilk ateşlemede sarsıntı ve gürültüler söz konusudur.

Sızdırmazlığı çok iyi olmayan su borulu kazanlarda yüksek devirli basınçlı brülörler kullanılmamalıdır. Bu gibi durumlarda kazan dairesine duman sızması olur.

Brülör seçiminde kapasite ve fan basıncı önemlidir. Brülör kapasitesi

$$B = Q_k / (H_u \cdot \eta)$$

şeklinde ifade edilir. Burada,

B (kg/h): Brülör kapasitesi

Q_k (kcal/h): Kazan kapasitesi

H_u (kcal/h): Yakıtın alt ısı değeri

η (-): Kazan ısı verimi

Brülör katalogundan bu bulunan kapasite ortada kalacak şekilde çalışma aralığı olan bir brülör seçilir. Fan basıncı daha çok motor devri ile belirlenir. Karşı basınçlı brülörde 2800 d/d motor vardır. Normal brülörlerde ise 1400 d/d motor kullanılır. Gerekli yakma havası debisi, dolayısıyla fan debisi kullanılan yakıt cinsine ve hava fazlalık katsayısı değerine bağlıdır. Bu iki değerle sıvı yakıtlar için özgül yakma havası miktarı, V_h Şekil 71'den okunabilir.

Bu değer yakıt miktarı ile çarpılırsa toplam gerekli yakma havası bulunur.

$$V_h = B \cdot v_h$$

Burada,

V_h (Nm³/h): Toplam yakma havası

v_h (Nm³/kg): Özgül hava miktarıdır.

NOTLAR:

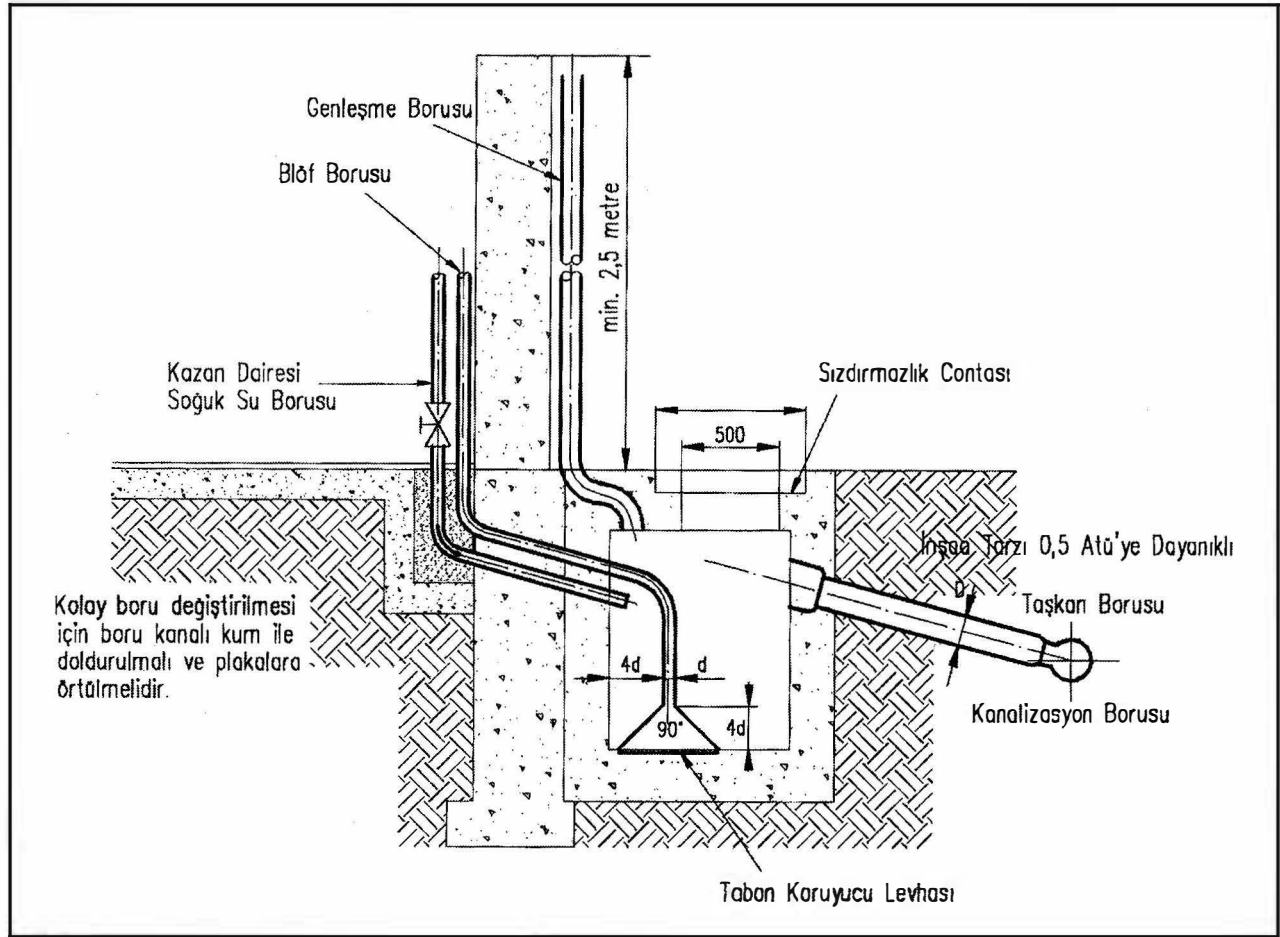
1- Monoblok brülörler 350 kg/h kapasiteye kadar kullanılmalıdır.

2- Oransal kontrollü brülörler 300 kg/h kapasiteden sonra ekonomik olmaya başlar. Yoğuşmalı kazanlarda daha küçük kapasitelerde de kullanılmalıdır.

3- Dönel brülörler 100 kg/h kapasiteden başlamasına rağmen 500 kg/h kapasitenin üzerinde daha çok kullanılırlar ve genellikle oransal kontrollüdürler.

4- Yüksek gaz hızlı Skoç kazanlarda veya diğer karşı basınçlı kazanlarda 2800 devirli brülörler kullanılmalıdır. 60-350 kg/h kapasiteler arasında çift memeli brülörler tercih edilmelidir. Çünkü imalatçının kataloglarında belirtilen gaz tarafı direnci, kazanın rejim halindeki direncidir. İlk ateşleme sırasında bu değer 6 katına kadar basınç artışları ile karşılaşılabilmektedir. İki kademeli brülör kullanılması halinde, ilk ateşleme anında düşük alevle başlamak, dolayısıyla aşırı basınç artışını ve buna bağlı sarsıntı ve gürültüleri önlemek mümkün olabilmektedir. İki kademeli brülör kullanılması halinde, aynı zamanda brülör kirlenme ve tıkanmasının önüne geçilebilmektedir.

5- Brülör seçiminde brülör katalogundaki eğrilerde; hesaplanan yakıt miktarındaki fan basıncının, kazan karşı basınç değerinin



Şekil 67. BETON BLÖF ÇUKURU

yaklaşık 2 katı olması şartı kontrol edilmelidir. Buradaki fan basıncı, brülör kayıplarından sonraki, net kullanılabilir toplam basınçtır.

6- Brülörlerde 30°, 45°, 60° açılı memeler kullanılır. Skoç tip kazanlarda meme açısı 30° tercih edilir. Böylece alevin külhane çarpması önlenir.

2.10.2. Genel Olarak Yakıt Hattı

Ana yakıt tankı depolama hacmi uygulamaya ve tesisin bulunduğu yere göre değişir. Ana yakıt depolaması 15 ton'dan aşağı pek olmaz ve en fazla da 1 aylık depolama düşünülebilir. Ana yakıt deposu Şekil 72'de görülmektedir.

Ana yakıt tankını doldurmak için pompalama istasyonu bulunur. Bu dolum devresinde ilk eleman filtredir. Bu filtre buhar ceketli olmalıdır. Böylece yakıtın donması önlenir. İkinci eleman pompadır. Bu pompa da buhar ceketli olmalıdır.

Yakıtın akabilmesi için yakıt hatlarının da ısıtılması gerekir. Bunun için yakıt borusuyla birlikte refakatçi buhar borusu çekilir. Böylece tankerden ana depoya kadar bütün yakıt hattı ısıtılır. Refakatçi boruları sadece dolum hattında değil, FPI istasyonuna kadar bütün yakıt hatlarında bulunmalıdır.

Dolum hatlarında tanklardan verilen yakıtı ölçmek için bir sayaç bulunmasında yarar vardır. Çünkü tankerlerin sayaçlarına genel-

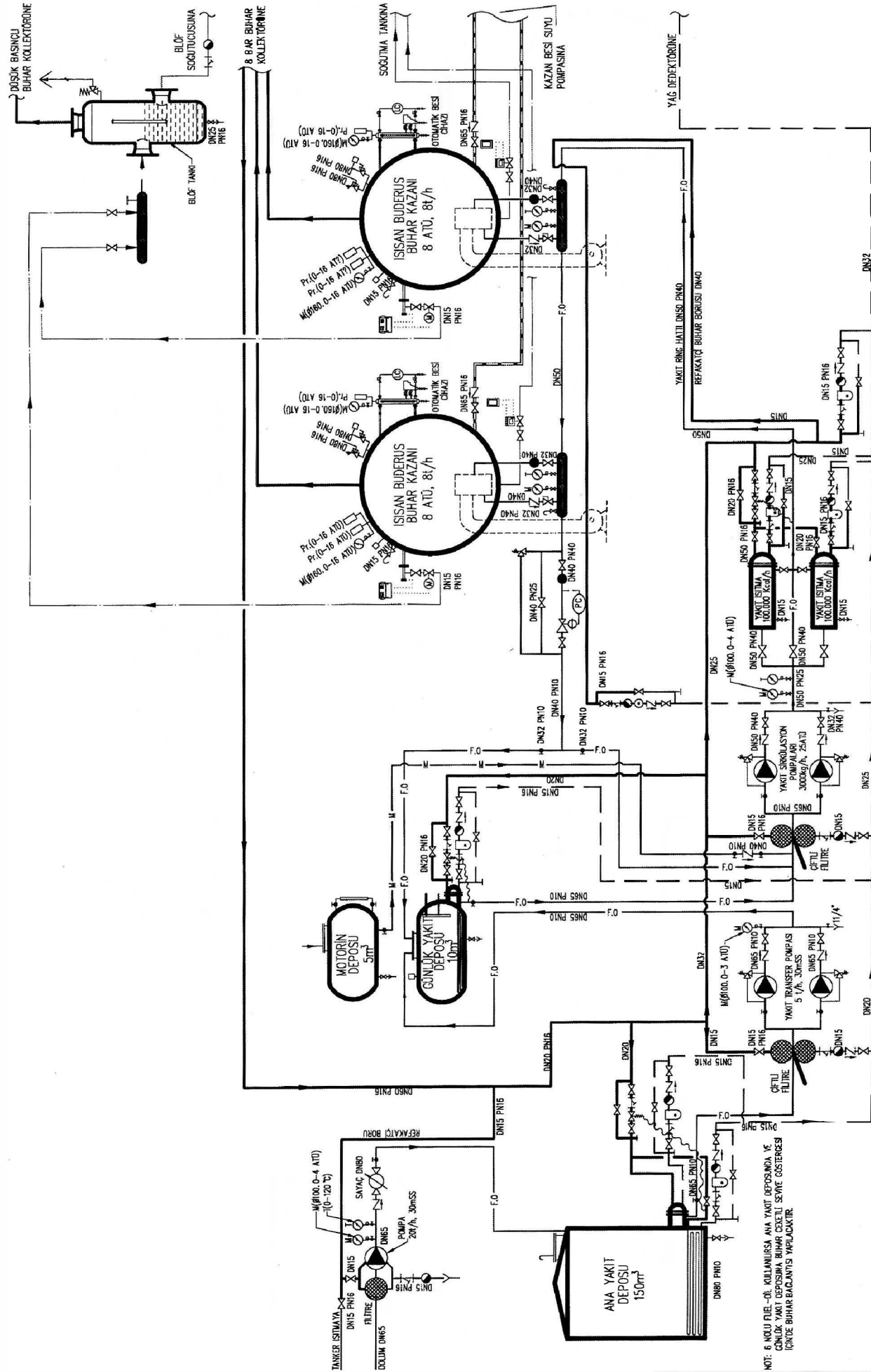
likle güvenilemez.

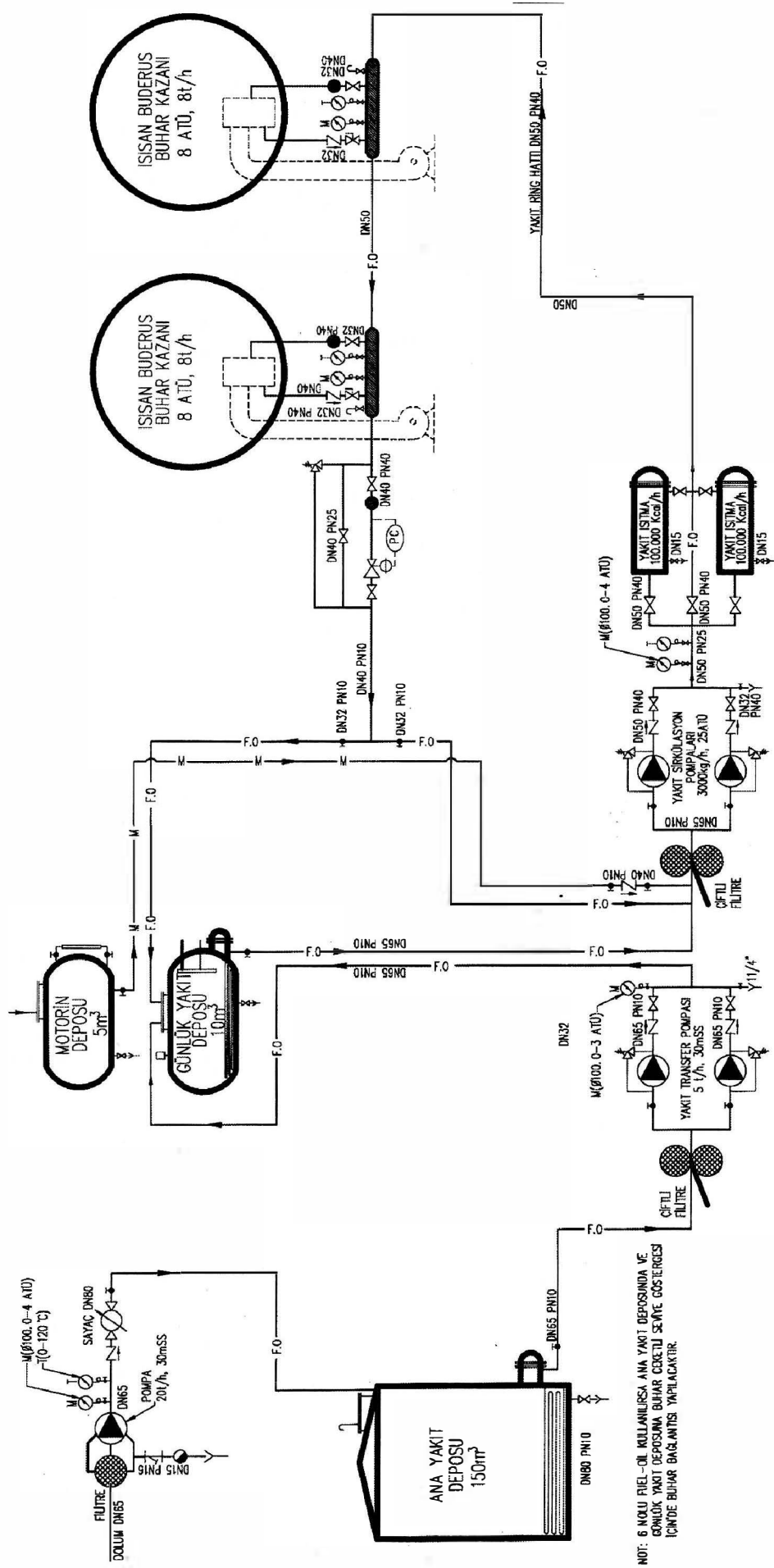
Ana yakıt tankı dibinde taban ısıtıcısı bulunur. Aynı zamanda yakıt alma ağzında bir ısıtıcı serpantin vardır. Tek başına yakıt alma ağzındaki ısıtıcı serpantin yeterli değildir. Taban ısıtıcısı konmadığında, yakıt sürekli olarak ağız kısmından alınır. Ağızdan uzakta-ki bölgelerdeki yakıt kalır. Hem taban ısıtıcısı ve hem de ağızdaki serpantin ve bütün dolum hattındaki ısıtma, kazandan alınan buharla yapılır.

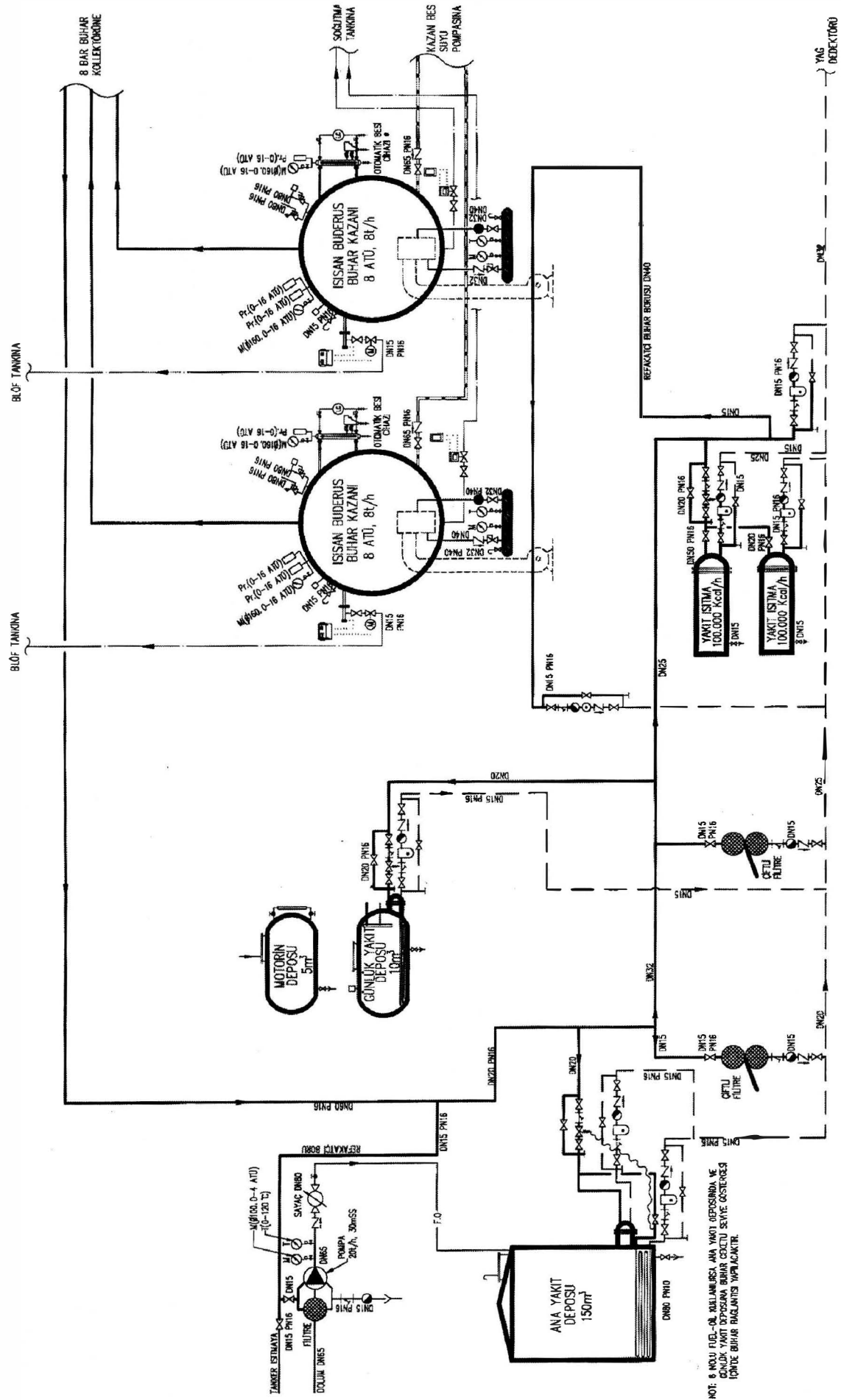
Ana yakıt tankından alınan yakıt, transfer pompalarıyla Şekil 73'te görülen günlük yakıt tankına aktarılır. Günlük yakıt tankı günlük yakıt ihtiyacını karşılayacak kapasitededir. 24 saat 3 vardiye sürekli çalışan tesislerde 12 saatlik ihtiyaç günlük depoda depolanır. Tek vardiya çalışan sistemde ise günlük ihtiyacın % 20 fazlasını günlük tank kapasitesi olarak seçmek yeterlidir.

Transfer hattında da refakat borularıyla ısıtma yapılır. Transfer pompası önündeki filtre ve pompa yine buhar ceketlidir. Transfer pompalarının debisi günlük tankı belirli sürede dolduracak kadardır. Basınçları ise yoldaki kayıpları ve ana tankla günlük tank arasındaki kot farkını karşılamak üzere 30 mSS mertebesindedir.

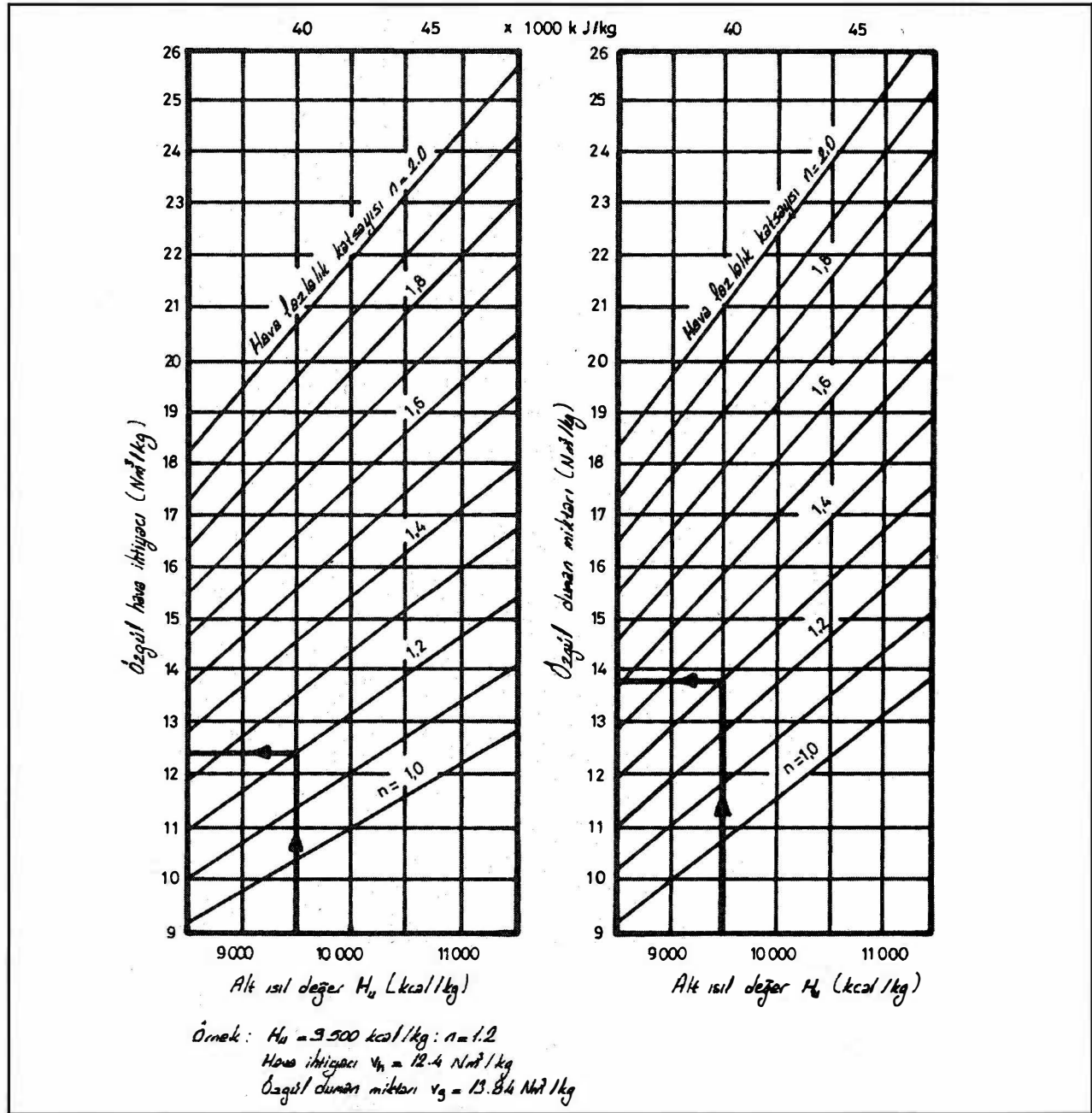
Bütün yakıt pompaları ve yakıt transfer pompaları dişli pompalardır. Bunlarda santrifüj pompaların aksine, debi sıfıra yaklaştığında, basınç teorik olarak sonsuza gider. Bunun için pompa et-







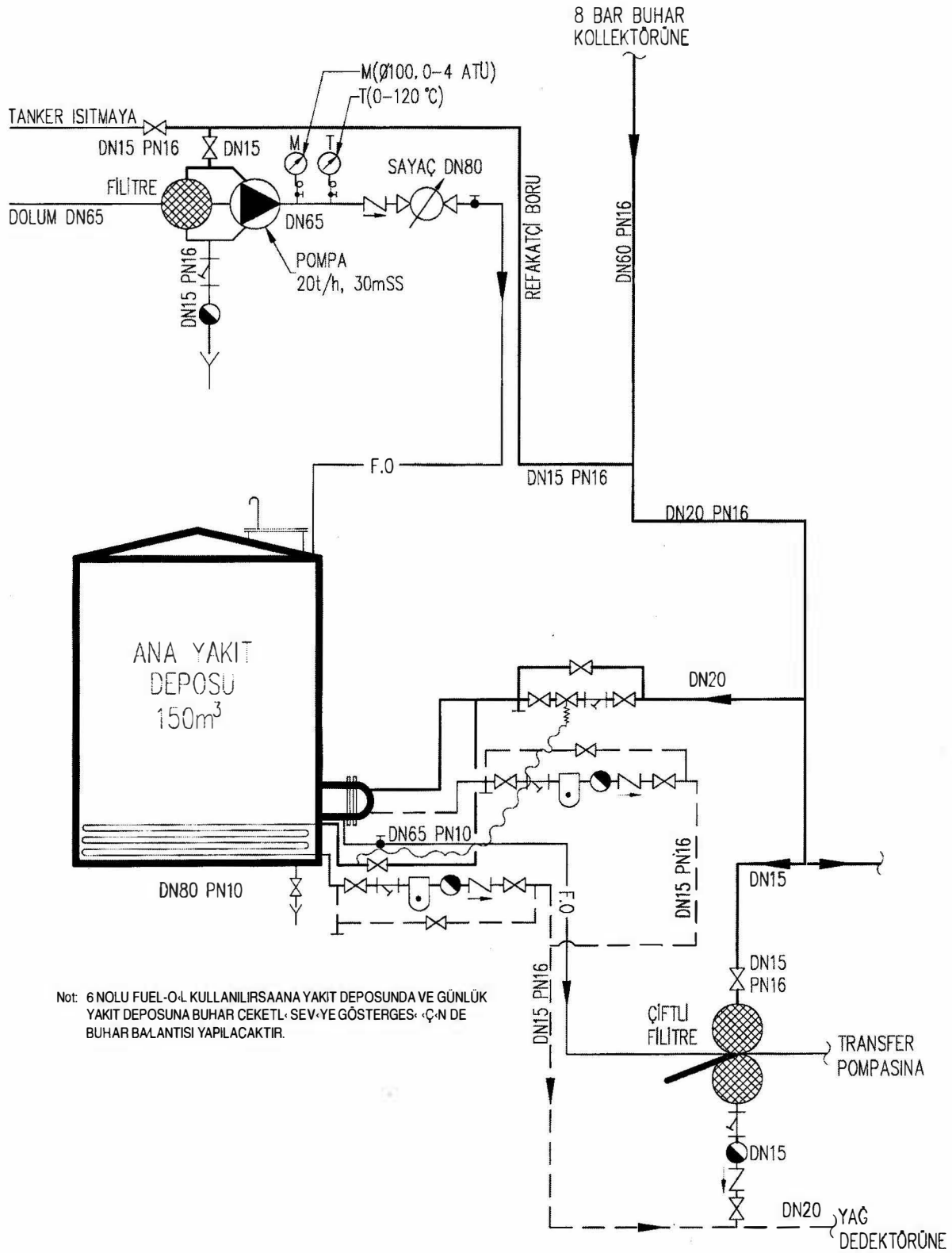
Şekil 70. BUHAR TESİSATI (FUEL-OİL NO 6) İSİTMA



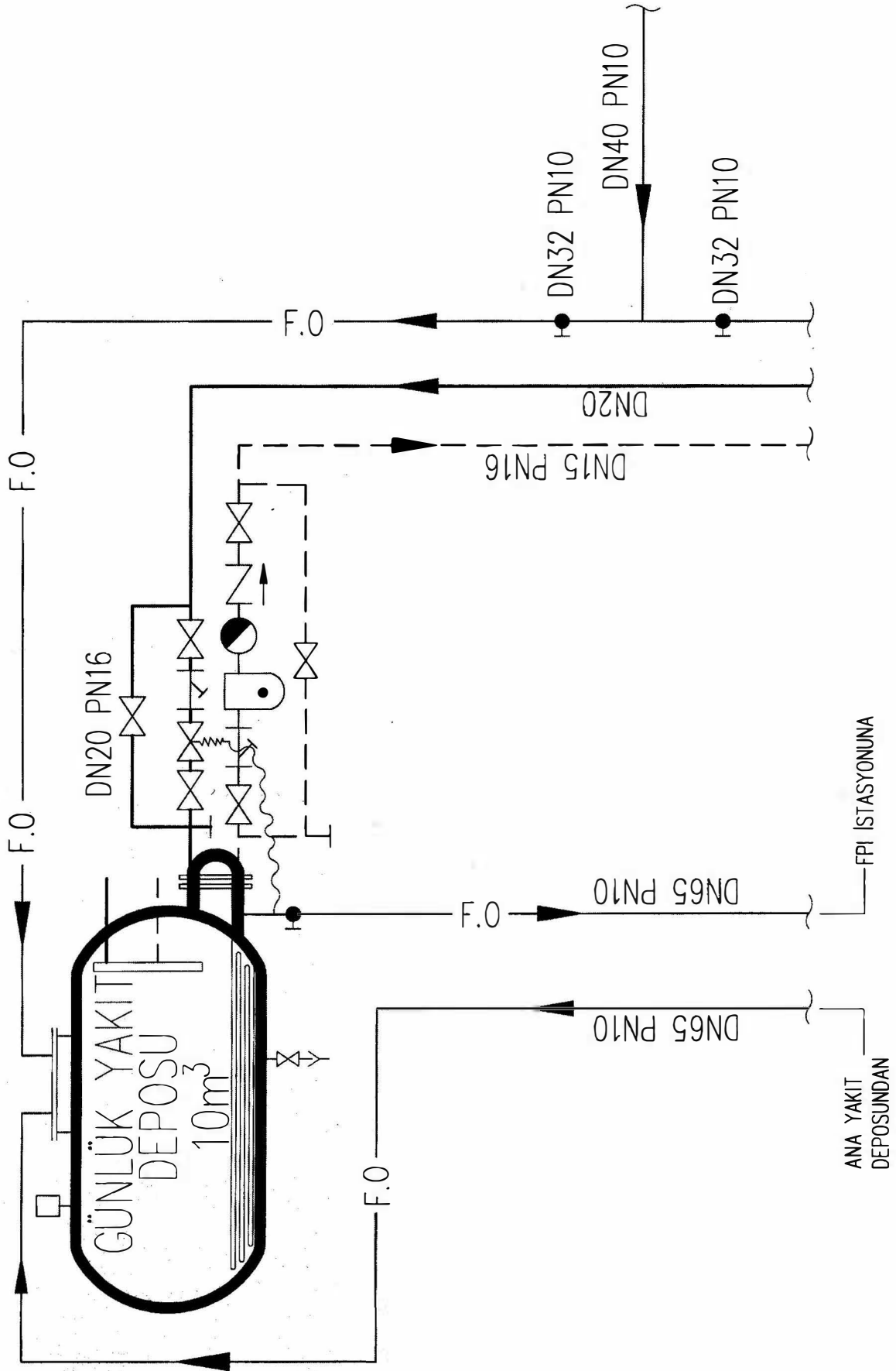
Şekil 71. FUEL-OIL İÇİN ÖZGÜL HAVA VE DUMAN MİKTARLARI

rafında bir emniyet by-pass hattı bulunmalıdır. Bu by-pass hattı pompa içinde olabileceği gibi, pompa dışında da oluşturulabilir. Şekilde görülen dış hatta, pompa çıkışındaki emniyet ventili basınç ayarlanan değere ulaşıncaya açar ve pompa çıkışıyla girişini birleştirir. Bu durumda pompa yakıtı kendi etrafında sirküle eder ve yakıt hattını aşırı basınçtan korur. Günlük yakıt tankında da taban ısıtması ve yakıt alma ağzında ısıtıcı serpantin vardır. Ana yakıt ve günlük yakıt tanklarında seviyeyi görmek üzere yine buhar ceketli seviye göstergeleri kullanılır. Günlük yakıt tankından gelen yakıt Şekil 74'de görülen filtreleme, pompalama ve ısıtma istasyonuna gelir. Filtreler bıçaklı denilen çift filtrelerdir.

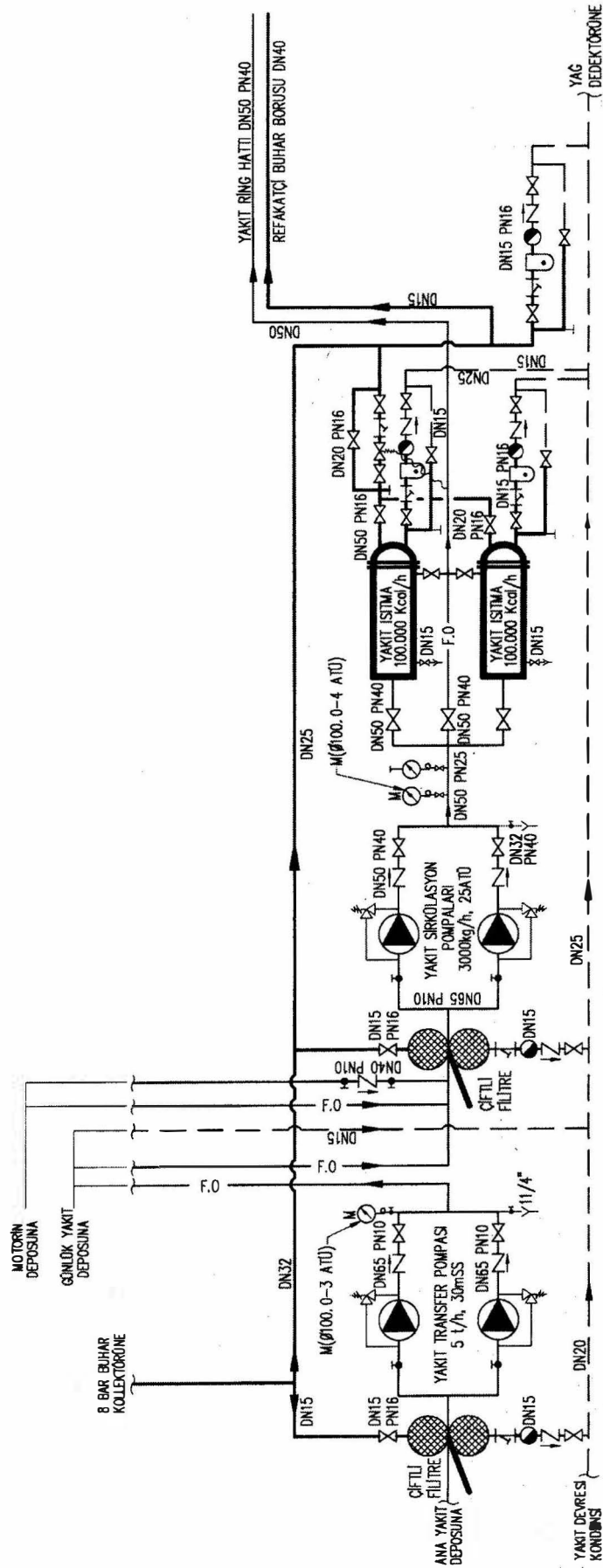
Yakıt pompaları yedekli seçilir. Bir pompa sistem ihtiyacını karşılar. Pompa kapasitesi hatta bulunan brülörlerin anma kapasitelerinin toplamının 2,5 katı seçilir. Pompa basıncı brülör cinsine bağlı olarak değişir. Sistemde kullanılan brülörlerin kendi yakıt pompaları varsa (monoblok brülörler, dönel brülörler vs), yakıt hattındaki pompa eşanjördeki ve hattaki basınç kayıplarını karşılayacak basınçta seçilir. Bunun mertebesi 30-35 mSS değerindedir. Büyük tip brülörlerde kendi üzerinde hava fanı ve yakıt pompası bulunmaz. Yakıtın püskürtülmesi için gerekli basınç FPI istasyonundaki bu pompalardan temin edilir. Bu durumda pompa basınçları 25 bar düzeyinde olmalıdır. Ring hattında ve brülör girişinde 25 bar basınçta yakıt hazır tutulur. Basıncın sabit tutul-



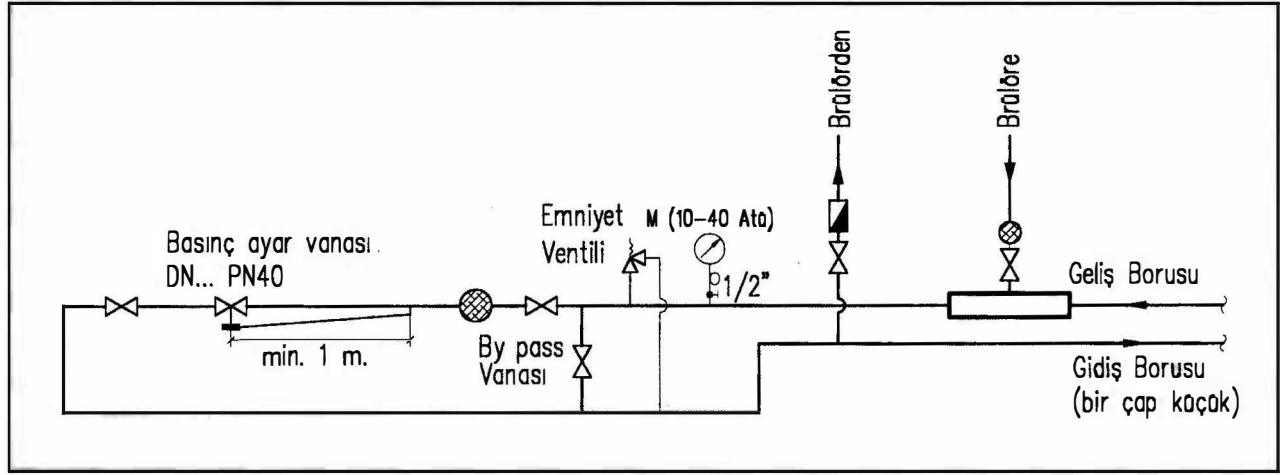
Şekil 72. ANA YAKIT DEPOSU (FUEL-OİL NO 6)



Şekil 73. GÜNLÜK YAKIT (FUEL-OİL NO 6) DEPOSU



Şekil 74. FUEL-OİL NO 6 FİLTRELEME POMPALAMA VE ISITMA DEVRESİ (FPI İSTASYONU)



Şekil 74A. YAKIT RİNG HATTI SONU 3500 RW/sn FUEL-OİL KULLANILDIĞINDA RİNG HATTI SONUNDA BASINÇ REGÜLATÖRÜ 25 ATÜ DEĞERE AYARLANIR

ması için kullanılan düzen Şekil 74a'da görülmektedir.

Yakıt ısıtıcı eşanjörler de yedeklidir. Yakıt ısıtması fuel-oilin püskürtme için istenilen viskoziteye ulaşması amacıyla yapılır. 6 no'lu Fuel-oil için bu değer 130 °C mertebesinde. Yakıt kazandan alınan buharla eşanjörlerde 130 °C'ye kadar ısıtılır.

Filtreleme, pompalama ve ısıtma istasyonundan yakıt ring hattına basılır. Ring hattı sonunda, ring hattındaki basıncı sabit tutmak üzere, bir basınç sabit tutucu (basınç regülatörü) bulunur. Ring hattındaki basınç yakma sistemlerine (brülörlere) bağlı olarak farklıdır. Ring hattından geri dönen yakıt tekrar pompa emişine girer. Ring hatlarından her bir brülöre paralel bağlantı yapılır. Brülör bağlantı hatlarında gidiş ve dönüşte birer kapama vanası ve gidişte yakıt filtresi dönüşte çek vana bulunur. Yakıt ring hattındaki yakıt miktarı brülör debisinin üç katı alınmalıdır. Boru çapları yakıt debisine göre hız yaklaşık 1 m/s olacak şekilde seçilir. Örneğin her biri 500 kg/h yakıt debili 3 kazan bulunan sistemde ana boru 2", dönüş borusu 1 1/2" ve kazan bağlantı boruları 1 1/4" seçilebilir.

Yakıt sisteminde son olarak motorin deposu bulunur. Sürekli çalışan sistemler bakıma alınacağına, tek vardiya çalışan sistemler ise günün sonunda kapatılırken, yakıt hattı motorin ile yıkanır. Tekrar sistemin ilk çalıştırmasında da motorin kullanılır. Yani kazanı durdururken ve ilk çalıştırırken motorin kullanılmalıdır. Bunun için yakıt hattına Fuel-oil beslemesi kesilir ve motorin deposundan motorin beslenir. Motorin bir süre sonra ring hattından geri dönerek günlük depoya akmaya başlar. Bu durumda sistem durdurulur.

Tekrar çalıştırırken de kazan buhar tutup, yakıt hatlarına buhar beslenene kadar çalışmaya motorinle devam edilir. Rejime girince motorin kesilip, Fuel-oile dönlür.

Yakıt hatlarında çok iyi bir ısıtma sistemi varsa, ilk ateşleme ve ön buhar üretimi için LPG kullanılabilir. Üretilen buhar ile yakıt hatlarındaki Fuel-oil 40°C üzerindeki değere ısıtılır ve yakıt deposundaki 6 nolu Fuel-oil brülöre doğru akmaya hazır olduğunda, LPG ile yanma durdurulup, Fuel-oil yakılarak normal çalış-

ma düzenine geçilir.

Yakıt hattındaki ısıtıcılara buhar besleyen devrelerde şema genellikle aynıdır. Manometreler hatta helezonla bağlanır. Bu helezon, manometre vanası açıldığında, oluşacak titreşimleri ve basınç dalgalanmasını alır. Isıtıcılara buhar beslemesinin kontrolü genellikle termostatik vanayla yapılır. Termostatik vana öncesinde bir pislik tutucu bulunur. Kondens çıkışında ise vana, filtre, kondens kontrol ünitesi, kondenstop, çek valf ve vana bulunur. Kondens kontrol ünitesi kondens kaçağı olup olmadığını belirler.

2.10.3. Yakıt Depoları

Fuel-oil sistemlerinde üç tip yakıt deposu bulunur. Bunlar,

- a- Ana yakıt deposu
- b- Günlük depo
- c- Motorin deposudur.

Ana ve günlük yakıt depoları ısıtıcı olup, içlerindeki Fuel-oil kazandan elde edilen buharla ısıtılarak, akabilir halde tutulur. Sistemin ilk devreye girmesi bu nedenle soğukta akabilme özelliğine sahip motorin ile gerçekleştirilir. Kazanlar rejime geçtikten sonra yakıt motorinden Fuel-oile döndürülür. Ancak daha küçük tesislerde bu sistem yerine elektrikli ısıtıcı pot depolar, yakıt depoları ve yakıt hattı kullanılabilir.

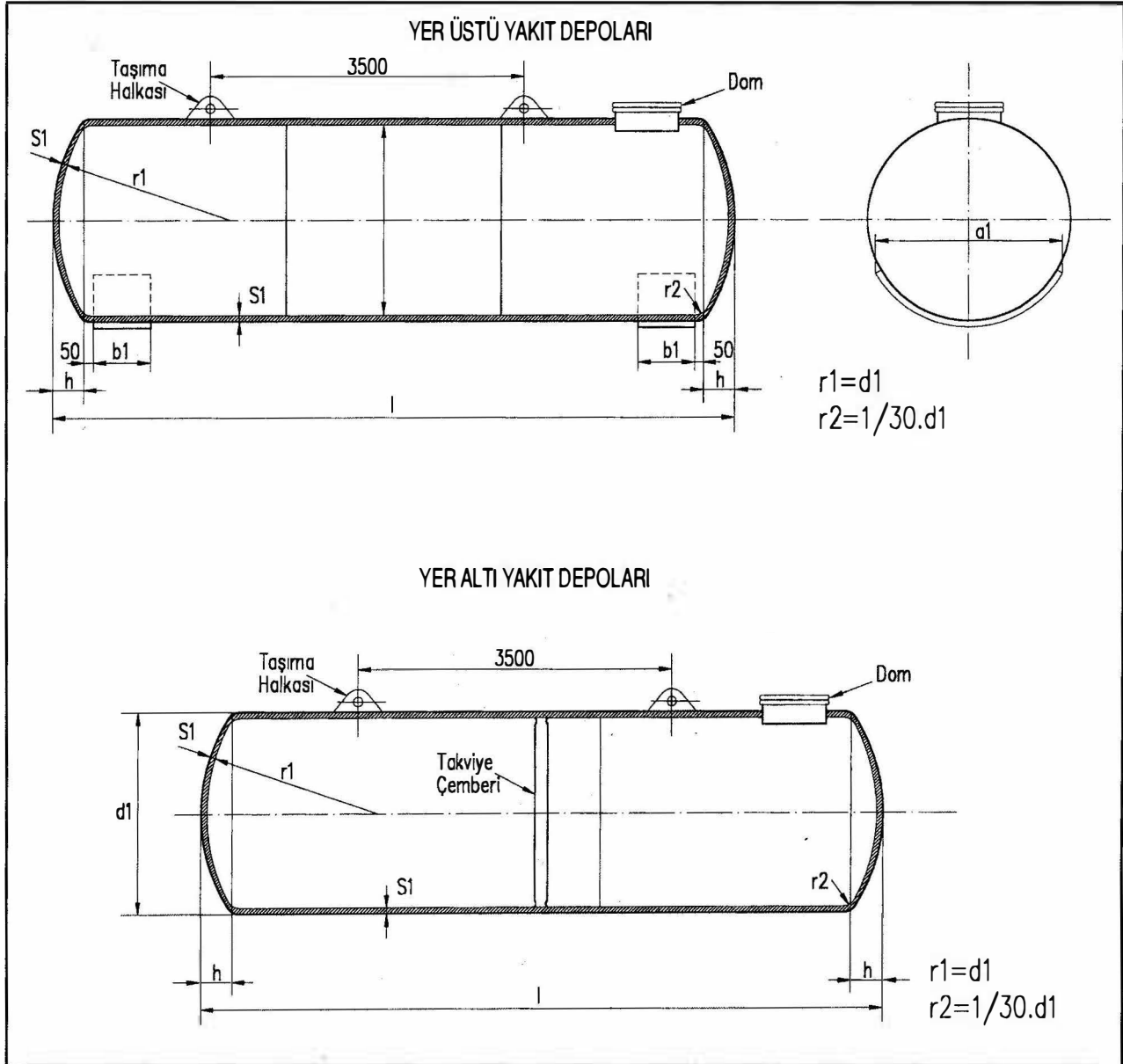
2.10.3.1. Ana Yakıt Depoları

Ana yakıt depoları sistemin yaklaşık 20 günlük ihtiyacını karşılayacak ölçüde boyutlandırılır. Ancak büyük sistemlerde ekonomik düşüncelerle depolama hacmi daha küçük tutulabilir. Ana yakıt depoları yeraltı ve yerüstü olarak ikiye ayrılır. Yeraltı depoları yatıktır. Yerüstü depoları ise yatık ve dik depo olabilir. Buhar tesislerinde en çok dik yerüstü ana yakıt depoları kullanılır. Ana yakıt depoları standart olup, TS 712/1,2,3,4,5 kapsamındadır. Şekil 75 ve Şekil 76'da bu standart kapsamındaki yatık ve dik yer üstü ana yakıt deposu boyutları verilmiştir. Şekil 77'de ise yakıt deposu boru bağlantıları görülmektedir.

Genellikle 50 m3 kapasitenin üzerinde DIN 4115 kapsamındaki büyük dik depolar ekonomik olmaktadır. Yakıt depolarıyla ilgili

beton kaide ve detayları, yerleştirme esasları, yakıt borusu kanalı ve hacim havalandırması Ek 1’de verilmiştir.
Dik depo beton kaide üstü ziftlenmeli ve depo, içine su girmeyecek şekilde yapılmalıdır. Ulaşım amacı ile depo merdiven ve bodesi bulunmalıdır. Ana yakıt tankları kazan dairesinden ayrı bir

hacimde olmalı ve burası kapalı ise havalandırılmalıdır.
Ana yakıt tanklarında yakıtın akabilir halde tutulması için ısıtıcı serpantin kullanılır. Bu buharlı ısıtıcı yakıt alma ağızını oluşturur. Bu ana depolarda ayrıca depo taban ısıtıcıları kullanılır. (Bakınız Şekil 78).



Şekil 75. YATAY YAKIT DEPOLARI

Hacim	m ³ min	1	3	5	7	10	(13)	16	20	25	30	40	50	60	80	100	
Dış çap	d ₁	1000	1250	1600				2000				2500				2900	
Toplam uzunluk	l max	1510	2740	2820	3740	5350	6960	8570	6960	8540	10120	8800	10800	12800	12750	15950	
Baş kısım yüksekliği	h ~	180	220	260				320				400				450	
Saç kalınlığı	S ₁ min			5				6				7				9	
Takviye çemberi adedi			—								1				2		
Taşıma halkası adedi		—	1				2										
Ağırlık (İzolasyonsuz)	kg ~	268	525	700	885	1200	1500	1800	2300	2750	3300	4200	5100	6100	9000	11000	

Şekil 75. (Devam)

Fuel-oilin, sistemde çeşitli noktalarda istenen sıcaklığı aşağıda verilmiştir. Ancak hiçbir zaman yakıt sıcaklığı 180 °C geçmemelidir. Yakıt karbonlaşarak bozulur.

(a) Fuel-oil (3500 RW/Sn. 100 °F)

1- Pompalama sıcaklığı: 40-60°C

Ana yakıt deposu dolumu, ana depodan günlük depoya transfer, günlük depo çıkışı, bu sıcaklıktadır.

2- FPI istasyon çıkışı

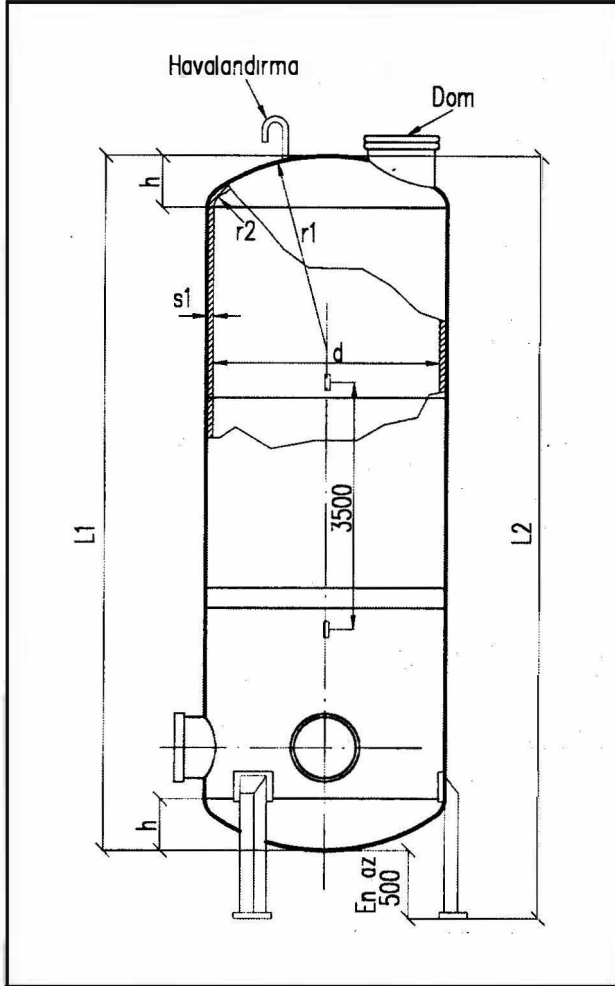
- Monoblok brülörlerde 70-80 °C

- Pot depo çıkışında 80°C

- Sınai tip brülörlerde 130 °C

3-Brülör çıkışında yakıtın tutuşabilmesi için gerekli sıcaklık 130 °C

(b) Fuel-oil (600 RW/Sn 100 °F)



Şekil 76. YER ÜSTÜ DİK YAKIT DEPOLARI

Hacim	m ³ /min	7	10	(13)	16	20	25	30	40	50	60
Dış çap	d ₁			1600		2000		2500		2900	
Tank uzunluk	L ₁	3740	5350	6960	8570	6560	8540	6665	8800	8400	9585
Dip kavis yüksekliği	h			260		320		400		450	
Saç kalınlığı	S ₁ min			5		6		7		9	
Domlu ve bir temizleme delikli (Ø 400) tankın ağırlığı	kg ~	935	1250	1550	1850	2350	2800	3350	4250	6150	6900

Şekil 76. (Devam)

1- Pompalama sıcaklığı 20°C

2- Pot depo çıkışında 70-80 °C

3- Brülör çıkışında tutuşma için gerekli sıcaklık 105-110 °C

Buna göre ısıtıcı serpantin kapasitesi

$$Q = m.c.\Delta t$$

şeklinde hesaplanabilir. Burada,

m: Yakıt debisi (kg/h) (Günlük depoyu 2 saatte dolduracak kadar)

c: Yakıtın özgül ısısı (kcal/kg °C) (=0,5 kcal/kg °C)

Δt: Sıcaklık farkı (°C) (Max. 60°C)

Isıtıcı serpantinde ısıtıcı akışkan buhardır. Buhar beslemesi, yakıt çıkış sıcaklığından kumanda alan bir termostatik iki yollu vana ile kontrol edilir. Çıkışta kondens, bir kondens toptan geçirilerek tercihan kondens deposuna döndürülür.

Ana yakıt depolarında ayrıca taban ısıtıcıları kullanılır. Taban ısıtıcıları beslemesinde otomatik kontrol valfi kullanılmayabilir. Uzun ömürlü olmaları için St 42 kalın etli çelik çekme borudan yapılması tavsiye edilir. Isıtıcı kapasiteleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Depo Cinsi	Yakıt Sıcaklığı	m ² 'den ısı kaybı W/m ²	
		izolesiz	izoleli
Korunmuş depo	10 °C'ye kadar	6.81	1.70
	27 °C'ye kadar	7.38	1.84
	38 °C'ye kadar	7.95	1.99
Açıktaki depo	10 °C'ye kadar	7.95	1.99
	27 °C'ye kadar	8.52	2.13
	38 °C'ye kadar	9.08	2.27
Gömülü depo	Bütün sıcaklıklar	6.81	—

Ana yakıt depoları bağlantıları ve aksesuarları aşağıda sıralanmıştır:

a- Havalık (depo büyüklüğüne bağlı ancak DN 40 alınabilir)

b- Boşaltma musluğu ve hattı (5 m'e kadar DN 32, 10 m'e kadar DN 40, daha fazlası için DN 50 alınabilir).

c- Yakıt gidiş hattı (debiye göre belirlenecek).

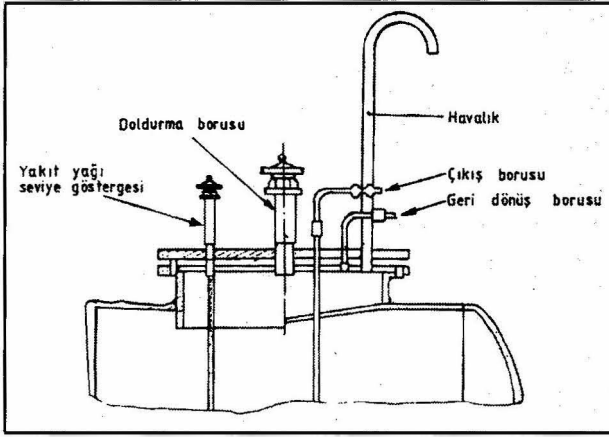
d- Yakıt dönüş hattı (debiye göre belirlenecek)

e- Dolu hattı

f- Seviye göstergesi. Depodaki yakıt miktarını gösterir. Yatık silindirik depolarda kalibre edilmiş olmalıdır. Yeraltı ve bina dışı depolarda uzaktan göstergeli ve ihbarlı cinsleri kullanılmalıdır.

g- Numune alma ağzı.

h- Yakıt sayacı



Şekil 77. YAKIT DEPOSU BAĞLANTILARI

2.10.3.2. Günlük Yakıt Depoları

Sistemin günlük yakıt ihtiyacını karşılar. Genellikle yatık silindirik formda olur ve kazan dairesi içinde bulunurlar. TS 712 kapsamı içindedir ve boyutları burada verilmiştir. Bu depolar da ısıtıcı olup, ana yakıt depoları için anlatılanlar geçerlidir. Sadece bu depolarda taban ısıtıcısı kullanılmaz.

2.10.3.3. Motorin Depoları

Sistemin uzun duruşlardan sonra ilk devreye girişinde, buhar tutup ana ve günlük depolar ısınmaya kadarki çalışması motorinle gerçekleştirilir. Motorin deposu hacmi buhar tutma süresine göre belirlenir. Genellikle günlük depo boyutundadır. Kesintili çalışan işletmelerde büyük, sürekli çalışan işletmelerde ise küçük tutulur. Sürekli sistemlerde motorin deposu günlük deponun yarısına kadar düşürülebilir.

2.10.3.4. Pot Depolar

Elektrikli ısıtıcı pot depolar ring hattındaki vana kapalı olabileceği düşüncesi ile PN 16 veya PN 25 basınca dayanacak şekilde imal edilmelidirler.

2.10.4. Yakıt Dolu ve Transfer Pompaları

Bu pompalar dişli tipte olup çıkış vanası kapandığında basınç teorik olarak sonsuza gider. Bu nedenle çıkışlarında, pompanın kendi bünyesinde yoksa, bir yaylı emniyet vanası bulunur ve bu vana tehlikeli çıkışı girişe kısa devre eder.

3500 RW/Sn 100 °F Fuel-oil kullanıldığında pompa buhar ceketli olmalıdır. Ancak 600 RW/Sn Fuel-oil için gerekli değildir.

Her pompadan önce buhar ceketli tandem (Çiftli) yakıt filtresi kullanılmalıdır.

Bu pompalar kesinlikle vakuma çalışmamalıdır. Girişlerinde yakıt pozitif basınç bulunmalı, yani yakıt seviyesi pompadan yüksek olmalıdır.

Büyükölçü olarak yakıt dolum pompası için 10 ton/h, 20 mSS genellikle yeterlidir. Ana depo buhar hattından, bir ağız, tanker bağlantısı için ayrılmalıdır.

Transfer pompası debisi günlük depoyu 2 saatte doldurabilecek büyüklükte olmalıdır. Basma yüksekliğinin seçiminde depolar arası seviye farkı da dikkate alınır.

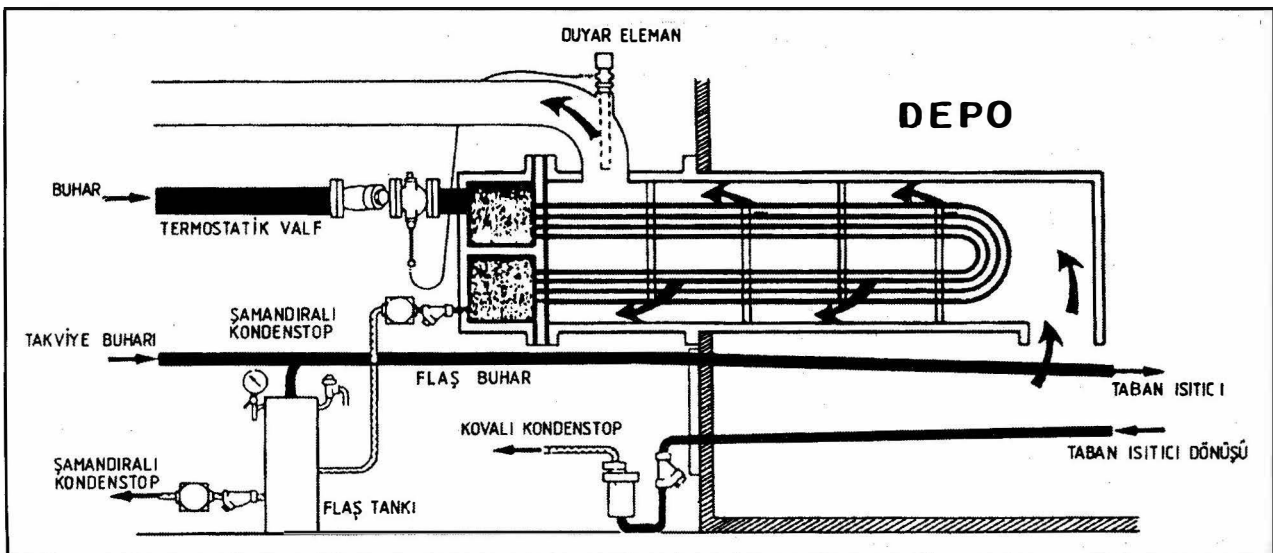
Bu pompa günlük depoda bulunan bir şamandıralı anahtardan kumanda olarak otomatik çalışabileceği gibi, elle kumandalı da olabilir.

2.10.5. FPI İstasyonları (Filtreleme, Pompalama, Isıtma)

Fuel-oil brülöre gönderilmeden önce filtreden geçirilip, pompa ile basınçlandırılır ve istenilen viskozite değerine ulaşabilmesi için ısıtılır. Bu işlemlerin üçünü birarada yapan paket cihazlara FPI (Filtreleme, pompalama, ısıtma) istasyonu adı verilir.

Yakıt kapasitesi belirtilerek bu istasyonlar üretici firma kataloglarından seçilebilir.

Filtreleme tandem (çiftli) yakıt filtreleri ile yapılır. Böylece biri çalışırken diğeri temizlenebilir. Yakıt pompaları dişli pompa cinsindendir ve biri yedek olarak yine çift kullanılır. Çıkışlarında çek valf ve emniyet ventili (giriş pompa çıkışında, dönüşü pompa emişine irtibatlı) bulunur. Ayrıca filtre ve pompa giriş çıkışın-



ŞEKİL 78. YAKIT TANKI TABAN ISITICISI VE YAKIT ISITICISI

da ayırma vanaları bulunacaktır. Yakıt pompalarının basınçları brülör tipine bağlıdır. Monoblok brülörlerde girişte 20 mSS değerini geçmemelidir. Dönel brülörlerde de gerekli basınç düşüktür ve genellikle 30 mSS civarındadır. Diğer sınavi tip brülörlerde ise istenilen basınç değeri için brülör kataloğuna bakılmalıdır. Üzerinde kendi pompası bulunmayan büyük kapasiteli basınçlı tip brülörlerde FPI istasyonundaki yakıt pompasında istenen basınç 25 atü değerindedir (Ağır Fuel-oil için pülverizasyon şartları 130 °C ve 25 atü'dür). Pompaya kadar geniş olan hat kavitasyonu önlemek üzere pompada bir çap daraltılır. Buharlı hat ısıtıcıları da (yakıt ısıtma eşanjörü) çift yapılıdır. Boru gövde tipi bir ısı değiştirgeci olan ısıtıcılarda yakıt 120-130°C sıcaklıklarına kadar ısıtılır. Bu amaçla yine buhar kullanılır. Isı değiştirgeci buhar geliş hattında bulunan iki yollu termostatik vana ile yakıt sıcaklığı istenilen değerde tutulur. Buhar hattı çıkışında kondenstop bulunur. Brülör geri dönüş hattı FPI girişine bağlandığında pompada sıcaklık çok yükselebilmekte ve bu da pompada kavitasyona neden olmaktadır. Tanka geri döndürüldüğünde ise boşuna enerji kaybı olmaktadır. Genellikle her iki bağlantı da yapılır ve vanalarla yakıtın yaklaşık % 80'i FPI istasyonu girişine dönecek şekilde ayarlama yapılır. Buhar hattı hesaplanan ısı kapasiteye göre boyutlandırılır. Yakıt depoları, genellikle, girişteki vakum oluşumu dolayısıyla ortaya çıkan kavitasyonu önlemek için yakıt pompalarından (FPI istasyonu olmayan tesislerde brülörlerden) daha üst seviyelere yerleştirilir. Yakıt, pompalara gravite ile akar.

Yakıt devresi pratik notları

1. Buharlı tesislerde yakıt tanklarını ısıtmada kullanılan buharın kondensi, yağ karışması riski nedeniyle genellikle dışarı atılır. Böylece hem enerji, hem su ve hem de bu suyu şartlandırmak için kullanılan kimyasallar dolayısıyla büyük bir maliyet kaybı ortaya çıkar. Bunun için geliştirilen özel sensörler yardımı ile yağa su karıştığını belirleyip, kondensi hemen dışarı otomatik olarak atmak mümkündür. Bu cihazların kullanımı ile büyük bir kar sağlamak mümkündür.
2. Eğer Fuel-oil az ısıtılırsa pülverize olmaz. Eğer Fuel-oil çok ısıtılırsa, bu sefer de dişli yakıt pompalarında kavitasyon yaratıp, pompalara zarar verebilir.
3. Yakıt depoları ve kondens deposuna öne doğru % 1 eğim verilmelidir. Boşaltma musluğu da ön tarafa monte edilmelidir.
4. Yakıt depolarının dolum boruları, dolum sırasında aşırı yakıt buharlaşmasını önlemek için, depo alt seviyesine göre 20-30 cm mesafeye kadar indirilmelidir. Buharlaşan yakıtın bir kısmı havalık borusundan dışarıya kaçacağı için az da olsa kayıp ve tehlike riski vardır.
5. Fuel-oil depolarının ısıtıcıları, depo altından itibaren max. 10 cm yüksekliğe bağlanmalı ve fuel-oil çıkışı alt tarafından olmalıdır.
6. Dişli tip pompa, yağ filtresi, buhar tutucu gibi elemanların kolaylıkla sökülüp, takılabilmeleri için lüzumlu yerlere konik

rakorlar monte edilmeli veya flanşlı bağlantı yapılmalıdır.

7. Fuel-oil depoları 50 mm, kondens tankı 80 mm kalınlıkta cam pamuğu ile izole edilmeli ve üzerleri 0,5 mm galvaniz sac ile kaplanmalıdır.
8. Yakıt borularının bir tamirat anında boşaltılabilmeleri için FPI istasyonu yönünde % 1 eğim verilmeli ve birer adet boşaltma musluğu konulmalıdır.
9. Yakıt dolum borularına yakıt depoları yönünde % 2 eğim verilmelidir.
10. Yakıt depolarının havalık boruları ise cihazlar yönünde % 1-2 eğimli olmalıdır.

2.10.6. Doğal Gaz Hatları

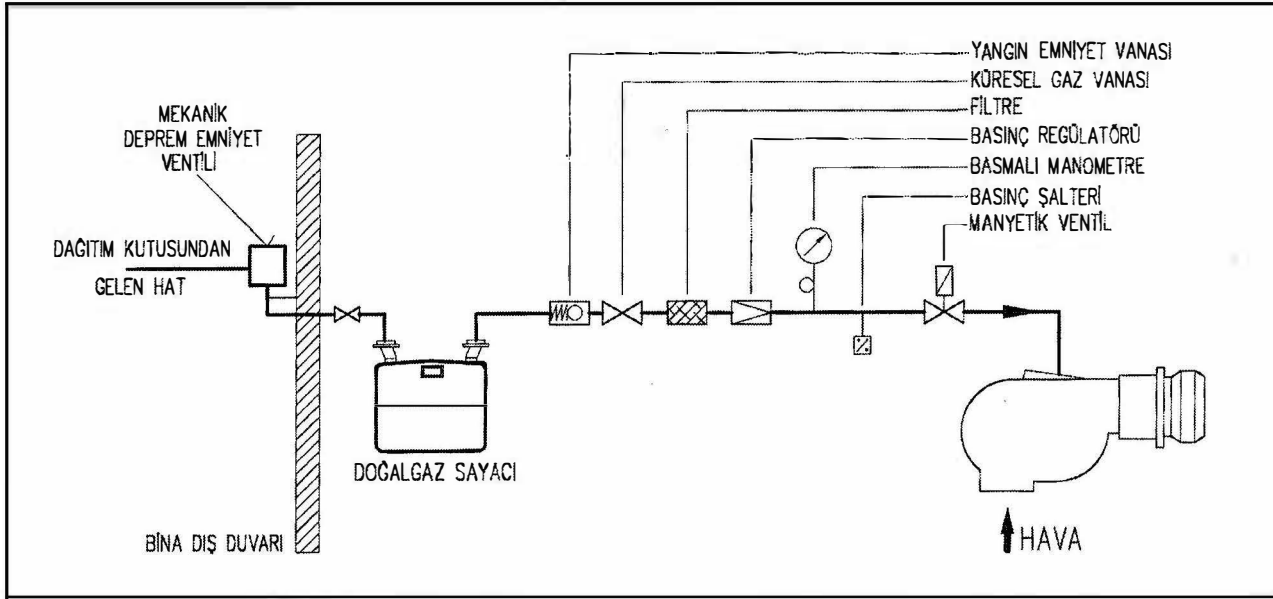
Sistemde doğal gaz yakıldığında, kazan dairesi girişindeki regülatörden itibaren brülöre kadar yapılacak boru hattı ve kontrol elemanları ile doğal gaz brülörü bütün yakıt hattını teşkil eder. Doğal gaz brülörleri için buhar kazanı uygulamalarında sadece üflemlerli tipler kullanılabilir. Kapasiteye göre brülör monoblok veya bek tipinde olabilir. 120 kW kapasiteye kadar brülör tek kademeli manyetik ventille kumanda edilebilir. Bu ventillerde yavaş açma, hızlı kapama özelliği bulunur. Şekil 79'da küçük tesislerdeki bağlantı şeması verilmiştir.

Şekilde görülen basınç regülatörü brülörde istenen basıncı hassas olarak sabit ve sürekli temin eder. Basınç anahtarı, basınç istenen değerin altına düşerse gaz beslemesini keser.

Daha büyük kazanlarda iki kademeli brülör kullanılır. Bu brülörlerde ana manyetik ventilin ayrıca ilk ateşleme ve tam güç konumları bulunur. İlk ateşlemede düşük alevle yanma bu ventille sağlanır. Büyük kapasitelerde oransal kontrollü brülörler de kullanılabilir.

350 kW gücün üstünde gaz hattına, ana kontrol valfinden başka, seri olarak bağlanmış, bir emniyet valfi de konulabilir. Buhar kazanı doğal gaz brülörlerinde basınç, 100 mbar altında alçak basınçta veya 100-400 mbar arası orta basınçta olabilir. Seçilecek basınç doğal gaz idaresinin belirleyeceği aralıktadır. Ancak basınç ne kadar yüksekse, hat maliyeti o denli az olacaktır.

Kazan dairesi girişinde bir emniyet istasyonu teşkil edilmelidir. Bu istasyonda Şekil 80'de görülen elemanlar bulunmalıdır. Bu elemanlardan mekanik deprem emniyeti, deprem riski olan bölgelerde mutlaka kullanılmalıdır. Kazan dairesinde öncelikle doğal havalandırma yapılmalıdır. Bu yeterli düzeyde yapılamıyorsa, aspiratör kullanılmalıdır. Kazan dairesindeki bir gaz dedektörünün ikazı ile tehlike sınırının % 20'sine karşı gelen konsantrasyonda, 1. kademede, aspiratör çalışacak ve uyarı sinyali verilecektir. 2. kademede tehlike sınırının % 40'ına ulaşıldığında exproof aspiratör motoru ve emergency lambaları dışında bütün ışık ve motorlar duracak, gaz beslemesi kesilecektir. Ayrıca alarm verilebilir. Aspiratör kazan dairesi hacmini saatte 10-12 defa değiştirecek kapasitede ve motoru exproof olacaktır.



