

**T.C.**  
**HARRAN ÜNİVERSİTESİ**  
**MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ**  
**Makine Mühendisliği Bölümü**

**SOĞUTMA**  
**VE**  
**KLİMA TEKNİĞİ**

**DersNotları**

**PROF. DR. HÜSAMETTİN BULUT**

**Şanlıurfa-2011**

**İÇİNDEKİLER**

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSARTCT</b> .....	<b>ii</b>
<b>ÖNSÖZ-TEŞEKKÜR</b> .....	<b>iii</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	<b>iv</b>
<b>TABLolar</b> .....	<b>viii</b>
<b>GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>BÖLÜM 1</b>	

<b>1.SOĞUTMA TEKNİĞİ</b> .....	2
1.1. Soğutmanın Tanımı ve Tarihçesi .....	2
1.2. Soğutma Teknolojisinin Önemi .....	3
1.3. Gıda Maddelerinin Bozulma Nedenleri .....	3
1.4. Gıda Maddelerine Sıcaklığın Etkisi .....	3
1.5. Gıda Maddelerine Etki Eden Diğer Etkenler.....	3
1.6. Soğutma Sistemleri .....	5
1.6.1. Eriyik Teşkili ile Soğutma .....	5
1.6.2. Termoelektrik Soğutma Sistemi .....	5
1.6.3. Manyetik Soğutma .....	8
1.6.4. Vorteks Tüpü .....	8
1.6.5. Paramagnetik Soğutma .....	10
1.6.6. Hava Soğutma Sistemi .....	11
1.6.7. Buhar-Jet (Ejektör) Soğutma Sistemi .....	11
1.6.8. Evaporatif (Nemlendirici ) Soğutma .....	12
1.6.9. Sterling Çevrimi .....	13
1.6.10. Absorpsiyonlu Soğutma Sistemi .....	14
1.6.11. Adsorpsiyonlu Soğutma Sistemi .....	15

## **BÖLÜM 2**

<b>2.BUHAR SIKIŞTIRMALI MEKANİK SOĞUTMA</b> .....	16
2.1. Buhar Sıkıştırılmalı Mekanik Soğutma Çevrimi .....	16
2.2. Buhar Sıkıştırılmalı Soğutma Çevrimleri .....	19
2.2.1. Tek Kademeli Çevrimler .....	19
2.2.2. Çok Kademeli Çevrimler .....	24

## **BÖLÜM 3**

<b>SOĞUTMA SİSTEMİ ANA VE YARDIMCI ELEMANLARI</b> .....	36
<b>3.SOĞUTMA SİSTEMİ ANA ELEMANLARI</b> .....	37
3.1. Kompresörler .....	37
3.1.1. Rotarlı Tip Kompresörler .....	38
3.1.2. Pistonlu Tip Kompresörler .....	40
3.1.3. Vidalı ( Helisel) Tip Kompresörler .....	42
3.1.4. Turbo (Santifrüj) Tip Kompresörler .....	44
3.1.5. Scroll ( Spiralli ) Tip Kompresörler .....	45
3.2. Kondanserler ( Yoğuşturucular ) .....	47
3.2.1. İç içe ( Çift ) Borulu Kondanserler .....	51
3.2.2. Daldırılmalı Tip Kondanserler .....	52
3.2.3. Buharlaştırılmalı (Evaporatif ) Tip Kondanserler .....	52
3.2.4. Gövde Borulu Kondanserler .....	53

3.2.5. Soğutma Kuleleri .....	54
3.3. Evaporatörler ( Buharlaştırıcılar ) .....	57
3.3.1. Çıplak Borulu Evaporatörler .....	58
3.3.2. Levhalı Tip Evaporatörler .....	59
3.3.3. Kanatçıklı Evaporatörler .....	60
3.3.4. Lamelli Evaporatörler .....	61
3.3.5. Gövde Borulu Tip Evapotörler .....	61
3.3.6. Daldırmalı Tip Evaporatörler .....	62
3.3.7. Havuz Tipi Evaporatörler .....	62
3.3.8. Sıvı Film Evaporatörler .....	63
3.3.9. Püskürtmeli Tip Evaporatörler .....	63
DEFROST .....	63
3.4. Genleşme (Kısılma Vanaları) Valfleri .....	67
3.4.1. Otomatik Genleşme Valfleri .....	67
3.4.2. Termostatik Genleşme Valfleri .....	68
3.4.3. Kılcal Borulu Genleşme Valfleri .....	69
3.4.4. Şamandıralı Valfler .....	70
3.4.5. Elektronik Genleşme Valfi .....	70
3.5. Soğutma Sisteminde Yardımcı Kontrol Elemanları .....	71

## BÖLÜM 4

4.SOĞUK DEPOCULUK .....	84
4.1. Soğuk Depolar .....	84
4.1.1. Soğuk Muhafaza .....	84
4.1.2. Donmuş Muhafaza .....	84
4.1.2.1. Ön soğutma .....	85
4.1.2.2. Şoklama .....	85
4.1.2.2.1. Daldırma Metodu .....	86
4.1.2.2.2. Değdirme (İndirekt Temas) Metodu .....	86
4.1.2.2.3. Kriyojenik Dondurma .....	87
4.1.2.2.4. Hava ile Dondurma .....	86

## BÖLÜM 5

5.İKLİMLENDİRME .....	90
İklİmlendirmenin Önemi .....	90
İklİmlendirmenin Temel Unsurları .....	91
İklİmlendirme Sistemlerinin Kullanım Alanları .....	93
İklİmlendirme Sistemleri için Isı Kazancı ve Isı Kaybı .....	93
Soğutma Yüğü Hesap Yöntemleri .....	95
Psikiometri ve Uygulamaları .....	97
İklİmlendirme Sistemleri .....	109

<b>5.1. Lokal İklimlendirme Sistemleri</b> .....	<b>109</b>
<b>5.1.1. Pencere Tipi Klimalar</b> .....	<b>109</b>
<b>5.1.2. Salon Tipi Klimalar</b> .....	<b>112</b>
<b>5.1.3. Çatı Tipi Paket Klimalar</b> .....	<b>112</b>
<b>5.1.4. Konsol Tipi Klimalar</b> .....	<b>113</b>
<b>5.1.5. Split Tip Klimalar</b> .....	<b>114</b>
<b>5.1.5.1. Split- Duvar Tipi Cihazlar</b> .....	<b>114</b>
<b>5.1.5.2. Split Yer- Tavan Tipi Cihazlar</b> .....	<b>115</b>
<b>5.1.5.3. Split Asma Tavan Tipi Cihazlar</b> .....	<b>115</b>
<b>5.1.5.4. Split Kanal Tipi Cihazlar</b> .....	<b>116</b>
<b>5.1.6. Dış Ünitesiz Klimalar</b> .....	<b>117</b>
<b>5.1.7. Çoklu İç Üniteli Sistemler</b> .....	<b>117</b>
<b>Klima Dış Ünite Montaj Yerinin Seçilmesi</b> .....	<b>118</b>
<b>Dikkat Edilmesi Gereken Konular</b> .....	<b>108</b>
<b>5.2. Merkezi İklimlendirme Sistemleri</b> .....	<b>119</b>
<b>5.2.1. Tamamen Havalı Sistemler</b> .....	<b>119</b>
<b>5.2.2. Tamamen Sulu Sistemler</b> .....	<b>120</b>
<b>5.2.3. Sulu – Havalı Sistemler</b> .....	<b>121</b>
<b>Endüstriyel ve Konfor Kliması Uygulamaları</b> .....	<b>122</b>
<b>a) Kış Klima Uygulaması</b> .....	<b>123</b>
<b>b) Yaz Klima Uygulaması</b> .....	<b>127</b>
<b>İklimlendirme Sisteminde Hava Çeşitleri</b> .....	<b>131</b>
<b>6. KAYNAKLAR</b> .....	<b>132</b>



## Ön Söz

Soğutma ve iklimlendirme, Makine Mühendisliğinin önemli uygulama alanlarından biridir. Bu iki alanın tesisat teknolojisi olarak günlük yaşamımızdaki yeri büyüktür. Soğutma ve Klima Tekniğı ders notları, Harran Üniversitesi Makine Mühendisliğı Bölümü 4. Sınıfta zorunlu ders olarak güz döneminde verilen ders anlatımlarının bir araya getirilmesi ile oluşturulmuştur.

Öğrencilerimize ve bu konuda çalışan kişilere yardımcı olacağı ümidiyle açık ders notu olarak yayınlanmaktadır.

Notların yazılmasında emeğı geçen herkese teşekkür ederim.

## BÖLÜM 1

### SOĞUTMA TEKNİĞİ

#### 1.1 Soğutmanın Tanımı ve Tarihçesi

Soğutma, bir yerdeki ısının başka bir yere nakledilerek, o yerdeki sıcaklığın ortam sıcaklığının altında bir sıcaklıkta tutulmasıdır.

Soğutma işlemi ortam sıcaklığı ile 1°C arasında iklimlendirme amaçlı, 10°C ile -40 °C arasında soğuk muhafaza için ticari amaçlı ve çeşitli sıcaklıklarda endüstriyel amaçlı olarak kullanılmıştır. Bunların en önemli ihtiyaçların başında konforlu bir ortam gerekmektedir. Bunun için yazın ortam sıcaklığının altında bir sıcaklık gerekmekte olup, bu da soğutma makineleri ile temin edilmektedir.

İnsanoğlunun var oluş tarihinde soğutmayı ilk defa Çinliler kullanmıştır. Donmuş göllerin buzlarını kırarak geniş kuyulara atıp sıkıştırmışlar ve yazın sıkıştırılan buz kalıplarını çıkararak kullanmışlardır.

Romalılar ve Yunanlılar büyük küplere su doldurarak toprağa gömmüşler gece soğuyan toprak yüzeyi küpleri soğutmuş, gündüz soğuyan küplerden soğuk su ihtiyaçlarını karşılamışlardır.

1775 yılında Glasgow Üniversitesi profesörü William Cullen eline eter sürdüğünde elinin serinlediğini görerek çalışmalara başlamış ve ilk mekanik soğutmanın temelini atmıştır. William Cullen tesadüfe dayanarak 1775 yılında emiş prensibine dayanarak buz yapma makinesi imal etmiştir. Bir çok bilim adamı bu prensip ile buz makineleri yapmış fakat çok pahalı ve büyük boyutlarda olduğundan sanayiye girmemiştir.

1834 yılında Jacop Perkins adındaki Amerikalı mühendis Londra'da pratik buz yapma makinesi geliştirmiştir. Otuz yıl bu prensiple çalışan buz makineleri kullanıma sunulmuştur.

Bu arada elektrik enerjisi olmayan yerlerde çalışan makineler üzerinde durulmuş ve 1885 yılında Fransız Ferdinand CARSE absorpsiyon sistemini bulmuştur. 1886 yılında WINDHUSEN karbondioksit gazı ile çalışan tesisat geliştirerek -80 dereceye ulaşmıştır. Gelişmeler üzerine tahtadan buz dolapları yapılarak evlerde buzla gıdaların saklanması sağlanmıştır.

Buz ile soğutma çok zahmetli olduğundan bilim adamları mekanik bir soğutma sistemi üzerine çalışmaya başlamışlardır. 1910 yılında J.M. Larsen Şirketi tarafından ilk küçük buzdolabı yapılmıştır. Fakat termostat olmadığı için kullanımda büyük zorluklar yaşanmıştır. 1913 yılında KELVİNATÖR ilk termostatlı dolabı imal edip

satışa sunmuştur. 1930'da R-12 gazı bulunarak CFC soğutucuların temeli atılmıştır. 1935'te R-22 soğutucu akışkanı bulunarak HCFC kökenli akışkanlar geliştirildi. 1989'da R-134 A ve R-123 soğutucu akışkanları bulunarak ozon tabakasına zarar vermeyen HFC.kökenli akışkanlar geliştirilmiştir.1990'lı yılların başında R-22 ve R-502 yerine kullanılmak üzere ikili ve üçlü alternatif soğutucu akışkan karışımları geliştirildi. 1913 yılından itibaren soğutma teknolojisi sürekli gelişerek bugünkü ortamda yaşamın değişmez bir parçası olmuştur.

## **1.2. Soğutma Teknolojisinin Önemi**

Soğutma teknolojisi başlamadan önce insanlar konfor ve muhafaza ihtiyaçlarını bazı yöntemlerle karşılamaya çalışmışlardır.

### **1.2.1. Konfor İhtiyacı**

Kapalı bir ortamda sıcaklık ve diğer hava şartlarından ileri gelen bir rahatsızlık olmaması halidir. Konforun tam manasıyla belirlenebilmesi için deneysel olarak gözlenebilecek kesin bir fizyolojik olay yoktur. Deri sıcaklığı bu konuda iyi bir fikir sağlayabilir. Tarafsız sıcaklık aralığı konfor için bir kriter olarak alınabilir.

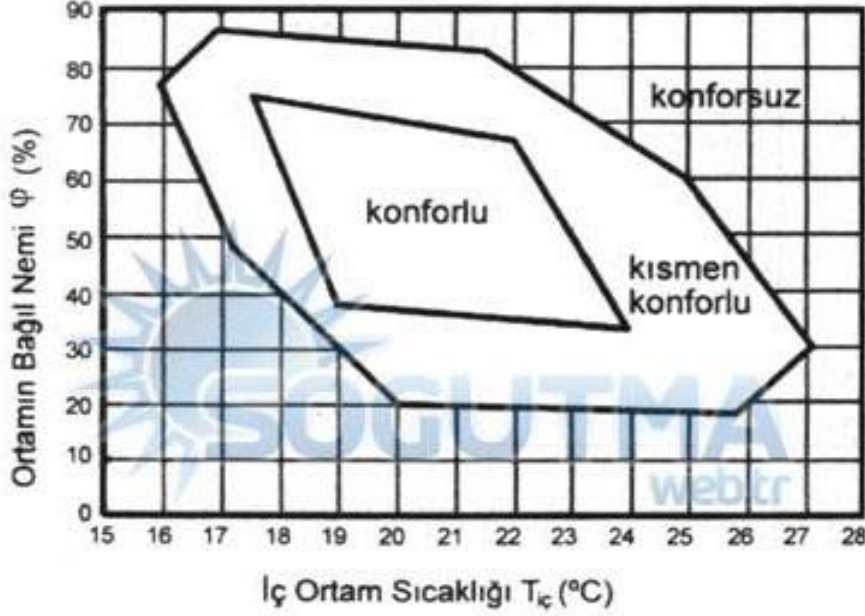
#### **1.2.1.1 Tarafsız Sıcaklık Aralığı**

Tarafsız sıcaklık aralığı 27-30°C sıcaklıkları arasındaki bir hava hareketsiz olduğu zaman çıplak bir insan için öyle bir denge noktası vardır ki bu nokta vücuttaki denge halini korur. İnsan bu aralıkta ne üşüme nede sıcaklık hisseder.

Bir insanın konfor halinde bulunması sadece havanın sıcaklığına bağlı değildir. Havanın nemi, hareketi, temizliği ve civar yüzeylerinin ortalama sıcaklığı konfora etki eder. Yaz aylarında bağıl nemin %6 artması insan vücudunu tarafından 1°C sıcaklık artışı olarak algılanır,hava hızı arttığında ise insanlarda üşüme hissi oluşur.

### 1.2.1.2 Etken (Efektif) Sıcaklık

Sıcaklık ile beraber bağıl nem ve hava hızını da dikkate alarak yeni bir sıcaklık ölçeği tarif etmek gerekmiştir. Bu sıcaklığa (ET) adı verilmiş olup fizyolojik olarak hissedilen sıcaklığı temsil eder. Aşağıdaki şekilde (ET) ve konfor bölgeleri görülmektedir.



Şekil 1.1 : İç ortam sıcaklığı ve ortamın bağıl nemine bağlı olarak konfor bölgesi

### 1.2.2 Muhafaza İhtiyacı

Her gün yediğimiz bitkisel ve hayvansal gıdaları, her an bulmak mümkün olmaya bilir. Bu güçlükle karşılaşan insanlar hal çareleri aramaya başlayarak kimya, fizik ve biyoloji esasına dayanan çeşitli usuller geliştirmişlerdir.

#### 1.2.2.1 Kimya Esasına Dayanan Muhafazalar;

- a) Tuzla muhafaza (salamura)
- b) Baharatla muhafaza (sucuk-pastırma)
- c) Şekerle muhafaza (reçel)

#### **1.2.2 Fizik Esasına Dayanan Muhafazalar;**

- a) Kurutmak (kuru yemişler, bazı meyveler vs)
- b) Hararete pişirmek (konserve)
- c) Maddeyi yağ ve parafinle örtmek.

Kimyaya dayanan muhafaza usulleri, maddenin bünyesinde esaslı değişiklikler yapmaktadır. Gıda maddelerinin taze bütün doğal özelliklerine yakın muhafaza, yine fizik esasına dayanan << Soğukta Muhafaza>> usulüdür.

#### **1.3. Gıda Maddelerinin Bozulma Nedenleri:**

Hayvansal ve bitkisel gıda maddelerinde zamanla (hayvanın kesilmesi, meyve ve sebzelerin koparılması) birçok değişiklikler olur. Sonuçta gıda maddesi bozulur veya kokar. Gıda maddelerinde meydana gelen bozulma veya kokma, gıda maddesinin bizzat kendi hücrelerinin çıkarmış olduğu diastazların etkisindedir. Ayrıca maddenin üzerine düşen mikropların çıkardığı diastazlarla da madde bozulur. Muhafaza usullerinin amacı bu diastazları öldürmek veya çalışmasını durdurmaktadır.

#### **1.4. Gıda Maddelerine Sıcaklığın Etkisi**

Diastazların en fazla çalışma göstere bildiği sıcaklık derecesi 35-47°C dir. Yeni kesilmiş bir hayvanın sıcaklık derecesi 38-40°C olduğu göz önünde bulundurulursa bu sıcaklık diastazların üremesi için en uygun sıcaklık olduğu görülür. Yeni kesilmiş bir hayvan etinin bozulmaması için pişirilmesi veya soğuk depolara konması gerekir. Çünkü diastazlar ıslak halde sıcaklığa karşı çok duyarlıdır. 35~47°C sıcaklığın üzerine çıkıldıkça çalışması azalır.+80~+90°C de çalışması durur, kaynama derecesinde tamamen harap olurlar. Kuru halde+150~+160°C sıcaklığa kadar dayanırlar, bu sıcaklığın üzerinde harap olurlar.

## 1.6. SOĞUTMA SİSTEMLERİ

### 1)Soğutma Yöntemleri;

- a) Eriyik teşkiliyle soğutma
- b ) Gazların genişlemesi ile soğutma
- c)Termoelektrik soğutma
- d) Vortex tüpüyle soğutma
- e)Manyetik soğutma
- f) Para manyetik soğutma
- g)Nemlendirmeli soğutma
- h)Absorbsiyonlu soğutma
- i)Absorbsiyonlu soğutma
- j)Vakumla soğutma
- k)Buhar enjektörlü soğutma
- l)Buhar sıkıştırırmalı soğutma

### 1.6.1. Eriyik Teşkili ile Soğutma Sistemi:

Bazı tuzlar suda eritildikleri taktirde belirli bir ısı yutarlar ve dolayısıyla soğutma meydana getirirler. Bu tuzlardan bazılarının ötektik noktaları ve yuttukları ısı miktarı tablo 1 de verilmiştir.

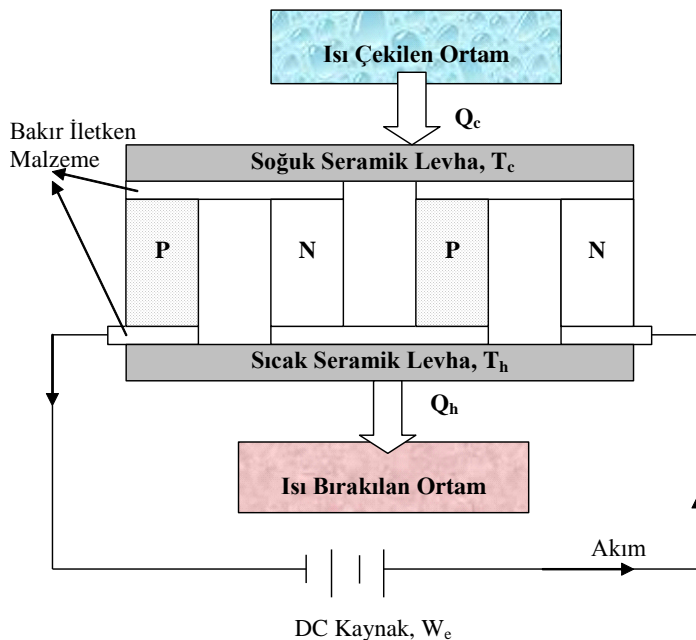
**Tablo 1**

TUZ	(kJ/kg)	T(°C)
NaCl	91,4	-21,2
NH <sub>3</sub> Cl	305,2	-15,8
KNO <sub>3</sub>	350,4	-2,9

### 1.6.2. Termoelektrik Soğutma Sistemi :

Termoelektrik soğutma temelde termoelektrik etkilerin en önemlilerden biri olan Peltier etkisine dayanır. Peltier etkisi, iki farklı metal elemandan oluşan bir devreye doğru akım verildiğinde, akımın yönüne göre, aksi uçlarda sıcaklıkta artmanın veya azalmanın meydana gelmesidir. Bu olayda ilginç olan, devrede uçlar arasında bir sıcaklık farkı oluşması ve dolayısıyla uçlarda bir ısınma veya soğumanın meydana gelmesidir.

Termoelektrik soğutma, N ve P tipi yarı iletken metal çiftlerinden oluşmuş bir veya daha çok modülden, bir doğru akımın geçmesi ile elde edilir. Şekil 1'de bir N ve P yarı iletken çiftinden meydana gelmiş bir termoelektrik soğutma modülü gösterilmiştir. P ve N tipi termo elemanlar elektriksel olarak seri, ısıl olarak paralel şekilde seramikler arasına bağlanırlar. Akımın yönüne bağlı olarak ısıtma ve soğutma elde edilebilir. Şekil 1'den de görüleceği gibi soğutma durumunda, doğru akım N tipi yarı iletkenden P tipine geçmektedir. Akım, düşük enerji seviyesindeki P tipi yarıiletken malzemeden yüksek enerji seviyesine geçtiğinde soğutulacak ortamdan ısı çekerek soğutma meydana getirmektedir. Soğuk ortamdan çekilen bu ısı, yüksek sıcaklıktaki ortama elektronlar vasıtasıyla transfer edilir. Böylelikle ısı, bir ortamdan çekildiği gibi başka bir ortama da terk edilmektedir. Dolayısıyla termoelektrik modül ısı pompası vazifesi de gösterir.



## Şekil 1.2 : Bir termoelektrik soğutucu modülü

### 1.6.2.1 Termoelektrik Soğutucularda Kullanılan Malzemeler

Bir termoelektrik soğutucunun verimliliği bağıl olarak kullanılan malzeme ile ilgilidir.

Termoelektrik soğutucularda P ve N tipi termo elemanlarda kullanılan yarı iletken malzemeler,  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ , PbTe, SiGe ve BiSb gibi alaşımlardır. Bizmut Teleryum,  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ , yüksek termoelektrik verimi ve uygun sıcaklık aralığı nedeniyle yaygın bir şekilde tercih edilmektedir.

Alt ve üst plakalarda seramik malzeme kullanılır. Böylece ısıl iletkenlik, elektriksel yalıtkanlık ve mekanik mukavemet sağlanır. Termo elemanları birbirine bağlayan iletken malzeme olarak bakır veya alüminyum gibi ısıl iletkenliği yüksek malzemeler kullanılmaktadır.

### 1.6.2.2 Termoelektrik Soğutucuların avantaj ve dezavantajları

Termoelektrik soğutucuların diğer soğutma sistemlerine göre üstünlükleri şöyle sıralanabilir :

Hareketli herhangi bir parçası yoktur. Dolayısıyla az bakıma ihtiyaç vardır

Uzun ömürlüdürler. Ömür testlerinde sürekli rejimde 100 000 saat çalışabildikleri görülmüştür.

Termoelektrik soğutucu, CFC'ler gibi herhangi bir soğutucu akışkanı içermez. Dolayısıyla doğa ve çevre dostudurlar.

Termoelektrik soğutucu, ısı pompası olarak tam tersinirdir. Isının yönü DC akımın yönü değiştirilerek kolayca değiştirilebilirler.

0.1 °C sıcaklık aralığında çok hassas sıcaklık kontrolü sağlanabilir.

Termoelektrik Soğutucular, pozisyona bağımlı cihazlar değildir. Dikey veya yatay her konumda çalışabilirler. Yerçekimsiz ortamlarda da çalışır.



Çok hassas, sıkı ve küçük ortamlarda çalışabilirler

Termoelektrik soğutucular çeşitli dezavantajlara sahiptirler. Bunlar;

Soğutma ve ısıtma performans katsayıları (COP) çok düşüktür. 0.3-0.7 arasındadır. Oysa klasik soğutma marinalarında bu değer 2-4 arasındadır. Buhar sıkıştırımlı, absorpsiyonlu ve termoelektrikli üç farklı mini buzdolabı için yapılan karşılaştırmalı çalışmada [5], buhar sıkıştırımlı tipte olanın maliyet ve işletme açısından daha uygun olduğu fakat diğerlerine göre daha gürültülü olduğu tespit edilmiştir. Termoelektrikli mini buzdolabının COP'sinin absorpsiyonlu mini buzdolabına göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Yüksek soğutma yükleri için uygun değildirler. Buhar sıkıştırımlı soğutma sistemleri ile rekabet etmeli mümkün görülmemektedir.

Şu an için pahalıdır.

DC besleme gerektirir.

### 1.6.2.3 Termoelektrik Soğutucuların kullanım alanları

Termoelektrik soğutucular yukarıda belirtilen avantajlarından dolayı, tıbbi cihazlardan günlük hayatta kullandığımız bir çok cihaza kadar birçok uygulamada yer bulmuştur. Tablo2'de termoelektrik soğutma ürünlerinin kullanım alanları ve uygulamaları verilmiştir

**Tablo 2.** Termoelektrik soğutmanın kullanım alanları ve uygulamaları

Askeri/Uzay araştırmaları	Elektronik soğutma, soğutulan elbise, taşınabilir soğutucu, kızılötesi sensorların soğutulması, lazer diyotların soğutulması, telsiz istasyonları için kabin soğutma, uzay teleskoplarında.
---------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Bireysel	Dinlenme taşıt soğutucuları, mobil ev soğutucuları, araba soğutucuları, taşınabilir piknik soğutucuları, bira, şarap veya su soğutucuları, içecek kutuları soğutucusu, motorsiklet kasketi soğutucusu, taşınabilir insulin soğutucusu.
Laboratuar ve bilimsel cihazlar	Kızılötesi sensorların soğutulması, lazer diyod soğutucuları, CCD soğutucusu, entegre devrelerin soğutulması, vidicon tüpü soğutucusu, laboratuar soğuk plaka, karıştırıcı soğutucu, soğuk oda, donma noktası referans banyosu, mikrotome soğutması, elektroforesis hücre soğutucusu.
Endüstriyel sıcaklık kontrol	NEMA (ABD elektrik cihazları üreticileri birliği) ortamları, kritik elemanları sert çevre şartlarından korunması, PC mikroişlemcileri, mikroişlemcilerin ve bilgisayarların numerik kontrollerinde ve robotiklerde, yazıcı ve fotokopilerde mürekkep sıcaklığının dengelenmesi, CCD kameralarda.
Resturant cihazları	Krema dağıtıcısı, çırpılmış krema dağıtıcısı, tereyağı dağıtıcısı
Çeşitli amaçlar	İlaç soğutucular (taşınabilir veya sabit), otel odaları soğutucuları, otomobil mini soğutucuları, otomobil koltuk soğutucuları, uçak içme suyu soğutucuları, yolcu otobüsü soğutucuları, gemi soğutucuları, karavan soğutucuları, kamyon soğutucusu, DNA döngülerinde, tıbbi teşhis cihazları, mesaj veya tedavi amaçlı sıcak/soğuk yataklarda.

### 1.6.3. Manyetik Soğutma Sistemi

Temeli manyetokalorik etkiye dayanır. Manyetik malzemeye manyeto vererek soğutulur. Manyetik malzemeye manyetik alan uygulandığında veya manyetik alan kaldırıldığında sıcaklık değişimi olur. Isınma ve soğuma işlemlerinde ısı çekilerek soğutma elde edilebilir. İyi bir manyeto elektriğe sahip malzeme çok nadir bulunur. Kullanılan fenomanyetik malzemeler; Gadolinum(Gd) ve alaşımları , Gd<sub>5</sub>(GexSiy) ,MnAs( magnezorselik

Ve benzeri alaşımlar .

Manyetik Soğutmanın Kullanıldığı Yerler ve Uygulama Alanları:

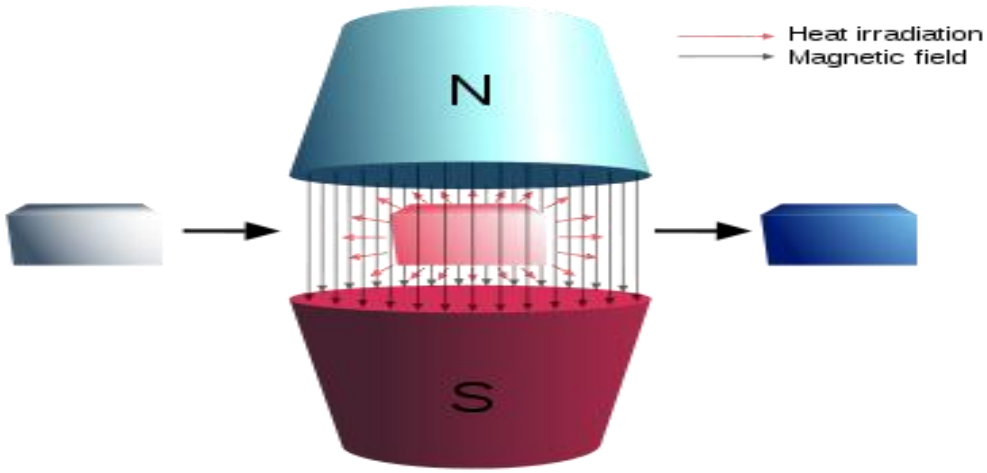
Gazların sıvılaştırılmasında

Kriyojenik soğutmada

Oda sıcaklığında , ticari amaçlı ve sanayi soğutmasında kullanılacak potansiyele sahiptir.

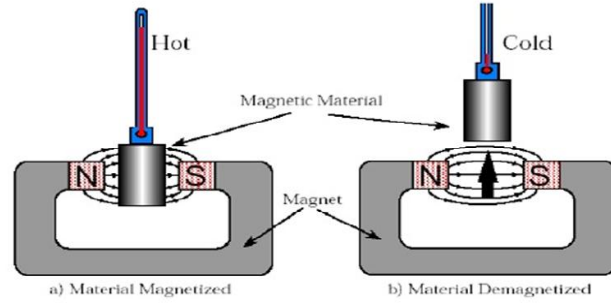
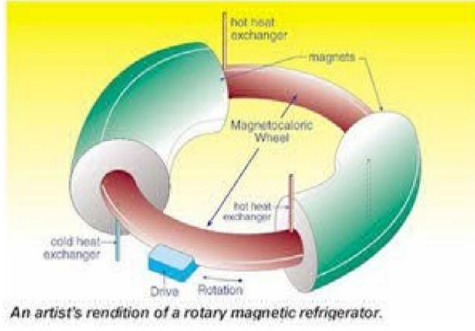
İklimlendirme işlemlerinde kullanılır.

İlk olarak 1881 yılında keşfedilmiş 1920 yılında soğutma amaçlı çalışmalar yapılmıştır.



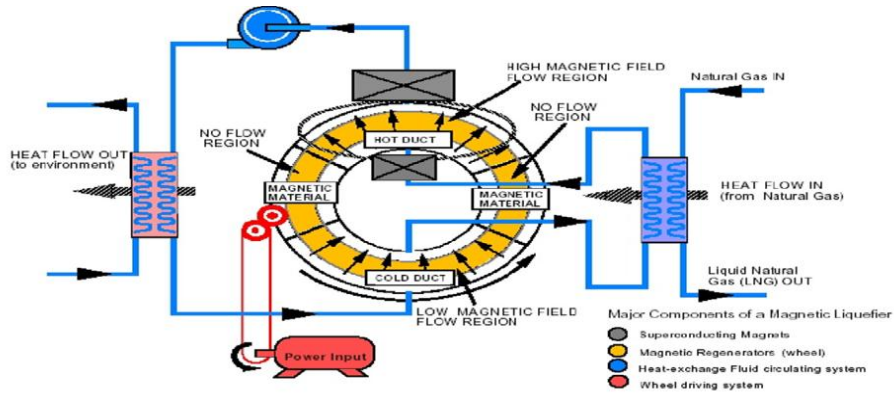
**Şekil 1.3:** Manyetik soğutma

Bu soğutma yöntemi manyetokalorik etki temeline dayalıdır. Manyetokalorik etki ilk kez 1881 yılında demir üzerinde yapılan çalışmalar sırasında, adyabatik koşullar altında, bir dış manyetik alan içine giren bir manyetik malzemenin sıcaklığının arttığını; manyetik alan dışına çıkınca ise sıcaklığında azalma meydana geldiği Warburg tarafından keşfedilmiştir. Manyetokalorik özelliğini taşıyan malzemeler ile çalışılıp manyetik soğutma, helyumun sıvılaştırılması gibi, düşük sıcaklık alanlarında kullanılmıştır. Son yıllarda kalıcı mıknatısların geliştirilmesi ve oda sıcaklığı yakınlarında üstün manyetokalorik etki gösteren malzemelerin üretilmesi ile birlikte, manyetik soğutucuların buzdolabı ve klima gibi yaygın ticari uygulaması olan alanlarda kullanımları söz konusu olmuştur. Daha sonraları kalıcı mıknatısın yarattığı bir manyetik alan içinde dönen bir manyetokalorik yatağın oluşturduğu bir Aktif Manyetik Rejeneratör ile ilk oda sıcaklığında çalışan manyetik soğutucu üretilmiştir.



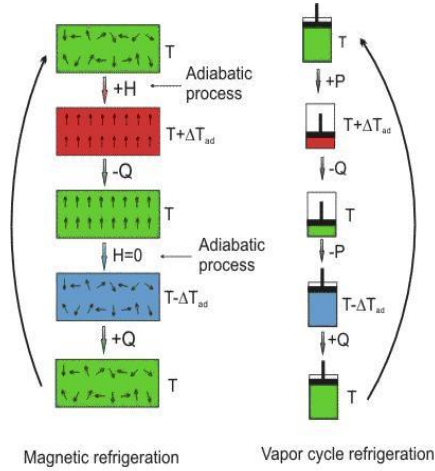
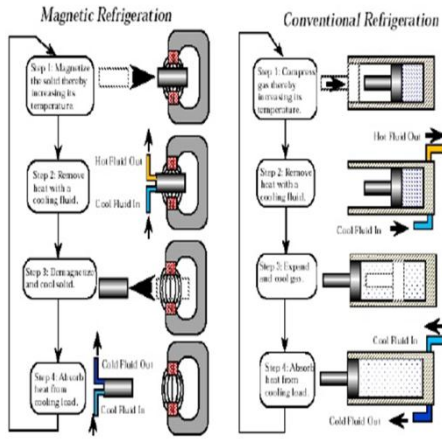
Şekil1. Aktif Manyetik Rejeneratör

1. Mıknatıslar
2. Sıcak Eşanjör
3. Soğuk Eşanjör
4. Sürücü
5. Manyeto kalori tekerlek



Şekil 2. Doğal gazın sıvılaştırılması için Aktif Manyetik Rejeneratör sistemi

Aktif Manyetik Rejeneratör sisteminin çalışma prensibinin ve normal buhar döngülü soğutucu ile karşılaştırmasını aşağıdaki şekilde gösterir isek;



- Adyabatik manyetik alan uygulaması: Sistemin çevre ile ısı izolasyonu yapılarak sisteme dışarıdan bir manyetik alan uygulanır. Bu alan başlangıçta düzensiz dağılmış moleküllerin manyetik alana göre dizilimlerini sağlar. Manyetik alan nedeni ile entropi ve ısı kapasiteleri azalan moleküllerin (ya da atomların) sıcaklığında bir artış olur.
- İzomanyetik entalpi transferi: Bu basamakta dışarıdan uygulanan manyetik alan sabit tutularak sistemden su veya helyum gibi bir akışkan geçirilerek Q kadar ısı uzaklaştırılır.
- Adyabatik demanyetizasyon: Başlangıç sıcaklığına soğutulmuş maddenin çevreden tekrar izolasyonu sağlandıktan sonra önceki basamaklarda kesintisiz uygulanan manyetik alan kesilir. Bu da ikinci basamağın tam tersi etki ile entropi ve ısı kapasitesinde artmaya ve bu nedenle de sıcaklık düşmesine neden olur. Buradan sonra sistem başa döner tabii eğer sisteme dışarıdan bir ısı akışı olursa. Dışarıdan sızan enerji sistemin basa dönmesini sağlar.

Not: Buzdolabının kapagi hiç açılmazsa ve mükemmel bir izolasyonu varsa motor çalışmak zorunda kalmaz. Bu da onun gibi.

## Manyetik Soğutucuların Kullanım Alanları

### 1. Gaz Sıvılaştırma

- Hidrojen 20 K
- Doğalgaz (metan) 109 K
- Propan 231 K
- Amonyak 240 K
- Bütan 273 K

### 2. Oda Sıcaklığı Altında Soğutma

- Süpermarket soğutucuları, gıda işleme fabrikaları, donmuş sebzeler, meyve, et, süt ürünleri 265 K
- Soğutma 275 K
- Kimyasallar (Cl<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, etilen, polietilen) 170-250 K
- Klima/Isı pompaları (Binalar, otolar, evler) 288-300 K

### 3. Endüstriyel Düşük Seviye Isı

- Şeker arıtma, içki damıtma 300-470 K

### 4. Ziraat

- Tahıl kurutma 295-315 K

### 5. Atık Ayıklama ve İşleme

- Kimyasallar 70-370 K
- Nükleer 250-370 K
- Ziraat 70-295 K

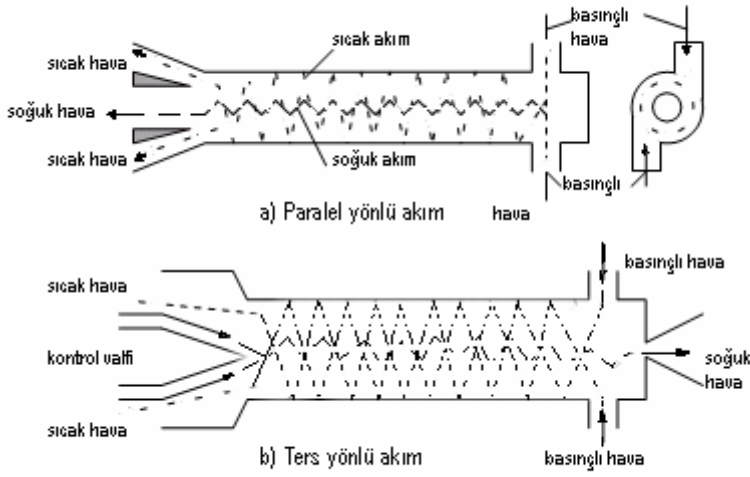
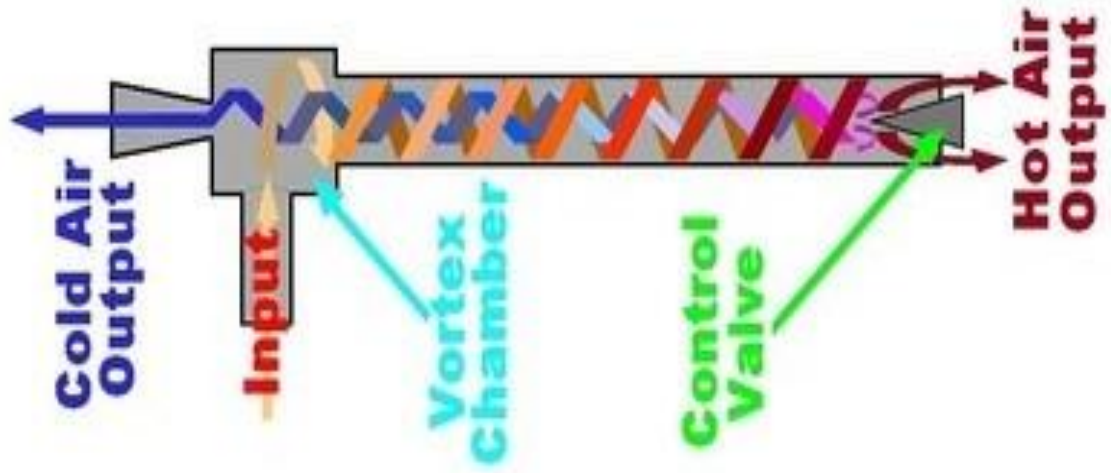
## 1.6.4. Vorteks Tüpü

Şekil 3'de gösterilen hareket parçası bulunmayan, basit bir borudan(tüp) ibaret olan bir soğutma şekli, bulucusu George Ranque (1931) ve geliştiricisi Rudoph Hilsch 'in adlarıyla da anılır ( Ranque Tüpü veya Hilsch Tüpü ) . Boruya , dışarıdan teğetsel şekilde verilen basınçlı gaz ses hızına yakın bir hıza ulaşır ve boruyu terk ederken dış zarfa yakın kısımda sıcak, çekirdek (eksene yakın ) kısımda ise soğuk akımlar haline geldikten sonra; boruyu terk ediş yönüne göre " Aynı Yönlü Akım" ve " Ters Yönlü Akım " adlarıyla anılır. Bu soğutma çevriminde oldukça düşük sıcaklıklar elde edilmektedir.

Örneğin 7 Atü giriş havası ile çalışan ve yarısı soğutmak diğer yarısı ısıtmak üzerine ayarlanan bir vorteks tüpünde soğutulan hava (-34 °C )'ye düşerken ısıtılan kısımdaki sıcaklık (+33 °C )'ye çıkmaktadır.

Vorteks tüplerinin birçok avantajlara sahip olmaları , bunları endüstriyel uygulamalar için cazip yapmaktadır. Kompaktlık, güvenilirlik ve düşük cihaz maliyetinin temel faktörler olduğu alanlarda vorteks tüpleri birçok uygulama alanı bulmaktadır. Bu uygulama alanları aşağıda belirtilmiştir:

- Isıtma ve soğutma uygulamaları,
- Gazların sıvılaştırılması,
- Gaz karışımların ayrıştırılması,
- Gazların kurutulması,
- Kimyasal endüstride kullanım,
- Elektrik üretimi,
- Kar üretimi,
- Medikal uygulamalar,
- Diğer uygulama alanları,



Vorteks Tüpü Çeşitleri

Şekil 1.4. Vorteks Tüpleri

## VORTEX TÜPLERİ

### NEDİR – NEDEN KULLANILIR?

Vortex Tüpleri, standart bir basınçlı hava beslemesiyle çalışan cihazlardır. Vortex tüpüne giren hava iki parçaya ayrılır. Tüpün bir ucundan soğuk, diğerinde de sıcak hava akımı çıkar. Bu işlem için hiç bir hareketli parça kullanılmaz.

