



TTMD

TÜRK TESİSAT MÜHENDİSLERİ DERNEĞİ DERGİSİ

Temel Bilgiler, Tasarım ve Uygulama Eki

Sayı : 4

TTMD

Adına Sahibi

Bekir Erdiç Boz

Yazı İşleri Müdürü

Abdullah Bilgin

Genel Yayın Yönetmeni

Prof. Dr. T. Hikmet Karakoç

Yayın Kurulu

Gürkan Arı

Abdullah Bilgin

Aytekin Çakır

Dr. İbrahim Çakmanus

Erbay Çerçioğlu

Mustafa Nuri Çetin

Ali Rıza Dağlıoğlu

Orhan Gürson

Halim İman

Prof. Dr. T. Hikmet Karakoç

Selami Orhan

Fevzi Özel

E. Aybars Özer

Seden Çakıroğlu Özteker

Tayfun Sümbül

Dergi Yayın Sorumlusu

Gülten Acar

İletişim

Tunus Cad. Güfte Sok. Filiz Apt.

No :8/7 06680 Kavaklıdere-Ankara

Tel: 0.312. 419 45 71 - 419 45 72

Faks: 0.312. 419 58 51

web: <http://www.ttmd.org.tr>

e-mail: ttmd@ttmd.org.tr

TTMD Yönetim Kurulu

Bekir Erdiç Boz (Başkan)

Abdullah Bilgin (Başkan Yrd.)

Halim İman (Başkan Yrd.)

Hüseyin Erdem (Başkan Yrd.)

İbrahim Çakmanus (Genel Sekreter)

C. Selçuk Bayer (Muhasip Üye)

İbrahim Akdemir (Üye)

Hırant Kalataş (Üye)

Prof. Dr. Abdurrahman Kılıç (Üye)

İ. Zeki Aksu (Üye)

Gökhan Özbek (Üye)

Cafer Ünlü (Üye)

Sarven Çilingiroğlu (Üye)

TTMD Dernek Müdürü

Cem Sırrı Ataç

27. Sayının Ekidir

Buhar ve Buhar Tesisatı

Cafer Ünlü,

Mak. Yük. Müh. / TTMD Üyesi

Buhar, bir kazan içerisindeki suya ısı enerjisi verilerek üretilir. Isı enerjisi verdiğimiz zaman su önce kaynamaya başlar, ilave verdiğimiz enerji suyu buhara dönüştürür.

Eğer, buharlaştırılması için verilen ısıyı bırakmasına izin verilirse, buhar yoğunlaşır ve aynı sıcaklıkta kondense (suya) dönüşür.

Sanayi devriminden beri kullanılan buhar, iyi bir enerji taşıyıcısı olup, bugün birçok alanda kullanılmaktadır. En yaygın kullanıldığı yerler olarak; endüstriyel tesisler, ısıtma sistemleri ve elektrik üretimini söyleyebiliriz. Buharın özellikleri ek-1'deki tablo ve ek-2'deki diyagram kullanılarak belirlenebilmektedir.

Endüstriyel Tesisler

Buhar ile yüksek sıcaklıklara ulaşmak mümkündür. Ayrıca, hassas sıcaklık kontrolleri sağlanabilmektedir. Bu nedenle endüstriyel tesislerde yoğun olarak kullanılmaktadır. Buhar kullanan sektörlerin başlıcaları; petro-kimya, tekstil, lastik, kağıt olarak sıranabilir. Bunun yanında, saf ve hijyenik olması özelliğinden dolayı ilaç ve gıda üretiminde buhar, alternatifsiz olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, otel ve hastanelerin mutfak ve çamaşırhanelerinde de buhar kullanılmaktadır.

Isıtma Sistemleri

Bölgesel ısıtma sistemlerinde buhar kullanılmaktadır. Merkezi bir kazan dairesinde üretilen buhar, binalardaki eşanjörlerden geçirilerek ısıtma sağlanmaktadır.

Elektrik Üretimi

Yüksek basınç ve yüksek sıcaklıkta üretilen kızgın buhar, buhar türbinlerinde elektrik enerjisine dönüştürülerek, elektrik üretiminde kullanılmaktadır.

Alçak Basınçlı Buhar

1 bar'a kadar olan basınçlar, alçak basınç olarak kabul edilmektedir ve ısıtma sistemlerinde kullanılmaktadır.

Orta Basınçlı Buhar

Tanım olarak 1 bar'dan büyük basınçlara yüksek basınç denilmektedir. Ancak pratikte, 1 bar'dan büyük 14 bar'dan küçük buhar da orta basınçlı buhar olarak adlandırılmaktadır. Armatürleri PN16 sınıfıdır.

Yüksek Basınçlı Buhar

14 bar ve daha yukarı basınçlar, yüksek basınç olarak kabul edilmektedir. Armatürleri min. PN25, PN40 veya daha üst basınç sınıflarıdır.

Neden Buhar Kullanılır?

Isı Kayıpları Azdır

Buhar ideal bir ısı taşıyıcısıdır. Küçük çaplı borular ile iletilmesi nedeniyle, ısı kayıpları diğer sistemlerden daha azdır.

Geri Kazanım İle Enerji Tasarrufu

Gelişmiş ısı geri kazanma sistemleri ile, kazan blöf suyu ve flaş buhar dışarı atılmaz, kazan besleme tankına verilerek, kazan besi suyunun sıcaklığı yükseltilir. Böylece sistemin verimliliği en yüksek değere çıkar. Ayrıca, geri kazanılan flaş buhar, düşük basınç ve düşük sıcaklıktaki ısıtma ihtiyacı için kullanılır.

TEBA ISITMA SOĞUTMA KLİMA TEKNOLOJİLERİ SAN. ve TİC. A.Ş.'NİN
KATKILARIYLA HAZIRLANMIŞTIR

Yatırım Giderleri Azdır

Buhar, aynı ısı kapasitesi için, sıcak su ve ısı transfer yağı sistemlerinden daha küçük boru çapları gerektirir. Bunun sonucunda daha az yatırım, ucuz montaj gideri ve daha az yalıtım malzemesi kullanılır.

Sıcak su ve ısı transfer yağı sistemlerinde kullanılan sirkülasyon pompalarına buhar sistemlerinde gerek yoktur.

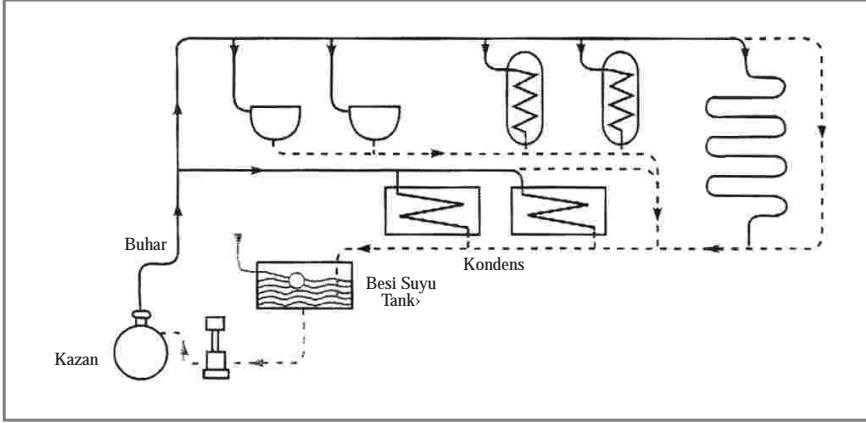
Buhar Tesisatları (Buhar Devresi)

Şekil 1'de görüldüğü üzere kazanda üretilen buhar, ısı enerjisinin kullanılacağı yerlere borular yardımı ile iletilir. Kazanı buhar kullanılan yerlere doğrudan bağlayan bir veya birden fazla "Ana Buhar" devreleri görürüz. Nispeten küçük yarı kollarla da buhar münferit cihazlara iletilir.

Kazan çıkış vanası (çok yavaş bir şekilde), açıldığı zaman buhar aniden ana buhar devresine dolar. Boru başlangıçta soğuktur ve bundan dolayı buhar ısı bırakır. Boru etrafındaki hava, buhardan daha soğuktur ve radyasyon ile ısınmaya başlar. Atmosfere olan ısı kaybından dolayı da buhar yoğunlaşır.

Ana buhar devresindeki kayıplar, buharın bir miktar yoğunlaşması ile karşılanır. Yoğuşan buhar su halinde borunun en üst kısmından en alt noktasına buhar akış yönünde taşınır.

Buhar kullanılan bir cihazın girişindeki vananın açılması ile buhar, dağıtım borusundan cihazın içine girer ve kendisinden daha soğuk yüzeye temas geçer. Böylece buhar buharlaşma ısısını vererek, serpantinle ısıtma tankında olduğu gibi yoğunlaşır.



Şekil 1. Buhar devresi prensip şeması

Böylece, kazandan devamlı bir buhar akışı başlamış olur. Bu durum devam ettiği sürece de buhar üretiminin devamı gereklidir. Bunun için de kazanı yakıtla beslemek ve kazandan çekilen buharı tekrar üretmek için ilave su pompalamak şarttır.

Doymuş suyun özgül entalpisini olan 4,186 kJ/kg'ın sıcaklığı 1°C yükselttiğini biliyoruz. Kazana ilave olarak soğuk su yerine ısıtılmış su verirken suyu kaynama noktasına getirmek için verilmesi gereken entalpi miktarı azalacaktır. Bunun neticesinde de buhar üretiminde gerekli olan yakıt miktarı önemli ölçüde azalacaktır. Ana buhar ve dağıtım borularında oluşan kondens, kazan besleme suyu olarak kullanılmaya hazırdır. Bu kondens suyunun buhar alanlarından alınması ve ziyan edilmemesi gerekir.

Buhar Hatlarında Çap Tayini

Verilen bir buhar basıncından, istenen buhar miktarının iletilebilmesi için uygun bir çap tayin edilmelidir. Gerekenden daha düşük bir çap alındığında yüksek basınç kayıpları, yüksek buhar hızları, gürültü ve aşınma görülür. Gerekenden daha büyük bir çap alındığında tesis maliyeti yükselir ve ısı kayıpları fazla olduğundan tesisatın verimi düşer.

Buhar hatlarındaki çap tayini, basınç kayıplarının kabul edilebilecek değerlerde kalması veya buhar hızlarının çok yüksek değerlere ulaşmaması esaslarına göre yapılır. Kısa ana buhar hatları ve dağıtım hatlarının çapları buhar hızları esas alınarak tayin edilir. Ancak uzun buhar hatlarında basınç kayıpları dikkate alınarak buhar dağıtım noktalarının gerekli buhar basıncına ulaşması kontrol edilmelidir.

Hıza Göre Çap Tayini

Büyük çaptaki borularla ve yüksek basınçta iletilen doymuş buhar için kabul edilen azami buhar hızı genellikle 40 m/sn alınır. Bu değer orta çaplar için 25 m/sn, daha küçük çaplar için ise 15 m/sn alınır. 40 m/sn yüksek buhar hızları, enerji santrallerinde ve bazı proses devrelerindeki büyük buhar çaplarında, 60 m/sn ve daha yüksek buhar hızları ise kızgın buhar hatlarında görülür. Çap tayini Tablo 1 yardımı ile yapılabilir.

Ana Buhar Hattı Dizayını:

Ana buhar hattına kondensin akmasına uygun olacak bir şekilde eğim verilmelidir. Eğim 1/70 oranında yapılır.

Kazandan sonra bir yükselme söz konusu ise, yükselen kısımda çap büyütülerek hız güçlendirilir ve kondensin aşağı doğru akması sağlanır.

Ana Buhar Hatlarında Boşaltma Düzeni:

Kondens toplama (cep) çapı DN100 boruya kadar ana çapı ile aynı, daha büyük çaplarda iki çap daha küçük seçilir (ancak 100 milimetreden küçük seçilemez). Ana buhar hatlarında her 30-50 metrede bir cep yapılır ve kondens toplama bu ceplere bağlanır. Bu sisteme ait bir prensip şeması Şekil 2'de gösterilmiştir.