Şekil 79. DOĞAL GAZ BAĞLANTI ŞEMASI

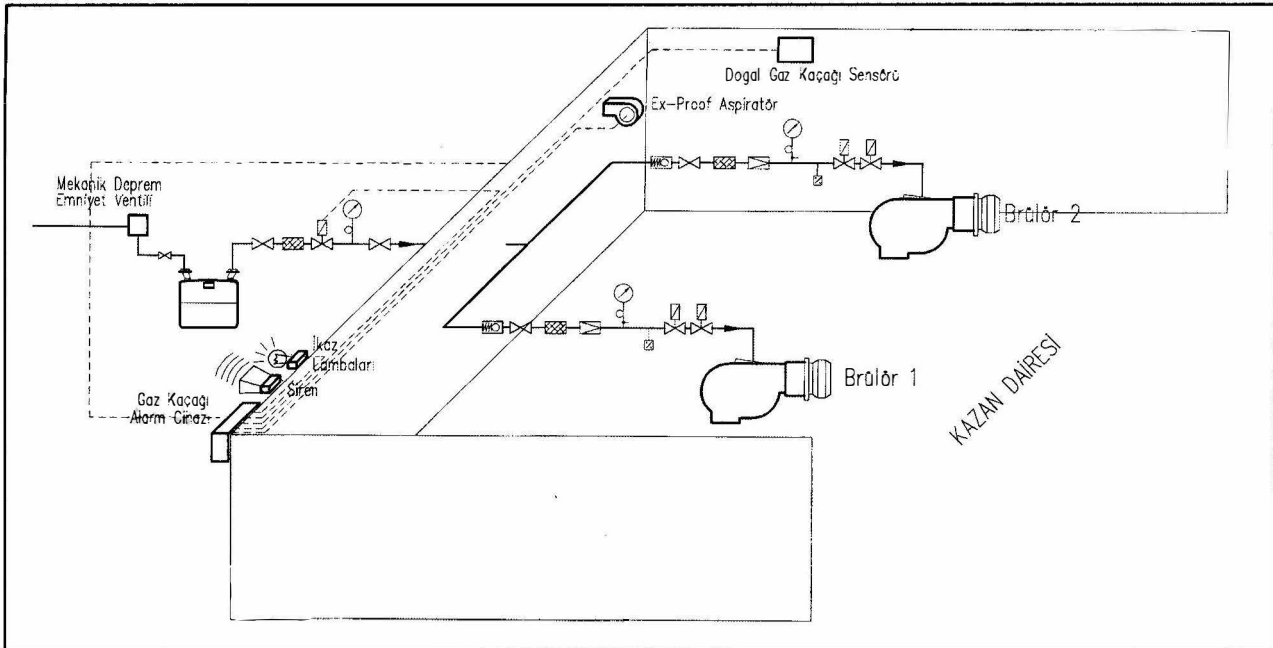
2.11. Kazan Dairesi ve Baca

Grup IV kapsamına giren buhar kazanlarının yerleştirildiği kazan dairelerinde sağlaması gerekli şartlar Almanya'da TRD 403 tarafından tanımlanmıştır. Buna göre öncelikle bu tip kazanlar konut hacimlerinin içine, altına, üstüne veya bitişiğine kurulamazlar. Sosyal hacimlerin ve çalışma hacimlerinin altına, üstüne ve içine yerleştirilemezler. Ancak "Produktkessel" olarak tanımlanan Grup IV kazanlar konut hacimleri ve sosyal hacimlerin altına, üstüne ve bitişiğine yerleştirilebilir. İşyerlerinde ise içine de yerleştirilebilir. İzin verilen yerleşim biçimleri Şekil 81'de şematik olarak gösterilmiştir.

Kazan daireleri yerleşimi Şekil 82, 83 ve 84'te gösterilmiştir.

Buna göre kazan üstünde en az 2 m boşluk bulunmalıdır. Kazanlar arasında veya yan duvardan 1 m boşluk olmalıdır. Bu mesafe kazan armatürlerinden itibaren 80 cm değerindedir. Bakım ve servis için silindirik kazan gövdesi çevresinde en az 0.5 m boşluk olmalıdır. Kazan dairesinin biri dışa açılan en az karşılıklı iki kapısı olmalıdır. Bu kapı 2 m yükseklikte ve 0.6 m genişlikte olmalıdır. Diğer hacimlerden duvarla ayrılmalıdır. İçerisi en fazla 0.5 mbar basınç düşümüne müsaade edecek şekilde havalandırılmalıdır. Kazan dairesinin taban alanının en az % 10 kadar dış duvar (dış havaya açılan) bulunmalıdır.

TRD kurallarına göre, kazan dairesinde bırakılacak havalandırma açıklıkları cm² olarak aşağıda verilmiştir. Açıklık boyut oranları



ŞEKİL 80. DOĞAL GAZ EMNİYET İSTASYONU UYGULAMASI

	TRD 403 Pkt. 4.1 kapsamındaki kazanlar	TRD 403 Pkt. 4.2 kapsamındaki "produktdruckkessel" grubu
KONUTLAR		
SOSYAL BİNALAR		
İŞYERLERİ		

Şekil 81. BİNALARDA KAZAN YERLEŞİMİNE İZİN VERİLEN YERLER

1:2'den büyük olmayacaktır. Ayrıca hesaplanan değerler net açıklık olup, panjur vs kullanılması halinde kesit azalması dikkate alınacaktır. Bu formüllerdeki Q (kW) olarak kazan gücünü ifade etmektedir.

Grup 1 kazanlarda ($Q \leq 2000$ kW):

$$\text{Açıklık} = 300 + (Q-50) \times 2.5 \dots \text{cm}^2$$

Grup 2 kazanlarda (Q 2000 ile 20000 kW arası):

$$\text{Açıklık} = 5175 + (Q-2000) \times 1.75 \dots \text{cm}^2$$

Grup 3 kazanlarda ($Q > 20000$ kW):

$$\text{Açıklık} = 36675 + (Q-20000) \times 0.88 \dots \text{cm}^2$$

2.11.1 Baca

Bacanın görevi yanma ürünü gazları dışarı atmaktır. Aynı zamanda doğal çekişli kazanlarda baca gazların kazanda dolaşması için gerekli çekiş sağlar.

Bu nedenle doğal çekişli kazanlarda baca boyutlandırılmasında, gerekli çekişin sağlanması ve çevre sağlığı olmak üzere iki ana kriter gözönüne alınır. Zorlanmış çekişli bacalarda ise, sadece çevre kirliliği faktörü esas alınır. Ancak sıvı yakıtlı kazanlarda ekonomizör kullanılmadığı sürece baca aspiratörü kullanılmaz; dolayısıyla zorlanmış baca çekişi söz konusu değildir. Modern kazanlarda daha önce sözü edildiği gibi genellikle 2800 d/d karşı basınçlı fanlı brülörler kullanılmaktadır. Böyle kazanlarda yük kayıplarını esas olarak brülörün yarattığı basma gücü sağlar, baca çekişinin önemi azalır. Karşı basınçlı brülör kullanılması halinde kazanda ön duman kutusuna kadar olan yük kayıpları brülör tarafından karşılanır. Baca çekişi sadece dönüş duman boruları, bağlantı kanalları ve bacadaki yük kayıplarını karşılar.

Baca hesabında baca kesiti ve baca yüksekliği olarak iki temel

büyüklik belirlenir. Hesabı kolayca bazı deneysel ifadelerle yapmak mümkünse de, bu ifadeler günümüz kazanları için yeterli değildir. Doğru baca hesabı örneğin DIN 4705'e göre yapılabilir.

Bu hesapta baca çekişi,

$$P_Z \leq P_W + P_A + P_E \text{ olmalıdır.}$$

P_Z : Baca çekişi

P_W : Kazandaki yük kaybı

P_A : Baca kanallarındaki yük kaybı

P_E : Bacadaki yük kaybı

Bu kayıpların hesabı burada verilmeyecektir. Gerekirse, örneğin RECKNAGEL S.596-597 kullanılabilir. Şekil 85'de baca çekişi, sıcaklığı, kazan kapasitesi, baca kesiti ve yüksekliği arasında, ilişkiyi veren bir diyagram görülmektedir.

Buna göre örneğin

$$Q = 58 \text{ kW gücünde kazan için gerekli çekiş} = 26 \text{ N/m}^2,$$

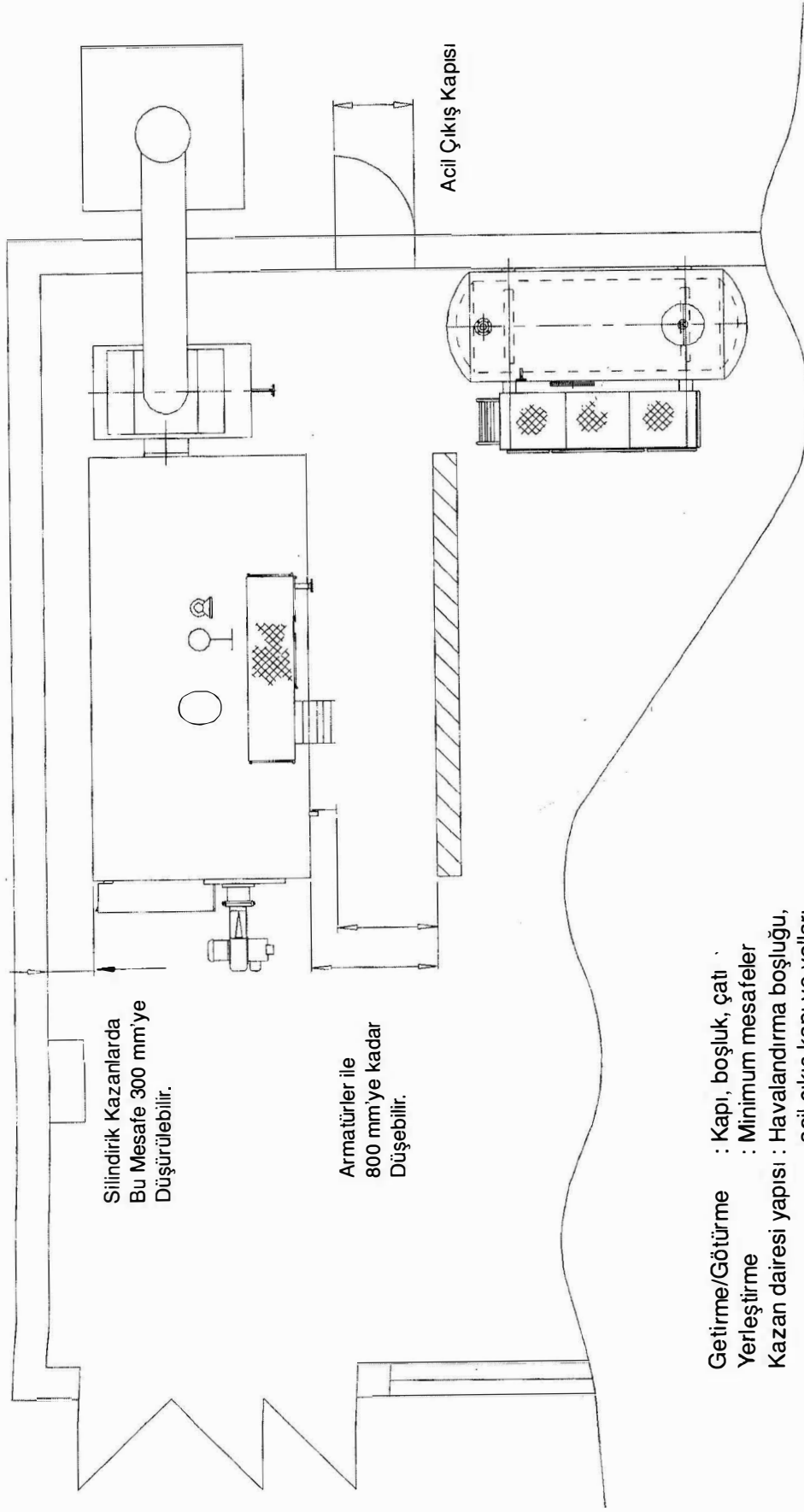
baca yüksekliği,

$$H = 10 \text{ m ve baca sıcaklığı} = 190^\circ \text{C için şekilden baca kesiti}$$

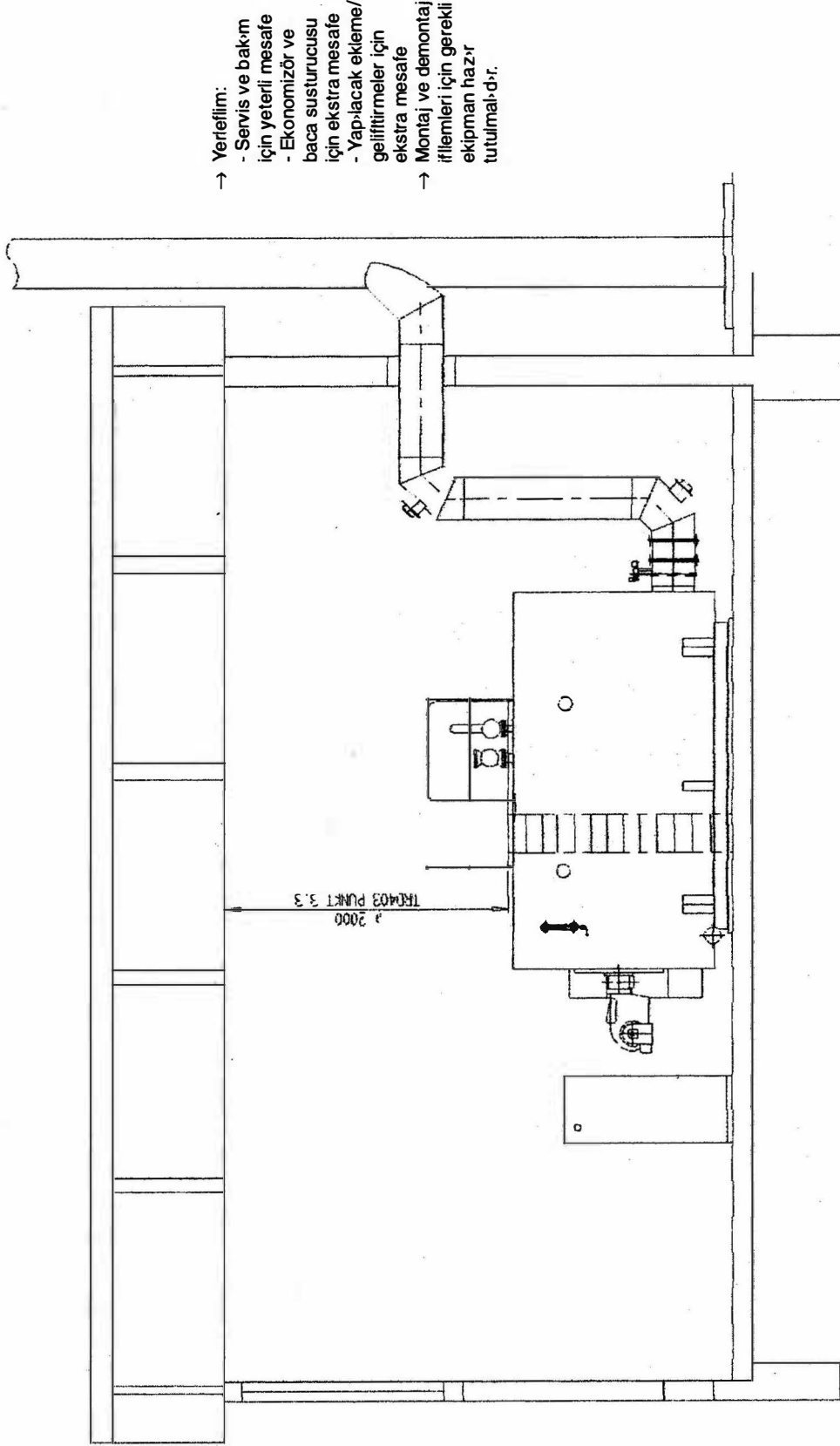
$$A = 0,024 \text{ m}^2 \text{ bulunur (1 mmSS} = 1 \text{ N/m}^2)$$

Başbakanlık Çevre Müsteşarlığı'nca yayınlanan hava kalitesini koruma yönetmeliğine göre de, bacadan atılan zararlı maddelerin miktarına bağlı olarak belirli baca yükseklikleri gereklidir.

Fuel-oil yakılması halinde en belirleyici zararlı duman gazı bileşeni kükürtoksitlerdir. Şekil 86'da verilen diyagramda baca çapı, baca sıcaklığı, duman gazı debisi ve Q/S faktörüne göre; gerekli baca yüksekliği okunabilir. Bu diyagramdaki Q değeri SO_2 yayımı miktarıdır (kg/h). Bu değer baca gazı analizi ile bulunabileceği gibi yakıt içindeki kükürt oranından da yaklaşık olarak bulunabilir. Kullanılan Fuel-oil içinde kükürt oranı % 2 ise, SO_2 ya-

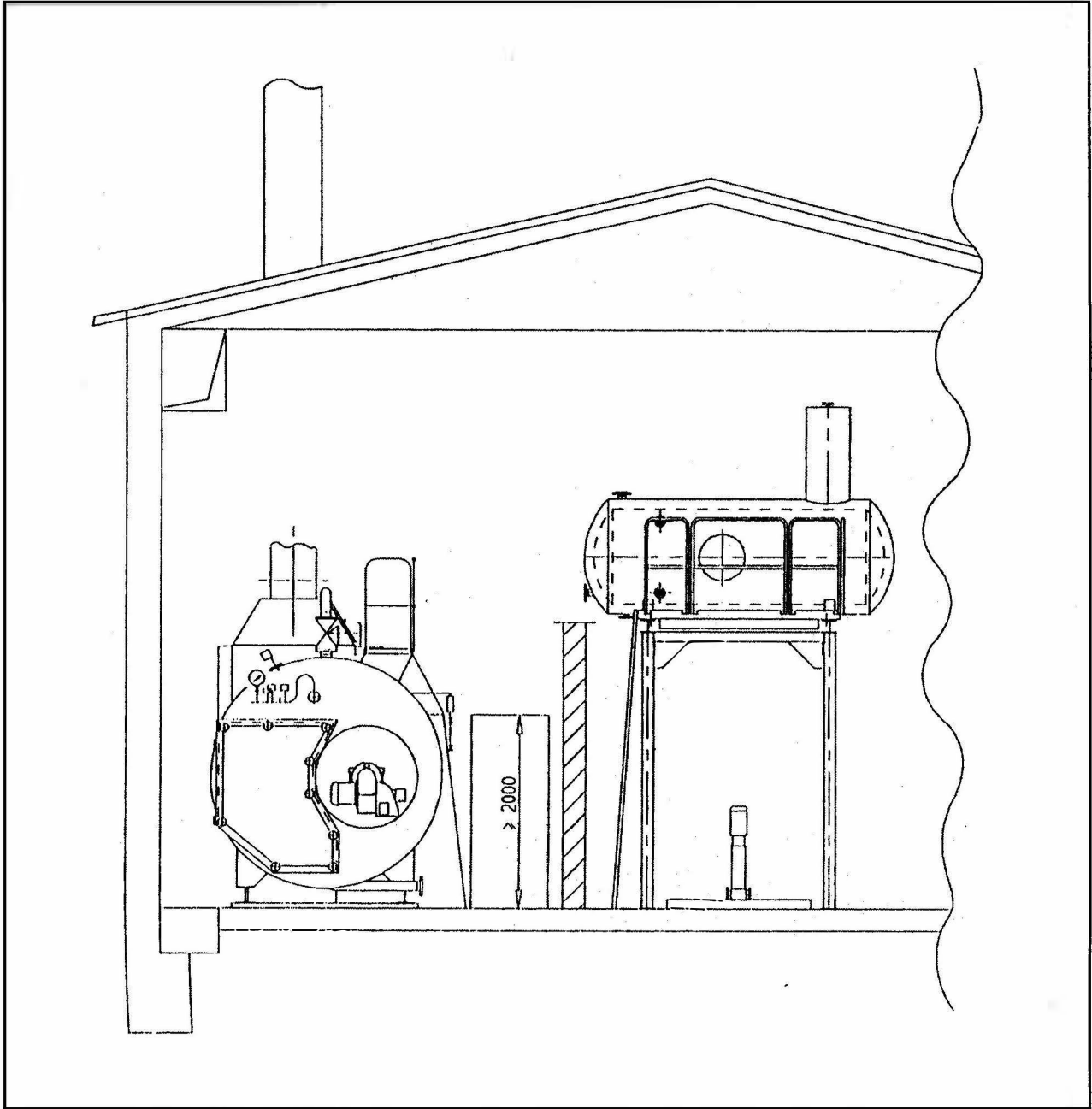


Şekil 82. KAZAN YERLEŞİM PLANI



- Yerleşim:
- Servis ve bakım için yeterli mesafe
 - Ekonomizör ve baca susturucusu için ekstra mesafe
 - Yapılabak eklemeler için ekstra mesafe
- Montaj ve demontaj işlemleri için gerekli ekipman hazır tutulmalıdır.

Şekil 83. KAZAN YERLEŞİMİ YAN KESİTTE

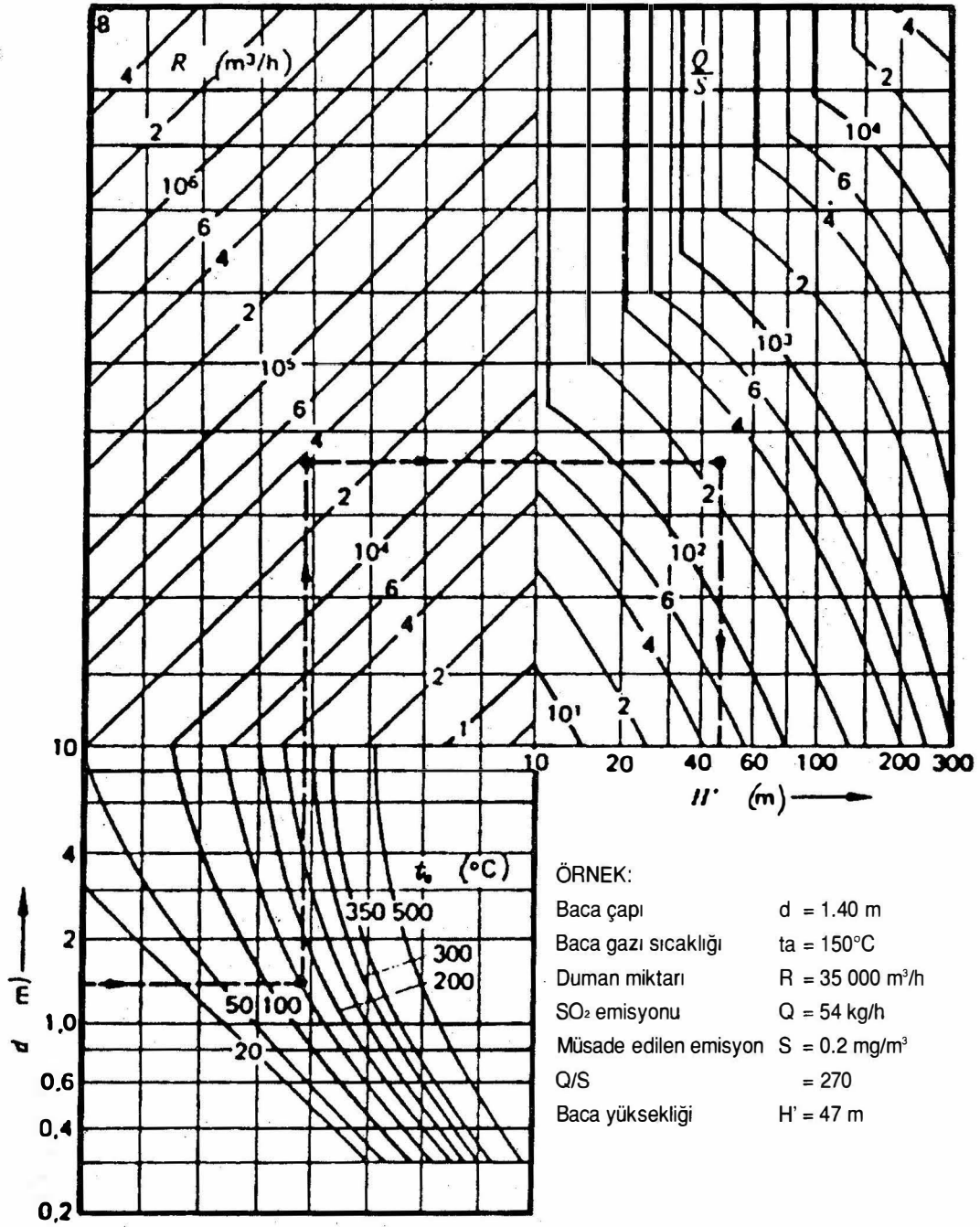


**Şekil 84. KAZAN DAİRESİ YERLEŞİMİ
ÖNDEN KESİTTE**

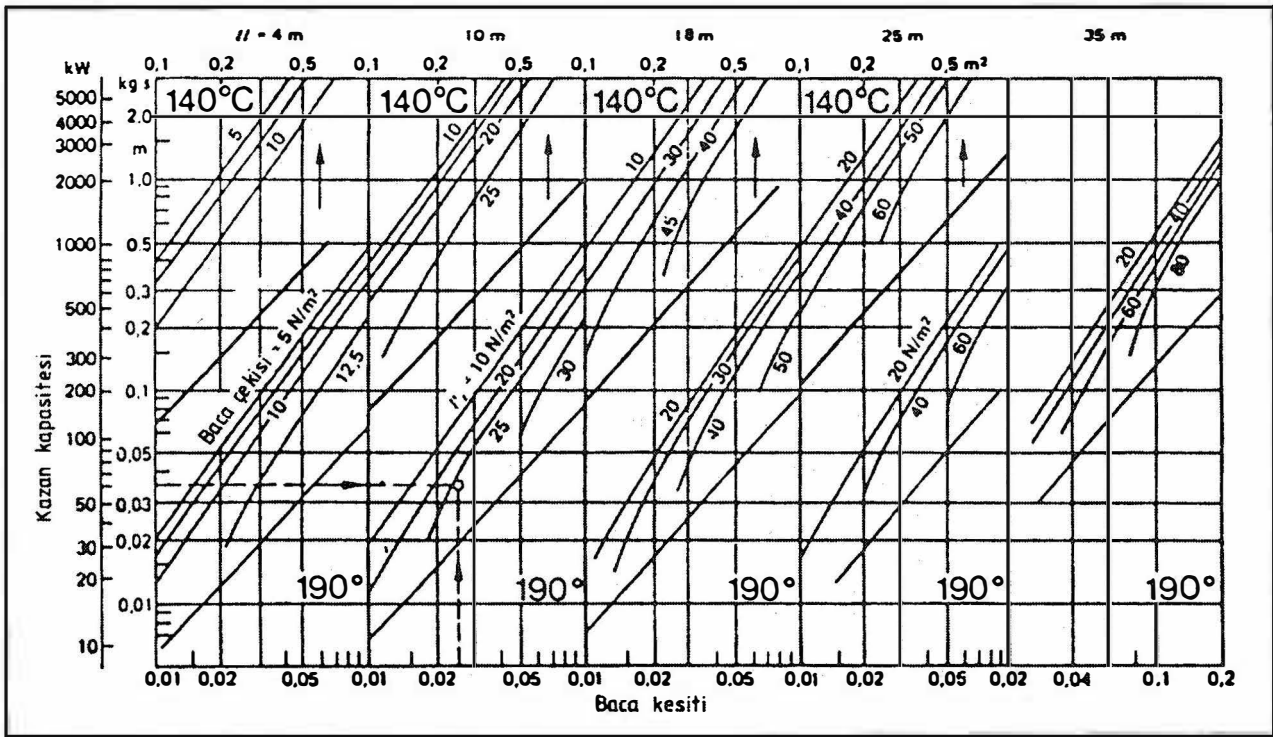
yımı yakılan her kg yakıt için yaklaşık 0.04 kg/kg olacaktır. Dolayısı ile 100 kg/h yakıt yakıldığında Q değeri 4 kg/h bulunur. S değeri ise SO_2 için 0.2 mg/m^3 olarak verilmiştir.

Santral bacaları içi ateş tuğlası örülü olarak kagir yapılabileceği gibi, saçtan da yapılabilir. Saç baca yapıldığında, cam yünü ile izole edilmeli ve beton bir baca içine monte edilmelidir. Beton baca içine, her kazan için bir tane olmak üzere birden fazla saç baca yerleştirilebilir. Beton bacada ayrıca merdiven bulunmalıdır. Baca üzerine yağmur girişini önleyecek bir şapka, paratoner ve gerekli hallerde ikaz ışığı konulur.

Korozyon problemi gözönüne alındığında, ilk yatırım maliyeti pahalı olmasına rağmen, paslanmaz çelik baca önerilebilir.



Şekil 86. ZARARLI MADDE EMİSYONUNA GÖRE BACA YÜKSEKLİĞİ TAYİNİ DİYAGRAMI



Şekil 85. BACA ÇEKİŞİ SICAKLIĞI, KAZAN KAPASİTESİ, BACA KESİTİ VE YÜKSEKLİĞİ ARASINDAKİ İLİŞKİ
(Not: 1 mmSS = 10 N/m²)

3. BUHAR DAĞITIM VE KONDENS GERİ DÖNÜŞ HATTI

Kazan dairesindeki buhar kollektöründen, buharın kullanım yerine kadar olan hatta, buhar dağıtım hattı denir. Bu hat istenilen miktarda ve şartlarda buharı kullanım yerine temin etmelidir. Dağıtım hattında buharın taşınması sırasında ısı kaybı ve bakım gereksinimi minimum olmalıdır. Hatlarda gerekli buhar basıncı ve kapasitesinin belirlenebilmesine yardımcı olmak üzere çeşitli cihazların buhar gereksinimi Tablo 87'de görülmektedir. Tablo 87a'de ise çeşitli yakıtlara göre buhar üretim maliyeti verilmiştir.

Isıtma amaçlı buhar kullanımında buhar basıncı arttıkça ısı transferindeki iyileşmeye bağlı olarak cihaz boyutları küçülür. Aynı şekilde dağıtım borusu çapları küçülür. Buna karşılık gizli buharlaşma ısısının azalması nedeniyle ısı taşıma kabiliyeti azalır, kazan verimi düşer ve kondens kayıp artar, flaş buhar problemleri ortaya çıkar. Basıncın artması sistemin mukavemetinin de artmasını gerektirdiğinden aynı zamanda sistem maliyetini de artırıcı bir rol oynar.

Bu nedenle çözümlerden biri buharı yüksek basınçta taşıyıp, kulla-

nım yerinde istenilen basınca düşürmektir. Ancak bu her zaman doğru değildir. Borudan ve kazandan olan ısı kayıpları gibi başka faktörlerin de gözönüne alınması gerekir. Genel bir kaide olarak sistemdeki basıncın mümkün olan en düşük değerde seçilmesi tavsiye olunur.

Çamaşırhanelerde Buhar Kullanımı

Endüstriyel buhar kullanımı yerlerinden biri çamaşırhanelerdir. Örnek çamaşırhane buhar tesisatı Şekil 88a ve 88b'de birbirinin devamı olarak verilmiştir. Burada kullanılan ana makineler ütü, çamaşır yıkama ve çamaşır kurutma makineleridir. Ütülerin verimli çalışmaları sıcaklık, dolayısıyla buhar basıncıyla orantılıdır. Eski uygulamada 3 bar mertebesinde olan buhar basınçları, modern çamaşırhanelerde 8 bar mertebelerine çıkmıştır. Yüksek basınçlı ütü kondenslerindeki ısı kaybını azaltmak için, bu kondensler çamaşır yıkama makinelerinde kullanılan sıcak suyu ısıtmak için kullanılmaktadır. Böylece kondens soğutulurken, ısı geri kazanılmış olmaktadır. Ütude sıcaklık yükselince makina hızı ve verimi artmaktadır. Yüksek sıcaklıktaki kondens ısı geri kazanma sistemi Şekil 88c'de görülmektedir.

CİHAZ TİPİ	BUHAR BASINCI (atü)	KAPASİTE	BUHAR TÜKETİMİ (kg/h)
Paskara ütü (el ütüsü)	4 - 5		2 - 5
Leke çıkartma makinası	4 - 5		5
Pres ütü	4 - 5		16 - 28
Manken şişirme ütüsü	4 - 5		30
Pantolon şişirme ütüsü	4 - 5		35
Robot ütü	4 - 5		30
Silindir ütü 1.80 m - Ø 60 cm	4 - 5	60 kg çamaşır/h	75
Silindir ütü 2.00 m - Ø 60 cm	4 - 5	75 kg çamaşır/h	100
Silindir ütü 2.00 m - Ø 75 cm	4 - 5	100 kg çamaşır/h	120
Silindir ütü 2.00 m - Ø 75 cm	4 - 5	120 kg çamaşır/h	150
Silindir ütü 2.50 m - Ø 85 cm	4 - 5	200 kg çamaşır/h	200
Silindir ütü 3.00 m - Ø 85 cm	4 - 5	225 kg çamaşır/h	250
Çamaşır yıkama makinası	4 - 5	20 kg çamaşır/h	25
Çamaşır yıkama makinası	4 - 5	40 kg çamaşır/h	35
Çamaşır yıkama makinası	4 - 5	60 kg çamaşır/h	50
Çamaşır yıkama makinası	4 - 5	100 kg çamaşır/h	80
Çamaşır yıkama makinası	4 - 5	150 kg çamaşır/h	100
Jeans yıkama makinası	4 - 5	300 kg çamaşır/h	120
Çamaşır kurutma makinası	4 - 5	20 kg çamaşır/h	25
Çamaşır kurutma makinası	4 - 5	30 kg çamaşır/h	35
Çamaşır kurutma makinası	4 - 5	60 kg çamaşır/h	65
Çamaşır kurutma makinası	4 - 5	100 kg çamaşır/h	110
Çamaşır kurutma makinası	4 - 5	150 kg çamaşır/h	160
Jeans kurutma makinası	4 - 5	160 kg çamaşır/h	400
Kuru temizleme makinası	4 - 5	1 kg çamaşır/h	0,5
Yemek tenceresi	0,5	100 lt	40
Yemek tenceresi	0,5	200 lt	60
Yemek tenceresi	0,5	300 lt	70
Yemek tenceresi	0,5	400 lt	80
Yemek tenceresi	0,5	600 lt	100
Devirmeli yemek tenceresi	0,5	20 lt	20
Devirmeli yemek tenceresi	0,5	40 lt	25
Devirmeli yemek tenceresi	0,5	80 lt	35
Beton kütleme (çelik kalıpta 5 saatte kütleme)	4 - 5	1 m ³ beton/h	100

Tablo 87. ÇEŞİTLİ BUHARLI CİHAZLAR VE PROSESLER İÇİN BUHAR GEREKSİNİMİ

Yakıt	Yakıt Birim Fiyatı	Isıl Değer	1 kg Buhar Üretimi İçin Gereken Isı	Toplam Verim	1 kg Buharın Üretim Maliyeti Sıralaması
	(m_b)	(Hu)	(q)	(h)	[$M_b = m_b q / H_u / h$]
	\$/kg veya \$/m ³	kcal/kg	kcal/kg	-	cent/kg(buhar)
Doğal gaz (sanayi)	0.16	8250	600	%90	1.29
Fuel-oil No:6	0.19	9200	600	%85	1.46
Doğal gaz (konut)	0.23	8250	600	%90	1.86
LPG (dökme)	0.33	11200	600	%90	1.96
Kalorifer yakıtı (No:4)	0.37	9700	600	%85	2.69
LPG (tüplü)	0.63	11000	600	%88	3.90
Elektrik	0.084	860	600	%99	5.92
Motorin	0.88	10200	600	%85	6.09

Tablo 87A. ÇEŞİTLİ YAKITLAR İÇİN 1 KG BUHARIN ÜRETİM MALİYETİ KARŞILAŞTIRMA TABLOSU (ŞUBAT 2000 YAKIT FİYATLARINA GÖRE)

3.1. Doymuş Buhar Borularının Boyutlandırılması

3.1.1. Kazan Dairesindeki ve Kısa Dağıtım Hatlarındaki Buhar Boruları

Verilen bir buhar basıncında istenen buhar miktarının iletebilmesi için uygun bir çap tayin edilmelidir. Gerekenden daha düşük bir çap alındığında yüksek basınç kayıpları, yüksek buhar hızları, gürültü ve aşınma ortaya çıkar. Gerekenden daha büyük çap alındığında ise, tesis maliyeti ve boru ısı kayıpları yükselir. Optimum çapın bulunmasında tavsiye edilen basınç düşümleri veya hız değerlerinden hareket edilir. Kazan dairesi buhar boruları ve kısa buhar hatları çap tayininde hız değerlerinden hareket edilir. Uzun ana buhar hatlarında ise, hesap uygun basınç düşümlerine dayandırılır.

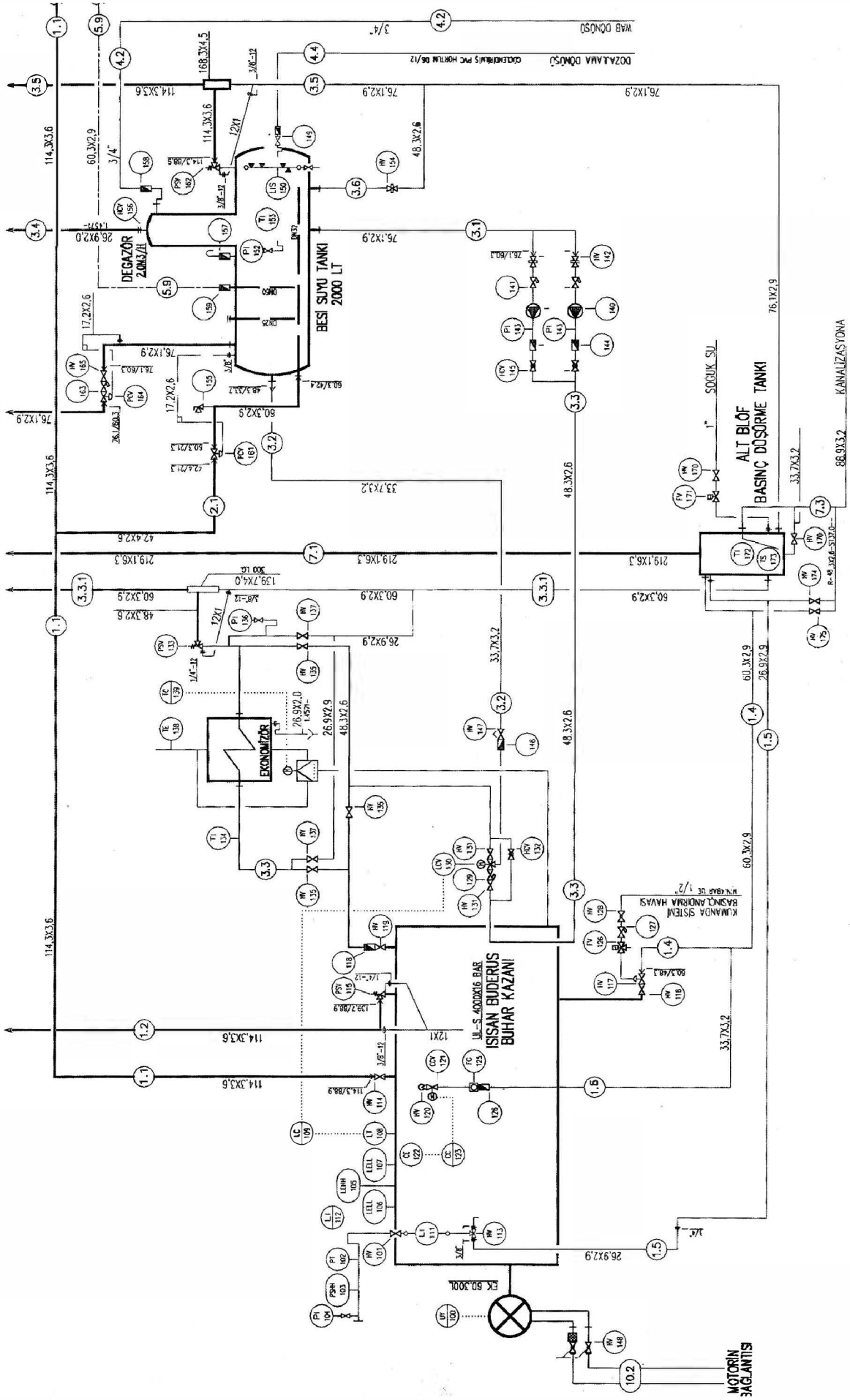
Hıza göre çap tayininde, boru içindeki hız değeri seçilir. Doymuş buhar halinde büyük çaptaki borularda ve yüksek basınçlarda hız 40 m/s değerinde alınabilir. Bu hız enerji santrallerinde ve bazı proses devrelerinde büyük çaplı buhar borularında geçerlidir. Normal kazan dairelerinde kazandan çıkan ana buhar borusunda hız 25 m/s alınabilir. Kazan dairesindeki yakıt tankı, degazör, eşanjör gibi ekipmanlara buhar taşıyan küçük çaplı borularda ise hız 15 m/s alınabilir.

Hız değeri belirlendikten sonra Tablo 89'dan buhar basıncı, hızı ve buhar kapasitesi değerlerinden yararlanarak boru çapı belirlenebilir. Örneğin buhar kapasitesi 2000 kg/h olan 10 bar basınçtaki buhar kazanı ana buhar çıkış hattı çapı belirlenmek istensin. Bu hattaki hız değeri 25 m/s seçilirse, tablodan, 10 bar ve 25 m/s satırında 2000 kg/h debi için seçilebilecek çap 80 mm değerindedir. Söz konusu satırda 2000 değerinden daha büyük olan ilk değer 2205 olup, bu değer 80 mm çap sütunundadır.

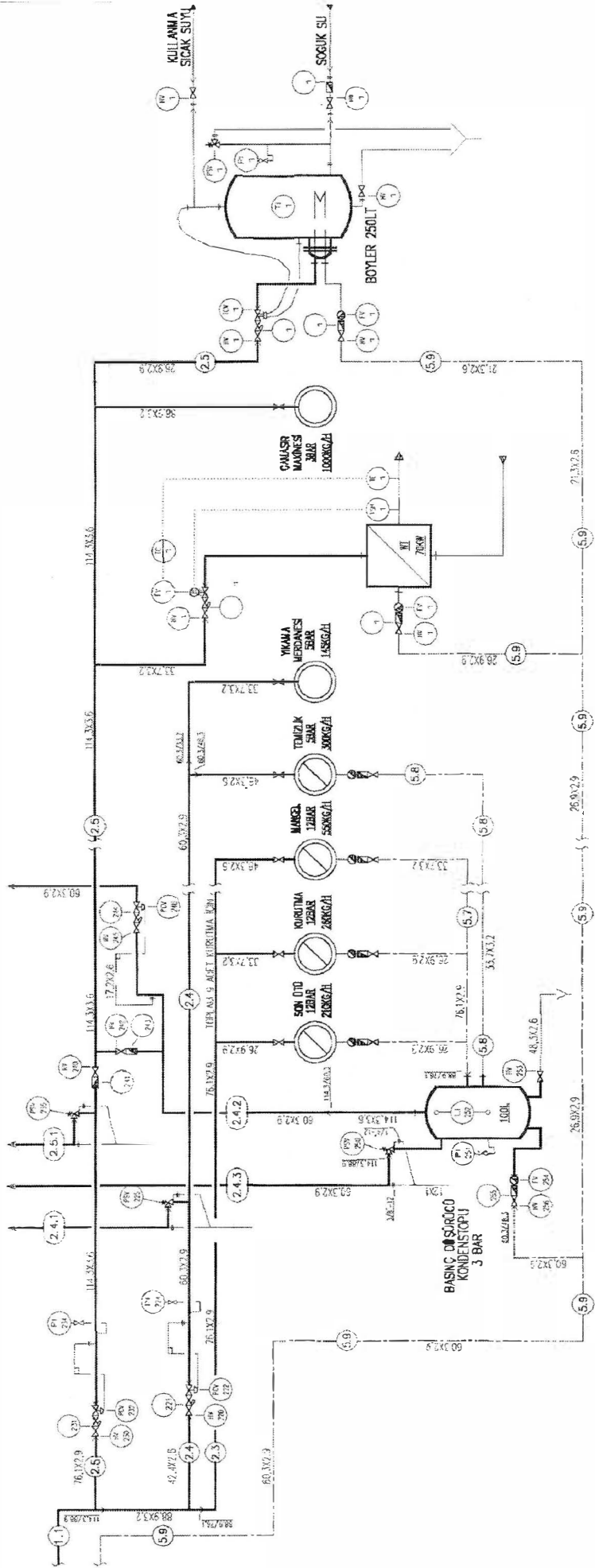
3.1.2. Uzun Buhar Dağıtım Hatları Boru Çapı Hesabı

Burada eş basınç düşümü yöntemi anlatılacaktır. Verilecek bu yöntem bazı kabulleri içerdiğinden yaklaşık bir yöntemdir. Ancak pratik açıdan yeterlidir. Yöntem aşağıda adımlar halinde özetlenmiştir.

- 1- Buhar hattı şematik olarak çizilerek her bölümüne bir numara verilir.
- 2- Bölümlerin uzunlukları ve taşıdıkları buhar debisi işaretlenir.
- 3- Kritik hat belirlenir.
- 4- Başlangıç son basınçları P_s ve P_A (kazan çıkış ve kullanım yeri basınçları) belirlenir.
- 5- P_s ve P_A basıncına karşı gelen P_s ve P_A basınç faktörleri Tablo 90'dan okunur.
- 6- Kritik hat eşdeğer uzunluğu, L bulunur. Bunun için gerçek hat uzunluğuna; kısa sistemlerde (50 m'nin altında) % 20, uzun sistemlerde % 10 mertebesinde özel kayıplar için bir pay ilave edilir.
- 7- $(P_s - P_A)/L = F$ ifadesinden basınç kaybı faktörü bulunur.
- 8- Tablo 91'de en soldaki F sütununda yukarıda bulunan değere en yakın F değeri belirlenir. Aradaki değerlerde küçük olan tercih edilmelidir.
- 9- Belirlenen F değeri satırında sağa gidilerek x debi değerleri içinde 1 no'lu hattaki debi değerine en yakın ve en büyük değer bulunur. Bu debinin bulunduğu sütun başındaki boru çapı, arandılan çaptır.
- 10- Sıra ile kritik buhar hattındaki bütün boru çapları Madde 9'da anlatılan şekilde belirlenir.
- 11- Kritik hat dışındaki hatların boyutlandırılmasında; ayırım noktasına K , hesaplanan hattın son noktasına B denilirse $F_{KB} = F \cdot L_{KA} / L_{KB}$ şeklinde bu hat için olan F_{KB} basınç kaybı faktörü bulunur. Burada L_{KA} , K ve A noktaları arasındaki; L_{KB} , K ve B noktaları arasındaki eşdeğer mesafedir.
- 12- F_{KB} değeri ile $K-B$ hattı daha önce anlatıldığı şekilde boyutlandırılır. Herhangi bir borudaki hız bulunmak istenirse, 1- Tablo 91'de söz konusu boru çapının bulunduğu sütunda x buhar debisi değeri, o borudaki buhar debisine en yakın olanı bulunur.
- 2- Aynı kutuda bulunan y hız faktörü okunur.
- 3- Tablo 90'dan P_s basıncındaki buhar yoğunluğu okunur.
- 4- Gerçek hız = $y.p$

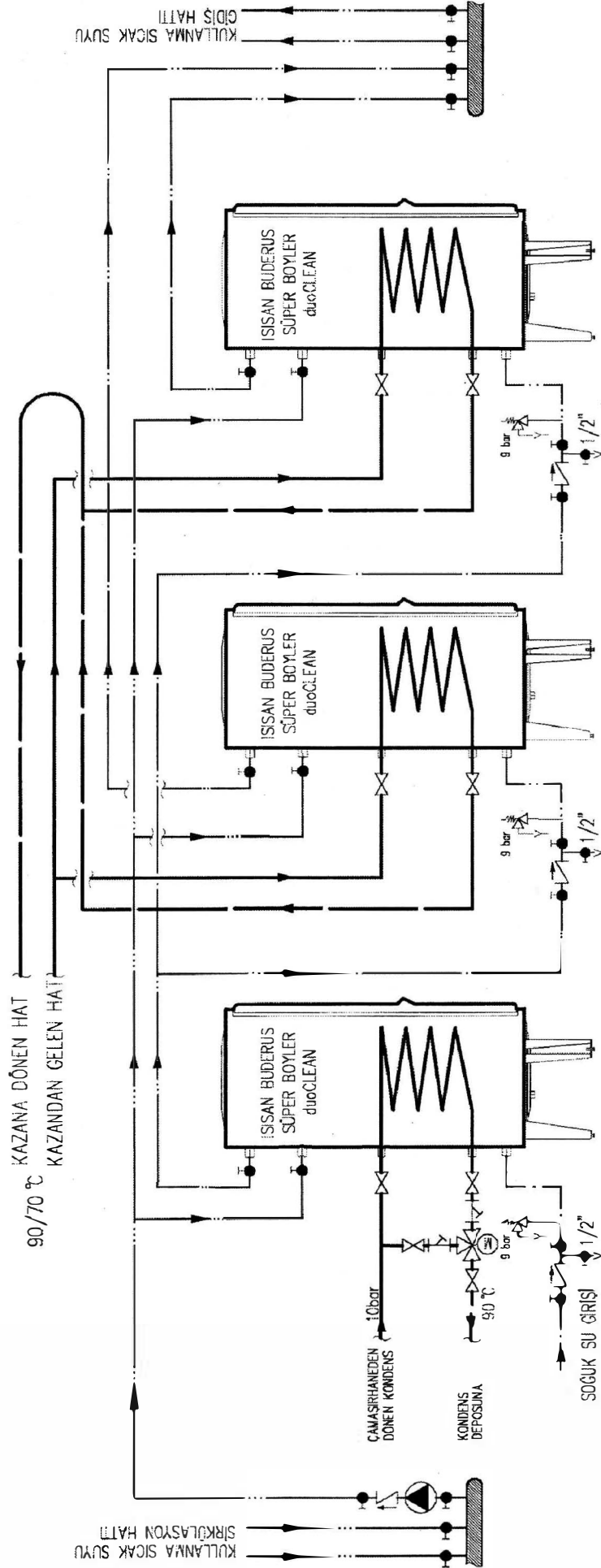


Tablo 88A. ÇAMAŞIRHANE BUHAR ŞEMASI



1.1 ANA BİHAR HATTI	118 ÇEKVALF	135 KAPAMA VANASI	175 MÜFLU VANA	246 Fİ-PASS VANASI
1.2 FANET VENTİL-KAZAN EMNET HATTI	119 KAPAMA VANASI	136 MANOMETRE	176 MÜFLU VANA	247 EMNET VENTİL
1.3 FANET VENTİL-KAZAN EMNET HATTI	120 KAPAMA VANASI	137 KAPAMA VANASI	177 MÜFLU VANA	248 EMNET VENTİL
1.4 FANET VENTİL-KAZAN EMNET HATTI	121 KAPAMA VANASI	138 DİRENÇ TERMOSTATI	178 MÜFLU VANA	249 EMNET VENTİL
1.5 SO SEVİ BÖLGE BASINÇ HATTI	122 MÜFLU BÖL VENTİL	139 BİRENCİ TERMOSTAT	179 MÜFLU VANA	250 EMNET VENTİL
1.6 KAZAN SU YAKIĞA HATTI	123 EMNET VENTİL	140 BİRENCİ TERMOSTAT	180 MÜFLU VANA	251 EMNET VENTİL
1.7 KAZAN SU YAKIĞA HATTI	124 EMNET VENTİL	141 BİRENCİ TERMOSTAT	181 MÜFLU VANA	252 EMNET VENTİL
1.8 KAZAN SU YAKIĞA HATTI	125 EMNET VENTİL	142 BİRENCİ TERMOSTAT	182 MÜFLU VANA	253 EMNET VENTİL
1.9 KAZAN SU YAKIĞA HATTI	126 EMNET VENTİL	143 BİRENCİ TERMOSTAT	183 MÜFLU VANA	254 EMNET VENTİL
2.1 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	127 EMNET VENTİL	144 BİRENCİ TERMOSTAT	184 MÜFLU VANA	255 EMNET VENTİL
2.2 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	128 EMNET VENTİL	145 BİRENCİ TERMOSTAT	185 MÜFLU VANA	256 EMNET VENTİL
2.3 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	129 EMNET VENTİL	146 BİRENCİ TERMOSTAT	186 MÜFLU VANA	257 EMNET VENTİL
2.4 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	130 EMNET VENTİL	147 BİRENCİ TERMOSTAT	187 MÜFLU VANA	258 EMNET VENTİL
2.5 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	131 EMNET VENTİL	148 BİRENCİ TERMOSTAT	188 MÜFLU VANA	259 EMNET VENTİL
2.6 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	132 EMNET VENTİL	149 BİRENCİ TERMOSTAT	189 MÜFLU VANA	260 EMNET VENTİL
2.7 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	133 EMNET VENTİL	150 BİRENCİ TERMOSTAT	190 MÜFLU VANA	261 EMNET VENTİL
2.8 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	134 EMNET VENTİL	151 BİRENCİ TERMOSTAT	191 MÜFLU VANA	262 EMNET VENTİL
2.9 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	135 EMNET VENTİL	152 BİRENCİ TERMOSTAT	192 MÜFLU VANA	263 EMNET VENTİL
3.1 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	136 EMNET VENTİL	153 BİRENCİ TERMOSTAT	193 MÜFLU VANA	264 EMNET VENTİL
3.2 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	137 EMNET VENTİL	154 BİRENCİ TERMOSTAT	194 MÜFLU VANA	265 EMNET VENTİL
3.3 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	138 EMNET VENTİL	155 BİRENCİ TERMOSTAT	195 MÜFLU VANA	266 EMNET VENTİL
3.4 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	139 EMNET VENTİL	156 BİRENCİ TERMOSTAT	196 MÜFLU VANA	267 EMNET VENTİL
3.5 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	140 EMNET VENTİL	157 BİRENCİ TERMOSTAT	197 MÜFLU VANA	268 EMNET VENTİL
4.1 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	141 EMNET VENTİL	158 BİRENCİ TERMOSTAT	198 MÜFLU VANA	269 EMNET VENTİL
4.2 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	142 EMNET VENTİL	159 BİRENCİ TERMOSTAT	199 MÜFLU VANA	270 EMNET VENTİL
4.3 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	143 EMNET VENTİL	160 BİRENCİ TERMOSTAT	200 MÜFLU VANA	271 EMNET VENTİL
4.4 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	144 EMNET VENTİL	161 BİRENCİ TERMOSTAT	201 MÜFLU VANA	272 EMNET VENTİL
4.5 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	145 EMNET VENTİL	162 BİRENCİ TERMOSTAT	202 MÜFLU VANA	273 EMNET VENTİL
4.6 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	146 EMNET VENTİL	163 BİRENCİ TERMOSTAT	203 MÜFLU VANA	274 EMNET VENTİL
4.7 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	147 EMNET VENTİL	164 BİRENCİ TERMOSTAT	204 MÜFLU VANA	275 EMNET VENTİL
4.8 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	148 EMNET VENTİL	165 BİRENCİ TERMOSTAT	205 MÜFLU VANA	276 EMNET VENTİL
4.9 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	149 EMNET VENTİL	166 BİRENCİ TERMOSTAT	206 MÜFLU VANA	277 EMNET VENTİL
5.1 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	150 EMNET VENTİL	167 BİRENCİ TERMOSTAT	207 MÜFLU VANA	278 EMNET VENTİL
5.2 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	151 EMNET VENTİL	168 BİRENCİ TERMOSTAT	208 MÜFLU VANA	279 EMNET VENTİL
5.3 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	152 EMNET VENTİL	169 BİRENCİ TERMOSTAT	209 MÜFLU VANA	280 EMNET VENTİL
5.4 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	153 EMNET VENTİL	170 BİRENCİ TERMOSTAT	210 MÜFLU VANA	281 EMNET VENTİL
5.5 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	154 EMNET VENTİL	171 BİRENCİ TERMOSTAT	211 MÜFLU VANA	282 EMNET VENTİL
5.6 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	155 EMNET VENTİL	172 BİRENCİ TERMOSTAT	212 MÜFLU VANA	283 EMNET VENTİL
5.7 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	156 EMNET VENTİL	173 BİRENCİ TERMOSTAT	213 MÜFLU VANA	284 EMNET VENTİL
5.8 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	157 EMNET VENTİL	174 BİRENCİ TERMOSTAT	214 MÜFLU VANA	285 EMNET VENTİL
5.9 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	158 EMNET VENTİL	175 BİRENCİ TERMOSTAT	215 MÜFLU VANA	286 EMNET VENTİL
6.1 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	159 EMNET VENTİL	176 BİRENCİ TERMOSTAT	216 MÜFLU VANA	287 EMNET VENTİL
6.2 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	160 EMNET VENTİL	177 BİRENCİ TERMOSTAT	217 MÜFLU VANA	288 EMNET VENTİL
6.3 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	161 EMNET VENTİL	178 BİRENCİ TERMOSTAT	218 MÜFLU VANA	289 EMNET VENTİL
6.4 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	162 EMNET VENTİL	179 BİRENCİ TERMOSTAT	219 MÜFLU VANA	290 EMNET VENTİL
6.5 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	163 EMNET VENTİL	180 BİRENCİ TERMOSTAT	220 MÜFLU VANA	291 EMNET VENTİL
6.6 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	164 EMNET VENTİL	181 BİRENCİ TERMOSTAT	221 MÜFLU VANA	292 EMNET VENTİL
6.7 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	165 EMNET VENTİL	182 BİRENCİ TERMOSTAT	222 MÜFLU VANA	293 EMNET VENTİL
6.8 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	166 EMNET VENTİL	183 BİRENCİ TERMOSTAT	223 MÜFLU VANA	294 EMNET VENTİL
6.9 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	167 EMNET VENTİL	184 BİRENCİ TERMOSTAT	224 MÜFLU VANA	295 EMNET VENTİL
7.1 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	168 EMNET VENTİL	185 BİRENCİ TERMOSTAT	225 MÜFLU VANA	296 EMNET VENTİL
7.2 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	169 EMNET VENTİL	186 BİRENCİ TERMOSTAT	226 MÜFLU VANA	297 EMNET VENTİL
7.3 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	170 EMNET VENTİL	187 BİRENCİ TERMOSTAT	227 MÜFLU VANA	298 EMNET VENTİL
7.4 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	171 EMNET VENTİL	188 BİRENCİ TERMOSTAT	228 MÜFLU VANA	299 EMNET VENTİL
7.5 BİRENCİ SU YAKIĞA HATTI	172 EMNET VENTİL	189 BİRENCİ TERMOSTAT	229 MÜFLU VANA	300 EMNET VENTİL

Tablo 88B. ÇAMAŞIRHANE BUHAR ŞEMASI (Devam)



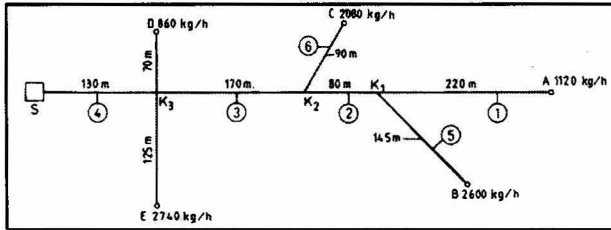
Tablo 88C. ÇAMAŞIRHANELERDE, YÜKSEK SICAKLIKTAKİ DÖNEN KONDENS ENERJİ GERİ KAZANIMI
(SERİ BAĞLI ÖN BOYLER UYGULAMASI)

Basınç Bar	Hız m/s	BUHAR KAPASİTESİ (kg/h)														
		BORU ÇAPI (mm)														
		15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	
0.4	15	7	14	24	37	52	99	145	213	394	648	917	1606	2590	3678	
	25	10	25	40	62	92	162	265	384	675	972	1457	2806	4101	5936	
	40	17	35	64	102	142	265	403	576	1037	1670	2303	4318	6909	9500	
0.7	15	7	16	25	40	59	109	166	250	431	680	1006	1708	2791	3852	
	25	12	25	45	72	100	182	287	430	716	1145	1575	2816	4629	6204	
	40	18	37	68	106	167	298	428	630	1108	1712	2417	4532	7251	10323	
1.0	15	8	17	29	43	65	112	182	260	470	694	1020	1864	2814	4045	
	25	12	26	48	72	100	193	300	445	730	1160	1660	3099	4869	6751	
	40	19	39	71	112	172	311	465	640	1150	1800	2500	4815	7333	10370	
2.0	15	12	25	45	70	100	182	280	410	715	1125	1580	2814	4545	6277	
	25	19	43	70	112	162	295	428	656	1215	1755	2520	4815	7425	10575	
	40	30	64	115	178	275	475	745	1010	1895	2925	4175	7678	11997	16796	
3.0	15	16	37	60	93	127	245	385	535	925	1505	2040	3983	6217	8743	
	25	26	56	100	152	225	425	632	910	1580	2480	3440	6779	10269	14316	
	40	41	87	157	250	357	595	1025	1460	2540	4050	5940	10476	16470	22950	
4.0	15	19	42	70	108	156	281	432	635	1166	1685	2460	4618	7121	10358	
	25	30	63	115	180	270	450	742	1080	1980	2925	4225	7866	12225	17304	
	40	49	116	197	295	456	796	1247	1825	3120	4940	7050	12661	19663	27816	
5.0	15	22	49	87	128	187	352	526	770	1295	2105	2835	5548	8586	11947	
	25	36	81	135	211	308	548	885	1265	2110	3540	5150	8865	14268	20051	
	40	59	131	225	338	495	855	1350	1890	3510	5400	7870	13761	23205	32244	
6.0	15	26	59	105	153	225	425	632	925	1555	2525	3400	6654	10297	14328	
	25	43	97	162	253	370	658	1065	1520	2530	4250	6175	10629	17108	24042	
	40	71	157	270	405	595	1025	1620	2270	4210	6475	9445	16515	27849	38697	
8.0	15	32	70	126	190	285	475	800	1125	1990	3025	4540	8042	12625	17728	
	25	54	122	205	320	465	810	1260	1870	3240	5220	7120	13140	21600	33210	
	40	84	192	327	510	730	1370	2065	3120	5135	8395	12470	21247	33669	46858	
10.0	15	41	95	155	250	372	626	1012	1465	2495	3995	5860	9994	16172	22713	
	25	66	145	257	405	562	990	1530	2205	3824	6295	8995	15966	25860	35890	
	40	104	216	408	615	910	1635	2545	3600	6230	9880	14390	26621	41011	57560	
14.0	15	50	121	205	310	465	810	1270	1870	3220	5215	7390	12921	20538	29016	
	25	85	195	331	520	740	1375	2080	3120	5200	8500	12560	21720	35139	47128	
	40	126	305	555	825	1210	2195	3425	4735	8510	13050	18630	35548	54883	76534	

Tablo 89. BORU ÇAPI SEÇME TABLOSU

ifadesinden borudaki yaklaşık buhar hızı bulunur.

Örnek,



$P_S = 6.6$ bar için Tablo 90'dan $P_S = 51.05$

$P_A = 3$ bar için Tablo 90'dan $P_A = 14.76$

Eşdeğer uzunluk,

$L = (130 + 170 + 80 + 220) \cdot 1,10 + 660$ m

Basınç kaybı faktörü,

$F = (51.05 - 14.76) / 660 = 0.055$

Tablo 91'den

$F = 0.055$ değeri ile kritik devre için aşağıdaki tabloda verilen değerler okunur.

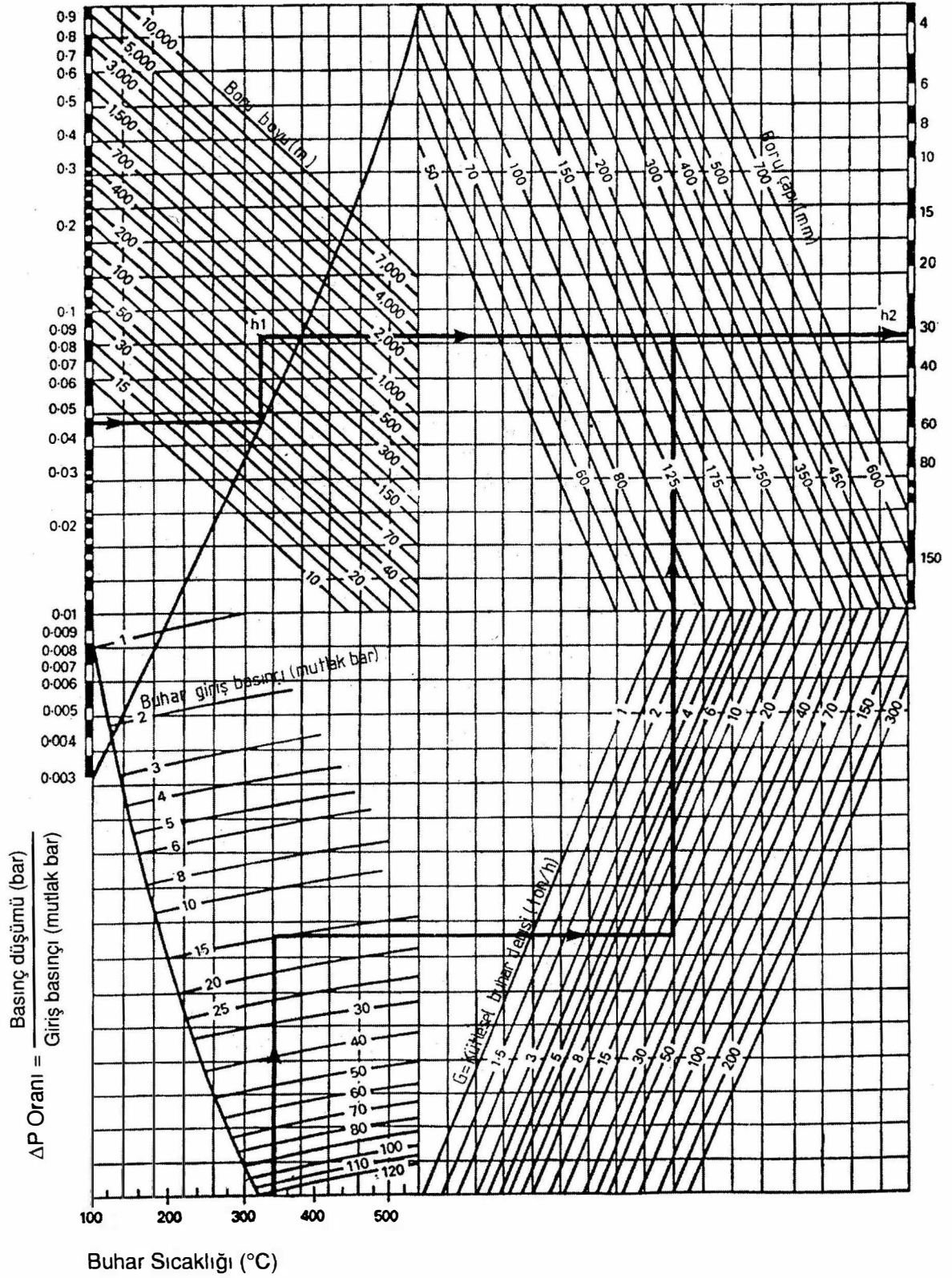
Yukarıdaki şekilde görülen devrenin boru çapı hesabı ile sadece 4 numaralı borudaki buhar hızının hesabı istenmektedir. Merkezdeki kazan işletme basıncı $P_S = 6.6$ bar (atü) ve kullanım yerindeki buhar basıncı $P_A = 3$ bar (atü) değerlerindedir. Kritik hat 1, 2, 3, 4 hattıdır.