Vortex tüplerinin sıcak olan kısımlarında ayarlanabilir bir vana bulunur. Bu vana sayesinde soğuk hava akışının miktarı ve sıcaklığı ayarlanır. Vana kısıldığında sıcak hava akımı da soğuk hava çıkışından dışarı çıkar. Vortex tüplerimizin, ayar gerektirmeyen ve sabit soğuk hava oranlı çeşitleri de bulunmaktadır.

Tüpün içinde; pirinç malzemeden üretilmiş ve değiştirilebilir bir üretkeç bulunur. Üretkeç; tüpün içine giren havanın akımlara ayrılmasını ve soğuk - sıcak hava çıkışlarında istenilen sıcaklık dengesini kurmanızı sağlar. Basınçlı havayı kapasitesine göre bir çok üretkeç vardır. Temelde üretkeçler ikiye ayrılırlar. **C Tipi** (en düşük sıcaklıklarda hava veren) **üretkeçler**, oldukça düşük sıcaklıklarda hava üretmek için kullanılırlar. **H tipi** (yüksek soğutma etkisi yaratan) **üretkeçler**, çok yüksek soğutma etkisi sağlamak için kullanılırlar.



### DİĞER ÜRÜNLERLE KARŞILAŞTIRILMASI

Vortex Tüpleri paslanmaz çelikten, üretkeç ve valfleriye pirinçten üretilmiştir. Bir çok farklı çalışma ortamında kullanılabilmesi için sızdırmazlık elemanı olarak Viton O-Ring kullanılmıştır. Bu da piyasadaki diğer tüplere göre daha uzun ömürlü ve tutarlı olmasını sağlar. Bununla birlikte, rakip eşdeğer ürünlerin aksine yüksek dış ortam sıcaklıklarında OLDUĞU GİBİ kullanılarak ek maliyet yaratmazlar.

Pek çok rakibimiz plastik üretkeçler ve standart Buna-N O-Ringler kullanırlar. Pirinçten üretilmiş, yüksek derecelere dayanıklı O-Ringler için ek ücret talep ederler. Özgün tasarımı ve kaliteli malzemeleri sayesinde, hiç bakıma ihtiyaç duymadan yıllarca çalışabilirler.

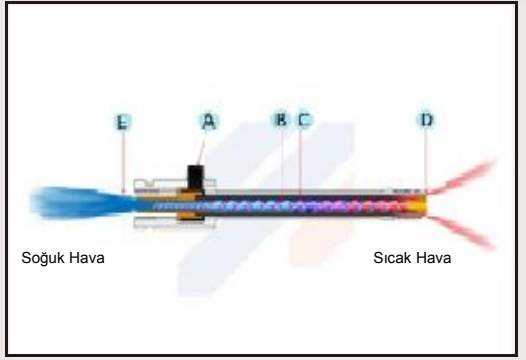
### AVANTAJLARI

- ▶ Hareketli parça içermez
- ▶ Elektrikle değil havayla çalışırlar
- ▶ Küçük ve hafiftirler, taşınabilirlerdir
- ▶ Diğer ürünlerle kıyaslandığında düşük maliyetlidirler.
- ▶ Üstün tasarımı ve verimlidirler
- ▶ Bakıma ihtiyaç duymadan çalışırlar
- ▶ Uzun ömürlü paslanmaz çelikten ve metal parçalardan yapılmıştır, ucuz plastik parçalar içermez
- ▶ Sıcaklık ayarı yapılabilir
- ▶ Üretkeçler değiştirilebilir

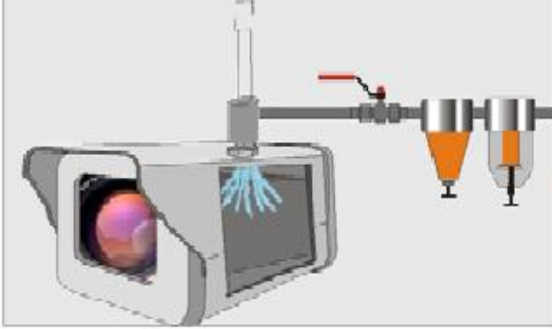


## VORTEX TÜPLERİ NASIL ÇALIŞIR

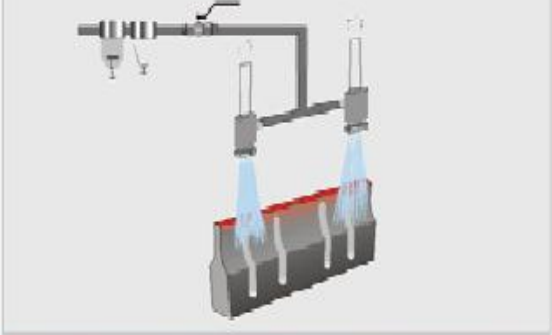
Basınçlı hava, A noktasından girer. Hava, tüpün içindeki üretkeç yardımıyla kendi etrafında dönmeye başlar. Sıcak havanın dışarı çıktığı sıcak uç boyunca ilerleyen hava, daha sonra ters tarafa doğru döner ve birbirinin tersi yönde ilerleyen iki hava akımı [(B) ve (C)] oluşturur. Sıcak uca doğru ilerleyen hava akımı ısınır ve D noktasından dışarı atılır. Orta bölümdeki hava soğuyarak E noktasından dışarı çıkar. Sıcaklık ve kapasite D noktasındaki tıkaçla ya da farklı üretkeçlerin kullanımıyla ayarlanabilir.



**Alan sıkıntısı ve kamerayı soğutmada su kullanılmaması yüzünden, 50025H model bir Vortex tüpü kullanılarak kameranın kasası soğutuluyor.**

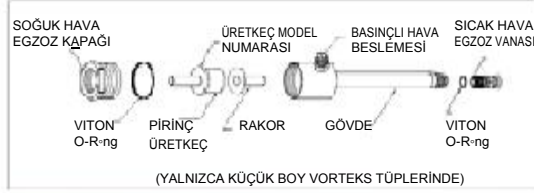


**50030H model 2 Vortex tüpü ve bir 55002 Model Susturucu, Ultrasonik bir kaynak boynuzunu soğutuyorlar.**



## VORTEX TÜPÜ DENEME SETLERİ

Ufak ve orta boyda olmak üzere iki tür deneme seti vardır. Uygulamada hangi boy ve kapasitede tüplerin kullanılacağını belirlemek için kullanılan setlerin içinde gerekli tüpler, uygun boyda üretkeçler, soğuk hava çıkışı için susturucu, otomatik tahliyelı filtre bulunur.



## VORTEX TÜPLERİNDE AKIŞ HIZI VE SICAKLIĞIN KONTROL EDİLMESİ

Bir Vortex tüpündeki akış hızı ve sıcaklık, birbirinden etkilenen değişkenlerdir. Sıcak uçtaki vana açıldığında, soğuk uçtaki hava akışı azalır ve sıcaklık düşer. Vana kapatıldığında soğuk hava çıkışındaki hava akışı artar ve sıcaklık yükselir. Toplam giren havanın soğuk uçtan çıkan yüzdesine "soğukluk oranı" denir. H üretkeci kullanıldığında; içeri giren havanın sıcaklığına bağlı olarak elde edilen %60 - %80 soğutma oranı, en uygun soğutma etkisini yaratan akış ve sıcaklığı sağlar. Düşük soğutma oranları daha soğuk hava üretmelerine rağmen, hava akışının düşmesi nedeniyle yeterince soğutma sağlayamazlar. Bir çok endüstriyel uygulamada, gerekli soğutma için %60-%80 soğutma oranına ve H üretkecine ihtiyaç duyulur.

Laboratuvar tüplerinin soğutulması, devre kartlarının soğutulması gibi soğuk işlem gerektiren bazı uygulamalarda C tipi üretkeç kullanılır. Bunun nedeni, soğuk uçtaki akışın aza indirgenerek çok düşük sıcaklıkların elde edilebilmesidir.

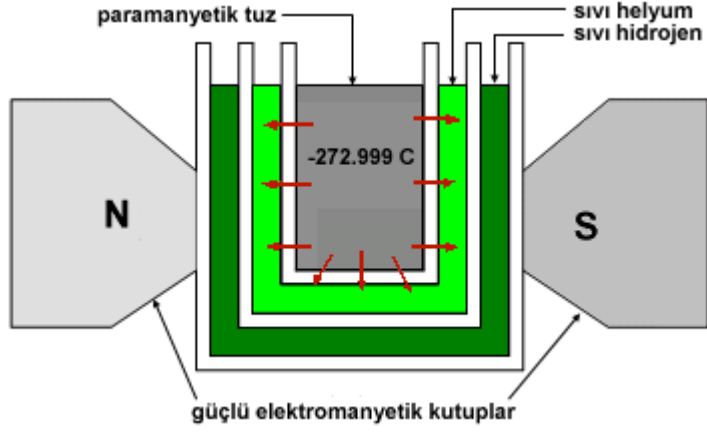
Vortex tüpünün istenilen sıcaklığa ayarlanması için, soğuk uca bir termometre yerleştirin ve sıcak uçtaki vanayı ayarlayın. Dış ortam sıcaklığı ve soğuk hava arasındaki fark 50°F (28°C) olduğunda en uygun soğutma etkisi elde edilir. Bu şartlar, dış ortam sıcaklığına ve kompresörün basınçlı hava çıkış sıcaklığına göre değişebilir.

### 1.6.5. Paramagnetik Soğutma

Mutlak sıfır sıcaklığa yakın seviyelerdeki sıcaklıklara ulaşılmasını sağlamak amacıyla araştırmalar tarafından kullanılan bir soğutma şeklidir. Parametrik maddeler basit olarak " mıknatıs tarafından çekilemeyen maddeler " şeklinde tarif edilebilir. Bir parametrik madde (parametrik tuz) önceden aşırı derecede soğutulduğunda, diğere maddelerde olduğu gibi moleküllerin ısı iletişimi çok azalır. Bu konuda şiddetli bir manyetik alana sokulduğunda, paramagnetik tuz moleküllerinin eleman ter birer magnet duruma geldiği düşünülebilir.

Bunu takiben, paramagnetik maddeye uygulanan magnetik alan kaldırıldığında, ısı alış verişini olmadığından (adyabatik soğutma durumu ) paramagnetik tuzun sıcaklığı aşırı derecede düşmektedir. Deneylerle bu şekilde 0.001 K sıcaklıklara ulaşılması mümkün olmaktadır. Bu olayı, moleküler seviyede bir sıkıştırma çevrimine benzetmek mümkündür. Şöyle ki, uygulanan şiddetli manyetik alan moleküllerin magnetik alan sıkışmasına yol açmakta ve molekül ısı çevredeki Helyum ve Hidrojen tarafından alınmaktadır. Magnetik alan kaldırıldığında moleküller üzerindeki magnetik baskının azalması sonucu, aynen buhar sıkıştırma çevriminde genişleme valfinden sonra olduğu gibi, sıcaklık daha alt seviyelere düşmektedir.

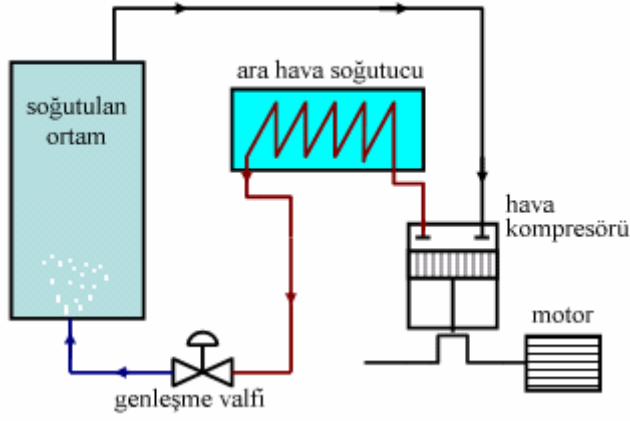
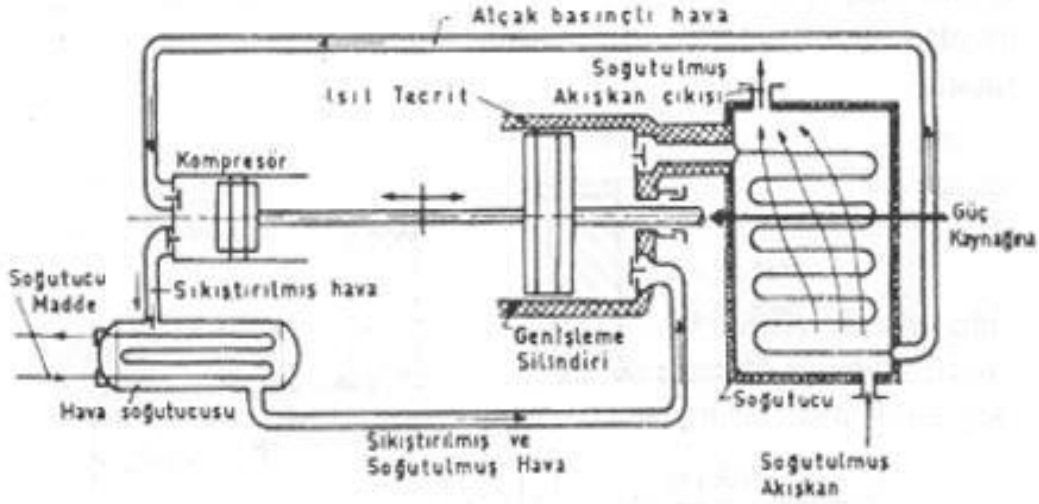
Bu soğutma işleminin yapılmasında, Paramagnetik tuzun ön soğutması sıvı, Hidrojen ve sıvı Helyum 'un buharlaşması suretiyle sağlandıktan sonra kuvvetli bir manyetik alan oluşması elektro mıknatısla sağlanmakta ve manyetik alan ani olarak kaldırılıp paramagnetik tuzun sıcaklığının düşürülmesi sağlanmaktadır. Özellikle madenlerin mutlak sıfır sıcaklık civarındaki ısı ve elektriksel iletkenliklerinin araştırılmasında bu soğutma yönteminden yararlanılmakta, endüstride, tıp, tarım ve günlük yaşantımızda kullanılan maddelerin ve olayların geliştirilmesinde önemli yararlar sağlamaktadır.



Şekil 1.5 : Paramagnetik Soğutma

#### 1.6.6. Hava Soğutma Sistemi (Gazların genişletilmesi ile soğutma çevrimi)

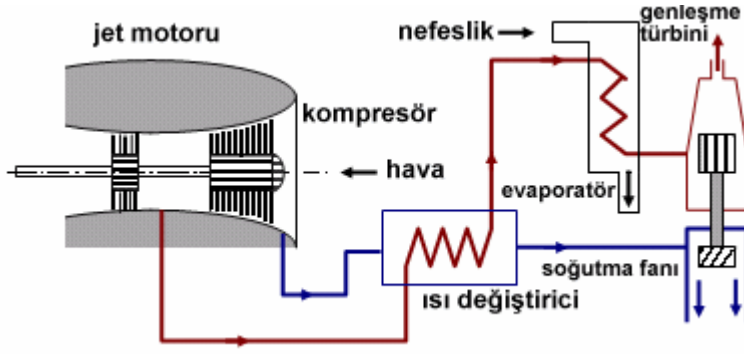
Diğer soğutma çevrimlerinden farklı olarak hava soğutma çevriminde, soğutucu akışkan tüm sistemlerde daima gaz halinde kalır ve hiç sıvılaşmaz. İdeal hava soğutma çevriminin en basit şekli esas olarak Joule Brayton çevriminin tersi olan çevrimdir. Hava soğutma çevrimi "açık sistem" veya "kapalı sistem" prensibine göre çalışır.



**Şekil 1.6:** Hava Soğutma Sistemi

Burada genişleme silindiri hem kısılma vanası görevini hem de kompresör içini sıkıştırma gücünün bir kısmını temin etmekte ve böylece güç gereksinimi azalmaktadır. Hava soğutma çevriminin yukarıdaki şekliyle uygulanması, düşük verim elde edildiğinden artık kullanılmamaktadır. Bunun yerine, son yıllarda uçakların yolcu hacimlerini klimatize etmek üzere sistemler kullanılmaktadır.

Gerek donanımın hafif olması gerekse soğutucu madde görevi yapan havanın tüm çevrim de gaz halde bulunması bu sisteme özellik vermektedir.



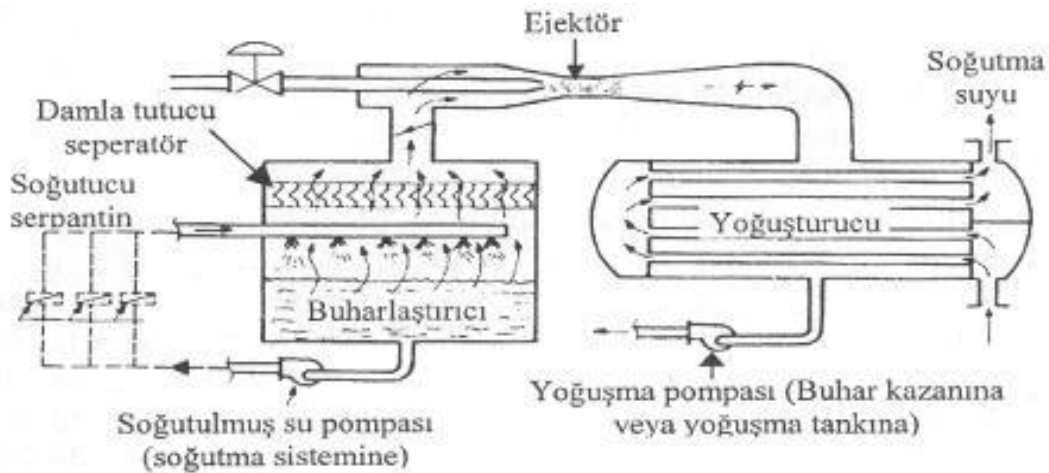
**Kapalı çevrim hava soğutma çevrimi (Uçaklarda kabin soğutma)**

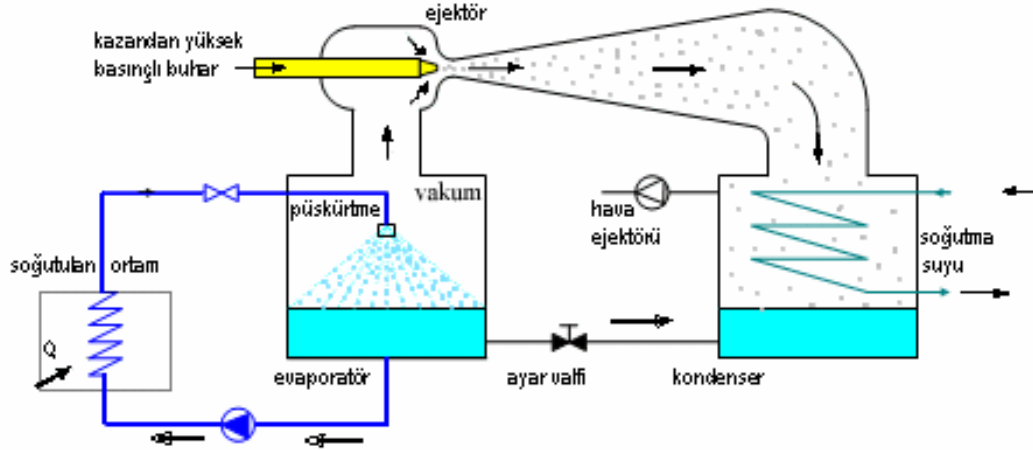
### 1.6.7. Buhar – Jet (Ejektör ) Soğutma Sistemi

Buhar-Jet soğutma sistemi, yüksek vakum altında ve düşük sıcaklıkta suyun buharlaştırılması prensibi ile çalışan bir sistemdir. Bu prensiple çalışan makinelerin en tanınmış "Westinghouse-Leblanc" sistemidir.

Buhar ejektöründen 1-3 ata basıncındaki atık buharın 1200 m/s hızla geçirilmesi ile buharlaştırıcı içinde yüksek değerde vakum elde edilir. Meydana gelen vakum etkisiyle soğutma tankı içinde bulunan sıvının bir kısmı buharlaşır. Buhar haline geçmek içinde gerekli ısıyı geri kalan sıvıdan temin ettiği için soğutma tankında bulunan sıvı soğumaya başlar. Buharlaşan sıvı, ejektörden geçen buhar ile beraber karışarak vakum altında çalışan yoğuşturucuya geçer.

Soğutma tankının altında bulunan soğutulmuş sıvı da, sıvı pompası aracılığı ile soğutma h¼cresinden dolaştırılıp, tekrar soğutma tankında soğutulmak üzere, tank içinde p¼lverize edilir. P¼sk¼rtmeden amaç, sıvının temas alanının artırılması ve buharlaşmaya yardımcı olması gayesiyle yapılmaktadır.





**Şekil 1.7:** Buhar- Jet Soğutma Sistemi

Yoğuşturucu vakum altında tutulması gerektiğinden, yoğuşturucunun alt tarafı bir pompa ile bağlanmıştır. Yoğuşturucuda yoğuşan sıvı, yoğuşma pompası aracılığıyla emilir. Buradan emilen sıvının sıcaklığı,soğutma suyu sıcaklığından 10 derece daha yüksektir.Bu nedenle pompanın bastığı sıvı,bir ara soğutucuda,soğutma suyu aracılığıyla soğutulur.Soğutma tankında buharlaşan suyu tamamlamak üzere şamandıranın yanına verilir.Ejektörleri,seri halde bağlanarak daha yüksek kapasiteli soğutma sistemleri yapılmıştır.Atık buharın soğutma suyunun bol olduğu yerlerde,klima tesislerinin soğutma sistemlerinde kullanılması tercih edilmektedir.Tehlikesiz,kullanılması kolay ve az bakım gerektiren soğutma sistemidir.Son yıllarda bu sistemlerin seri bağlanması sonucunda,çok yüksek kapasiteli soğutma sistemleri yapılmıştır

### 1.6.8. Evaporatif ( Nemlendirici, buharlaştırıcı ) Soğutma

Buharlaşmalı soğutma basit bir prensibe dayanır. Havanın içine püskürtülen suyun buharlaştırılması için gerekli olan buharlaştırma gizli ısı havanın duyulur ısısından alınır. Sonuçta havanın kuru termometre sıcaklığı düşürülerek soğutma elde edilir. Bu işlemde havanın yaş termometre sıcaklığı sabit kalmaktadır. Bu işlem sabit entalpide meydana geldiğinden adyabatik işlemdir. Çünkü sisteme ne dışarıdan ısı verilmekte ne de sistem dışarıya ısı vermektedir. Sistem içinde işlem boyunca sadece bir ısı alışverişi vardır. Aynı oranlarda duyulur ısı azalmakta, gizli ısı artmaktadır.Bu soğutma tekniği yıllarca kullanılmıştır. Sıcak ve kuru bir günde avluda yer sulandığında havayı daha soğuk ve kısmi bir serinlik hissetmemiz buharlaşmalı soğutmanın etkisindedir.

Hava içerisine püskürtülen veya havanın su ile ıslanmış bir yüzeyden geçerken teması sonucunda buharlaşan suyun, havadan buharlaşma ısısını çekmesi sonucu meydana gelen sıcaklık düşmesine buharlaşmalı soğutma veya "evaporatif soğutma" denir. Evaporatif soğutma sistemleri, bilinen en eski soğutma sistemlerinden biridir. Mekanik soğutma sistemlerindeki gelişmelerden dolayı geçmiş yıllarda fazla tercih edilmemiştir. Fakat son yıllarda enerji maliyetlerindeki artışlar, iç hava kalitesindeki iyileştirme istekleri (daha fazla taze hava), freon gazlarının ozon tabakasındaki tahribatı, evaporatif soğutma sistemlerinin tekrar gündeme gelmesine neden olmuştur.

Evaporatif soğutma sistemleri; konfor iklimlendirmesi yanında tekstil fabrikalarında, güç santrallerinde, dökümhanelerde, fırınlarda, depolarda, otel mutfaklarında, atölyelerde konfor ve proses şartlarını iyileştirmek, verimi arttırmak amacıyla yoğun olarak kullanılırlar.

Sistem son derece basittir. Bu nedenle de bakımı kolay ve bakım masrafları da düşüktür. Hareketli parça olarak fan ve su pompası vardır

Buharlaştırmalı soğutmaya olan ilginin artmasıyla bu sistemlerde bir çok yeni tasarımlar ortaya çıkmıştır. Bu çeşitliliğe rağmen buharlaştırmalı soğutma sistemleri üç ayrı sınıfa ayrılabilir.

- 1- Doğrudan buharlaştırmalı soğutma
- 2- Dolaylı buharlaştırmalı soğutma
- 3- Birleşik buharlaştırmalı soğutma

### **3.1.1. Doğrudan Buharlaştırmalı Soğutma**

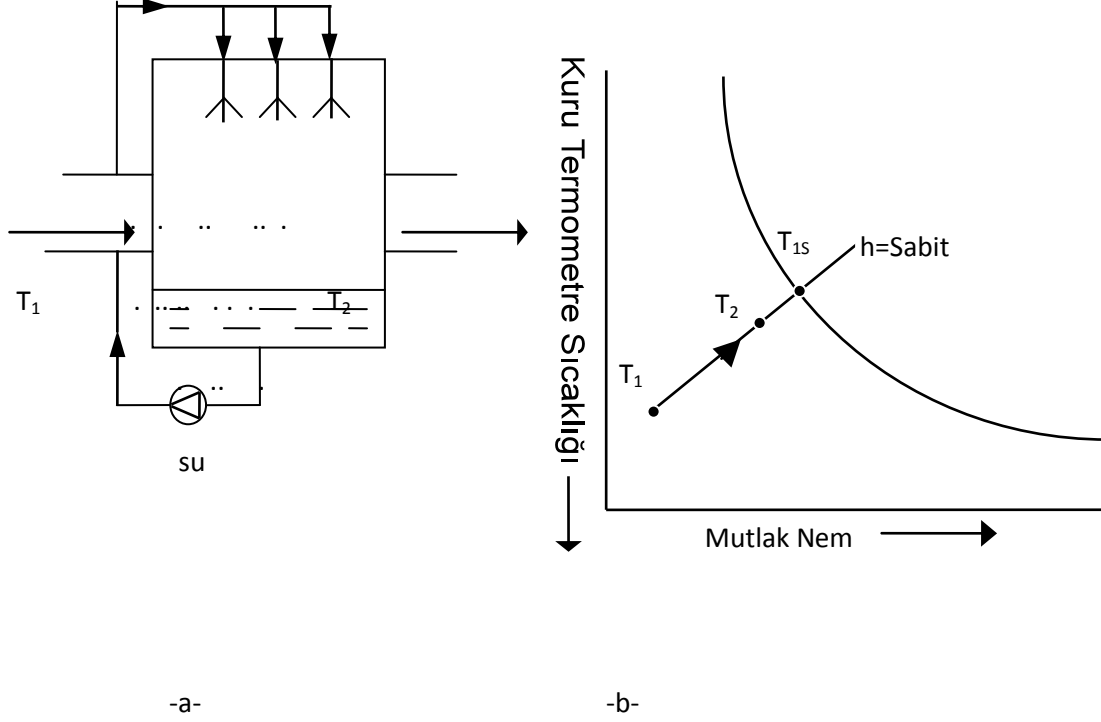
Doğrudan buharlaştırmalı soğutmanın temeli şekil.1' de şematik olarak verilmiştir. Burada su bir pompa yardımıyla fiskiyelere verilerek küçük zerrecikler halinde hava akımına tabi tutulmaktadır. Su zerreciklerinin buharlaşmasıyla hava akımı soğumaktadır. Su buharının eklenmesiyle nemli havanın gizli ısısı artmaktadır. şekil.1-b' deki psikrometrik diyagramda görüldüğü gibi bu izentalp işlem sabit yaş termometre sıcaklığı çizgisi boyunca olmaktadır.

şekil.1-b' den görüleceği gibi doğrudan buharlaştırmalı soğutmada çıkış havasının en düşük kuru termometre sıcaklığı ancak giriş havasının yaş termometre sıcaklığına eşit olabilir. Giriş ve çıkış sıcaklıkları kullanılarak buharlaştırmalı soğutucuların yani nemlendirici verimi tarif edilebilir. Bu nemlendirici verimi doyma verimi olarak da bilinir. Pratikte kullanılan nemlendiricilerin verimleri % 70-90 arasında değişmektedir.

Şekil.1-b esas alınarak nemlendirici verimi aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\varepsilon_N = \frac{T_1 - T_2}{T_1 - T_{1S}} \quad (1)$$

Burada  $T_1$  giriş havası kurutermometre sıcaklığını,  $T_2$  çıkışhavası kuru termometre sıcaklığını,  $T_{1S}$  giriş havası yaş termometre sıcaklığıdır.



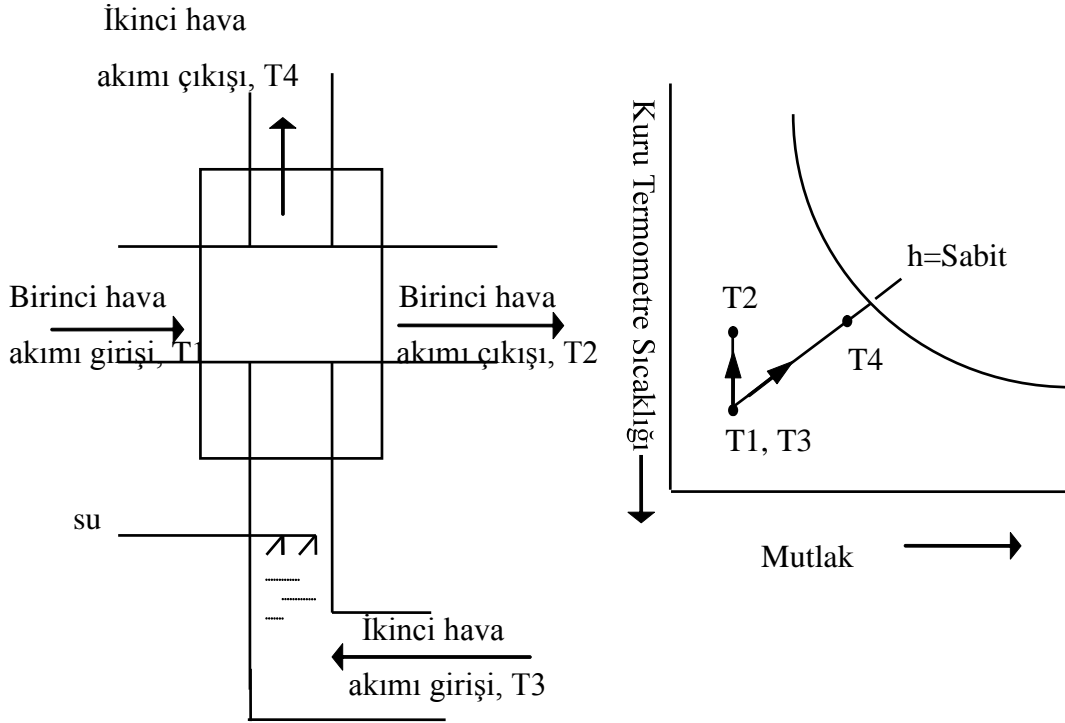
Şekil. 1. Doğrudan Buharlaştırmalı Soğutma Sistemi

### 3.1.2. Dolaylı Buharlaştırmalı Soğutma Sistemi

Dolaylı buharlaştırmalı soğutma sisteminin en büyük özelliği soğutma işlemi boyunca hava neminin artmamasıdır. Böyle sistemlerde iki hava akımı vardır. Birinci hava akımı soğutulacak mahale verilir. İkinci hava akımı ise birinci hava akımını soğutur. Birinci hava akımı ısı eşanjörünün bir tarafından geçerken soğur, doğrudan buharlaştırmayla soğutulan ikinci hava akımı ise eşanjörün diğer tarafından geçer. Şekil.2' de dolaylı soğutma sistemi şematik olarak ve psikrometrik diyagram üzerinde gösterilmiştir. Dolaylı soğutmada ulaşılabilecek minimum sıcaklık ikinci hava akımı yaş



termometre sıcaklığına eşit olabilir. Bu ancak nemlendirici ve eşanjör verimleri % 100 olması durumunda mümkündür.

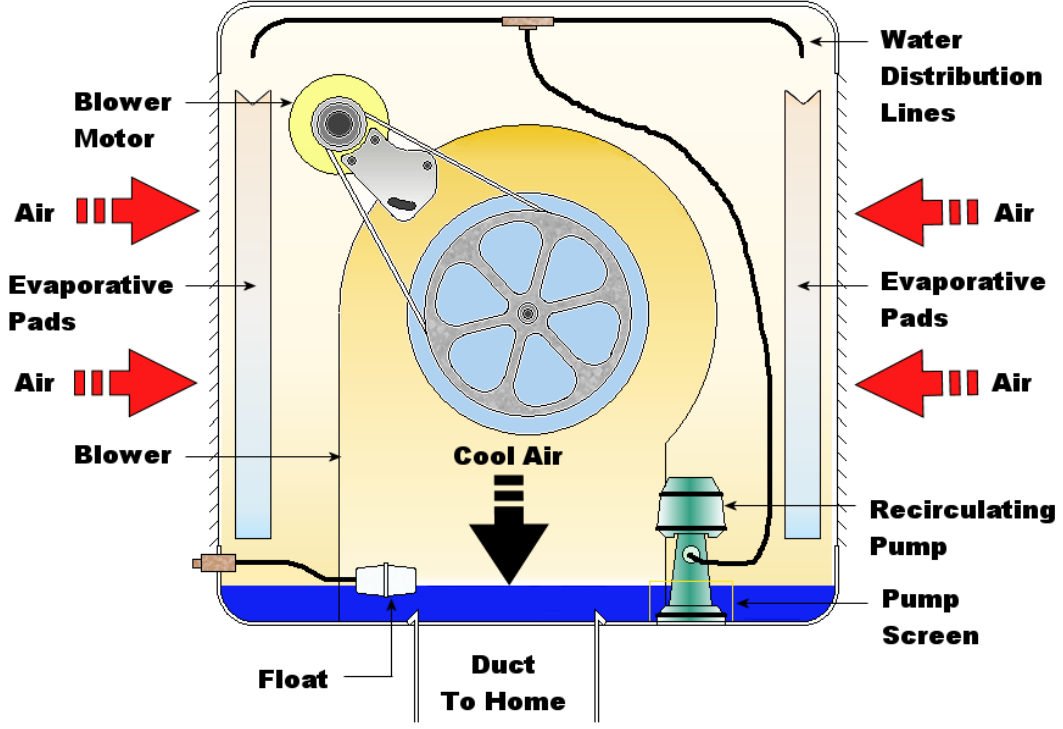


Şekil.2. Dolaylı buharlaştırmalı soğutma sistemi

Şekil.2. Dolaylı buharlaştırmalı soğutma sistemi

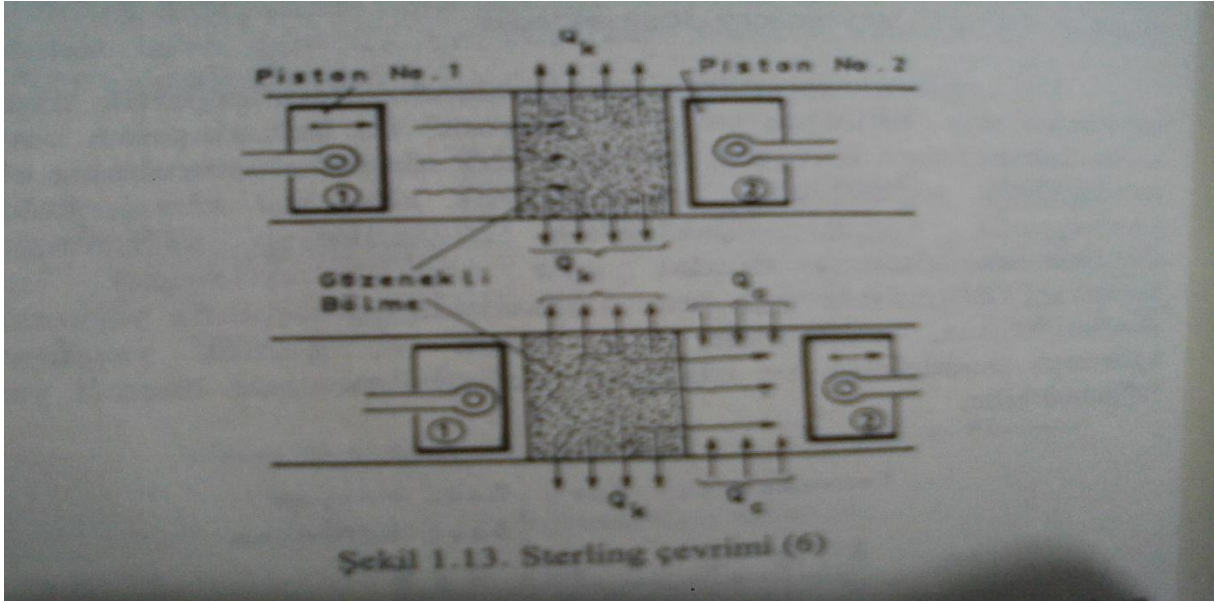
### 3.1.3. Birleşik Buharlaştırmalı Soğutma Sistemleri

Bu sistemler, hem doğrudan hem de dolaylı buharlaştırmalı soğutmadan değişik kademelerden yararlanılarak meydana gelmişlerdir. Bu tip sistemlere konvansiyonel soğutma sistemleri de eklenerek değişik kombinezasyonlar yapmak mümkündür.



### 1.6.9. Sterling Çevrimi

İlk defa 1816 yılında Robert Sterling tarafından keşfedilen bu soğutma çevrimi pistonlu bir buhar-sıkıştırma çevrimini andırmaktadır. Sterling çevrimi daha sonra John Herschel tarafından 1834 yılında soğutma tekniğine uygulanmış ve pratik değeri olan ilk makine 1845 yılında yapılmıştır. Bu sistem, bir silindir ile içerisine yerleştirilmiş ve birbirinden gözenekli ısı tutumu yüksek bir bölmeyle (regeneratör) ayrılmış iki pistondan meydana gelmiştir.



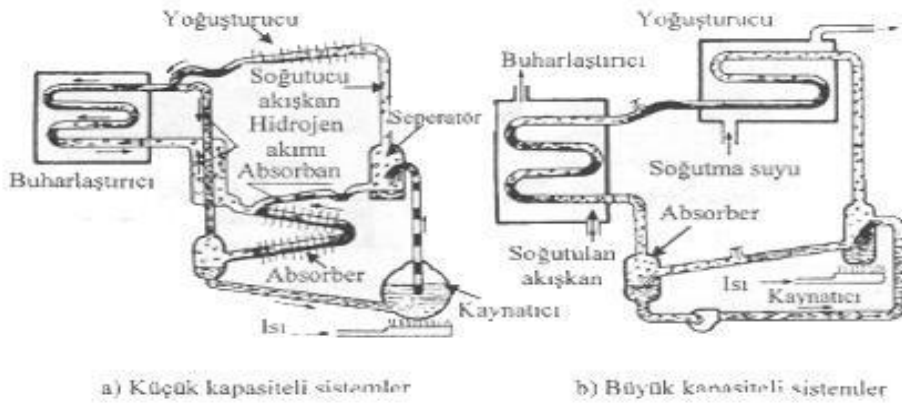
**Şekil 1.8:** Sterling Çevrimi

Sistem silindir hacminde soğutucu bir gaz ( Helyum, Hidrojen , vs. ) bulunmaktadır. Başlangıç durumunda 1 no lu piston hareket ederek silindir boşluğundaki gazı sıkıştırır. Gözenekli bölmeye nüfuz eden ısınmış gaz ısıyı buraya verir. Bu ısı dışarıdan uygulanacak bir soğutma ile (kondenserde olduğu gibi ) sistemden süratle uzaklaştırılmalıdır. 2 no lu pistonun silindir boşluğuna doğru ilerleyen basınçlı gaz, 2 no lu piston geriye doğru hareket ederken silindir boşluğunu doldurmaya devam eder. Bu durumda gaz civardan ısı almaya müsait durumdadır ve 2 no lu silindir cidarına verilecek ısıyı hemen alabilecektir. Soğutulmak istenen ortam ile ısı almaya müsait gaz arasında bir ısı geçişi sağlamak suretiyle soğutma işlemi yapılmış olacaktır. İkinci stok sırasında pistonlar aksi yöne doğru hareket etmekte olacak ve böylece ikinci bir soğutma işlemi sürdürülmüş olacaktır. Görüldüğü gibi, silindirdeki gazın atılması söz konusu olmamakta, oldukça karmaşık ve basit bir sistem oluşturulmaktadır. Aynı zamanda, gazın genişlemesi sırasında geriye doğru giden karşı pistonu genişleyen gaz yardımcı olmakta ve genişleme enerjisinden bir miktar yararlanılmaktadır. Ancak, bütün bunlara rağmen bu çevrimin performans katsayısı oldukça düşük seviyelerde kalmaktadır. Bunun nedenleri, ısı alış verişinin süratle yapılmasına uygun malzemenin bulunamayışı, gözenekli bölmede kalan ısının ters yöndeki hareket sırasında tekrar soğuk gaz tarafından geri alınması gibi nedenlere bağlanabilir.

### 1.6.10. Absorpsiyonlu Soğutma Sistemi

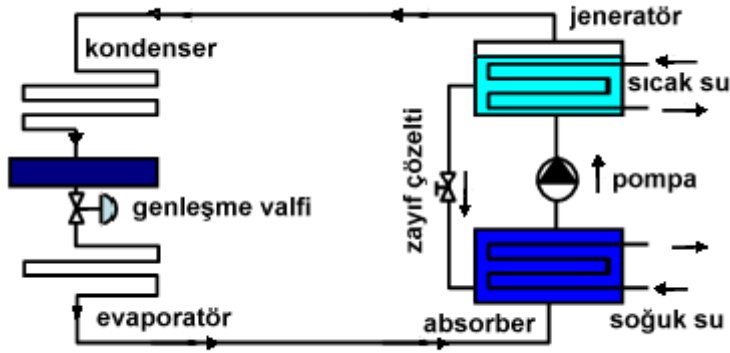
Amonyak suda çok çabuk eriyen bir maddedir. Ayrıca su ve amonyak karışımı 140 dereceye ısıtıldığı zaman, amonyak sudan tamamen ayrılır. Amonyakın bu özelliklerinden yararlanılarak, absorpsiyonlu soğutma sistemleri yapılmıştır.