Kondens Tahliyesi

Isı kayıplarından dolayı yoğunlaşan buhar su haline gelir, buna kondens diyoruz. Kondensin gerek ana dağıtım, gerekse buhar hatlarından tahliyesi kondens toplama yapılmaktadır. Değişik kondens toplama şeritleri Şekil 5'te gösterilmiştir. Tesisin verimli ve emniyetli çalışabilmesi için kondensin mümkün olduğu kadar çabuk bir şekilde alınması gerekmektedir. Tesisatın içerisinde kalan, boşaltılmayan kondens, buhar tarafından yüksek hız ve gürültüyle sürüklenerek dirsek ve vanalara çarpar. Bu olaya koç darbesi adı verilir.

Kondens, ısı eşanjörlerinde bir film tabakası meydana getirerek ısı iletimini düşürür. Yetersiz kondens tahliyesi contalardan kaçaklara ve özellikle kontrol vana oturma yüzeylerinin aşınmasına neden olur.

Kondenstoplar

Kondenstoplar, buhar sistemlerinin en önemli elemanlarından birisidir. Kondenstoplar; hava, gaz ve kondens (suyu) otomatik olarak tahliye eden fakat buharı tutan cihazlardır.

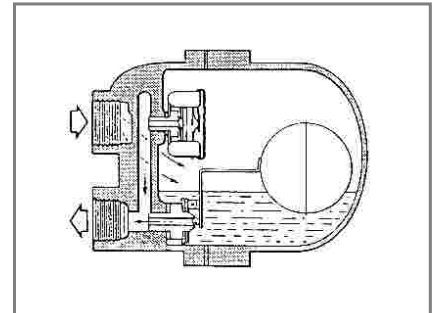
Buhar kullanılan cihazlardan sonra veya buhar hatlarının drenaj noktalarında kullanılırlar. Kondenstoplar üç temel çalışma prensibine göre üretilirler.

1-Mekanik Prensipte Çalışan

Kondenstoplar:

Buhar ile kondens arasındaki yoğunluk farkını algılar ve kondens buhar sıcaklığında tahliye ederler.

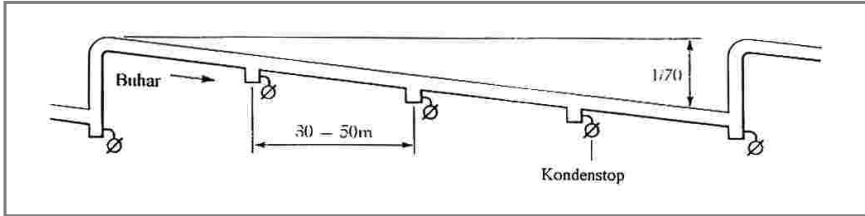
- Ters kovalı kondensstoplar
- Şamandıralı kondensstoplar



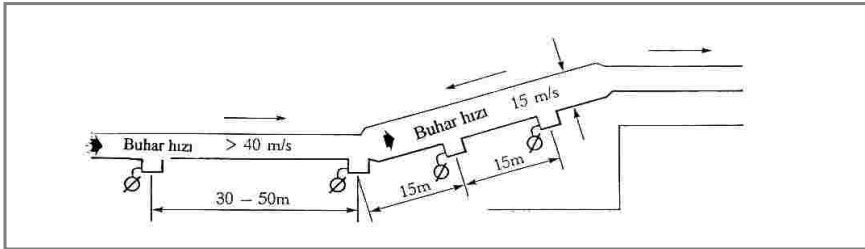
Şekil 5a. Şamandıralı kondensstop

Boru Çaplarına Göre Buhar Kapasitesi (Kg/h)

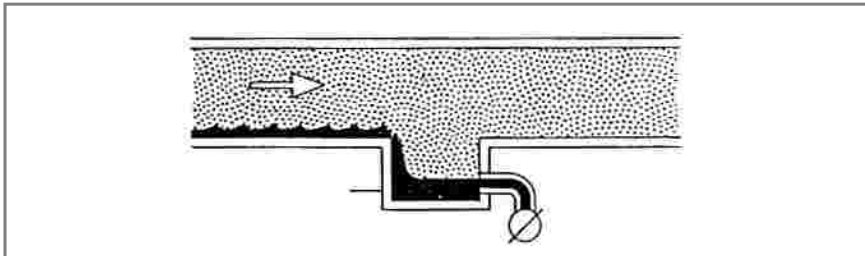
Basınç bar	Hız m/s	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300
0.4	15	7	14	24	37	52	99	145	213	394	648	917	1606	2590	3678
	25	10	25	40	62	92	162	265	384	675	972	1457	2806	4101	5936
	40	17	35	64	102	142	265	403	576	1037	1670	2303	4318	6909	9500
0.7	15	7	16	25	40	59	109	166	250	431	680	1006	1708	2791	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	7578	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	13760	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	3825	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	34139	47128
	40	126	305	555	825	1210	2195	3425	4735	8510	13050	18630	35548	54883	76534



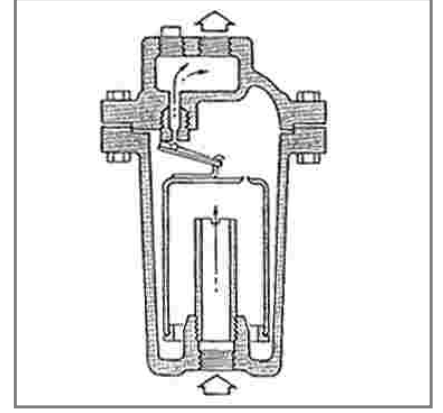
Şekil 2. Boru eğimi ve kondensstop yerleşimi



Şekil 3. Yukarı eğimli boruların tasarımı



Şekil 4. Buhar battından kondensstopa su akışı

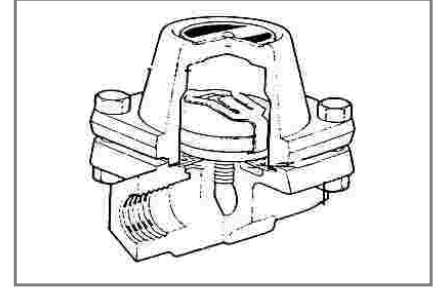


Şekil 5b. Ters kovalı kondensstop

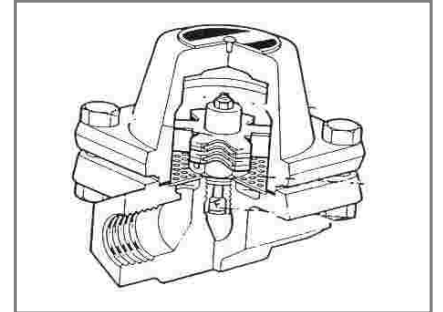
2- Termostatik Prensiple Çalışan Kondensstoplar:

Buhar ile kondens arasındaki sıcaklık farklarını algılayarak kondensi buhar sıcaklığının altında tahliye eder.

- Denge basınçlı termostatik kondensstop
- Bimetalik kondensstop



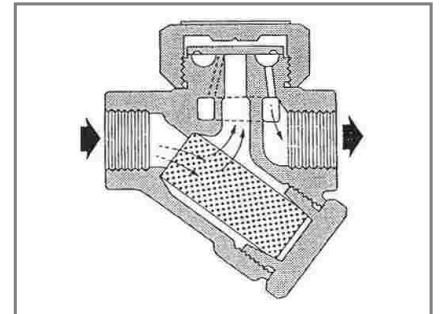
Şekil 5c. Basınç Dengeli Termostatik Kondensstop



Şekil 5d. Bimetalik Kondensstop

3-Termodinamik Prensiple Çalışan Kondensstop

Kondens ile flaş buhar arasındaki dinamik farkları algılar ve kondensi buhar sıcaklığına yakın bir sıcaklıkta tahliye eder.



Şekil 5e. Termodinamik kondensstop

Kondens Miktarı Hesapları

Buhar kullanan bazı ünitelere ait kondens miktarı hesaplama örnekleri aşağıdadır.

Ana Buhar Hatları

Isınma sürecinde kondens miktarı en yüksek değere ulaşır. Bu değer kondens stop çapını tayin eder. Rejim halinde yoğunlaşma, radyasyon sonucunda oluşur. Ana buhar hatlarında kondens miktarı, başlangıçtaki ısınma kayıpları ile rejim halindeki radyasyon kayıplarının toplamıdır.

1- Isınma kayıplarının kondens miktarı

$$Q = \frac{W \times (T-t) \times S_p \times 60}{L \times m}$$

Q = Kondens miktarıkg/h

t = Ortam sıcaklığı°C

W = Flanş, vana ve boruların

toplam ağırlığıkg

S_p = Çelik özgül ısısı0,49 kJ/kg°C

L = Buharlaşma entalpisikJ/kg

T = Buhar sıcaklığı°C

m = Isınma süresidakika

Örnek: 150 mm çapında 90 m uzunluğunda ve 15 adet flanş çifti ve bir buhar vanası ihtiva eden bir ana buhar hattının ısınması esnasında kondens miktarı nedir? Başlangıç ortam sıcaklığı 10°C, buhar basıncı 10 bar ve ısınma süresi 30 dakikadır.

W değeri Tablo 1'den bulunur.

150 mm çelik boru 24,5 kg/m

150 mm flanş 31,3 kg/çift

150 mm stop vana 159 kg/adet

W = (90 x 24,5) + 159 + (15 x 31,30) = 2833,5

T = (T-t) = (184°C - 10°C) = 174°C

S_p = 0,49 kJ/kg°C

L = 2000 kJ/kg

m = 30 dakika

$$Q = \frac{2833,5 \times 174 \times 0,49 \times 60}{2000 \times 30}$$

Q = 241,6 kg/h

Hesaplanan kondens miktarı, emniyet katsayısı ile çarpılarak kondens stop kapasitesi tayin edilir. Ana buhar hatları için emniyet katsayısı: 3'tür.

Rejim halindeki radyasyon kayıplarının kondens hesabı:

İzole edilmiş bir buhar hattındaki ısı kaybı:

$$Q = \frac{E \times I \times 3,6}{L \times 4}$$

Q = Kondens miktarı kg/h

E = Tablo 2'deki ısı emiş miktarı W/m

I = Efektif boru uzunluğu (m)

L = Buharlaşma entalpisi kJ/kg

Örnek: 90 m uzunluğunda ve 150 mm çapındaki buhar hattı, 15 adet DN150 mm flanş,

150 mm çapında bir buhar vanası.

Buhar gösterge basıncı: 10 bar

Başlama sıcaklığı: 10°C

E = 1580 W/m (Tablo 2'den 174°C sıcaklık farkına göre)

I = 90 + (15x0,3) + (1 x 1,2) = 95,7 m

Boru çapı	Boru Ağırlığı		Bir flanş çiftinin saplama ve somunlar ile birlikte ağırlığı		Flanşlı vana ağırlığı		
	kg/m	lb/ft	kg	lb	kg	lb	
15 mm	½"	1.5	1.0	2.84	6.25	4.08	9.0
20 mm	¾"	2.2	1.5	2.95	6.50	6.80	15.0
25 mm	1"	3.0	2.0	3.06	6.75	9.53	21.0
32 mm	1¼"	4.5	3.0	4.54	10.00	12.20	27.0
40 mm	1½"	5.2	3.5	4.99	11.00	18.10	40.0
50 mm	2"	6.7	4.5	7.03	15.50	27.20	60.0
65 mm	2½"	8.9	6.0	9.30	20.50	40.90	90.0
80 mm	3"	11.2	7.5	12.00	26.50	54.40	120.0
100 mm	4"	14.9	10.0	16.10	35.50	90.70	200.0
150 mm	6"	24.5	16.5	31.30	69.00	159.00	350.0

Bir vana aynı çaptaki 1,2 m boru uzunluğuna, bir flanş çiftide aynı çaptaki 0,3 m boru uzunluğuna eşit kabul edilir.