Boru numarası	Boru (m)	Gerçek buhar debisi (kg/h)	Gözönüne alınan buhar debisi (kg/h)	Boru çapı (DN)
1	220	1120	1231	65
2	80	3720	4413	100
3	170	5800	8042	125
4	130	9400	13044	150

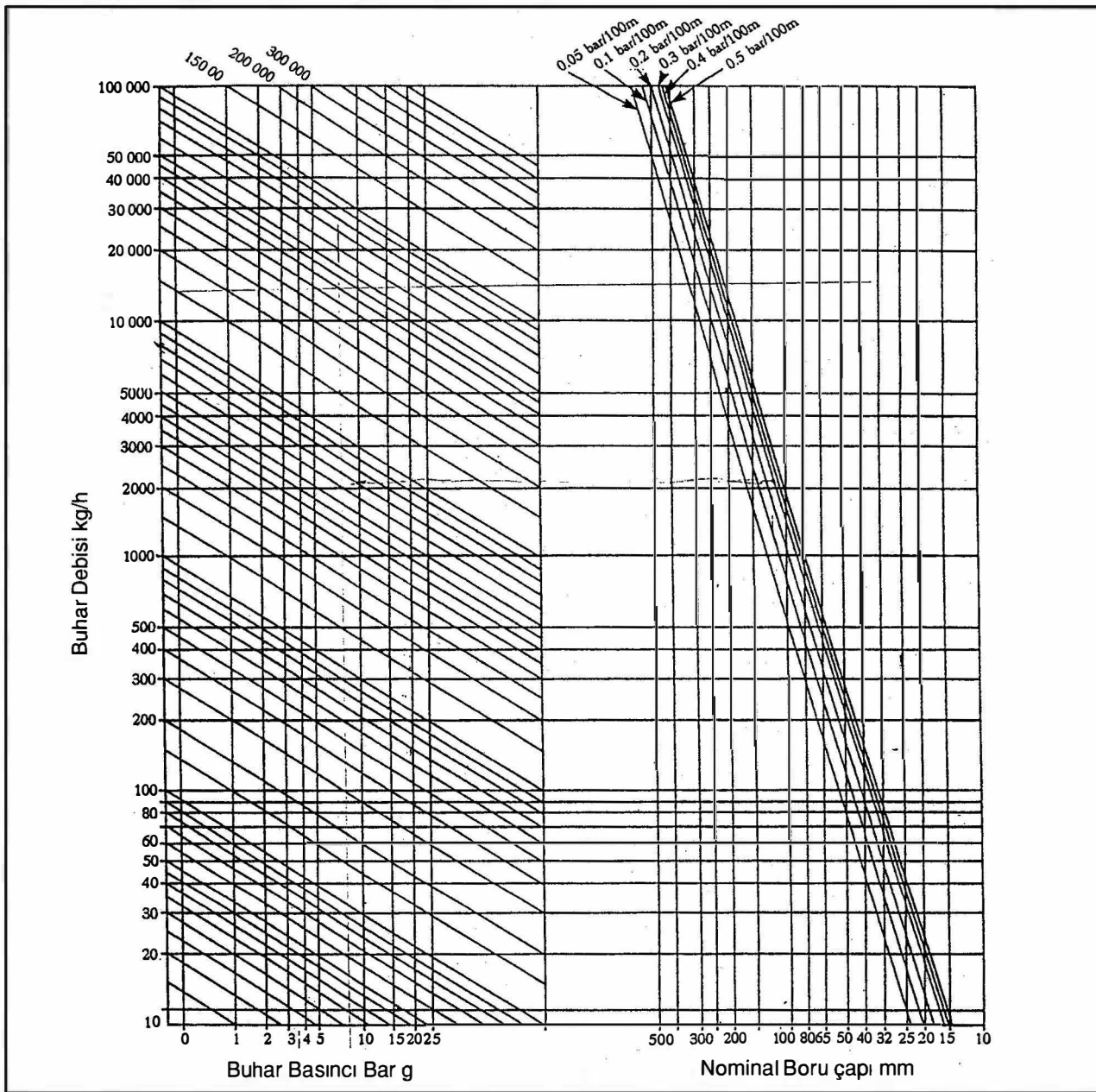
Mutfak Basıncı (bar)	Hacim (m ³ /kg)	Basıncı Faktörü	İzafi Basıncı (bar)	Hacim (m ³ /kg)	Basıncı Faktörü	İzafi Basıncı (bar)	Hacim (m ³ /kg)	Basıncı Faktörü
0.05	28.192	0.0301	2.15	0.576	9.309	7.70	0.222	66.31
0.10	14.674	0.0115	2.20	0.568	9.597	7.80	0.219	67.79
0.15	10.022	0.0253	2.25	0.560	9.888	7.90	0.217	69.29
0.20	7.649	0.0442	2.30	0.552	10.18	8.00	0.215	70.80
0.25	6.204	0.0681	2.35	0.544	10.48	8.10	0.212	72.33
0.30	5.229	0.0970	2.40	0.536	10.79	8.20	0.210	73.88
0.35	4.530	0.1308	2.45	0.529	11.10	8.30	0.208	75.44
0.40	3.993	0.1694	2.50	0.522	11.41	8.40	0.206	77.02
0.45	3.580	0.2128	2.55	0.515	11.72	8.50	0.204	78.61
0.50	3.240	0.2610	2.60	0.509	12.05	8.60	0.202	80.22
0.55	2.964	0.3140	2.65	0.502	12.37	8.70	0.200	81.84
0.60	2.732	0.3716	2.70	0.496	12.70	8.80	0.198	83.49
0.65	2.535	0.4340	2.75	0.489	13.03	8.90	0.196	85.14
0.70	2.365	0.5010	2.80	0.483	13.37	9.00	0.194	86.81
0.75	2.217	0.5727	2.85	0.477	13.71	9.10	0.192	88.50
0.80	2.087	0.6489	2.90	0.471	14.06	9.20	0.191	90.90
0.85	1.972	0.7298	2.95	0.466	14.41	9.30	0.189	91.92
0.90	1.869	0.8153	3.00	0.461	14.76	9.40	0.187	93.66
0.95	1.777	0.9053	3.10	0.451	15.48	9.50	0.185	95.41
1.013	1.673	1.025	3.20	0.440	16.22	9.60	0.184	97.18
İzafi Basıncı			3.30	0.431	16.98	9.70	0.182	98.62
0	1.673	1.025	3.40	0.422	17.75	9.80	0.182	100.75
0.05	1.601	1.126	3.50	0.413	18.54	9.90	0.179	102.57
0.10	1.533	1.230	3.60	0.405	19.34	10.00	0.177	104.40
0.15	1.471	1.339	3.70	0.396	20.16	10.20	0.174	108.10
0.20	1.414	1.453	3.80	0.389	21.00	10.40	0.172	111.87
0.25	1.361	1.572	3.90	0.381	21.85	10.60	0.169	115.70
0.30	1.312	1.694	4.00	0.374	22.72	10.80	0.166	119.59
0.35	1.268	1.822	4.10	0.367	23.61	11.00	0.163	123.54
0.40	1.225	1.953	4.20	0.361	24.51	11.20	0.161	127.56
0.45	1.186	2.090	4.30	0.355	25.43	11.40	0.158	131.64
0.50	1.149	2.230	4.40	0.348	26.36	11.60	0.156	135.78
0.55	1.115	2.375	4.50	0.342	27.32	11.80	0.153	139.98
0.60	1.083	2.525	4.60	0.336	28.38	12.00	0.151	144.25
0.65	1.051	2.679	4.70	0.330	29.27	12.20	0.149	148.57
0.70	1.024	2.837	4.80	0.325	30.27	12.40	0.147	152.96
0.75	0.997	2.999	4.90	0.320	31.39	12.60	0.145	157.41
0.80	0.971	3.166	5.00	0.315	32.32	12.80	0.143	161.92
0.85	0.946	3.338	5.10	0.310	33.37	13.00	0.141	166.50
0.90	0.923	3.514	5.20	0.305	34.44	13.20	0.139	171.13
0.95	0.901	3.694	5.30	0.301	35.52	13.40	0.135	175.83
1.00	0.881	3.878	5.40	0.296	36.62	13.60	0.133	180.58
1.05	0.860	4.067	5.50	0.292	37.73	13.80	0.132	185.40
1.10	0.841	4.260	5.60	0.288	38.86	14.00	0.130	190.29
1.15	0.823	4.458	5.70	0.284	40.01	14.20	0.128	195.23
1.20	0.806	4.660	5.80	0.280	41.17	14.40	0.127	200.23
1.25	0.788	4.866	5.90	0.276	42.35	14.60	0.125	205.30
1.30	0.773	5.076	6.00	0.272	43.54	14.80	0.124	210.42
1.35	0.757	5.291	6.10	0.269	44.76	15.00	0.122	215.61
1.40	0.743	5.510	6.20	0.265	45.98	15.20	0.121	220.86
1.45	0.728	5.734	6.30	0.261	47.23	15.40	0.119	226.17
1.50	0.714	5.961	6.40	0.258	48.48	15.60	0.118	231.54
1.55	0.701	6.193	6.50	0.255	49.76	15.80	0.117	236.97
1.60	0.689	6.429	6.60	0.252	51.05	16.00	0.115	242.46
1.65	0.677	6.670	6.70	0.249	52.36	16.20	0.114	248.01
1.70	0.665	6.915	6.80	0.246	53.68	16.40	0.113	253.62
1.75	0.654	7.164	6.90	0.243	55.02	16.60	0.111	259.30
1.80	0.643	7.417	7.00	0.240	56.38	16.80	0.110	265.03
1.85	0.632	7.675	7.10	0.237	57.75	17.00	0.109	270.83
1.90	0.622	7.937	7.20	0.235	59.13	17.20	0.108	276.69
1.95	0.612	8.203	7.30	0.232	60.54	17.40	0.107	282.60
2.00	0.603	8.473	7.40	0.229	61.96	17.60	0.106	288.58
2.05	0.594	8.748	7.50	0.227	63.39	17.80	0.105	294.62
2.10	0.585	9.026	7.60	0.224	64.84	18.00	0.104	300.72

Tablo 90. BORU BOYUTLANDIRMADA BASINÇ FAKTÖRLERİ

		Boru Çapı															
F		15 mm 1/2"	20 mm 3/4"	25 mm 1"	32 mm 1 1/4"	40 mm 1 1/2"	50 mm 2"	65 mm 2 1/2"	80 mm 3"	100 mm 4"	125 mm 5"	150 mm 6"	175 mm 7"	200 mm 8"	225 mm 9"	250 mm 10"	
0.00016	x						30.40	55.41	90.72	199.1	360.4	598.2	890.0	1275	1755	2329	
	y						4.30	4.86	5.55	6.82	7.90	9.16	10.50	10.94	11.94	12.77	
0.00020	x					16.18	34.32	62.77	103.0	225.6	407.0	662.0	1005	1437	1966	2623	
	y					3.96	4.85	5.51	6.31	7.72	8.92	10.13	11.34	12.33	13.37	14.38	
0.00025	x				10.84	17.92	38.19	69.31	113.2	249.9	450.3	735.5	1108	1678	2183	2904	
	y				3.74	4.39	5.40	6.08	6.92	8.56	9.87	11.26	12.51	14.40	14.85	15.92	
0.00030	x				11.95	19.31	41.83	75.85	124.1	271.2	491.9	804.5	1209	1733	2390	3172	
	y				4.13	4.73	5.92	6.65	7.60	9.29	10.79	12.31	13.65	14.87	16.26	17.39	
0.00035	x			6.86	12.44	20.59	43.76	80.24	130.01	285.3	519.2	845.3	1279	1823	2497	3346	
	y			3.88	4.30	5.04	6.21	7.04	7.96	9.77	11.38	12.94	14.44	15.64	17.00	18.34	
0.00045	x		3.62	7.94	14.56	23.39	50.75	92.68	150.9	333.2	604.6	979.7	1478	2118	2913	3884	
	y		3.54	4.49	5.03	5.73	7.18	8.13	9.24	11.42	13.26	15.00	16.63	18.18	19.82	21.29	
0.00055	x		4.04	8.99	16.18	26.52	57.09	103.8	170.8	373.1	674.2	1101	1663	2382	3281	4338	
	y		3.96	5.09	5.59	6.49	8.08	9.10	10.46	12.78	14.78	16.85	18.77	20.44	22.32	23.78	
0.00065	x		4.46	9.56	17.76	29.14	62.38	113.8	186.7	409.8	739.9	1207	1823	2595	3597	4781	
	y		4.37	5.41	6.13	7.14	8.82	9.98	11.43	14.04	16.22	18.48	20.58	22.27	24.47	26.21	
0.00075	x		4.87	10.57	19.31	31.72	68.04	124.1	203.2	445.9	804.5	1315	1977	2836	3908	5172	
	y		4.77	5.98	6.67	7.77	9.62	10.88	12.44	15.28	17.64	20.13	22.32	24.34	26.59	28.35	
0.00085	x		5.52	11.98	21.88	35.95	77.11	140.7	230.2	505.4	911.8	1490	2240	3215	4429	5861	
	y		5.41	6.78	7.56	8.80	10.91	12.34	14.09	17.32	19.99	22.81	25.29	27.59	30.13	32.13	
0.00100	x	1.96	5.84	12.75	23.50	38.25	81.89	148.6	245.2	539.4	968.5	1579	2403	3383	4707	6228	
	y	4.10	5.72	7.21	8.12	9.37	11.58	14.03	15.01	18.48	21.24	24.17	27.13	29.03	32.02	34.14	
0.00125	x	2.10	6.26	13.57	24.96	40.72	87.57	159.8	261.8	577.9	1038	1699	2544	3634	5035	6655	
	y	4.39	6.13	7.68	8.62	9.97	12.39	14.02	16.03	19.80	22.76	26.01	28.72	31.19	34.26	36.48	
0.00150	x	2.39	7.35	15.17	28.04	45.97	98.84	179.3	295.1	652.8	1172	1908	2896	4019	5531	7493	
	y	5.00	7.20	8.58	9.68	11.26	13.98	15.72	18.07	22.37	25.70	29.21	32.69	35.11	38.31	41.08	
0.00175	x	2.48	7.51	16.30	29.61	49.34	103.4	188.8	311.1	686.5	1270	2017	3046	4291	5921	7852	
	y	5.19	7.36	9.22	10.23	12.08	14.63	16.56	19.05	23.52	27.85	30.88	34.39	36.83	40.28	43.04	
0.0020	x	2.84	8.58	18.63	33.83	56.39	118.2	215.8	355.5	784.6	1451	2305	3482	4904	6767	8974	
	y	5.94	8.40	10.54	11.68	13.81	16.72	18.93	21.77	26.88	31.82	35.28	39.31	42.09	46.04	49.19	
0.0025	x	3.16	9.48	20.75	37.25	61.30	132.0	240.5	391.3	881.7	1556	2456	3819	5422	7544	10090	
	y	6.61	9.29	11.74	12.86	15.01	18.67	21.09	23.96	30.21	34.12	38.97	43.11	46.53	51.33	55.31	
0.0030	x	3.44	10.34	22.5	40.45	66.66	143.4	262.0	429.8	924.4	1701	2767	4183	6068	8275	11033	
	y	7.20	10.13	12.73	13.97	16.33	20.29	22.98	26.32	32.29	37.30	42.36	47.22	52.08	56.30	60.48	
0.0040	x	4.17	12.50	26.97	48.55	80.91	173.1	313.8	514.9	1128	2040	3330	5051	7208	9905	13240	
	y	8.73	12.25	15.26	16.77	19.82	24.49	27.52	31.53	38.65	44.73	50.97	57.02	61.86	67.39	72.58	
0.0050	x	4.71	14.12	30.40	54.92	90.23	196.1	354.0	578.6	1275	2305	3727	5757	8189	11278	14858	
	y	9.86	13.83	17.20	18.97	20.10	27.74	31.05	35.43	43.68	50.54	57.05	64.76	70.28	76.73	81.45	
0.0060	x	5.25	15.69	35.80	60.13	99.05	215.3	392.3	647.3	1412	2250	4148	6277	9072	12406	16476	
	y	10.99	15.37	20.26	20.83	24.26	30.53	34.41	39.63	48.38	55.92	63.50	70.86	77.86	84.04	90.82	
0.0080	x	6.08	18.34	39.23	70.12	116.2	251.5	456.0	750.3	1648	2976	4879	7355	10543	14417	19173	
	y	12.72	17.97	22.20	24.22	28.46	35.58	40.00	45.95	56.46	65.26	74.69	83.03	90.48	98.09	105.1	
0.0100	x	6.86	20.64	44.13	79.44	130.4	283.9	514.9	845.9	1863	3334	5492	8336	11867	16280	21576	
	y	14.36	20.22	24.97	27.44	31.94	40.16	45.16	51.80	63.83	73.11	84.07	94.11	101.8	110.8	118.28	
0.0125	x	7.35	22.20	47.28	81.00	140.1	302.1	547.3	901.9	1983	3589	5867	8844	12697	17426	23074	
	y	15.38	21.75	26.75	27.98	34.31	42.74	48.00	55.22	67.94	78.70	89.81	99.84	109.0	118.5	126.5	
0.0150	x	8.27	25.00	53.33	96.62	157.2	342.0	620.6	1020	2230	4045	6620	10022	14251	19584	25974	
	y	17.31	24.49	30.18	33.03	38.50	43.38	54.43	62.46	76.40	88.70	101.3	113.1	122.3	133.2	142.4	
0.0175	x	8.58	26.39	55.78	100.4	165.6	360.4	665.1	1073	2360	4291	6994	10512	15017	20595	27461	
	y	17.95	25.85	31.56	34.68	40.65	50.99	48.34	65.70	80.52	94.09	107.1	118.7	128.9	140.1	150.5	
0.020	x	9.80	30.16	63.75	114.7	189.3	411.9	760.1	1226	2697	4904	7993	12014	17163	23538	31384	
	y	20.51	29.55	36.07	39.62	46.36	58.27	66.67	75.01	92.41	107.5	122.3	135.6	147.3	160.01	172.0	
0.025	x	10.99	33.48	70.73	127.3	209.8	459.7	834.6	1367	2970	5422	8817	13296	19332	26357	34750	
	y	23.00	32.80	40.02	43.97	51.39	65.03	73.20	83.70	101.7	118.9	135.0	150.1	165.9	179.3	190.5	
0.030	x	12.00	36.78	77.23	137.9	229.9	501.1	919.4	1480	3264	5884	9792	14481	20917	28595	37697	
	y	25.11	36.03	43.70	47.63	56.31	70.89	80.64	90.62	111.8	129.0	149.9	163.5	179.5	194.5	206.6	
0.040	x	14.46	44.16	93.17	169.2	279.5	600.7	1093	1790	3923	7710	11622	17457	25254	34571	45604	
	y	30.26	43.23	52.72	58.44	68.46	84.98	95.87	109.6	134.4	155.9	177.9	197.1	216.7	235.2	250.0	
0.050	x	16.43	49.53	104.4	191.2	313.8	676.7	1231	2020	4413	8042	13044	19370	28441	39229	51489	
	y	34.38	48.52	59.08	66.04	76.86	95.73	108.0	123.7	151.2	176.3	199.7	218.7	244.1	266.9	282.3	
0.06	x	18.14	52.96	115.7	210.8	343.2	750.3	1373	2231	4855	8827	14368	21282	31384	43152	57373	
	y	37.96	51.88	65.47	72.81	84.06	106.1	120.4	136.6	166.3	193.5	219.9	240.2	269.3	293.6	314.5	
0.08	x	21.08	62.28	134.8	245.2	402.1	872.8	1594	2599	5688	10249	16672	24518	36532			
	y	44.11	61.02	76.28	86.69	98.49	123.5	139.8	159.1	194.9	224.7	255.2	276.8	313.5			
0.10	x	24.03	70.12	152.0	277.0	456.0	980.7	1804	2942	6424	11524	18879	27461				
	y	50.29	68.70	86.01	95.67	111.7	138.7	158.2	180.1	220.1	252.7	289.0	310.0				
0.12	x	25.99	77.48	167.7	306.5	500.2	1079	1986	3236	7110	12700	20841					
	y	54.39	75.91	94.90	105.9	122.5	152.6	174.2	198.1	243.6	278.5						
0.15	x	28.50	84.13	183.9	334.2	551.7	1195	2161	3494	7769							
	y	59.64	82.42	104.1	115.4	135.1	169.0	189.5	213.9	266.2							
0.20	x	34.32	102.0	220.7	402.1	622.0	1427	2599	4217	9317							
	y	71.82	99.93	124.9	138.9	162.1	201.9	228.0	258.2	319.2							
0.25	x	37.72	112.7	245.2	447.9	735.5	1565	2876	4668								
	y	78.94	110.4	138.7	154.7	180.1	221.4	252.3	285.8								
0.30	x	41.37	122.7	266.6	487.3	804.5	1710	3126	5057								
	y	86.58	120.2	150.9	168.3	197.0	241.9	274.2	309.6								
0.35	x	43.34	128.7	283.2	514.9	841.0	1802	3261									
	y	90.70	126.1	160.2	177.8												



Şekil 92. BÜYÜK ÇAPLI VE KIZGIN BUHAR BORU BOYUTLANDIRMA DİYAGRAMI



Şekil 93. BUHAR HATLARINDA BASINÇ KAYIPLARI

Kritik Devre Dışındaki Kollar:

K_B kolunda $L_{KA} = 220$ m, $L_{KB} = 145$ m ve $F = 0.055$ değerleri ile $F_{KB} = 0.083$ bulunur. Tablo 38'de $F_{KB} = 0.080$ değeri ve debi 2600 kg/h için $x = 2599$ uygundur. Buna göre boru çapı DN 80 okunur. Kritik devre dışındaki kollar için aşağıdaki tablo düzenlenmiştir.

Kol adı	Uzunluğu (m)	F değeri	Gerçek debi (kg/h)	Göz önüne alınan debi (kg/h)	Boru çapı (DN)
K_1B	145	0.083	2600	2599	80
K_2C	90	0.183	2080	2161	65
K_3C	70	0.369	860	841	40
K_4E	125	0.206	2740	2599	65

4 Numaralı Borudaki Buhar Hızı Hesabı:

Tablo 91'de DN 150 boru çapı sütununda gerçek buhar debisi 9400 kg/h değerine yakın değerler 8817 ve 9792 olup, bunlara karşı gelen hız faktörü y değerleri 135 ve 149.9'dur. Enterpolasyonla 9400 için y değeri 143.9 bulunur.

Tablo 90'da $P_g = 6.6$ için, $\rho = 0.252$ m³/kg okunur.

Gerçek hız = $0,252 \cdot 143,9 = 36,2$ m/s bulunur.

3.1.3. Basınç Düşümüne Göre Boru Çapı Hesabı

Kızgın buhar, yüksek basınçlı buhar ve uzun boru hatlarında, eğer tek ana buhar dağıtım borusu varsa, yani kolları ayrılarak dallanma meydana getirmiyorsa, Şekil 92 ve Şekil 93'ten yararlanılabilir. Bu diyagramlara dayanarak boru çapı belirlenmesinde

özgül basınç düşümü veya basınç düşüm oranlarından yararlanılır.

Şekil 92 kızgın buhar boruları için hazırlanmıştır. Söz konusu boru hattında müsaade edilen basınç düşümünün, hatta girişteki basınca oranı belirlenmesi gereken ana parametredir. Bu parametre belirlendiğinde, diğer verilerden yararlanarak çap bulunabilir.

Örneğin 14 bar basınçta ve 340°C sıcaklıkta 20 t/h debisinde buhar taşıyan bir boru halinde, boru uzunluğu 300 m ve müsaade edilen basınç düşümü 0.675 bar ise, önce

Basınç oranı = Basınç düşümü/Giriş basıncı (mutlak), bulunur.

Giriş basıncı mutlak olarak 14 + 1 = 15 bar olduğuna göre,

Basınç oranı = 0.675/15 = 0.045 bulunur. Diyagramda bu noktadan sağa gidilip, koyu çizgi ile kesim noktasından yukarı çıkılır ve boru boyu 300 m ile kestirilir. Buradan geçen yatay doğru ile diyagramda görülen sıcaklık, basınç ve debi değerlerinden gelen dik doğrunun kesim noktası aranan çap değerini verir. Bu değer örnekte DN 200'dür. Bu borudaki buhar hızı ise sağdan 31 m/s olarak okunur.

Şekil 93 doymuş buhar için hazırlanmıştır. Şekil 93'den yararlanılmak istendiğinde ise, 100 m boruda izin verilen basınç düşümü değeri öncelikle seçilmelidir. Bu değer küçük çaplı borular için 0.4 bar/100 m, büyük çaplı borular için 0.1 bar/100 m alınabilir. Daha sonra buhar basıncı, buhar debisi bilgileriyle gerekli çap değeri şekilden okunur.

3.2. Kondens Hattı Boyutlandırması

Kondens miktarı rejim halinde cihazlara beslenen buhara eşittir. Ana buhar hatlarında oluşan kondens ise, ilk ısınma sırasında oluşan kondens ile rejim halindeki ısı kayıpları nedeniyle oluşan kondensin toplamına eşittir. Ana buhar hattında ilk ısınma sırasında oluşan kondens miktarı,

$$Q = W \cdot (T - t) \cdot C / L$$

ifadesiyle bulunabilir. Burada Q (kg) oluşacak kondens miktarı, T (°C) buhar sıcaklığı, t (°C) ortam sıcaklığı, C çelik özgül ısı (0.49 kJ/kg °C), L (kJ/kg) buharlaşma gizli ısıdır. Tablo 94'da çeşitli çaptaki boruların, flanş ve flanşlı vanaların ağırlıkları verilmiştir.

Buna göre 150 mm çapında 5 flanş ve 1 vana taşıyan buhar

Boru çapı (mm)	Boru ağırlığı (kg)	Flanş çifti ağırlığı (kg)	Flanşlı vana ağırlığı (kg)
15	1.5	2.84	4.08
20	2.2	2.95	6.80
25	3.0	3.06	9.53
32	4.5	4.54	12.2
40	5.2	4.99	18.1
50	6.7	7.03	27.2
65	8.9	9.30	40.9
80	11.2	12.0	54.4
100	14.9	16.1	90.7
150	24.5	31.3	159

Tablo 94. BORU, FLANŞ, VANA AĞIRLIKLARI

borusunda, basınç 10 bar ve ilk sıcaklık 10°C ise ilk ısınmada oluşan kondens miktarı 107.5 kg bulunur. Bu hesapta 10 bar buhar basıncı için sıcaklık, T = 184 °C ve L = 2000 kJ/kg değerleri kullanılmalıdır.

Rejim halinde borulardan olan ısı kaybı pratik olarak,

$$Q = E \cdot I \cdot 3,6 / (L \cdot 4)$$

ifadesiyle bulunabilir. Burada E birim uzunluktaki borudan olan ısı kaybı olup, Şekil 127'den alınır. I efektif boru uzunluğu, L yine buharlaşma gizli ısıdır.

Kondens hattı kondestoplardan sonraki hatlardır. Kondenstoptan önceki kısa hatta basınç cihazdaki buhar basıncına eşittir ve çap kondens miktarına göre, aşağıdaki tablodan seçilir. Bu tablo ilk ısınmadaki fazla kondens miktarını göz önüne almaktadır. Sürtünme kaybı olarak 1.4 mbar/m değeri esas alınmıştır.

Kondenstoptan sonraki hatta kondens geri dönüş biçimine göre iki farklı tip akışkan bulunabilir:

Çap (mm)	15	20	25	32	40	50	65	80	100
Kondens (kg/h)	110	250	470	1020	1550	3000	6050	9350	19000

A.Su - flaş buhar

Buhar kapanından (kondenstop) geçen sıvı haldeki kondens yüksek basınçta. Bu sıvı buhar kapanının orifisinde dönüş basıncına açılır ki, bu basınç atmosferik basınç civarındadır. Dönüş basıncı veya karşı basınç kondens hattının nereye açıldığına bağlıdır. Bu hat bir besi deposuna, kondens toplama kabına veya flaş tankına açılabilir. Basıncıdaki ani düşme nedeniyle sıvının bir kısmı buharlaşır. Dolayısıyla rejim halinde, yani kondens hattı ısındıktan sonra, dönüş hattında su ve buhardan oluşan iki fazlı bir akışkan akışı söz konusudur. Boruda buhar daha fazla hacim kaplar. Bu boruların boyutlandırılması teorik olarak güç bir problem oluşturur. Genellikle deneysel verilerden hareket edilir.

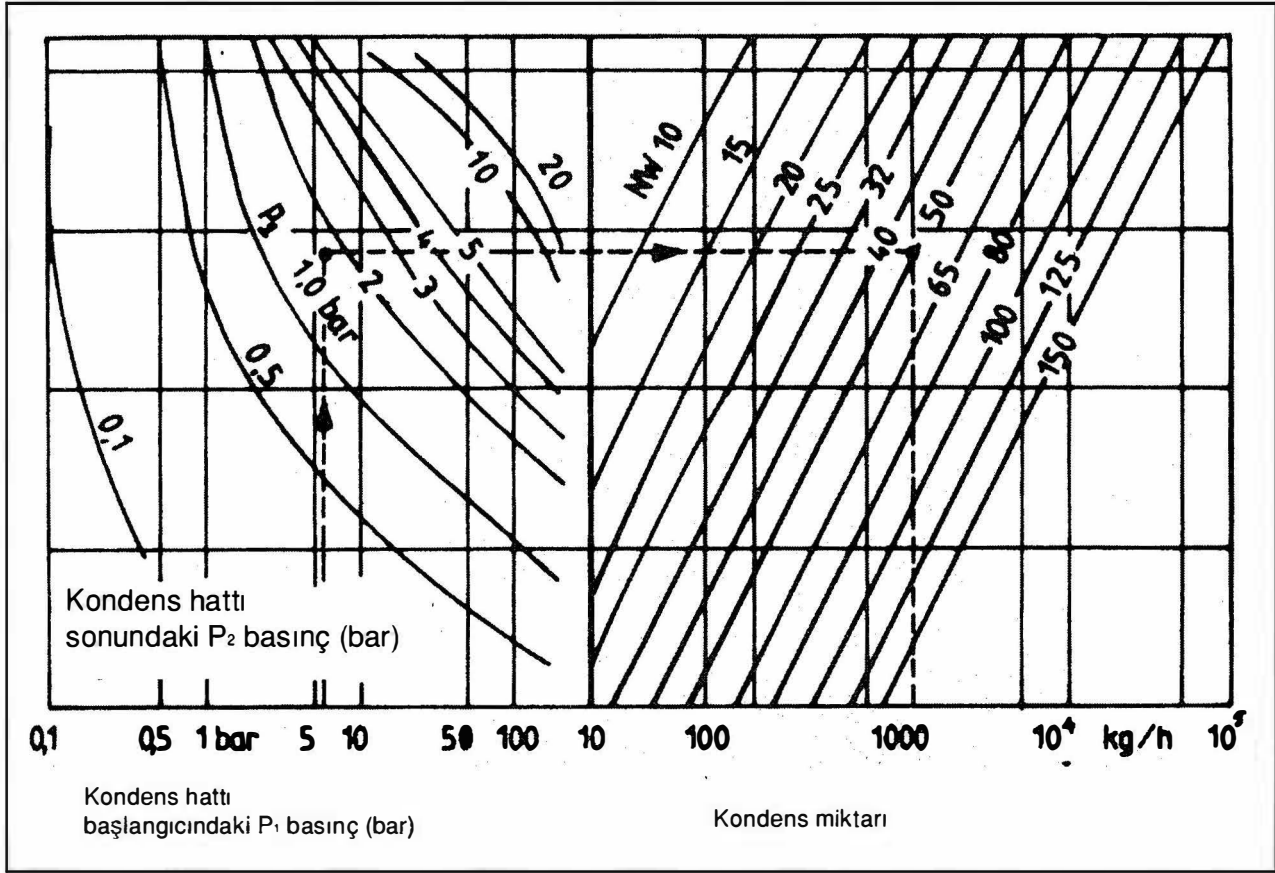
Karşı basıncın hesabında üç bileşen dikkate alınmalıdır:

1. Kondens hattının açıldığı depodaki basınç
2. Kondens hattında bir yükselme varsa, bu bölümdeki su kolonunun yarattığı hidrostatik basınç,
3. Kondensin ve flaş buharın borudaki akışı sırasındaki sürtünme kaybı.

Karşı basınç, buhar kapanındaki başlangıç basıncı ve kondens miktarı (yükü) bilindiğinde, Şekil 96'dan veya Şekil 97'den yararlanarak kondens borusu çapı belirlenebilir.

Bu yöntemde kondensin kazan dairesine geri dönmesi buhar kapanındaki geri basınçla sağlanır. Kapan çıkışında her 1 bar basınç kondensin 10 m yükselmesini sağlar. Kondenstop girişindeki basınç, çıkıştaki geri basınçtan daha büyük olduğu için bu mümkündür. Ancak bu yöntemin uygulanmasında kondensin gravite ile kendiliğinden kondens kabına akabilmesi ideal durumdur. Buhar kapanındaki basınçla kondensin geri döndürülmesi yöntemi kısa hatlarda ve fazla yükselme olmayan hatlarda daha çok uygulanır. Buhar kapanları üzerine gereksiz geri basınç uygulanmamalıdır.

Kondens hatları soğuk durumda iken flaş buhar yoğunlaşır ve kon-



Şekil 96. KONDENS BORULARI ÇAP DİAGRAMI

dens hattı tamamen su dolar. Bu aşamada tek fazlı akış söz konusudur.

Farklı basınçtaki kondensler kesinlikle ayrı borularla toplanmalı ve kondens deposuna ayrı girmelidir.

B. Sadece su halinde kondens

Uzak hatlardan kondensin geri döndürülmesinde ve kendinden dönüş için istenen eğimlerin verilemediği hallerde olduğu gibi, bazı durumlarda kondens, sıvı halde pompa ile geri döndürülür. Kondens bir depoda toplanır ve bu depodan kondens pompasıyla kazan dairesine geri basılır. Söz konusu depo atmosfere açık olabilir. Bu durumda flaş buhar kaybedilir. Yani bir enerji kaybı söz konusudur. Depo bir flaş tank olabilir. Bu halde oluşan alçak basınçlı buhardan yararlanmak mümkündür. Oluşan flaş buhar toplanarak kullanım yerine gönderilirken, sıvı kondens pompalanır.

Kondensin pompalanması için a. Elektrikle çalışan santrifüj pompalar, b. Buharla çalışan kondens pompaları (örneğin Ogden Pompası) olmak üzere iki tip pompa kullanılır.

Örnek olarak Şekil 98'de görülen eşanjör sistemi incelenecektir. Bu buharla suyun ısıtıldığı eşanjörde su sıcaklığı kontrolü bir motorlu vana ile yapılmaktadır. Su istenen sıcaklığa ulaşınca vana kapanır ve buhar beslemesi kesilir. Bu durumda eşanjör içinde basınç düşer ve hatta vakum oluşabilir. Ayrıca şekilde görüldüğü gibi kondens çıkışta yukarı yükselmektedir. Burada

kondensin boşalması kritik bir durum oluşturmaktadır. Önlem alınmazsa ses, koç darbesi, korozyon ve sıcaklıkta dalgalanma gibi bir çok sorun yaratır. Bunun için en iyi çözüm Şekil 99'da görüldüğü gibi kondensin bir açık depoda toplanması ve buradan pompalanarak geri döndürülmesidir. Şekilde buharla çalışan Ogden kondens pompası görülmektedir. Bu pompaların üstün özellikleri vardır. Bu pompalar kondens pompalamak için özel tasarlanmıştır ve elektrik enerjisine gereksinmezler. Santrifüj pompa kullanıldığında, pompa emişinde basınç düşümü dolayısıyla buharlaşma olmamasına dikkat edilmeli, emişle depo arasında yeterli yükseklik bırakılmalıdır.

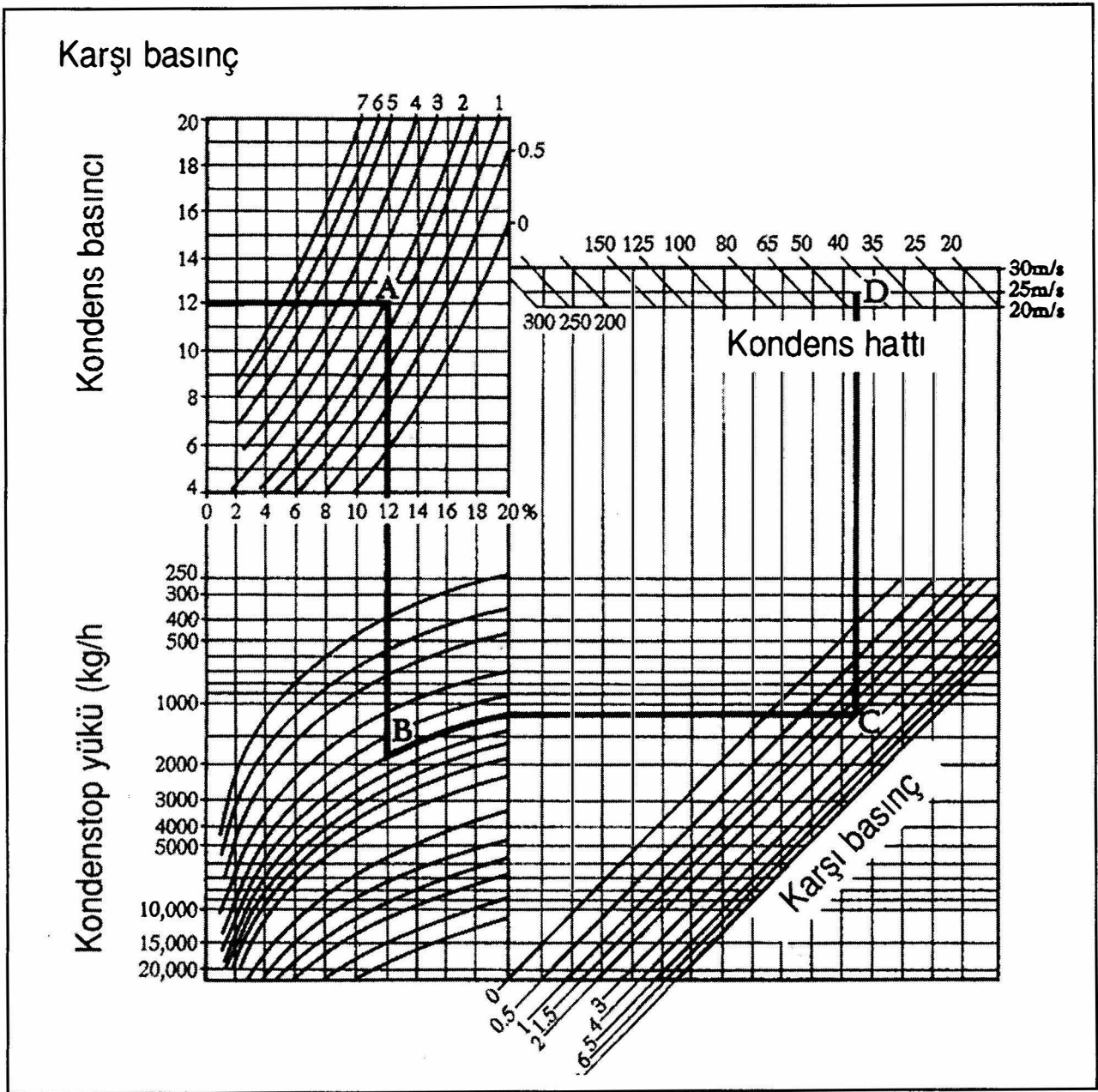
Bu çözümde kondens açık depoda toplandığından flaş buhar kaybolmakta ve enerji maliyeti ortaya çıkmaktadır.

3.2.1. Boru Çapı ve Pompa Seçimi

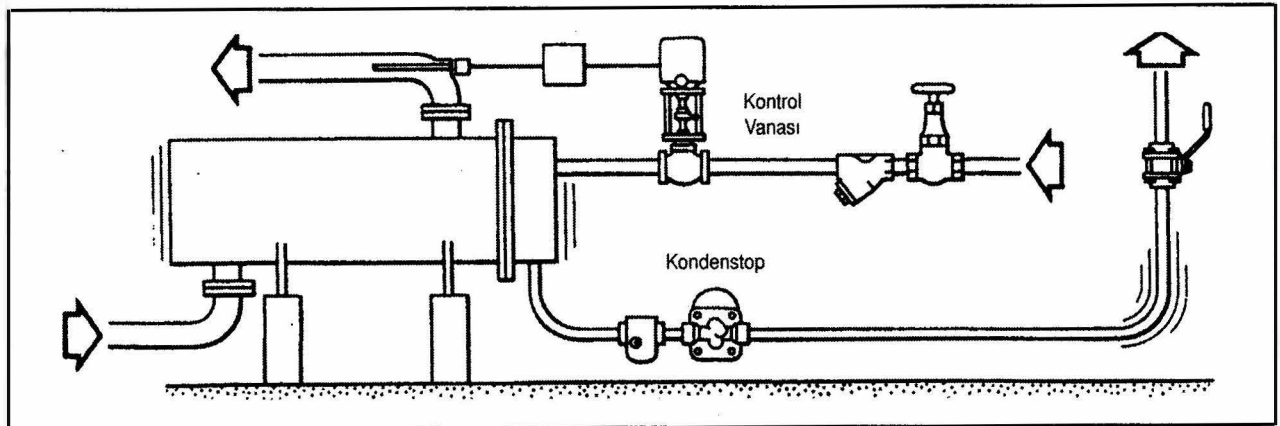
Pompa ile sıvı halde kondens taşınan boruların çapı, özgül basınç düşümü değerlerine göre Tablo 100'de verilmiştir.

Pompa basıncı belirlenirken, a) depodaki karşı basınç, b) statik yükseklik, c) borudaki sürtünme kaybı toplamı dikkate alınır.

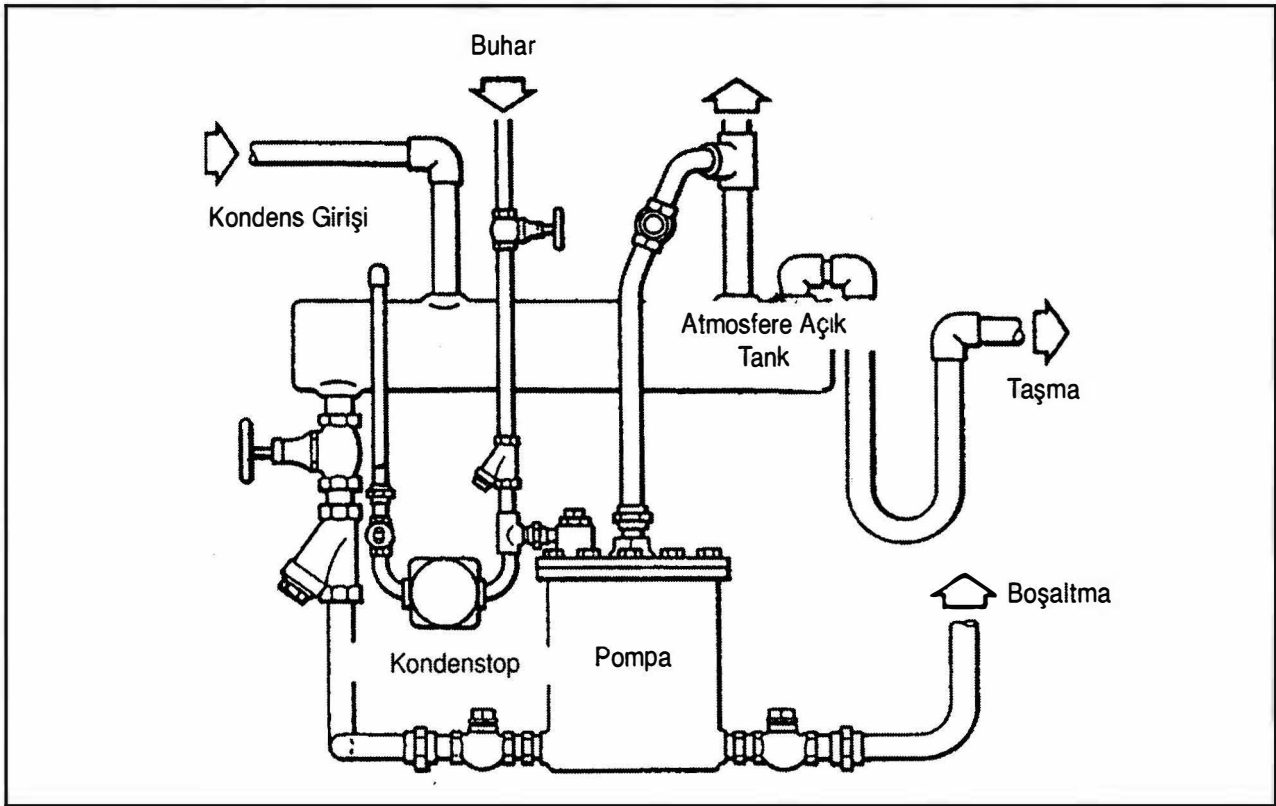
Statik yükseklik pompa ile kazan besisi deposu arasındaki yükseklik farkıdır. Sürtünme kaybı ise eşdeğer boru uzunluğunun Tablo 100'deki özgül sürtünme kaybıyla çarpımına eşittir. Eşdeğer boru uzunluğu toplam boru uzunluğuna % 10 ilave edilerek bulunur.



Şekil 97. KONDENS HATTI ÇAP SEÇİM TABLOSU



Şekil 98. EŞANJÖRDEN KONDENS TAHLİYESİ



Şekil 99. OGDEN POMPASI

Basınç kaybı (mbar/m)	Boru Çapı (DN)								
	15	20	25	32	40	50	65	80	100
1,0	180	418	758	1701	2590	4990	10115	15649	31879
1,14	194	450	845	1832	2790	5366	10841	16828	34247
1,18	198	457	857	1890	2830	5443	11022	17055	34746

Tablo 100. SIVI KONDENS TAŞINAN HATLARDA BORULARIN KONDENS TAŞIMA KAPASİTESİ (kg/h)

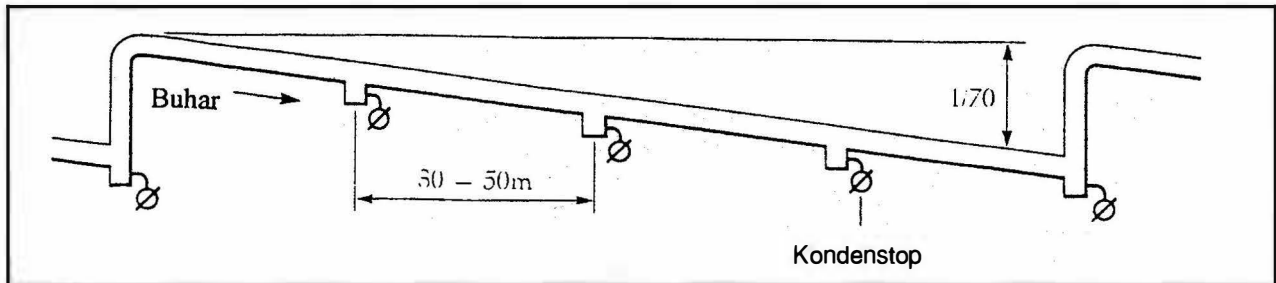
3.3. Buhar Hatlarının Düzenlenmesi

Buhar hatlarında buhar ve su halindeki bir kısım yoğuşmuş buhar bir arada bulunur. Boru içindeki bu iki fazlı akış, tasarımda ve işletmede önemli problemlere neden olur. Bunlar arasında en başta gelenlerden biri koç darbesi veya su koçu olarak isimlendirilen ve borularda ve fittingste önemli zararlara yol açan olaylardır. Su koçu buhar borusundaki birikmiş suyun buhar tarafından sürüklenerek, bir piston şeklinde, yüksek hızla ilerlemesidir. Bu su kütlesi önüne çıkan herhangi bir engelde önemli bir hasara yol

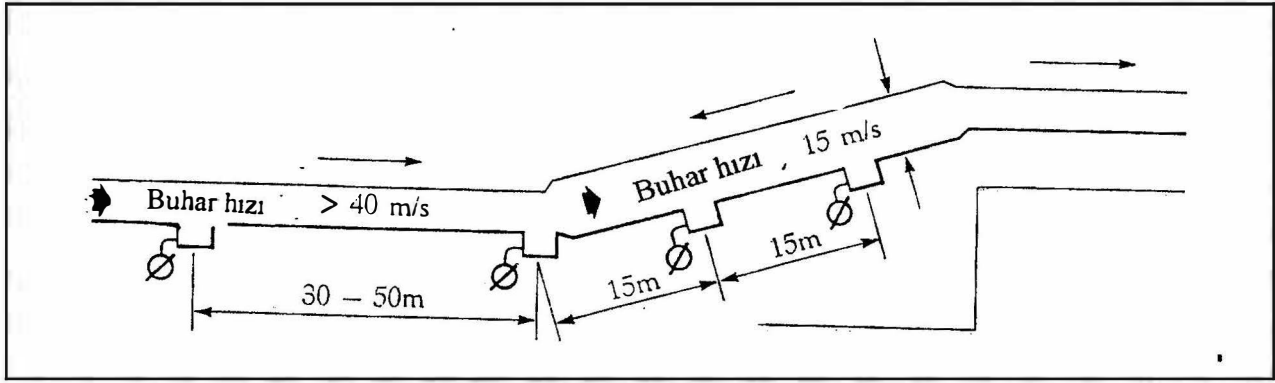
açabilir.

Bu olay buhar hatları iyi düzenlenmemişse, askı ve mesnetler yetersizse, gerekli eğim ve drenaj sağlanmamışsa ortaya çıkar. Aşağıda buhar hatlarının düzenlenmesi ile ilgili bazı basit kuralları verilmiştir.

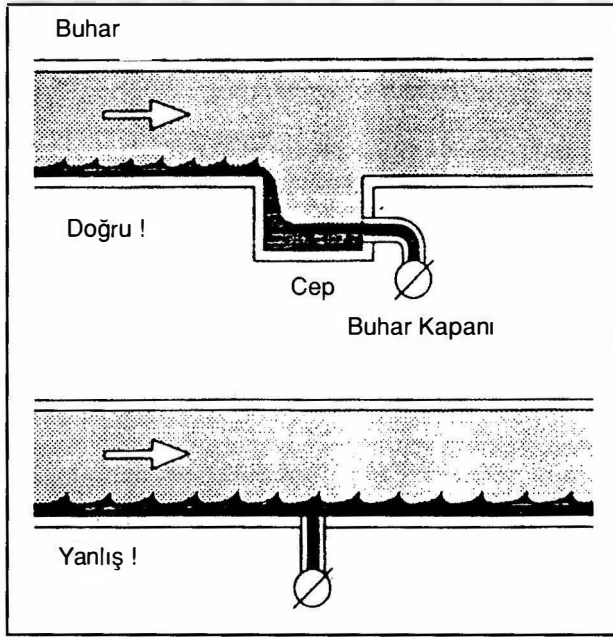
1. Buhar hatlarına akış yönünde bir eğim verilmelidir. Eğim en az 10 m'de 40 mm düşüş şeklinde olmalıdır. Tavsiye edilen ise 1/70 eğimdir. Eğer şantiye şartları dolayısıyla eğim verilemiyorsa, veya ters eğim varsa, çok daha fazla drenaj noktası gereklidir.



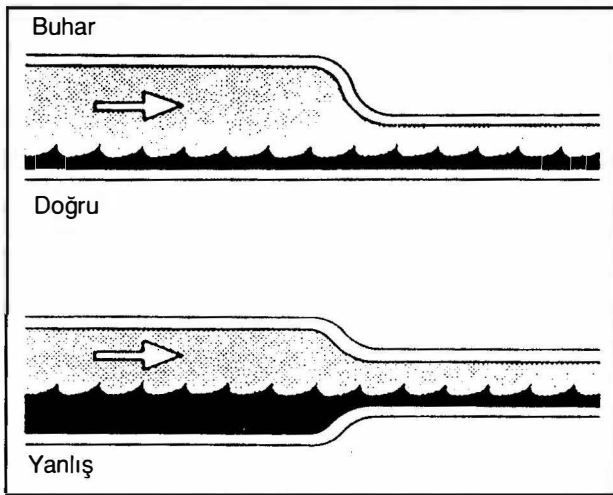
Şekil 101. ANA BUHAR HATTI



Şekil 102. EĞİLİMLİ ARAZİDE YÜKSELME



Şekil 103. DRENAJ CEBİ



Şekil 104. BUHAR HATLARINDA EŞ EKSENLİ REDÜKSİYON KULLANILMAMALIDIR

2- Uzun hatlarda testere dişi biçiminde hat çekilmeli, düz gidişlerde eğim dolayısıyla belirli bir düşüşten sonra, boru dik olarak yükselmeli, kolon dibinde kondens alma imkanı olmalıdır. Hatlarda drenaj noktaları arasındaki mesafe 30-50 m arasında olmalıdır. (Şekil 101)

3- Drenaj noktaları için en etkili yerler boruların yön değiştirdiği noktalardır.

4- Buhar hatlarındaki hızlar yüksektir. Uzun ana dağıtım hatlarında hızlar 40 m/sn mertebelerine kadar yükselebilir. Ana buhar hattında arazi nedeniyle bir yükselme gerekiyorsa, yükselen kısımda çap büyütülerek hız küçültülür ve kondensin aşağı akması sağlanır. (Şekil 102)

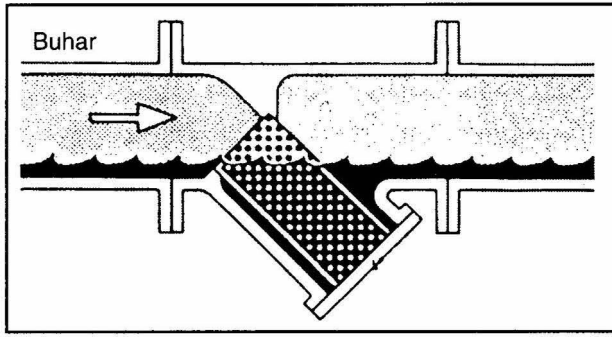
5- Düz borularda drenaj için Şekil 103'te görüldüğü gibi bir cep oluşturmak çok faydalıdır. Bu cep DN 100 çapa kadar aynı çaplı, daha büyük boru çapları için 2-3 çap daha küçük çaplı borulardan yapılabilir.

6- Boru hattı, içinde su birikmeyecek şekilde düzenlenmelidir. Eş eksenli redüksiyonlar (Bakınız Şekil 104), DN 25'in üzerindeki borularda Şekil 105'de görüldüğü gibi bağlanmış pislik tutucu ve vanalar bu açıdan uygun değildir.

7- Yüksek ve alçak basınçlı buhar dağıtım hatlarından kullanma yerine buhar, borunun üst tarafından alınır (Ana buhar hattından kol ayrılma üstten yapılır). Eğer alttan bağlantı yapılırsa borudaki kondens de buharla birlikte alınmış olunur. Buhar dağıtım hattı sonunda biriken kondensin alınması için kondens alma ağzı ve buna bağlı kondensstop grubu bulunur. Dağıtım hattı sonunda su ve havanın alınması gerekir. Bu amaçla Şekil 106'da görüldüğü gibi bir sistem kurulur. Ayrıca burada Şekil 106'da görüldüğü gibi bir çamur alma ağzı oluşturulur. Buradan hatta biriken tortu ve pislikleri dışarı atmak mümkündür. Bu aşağı sarkan 25-30 cm bölümün ağzı kör tapa veya kör flanşla kapatılmıştır.

8- Büyük miktarda buhar kullanan cihazlarda önce suyu tutmak üzere bir seperatör konulması tavsiye edilir. Otoklav gibi bazı cihazlardan önce ise mutlaka seperatör kullanılır. Ayrıca basınç düşürücü vanalar, kontrol vanaları, buhar sayaçları gibi armatürlerden önce de seperatör kullanılır.

9- Su koçu tehlikesi dolayısıyla ana buhar dağıtım hatlarında dayanıklı kondensstoplar (buhar kapanı) kullanılmalıdır. Bu hatlarda termodinamik veya ters kovanlı tip kontenstoplar tercih



Şekil 105. PİSLİK TUTUCULAR

edilir.

10- Her cihazın çıkışında veya kondens alınan her noktada vana, pislik tutucu, kondens hissedicisi, kondenstop, çek valf ve vanadan oluşan grup bulunur. Kondenstopların seçimi ve bakımları buhar tüketimi açısından çok önemlidir.

11- Kapı altından veya üstünden geçişte olduğu gibi, buhar borusu U yapıyorsa, borunun alt noktasında yoğunlaşan su alınmalıdır.

12- Buhar kolektörlerinde de hat sonunda olduğu gibi, otomatik hava atıcı ve kondenstop tesis edilerek, su ve hava dışarı atılmalıdır.

13- Ana buhar borusu ile kondens borusu yan yana gidiyorsa, buhar borusundan alınan kondens, kondens hattına üstten bağlanmalıdır.

14- Kesintili olarak çalışılan buhar sistemlerinde, buhar dağıtım hatlarında hava tahliyesi imkanı mutlaka yaratılmalıdır. Sistem tekrar çalıştırılırken ve borulara buhar verilirken boruda toplanmış olan hava, hava atma ağızlarından dışarı atılmalıdır.

Buhar devresi pratik notları

1. Sistemdeki tüm manometrelerin boruları helezonlu olmalıdır. Böylece ani basınç dalgalanmaları dengelenir. Ani veya sürekli basınç dalgalanmaları manometrelere zarar verebilir. Sistemde kullanılacak manometrelerin göstereceği değer manometre limitinin orta değerine yakın olmalıdır. Örneğin 6 atü bir tesisat için (0-10) atü'lük bir manometre kullanılmalıdır.

Kazan üzerine ϕ 160'lık manometre takılmalıdır, böylece uzaktan oku-

mak daha kolaylaşır. Kolektör üzerindeki manometre ϕ 100 olabilir.

2. Buhar kazanı üzerindeki su seviyesi gösterge cihazı kazandaki suyun alt ve üst sınırlarını gösterir. Suyun azalması veya artması halinde kazan besli cihazının kontakları kazan besli pompasına kumanda eder. Eğer kazandaki su boru seviyesinin altına düşerse, boruların üstü susuz kalır. Boru üstünün susuz kalması halinde borular kavrulur ve kısa sürede delinir.

3. Buhar kazanlarında çift presostat kullanılır. Bunlardan birincisi kazanın çalışma basıncının ayarlandığı presostattır. Kazanımız 6 atü ise, presostat 5,5 ile 6 arasında çalışır. Orta basınçlı buhar tesisatlarında presostat diferansı 0,5 atü mertebesinde kullanılır. Bu presostat brülöre kumanda eder. Presostatta ayarlanacak basıncın, presostatın çalışma aralığının ortalarında bir yerde olması gereklidir. Orta noktada presostatın hassasiyeti daha fazladır. Örneğin, kazanımız 6 atü ise 0-10 atü presostat kullanılmalıdır. Sistemdeki ikinci presostat limit presostattır. Limit presostatın ayar diferansı çalışma basıncının 0,5 atü fazlasıdır. 6 atü'de çalışan bir kazanda 6,5 atü limit presostat brülöre kumanda ederek sistemi kapatır.

4. Kazan üzerindeki emniyet ventili ve presostatlardan önce vana konulmamalıdır. Kazan üzerindeki tüm armatürler için tek tek kazan üzerine delik açılmamalıdır. 2 tane kolektör yapılarak tüm armatürler bu kolektörlere bağlanmalıdır.

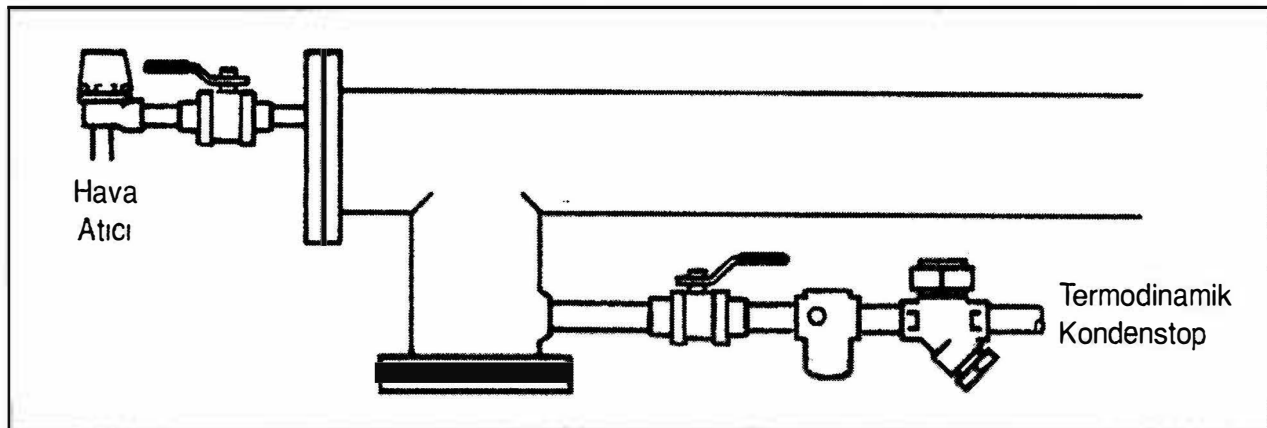
5. Kazan besli cihazları (kazan su seviye kontrol cihazları) 3 veya 5 kontaklı olabilirler. 3 kontaklı kazan besli cihazlarında 1. kontak pompa start, 2. kontak pompa stop, 3. kontak brülör stop kontaklarıdır. İlave kontaklar ile sesli ve ışıklı alarm verilebilir.

6. Aynı devrede birden fazla sayıda buhar kazanı varsa, kazanlar aynı ortak kolektöre bağlanır. Kolektör girişinde bir çek vana, bir ana buhar vanası ve bir by-pass vanası olmalıdır. Her kazanın kondens pompası ve besli hattı ayrı ayrı olmalı. Pompa emişi ortak olabilir. Ancak her kazanın besli suyu pompası ayrı olmalıdır. Bir adet pompa ise aynı basınçta çalışan kazanların yedek besli suyu pompası olarak seçilebilir.

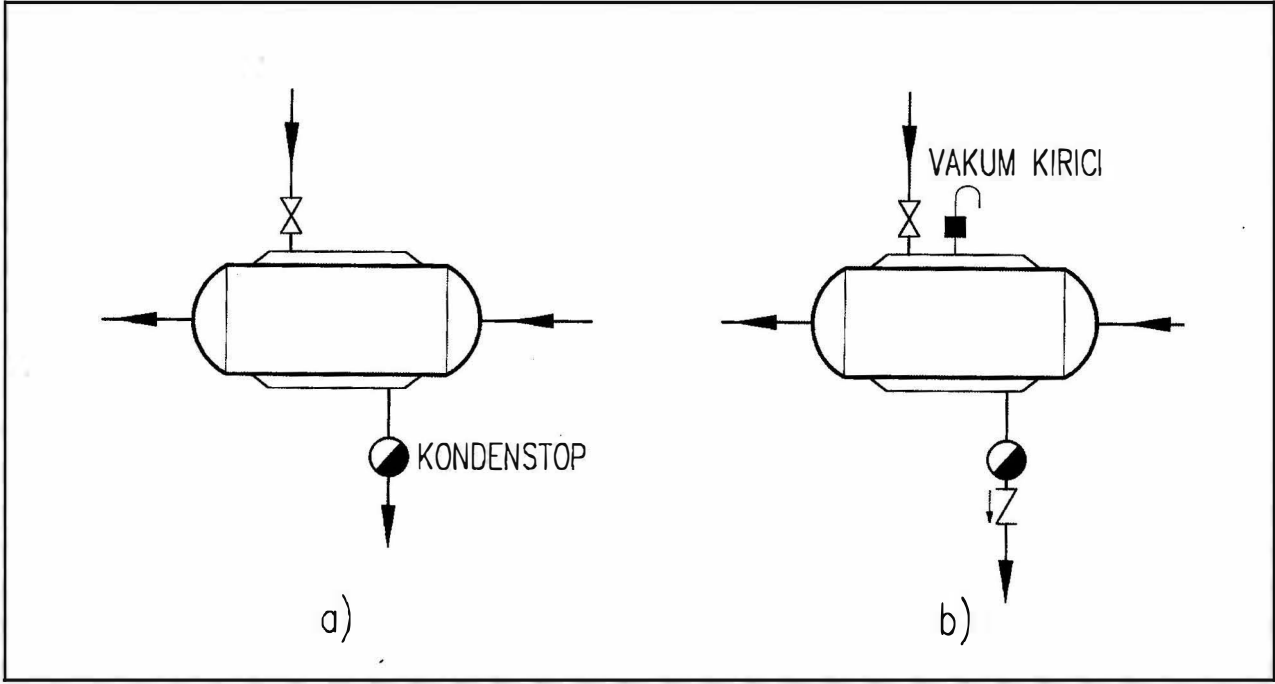
7. Buhar kazanı çıkışındaki vanaları iptal edip, yalnız kolektöre girişte vana olsa yeterlidir.

8. Presostat ve manometre kazana helezonla bağlanmalıdır.

9. Presostatın ve emniyet vanasının altında kapama vanası olamaz.



Şekil 106. BUHAR DAĞITIM HATTI SONUNDAKİ DÜZEN



Şekil 107. VAKUMUN VE KONDENSİN GERİ KAÇMASININ ÖNLENMESİ

3.4. Kondens ile İlgili Önlemler

Buhar kullanma cihazlarında,

a) Sistem kapatıldığında, artık buhar yoğunlaşarak vakum oluşturur. Böylece kondens suyu ısıtma yüzeyinin içine geri emilir veya kalan kondens suyu ısıtma yüzeyinden dışarı akamaz. Sistem tekrar devreye girdiğinde, buhar su yüzeyine çarpar, aniden yoğunlaşır ve su çekici darbeleri oluşturur (Şekil 107a).

b) Sisteme bir vakum kırıcı monte edilmesi, vakum oluşmasını önler. Kondens suyu geri emilemez, artık kalan kondens suyu dışarı akabilir. Böylece su çekici darbeleri meydana gelmez. Bundan başka, kondens suyu tesisatında yüksek basınç olması durumunda kondensstop arkasına bir disk tipi çek valfi monte edilmesi tavsiye edilir (Şekil 107b).

Su çekici darbeleri, serpantinlerde kısmi kondens suyu bulunması ile meydana gelir. Kondens suyu soğur ve buhar soğuk kondens suyu üst yüzeyinden akarsa; sonuçta buhar kabarcıkları oluşur, bunlar da darbeleri olarak yoğunlaşır.

Serpantinlerde kondens suyu birikiminin muhtemel sebepleri:

- Uygun olmayan kondensstoplar.
- Çalışmayan kondensstop.
- Kondensstop için düşük basınç farkı.

Önlemler:

- Şamandıralı kondensstopların kullanılması tavsiye edilmektedir. Bu tip kondensstoplar kondens suyunu kesintisiz ve kusursuz tahliye ederler.
- Düşük yük durumunda kondensstop önündeki basınç oldukça düşük (hatta vakum) olabileceği için kondensstoplar yeterli derecede büyük seçilmelidir.
- Son olarak da kondensstop arkasında artı basınç oluşmasını önlemek için, mümkün olduğunca yükselen boru kullanılmaz ve

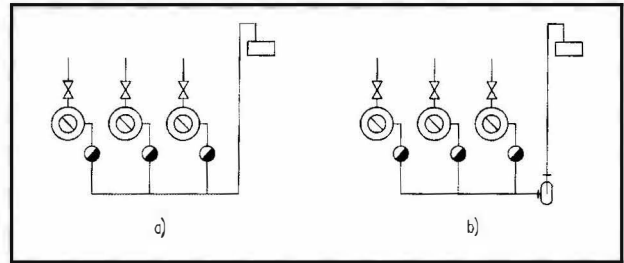
kondens suyunun kondensstopa serbest düşü ile gelmesi sağlanır.

- Eşanjörde olası vakum durumunda kontrol vanasının arkasında buhar giriş hattında maksada uygun bir vakum kırıcı (Çek valf) öngörülmelidir.

- Kondens suyunun yüksek bir seviyeye çıkarılması ile ilgili olarak sönümleme kapları kullanılmalıdır.

a) Kondens suyu yükseltilmek isteniyorsa, su çekici darbeleri oluşabilir.

b) Şekil 108'deki gibi bir sönümleme kabının montajından sonra kondens suyu, gürültüsüz ve darbesiz akıtılır.



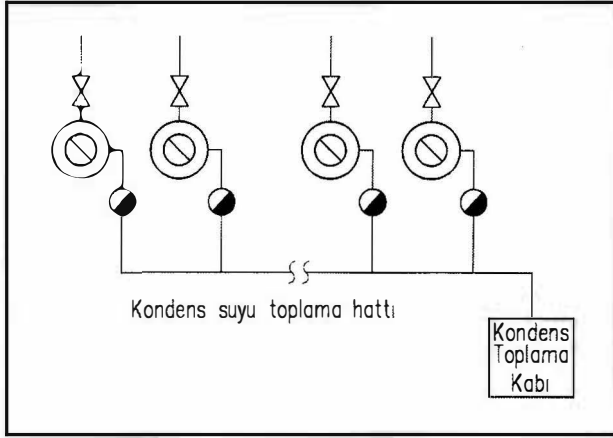
Şekil 108. KONDENS HATTINDA SÖNÜMLEME KABI

Uzun kondens suyu toplama hatlarının maksada uygun olarak planlanması ve tesis edilmesi gerekir.

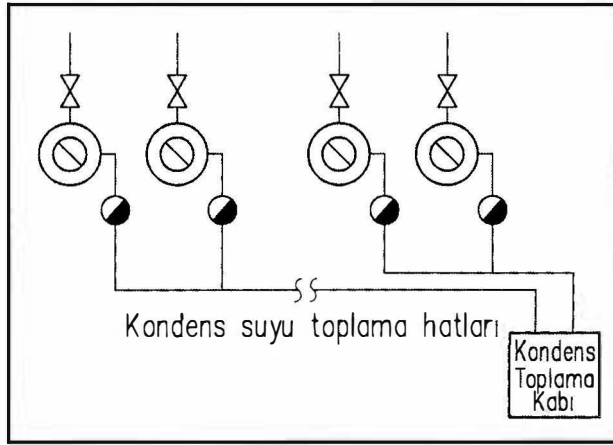
a) Çok uzakta kalan cihazlardan tahliye edilen kondens suyu, toplama kabına gelene kadar hatta hızla soğur. Yakın bulunan cihazlardan çürük buhar ile birlikte kondens suyu soğuk kondens suyu ile birleşir. Çürük buhar yoğunlaştığında su çekici darbeleri oluşturur. Şekil 109 hatalı tesisi gösterir.

b) Kondens suyu ayrı hatlarda toplama kabına gittiği zaman, su çekici darbeleri önlenmiş olur. Değişik işletme basıncında

çalışan kondens sularının da ortak bir toplama tesisatı ile değil, aksine ayrı olarak depoya iletilmesi gerekmektedir (Şekil 110).

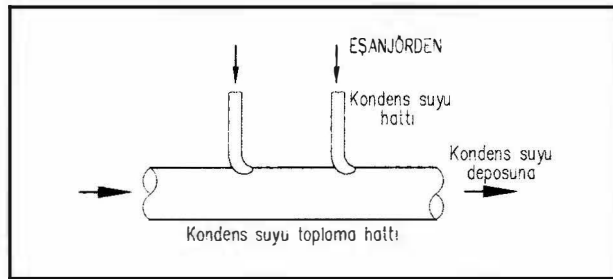


Şekil 109. UZUN KONDENS HATLARINDA TEK TOPLAMA HATTI YANLIŞTIR



Şekil 110. UZUN KONDENS HATLARI AYRILMALIDIR

c) Her bir su tahliye noktasından çıkan kondens suyu boruları akma yönünde kondens toplama tesisatına bağlanmalıdır (Şekil 111).



Şekil 111. KONDENS BORULARININ KONDENS TOPLAMA BORUSUNA BAĞLANMASI

Kondens devresi pratik notları

1. Açık buhar kullanılan tesislerde, yani üretilen buharın alınıp dışarıya atılarak kullanıldığı tesislerde, kondens tankına yumuşatılmış su takviyesi yapılır. Böyle durumlarda kondens tan-

kından kazana gelen su soğuk olabilir (40°C-50°C veya daha soğuk). Bu arada kazanın 130 °C veya daha sıcak mertebelerinde olduğunu düşünürsek, kazanda gerilmeler oluşur. Ayrıca kazandaki su sıcaklığının kullanılan yakıtın yoğunlaşma sıcaklığının altına düşmesi durumunda (örneğin 6 numara Fuel-oil için 130 °C) buhar kazanları duman borularında asit oluşur, bu da kazanların çabuk delinmesine sebep olur. Bu yüzden kazan ile kondens tankı arasına, kazana giren su sıcaklığını artırmak için bir kazan besisi suyu ısıtma eşanjörü konulmalıdır. Eşanjör konulduğu zaman, kondens pompalarını hesaplarken eşanjörün basınç kaybını da dikkate almak gerekir.

2. Türkiye'de ciddi projelere bakıldığında kondens tankı ile kazan arasına eşanjör konulma oranı % 15'den fazla değildir.

3. 5 ton/h kapasitesinde 3 atü'lük bir buhar kazanının kondens pompasının debisi 5 ton/h'den büyük, basıncı da 30 mSS'dan büyük olmalıdır. Bu pompaları hesaplarken pompa debisini buhar debisiyle aynı seçip, basıncını kazan basıncı+pompa kazan arasındaki basınç kayıpları toplamından bir-iki atü büyük seçmek daha uygundur. Pompa eğrisinin yataya yakın olması önemlidir.

4. Ani buhar çekişlerinde, boruların susuz kalıp zarar görmemesi için kondens pompaları buhar kapasitesinin % 20-25'i kadar büyük olmalıdır. Buhar akümülatörlerine ihtiyaç olup olmadığı ayrıca kontrol edilmelidir.

5. Kondens pompalarında mekanik salmastra her zaman gerekli değildir. (Kondens pompalarındaki su maksimum 100 °C mertebelerindedir). Normal salmastralar 120 °C-130 °C'lere kadar kullanılabilir. Mekanik salmastranın değişimi için genellikle pompayı söküp, fabrikaya göndermek gerekmektedir.

6. Buhar tesisatında kullanılan kondens tankının içerisinde bulunan şamandıra bakırdır. Bu şamandıra sıcaktan etkilenmemesi için plastik yerine bakırdan yapılır. Kondens tankına yumuşatılmış su verilmelidir.

7. Kondens tankı kazan besisi pompalarının seviyesinin 40-50 cm üstüne yerleştirilmelidir. Böylece kazan besisi pompalarının emişlerinde oluşabilecek kavitasyon engellenir.

8. Kondens deposunda su sıcaktır. Pompa emişinde düşük basınç nedeniyle buharlaşma oluşur. Buhar kabarcıkları pompa çarklarını tahrip eder ve bunların sık değişmesine neden olur. Depo yukarıda olunca, statik basınç nedeniyle emişteki düşük basınç engellenir.

9. Kondens tankı çıkışındaki vana ve kazan besisi pompaları ile kondens tankı arasındaki vanalar buhar vanası olmayabilirler. Ancak kazan besisi pompaları çıkışındaki vanalar ve kazan girişindeki vana en az PN16 buhar vanası olmalıdır. Sistemdeki diğer tüm vanaların buhar vanası olması gerekir. Kondens tankının boşaltma vanası genelde DN 50 seçilir ve bu buhar vanası tipinde olmalıdır.

10. Kondens pompası kazan arasındaki boru yukarıdan gidecek ise, hava tüpü konulmalıdır.

11. Farklı basınçlardaki kondensler aynı boru ile toplanmaz. Her basınçtaki kondens ayrı ayrı toplanır, kondens kabına ayrı girer.

3.5. Boru Hattı

3.5.1. Borular

Buhar tesisatlarında esas olarak çelik boru kullanılır ve söz konusu olabilecek çelik borular özelliklerine göre, farklı standartların kapsamı içerisinde.

Dikişli Siyah Vidalı Borular (TS 301/1, 2, 3)

a- Orta ağır (DIN 2440)

Malzeme ST 33 çeliktir. Boru et kalınlığı orta değerdedir. Dış açılabilir. Gaz ve su tesisatlarında, sıcak su ile ısıtma tesisatlarında kullanılabilir. Buhar tesisatında, 120 °C sıcaklık ve 0,5 atü basınca kadar alçak basınçlı buhar halinde kullanılmalıdır.

b- Ağır (DIN 2441)

Malzeme St 33 çeliktir. Boru et kalınlığı fazladır. Dış açılabilir. 120 °C sıcaklığına kadar buhar ve kaynar su hatlarında kullanılabilir.