Absorpsiyon prensibi, ilk defa Michael Faraday tarafından bir asırdan fazla zaman önce amonyakın yoğuşurma denemeleri sırasında keşfedilmiştir. Daha sonra 1862 senesinde Franz Carre tarafından yapımı gerçekleştirilen sistem, bugün artık buharın bol olduğu yerlerde kullanılmaktadır. Carre'nin geliştirdiği bu sistemde, mekanik enerji yerine, "ısıl enerji" kullanılmıştır. Absorpsiyonlu soğutma sistemi ile buhar sıkıştırılmalı mekanik soğutma sistemi arasındaki tek fark kompresördür. Absorpsiyonlu sistemlerde, kompresör görevini kaynatıcı ve absorberden oluşan ısı eşanjörleri grubu gerçekleştirmektedir. Her iki sistemde de bir yoğuşturucu, bir kısılma vanası ve bir buharlaştırıcı bulunmakla beraber, absorpsiyonlu sistemde bunlara ilave olarak; absorber, pompa ve kaynatıcı bulunmaktadır.



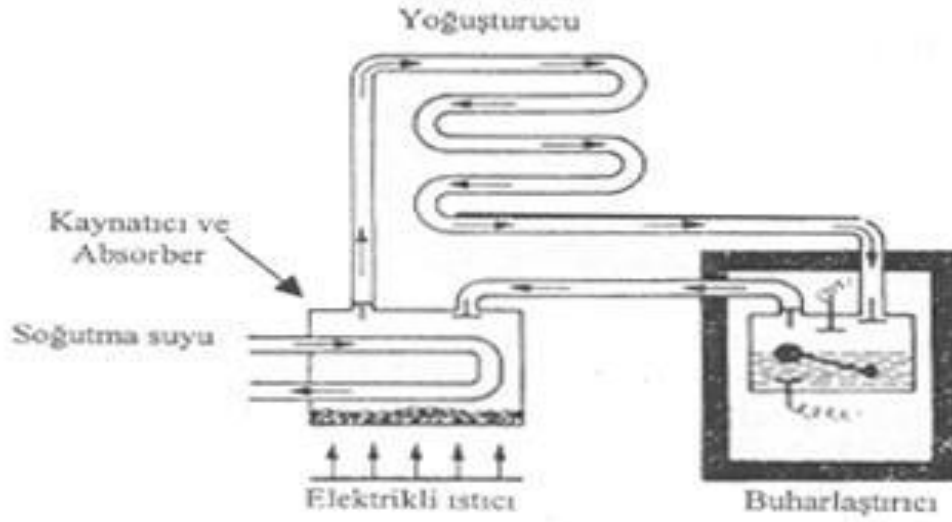
Şekil 1.9: Absorpsiyonlu soğutma sistemleri

Buharlaştırıcıdan gelen soğutucu akışkan buharı, içinde absorbent bulunan bir hücreye girerek absorbent tarafından emilir. Soğutucu madde ile zenginleşen karışım kaynatıcı bölüme sevk edilerek burada ısıtılır ve soğutucu madde daha yüksek basınca buharlaştırılır. Absorbent zayıf eriyik durumunda tekrar absorbere dönerek soğutucu maddeyi emme görevini tekrarlar.



#### 1.6.11. Adsorpsiyonlu Soğutma Sistemi

Aktif karbon, silika-gel gibi maddelerin gözenekler,büyük miktarda gaz emerler.Bu gibi katı maddelerin bu özelliklerinden yararlanılarak adsorpsiyonlu soğutma sistemleri geliştirilmiştir.



**Şekil 1.10:** Adsorpsiyonlu Soğutma Sistemi

Sistem, bir kaynatıcı (aynı zamanda absorber) yoğusturucu ve bir buharlaştırıcıdan oluşmaktadır. Bu sistemde kaynatıcı içerisindeki su yerine, amonyağın emilmesini sağlayacak silika-gel bulunmaktadır. Kaynatıcı içerisine elektrikli ısıtıcılar ve soğutma serpantinleri yerleştirilmiştir. Kaynatıcının ısıtılması ile silika-gel ısınır ve emmiş olduğu amonyak buharlaşarak, silika-gel'in bünyesinden ayrılır. Belirli bir basınca ulaştığında çıkış valfini açarak yoğusturucuya geçer. Burada çevreye ısı vererek sıvı hale gelen amonyak, buharlaştırıcı içine akar. Bir süre sonra buharlaştırıcı içindeki şamandıra yükselerek, elektrikli ısıtıcı devresini kapatır. Soğutma suyu vanasını açar ve ısıtıcı soğumaya başlar. Ortamdan ısı çekerek buharlaşan amonyak, elektrikli ısıtıcı kapandığında absorber görevini üstlenen kaynatıcıdaki silika-gel tarafından emilmeye başlanır. Soğuyan kaynatıcı içerisindeki basınç düşümü sayesinde, amonyağın buharlaşması kolaylaşmış olacaktır. Oluşan amonyak buharı, emme valfini açarak, tekrar absorbere döner. Bir süre sonra buharlaştırıcıda sıvı seviyesi düşer ve şamandıra, soğutma suyu vanasını kapatıp, ısıtıcıyı devreye sokar. Bu şekilde sirkülasyon devam eder.

## **Vakumla soğutma yöntemi:**

Havayla ön soğutma ürünün çeşidine göre, basınçlı havayla ön soğutma, nemlendirilmiş havayla ön soğutma ve buharlaştırmayla ön soğutma olmak üzere üç farklı şekilde yapılabilmektedir. Suyu ön soğutma yöntemi, ürünün soğuk ya da buzlu suya daldırılması veya ürün üzerine soğuk ya da buzlu su püskürtülmesiyle gerçekleştirilir. Ayrıca soğuk su kaynaklarıyla yapılan ön soğutma işlemleri de suyla ön soğutma yöntemleri arasında sayılabilir. Vakumla ön soğutma yöntemi, sebzelerin ve meyvelerin bünyesindeki suyun vakum etkisi altında hızlı bir şekilde buharlaşmasıyla gerçekleştirilir. Normal atmosfer basıncı altında su 100 C'de kaynarken, vakum tankında, atmosfer basıncının çok daha altındaki basınçlarda su çok düşük sıcaklıklarda kaynamaktadır. Suyu buharlaştırmak için gereken ısı, vakumla soğutulan ürünün iç enerjisinden alındığından soğutma işlemi gerçekleşmektedir. Kullanım alanları; Unlu-yarı pişmiş ekmek, ekmek, pasta, pizza, soslar, çorbalar, meyve konsantresi soğutma işleminde kullanılır.

Vakumla soğutma yönteminde havanın buharlaşma gizli ısısı kullanılmaktadır. Vakumla soğutma yöntemi, sebzelerin ve meyvelerin bünyesindeki suyun vakum etkisi altında hızlı bir şekilde buharlaşmasıyla gerçekleştirilir. Normal atmosfer basıncı altında su 100 °C'de kaynarken, vakum tankında, atmosfer basıncının çok daha altındaki basınçlarda su çok düşük sıcaklıklarda kaynamaktadır. Suyu buharlaştırmak için gereken ısı, vakumla soğutulan ürünün iç enerjisinden alındığından soğutma işlemi gerçekleşmektedir.

1. Sebze ve Meyvelerin (Özellikle marul, ıspanak gibi yapraklı ürünlerin) Soğutulmasında
2. Buz üretiminde kullanılır.

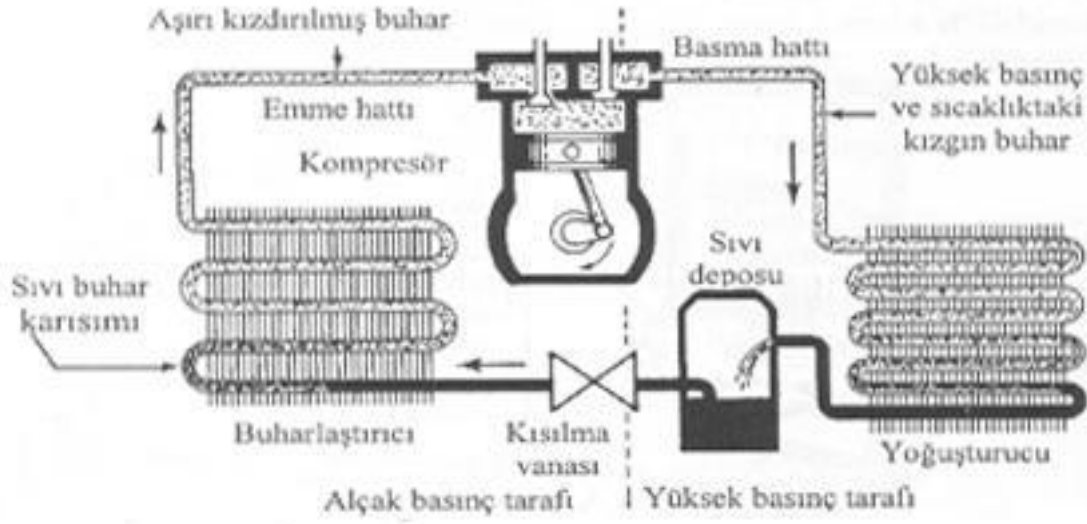
## **BÖLÜM 2**

### **2.1. BUHAR SIKIŞTIRMALI MEKANİK SOĞUTMA SİSTEMİ**

Bu sistemde kompresörde yüksek basınca sıkıştırılan soğutucu akışkan kızgın buhar halinde yoğuşturucuya gönderilir. Burada, çevreye ısı vererek yoğuşan soğutucu akışkan, kısılma vanasında alçak basınca kısılarak ıslak-buhar halde buharlaştırıcıya girer. Buharlaştırıcıyı çevreleyen ortam sıcaklığının altında bir sıcaklığa sahip olan soğutucu akışkan, ortamın ısını çekerek, ortamı soğutur ve buharlaştırıcı çıkışında doymuş buhar halde kompresör tarafından emilir. Böylece çevirim sürekli olarak devam eder.

Buhar sıkıştırımlı mekanik soğutma çeviriminin tersi olan çevirim "ısı pompası çevirimi" olarak adlandırılır. Isı pompası çeviriminde yoğuşturucudan atılan ısıdan yararlanılarak, bir ortamın ısınması

sağlanır. Isı pompası çevirimi ile soğutma çevirimi arasındaki fark, kullanım amacıdır. Isı pompasında bir ortam ısıtılırken, soğutma çeviriminde ise soğutulmaktadır. Isının temin edildiği kaynağın ve ısının verildiği ortamın cinsine göre ısı pompalarına "Havadan havaya", "Havadan suya", "Sudan suya", "Topraktan havaya" v.s. gibi isimler verilmektedir.

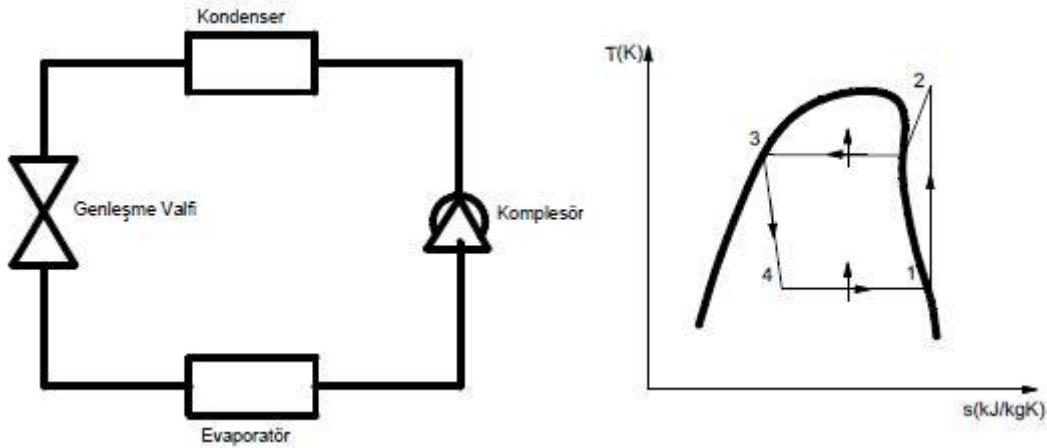


**Şekil 2.1:** Buhar sıkıştırımlı mekanik soğutma çevirimi

Buhar sıkıştırımlı mekanik soğutma sisteminde; kompresörde yüksek basınca sıkıştırılan soğutucu akışkan kızgın buhar halde yoğusturucuya gönderilir. Burada, çevreye ısı vererek yoğuşan soğutucu akışkan, kısılma vanasında alçak basınca kısılarak ıslak buhar halde buharlaştırıcıya girer. Buharlaştırıcıyı çevreleyen ortam sıcaklığının altında bir sıcaklığa sahip olan soğutucu akışkan, ortamın ısını çekerek ortamı soğutur ve buharlaştırıcı çıkışında doymuş buhar halde kompresör tarafından emilir. Böylece çevrim sürekli olarak tekrarlanır.



Şekilde ise Buhar sıkıştırımlı mekanik soğutma çevriminin şematik diyagramı görülmektedir.



**Şekil 2.2.** Buhar sıkıştırımlı mekanik soğutma çevriminin şematik gösterimi

Soğutucu akışkanın peş peşe işlemlerden geçmesi, soğutma çevrimi olarak adlandırılır. Şimdi soğutma çevriminin elemanlarını inceleyelim.

### Mekanik Buhar Sıkıştırımlı Soğutma Sisteminin Ana Elemanları

Mekanik buhar sıkıştırımlı soğutma sistemleri kompresör, kondenser, genişleme valfi ve evaporatör olmak üzere dört ana eleman içerirler.

**Kompresör:** Sıkıştırma soğutma makinelerinin en önemli elemanları olan kompresör, konstrüksiyon detayları kullanılan soğutucunun cinsine göre değişen ve temel gayesi, evaporatör basıncındaki soğutucu akışkanı emerek daha yüksek basınçtaki kondansere göndermek olan bir gaz pompasıdır. Kompresörün mekanik ve volumetrik veriminin tesisin ekonomisi üzerinde etkisinin büyük olması dolayısıyla soğutma tesisinin cinsine ve büyüklüğüne göre çeşitli kompresörler geliştirilmiş olup başlıca 5 ana grupta toplanabilir.

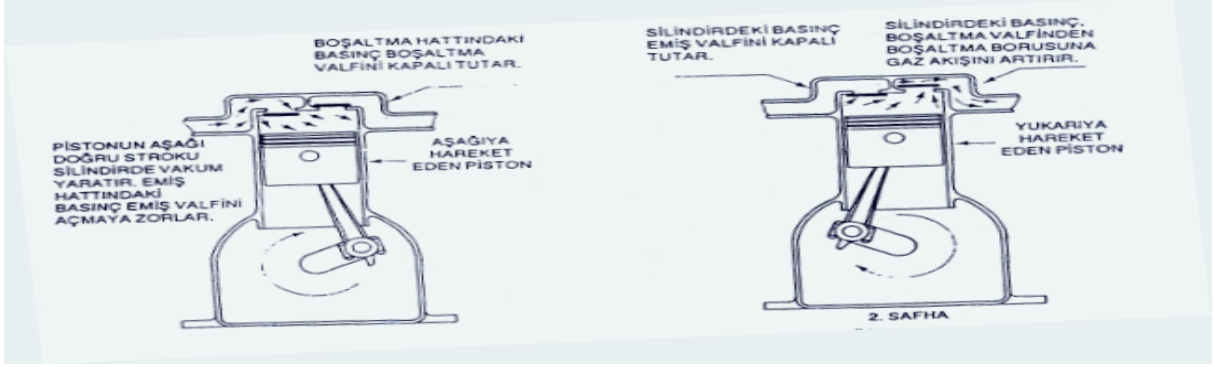
Pistonlu Kompresörler

Rotatif Kompresörler

Hermetik Kompresörler

Vidalı Kompresörler

Türbo Kompresörler



Şekil 2.3 : Pistonlu Kompresör Örneği

**Kondenser(Yoğuşturucu)** : Kondenserin bir soğutma sistemindeki görevi, kompresörle sıkıştırılmak suretiyle yüksek basınca çıkarılmış olan sıcak gazın soğutularak yoğuşturulmasıdır. Bir soğutma sisteminde temelde evaporatörde çekilen ısı ile kompresör tarafından akışkana kazandırılan toplam ısı kondanserde dışarı atılır. Tüm kompresörlerin görevi aynı olmakla beraber bunların değişik tipleri vardır. Bunları başlıca üç gruba toplamak mümkündür.

Su ile soğutulan kondanserler

Evaporatif kondanserler

Hava ile soğutulan kondanserler

**Genleşme Valfi:** Genleşme valfi, kondanserden yüksek basınçta çıkan soğutucu akışkanı, arzu edilen evaporatör basıncına düşürmeye yarayan kısma elemanıdır. İdeal şartlarda bu elemanda gerçekleşen basınç düşürme işlemi boyunca entalpinin sabit olduğu kabul edilir. Genleşme valfi olarak küçük sistemlerde kılcal borular bu görevi yapmakla birlikte, daha büyük sistemlerde el ayar valfi, otomatik genleşme valfi ve termik genleşme valfi gibi elemanlar kullanılmaktadır.

**Evaporatör(Buharlaştırıcı):** Temelde bir ısı değiştirgeci olan evaporatörler, genişleme valfinde basıncı düşürülmüş olan soğutucu akışkanı buharlaştırarak, çevre sıcaklığından daha düşük sıcaklıktaki mahallerin elde edildiği kısımlardır. Soğutucu akışkanın cinsine bağlı olarak çeşitli malzemelerden yapılmasıyla birlikte genelde yapımlarından bakır ve çelik borular kullanılır. Soğutulan ortamın hava, su veya hava su karışımı olmasına bağlı olarak çeşitli tipleri geliştirilmiş olup konstrüksiyon açısından iki sınıfta değerlendirilebilir.

Hava Soğutulmasında kullanılan evaporatörler

Sıvıların Soğutulmasında kullanılan evaporatörler

## 2.2 BUHAR SIKIŞTIRMALI SOĞURMA ÇEVİMLERİ

### 2.2.1 Tek Kademeli Çevrimler

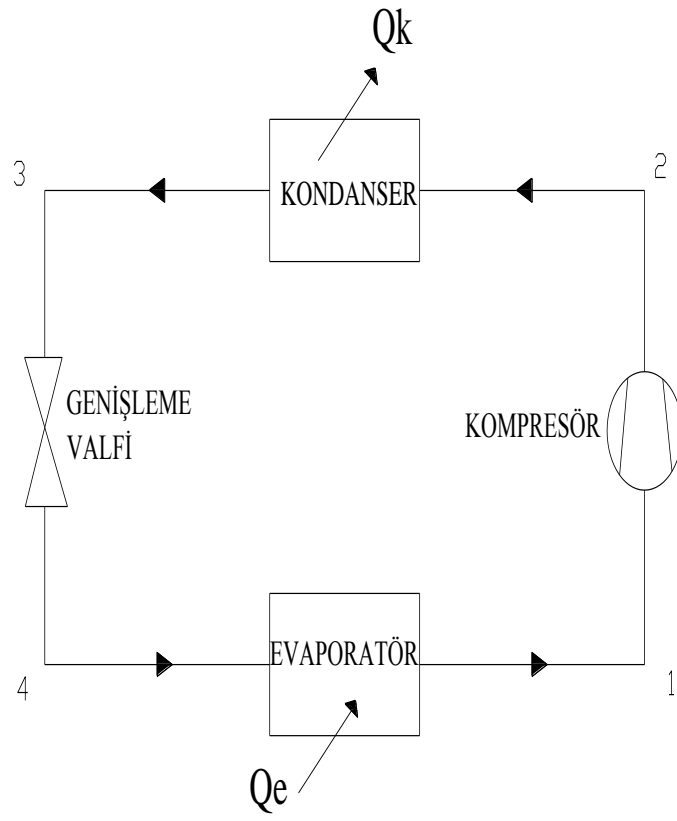
Buhar sıkıştırırmalı soğutma makineleri pratikte en çok kullanılan soğutma makineleridir. Bu makinelerde en az 4 eleman bulunması zorunludur. Bunlar şekil 2.4 de gösterildiği gibi kompresör, kondanser, genleşme valfi, ve evaporatördür. Bu makinelerin ideal çevrimi ters Carnot çevrimi olup, bu durum şekil 2.5 deki T-S diyagramında gösterilmiştir. Ancak ters Carnot çevriminin gerçekleşmesi teknik zorluklarla doludur. 1 noktasının ayarlanması fevkalade güçtür. Ayrıca sıvı-buhar karışımının sıkıştırılması da çok problemlidir. Bu duruma uygun kompresörlerin olmayışı ve yapılırsa da verimsiz çalışacağı da açıktır. Bunlardan dolayı enerji üretiminde de Carnot çevrimi yerine Rankine çevrimi kullanılır. Şekil 2.6 de yine en az dört elemanı bulunan güç çevrimi gösterilmiştir. Burada pompada sıkıştırılan su kazanda sıkıştırılır ve basınçlı buhar ayrıca kızgın buhar haline getirildikten sonra türbinde güç üretilir. Türbin çıkışındaki çürük buhar kondenserde yoğunlaştırıldıktan sonra tekrar pompaya iletilir. Rankine çevrimi ideal olarak olarak T-S diyagramında şekil 2.7 de gösterilmiştir.

Rankine çevriminin ters durumu ters Carnot çevrimine göre daha gerçekçi bir çevrimdir. Bu çevrim şekil 2.8 de T-S diyagramında ve şekil 2.9 ta logh-h diyagramında gösterilmiştir.

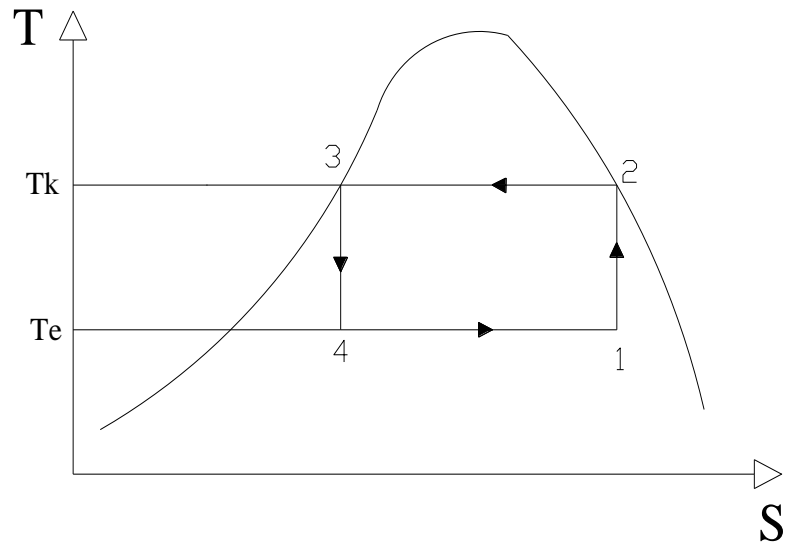
Gerçek çevrimde izobar, izentalp ve izentrop durum değişimleri mümkün değildir. Gerçekçi bir çevrim şekil 2.10 de gösterilmiştir. Sıkıştırılan buhar basıncı, basınç kaybından dolayı düşer. Ancak boru çapları öyle seçilir ki bu kayıpların çok fazla olması önerilir. Genelde 0.1-03 bar arasındaki basınç kaybı normal sayılmalıdır. 6-7 noktası arasında sabit entalpi kabul edilebilir. Fakat gerçekte hızdan dolayı entalpide bir düşüş olacaktır. 7-1 arasında da yine 0.1 bar civarında bir basınç kaybı görülür.

Doymuş buhar 8 noktasından 1 noktasına kadar kızgın buhar olur. Bu genellikle evaporatör veya soğutulan ortamda meydana gelir. Bundan dolayı da soğutma kapasitesi 7-1 noktaları arasında

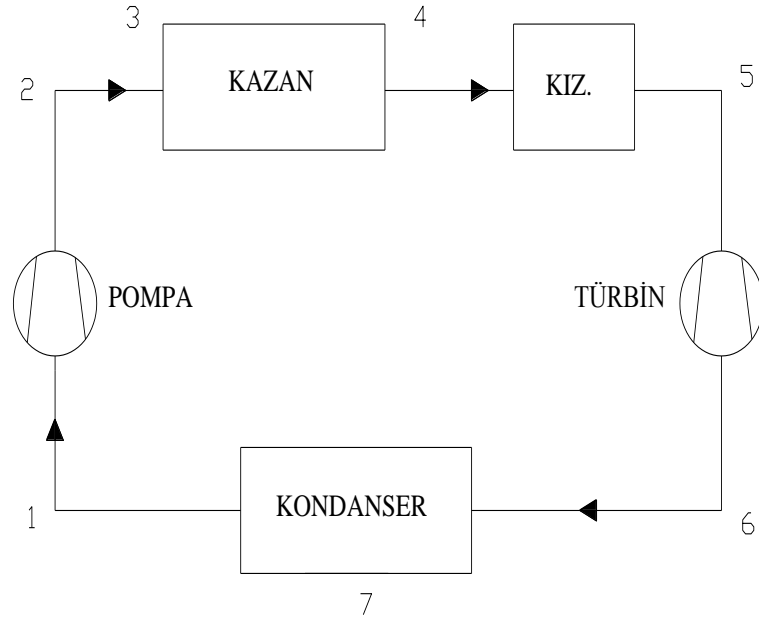
dikkate alınır. 1-3 arası ideal izentrop sıkıştırma, ancak gerçekte entalpi artar ve 2 noktasına sıkıştırma olur.



**Şekil 2.4.** Buhar sıkıştırımlı soğutma makinesi ana parçaları



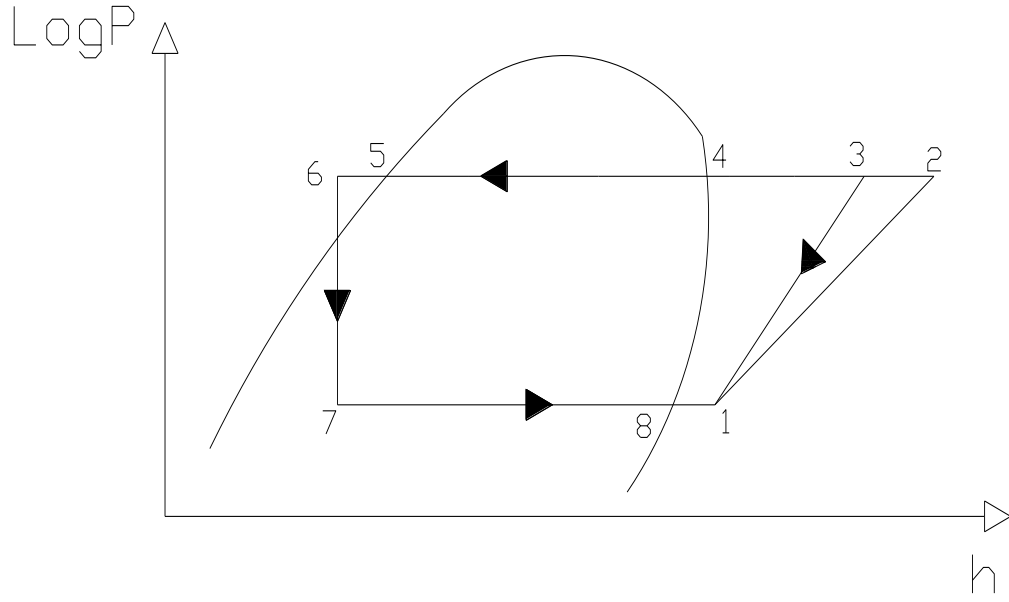
**Şekil 2.5.** Ters Carnot çevriminin T-S diyagramı



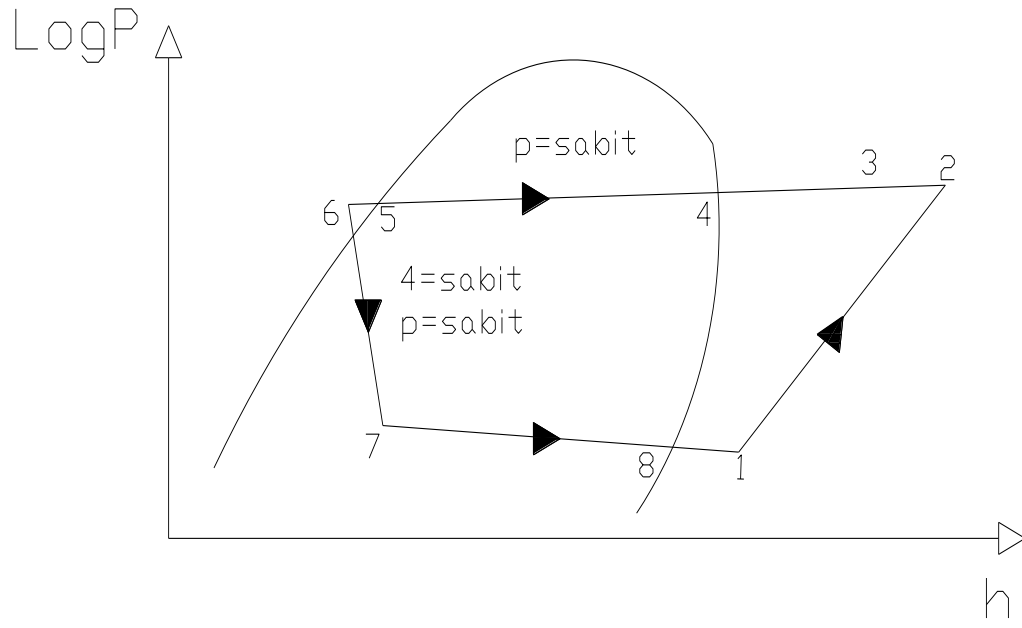
**Şekil 2.6.** Rankine çevrimi ana parçaları



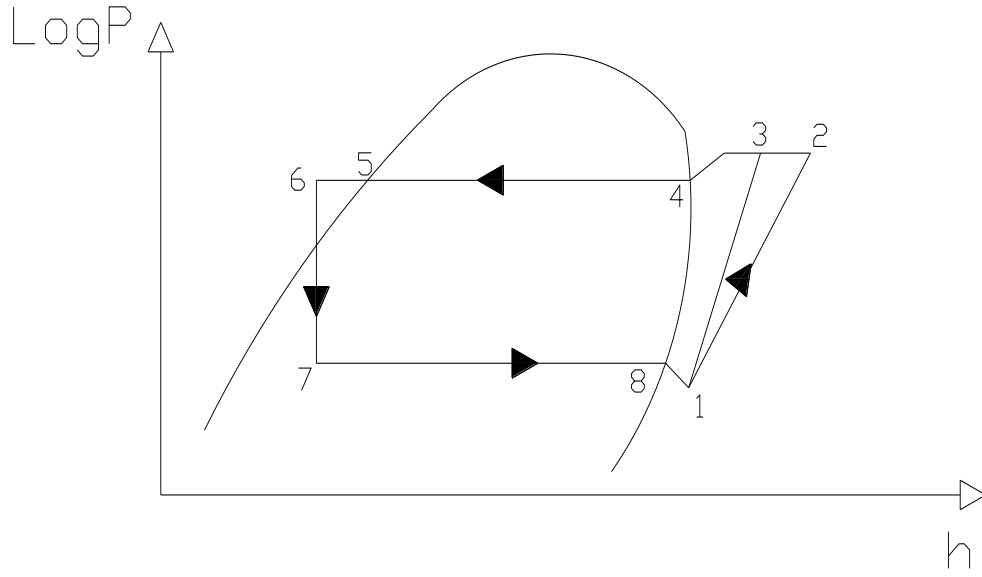




**Şekil 2.9.** Soğutma makinesi çevriminin logP-h diyagramında gösterilişi



**Şekil 2.10** Gerçekçi soğutma çevrimi



**Şekil 2.11.** Açık kompresörlü gerçekçi soğutma çevrimi

Pratikte kullanılan kompresörler hermetik, yarı-hermetik ve açık tiplerdir. Hermetik tip kompresörlerde buharın sıkıştırılması dışında verilen gücün bir kısmı elektro-motorun soğutulması gibi buharın silindire girmesinden önce ısınacaktır. Bundan dolayı hermetik kompresörlerde silindire giren buhar daha kızgın buhardır. Bunun şekil 2.11 ve 2.12 de açık tip (ve yarı hermetik ) kompresör ve hermetik tip kompresörlerde gerçekçi çevrim gösterilmiş, ancak basınç düşüşleri sadece buhar akışlarında dikkate alınmış ve genişleme esnasındaki izentalp olmama durumu dikkate alınmayarak ihmal edilmiş ve izentalp durum değişimi kabul edilmiştir.

Şekil 2.11 de açık tip kompresörden dolayı mekanik verim ve elektomotor veriminden dolayı meydana gelen kayıplar buhara gitmeyecek ve ortama verilecektir. Dolayısıyla bu tip sistemlerde evaporatörden alınan ısı ile verilen elektrik enerjisi kondenserde alınan ısıya eşit olmaz.

Şekil 2.12 da hermetik tip kompresörlü soğutma çevrimi gösterilmiş olup burada 9-1 arasındaki buhar ısınması kompresör mekanik ve elektro motor veriminden dolayı ısıya dönüşen elektrik enerjisinin buharı ısıtmasından dolayı meydana gelir.

## 2.2.2. Çok Kademeli Çevrimler

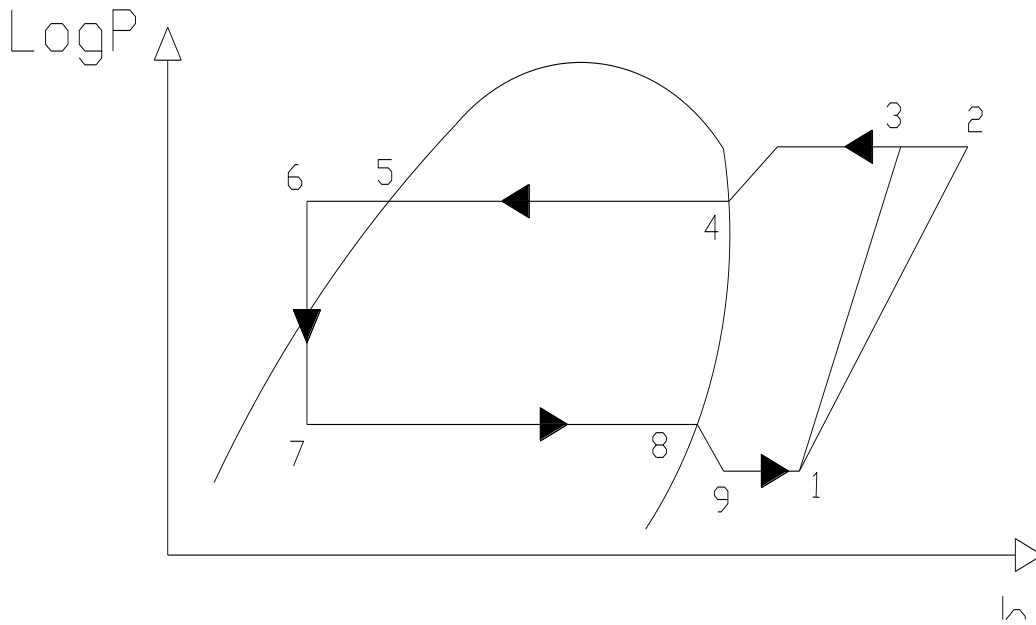
Evaporatör ve kondanser arasındaki basınç farklarının çok büyük olması halinde sıkıştırma işleminin tek kademe yapılmaması artık mümkün olmaz. Kondanser- evaporatör basınç oranlarının makul oranları aşmaması gerekir. Bu oranlar 5-6 civarındadır. Aksi durumda iç verimde ve hacimsel verimde önemli azalmaları göze almak gerekir. Çok kademeli çevrimler birçok şekilde gerçekleştirilebilir. Bunlar 1 evaporatör 2 kompresörlü, 2 evaporatör 1 kompresörlü, 2 evaporatör 2 kompresörlü veya kaskad bağlantılı sistemlerdir. Bu sistemlerde ara basınç,  $P_c$  kondensör ve  $P_e$  evaporatör basınçlarından  $P^2 = P_e \cdot P_c$  bağlantısından yaklaşık olarak belirlenebilir. Şekil 2.13 ve 2.14 de çift kademe sıkıştırılmalı ve tek evaporatörlü sistem geliştirilmiştir. Ancak ikinci kompresöre girişte aşırı sıcaklık yükselmelerini önlemek için buharın ara soğutmaya tabi tutulması gereklidir. Çevrimin diğer aksamaları tek kademeli çevrimlerde olduğu gibidir. Bu çevrimin ideal olarak şekil 2.14 de logp-h diyagramında gösterilmiştir.

Bazı durumlarda tek kompresör ile iki ayrı sıcaklıkta çalışan iki ayrı evaporatörün beslenmesi gerekmektedir. Bu durumda çevrimin şematik durumu şekil 2.13 de ve diyagramda gösterilişi de 2.14 te verilmiştir. Düşük sıcaklıkta çalışan evaporatör 1 ve daha yüksek sıcaklıkta çalışan evaporatör 2 nin ortak karışma odasından sonra kompresör tarafından emilmesi gerekmektedir.

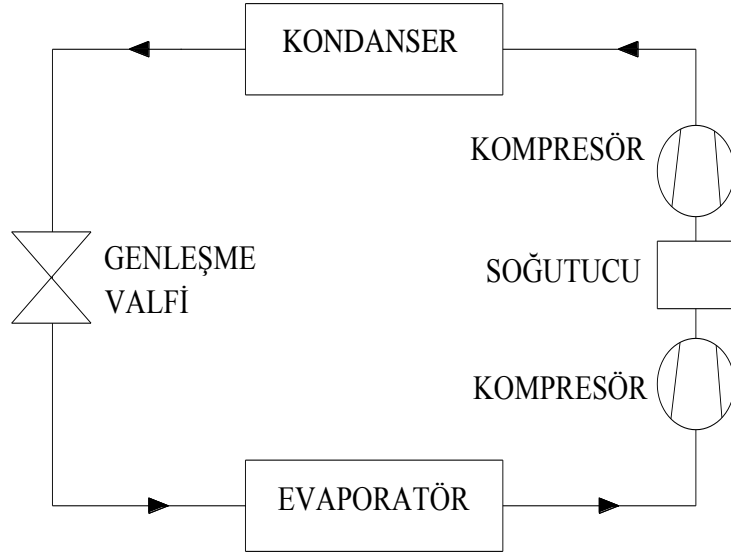
Şekil 2.17 de bir kaskad bağlantısı gösterilmiştir. Burada kondanser ve evaporatör basınçları  $P_c$  ve  $P_e$  arasındaki oran çok fazla olursa o zaman iki ayrı soğutma devresi ve genellikle de bu iki ayrı devrede iki ayrı soğutucu akışkan kullanılmaktadır. A da basınç yine  $P^2 = P_c P_e$  belirlenebilir. İkinci kompresörün çıkış basıncındaki doyma sıcaklığı birinci kompresörün emme basıncındaki doyma sıcaklığından 3-8 °C arasında daha yüksek olması gerekir. Çünkü ısı transferinin olması için belirli bir sıcaklık farkına ihtiyaç vardır.

Bu tip bağlantılar yardımıyla çok farklı evaporatör ve kondanser sıcaklığında rahat ve güvenli bir soğutma yapmak mümkündür. Kaskad bağlantısı genelde sıcaklık farklılıklarının çok yüksek ve bundan dolayı tek bir soğutucu akışkan kullanıldığında ya evaporatör basıncı çok düşük ya da kondanser basıncı çok yüksek veya bu yükseklikten dolayı kritik noktaya yaklaşma durumu ortaya çıkmaktadır. Bunları önlemenin en kolay yolu belirtilen kaskad bağlantı şeklindedir.

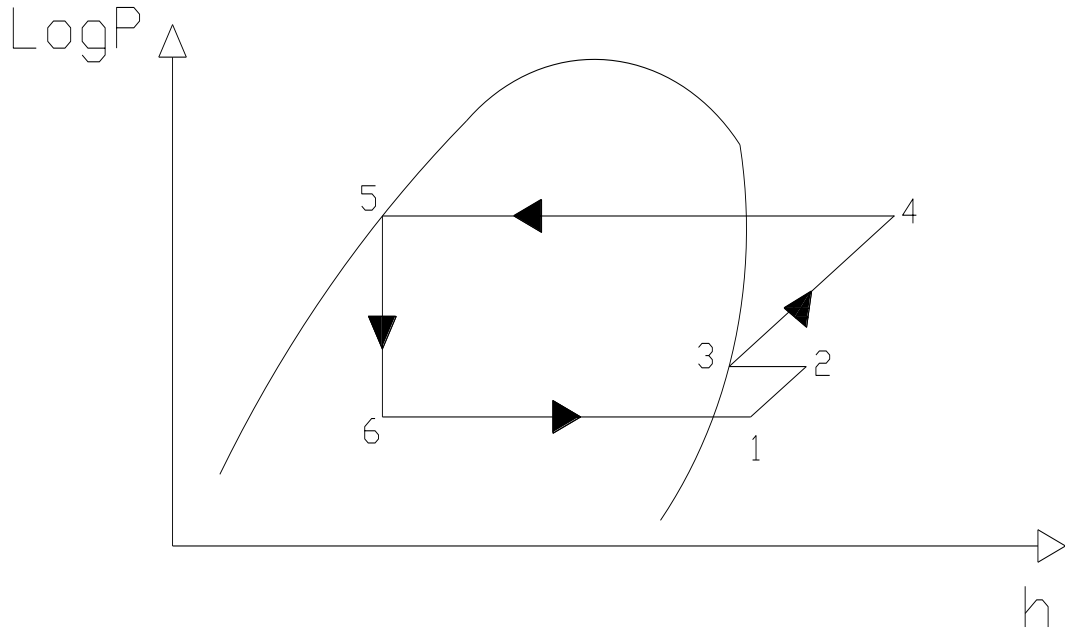
Şekil 2.18 de tek soğutucu akışkanın kullanıldığı ( örneğin R-22 ) bir kaskad bağlantısı gösterilmiştir. Burada birinci devrenin evaporatör sıcaklığı ile ikinci devrenin kondanser sıcaklığı arasında yine belirli bir fark vardır. Şekil 2.19 da iki ayrı soğutucu akışkanın ( örneğin R22/R502 ) kullanıldığı bir kaskad sistemi gösterilmiştir. Kaskad bağlantılı çevrimlerde etan ve propan da kullanılmaktadır.