10 bar basıncındaki buhar sıcaklığı 184°C olup, buharlaşma entalpisi = 2000 kJ/kg

Kondens miktarı;

$$Q_2 = \frac{1580 \times 95,7 \times 3,6}{2000 \times 4}$$

Q₂ = 68 kg/h

Tablo3. Kondens stop Seçim Tablosu

A: En iyi seçim

B: Kabul edilebilir alternatif

	Şamandıralı (Hava Tahliyesi)	Ters Kovalı	Termodinamik	Denge Basıncılı Termostatik	Bimetalik
ANA BUHAR HATLARI					
— Yatay Hatlar	B	B	A	B	
— Separatör	A	B	B	B	
— Hat Sonları	B	B	A	B	
— Hat Boşaltma				B	
— Kollektör	B	B	A		
HACİM ISITMA CİHAZLARI					
— Isı Eşanjörleri	A	B			
— Isıtma Bataryaları	A	B			
— Panel ve levha ısıtıcıları	A	B	B		
— Radyatör ve Konvektörler	B				B
— Tavan Isıtma Serpantinleri	B	B		A	
MUTFAK CİHAZLARI					
— Pişirme Kazanları (Sabit)	A		B	B	
— Pişirme Kazanları (Devirmeli)	A			B	
— Pişirme Kazanları (Ayaklı)	B			A	
— Buhar Fırını				A	
— Sıcak Tablalar	B			A	
HASTANE CİHAZLARI					
— Otoklav ve Sterilizatörler	B	B		A	
PROSES CİHAZLARI					
— Sabit Kazanlar	A		B	B	
— Devirmeli Kazanlar	A				
— Bira Kazanları	A	B			
— Öğütücüler	A	B	B		
— Buharlaştırıcılar	A	B			
— Sıcak Tablalar			B	A	
— Damıtma Cihazları	A	B			
— Depolama Tankları	A	B			
— Vulkanizasyon Cihazları	B	A			
SANAYİ KURUTUCULARI					
— Kurutma Serpantinleri (Devamlı)	A	B		B	B
— Kurutma Serpantinleri (İzgaralı)		B		B	A
— Kurutma Silindriği	A	B			
— Çok odalı kurutma serpantinleri	A	B		B	
— Çok silindirik kurutucular	A	B			
ÇAMAŞIRHANE CİHAZLARI					
— Konteksiyon Presleri	B	B	A		
— Ütü ve Kalenderler	A	B	B		
— Solvent toplama ünitesi	A	B	B	B	
— Tamburlu kurutucular	A	B			
TANK VE DEPOLAR					
— Proses Tankları (Üstten çıkışlı)	B	B	A	B	
— Proses Tankları (Alttan çıkışlı)	A	B	B	B	
— Kısa Serpantinli Isıtma Tankı (Hızlı)	A	B		B	
PRESLER					
— Çok Tablalı Presler-Paralel	B	B	A		
— Çak Tablalı Presler-Seri		B	A		
— Lasik Presleri	B	A	B		
YAKIT ISITMA					
— Ana Yakıt Tankı Isıtıcıları		A	B		
— Hat Isıtıcıları	A	B			
— Duş Hat Isıtıcıları ve Buhar Çekmeli Borular			B	A	B

Toplam kondens miktarı; $Q = Q1+Q2 = 241,6 + 68$
 $Q = 309,6 \text{ kg/h}$

Toplam kondens miktarından yola çıkılarak, ısınma anında ve rejim esnasında oluşacak ısı kaybı hesaplanabilir.

Buhar-hava sıcaklık farkı °C	Boru çapları (mm)									
	15 mm	20 mm	25 mm	32 mm	40 mm	50 mm	65 mm	80 mm	100 mm	150 mm
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

Tablo - 4. Düz Çelik Boruların Isı Emiş Miktarı (W/m)

Hava Isıtma Boruları

Tablo 2, hareketsiz hava ve ortam sıcaklığında yatay boruların ısı emiş miktarını (W/m) göstermektedir.

$$Q = \frac{E \times I \times 3,6}{L \times 4}$$

Q = Kondens miktarıkg/h
E = Tablo 2'den ısı emiş miktarıW/m
I = Efektif boru uzunluğum
L = Buharlaşma entalpisikJ/kg

Yatay şekilde ve arasından hava üflemeden ısıtma yapılan sistemlerdir. Birden fazla boru gurubunun ısı emiş değerinin hesap edilmesinde Tablo 2'deki değerler, Tablo 3'deki verim katsayıları ile çarpılır.

Düsey şekildeki boruların verimi de yataylardan daha düşüktür. Bu durumda ısı emiş miktarının hesap edilmesi için Tablo 2'deki değerler Tablo 4'deki verim katsayısı ile çarpılır.

Sistemde, borular arasında hava üfleyen bir fan mevcut ise ısı emiş miktarı artar. Bu durumda eğer üflenen havanın hızı biliniyor ise Tablo 2'deki değerler Tablo 5'deki katsayı ile çarpılır.

Hesap edilen buhar yükü kontrol vanasının çap tayininde de kullanılır. Eğer kısa ısınma süresi isteniyorsa buhar yükü 1,2 katsayısı ile çarpılır.

Tesisatı işletmeye alma esnasında olduğu gibi, kondensstop girişi basıncının düşmesi anında kondensstopun kapasitesi de düşer. Bu nedenle kondensstopun kapasitesinin iki misli alınarak değerlendirilir.

Boru Grup Adedi	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Verim Katsayısı	1.0	0.96	0.91	0.86	0.82	0.78	0.74	0.70	0.67	0.63

Tablo - 5. Isıtma Gruplarındaki Yaklaşık Verim Düşümü

Boru Çapı	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	6"
Verim Katsayısı	0.76	0.8	0.82	0.84	0.86	0.88	0.91	0.93	0.95	1.0

Tablo - 6. Düsey Borulardaki Yaklaşık Verim Düşümü

m/dak.	Hava Hızı		Isı Emiş Faktörü
	km/h	Isı	
Durgun Hava			1.0
91.4	5.5		1.4
182.9	11.0		2.2
365.8	21.9		3.2
548.6	32.8		4.0
914.4	54.7		5.2

Tablo - 7. Hava Hareketinin Boruların Isı Emişine Yaklaşık Tesiri

Hava Isıtma Cihazları

Üreticilerin bir kısmı cihazların çıkış değerlerini W, Btu/h veya Kcal olarak vermektedirler. Bu değerden hareket ederek kondens miktarı, cihazın ısıl değerinin işletme basıncındaki buharlaşma entalpisine bölünmesi ile hesap edilir.

44000 W değerindeki ısıtma ünitesinin 3,5 bar çalışma basıncındaki buharla çalışması durumunda meydana gelecek kondens:

$$\frac{44000 \times 3,6}{4,7 \text{ kg/h}} = 74,7 \text{ kg/h}$$

Not: Kondens miktarının kg/sn yerine kg/h olarak belirtilmesi için 3,6 katsayısı kullanılmıştır.

Eğer üretici cihazın ısıl değerini vermemiş ise, ısıtıcı tarafından ısıtılacak havanın sıcaklığının buhar ile yükselceği düşünülerek, kondens miktarı aşağıdaki formülle hesap edilir.

$$Q = \frac{V \times 60 \times t \times Sp}{L}$$

Q = Kondens miktarıkg/h
V = Isıtılacak hava hacmim³/dakika
t = Yükselen sıcaklık°C
Sp = Havanın özgül ısısı1,34 kJ/m³°C
L = Buharlaşma entalpisikJ/kg

Örnek: 110 m³/dakika kapasiteli bir ısıtma cihazı sıcaklığını 18°C'den 82°C'a kadar, 7 bar göstere basıncındaki buhar ile yükseltmektedir. Kondens miktarı nedir ?

$$Q = \frac{V \times 60 \times t \times Sp}{L}$$

$$Q = \frac{110 \times 60 \times 64 \times 1,34}{2048} = 276 \text{ kg/h}$$

Isı Eşanjörleri

Kondens miktarı hava ısıtma cihazlarında olduğu gibi hesap edilebilir. Eşanjörlerin kullanma yerlerinin çok çeşitli olması nedeni ile başlangıç ısı yükü bir emniyet katsayısı ile hesap edilir ve kapasiteleri dizayn kapasitesinden daha büyüktür.

$$Q = \frac{V \times 60 \times (T - t) \times Sp}{L}$$

Q = Kondens miktarıkg/h
V = Isıtılan suyun miktarı(lt/dakika)
T = Su çıkış sıcaklığı(°C)
t = Su giriş sıcaklığı(°C)
Sp = Suyun özgül ısısı4,18 kJ/kg°C
L = Buharlaşma entalpisikJ/kg

Örnek: 20°C sıcaklıktaki su, eşanjörde 90°C'a kadar ısıtılmaktadır. Buhar basıncı 8 bar, eşanjörde dolaşan su miktarı 50 lt/dakika olduğuna göre kondens miktarı:

$$Q = \frac{50 \times 60 \times 70 \times 4,18}{2030,9}$$

$$Q = 432,2 \text{ kg/h}$$

Herhangi bir andaki ısı yükü, kazan çıkış ve giriş sıcaklıkları ile pompalanan miktarın bilinmesi ile hesap edilebilir. Dikkat edilmesi gereken husus, pompa üzerinde belirtilen değerlerin pratikte gerçekleşen pompalama miktarına eşit olmasıdır.

Bir başka hesap yöntemi de binanın ısı yükünün bulunmasıdır. Toplam ısı yüküne etki eden, pencereler, duvar ve çatı gibi değişik faktörler dikkate alınır. Beher m³ hacim için 30 watt'lık bir ısı yükü, dış sıcaklığın -1°C olduğu kabul edilerek hesap edilir.

Isı yükünün hesap edilmesi için en doğru yöntem, ölçme yöntemidir. Ölçme, azami buhar sarfiyatının gerçekleşeceği şartlarda yapılmalıdır.

Örnek:

7°C dış sıcaklıkta, iç ısının 18°C'a getirildiği, yani ısının 11°C'a yükseltildiği zaman ölçülen buhar miktarı 227 kg/h'dir. -1°C dış sıcaklıkta iç sıcaklığı 18°C'a getirmek için gerekli buhar miktarı nedir? ($\Delta t = 19^\circ\text{C}$)

$$\frac{19 \times 227}{11} = 392 \text{ kg/h}$$

Hesaplanan kondens miktarı emniyet katsayısı ile çarpılarak kondens kapasitesi tayin edilir. Isı eşanjörü için emniyet katsayısı: 2'dir.

Sıcak Su Depolama Tankları

Sıcak su depolama tankları, içerisindeki suyun tamamını belli bir sıcaklığa, belli bir sürede yükselten tanklardır. Isıtma süresince yoğunlaşan buharın ortalama miktarı aşağıdaki formülle hesap edilir.

$$Q = \frac{W \times Sp \times t}{L \times h}$$

Q = Kondens miktarı kg/h
W = Isıtılan suyun ağırlığı kg
Sp = Suyun özgül ısısı 4,186 kJ/kg°C
t = Sıcaklık yükselmesi °C
L = Buharlaşma entalpisi kJ/kg
h = Isınma süresi Saat

Örnek:

2272 litrelik deponun suyu, 7 bar gösterge basıncındaki buhar ile sıcaklığı 10°C'dan 60°C'a 2 saatte çıkarılmaktadır. Kondens miktarı nedir?