Dikişli Siyah Vidasız Borular:

Malzeme ST 37 çeliktir. Boru et kalınlığı incedir. Dış açılmaz, kaynakla birleştirilir. Sıcak su kazanları imalinde duman borusu olarak kullanılır.

İşletme basıncının, $P = 32$ bar değerini aşmaması

İşletme sıcaklığının, $T = 400$ °C değerini aşmaması

$P.T < 7200$ sınırları içine kalması halinde büyük çaplı buhar borusu olarak bu borular kullanılabilir. Ancak 10 bar basıncın üzerinde bu boruların buhar hatlarında kullanılması tarafımızdan tavsiye edilmemektedir.

Dikişsiz Siyah Çelik Borular (DIN 2448)

Bu borular St 35'den St 55'e kadar farklı malzemelerden yapılır ve malzemesine göre DIN 2448 ile 2457 arasında farklı standartlar kapsamına girer. St 43 malzemedan mamul dikişsiz borular tavsiye edilir. PN 100'e kadar buhar hatlarında bu borular öncelikle kullanılmalıdır.

Çelik borular kullanım amaçlarına uygun olarak standardize edilmişlerdir. Standart bir borunun anma çapı (eskiden NW şimdi DN), anma basıncı (eskiden ND şimdi PN) ve çalışma basıncı belirlidir.

Boru ve boru hattındaki fittings, armatür ve cihazların birbirine uygunluğu açısından, borular standart anma çaplarında üretilirler. Aşağıdaki tabloda DIN 2402'ye göre belirlenmiş anma çapları (DN) verilmiştir.

DN	DN	DN
15	80	350
20	100	400
25	125	450
32	150	500
40	200	600
50	250	700
60	300	800

Anma basıncı ise, boru armatür, flanş, fittings vs.'nin dayanabileceği çalışma basıncını belirler. DIN 2401'e göre standart anma basınçları,

1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 63; 100; 160 bar olarak belirlenmiştir. Bu kitapta üzerinde durulan buhar hatlarında daha çok PN 16 ve PN 25 borular kullanılır.

Anma basınçları, 20 °C sıcaklıktaki akışkan için verilmişlerdir. Yüksek sıcaklıktaki akışkanlar için kullanılacak borunun anma basıncı, sistemin çalışma basıncından daha yüksek olmalıdır. Tablo 112'de PN 16 ve PN 25 borular için boru malzemesine ve sıcaklığa bağlı olarak çıkılabilecek en yüksek çalışma basınçları verilmiştir.

Boruların, fittings ve armatürlerin test basıncı ise anma basıncının 1,5 misli olarak tarif edilir.

Anma basıncı PN	Çelik Boru	Müşade edilen çalışma basıncı (bar)				
		20 °C	200 °C	250 °C	300 °C	350 °C
15	St 35	16	13	11	10	—
	St 35.8	16	14	13	11	10
25	St 35	25	20	18	15	—
	St 35.8	25	22	20	17	16

**Tablo 112. PN 16 VE PN 25 BORULARI İÇİN
MALZEME VE SICAKLIĞA BAĞLI İZİN
VERİLEN ÇALIŞMA BASINÇLARI**

3.5.2. Fittings

DN 40 hatta DN 50 çapa kadar borular vidalı olarak birbirlerine bağlanabilir. Bu amaçla hazır parçalar kullanılır.

Buhar hatlarında daha çok kaynakla birleştirme kullanılır. Kaynaklı birleştirme için de üretilmiş hazır çelik bağlantı parçaları kullanılabilir.

Başlıca fittings çeşitleri, dirsek, manşon, deve boynu, Te, redüksiyon, dörtlü birleşme olarak sayılabilir.

Ayrılabilir dişli bağlantı ise flanşlar ve rakorlarla sağlanır.

3.5.3 Flanş

Flanşlar dişli veya kaynaklı olabilir. Ayrılabilir bir bağlantı için kullanılırlar. Standart boyutlarda olup, DIN 2500-2673 tarafından tariflenmişlerdir. Flanşlarda sızdırmazlık malzemesi olarak, Klingerit, fiber veya benzeri conta kullanılabileceği gibi bakır, nikel veya çelikten conta da kullanılabilir. Tablo 113'te flanş ölçüleri verilmiştir.

3.5.4. Boruların Tespit Edilmeleri

Boruların yerlerinde güvenli biçimde kalabilmeleri için kelepçe, askı ve konsollar kullanılır. Düşey borular duvara Şekil 114'de gösterilen boru kelepçeleri ile tutturulur. Yanyana birlikte geçen borulara konulacak kelepçeler aynı seviyede olmalıdır. Kelepçelerin boru çapına uygunluğu ve boruyu tam kavraması kontrol edilmelidir. Kelepçe için açılacak montaj delikleri içeriye doğru genişleyen koni biçiminde delinmelidir. Kelepçeyi tutucu harç yeterli dozda yapılmalı ve iyice sıkıştırılmalıdır.

Yatay bir boru hattı askılarla muhtelif noktalardan asılarak tespit edildiğinde, iki askı noktası arasında borunun sarktığı görülür.

DN	Ölçü	mm olarak norm ölçüler											
		PN 6	PN 10	PN 16	PN 25	PN 40	PN 64	PN 100					
10	FI/Lk Civata	75 50 4 X M 10	90 60 4 X 1/2"	90 60 4 X 1/2"	100 70 4 X 1/2"								
15	FI/Lk Civata	80 55 4 X M10	95 65 4 X 1/2"	95 65 4 X 1/2"	105 75 4 X 1/2"								
20	FI/Lk Civata	90 65 4 X M 10	105 75 4 X 1/2"	105 75 4 X 1/2"	130 90 4 X 5/8"								
25	FI/Lk Civata	100 75 4 X M 10	115 85 4 X 1/2"	115 85 4 X 1/2"	140 100 4 X 5/8"								
32	FI/Lk Civata	120 90 4 X 1/2"	140 100 4 X 5/8"	140 100 4 X 5/8"	155 110 4 X 3/4"								
40	FI/Lk Civata	130 100 4 X 1/2"	150 110 4 X 5/8"	150 110 4 X 5/8"	170 125 4 X 3/4"								
50	FI/Lk Civata	140 110 4 X 1/2"	165 125 4 X 5/8"	165 125 4 X 5/8"	180 135 4 X 3/4"	195 145 4 X 7/8"							
(60)	FI/Lk Civata	150 120 4 X 1/2"	175 135 4 X 5/8"	175 135 8 X 5/8"	190 145 8 X 3/4"	210 160 8 X 7/8"							
(65)	FI/Lk Civata												
65	FI/Lk Civata	160 130 4 X 1/2"	185 145 4 X 5/8"	185 145 8 X 5/8"	205 160 8 X 3/4"	220 170 8 X 7/8"							
80	FI/Lk Civata	190 140 4 X 5/8"	200 160 4 X 5/8"	200 160 8 X 5/8"	215 170 8 X 3/4"	230 180 8 X 7/8"							
(90)	FI/Lk Civata	200 160 4 X 5/8"	210 170 8 X 5/8"	225 180 8 X 3/4"	240 190 8 X 7/8"	255 220 8 X 1"							
100	FI/Lk Civata	210 170 4 X 5/8"	220 180 8 X 5/8"	235 190 8 X 3/4"	250 200 8 X 7/8"	265 210 8 X 1"							
125	FI/Lk Civata	240 200 8 X 5/8"	250 210 8 X 5/8"	270 220 8 X 7/8"	295 240 8 X 1"	315 250 8 X 1 1/8"							
150	FI/Lk Civata	265 225 8 X 5/8"	285 240 8 X 3/4"	300 250 8 X 7/8"	345 280 8 X 1 1/8"	355 290 12 X 1 1/8"							
(175)	FI/Lk Civata	295 255 8 X 5/8"	315 270 8 X 3/4"	330 280 12 X 7/8"	350 295 12 X 1"	375 310 12 X 1 1/8"	385 320 12 X 1 1/8"						
200	FI/Lk Civata	320 280 8 X 5/8"	340 295 8 X 3/4"	340 295 12 X 3/4"	360 310 12 X 7/8"	375 320 12 X 1"	415 345 12 X 1 1/4"	430 360 12 X 1 1/4"					
(225)	FI/Lk Civata	345 305 8 X 5/8"	370 325 8 X 3/4"	370 325 12 X 3/4"	395 340 12 X 1"	420 355 12 X 1 1/8"	440 370 12 X 1 1/4"	475 400 12 X 1 3/8"					
250	FI/Lk Civata	375 335 12 X 5/8"	395 350 12 X 3/4"	405 355 12 X 7/8"	425 370 12 X 1"	450 385 12 X 1 1/8"	470 400 12 X 1 1/4"	505 430 12 X 1 3/8"					
300	FI/Lk Civata	400 395 12 X 5/8"	445 400 12 X 3/4"	460 410 12 X 7/8"	485 430 16 X 1"	515 450 16 X 1 1/8"	530 460 16 X 1 1/4"	585 500 16 X 1 1/2"					
Civata delik ölçüleri:							Kısaltmalar:						
Delik çapı(mm)		7	9.5	11.5	15	18	22	25	28	32	35	Fl = Flanş çapı (mm)	
Ana büyüklüğü		M 6	M 8	M 10	1 1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1 1/8"	1 1/4"	Lk = Delik eksenlerinin bulunduğ u çap (mm)	

Tablo 113. FLANŞ ÖLÇÜLERİ

Meydana gelen sehim boru içindeki su ve izolasyonun ağırlığına, iki nokta arasında bulunan vana veya fittingsin miktarına bağlıdır. Eğer boruya bir eğim verilmemiş ise sarkmanın orta noktasında cep meydana gelir. Buhar hatlarında bu ceplerde yoğunlaşan su toplanır. Bu bakımdan boruya verilecek eğim ve iki destek noktası arasındaki mesafe çok önemlidir.

Deneysel olarak çeşitli çaptaki borularda (su dolu) değişik destek aralıklarında meydana gelen sarkma Şekil 115'de verilmiştir. Ayrıca bu abakta ceplerin önlenmesi için boruya verilmesi

gerekli eğim kesikli çizgilerle işaretlenmiştir.

Tavana askılarla bağlanmış yatay borularda, askıların birbirlerinden uzaklıkları pratik olarak Tablo 116'dan alınabilir.

Farklı çaplardaki borular aynı konsola taşıtılacaksa iki konsol arasındaki mesafeyi küçük çaplı boru belirler. Ancak uygulamada küçük çaplı borular, büyük çaplı borulara taşıtılarak iki konsol arasındaki mesafe artırılabilir.

Boru askıları boruların uzayıp kısaltmaları sırasında sallanabilecek biçimde yapılır. Boruların geçeceği yerde kirişler varsa ankraj

demiri kiriş yüzeyine monte edilmelidir. Ağır borular söz konusu olduğunda askının ankraj demiri, betonarme demirine kaynakla bağlanmalıdır.

3.5.5. Borularda Genleşme

İşletme sırasında tesisatın ısınması ile borularda genleşme (uzama) meydana gelir. Bu uzama miktarı çelik borularda her 100 °C için yaklaşık 1,2 mm/m boru değerindedir. Dolayısı ile 100 m boruda 100 °C sıcaklık artışında uzama 120 mm değerinde olacaktır.

Kısa borularda mevcut dirsekler, ortaya çıkan uzamaları absorbe edebilir. Ancak uzun düz gidişlerin bulunduğu buhar hatlarında önlem alınmazsa tesisatta büyük tahribatlar ortaya çıkar. Boru uzamalarını almak üzere çeşitli tip kompensatörler kullanılır. Ancak bunlar içinde en geniş ölçüde kullanılanları U veya Omega kompensatörler ile körüklü kompensatörlerdir.

U kompensatörler borunun kendisinden U şeklinde kıvrırmak sureti ile yapılırlar. Meydana getirilen bu U boru hattına flanş veya kaynakla bağlanır. Belirli çapta bir çelik boruda, belirli bir uzamayı almak için meydana getirilmesi gerekli U boyutları Şekil 117'de diyagramda verilmiştir.

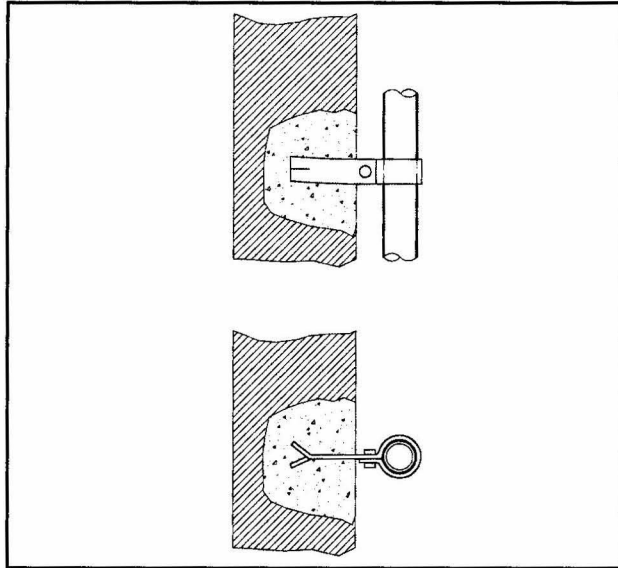
Örneğin 150 mm çaplı boruda, 200 mm genleşme söz konusu ise yapılacak U kompensatör L boyu 3,7 m, dirsek yarıçapı, $R = 5.0,150 = 0,75m$ ve

kayar mesnetler arası mesafe = $2.10.0,75 = 15 m$ olacaktır.

D (cm) çapında bir boruda, alınması gerekli uzama f (cm) ise, bu uzamanın bir dirsek tarafından alınabilmesi için dirsekten sonra sabit mesnete kadar olan l (m) mesafesi;

$l = 0,65 D.f$

şeklinde bulunabilir (Bakınız Şekil 122)



Şekil 114. BORU KELEPÇESİ

Uzun buhar hatlarında eğer yer durumu müsait ise U kompensatörlerle genleşmenin alınması tavsiye edilir.

Körüklü kompensatörler hazır parçalardır ve fittings gibi hatta

vida, flanş veya kaynakla bağlanırlar. U kompensatörler gibi yer kaplamazlar. Ancak mesnetlenmelerine çok dikkat edilmelidir. Aksi takdirde, hatta çarpılmalar ve körüklerin tahrip olması söz konusudur. Kompanse edebildikleri boru hareketi cinsine göre,

a- Eksensel

b, Yanal

c- Açısal

tipleri vardır.

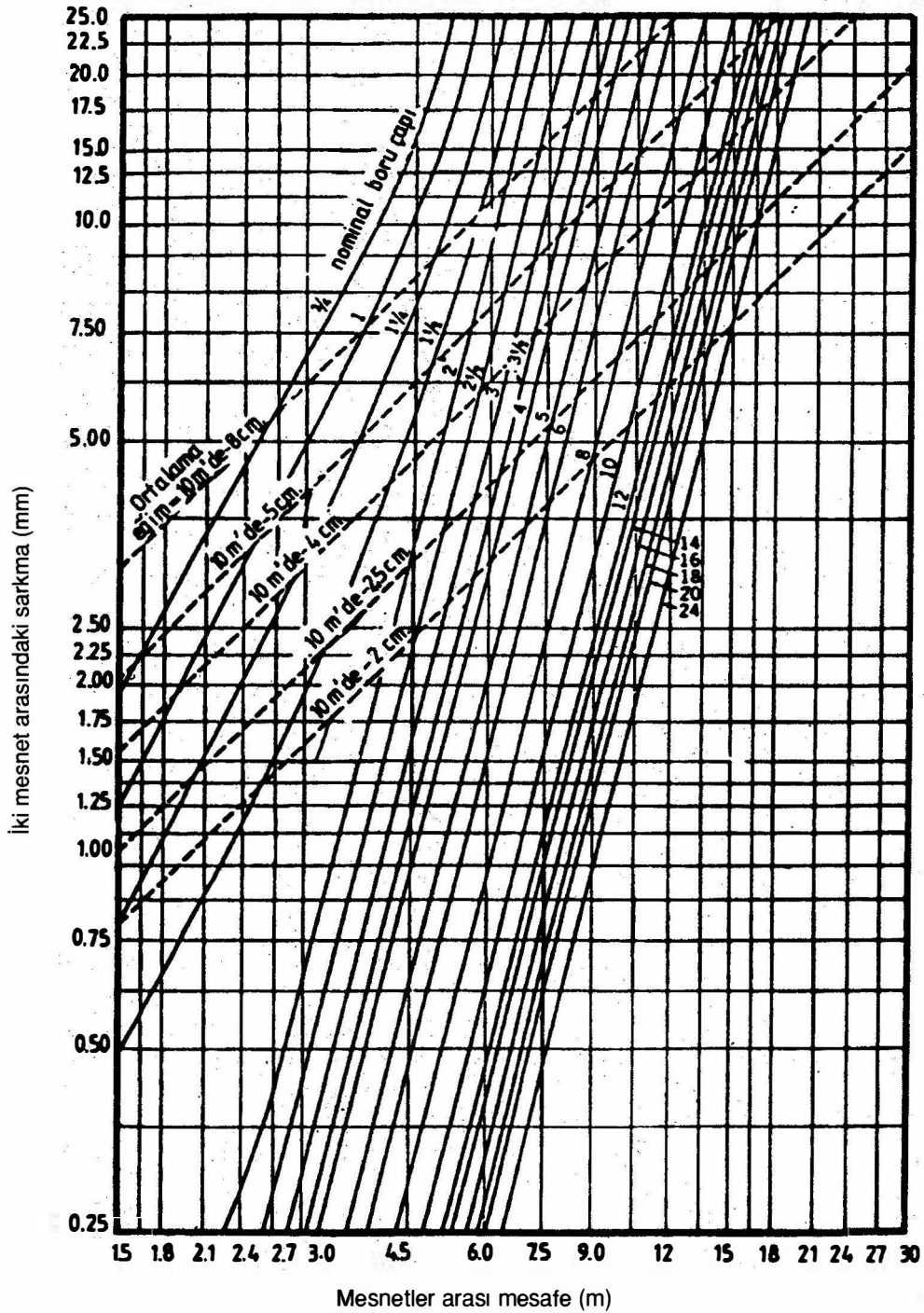
Körüklü kompensatörlerin belirli şartlarda alabilecekleri hareketler sınırlıdır. Standart kompensatörler 30 mm ve 60 mm olarak iki farklı kapasitededir. Daha büyük hareket miktarlarında birden fazla kompensatör kullanılır. Boru hattındaki çalışma şartları ve beklenen hareketlere göre kataloglardan kompensatör seçimi yapılır.

		BUHAR		SU	
		İZOLELİ	ÇIPLAK	İZOLELİ	ÇIPLAK
DN 300	12"			8,0	9,0
DN 250	10"			7,6	8,1
DN 200	8"	7,7	8,2	7,2	7,5
DN 150	6"	6,1	8,1	5,8	7,0
DN 125	5"	5,3	7,1	5,1	6,4
DN 100	4"	4,7	6,5	4,5	5,9
DN 80	3"	4,4	5,8	4,2	5,3
DN 50	2"	3,2	4,3	3,1	4,0
DN 40	1 1/2"	3	3,5	3	3,4
DN 32	1 1/4"	3	3,4	3	3,0
DN 25	1"	3	3,0	3	3
DN 20	3/4"	3	3	3	3
DN 15	1/2"	3	3	3	3

Şekil 116. MAKSİMUM BORU MESNET AÇIKLIĞI

Özellikle eksensel kompensatörlerin verimli çalışması için boru hattının ekseninde olması çok önemlidir. Bu amaçla belirli aralıklarla kayar mesnetlemelerin de yapılması gerekmektedir. Bu konuda EJMA (Expansion Joint Manufacturers Association) standartları şu şekildedir:

- 1- İki sabit nokta arasına yalnız bir kompensatör monte edilebilir.
- 2- Kompensatör ile sabit nokta arası mesafe (1-1,5) kompensatör boyu kadar olmalıdır.
- 3- Kompensatörden sonra yapılması gereken ilk kayar mesnetin kompensatöre olan mesafesi boru çapının 4 katı değerinde olmalıdır.
- 4- İkinci kayar mesnet ile ilk kayar mesnet arası mesafe boru çapının 14 katı değerindedir. Bu mesafeler Şekil 118'de görülmektedir.
- 5- Diğer kayar mesnetler arası mesafeler için Şekil 119'dan okunan değerler geçerlidir.



Şekil 115. DEĞİŞİK DESTEK ARALIKLARINDA MEYDANA GELEN SARKMA

Örnek:

Veriler; Boru çapı: ϕ 100 m

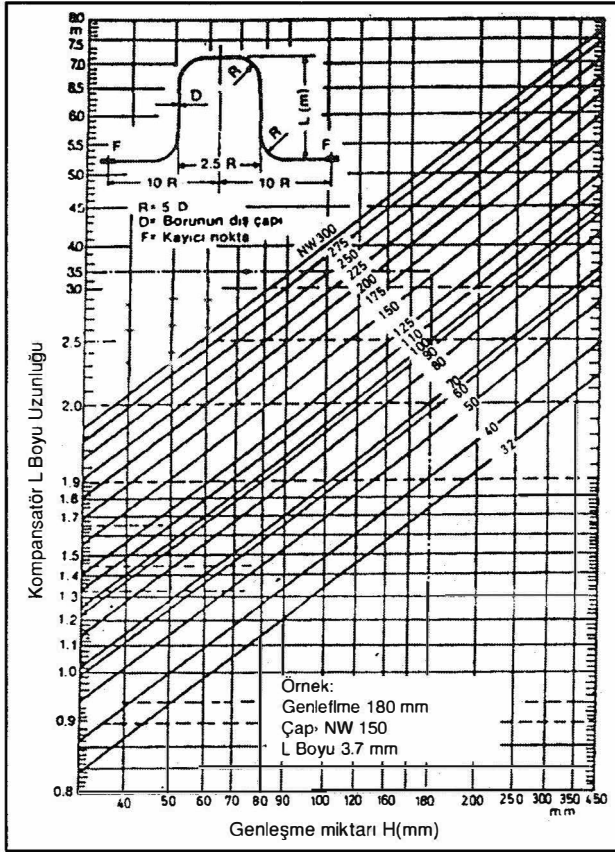
Boru boyu: 70 m

Akışkan sıcaklığı: 150 °C

Bu verilere göre boru hattında 120 mm genişleme olacağı anlaşılmaktadır. Bu durumda 2 adet $\Delta L=60$ mm'lik veya 4 adet $\Delta L = 30$ mm'lik kompensatörlerle genişleme problemi çözümlenebilir.

Kompensatör seçimi için aşağıdaki bilgiler gereklidir:

- 1- Normal çap
- 2- Bağlantı tipi (flaş, kaynak, vs)
- 3- En yüksek işletme sıcaklığı
- 4- İşletme basıncı
- 5- Montaj sıcaklığı
- 6- Tasarlanan hareketler ve devir sayıları



Şekil 117. U KOMPANSATÖR SEÇİMİ
(Boru Malzemesi St 35)

7- Müsaade edilen en büyük yaylanma gücü

Körüklü kompensatör seçiminde ve montajında dikkat edilmesi gerekli önemli noktalardan birisi ön gerilmeli montajdır. Genelde montaj sıcaklığı en düşük işletme sıcaklığından daha yüksek olduğu için kompensatör bir ön gerilme ile monte edilmelidir.

Pratikte

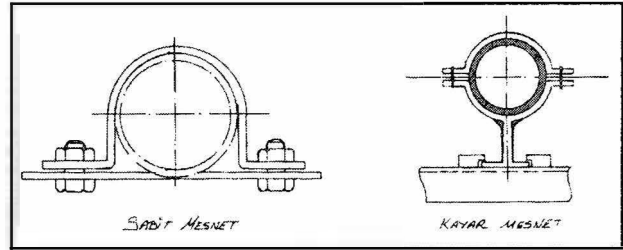
- Önce boru montajı yapılır. Sabit ve kayar mesnetler hazırlanır.
- Kompansatör ön gerilmeli durumda (flaşlar arası çubuk demirle puntalanmış) hazırlanır.
- Boru kesilerek kompensatör yerine monte edilir.
- Kompansatör üzerindeki çubuk alınır.
- Körüklü kompensatörler montaj öncesinde, kaynak sıçramalarından delinmemesi için 0,30 mm galvaniz saç ile sarılıp korunmalıdır.

Özellikle körüklü tipler başta olmak üzere kompensatörlerin mesnetlenmesi çok önemlidir. Mesnetleri kayar ve sabit olarak

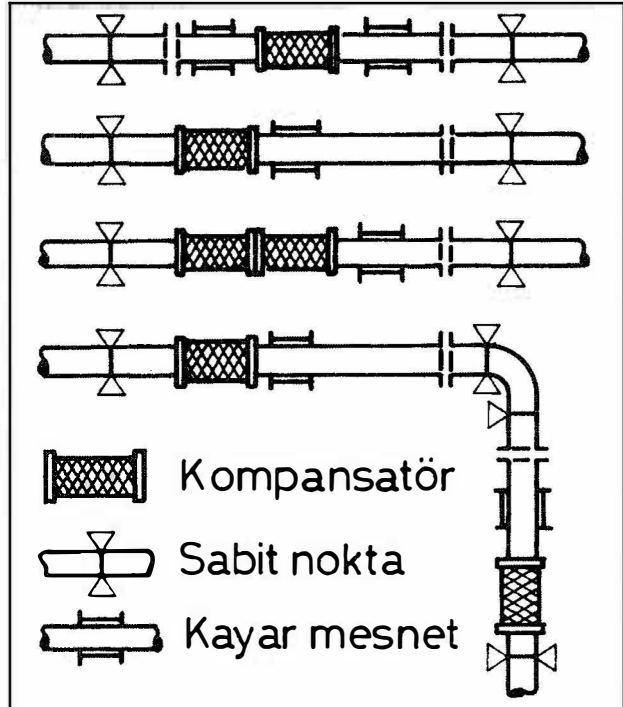
ikiye ayırmak mümkündür. Sabit mesnetler borunun hiçbir yönde hareketine imkan vermezken, kayar mesnetler eksel yönde harekete izin verirler. Ayrıca kayar mesnetleri yanal harekete de izin verecek şekilde yapmak mümkündür.

Şekil 120'de çeşitli mesnet tiplerine örnekler görülmektedir. Şekil 121'de ise körüklü kompensatör-mesnet düzenlemesinin farklı durumları verilmiştir.

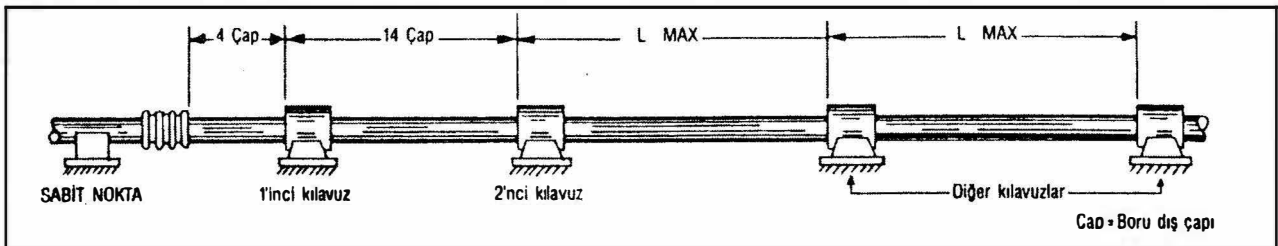
Şekil 119'da ise kayar mesnetler arasındaki tavsiye edilen mesafeler görülmektedir.



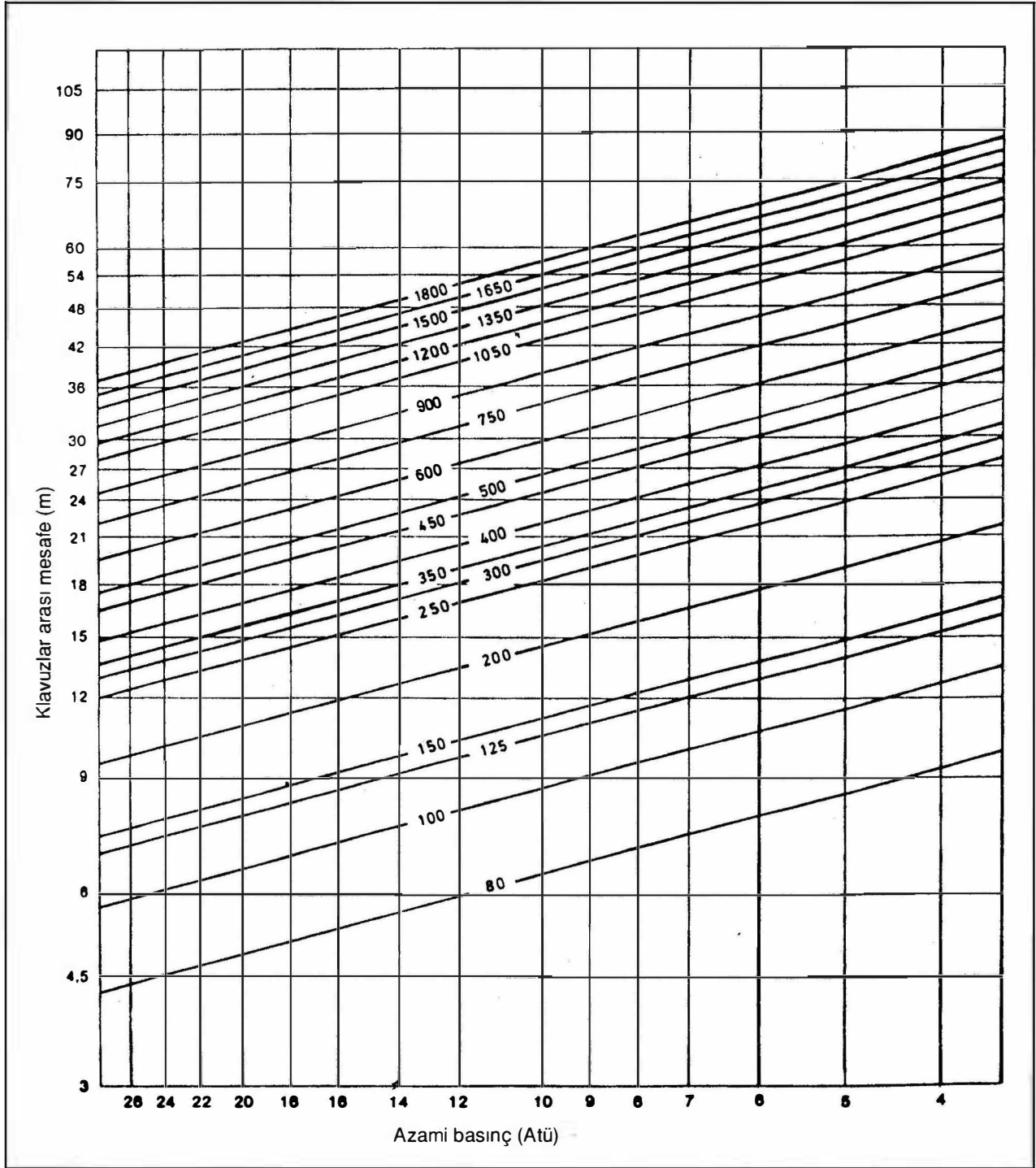
Şekil 120. MESNET ŞEKİLLERİ



Şekil 121. KOMPANSATÖR DÜZENLEME
ŞEKİLLERİ



Şekil 118. BORULARIN MESNETLENMESİ VE MESNETLER ARASI MESAFELER



Şekil 119. KAYAR MESNETLER ARASI TAVSİYE EDİLEN MESAFE

3.5.6. Boru Hatlarında Sabit Mesnetlere Gelen Kuvvetler

Boru bükümlerinde ve omega kompansatörlerde genişleme sonucunda sabit mesnetlere önemli ölçüde kuvvetler etki eder. Mesnetlerin bu kuvvetlere dayanabilecek şekilde yapılması gerekir. Meydana gelen kuvvetlerin kesin hesabı çok zordur. Yaklaşık hesap yöntemleri ile yetinilecektir.

Şekil 122'de gösterildiği gibi L dirseklerde sabit noktaya gelen yatay ve dikey kuvvetlere F_H ve F_V denilirse,

$$F_H = b_1 I / L^2 \text{ (N)}$$

$$F_V = b_2 I / L^2 \text{ (N)}$$

şeklinde ifade edilir. Kuvvet birimi SI sisteminde Newton (N) olup 1 kg (kuvvet) = 9,81 N ifadesiyle metrik kuvvet birimine çevrilebilir.

Z şeklinde kıvrılmış borularda ise sabit noktalara gelen kuvvetler.

$$F_H = b_3 I / L^2 \text{ (N)}$$

$$F_V = b_4 / L^2 \text{ (N)}$$

şeklinde. Bu ifadelerde:

$$I = \pi (D^4 - d^4) / 64 \text{ (atalet momenti = cm}^4\text{)}$$

b= Şekil 122'den okunacak katsayı

$$L = L_1 + L_2 \text{ (kol uzunlukları toplamı = m)}$$

şekilde verilen değerler sıcaklık = 400 °C, malzeme St 34.29, % 50 ön gerilme ve kıvrıma yarı çapı R = 5D içindir. Farklı sıcaklık ve malzeme için Şekil 123'teki düzeltme katsayısı kullanılmaktadır.

Örnek: $L_1 = 6 \text{ m}$, $L_2 = 12 \text{ m}$ olan dirsekte $L_2/L_1 = 2$ ve $D = 267 \text{ mm}$ değerindedir. Buna göre,

Boru katalogundan iç çap, $d = 254 \text{ mm}$ değeri ile

$$I = 4516 \text{ cm}^4 \text{ bulunur. \% 50 ön gerilme ile,}$$

$$F_H = 160.4516 / (18)^2 = 2230 \text{ N}$$

$$F_V = 520.4516 / (18)^2 = 7248 \text{ N}$$

$$\text{Toplam kuvvet, } F = F_H^2 + F_V^2 = 2230^2 + 7248^2 = 7583 \text{ N bulunur.}$$

Omega kompensatörlerde % 50 ön gerilme halinde sabit noktalarda etkili kuvvet:

$$F = 10. I. f / L^3. C \text{ (N)}$$

f=toplam genişleme (cm)

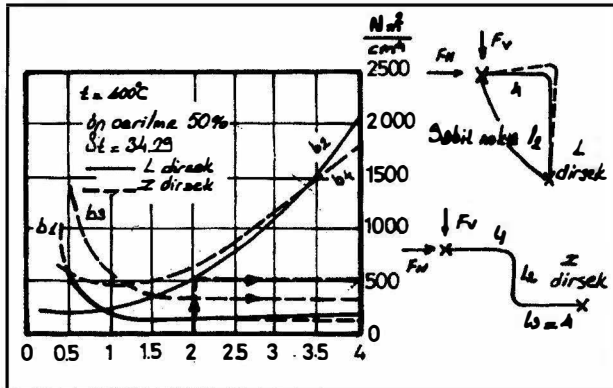
C= Şekil 124'ten okunan katsayı

L=Kompensatör kolu (m)

Örnek:

Dış çap, $D = 267 \text{ mm}$; kompensatör kolu, $L = 4,5 \text{ m} = 17 \text{ D}$; uzama, $f = 18 \text{ cm}$; $I = 4516 \text{ cm}^4$

Şekil 124'ten $C=1,7$ okunur. $F = 10.4516.18 / (4,5)^3.1,7 = 5200 \text{ N}$ bulunur.



Şekil 122. L DİRSEK VE Z DİRSEKLERDE SABİT MESNETLERE GELEN KUVVETLER VE BU KUVVETLERİN HESABI İÇİN B KATSAYISI

Körüklü Kompensatörler

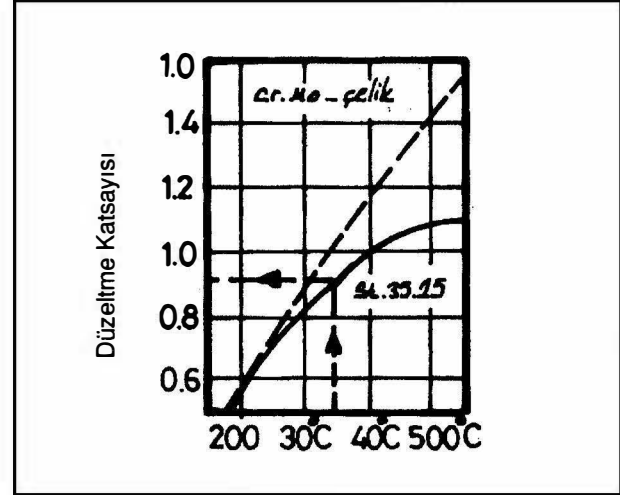
Körüklü kompensatörlerde sabit noktalara gelen eksenel kuvvet üç bileşenden meydana gelir:

1. Basınç kuvveti (Boru kesit alanı . basınç) sadece sondaki ve dönüşlerdeki sabit noktalara etkiler.
2. Kompensatörün kendi özgül gerilmesi (N/mm)
3. Düşey borularda boru ağırlığı, yatay borularda sürtünme kuv-

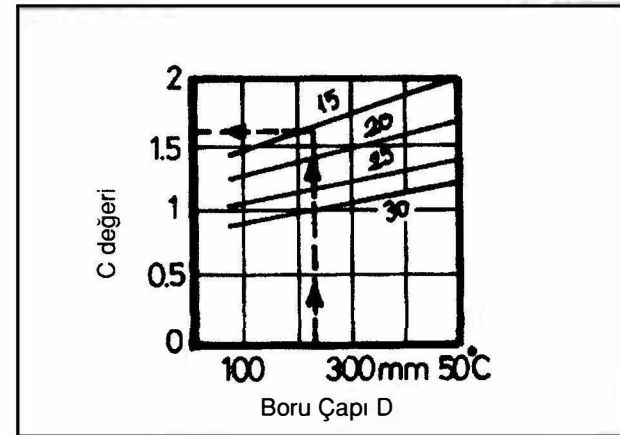
veti (sürtünme faktörü $\mu=0,3$).

Körüklü kompensatör kullanılması halinde sabit noktalarda ortaya çıkan kuvvetler, ayrıca, basınç ve boru çapına bağlı olarak Şekil 125'te verilmiştir.

Örnek: DN 200 çapında; 12 bar basınçlı ve 130°C sıcaklıkta kaynar su taşıyan, 44 m uzunlukta boruda sabit noktalara gelen kuvvet hesabı.



Şekil 123. FARKLI SICAKLIK VE MALZEME İÇİN DÜZELTME KATSAYISI



Şekil 124. U KOMPENSATÖRLER İÇİN C KATSAYISI

$$\text{Boru uzaması} = 1,5.44 = 66 \text{ mm}$$

$$\text{Boru kesit alanı} = 448 \text{ cm}^2$$

$$1. \text{ Basınç kuvveti} = 448 \times 12 \times 9,81 = 52740 \text{ N}$$

2. % 50 ön gerilme hali için ve kompensatör uzama gerilmesi 180 N/mm ise,

$$\text{Gerilme kuvveti} = 180.66 / 2 = 6000 \text{ N}$$

$$3. \text{ Boru ağırlığı } 650 \text{ N/m} \text{ ise boru sürtünmesi} = 0,3.650.44 = 8580 \text{ N}$$

$$\text{Toplam kuvvet (Ana sabit noktaya gelen)} = 67320 \text{ N}$$

Aradaki sabit noktalara gelen kuvvetlerde basınç değeri bulunmayacaktır.

Boru çapı	Çalışma Basıncı (atü)															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
DN 15	20	25	35	40	50	55	65	70	80	85	95	100	110	115	125	135
DN 20	25	35	45	55	65	75	85	95	105	120	130	140	150	160	170	180
DN 25	30	40	55	65	80	95	105	120	135	150	160	175	190	200	210	230
DN 32	35	50	70	85	105	120	140	155	180	200	210	230	250	270	290	310
DN 40	40	70	90	120	150	170	200	230	250	280	310	340	360	390	410	440
DN 50	60	100	140	180	220	260	300	330	370	410	450	490	530	570	610	640
DN 65	90	150	220	270	370	420	470	520	590	650	720	770	840	920	970	1050
DN 80	100	180	270	340	420	520	570	670	770	820	920	1100	1200	1300	1400	1500
DN 100	150	280	370	550	650	800	950	110	1200	1300	1400	1500	1600	1750	1850	2000
DN 125	220	400	600	800	950	1150	1350	1500	1700	1900	2100	2300	2500	2700	2900	3100
DN 150	290	550	800	1050	1300	1550	1800	2050	2300	2550	2800	3050	3300	3500	3750	4000

Şekil 125. MESNET NOKTALARINA GELEN KUVVET (kg)

I Profil		[Profil		T Profil		Köşebent		
Boyut	W (cm³)	Boyut	W (cm³)	Boyut	W (cm³)	Boyut X	Et Kalınlığı	W (cm³)
80	19,5	30 x 15	1,69	T 20	0,27	50 X 50 X	3	1,86
100	34,2	30	4,26	T 25	0,49		4	2,46
120	54,2	40 x 20	3,79	T 30	0,80		5	3,05
140	81,9	40	7,05	T 35	1,23		6	3,61
160	117	50 x 25	6,73	T 40	1,84		7	4,16
180	161	50	10,6	T 45	2,51		8	4,68
200	214	60	10,5	T 50	3,36		(9)	5,20
220	278	65	17,7	T 60	5,48	55 X 55 X	(5)	3,70
240	354	80	26,5	T 70	8,79		(6)	4,40
260	442	100	41,2	T 80	12,8		(8)	5,72
280	542	120	60,7	T 90	18,2		(10)	6,97
300	653	140	86,4	T 100	24,6	60 X 60 X	4	3,58
320	782	160	116	T 120	42,0		5	4,45
340	923	180	150	T 140	64,7		6	5,29
360	1090	200	191				8	6,89
380	1260	220	245			65 X 65 X	10	8,41
400	1460	240	300				(6)	6,21
425	1740	260	371				(7)	7,18
450	2040	280	448				(8)	8,13
475	2380	300	535				(9)	9,04
500	2750	320	679			70 X 70 X	(11)	10,8
550	3610	350	734				5	6,11
600	4630	380	829				6	7,27
		400	1020				7	8,41
							8	9,52
						75 X 75 X	(9)	10,6
							10	11,7
							(11)	12,7
							(6)	8,35
							(7)	9,67
						80 X 80 X	(8)	11,0
							(10)	13,5
							(12)	15,8
							6	9,57
							(7)	11,1
							8	12,6
							10	15,4
							12	18,2
							(14)	20,8

Şekil 126. ÇEŞİTLİ PROFİLLERİN MUKAVEMET MOMENTLERİ

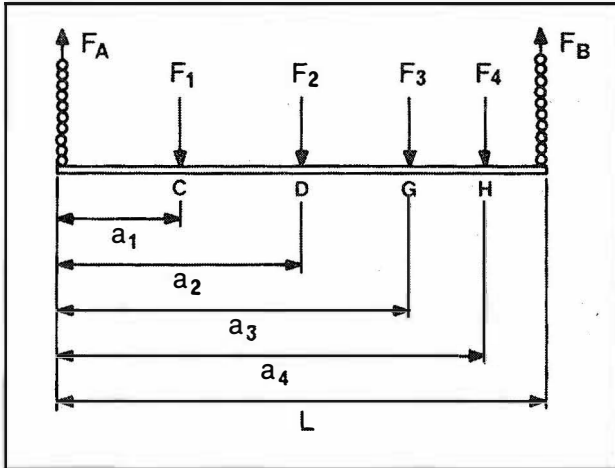
Buharla hava arasındaki sıcaklık farkı	B o r u Ç a p ı									
	15 mm	20 mm	25 mm	32 mm	40 mm	50 mm	65 mm	80 mm	100 mm	150 mm
°C	W / m									
56	54	65	79	103	108	132	155	188	233	324
67	68	82	100	122	136	168	198	236	296	410
78	83	100	122	149	166	203	241	298	360	500
89	99	120	146	179	205	246	289	346	434	601
100	116	140	169	208	234	285	337	400	501	696
111	134	164	198	241	271	334	392	469	598	816
125	159	191	233	285	321	394	464	555	698	969
139	184	224	272	333	373	458	540	622	815	1133
153	210	255	312	382	429	528	623	747	939	1305
167	241	292	357	437	489	602	713	838	1093	1492
180	274	329	408	494	556	676	808	959	1190	1660
194	309	372	461	566	634	758	909	1080	1303	1852

Tablo 127. ÇIPLAK BUHAR BORULARINDAN ÇEVREDEKİ DURGUN HAVAYA ISI KAYBI TABLOSU

3.5.7. Askı Profillerinin Hesabı

Çok sayıda borunun asıldığı sallanan askılar genellikle U profilinden yapılır ve iki ucundan tavana asılır. Bu boru taşıyıcı profilin hesabı için önce boru ağırlıkları dolayısı ile askıya gelen kuvvetler ve bu kuvvetlerin yeri belirlenir.

Örneğin aşağıdaki şekilde dört farklı boruyu temsil eden F_1 , F_2 , F_3 ve F_4 kuvvetleri gibi.



Bu kuvvetler dolayısı ile her iki askı zincirine gelen reaksiyon kuvvetleri

$$F_B = \sum F_i \cdot a_i / L; F_A = \sum F_i - F_B$$

olarak hesaplanır. Burada,

a: Şekilde görülen mesafeler (cm)

F: Şekilde görülen kuvvetler (kg)

Şekilde görülen C, D, G ve H noktalarına gelen momentler sırası ile

$$M_C = F_A \cdot a_1$$

$$M_D = F_A \cdot a_2 - F_1 (a_2 - a_1)$$

$$M_G = F_A \cdot a_3 - F_1 (a_3 - a_1) - F_2 (a_3 - a_2)$$

$$M_H = F_B \cdot (L - a_4)$$

olarak hesaplanır. Bu momentler içinde en büyüğü M_{max} değeri olarak alınır.

$$M_{max} = W \cdot \Gamma_{em}$$

olmalıdır. Çelik profiller için emniyet gerilmesi, $\Gamma_{em} = 1400$ kg/cm² alınabilir. O halde,

$$W = M_{max} / 140 \text{ (cm}^3\text{)}$$

ifadesi ile profile gerekli W mukavemet momenti bulunur.

Tablo 126'da çeşitli profiller için mukavemet momentleri verilmiştir. Bu tablodan, seçilen profil cinsi için, hesaplanan W değerine en yakın W değeri olan boyuttaki profil belirlenerek işlem bitirilir.

Örnek

Yukarıdaki şekilde,

$$F_1 = 200, F_2 = 100, F_3 = 300, F_4 = 50 \text{ kg}$$

$$a_1 = 40, a_2 = 80, a_3 = 120, a_4 = 160, L = 200 \text{ cm}$$

verilmiştir. Gerekli U profili hesaplayınız.

Çözüm:

$$F_B = (8000 + 8000 + 36000 + 8000) / 200 = 300 \text{ kg}$$

$$F_A = 650 - 300 = 350 \text{ kg}$$

$$M_C = 8000 \text{ kg cm}$$

$$M_D = 28000 - 8000 = 20000 \text{ kg cm}$$

$$M_G = 42000 - 16000 - 4000 = 22000 \text{ kg cm}$$

$$M_H = 14000 \text{ kg cm}$$

En büyük moment M_G olup, $M_{max} = M_G = 22000 \text{ kg cm}$

$$W = 22000 / 1400 = 15,7 \text{ cm}^3$$

Tablodan W değeri 15,7 cm³ değerine en yakın U profil 65'lik profil olarak okunur. U profiller uygulamada [şeklinde kullanılmalıdır. Aksi takdirde istenilen mukavemeti sağlamazlar.

Çok uzun askılarda ve kuvvetler dengesiz dağıtılmış durumda ise profilin ortasından bir üçüncü zincirle daha asmak seçilen profilin fazla büyümesini önlemek açısından yararlı olabilir.

BORU ÇAPİ		BORU İÇİNDEKİ AKIŞKAN SICAKLIĞI t = °C														
NW	INCH	°C	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	
15	1/2"	20 mm.						30 mm.								
20	3/4"	20 mm.						30 mm.								
25	1"	30 mm.						40 mm.								
32	1 1/4"	30 mm.						40 mm.								
40	1 1/2"	30 mm.						40 mm.								
50	2"	30 mm.						40 mm.								
65	2 1/2"	30 mm.						40 mm.								
80	3"	30 mm.						40 mm.								
(90)	(3 1/2")	30 mm.						40 mm.								
100	4"	40 mm.						50 mm.								
125	5"	40 mm.						50 mm.								
150	6"	40 mm.						50 mm.								
200	8"	50 mm.						60 mm.								
250ve YUKARI	10ve YUKARI	50 mm.						60 mm.								

Şekil 128. YALITIM KALINLIKLARI

3.5.8. Borularda Isı Kaybı

Buhar tesisatında içinden sıcak buhar geçen çıplak borulardan etrafa ısı kaybı olur. Bu hem enerji kaybı nedeniyle, hem de ısı kaybeden buharın yoğunlaşması sonucu daha önce sözü edilen problemler nedeniyle, arzu edilmeyen bir olaydır. Çeşitli çaptaki borularda, içindeki buharın sıcaklığına bağlı olarak 10-21°C sıcaklığındaki durgun oda havasına olan ısı kaybı Tablo 127'de W/m cinsinden verilmiştir (1W = 0,860 kcal/h)

Çıplak borularda meydana gelen ısı kaybını azaltmak üzere borular ısı yalıtım malzemeleri ile kaplanarak izole edilir. En yaygın kullanılan boru izolasyon malzemeleri cam yünü ve perlittir. Bu malzemeler prefabrike olup, çeşitli çaplardaki borulara hemen uygulanabilirler.

İzolasyon kalınlığı arttıkça, borudan olan ısı kaybı azalır. Öte yandan izolasyon kalınlığı arttıkça ısı kayıp yüzeyi artar, dolayısı ile ısı kaybı artar. İzolasyon kalınlığını kritik bir değerin üzerinde artırmak fayda yerine zarar getirir. Öte yandan izolasyon kalınlığını belirleyen bir başka faktör ise ekonomik düşüncelerdir. Ekonomik izolasyon kalınlığı faydanın en fazla olduğu değerdir. Şekil 128'deki çizelgede teknik şartnamenin verdiği izolasyon kalın-

lıkları görülmektedir.

Depoların izolasyonunda 150°C'ye kadar 80 mm şilte cam yünü yeterlidir. Daha yüksek sıcaklıklarda,

200 C için 120 mm kalınlık

250 C için 130 mm kalınlık

300 C için 140 mm kalınlık yeterlidir.

Isı yalıtım malzemelerinin etkinliği içerdiği gözeneklere bağlı olduğundan izolasyonun ezilip kırılmamasına ve ıslanmamasına çok dikkat edilmelidir. Bu nedenle, özellikle dış şartlara açık borulardaki izolasyon tabakası rutubete ve dış etkilere karşı korunmalıdır.

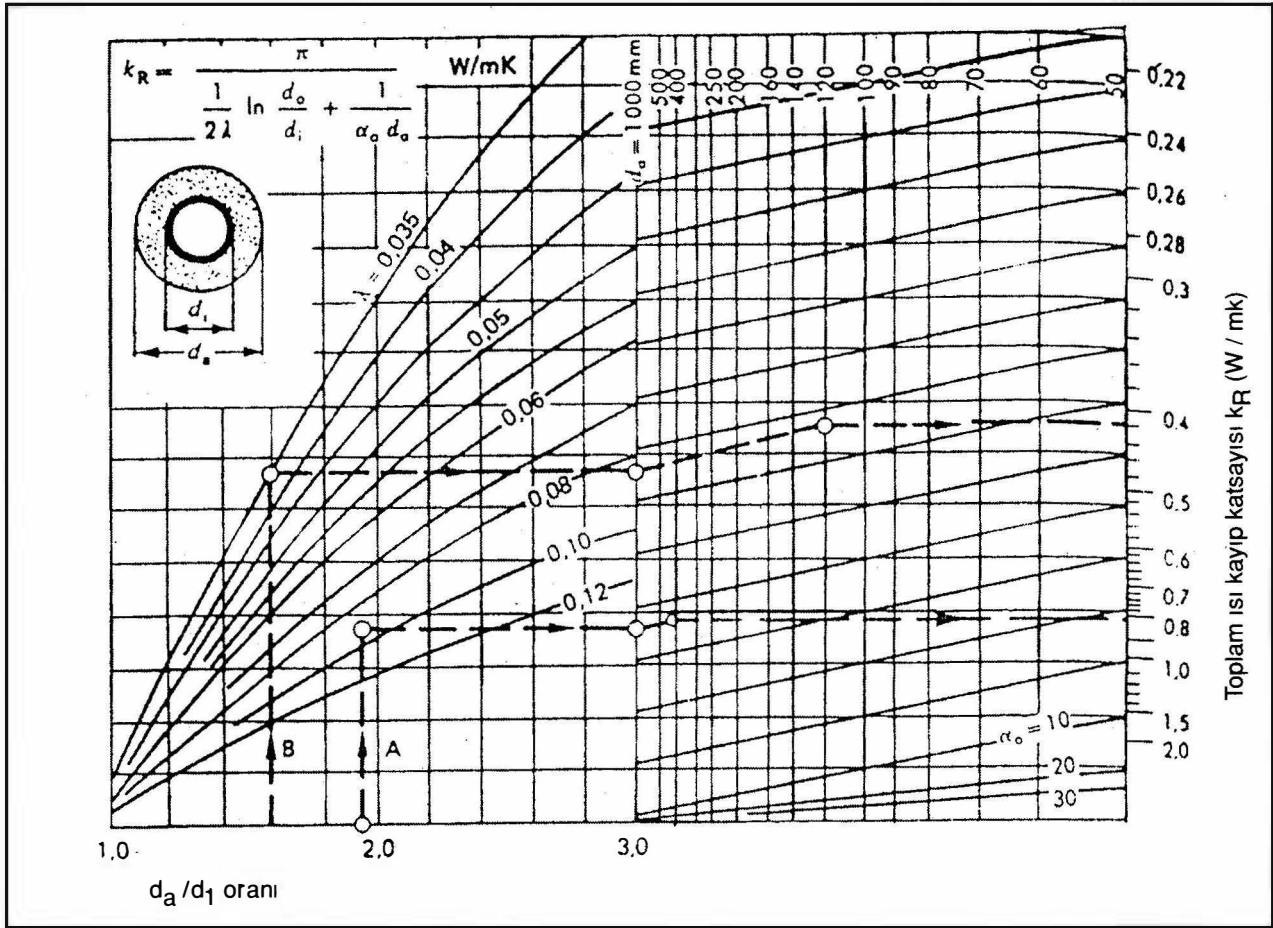
Cam yünü üzerine parlak alüminyum saç levhadan kılıf yapılır. Bu amaçla kullanılacak alüminyum levha kalınlığı 0,5 mm olmalıdır. Depo izolasyonlarında ise kullanılan alüminyum levha kalınlığı 0,6 mm tavsiye edilir.

Belirli kalınlıkta bir izolasyon tabakası ile kaplı boruların birim uzunluğundaki ısı kaybı,

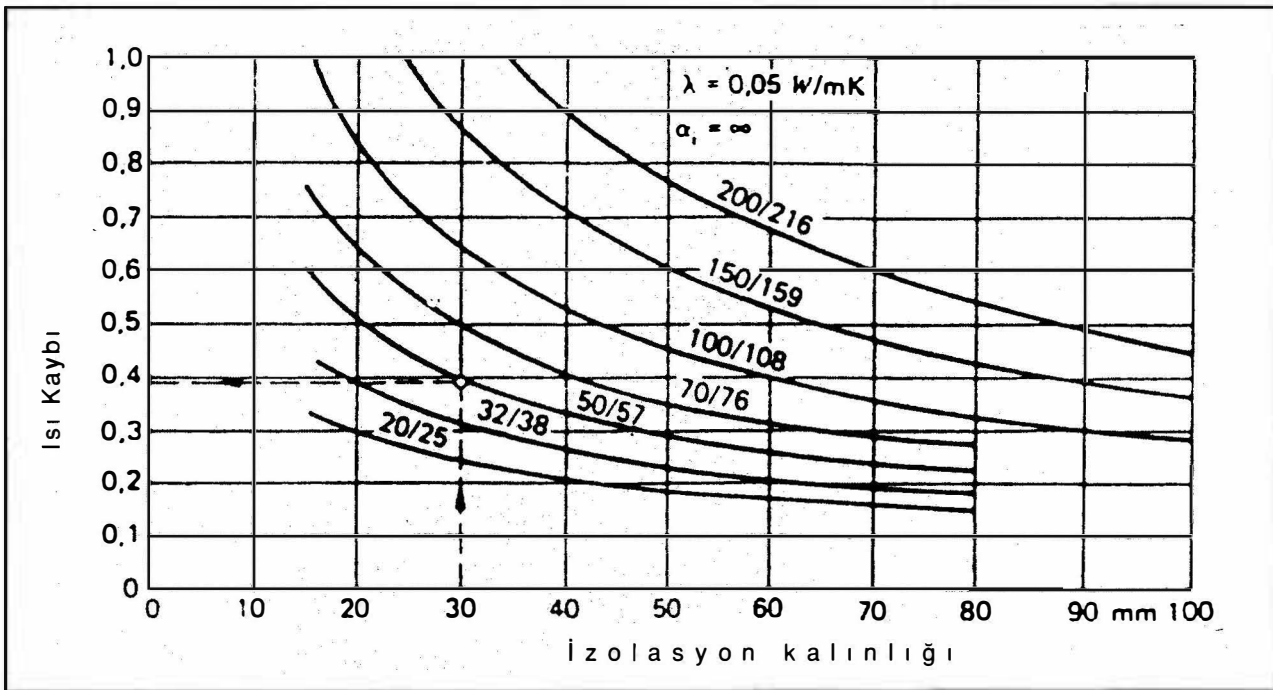
$$q = K_R \cdot \Delta T$$

ifadesi ile belirlenir. Burada,

K_R = Toplam ısı kayıp katsayısı (W/mK)



Şekil 129. ÇEŞİTLİ İZOLASYON MALZEMELERİ VE BORU ÇAPLARI İÇİN K_R DEĞERİ



Şekil 130. CAM YÜNÜ İLE İZOLE EDİLMİŞ BORULARDA 1 °C SICAKLIK FARKI İÇİN 1m BORUDAN OLAN ISI KAYBI

Cinsi	DN	Boru Sıcaklığı °C		
		50	100	300
Flanş	25	0.2 m	0.4 m	1.0 m
	100	0.5 m	1.0 m	2.5 m
	300	1.5 m	3.0 m	7.0 m
Vana	25	0.5 m	1.0 m	2.5 m
	100	1.2 m	2.5 m	7.0 m
	300	3.0 m	6.0 m	12.0 m
Askı ve mesnetler		% 15	% 15	% 15

Tablo 131. DURGUN ORTAMDAKİ BORULARDAN OLUŞAN ISI KAYBI (EŞDEĞER BORU UZUNLUĞU OLARAK)

ΔT = Boru içindeki buharla dış hava arasındaki sıcaklık farkıdır (°C)

Çeşitli izolasyon maddeleri ve boru çapları için K_R değeri Şekil 129'da verilmiştir. Örneğin,

Boru: 200/216 mm

Buhar sıcaklığı: 350 °C

Oda sıcaklığı: 20°C

□izolasyonun ısı yalıtım katsayısı: 0,09 W/K

□izolasyonun kalınlığı: 100 mm

Bu borudan olan ısı kaybını bulmak için $d_a/d_i=416/216=1,93$ değeri ile Şekil 129'dan $K_R=0,81$ W/mK bulunur. Bu değer yardımı ile yukarıdaki formülden,

$q = 0,81 \cdot (350 - 20) = 267$ W/m veya $=230$ kcal/hm bulunur.

Şekil 130'da ise cam yünü ile izole edilmiş borularda izolasyon kalınlığına bağlı olarak 1 m uzunlukta boruda 1 °C sıcaklık farkı için meydana gelen ısı kaybı verilmiştir. Örneğin 50/57 boruda 30 mm kalınlıkta izolasyon halinde 200 °C sıcaklık farkı için ısı kaybı $q=0,39 \cdot 200 = 78$ W/m olarak bulunur.

Buhar boru hatlarındaki diğer önemli bir ısı kaybı da izole edilmemiş flanş vana ve fittingsten kaynaklanır. Tablo 131'deki çizelgede durgun bir ortamdaki borularda bulunan flanş ve vanalardan olan ısı kaybı, eşdeğer boru uzunluğu olarak verilmiştir.

Bu kayıpların önlenmesi için prefabrike izolasyon malzemesi mevcuttur veya özel olarak yapılmış kutular kullanılabilir. Ancak bu izolasyon, elemana kolayca ulaşılacak biçimde, sökülebilir olmalıdır.

3.5.9. Buhar kolektörleri

Buhar kolektörleri, buhar kazanlarında üretilen buharın toplanarak, kullanma yerlerine gönderildiği elemanlardır.

Buhar kolektörü çelik çekme borudan üretilir ve çapı, kendisine bağlanan en büyük çaplı borudan en az 2 çap daha büyük alınır. Örneğin DN50 boru için en az DN80 kolektör alınmalıdır. Kolektör boyu ise kendisine bağlanacak boru sayısı ve büyüklüğüne bağlı olarak seçilir. Çelik çekme borudan yapılma kolektör borusu standart boyutları dış çap/et kalınlığı olarak aşağıdaki gibidir:

57/2,9 mm

82,5/3,2 mm

108/3,6 mm

133/4,0 mm

159/4,5 mm

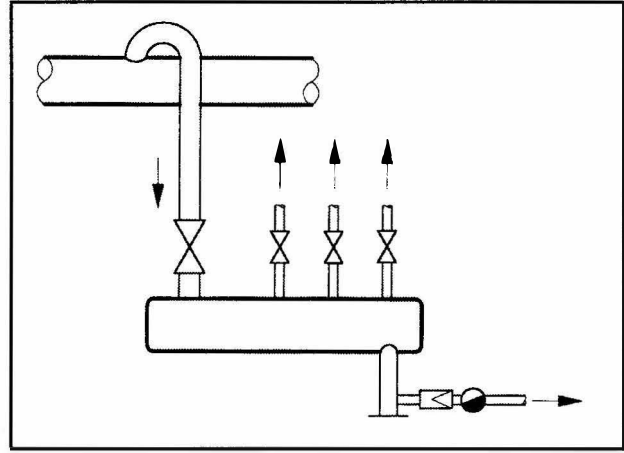
219/5,9 mm

265/6,3 mm

324/7,7,1 mm

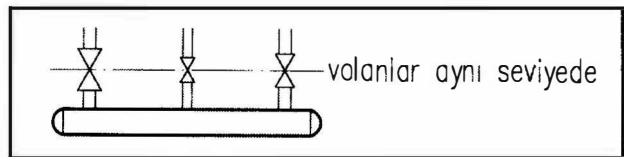
419/10 mm

Buhar kolektörleri uygun kullanılırsa aynı zamanda su zerelerinin tutucu görev de yaparlar. Bunun için bağlantılar kolektöre Şekil 132'de görüldüğü gibi üstten yapılmalıdır. Kolektörün altında toplanan su bir kondensstop vasıtasıyla kondens hattına bağlanır veya dışarı atılır.



Şekil 132. KOLEKTÖR BAĞLANTISI

Buhar kolektörü üzerindeki vanaların volanlarının eksenleri aynı seviyeye gelecek şekilde kollektör ağızları farklı yüksekliklerde yapılmalıdır (Şekil 133). En büyük çaplı vananın bağlanacağı kollektör ağızı izolasyon kalınlığı + civata sökme mesafesi gözönüne alınarak yaklaşık 15 cm yapılır. Diğer ağızlar 15 cm'den büyük olacak şekilde hesaplanırlar.



Şekil 133. KOLEKTÖRE VANA BAĞLANTISI

3.6. Vanalar

Vanalar iki amaçla kullanılırlar. Bu amaçlardan biri tesisatın bir bölümünü sistemden ayırmak, diğeri ise sistemdeki akışı düzenlemektir. Bu iki amacı gerçekleştirecek vana tipi genellikle birbirinden farklıdır. □yi bir ayırıcı vana genellikle kötü düzenleyici özelliklere sahiptir. Birinci tipe açma kapama vanaları, ikinci tipe kontrol vanaları da denebilir.

Ayırıcı vanalar, genellikle kazan, pompa ve ana bransman üzerinde bulunur. Bu sayede sistemin o kısmı devreden çıkarılarak, diğer kısımlar etkilenmeden gerekli tamir ve değiştirme işlemleri gerçekleştirilir.

Kontrol vanaları ise akışkanın debi, yön, basınç vs.. gibi değerlerinin kontrolü istenilen noktalara konulur.

Vanaların boruya bağlantısı küçük çaplarda vida ile (rakor), büyük çaplarda ise flanşla sağlanır. Çeşitli tiplerde vana bulunmaktadır. Vanaları altı gruba ayırmak mümkündür. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanır:

- 1- Globe vana (ventil)
- 2- Sürgülü vana (Gate vana veya şiber vana)
- 3- Küresel vana
- 4- Kelebek vana
- 5- Plug vana
- 6- Diyaframli vana

3.6.1. Globe Vanalar

Buhar hatlarında ayırma ve kontrol vanası olarak daha çok globe vana sınıfından pistonlu vanalar kullanılır. Yüksek basınç ve sıcaklıklarda kullanılmaya uygun vanalardır. Basınç kayıpları diğer vanalara göre daha fazladır. Baskılı ve pistonlu olarak iki ana cinsi vardır. Bunlar da kendi içlerinde ayrılırlar. En çok kullanılan, her iki tipin de düz geçişli olanıdır. PN 16 vanaların dış gövdesi dökme demir, PN40 vanaların dış gövdesi ise dökme çeliktir.

Ayrıca gövdesi paslanmaz çelik olan tipler de mevcuttur. Bütün vanaların pistonu paslanmaz çeliktir.

Daha önce sözü edildiği gibi, buhar basıncına karşı vananın kolay açılıp kapanması için büyük çaplı vanalarda denge pistonlu vanalar kullanılır. Bu vanalarda buhar basıncı, pistonun her iki tarafına birden etki ettiğinden açıp kapamada herhangi bir zorluk olmaz. Ana buhar alma ağzı gibi yerlerde bu tip vanalar kullanılabilir. Gövde çelik döküm, PN40 ve boyutlar DN65-200 arasındadır.

Pistonlu vanalarda sızdırmazlık salmastralarla sağlanır. Gerektiğinde vana yerinden sökölmeden salmastralar değiştirilebilir. Bu vanalarda akış yönü bir okla işaretlidir. Akışkan alttan pistonu gelmelidir. Montaj sırasında bu hususa dikkat edilmelidir. Valflerin bağlandığı borular uygun olarak desteklenmiş olmalıdır. Boru hareketlerinden dolayı vanada bir gerilme meydana gelmemelidir. Flanşlı bağlantılarda flanşlar düzeye getirilmeli, flanş yüzeylerinin birbirine oturması civata ve somunları sıkarak zorla sağlanmamalıdır. Bağlantı işlemi sırasında conta ile flanş yüzeyleri arasında yabancı bir madde kalmamasına dikkat edilmelidir. Globe vanaların bir başka cinsi ise baskılı vanalardır. Düşey hareketli süpape ile yatay duran metal sitin yüzeyi yüzeye oturması ile iç sızdırmazlık sağlanır.

3.6.2 Sürgülü Vanalar

Sürgülü vanaların çalışan parçası, vana içindeki yatay dairesel geçiş kesitine uyan bir diskidir. Bu disk geçiş kesitindeki işlenmiş yuvasına yukarıdan aşağı dik olarak gelip oturduğunda kesiti kapatır. Sürgü adı verilen bu disk bir vida yardımı ile tam kapalı konumundan yukarı doğru hareket ettikçe geçiş kesitini açar.

Sürgülü vanalar ayırma vanası olarak görev yapar veya tam açık, ya da tam kapalı konumda kullanılırlar. Ara konumlarda titreşim yaparak çabuk tahrip olurlar. Özellikle yüksek basınçlarda sızdırmazlığı iyi olmadığı için buhar hatlarında kullanılması tavsiye olunmaz.

Genellikle sarı malzemeden veya çelikten yapılırlar ve büyük çaplarda (DN 80) açma kapamada fazla kuvvet gerektirmeme avantajı vardır. Basınç düşümü küçüktür.

Baskılı ve sürgülü bir vana kesinlikle zorla kapatılmamalıdır. Suda mevcut bir yabancı madde oturma yüzeylerine takılabilir ve zorla kapatılırsa oturma yüzeylerini bozar. Akış olan valflerde, valf bir kere açıp kapatılarak yabancı maddeden kurtulunur. Aksi halde vana açılarak yüzeyler yumuşak bir bezle temizlenmelidir.

3.6.3 Küresel Vanalar

Küresel vanalarda esas eleman, ortasında delik bulunan bir küredir. Bu kürenin 90° dönüşünde, tam açık pozisyondan tam kapalı pozisyona geçilir. Küresel vanalar çok açılıp kapanan veya çabuk açılıp kapanması istenen yerlerde, öncelikle kullanılır. Buhar hatlarında çabuk açıldığı için koç darbesine neden olur. Ayrıca en iyi sızdırmazlık malzemeleri bile 250°C sıcaklığın üzerinde dayanmazlar. Bu nedenlerle ana buhar hatlarında kullanılmazlar. Ancak gaz ve su vanası olarak kullanım alanı çok geniştir.

Avantajları basınç kayıplarının az olması, kolay açılıp kapanması, sızdırmazlığın iyi olması, hafif olması ve az yer kaplamasıdır.

Sızdırmazlık kürenin sızdırmazlığı ve milin sızdırmazlığı olarak iki kademeden oluşur. Vananın kullanılacağı yere göre uygun sızdırmazlık elemanları ile donatılmış olması gereklidir.

Malzeme olarak, dış gövdede, basınca ve kullanma yerine göre demir döküm, çelik döküm veya paslanmaz çelik kullanılırken; küre ve mil paslanmaz çelikten üretilir.

Küresel vanaların, vidalı, soketli, flanşlı tipleri olduğu gibi tam geçişli ve redüksiyon geçişli tipleri de vardır. Redüksiyon geçişli tiplerde küre çapı borudan bir boy küçüktür (200/150 gibi). Bunlarda basınç düşümü daha fazla olmakla beraber, ucuz ve küçük olmanın avantajını taşırlar.

Küresel vana mil boyu seçilirken izolasyonun kalınlığı dikkate alınmalıdır. Vana mili izolasyonun 4-5 cm üzerinde kalacak uzunlukta olmalıdır.

3.6.4 Plug Vanalar

Bir gövde, bir plug (tıkaç) ve kapaktan meydana gelirler. Tıkaç konik veya silindirik formdadır ve ortasında bir delik vardır. Aynı küresel vanalar gibi 90°'lik bir hareketle açılıp kapanırlar. Açık pozisyonda tıkaçın deliği gövde giriş ve çıkış çapı ile aynı olan düz bir geçiş yolu oluşturur. Tam kapalı pozisyonda ise tıkaçın deliği döner ve geçiş yolu sızdırmaz biçimde kapanır. Tıkaç deliği dikdörtgen şeklindedir. Aynı küresel vanalar gibi basit, sağlam, az yer kaplayan ve çabuk açılıp kapanan vanalardır. Dezavantajları ise ani açma kapama nedeniyle ana buhar hatlarına uygun olmamaları, metal metale sürtünme nedeniyle sızdırmaz yüzeylerin çabuk aşınması ve pislikten etkilenmeleridir.

3.6.5. Kelebek Vanalar

Kelebek vanalar da küresel vana veya plug vana gibi 90°'lik bir dönüşle tam açık pozisyonundan, tam kapalı pozisyona geçerler. Bu vanalarda kapama elemanı düşey ekseninde yerleştirilmiş bir mil etrafında dönen bir disklerdir. Monte edilmiş halde kendi ekseninde dönmek suretiyle tam boru kesitini açan veya kapayan bir disk oluşturur. Sızdırmazlık metal klape ile gövde içini kaplayan elastik veya plastik sızdırmazlık elemanları arasında sağlanır. Bu vana gövdesini oluşturan halka biçimindeki sızdırmazlık elemanı aynı zamanda vana ile boru arasındaki flanşta conta görevi yapar. Aynı küresel vana avantajlarına sahiptir. Buhar hatlarında fazla kullanılmazlar. Hem açma-kapama vanası, hem de kontrol vanası olarak kullanılırlar.