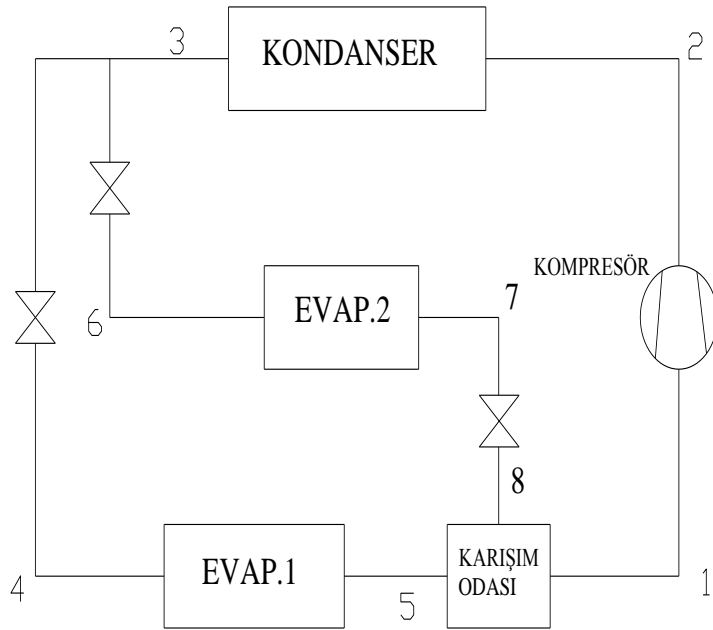
Şekil 2.12 Hermetik tip kompresörlü gerçekçi soğutma çevrimi



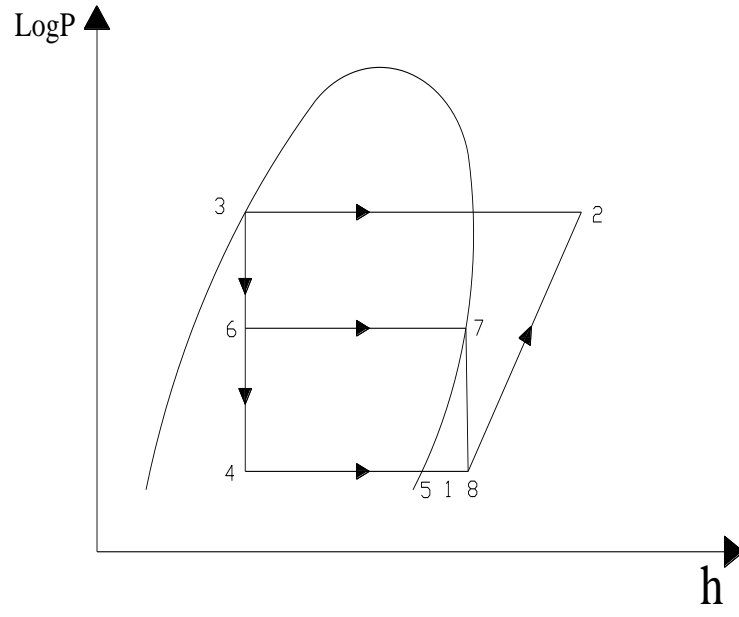
**Şekil 2.13** Çok kademeli soğutma



Şekil 2.14 Çok kademeli soğutma çevriminin logP- h diyagramında gösterilmesi

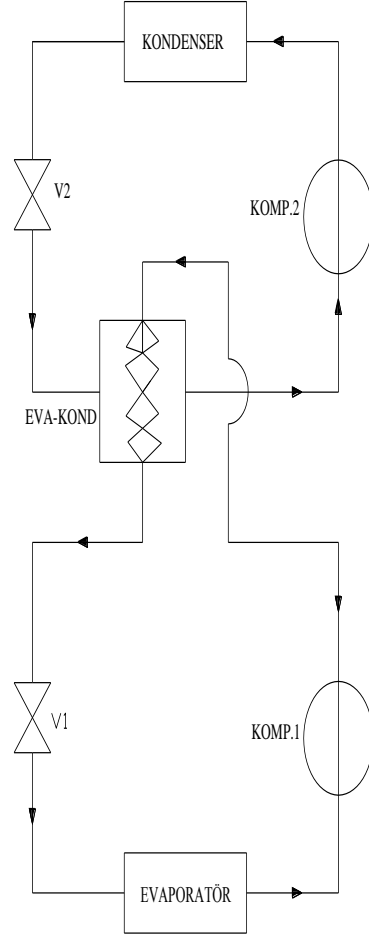


Şekil 2.15 Çok evaporatörlü soğutma

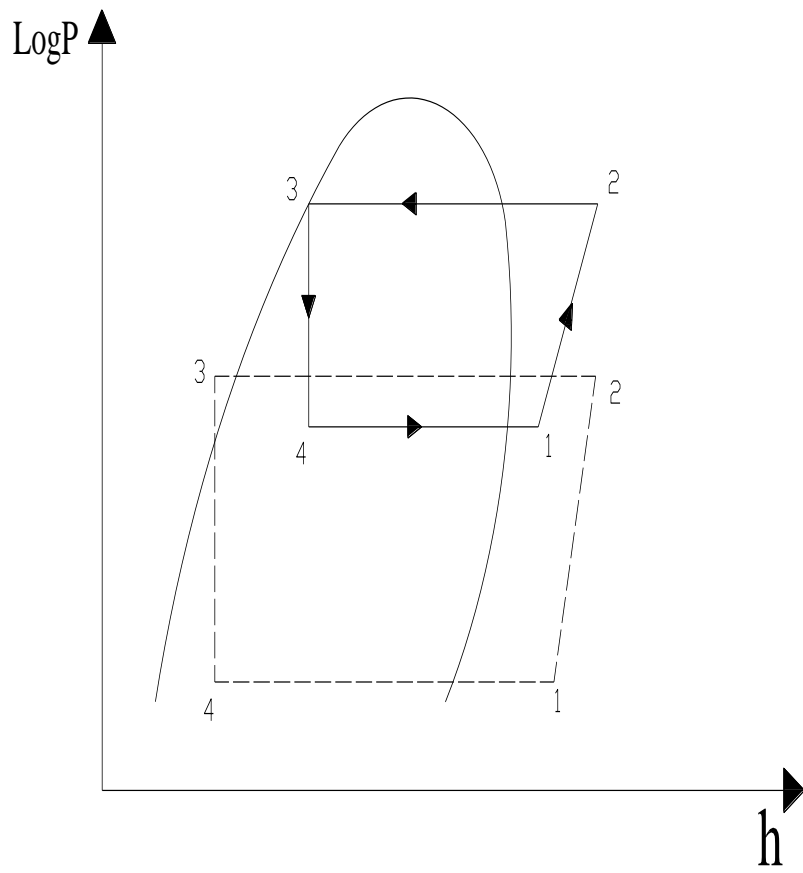


Şekil 2.16. Çok evaporatörlü soğutma çevriminin logP-h diyagramında gösterilmesi

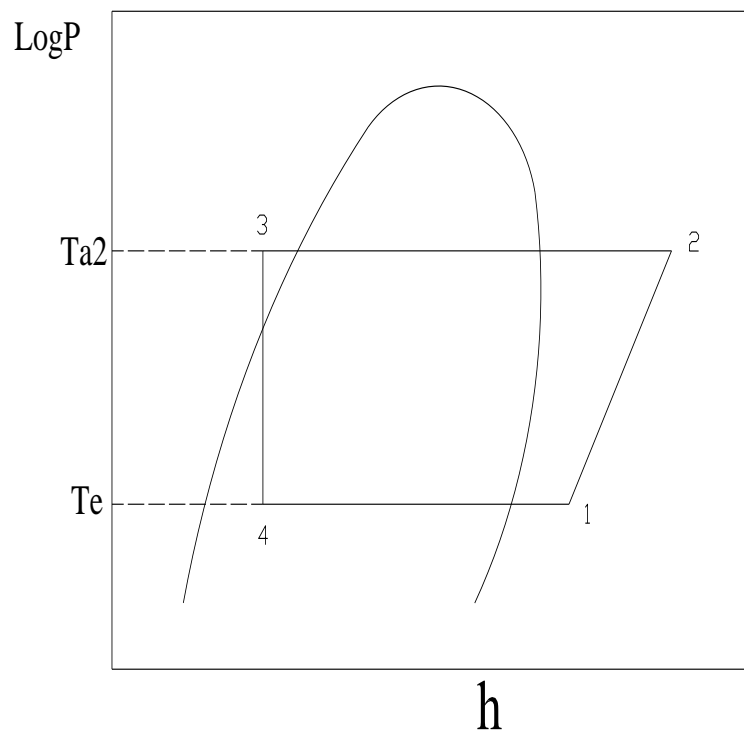
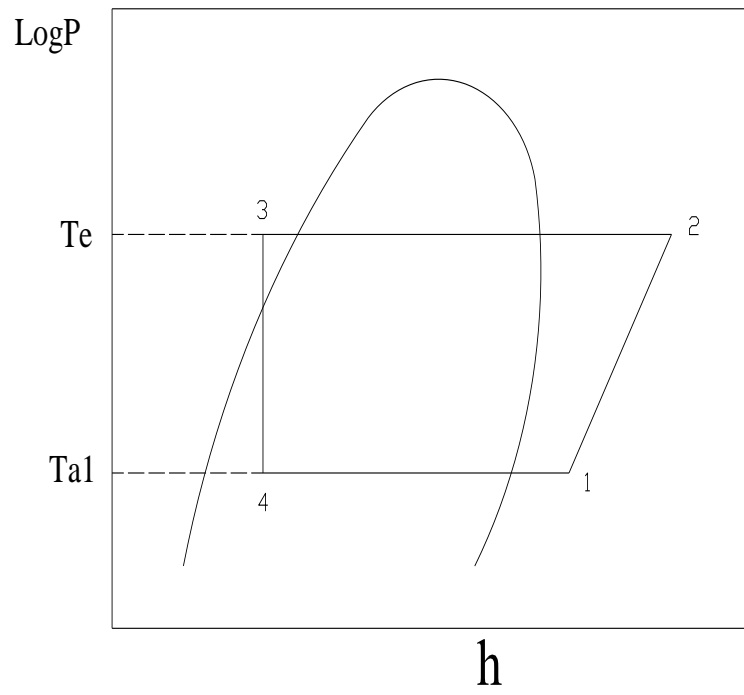




**Şekil 2.17** Kaskad bağlantılı soğutma sistemi



**Şekil 2.18** Aynı soğutucu akışkanların (örneğin R-22) kullanıldığında kaskad bağlantısının logP-h diyagramında gösterilmesi



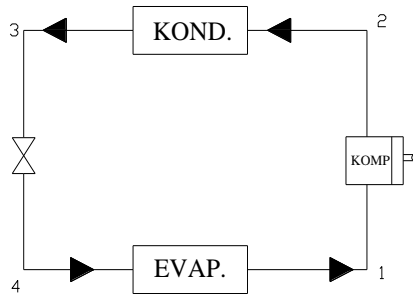
**Şekil 2.19** İki ayrı akışkanın ( örneğin R22/R502 ) kullanıldığı kaskad bağlantısı

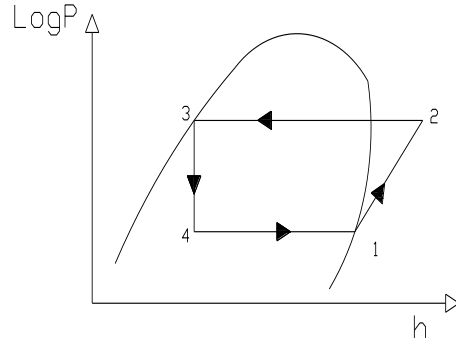
$$T_{a2} > T_{a1}$$

### Örnek 2.1

R-12 soğutucu akışkanı kullanılan bir ideal buhar sıkıştırmalı soğutma çevriminde düşük basınç bölgesinin basıncı 0.15 MPa , yüksek basınç bölgesinin basıncı ise 1MPa dır. Soğutucu akışkan debisi 0.05 kg/sn olduğuna göre çevrimin soğutma kapasitesini , harcanan gücü ve COP değerini hesaplayınız .

### Çözüm 2.1





Pistonlu bir kompresör için soğutucu akışkan debisi;

$$m = \frac{\eta_v \cdot V_s \cdot S_d}{V_1 \cdot 60}$$

<u>Nokta</u>	<u>Sıcaklık(°C)</u>	<u>Basınç(MPa)</u>	<u>Entalpi(kj/kg)</u>	<u>Entropi(kj)</u>
1	-20	0.15	347	1.57
2	52	1	378	1.57
3	42	1	243	0.9
4	-20	0.15	0.15	1.18

$$Q_{\text{soğutucu}} = Q_{\text{buharlaştırıcı}} = m \cdot (h_1 - h_4) = 0.05 \text{ kg/sn} \cdot (347 - 243) \text{ kJ/kg} = Q_{\text{soğ}} = 5.2 \text{ kW}$$

$$W_{komp} = m \times (h_2 - h_1) = 0.05 \text{ kg/sn} \times (378 - 347) = 1.55 \text{ kW}$$

$$COP = \frac{Q_{soğ}}{W_{komp}} = \frac{5.2}{1.55} = 3.35$$

### Örnek 2.2

Buhar sıkıştırırmalı bir soğutma çevriminde R-134A soğutucu akışkanı kızgın buhar olarak 0.14 MPa ve -10 °C 'de 0.05 kg/sn debiyle girmekte 0.8 MPa ve 50 °C 'de çıkmaktadır. Soğutucu akışkan kondenserde 26 °C ve 0.72 MPa 'da kondanserde soğutulmakta ve 0.15 MPa basınca düşürülmektedir. Isı transferi ve basınç düşümlerini ihmal ederek ;

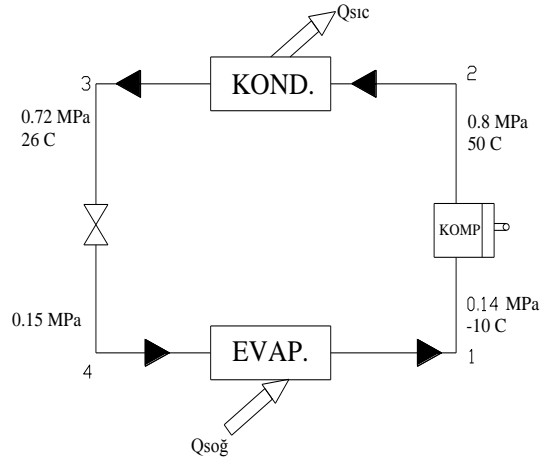
Soğutulacak ortamdaki çekilecek olan gücü

Kompresör gücünü

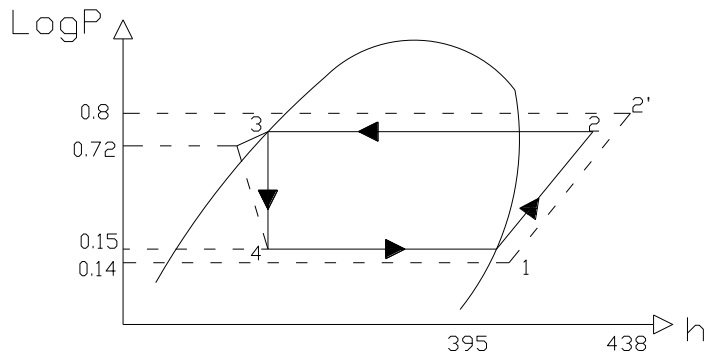
Kompresörün izentropik verimini

COP' sini bulunuz.

### Çözüm 2.2



Moller diyagramından h1, h2, h3, h4 değerlerini alırsak;



$$Q_{ev} = 0.05 \text{ kg/sn} \times (395 - 235) \text{ kJ/kg} = 8 \text{ kW}$$

$$W_{kom} = 0.05 \text{ kg/sn} \times (438 - 395) \text{ kJ/kg} = 2.15 \text{ kW}$$



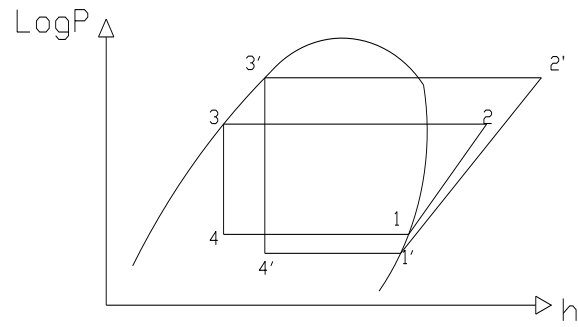
$$COP_{soğ} = \frac{Q_{ev}}{W_{komp}} = \frac{8}{2.15} = 3.72$$

$$\eta_{ady} = \frac{h_{2s} - h_1}{h_2 - h_1} = \frac{435 - 395}{438 - 395} = 0.9$$

### Örnek 2.3

Soğutucu akışkan olarak R-22 kullanılan bir soğutma kompresörü -10 °C ve 25 °C şartlarında 8 ton soğutma yaptığı katalog değerlerinde belirtilmiştir. Aynı kompresörün -15°C ve 35 °C şartlarında çalıştırılacak bir projede kullanılırsa soğutma gücünü bulunuz.

### Çözüm 2.3



1 ton suyu buz haline getirmek için gerekli güç = 3021 kcal/h = 12660 kJ/kg

I. Durum

II. Durum

$$h_1 = 400 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{1'} = 395 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = 435 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{2'} = 440 \text{ kJ/kg}$$

$$h_3 = 230 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{3'} = 240 \text{ kJ/kg}$$

$$h_4 = 230 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{4'} = 240 \text{ kJ/kg}$$

$$m = \frac{Q_{soğ}}{h_1 - h_2} = \frac{8 \text{ ton}}{(400 - 230)} = \frac{8 \text{ ton}}{170} = 0.166 \text{ kg / sn}$$

$$Q_{soğ1-2} = \frac{Q_{soğ}}{h_1 - h_2} \times (h'_1 - h'_2) = \frac{8 \text{ tonssoğ}}{(400 - 230)} \times (395 - 240) = Q_{soğ} = 7.29 \text{ tonssoğ}$$

$$W_{komp12} = \dot{m} \times (h'_2 - h'_1) = \frac{Q_{soğ}}{h_1 - h_2} \times (h'_2 - h'_1) = 2.12$$

#### Örnek 2.4

+ 4 °C'de Sebze-meyve depolamak amacıyla bir soğuk depo yapılacaktır. Soğutma yükü 100000 kJ/h olan bu sistemde soğutkan olarak R-22 ( freon 22 ) kullanılacaktır. Yoğuşturucuda soğutucu akışkan olarak, bir ırmaktan 20 °C 'deki su alınacaktır. Bu bilgilere göre, gerekli çalışma basıncını seçerek ve teorik çevrim kabulü ile,

- a)Gerekli soğutma debisini
- b)Yoğuşrutucu gücünü
- c)Kompresör gücünü

d) Sistemin COP değerini hesaplayınız

#### Çözüm 2.4

a)

$$Q_L = \dot{m} \times (h_1 - h_4) \Rightarrow \dot{m}_{R22} = \frac{Q_L}{h_1 - h_4}$$

$$\dot{m}_{R22} = \frac{100000}{400 - 248} = 657.9 \text{ kg/h} = \dot{m}_{R22} = 0.1827 \text{ kg/s}$$

b)

$$Q_H = \dot{m}_{R22} \times (h_2 - h_3) \Rightarrow 657.9 \times (438 - 248) \Rightarrow$$
$$Q_H \cong 125000 \text{ kJ/h}$$

c)

$$W_K = \dot{m} \times (h_2 - h_1) = 0.1827 \times (438 - 400) \Rightarrow$$
$$W_K = 6.94 \text{ kW}$$

d)

$$COP_{SM} = \frac{Q_L}{W_K} = \frac{100000}{3600} \Rightarrow 6.94$$

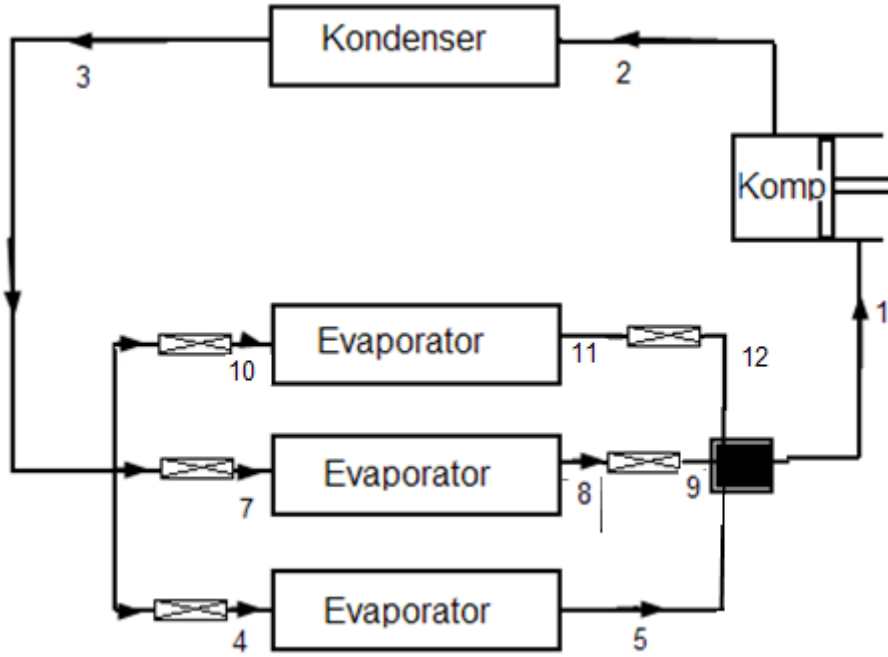
$$COP_{SM} = 4$$

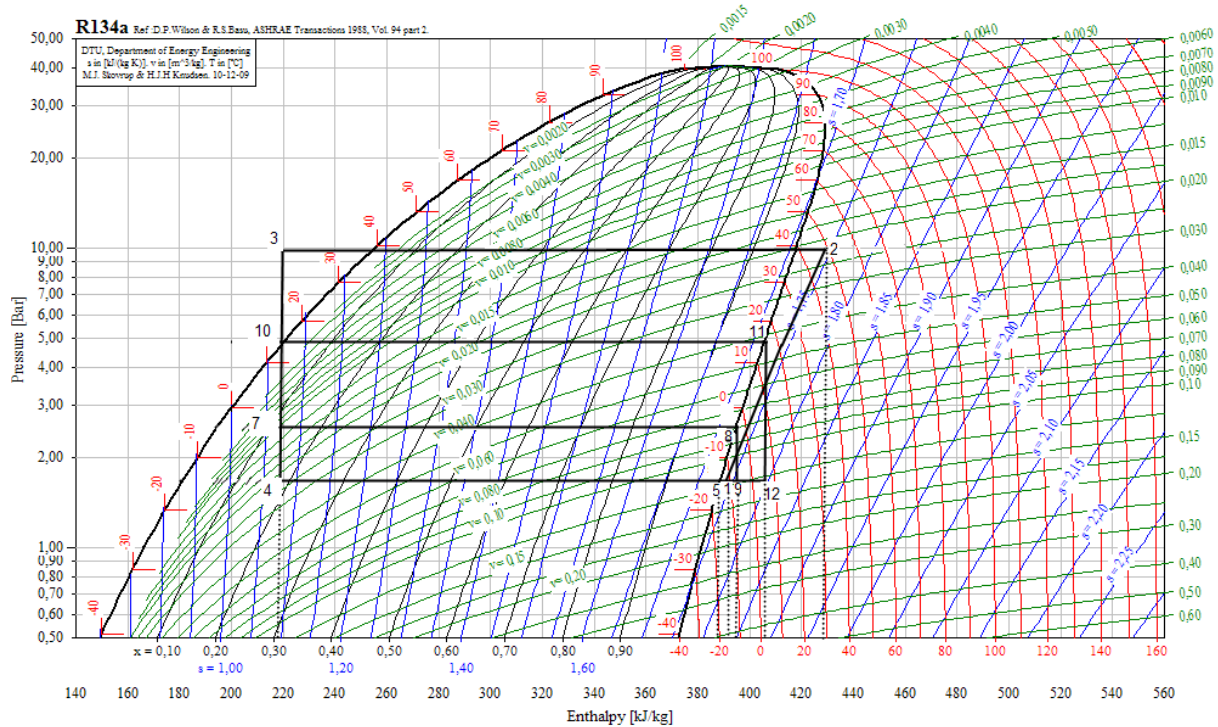
3)R-134-A akışkanı kullanılan 3 bölmeli bir soğuk hava deposunda evaporatorlerde sırasıyla  $-15^{\circ}\text{C}$ 'de dondurma,  $-5^{\circ}\text{C}$ 'de dondurulmuş sebzeler ve  $15^{\circ}\text{C}$ 'de de sebze muhafaza edilmektedir. Sırasıyla evaporator soğutma yükleri; 30 kW,20 kW ve 10 kW ve kondenser sıcaklığı  $40^{\circ}\text{C}$ ' olduğuna göre;

a) T-s ve logP-h diyagramlarını çiziniz.

b)  $Q_{kon}$ ,  $W_k$ ,  $COP_{soğ}$  ve  $COP_{ist}$  değerlerini bulunuz.

Çözüm;





$$h_3 = h_{10} = h_7 = h_4 = 212 \text{ kJ/kg}$$

$$h_5 = 388 \text{ kJ/kg}$$

$$h_8 = h_9 = 392 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{11} = h_{12} = 402 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_4 = m_4 \cdot (h_5 - h_4) = 30 = m_4 (388 - 212) = m_4 = 0,175 \text{ kg/s}$$

$$Q_7 = m_7 \cdot (h_8 - h_7) = 20 = m_7 (392 - 212) = m_7 = 0,111 \text{ kg/s}$$

$$Q_{10} = m_{10} \cdot (h_{11} - h_{10}) = 20 = m_{10} (402 - 212) = m_{10} = 0,051 \text{ kg/s}$$

$$m_{\text{top}} = m_4 + m_7 + m_{10} = 0,337 \text{ kg/s}$$

$$m_1 \cdot h_1 = m_5 \cdot h_5 + m_9 \cdot h_9 + m_{12} \cdot h_{12} \quad h_1 = 392,43 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = 429 \text{ kJ/kg}$$

$$W_k = m \cdot (h_2 - h_1) = 0,337 \cdot (429 - 392,43) = 12,46 \text{ kW}$$

$$Q_{\text{kon}} = m \cdot (h_2 - h_3) = 0,337 \cdot (429 - 212) = 73,14 \text{ kW}$$

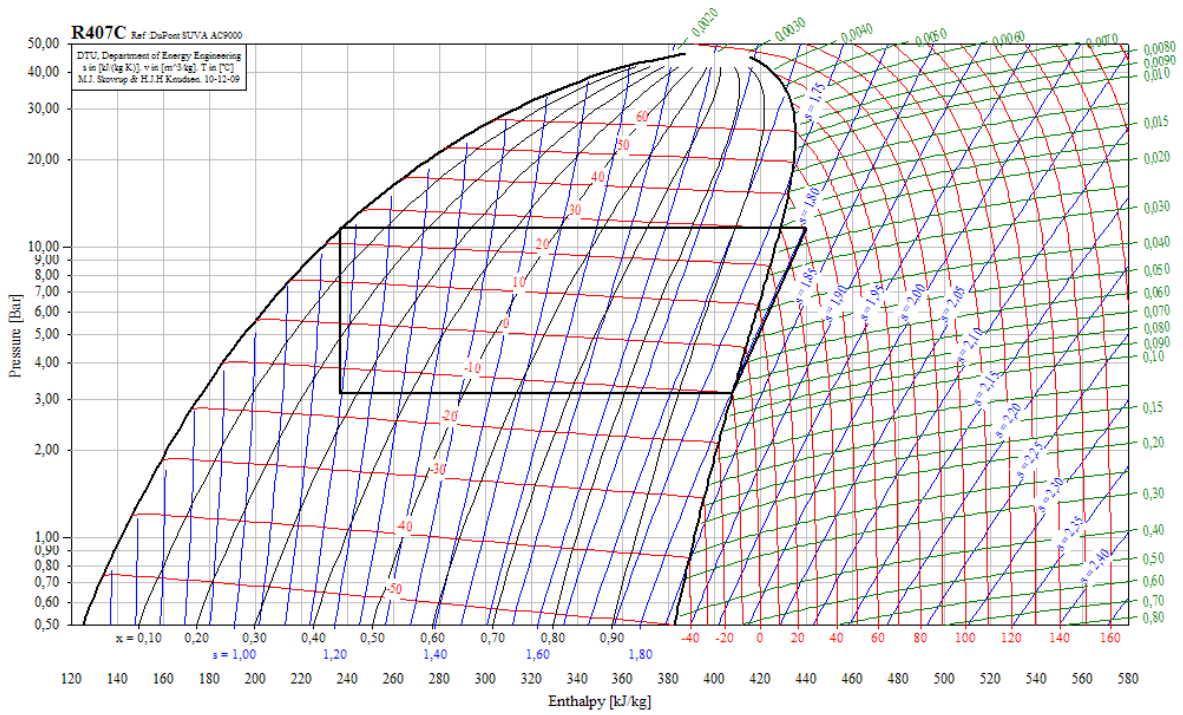
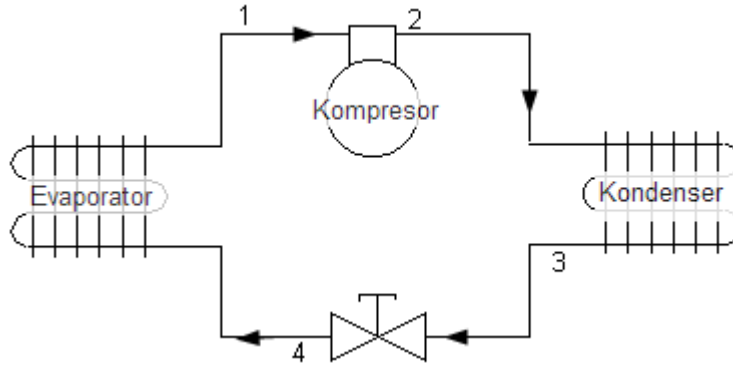
$$Q_{\text{yog}} = 30 + 20 + 10 = 60 \text{ kW}$$

$$COP_{\text{so}} = Q_{\text{yog}} / W_k = 60 / 12,46 = 4,81$$

$$COP_{\text{isi}} = Q_{\text{kon}} / W_k = 73,14 / 12,46 = 5,86$$

4)

a) R-407 c akışkanı için  $T_{ev} = -10\text{ C}$  ve  $T_{kon} = 30\text{ C}$  'dir.  $m = 0,35\text{ kg/s}$  için; kompresör gücünü, soğutma yükünü, kondenser yükünü ve Cop değerlerini bulun.



$$h_1 = 408 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = 439 \text{ kJ/kg}$$

$$h_3 = h_4 = 236 \text{ kJ/kg}$$

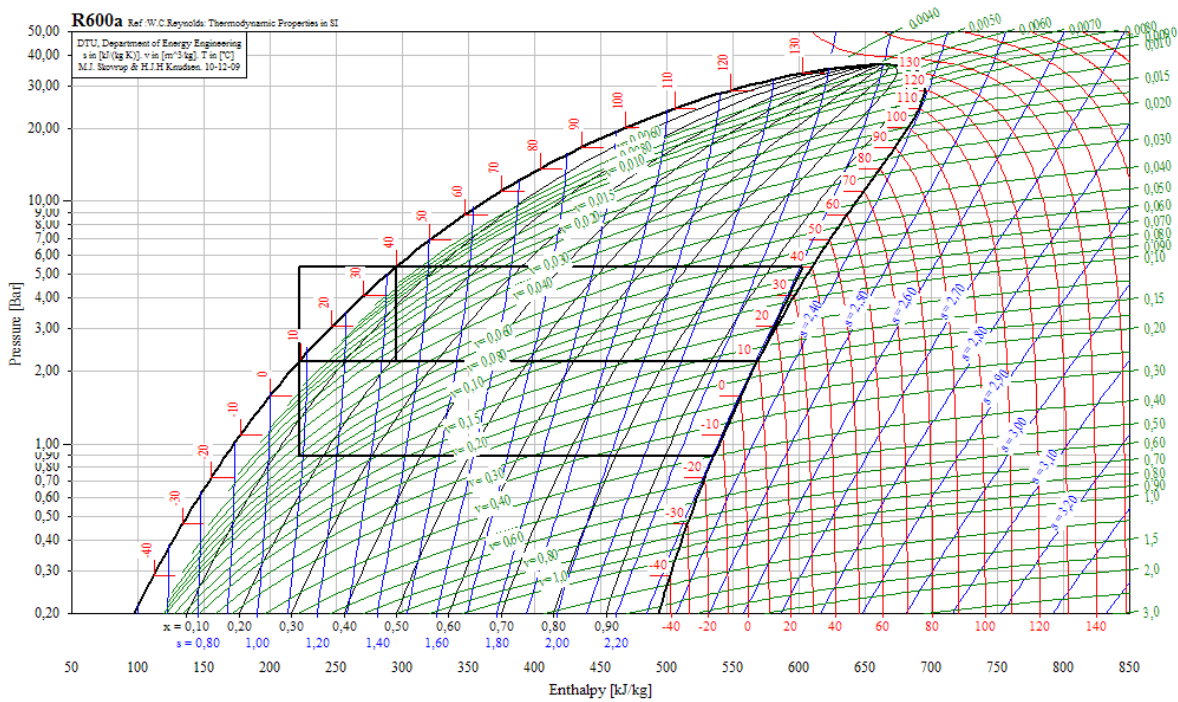
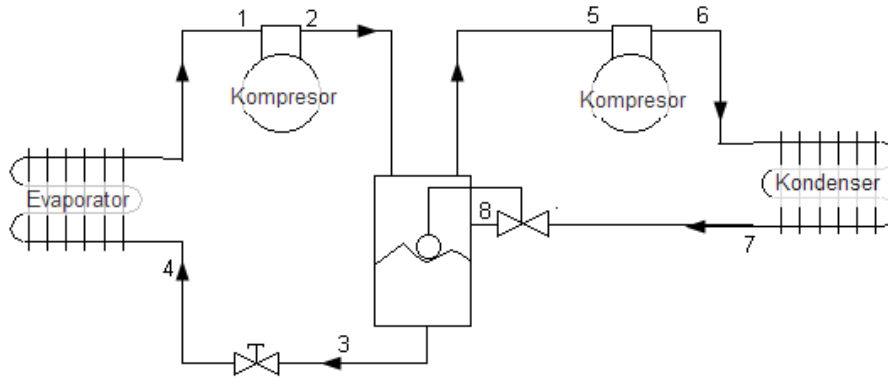
$$W_k = m(h_2 - h_1) = 0,35 * (439 - 408) = 10,8 \text{ kW}$$

$$Q_{kon} = m * (h_2 - h_3) = 71,05 \text{ kW}$$

$$Q_e = m * (h_1 - h_4) = 60,2 \text{ kW}$$

$$COP = Q_{ev} / W_k = 5,58$$

b) 2 kademeli açık bir sistemde R 600a akışkanı kullanılmaktadır.  $T_{ev} = -15\text{ C}$  ve  $T_{kon} = 40\text{ C}$  için  $W_k, Q_{kon}, Q_{eva}$  ve  $Cop$  değerlerini bulun.



$$h_1 = 535 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = 568 \text{ kJ/kg}$$

$$h_3 = h_4 = 221 \text{ kJ/kg}$$

$$h_5 = 568 \text{ kJ/kg}$$

$$h_6 = 602 \text{ kJ/kg}$$

$$h_7 = h_8 = 295 \text{ kJ/kg}$$

$$W_k = (h_2 - h_1) + (h_6 - h_5) = (568 - 535) + (602 - 568) = 67 \text{ kJ/Kg}$$

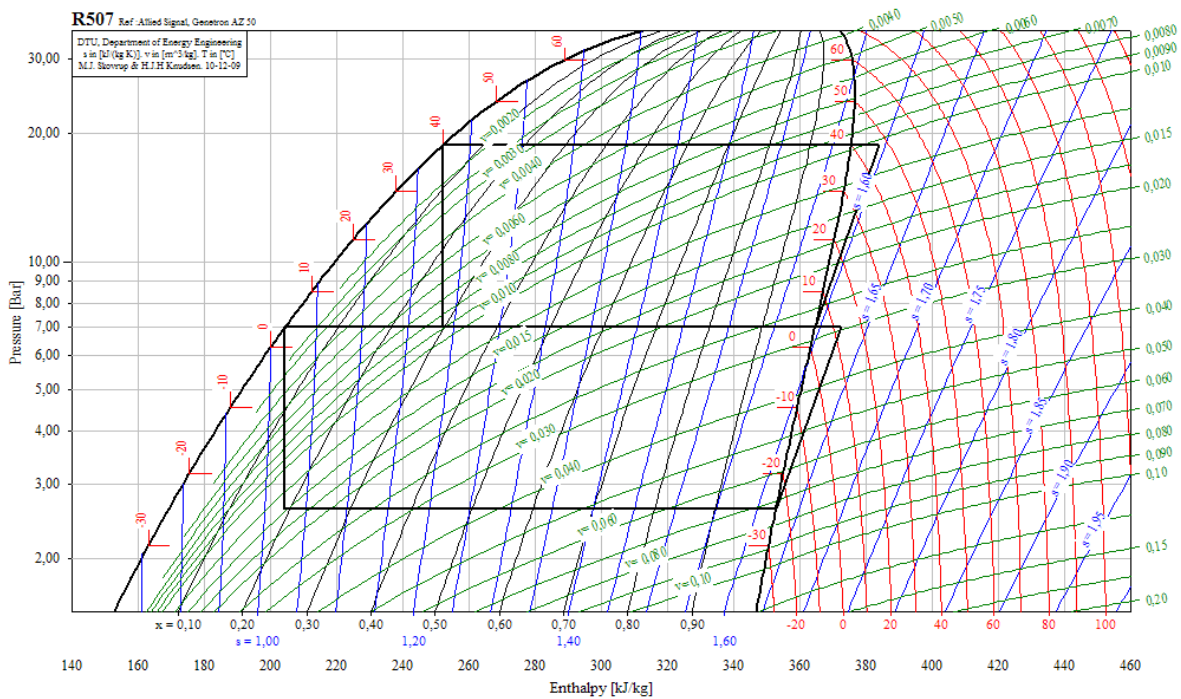
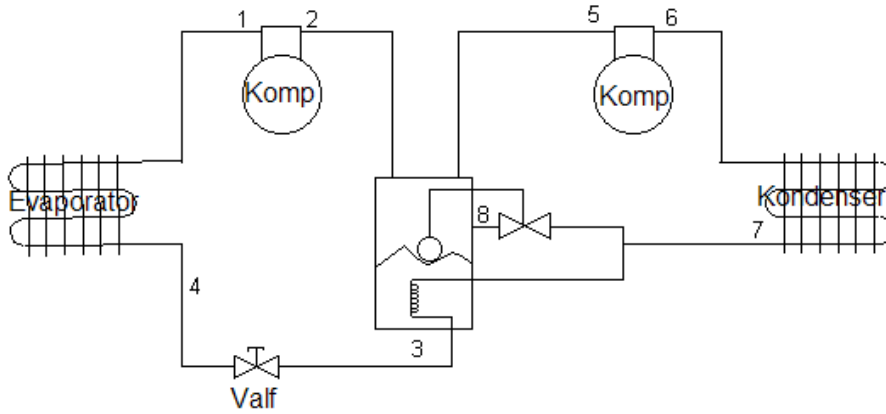
$$Q_{kon} = (h_6 - h_7) = 307 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_e = (h_1 - h_4) = 314 \text{ kJ/kg}$$

$$COP = Q_{ev} / W_k = 4,68$$



c) 2 kademeli kapalı bir sistemde R 507 akışkanı kullanılmaktadır.  $T_{ev} = -25\text{ C}$  ve  $T_{kon} = 40\text{ C}$  için  $W_k, Q_{kon}, Q_{eva}$  ve  $Cop$  değerlerini bulunuz?



$$h_1 = 352,7 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = 372,4 \text{ kJ/kg}$$

$$h_3 = h_4 = 204,39 \text{ kJ/kg}$$

$$h_5 = 364,5 \text{ kJ/kg}$$

$$h_6 = 384 \text{ kJ/kg}$$

$$h_7 = h_8 = 252 \text{ kJ/kg}$$

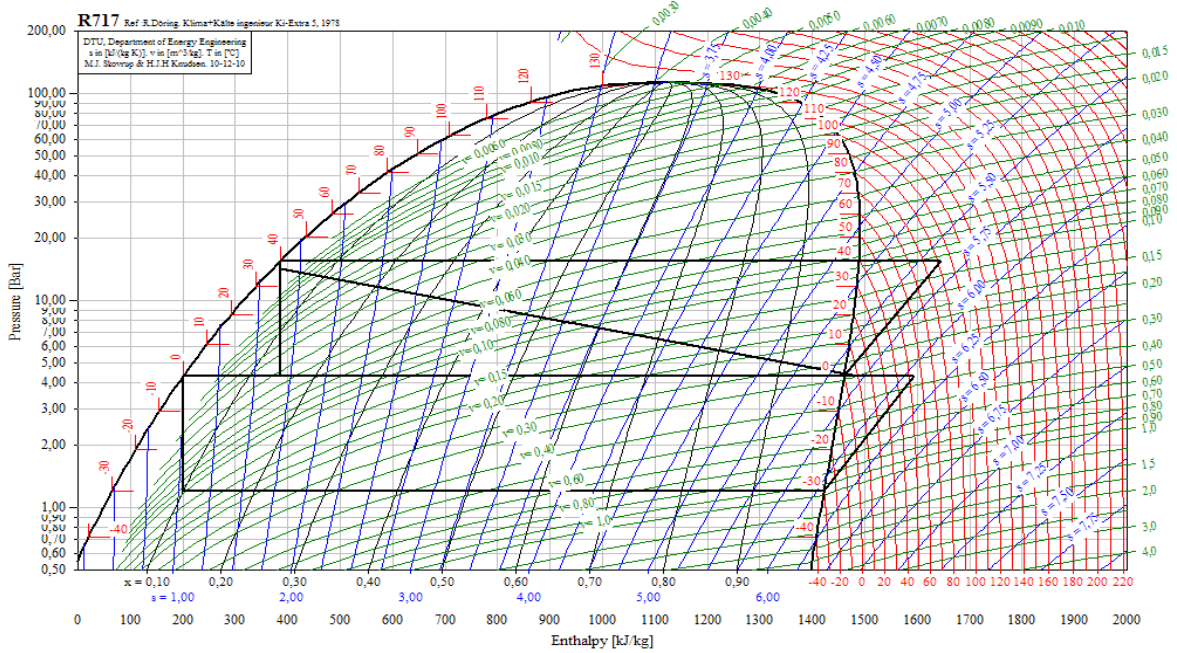
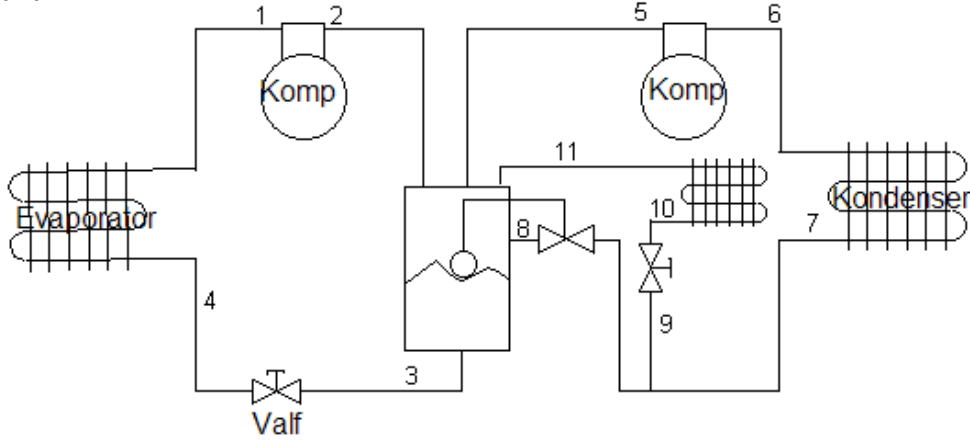
$$W_k = (h_2 - h_1) + (h_6 - h_5) = (372,4 - 352,7) + (384 - 364) = 39,7 \text{ kJ/Kg}$$

$$Q_{kon} = (h_6 - h_7) = 132 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_e = (h_1 - h_4) = 148,31 \text{ kJ/kg}$$

$$COP = Q_{ev} / W_k = 3,73$$

d) ) 2 kademeli 2 evaporatorlü açık bir sistemde R 717 akışkanı kullanılmaktadır.  $T_{ev} = -30\text{ C}$  ve  $T_{kon} = 40\text{ C}$ , ara evaporatorün ; sıcaklık artışı 10 K, basınç farkı 10 bar,soğutma yükü 20 kW'dir.Küçük çevrimde soğutma yükü 10 kW ve  $m=0,25\text{ kg/s}$  olduğuna göre  $W_k, Q_{kon}, Q_{eva}$  ve Cop değerlerini bulunuz.