Not: 1 litre su = 1 kg

$$Q = \frac{W \times Sp \times t}{L \times h} = \frac{2272 \times 4,186 \times 50}{2048 \times 2}$$

$$Q = 116 \text{ kg/h}$$

Hesap edilen buhar miktarı, kontrol vanasının ve kondensstopun çap tayininde kullanılır. Ancak başlangıçtaki yüksek basınç düşüşü nedeni ile kondensstop çap tayininde emniyet katsayısı 2 alınır.

Tanklardaki Buhar Serpantinleri

Sıvıların ısıtılmasında buhar serpantinlerinin kullanılması çok yaygındır.

Serpantinlerin ısı ihtiyacı aşağıda belirtilen temel ısı transfer formülünden ve kondens miktarı da ısı ihtiyacının kullanılan buharın buharlaşma entalpisine bölünmesi ile bulunur. Kondens miktarının kg/h olarak istenmesi durumunda elde edilen değer 3,6 ile çarpılır.

$$Q = U \times A \times (T_2 - T_1)$$

Q = Serpantinlere iletilen ısı miktarı W
U = Serpantin ısı iletim katsayısı W/m²°C
A = Serpantin yüzeyi m²
T₂ = Isıtma yüzeyinin ortalama sıcaklığı °C
T₁ = Isıtılan sıvının ortalama sıcaklığı °C

Formülün kullanılmasında karşılaşılan problem ısı iletim katsayısının tesbitidir. Bu katsayı sabit değildir ve şartlara göre değişmektedir. Nedeni dış tabaka ve ısıyı engelleyen filmlerdir. Serpantin ve sıvı sıcaklıkları arasındaki fark küçük olduğu zaman ısı konveksiyon yolu ile iletilir. Bu durumda ısı iletim katsayısı düşüktür.

Serpantin ve ısıtılacak sıvı sıcaklıkları arasındaki fark büyük olduğu zaman sıvı tarafındaki hızlı hareketten dolayı ısı iletim katsayısı yüksektir. Sıvının hareketi ısı iletim katsayısını yükseltir.

Başka bir faktör de serpantinün üretilmiş olduğu malzeme cinsidir. Farklı malzemelerden üretilmiş serpantinlerin ısı iletim katsayıları farklı değerlere sahiptir. Buna rağmen ısı iletimine etki eden en önemli faktör serpantinün her iki tarafında oluşan filmlerdir ve serpantinün üretilmiş olduğu malzemenin cinsi daha az etkilidir. Çelik, bakır ve pirinç serpantinler uygulamalarda görülmektedir. Kurşun kaplı boruların ısı iletim katsayısının bulunması için 0,4 katsayısı kullanılır.

Belirtilen sebeplerden dolayı sabit bir ısı iletim katsayısı verilmemektedir. Ancak tablolar seçilmesi gereken değerlerin aralığını vermektedir. Tablo 6, su içerisindeki serpantinlere ait ısı iletim miktarlarını vermektedir. Sudan başka sıvılar içerisindeki serpantinlerin ısı iletim değerleri, sıcaklıkla viskozitenin değişmesi nedeni ile de ayrıca değişmektedir. Tablo 7'de uygulamada sık rastlanan sıvılar için serpantin ısı iletim miktarları verilmektedir.

Sıvının sıcaklığı ısıtılarak yükseliyor ise, T₂ - T₁ teorik olarak logaritmik ortalama sıcaklık farkı olmalıdır. Ancak, ilk ortamın sabit sıcaklıkta olduğu buhar ile ısıtılan serpantinlerde, logaritmik sıcaklık fark ortalamasının alınması ile genellikle yeterli hassasiyet sağlanır.

Uzun serpantinlerde, serpantin boyunca önemli bir basınç kaybı meydana gelir. Bu durumda T₂ ortalama serpantin sıcaklığı için giriş basıncına karşılık gelen sıcaklığın % 75'i alınır. En kötü şartlarda ise ortalama sıcaklık, giriş sıcaklığının % 40'ı kadardır.

Toplam ısı iletim miktarı	W/m ² °C
Tank Serpantini, Buhar/Su	(Sıcaklık farkı 28°C) 68-1277
Tank Serpantini, Buhar/Su	(Sıcaklık farkı 58°C) 993 - 1703
Tank Serpantini, Buhar/Su	(Sıcaklık farkı 110°C) 1277 - 2697

Pratik Isı İletim Miktarı	W/m ² °C
Tank Serpantini, düşük basınç tabii sirkülasyon	568
Tank Serpantini, yüksek basınç tabii sirkülasyon	1136
Tank Serpantini, düşük basınç cebri sirkülasyon	1136
Tank Serpantini, yüksek basınç cebri sirkülasyon	1703

Tablo - 6 Suya Daldırılmış Serpantinlerin Isı Emiş Miktarları

	W/m ² °C
Hafif Yağlar	170
Ağır Yağlar	85 - 113
Yağlı Sıvılar*	28 - 57

Buhar serpantini, orta basınç, cebri konveksiyon	
Hafif Yağlar (200 sn. Redwood 38°C'de)	568 W/m ² °C
Orta Yağlar (1000 sn. Redwood 38°C'de)	341 W/m ² °C
Ağır Yağlar (3500 sn. Redwood 38°C'de)	170 W/m ² °C
Melaslar** (10000 sn. Redwood 38°C'de)	85 W/m ² °C
Yağlı Sıvılar (50000 sn. Redwood 38°C'de)	57 W/m ² °C

*Margarin ve Don Yağı gibi maddeler normal sıcaklıkta katı haldedirler. Ancak erimiş halde oldukça düşük viskozitelidirler.

** Ticari melaslar genellikle su ihtiva ederler ve viskoziteleri daha düşüktür.

Tablo - 7 Çeşitli Sıvılara Daldırılmış Serpantinlerin Isı Emiş Katsayıları Buhar Serpantini, Orta Basınç, Tabii Konveksiyon

Tanklar

Kapalı bir şekilde akaryakıt depolamak için veya başka maddeleri üstü açık olarak toplamak için kullanılabilir. Üstü açık tanklarda buharlaşma meydana geldiği için hesaplama daha zordur.

Isı ihtiyacı, aşağıda belirtilen noktaların bazılarının veya hepsinin toplamıdır;

1. Depo edilen sıvının sıcaklığını ortam sıcaklığından, işletme sıcaklığına getirmek için gerekli ısı miktarı,
2. Tank cidarlarında meydana gelen ısı kayıpları,
3. Sıvı yüzeyinden meydana gelen ısı kayıpları,
4. İşletme sırasında tankın içerisine konulan daha düşük sıcaklıktaki maddelerin almış oldukları ısı miktarı.

Sıcaklık Farkı °C	222	194	167	139	111	83	56	28
Takribi ısı kayıpları W/m ²	21.8	19.7	17.7	16	14.4	13	11.7	10.6

Tablo - 8 Düz Yüzeylerden Isı İletim Katsayıları,

Tablo 8'deki değerler dolu düşey yüzeylere uygulanır. Dolu yatay yüzeyler için yukarıdaki değerler 1,3 katsayısı ile çarpılır. Aşağı doğru ısı kayıpları olan dolu yatay yüzeyler için yukarıdaki değerler 0,65 ile çarpılır.

Dolu Düşey Yüzeylerden Isı Kayıpları W/m² (Durgun Hava)
Yüzey Sıcaklığı °C

Ortam Sıcaklığı °C	204	177	149	121	93	66	38
38	2952	2221	1603	1082	653	296	-
21	3740	2650	1956	1382	905	502	170
10	3833	2952	2221	1603	1082	653	296
- 2	4215	3281	2502	1845	1281	817	429
- 18	4230	3833	2952	2221	1603	1082	653

Tablo - 9 Düz Yüzeylerden Isı Kayıpları

Tablo 9'daki değerler yukarı doğru ısı kaybeden yüzeyler için, 1,3; aşağı doğru ısı kaybeden yüzeyler için 0,65 katsayısı ile çarpılacaktır. Durgun hava dışındaki şartlar için Tablo 5'deki değerler kullanılacaktır.

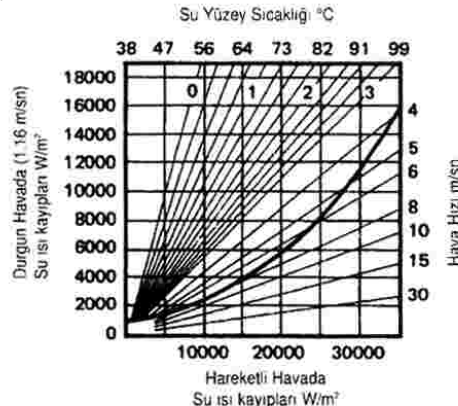
Değişik katı maddelerin yüzeylerinden meydana gelen ısı kayıpları, bir önceki daldırılmış serpantinlerin başında verilen temel ısı iletim formülü ile hesaplanır. Bu durumda Tablo 8'de verilen katsayılar kullanılır. Alternatif olarak da Tablo 9'da verilen farklı çalışma şartlarındaki ısı kayıp değerleri kullanılır.

Serbest sıvı yüzeylerinden meydana gelen ısı kayıpları çeşitli yollardan elde edilebilir. Tablo 10'dan direkt olarak okunabilir. Ancak düşük sıcaklıklar için Tablo 11'den detaylı olarak hesap edilmesi daha uygundur. Özellikle, su ile hava arasındaki sıcaklık farkının az olduğu yüzme havuzu ısı kayıp hesaplarında Tablo 11'den yararlanır.

Diyagramda belirtilen su ısı kayıpları havadaki nem oranından etkilenir. Uygulamada karşılaşılan nem oranları eğri kalınlığı nedeni ile ihmal edilir.

Diyagramın Kullanılması

Su yüzey sıcaklığını tespit edin ve bu noktadan düşey bir doğru çizerek ısı eğrisi ile kesiştirin. Durgun hava için kesişme noktasından sola doğru bir yatay doğru çizin ve ısı kayıp değerini sol düşey eksenenden okunur. Eğer hava hızı biliniyor ise yatay eğriyi sağa ve sola istenen hız doğrusunu kesene kadar uzatınız, daha sonra kesişme noktasından çizilecek düşey doğru ile ısı kayıpları alt yatay eksenenden okunur.



Tablo - 10 Su Yüzeylerindeki Isı Kayıpları

Tablo - 11 Su Yüzeylerinden Isı Kayıplarının Hesabı

- Buharlaşma miktarına etki eden faktörler;
- a) Su sıcaklığı
 - b) Su yüzeyi üzerindeki hava-buhar basıncı
 - c) Su yüzeyi üzerindeki hava hareketi

$$\text{Buharlaşma miktarı} = 45,8 \times C \times (P_1 - P_2) \quad (\text{g/hm}^2)$$

Bu formülde;

45,8 = Film dağılıma katsayısı

C = Hava hareket faktörü
0,55 durgun hava
0,71 hafif hareketli hava
0,86 hızlı hareketli hava

P₁ = Su buharı basıncı (mbar)

P₂ = Su yüzeyi üzerindeki hava basıncı (mbar)

$$\text{Isı kaybı} = \frac{E \times L}{3600} \quad (\text{W/m}^2)$$

E = Buharlaşma miktarı (g/hm²)
L = Buharlaşma basıncına karşılık gelen buharlaşma entalpis (kJ/kg)

3600 = Sonucun W/m² olarak elde edilmesi için katsayı

Örnek:

21°C'da doymuş hava buhar basıncı 25 mbar'dır. Bu nedenle 21°C'da ve % 50 bağıl nem oranındaki basınç;

$$25 \times \frac{50}{100} = 12,5 \text{ mbar}$$

Kurutma Silindirleri

Kurutma silindirlerinin çok çeşitli türleri vardır. Bu nedenle buhar sarfiyatları da birbirine göre çok farklıdır. Kurutma silindir büyüklüklerinin farklı olmasından başka, dönme hızları ve işletme buhar basınçları da farklıdır. Kurutulan maddelerin çok çeşitli olmaları - Pamuk ipliği, Kağıt gibi-hesaplama yöntemini çok karmaşık hale getirir. Buhar ihtiyacını veren en önemli yol ölçme metodu en doğru sonucu verir. Aşağıdaki formül hesaplamada kullanılabilir.

$$Q = \frac{1,5}{L} [(W_w - W_d) 2550 + 1,26 W_d (T - t)]$$

Q = Buhar yükü kg/h

W_w = Yaş ağırlık kg/h

W_d = Kuru ağırlık kg/h

T = Silindirden çıkan maddenin sıcaklığı °C

t = Silindire giren maddenin sıcaklığı °C

L = İşletme basıncındaki buharın buharlaşma entalpis kJ/kg

Kurutma silindirlerinin işletmeye alınmaları anında hacim ve ağırlıklarından dolayı yüksek buhar sarfedilir. Bu nedenle kondensatör çap tayininde kullanılacak emniyet katsayısı 3 olmalıdır. Ayrıca havanın iyi tahliye edilmesi durumunda kurutma süresi uzun olacaktır, bu nedenle hava tahliyesi iyi yapılmalıdır.