Kelebek vanalar, vafer tipi veya flanşlı olarak üretilirler. Bu vanalar monte edilirken diskin serbest hareket edip etmediği kontrol edilmelidir. Vana mili yatay veya düşey pozisyonda olabilir. Ancak DN 300 üzerinde yatay montaj tercih edilmelidir.

3.6.6. Diyaframlı Vanalar

Akışkan metal yüzeye temas etmez. Daha çok korozif akışkanlar için kullanılır. Baskı sübabının esnek bir diyaframı aşağı yukarı hareket ettirmesiyle açma kapama yapar.

3.6.7. Çek Valf ve Pislik Tutucular

Buhar hatlarında kapama vanalarından başka çek valfler ve pislik tutucular da bulunur. Çek valflerin çalışan parçaları menteşeli bir disk veya klapedir. Bu klape tek yönde menteşe pimi üzerinde serbestçe hareket edebilir. Otomatik olarak akışkan hareketi ile çalışır. Akışkan bir yönde akarken klape açılarak geçişe müsaade eder. Ters yönde akış halinde ise klape kapanır. Böylece çek valfin takıldığı hat üzerinde akış tek yönlü olur. Bu valfleri mutlak sızdırmazlık sağlanamaz. Seçimleri vana gibi yapılır.

Pislik tutucular ise tesisatta sayaçlar, pompalar, kontrol valfleri gibi pislikten etkilenebilecek elemanlardan önce konulur ve bu elemanları korur. Pislik tutucunun süzgeci yerinden sökülerek temizlenebilir.

3.7. Vana Boyutlandırması ve Seçimi

Vana seçiminde akışkan cinsi, işletme basıncı, işletme sıcaklığı ve vana malzemesi belirleyici parametrelerdir. Buna göre vana tipi, anma çapı ve bağlantı biçimi belirlenir. Tablo 134'te DIN 2401'e göre uygun malzeme -sıcaklık-basınç ilişkisi verilmiştir. Bu tablodan görüldüğü gibi sıcaklık arttıkça vananın basınç dayanımı azalmaktadır. Vana basınç sınıfı seçilirken buna dikkat edilmelidir. Standart basınç dayanım değeri PN (20°C) için belirlenmiştir. Örneğin PN 16 bir vana 300°C sıcaklıkta sadece 10 bar basınca dayanabilir. Daha yüksek bir basınçta, örneğin 11 barda bir üst basınç sınıfı olan PN 25 değerine gidilmelidir.

Vana çapı seçiminde genellikle boru çapı esas alınır. Vananın kul-

lanılacağı borunun çapında vana seçilir. Bu genellikle açma kapama vanaları için geçerlidir. Kontrol vanaları ise boru çapından bağımsız olarak hesaplanmalıdır. Genellikle kontrol vanası çapı, boru çapından daha küçüktür.

Vana çapı seçiminde öncelikle istenen vananın K_v değeri belirlenmelidir. K_v değeri tam açık pozisyonda birim basınç farkında vanadan geçen akışkan miktarıyla ilgili vananın karakteristik değeridir.

Buhar halinde K_v değerini belirlemek üzere Şekil 135 kullanılabilir. Bu diyagram kızgın buhar için oluşturulmuştur. Doymuş buhar halinde 0 °C kızgınlık değeri kullanılacaktır. Vana öncesindeki buharın kızgınlık değerine bağlı olarak vana K_v değeri artar. Vanada meydana gelen basınç düşümlerinin sınırlı olması istenebilir veya mümkün olan en büyük basınç düşümüne müsaade edilebilir. Vanada meydana gelebilecek en büyük basınç düşümü kritik basınç düşümü olarak tanımlanır. Bu şartlarda çalışacak vana seçimi için gerekli vana K_v değerinin belirlenmesi aşağıda bir örnekle açıklanmıştır.

Örnek 1.

Buhar ihtiyacı = 70 kg/h

Vana öncesi buhar basıncı = 3 bar (mutlak)

Buhar şartları = 50 °C kızgın buhar

Şekil 135 kullanılarak K_v değeri aşağıdaki adımlarla bulunabilir:

1. 700 kg/h debi çizgisi, düşey 50°C kızgınlık eğrisiyle kesiştirilir. Bu kesişim noktasından yatay olarak sağa bir çizgi çizilir.
2. Diğer taraftan 3 bar mutlak basınç noktasından yatay bir doğru çizilir ve kritik eğriyle kesiştirilir. Bu kesim noktasından aşağı düşey bir çizgi çizilir.
3. Her iki çizginin kesim noktasında aranan K_v değeri okunur. Örnekte bu değer, $K_v=24$ bulunmaktadır.

4. Vana teknik bilgi föylerinde K_v değerine karşılık vana çapı tabloları verilir. Seçilen vana tipi için verilmiş tablolardan bulunan K_v değeriyle uygun vana çapı seçilir.

Kritik olmayan, sınırlı ve bilinen bir basınç düşümü halinde gerekli vananın K_v değeri bulunmasında benzer yolla hareket edilir.

Örnek 2.

Buhar ihtiyacı = 100 kg/h

Vana öncesi buhar basıncı = 2 bar (mutlak)

Buhar şartları = 150 °C kızgın buhar

Vana çıkışındaki buhar basıncı = 1.6 bar (mutlak)

Vanadaki basınç düşümü = 2 - 1.6 = 0.4 bar

Şekil 135 kullanılarak K_v değeri aşağıdaki adımlarla bulunabilir:

1. 10 kg/h debi çizgisi, düşey 150 °C kızgınlık eğrisiyle kesiştirilir. Bu kesişim noktasından yatay olarak sağa bir çizgi çizilir.
2. Diğer taraftan 2 bar mutlak basınç noktasından yatay bir doğru çizilir ve 0.4 bar basınç düşümü eğrisiyle kesiştirilir. Bu kesim noktasından aşağı düşey bir çizgi çizilir.
3. Her iki çizginin kesim noktasında aranan K_v değeri okunur. Örnekte bu değer, $K_v = 6.3$ olmaktadır.

Basınç kademesi PN	Malzeme cinsleri					Artan sıcaklık (°C) kademelerinde çalışma basıncının (kg/cm ²) düşüşü					
	Vanalar				Civatalar DIN 2507	20 (120)	200	250	300	350	400
	Demir döküm	Sfero döküm	Çelik döküm	Çelik							
6	GG-20	GGG-38	—	St 37-2	4 D	6	—	—	—		
						6	5	4.5	3.6		
10	GG-20	GGG-38	GS-45	St 37-2	4 D	10	—	—	—		
						10	8	7	6		
16	GG-20	GGG-38	GS-45	St 37-2	4 D	16	—	—	—		
						16	13	11	10		
25	—	GGG-38	GS-45.5	C 22 N	4 D	25	—	—	—		
						25	20	18	16		
		—	GS-C 25	C 22 N	C 35	25	22	20	17	16	13
			GS-22 Mo 4		24 CrMo 5			25	22	20	19
			GS-17CrMo55		24 CrMoV55				25	24	23
40	—	—	GS-45.5	C 22 N	4 D	40	32	28	24		
			GS-C 25		4 D	40	—	—	—		
			GS-22 Mo4	15 Mo 3	24 CrMo 5	40	35	32	28	24	21
			GS-17CrMo55	13 CrMo 44	24 CrMoV55				40	38	36
			GS-C 25	C 22 N	4 D	64	36	29	24		
64	—	—	GS-C 25	C 22 N	4 D	64	50	45	40		
			GS-22 Mo 4	15 Mo 3	24 CrMo 5	64	—	—	—		
			GS-17CrMo55	13 CrMo 44	24 CrMoV55	64	50	45	40	36	32
			GS-C 25	C 22 N	4 D	100	80	70	60		
			GS-22 Mo 4	15 Mo 3	24 CrMo 5	100	—	—	—		
100	—	—	GS-17CrMo55	13 CrMo 44	24 CrMoV55	100	80	70	60	56	50
			GS-C 25	C 22 N	4 D			100	87	78	74
			GS-22 Mo 4	15 Mo 3	24 CrMo 5				100	95	91
			GS-17CrMo55	13 CrMo 44	24 CrMoV55	160	130	112	96		
			GS-C 25	C 22 N	C 45	160	—	—	—		
160	—	—	GS-C 25	C 22 N	C 45	160	130	112	96	90	80
			GS-C 25	C 22 N	C 45	250	200	175	150		
			GS-C 25	C 22 N	C 45	250	—	—	—		
250	—	—	GS-C 25	C 22 N	C 45	250	200	175	150	140	125
			GS-C 25	C 22 N	C 45	250	—	—	—		

Şekil 134. DIN 2401'E GÖRE VANALAR İÇİN BASINÇ-SICAKLIK-MALZEME İLİŞKİSİ

4. Seçilen vana tipi için verilmiş tablolardan bulunan K_v değeriyle uygun vana çapı seçilir.

Örnek olarak kataloğtan KE 43 çelik vana seçilmiştir. Bu vananın teknik bilgi föyünde aşağıdaki tablo verilmiştir.

Çap, DN	15	20	25	32	40	50	65	80
K_v değeri	4	6.3	10	16	25	36	63	100

Buna göre birinci örnek için seçilebilecek vana DN40 mm, ikinci örnek için seçilebilecek vana DN 20 mm olmaktadır.

Su halinde K_v değeri

Su halindeki basınç düşümü, debi ve K_v arasında aşağıdaki gibi bir ilişki vardır.

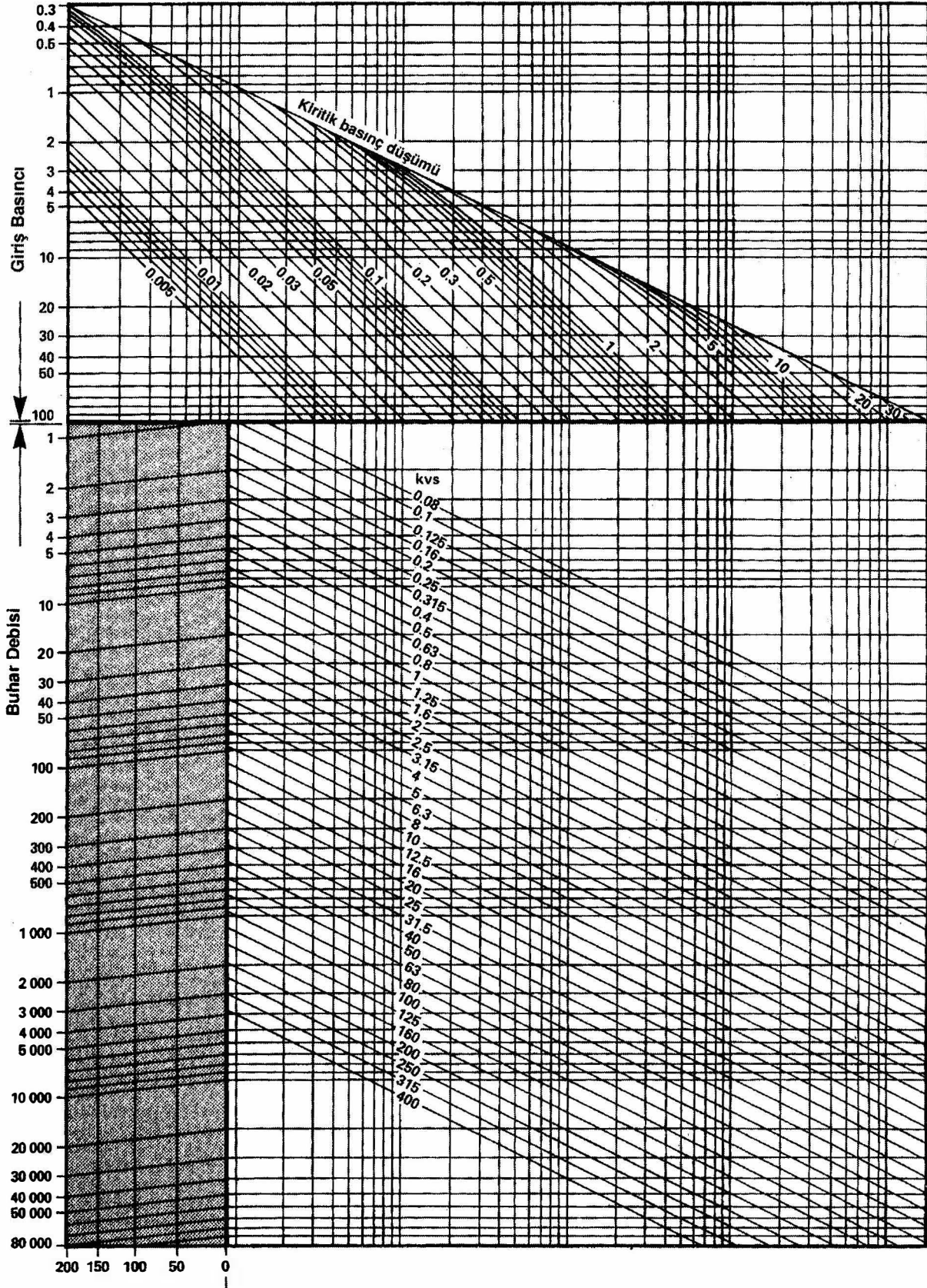
$$Q = K_v \sqrt{\Delta p}$$

K_v değerinin bulunmasında Şekil 136'daki diyagramdan da yararlanılabilir. Örneğin,

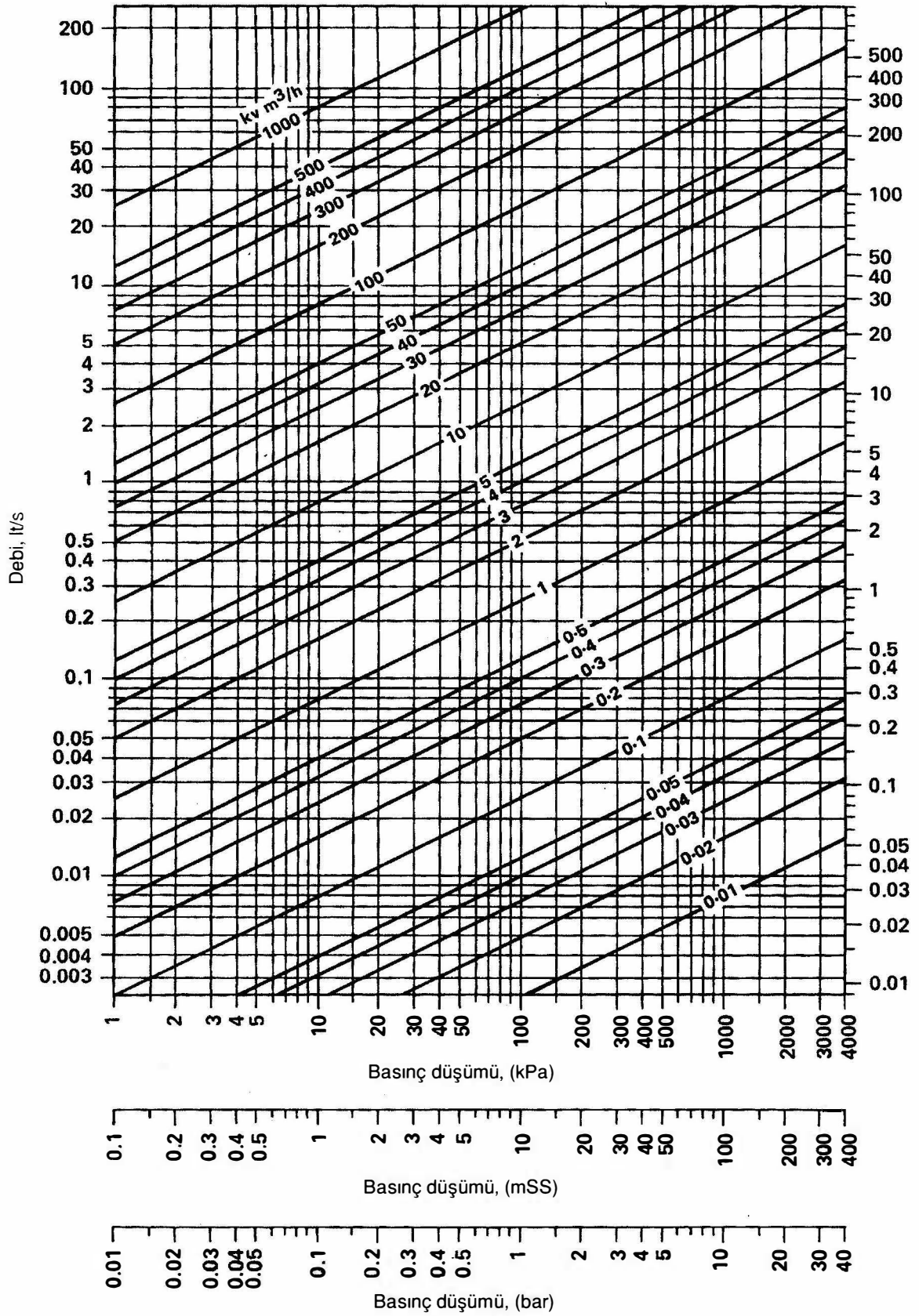
Su debisi = 3.6 m/s

Tam yükte vanada basınç düşümü = 50 kPa

değerinde ise, diyagram yardımıyla $K_v=18$ bulunur. Bu değerle



Şekil 135. BUHAR VANASI BOYUTLANDIRMASI



şekil 136. SICAK SU VANASI BOYUTLANDIRMASI

yine vana kataloglarından gerekli vana çapı belirlenebilir. Kapalı devre üzerindeki kontrol vanalarının seçiminde en önemli parametrelerden biri de vana otoritesidir. Vana otoritesi vanadaki basınç düşümünün bütün devredeki basınç düşümüne oranıdır. İyi bir kontrol karakteristiği açısından vana otoritesinin mümkün olduğu kadar 0.2 ile 0.5 arasında ve tercihen 0.5 değerine yakın olması istenir.

3.8. Buhar Kapanları (Kondenstop)

Buhar kapanları, buhar sistemlerinin en önemli elemanlarından biridir. Kapanlar buhar kullanılan cihazlardan sonra veya ana buhar hatlarının drenajlarına konulur. İdeal halde kapanlardan sadece yoğunlaşan buhar, yani kondens geçer. Böylece buharın tamamen kullanılması ve suyun buhardan ayrılması mümkün olur. Ayrıca buhar kapanları buhar hatlarındaki havanın da tahliyesinde kullanılır.

Buhar kapanları küçük çaplı delikleri ve hareketli parçaları içerir. Bu kısımlar kolaylıkla tıkanabilir. Bunun için kondens-toptan önce bir pislik tutucu konulmalıdır. Pislik tutucular muntazam olarak temizlenmelidir ve bunun için de ulaşılabilir bir biçimde monte edilmelidirler. Kondenstop hattında, kondens-toptan önce kondens kontrol elemanı konulmalıdır. Bunun alternatifi kondens-toptan sonra bir gözetleme camı koymaktır. Gözetleme camı en az 1 m mesafeye konulur. Kondenstop çıkışındaki bir başka elemana çek vanadır. Bu eleman karşı basınçlı kondens hatlarında kondensin geri kaçmasını önler.

Cihaz çıkışı ile kondens-toptan arasındaki boru tamamen kondens ile dolu olmalıdır. Eğer bu bölümde kondens buharlaşacak olursa, aynı su borularındaki hava gibi buhar kondens geçişini önler. Buna buhar tıkaçı adı verilir. Bunun önlenmesi için kondens-topta özel mekanizma olması gerekir. Çoğu kondens-topta bu opsiyon mevcuttur.

Buhar kapanlarının tip ve kapasite olarak uygun seçilmesi buhar tesisatının ömrü ve ekonomisi açısından çok önemlidir. Aşağıda çeşitli tip buhar kapanları, özellikleri ve kullanma yerleri kısaca anlatılmıştır.

3.8.1. Termodinamik Buhar Kapanları

Kondens ile flaş buhar arasındaki dinamik farkları algılar ve kondensi buhar sıcaklığına yakın tahliye eder. Kondens buhar sıcaklığında ise kapatılır, ancak kondens sıcaklığı düşüncü açarak kondensin geçmesine müsaade ederler. TD kapanların çok sık devreye girip çıkmasını önlemek için izole etmek gerekir. Termodinamik buhar kapanları ana buhar hatlarının veya ceketli ısıtıcıların drenajında kullanılmaya uygundur. TD buhar kapanları en basit ve bakımı kolay kapanlardır. Genellikle paslanmaz çelikten yapılır. Çalışma prensibi gereği buhar kaçırmaz. Zaman zaman buhar kaçağı gibi değerlendirilen durum flaş buhardır. Özellikleri:

- Küçük ve hafif olmaları nedeniyle montaj maliyetleri dü-

şüktür.

- Hareket eden eleman sadece disk olup, bakım gideri yok denecek kadar azdır.

- Kondensi oluştuğu anda tahliye etmesi nedeniyle ısı verimi çok yüksektir.

- Kondenstop girişinde kondens birikmesi yoktur.

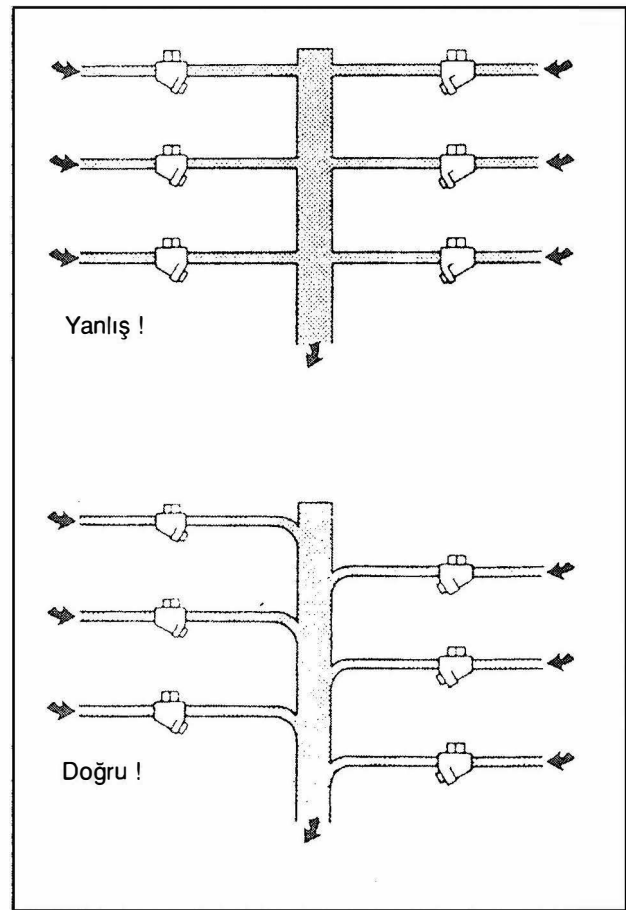
- 0.25 ile 42 bar ve 40 ile 120 bar arasında çalışan tipleri olduğundan kullanım alanı geniştir.

- Sağlam bir konstrüksiyona sahip olması nedeniyle kızgın buhar, koç darbesi, donma ve titreşimlerden etkilenmez.

- Kapatma sırasında diskin çıkardığı ses duyulacağından, çalışıp çalışmadığı basitçe kontrol edilebilir.

- Gerek yatay, gerekse düşey konumda monte edilebilir.

Şekil 137'de belirli sayıda TD kapanın bir kolektöre bağlanmasında çok görülen bir hata verilmiştir.



Şekil 137. BUHAR KAPANLARININ DOĞRU VE YANLIŞ DÜZENLENİŞİ

3.8.2. Termostatik Buhar Kapanları

Buhar ile kondens arasındaki sıcaklık farklarını algılayarak kondensi buhar sıcaklığının altında tahliye eder. Bu kapanlar ayarlanan sıcaklıkta kondens geçişini açacak şekilde çalışırlar. Esas olarak buhar kesildikten sonra boruda kalan kondensin don ve korozyon yapma riski olan yerlerde kullanılırlar.

	ŞAMANDIRALI TERMOSTATİK	TERS KOVALI	TERMODİNAMİK	BASINÇ DENGELİ TERMOSTATİK
MUTFAK GEREÇLERİ				
Buharlı Tencere - Sabit	A		B	B
Buharlı Tencere - Devirmeli				B
Buharlı Tencere - Kaideli	B			A
Buharlı Fırın				A
Sıcak Tezgah	B			A
FUEL ÖİL İLE ISITMA				
Yakıt Depoları		A	B	
Hat Isıtıcıları	A	B		
Dışa Akış Yapan Isıtıcılar	B	A		
Boru Isıtıcılar Ceketli			B	A
HASTANE GEREÇLERİ				
Otoklav ve Steril Cihazları	B	B		A
ENDÜSTRİ TİPİ KURUTUCULAR				
Kurutucu Serpantin	B	A		B
Kurutucu Serpantin Kurutma Bobini (Izgaralı)		B		B
Kurutucu Serpantin Kurutma Silindirleri	B	B		
Çok Setli Borulu Kurutucular	A	B		B
Çok Silindirli Kolalama Makinesi	B	B		
ÇAMAŞIRHANE GEREÇLERİ				
Elbise Presleri	B	B	A	
Ütüleyici ve Düzelticiler	B	B	B	B
Solvent Ayırıştırma Üniteleri	A	B	B	
Tamburlu Kurutma Makinesi	A	B		
PRESLER				
Multi Platen Presler (Paralel Bağlantılı)	B	B	A	
Multi Platen Presler (Seri Bağlantılı)		B	A	
Oto Lastiği Presleri	B	A	B	
PROSES GEREÇLERİ				
Kaynatma Kazanı - Sabit	A		B	B
Kaynatma Kazanı - Eğilebilen				
Fermentasyon Kazanı	A	B		
Öğütücü (Digester)	A	B	B	
Buharlaştırıcı (Evaporators)	A	B		
Sıcak Masalar (Hot Tables)			B	A
Isıtıcılar (Retors)	A	B		
Büyük Hacimli Depolama Tankları		A	B	
Vulkanizör (Vulcanisers)	B	A		
ISITICI ELEMANLAR				
Su Isıtıcıları	A	B		
Isıtma Bataryaları (Heater Batteries)	A	B		
Radyant Panel ve Şeritleri	A	B	B	
Radyatör ve Konvektörler	B			A
Tavandan Isıtma	B	B		A
ANA BUHAR HATLARI				
Yatay Borular	B	B	A	B
Ayırıcılar (Separators)	A	B	B	B
Terminaller	B	B	A	B
Alt Boşaltma (Donma Tedbiri)				B
TANKLAR VE BÜYÜK HAZNELER (VATS)				
Proses Hazneleri (Yüksek Tahliye Borulu)	B	B	A	B
Proses Hazneleri (Tahliyesi Altan)	A	B	B	B
Küçük Bobin Isıtıcı Tank (Çabuk Isıtmalı)	A	B		B
Küçük Bobin Isıtıcı Tank (Yavaş Isıtmalı)				
A- En iyi seçim B- Kabul edilebilir alternatif				

Tablo 138. KONDENSTOP SEÇİM TABLOSU

Çift metalli buhar kapanları:

Bu kapanların çalışması, sıcaklık farkı dolayısıyla çift metal bir dilin hareketine dayanır. Çift metal kapanların avantajı geniş bir basınç aralığında çalışabilmeleri ve kondensi, duyulur ısısının bir kısmını verene kadar tutmasıdır. Böylece kondens hatlarında buhar oluşumunu azaltırlar. Aynı zamanda tesis soğuktan çalışmaya başladığında havayı da serbestçe boşaltma imkanına ve avantajına sahiptirler.

Bu kapanlar çalışma koşullarındaki değişikliklere çabuk adapte olamadıklarından ısı değiştirgeci gibi uygulamalarda pek uygun değildirler.

Basınç Dengeli Buhar Kapanları:

Bu kapanlar son zamanlara kadar çok az kullanılmışlardır. Özellikle yoğunlaşmayan gazların buhar ortamından tahliyesine çok uygundur. Kondensi buhar yoğunlaşma sıcaklığının 10°C altında boşaltmaya başlar. Özellikleri:

- Paslanmaz çelik olan iç parçaları korozyon ve aşınmayı önlediğinden uzun ömürlüdür.
- Basınç dengeli kapsül nedeniyle koç darbesine dayanıklıdır.
- Diğer termostatik kondensstoplar gibi karşı basınçtan etkilenecek sistemde aşırı kondens birikmesine neden olmaz.
- Hava ve diğer yoğunlaşmayan gazları çabuk tahliye ederek sistemin çabuk ısınmasını sağlar.

3.8.3. Mekanik Buhar Kapanları

Buhar ile kondens arasındaki yoğunluk farkını algılar ve kondensi buhar sıcaklığında tahliye eder. Bu kapanlardan şamandıralı kapanlar ideal buhar kapanı olarak kabul edilebilirler. Kondensi ulaştığı anda geçirmeye başlar, fakat buharı geçirmezler. Kendilerini yüke göre ayarlarlar. Şamandıralı kapanlar otomatik hava atıcılarla donatılabilir. Özellikleri:

- Kondensi oluştuğu anda tahliye etmesi nedeniyle ısı verimi yüksektir.
- Kondensstop girişinde kondens birikmesi yoktur.
- Düşük ve yüksek kondens kapasitelerini buhar kaçacağı olmaksızın tahliye eder.
- Yüksek ve ani basınç değişikliğinden etkilenmez.
- Çapına göre yüksek boşaltma kapasitesine sahiptir.
- Paslanmaz çelik olan iç parçaları korozyon ve aşınmayı önler.
- Termostatik hava tahliye elemanıdır. Bu nedenle havayı en iyi tahliye eden kondensstop tipidir.

Ters kovanlı kapanlar genellikle kesintili kondens verirler. Sağlam bir yapısı vardır ve su darbelerine dayanıklıdır. Bu nedenle ana buhar hatlarının drenajında kullanılırlar. Bu kapanlar sık sık soğuktan devreye giren hatlara bağlandığında, hava tahliyesi için by-pass hattında çift metalli veya basınç dengeli kapanlarla donatılmalıdır.

Özellikleri:

- Değişken yüklerin tahliyesi için, aynı çap kondensstoplar değişik orifis çaplarına sahiptir.
- Sağlam bir konstrüksiyona sahip olmaları nedeniyle koç darbelerine dayanıklıdır.

- Kondensin oluştuğu anda tahliye edilmesi nedeniyle ısı verimi yüksektir.

3.8.4. Buhar Kapanlarının Seçimi ve Boyutlandırılması

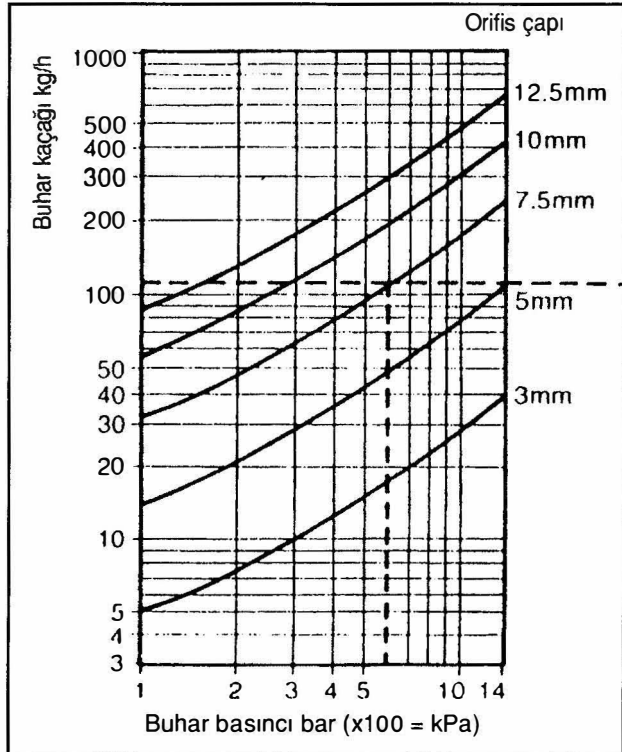
Kondensstop seçiminde aşağıdaki bilgilere ihtiyaç vardır:

- Kullanılacak ünite. Bu amaçla kondensstop seçim tablosundan yararlanılır.
- Buhar basıncı (kondensstop önündeki buhar basıncı)
- Karşı basınç (kondensstop arkasındaki basınç)
- Saatte oluşan kondens miktarı.

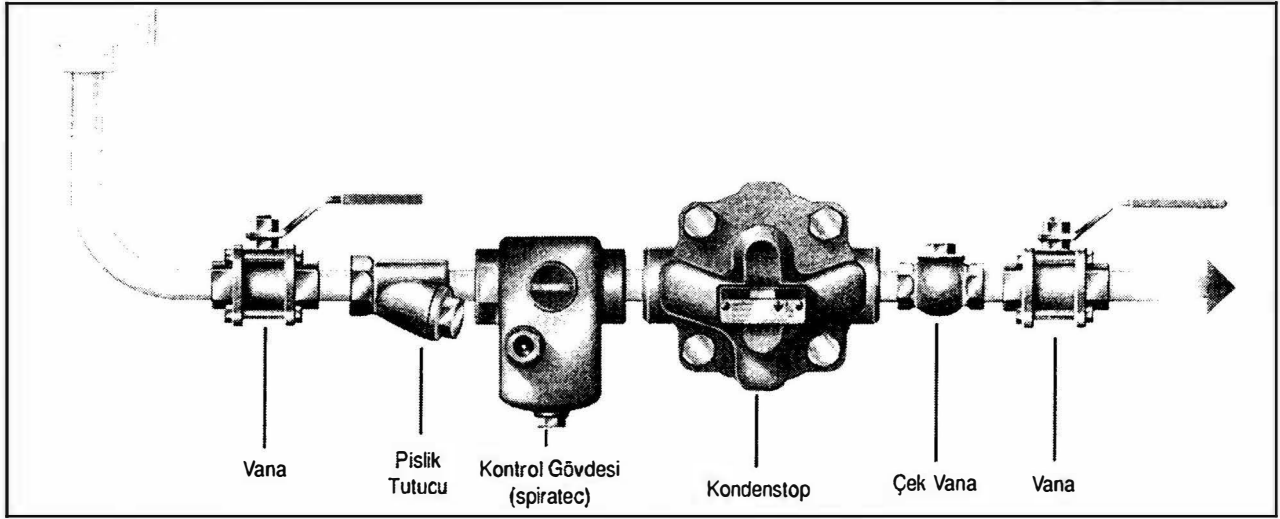
Tablo 138'de çeşitli kullanım yerleri için tavsiye edilen kondensstop cinsleri verilmiştir. Bu tablodan yararlanarak öncelikle uygun kondensstop cinsi belirlenir. Daha sonra, bu tipe ait kapasite eğrilerine başvurulur. Bu eğriler firma kataloglarında mevcuttur, burada verilmemiştir. Yukarıdaki veriler yardımı ile bu kapasite eğrilerden kapan boyutu belirlenebilir. Kondens miktarı için mutlaka başlangıçtaki hattın ve cihazın ısınma hali dikkate alınmalıdır. Bu dönemde kondens miktarı rejim halinin çok üstündedir. Pratik olarak başlangıç yükünü normal rejim debisinin iki katı almak mümkündür.

3.8.5. Kondensstop Kontrol Sistemi

Kondensstoplar kapalı kalırsa, bağlı olduğu buhar cihazındaki buhar çekışı aniden azalır. Tam tersine buhar kapanı açık veya kısmen açık kalırsa, gereksiz buhar kaybına neden olur. Esas büyük enerji kaybına neden olan buhar kapanı arızası budur. Arıza nedeniyle buhar kaçıran bir kapan, çok önemli enerji sa-



Şekil 139A. ARIZA NEDENİYLE KONDENSTOPTAN OLUŞAN BUHAR KAÇAKLARI



Şekil 139B. TİPİK KONDENSTOP KONTROL CİHAZI BAĞLANTISI

vurganlığına neden olur. Kapandan kaçan buhar başka bir önlem alınmamışsa, açık kondens hattıyla doğrudan dışarı atılır. Şekil 139A'de görülen diyagram buhar kaçaklarının boyutları hakkında yeterli bir fikir verebilmektedir. 7.5 mm orifise sahip bir kondens toptan 6 bar basınçta kaçan buhar miktarı buna göre 110 kg/h değerindedir. Sürekli çalışan bir tesiste bu, yılda 70 ton fuel oilin boşa yakılması anlamına gelir.

Bu kaçağın önlenmesi için, kapanların bakımının zamanında yapılması gerekir. Geçmiş yıllardaki uygulama buhar kapanlarından sonra gözetleme camı konulmasıydı. Böylece operatör kapalı devre kondens hattında kondens geri dönüşünü buradan görebilir ve kondens dönüşü yoksa ve buhar kaçağı varsa duruma müdahale edebilir. Günümüzde güvenilir biçimde kondens toptaları kontrol eden otomatik cihazlar geliştirilmiştir. Bu cihazlar kondens toptaların düzenli ve sürekli kontrol edilmesini sağlar. Bu cihazlar kondens toptan önce monte edilirler. Şekil 139B'de tipik bağlantı şekli görülmektedir. Buradaki kontrol gövdesi buhar ile kondens arasındaki iletkenlik farkını ayırt eden bir sensör içermektedir. Bu gövdeye bağlanabilen bir el kontrol cihazı, kondens geçerken yeşil, buhar geçerken kırmızı ışık sinyali vermektedir. Böylece operatör kolayca kondens toptun kaçırıp kaçırmadığını belirleyebilmektedir. Bu kontrol gövdelerini sabit olarak bir merkeze de bağlamak mümkündür. Otomatik kontrol monitörü ile 16 kondens topt sürekli izlenebilir. Daha geniş sistemlerde 256 noktaya kadar tek merkezden izleme imkanı vardır.

3.8.6. Buhar Kapanlarının Tesisi ile İlgili Bazı Kurallar

- 1- Buhar kapanları pislik tutucu ile donatılmalıdır.
- 2- Kapalı devre kondens dönüş hatlarına buhar kapanından sonra gözetleme camı yerleştirilmelidir.
- 3- Buhar kapanı etrafında bir by-pass devresi yapılması şart

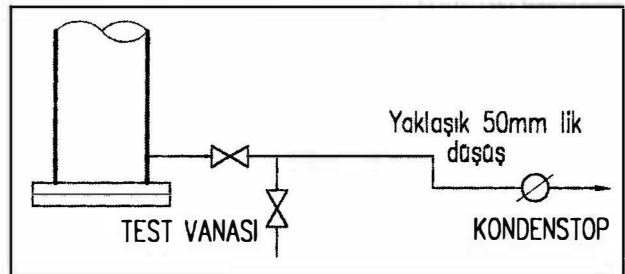
değildir. Ancak halen sürdürülmekte olan bir pratiktir. By-pass devresi, ancak sürekli ve sabit bir boşaltmanın şart olduğu yerlerde gereklidir.

4- Termodinamik, çift metalli ve basınç dengeli kapanlar için Şekil 140'ta görülen kapandan önceki küçük bir düşüş çok yararlıdır.

5- Eğer buhar kapanı kullanma yerinden uzak bir noktaya konulmuşsa borunun buharla dolup, kondens geçişini tıkmaması ihtimali vardır. Böyle durumlarda çözüm, buhar kitlenmesi çözme özelliği olan bir şamandıralı kapan kullanmaktır.

6- İlk devreye alıştır borudaki hava buhar kapanına doğru itilir. Kapan bu havayı tahliye etmelidir. Termostatik ve şamandıralı kapanlar bu özelliklere sahiptir. Aksi halde sistemde bir hava tıkanması olur. Ters kovalı kapanlarda hava tahliyesi yavaş olduğu için, bu gibi durumlarda paralel termostatik hava tahliyesi konulmalıdır.

7- Çok büyük sistemlerde ayrı hava tahliyesi konulmalıdır.



Şekil 140. UYGUN KONDENSTOP TESİSİ

4. KAZAN İŞLETME VE BAKIMI

4.1. Kazan İşletme Biçimleri

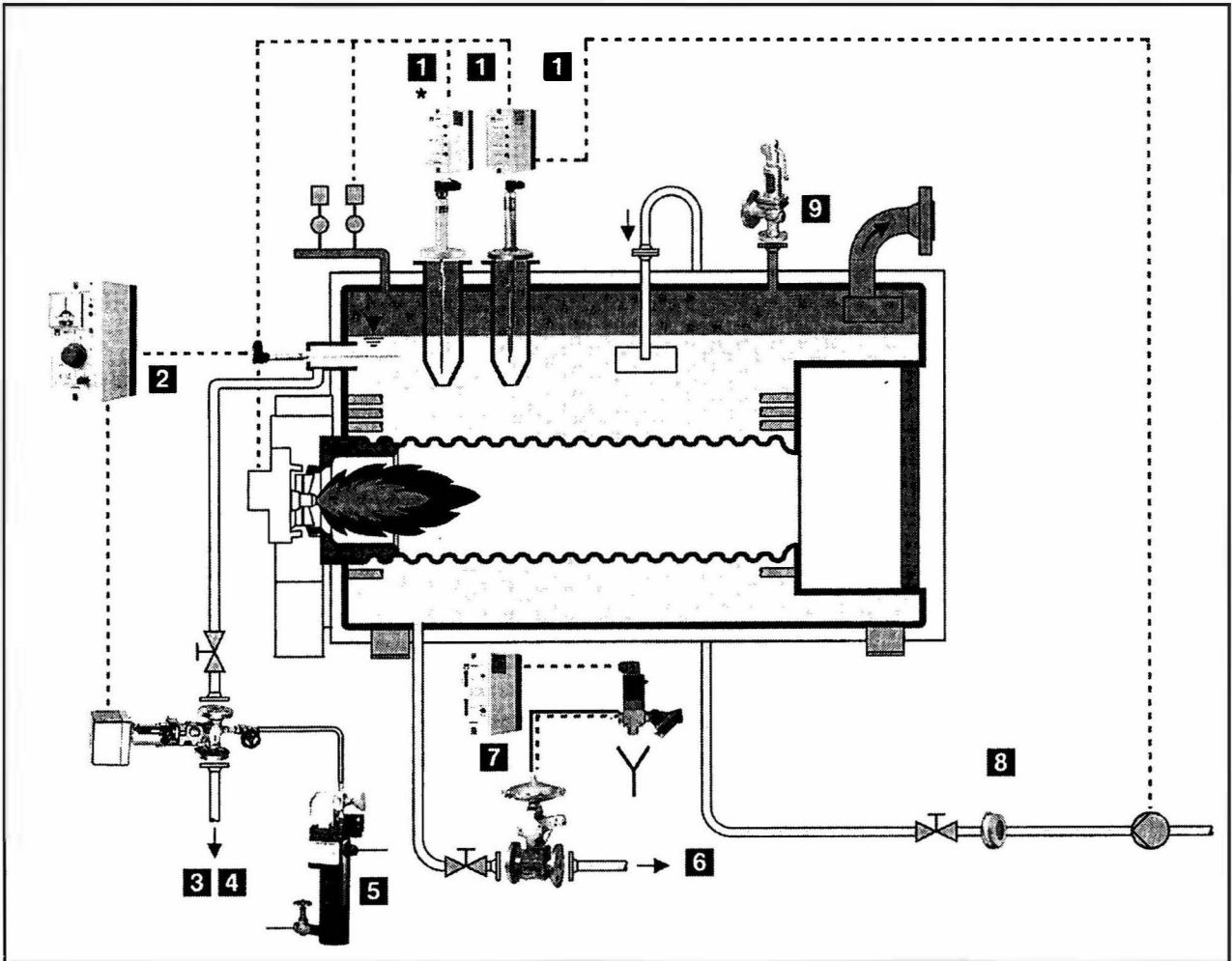
Alman teknik kuralları buhar kazanlarının işletim biçimlerini ve şartlarını belirlemiştir. TRD 601'de sürekli gözetim altında tutulan kazanların koşulları tanımlanmıştır. Buna göre sürekli olarak bir işletme personeli nezaretinde çalışacak kazanda bulunması gerekli elemanlar aşağıda sıralanmıştır. Bu elemanların önündeki numaralar Şekil 141'de görülen numaralara karşı gelir.

- 1- Düşük seviye alarmı ve on-off seviye kontrolü (seviye elektrodu tipi)
- 2- Sürekli blöf kontrolü (TDS kontrolü)
- 3- Sürekli blöf için kazan suyundan ısı geri kazanımı amacı ile flaş tankına
- 4- Tanktan çıkan atık blöf suyu; besiy suyu ön ısıtıcısına
- 5- Numune soğutucu
- 6- Dip blöf (aralıklı atılır) çamur su karışımı blöf tankında soğutulup deşarj edilir.
- 7- Otomatik zaman saatli blöf kontrolü (Timer, pislik tutucu, üç yollu solenoid vana, blöf vanası)
- 8- Çek valf (disk tipi)

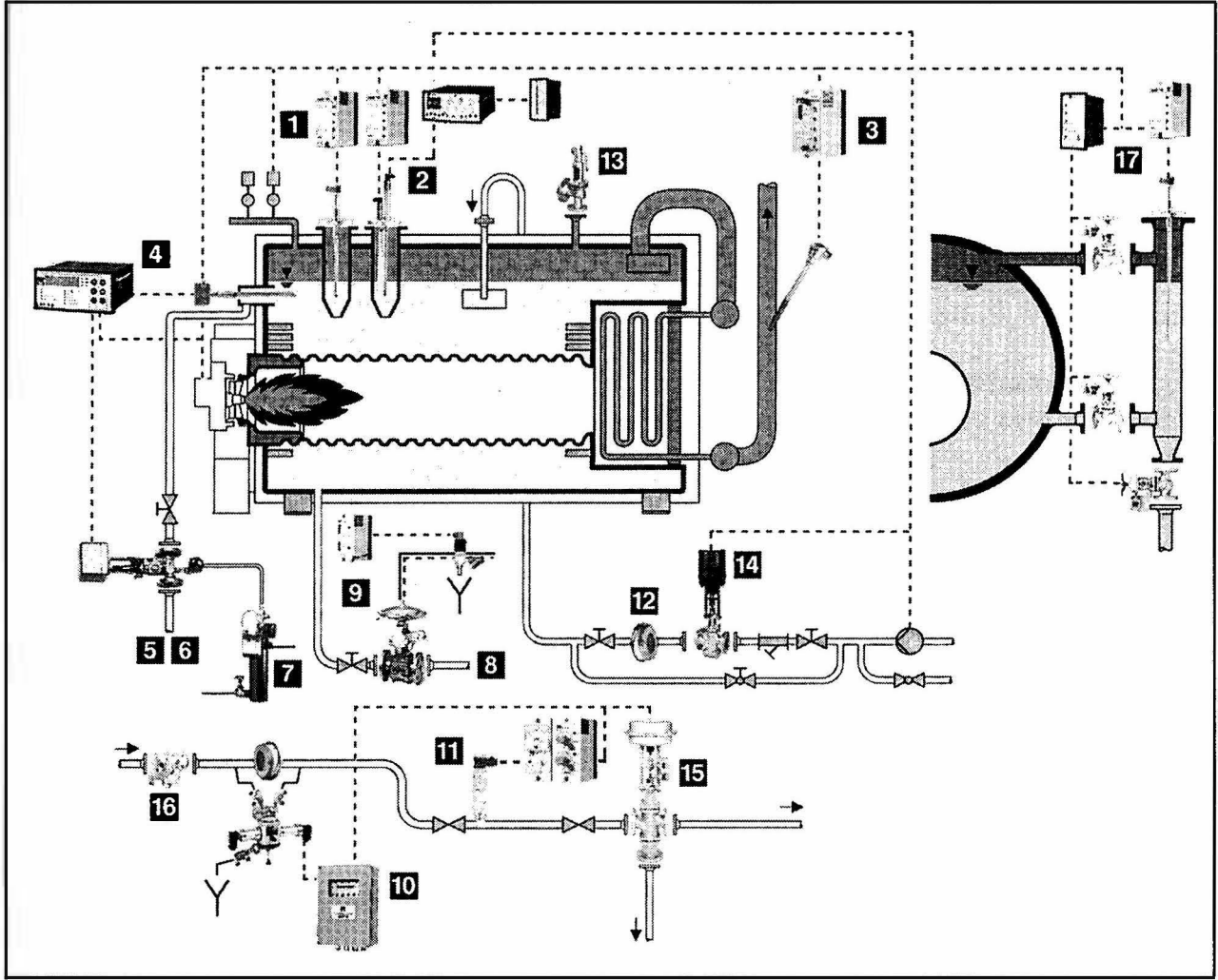
9- Emniyet vanası

TRD 604 bölüm A'da 24 saat süre ile gözetim gerektirmeyen, kazanlarda aranan koşullar belirtilmiştir. Bu kazanlarda günde 1 kez gerekli gözetim yapıldıktan sonra operatörsüz otomatik çalışma mümkündür. Aranan cihazlar Şekil 142'de gösterilmiş ve aşağıda sıralanmıştır.

- 1- Göstergeli düşük seviye alarmları
- 2- Kendinden göstergeli düşük seviye alarmı ve modülasyonlu besiy suyu kontrolü
- 3- Limit termostat
- 4- Sürekli blöf kontrolü (TDS kontrolü)
- 5- Sürekli blöf için kazan suyundan ısı geri kazanımı amacı ile flaş tankına
- 6- Tanktan çıkan atık blöf suyu; besiy suyu ön ısıtıcısına
- 7- Numune soğutucu
- 8- Dip blöf (aralıklı atılır) çamur su karışımı blöf tankında soğutulup deşarj edilir.
- 9- Otomatik zaman saatli blöf kontrolü (Timer, pislik tutucu, üç yollu solenoid vana, blöf vanası)
- 10- Yağ ve kirlilik dedektörü (Kondensin içinde yağ, partikül vs.. yabancı madde kontrolü için)



Şekil 141. TRD 701/601'E GÖRE SÜREKLİ GÖZETİMLİ BUHAR KAZANI İŞLETME ÖRNEĞİ



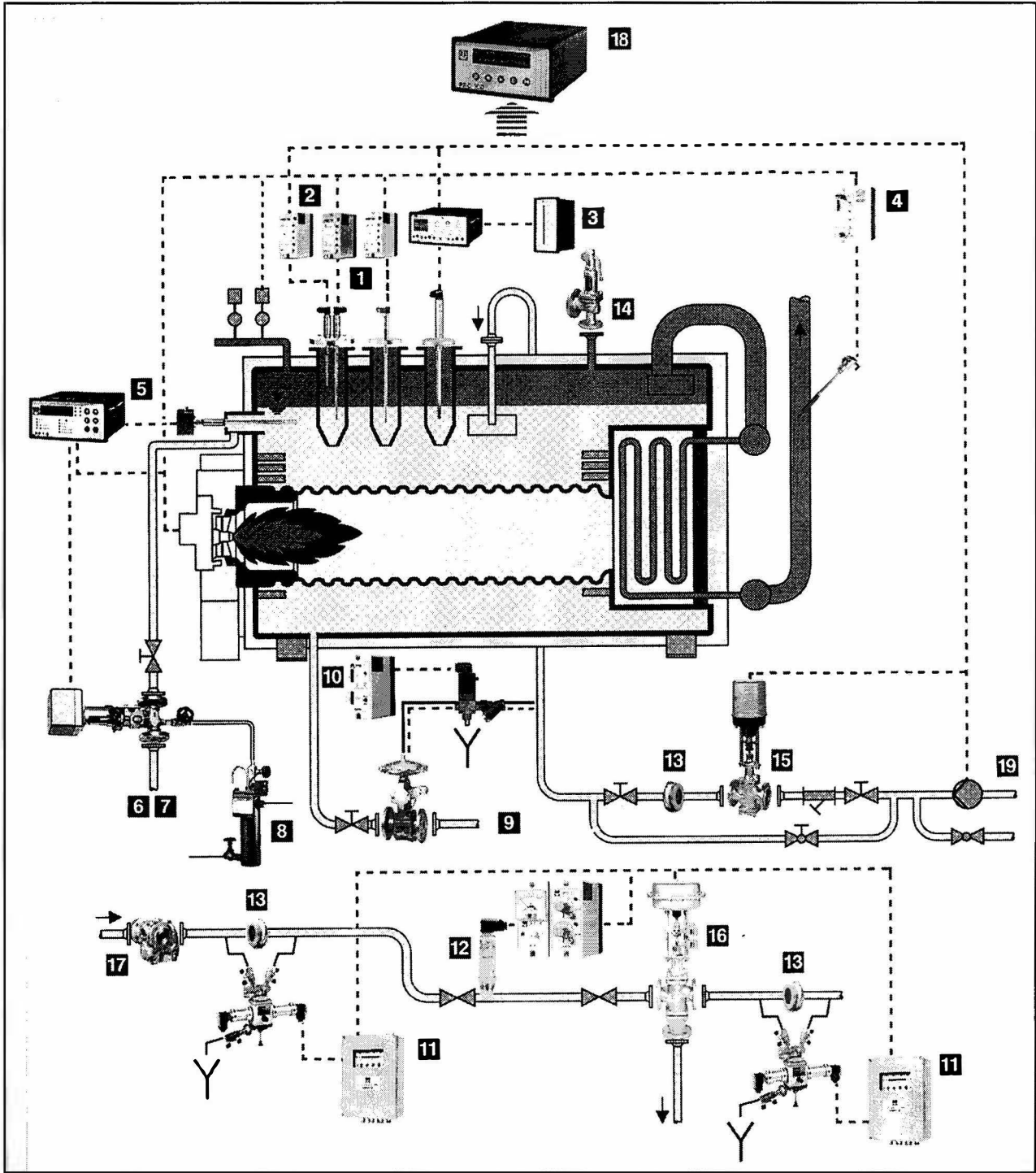
Şekil 142. TRD 604'E GÖRE 24 SAAT GÖZETİM GEREKTİRMİYEN BUHAR KAZANI İŞLETME ÖRNEĞİ

- 11- Geçirgenlik limit dedektörü (Kondens içinde asit, alkali deniz suyu vs.. yabancımadde kontrolü için)
- 12- Çek valf (disk tipi)
- 13- Emniyet vanası
- 14- Motorlu vana
- 15- Pnömatik üç yollu kontrol vanası
- 16- Kondenstop
- 17- Kazan kolektörüne bağlı düşük seviye alarmı

TRD 604 bölüm B'de ise 72 saat süre ile gözetim gerektirmeyen kazanlarda aranan koşullar belirtilmiştir. Bu kazanlarda 3 günde bir kez gözetim yapılması yeterlidir. Kazan otomatik olarak çalışmaktadır. Bu kazanlarda aranan ve Şekil 143'te gösterilen cihazlar aşağıdadır:

- 1- Kendinden göstergeli düşük seviye alarmı
- 2- Kendinden göstergeli düşük seviye ve üst seviye alarmları (Periyodik olarak kendini kontrol eden tip)
- 3- Yüksek seviye alarmı, ilk düşük seviye alarmı ve uzaktan seviye göstergeli modülasyonlu besı suyu kontrolü
- 4- Limit termostat

- 5- Sürekli blöf kontrolü (TDS kontrolü)
- 6- Sürekli blöf için kazan suyundan ısı geri kazanımı amacı ile flaş tankına
- 7- Tanktan çıkan atık blöf suyu; besı suyu ön ısıtıcısına
- 8- Numune soğutucu
- 9- Dip blöfü (aralıklı atılır) çamur su karışımı blöf tankında soğutulup deşarj edilir.
- 10- Otomatik zaman saatli blöf kontrolü (Timer, pislik tutucu, üç yollu selenoid vana,blöf vanası)
- 11- Yağ ve kirlilik dedektörü (kondensin içinde yağ, partikül vs. yabancı madde kontrolü için)
- 12- Geçirgenlik limit dedektörü (kondens içinde asit, alkali deniz suyu vs.. yabancı madde kontrolü için)
- 13- Çek valf (disk tipi)
- 14- Emniyet vanası
- 15- Motorlu vana
- 16- Pnömatik üç yollu kontrol vanası
- 17- Kondenstop
- 18- Arıza gösterme ünitesi
- 19- Besı suyu göstergesi



Şekil 143. TRD 604'E GÖRE 72 SAAT GÖZETİMSİZ BUHAR KAZANI İŞLETME ÖRNEĞİ

4.2. İşletme

Kazanın işletilmesi ile görevlendirilecek personel, ortaya çıkabilecek ivedi duruma müdahaleden sorumludur. Bunun için de personel her şeyden önce bütün donanım görevleri, çalışma özellikleri, çalışma basınç ve sıcaklığı ile akış miktarları hakkında tam bilgi sahibi olmalı, sistemde bulunan bütün kontrol devreleri ve ölçü aletleri ile elektrikli koruma donanımının görev ve çalışmasını iyi bilmelidir.

Yeni kurulan bir işletmede, işletme personeli tercihan sistemin montaj çalışmalarına katılmalı ve yapımçı firma tarafından eğitilmelidir. İşletme ve bakım talimatları yazılı olarak işletmeciler personelin her zaman görebileceği bir yerde bulundurulmalıdır. Bir işletme defteri bulundurulması ve bunun muntazam doldurulması son derece yararlıdır. Tablo 144'de buhar kazanı örnek günlük kontrol çizelgesi verilmiştir.

4.2.1. Kazanın Çalışmaya Hazırlanması ve İlk Ateşleme

1- Buhar kazanı onarım bakım, vb. gibi nedenlerle uzun bir süre devre dışı bırakılmışsa, tekrar ateşlemeden önce, bütün muayeneler yapılmış ve bulunan aksaklıklar giderilmiş olmalıdır.

2- Yeni devreye alınacak veya üzerinde bakım, onarım vb.. gibi işlem yapılmış olan bir kazan ateşlemeden önce gerek su tarafı (domlar ve kolektörler gibi) gerekse gaz tarafı (ocak içi, baca gazı kanalları, hava kanalları, hava ısıtıcısı, brülör hücresi gibi) iyice gözden geçirilmeli, takım, bez parçası, demir parçası, üstü-pü, vb.'den temizlenmelidir. Toz, kurum, curuf gibi atıklar yıkanarak veya süpürülerek dışarı atılmalıdır.

Dom iç parçalarında ve diğer bütün askı, bağlantı, kelepçe vb.. kısımlarda gevşek yerler varsa sıkılmalıdır. Bundan sonra bütün girişler kapatılmalı, el ve adam delik kapakları uygun contalar kullanılarak sıkılmalıdır.

3- Yeni kazanlar veya basınçlı kısımları geniş ölçüde onarım görmüş kazanlar sürekli çalışmaya girmeden önce çalışma basıncının 1,5 katı basınçta hidrostatik deneyden geçirilmelidir.

4- Yakma donanımındaki ve baca çekiş sistemindeki tüm donanımın doğru çalıştığı saptanmalı, bütün damperlerin rahatça açılıp kapandığı kontrol edilmelidir. Otomatik yanma kontrolü ve başka otomatik kontroller varsa bunlarla ilgili bütün ayar, test ve kalibrasyonların yapılmış ve sistemin kusursuz çalışır durumda bulunması sağlanmış olmalıdır. Elektrikli koruma ve kilitleme sistemi ile ilgili bütün test, ayar, kalibrasyon ve fonksiyon kontrolleri yapılmalı ve sistemin bütün elemanları çalışır durumda olmalıdır. Brülörler fotoelektrik alev gözleyiciler ile donatılmış ise, bunların alev karşı duyarlılığı kontrol edilmeli, yanma sistemindeki bütün ölçü aletlerinin test ve muayeneleri yapılarak hepsi çalışır duruma getirilmelidir.

5- Bütün blöf ve boşaltma vanaları, seviye gösterge camı boşaltma vanaları, besleme suyu el vanaları ve kontrol vanalarının iyi çalışır ve sızdırmaz durumda oldukları saptandıktan sonra bunlar kapatılmalıdır.

6- Kazanda otomatik dom su seviye kontrolü varsa, bu kontrol sistemi ile ilgili bütün ayar, test, kalibrasyon ve fonksiyon muayeneleri yapılmış ve otomatik sistemin kusursuz çalışması sağlanmış olmalıdır.

7- Su seviye kolonu ile kazan arasındaki vanalar ve su seviye camı kapama vanalarının tam açık durumda olduğu kontrol edilmelidir. Kazan yeni ise, su seviye camını muayene için kazana su doldurulmalı ve üst dom kapakları açık iken dom ile gösterge camındaki su seviyeleri kıyaslanarak gerektiğinde su seviye camı bir miktar aşağıya alınmalıdır. Özellikle su seviye göstergesi kazandan uzakça bir yere yerleştirilmiş ise, olası montaj hatalarını gözönünde tutarak bu işlem yapılmalıdır. Muayene yapılırken ayrıca büyük ve yüksek kazanlardaki ısıl genleşme nedeni ile domun karşılaşacağı seviye farkı da düşünülmelidir.

8- Kazana, yapımının tavs. iye ettiği seviyeye kadar, gerekli kimyasal koşullara uygun su doldurulmalıdır. Bu sırada üst dom, ekonomizör gibi kısımların hava atma vanaları açılarak kazana su

dolarken hiçbir yerde hava kalmaması sağlanmalı ve bütün kızdırıcı blöf vanaları sonuna kadar açık bulundurulmalıdır.

9- Kazana ilk verilen su soğuk olmamalı ve sıcaklığı, kazan metal sıcaklığından en çok $\pm 10^{\circ}\text{C}$ farklı olmalıdır.

10- Kazan istenen seviyeye kadar doldurulduktan sonra su beslenmesi durdurulmalıdır. Su seviye kolonu ile seviye camının boşaltma vanaları tam açılıp bir miktar boşaltma yapılarak vana ve borularda tıkanıklık olup olmadığı saptanmalıdır. Kazanla ilgili başka boşaltma vanalarından da boşaltma yapılarak bunlar muayene edilmelidir.

11- Ana buhar basınç göstergesi muayene ve kalibre edilmiş durumda olmalıdır. Basınç göstergesinin dom ile olan bağlantıları muayene edilmeli ve arada kapalı unutulmuş vana veya gevşemiş rakor gibi bir aksak durum kalmamalıdır. Gösterge, kazandan oldukça uzağa yerleştirilmiş ise, borusu gösterge tarafından sökülerek içine basınçlı su veya hava tutulmalı ve tıkanıklık olmaması sağlanmalıdır.

12- Kazan ve kızdırıcı üzerinde bulunan tüm emniyet vanalarının kontrolü yapılmış olmalıdır.

13- Kazan, ana buhar borusuna yalnız bir vana ile bağlı değilse buhar çıkış vanası açılıp kapatılarak kontrol edilmeli ve iyi çalıştığı izlenmelidir. Bu vana buhar elde edildiğinde ısınıp sıkışmaması için çok sıkılmamalıdır.

14- Kazan ilk ateşlendiğinde meydana getirilecek ilk alev, yakma donanımına ve kazana göre uygun ölçüde küçük olmalıdır. İlk alevin büyüklüğünü saptamaya yarayan en önemli husus, kızdırıcı serpantinleri metal sıcaklıklarının yapımının vereceği değerler üzerine çıkmamasıdır. Bu maksatla, yeni bir kazanda ilk ateşleme sırasında kızdırıcıların metal sıcaklıkları veya bu bölgedeki baca gazı sıcaklığı ölçülmeli bu sıcaklık ilk alevin büyüklüğü ve istenilen değerler üzerine çıkmayacak şekilde ayarlanarak daha sonraki ilk ateşlemelerde bu büyüklüğe uyulmalıdır.

15- Soğuk bir kazan ilk ateşlendiğinde en küçük alev en az 1 saat büyütülmeyle korunmalıdır. Kazan çalışma basıncını yükseltmek için gerekli süre kazan büyüklüğü ve tipine bağlı olarak değiştiğinden, bu konuda yapımının tavsiyesine uyulmalıdır.

Isıtma süresinin kısa tutulması, kazanda eşit olmayan ısı dağılımları sonucunda büyük ısı gerilmelerinin doğmasına yol açar. Kazanda basınç altındaki yüzeyler (kazan boruları, ekonomizör, domlar, kızdırıcılar gibi), olabildiği kadar eşit ısıtılmalı, kızdırıcı serpantinlerinde aşırı metal sıcaklıklarına meydan verilmemeli ve büyük metal parçalarda farklı ısı meydana gelmesi önlenmelidir. Birden çok brülörlü kazanlarda, ısıtma süresince brülörler nöbetleşe yakılarak eşit ısı dağılımı sağlanmalıdır.

16- Kazan ısınıp, dom havalık borusundan buhar çıkmaya başladıktan sonra bir süre beklenerek dom içindeki havanın buharla birlikte dışarı atılması sağlanmalı ve havalık tam kapatılmalıdır. Kazan suyunun ısınması ile domda su seviyesi yükseleceğinden zaman zaman blöf yapılarak su seviyesi sabit tutulmalıdır.

17- Kazan basınç tutmakta iken, sisteme buhar verilmediğinden kızdırıcı serpantinlerini aşırı sıcaklıktan korumak için kızdırıcılar

Yılı :
Haftası :
Kazan No :

Günler	Sabah	Akşam	Sabah	Akşam	Sabah	Akşam	Sabah	Akşam	Sabah	Akşam	Sabah	Akşam	Sabah	Akşam	Sabah	Akşam	Sabah	Akşam	Düşünceler
Pazartesi																			Görevdeki operatörün imzası
Salı																			Kazandan alınan numune suda yağ ve benzer yabancı maddeler yok
Çarşamba																			Yüzey bitü (varsa) yapıldı mı?
Perşembe																			Dip bitü yapıldı mı?
Cuma																			Besti suyu PH değeri iyi
Cumartesi																			Besti suyu PH değeri iyi
Pazar																			Besti suyu sentiyi iyi
																			Besti suyu hava ayarları iyi
																			Brülörün hava ayarları iyi
																			Brülör normal çalışıyor
																			Brülör normal çalışıyor
																			Kondens tankında yeterli su var
																			Besti pompası normal çalışıyor
																			Su seviye göstergesi camının temizliğinin kontrolü
																			Su seviye kontrol cihazı kontrolü
																			Su seviye otomatik kontrolü
																			Su seviye otomatik kontrolü
																			Asgari su sıcaklığı
																			Baca gazı sıcaklığı
																			Kondens tankına buhar kaçağı yok
																			Besti suyu sıcaklığı
																			Besti suyu basıncı
																			Buhar basıncı
																			Kazandaki su seviyesi

Bir kazanın sürekli olarak emniyetli bir şekilde çalıştırılması, kazanın ve kazan üzerindeki otomatik kontrol cihazlarının düzenli bakım ve kontrolüne bağlıdır. Yukarıda belirtilen test ve kontroller, kazanın ve otomatik kontrol cihazlarının iyi çalışır durumda olup olmadıklarının tespiti için düzenlenmiştir. Yapılan test ve kontroller esnasında herhangi bir cihazın iyi çalışır durumda olmadığı tespit edilirse, bu cihaz derhal onarılmalıdır. Gerekliğinde incelemek üzere komple kayıtların mevcut olması için onarım ve değişiklikleri "Düşünceler" hanesine kaydedilmelidir.

Tarih :
Yetkili ismi :
İmza :



Şekil 144. BUHAR KAZANI GÜNLÜK KONTROL ÇİZELGESİ, GÜNDE İKİ KONTROL YAPILACAK

da bir miktar buhar dolaşımı sağlanmalı ve bunun için de sisteme buhar verilineceye kadar kızdırıcı havalık ve blöf vanaları bir miktar açık tutulmalıdır. Genel bir kural olarak, kızdırıcı giriş ve ara kolektörü blöf vanası, çok az, çıkış kolektörü blöf vanaları ise tama yakın açılmalıdır.

18- Kazanın eşit olarak ısınması sağlandıktan sonra, gerektiğinde alev az bir miktar büyütülerek basınç yükseltilmelidir. Basınç yükseltme hızı yapımıcının tavsiyelerine uygun olmalıdır.

19- Buhar basıncı, sistem basıncının 1/4'üne ulaştığında, alev söndürülerek ısının yayılması için bir süre beklenmelidir. Sönme sırasında basınç kaybına yol açmamak için kızdırıcı blöfleri kapatılmalı ve tekrar ateşlendiğinde aynı miktarda açılmalıdır. Yeniden ateşleme yapılmadan önce kazanın havalandırılması unutulmamalıdır.

20- Isıtma sırasında seviye camı, el ve adam deliği kapakları gibi contalı kısımlar zaman zaman yoklanmalı, varsa kaçaklar giderilmelidir. Yüksek basınç ve sıcaklık altında oluşan kaçaklar, bu durumda giderilmeyip ilgili kısımlar işletmeden çıkarıldıktan sonra giderilmelidir.

4.2.1.1. Kaynatma

Yeni kurulmuş veya basınç altındaki kısımları geniş ölçüde onarım görmüş kazanlarda kazan su yüzeyleri ile kızdırıcılar, ekonomizörler ve su boruları iç yüzeylerindeki kir, pas, yağ, gres vb. 'nden temizlenmek üzere kimyasal temizleyiciler ve alkali deterjan ile kaynatılmalıdır. Kazan kızdırıcı serpantinleri boşaltamaz tipte ise, bu tip kızdırıcılar kaynatma dışında tutulmalıdır. Kaynatma sırasında seviye camı çıkarılıp yerine geçici bir cam takılarak kimyasal maddelerin seviye camını kirlenmesi önlenmeli ve kaynatma bittikten sonra, temizlenmiş olan seviye camı takılmalıdır.

Kaynatmada kullanılacak kimyasal maddelerin cinsi ve miktarı yapımıcının kullanma yönetmeliğine göre saptanmalı, bu olmadığı durumlarda aşağıdaki kimyasal maddeler kullanılmalıdır.

Kazan suyunun her 1000 kg'ı için;

2 kg Sodyum Karbonat (Na_2CO_3)

2 kg Trisodyum Fosfat ($\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$)

1 kg Sodyum Hidroksit (NaOH)

Bu maddeler, kazana normal seviyeye kadar su alındıktan sonra üst dom kapağı açılarak buradan kazandaki suya katılabilir.

Kazan suyuna katılan kimyasal temizleme maddeleri kullanılırken personelin el, yüz, göz gibi yerlerine zarar vermemesi için lastik ayakkabı, lastik eldiven, lastik önlük, koruyucu gözlük gibi güvenlik malzemesi kullanılmalıdır. Kimyasal maddeler, suda iyice eridikten sonra kazan suyuna katılmalıdır. Yukarıda belirtilen maddelere ek olarak, köpürme yapmayan bir sentetik deterjan da kazan suyuna yeteri miktarda katılmalıdır. Kimyasal maddelerin ve deterjanın domaya verilmesinden sonra kapaklar kapatılmalı ve kazan en küçük alevle ateşlenerek ve yapımıcının öngördüğü süre kadar kaynatma yapılmalıdır. Bundan sonra, kazan basıncı, işletme basıncının 1/3'üne yükseltilmeli ve bütün kaynat-

ma süresince alev yakılıp söndürülerek kazan basıncının bu değerde tutulması sağlanmalıdır. Bu sırada kızdırıcı havalığı sürekli açık tutulmalıdır. Bundan sonra seviye gösterge camının yarısı kadar blöf yapılarak, normal seviyeye kadar sıcak su alınmalıdır. Kazan suyundan belli aralıklarda numuneler alınıp, analiz yapılarak su temizleninceye kadar aynı işlem sık sık tekrarlanmalıdır. Daha sonra kazan soğutulup, suyu boşaltılmalı, basınçlı su ile yıkanmalı, çökelmiş pislik, çamur vb. temizlenmelidir.

Üst dom içinde buhar ayırıcısı boru destek parçaları ve dağıtım boruları, saç tavalı vb. iç kısımlar, varsa, bunlar monte edilmeden dom içine yığılmalı ve kaynatma sırasında temizlendikten sonra her parça bir bir yıkanıp yerine takılmalıdır.

4.2.1.2. Emniyet Valflerinin Kontrolü

Buhar kazanı ateşlenerek kazan buhar çıkışı vanası kapalı durumda iken basınç yükseltilmelidir. Daha önceden emniyet valflerinin üzerlerindeki etiket değerleri not edilmelidir. Birden çok emniyet valfi olan kazanlarda önce en yüksek basınçta açan valf kontrol edilmelidir. Bu nedenle daha düşük açma basınçlarındaki valfler, özel kelepçeler ile kelepçelenmelidir, kontrol edilecek emniyet valfi yayı serbest bırakılmalıdır. Kazan basıncı işletme basıncına geldiğinde, valf el ile bir iki kez açılıp kapatılmalıdır. Bu şekilde valfin arızasız çalıştığı saptanmalı ve gövdenin ısınması sağlanmalıdır. Bundan sonra kazan basıncı, emniyet valfinin açma değerine çıkarılarak emniyet valfi gereken basınçta kendiliğinden açılıp açılmadığı kontrol edilmelidir. Valf açılır açılmaz ateş söndürülmeli ve buhar blöfü yapılarak basınç, vana üzerinde emniyetle çalışmayı sağlayacak kadar düşürülmelidir. Bu arada valf kapatma basıncının da etiket değerine uygunluğu, muayene edilmelidir.