$$h_1 = 1422,45 \text{ kJ/kg} \quad h_2 = 1593,90 \text{ kJ/kg} \quad h_3 = h_4 = 200 \text{ kJ/kg} \quad h_5 = 1460,66 \text{ kJ/kg}$$

$$h_6 = 1645,69 \text{ kJ/kg} \quad h_7 = h_8 = h_9 = h_{10} = 386,42 \text{ kJ/kg} \quad h_{11} = 1486,80$$

$$Q_{eva} = 10 \text{ kW}$$

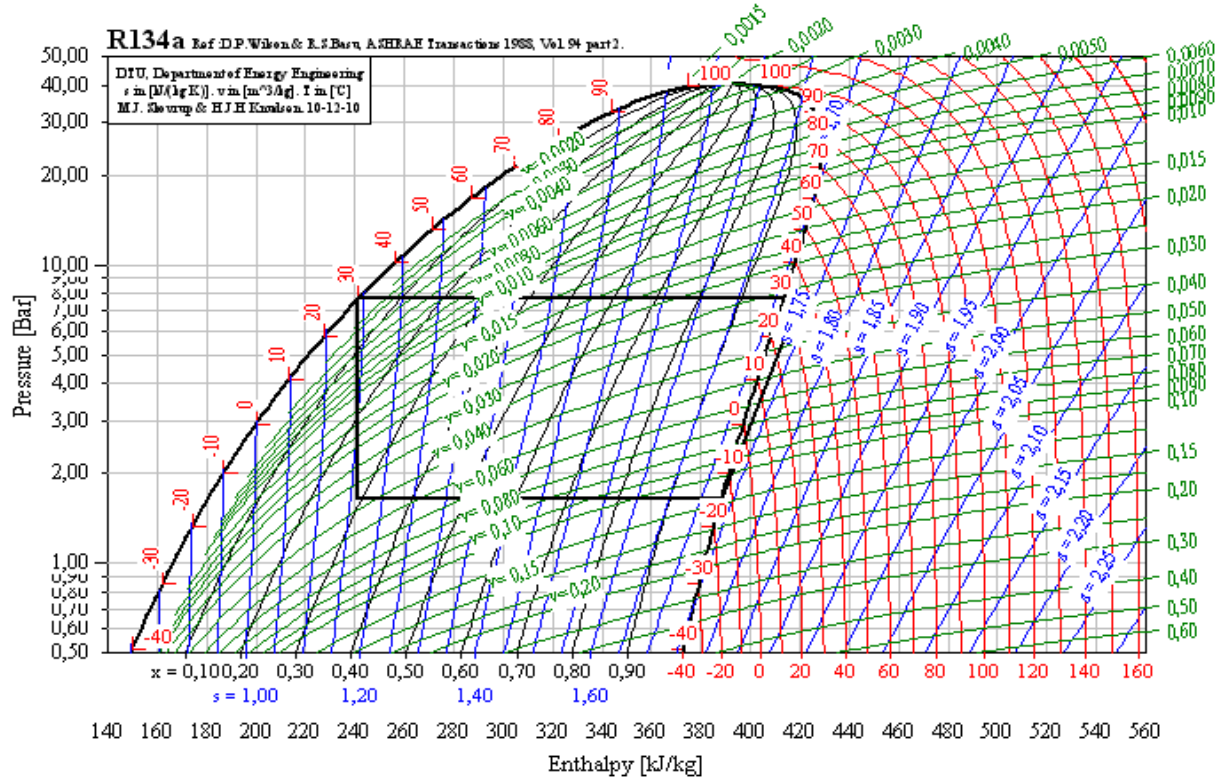
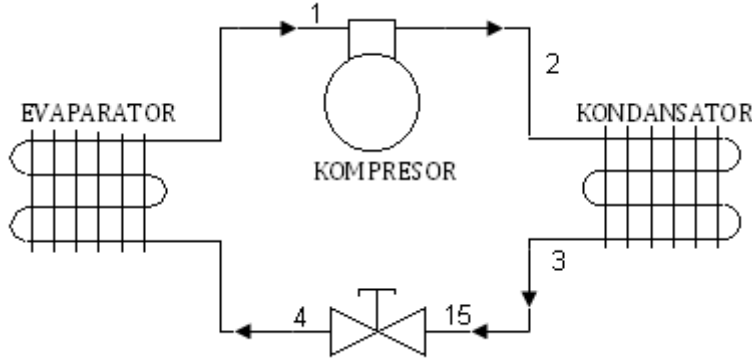
$$Q_{eva} = m(h_1 - h_4) = 305,61 \text{ kW}$$

$$Q_{kon} = m(h_6 - h_7) = 314,81 \text{ kW}$$

$$W_k = m(h_2 - h_1) + m(h_6 - h_5) = (1593,9 - 1422,45) + (1645,69 - 1460,66) = 89,2 \text{ kW}$$

$$COP = Q_{ev} / W_k = 3,42$$

Şekildeki gibi bir soğutma sisteminin evaporatör sıcaklığı -15, kondansatör sıcaklığı 30 alındığında refutil programında  $Q_{ev}=?$ ;  $Q_{con}=?$ ;  $P_{ara}=?$ ;  $COP_{STK}=?$ ;  $COP_{ITK}=?$ ;  $W_k=?$  belirlenmesi.



**Cycle info [One stage]. Refrigerant: R134a**

Select cycle number:

**Delete cycle**

**Values:**

Evaporating temperature [°C]:	-15,00	Condensing temperature [°C]:	30,00
Superheat [K]:	0,00	Subcooling [K]:	0,00
Dp evaporator [bar]:	0,00	Dp condenser [bar]:	0,00
Dp suction line [bar]:	0,00	Dp liquid line [bar]:	0,00
Dp discharge line [bar]:	0,00		
Isentropic efficiency [0-1]:	1,00		

**Calculated:**

Qe [kJ/kg]:	146,855
Qc [kJ/kg]:	178,744
COP:	4,61
W [kJ/kg]:	31,889
Pressure ratio [-]:	4,692

**Dimensioning:**

Qe [kW]:	<input type="text" value="0,000"/>
Qc [kW]:	<input type="text" value="0,000"/>
m [kg/s]:	<input type="text" value="0,00000000"/>
V [m <sup>3</sup> /h]:	<input type="text" value="0,0000"/>
W [kW]:	<input type="text" value="0,000"/>
Q loss [kW]:	<input type="text" value="0,000"/>

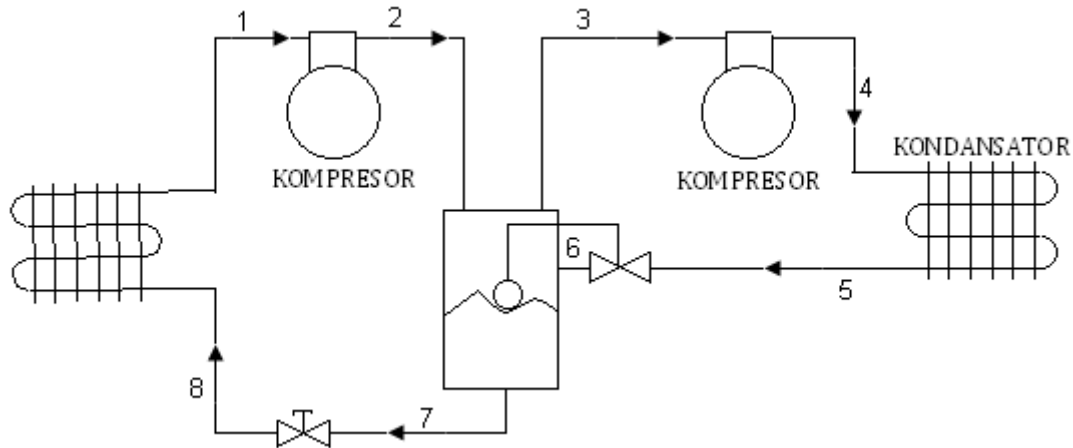
**Volumetric efficiency**

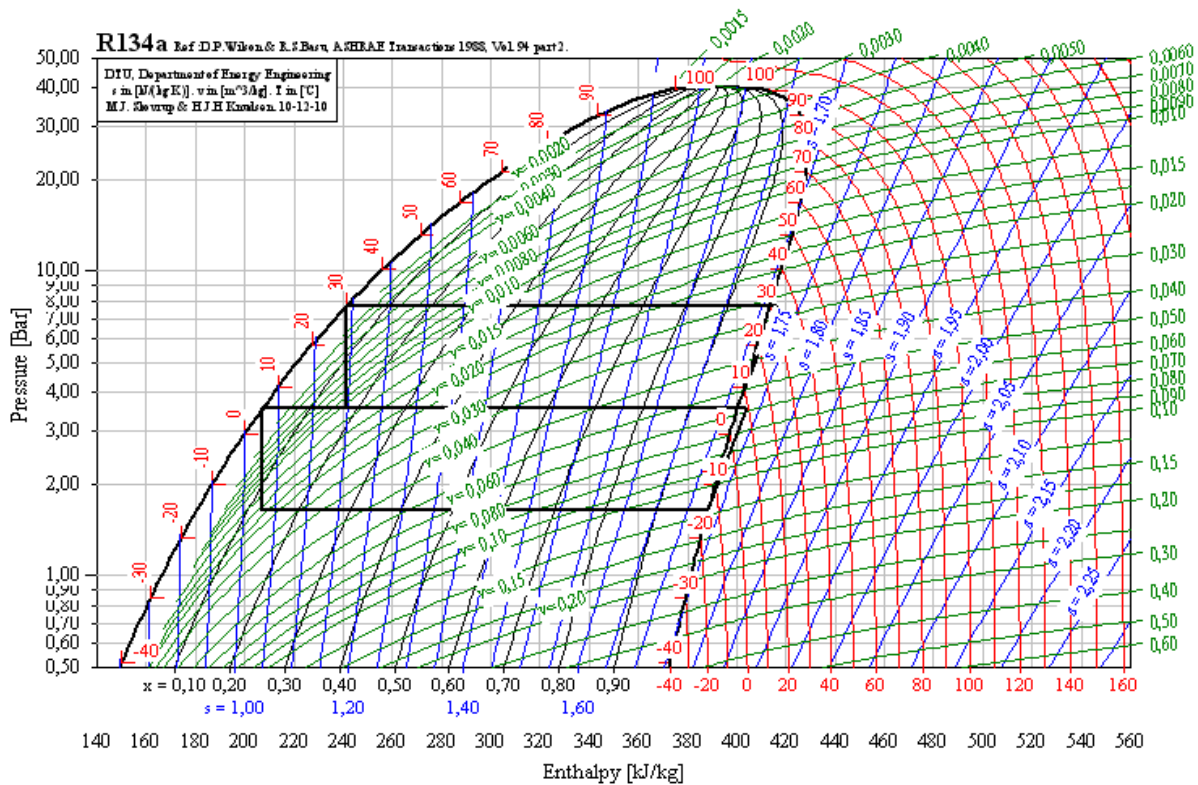
n\_vol:

Displacement [m<sup>3</sup>/h]:

**OK**    **Coordinates of points...**    **Print**    **Copy**    **Update**    **Help**

2-) Şekildeki gibi bir soğutma sisteminin evaporatör sıcaklığı -15, kondansatör sıcaklığı 30 alındığında çift kompresörlü açık ara soğutuculu sistem refutil programında ele alındığında  $Q_{ev}=?$ ;  $Q_{con}=?$ ;  $P_{ara}=?$ ;  $COP_{STK}=?$ ;  $COP_{ITK}=?$ ;  $W_k=?$  belirlenmesi.





**Cycle info [Two stage, open intercooler]. Refrigerant: R134a**

Select cycle number:

Low stage:		High stage:	
Evaporating temperature [°C]:	-15,00	Condensing temperature [°C]:	30,00
Superheat [K]:	0,00	Subcooling [K]:	0,00
Dp evaporator [bar]:	0,00	Dp condenser [bar]:	0,00
Dp suction line [bar]:	0,00	Dp liquid line [bar]:	0,00
Dp discharge line [bar]:	0,00	Dp suction line [bar]:	0,00
Isentropic efficiency [0-1]:	1,00	Dp discharge line [bar]:	0,00
		Isentropic efficiency [0-1]:	1,00

Calculated:		Dimensioning:		Intermediate pressure/temperature:	
Qe [kJ/kg]:	181,000	Qe [kW]:	<input type="text" value="0,000"/>	Intermediate pressure [bar]:	3,56
Qc [kJ/kg]:	174,790	Qc [kW]:	<input type="text" value="0,000"/>	Intermediate temperature [°C]:	5,48
COP:	5,12	m low [kg/s]:	<input type="text" value="0,00000000"/>	Volumetric efficiency	
W low stage [kJ/kg]:	15,636	V low [m³/h]:	<input type="text" value="0,0000"/>	Low stage:	<input type="text" value="0,00"/>
W high stage [kJ/kg]:	15,906	W low [kW]:	<input type="text" value="0,000"/>	Displacement [m³/h]:	0
(m high)/(m low):	1,2376	Q loss low [kW]:	<input type="text" value="0,000"/>	High stage:	<input type="text" value="0,00"/>
Pressure ratio low [-]:	2,166	m high [kg/s]:	<input type="text" value="0,00000000"/>	Displacement [m³/h]:	0
Pressure ratio high [-]:	2,166	V high [m³/h]:	<input type="text" value="0,0000"/>		
		W high [kW]:	<input type="text" value="0,000"/>		
		Q loss high [kW]:	<input type="text" value="0,000"/>		

1. Soğutma yükü 20 kW olan R12 soğutucu akışkanın kullanıldığında, evaporatör buharlaşma sıcaklığı  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  ve kondansatör yoğuşma sıcaklığı  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  olduğunda;

Cycle info [One stage]. Refrigerant: R12

Select cycle number:  
örnek (1)

Delete cycle

Values:

Evaporating temperature [°C]:	-10,00	Condensing temperature [°C]:	40,00
Superheat [K]:	0,00	Subcooling [K]:	0,00
Dp evaporator [bar]:	0,00	Dp condenser [bar]:	0,00
Dp suction line [bar]:	0,00	Dp liquid line [bar]:	0,00
Dp discharge line [bar]:	0,00		
Isentropic efficiency (0-1):	1,00		

Calculated:

Qe [kJ/kg]:	108,613
Qc [kJ/kg]:	134,796
COP:	4,15
W [kJ/kg]:	26,183
Pressure ratio [-]:	4,384

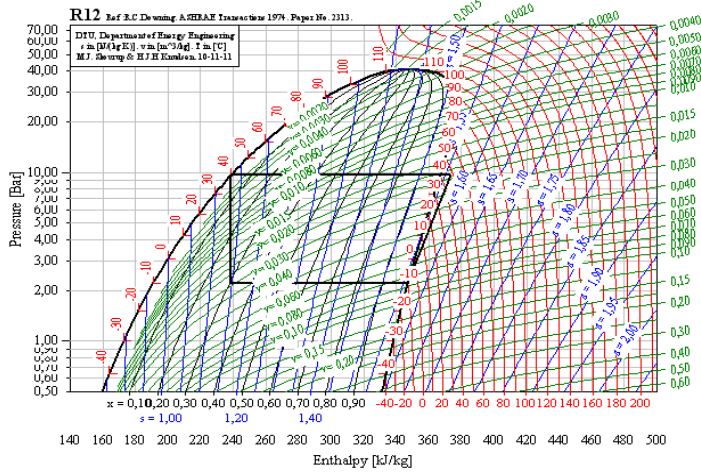
Dimensioning:

Qe [kW]:	20,000
Qc [kW]:	24,821
m [kg/s]:	0,18413994
V [m <sup>3</sup> /h]:	50,8172
W [kW]:	4,821
Q loss [kW]:	0,000

Volumetric efficiency:

n_vol:	0,00
Displacement [m <sup>3</sup> /h]:	0

OK Coordinates of points... Print Copy Update Help



- 1.2. R12 soğutucu akışkanın kullanıldığında, 10 K soğutma ve 10 K ısıtma yapılır ise;

Cycle info [One stage], Refrigerant: R12

Select cycle number:

örnek (1)  
örnek (2)

Delete cycle

Values:

Evaporating temperature [°C]	-10,00	Condensing temperature [°C]	40,00
Superheat [K]	10,00	Subcooling [K]	10,00
Dp evaporator [bar]	0,00	Dp condenser [bar]	0,00
Dp suction line [bar]	0,00	Dp liquid line [bar]	0,00
Dp discharge line [bar]	0,00		
Isentropic efficiency [0-1]	1,00		

Calculated:

Qe [kJ/kg]	124,837
Qc [kJ/kg]	152,365
COP:	4,53
W [kJ/kg]	27,528
Pressure ratio [-]	4,384

Dimensioning:

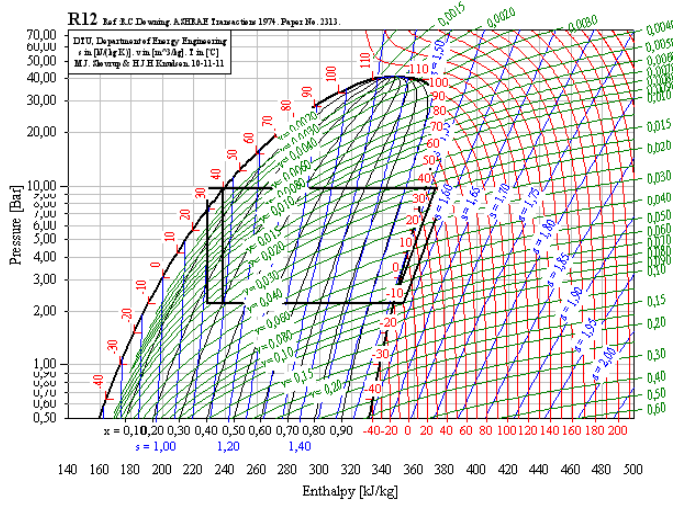
Qe [kW]	20,000
Qc [kW]	24,410
m [kg/s]	0,16020891
V [m <sup>3</sup> /h]	46,3710
W [kW]	4,410
Q loss [kW]	0,000

Volumetric efficiency:

n\_vol [0,00]

Displacement [m<sup>3</sup>/h] 0

OK    Coordinates of points...    Print    Copy    Update    Help



- Soğutma yükü 20 kW olan R22 soğutucu akışkanın kullanıldığında, evaporatör buharlaşma sıcaklığı -10 °C ve kondansatör yoğuşma sıcaklığı 40 °C olduğunda;



**Cycle info [One stage], Refrigerant: R22**

Select cycle number:  
R22 (1)

Delete cycle

Values:

Evaporating temperature [°C]:	-10,00	Condensing temperature [°C]:	40,00
Superheat [K]:	0,00	Subcooling [K]:	0,00
Dp evaporator [bar]:	0,00	Dp condenser [bar]:	0,00
Dp suction line [bar]:	0,00	Dp liquid line [bar]:	0,00
Dp discharge line [bar]:	0,00		
Isentropic efficiency [0-1]:	1,00		

Calculated:

Qe [kJ/kg]:	151,891
Qc [kJ/kg]:	188,886
COP:	4,11
W [kJ/kg]:	36,995
Pressure ratio [-]:	4,328

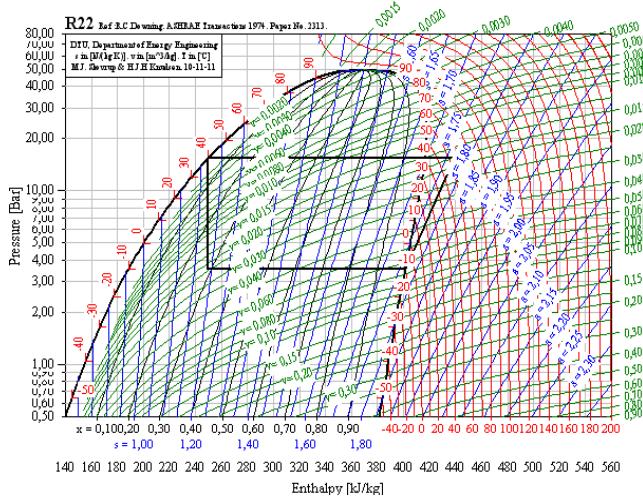
Dimensioning:

Qe [kW]:	20,000
Qc [kW]:	24,871
m [kg/s]:	0,13167336
V [m³/h]:	30,9775
W [kW]:	4,871
Q loss [kW]:	0,000

Volumetric efficiency:

n\_vol: 0,00  
Displacement [m³/h]: 0

OK    Coordinates of points...    Print    Copy    Update    Help





Cycle info [One stage]. Refrigerant: R22

Select cycle number:  
R22 (1)  
R22 (2)

Delete cycle

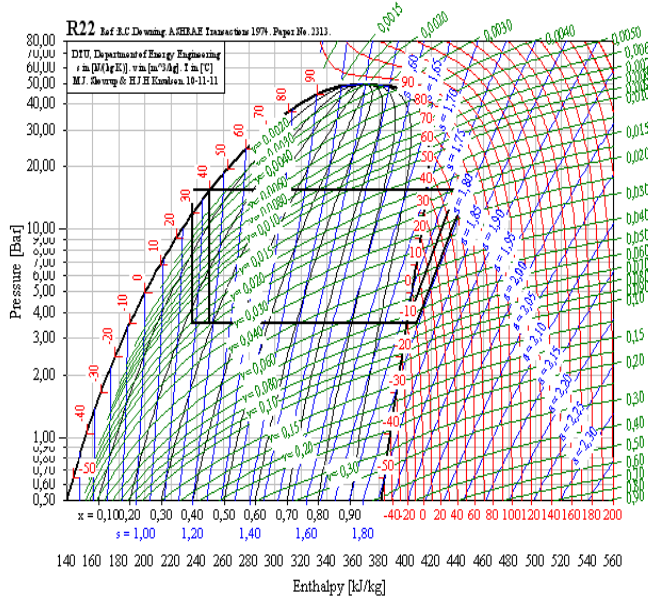
Values:  
Evaporating temperature [°C]: -10,00    Condensing temperature [°C]: 40,00  
Superheat [K]: 10,00    Subcooling [K]: 10,00  
Dp evaporator [bar]: 0,00    Dp condenser [bar]: 0,00  
Dp suction line [bar]: 0,00    Dp liquid line [bar]: 0,00  
Dp discharge line [bar]: 0,00  
Isentropic efficiency [0-1]: 1,00

Calculated:  
Qe [kJ/kg]: 171,771  
Qc [kJ/kg]: 210,668  
COP: 4,42  
W [kJ/kg]: 38,897  
Pressure ratio [-]: 4,328

Dimensioning:  
Qe [kW]: 20,000  
Qc [kW]: 24,529  
m [kg/s]: 0,11643405  
V [m³/h]: 28,7811  
W [kW]: 4,529  
Q loss [kW]: 0,000

Volumetric efficiency  
n\_vol: 0,00  
Displacement [m³/h]: 0

OK    Coordinates of points...    Print    Copy    Update    Help



- Soğutma yükü 20 kW olan R22 soğutucu akışkanın kullanıldığında, evaporatör buharlaşma sıcaklığı -10 °C ve kondansatör yoğuşma sıcaklığı 40 °C olduğunda;

**Cycle info [One stage]. Refrigerant: R717**

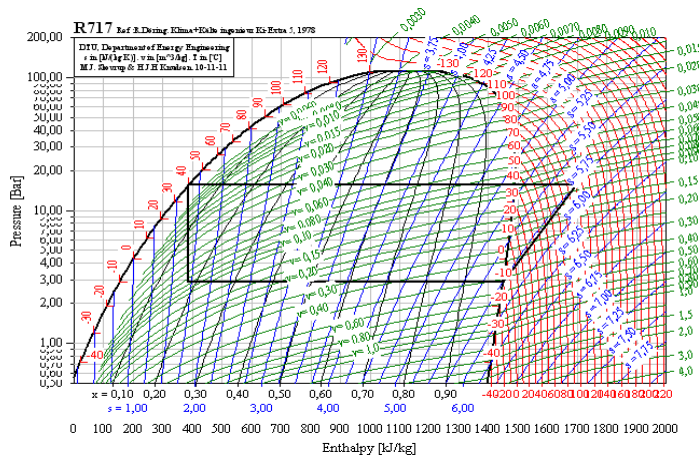
Select cycle number:

Values:			
Evaporating temperature [°C]:	-10,00	Condensing temperature [°C]:	40,00
Superheat [K]:	0,00	Subcooling [K]:	0,00
Dp evaporator [bar]:	0,00	Dp condenser [bar]:	0,00
Dp suction line [bar]:	0,00	Dp liquid line [bar]:	0,00
Dp discharge line [bar]:	0,00		
Isentropic efficiency [0-1]:	1,00		

Delete cycle

Calculated:	Dimensioning:	Volumetric efficiency:
Qe [kJ/kg]: 1062,860	Qe [kW]: 20,000	n <sub>vol</sub> : 0,00
Qc [kJ/kg]: 1310,366	Qc [kW]: 24,657	Displacement [m <sup>3</sup> /h]: 0
ODP: 4,29	m [kg/s]: 0,01881715	
W [kJ/kg]: 247,506	V [m <sup>3</sup> /h]: 28,2956	
Pressure ratio [-]: 5,348	W [kW]: 4,657	
	Q loss [kW]: 0,000	

OK    Coordinates of points...    Print    Copy    Update    Help



3.1. R717 soğutucu akışkanın kullanıldığında, 10 K soğutma ve 10 K ısıtma yapılır ise;

Cycle info [One stage], Refrigerant: R717

Select cycle number:

(1)  
(2)

Delete cycle

Values:

Evaporating temperature [°C]:	-10,00	Condensing temperature [°C]:	40,00
Superheat [K]:	0,00	Subcooling [K]:	0,00
Dp evaporator [bar]:	0,00	Dp condenser [bar]:	0,00
Dp suction line [bar]:	0,00	Dp liquid line [bar]:	0,00
Dp discharge line [bar]:	0,00		
Isentropic efficiency [0-1]:	1,00		

Calculated:

Qe [kJ/kg]:	1062,860
Qc [kJ/kg]:	1310,366
COP:	4,29
W [kJ/kg]:	247,506
Pressure ratio [-]:	5,348

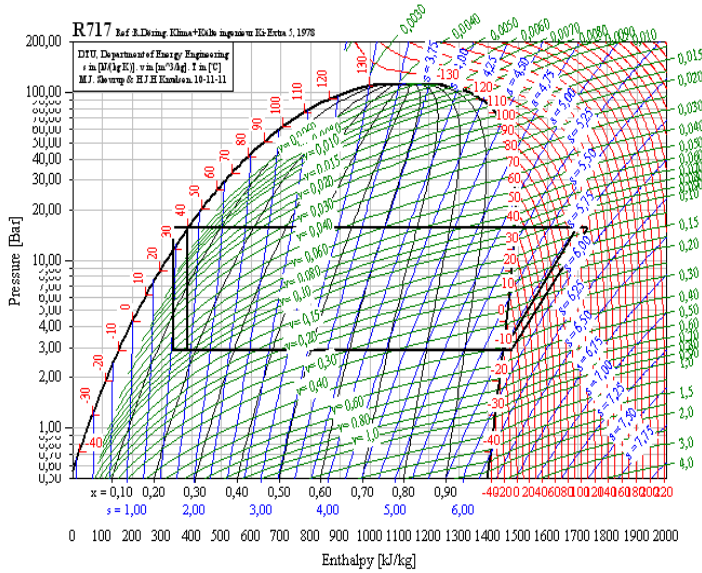
Dimensioning:

Qe [kW]:	20,000
Qc [kW]:	24,657
m [kg/s]:	0,01881715
V [m³/h]:	28,2956
W [kW]:	4,657
Q loss [kW]:	0,000

Volumetric efficiency:

n_vol:	0,00
Displacement [m³/h]:	0

OK Coordinates of points... Print Copy Update Help



Soru :Çift evaporatorl bir soğutma çevriminde soğutma blmnn gc 10 kw ,sıcaklığı 0°C ve derin dondurucu soğutma yükü 20 kw, sıcaklığı ise -20°C 'dir. Konder sıcaklığı 40°C olduğuna göre; ( $\epsilon = 0,70$   $\zeta_{mak} = 0,80$   $\zeta_{cik} = 0,95$   $\zeta_{alzak} = 0,98$ )

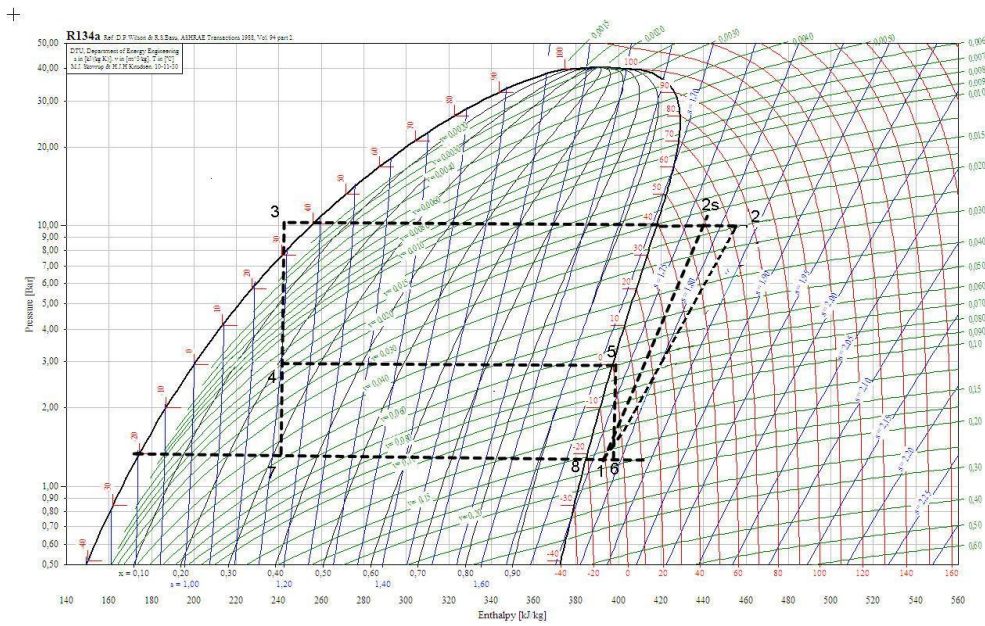
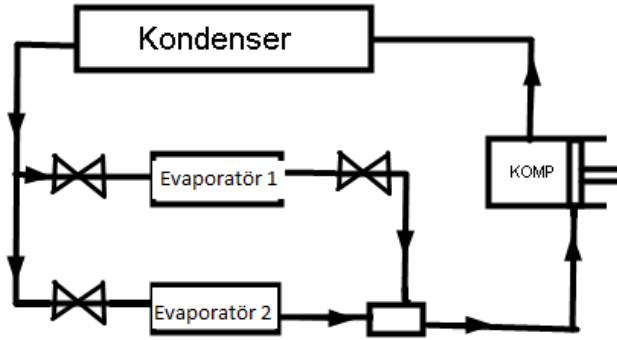
a) R-134 ve R-407C iin  $COP_{Ist}$  ,  $COP_{Soğ}$  ,  $Q_{kon}$  ,  $W_{kop}$  değerlerini bulunuz?

zm :

a) R-134a iin ;

$T_{kon}=40^{\circ}C$   $T_{y1}=0^{\circ}C$   $T_{y2}=-20^{\circ}C$

$Q_{y1}=10$  kw  $Q_{y2}=20$  kw



$$h_1 = 391 \text{ kJ/kg}$$

$$m_{s1} = Q_{y1} / (h_8 - h_7) = 20 / (385 - 242) = 0.139 \text{ kg/s}$$

$$h_{2s} = 433 \text{ kJ/kg}$$

$$m_{s2} = Q_{y2} / (h_5 - h_4) = 10 / (398 - 242) = 0.064 \text{ kg/s}$$

$$h_3 = h_4 = h_7 = 242 \text{ kJ/kg}$$

$$m = m_{s1} + m_{s2} = 0.139 + 0.064 = 0.203 \text{ kg/s}$$

$$h_5 = h_6 = 398 \text{ kJ/kg}$$

$$W_{komp} = \frac{m \cdot (h_2 - h_1)}{\zeta_{mak} \cdot \zeta_{elak} \cdot \zeta_{kk}} = 16.35 \text{ kw}$$

$$h_8 = 385 \text{ kJ/kg}$$

$$= 40.43 \text{ kJ}$$

$$\epsilon = \frac{h_{2s} - h_1}{h_2 - h_1}$$

$$COP_{sog} = (Q_{y1} + Q_{y2}) / W_{komp} = 1.83$$

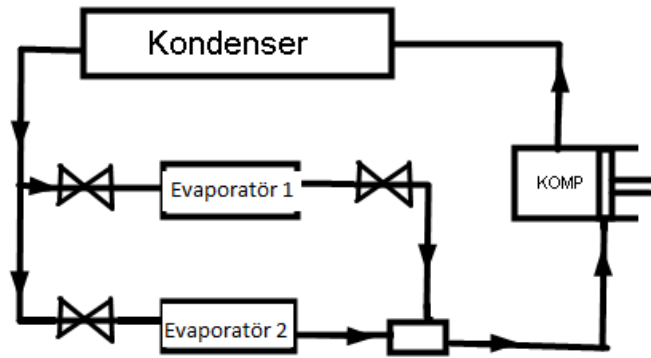
$$h_2 = 451 \text{ kJ/kg}$$

$$COP_{ist} = Q_{kon} / W_{komp} = 2.59$$

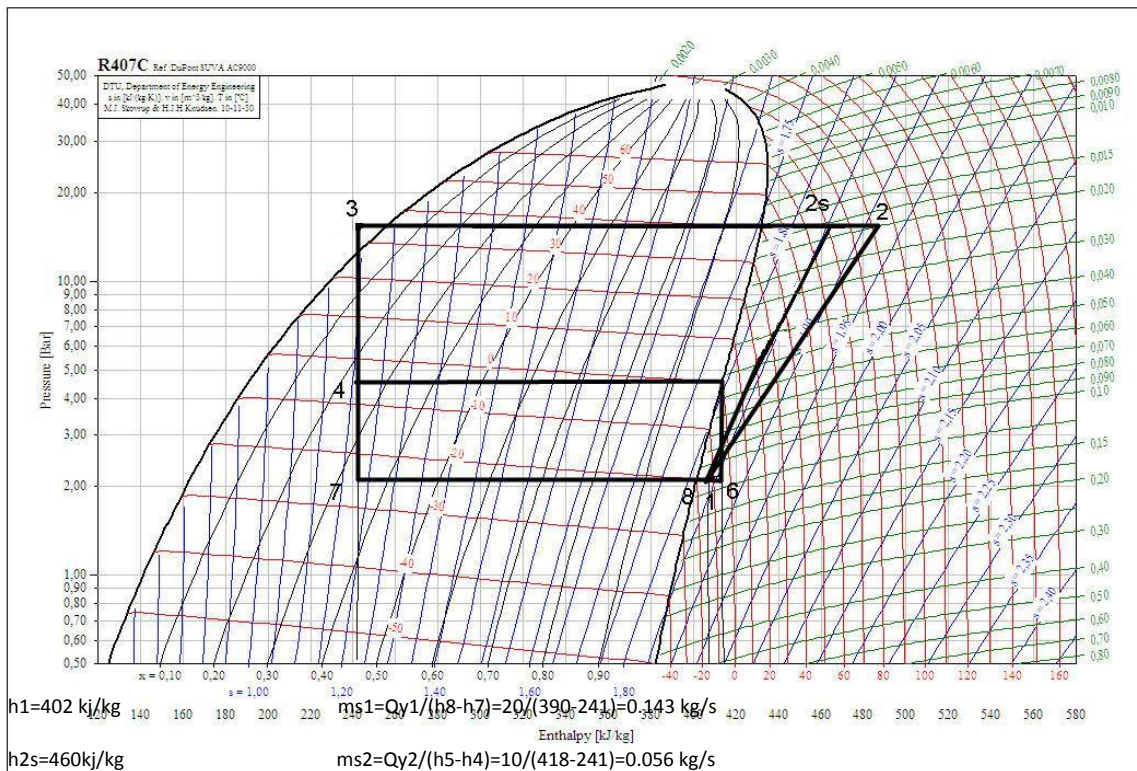
b) R-407C için ;

$$T_{kon} = 40^\circ\text{C} \quad T_{y1} = 0^\circ\text{C} \quad T_{y2} = -20^\circ\text{C}$$

$$Q_{y1} = 10 \text{ kw} \quad Q_{y2} = 20 \text{ kw}$$



F



$h_3 = h_4 = h_7 = 241 \text{ kJ/kg}$

$m = m_{s1} + m_{s2} = 0,143 + 0,056 = 0,20 \text{ kg/s}$

$\frac{m \cdot (h_2 - h_1)}{\zeta_{mak} \cdot \zeta_{stat} \cdot \zeta_{kk}} = 22,3 \text{ kw}$

$h_5 = h_6 = 418 \text{ kJ/kg}$

$= 48,8 \text{ kw}$

$h_8 = 390 \text{ kJ/kg}$

$= 48,8 \text{ kw}$

$\epsilon = \frac{h_2 - h_1}{h_2 - h_1}$

$COP_{sög} = (Q_{y1} + Q_{y2}) / W_{komp} = 1,34$

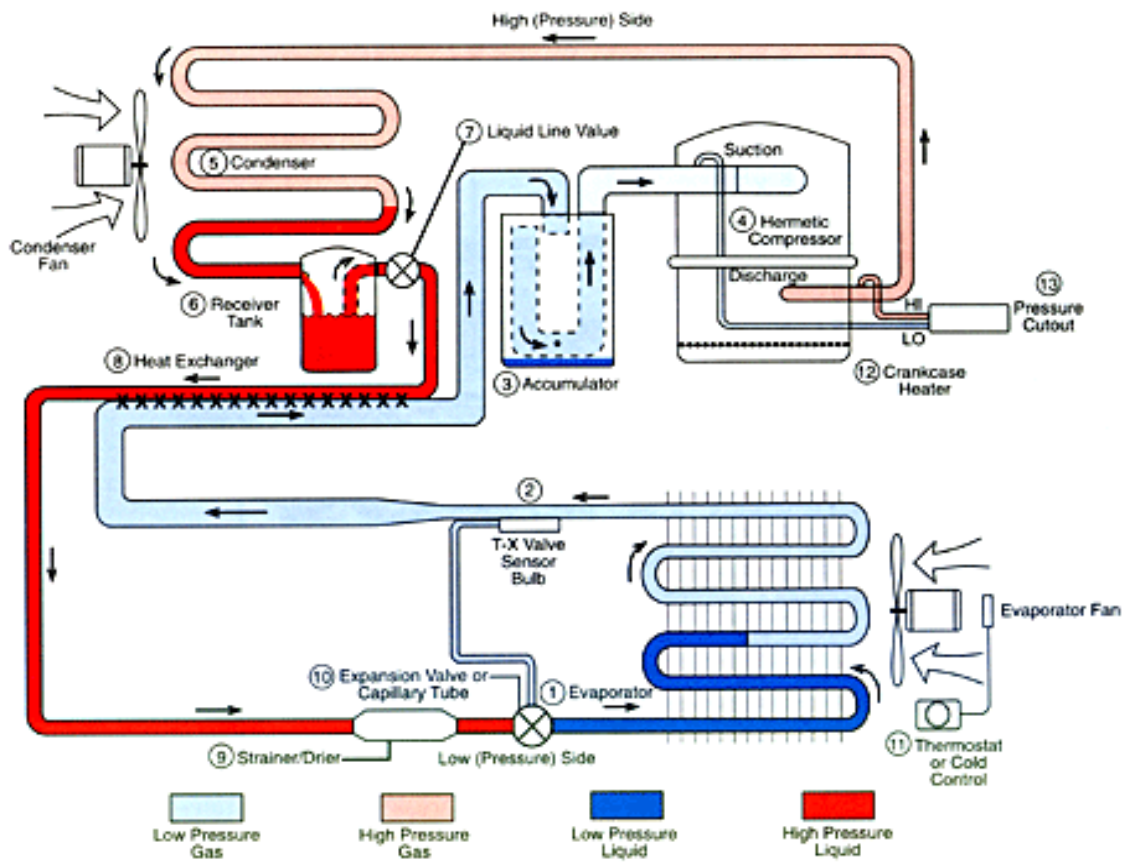
$h_2 = 485 \text{ kJ/kg}$

$COP_{ist} = Q_{kon} / W_{komp} = 2,18$



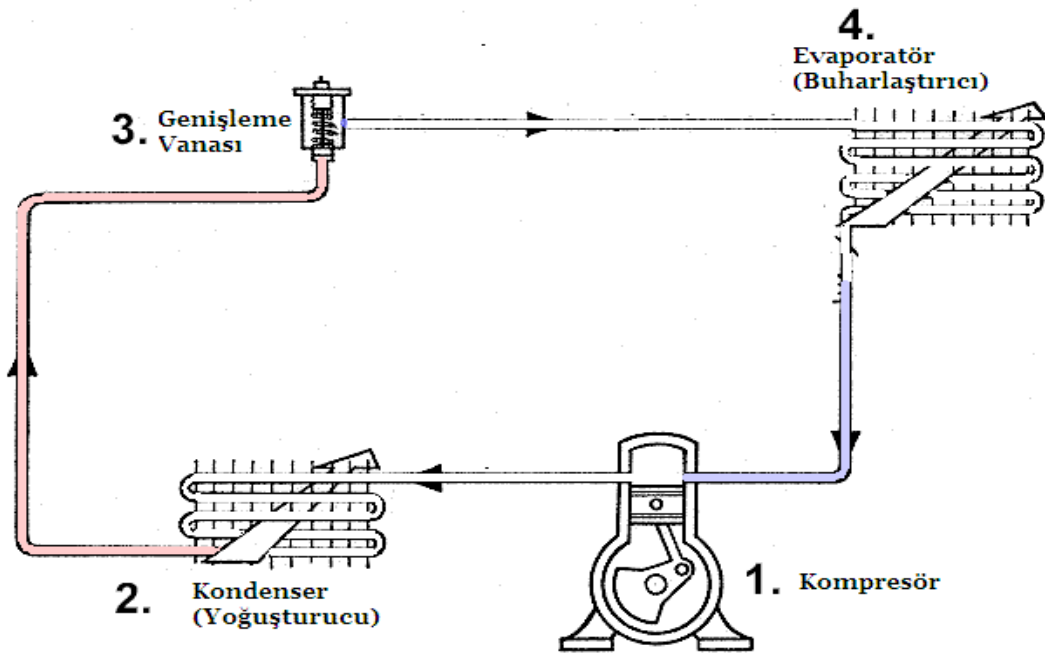
## BÖLÜM 3

### SOĞUTMA SİSTEMİ ANA VE YARDIMCI ELEMANLARI



Soğutma sistemi ana ve yardımcı kontrol elemanları

### 3. SOĞUTMA SİSTEMİ ANA ELAMANLARI



### 3.1. KOMPRESÖRLER

Kompresörler soğutma sisteminin kalbi olarak ele alınabilir. Soğutucu akışkanın çevrim boyunca dolaştırılarak soğuk kaynaktan sıcak kaynağa ısı iletimi kompresörler yardımı ile meydana gelmektedir. Yani kompresörler , soğutma devrelerinde buharlaştırıcıda bulunan alçak basınçta buhar halindeki soğutucu akışkanı emerek daha yüksek basınçta olan yoğuşturucuya gönderen iş yutan makinelerdir.