Presler

Preslerdeki buhar miktarının hassas bir şekilde hesap edilmesi mümkün değildir. En sağlıklı yöntem ölçme metodudur.

Su Sıcaklığı °C	Su Buhar Basıncı mbar	Durgun Hava g/hm ²	Hafif Hareketli Hava g/hm ²	Hızlı Hareketli Hava g/hm ²
100	1013	25400	32800	39800
99	974	24400	31500	38200
93	795	19900	25600	31200
88	645	16200	20800	25200
82	517	12820	16600	20100
77	413	10330	13200	15950
71	327	8050	10400	12590
66	256	6250	8070	9750
60	199	4810	6200	7510
54	153	3640	4700	5690
49	117	2730	3530	4260
43	89	2040	2640	3200
38	65	1420	1830	2220
32	48	900	1270	1550
27	35	662	850	1030
21	25	404	522	634

Tablo - 11 Üzerinde % 55 Bağıl Nem ve 9-7 Mbar Basıncında Hava Bulunan Su Yüzeyindeki G/H M2 Buharlaştırma Miktarı

Hesaplama Tablo 9'daki ısı kayıp değerlerini alınması ile yapılabilir.

Preslerin buhar hacimleri küçük, ısınmaları için gerekli ısı yükü büyüktür. Bu nedenle kondensop çap tayininin emniyet katsayısı 2'dir. Sıcaklık kontrolü hassas bir şekilde bir basınç düşürücü yardımı ile yapılabilir.

Hat Isıtma

Viskozitesi yüksek akıcı olmayan akışkanların iletiildiği hatlar yüksek sıcaklıklarda ısıtılır. Isıtma, izole edilmiş buhar hattı ile yapılır. Buhar ihtiyacına etki eden etkenler; iki hattın temas yüzeylerinin bilinmesi, ısıtılan akışkanın hat boyunca sıcaklığı, ısıtma hattı boyunca sıcaklık ve basınç kayıplarıdır. Ana iletim borusunun radyasyon kayıplarının, hat ısıtma tarafından karşılandığı kabul edilir. Ana iletim borusundaki bu radyasyon kayıpları aynı çaptaki bir ana buhar hattından çok daha düşük olmakla beraber kayıpları bir buhar hattındakiler gibi hesap edilir. Ceket ısıtılmalı hatlardaki ısı kayıpları ceketli borunun çapına eşit bir buhar hattının ısı kayıpları şeklinde değerlendirilir. Kondensop çap tayininde ilk işletme şartlarındaki aşırı kondens miktarı dikkate alınarak, emniyet katsayısı 2 olarak alınır.

Flaş Buhar Tankı

Bir ısı eşanjöründen gelen kondens miktarı 1500 kg/h olup, basıncı 5 bar'dır. Kondens 0,5 bar basınçtaki flaş buhar tankından ayrılacaktır. Flaş buhar tankından çıkan kondens miktarı aşağıdaki şekilde hesaplanır.

5 bar'dan 0,5 bar'a boşalan kondensdeki flaş buhar oranı % 9'dur. (Tablo 1)

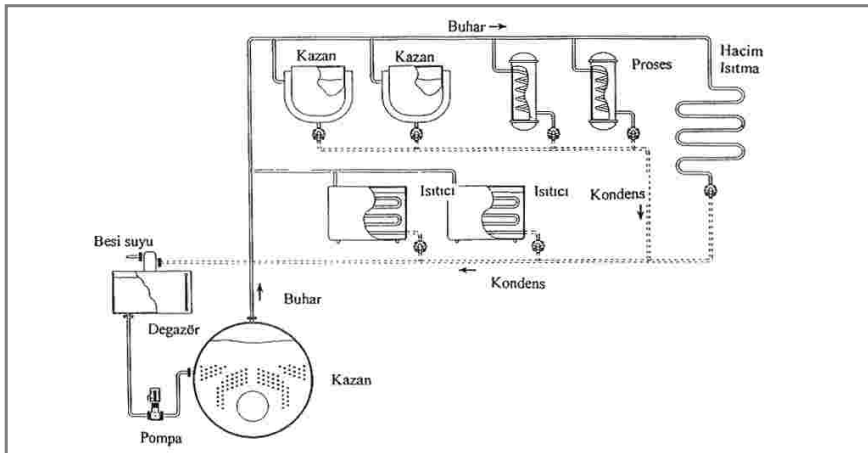
$$\text{Flaş buhar miktarı: } \frac{1500 \times 9}{100} = 135 \text{ kg/h}$$

$$\text{Kondens miktarı: } 1500 - 135 = 1365 \text{ kg/h}$$

Kondens Toplama

Bir buhar sisteminin verimli ve ekonomik çalışabilmesi için kondensin uygun bir tesisatla kazan besi suyu tankına döndürülmesi gerekmektedir.

Aşağıdaki şekilde görüleceği üzere kondens, besi suyu tankına döndürülmekte buradan da kazana pompalanmaktadır.



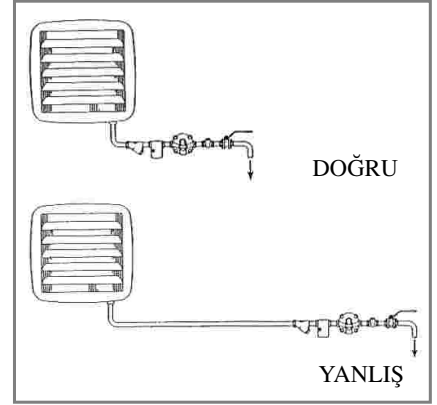
Şekil 6. Buhar ve kondens hattı devresi

Kondensin Geri Kazanılması İle Sağlanan Yararlar :

- Su tüketiminin azalması
- Kazan kimyasallarının daha az tüketilmesi
- Yakıt tüketiminin azalması
- Kazan blöf miktarının azalarak enerji tasarrufu sağlanması

Kondens Hatları

1- Kondensopa Kadar Olan Hatlar



Şekil 7. Kondensop bağlantıları

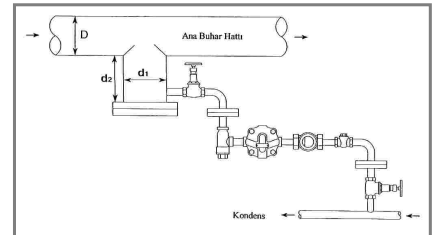
Kondensoplar (termostatik prensiple çalışan kondensoplar hariç), kondens çıkışına mümkün olduğu kadar yakın olmalıdır. Aksi takdirde kondensin önüne gelen buhar kondensopun kapanmasını sağlar. Cihazın içinde oluşan kondens ise boşalamaz ve sistem verimli çalışmaz.

Ana buhar hatlarında kondensin rahat boşalması ve kondensopun katı partiküllerden ve pisliklerden etkilenmemesi için bir cep yapılır. Ana buhar hatlarına yapılacak cebin çap ve derinlikleri aşağıdadır.

Çap Tayini

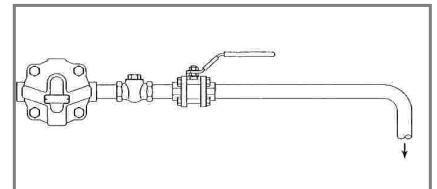
Kondensopa kadar olan hatların çapı, kondensopun çapına eşit olarak alınır. Ancak kondensop çapı, uygulamaya göre kondens miktarı 2 veya 3 emniyet katsayısı ile çarpılarak tespit edilir.

2- Kondensop Çıkış Hatları



Şekil 8. Kondens hattı örneği

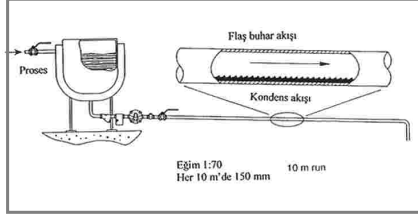
Kondensop çıkış hatlarında; kondens, hava ve diğer gazlar ile birlikte bir miktar flaş



Şekil 9. Kondens çıkış hattı

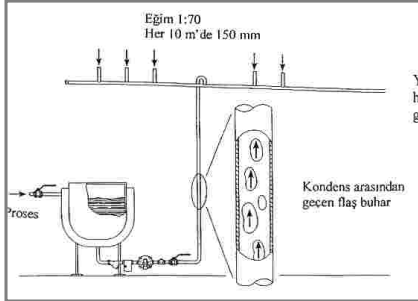
ANA BUHAR HAT ÇAPINI: D	CEP ÇAPINI: d_1	CEP DERİNLİĞİ: d_2
100 mm'ye kadar	$d_1 = D$	$d_2 = 100$ mm
125-200 mm arası	$d_1 = 100$ mm	$d_2 = 150$ mm
250 mm ve üstü	$d_1 = D/2$	$d_2 = D$

buhar taşınır. Flaş buharın oluşma nedeni buhar basıncı ile kondens basıncı arasındaki farktır. Bu farktan dolayı kondensin bir kısmı flaş buhar haline geçer ve flaş buhar sudan daha fazla bir hacim kaplaması nedeni ile çap, flaş buhar dikkate alınarak tayin edilir.



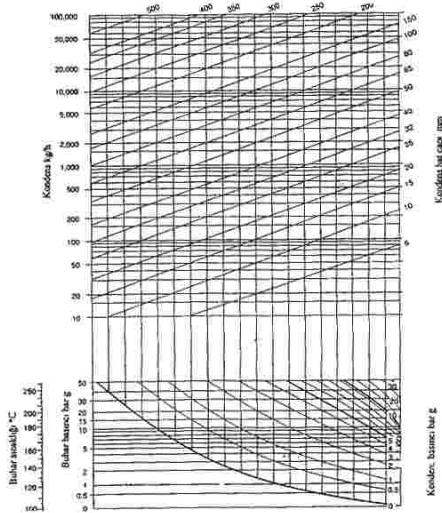
Şekil 10. Flaş buhar oluşumu

Kondensin rahat boşalabilmesi için verilmesi gereken eğim: 1:70'dir.



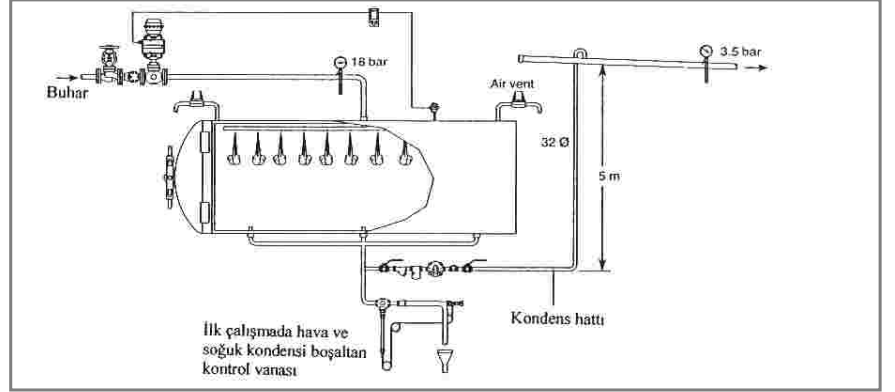
Şekil 11. Kondens boşalma şeması

Kondens Hattı Çap Tayini
Her tür kondens hat çap tayini aşağıda görülen diyagram yardımı ile yapılır.