İstenilen değere uymayan emniyet valfleri, yapımıcının tavsiye edeceği şekilde ayarlanır. Emniyet vanası üzerinde ayarlama yapılırken (özellikle yüksek basınç ve kapasiteli kazanlardaki valflerde) kazan basıncı en az işletme basıncının % 20 altına düşürülmüş olmalıdır. Valf ayarlandıktan sonra aynı muayene tekrarlanmalıdır. Gerekirse yeni bir ayar daha yapıp tekrar muayene edilmelidir. En yüksek basınçta açılan valfin muayenesinden sonra daha düşük basınçta açan valfin kelepçesi çıkarılarak aynı şekilde muayenesi yapılmalıdır. Bu sırada artık ilk valf kelepçelenmez. Bu yoldan, en düşük basınçta açan valfe kadar kazan üzerindeki (dom ve kızdırıcılardaki) bütün emniyet valfleri muayene edilmelidir. Muayenede kullanılacak kazan dom basınç göstergesi önceden kalibre edilmiş olmalıdır. Muayene sırasında iki ayrı basınç göstergesi kullanılmalıdır.

4.2.2. Kazanın Devreye Sokulması

Kazan basıncı sistem basıncına ulaşmış sisteme buhar vermeye hazır duruma geldiğinde, kazanı devreye bağlarken kazandaki buharın sistemdeki buhara ani değmesi önlenmeli ve kazan buhar borusundaki bütün kondens suyu dışarı atılmalıdır. Bu amaçla sisteme buhar verilmeden önce kazan tarafındaki buhar blöfleri

bir süre tam açılarak blöf yapılmalı ve az açık duruma getirilmelidir. Dış buhar sistemine buhar veren başka kazan yoksa, kazan basıncı ilk yükseltilmeye başlandığında sisteme az miktarda buhar verilerek sistem ısıtılmalı ve bundan sonra dış sistem basıncı kazan basıncı ile birlikte yükseltilmelidir.

Kazanın ortak bir buhar kollektörüne bağlı olduğu sistemlerde aşağıdaki şekilde hareket edilmelidir:

Kazan çıkışında ne tip vana düzeni olursa olsun, kazan basınç tutmakta iken, önce bağlı olduğu kollektörle kazan çıkış vanası arasındaki bir by-pass aracılığı ile ana borudan buhar verilerek bu kısım ısıtılır ve sistem basıncına getirilir. Daha sonra kollektör üzerindeki giriş vanası sonuna kadar açılarak sistemdeki buhar, kazan çıkışındaki son vanaya kadar getirilir.

Kazan çıkışında bir kapatma vanası varsa, kazan basıncına geldiğinde, bu vana çok yavaş ve dikkatle açılarak kazan devreye sokulur.

Kızdırıcı varsa kazan devreye buhar vermeye başladıktan sonra, daha önceden açık tutulmakta olan kızdırıcı bölümler vanaları tam olarak kapatılmalıdır.

4.2.3. Devredeki Kazanın İşletilmesi

4.2.3.1. Brülör Alevi

Hangi tip yakıtla olursa olsun, brülör alevi olabildiği kadar düzgün ve kararlı olmalıdır.

Sistem fotoelektrik alev izleyicilerle donatılmış olsa bile alev, kazancı tarafından sürekli olarak gözlenmeli ve ani bir alev sönmeye yol açacak hareketlerden kaçınılmalıdır.

4.2.3.3. Su Seviyesi

Kazan işletmesi sırasında su seviyesinin istenilen değerde olabildiği kadar sabit tutulması gereklidir. Buhar kazanlarında su seviyesi otomatik olarak kontrol edilir. Bununla birlikte, otomatik cihazların her an arıza yapabileceği düşünülerek, su seviyesinin durumu kazancı tarafından sürekli olarak izlenmelidir.

Kazanda tehlikeli su seviyesinden min. 50 mm yukarıdaki su seviyesi, seviye göstergesinin camında en alt noktada görülebilmelidir.

Seviye göstergesinin su tarafı, besi suyuna katılan kimyasal katkılar nedeniyle korozyon tehlikesi ile karşılaşır. Su seviye göstergesinden blöf yapılırken de erozyon tehlikesi ortaya çıkar. Seviye göstergesinin camı da buhar sıcaklığının yarattığı gerilim ile karşılaşır.

a) Refleks camlı seviye göstergeleri ile kazandaki su seviyesinin kontrolü (Şekil 32)

1- Seviye göstergesinin camında su seviyesi normal görülürken seviye göstergesinin kazanın su tarafına bağlı B vanasını kapatıp, bölümler vanasını (C) 5 saniye kadar açınız.

2- Blöf vanasını (C) kapatıp (B) vanasını açınız. Gösterge camında su süratle normal seviyesine çıkacaktır. Eğer çıkmamışsa veya çok yavaş çıkarsa seviye göstergesini kazana bağlayan su kanallarında bir tıkanıklık var demektir. Bu tıkanıklık süratle gideril-

melidir.

3- Seviye göstergesinin (A) vanasını kapat, (C) blöf vanasını 5 saniye kadar aç. Bilahare (C) blöf vanasını kapat, (A) vanasını açınız. Su normal seviyesine çabuk dönmelidir. Şayet su normal seviyesine dönmez ise; seviye göstergesinin bağlantı tarafından bir tıkanıklık var demektir. Süratle tıkanıklık giderilmelidir.

4- Günde en az 2 defa seviye göstergesinin fonksiyon gördüğü kontrol edilmelidir.

5- Yıllık bakımda seviye göstergesi yerinden sökülüp iç parçaları da sökülerek camı, su buhar kanalları temizlenmelidir. Refleks cam zaman içinde suyun etkisi ile renk değiştirir, gösterme özelliği azalabilir. Ayrıca blöf suyu dolayısı ile cam incelenebilir.

6- Bazen kazanda su seviyesi normal olduğu halde gösterge camında su seviyesi normalden yüksek veya alçak gözükabilir. Bu seviye göstergesini kazana bağlayan 1 ve 2 tarafında bir tıkanıklık olduğunun göstergesidir. Derhal tıkanıklık giderilmelidir.

Ancak seviye göstergesinde gerekli kontrolleri yaptığınız halde göstergede su seviyesi normalin altında veya hiç görünmüyorsa; kazanda su seviyesi tehlikeli bir seviyeye düşmüş demektir. Sebebinin bularak bu su seviyesi düşüklüğünü ortadan kaldırınız. Su seviyesi göstergesinde gerekli kontrolleri yaptığınız halde su seviyesi göstergesi tamamen su ile doluyorsa; kazanda normalden fazla su var demektir. Sebebinin bulunuz, gideriniz, suyu normal seviyesine kadar boşaltınız.

DİKKAT! Seviye göstergesi kazandaki gerçek su seviyesinden biraz daha aşağıda seviye gösterir (Bunun nedeni seviye göstergesindeki suyun yoğunluğunun daha yüksek oluşundandır). Seviye göstergesindeki bu fark miktarı; kazanın buhar kapasitesine, seviye göstergesinin kazandaki konumuna göre, kazan suyunun kimyasal özelliğine göre kazan gövdesinin büyüklüğüne göre değişir.

Magnetik Seviye Göstergesi:

1- Gösterge profilinin mecbur kalmadıkça yerinden sökülmemesi tavsiye edilir. Herhangi bir nedenle söküldüğünde, söküldüğü gibi takılması gerekir. Bağlantı, şamandıra en alt seviyede tüp boş iken profildeki renk tamamen beyaz olacak şekilde yapılmalıdır.

2- Seviye gösterge cihazının verimli çalışması için gösterge tüpünün, en az ayda bir kez temizlenmesi gerekir. Bu süre kullanılan akışkanın cins ve özelliklerine göre kullanıcı tarafından ayarlanabilir. Eğer sistemde tortu ve çamur yapma özelliği var ise günde bir kez blöf edilerek dipte birikmesi olası tortunun tahliye edilmesi önerilir.

Şamandıralı Su Seviye Otomatığı

Brülör çalışırken tağdiye cihazını blöf edin. Sözü edilen otomatik kontrol cihazları iyi çalışır durumda iseler, brülörü durdurmaları, besleme pompalarını çalıştırmaları ve alarm düdüğüne devreye sokmaları gerekir. Tağdiye cihazının bünyesindeki asgari seviye kontağında başka bir asgari seviye kilidi varsa, bunun da fonksi-

yon gördüğünü; brülörün durduğunu, alarm cihazının devreye girdiğini kontrol ediniz.

Elektrot tipi su seviye otomatığı ve asgari seviye otomatığı olarak seviye elektrotları kullanılıyorsa bu elektrotların kireç bağlanmamış olması gerekir. Bu cihazların kontrol için su seviyesini hiçbir şekilde gösterge camında kaybolacak şekilde aşağıya indirmeyiniz.

Seviye camı ve çevresi iyi aydınlatılmalı, buhar kaçaklarına meydana verilmemelidir. Seviye camları temiz bulundurulmalıdır.

Otomatik su seviye kontrolü olan kazanlarda, seviye aşırı şekilde düşer veya yükselirse, sistem otomatik kumandadan çıkarılarak su seviyesi el ile düzeltilmelidir. Bundan sonra otomatik kontrollardaki arızanın nedeni anlaşılıp düzeltilmeden sistem yeniden otomatığa bağlanmamalıdır.

4.2.3.3. Köpürme

Dom seviyesindeki dalgalanmalar ve çıkış buhar sıcaklığındaki açıklanamayan düşmelerle kendini gösteren köpürme meydana geldiğinde, buhar çıkışı azaltılarak su seviyesinin sabitleştirilmesi sağlanmalıdır. Köpürmenin giderilmesi için, su seviyesi normal seviyesine düşürülmeli ve buhar domu köpük hizasından sürekli blöf edilmelidir. Köpüklenme önlenene kadar kazana bir yandan taze su verilip bir yandan blöf sürdürülmeli, köpüklenme önlenemezse kazan devreden çıkartılarak olayın nedenleri araştırılmalıdır. Köpürmenin önlenmesinde, kazandaki kimyasal koşulların kontrolü ile ilgili kurallara uyulmalıdır.

4.2.3.4. Kazan Besleme Suyu

Kazan besleme suyu kimyasal işleminden geçirilmiş olmalı, kazan suyunun sürekli analizleri yapılarak istenmeyen kimyasal koşullar giderilmelidir.

Kazan besleme suyu borusu sürekli muayene edilerek tıkanmalar zamanında saptanmalıdır. Kazan besleme suyu sıcaklığının istenilen değerde tutulması sağlanmalı, pompa çıkış basıncındaki normalden çok yükselmeler besleme borusundaki tıkanmaya veya kireçlenmeye bir işaret olacağından bu basınç sürekli olarak izlenmelidir.

Besleme pompaları, çalışma sırasında göz altında bulundurulmalı ortaya çıkabilecek bir arıza halinde derhal yedek pompa devreye alınarak besleme suyunun kesilmesi önlenmelidir.

4.2.3.5. Blöfler

Kazanda asılı haldeki katı maddeler konsantrasyonunun istenilen sınırlar içinde tutulması, kazan suyu sürekli analiz edilerek ve bu maksatla konulmuş blöf borusundan sürekli blöf yapılarak sağlanabilir. Sürekli blöf miktarını ve süresini saptayabilecek su analizleri yapılmıyorsa, kazan günde bir kez blöf vanası sonuna kadar açılıp, kapatılmak suretiyle blöf edilmelidir. Blöfler buhar çekişinin en az olduğu sırada yapılmalıdır.

Kazan hangi nedenle olursa olsun blöf edilirken blöf hattında çift vana bulunduğu hallerde, en önce açılan vana en son kapatıl-

malıdır. Bu şekilde blöf vanalarının tek taraftan basınç olarak sıkı kapanmalarını önlenir. Blöf vanaları çok dikkatle ve yavaş açılmalıdır.

Blöf sistemi sık sık muayene edilmeli ve sızdıran vanalar onarılmalı veya değiştirilmelidir. Yüksek basınç ve sıcaklık altındaki kaçaklar bu durumda giderilmemeli, bu gibi kısımlar kazan söndürülüp basınç düşürüldükten sonra giderilmelidir.

Blöf yapan kazancı, seviye camını gözlemek amacıyla blöf vanasının yanından ayrılmamalı, kendisi açık blöf vanası yanında beklerken başka bir kazancı da seviyeyi izleyerek vananın ne zaman kapatılacağını bildirmelidir.

4.2.4 Kazanın Servisten Çıkarılması, Kazanı Devreden Çıkarma

Kazan buhar çıkışı azaltılırken bir yandan da besleme suyu kısılmalı ve alev küçültülmelidir. Alev büyüklüğü istenilen seviyeye inince yakıt kesilerek alev söndürülür. Hava akışı bir süre daha sürdürülerek ocakta ve baca kanallarında birikmiş yanıcı gazlar dışarı atılmalıdır.

Kazan çıkışında geri tepme valfi olsun veya olmasın, alev söndürüldükten sonra buhar çıkışındaki kapatma vanası sıkıca kapatılmalıdır. Çıkışta iki tane kapatma vanası varsa her ikisi de kapatıldıktan sonra aralarına kalan borudaki buhar blöf edilmelidir.

Dom su seviyesi normal ise, besleme suyu pompası durdurulmalıdır. Besleme suyu giriş vanası kapatılmalıdır ve su seviyesi çok yüksek ise normale gelecek şekilde blöf yapılmalıdır.

Hava fanları durdurularak damperler az aralık kalana kadar kapatılmalı ve kazan soğumaya bırakılmalıdır.

Kazanın soğuma süresi kazan tipi, kapatma ve özelliklerine göre değişir. Farklı sıcaklıkların meydana gelmesini önlemek için, hızlı soğumadan kaçınılmalıdır. Çok büyük kazanlarda, soğutma sırasında eşit sıcaklık dağılımının sağlanması için kazanda yeniden -kısa süreli- ateşlemeler yapılması gerekir. Soğutma süresinin saptanmasında yapımcının tavsiyelerine uyulmalıdır.

4.2.4.2. Boşaltma

Kazan soğumaya bırakıldığında, basıncın düşmesi izlenir. Dom basıncı 2-2,5 kg/cm²'ye indiğinde, basınç altında çalışan kısımlarda vakum oluşumunu önlemek için havalık açılmalıdır. Kazanda basınç kalmadıktan ve su sıcaklığı 90 °C'un altına düştükten sonra kazan boşaltılabilir. Bununla birlikte tuğla ve ateşe dayanıklı harç kısımlar el yanmadan dokunabilecek seviyeye kadar soğumadan kazanı boşaltmaktan kaçınılmalıdır.

Boşaltılacak kazan başka kazanlara paralel çalışıyorsa, açılacak boşaltma vanasının sadece o kazana ait olmasına dikkat edilmelidir. Özellikle boşaltma boruları birbirine bağlantılı sistemlerde bu şekilde yanlışlar önlenmelidir. Kazan tam olarak boşaltıldıktan sonra blöf vanaları sıkıca kapatılmalı ve üzerlerine açılması gerektiğini belirten uyarı etiketleri asılmalıdır.

4.2.5. Olağanüstü Durumlar İçin İşletme Kuralları

Anormal Düşük Su Seviyesi

Hangi nedenle olursa olsun, su seviyesi gösterge camının görüş seviyesi altına düşerse kazan derhal durdurularak buhar çıkışı kapatılmalı, sonra su seviyesindeki düşmenin nedenleri araştırılmalıdır.

Bunun için durdurulmuş bir kazan su seviyesini tekrar eski durumuna çıkarmak üzere hemen su vermek tehlikelidir. Kazan bir miktar soğuduktan sonra ve azar azar su verilmelidir.

Su seviyesinin düşme nedeni anlaşılıp arıza giderildikten sonra, seviye düzeltilip, kazan tekrar ateşlenmelidir. Düşük su seviyesi elektrikli alarm ve kilitleme sistemi olan kazanlarda, bu sistem her zaman iyi çalışır durumda tutularak ani seviye kaybına karşı güven sağlanmalıdır.

Ocak Patlamaları

Ocak Patlamalarının Oluş Nedenleri

- Alev söndükten sonra brülör vanalarının sızdırması veya tam kapatılmaması ve/veya ilk ateşlemede yakıt tutuşmasının gecikmesi yüzünden ocağa sızan yakıtın buharlaşması ile ocakta yanmamış gazların meydana gelmesi,
- Ocakta meydana gelen bu gazların, yanmayı sağlayacak kadar hava ile karışması,
- Bu hava-gaz karışımı sıcaklığının, alevlenme noktasına yükselmesi ve/veya ocakta bir kıvılcımın bulunmasıdır.

Ocak Patlamalarının Önlenmesi İçin:

- Söndürülen brülörlerin vanaları iyi kapatılmalı ve brülör ateşleme çubukları dışarı alınmalıdır.
- Brülör alevi sürekli olarak gözlenmeli, brülör alevinin sönmesi halinde yakıt yağı vanası derhal kapatılmalıdır.
- Yakıt yağı vanası solenoidli otomatik kapatma vanası ise, alev söner sönmeyen vanayı kapatıp kapatmadığı kontrol edilmeli ve ocak havalandırılarak yanmamış gaz karışımı dışarı süpürülmelidir.
- Kazanın ilk ateşlenmesinde alev kısa zamanda meydana gelmez ise yakıt yağı vanası kapatılmalı ve ocak, havalandırıldıktan sonra yeniden ateşleme yapılmalıdır.

4.3. Bakım

Kazan işletmeciliğinde sürekli yapılacak denetlemeler:

- Kazan suyunun seviyesi otomatik kontrol cihazları denetiminde olsalar dahi işletme personeli su seviyesini daima gözetmelidir.
- Kazan suundaki kimyasal eriyikler ve askıdaki katı ve gazların düzeyi, pH değeri mutlaka ciddi bir şekilde izlenmelidir. Kullanılan kimyasal katkı maddelerinin dozajının istenilen düzeyde olması denetlenmeli ve sağlanmalıdır.
- Kazanların alt kısımlarında çamur birikmesine izin verilmemeli ve en uygun aralıklarla blöf yapılmalıdır.
- Kazan boruları ve gövde cidarlarında korozyon, taşlanma ve kı-

şır oluşumuna izin verilmeyip yıllık duruşlarda kontrol edilip, temizlenip önleyici tedbirleri alınmalıdır.

- Özellikle emniyet vanaları ve bütün vanaların çalışır durumda olmaları sağlanmalı ve denetlenmelidir.
- Bütün pompaların çalışmaları -elektrik motorları- rulmanları ses ve sıcaklık durumları denetlenmeli, normal dışı durumların tespitinde gerekli işlemler yapılmalıdır.
- Su yumuşatma cihazları ve filtreler denetlenmeli, su sertlik derecesi ve pH değeri ölçülüp (günlük kayıtlar) defterine yazılmalıdır.
- Vantilatörler ve fanlar, elektrik motorları, kumanda devreleri denetlenmeli, normal dışı olaylarda tedbirler alınmalıdır.
- Kazan borularının içlerinde kurum teşekkülü kontrol edilip periyodik temizlikleri yapılmalıdır. Aynı şekilde baca temizlikleri yapılarak çekişde devamlılık sağlanmalı, varsa çürümeler tespit edilmelidir.
- Baca gazı analizleri sık sık yapılarak CO, NO, SO₂, O₂ değerlerinin müsaade edilir düzeyde olması sağlanırken is ve kurum düzeyleri ve su yoğunlaşması da denetlenmelidir. Böylece hem çevre korunmuş ve hem de gereksiz yakıt tüketimi önlenmiş olur.
- Ekonomizörlerin temizlikleri de denetlenip sağlanmalıdır.
- Sıvı ve gaz yakıtlı kazanlarda brülörlerin yakıt/hava oranını yakıt filtreleri -ateşleyiciler ve brülör çalışırken titreşim ve ses düzeyi ile yanma alevinin rengi sık sık kontrol edilmelidir.
- Elektrik tablo-röle-fotoseller-motorlar ile rulmanların temizliği, ısınma ve titreşimleri kontrol altında tutulmalıdır.
- Elektronik cihazların temizliği ve bakımları yapılmalıdır.
- Boyler ve eşanjörler ile bunların bağlantı boruları da kontrol edilmeli. Bozulan boyalar ve galvanizli yerler yeniden boyanarak çürümeler önlenmelidir.
- Kazan dairesi gürültü ve sıcaklık düzeyi, havalandırması sürekli denetlenmelidir.

4.3.1. Günlük Bakım İşlemleri

- a) Su seviye göstergesinin her iki tarafından havasını alınız (Bu esnada boşaltma ventili açık bulunmalıdır).
- b) Kazan tağdiye cihazını kontrol edin ve temizleyin (Mevcut ise boşaltma ventili açık bulunmalıdır). a ve b işlemlerini çok dikkatli yapılmalıdır, çünkü en iyi şekilde temizlenmiş besleme suyu dahi armatürlerde ve kazanın içinde çok küçük çökmeler yapabilir ve suyun hareketsiz olmasından dolayı, özellikle armatürlerin bağlantı yerlerinde birikebilir.
- c) Buhar kazanlarını günde birkaç defa blöf ediniz. Kazan suyu yoğunluğunu kontrol edin ve gerekirse yenileyin.
- d) Fotoseli kontrol edin. Bunun için fotoseli çıkarın karartın. Bir saniye içinde alarm sistemi devreye girmelidir. Günde bir defa ışık alıcısının üzerine silmek, temizlemek gereklidir.
- e) Besi suyu deposunda ve degazörde yeteri kadar su bulunup bulunmadığını ara sıra kontrol ediniz.
- f) Gaz basınç regülatöründe önceki ve sonraki gaz basıncını

kontrol ediniz (Gaz ile ateşlemeli sistemlerde).

g) Kazan üzerindeki ve su, buhar ve yakıt hatlarındaki bütün kaçak yapan flanş ve bağlantı yerlerini sıkıştırın ve sızıntıları önleyin.

h) Kazan emniyet ventilinin kolay açılabilir şekilde olduğunu kontrol edin.

j) Hat ısıtıcısı veya fişek ısıtıcı serpantin borularının kondens veya sıcak su hattındaki kontrol musluklarından yakıt yağı karışması olup olmadığını kontrol edin.

4.3.2. Aylık Bakım İşlemleri

a) Emniyet ventili kontrol edilir. Bunun için buhar basıncı tamken, deneme kolu açık pozisyona doğru çekilir. Kol serbest bırakıldığında ventil derhal kapanmalıdır.

b) Su seviye otomatığı ve asgari su seviye kesme otomatığı, ayda bir defa kazan su seviyesi yavaşça ve gerçekten asgari seviyeye indirilerek kontrol edilmelidir. Su seviyesi, su seviye göstergesi camının alt noktasından aşağı düşürülmemelidir. Bu test sırasında kesme otomatığı tam çalışmazsa, derhal sökülerek gözden geçirilmeli ve çalışır vaziyette takılmalıdır.

c) Kazan ve kazana ait bütün sistem, boru bağlantıları, flanşlar, tutucular ve vanalardaki kaçaklar ve diğer arızalar dikkatlice kontrol edilmelidir. Tatminkar görülmeyen her husus not edilerek düzeltilmelidir.

d) Yakıt filtresini temizleyin (Fuel-oil yakıtlı sistemlerde).

e) Gaz filtresini temizleyin (Gaz yakıtlı sistemlerde).

f) Brülörü açın ve temizleyin, ateşleme elektrodlarının doğru bağlanmış olmalarına dikkat ediniz (Yalnız döner püskürtmeli brülörde).

g) Bütün kaçak yapan flanş ve bağlantı yerlerini sıkıştırın ve sızıntılarını önleyin, gerekirse yenileyin.

h) Şalter tertibatlarını ve otomatik sistemi bir elektrikçiye kontrol ettirin.

i) Ön duman sandığı kapaklarını açın ve duman borularını bir fırça ile temizleyin. Ön ve arka duman sandıklarındaki kurumu temizleyin (Yalnız Fuel-oil yakıtlılarda).

4.3.3. Yıllık Bakım

Endüstrideki kazan dairelerinin yıllık planlı bakımı veya revizyonu fabrika yıllık genel bakımı için durduğu zamanlarda veya üretimin en az olduğu mevsimlerde veya bunlar yapılamıyor ise uygun zamanda fabrika yönetimi ile mutabık kalınarak yapılmalıdır. Planlı bakımda yapılacak işler önceden tespit edilmeli, değişecek parça ve cihazlar temin edilmelidir. Bakım programı için bakımda çalışacak fabrika elemanları ile fabrika dışından yardım alınacak kuruluşlarla mutabakat sağlanmalıdır. Planlı bakım, programlanan sürede programlanan şekilde gerçekleştirilmelidir. Planlı bakım ve revizyonda, program, yapılan işler, kullanılan işgücü, malzeme ve değiştirilen cihaz ve aksam ile masraflar kayıt edilip muntazam olarak saklanmalıdır.

Revizyon ve planlı bakımlardan, brülör, elektrik ve diğer cihazlarda buhar üreten firmalarla işbirliği gerekli ve yararlıdır.

Endüstride maliyet hesaplarında her türlü harcamanın kayıtları ve bunların izlenip gereklilik ve yararlılık analizlerinin yapılması ve tasarruf imkanlarının araştırılması çok önemlidir. Yine endüstride bakım giderleri zaman, para, uğranılan kayıpların hesaplanması ve gerekli tedbirlerin alınması ve arızaların önlenmesi bakımından önemlidir. Bu sebeple arızaların sebeplerinin, giderilme unsur ve giderleri ile yapılan işlerin kayıt edilmesi gereklidir. Bu kayıtların incelenmesi ile önlemler alınabilir.

Kazan dairesindeki her cihazın ayrı bir dosyası olup üretici firması ile tüm özellikleri işletme ve bakım talimatlarını dosyasında bulundurulmalıdır. İşletme personeli, cihazı ve işletme bakım talimatlarını iyi öğrenmelidir.

Bütün arızalarda:

Arıza ve sebepleri,

Arıza giderme ve iş emirleri,

Arızalanan cihaz ve arızadan etkilenip arızalanan diğer cihazlar.

Arızalanan cihazın ekipman listesi, periyodik kontrol listesi-yapılan bütün periyodik bakımlar kaydedilmiş ve bulgular analiz edilmiş olmalıdır.

Geçmişteki arızalara ait bilgiler,

Arıza gidermede kullanılan ve cihaz bünyesine girenler ve değerleri,

Arıza gidermede çalışanlar ve onlara yapılan ödemeler,

Arıza giderme çalışması süresi ve bitim tarihi kayıtlarına yazılıp dosyalandırılmalıdır.

Kestirmeci bakımda kaydedilen titreşim, sıcaklık, amper, güç ve analiz bilgileri de dosyalarında bulunmalıdır.

Bu bilgiler bilgi işlem merkezindeki programa geçilirse incelemeler daha süratli ve güvenli olur.

Bu bilgiler diğer endüstri kuruluşlarında kullanılan kazan daireleri değerleri ile karşılaştırılmalıdır.

4.3.3.1 Yıllık Bakım İşlemleri

a) Kazanı tamamen boşaltın.

b) Bütün el ve adam deliklerini açın. Conta yüzeylerine zarar vermeden yapışmış kalmış conta parçalarını temizleyin.

c) Kazanın içini temizleyin, basınçlı su ile iyice yıkayın. Kazan kireçlenme yapmış ise, bunları temizleyin ve sonra iyice yıkayın.

d) Bütün aylık bakım işlemlerini yapın.

e) Külhanın ateş tuğlalarını kontrol edin, tamir ettirin veya yenileştirin.

f) Gaz yakıtlı sistemlerde fotoselin UV borularını her 8000 işletme saatinden sonra değiştiriniz.

g) Bütün yatakları yeni yağlayın. Vantilatör, besli suyu pompaları ve yakıt pompaları vs. gibi cihazlarda imalatçının verdiği direktiflere aynen uyunuz.

h) Adam ve el deliklerini kapatın, bunun için yeni contalar koyun.

i) Kazanı yeniden su ile doldurun veya uzun zaman çalışmayacak ise genel kaidelere göre muhafaza edin.

k) İşletmeye aldıktan sonra, ilk çalışma saatlerinde bütün adam ve el deliklerini tekrar tekrar kuvvetlice sıkıştırın.

4.3.4. Bakım ve Temizleme

İyi bir kazan bakıcısı için en güzel referans kazan dairesinin temizliği ve bakımlı bir kazan dairesi mahallidir. Üç geçişli kazanlar iyi bir bakım ve temizlik sayesinde garantili yüksek randımana sahiptirler. Garanti edilen randımanı sağlamak ve devamlı işletmede aşağı düşürmemek, işletme idaresinin ve kazan bakıcısının elindedir. Bunu sağlamak için gerekli bakım ve temizleme masrafları büyük değildir ve uzun ömür ve hissedilir derecede yakıt tasarrufu ile kendisini fazlasıyla öder.

Sorumlu işletme idaresi, kazan dairesine ait olmayan eşya ve teçhizatın oradan uzak bulunmasına ve kazan dairesinin yalnız kendi gayesine uygun hizmet etmesine büyük önem vermelidir. Kazan dairesinde temiz su ve pis su bağlantı yerleri bulunmalıdır, kazan dairesinin bol su kullanılarak temizlenmesine engel olacak durum olmamalıdır.

Daima bakımlı olan kazan dairesi, temiz pencereleri ile her zaman işletmenin en güzel yeri olmalıdır.

4.3.4.1. Kazan Dış Temizliği

Tekniğin diğer bütün mamülleri gibi üç geçişli kazan da dışarıdan temiz ve bakımlı bir tesir bırakmalıdır.

Armatürler, manşonlar ve flanşlar sızdırmaz iseler kazanın hiçbir tarafından buhar veya su kaçağı olmaz ve daima ilk korozyon başlama noktalarını teşkil eden tuz veya pislik birikintileri meydana gelmez.

İlk işletmeye almayı müteakip ilk iki hafta bütün el-adam deliklerinin ve flanşların devamlı sıkıştırılmaları çok önemlidir, aksi halde bunların sızdırmalarının önlenmesi imkansızlaşır. Sadece besi suyu pompasının tapaları, pompa milinin korunması bakımından damla şeklinde sızıntı yapmalıdırlar. Armatür ve flanşlardaki bütün yeni başlayan sızıntılar derhal giderilmelidirler. Aynıca zaman zaman yapılacak yeni boyanın çok büyük yararı vardır.

4.3.4.2. Duman Gazı Tarafı Temizliği

Çabuk açılabilen duman kutusu kapakları ve brülörün tespit yerinden kolayca açılabilmesi işletme aralarında, kazan geçişlerinde meydana gelebilecek kirlenmenin hemen tespitini ve giderilmesini sağlar. 0,5 mm'den az, ince bir kurum tabakasını temizlemeye ihtiyaç yoktur. Kazan doğru ayarlanmış bir alev ile yakılıyorsa, duman gazı tarafını ayda bir defa temizlemek kafi gelecektir. Kurum tabakası özel kazan borusu temizleme fırçaları ile temizlenmelidir. Kalın bir kurum tabakası kazanın malzemesine zarar vermez fakat baca gazı sıcaklığının yükselmesine, dolayısıyla kazan randımanının düşmesine sebep olur. Sık sık soğuk halde iken çalıştırılmaya başlanan kazanlarda ve bilhassa alçak basınçlı buhar ve sıcak su kazanlarında, kurum ve kükürt bileşiklerinin terleyen ısıtma yüzeyleri üzerinde sert tabakalar meydana getirme ihtimali vardır. Bu cins tabakalar aktif karakterlerinden ötürü kazan malzemesi için bir tehlike teşkil ederler ve kısa aralıklarla iyice temizlenmelidirler. Bu temizlik için normal duman borusu temizlik fırçaları yeterli değildir. Daha çok elektrik moto-

ru ile tahrik edilen eğilebilir milli ve özel temizleme kafaları bulunan bir temizleme cihazı kullanılmalıdır. Ön kapaklar tekrar kapatılmadan önce, civata ve somunlara MOLYKOTE G pastası sürülmelidir. Döner püskürtmeli brülörlerde, pulvarizatör her gün temizlenmelidir. Ateşleme sisteminin alev ayarı düzgün değilse veya külhan ağzındaki ateş tuğlaları bozulmuş ise kok parçaları meydana gelir ve bunlar daha kızarık halde iken bertaraf edilmelidirler. Bir daha kok parçaları meydana gelmemesi için ilk ateşleme fasılası sırasında brülör veya külhan ağzı tamir edilmelidir. Yanma hücresi tabii bir aşınmaya maruzdur. Bunun için doğru ayarlanmış aleve dikkat edilmelidir, kısa olmamalı, isli olmamalı, beyaz olmamalı, berrak turuncu-sarı renkli olmalıdır. Ayrıca ateş tuğlalarının veya hava sevk tertibatlarının tamirlerinden sonra alevin tekrar külhanda tam merkezi olarak yanmasına dikkat edilmelidir.

4.3.4.3. Su Tarafı Temizliği

Su tarafında meydana gelebilecek tortuları tespit edebilmek için adam ve el delikleri açılmalıdır. Kazanın su tarafında meydana gelecek takriben 1 mm kalınlığındaki kireçlenme yalnız kazan randımanının hissedilir derecede düşmesine değil, bilhassa yanma hücresi kısmındaki kazan malzemesinin aşırı derecede ısınmasına sebebiyet verir. Daha kalın kazan kireçlenmelerinde malzemenin tamamen kızarması, külhanın çökmesi ve yanmalar imkanı dahilindedir. Eğer doğru olarak hazırlanmış besi suyu ile kazan beslenecek olursa pratik olarak kazan ısıtma yüzeyleri kireçlenmezler. Bu durumda kazanı yılda bir defa basınçlı su ile güzelce yıkamak kafi değildir. Beklenenin aksine bir kireçlenme görülürse kimyasal temizleme tatbik edilmelidir.

Ayrıca yağ parçacıklarının su tarafındaki ısıtma yüzeylerinde toplanmalarına dikkat ederek kondens suyunun yağ ihtiva edip etmediğini devamlı kontrol etmelidir.

4.3.5. İşletilmeyen Kazanların Korunması Duman Gazı Tarafının Korunması

Kazan uzun süre işletilmeyecek ise, devre dışı kalmasından dolayı meydana gelecek pas ve korozyona karşı korunması için yapılması gerekli işlemler şunlardır:

Kazanın sıcaklığı takriben 40°C'ye düşünceye kadar külhan, duman boruları ve aynaların duman gazı taraflarını iyice temizleyin. Duman gazı tarafındaki bütün yüzeyleri artık yağ veya Fuel-oil ile ince bir tabaka halinde yağlayınız. Kazanın dış hava ile teması tamamen kesilmelidir. Ayrıca yarı yanmış kireç ile dolu kapları yerleştirerek kazan içindeki havanın kuru kalması sağlanır.

Su Tarafının Korunması

Kısa Süre İşletilmeyecek Kazanlar İçin Alınması Gerekli Tedbirler:

Edinilen tecrübeler göre kazan devre dışı kaldığı esnada, işletme sırasındakine nazaran daha fazla paslanma ve korozyona maruz kalır. Kazan içinde bilhassa gazı alınmamış veya çok az alka-

li ihtiva eden su kalırsa paslanma ve korozyona uğrama oranı çok yükselir.

Gereği gibi korunma tedbirleri alınmamış olan kazanlarda su tamamıyla boşaltılmış olsa dahi korozyona maruz kalırlar. Korozyon, havadaki nemin veya terleme suyunun havadaki oksijen ile birleşmesi sonucu meydana gelir. Suyu tamamıyla boşaltılan kazanları çok az bir külfetle korozyona karşı korumak mümkündür.

Bir Gün İşletilmeyecek Kazanlarda:

Kazan üzerindeki bütün buhar ve su vanaları sıkıca kapatılır, böylece kazanın soğuması sırasında içeride meydana gelen vakumdan dolayı kazanın içine vana ve diğer bağlantı yerlerinden hava emilmemesi sağlanır. Emniyet tedbiri olarak kazanın işletilmesine son verilmeden önce kazan suyuna oksijen bileşikleri teşkil etmesi için yüksek dozlu kostik soda veya sodyum sülfid karıştırılmalıdır.

Bir Hafta Kadar İşletilmeyecek Kazanlarda:

Kazandaki sac satırlarının pasifliğini artırmak için mevcut kazan suyunun her m³'üne takriben 600 gr. Trisodyumfosfat karıştırarak kazan suyunun fosfat değeri yükseltilir ve kimyasal oksijen bileşikleri artıklarını fazlaştırmak için mevcut kazan suyunun her m³'üne 700 gr Hidrazin 15 veya 250 gr sodyumsülfid karıştırılarak paslanma ve korozyona karşı emniyet tedbirleri alınır. Bu tedbirlerden sonra da arta kalan oksijeni kazandan dışarıya atmak için kazan emniyet ventili takriben 0,2 kg/cm²'ye ayarlanır ve emniyet ventilinden taşıncaya kadar kazan su ile doldurulur. Kazan soğuduktan sonra tekrar aynı şekilde su ile doldurulur ve yukarıda belirtilen oksijen birleştiricileri katılmış olarak bütün ventiller sıkıca kapatılır.

Tesisi donmaya karşı korumak lazımdır. Soğuk havalarda su ile dolu kısımlarda dona engel olmak için kazan daireleri asgari +4 ile +5°C sıcaklıkta bulundurulmalıdır.

Kazan tekrar işletmeye alınmadan önce kazan suyu blöf vanasından kısmen boşaltılmalıdır. Sonra normal besi suyu ile normal su seviyesine kadar tekrar doldurulur. Burada dikkat edilecek husus kazan suyu Bo- değerinin (kazan suyu yoğunluğu) tekrar işletmeye alma sırasında çok yüksek olmamasıdır.

4.3.5.3. Kazanın Kuru Muhafazası

Uzun süre işletilmeyecek kazanlar kuru olarak muhafaza edilirler. Kazan sıcak halde iken ve alçak basınçta blöf vanasından kazan suyu tamamen boşaltılır. Kazanın boşaltılmasından sonra emniyet ventili açılarak buhar dışarı atılır. Kazanın alt kısmındaki bütün adam ve el delikleri açılır ve kazanın iç kısmının kurumuş olup olmadığı kontrol edilir. Gerekli hallerde herhangi bir şeyle kurulanır. Her adam ve el deliğinden kazanın içine, yarıya kadar klorkalsiyum veya yanmış kireç (CaO) doldurulmuş birer kap konur. Bunlar içerde kalan nemi bağlarlar. Bu kaplar takriben her üç ayda bir yenilenmelidir.

Arta kalan oksijeni yakıp yok etmek için kazanın içine yanan bir

kandil veya odun kömürü dolu bir kap yerleştirilmelidir. Sonra bütün ventiller ve adam, el delikleri sıkıca kapatılmalıdır.

Kazan konserve edilmesinde başarıya ulaşmanın şartı tam sızdırmaz kapatılabilen ventiller, el delikleri ve flanşlardır. Bunlar imkan bulunan her zaman tamir edilmelidir. Zaten bu kazan personelinin bakım işlerine ait görevleri arasındadır.

Besi suyu, kazan suyu ve kazan muhafaza edilmesi ile ilgili bakım tedbirleri tam olarak uygulanırsa, kazan malzemesinin korozyona uğraması daima tesirli olarak önlenmiş olur.

4.3.6. Yakıt Filtresi Bakımı

Yakıt filtresinin normal çalışma süresi; viskozitesi takriben 10°C olan, 20°C'de ve normal bir pislik derecesinde yakıtlarda ve 0,15 mm'lik filtre elek teli aralığında 100 işletme saati kadardır. Fakat filtre elek tellerinin 50 işletme saatinden sonra temizlenmeleri tavsiye olunur. Çünkü yakıtların pislik derecesi ve viskoziteleri çok değişik olabilir. Basınç düşümü 0,2 atü'ye eriştiğinde temizlemeyi normal süresinden önce yapmalıdır.

Temizleme için filtre elek teli, kabından çıkartılır ve gazyağı ile yıkanır, elek teli üzerinde bazı katı pislikler kalır ise, bunlar da yumuşak bir fırça ile temizlenir. Silindirik filtre elek telleri, imal şekillerine göre filtre gövdesinin kapağına veya tabanına vida ile tespit olunurlar. İşletmeye alma sırasında filtre kapağındaki hava tahliye musluğu açılır ve buradan yakıt gelince tekrar kapatılır. Tandem (Çiftli) filtrelerde işletmeye alma sırasında (alçak yakıt sıcaklıklarında) her iki filtre birden devreye sokulur. İşletme sıcaklığına erişilmesinden sonra yavaş yavaş bir filtreye geçilir. Burada her iki hava tahliye musluğu birden açılır ve yakıt gelince tekrar kapatılır.

4.3.7. El ve Adam Delikleri

Kapakların takılmalarında, aşağıdaki hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir:

Kapağın takılması sırasında, kapaktaki ve çevredeki işaretler üstü gelmelidirler. Contayı yerleştirmeden önce contanın oturacağı yüzeyleri iyice temizleyin ve sadece uygun, temiz ve kusursuz contaları kullanınız. Çerçeve ile kapak arasındaki boşluğun her tarafta aynı olmasına dikkat edin. Kapak civatalarını birbirini, bir diğerini münavebe ile sıkınız. Anahtara, boru geçirip sıkmayınız. Contanın kalitesine çok dikkat ediniz.

Buharla çalışmalarda sadece dışı grafitli kauçuk, asbest contalar kullanınız. Contaların ölçülerini delik ölçülerine göre (mesela 300 x 400 mm) seçmelisiniz. Kenar genişlikleri ve kalınlıkları el deliği contalarında 25 x 25 mm kafa ve adam deliği contalarında 25 x 35 mm'dir. Daha ince contaları takmayınız. Bütün contalar kapağa sıkı olarak oturtulmalıdır.

4.3.8. Fanlar ve Damperler

Fanlar, çalışmadan önce el ile çevrilerek rahat ve sürtünmesiz döndüğü saptanmalı, gerekli yağlama yapıldıktan ve yatak soğutma suyu devreye alındıktan sonra fana (elektrik motoru ile çevri-

lenler için) bir anlık yol verilerek dönme yönü muayenesi yapılmalıdır. İlk çalışmadan önce bütün damperler muayene edilmeli, rahat ve tutuksuz çalışmaları sağlanmalı, gereken yerler yağlanmalıdır. Damperlere kumanda eden bir otomatik kontrol sistemi varsa, damper kumanda donanımı muayene edilmeli ve normal çalışması sağlanmalıdır. Kazan ile ateşlemeden önce, fanlar yatak ve motordaki titreşimlerin izlenmesi için bir süre çalıştırılmalıdır. Fanlara yol vermeden önce damperler tam kapatılarak fanın devreye yüksek girmesi sağlanmalıdır. Bir süre bu şekilde çalıştıktan sonra, damperler yavaş yavaş aralanarak fan yüklenir. Uzun süre durmuş bir fanda çalıştırılmadan önce gerekli yağ değişimi yapılmalıdır.

Fanlar, genellikle kazancının bulunduğu yerden uzakta olduklarından çalışma sırasında kazancı zaman zaman fanın çalışmasını kontrol etmelidir. Bu amaçla yatak sıcaklık göstergesini kazan kontrol panosuna yerleştirmek yararlıdır.

Fanlar, fan motorları, kavramalar, yataklar ve fan damperlerinin, yapımının öngördüğü şekilde periyodik bakımları yapılmalı ve iyi durumda bulunmaları sağlanmalıdır.

4.3.9. Kazan Besleme Pompaları

Kazan besleme pompaları devreye alınmadan önce yapımının korozyonu önlemek gayesi ile açığına parlak yüzeyler üzerine kapladığı maddeler temizlenmelidir. Pompa uzun süre çalışmadan bekletilmişse, uygulanmış olan bütün koruyucu maddeler temizlenir. Yataklar ve ana yağ depoları vb. yerler yağlanır. Pompa emişi kontrol edilerek su beslemesi sağlanır. Emiş basıncının istenen değerde olup olmadığı kontrol edilir. Pompa üzerinde bulunan her türlü donatım (yağ pompası, yatak soğutma suyu sistemi, göstergeler vb.) muayene edilerek iyi çalışır durumda olmaları sağlanır. Bundan sonra pompaya bir an yol verilerek dönme yönü kontrol edilir (bu kontrol eğer büyük güçlük göstermiyorsa motor ile pompa arasındaki kavrama ayrılarak sadece motora yol vermek suretiyle de yapılabilir).

Pompa çalışmakta iken yatak yağ sıcaklığı emiş ve çıkış basınçları vb. değerler sürekli kontrol edilerek, meydana gelebilecek bir arıza başlangıçta önlenmelidir.

Motor, kavrama ve pompa ile ilgili tüm donanımın, periyodik bakımları yapılarak iyi durumda bulunmaları sağlanmalı ve bu bakım sırasında işletme sıcaklığında pompa-motor grubunun yataklı ve kavrama ayarı da muayene edilmelidir.

4.3.10. Besi ve Kazan Suyu

Besi ve kazan suyu için yapılan çalışmaların gayesi kazanı ve su, buhar, kondens hatlarından meydana gelebilecek tehlikeleri yok etmektir. Bu tehlikeler şunlardır.

Besi suyunda sertlik:

Neticesi kazan ısıtma yüzeylerinin kireçlenmesi, güçleşen ısı transferi, düşük randıman, ısı birikimi ve sonunda kazanın hurdaya çıkmasına kadar gidecek kazan gövdesindeki arızalardır. Besi ve kazan suyundaki yağ ve organik maddeler:

Kazan ısıtma yüzeyinde biriken çok ince tabakalar halindeki yağ ve organik maddeler, kazanın kireçlenmesinde olduğu gibi ısı birikimlerine sebebiyet verir. Kazan için en tehlikeli olanı kazan suyundaki yağın kazan kireci ile birleşmesidir.

Besi ve kazan suyundaki serbest oksijen ve serbest karbondioksit:

Neticesi kazan malzemesini zayıflatan ve tesisin su ile temasta olan bütün kısımlarına zarar veren korozyondur.

Kazan suyundaki yüksek tuz miktarı:

Bu durumun neticesi olarak, normal zamanlarda sakın ve kuru olan buharlaşma hareketlenir. Buhar, suyu beraberinde çeker, götürür ve böylece kazan suyu tuzları buhar hatlarına yayılır. Boru sisteminin, makinaların, türbinlerin vs. umumi kirlenmesine, hareketli armatürlerin sıkışmasına, kesitlerin daralmasına ve benzeri durumlara sebebiyet verir.

Kazan suyunda tuz miktarı fazla olduğunda, eğer mevcut ise kazana akuple edilmiş olan kızdırıcı için önemli tehlikeler vardır.

Kazan suyundaki organik bileşikler:

Kazan suyunda yüksek miktarda organik bileşikler bulunursa, su köpürmeye başlar, buharlaşma hareketlenir ve buhar, suyu da beraberinde götürür. Kazan suyunda fazla tuz bulunduğu takdirde meydana gelen olumsuz neticeler hasıl olur.

Bütün bu tehlikeleri oldukça azaltabilmek için besi suyu ve kazan suyundan bazı şartların bulunması gerekmektedir.

4.3.11. Kazan Suyundan Numune Alma ve Analizler

Buhar üretiminde kullanılmakta olan ham suyun özellikleri kuruluş yerine göre çok çeşitli olabildiğinden, standart bir su koşullandırma sistemi öngörülmektedir. Bir tesis için ekonomik olan bir koşullandırma işlemi, aynı bölgede başka bir tesis için olmayabilir.

Bu koşulların kontrolü için yapılmakta olan deneylerde kullanılacak numunelerin hangi tarihte alındığı ve ne miktar suyun alındığı kesinlikle belirtilmiş olmalıdır.

Kazan suyu bileşiminin yavaş değiştiği veya genellikle sabit kaldığı bölgelerde, her vardiyada bir kez veya günde bir kez numune almak yeterlidir. Su bileşiminin çabuk değiştiği yerlerde ise daha çok numune alınmalıdır.

Çeşitli kazanların bulunduğu bir sistemde, her kazandan ayrı bir numune alınmalıdır. Numuneler blöflerden az önce veya blöf sırasında alınmalı ve basınç altında iken soğutularak bekletilmeden analiz edilmelidir.

Numunenin alınacağı kap, temiz olmalı ve en son numune kaba alınmadan önce kap aynı su ile çalkalanmalıdır. Numune kaplarının ağzı kapatılarak havanın toz veya karbondioksidine değmesi önlenmelidir. Yapılan deneylerin sonucu bir raporla günlük olarak saptanmalı ve saklanmalıdır.

Aşağıdaki kazan için kullanılan suyun kontrolünde genellikle yararlı olan deneyler ve bu deneylerin yaptırılabilceği yerler belirtilmiştir:

A-) SU ANALİZİ- (Kimyasal ve fiziksel)

1- Renk ve görünüş	10- Silis
2- PH	11- Klorür
3- İletkenlik	12- Sülfat
4- Toplam sertlik	13- Serbest klor
5- Koku	14- M alkalinite
6- Nitrit	15- P alkalinite
7- Tortu	16- Demir
8- Amonyak	17- Magnezyum
9- Organik Madde	18- Kalsiyum

B-) SU ANALİZİ YAPAN YERLER

1- Hıfzısıhha Enstitüsü Tel: (0212) 679 93 14 (4 hat)

Adres: Yüzüncü Yıl Cad. Cinoğlu Çıkmazı

No: 10 Yedikule-İSTANBUL

2- Kimya Fakültesi Tel: (0212) 591 60 66

Adres: İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

Avcılar-İSTANBUL

C-) En az 2 litre suyu temiz bir kapta tercihen cam şişede götürünüz.

İşletilmeyen kazanlardaki oksijen korozyonuna karşı tavsiye edilen hidrozin artığı değerleri:

Hafta sonu tatillerinde 20-30 mg/l

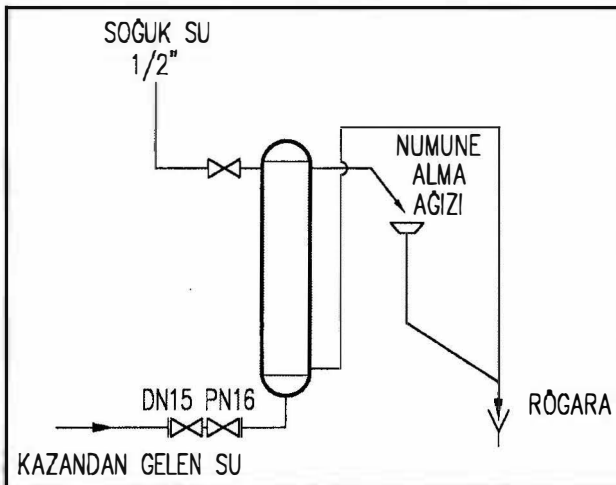
Bir aya kadar durumlarda 50-100 mg/l

Daha uzun süreli durumlarda 100-300 mg/l

Kazandan numune suyu alımı Şekil 145'te görülen düzen kullanılır.

Ham Su:

Kazanlarda kullanılmak üzere hazırlanacak olan ham su mekanik pisliklerden arınmış olmalı, yüzen maddeler bulunmamalı ve berrak, renksiz bir görünüşte olmalıdır. Su yumuşatma cihazının rejenerasyon kapasitesinin sağlanabilmesi için su içindeki toplam demir miktarı 0,2 mg/kg ve mangan miktarı 0,05 mg/kg'ı aşmamalıdır. Bu şartların sağlanabilmesini teminen gerekli hallerde filitre ve demir artııcı, mangan artııcı gibi cihazlar kullanılmalıdır.



Şekil 145. NUMUNE ALMA AĞIZI

5. KAYNAR SU SİSTEMLERİ

Kaynar su sıcaklığı 105°C'den daha yüksek olan sudur. Alman standartlarına göre ise kaynar su sınıfı için alt limit 120°C'dir. Kaynar suyu bu sıcaklıklarda tutabilmek için basınç altında bulundurmak gerekir. Dolayısı ile kaynar su sistemleri basınçlı sistemlerdir. Kaynar su atmosfere açılırsa, kısmen buharlaşır. Bu nedenle kaynar su kazan patlaması tehlikelidir. Kaynar su sistemleri daha çok bölge ısıtması amacıyla kullanılmaktadır.

Kaynar sulu bölge ısıtma sistemlerinde büyük miktarlarda ısı enerjisini ekonomik olarak taşıyabilmemin yolu, suyun gidiş ve dönüş sıcaklıkları farkını büyütüp, sirkülasyon miktarını ve şebeke boru çapını küçültmekten geçmektedir. Ancak, suyun üst sıcaklık sınırını sistem basıncı, alt sınırını da ısıtma sıcaklıkları kısıtlamaktadır.

Uygulama alanında kot farkları genelde 30-40 mSS'dan fazla değilse, PN16 basınç sınırında malzeme ile 165°C sıcaklığa kadar kaynar sulu sistemler gerçekleştirilebilmektedir. Ancak kaynar su sistemlerinde çelik döküm PN 25-40 vana ve elemanlar kullanımı önerilir.

Daha büyük kot farkları olması halinde ve 180°C mertebelerine ulaşan kaynar su sıcaklıklarında, PN25 malzeme kullanılması gerekmektedir.

Kaynar su sistemlerinde patlama riski buhara göre biraz daha fazladır. Kaynar sulu sistemlerde basınç düştüğünde ani buharlaşma olur. Bunun sonucu patlama olabilir. Sistemde basıncın ani veya hızlı düşmesine izin verilmemelidir. Kaynar sulu sistemlerin buharlı sistemlerle karşılaştırması daha önce Tablo 1'de verilmiştir. Son 60-70 yıllık uygulamaların incelenmesi sonucu kaynar sulu sistemlerin buharlı sistemlere göre özetle;

- İlk yatırımda yaklaşık % 10 ucuz,
- İşletme maliyeti yaklaşık % 20-30 düşük,
- Onarım ve bakım maliyeti, yaklaşık % 50-60 daha az olduğu saptanmıştır.
- Ömrü daha uzundur.
- Daha az korozyon problemi yaşanır.
- Boru döşenmesi daha kolaydır. Arazide eğimin önemi yoktur.
- Belirli koşullarda daha fazla ısı taşınır (Bakınız Tablo 1 a). Buna karşılık,
- Toplam su hacmi çok büyüktür ve suyun yumuşatılmış olması gerekir. Ayrıca dozajlama gerekir.
- Sistem kapalı devredir. Ancak kaçaklar ve arızalar sonucu su boşaltılması nedeniyle, kötü işletme koşullarında önemli ölçüde su takviyesi gerekir.
- Her yeni ilave su kireçlenme ve korozyon sorunlarını da birlikte getirir.
- Kaynar su hatlarında boru ısı kayıpları ve kesintili işletme ısı kayıpları önemli mertebelere ulaşabilir.
- Arazide büyük kot farkları (50 m ve üzeri) olması halinde, artan basınçlara bağlı olarak sistem çok pahalı hale gelir.
- Boru hatlarında genleşmeyi almak üzere kompensatör kulla-

nılmalı, üst kotlarda hava tahliyesi, alt kotlarda boşaltma imkanı yaratılmalıdır.

- Buharda ısıtma yüzey sıcaklıkları daha homojendir.
- Buharda sıcaklık kontrolü çok daha hassas yapılabilir.

5.1. Kaynar su Sistem Tasarımı

Merkez Isıtma Sistemleri;

- Isı santrali,
 - Isı iletim şebekesi
 - Yapı veya yapı gruplarının tesisat merkezlerinden oluşmaktadır. Burada sadece ısı santrali üzerinde durulacaktır. Diğer iki konu kalorifer tesisatı el kitabında ele alınmıştır. Isı santralinde;
 - Kazan, brülör ve yardımcı teçhizatı
 - Sistem besleme tankı, pompası, su şartlandırma
 - Yakıt depolama ve hazırlama,
 - Genleşme tankı ve basınçlandırma düzeni,
 - Sistem sirkülasyon pompaları,
 - Kimyasal dozlama düzeni,
 - Baca ve baca gazı donanımı,
 - Isı santrali otomatik kontrol düzeni,
- ana bölümleri bulunmaktadır.

Kaynar sulu bir ısı santrali örnek projesi Ek-2'de görülmektedir. Sistemde yakıt hattı görülmemektedir. Çünkü bu hat buhar sisteminden farklı değildir. Burada ısıtma buharla değil kaynar su ile yapılır. Sistemdeki en önemli özellik denge deposudur. Azot gazı ile basınçlandırılan denge deposu, sistemdeki genleşmeyi aldığı gibi, aynı zamanda sistemi basınç altında tutar. Besi deposu ile birlikte çalışırlar. Burada dozajlama da yapılır. Denge deposu kazana bağlanır. Ana dolaşım pompaları basmada bulunur. Dolayısı ile denge deposu pompaların emiş tarafında kalır.

5.1.1. Ana Parametrelerin Saptanması

Merkezi ısıtma sistemlerinin projelendirilmesinde, ilk bilinmesi gereken, kurulacak sistemin ısı yüküdür. Bulunan veya hesaplanan ısı yükleri, genellikle;

- Isıtma yükleri
- Üretimde kullanılacak enerji
- Servis yükleri şeklindedir.

Uzun süren gözlem ve değerlendirmeler sonucu toplam kurulu yük ile, sistemden çekilen gerçek yükün sistemin karakterine göre değişmekle birlikte aşağıdaki sınırlarda olduğu saptanmıştır. Kullanma faktörü:

- Isıtma yükleri için % 70-80,
- Üretim yükleri için, sistem karakterlerine bağlı olarak değişir.
- Servis yükleri için % 40-60

Bu demektir ki ısı üretim ünitesini toplam kurulu yüke göre kurmaya gerek yoktur. Yalnız ısıtma ve kullanma sıcak suyu hazırlama ve servis ihtiyaçları için kurulan merkezi ısıtma sisteminde, genellikle toplam kurulu yükün % 75-80'i ısıtma, % 20-25'i kullanma sıcak suyu, % 5-8'i ise ısı üretim ünitesi servis yüklerinden oluşmaktadır.

Isı santralını % 100 kurulu yüke kurmak yerine, kullanma faktörü kullanarak daha küçük kapasiteli kurmak, ilk kuruluş maliyetini düşürmektir. Sıcak su üretimi olan bir merkezi ısıtma ısı santralında, bu yaklaşımla ulaşılan kapasite küçülmesi % 25-30 dolaylarındadır. Bu durum kazanın, yakıcının, pompaların, dış şebekenin ve bütün sistemin % 25-30 daha küçük kapasiteli yapılabilmesi ve bu yatırım farkının kaynak olarak kazanılması demektir.

Kaynar suyun gidiş ve dönüş sıcaklığının saptanmasında sistem kuruluş ve işletme maliyetleri toplamının minimize edilmesi esas alınır. PN16 malzeme kullanılarak (PN 25-40 çelik döküm tercih edilir) ve azotlu basınçlandırma yöntemi uygulanarak ulaşılabilecek maksimum sıcaklık 164°C'dir. Buhar yastıklı basınçlandırmada ise 137°C'den fazla olamamaktadır. Daha yüksek sıcaklık sınırları gerekli ise, PN25 basınç standardındaki malzeme kullanımına gidilmesi zorunludur. Kaynar su sistemlerinde genellikle 180°C su sıcaklığı aşılmaz.

Sistem sirkülasyon miktarı, toplam kurulu yüke göre hesaplanır. Ana dağıtım şebekesindeki soğuma, şebekenin karakterine bağlı olarak 3-8 °C mertebesinde alınmaktadır. Genellikle ısı yalıtımı iyi yapılmış ve çok yaygın olmayan, toplam uzunluğu 2.5-3.0 km mertebesinde ve toplam yükü 5-50 Gcal/h. mertebesindeki sistemler için soğutma miktarı emniyetle 5°C olarak alınabilir.

Sirkülasyon miktarı bulunduktan sonra, en kritik kol için şebeke direnç hesabı yapılarak toplam direnç bulunur ve kaynar su sirkülasyon pompaları seçilir. Pompa emişlerinde buharlaşma nedeniyle kaviteasyon olmaması için kaynar su pompalarının NPSH değerleri düşük, 1-2 mSS mertebesinde ve devir sayıları 1800 l/dak'dan küçük tercihan 1450 l/dak ve daha küçük olmalıdır.

Kaynar su sistemleri basınçlandırması

- Buhar yastıklı
- Azotlu
- Membranlı genleşme depolu (ön soğutucu depo ile birlikte)
- Membranlı kompresörlü genleşme depolu (ön soğutucu depo ile birlikte)
- Pompalı genleşme depolu olarak sağlanır.

Günümüzde en yaygın kullanılan basınçlandırma biçimleri:

- a) Küçük sistemlerde ön soğutucu depolu membranlı genleşme depoları
- b) Büyük sistemlerde ön soğutucu depolu kompresörlü genleşme tanklı veya pompalı genleşme tanklı sistemlerdir.

5.2. Genleşme (veya Denge) Depoları ve Hesabı

5.2.0. Genleşen su miktarı

Sistemde genleşen su miktarı, ilk hareket göz önüne alındığında, ortam sıcaklığı ile kaynar su gidiş sıcaklığı arasındaki fark ile ilişkilidir. Bu genleşmeyi alacak depo çok büyük olacaktır. Örneğin 160/100°C çalışan bir sistemde suyun 20°C ile 160°C arasındaki genleşmesinden söz edilmektedir. Uygulamada denge deposu rejim halindeki sıcaklık dalgalanmalarındaki genleşmeyi alacak büyüklükte yapılır. Bu durumda kaynar su sistemindeki

suyun genleşmesi ısı santralından çıkış sıcaklığı ile ortalama dönüş sıcaklıklarının hacim değişimlerinden oluşmaktadır.

Dönüş sıcaklığı kullanım yerlerine bağlı olarak değişmekle birlikte, örneğin 160/100°C sistemde, uzun yılların gözlemlerinden alınan sonuca göre fark 60°C'ın üstüne çıkmamaktadır. Genleşme 100°C suyun 160°C'a ısınması ile özgül hacim değişmesi sonucu oluşmaktadır.

Hacim değişimi dönüş suyunun ısınması ile oluştuğundan ve dönüş suyu miktarı da toplam su hacmi yarısı kadar olduğundan, bulunan genleşme yüzdesinin yarısını almak gerekir. Genleşme deposu buna göre boyutlandırılır. Sistemde daha fazla genleşme meydana gelirse fazla su basınçsız besli tankına atılır. Su eksilmesi halinde ise takviye yine besli suyundan yapılır.

Genleşme tankının hacminin bulunabilmesi için sistem su hacminin bilinmesi gerekmektedir. Bunun için kaynar su dağıtım ve toplama boruları, kaynar su kullanan cihazların serpantinleri, ısı santrali boru ve kolektörleri, pompalar, armatürler, kazanlar, eşanjörler su hacimleri hesaplanır. Bilinmeyenler için de sistemin karakterine göre, bulunan toplam su hacmine % 10-20 emniyet payı eklenerek sistemin su hacmi (m³) olarak bulunur.

Genleşmenin hangi sıcaklık aralığında oluştuğu belirlendiğinden, bu sıcaklıklardaki özgül hacim değişimleri yardımıyla (bakınız Tablo 2), genleşme oranı belirlenir ve toplam su hacmi değeriyle çarpılarak sistemdeki suyun hacim değişimi (m³) bulunur.

Genleşme tankının boyutlandırılmasında taşıma ve montaj problemleri gözönünde bulundurulmalıdır. Genleşme tankları dik ve yatık tipte standart silindirik tanklardır. İyi kontrol özellikleri dolayısıyla dik tanklar tercih edilmelidir. Özellikle diyaframlı dik tip kapalı genleşme tankları tavsiye edilir. Bu tanklar yanyana paralel olarak da çalıştırılabilir. Daha büyük kapasitelerde yatık depolara, kompresörlü depolara ve basınçsız pompalı depolara geçilir.

Orta büyüklükteki sistemler için yatık tank uzunluğu 6.0 m ve çapı 1.6 m'den daha küçük, büyük sistemlerde tank uzunluğu 12.0 m ve çapı 2.4 m'den daha büyük olmamalıdır. Daha büyük genleşme tank hacmi gerekiyorsa paralel iki yatık genleşme tankı yapılmalıdır. Genleşme tankının boyutlandırılmasında genel bir tavsiye olarak yatay genleşme tanklarında maksimum doldurma seviyesi, tank çapının % 80'ini geçmemeli, normal su seviyesi tank ekseninin 25-30 cm üstünde minimum su seviyesi tank ekseninin 10 cm altında olmalıdır.

5.2.1. Kaynar Su Sistemi Genleşme Deposu Hesabı

Azotlu yatık denge depoları

1. Öncelikle sistem çalışma sıcaklığı belirlenir. Örneğin 150/110°C
2. Minimum dizayn basıncı belirlenir. Minimum dizayn basıncı pompa basma tarafında olduğunda; çalışma sıcaklığına karşı gelen doyma basıncı, statik su yüksekliği ve emniyet payından oluşur. Örnek:
150°C için doymuş buhar basıncı=4,8 bar (efektif)

Arazideki 44 m kot farkı = 4,4 bar

Emniyet aralığı = 0,8 bar

Minimum basınç = 10,0 bar (efektif) = 11 bar (mutlak)

3. Maksimum dizayn basıncı belirlenir. Maksimum dizayn basınçta sistemde seçilen standart dayanım basıncı esas alınır. PN 16 bir sistem ele alındığında; sıcaklık etkisiyle vana, boru ve diğer armatürlerin dayanım basıncı 13 bar (efektif) değerindedir. PN 25 sistem için bu basınç değeri 20 bar (efektif) mertebelerine çıkar. Öte yandan, minimum basınçla, maksimum basınç arasındaki fark 2 bar'dan az olmamalıdır. Bu fark ne kadar büyük olursa, tank aynı oranda küçülür. Emniyet valfleri açma basıncı (tankın konstrüksiyon basıncı) ise maksimum basınçtan % 5 mertebesinde daha fazladır. Örnek:

Maksimum basınç = 13,0 bar efektif = 14 bar mutlak

Çalışma aralığı = 3 bar

Emniyet valfi için aralık = 0,3 bar

Emniyet valfi açma basıncı = 13,3 bar efektif = 14,3 bar mutlak

4. Sistemdeki toplam su hacmi bulunur. Örnek:

Kazanlar (2 adet) = $33 \times 2 = 66 \text{ m}^3$

Isı değiştiricileri (47×0.5) = 2.5 m^3

Dış tesisat boruları = 43 m^3

Kazan dairesi boruları + emniyet = 3.5 m^3

TOPLAM = 115 m^3

5. Sıcaklık değişimine bağlı sudaki hacim artışı hesaplanır. Boruların genişmesi de göz önüne alındığında hacim artışı,

$\Delta V = \Delta T \cdot V \cdot E$.

yazılabilir. Burada,

ΔV : Genleşme tankı için dikkate alınacak su hacim artışı, (m^3)

ΔT : Sıcaklık artışı, ($^{\circ}\text{C}$)

V : Toplam su hacmi, (m^3)

E : Boruların genişlemesini de göz önüne alan su genleşme katsayısı

($7,578 \times 10^{-4} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$)

Burada su sıcaklık değişim aralığının, su gidiş ve dönüş sıcaklıkları olarak alınması tavsiye edilir. Değişimin sadece dönüş tarafında olduğu kabulü ile genellikle hesaplanan hacmin sadece yarısı tank hacmi hesabına esas alınmaktadır. Örnek olarak yukarıdaki sistem için,

$\Delta V = (150 - 110) \cdot 115 \cdot 7,578 \times 10^{-4} = 3,5 \text{ m}^3$

Hesaba esas su hacmi değişimi = $\Delta V / 2 = 1,75 \text{ m}^3$ olarak bulunur.

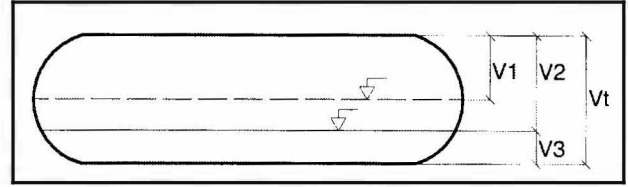
6. Yatık Tank Hacmi Hesabı. Bunun için Şekil 146'dan yararlanılacaktır. Burada V_3 minimum su hacmidir. V_1 ve V_2 gaz (Azot) hacmini göstermektedir. Bu iki hacim arasındaki fark suyun genişleme miktarıdır.

Gazların izotermik sıkışması ile ilişkili ifade tanktaki gaz hacmine uygulanırsa,

$$V_1 \cdot P_{\text{üst}} = V_2 \cdot P_{\text{alt}}$$

yazılabilir. Buradaki basınçlar mutlaka basınç değerleridir.

$V_2 = V_1 + \Delta V$ değeri yerine konularak,



Şekil 146. YATIK DENG KABI HESABI

$$V_1 = \Delta V \cdot P_{\text{alt}} / (P_{\text{üst}} - P_{\text{alt}})$$

ifadesi bulunur. Daha sonra V_1 , ΔV ve V_3 değerleri toplanarak toplam tank hacmi bulunur. V_3 hacminin toplam hacmin yaklaşık 1/3'ü olabilmesi için

$$V_3 = V_2 / 2$$

olması gerekir. Yukarıdaki örnek için tank hacmi hesaplanırsa,

$$V_1 = 1,75 \times 11 / (14 - 11) = 6,4 \text{ m}^3,$$

$$V_2 = 6,4 + 1,75 = 8,15 \text{ m}^3,$$

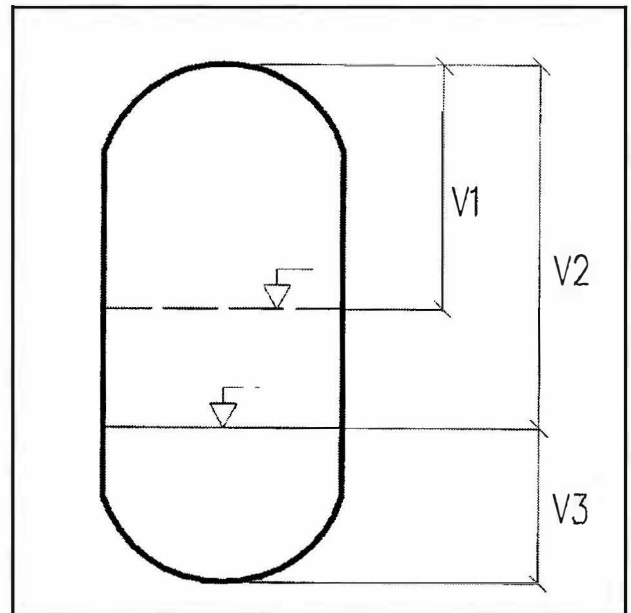
$$V_3 = 8,15 / 2 = 4$$

Buna göre tank hacmi yuvarlatılmış olarak, $V_t = 8,15 + 4 = 12 \text{ m}^3$ olacaktır. Bu değerler yardımıyla standart tank seçilir, alt su seviyesi ve üst su seviyesi belirlenir.