İdeal bir kompresörde şu özellikler aranır :

İlk kalkışta dönme momentinin mümkün olduğunca az olması,

Değişik çalışma şartlarında emniyet e güvenliği muhafaza etmesi,

Ömrünün uzun olması ve daha az çalışması,

Titreşim ve gürültü seviyelerinin kısmi ve tam yüklerde ve değişik şartlarda belirli seviyenin üstüne çıkması,

Daha az güç harcayarak birim soğutma değerini sağlayabilmesi,

Maliyetin mümkün olduğunca az olması,

Verimlerinin kısmi yüklerde de düşmemesi

Fakat bu karakteristiklerin tümüne birden sahip olan bir kompresör yoktur denilebilir. Uygulamadaki şartlara göre yukarıdaki karakteristiklerden en fazlasını sağlayabilen kompresör , tercih edilecekti

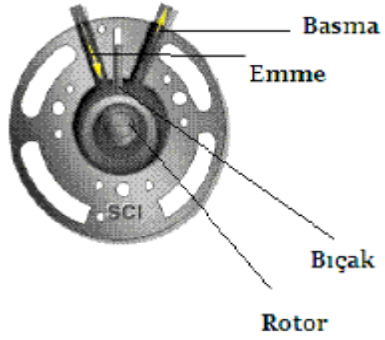
**Yapısına Göre Kompresörler;**

**3.1.1. Rotarlı Tip Kompresörler:**

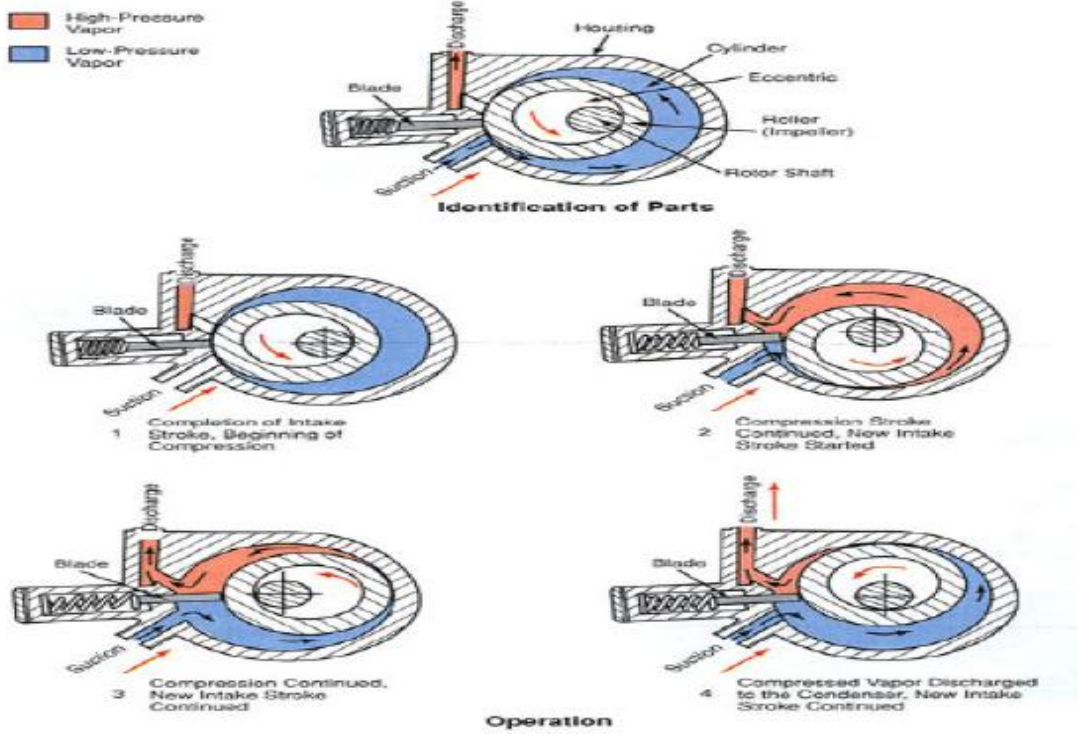


Küçük soğutma sistemlerinde kullanılan bu kompresör, bir silindir içerisinde kaçık eksenli olarak dönen bir pistondan ibarettir. Supab tertibatı yoktur. Hacim sıkıştırırmalı kompresörlerdir. Ev tipi buzdolaplarında, derin dondurucu ve split ve pencere tipi klimalarda, ve otomobil klimalarında kullanılırlar. Kanatlı tipler, bıçaklı tipe göre daha yüksek kapasiteler için uygundur. 4-450 kW arası üretilirler. Kanat sayısı 4-16 değişir.

Bıçaklı ve kanatlı olmak üzere iki tipte imal edilirler.

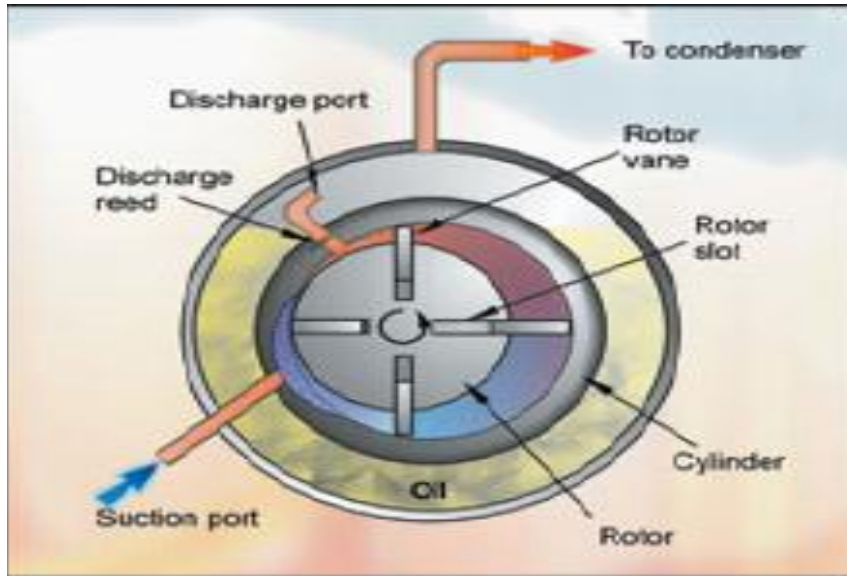
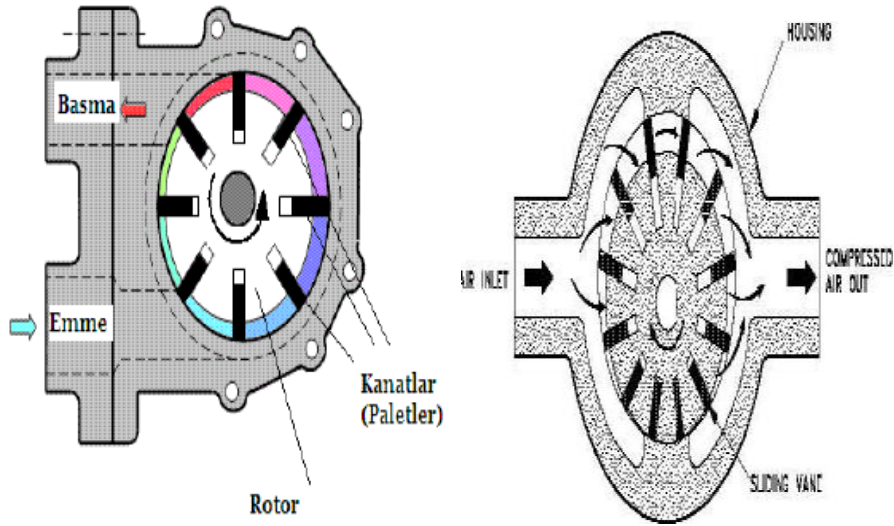


**Şekil 3.1** Bıçaklı tip rotorlu tip kompresör

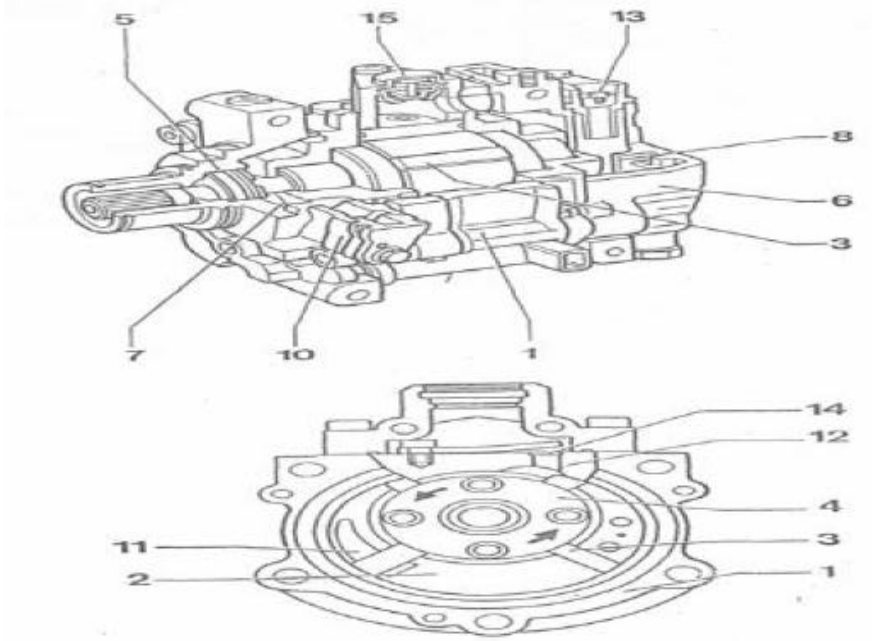


Şekil 3.2 Bıçaklı Tip Rotatif Kompresör

Paletli tip rotorlu kompresör;



Şekil 3.3 Paletli tip rotorlu kompresör



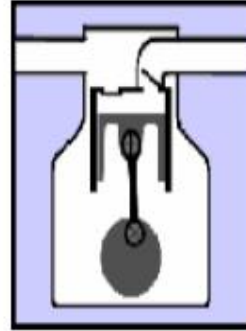
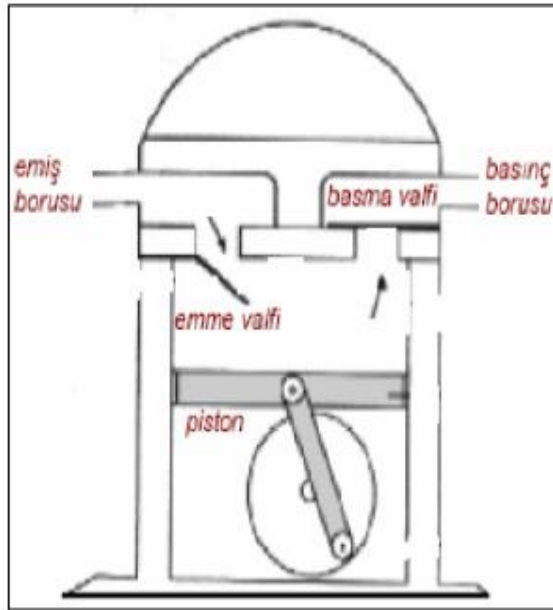
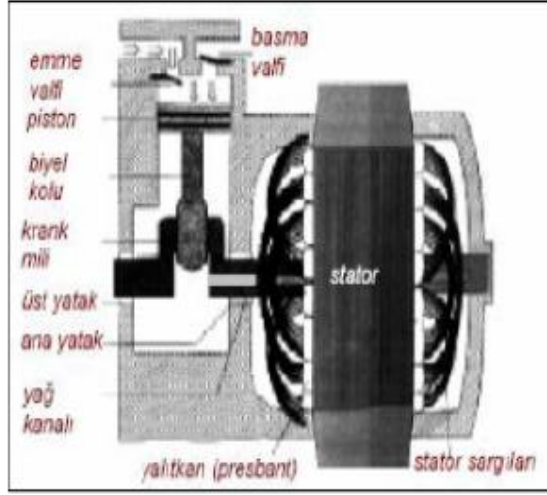
1-Gövde 2-Odacık 3-Palet 4-Göbek 5-Ön kapak 6-Arka kapak 7-Düşük basınç odacığı 8-Yüksek basınç odacığı 9-Ön kapak giriş yeri 10- Kanal 11- Kanal çıkışı

12-Vida 13- Valf 14- Termal kontak

### 3.1.2. Pistonlu Tip Kompresör :

Pistonlu kompresörler özellikle buhar yoğunluğu ve yoğuşma basıncı yüksek olan soğutucu akışkanlar için kullanılır. Örneğin R-22, R-407c, R-134a.

Bir silindir içerisine gidip , gelme hareketi yapan bir pistonla sıkıştırma işlemi yapan bu tip kompresörlerde , tahrik motorunun dönme hareketi bir krank- biyel sistemi ile doğrusal harekete çevrilir. Bu tip kompresörlerde , buhar haldeki soğutucu akışkanı çekmek için silindir içerisindeki pistonun aşağı doğru hareketi ile birlikte emiş vanaları açılır. Buhar haldeki soğutucu akışkan pistonun yukarı doğru hareketiyle sıkıştırılır ve silindir içindeki basınç, yoğuşma basıncının biraz üzerine çıktığında akışkan dışarı atılır.



**Şekil 3.4.** Pistonlu Tip Kompresör

Pistonlu kompresörlerin

Avantajları ;

Pistonlu kompresörler her çeşit motorla tahrik olabilirler.

Devir sayısı kayış kasnak ve benzeri sistemlere ayarlanabilir.

Motor üzerinden kısa devre olarak soğutma deresinde kirlenme olmaz .

Tahrik motoru arıza yapıcı hemen değiştirilerek, çalışma aksatılmaz.

İmalat kalitesi çok iyidir.

Dezavantajları ;

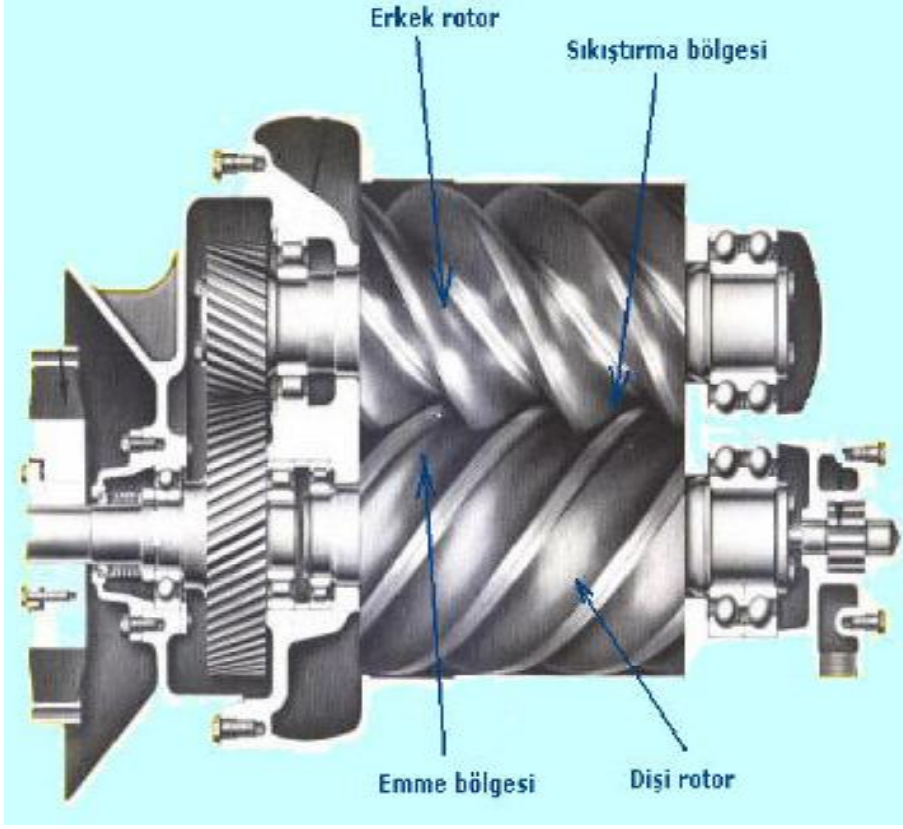
Soğutma devresinde , motorun ısı kayıpları geri kazanılmaz . Isı pompaları açısından önemli bir faktör olduğu unutulmamalıdır.

Sıvı darbelerine karşı diğer kompresörlere nazaran daha az mukavimdir.

Soğutucu akışkan kaçakları meydana gelir ve bu çok önemli bir mahzurdur.

### **3.1.3. Vidalı ( Helisel ) Kompresörler :**

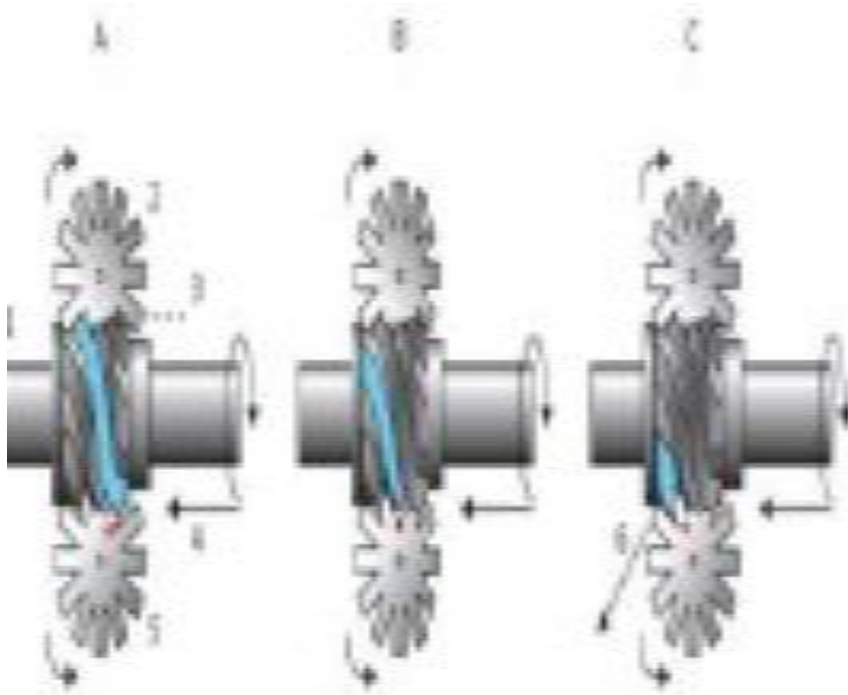
Vidalı kompresörlerde, dişleri birbirini saran iki sonsuz vidadan bir tanesi diğerini hareket ettirerek gazı sıkıştırır. Emme deliğı açıkken rotorların dönmesi ile gaz emilir ve emilen gaz vidalar arasındaki gittikçe daralan boşluğu, rotor boyunca doldurduktan sonra emme deliğı kapatılır. Rotorlar dönmeye devam ederek aradaki gazı sıkıştırır.



Şekil 3.5. Vidalı Tip Kompresör



Çalışma prensipleri çok basit olduğundan vidalı kompresörlerin tamir ve bakımı kolaydır, ömürleri uzundur. Diğer kompresör tiplerine göre daha az yer kaplar, daha az titreşim yapar, kayış kasnak olmadan tahrik sistemine bağlanırlar. Hareket eden parçaların sayısı az olduğundan mekanik verimleri dolayısıyla toplam verimleri yüksektir. Chiller gruplarında ve Özellikle uçak kabinlerinin iklimlendirilmesi için kullanılır.



**Şekil 3.6** Vidalı tip kompresör ana elemanları

**Resim**

A:Emme

B:Sıkıştırma

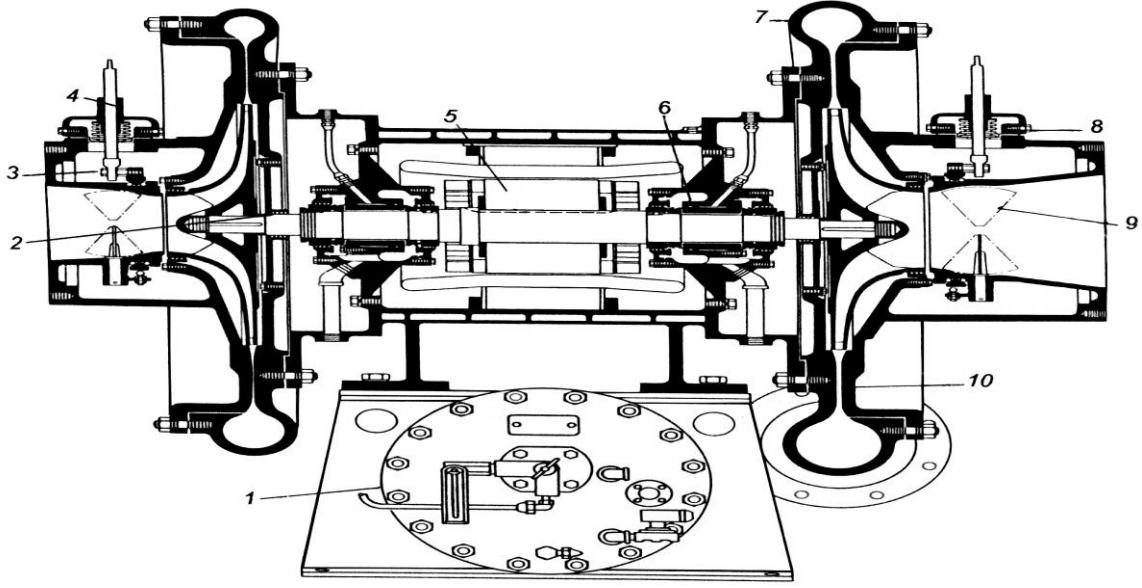
C:Boşaltma

1. Vida rotor

2. Dişli rotor A
3. Muhafaza
4. Emme gazı
5. Dişli rotor B
6. Tahliye portu

Bir vidalı kompresörde, kompresör ve motor birbirinden ayrılmıştır ve bu nedenle bir aks veya V-kayışı ile bağlanırlar. Kompresör ve motor ayrı olduğu için, kompresörde soğutucu olarak amonyak kullanılabilir. Soğutma sistemlerinin soğutma çıkışı, kompresör performansı ayarlanarak düzenlenebilir. Bir vidalı kompresör, %100'den neredeyse %0'a kadar sorunsuz şekilde ayar yapılmasını sağladığı için, soğutma sistemlerinin düzenlenmesi için oldukça uygundur.

#### **3.1.4. Turbo ( Santrifüj ) Kompresör :**



**Şekil 3.7.** Turbo Kompresör Tipi

Bu kompresörlerde sıkıştırma dönen çark çevresindeki kanatlar ile sağlanır. Bir çarkta yaklaşık 1.2 oranında sıkıştırma sağlanabildiğinden büyük sıkıştırma oranlarında, art arda çok sayıda çark kullanmak gerekli. Çok fazla çark sayısı istenmediğinden dolayı kademeli kompresörler kullanılır.

Turbo kompresörler düşük basınçlı ve yüksek debili sistemlerde kullanılır.

Santrifüj kompresörlerin avantajları şunlardır :

Titreşim yoktur,

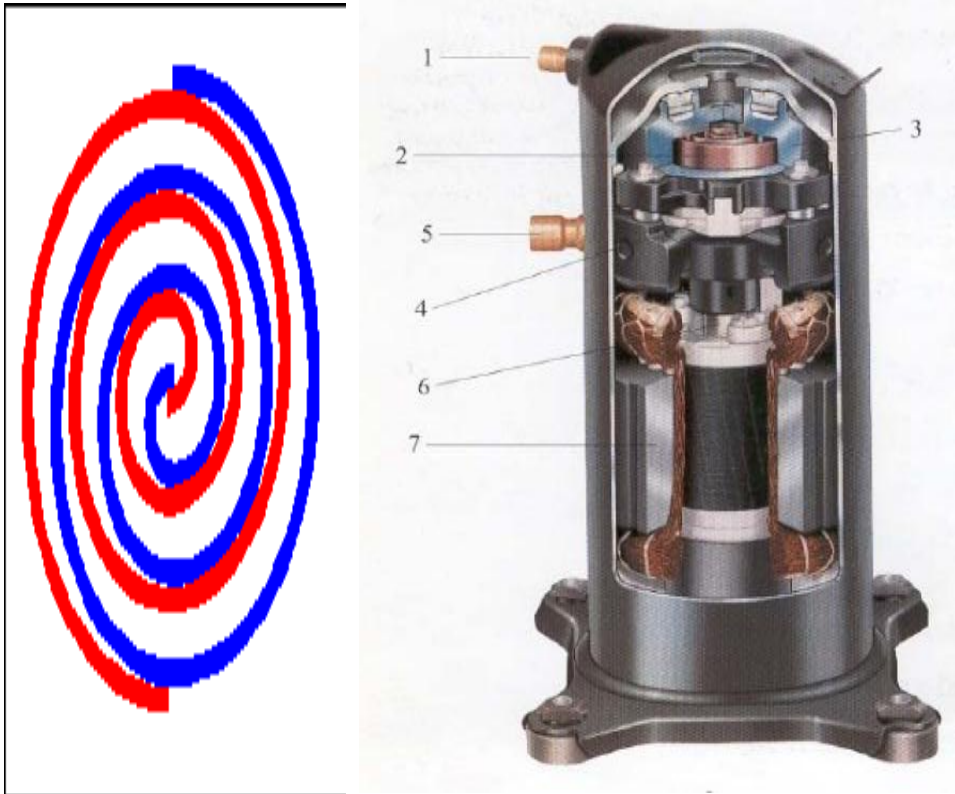
Gaz akışı sürekli dir,  
Soğutma devresinde yağ kaçığı olmaz,  
%20 ile %100 arasında güç ayarı yapılabilir,  
İmalat kaliteleri iyidir,  
Küçük olmaları nedeniyle , fiyatları daha ucuzdur.

Dezavantajları;

Sıkıştırma oranı düşüktür,  
Çok yüksek güçler için uygun değildir,  
Motor tarafından açığa çıkarılan ısının geri kazanılması mümkün değildir.

### **3.1.5. Scroll ( Spiralli ) Kompresör :**

Spiral kompresörler, spiral şeklinde iç içe geçmiş iki eleman ile sıkıştırma yapan, yörüngesel hareketli, pozitif yer değiştirme makineleridir.



**Şekil 3.8.** Spiralli Kompresörler

Buharın girişi, scroll'un dış kenarından olurken , çıkış sabit scroll'un merkezinden olmaktadır.scroll kompresörler , pistonlu kompresörlerden nazaran daha az hareketli parçaya sahiptir. Bu yüzden daha sessiz çalışır.

**Tahrik Mekanizmasına Göre ;**

**Hermetik Kompresör:** Kompresör ve elektrik motoru aynı kabın içerisinde.



**Yarı hermetik Kompresör:** Kompresör ve elektrik motoru aynı kaplarda ve direk bağlantılıdır.



**Açık Tip Kompresör :** Elektrik motoru ayrı ve kompresör ayrıdır. Kayış kasnak, dişli veya kaplin ile bağlantı yapılır.



### 3.2. KONDANSERLER ( YOĞUŞTURUCULAR )

Soğutma sisteminin temel elemanlarından biri olan yoğuşturucular, yüksek basınç ve sıcaklıktaki kızgın buhar haldeki soğutucu akışkanın ısını dış ortama vermek suretiyle sıvı hale gelmesini sağlayan bir elemandır. Yani buharlaştırıcıda aldığı ısı ile buharlaşan ve kompresörde sıkışma işlemi sonucu sıcaklığı ve kızgınlığı artan soğutucu akışkan burada sıvı hale gelir. Yoğuşturucular sistemin yüksek basınç tarafına monte edilirler.

Yoğuşturucunun ısıyı sıcak soğutucu akışkan buharından soğuk ortama atabilme kabiliyeti, yoğuşturucu kapasitesi olarak adlandırılır. Yoğuşturucunun ısı transfer kapasitesi aşağıdaki dört faktöre bağlıdır;

Yoğuşturucunun yapımında kullanılan malzemeye,

Yoğuşturucu yüzeyi ile yoğuşma ortamı arasındaki temas alanına ,

Yoğuşma ortamı ve soğutucu akışkan buharı arasındaki sıcaklık farkına ,

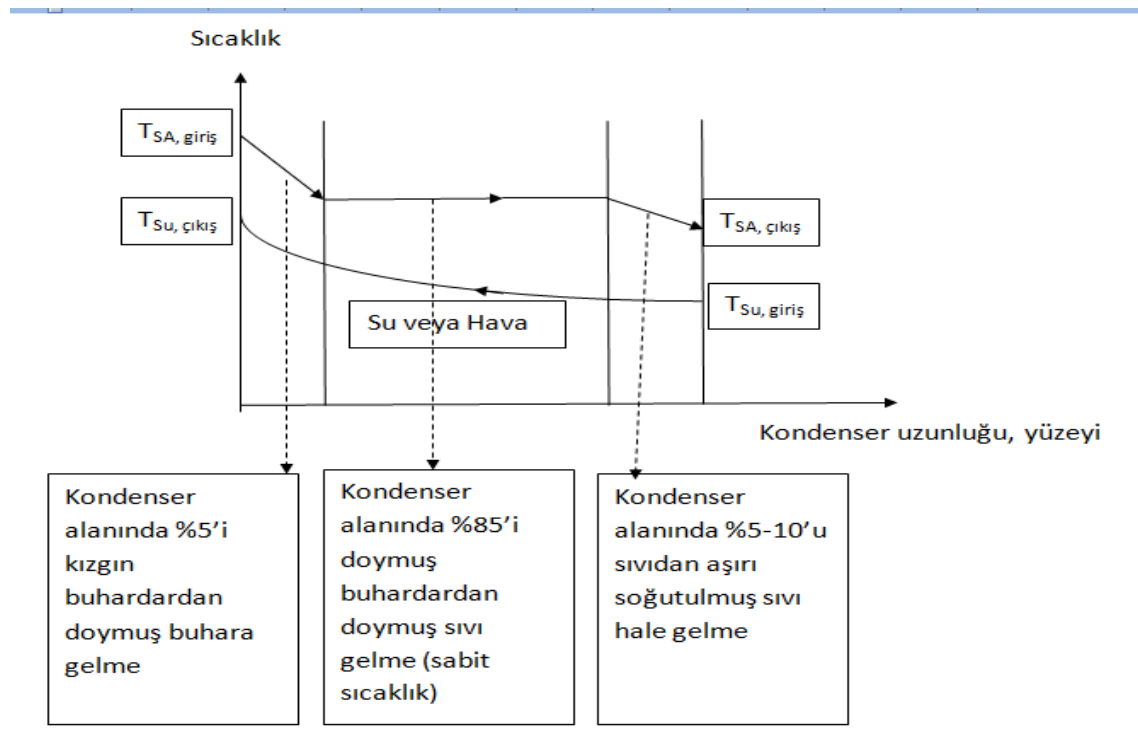
Yoğuşturucunun temizliğine

Yoğuşturucu, buhar içindeki ısıyı ilk olarak yoğuşturucu tüplerinin cidarlarına ve sonra tüplerden soğuk ortama transfer ederek uzaklaştırır. Soğuk ortam hava, su ve bu ikisinin bir kombinasyonu olarak karşımıza çıkabilir. Şekilde de görüldüğü gibi bu ısı alışverişi üç ana bölgede meydana gelmektedir:

Kızgınlığın alınması i8 yoğuşturucu dizaynına bağlı olarak yoğuşturucu alanının %5 ' i kullanılmaktadır. )

Yoğuşma ( yoğuşturucu alanının yaklaşık % 85 ' i kullanılmaktadır. )

Aşırı soğutma ( yoğuşturucu alanının %0- 10 'u kullanılmaktadır. )





Isı verilen ortama göre yoğurturucular ikiye ye ayrılır;

#### a) Hava Soğutmalı Yoğurturucular:

Özellikle 750 W ' a kadar olan kapasitedeki soğutma gruplarında istisnasız denecek şekilde kullanılır. Bu tip yoğurturucuların tercih sebepleri , basit oluşları, kuruluş ve işletme masraflarının düşüklüğü ,tamir ve bakımlarının kolaylığı sayılabilir.

Hava soğutmalı yoğurturucular genellikle kanatlı borulu olarak imal edilirler. Borunun içinde soğutucu akışkan , dışında ise hava geçer. Bu tip yoğurturucular daha ziyade küçük soğutma yüklerinde yeterli miktarda soğutma suyu bulunmayan durumlarda kullanılır.

Soğutucu akışkan  
Kızgın buhar



Soğutucu akışkan  
Soğumuş sıvı

Bakar Boru

İfan

Kamafçık

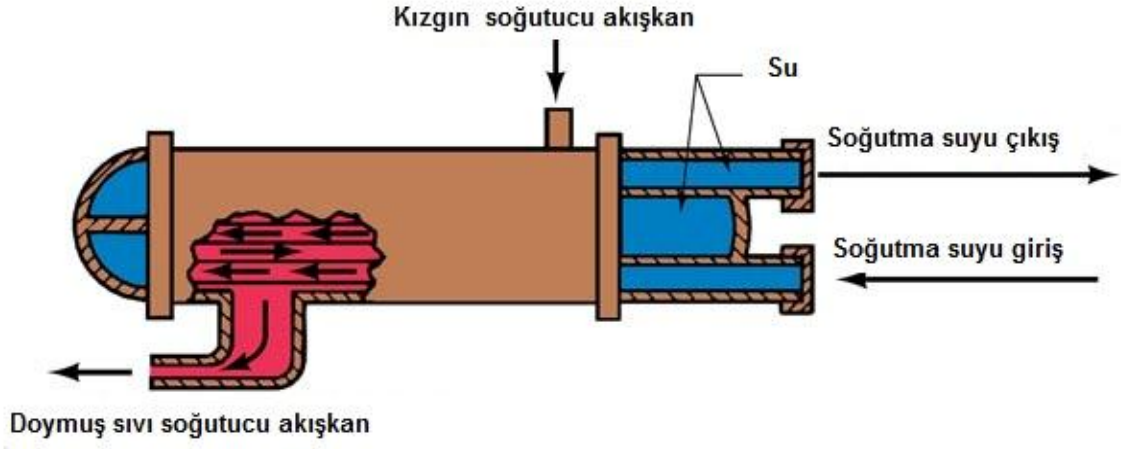
Aliminyum



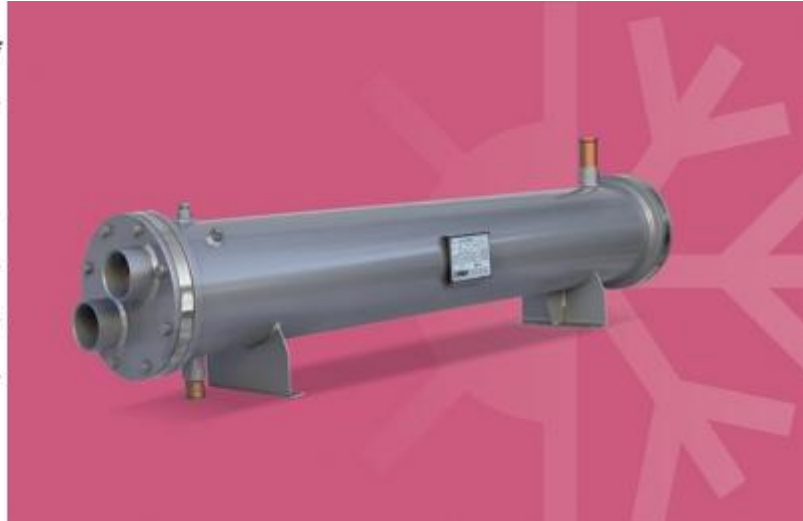
**Şekil 3.9** Hava Soğutmalı Yoğuşturucular

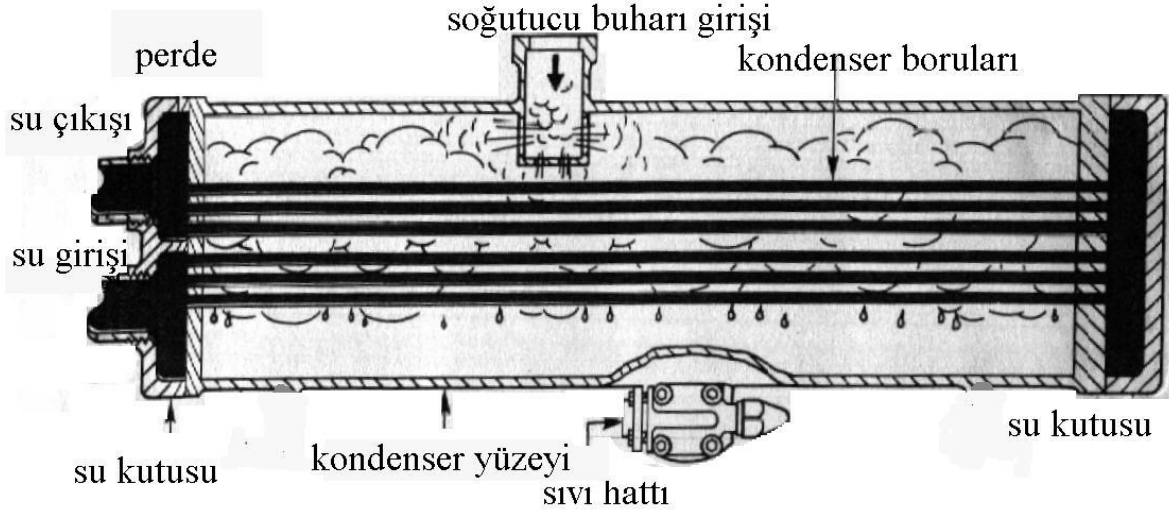
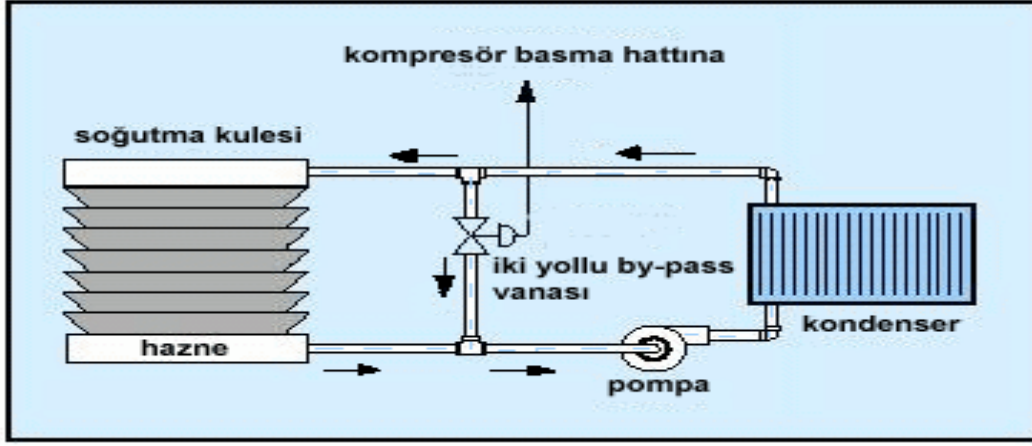
**b) Su Soğutmalı Yoğuşturucular :**

Su soğutmalı yoğuşturucularda soğutma ortamı olarak su kullanılır. Ticari ve endüstriyel soğutma sistemlerinde su soğutmalı yoğuşturucular , hava soğutmalı yoğuşturuculara göre daha yaygın olarak kullanılır. Çünkü su soğutmalı yoğuşturucular aynı kapasitedeki hava yoğuşturuculardan daha küçüktürler ve bu yüzden daha az yer kaplarlar.