Tablo 12. Kondens hattı çap tayini

Örnek: Bir kondensatör, 18 bar basınç ve tam yükte 1000 kg/h kondens boşaltmaktadır. Kondens hattı 5 m yükselerek 3,5 bar basınçtaki kondens hattına bağlanmıştır.

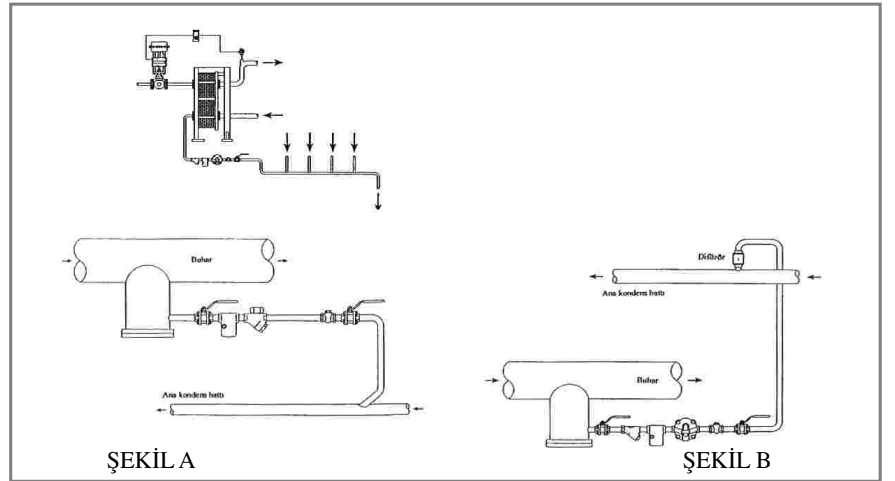


Şekil 12. Kondens tankı bağlantı şeması örneği

Seçilen çap diyagrama göre DN32'dir.

3-Ortak Kondens Hatları

Birden fazla kondensatör çıkışının ortak bir hata bağlanmasına ortak kondens hattı denir.



Şekil 13. Kondens hatlarına ilişkin örnekler

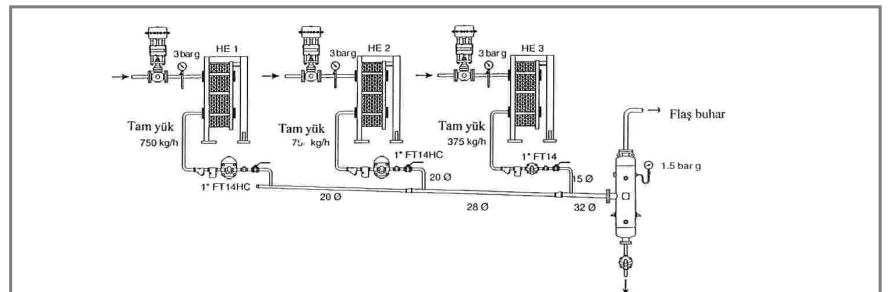
Ortak kondens hattı, kondensatör çıkışının altında ise bağlantı ŞEKİL A'da görüldüğü gibi yapılır.

Eğer ortak kondens hattı kondensatör çıkışının üzerinde ise su ile dolu olan ortak hata bağlantı üstten difüzör ile yapılır (ŞEKİL B). Difüzör yardımıyla, kondensin boşalma esnasındaki hızı düşürülerek, kondens hatlarında oluşabilecek gürültü, aşınma ve koç darbesi gibi problemler minimuma indirilir.

Çap Tayini

Ortak hattın çapı, diğer kolların çaplarının karelerinin toplamının kare köküdür.

$$\text{Ortak hat çapı: } \sqrt{D_1^2 + D_2^2}$$



Şekil 14. Çoklu kondens bağlantısı örneği

$$HE_1 \text{ ve } HE_2 \text{ ortak çapı : } \sqrt{(20)^2 + (20)^2} = 28 \text{ mm}$$

$$HE_{(1+2)} \text{ ve } HE_3 \text{ ortak çapı : } \sqrt{(28)^2 + (15)^2} = 32 \text{ mm}$$

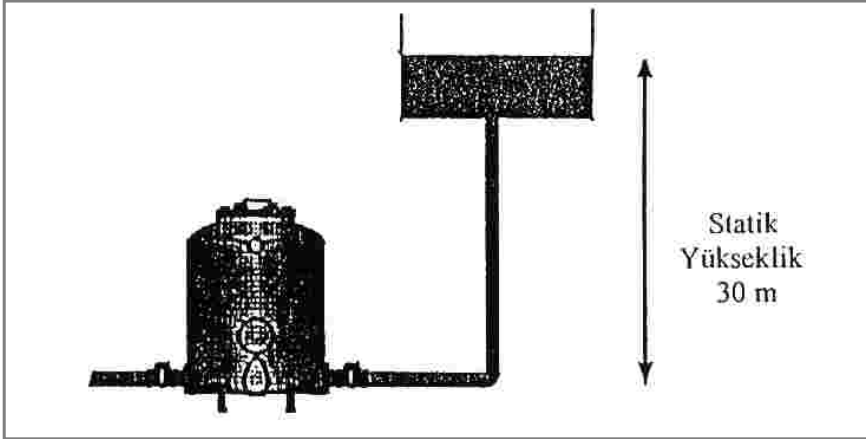
28 mm çapında boru bulunmaması nedeni ile, DIN 2447 ve DN25 borunun iç çapı 28,5 olduğundan HE₁ ve HE₂ ortak çapı DN25 olarak seçilir.

1- Pompa Yardımı İle Taşınan Kondens Hatları

Pompa yardımı ile taşınan kondens hatlarının incelenmesinde bilinmesi gereken değerler;

a) Statik basma yüksekliği

Pompanın kondensi taşıyacağı üst noktanın metre cinsinden uzaklığıdır.



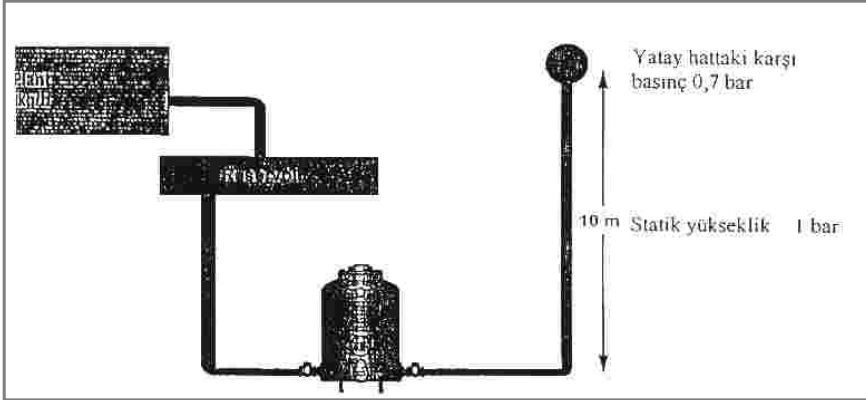
Şekil 15. Pompalı kondens hattı örneği

b) Sürtünme kayıpları

Vana ve fittinglerden meydana gelen sürtünme kayıpları pratikte boru uzunluğuna % 10 ilave edilerek eşdeğer boru uzunluğu hesap edilir.

Eşdeğer boru uzunluğu: Boru uzunluğu + % 10

Statik basma yüksekliği (bar) + Sürtünme kaybı (bar) + Karşı basınç (bar)



Şekil 16. Pompalı kondens hattı örneği

Örnek: 150 m uzunluğunda ve 50 mm çapındaki borulardan, 5000 kg/h kondensin taşınmasında oluşan basınç kaybı nedir ?

Eşdeğer boru uzunluğu: 150 + % 10 = 165 m

Tablo'dan basınç kaybı 5000 kg/h için 1,05 mbar/m * 165 m = 173,25 mbar (0,17325 bar)

Basınç kaybı (mbar/m)	Boru çapı (mm)								
	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 13.

Sürtünme kayıplarındaki değerler alındığı

takdirde toplam karşı basınç:

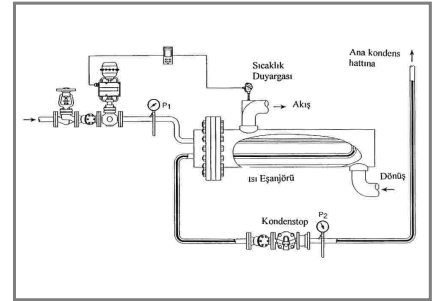
$$1 + 0,17325 + 0,7 = 1,87325 \text{ bar}$$

Isı Eşanjörlerinden Kondensin

Boşaltılması

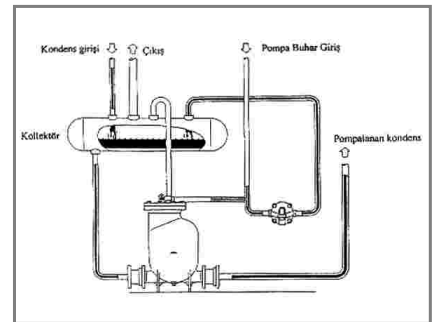
Sıcaklık kontrol vanasının bulunduğu ve kondensin, kondensstop çıkışında yükseldiği sistemlerde kondensin boşaltılması kritik bir durum oluşturur. Isı eşanjöründe sıcaklık istenilen değere geldiği anda sıcaklık kontrol vanası kapanır ve buhar hacmindeki basınç düşer, hatta vakum oluşur. Karşılaşılan sorunlar:

- Korozyon
- Isıtılan akışkanda sıcaklık dalgalanmaları
- Koç darbesi
- Ses



Şekil 17. Isı eşanjöründen kondens boşaltılması örneği

Isı eşanjöründe biriken kondensin boşaltılması için kondensin bir kaba alınarak bir kondens pompası ile boşaltılması idealdir.



Şekil 18. Kondens pompası uygulaması

Buhar Armatürleri

Boru ve basınçlı kaplarda kullanılan, akışkanı kapatmaya, kısımaya (ayarlamaya), akışı kontrol etmeye ve emniyete almaya yarayan armatürlerin birçok türü vardır. Armatürler, işletmelerin verimli çalışmalarında önemli göreve sahiptir. Bu nedenle, armatürden iyi sonuç alabilmek için o armatürün kullanım yerine göre uygun seçilmiş olması gerekir.

Buhar ve kızgın su tesisatlarında kullanılan belli başlı buhar armatürleri; globe vanalar,

küresel vanalar (kızgın su ve kondens devrelerinde kullanılabilir), kondenstoplar, separatörler, vakum kırıcılar, hava atıcılar, basınç düşürücü vanalar, termostatik vanalar, emniyet vanaları, kazan seviye kontrol elemanları ve kazan blöf elemanlarıdır.

Armatür Seçimi

Armatür seçiminde, genel olarak aşağıdaki bilgilere ihtiyaç vardır.

1. Akışkan cinsi.
2. İşletme basıncı: Maksimum işletme basıncı dikkate alınır.
3. İşletme sıcaklığı: Maksimum ve minimum işletme sıcaklığı tespit edilir.
4. Malzeme: Armatür malzemesi akışkan, basınç ve sıcaklık dikkate alınarak seçilir. Burada önemli nokta işletme şartlarına ve seçilen armatür cinsine göre kabul edilebilir. Azami işletme basıncının tespit edilmesidir. Sıcaklık arttıkça işletme basıncı da anma basıncının (nominal basıncın) altına düşer (DIN 2401).
5. Armatür tipi
6. Anma çapı
7. Bağlantı şekli (flanşlı, dişli, soketli).