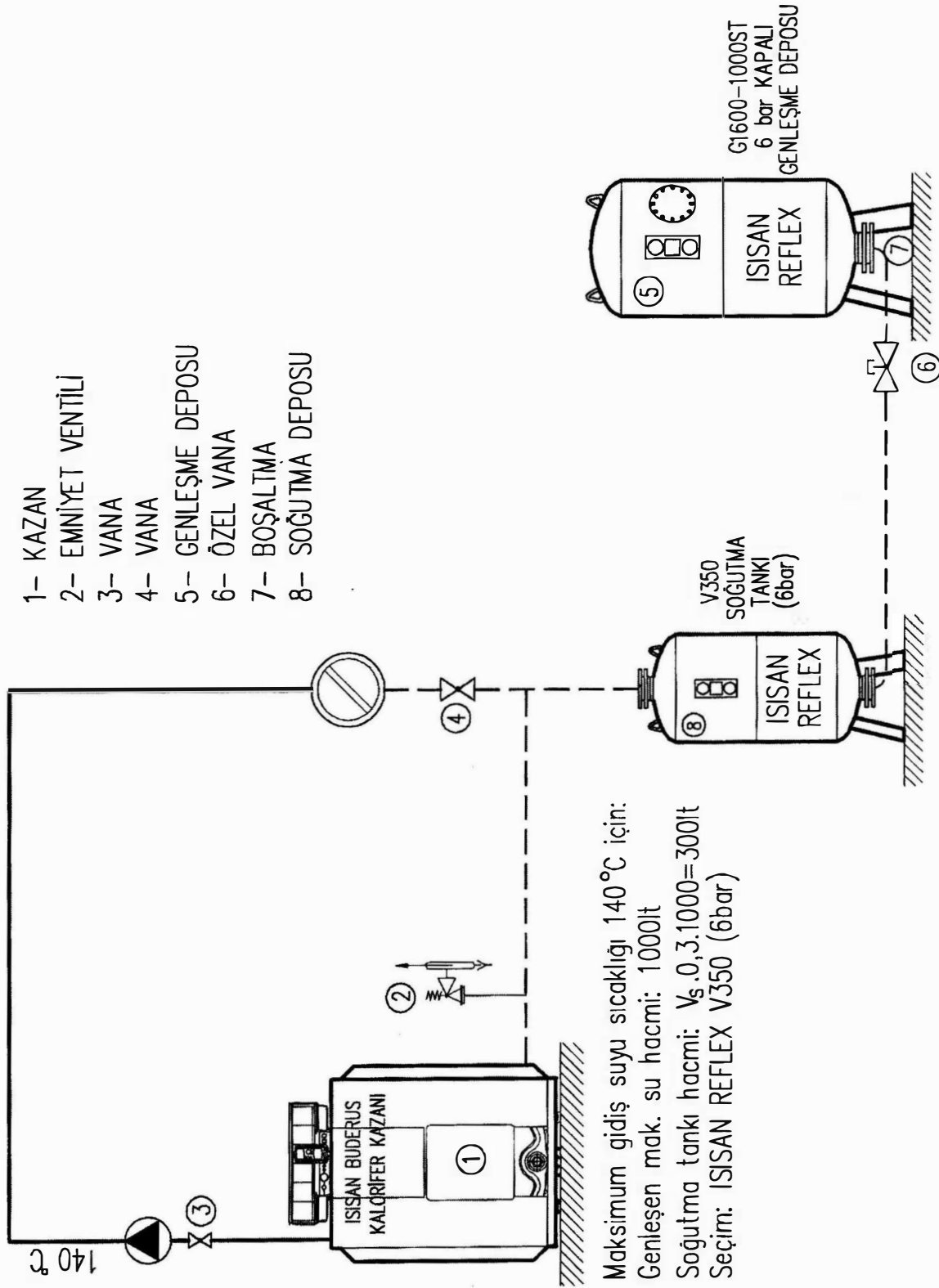
Azotlu dik tank hacmi hesabı

Dik tanklar yatık tanklara göre daha avantajlıdır. Dik tanklarda, a) hacim seviye ile orantılı olarak değişir ve birim hacim değişimindeki seviye değişimi daha büyüktür. Bu nedenle seviye kontrolü daha kolaydır b) su ile temastaki yüzey daha az olduğundan suda çözölen azot miktarı daha azdır c) başlangıç hacmi (V_3) daha küçük tutulabilir. Hesap için Şekil 146 A'dan yararlanılacaktır. Burada V_3 minimum su hacmidir. V_1 ve V_2 gaz (Azot) hacmini göstermektedir. Bu iki hacim arasındaki fark suyun genişleme miktarıdır.

Aynı gaz sıkışma kanunu uygulanırsa,



Şekil 146A. DİK DENG KABI HESABI



Şekil 146B. MEMBRANLI KAPALI GENLEŞME DEPOLU KAYNAR SU SİSTEMİ TESİSAT ŞEMASI

$$V_1 \cdot P_{üst} = V_2 \cdot P_{alt}$$

yazılabilir. Buradaki basınçlar mutlak basınç değerleridir.

$V_2 = V_1 + \Delta V$ değeri yerine konularak,

$$V_1 = \Delta V \cdot P_{alt} / (P_{üst} - P_{alt})$$

ifadesi bulunur. Daha sonra V_1 , ΔV ve V_3 değerleri toplanarak toplam tank hacmi bulunur. V_3 hacmi burada daha küçük alınabilir. Toplam hacmin yaklaşık 1/5'i olabilmesi için

$$V_3 = V_2 / 4$$

olması gerekir. Yukarıdaki örnek için tank hacmi hesaplanırsa,

$$V_1 = 1,75 \times 11 / (14 - 11) = 6,4 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 6,4 + 1,75 = 8,15 \text{ m}^3$$

$$V_3 = 8,15 / 4 = 2$$

Buna göre tank hacmi yuvarlatılmış olarak, $V_t = 8,15 + 2 = 10 \text{ m}^3$ olacaktır. Bu değerler yardımıyla standart tank seçilir, alt su seviyesi ve üst su seviyesi belirlenir.

NOT: Denge tankındaki basınçlandırma amacıyla mutlaka Azot kullanılmalı, hava kullanılmamalıdır. Aksi takdirde sistem çok kısa bir zamanda korozyona uğrayarak elden çıkar.

Membranlı kapalı genleşme deposu hacmi hesabı

Modern tesislerde küçük kapasitelerde ve basınçlarda membranlı kapalı genleşme deposu kullanılmaktadır. Bu sistemde ayrıca ön soğutucu depo da kullanılmalıdır. Sistem şeması Şekil 146B'de görülmektedir. Membranlı depolar azot yastıklı dik denge depolarına göre daha avantajlıdır. Bu depolarda a) Azot gazının eriyerek suya karışması önlenmiştir. b) Başlangıç hacim (V_3) minimum değerdedir. c) Sistemde geçerli basınç değerlerinde bağlı olarak, gerekli tank hacmi daha küçüktür. Aynı notasyonla gerekli depo hacmi,

$$V_t = V_3 + \Delta V \frac{P_{üst} + 1}{P_{üst} - P_{alt}}$$

ifadesiyle bulunabilir. Üst basınç deponun konstrüksiyon basıncıdır. Bu depolar 10 bar basınca kadar kullanılabilir. V_3 hacmi toplam su hacminin %0.5'ini mertebesinde alınabilir. Buna göre yukarıdaki örnek alınan sistemde sadece 44 m kot farkının olmadığı kabulü ile hesap yapılırsa,

1. Sistem çalışma sıcaklığı 150/110 °C

2. Minimum dizayn basıncı:

150 °C için doymuş buhar basıncı = 4.8 bar (efektif)

Emniyet aralığı = 0.8 bar

Minimum basınç = 5.6 bar (efektif)

3. Maksimum dizayn basıncı:

Depo konstrüksiyon basıncı = 10.0 bar (efektif)

Emniyet valfi için aralık = 0.3 bar

Üst basınç = 9.7 bar (efektif)

4. Çalışma aralığı = 9.7 - 5.6 = 4.1 bar

5. Sistemdeki toplam su hacmi = 115 m³

6. Sıcaklık değişimine bağlı sudaki hacim artışı = 3.5 m³

Hesaba esas su hacmi değişimi = $\Delta V / 2 = 1,75 \text{ m}^3$ olarak bulunur.

7. Minimum su hacmi, $V_3 = 115 \times 0.005 = 0.575 \text{ m}^3$

8. Toplam depo hacmi,

$$V_t = 0.575 + 1.75 \frac{9.7 + 1}{9.7 - 5.6} = 5 \text{ m}^3$$

Kompresörlü membranlı kapalı genleşme deposu hacmi hesabı

Modern tesislerde büyük kapasitelerde ve basınçlarda kompresörlü membranlı kapalı genleşme deposu kullanılmaktadır. Bu sistemde de ön soğutucu depo kullanılmalıdır. Bu sistemin şeması ise Şekil 146C'de verilmiştir. Kompresörlü membranlı depolar kompresörsüz depolara göre daha küçük depo hacmine sahip olduklarından avantajlıdır. Depo hacminin %80'i suyun genleşmesi için kullanılabilir. Aynı notasyonla gerekli depo hacmi

$$V_t = \Delta V / 0.80$$

ifadesiyle bulunabilir. Bu sistemde alt ve üst basınç kavramı yoktur. Çalışma basıncı deponun konstrüksiyon basıncıdır. Buna göre ilk örnek için hesap yapılırsa,

1. Sistem çalışma sıcaklığı 150/110 °C

2. Dizayn basıncı = 10 bar (efektif)

3. Sistemdeki toplam su hacmi = 115 m³

4. Sıcaklık değişimine bağlı sudaki hacim artışı = 3.5 m³

Hesaba esas su hacmi değişimi = $\Delta V / 2 = 1.75 \text{ m}^3$ olarak bulunur.

5. Toplam depo hacmi, $V_t = 1.75 / 0.80 = 2 \text{ m}^3$

5.2.2. Azot Yastıklı Denge Depolarında Seviye Kontrol

Cihazları

Seviye kontrol cihazları alt ve üst seviye olarak iki adettir. Bu cihazların kontakları aşağıdaki gibi düzenlenir:

Üst seviye kontrol cihazı

Yükselen su seviyesi yönünde (aşağıdan yukarı doğru) sıra ile,

1. Denge tankı çıkışındaki motorlu vana açılarak suyu düşük basınçlı besleme suyu tankına boşaltmaya başlar. Su seviyesinin daha yükselmesini engeller ve seviye belirli değere düşünce motorlu vanayı kapatır (On/off iki kontak).

2. Yakma sistemini durdurur.

3. Üst seviye alarmı çalar.

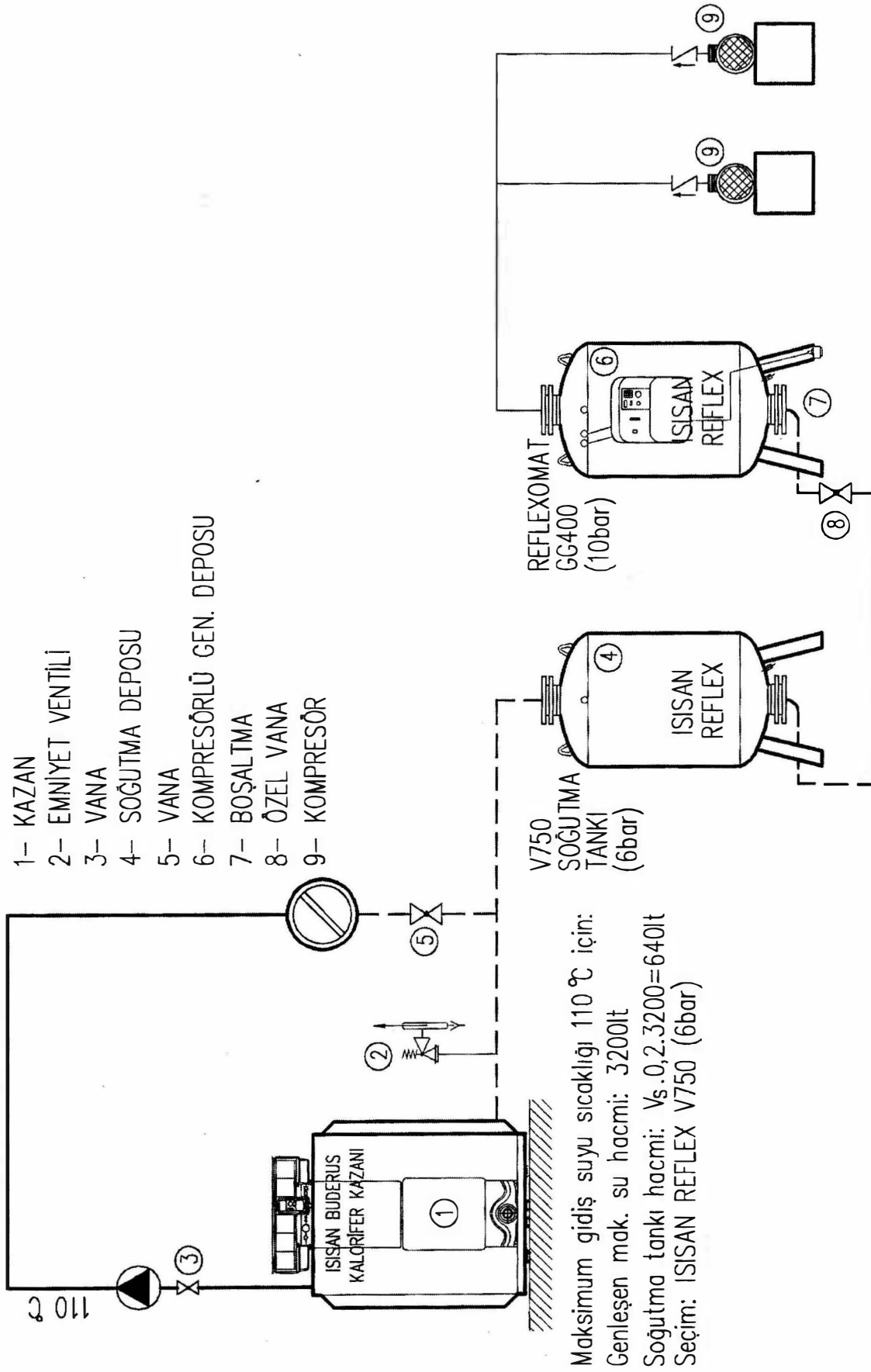
Alt seviye kontrol cihazı

Alçalan su seviyesi yönünde (yukarıdan aşağı doğru) sıra ile,

1. Besi pompası çalışmaya başlar. Su seviyesinin daha azalmasını engeller ve seviye belirli değere yükselince pompayı kapatır (on/off iki kontak).

2. Yakma sistemini ve sirkülasyon pompalarını durdurur.

3. Alt seviye alarmı çalar.



Şekil 146C. KIZGIN SULU SİSTEMDE KOMPRESÖRLÜ KAPALI GENLEŞME DEPOSU
(SABİT BASINÇ) UYGULAMASI (SOĞUTMA TANKLI SİSTEM)

5.2.3. Azot Yastıklı Denge Depolarında Basınç Kontrol Cihazları ve Emniyet Ventilleri

Genleşme tankının basınç kontrolü presostatlar, selonoid valfler ve emniyet ventilleri ile yapılır. Alt basınç presostadı tanktaki minimum basınca ayarlı olup, bu basıncın altında, azot besleme hattı üzerindeki selenoid vanayı açacaktır. Böylece tanka azot gazı beslenir ve basınç istenen değere ulaşıncaya selonoid vana kapanır. Üst basınç presostadı tanktaki maksimum basınca ayarlı olup, bu basıncın üzerinde azot boşaltma hattı üzerindeki selonoid vanayı açacaktır. Bu durumda tanktan dışarı azot gazı atılır ve basınç istenen değere inince selonoid vana kapanır.

Denge kabında biri yaylı, diğeri ağırlıklı en az iki emniyet vanası bulunmaktadır. Emniyet vanaları boşaltma kapasitesi, D (kg/h) aşağıdaki formüle göre belirlenir:

$$D=Q/r$$

Burada Q kazanların toplam gücü, (kcal/h) ve r söz konusu basıncıdaki buharın gizli buharlaşma ısıdır (kcal/kg). Emniyet vanaları tam kalkışlı tipte olmalıdır.

5.2.4. Kaynar Su Sistemlerde Kapalı Genleşme Depolarının Kullanımı

Kaynar sulu sistemlerde kapalı genleşme depo kullanımında dikkat edilmesi gereken iki husus basınç ve sıcaklıktır.

Kaynar yani 120°C'nin üzerindeki suyun buhar fazına geçmesi için çoğu zaman az bir basınç düşümü yeterli olmaktadır. Bunun anlamı, değişken basınçlı bir kapalı genleşme deposu kullanımı halinde, sistemde soğumadan öte, su kaybı nedeniyle bir basınç düşümünün yaşanması halinde, kaynar su sirkülasyonun en düşük seviyede olduğu bölümde buhar fazına geçebilmektedir. Hidrolik olarak sisteme tek noktadan bağlı olan ve bu nedenle içerdiği suda önemli hareketlerin gerçekleşmediği kapalı genleşme depoları, sistemde buharlaşmanın en kolay gerçekleşebildiği noktalardan biridir.

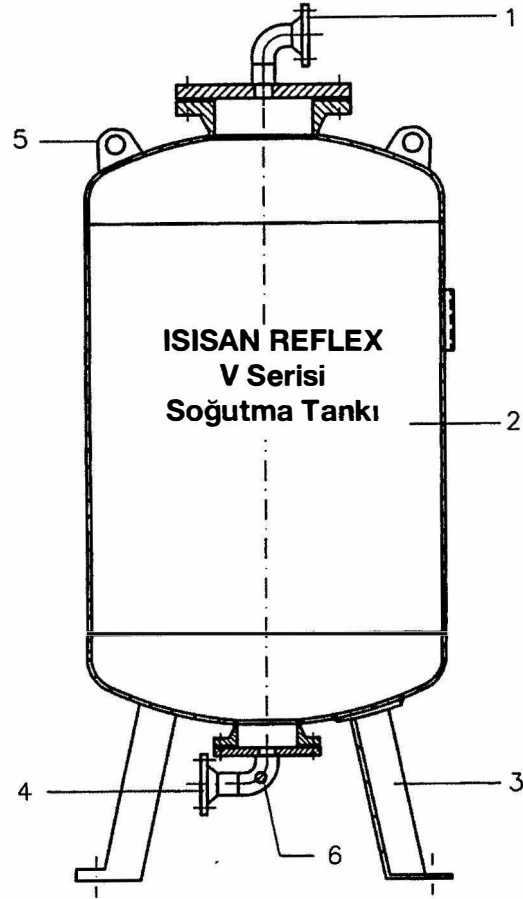
Bu özelliklerinden dolayı kaynar sulu sistemlerde, sistemde kullanılacak genleşme depolarının tespitinde basınç değişimlerine dikkat etmek ve sistem basıncının buharlaşma basıncının altına düşmesini engelleyecek önlemleri almak gereklidir. Sistemin statik basıncının tesisattaki suyun buharlaşma basıncının altına inmesine izin vermeyeceği sistemlerde değişken basınçlı kapalı genleşme depolarının kullanılması mümkündür.

Kaynar sulu sistemlerde, genleşen su miktarı ve basınca bağlı olarak kapalı genleşme deposu seçiminde, sıcak sulu sistemler ile herhangi bir fark bulunmazken, sistemin emniyet hattında ek olarak soğutma tankları kullanılmalıdır.

Butil kauçuk membranlı kapalı genleşme depoları, standart olarak max. 120°C sıcaklıktaki su veya katışıklı sulu sistemler için 70°C ve kısa süreli kullanımlarda da 120°C sıcaklığa dayanabilmektedir. 120°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda, membran malzemesi fiziksel ve kimyasal özelliklerini kaybetmeye başlamaktadır. Bu durumda gaz geçirgenliğini artan membranın bulunduğu tankta, suya geçen azot gazı nedeniyle bir yandan basınç koruna-

mamakta ve kapalı genleşme deposu görevini yerine getirememekte, öte yandan da korozyon oluşumu hızlanmaktadır.

Bu tehlikeleri gidermek amacıyla, kapalı genleşme depolarının hidrolik olarak bağlı bulunduğu emniyet hattının ilk elemanı olarak, tesisat sıcaklıkları ve toplam genleşen su hacmine uygun olarak seçilmiş soğutma tankları kullanılmaktadır (Şekil 146D).



Şekil 146D. REFLEX SOĞUTMA TANKLARI

İsisan Reflex Soğutma Tankları (V serisi)

Bir tesisat için gerekli soğutma tankı hacmi, sistem sıcaklığına ve toplam genleşen su hacmine göre aşağıdaki şekilde tespit edilir.

İşletme sıcaklıkları	Soğutma tankı hacmi
120°C kadar	Genleşen su hacminin % 20'si
140°C kadar	Genleşen su hacminin % 30'u
150°C kadar	Genleşen su hacminin % 50'si

Uygun hacimde seçilen soğutma tankı, sistemde genleşen suyun, kapalı genleşme depolarına ulaşmadan önce yeterli sürede bekleyebileceği bir hacim görevi görür. Bu bekleme sırasında, su sıcaklığı kapalı genleşme depoları için uygun seviyeye, yani 100 °C'nin altına düşer.

Bu noktadan sonra kapalı genleşme deposunun çalışması açısından, sıcak sulu sistemlerle herhangi bir fark bulunmamaktadır.

Kaynar sulu sistemlerde, statik basıncın buharlaşmanın önüne geçmeye yeterli gelmediği durumlarda, sistem basıncı dar bir aralık içinde tarif edilmeli ve tesisatta önemli tehlikelere neden olabilecek bir buhar oluşumunun önüne geçilmelidir. Bu noktada en etkili çözüm olarak sabit basınçlı sistemler, yani kompresörlü kapalı genleşme depoları ve pompalı kapalı genleşme depoları öne çıkmaktadır.

Isisan Reflex Kompresörlü Kapalı Genleşme Depoları (Reflexomat ve Minimat)

A. Çalışma mantığı

Kompresörlü kapalı genleşme depolarında, deponun gaz hacminin suyun genleşmesine göre değişimi, gazın sıkışıp, genişlemesiyle değil, deponun gaz tarafındaki hacminin, bir kompresör ve bir manyetik ventil yardımıyla değiştirilmesiyle gerçekleştirilir.

B. Kompresör kontrollü gaz hacmi

Suyun genleşmesiyle membranlı kapalı genleşme deposunda azalması gereken gaz hacmi, manyetik ventil aracılığıyla gazı dışarı atarak bir basınç artışı yaşanmadan sağlanırken, soğuma sırasında su hacminin azalıp, gaz hacminin artışı da, kapalı genleşme deposunun içinde bir kompresör ile kumanda paneli tarafından ayarlanan basınçta gaz basılmasıyla gerçekleştirilir.

C. Sabit basınç

Bu şekilde basıncın 0.2 bar'lık bir aralıkta tutulması ve buhar oluşumunun engellenmesi mümkündür.

D. %80 faydalı hacim

Kompresörlü kapalı genleşme depolarında, depodaki gaz hacmi kumanda paneli tarafından değiştirildiği için, işletme basıncının deponun faydalı hacmine etkisi bulunmamaktadır. Bu da her zaman kapalı genleşme deposunun nominal hacminin %80'inin faydalı hacim olarak kullanılabilmesine izin verir. Böylece büyük su hacimli sistemlerde bile küçük kapalı genleşme depolarıyla çalışmak mümkün olmaktadır.

E. İşletme basınçları

Reflexomat sistemlerinde kullanılan GG tankları, ana yapı olarak gaz tarafından kompresör ve manyetik ventil hatlarına bağlı, butil kauçuk membranlı kapalı genleşme depolarıdır. 6 ve 10 bar işletme basınçlarına uygun versiyonları bulunmaktadır.

Sistemin kompresör ve kumanda üniteleri sistem ısıtma kapasitesi ve sistem çalışma basıncına göre değişen altı ayrı tiptedir.

F. Küçük kapasitelerde sabit basınçta çalışma

Minimat kompresörlü kapalı genleşme depoları ise, çalışma basıncı 5 bar'ı aşmayan sistemler için düşünülmüş, daha kompakt ürünlerdir. Düşük basınçlı ama su hacimleri büyük sistemlerde, depoların hacimlerinin %80'i faydalı hacim olarak kullanılabilirliği için uygun çözüm olabilmektedir.

G. Avantajlar

Reflexomat sistemlerinde kullanıcı için diğer avantajlar ise, sistemdeki anlık basınç ve sistemin su seviyesinin kumanda panelinin dijital ekranında her an okunabilmesi, istenildiğinde kompresörlerin çalışma sürelerinin görülebilmesi, Reflex Tip P ve

RTA su takviye otomatlarına su seviyesine bağlı olarak aç/kapa komutlarının verilebilmesidir.

H. Bina otomasyon sistemlerine uyum

Sistemde oluşabilecek hatalar, panel üzerinde bir ışık veya bina otomasyon sistemlerine sinyal ile bildirilebilmektedir.

Isisan Reflex Pompalı Kapalı Genleşme Depoları (DHA- Multimat)

A. Çalışma mantığı

Diğer bir sabit basınçlı sistem olan pompalı kapalı genleşme depolarında ise, basınç değişimi, suyun sıcaklıkla hacmi değişirken, kapalı genleşme deposu ile tesisat arasında su hareketini kontrollü bir şekilde gerçekleştiren pompa ve manyetik ventil ile engellenir. Sistem şeması Şekil 146E'de verilmiştir.

B. Pompa kontrollü su hacmi

Su genleştiğinde manyetik ventil tesisattan suyun kapalı genleşme deposuna geçmesine izin vererek, tesisatta basınç artışı önler. Soğumayla birlikte hacmi daralan suyun, tesisatta herhangi bir basınç düşümüne neden olmaması için de, kapalı genleşme deposundaki suyun bir kısmı pompa ile tekrar tesisata, kumanda panelinde ayarlanan basınçta basılır.

Pompa ardında kalan kapalı genleşme deposunda basınç, atmosfer basıncına eşittir. Bu özelliğinden dolayı o noktada buharlaşmanın gerçekleşebileceği düşünülebilir. Ancak soğutma tankı hacminin doğru seçilmesi ile, su sıcaklığı kapalı genleşme deposundan önce 100 °C'nin altına düşmekte ve buharlaşma bölgesinin dışında çıkmaktadır.

C. Sabit basınç

Bu şekilde basıncın 0,2 bar'lık bir aralıkta tutulması ve buhar oluşumunun engellenmesi mümkündür.

D. İşletme basınçları

DHA-Multimat sistemlerinde kullanılan GG tankları, ana yapı olarak gaz tarafından bir sifon ile atmosfere açık, ancak butil kauçuk membranlı ile gaz geçişinin engellendiği kapalı genleşme depolarıdır. 6 ve 10 bar işletme basınçlarına uygun versiyonları bulunmaktadır.

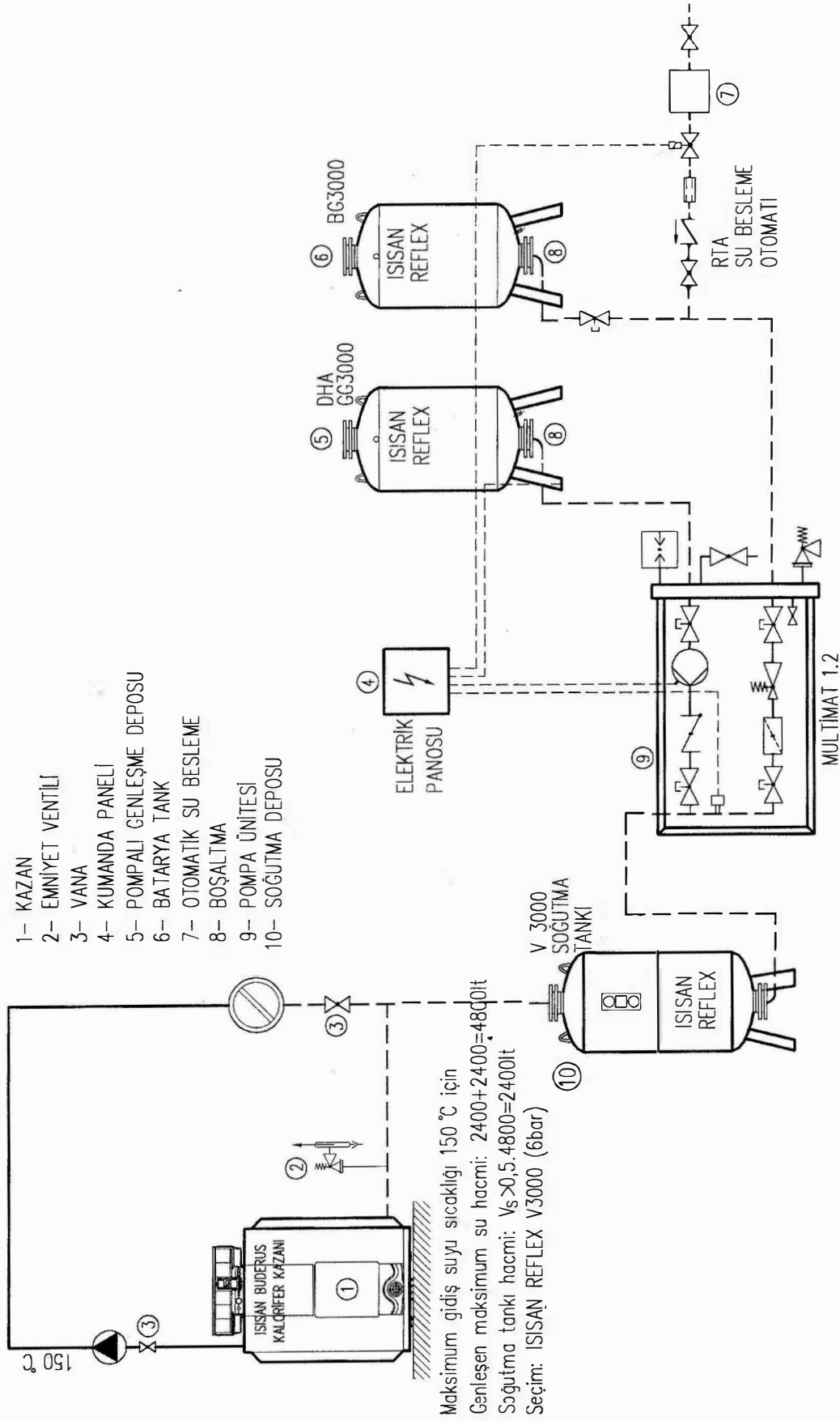
Sistemin pompa ve kumanda üniteleri sistem ısıtma kapasitesi ve sistem çalışma basıncına göre değişen tek veya çift pompalı 4 ayrı tiptedir.

E. Avantajlar

DHA-Multimat sistemlerinde kullanıcı için diğer avantajlar ise, sistemdeki anlık basınç ve sistemin su seviyesinin kumanda panelinin dijital ekranında her an okunabilmesi, istenildiğinde pompaların çalışma sürelerinin görülebilmesi, Reflex Tip P ve RTA su takviye otomatlarına su seviyesine bağlı olarak aç/kapa komutlarının verilebilmesidir.

F. Bina otomasyon sistemlerine uyum

Sistemde oluşabilecek hatalar, panel üzerinde bir ışık veya bina otomasyon sistemlerine sinyal ile bildirilmektedir.



Şekil 146E. KIZGIN SULU SİSTEMDE POMPALI KAPALI GENLEŞME DEPOSU UYGULAMASI

5.3. Sistemin Diğer Elemanları

5.3.1. Kaynar su Sirkülasyon Pompaları

Kaynar su sirkülasyon pompaları debisi bulunduğundan sonra, şebeke ve sistem dirençleri hesaplanarak karakteristikleri saptanır. Pompalar gidiş hattı üzerine tesis edilir. Kapasite uygun sayıda pompaya bölünerek, paralel pompa grubu ile karşılanır. Bir pompa yedek olarak bırakılır. Kaynar su pompaları 150-160°C sıcaklığa kadar uygulamalarda dökme demir, tercihen sfero döküm gövdeli, dökme demir Meehanit veya paslanmaz çelik rotorlu olmalı, hiçbir zaman bronz malzeme kullanılmamalıdır. Kaynar suda bronz malzemede korozyon ve aşınma olur. Kaynar su pompalarının salmastraları elle sıkmalı veya mekanik tipte olabilir, ancak muhakkak salmastrası soğutmalı tipte olmalıdır. Yataklar bilye veya masuralı olabilir, ancak en az iki yataklı ve ya üç yataklı tercih edilmelidir.

Pompa soğutma suyu debisi için, her m³/h pompa debisine 1 litre/dakika soğutma suyu tavsiye edilmektedir. Buradan hareketle soğutma suyu deposu ve pompası seçilebilir.

Bazı hallerde değişken devirli elektrik motorlu pompalar da kullanılır ancak ilk kuruluş maliyeti önemli oranda yükselir. Bunun yerine paralel kaynar su pompaları seçilerek elektrik enerjisi ekonomisi sağlanabilir. Ayrıca proses olmayan sistemlerde yaz yükü toplam yükün % 20'leri mertebelerinde olduğundan yaz yükü için ana pompalardan biri bile büyük olabilir. Bu gibi hallerde yaz yükünü karşılamak için daha küçük debi ve manometrik yükseklikli pompalar seçilir.

5.3.2. Su Şartlandırma

Su şartlandırma sisteminin kapasitesinin saptanmasında kriter, sistemin 48-72 saatte doldurulabilmesidir. Bu esasa göre seçilen su şartlandırma sistemi kapasitesi, sistem kaçaklarını rahatlıkla karşılayabilmektedir.

5.3.3. Sistem Besleme Pompaları

Sistem besleme suyu pompa kapasitesi, DIN 4752'ye göre $V=(Q/2500)$ kg/h

Sistem besleme pompasının basıncı, genellikle çalışma basıncının 1.5 katı olarak alınmalıdır. Besleme pompaları 95-100°C sıcaklıktaki besleme suyunu sisteme basan santrifüj, kademeli tiptedir. Bir adet asıl, bir adet yedek olarak seçilmelidir. Besi suyu pompaları debi seçiminde sistemin ilk doldurma süresi de dikkate alınmalıdır. İlk doldurma süresi 48 saat mertebesinde olmalıdır.

5.3.4. Kimyasal Dozlama

Kaynar su sisteminin su karakterlerinin düzenlenmesi için kullanılan kimyasal dozlama pompası, kapasite ayarlı tipte ve sistemin büyüklüğüne bağlı olarak 0-10 lt/h kapasiteli ve en çok 20 mSS basınçlı olarak seçilebilir.

Kaynar su sistemlerinde genellikle

10-15 gr/m³ fosfat veya kostik soda

5-10 gr/m³ sodyum sülfat

olmak üzere 15-25 gr/m³ dozlama yapılması yeterli olmalıdır.

5.3.5. Besleme Suyu Deposu

Kaynar su sistemine beslenecek suyun, şartlandırılmış ve korozyona neden olabilecek O₂, CO₂ vb. gazlarının alınmış olması gereklidir. Sözü edilen gazların alınması, suyun en az 95 °C sıcaklığa ısıtılması ile mümkündür. Besleme deposu, kaynar sulu sistemlerde ısıtıcı olmak zorundadır ve degazör gibi görev yapmaktadır.

Besleme suyu deposu aynı zamanda genişleme tankından seviye yükselmesi sonucu taşan suyun verildiği bir depodur. Su üzerindeki gaz hacmi azotla basınçlandırılmalıdır. Buradaki basınç sadece içeri hava girişini önleyecek kadar 1-2 mSS mertebesinde. Tankın emniyeti için yaylı vana yerine emniyet sifonu kullanılabilir. Sistemdeki başlangıç sıcaklığından (örn. 10°C) kaynar su gidiş sıcaklığına (örn. 150 °C) kadar olan sıcaklık değişimindeki toplam genişleme, denge deposu ve besleme suyu deposu tarafından alınmalıdır. Dolayısı ile toplam genişleme miktarı ile denge deposundaki genişleme hacmi arasındaki fark besleme suyu deposu tarafından alınmalıdır. Örneğimizde 10°C ile 150°C arasındaki toplam genişleme 9,35 m³ olup, besleme suyu tankı hacmi 9,35-1,75 = 7,60 m³ suyu alabilecek kapasitede olacaktır. Tankın % 80 mertebesine dolmasına izin verilebilir. Üst seviye böyle belirlenir. Ayrıca tankta minimum seviyeyi oluşturan bir başlangıç hacmi olmalıdır. Örneğimiz için denge kabındaki notasyonla,

$$V_2=7,60 / 0,80 = 9,5 \text{ m}^3$$

$$V_3=9,5 / 4 = 2,4 \text{ m}^3$$

V₄=12 m³ olarak bulunur.

Isıtıcının devamlı devrede olmasına gerek yoktur. Besleme ihtiyacı görülünce, 2-3 saat önce ısıtıcı devreye alınıp besleme suyu ısıtılır ve sonra besleme yapılır. Besleme deposundaki serpantinde ısıtıcısı akışkan olarak kaynar su kullanılır.

5.3.6. Kazanlar

Kaynar su kazanları yaklaşık 10-12 bar işletme basıncı, sıvı ve gaz yakıtları için 8-10 Gcal/h kapasiteye kadar Skoç ve alev borulu tipte, daha büyük basınç ve kapasiteler için su borulu tipte yapılırlar. Ancak Buderus Unimat tipi kaynar su kazanları çift külhanlı olup, bu kazanlar 30 bar'a kadar basınçlarda 12300-23800 kW güç aralığında üretilmektedir. Bu kazanlar gerektiğinde tek külhanla sorunsuz çalışabilmektedir. Bu kazanlar uzun ömür, yüksek verim, kolay servis ve bakım yüksek emniyet özelliklerine sahiptir. Verimleri ekonomizörsüz % 92, ekonomizörlü % 96 değerlerine ulaşabilmektedir.

5.3.7. Azot Tüpleri

Genişleme tankındaki gerekli basınç azot tüpleriyle sağlanacaktır. Piyasada çeşitli kapasitelerde azot tüpleri bulunmaktadır. Genelde kullanılan tüpler 201 bar mutlak basınçta ve 50 litre hacminde. Bu miktarda gaz 11 bar mutlak basınçta, 201/11 x 50 = 900 litre olacaktır. Denge kabındaki alt basınçta gaz hacminin örnekte 8000 litre olduğu göz önüne alınırsa, ilk doldurmada 9

adet t p gerekecektir. İşletme halinde 4 tüpten oluşan bir batarya bu örnek için yeterli görülmektedir. 4 adet dolu t p de tesiste yedek olarak bulundurulmalıdır.

5.4. Isı Santralı Düzeni

5.4.1. Otomatik Kontrol

Kaynar sulu sistemlerde, otomatik kontrol düzeninde cihazların birbirleri ile bağlantıları sistem akış şemasında gösterilir. Yalıtıcılar kaynar su sıcaklığından kumanda alarak, kazan su çıkış sıcaklığını sabit tutarlar. Te izatın  alışma sırası aşağıdaki gibidir:

- Sistem besleme pompası
- Sistem sirkülasyon pompası
- Varsa baca gazı aspiratörü
- Yanma havası vantilatörü
- Yakıt düzeni
- Yakıcı

Sistem seri kilitlemelidir. Sistem yük değişmelerinde kazanlar ve şebeke sirkülasyon pompaları otomatik olarak devreye girip çıkabilir, ancak bu düzen genellikle karmaşık ve arıza yapan cinsten olduğundan ve yük değişimi de hiçbir zaman ani olmadığından gereksizdir. Bu nedenle kazanların ve pompaların devreye alınıp çıkarılmaları, dönüş kolekt r ndeki sıcaklığa bağlı olarak elle yapılır.

Isı santralında bulunan bütün te izatın kontrol ve kumandası, otomatik kontrol ve kumanda panosunda toplanmalıdır. Isı santralı, tercihen bodrumda yapılmalı ve kablolar, bodrum tavanında kablo tavalarında bulunmalı, bodrum yapma olanağı yoksa, ısı santralı hacmi içindeki kablo tavalarından motorlara ulaşmalıdır. Bu suretle bakım ve onarım problemsiz yapılabilir.

5.4.2. Isı Santralı İçindeki Borulama ve Isı Yalıtımı

Isı santralı içindeki borulama ve yerleşme ile ilgili olarak kat planlarında ve cihazlar arasındaki bağlantılar, için yapılabilmesini sağlayacak şekilde şemalarda gösterilmelidir. Boru çaplarının saptanmasında, kaynar su hızı 1.5-2.0 m/s, basınç düşümleri 0.05-0.15 mSS/m sınırlarında tutulmalıdır. Kaynar su sıcaklığına göre boru cetvellerinde bulunan özel dirençler düzeltilmeli ve boru çapı hesabı yapılırken su miktarları için özgül hacim düzeltilmesi yapılmalıdır. Otomatik kontrol (motorlu, termostatik, selonoid) vanaların seçiminde, akışkan miktarı (lt/h), basınç düşümü (mSS ve kPa) ve K_v değerleri de (m³/h) esas alınarak seçim yapılmalıdır.

5.4.3. Kaynar Su Te izatının Teknik Nitelikleri

Kaynar su sistemlerinde kullanılan bütün te izatın standartları yüksek basınç buhar te izatı malzemeleri gibidir. En az PN 16; sıcaklık ve basın a bağlı olarak PN 25-40 malzeme kullanılmalıdır. Ancak buhar sistemlerinden farklı olarak kaynar sulu sistemlerde kullanılacak te izatıta bakır ve alaşımlar bulunmamalıdır. PN16 malzeme dökme demir veya sfero döküm olabilir. Daha yukarı basınç sınırları için  elik armatür kullanılması zorunludur.

Kaynar su pompalarının salmastraları su soğutmalı tipte olmalı ve soğutma suyu akmazken pompa çalışmayacak şekilde seri kilitleme sistemi bulunmalıdır. Kaynar sulu sistemlerde ısı santralinde problemlere engel olmak için elektrik kesilmelerine karşı şebeke sirkülasyon pompaları ve en az bir kazanın ve tamamlayıcı te izatının devrede kalmasını sağlayacak g  te yedek jeneratör bulunmalıdır.

5.5. Kaynar Sulu Sistemlerde İşletme

Kaynar sulu işletmelerde basınç ve sıcaklık değişimlerine engel olmak gerekir. Büyük değişimler sistemde şoklara, kaçak ve patlamalara neden olur. Aynı şekilde genleşme tankının seviye dalgalanması da minimum olmalıdır. Sistemin projelendirme ve te izat büyüklük ve niteliklerinin saptanması ve montajı standart ve genel mühendislik ve teknolojik gereklerine uygun olarak yapılmalıdır. Gerekli bütün kontroller kesin olarak ışıklı, sesli uyarılı, otomatik durma ve çalışmalı olmalı ve bu düzenlerin devamlı çalışır halde olması sağlanmalıdır.

Kaynar su pompaları çıkış vanası kapalı olarak çalıştırılmalı ve sonra yavaş yavaş açılmalıdır. Aynı şekilde paralel çalışan pompalardan biri durdurulacaksa önce vanası kapatılmalı sonra pompa durdurulmalıdır.

Su kalitesi ve seviyesi devamlı kontrol edilmelidir. Sistem besleme suyu kesin olarak su şartlandırma sisteminden geçirilerek alınmalı, 95-100  C'ye ısıtılmalı ve gazları alınmalıdır. Salmastra ve yatak soğutmasında şartlandırılmış su kullanılmalıdır.

6. KIZGIN YAĞ SİSTEMLERİ

Kızgın yağ sistemlerinde ısı transfer akışkanı özel sentetik yağlardır. Bu yağlar 280 °C işletme sıcaklıklarına kadar kullanılabilirler. Sistem kızgın yağın hava ile temasının kesilmesi için (aksi takdirde yağ oksitlenerek özelliğini yitirir), azotla 0.2-0.5 bar mertebelerinde basınçlandırılır. Dolayısı ile sıcak su sistemlerinde olduğu gibi basınçsız bir sistem söz konusudur. Kazanda ısınan yağ bir pompa yardımıyla ısı tüketen cihazlara gönderilir. Burada ısı vererek soğuyan yağ tekrar kazana döndürülerek ısıtılır. Bu çevrimde sıcaklık düşümleri genellikle 40-60 °C mertebelerindedir. Yağ, soğumak suretiyle duyulur olarak ısı verdiği için, dolaştırılması gerekli akışkan miktardan fazladır.

Kızgın yağ sistemleri daha çok endüstriyel proseslerde kullanılır. Yüksek sıcaklıklarda ısıtma gereken proseslerde, basınçsız bir sistem olmanın avantajını taşır. Bu nedenle uygulama alanları arasında tekstil ve kimya endüstrileri sayılabilir. Kızgın yağ sistemlerinin,

Avantajları:

- 1- Basınçsız olmaları,
 - 2- Yüksek sıcaklıklarda ilk yatırım maliyetinin düşük olması,
 - 3- Korozyon riskinin az olması, dolayısıyla sistem ömrünün uzun olması.
 - 4- Sistemin ataleti azdır.
 - 5- Yer ihtiyacı daha azdır.
 - 6- Patlama riski yoktur.
 - 7- Boru döşemesi kolaydır.
- Dezavantajları:
- 1- Akışkan maliyeti yüksektir
 - 2- Uygun kullanım koşullarında yağ değişim periyodu bir yıl ve daha üzeridir. Ancak kötü kullanım koşullarında ve özellikle yüksek sıcaklıklara maruz bırakarak karbonlaştırdıklarında 3-4 ayda bile değişimleri gerekebilir.
 - 3- Sıcaklık düşümü ile ısı verdiği için, ısıtıcı yüzey boyunca sıcaklık değişir.
 - 4- Kapasiteleri sınırlıdır.
 - 5- Aynı sıcaklık farkında ve kapasitede, düşük özgül ısı nedeniyle kaynar suya göre iki misli büyüklükte boru kesiti gerekir.
 - 6- Yangın riski vardır.

6.1 Kızgın Yağ Sistemlerinde Kullanılan Yağlar

Kızgın yağ sistemlerinde yüksek sıcaklıklara dayanıklı sentetik yağlar kullanılır. Bu yağlar 300 °C mertebelerine kadar bozulmadan kullanılabilir. Limit sıcaklıklar aşıldıkça yağ karbonlaşır ve özelliğini kaybeder.

Bozunma olayında oksijenle temas da çok önemli rol oynar. Kızgın yağın oksijenle teması kesilmeli ve sistem kapalı devre olmalıdır.

Şekil 147, Şekil 148, Şekil 149 ve Şekil 150'de örnek bir ısı iletim yağı, Mobiltherm 605'in fiziksel özellikleri verilmiştir. Bu şekillerde sıra ile yağın ısı iletim katsayısı, yoğunluğu, özgül ısısı

ve buhar basıncı görülmektedir. Şekil 151'de aynı yağın viskozitesinin sıcaklıkla değişimi görülmektedir. Tablo 152'de bu yağın tipik özellikleri ve Şekil 153'de boru içinde akışta basınç kaybı verilmiştir. Isı geçiş hesaplarında yağla cidar arasındaki ısı taşınım katsayısı Şekil 154'de görülmektedir.

6.2 Kızgın Yağ Sistemi

Kızgın yağın verimli şekilde kullanılabilmesi için öncelikle, doğru şekilde dizayn edilmiş bir sistem gereklidir.

Şekil 155 şematik olarak, ısı iletim yağları için önerilen bu kapalı sistemi göstermektedir. Sistem genel olarak, genişleme tankı, pompa ısıtıcı, kontroller, göstergeler, vanalar, boru tesisatı ve sıcak yağ kullanan makinelerden ibarettir.

6.2.1. Genleşme Tankı

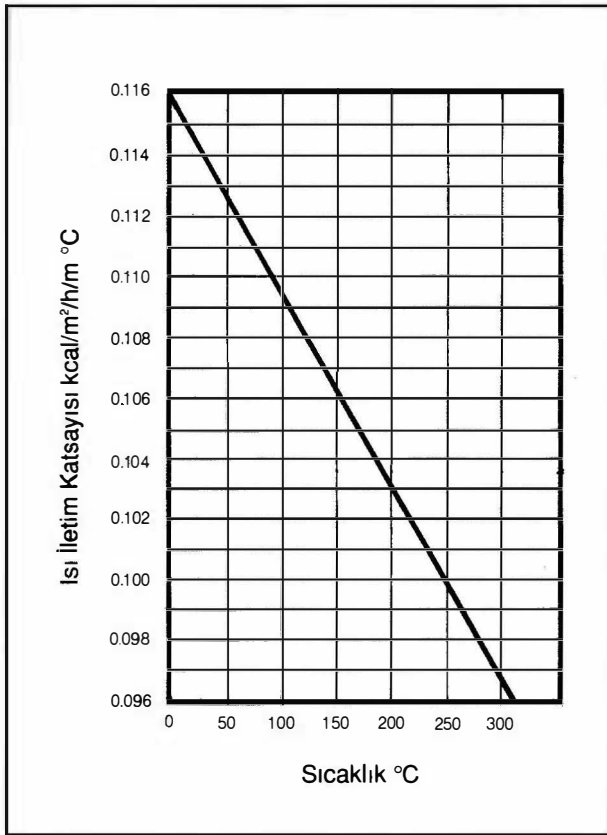
Genleşme tankı, genellikle, sirkülasyon sisteminin en az mühendislik hesapları yapılan ünitesidir. Halbuki, doğru şekilde dizayn edilmiş bir tank, arızasız işletme için çok önemli olup, sıcak yağın hava ile temasına imkan vermeden genişlemesini sağlayacaktır. Bir başka deyimle, genişleme tankı, artan hacmi, sadece belirli bir yüzeyi hava ile temas eden soğuk bir yağ kitlesi ile örten bir yağ kapağıdır. Bu yağ kapağının düşük sıcaklıkta olması, yağ ömrünün uzun ömürlü olmasında en önemli faktördür. Genellikle, tanktaki yağın sıcaklığı 60°C'dan daha yüksek olmamalıdır.

6.2.1.1. Tankın Boyutları

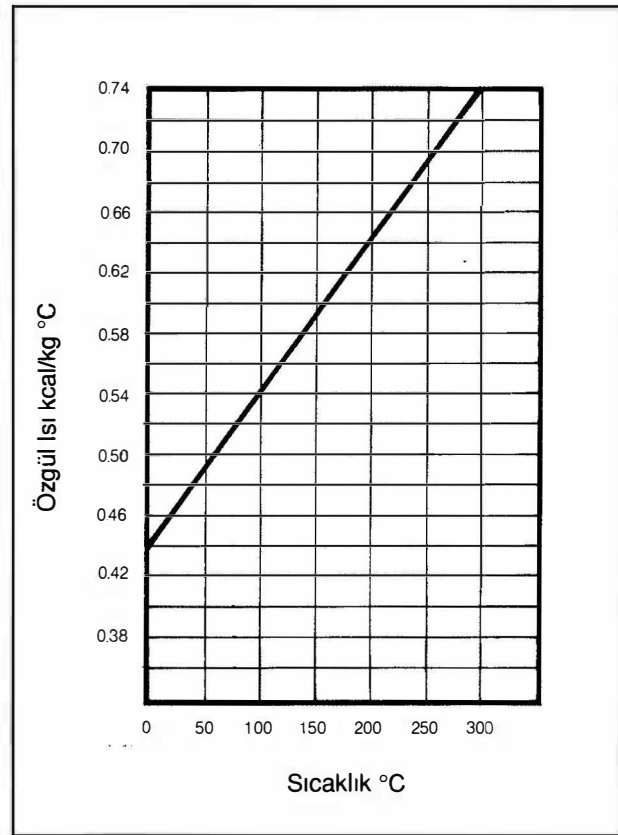
Genleşme tankının hacmi, hesaplanan genişleme miktarının iki katı olmalıdır. Yani, sistemdeki yağ soğukken yağ seviyesi tankın dörtte biri kadar olmalı, sıcakken ise dörtte üçünü geçmemelidir. Böylece, genişleme tankının hacminin yarısı, genişleme için ayrılmış olmaktadır. Tank boyutları, yağı hava ile en az temas ettirecek şekilde tespit edilmelidir. İmkan olduğu takdirde dikey tanklar tercih edilmelidir.

6.2.1.2. Tankın Yerleştirilmesi ve Boru Tesisatı

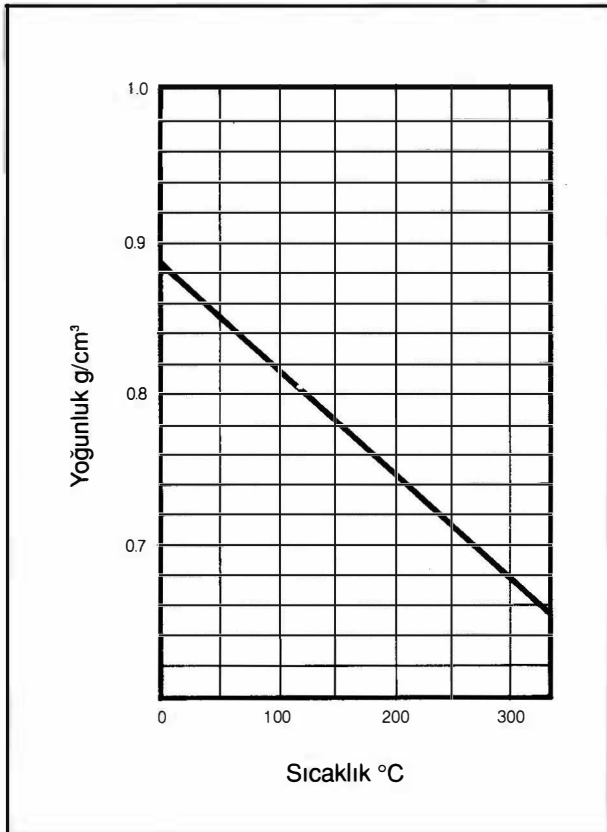
Genleşme tankının ikinci derecede, fakat önemli bir görevi de sisteme dolum esnasında veya pompa emişinden sızarak giren havanın kendiliğinden tahliye olmasını sağlamaktır. Bu nedenle, tankın nefesliği olmalı ve sıcak yağ kullanan bütün ünitelerden daha yüksekte bulunmalıdır. Genleşme tankı, pompa emiş hattına veya dönüş borusuna bağlanır. Tanktaki yağın soğuk kalmasını sağlamak için tanka bağlanan boru ve genişleme tankı izole edilmemelidir. Ve hatta bazı durumlarda da su gömleği ile soğutulması gerekebilir. Tanktaki yağın, konveksiyon akımları ile ısınmasına neden olabileceğinden, geniş çaplı boru kullanmaktan kaçınılmalıdır. Boru çapının, ani ısınma ve soğumaları karşılayacak ölçüde olmasına da dikkat etmelidir. Boru hattına bir meme ilave ederek, konveksiyon akımını en az düzeye indirmek de mümkündür.



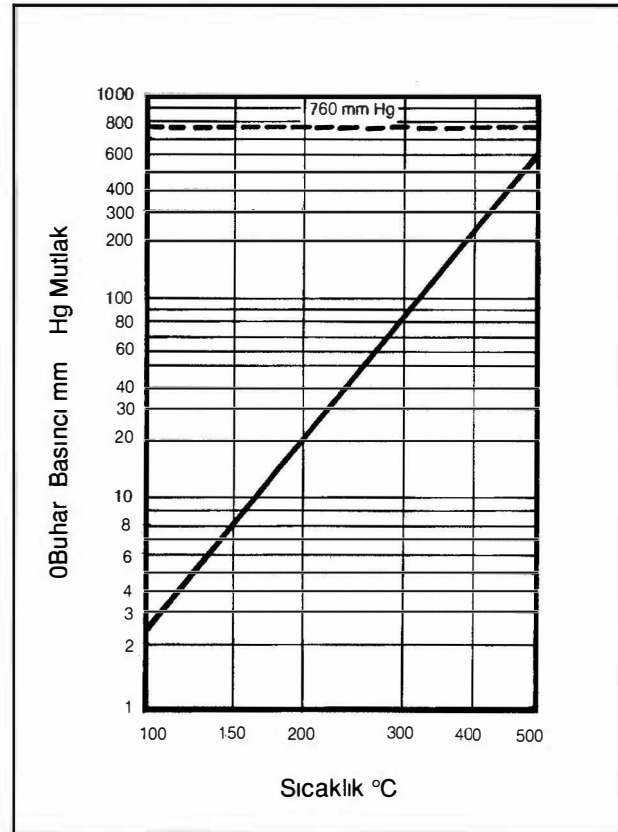
Şekil 147. MOBILTHERM ISI İLETİM KATSAYISI



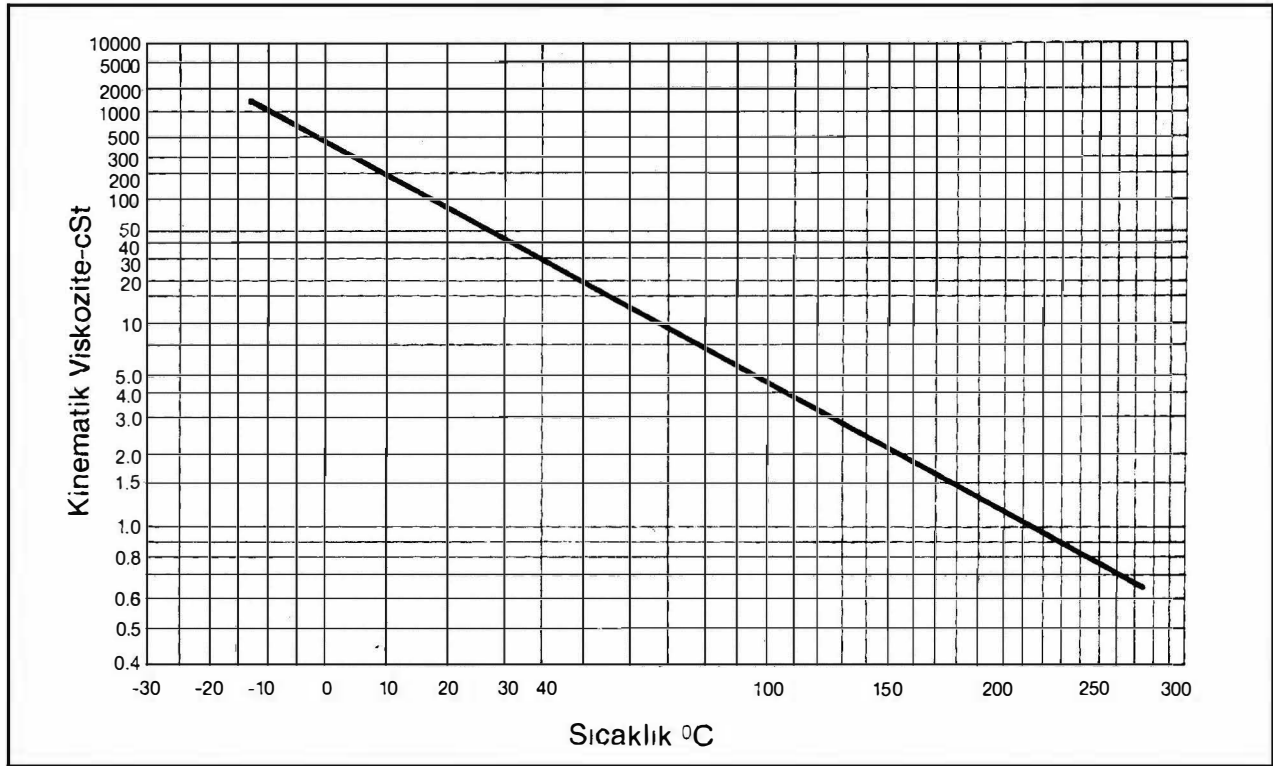
Şekil 149. MOBILTHERM ÖZGÜL ISISI



Şekil 148. MOBILTHERM YOĞUNLUĞU



Şekil 150. MOBILTHERM BUHAR BASINCI



Şekil 151. KIZGIN YAĞ VİSKOZİTESİNİN SICAKLIKLA DEĞİŞİMİ

6.2.1.3. Tank Donanımı

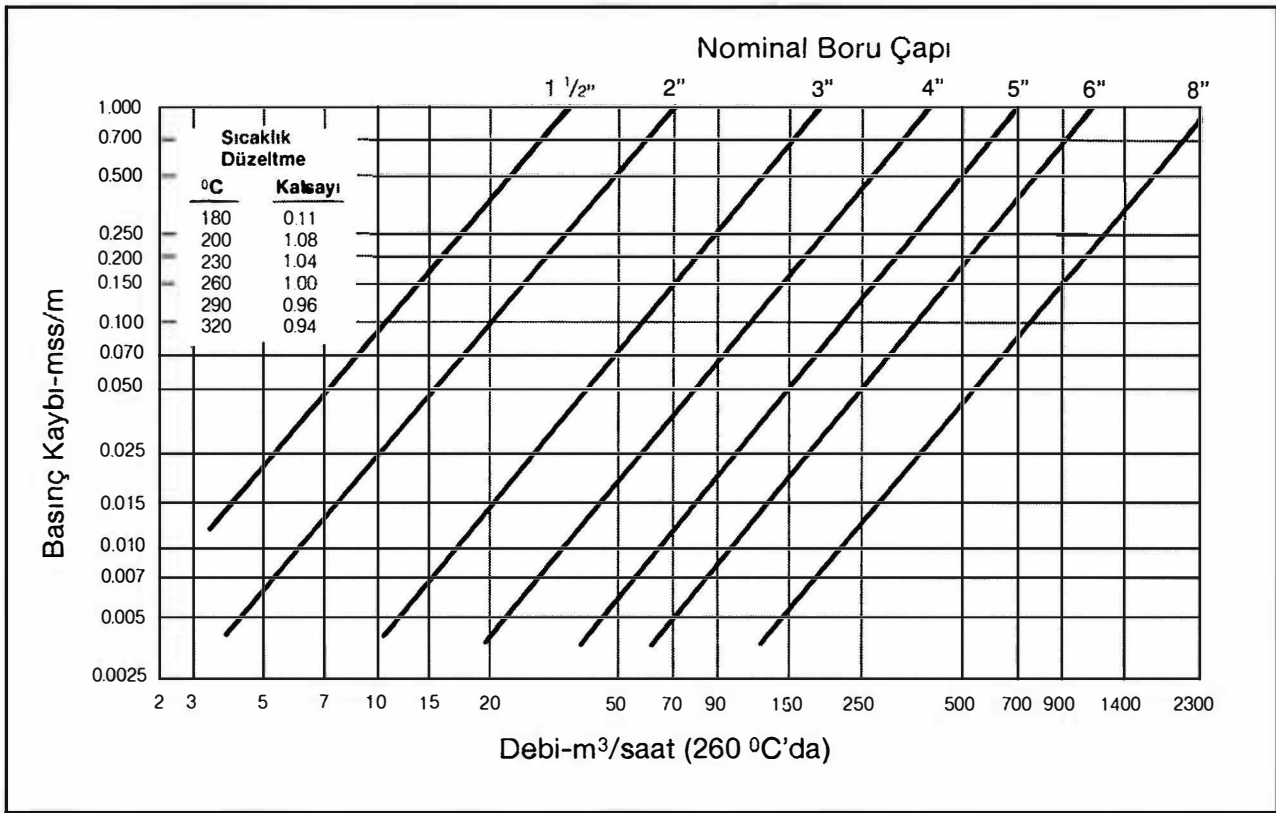
Yağ tankında bir yağ seviye göstergesi (genellikle cam seviye borusu kullanılır, fakat bazı tanklarda şamandıralı göstergeler vardır) termometre, nefeslik borusu, yağ boşaltma ve taşma bağlantıları ve ilave yapabilmek için bir dolun hattı mutlaka bulunmalıdır. Pislik girmesini önlemek için tank kapalı olmalıdır.

6.2.1.4. Su Tahliye Vanası

Sistemdeki yağın hacmi sıcaklığa bağlı olarak artacak ve azalacağından, genleşme tankındaki yağ seviyesi de yükselip alçacaktır. Seviye alçaldığı zaman, rutubet içeren hava, sıcak genleşme tankına girecek ve tank soğuduğu zaman, rutubet yoğunlaşarak tank dibine çökecektir. Bu suyun sisteme girmesini

Tipik Özellikler	
	Mobiltherm 605
Özgül Ağırlığı, 15 °C	0.867
Alevlenme Noktası, min. °C	210
Akma Noktası, max. °C	-10
Viskozite cSt/40 °C	29/36
cSt/100 °C	5.3
Viskozite İndeksi	100
Distilasyon, ASTM, °C	
10 %	398
50 %	429
90 %	457
Genleşme Katsayısı, Hacmen, her 1 °C için	0.07

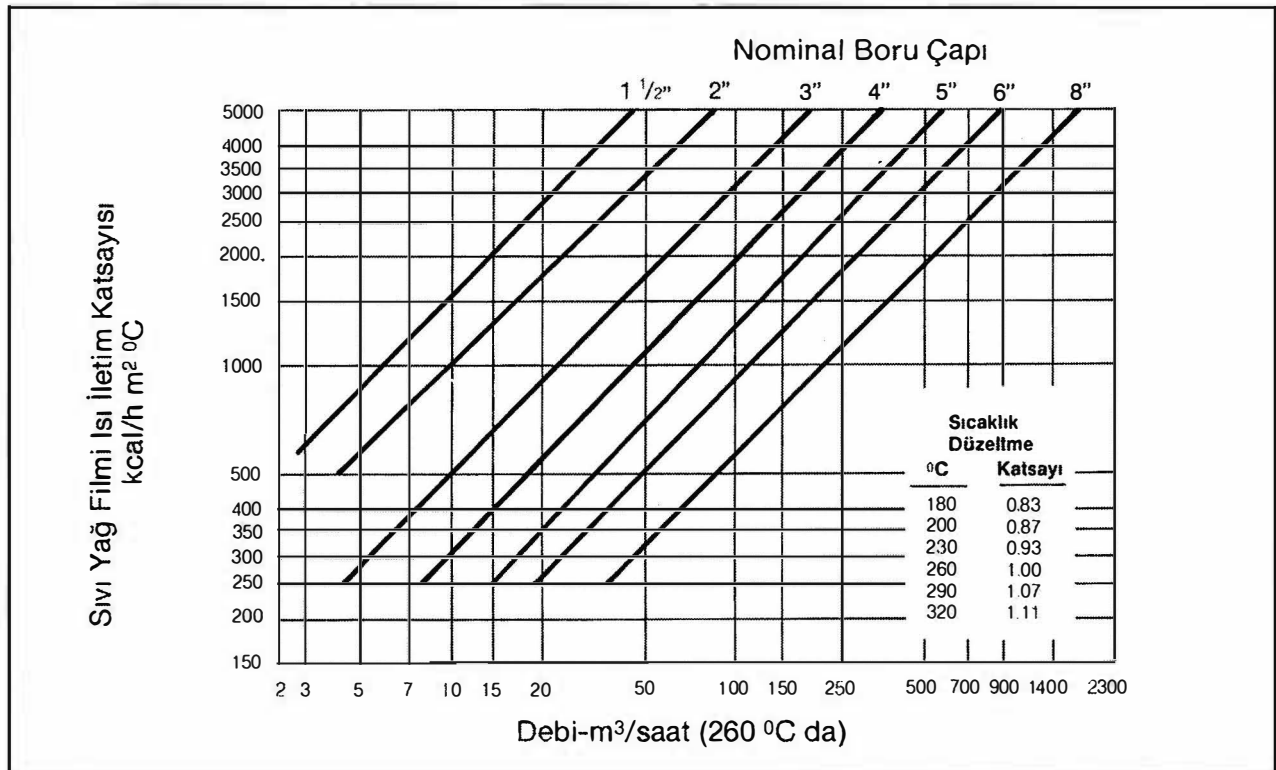
Tablo 152. MOBILTHERM TİPİK ÖZELLİKLERİ



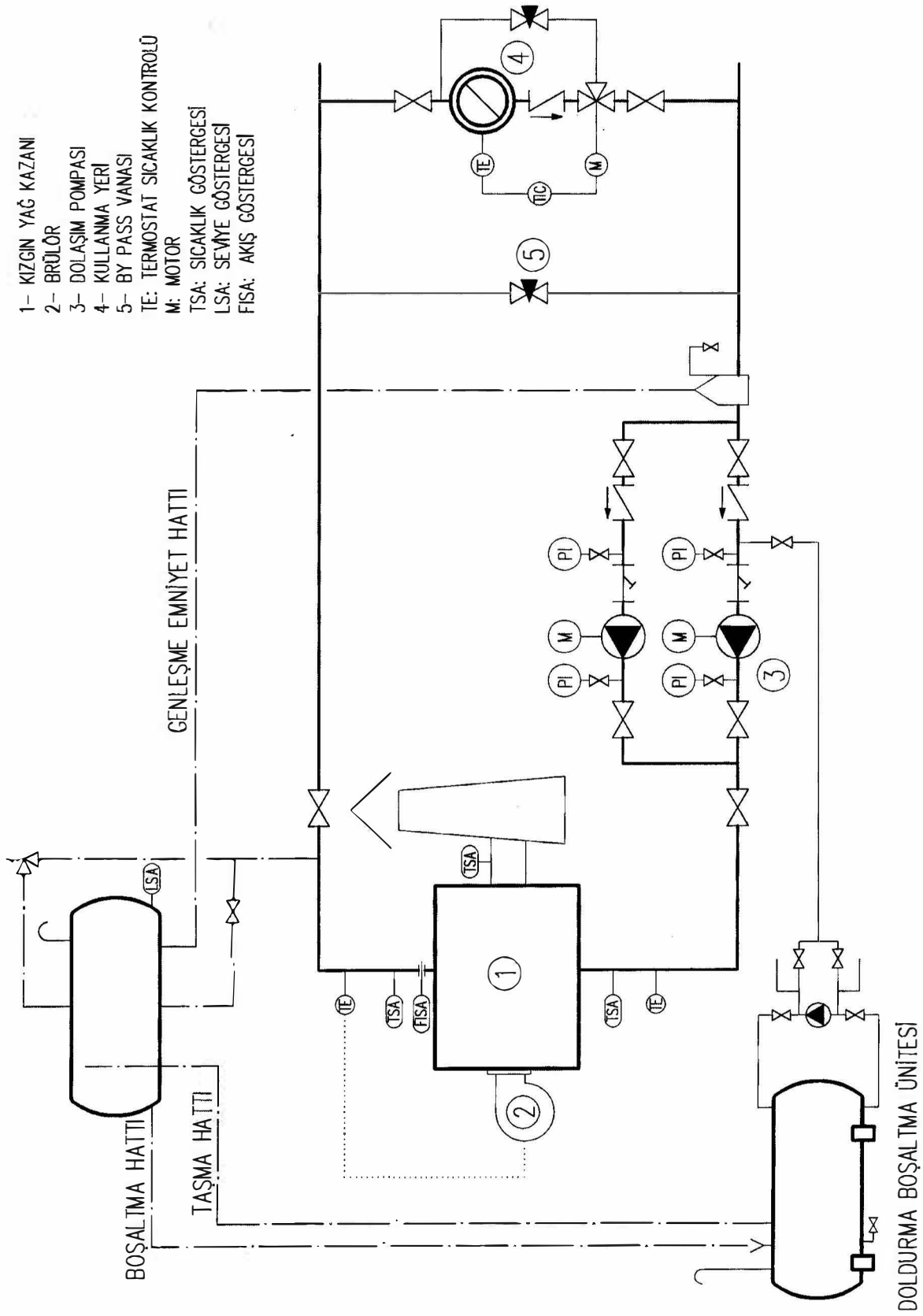
Şekil 153. MOBILTHERM BORU İÇİ AKIŞINDA BASINÇ KAYIPLARI

önlemek için, yağ hattının genişleme tankına, tahmini su seviyesinin üzerinde, aynı zamanda en düşük yağ seviyesinin de altındaki bir noktadan bağlanması gerekecektir. Toplanan suyun

periyodik olarak temizlenebilmesi için, tank tabanı konik şekilde olacak ve bir boşaltma vanası bağlanacaktır.



Şekil 154. KIZGIN YAĞ İLE BORU CİDARI ARASINDAKİ ISI İLETİM KATSAYISI DEĞERLERİ



Şekil 155. KIZGIN YAĞ SİSTEMİ ŞEMATİK GÖSTERİMİ

6.2.1.5. Gaz Örtüsü

Bazı uygulamalarda, genleşme tankındaki yağın sıcaklığını 60°C'ın altında tutabilmek mümkün olmayabilir. Bu gibi hallerde oksidasyon ihtimalini azaltmak için genleşme tankına düşük bir basınçla azot gazı basılır.

6.2.2. Pompalar

Isı iletim sistemlerinde hem santrifüj hem de pistonlu pompalar kullanılabilir. Yağın viskozitesi sıcaklıkla değiştiğinden, bu durum pompa tasarımında dikkate alınmalıdır. Yağ soğuk iken gerekli pompalama gücü yüksektir. Yağ ısındıkça bu güç azalır. Santrifüj pompa kullanıldığı takdirde, yağı gereken debide sirküle edebilmek için, pompa basıncı dikkatle belirlenmelidir. Doğal olarak pompa kapasitesi, kullanıcı ünite ve borulardaki 10 ve 30°C'lik sıcaklık kayıplarını karşılayacak miktardaki yağı sirküle edebilecek yeterlilikte olmalıdır. Genellikle 205°C'ın altında çalışan sistemlerde 1.2 m/s'lik yağ hızı, 315 °C'a kadar yükselen sistemlerde ise 2.1 m/s'lik yağ hızı sağlanmalıdır. Bazı sistemlerde ise çift pompa vardır, arıza yapan pompanın yerine yedek pompa devreye girer. Kar eritme tesislerinde de çoğu zaman iki pompa vardır. İlk ısıtımda her iki pompa da çalıştırılır, kar eritme yüzeyi gerekli sıcaklığa eriştikten sonra, genellikle tek pompa yağın karları eritmeye yeterlidir. Pompalar sıcak yağ basabilecek şekilde özel olarak imal edilmelidir.