*Soğuk su üretici gruplar ve soğutma tesislerinde, soğutucu akışkanın yoğuşturulmasında ve ısı pompalarında sıcak su üretiminde kullanılırlar.*



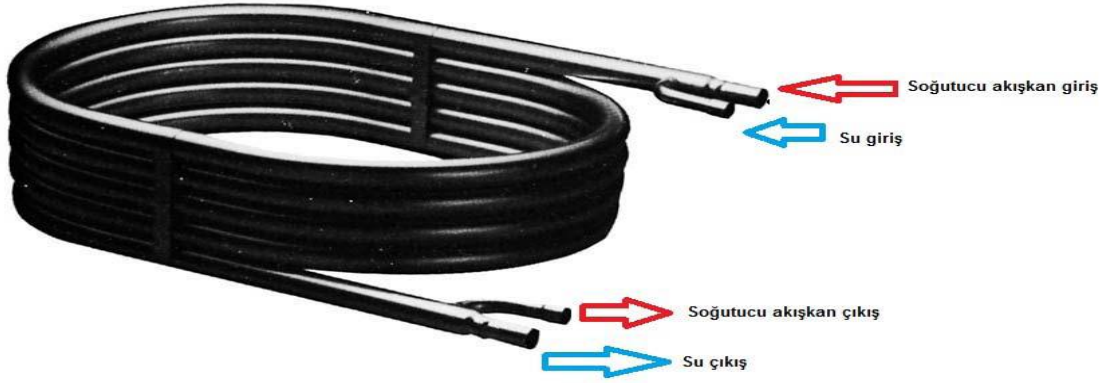


**Şekil 3.10** Su soğutmalı Yoğuşturucular

Bir su soğutmalı yoğuşturucu, hava soğutmalı yoğuşturuculara göre daha düşük yoğuşma sıcaklığına sahiptir. Çünkü temin edilen su sıcaklığı normalde çevre havası sıcaklığından düşüktür. Bu yüzden bir su soğutmalı yoğuşturucu için kompresör, aynı kapasite için daha düşük beygir gücüne gereksinim duyar.

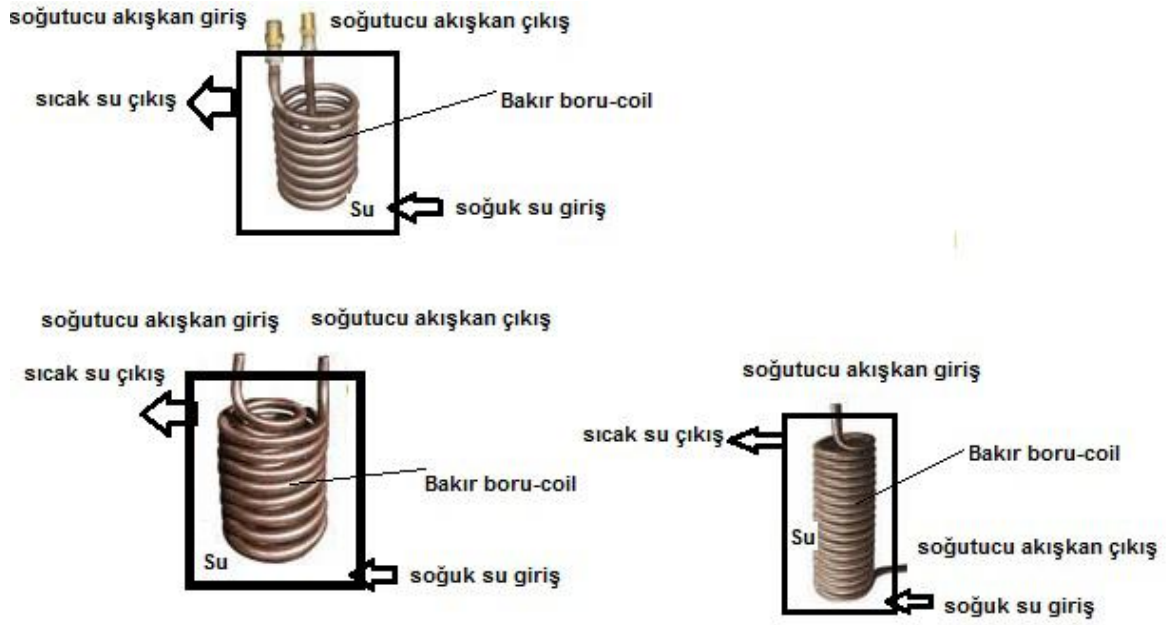
**Kondenser Tipleri :**

**3.2.1. İ içe (ift ) Borulu Kondenserler:** Daha küçük kapasiteler için paket tipi ihazlarda kullanılan bu tip yoğuşturucular hem klima , hem de soğuk muhafaza uygulamalarınd kullanılmaktadır. Bu yoğuşturucularda iteki boru içinde su dışında ise soğutucu akışkan bulunur.



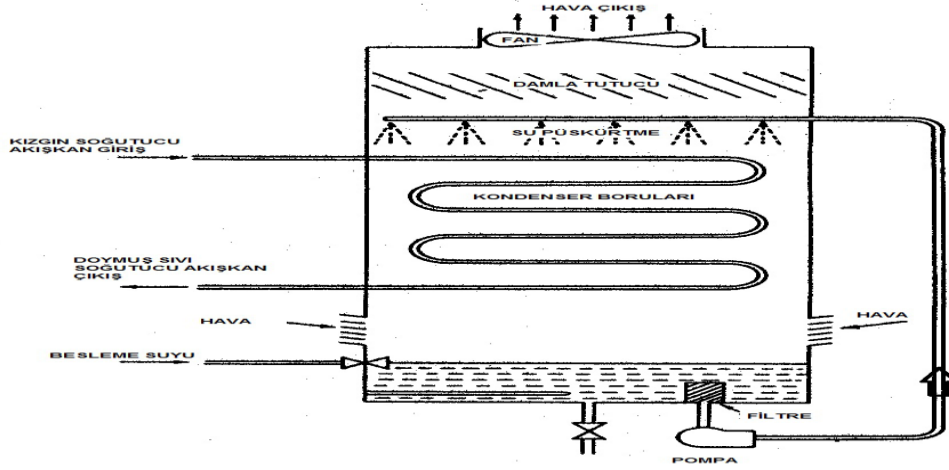
**şekil 3.11.** İ içe borulu tip yoğuşturucular

### 3.2.2.Daldırmalı Tip Kondenserler:



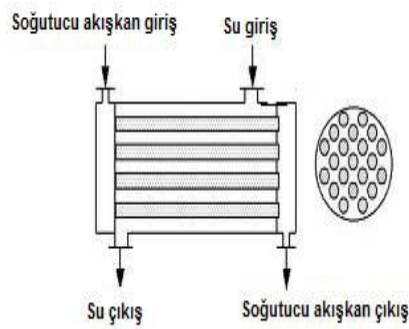
Şekil 3.12. Daldırmalı Tip Yoğuşturucular

**3.2.3. Buharlaştırılmalı ( Evaporatif ) Tip Kondanser :** Hava ve suyun soğutma etkisinde birlikte faydalanma esasına dayanan bu yoğuşturucular bakım ve servis güçlükleri , çabuk kirlenmeleri ve sık sık araziye müsait oluşları nedeniyle gittikçe daha az kullanılmaktadır.

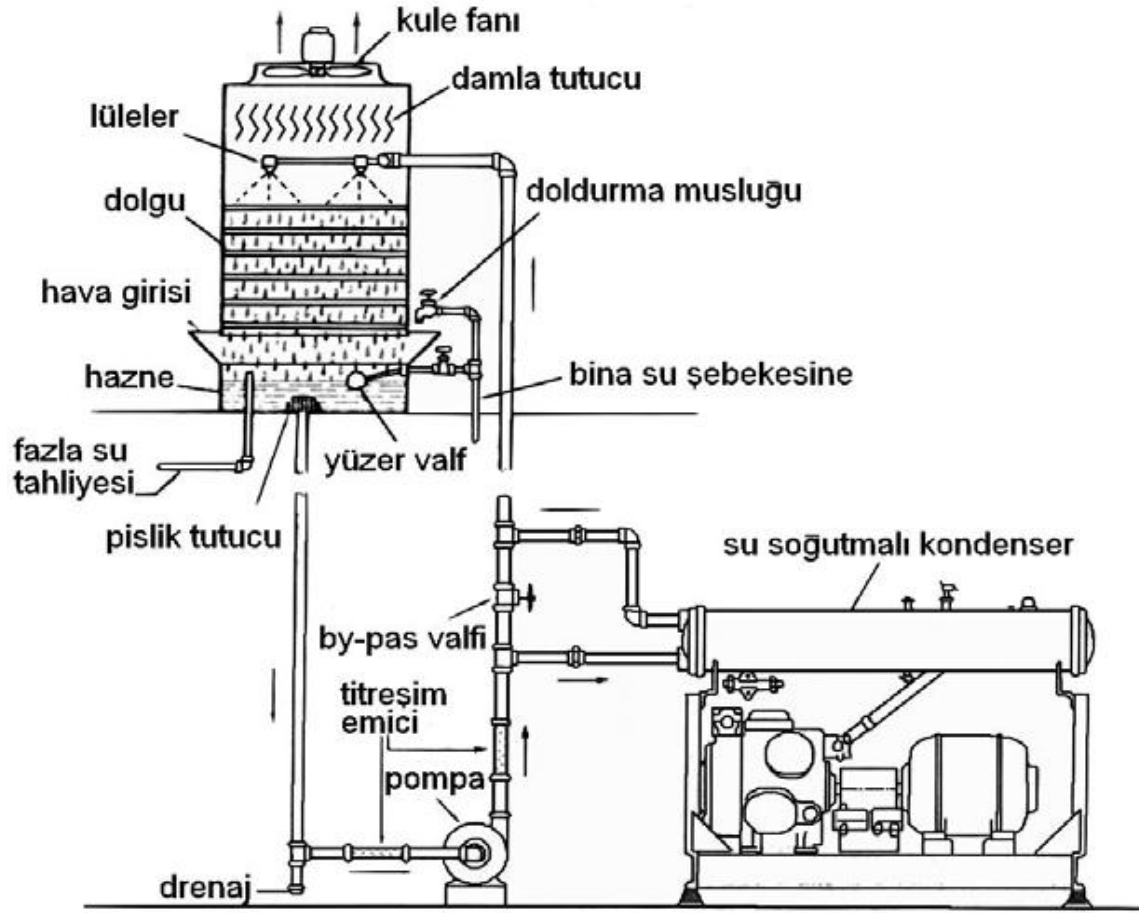


**Şekil 3.13.** Buharlaştırılmalı Tip Yoğuşturucular

### 3.2.4. Gövde Borulu Kondanserler:







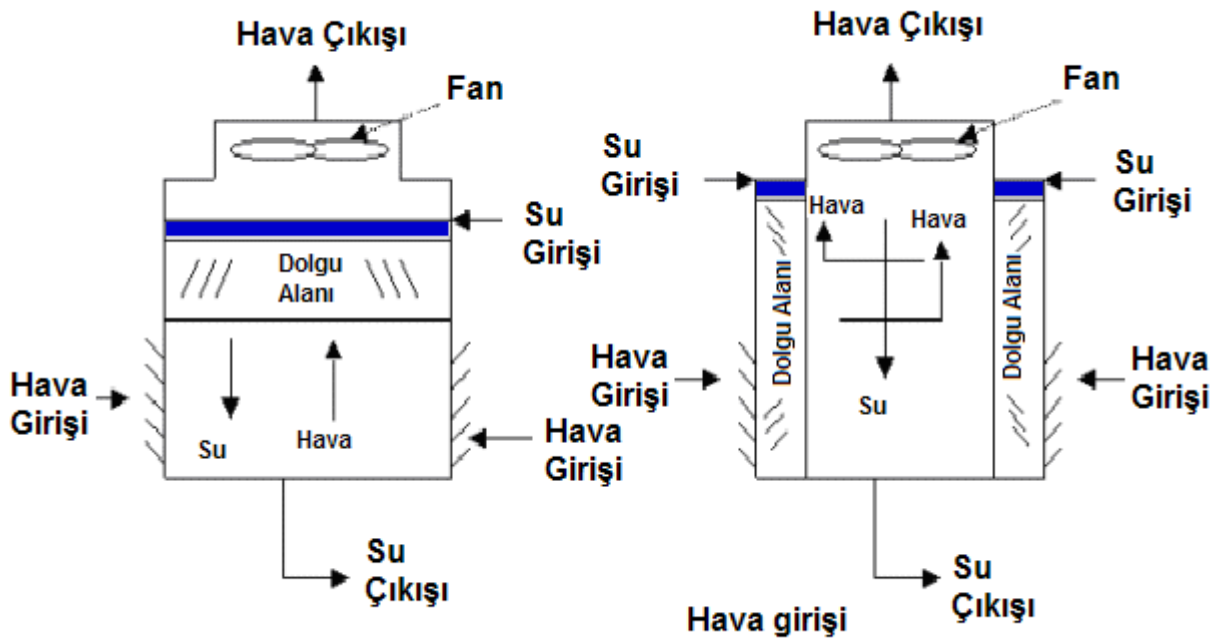
**Şekil 3.14.** Gövde Borulu Tip Yoğuşturucu

**3.2.5. Soğutma Kuleleri :** Su soğutma kuleleri, sistemden gelen sıcak suyun dolgu üzerine püskürtülmesi ile ısının atmosfere verilerek ortamdaki sıcaklığın düşürülmesi ile soğuma sağlayan sistemlerdir. Soğutma kulesi bir ısı uzaklaştırma ünitesidir. İçinden geçen suyun bir kısmının

buharlaşmasını sağlayarak sistemdeki istenmeyen ısıyı atmosfere verir. Kalan su ise istenilen



derecede soğur. Sıcak bir nesnenin üzerine su dökülerek soğuduğunu düşünün. Islak bir yüzeyin soğuması kuruya oranla çok daha hızlıdır. Aynı şekilde, su soğutma kulesi de, kuru tip ısı uzaklaştırma ünitelerinden çok daha etkilidir. Su soğutma kulelerinin yaygın kullanım alanları arasında klima sistemleri, üretim tesisleri ve enerji santralleri vardır.



Şekil 3.15 Karşı ve Çapraz Akışlı Kule Dizaynı

Soğutma kulesi seçiminde aşağıdaki belirtilen verilerin önceden bilinmesi gerekmektedir:

Soğutulacak su debisi veya kule kapasitesi

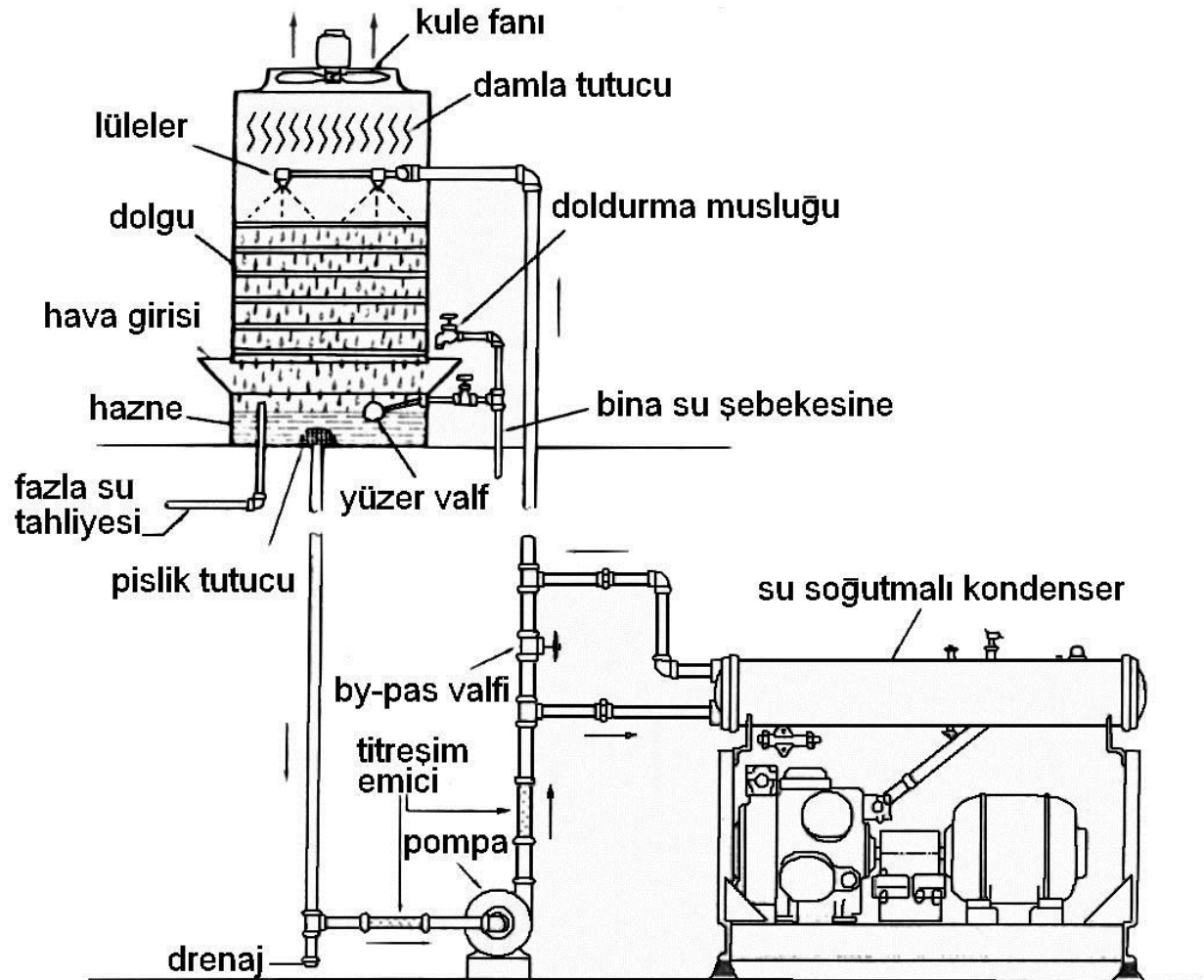
Soğutulacak su giriş sıcaklığı

Soğutulacak su çıkış sıcaklığı

Ortamin dizayn yaş termometre sıcaklığı

Kullanılacak suyun analizi

Deniz seviyesinden yükseklik



Şekil 3.16. Su soğutma tesisatının şematik olarak gösterilmesi

## **Su Soğutma Kulelerinin Sınıflandırılması :**

1-Doğal çekişli ve zorlanmış(cebri) çekişli olarak sınıflandırılabilirler.

2-Hava ve su akışının durumuna göre karşı akışlı ve çapraz akışlı su soğutma kuleleri sınıflandırılabilirler.

3-Bunun dışında kullanılan fana göre radyal fanlı veya eksenel fanlı su soğutma kulesi olabilir.

## **Su kulesinde temel elemanlar:**

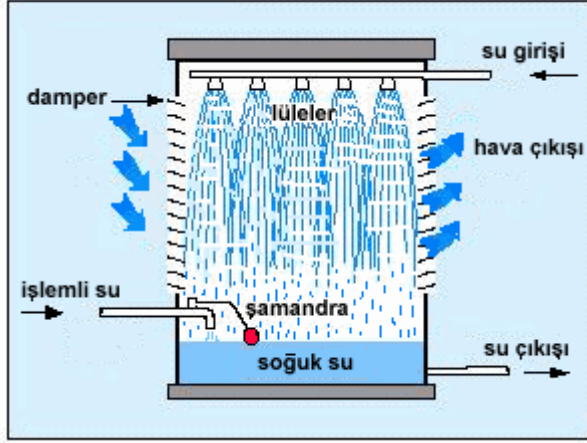
1-fan

2-dolgu malzemesi (tahta veya plastik (pvc))

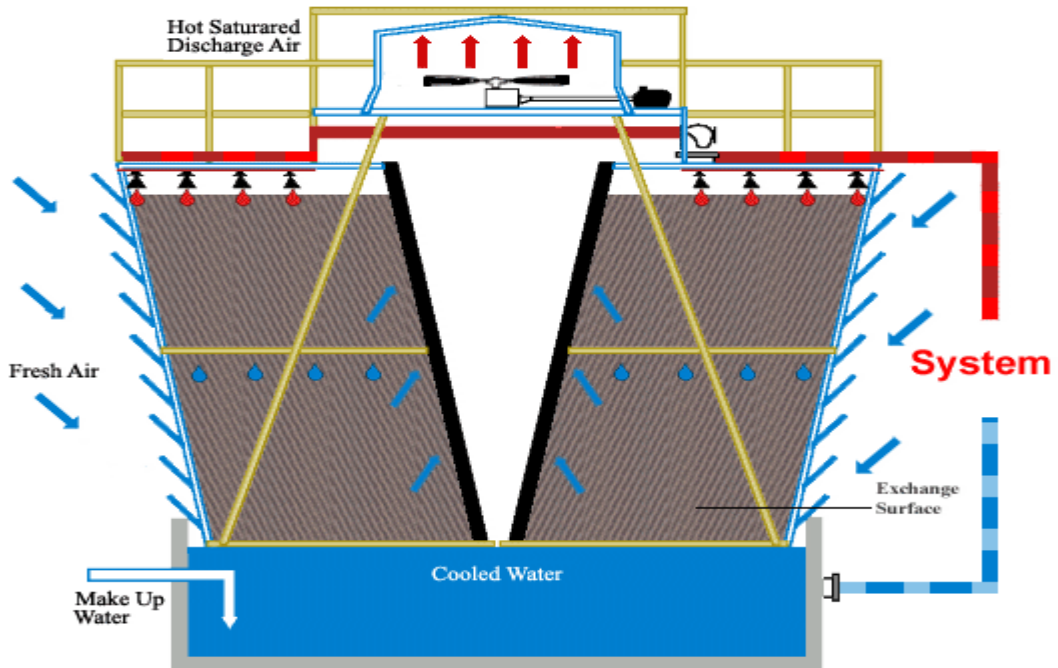
3-damla tutucu

4-su haznesi

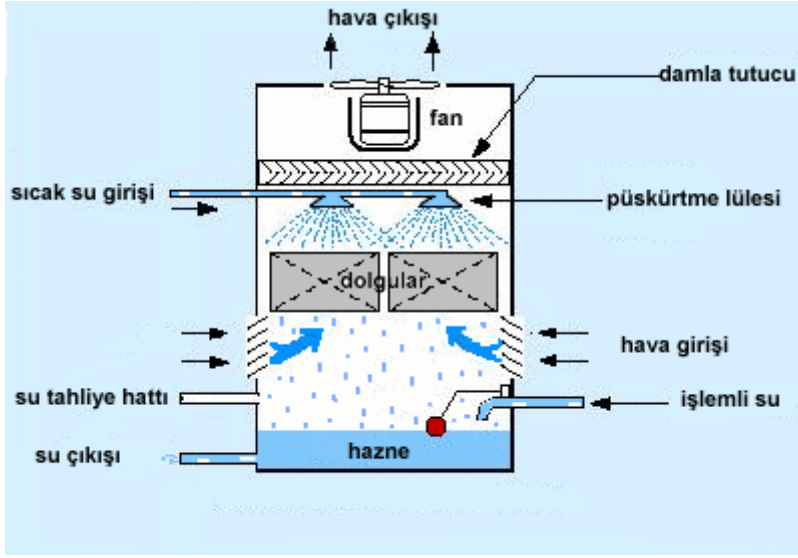
5-ana gövde



Şekil 3.17 : Doğal Çekişli Su soğutma kulesi



Şekil 3.18: Cebri Çekişli Su soğutma kulesi



Şekil 3.19: Zorlanmış Çekişli Su Soğutma Kulesi



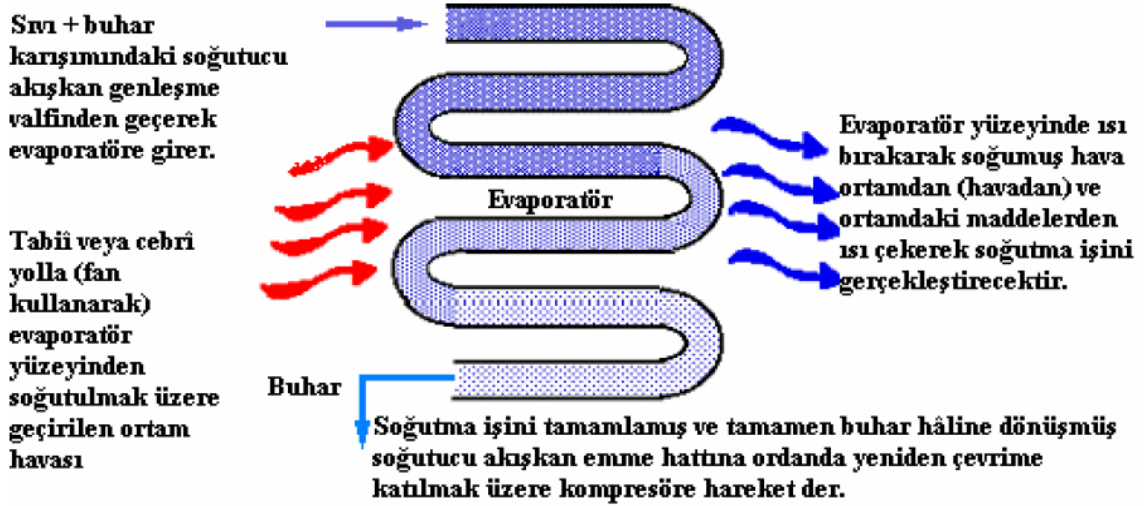
Şekil 3.20: Eksenel Fanlı Su Soğutma



Şekil 3.21: Radyal Fanlı Su Soğutma

### 3.3. EVAPORATÖRLER ( BUHARLAŞTIRICILAR )

Bir soğutma sisteminde Evaporatör, doymuş sıvı-buhar karışımı olarak giren soğutucu akışkanı en az doymuş buhar veya kızgın buhar olarak çıkmasını etraftan ısı çekerek sağlayan bir ısı değiştiricisidir. Soğutucu akışkanın buharlaşarak, soğutulmak istenen ortamdaki ısıyı çekilmesini sağlayan elemanlardır. İklimlendirme ve soğutma sistemlerinde genellikle soğutulmak istenen ortama yerleştirilir. Soğutucu akışkanın buharlaşma basıncında olduğu için soğutulmak istenen ortamdaki ısıyı çekerek buharlaşır ve soğutma elde edilir. Kısacası soğutmanın yapıldığı kısımdır.



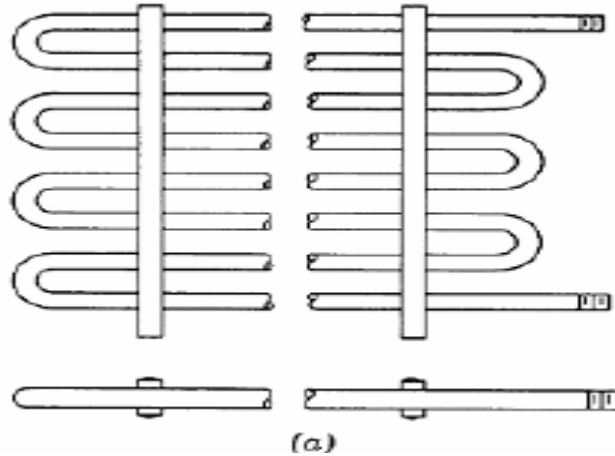
Soğutucu akışkanın beslenmesine, çalışma şartlarına, soğutulmak istenen sıvı veya havanın sirkülasyon yöntemine, soğutucu akışkanın kontrol tipine ve uygulamaya göre çok değişik konstrüksiyon ve boyutlarda buharlaştırıcı çeşidi mevcuttur.

Evaporatör bir ısı değiştiricisi olduğundan ısı hesapları itirici prensiplerine göre yapılır.

**Evaporatör çeşitleri :**

### 3.3.1. Çıplak Borulu Evaporatörler:

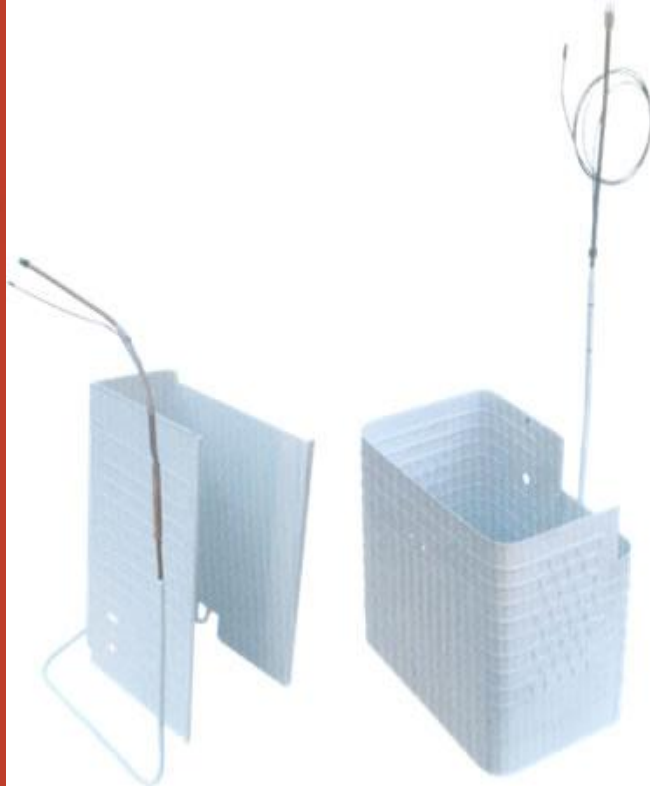
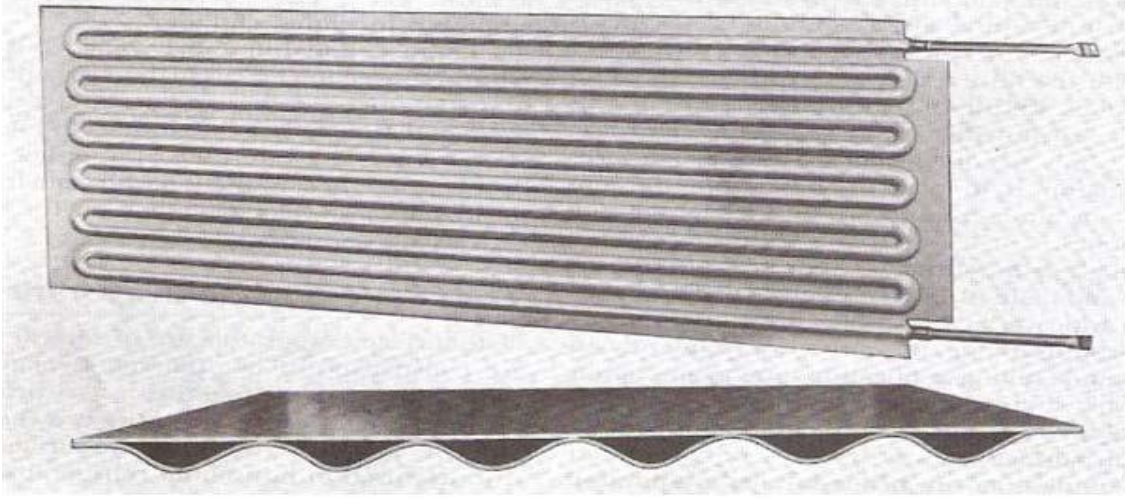
10-22 mm çapında galvaniz kaplı bakır veya çelik borulardan yapılırlar. Borular serpantin şeklinde kıvrılarak bu tür evaporatörler yapılır. Büyük kapasiteli soğutma yüklerinde ve Amonyaklı sistemlerde kullanılır.



**Şekil 3.22.** Çıplak Borulu Evaporatörler

### 3.3.2. Levhalı Tip Evaporatörler :

İki levha üzerine karşılıklı olarak pres baskı yolu ile oyuklar açıldıktan sonra bu levhalar üst üste kaynatılır, böylece arada kalan oluklarla bir buharlaştırıcı serpantini oluşturulmuş olur. Buzdolabı ve vitrin tipi soğutucularda kullanılır.

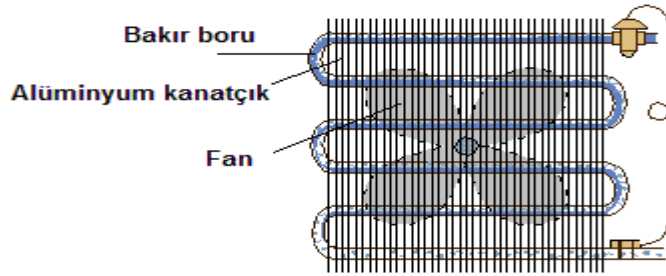




### Şekil 3.23. Levha Tipli Evaporatörler

#### 3.3.3. Kanatçıklı Evaporatörler :

Hava soğutmak için kullanılırlar.



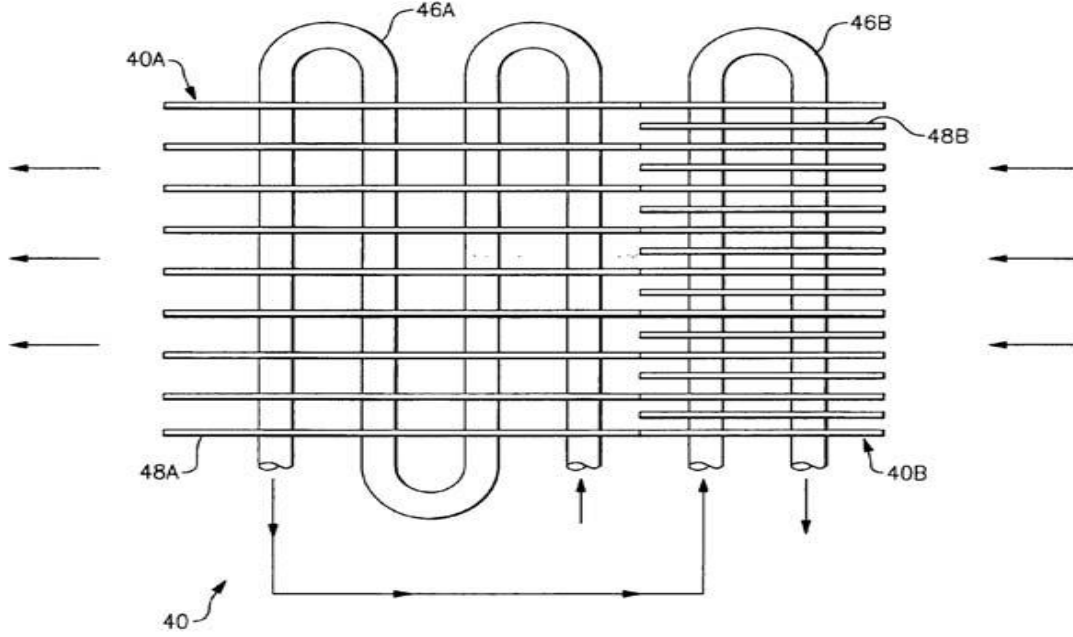
**Hava soğutmalı bakır boru – alüminyum kanatçık tip çift fanlı evaporatör**



**Şekil 3.24.** Alimünyum Evaporatör

#### **3.3.4.Lamelli Evaporatörler:**

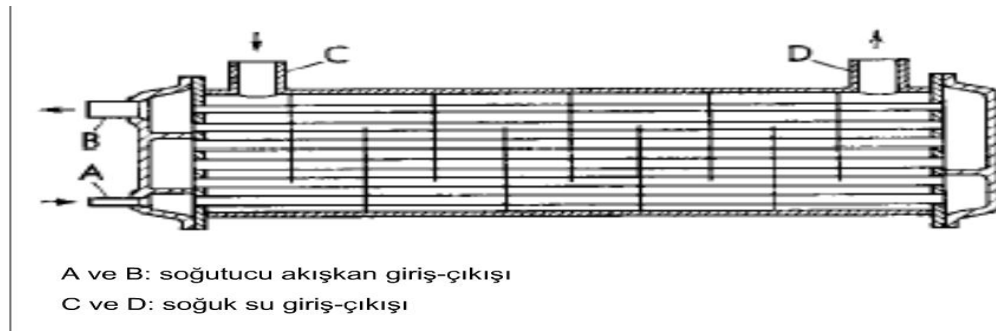
Serpantin şeklinde kıvrılmış borular üzerine , yüzeyi arttırmak için kanat yerine çubuklar kaynatmak suretiyle yapılır. Daha ziyade küçük soğutma yükleri için bahis konusudur. K değerleri 5-9.5 kw/m<sup>2</sup>.K arasında değişir. Yüksek değerler zorlanmış taşınım ve bakır boru ile alüminyum çubuk gibi iyi iletken malzemedan yapılmış buharlaştırıcıya aittir. Küçük eğerler ise tersine olarak doğal taşınım ve çelik-çelik buharlaştırıcılar içindir. Ayrıca soğutma sıcaklığı düştükçe K değerinin azalacağıda göz önünde tutulmalıdır.



### 3.3.5. Gövde Borulu Tip Evaporatörler :

Gövde borulu kondenser ile aynı yapıdadırlar. Su soğutmada kullanılırlar. Soğuk su ihtiyacının olduğu büyük soğutma kapasiteli chiller gruplarında yani fancoiller için soğuk su üretmede bu tür buharlaştırıcılar kullanılır. Az yer işgal etmeleri, yüksek kapasiteleri ve kolay bakımları temel avantajlarıdır.

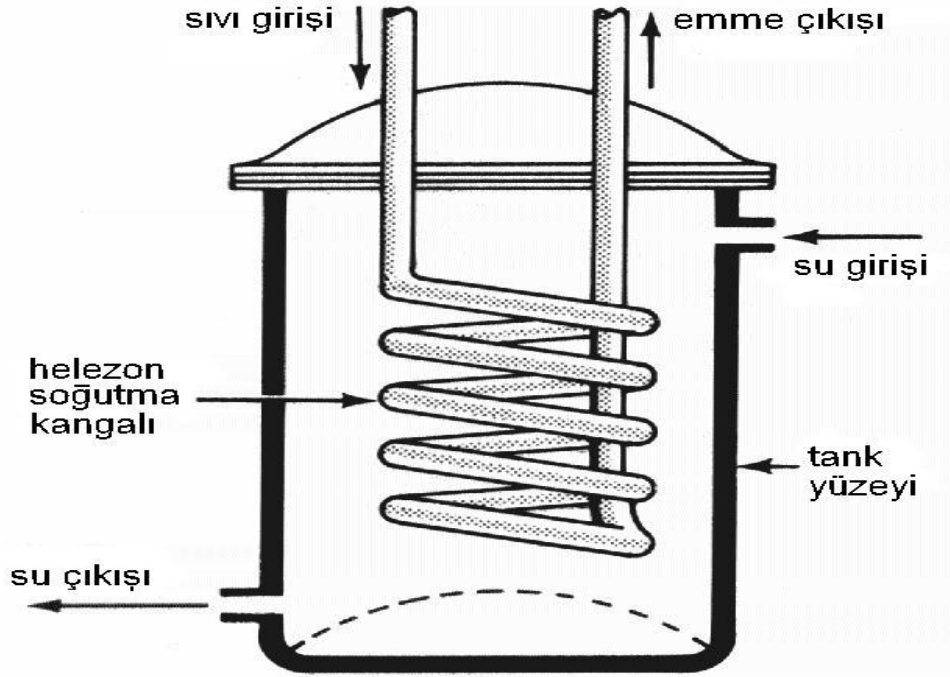
Shell&Tube evaporatörler soğuk su üretici gruplarda suyun veya glikol çözeltilerinin soğutulmasında ve ısı pompalarında sıcak su üretiminde kullanılırlar.



şekil 3.25. Gövde Borulu Tip Evaporatör

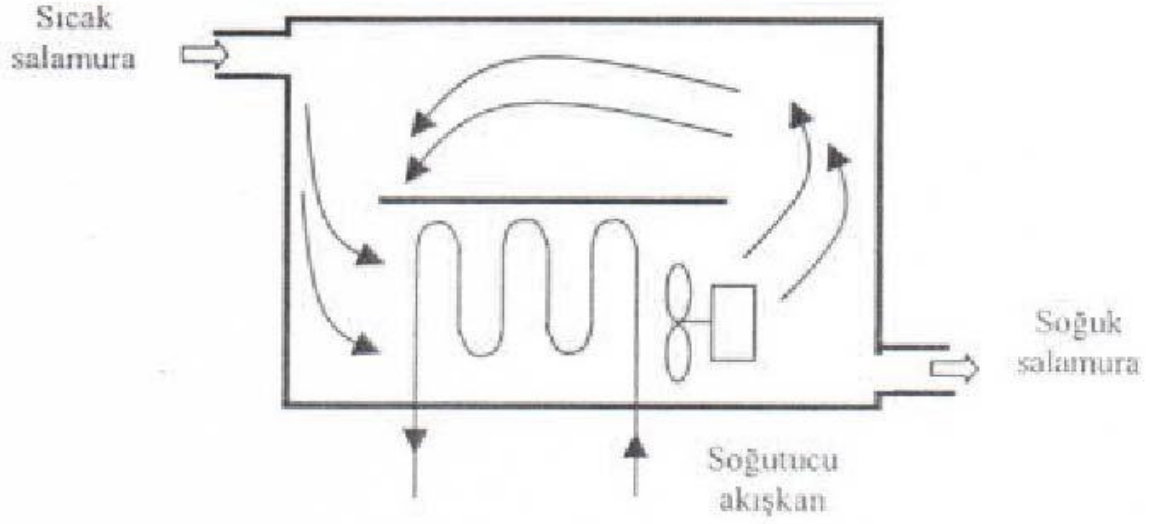
### 3.3.6.Daldırmalı Tip Evaporatörler :

Serpantin şeklindeki bakır borunun soğutulmak istenen sıvıya daldırılmasıyla oluşturulur. Daha çok içme suyu veya diğer tür içeceklerin soğutulmasında kullanılır. Evaporatör sıcaklıkları donma noktasının (0 C) üstündedir.



### 3.3.7.Havuz Tipi Evaporatörler:

Sıvı akışkanların soğutulmasında kullanılırlar.



### 3.3.8. Sıvı Filmlı Evaporatörler:

İçinden soğutucu akışkanın aktığı serpantin boruların dışından soğutulmak istenen salamura bir film halinde akıtılır.

### 3.3.9. Püskürtmeli Tip Evaporatörler :

Soğutulacak akışkan boruların içerisinden geçilir; soğutucu akışkan sıvısı ise boruların üzerine lülelerden püskürtülerek buharlaştırılır.

## DEFROST

Soğutma sisteminde en soğuk yüzey evaporatör yüzeyidir. Bu yüzden havanın neminden evaporatörün yüzeyinde buzlanma ve/veya karlanma oluşur. Evaporatörün yüzeyindeki karlanmayı veya buzlanmayı önlemek için yapılan eritme işlemine defrost denir. Oda soğutucularında, sıfır derecenin altındaki evaporasyon sıcaklıklarında kar eritme (defrost)sistemi mutlaka bulunmalıdır. . Aksi halde kanat aralarında donan su, kısa sürede hava hareketini azaltarak (hatta tamamen durdurarak) soğutma işleminin devamına engel olur.