Nominal Basınç (PN)

Maksimum 120°C sıcaklığa kadar maksimum çalışma basıncı (bar) nominal basınç olarak tanımlanır. Vanalar nominal basınç değerleri; PN2.5, PN6, PN10, PN16, PN25, PN40, PN63, PN100 olarak üretilir. Yükselen sıcaklıklarda malzeme mukavemeti düştüğünden, izin verilen işletme basıncı da ters orantılı olarak düşer.

Globe Vanalar

1. Baskılı Tip Vanalar

Dış görünüş olarak; gövde, kapak, mil ve volandan meydana gelir. İç aksam olarak sit ve supap vardır. İç sızdırmazlık metal sit-supap sistemi ile sağlanır. Dış sızdırmazlık ise mildeki salmastra ile temin edilir.

Kullanıldığı akışkanlar: Buhar, kızgın su, basınçlı hava, vb. akışkanlar.

Yapısal şekilleri akış yönüne göre, düz geçişli, köşe vana, Y tipi vana ve çok yollu vana isimlerini alırlar.

Globe vanaların en çok kullanılan tipleri, düz geçişli olanlardır. Ayrıca köşe tipi olanlar, aynı zamanda dirsek amacıyla da kullanılır. Y tipi vanaların basınç kaybı düşük olduğundan basınç kaybının az olması istenen devrelerde kullanılır.

2. Pistonlu Vanalar

Dış görünüş olarak gövde, kapak, mil ve volandan meydana gelir. İç aksam olarak piston ve ringler mevcuttur. Alt ring iç sızdırmazlığı, üst ring dış sızdırmazlığı sağlar.

Kullanıldığı akışkanlar: Buhar, kızgın su, basınçlı hava, vb. akışkanlar.

Yapısal şekilleri, düz geçişli, köşe ve Y tipidir. En çok kullanılanları, düz geçişli tiplerdir.

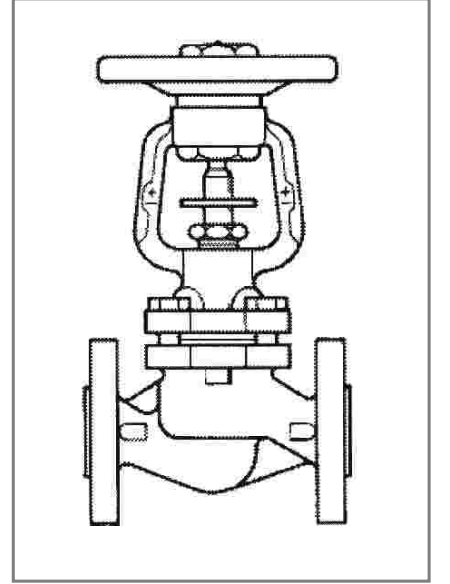
İğne vanalar, daha hassas akış kontrolü (debi ayarı) gerektiğinde kullanılır. Supabın iğne uçlu olmasından dolayı bu adla anılır. Genellikle enstrüman ve ölçme hatlarında yüksek basınç ve yüksek sıcaklıklarda kullanılır.

3. Metal Körüklü Vanalar:

Dış görünüş olarak, gövde, kapak, mil ve volandan meydana gelir. İç aksamı ve iç sızdırmazlığı sağlayan elemanlar baskılı tip vanalarda olduğu gibi sit ve subaptır. Ancak dış sızdırmazlık, bir metal körüklü sistemi ile sağlanır. Paslanmaz çelik malzemeden olan metal körüklü vanalarda dış sızdırmazlık,

salmastralı olan sistemlerden daha uzun ömürlü olur ve uzun süre bakım gerektirmez. Kullanıldığı akışkanlar: Buhar, kızgın su, kızgın yağ ve korozif akışkanlar.

Yapısal şekilleri akış yönüne göre, düz geçişli, köşe vana ve Y tipi vanadır.



Şekil 19. Metal körüklü vana

Emniyet Vanaları

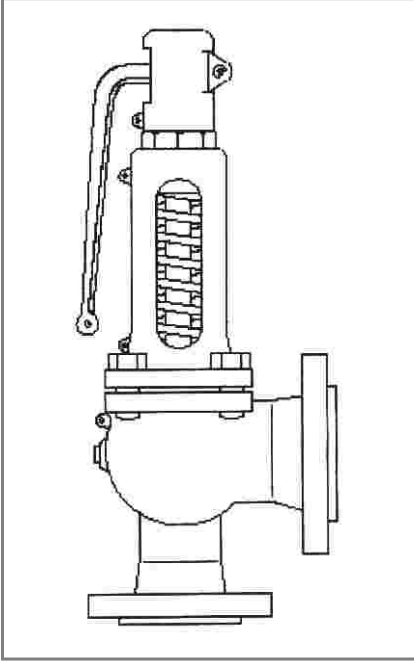
Kazanlar, basınçlı kaplar ve boru sistemlerinde müsaade edilebilen azami işletme basıncının aşılmasını önlemek için emniyet vanaları kullanılır. Prensipte emniyet vanası, işletme basıncının, tespit edilmiş basıncın üzerine çıkması durumunda açılan ve basıncın belirli bir değere düşmesi ile tekrar kendi kendine kapanan bir vana türüdür.

Emniyet vanaları, çalışma prensiplerine (yükleme şekillerine) göre, ağırlıklı ve yaylı, boşaltma karakteristiklerine göre ise tam kalkışlı ve oransal kalkışlı olarak üretilirler.

Tam Kalkışlı Emniyet Vanaları

Tam kalkışlı bir emniyet vanası, ayar basıncında açmaya başlar ve çok kısa bir süre içerisinde ayar basıncının % 5 üzerindeki bir basınçta tam açık konuma gelir. Çabuk açılma süresinde açma miktarı, toplam açmanın % 20'sinden fazla olamaz. Tam kalkışlı emniyet vanalarında çıkış çapı, giriş çapından iki ölçü büyüktür (örnek: DN40 /65). Dolayısıyla boşaltma kapasiteleri de oransal kalkışlı emniyet vanalarına göre daha büyüktür.

Buhar sistemlerinde, tam kalkışlı emniyet vanası kullanılır.



Şekil 20. Emniyet vanası

Oransal Kalkışlı Emniyet Vanaları

Oransal kalkışlı bir emniyet vanası, ayar basıncının % 10 üzerindeki bir basınçta tam kapasite ile boşaltma yapabilen bir armatürdür. Oransal kalkışlı emniyet vanalarında giriş ve çıkış çapları aynıdır.

Emniyet Vanası Seçimi

Emniyet analarında çap tayini için ayar basıncı kullanılır. Boşaltma kapasiteleri tablosunda, buhar, basınçlı hava ve su için çaplara göre bir boşaltma kapasitesi değeri vardır. Emniyet vanası seçimi, boşaltma kapasitesine ve akışkan cinsine göre yapılır.

a) Boşaltma kapasitesine göre;

- Yüksek boşaltma kapasitesi: Tam kalkışlı
- Düşük boşaltma kapasitesi: Oransal kalkışlı

b) Akışkan cinsine göre;

- Sıvılar için: Kapalı kapak, kapalı kaldırma
- Yanıcı gazlar için: Gaz sızdırmaz kapak, kaldırmaz
- Buhar ve gazlar için: Açık kapak, açık kaldırma

Basınç Düşürücü Vanalar

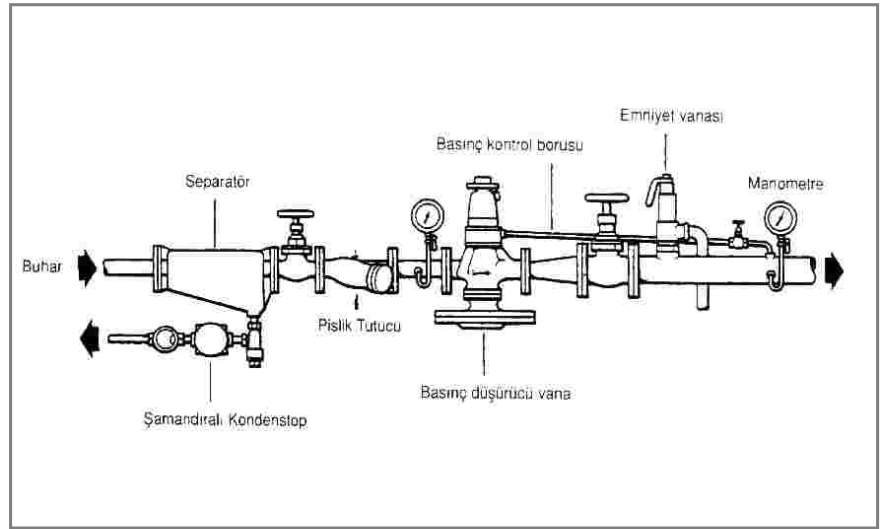
Her cihazın emniyetle çalışabileceği bir basınç limiti vardır. Cihaza gelen basınç, cihazın çalışabileceği basınçtan daha büyük ise basıncı düşürmek gerekir.

Ayrıca, buhar kazanları dizayn basıncında çalışmalıdırlar. Daha düşük basınçta çalışmaları buharın yaş olmasına neden olur. Bu nedenle buhar, yüksek basınçta üretilir ve daha sonra basınç düşürücü vana ile basıncı düşürülür.

Basınç düşürme vanaları;

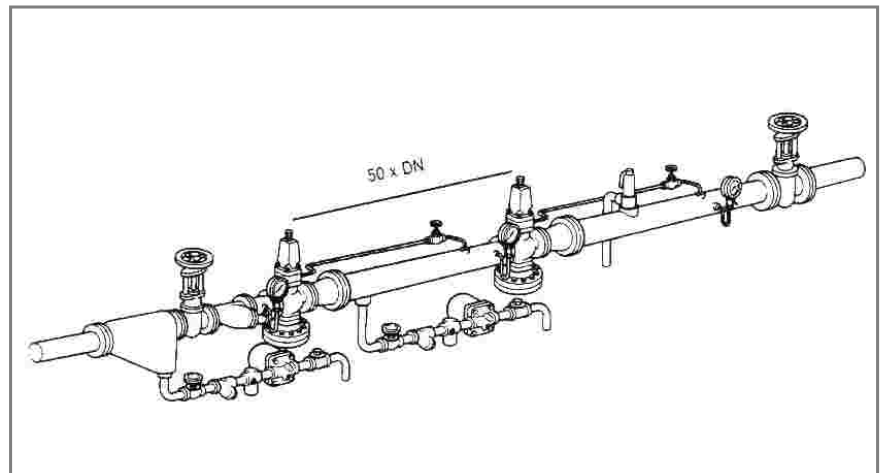
- Yardımcı enerjisiz çalışan vanalar
- Aktüatörlü (yardımcı enerjili elektrik veya hava ile çalışan) vanalar olarak iki ayrı grupta üretilmektedir.

Yardımcı enerjisiz çalışan basınç düşürücü vanalar, elektrik, hava gibi yardımcı bir enerjiye gerek olmadan çalışırlar. Doğrudan tesirli ve pilot tesirli olmak üzere iki ayrı tipi vardır. Pilot tesirli basınç düşürücü vanalar, giriş basıncı değişikliğinden ve debi değişikliğinden etkilenmeden hassas basınç kontrolü sağlar.



Şekil 21. Basınç düşürme istasyonu

Basınç düşürücü vanalar için 10:1'den fazla oranda düşürme tavsiye edilmez. Böyle durumlarda, arka arkaya (seri olarak bağlı) iki basınç düşürücü vana kullanılmalıdır.