Şaft keçeleri döner tipte veya derin kanallı ve petrol esaslı yağlarla çalışmaya uygun salmastralı olmalıdır. Pompa kaçakları bir haznede toplanmalı ve tekrar sistemde kullanılmamalıdır. Yataklar ve bazen de yağ keçeleri su soğutmalıdır. Isı iletim yağları, yağlama için yeterli olmadığından, yatak yağlanması ayrı yağlarla yapılmalıdır. Pompa çıkışları Şekil 155'de görüldüğü gibi ısıtıcı kazana bağlanmalıdır. Pompa emiş ağızları ise pozitif basınç altında olmalı, dolayısıyla pompa şaft keçelerinde sistem yağına hava girmesi önlenmelidir. Aksi takdirde sisteme giren hava, yağın oksidasyonunu hızlandıracak, operasyon esnasında problemler yaratacaktır. Özellikle, pistonlu pompaların kullanıldığı sistemlerde yağ bünyesindeki yabancı partikülleri tutmak için pompa emişine filtre koymalıdır.

6.2.3. Kullanıcı Ekipman

Kızgın yağın ısınısını kullanan ekipman, maksimum ısı iletimini sağlayacak şekilde dizayn edilir. Kullanıcı ekipmanın içerdiği madde ile yağ arasında yaklaşık 10°C'lik sıcaklık farkı bulunur.

6.2.4. Malzeme

Salmastra ve contaların yağa dayanıklı malzemeden imal edilmiş olmaları gerekir. 93°C'ın altındaki sıcaklıklarda viton keçeler kullanılır. 121°C ile 204°C'ın üzerindeki sıcaklıklarda ancak asbest, fiber veya metal keçeler kullanılabilir. Bakır ve bakır alaşımlarının sistemde kullanılmasından kaçınılmalıdır. Çünkü, bu metal yağın oksidasyonunu hızlandıran mükemmel bir katalizördür.

6.3. Kızgın Yağ Kazanları

Yağ, elektrik rezistansı, buharla veya akaryakıt kazanlarıyla ısıtılabilir. Her üç halde ısıtıcı kapasitesinin yağı istenilen sıcaklığa yükseltecek yeterlilikte olması gerekir.

Isı iletim yağına etkisi bakımından, sistemin en kritik elemanı ısıtma ünitesidir. Yağın ısı iletim kapasitesi, yağ ile ısıtıcı borunun dış yüzeyi arasındaki sıcaklık farkına ve ısı iletim direncine bağlıdır. Isı iletim direnci, boru metalinin ve boru iç yüzeyindeki oldukça hareketsiz duran yağ filminin toplam direncinden meydana gelir. Bu dirençlerin neden olduğu sıcaklık düşüşleri Şekil 156'de şematik olarak gösterilmiştir. Yağ filminin ısı iletim direncine etki eden faktörler, debi, viskozite, özgül ısı, ısı iletim katsayısı, özgül ağırlık ve boru çapıdır.

Isı akımına direncin yüksek olduğu sistemlerde, ısı iletim film katsayısı düşük olur ve aşırı derecede ısınan yağ filminde termik parçalanma olayı meydana gelir ve boru cidarlarında karbon depozitleri birikir.

Yağ akış hızının düşük olması nedeni ile bazı hallerde film tabakasının sıcaklığı ile sirküle edilen yağın sıcaklığı arasında 60°C veya daha fazla fark olabilir. Eğer yağ sıcaklığı tavs.iye edilen maksimum sıcaklığa yakın bir değerde ise, boru cidarındaki ince film tabakasının termik parçalanmaya uğraması ihtimali oldukça fazladır. Parçalanma sonucu biriken karbon depozitleri borunun ısı iletim direncini yükseltecek ve buna paralel olarak boru yüzey sıcaklıkları da yükselecek ve delinmelere neden olacaktır.

İyi dizayn edilmiş bir sistemde film sıcaklıkları, yağ sıcaklığının genellikle 15°C ile 30°C üzerinde olur. Sistemdeki yağın uzun ömürlü olmasını sağlamak ve karbon oluşumunu en az düzeyde tutabilmek için, film sıcaklığının boru yüzeyinin herhangi bir noktasında 345 °C'i geçmemesi gerekir.

Sirkülasyon pompasının kapasitesinin bu şartları karşılayacak şekilde seçilmesi uygun olacaktır. Aksi takdirde, yetersiz sirkülasyon dolayısıyla boru hattında hareketsiz noktalar meydana gelecek, aşırı ısınan yağ koklaşarak boru yüzeyinde tortu ve birikintiler oluşacak, ısı iletimini engelleyecek ve borunun delinmesine neden olacaktır. Sirkülasyon pompasında bir arıza olduğu takdirde, otomatik bir emniyet tertibatı ısıtıcının çalışmasını durduracaktır.

Genel kural olarak, radyasyon yoluyla yağın ısıtıldığı bir sistemdeki kritik film sıcaklığı olan 330°C'ın altında kalmak için ısı iletiminin 21000 ile 34000 kcal/m²h değerleri arasında kalması istenir.

T_f : Isıtıcı boruları içindeki yağ filmi sıcaklığı °C

ΔT_{fmax} : Isıtıcı boruları içindeki yağ filminin en yüksek sıcaklık artışı °C

T_b : Isı transfer sisteminde sirküle eden yağın sıcaklığı °C

Q : Isıtıcı boruları içindeki yağ filmi ısı iletim değeri kcal/m²h

C_f : Isıtıcı boruları içindeki yağ filmi ısı iletim

katsayısı kcal/m²h °C

$$T_f = \Delta T_{f \max} + T_b ; \Delta T_{f \max} = Q/C_f$$

Örnek hesap: Bir ısıtıcının içindeki 2" boruda 260°C sıcaklıkta sirküle eden yağın debisi 13 m³/h olsun.

Bu verilen değerlere tekabül eden yağ filmi ısı iletim katsayısı Şekil 11'den 1200 kcal/m²h °C olarak bulunur. Yağ filmi ısı iletim değeri 34000 kcal/m²h kabul edilsin.

$$\Delta T_{f \max} = 34000/1200 = 28 \text{ °C} < 30 \text{ °C}$$

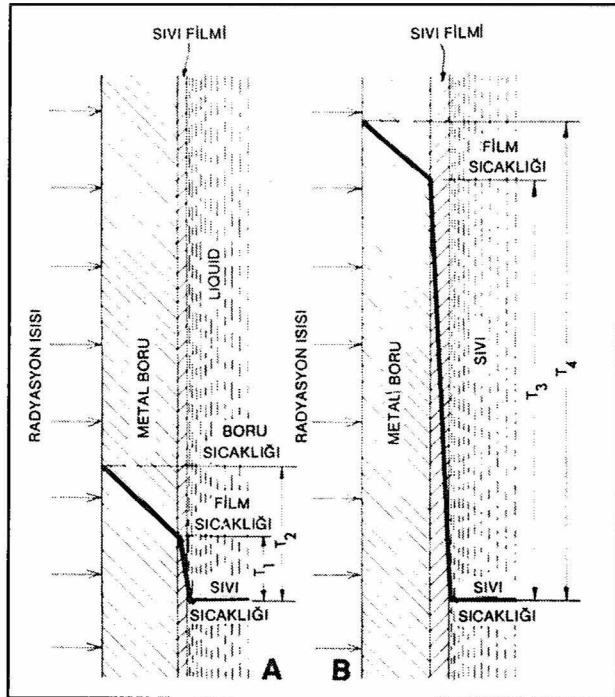
$$T_f = 28+260=288 \text{ °C} < 330 \text{ °C} \text{ elde edilir.}$$

Elektrikli ısıtıcılarda enerji sarfiyatı sabittir. Kullanılan sıvıya veya çalışma sıcaklığına bağlı değildir. Elektrik akımının ürettiği ısı enerjisini, ısı iletim yağı aynı hızla dağıtmadığı takdirde, ısıtıcı sıcaklığı sürekli olarak artacaktır. Kok şeklindeki depozitler ısı iletimini engelleyecek duruma geldiği takdirde sıcaklık, yağ ve hatta ısıtıcının kendisini bozacak düzeye yükselebilir. Bu bakımdan, elektrik enerjisinin, birim ısıtıcı yüzeyine emniyetli seviyede verilmesi gerekir. Bu emniyetli sayılan seviye ısıtıcının cinsine, yağın özelliklerine, çalışma sıcaklığına ve sirkülasyon hızına bağlı olarak değişebilir. Tipik değerler santimetrekareye 1 ile 3 Watt arasındadır.

6.3.1. Kontrol Cihazları

Çeşitli nedenlerden dolayı, ısı iletim sistemlerinde aşağıda belirtilen emniyet ve kontrol cihazları bulundurulur.

1. Aşırı sıcaklık,
2. Sirkülasyon aksaması,
3. Aşırı basınç yükselmesi,
4. Isıtıcı arızası



Şekil 156. ISI İLETİM DİRENCİ

6.4. Kızgın Yağ Sistemlerinde İşletme

6.4.1. İlk Dolum

Yeni bir sisteme dolum yapmadan önce, emniyet ve kontrol cihazlarının çalışır durumda olduğunu tespit etmeli, basınç testi yapılarak sızıntılar kontrol edilmelidir. Basınç testi suyla yapılmamalıdır, aksi takdirde sistemde kalacak suyu tahliye etmek güç olacaktır. Bu test, genellikle boru içinden basınçlı hava, dışardan ise sabunlu su uygulayarak veya doğrudan Mobiltherm 605 yağı ile yapılabilir. Mobiltherm 605'in de diğer bütün madeni yağlar gibi belirli bir sıcaklıkta ve bir kıvılcım kaynağı ile bulunduğu yanabileceğini unutmamak gerekir. Sıcak Mobiltherm 605 bir bağlantıdan sızma yaptığı takdirde, kendi kendine tutuşmaz, mutlaka bir kıvılcımın mevcut olması gerekmektedir. Dolum, sistemdeki havayı tahliye edecek şekilde yapılmalıdır. Bir metoda göre, sistemdeki hava vakum pompası ile boşaltılır ve genişleme tankından dolum yapılır. Bu metodun avantajlı tarafı, sistemdeki rutubeti de bertaraf etmesidir, ancak bu amaç için kullanılan vakum pompasının temini de oldukça güçtür. Diğer bir metod ise, pompa emişi ile emiş vanası arasındaki boru bağlantısına bir giriş yapmaktır. Bu nokta genellikle en alçak noktadır ve bu noktadan pompalanan yağ, önündeki havayı da süpürerek dışarı atar. Dolum işlemi esnasında sistemdeki bütün nefeslikler açık olmalı ve yağ görüldüğü anda kapatılmalıdır. Pompa olarak sirkülasyon pompasının da kullanılması mümkündür.

Yağ, yaklaşık olarak 3-4 saat sirküle edilir ve sistemde hava olup olmadığı kontrol edilir. Sistem soğukken genişleme tankındaki yağ seviyesi göstergesinin 1/4 hizasında bulunması gerekir. Bu deneme sirkülasyondan sonra pompa emiş filtreleri kontrol edilir ve gerekirse temizlenir.

Filtreler temizlenip, yerine koyulduktan sonra, sirkülasyon pompası çalıştırılır ve ısıtıcı ateşlenerek devreye sorulur. İlk çalışmada sıcaklık yaklaşık saatte 60 °C olmak üzere, yavaşça artırılır.

Eğer sistemde hala bir miktar su bulunuyorsa, ısınma esnasında buhar meydana gelir ve ani hacim genişlemesinden dolayı genişleme tankındaki yağ seviyesi yükselir. Kaynama ve taşma meydana gelebileceğinden sıcaklığı yavaşça artırarak su ile ilgili bu tür güçlükler en az düzeye indirilebilir. Su buharının bir kısmı genişleme tankından tahliye olur. Ancak yüksek noktalardaki buharın, o noktalardaki nefesliklerin açılarak tahliye edilmesi gerekmektedir. Pompanın, verimli çalışabilmesi için havası alınır. Basınç testi Mobiltherm 605 veya hava ile yapıldığı takdirde bu tür problemlerle karşılaşma olasılığı azalır.

Sistem, normal çalışma düzenine girdiğinde, termometre ve basınç göstergelerindeki değerler okunarak kaydedilir. Yeni ve temiz durumda belirlenen bu değerler, sistemin gelecekteki performansının değerlendirilmesinde, karşılaştırma yapabilmemizi sağlar. İlave yağ Mobiltherm 605 genişleme tankından veya pompa emişinden doldurulabilir.

Unutulmaması gereken diğer bir konu da, yeni Mobiltherm 605'in eski yağın bıraktığı tortu ve birikintileri boru cidarından

sökebileceği ve beraberinde sürükleyebileceğidir. Bu tortu ve birikintiler zamanla filtreleri tıkar ve gerektiği takdirde filtreler sökülerek temizlenir. Bunların, bir evvelki yağın bozulma ürünleri olduğunu ve Mobiltherm 605 ile doğrudan ilgisi olmadığını unutmamak gerekir. Bu temizleme işlemi, sirkülasyon ve ısı iletimini engelleyen tortu ve birikintilerin giderilmesi açısından oldukça faydalıdır. Mobiltherm 605'e yabancı madeni yağlarla ilave yapılmamalıdır.

6.4.2. Sistemin Düzenli Şekilde Çalıştırılması

Emniyet cihazlarından herhangi biri bozuk ise sistem çalıştırılmaz. Bu cihazlar, ekipmana zarar gelmemesi için takıldığından, sürekli olarak çalışır durumda tutulurlar.

Yağın aşırı ısınıp, karbonlaşmasını önlemek için sirkülasyon pompasının sürekli çalışması ve ısıtıcı ateşlenmeden devreye girmesi gerekmektedir. Yanma odasındaki sıcaklık, yağın aşırı ısınmasına neden olacağından, sirkülasyon pompası, ısıtıcının kapatılmasından sonra yarım saat daha çalıştırılır.

6.4.3. Isı İletim Yağlarının Çalışma Ömrü

Sistem dizaynı yöntemine uygun yapılar ve kullanım sırasında kurallara uyulursa, Mobiltherm 605 yağının ömrü diğer madeni yağlara göre oldukça uzun olur. Ancak ısı iletim yağlarının ömrü, sistem dizaynına ve çalışma sıcaklığına bağlı olduğundan, önceden kesin süre belirlemek doğru olmayacaktır.

Kullanım süresi boyunca periyodik olarak yağdan alınan numuneler laboratuvarlarda analiz edilerek, özelliklerindeki değişim değerlendirilir. Bu değerlendirmeler esas alınarak yağın ömrü konusunda tahminde bulunmak mümkündür.

6.4.4. Sağlık ve Güvenilirlik Önerileri

Mobiltherm 605 ısı iletim yağı amacına uygun şekilde ellendiği ve kullanıldığı sürece sağlık için önemli bir tehlike yaratmaz. Kullanan kişinin kendi sağlığı için göstermesi gereken normal özenin dışında özel bir önlem alınmasını gerektirmez. Ancak uzun süreli temas halinde hassas bünyelerde deride kızarıklıklara neden olabilir. Bu durumda yağ ile temasa son verilmeli, bulaşan yer bol su ile sabunla yıkanmalıdır.

Mobiltherm 605 kapalı sistemlerde alevlenme noktasının üzerindeki sıcaklıklarda güvenle kullanılabilir. Yangın tehlikesi olması için, yağın basınç altında pülverize olarak bir kıvılcım kaynağı ile buluşması gereklidir. Kapalı sistem içerisindeki yağın alevlenme noktası üzerindeki sıcaklıklarda bile, kendi kendine yanması olasılığı yoktur.

Emniyet önlemi olarak, izolasyon malzemesi tercihan cam yünü esaslı olmalı, magnezyum ihtiva eden izolasyon malzemesinden kaçınılmalıdır. Yağ kaçaqlarının kolay tespit edilebilmesi ve yağın izolasyon malzemesi içine sızması için, flanşlı bağlantılarının izole edilmemesi gereklidir.

REFERANSLAR

1. O.F. Genceli, Buhar Kazanlarının Konstrüksiyonu, Kipaş Dağıtımçılık, 1985
2. K. Onat, O.F. Genceli, A. Arısoy, Buhar Kazanlarının Isıl Hesapları, Denklem Matbaası, 1988
3. ASHRAE Handbook 1989, Fundamentals
4. İ. Önen, Kaynar su Tesisatı Notları
5. E. Burkut, Besi Suyu Hazırlama Notları
6. A. Arısoy, Buhar Semineri Notları
7. Loos Ürün Katalogları ve Eğitim Notları
8. Intervalf, Buhar Tesisatları ve Buhar Cihazları Kurs Notları
9. Intervalf, Buhar Tesisatları ve Buhar Cihazları El Kitabı
10. M. Bilgiç, Buhar Kazanları İşletme Talimatları, Tesisat, S. 39, s. 151, 1999
11. S. Gürel, Su Çekici Darbelerine Karşı Alınabilecek Önlemler, TMD Eğitim Semineri Notları, 1995
12. E. Yaşa, Kazanlarda Su Arıtma ve Enerji Ekonomisi, Tesisat s. 48, s. 129, 1999
13. Spirax Sarco, Product Handbook, 1998-99
14. Gesta Specification Texts
15. Mobil Oil, Isı İletim Yağları
16. Recknagel, Taschenbuch für Heizung, Klima Technik, Oldenbourg, 86/87
17. J.J. Jackson, Steam Boiler Operations, Prentice Hall, 1980
18. Spirax Sarco, Steam in the Oil and Chemical Industries
19. Türk Standartları, TS 710 Yeraltı ve Yerüstü Yakıt Depoları
20. Türk Standartları, TS 2024 Buhar Kazanları Bakım ve İşletme Kuralları
21. A. Arısoy, Sanayi Kazanları İşletmeciliği Seminer Notları, MMO 1989
22. Strock, Koral, Handbook of Air Conditioning, Heating and Ventilating, The Industrial Press, 1965
23. Çeşitli Isısan Çalışmaları

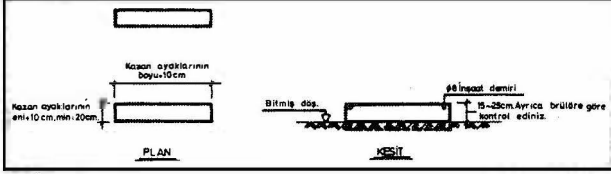
Ek 1

A. KAZAN DAİRESİ VE BETON KAİDELER

A. KAZANLAR

1. Beton Kaidesi (300 doz beton)

a- Silindirik Fuel-oil kazanları:



Silindirik kazanların beton kaideleri için döşemede demir filizler bırakılmalı veya kazan kaideleri, bitmiş döşeme altında birbirine min. 10 cm. kalınlıkta demirli beton ile bağlanmalıdır. Bunlar yapılmayacak ise, kazan beton kaideleri iki parça dökülmeyip, birleştirilmelidir (Denge için). Buhar kazanlarında brülörlerin yakıt damlatmaları halinde, ani yanma sonucu titreşimler oluşur. Bu nedenle statik yük+titreşim kabul edilmelidir.

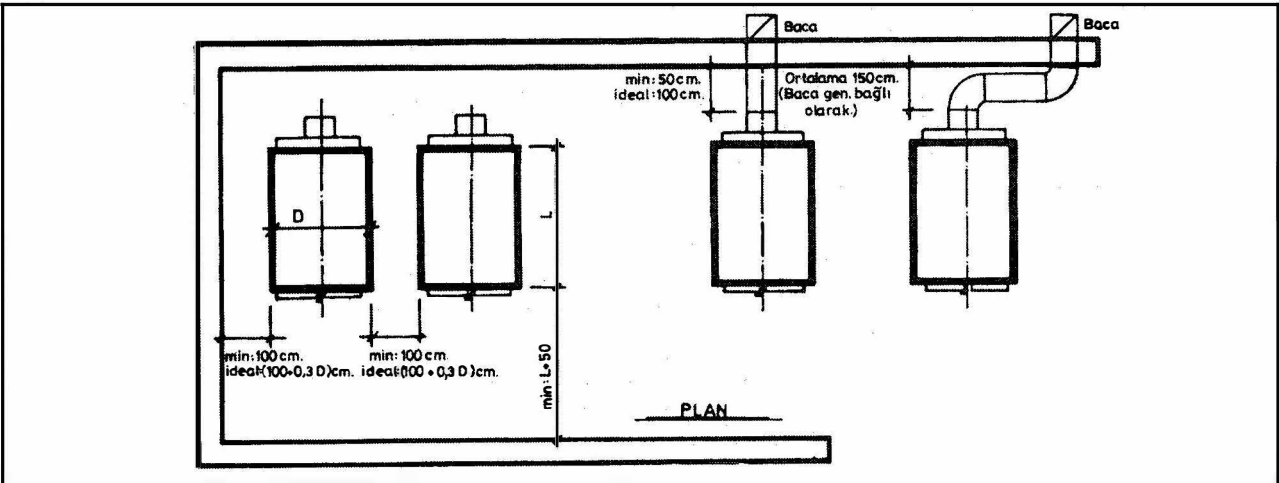
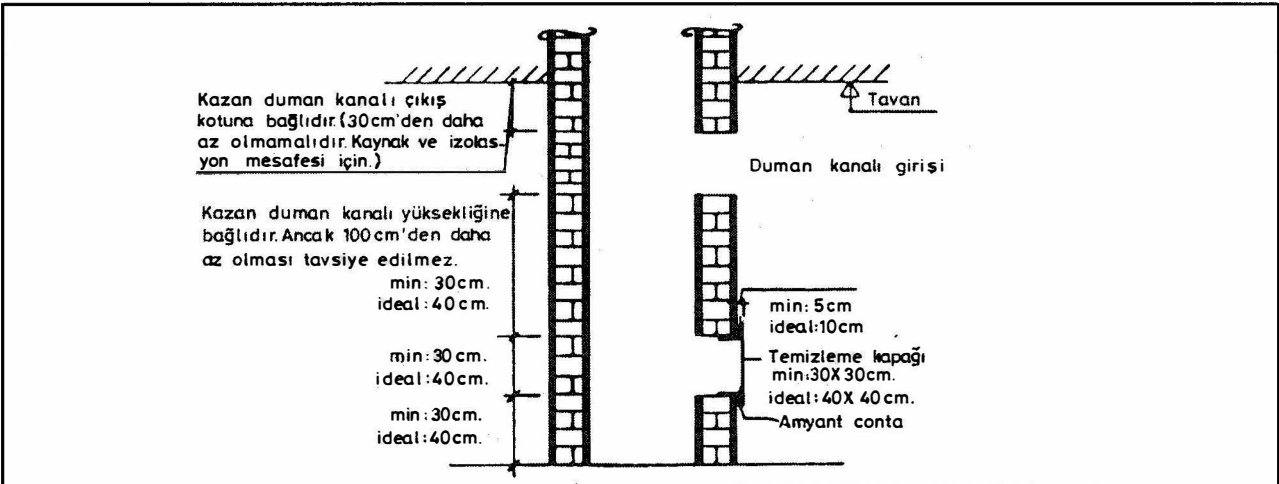
b- Kazanların yerleşimi

2. Baca Bağlantıları

Kazan dairelerinde duman kanalı baca bağlantıları için rezervasyonlar bırakılırken duman kanallarının kazana doğru %10-30 meyilli olduğuna dikkat edilmeli, beton kaide yüksekliği de unutulmamalıdır.

3. Kazan Dairesi Havalandırılması

Bina dışında yapılan kazan dairelerinde, buhar kazanlarının üstünde havalandırma için açıklık bırakılmalıdır. Kesiti en az bacaların toplam kesitinde, idealde bacaların toplam kesitinin iki katı olmalıdır. Buhar kazanlarının etrafında oluşacak ısının (daha çok kazanların arka kısmındaki duman sandığı ve baca civarında oluşur.) dışarıya atılması için havalandırma menfezi kazan sonuna yakın yerde bırakılmalıdır. Kazan dairelerindeki cihazların dışarıya çıkarılabilmesi için en büyük cihaz ebadında (kazan, boyler, hidrofor vb.) bir servis boşluğu bırakıp bunu havalandırma için de kullanmak daha iyi çözüm olabilir. Bu durumda servis boşluğunun altında cihaz olmamasına dikkat edilmelidir. Genellikle kazanların ön tarafında bırakılır. Soğuk bölgelerde ve sürekli çalışmayan kazan dairelerinde donma riskine karşı havalandırma panjurlarının arkasındaki damperlere oda termostadından kumanda alan bir servomotor bağlanmalıdır. Kazan dairesi sıcaklığı +5 °C düşüğünde bu damper otomatik kapanmalıdır.



B. YAKIT DEPOLARI VE YAKIT TESİSATI

Beton kaidesi (300 doz beton)

Silindirik yakıt depoları:

NOT:

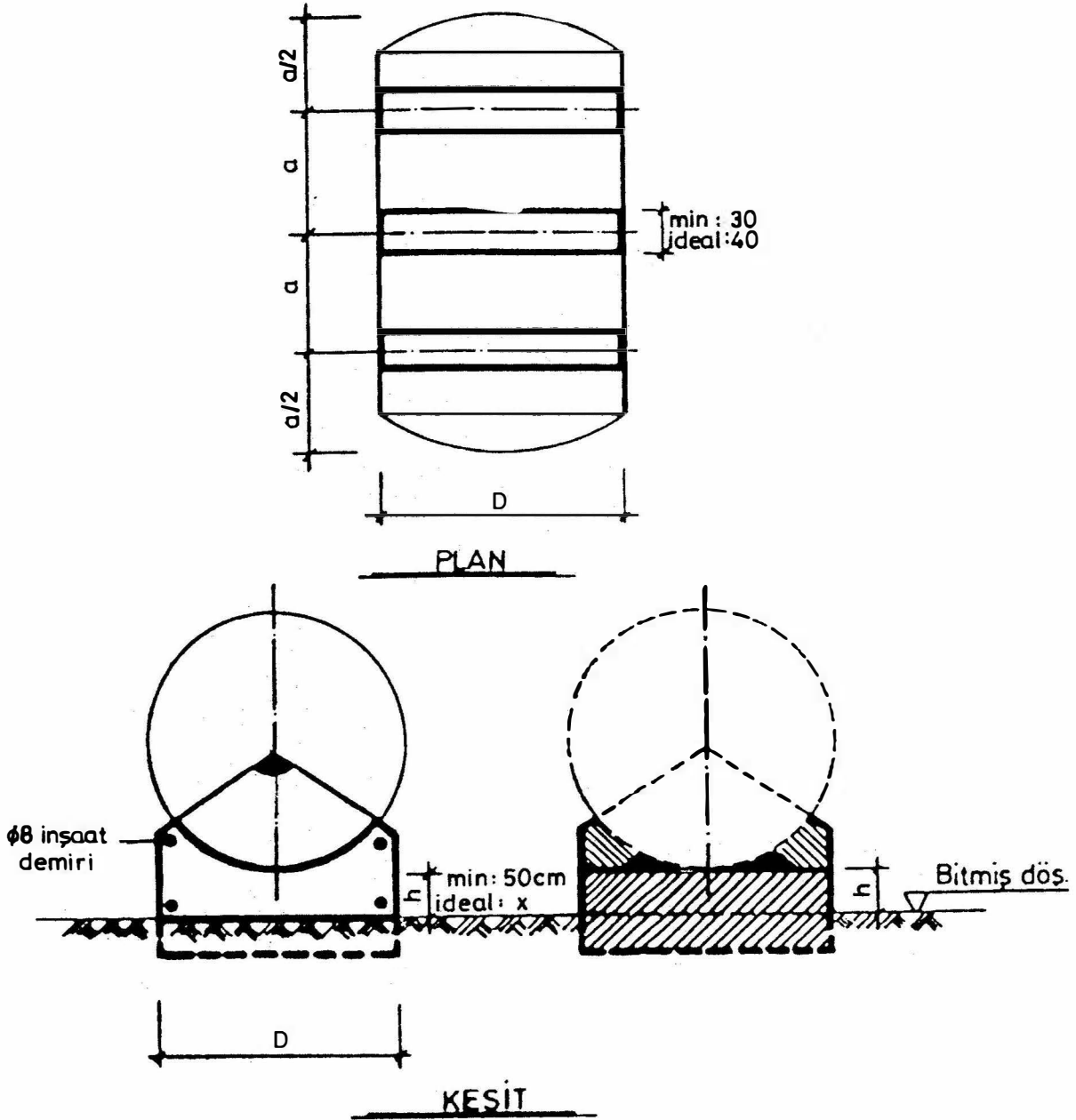
Beton kaide iki parçalı dökülebilir. Önce (h) yüksekliğinde beton kaide düz dökülür. Yakıt deposu üzerine önceden kaynatılmış ayaklar ile monte edilir veya takozla sabitleştirilir, sonra ikinci bölüm (yuvarlak kısmı) dökülür.

Beton ayaklar için en az 300 doz demirli beton kullanılmalıdır.

Ayaklar dökülmeden önce döşemede demir filizler bırakılmış olmalı, ya da ayaklar döşeme altında bağlanmalıdır. (Depoyu kaide üzerine oturturken emniyeti sağlamak için ve zelzele anındaki güvenlik gereği)

Ayrıca depo ayaklarına, boşaltmanın olduğu tarafa doğru %1 meyil verilmesi (yakıt içindeki suyun toplanabilmesi ve kolay tahliyesi için) gereklidir.

Silindirik yakıt depoları :



KAZAN DAİRESİNDE REZERVASYON

1. Genel

Beton kaidelerde 300 doz demirli beton kullanılmalıdır. Parçalı dökülen ayaklar için döşemede demir filizler bırakılmalı veya döşeme altından ayaklar bağlanmalıdır.

2. Kazanlar

- a- Beton kaide
- b- Duman kanalı çıkış rezervasyonları
- c- Duman kanalı baca girişi
- d- Baca kül kapağı
- e- Bacadan külün çıkartılması için servis imkanı
- f- Havalandırma bacası ve boşluğu
- g- Kazanların içeriye alınması
- h- İşletmede kazan ve diğer cihazların giriş-çıkış boşluğu veya imkanı
- j- Yakıt kanalı

3. Yakıt Depoları

- a- Beton kaidesi
- b- Beton kaide yüksekliği brülör pompası seviyesinde mi?
- c- Kapı önünde eşik isteniyor mu?
- d- Saç kapı (Serpantin karşısında tercih edilebilir)
- e- Dolum-havallık boruları çıkışı rezervasyonu
- f- Bina dışındaki dolum-havallık boruları yeri, emniyet tedbiri, dolum için içerisi ile haberleşme (ses köprüsü)
- g- Yakıt kanalı
- h- Havalandırma imkanı (Kapıya en uzak noktada)
- ı- Süzgeç isteniyor mu? Yağ kapanı bağlanacak mı?
- i- Kazan dairesinden duvar ile ayrılması
- j- Depoların içeriye alınması veya yerinde yapımı?

4. Su depoları

- a- Su giriş nozulu
- b- Su çıkış nozulu
- c- Taşma nozulu
- d- Boşaltma nozulu
- e- Su deposu içinde çökelti toplama çukuru
- f- Boşaltma nozulu nereye bağlanacak
- g- Servis kapağı (su giriş ağzına yakın olmalıdır)
- h- Depo döşeme-duvar kaplamaları (fayans vs..)
- ı- Su deposu tavaasında su buharı ve ısı yalıtım (üst döşemede ki kondensasyon için) yapılacak mı?

5. Pis su çukuru

6. Genel

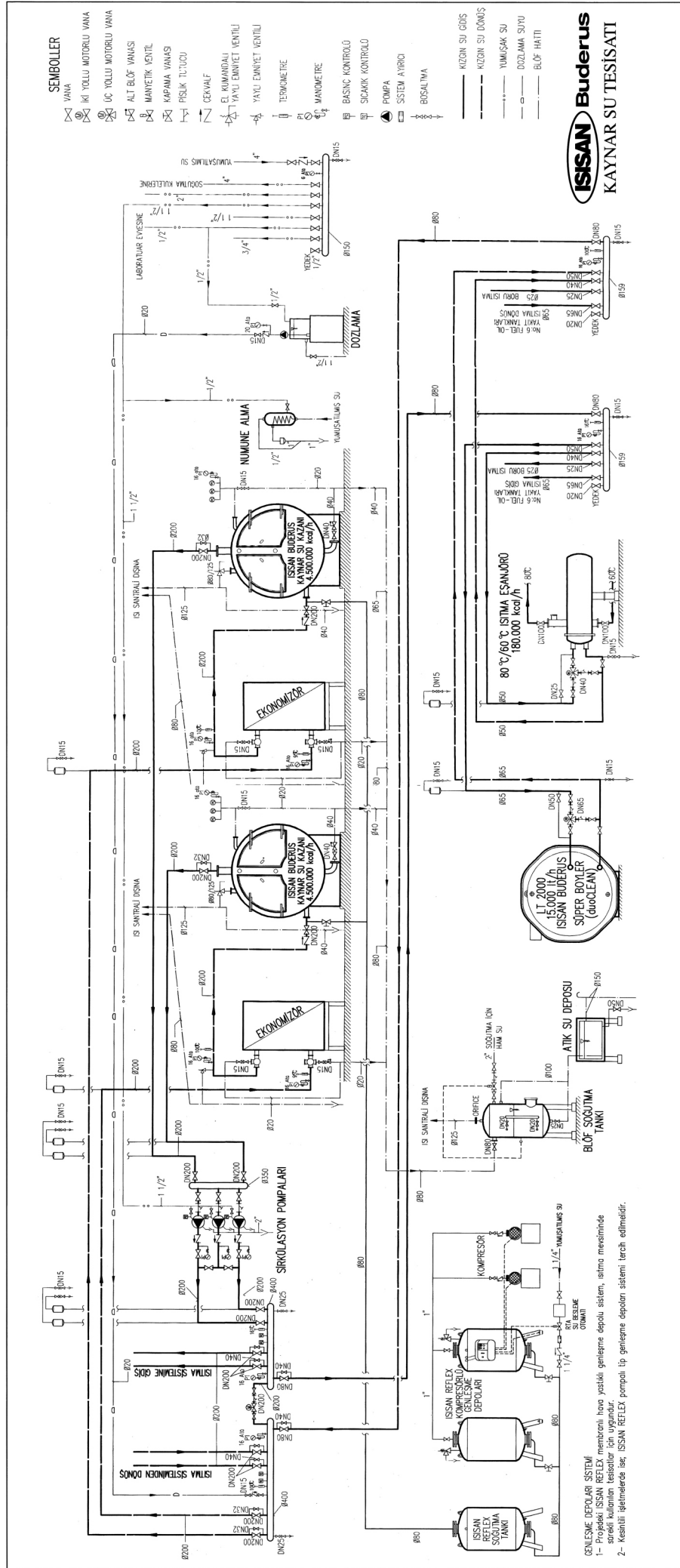
- a- Makina dairesine su giriş rezervasyonu
- b- Doğal gaz giriş rezervasyonu
- c- Teknisyen kaçış kapısı (dış havaya direkt çıkış)
- d- Teknisyen odası-lavabo-klozet-(en az lavabo yapılmalıdır)
- e- Cihazların giriş- çıkış boşluğu (müstakil kazan

dairelerinde havalandırma içinde kullanılabilir)

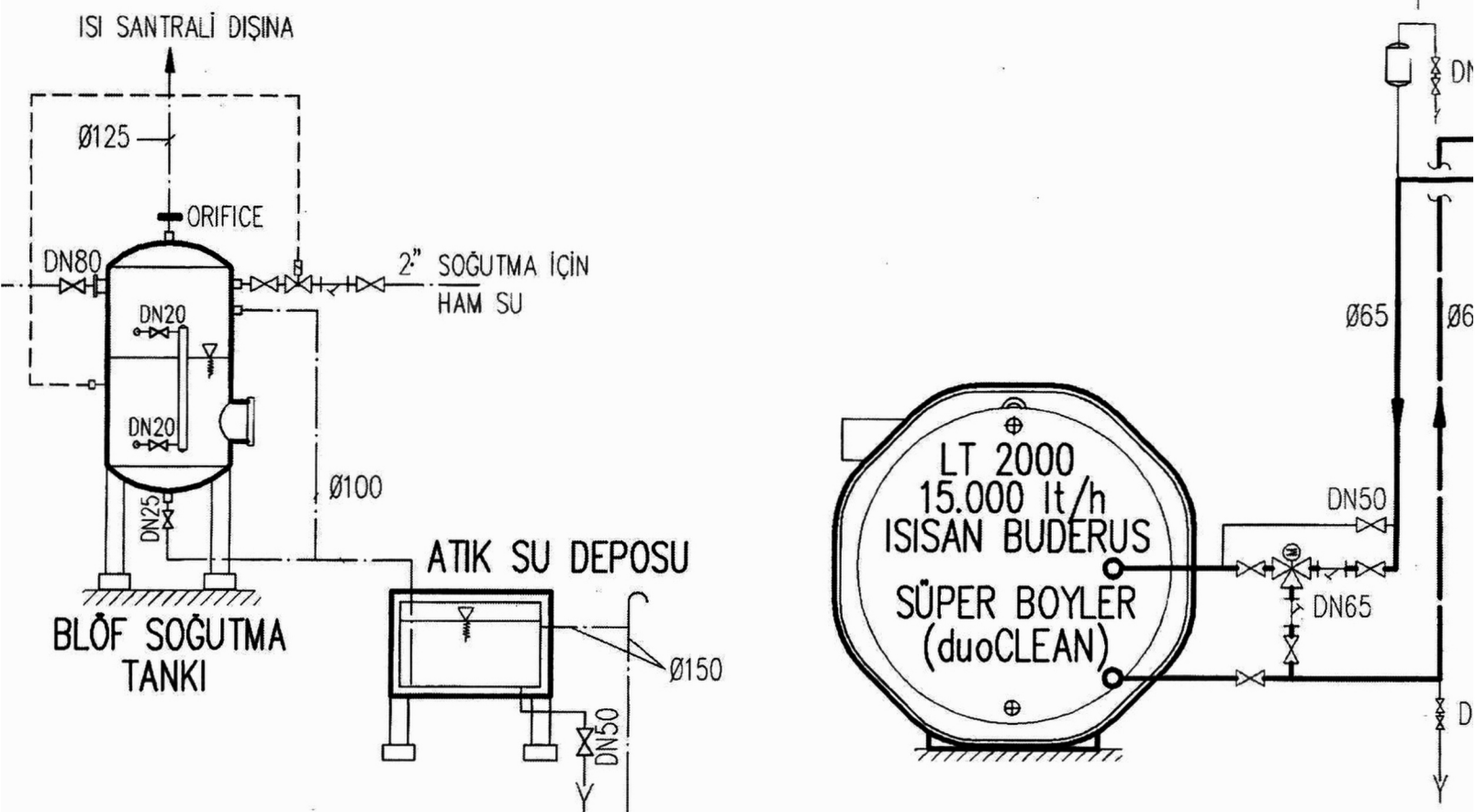
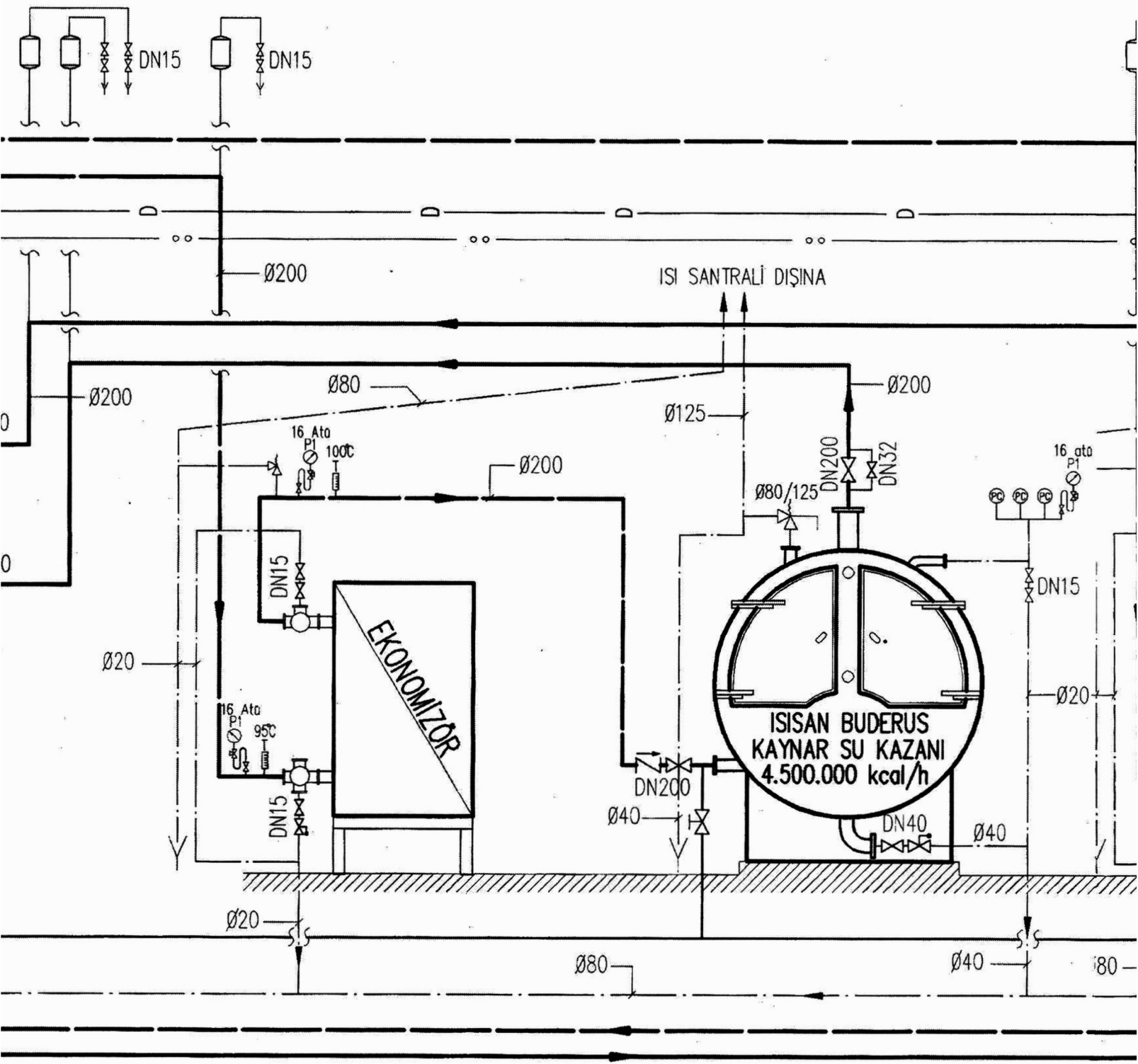
f- Buhar boruları, sıcak, soğuk su, pis su boruları çıkış-giriş rezervasyonları

g- Cebri havalandırma isteniyor mu?

h- Çevre drenaj kanalı veya bodrum süzgeci ve boru tesisatı (su deposu önü, hidrofor, pompalar çevresi, yakıt deposu hacmi vb.)

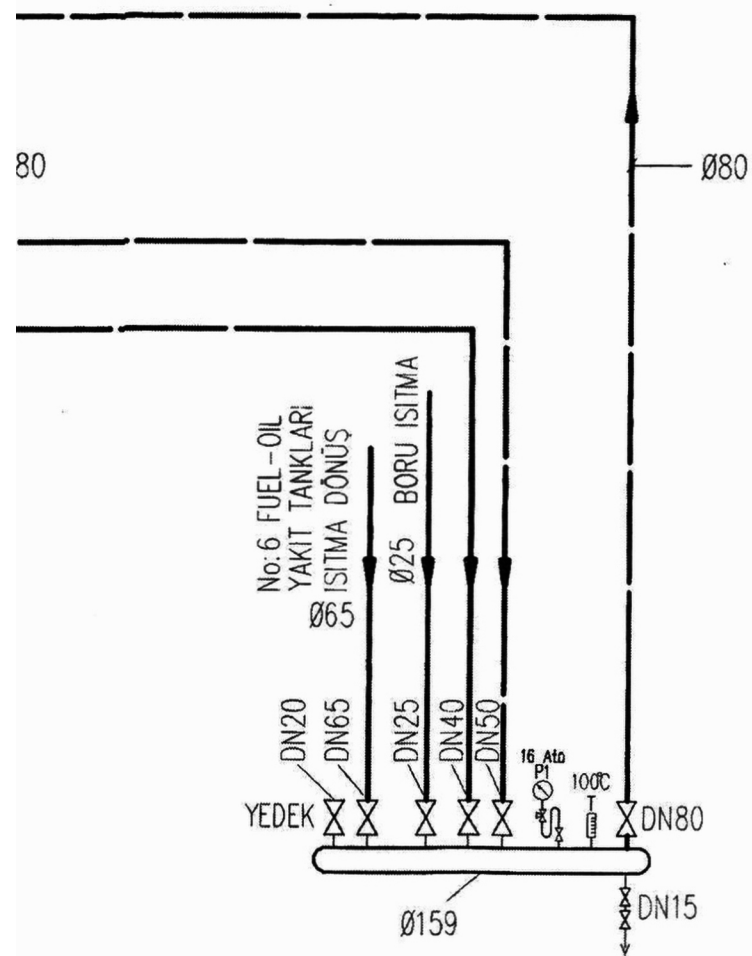
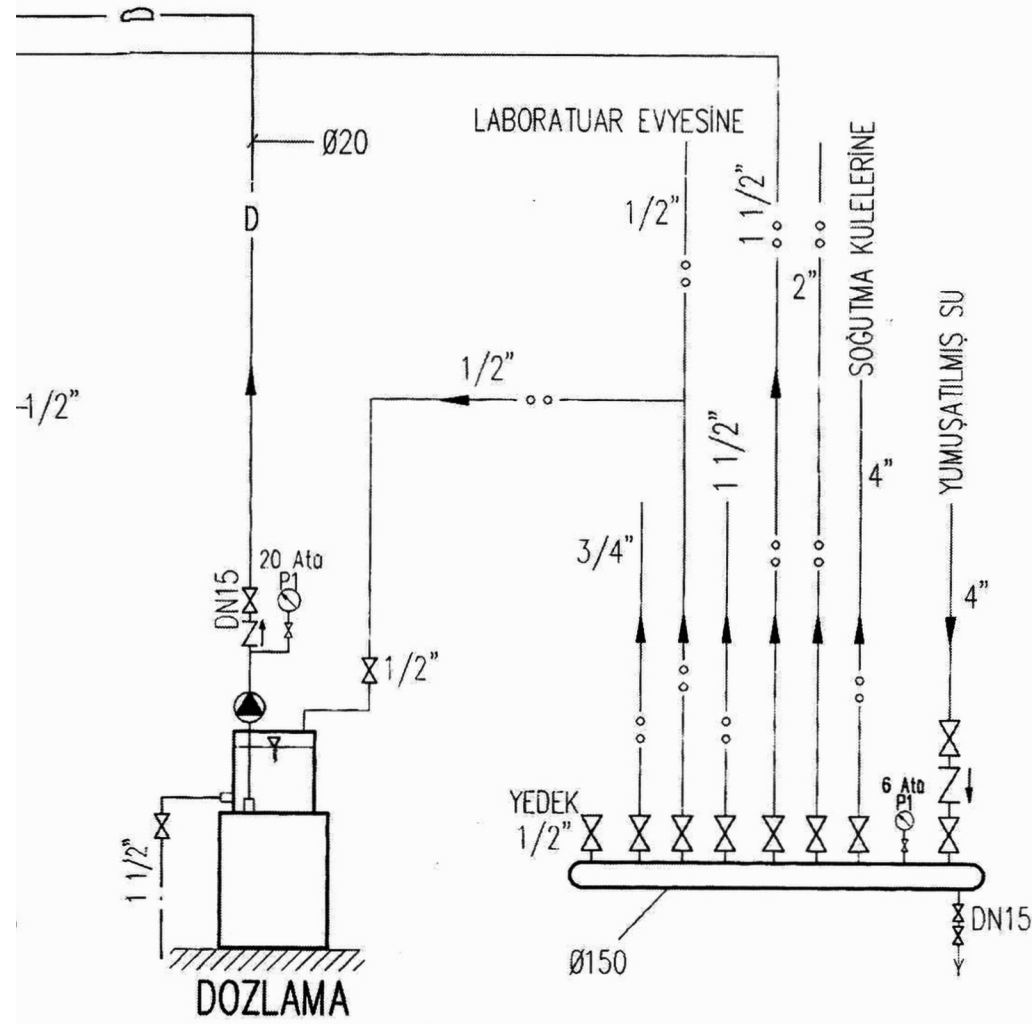


- 1- Projedeki ISISAN REFLEX membranlı hava yastıklı genişleme depolu sistem, ısıtma mevsiminde sürekli kullanılan tesisatlar için uygundur.
- 2- Kesintili işletmelerde ise; ISISAN REFLEX pompalı tip genişleme depoları sistemi tercih edilmelidir.

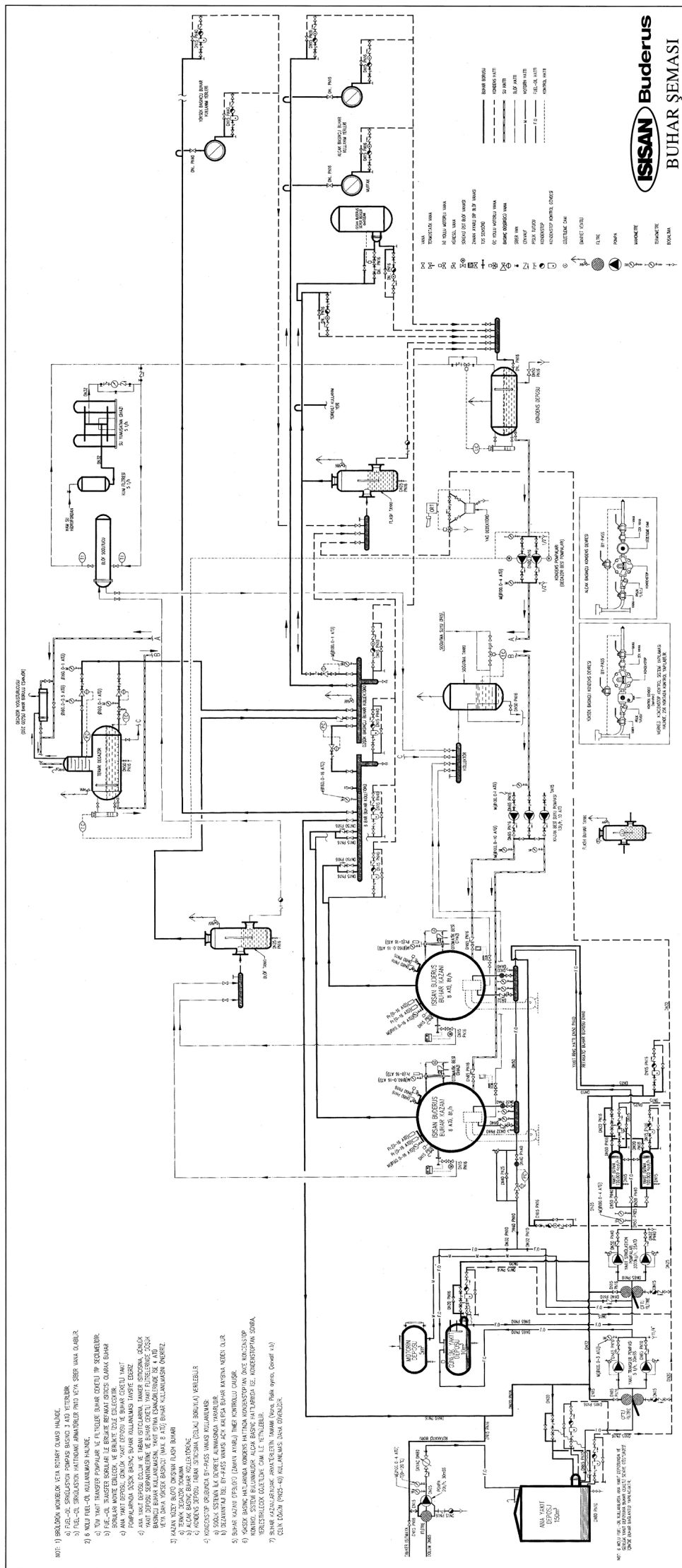


SEMBOLLER

-  VANA
-  İKİ YOLLU MOTORLU VANA
-  ÜÇ YOLLU MOTORLU VANA
-  ALT BLÖF VANASI
-  MANYETİK VENTİL
-  KAPAMA VANASI
-  PİSLİK TUTUCU
-  ÇEKVALF
-  EL KUMANDALI YAYLI EMNİYET VENTİLİ
-  YAYLI EMNİYET VENTİLİ
-  TERMOMETRE
-  MANOMETRE
-  BASINÇ KONTROLÜ
-  SICAKLIK KONTROLÜ
-  POMPA
-  SİSTEM AYIRICI
-  BOŞALTMA
-  KIZGIN SU GİDİŞ
-  KIZGIN SU DÖNÜŞ
-  YUMUŞAK SU
-  DOZLAMA SUYU
-  BLÖF HATTI



ISISAN Buderus
KAYNAR SU TESİSATI



6 months

NOT: 1) BRÜLÖRÜN MONOBLOK VEYA ROTARY OLMASI HALİNDE,

a) FUEL-OİL SİRKÜLASYON POMPASI BASINCI 3 ATÜ YETERLİDİR.

b) FUEL-OİL SİRKÜLASYON HATTINDAKİ ARMATÜRLER PN10 VEYA SİBER VANA OLABİLİR.

2) 6 NOLU FUEL-OİL KULLANILMASI HALİNDE,

a) TÜM YAKIT TRANSFER POMPALARI VE FİLTRELERİ BUHAR ÇEKETLİ TİP SEÇİLMELİDİR.

b) FUEL-OİL TRANSFER BORULARI İLE BİRLİKTE REFAKAT ISITICISI OLARAK BUHAR BORULARI MONTE EDİLECEK, VE BİRLİKTE İZOLE EDİLECEKTİR.

c) ANA YAKIT DEPOSU, GÜNLÜK YAKIT DEPOSU VE BUHAR ÇEKETLİ YAKIT POMPALARINDA DÜŞÜK BASINÇ BUHAR KULLANILMASI TAVSİYE EDERİZ.

d) ANA YAKIT DEPOSU DOLUM VE TABAN ISITICILARINA, TANKER ISITICISINA, GÜNLÜK YAKIT DEPOSU SERPANTİNERİNE VE BUHAR ÇEKETLİ YAKIT FİLTRELERİNDE DÜŞÜK BASINÇLI BUHAR KULLANILMASINI, YAKIT ISITMA EŞANJÖRLERİNDE İSE 4 ATÜ VEYA DAHA YÜKSEK BASINÇLI (MAX. 8 ATÜ) BUHAR KULLANILMASINI ÖNERİRİZ.

3) KAZAN YÜZEY BLÖFÜ ÇIKIŞININ FLASH BUHARI

a) TERMİK DEGAZÖR DOMUNA

b) ALÇAK BASINÇ BUHAR KOLLEKTÖRÜNE

c) KONDENS DEPOSU TABAN ISITICISINA (DELİKLİ BORUYLA) VERİLEBİLİR

4) KONDENSTOP GRUBUNDA BY-PASS VANASI KULLANILMASI:

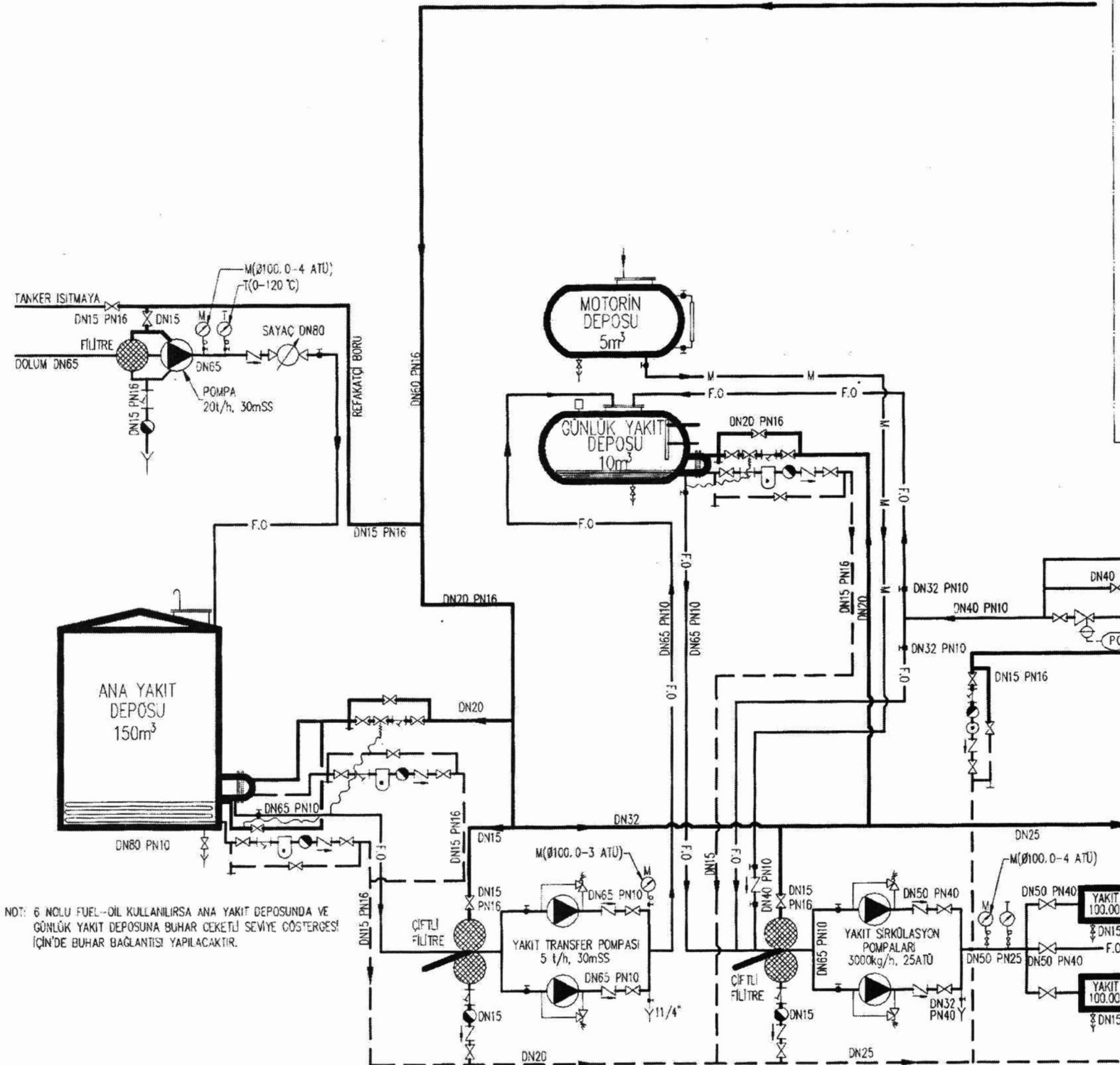
a) SOĞUK SİSTEMİN İLK DEVREYE ALINMASINDA YARARLIDIR.

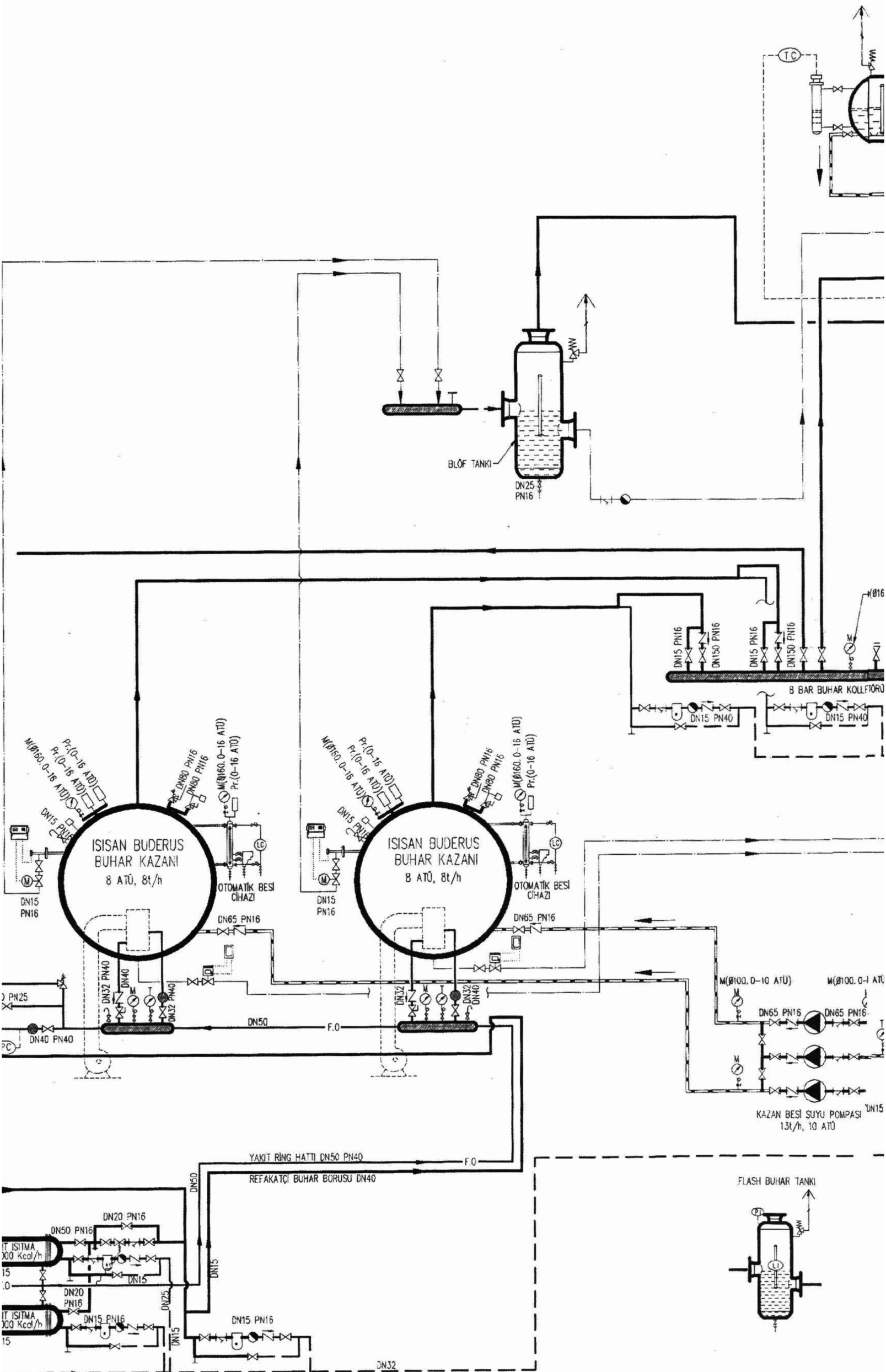
b) DEZAVANTAJI İSE; BY-PASS VANASI AÇIK KALIRSA BUHAR KAYBINA NEDEN OLUR.

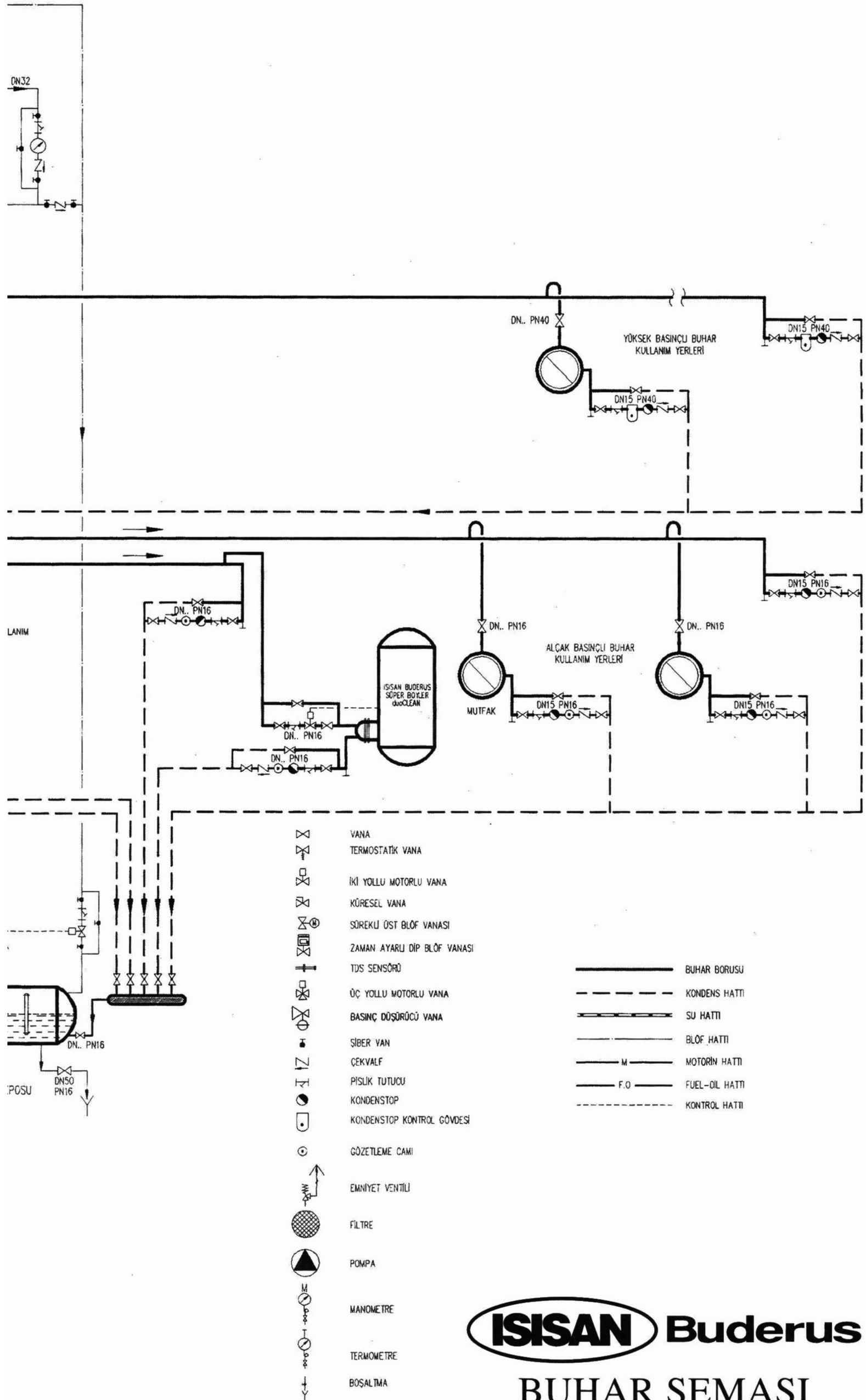
5) BUHAR KAZANI DİPBLÖFÜ (ZAMAN AYARLI) TIMER KONTROLLU ÇALIŞIR.

6) YÜKSEK BASINÇ HATLARINDA KONDENS HATTINDA KONDENSTOPTAN ÖNCE KONDENSTOP KONTROL SİSTEMİ BULUNMALIDIR. ALÇAK BASINÇ HATLARINDA İSE, KONDENSTOPTAN SONRA, YERLEŞTİRİLECEK GÖZETLEME CAMI İLE YETİNİLEBİLİR.

7) BUHAR KAZANLARINDAKİ ARMATÜRLERİN TAMAMI (Vana, Pislik ayırıcı, Çekvalf v.b) ÇELİK DÖKÜM (PN25-40) KULLANILMASI DAHA GÜVENLİDİR.



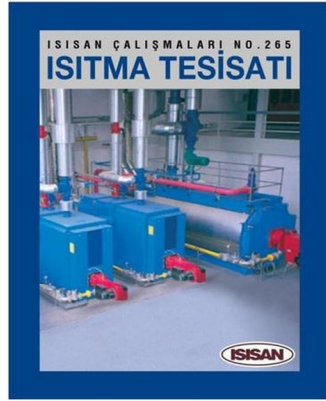




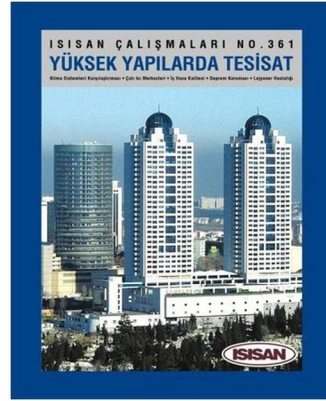
ISISAN KİTAPLARI



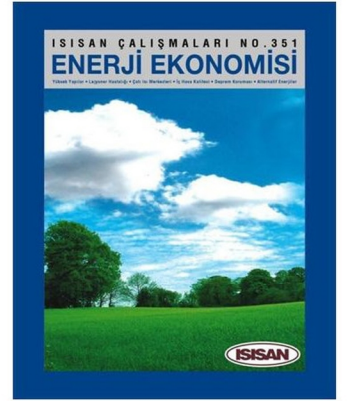
3. baskı



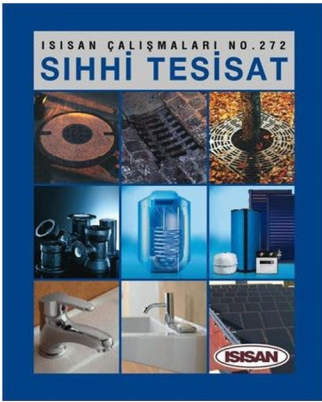
5. baskı



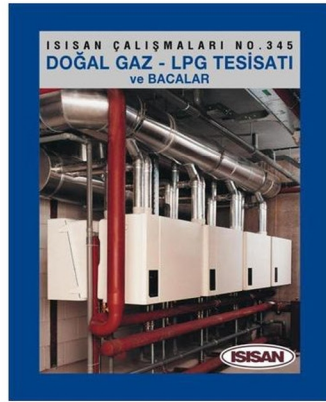
2. baskı



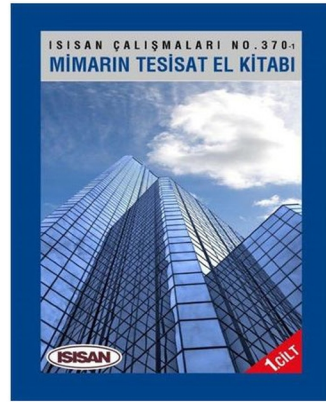
2. baskı



2. baskı



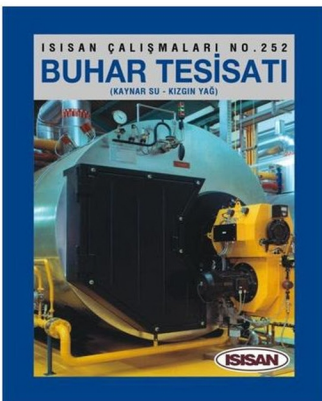
5. baskı



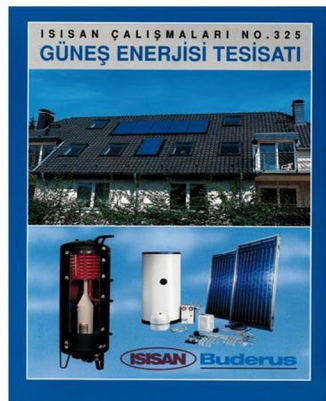
2. baskı



2. baskı



2. baskı



2. baskı



Bilgi paylaştıkça çoğalır!

Isısan, pratik notlar içeren teknik kitaplarıyla ısıtma, soğutma ve havalandırma sektörüne hizmet ediyor.



Isısan kuruluşundan bu yana ısıtma, soğutma ve havalandırma sektörünün gelişmesine katkıda bulunmak amacıyla çeşitli eğitim faaliyetleri düzenliyor. Eğitici ve öğretici kitaplar yayınlamak ve sektörün temsilcilerini bir araya getirerek çeşitli seminerler düzenlemek bu alanda gerçekleştirdiği çalışmalar arasında yer alıyor. Isısan, tüm bu çalışmalar 2007 yılında Isısan Akademi çatısı altında buluşturarak, bu alandaki önemli bir boşluğu dolduruyor.

Isısan Akademi, İstanbul ile sınırlı olmayıp tüm Isısan bölge müdürlüklerinde eğitim faaliyetlerine devam ediyor.