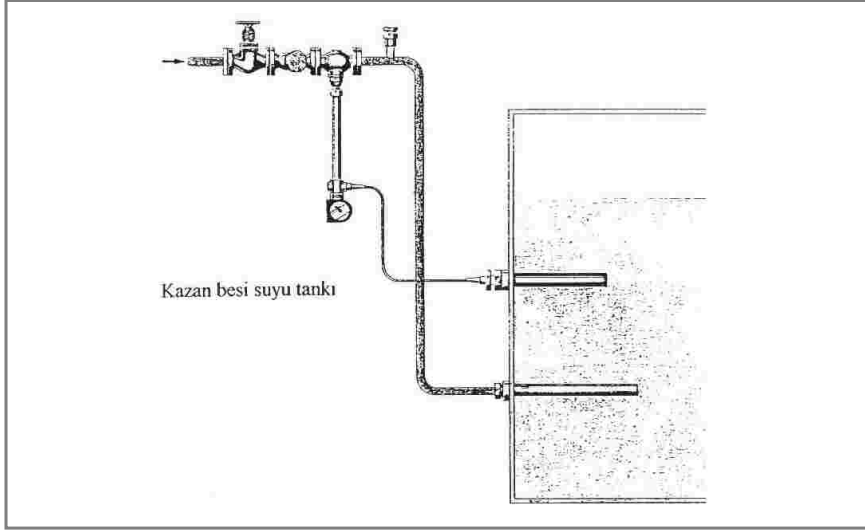


Şekil 22. Seri bağlı basınç düşürme istasyonu

Termostatik Vanalar

Bir sistemin, ünitenin, sıcaklık kontrolü termostatik vanalar ile yapılır. Yardımcı enerjili ve yardımcı enerjisiz tipleri vardır. Yardımcı enerjisiz çalışan vanalar, vana ve duyargadan ibarettir. Sıcaklık değişimi bir duyarga ile hissedilir. Duyarga içinde bulunan sıvı genişleyerek kontrol vana supabını hareket ettirir.

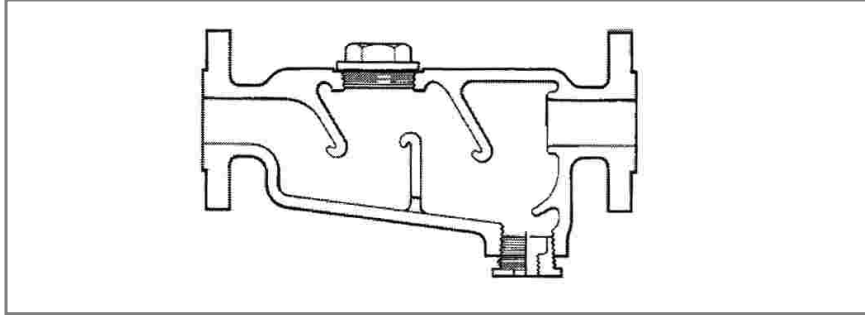
Isı değiştiricilerinde (eşanjörlerde), sıcak su depolamada, kazan besi suyu tanklarında, proses sıcaklık kontrolünde ve hava kompresörlerinde uygulama alanı bulur.



Şekil 23. Termostatik vana uygulaması

Separatör

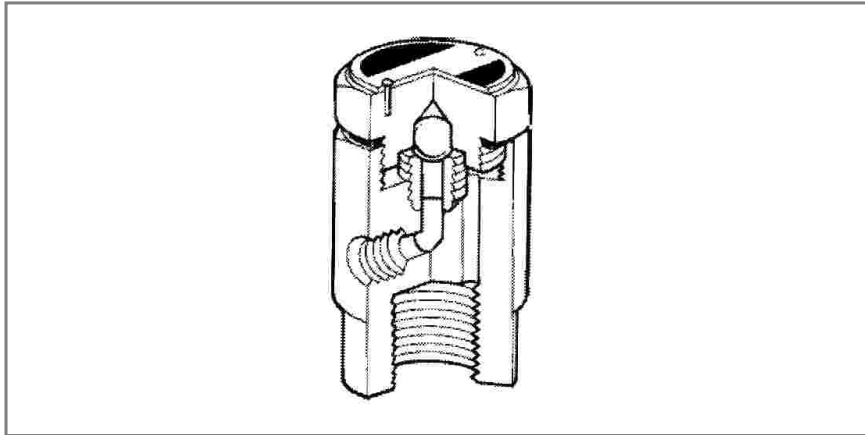
Buhar içindeki su zerreciklerini ayırarak buharın daha kuru olmasını sağlar. Kazan çıkışında, cihazlardan önce veya kuru buhar istenen ünite girişlerinde kullanılır.



Şekil 24. Separatör

Vakum Kırıcı

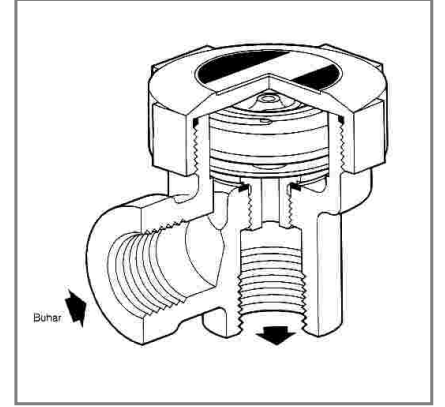
Tesisat ve proses cihazlarında meydana gelen vakumu önler ve kondensin etkili bir şekilde tesisattan tahliye edilmesini sağlar. Vakum kırıcılar; ısı değiştiricilerinde (eşanjörlerde), tanklarda, kazanlarda, sterilizatörlerde ceketli pişirme kazanlarında ve ana buhar hatlarında uygulama alanı bulur.



Şekil 25. Vakum kırıcı

Hava Atıcı

Hava, tesisat içerisinde ve buhar cihazları içerisinde ilk işletmeye alındığında mevcuttur. Ayrıca buhar kesildiği zamanda hava tesisatın içerisine girerek ve kondens suyunda eriyerek kazana gelir. Yoğuşan bir gaz olmayan havanın tahliyesi çok önemlidir. Ana buhar hatlarında hava, hat sonlarından boşaltılır. Ana buhar devre sonunda havanın tahliyesi sistemin çabuk ısınması ve daha fazla üretim ve korozyonu önlemek için gereklidir.



Şekil 26. Hava atıcı

Kaynaklar:

- Intervalf Buhar Tesisatları ve Buhar Cihazları El Kitabı
- Spirax Sarco Steam Distribution
- Spirax Sarco Hand Book
- Intervalf Seminer Notları
- Spirax Sarco Condensate And Flash Steam Recovery

Cafer Ünlü,

1952 yılında doğdu. 1975 yılında makina mübendisi oldu. 1976-1980 yılları arasında T. Halk Bankası Genel Müdürlüğü'nde "teknik kontrol" olarak görev yaptı. 1980-1985 yılları arasında Klinger-Yakacık firmasında çalıştı. Yurtdışında başta Spirax Sarco/ İngiltere olmak üzere, Mival / İtalya, Desbordes / Fransa, Kemper / Almanya, Socla / Fransa, Sigeval / İspanya, ve Sapag / Fransa firmalarında vana ve buhar cihazları konusunda birçok seminer ve kurslara katıldı. Halen Intervalf Ltd. Şti.'nin Genel Müdürü olup, MMO ve Türk Tesisat Mübendisleri Derneği'nin üyesidir.

EK - 1: BUHAR TABLOSU

GÖSTERGE BASINCI bar	MUTLAK BASINÇ bar	SICAKLIK °C	ÖZGÜL ENTALPI			ÖZGÜL BUHAR HACMI (Vg) m ³ /kg
			SU (hf) kJ/kg	BUHARLAŞMA (hfg) kJ/kg	BUHAR (hfg)	
0	1.013	100.00	419.04	2257.0	2676.0	1.673
0.20	1.213	105.10	440.8	2243.4	2684.2	1.414
0.40	1.413	109.55	459.7	2231.3	2691.0	1.225
0.60	1.613	113.56	476.4	2220.4	2696.8	1.088
0.80	1.813	117.14	491.6	2210.6	2702.1	0.971
1.00	2.013	120.42	505.6	2201.1	2706.7	0.881
1.20	2.213	123.46	518.7	2192.8	2711.5	0.806
1.40	2.413	126.28	530.5	2184.8	2715.3	0.743
1.60	2.613	128.89	541.6	2177.3	2718.9	0.689
1.80	2.813	131.37	552.3	2170.1	2722.4	0.643
2.00	3.013	133.69	562.2	2163.3	2725.5	0.603
3.00	4.013	143.75	605.3	2133.4	2738.7	0.461
4.00	5.013	151.96	640.7	2108.1	2748.8	0.374
5.00	6.013	158.92	670.9	2086.0	2756.9	0.315
6.00	7.013	165.04	697.5	2066.0	2763.5	0.272
7.00	8.013	170.50	721.4	2047.7	2769.1	0.240
8.00	9.013	175.43	743.1	2030.9	2774.0	0.215
9.00	10.013	179.97	763.0	2015.1	2778.1	0.194
10.00	11.013	184.13	781.6	2000.1	2781.7	0.177
11.00	12.013	188.02	798.8	1986.0	2784.8	0.163
12.00	13.013	191.68	815.1	1972.5	2787.6	0.151
13.00	14.013	195.10	830.4	1959.6	2790.0	0.141
14.00	15.013	198.35	845.1	1947.1	2792.2	0.132
15.00	16.013	201.45	859.0	1935.0	2794.0	0.124
16.00	17.013	204.38	872.3	1923.4	2795.7	0.117
17.00	18.013	207.17	885.0	1912.1	2797.1	0.110
18.00	19.013	209.90	897.2	1901.3	2798.5	0.105
19.00	20.013	212.47	909.0	1890.5	2799.5	0.100
20.00	21.013	214.96	920.3	1880.2	2800.5	0.0994
21.00	22.013	217.35	931.3	1870.1	2801.4	0.0906
22.00	23.013	219.65	941.9	1860.1	2802.0	0.0868
23.00	24.013	221.85	952.2	1850.4	2802.6	0.0832
24.00	25.013	224.02	962.2	1840.9	2803.1	0.0797
25.00	26.013	226.12	972.1	1831.4	2803.5	0.0768
26.00	27.013	228.15	981.6	1822.2	2803.8	0.0740
27.00	28.013	230.14	990.7	1813.3	2804.0	0.0714
28.00	29.013	232.05	999.7	1804.4	2804.4	0.0689
29.00	30.013	233.93	1008.6	1795.6	2804.2	0.0666
30.00	31.013	235.78	1017.0	1787.0	2804.1	0.0645
31.00	32.013	237.55	1025.6	1778.5	2804.1	0.0645
32.00	33.013	239.28	1033.9	1770.0	2803.9	0.0605
33.00	34.013	240.97	1041.9	1761.8	2803.7	0.0587
34.00	35.013	242.63	1049.7	1753.8	2803.5	0.0571
35.00	36.013	244.26	1057.7	1745.5	2803.2	0.0554
36.00	37.013	245.86	1065.7	1737.2	2802.9	0.0539
37.00	38.013	247.42	1072.9	1729.5	2802.4	0.0524
38.00	39.013	248.95	1080.3	1721.6	2801.9	0.0510
39.00	40.013	250.42	1087.4	1714.1	2801.5	0.0498
40.00	41.013	251.94	1094.6	1706.3	2800.9	0.0485
42.00	43.013	254.74	1108.6	1691.2	2799.8	0.0461
44.00	45.013	257.50	1121.1	1676.2	2798.2	0.0441
46.00	47.013	260.13	1135.3	1661.6	2796.9	0.0421
48.00	49.013	262.73	1148.1	1647.1	2795.2	0.0403
50.00	51.013	265.26	1160.8	1632.8	2793.6	0.0386

1KCal=4.186 kJ
1 KJ = 0.24 KCal

EK - 2 : MOLLIER DİYAGRAMI