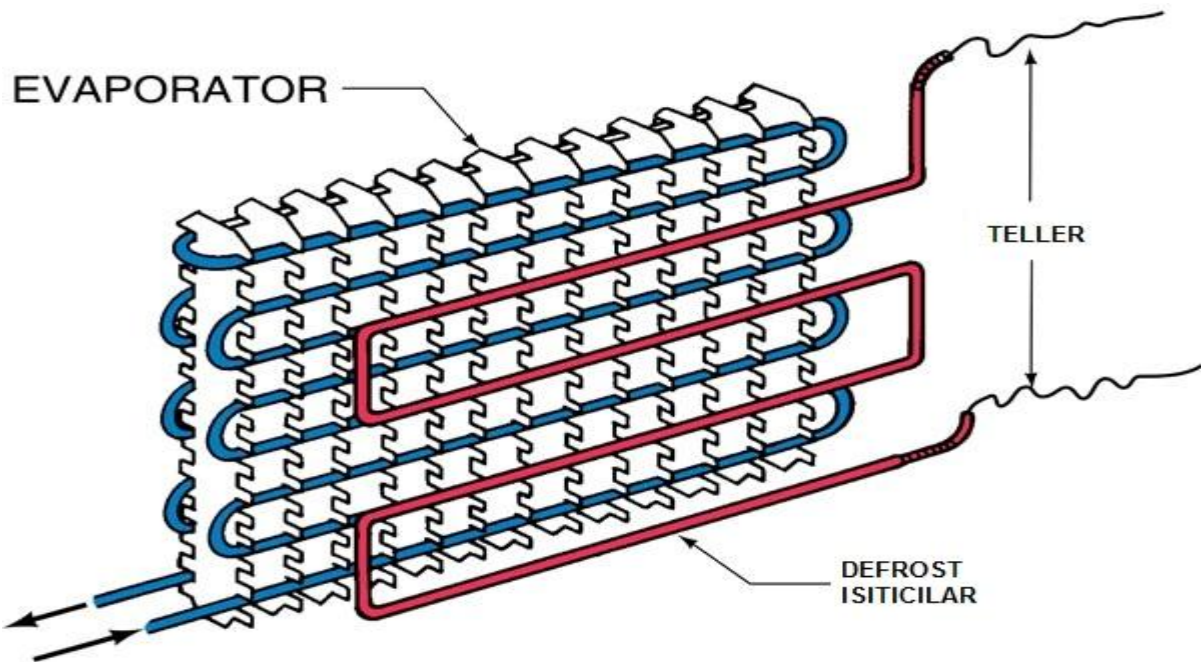
Ne zaman defrost yapılır?

- Buz kalınlığı ölçülerek
- Yüzey sıcaklığı ölçülerek
- Otomatik olarak belirli bir periyotla
- Manüel olarak

**Uygulanan defrost yöntemleri;**

### **1) Elektrikle Defrost Yöntemi :**

Evaporatör yüzeyinde serpantin kanatçıkları arasına rezistans yerleştirilerek defrost yapılabilir. Defrost yöntemlerinden elektrikle kar eritme en sık rastlanan yöntemdir ve bu, buharlaştırıcının soğutucu akışkan borularından bazılarının iki başını açık bırakmak ve bunların içine yalıtımlı boru tipi elektrik rezistanslı ısıtıcılar yerleştirmek suretiyle sağlanır. Defrost işlemi el ile başlayıp durdurulabileceği gibi çoğunlukla otomatik defrost zaman saatleriyle (Defrost timer) kontrol edilir.

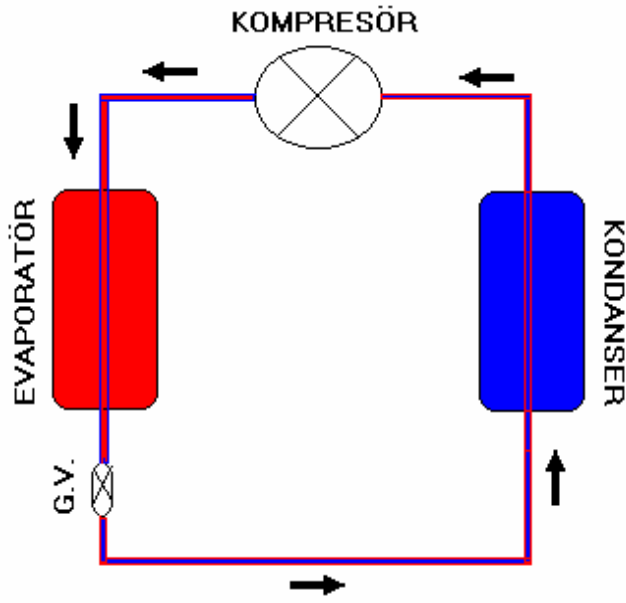




**Şekil 3.26.** Elektrikli Defrost

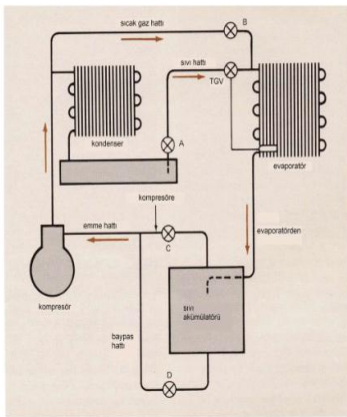
**2)Sıcak Gazla Defrost Yöntemi :**





Sık uygulanan diğer bir defrost sistemi, basılan sıcak soğutkanın kondanser yerine direkt olarak evaporatöre yönlendirilmesi suretiyle defrost yaptırılması yöntemidir. Bu tarzda, evaporatöre verilen sıcak gazın ısıasını burada vererek yoğuşması çok ciddi kompresör hasarlarına neden olabilir. Bu nedenle bazı önlemler almak gerekir; bu önlemlerden en geçerli olanı sisteme yardımcı bir evaporatör konulmasıdır. Evaporatör sayısı fazla olan ve yağla çalıştırılan sistemler de tavsiye edilir. Küçük sistemlerde likit akümülatörlü olarak da uygulanmaktadır.

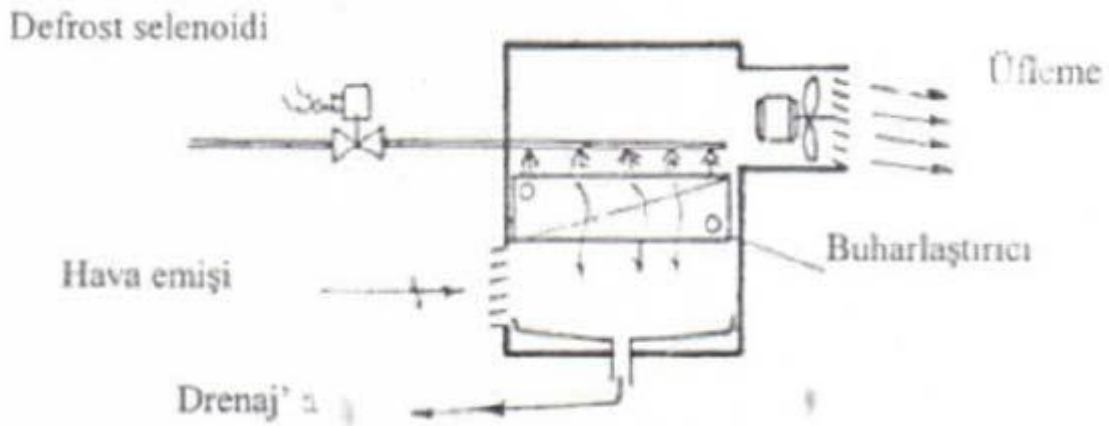
### Sıcak gaz baypas defrost sistemi



Not: Klimada Defrost; Isı pompalı bir cihaz ısıtma konumunda çalışırken özellikle dış ortam sıcaklığının 0°C değerine yaklaştığı şartlarda doğal olarak dış ünite karlanma gözlenir.

Dış ünite üzerindeki buzun çözülebilmesi için yöntem, dört yollu vana yardımıyla soğutucu akışkanın akış yönünün ters çevrilerek sıcak gazın dış ünite üzerinden geçirilmesidir.

### 3) Sıcak Su ile Defrost Yöntemi :



İçinde sıcak su olan bir depodan evaporatör yüzeyine sıcak su dökerek buz eritme işlemidir. Su ile defrost yaptırılması da ekonomik ve geçerli bir yöntem olup, defrost yapmak üzere buharlaştırıcıya ılık su püskürtülür. Bu su ve erittiği kar süratle odadan (cihaz tavaında toplanarak) atılmalıdır. Defrost solenoidiyle kumandalı veya defrost saati kumandalı olarak açılıp suya yol verir. Defrost sırasında hava üfleme fan motoru durdurulur.

### 4) Sıcak Hava ile Defrost :

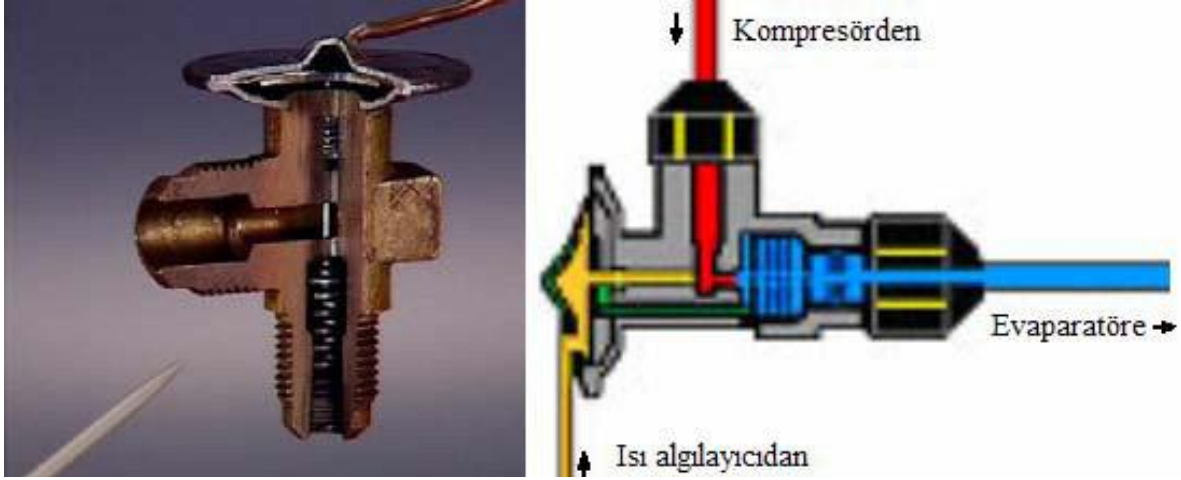
Yüzeyle sıcak hava gönderilerek yapılan bir defrost yöntemidir.

### **5)Oda Havası ile Defrost :**

2°C'in üzerindeki odalarda sistem durdurulur, sadece evaporatör fanları çalıştırılarak, eritme işlemi yapılır.

### **3.4. GENLEŞME( KISILMA VANALARI ) VALFLERİ**

Kısılma vanaları soğutucu akışkanın basıncını arzu edilen buharlaştırıcı basıncına düşürmeye yarayan elemandır. Endüstriyel ve ticari iklimlendirme ve soğutma alanında kullanılır. Genişleme işlemi yaklaşık sabit entalpide gerçekleşir. Basınç düşümü ile düşük sıcaklıklara düşülür. Genişleme valfleri basınç düşürücü elemanlardır. Genleşme valflerinden verimli bir şekilde faydalanabilmek için , sistem yabancı maddelerden , aşırı nemden ve korozyondan korunmalıdır. Valfi bu gibi etkilerden korumak için sisteme pislik tutucu , filtre ve kurutucu eklenmelidir.

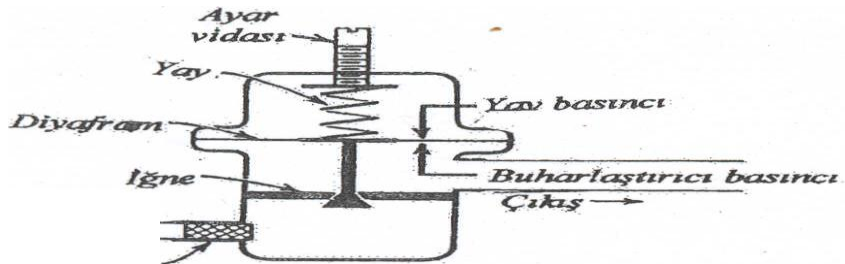


Şekil 3.27. Genleşme Valfleri

### Genleşme Valfi Çeşitleri :

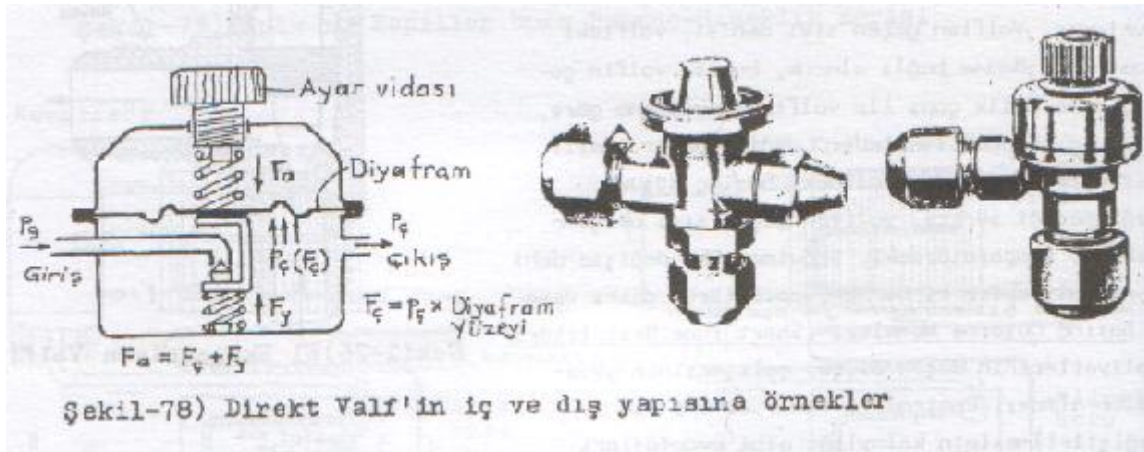
#### 3.4.1. Otomatik Genişleme Valfleri:

Şekil de bir otomatik genişleme valfinin şeması görülmektedir. Soğutucu akışkan valfide  $p_o$  basıncına genişledikten sonra buharlaştırıcıya geçecektir.  $p_o$  basıncı ayar edilebilir bir yayın gerilimi altında bulunan bir diyaframa tesir etmektedir. Buharlaştırıcıda  $p_o$  basıncı düşünce, diyaframın aşağı doğru hareketi, valfteki iğnenin açılmasını ve buharlaştırıcıya daha fazla soğutucu akışkanın, gelmesini sağlar



Şekil 3.28 : Otomatik genişleme valfi şeması

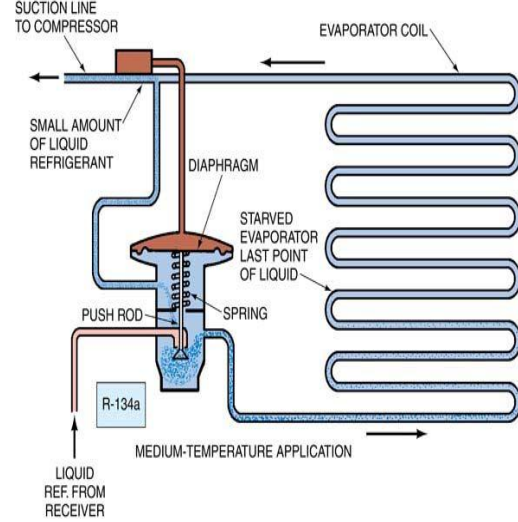
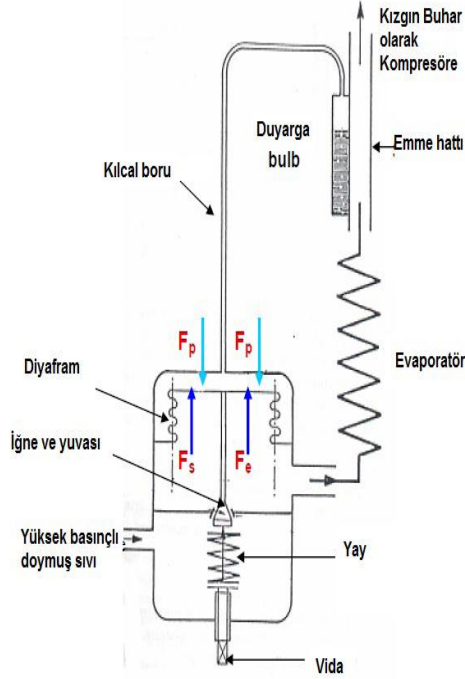
Ayar vidasıyla üst yay gerilimi değiştirilerek istenen  $p_o$  basıncı elde edilebilir. Bu tip genişleme valfleri sadece ayar edilelen belirli bir buharlaşma basıncını sabit tuttuğundan büyük tesisler için uygun değildir. Soğutma yükünde ani değişiklikler meydana geldiği zaman otomatik genişleme valfi ters çalışır. Ani soğutma yükü buharlaştırıcıda sıcaklığın ve basıncın yükselmesine sebep olur. Bu durumda genişleme valfi kapanarak buharlaştırıcıya gereken soğutucu akışkanın gelmesini önler. Bunu önlemek için ayar vidası elle müdahale edilerek gevşetilir ve üst yay gerilimi azaltılır.



Otomatik genişleme valfi şeması.

### 3.4.2. Termostatik Genişleme Valfleri.

Hassas tip bir genişleme valfidir. Soğutucu akışkan akışını ve buharlaşmayı hassas bir şekilde kontrol eder. İçten ve dıştan dengelemeli olmak üzere iki tipi mevcuttur. Otomatik genişleme valfine göre basınç ayarı ve akışkan miktarını daha hassas yapmaktadır.



Termostatik genişleme valfleri, evaporatör içine likit haldeki soğutucunun girişini ayarlar. Püskürtme işlemi soğutucunun kızgınlığı ile kontrol edilir.

Termostatik genişleme valfi ayar kabiliyeti bakımından otomatik genişleme valfine göre daha üstündür. Soğutma yükündeki artışa göre soğutucu akışkanın debisini devamlı olarak ayarlamak mümkün olur. Ayrıca termostatik valfde kızma derecesini ayarlayarak buharlaştırıcı çıkışında soğutucu akışkanın bir miktar kızdırılması sağlanabilir.

Çok düşük kızma derecesinde, kompresör durduğu zaman genişleme valfinin tam kapanması güçleşebilir. Bu durumda sisteme genişleme valfinden önce bir manyetik valf monte etmek gerekir. Kompresörü tahrik eden elektrik motorunun akımı kesilince, manyetik valf de kapanır.

**Termostatik genişleme valfleri basınç dengeleme şekline göre,**

- **İçten Dengelemeli Termostatik Genişleme Valfi :** Bu tip valflerde, valf çıkış basıncı, gövde içindeki bir kanal vasıtasıyla termostatik elementin diyaframının altına iletilir. İçten dengeli valfler, evaporatördeki basınç kaybına karşılık gelen sıcaklık düşümü 1 K geçmediği, bir kompresör-bir evaporatörlü soğutma sistemlerinde kullanılırlar.
- **Dıştan Dengelemeli Termostatik Genişleme Valfi :** Evaporatör ve/veya distribütördeki basınç kaybının yüksek olduğu soğutma sistemlerinde, performansı arttırmak için dıştan dengeli valfler kullanılırlar. Evaporatör çıkışındaki basınç dış denge hattı vasıtasıyla, termostatik elementin diyaframının hemen altına iletilir.

### 3.4.3. Kılcal Borulu Genleşme Valfi :

Yoğuşturucu ile buharlaştırıcı arasına yerleştirilmiş iç çapı ve uzunluğu soğutma sisteminin kapasitesine göre seçilmiş olup, çoğunlukla çapı 0.5 ile 2.16 mm arasında değişen çok küçük çaplı bir boru kısmıdır. İç çapı çok küçük olduğu için kılcal boru denir. Küçük soğutma yüklerine ( 10 kW yüklerinden aşağı ) sahip cihazlar olarak paket tipi ve ev tipi buzdolaplarında kullanılır.

Avantajları :

Basit, kolayca imal edilen ve ucuzdurlar.

Soğutucu akışkan miktarını az göndererek kontrol eder, sıvı deposuna ihtiyaç olmaz.

Soğutma sistemi durduğunda basınç, çevrim boyunca her yerde aynıdır.



**Şekil 3.29** Kılcal Borulu Genleşme Valfi

### 3.4.4. Şamandıralı Valfler:

Sıvı taşımali tip buharlaştırıcıların sıvı soğutucu akışkanla beslenmesi ve belirli sıvı seviyesinin muhafaza edilmesi için kullanılan bu valfler, buharlaştırıcının giriş tarafına konur. Alçak basınç ve yüksek basınç olmak üzere 2 tipi mevcuttur.

### 3.4.5. Elektronik Genleşme Valfi :

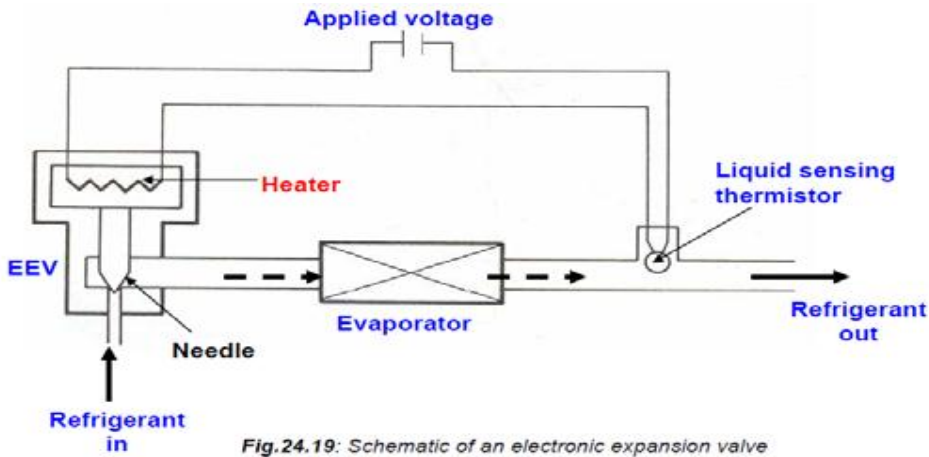
Günümüzde, bu tip genleşme valfleri yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır. Elektronik genleşme valflerini,

a-) Isı-motor kontrollü

b-) Elektromagnetik modülasyonlu

c-) Pulse (darbe) modülasyonlu (on-off)

d-) Adım-motor kontrollü olmak üzere kontrol tiplerine göre 4 şekilde sınıflandırabiliriz







**Şekil 3.30 . Elektronik Genleşme Valfleri**

### **3.5. SOĞUTMA SİSTEMİNDE YARDIMCI KONTROL ELEMANLARI**

Sistemin düzenli ve güvenli olarak çalışması için ana elamanlar dışında kullanılan elamanlardır. Sistem ve çalışma durumuna göre yardımcı elamanlar kullanılır veya kullanılmazlar.

**Tablo -3**

## YARDIMCI VE KONTROL ELEMANLAR

ALÇAK VE YÜKSEK BASINÇ PRESOSTATLARI

YAĞ AYIRICI

DİFERANSİYEL YAĞ BASINÇ PRESOSTATI

SIVI TANKI

KURUTUCU FİLTRE

GÖZETLEME CAMI

ÇEK VALF

SELENOİD VANALAR

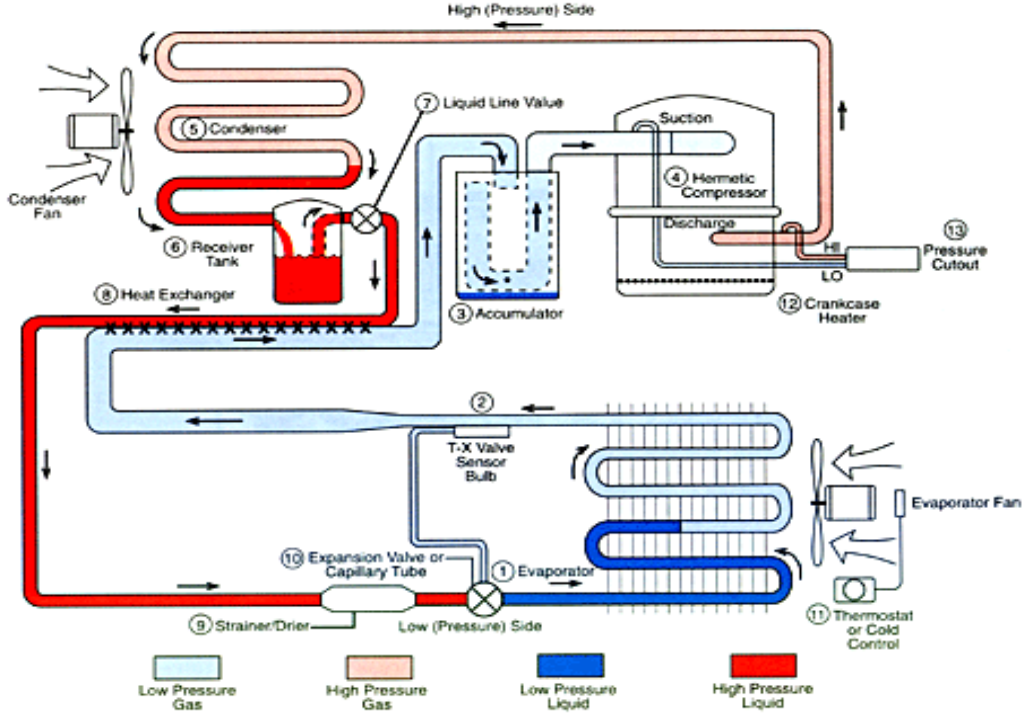
İŞLETME TERMOSTATI

AKÜMÜLATÖR

BASINÇ DÜŞÜRÜCÜ VANALAR

ISI EŞANJÖRÜ

SES VE TİTREŞİM YUTUCULAR



### 3.5.1. Manometre :

Soğutmacılıkta kullanılan manometreler çoğunlukla “yüksek basınç tarafı” (0 atm ile 20 atm arası taksimatlı), kompresörden sonra ve “alçak basınç tarafı” (760 mmHg vakum ile 10 atm), kompresörden önce olarak iki adet kullanılır.



Şekil 3.31. Manometreler

### 3.5.2. Termometre :

Cıvalı, alkollü termometreler en ucuz ve basit sıcaklık ölçü cihazlarıdır. Kompresörden önce ve sonra olmak üzere iki adet kullanılır. Günümüzde dijital göstergeli termometreler kullanılmaktadır.



Şekil 3.32. Termometre

### 3.5.3. Alçak ve Yüksek Basınç Presostatı :

Soğutma sistemindeki alçak basınç (emme) hattındaki ve yüksek basınç (basma) hattındaki basınçları çalışma sırasında sürekli kontrol eder, belirlenen alçak ve yüksek basınç değerlerininin dışına çıkılmasına engel olmak için kompresörü durdurur.

Kompresörün emme ve basma tarafındaki alçak ve yüksek basınçların, istenilen alt ve üst sınırların dışına çıkmasını önleyerek daima emniyet sınırları içinde kalmasını temin eder. Normal çalışma esnasında kontaklar kapalıdır ve akım geçer. İmalatçı firma tarafından ayarlanmış olan alt ve üst basınç sınırları dışına çıktığı zaman, alçak-yüksek basınç presostatı, kompresör Elektrik motorunu durdurur.

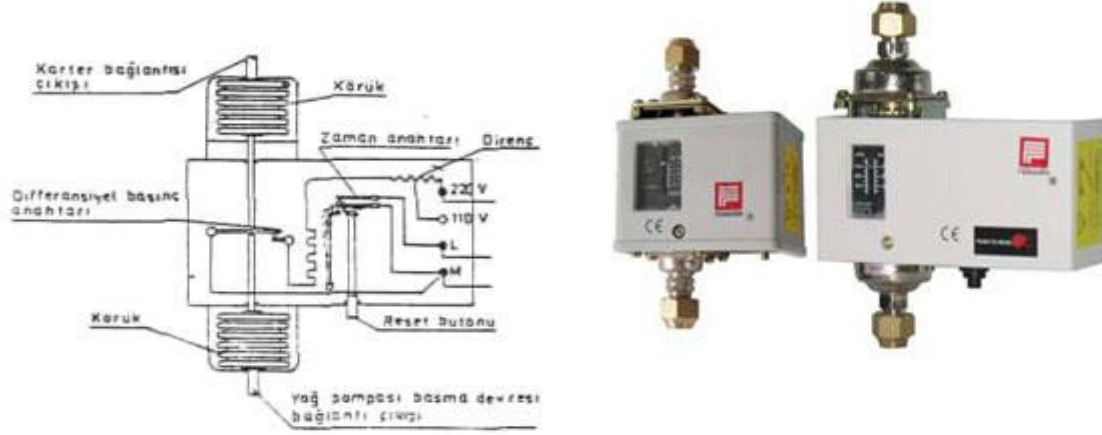
Alçak ve yüksek basınç presostatları beraber veya ayrı ayrı uygulanabilirler.



**Şekil 3.33** Basınç dengeleyiciler

#### 3.5.4. Diferansiyel Yağ basıncı Preosastatı :

Kompresör yağlama yağı basıncını kontrol eder. Kompresörde gerekli yağ basıncı olmadığında, belli bir süre sonra (90 saniye) kompresör motorunu durdurur. Yağ sarjı ve ilgili diğer bakımlar yapıldıktan sonra, reset kontağına basılıp normal çalışma düzenine geçilir.

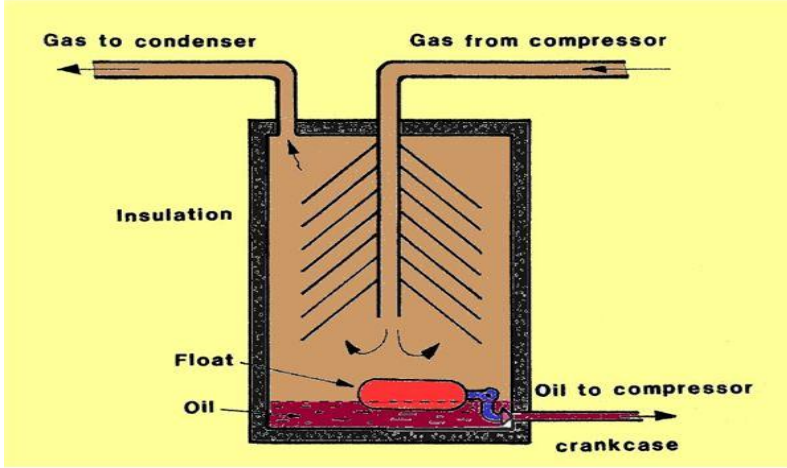


**Şekil 3.34** Yağ basınç preosası

### 3.5.5. Yağ Ayırıcı :

Yağ ayırıcının görevi sistemde dolaşmakta olan yağ miktarını azaltmak ve dolayısıyla sistemin verimini artırmaktır.

Yağ ayırıcıların genel kullanım amacı yağlı deşarj gazlarını ayırmak ve Yağın kompresör karterine düzenli ve doğru bir şekilde geri dönüşümünü sağlamak.Bunla birlikte yüksek bir yağ sıcaklığı oluşturup soğutucu akışkan gaz migrasyonunu önlemek ve yağ içindeki soğutucu akışkanın ayrılması ve gazın alınmasını sağlama amaçlı kullanılmaktadır.



Yağ ayırıcının kullanılmasında karşılaşılan en önemli sorun ; kompresörün durduğu zaman süreci içerisinde , yağ arıcıda yoğunlaşarak , kompresör karterine sıvı halde giren soğutucu akışkanın, kompresörün tekrar ilk çalışmaya başlaması sırasında sıvı basması, sıvı taşması ile olaylara neden olabilmesidir.

### 3.5.6. Sıvı Tankı :

Kondenserden sıvı haline gelmiş soğutucu akışkanı tahliye etmek, kondenseri rahatlatmak, bakım ve onarım durumunda sıvıya depo görevi gören tanktır. Kondenserden sonra yer alır ve tüm sıvıyı (soğutucu akışkanı) alacak büyüklüktedir.

Likit tankları sistemde meydana gelen dalgalanmaların karşılanmasında, genel anlamda sistemin yüksek basınç tarafında, sıvı ile sıcak gaz arasında bir yastık/tampon vazifesi görmek, evaporatöre sıcak gazın gitmesini önlemek amacıyla kullanılır bununla birlikte sistem içerisindeki likit'in dinlenmesini sağlamaktadır.

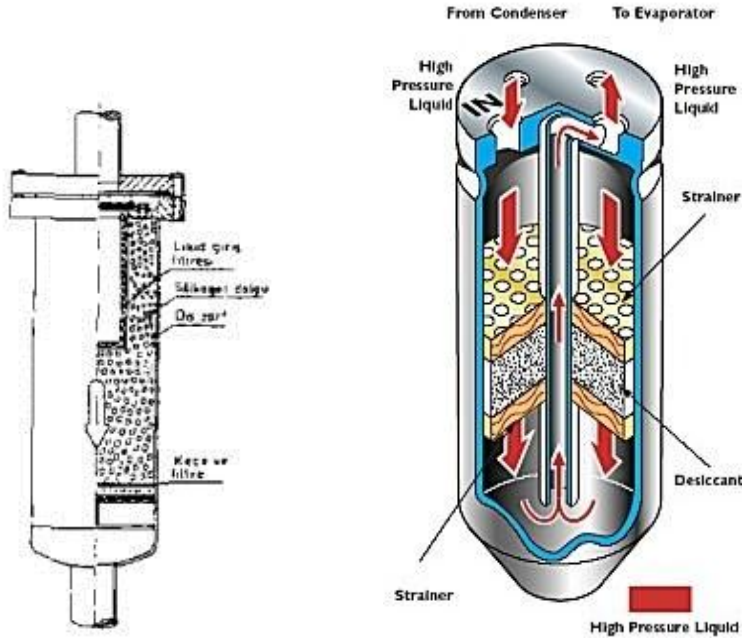


Şekil 3.35. Sıvı Tankları

### 3.5.7. Kurutucu Filtre :

Montaj sırasında soğutucu akışkan devrelerinde kalan nemin, alçak sıcaklıklarda buzlaşarak doğuracağı tıkanıklıkları ve korozyon etkisini önlemek amacıyla sıvı devresi üzerine konulur. Kurutucuların, ayrıca soğutucu akışkan devresi üzerindeki yabancı maddeleri süzme (filtraj), özelliği de vardır.





Şekil 3.36. Kurutucu Filtreler

Soğutma sisteminin iç temizliğine bağlıdır. Sistemin içinde sadece kuru ve temiz soğutucu akışkan ile kuru ve temiz yağ dolaşmalıdır. Akışkanın içine gerek sisteme doldurmadan önce ve gerekse sistemin diğer elemanlarından bir miktar su karışabilir. Bu su kılcal borunun evaporatöre giriş yerinde donarak sistemi tıkar ve soğutmayı önler. İçindeki toz ve küçük parçacıklar da tıkama yapabilirler. Sistem içine su ve tozların girmesini önlemek hemen hemen mümkün değildir. Bunlardan başka soğutucu akışkan içinde bazı asitler de bulunabilir.

Kondenser çıkışına konulan kurutucu ve süzgecin (drayer ve süzgeç) görevi su ve asitleri emerek tutmak küçük katı maddeleri de (toz vs.) süzmektir.

Kurutucu ve süzgeç (drayer ve süzgeç) şu kısımlardan ibarettir:

- 1) Bakır borudan gövde, kondenser içindeki basıncı mukavim olarak yapılmıştır. Her iki ucunda boruların girebileceği delikler vardır
- 2) Ufak katı maddeleri tutabilecek ince tülbent delikli tel boruya doğru gelecek şekilde takılır.
- 3) Nem emici madde özel surette yapılmış olan madde 4 – 5 mm emme özelliğinden başka soğutucu akışkan içinde bulunabilecek asitleri de emerek tutma özelliği de vardır.

### **3.5.8. Gözetleme Camı :**

Büyük sistemlerde bulunur. Kondenser çıkışında ve filtreden hemen sonra konur. Soğutucu akışkanın doymuş sıvı olup olmadığını gözetlemek ve sıvı seviyesini görmek için kullanılır. Sistemdeki nem hakkında da bilgi verir.

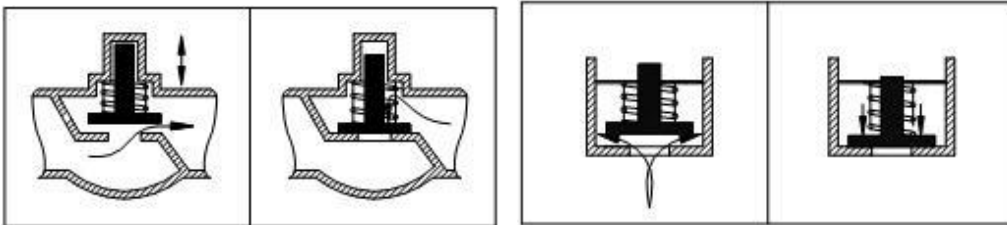
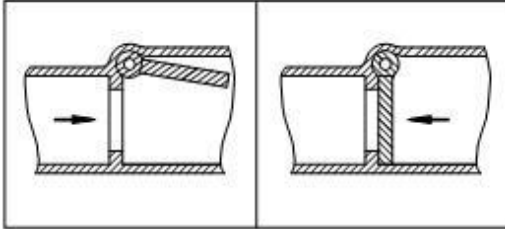
Soğumanın akis statüsünü gözlemleyebilmek ve soğutma sisteminin nem içeriğini kontrol edebilmek amacıyla hazırlanmıştır. Kondenserin görevini yapıp yapmadığı kontrol edilir.



Şekil 3.37. Gözetleme Camları

### 3.5.9. Çek Valf :

Sıvının veya gazın yalnızca tek bir yönde akmasını sağlamak için tasarlanmıştır. Çek valf , normal yöndeki akış sırasında valfin giriş ve çıkış ağızları arasında meydana gelen basınç farkı ile açılır. Bu basınç azaldığında veya çıkış tarafındaki giriş tarafına nazaran arttığında kapanır.

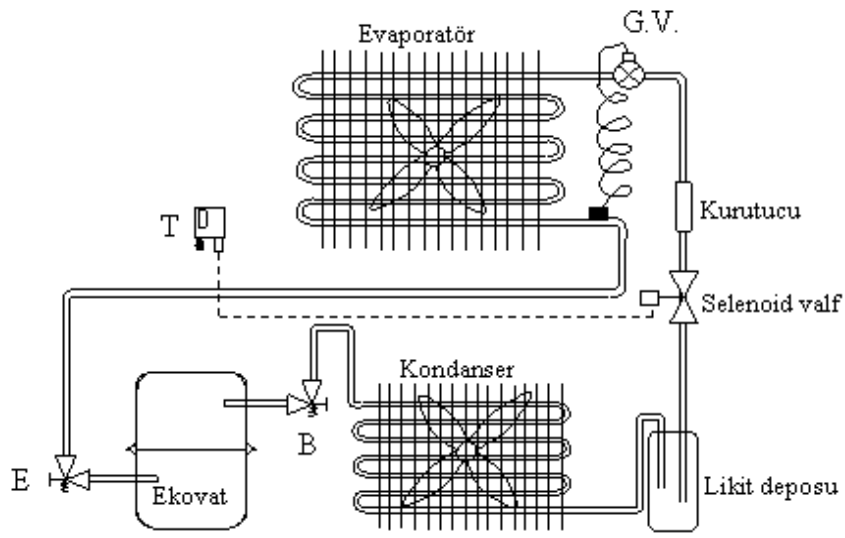




**Şekil 3.38.** Çek Valfler

### **3.5.10. Selenoid Valfler :**

Elektrik akımıyla kumanda edilen bir açma - kapama valfidir. Tesisin fonksiyonuna veya çalışma amacına göre soğutucu akışkan sıvı veya gaz devreleri üzerine monte edilir ve termostat veya presostat tan alacağı ikaza göre sıvı veya gaz devresini açar veyahut kapatır. Genellikle elektrik akımı kesildiği zaman selenoid valf kapalıdır. Genişleme vanasından önce kullanılır. Kompresöre bağlıdır. Kompresör durduğunda kapanarak akışı engeller.



**Şekil 3.39.** Selenoid Vana

### 3.5.11. İşletme Termostatı:

Soğutulacak hacim, soğutulacak akışkan veya buharlaştırıcı gibi kısımların sıcaklıklarının belirli değerler arasında kalmasını sağlayan kontrol cihazlarıdır.

Tesisin değişen soğutma yükü ihtiyacını, solenoid valfe ikaz vererek soğutucu; ısıl gücünü ayarlar. «on-off» tipi olan termostatlar su veya salamura soğutucularında giriş devresi üzerine monte edilir, hava soğutucularında ise (oda termostatı) soğuk odanın uygun bir yerine yerleştirilir.





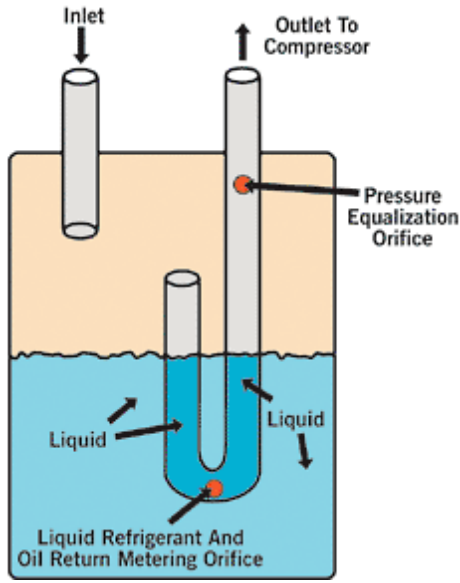
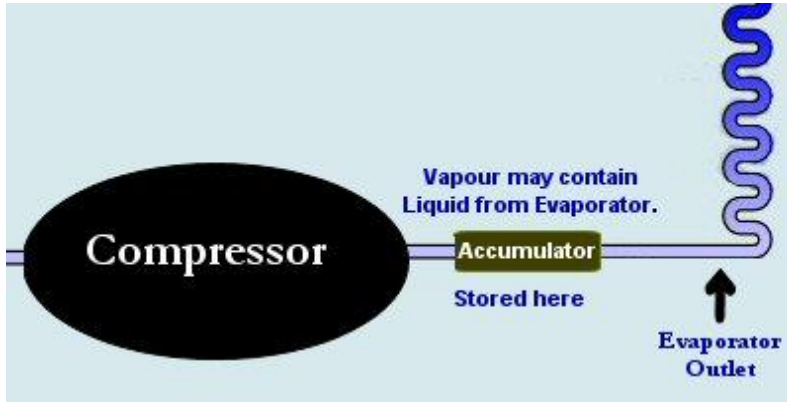
**Şekil 3.40** İşletme Termostadı

Termik genişleme valfında olduğu gibi termostatın hassa olan ucu (kuyruk) soğutma devresinin sıcaklığı kontrol edilecek kısmına tesbit edilir. Ayar edilen sıcaklığa göre elektrik devresi açılıp kapanarak kompresörü tahrik eden elektrik motoruna veya magnetik valfa kumanda edilir.

Termostat esas olarak hassas uç, kapiler boru ve esnek bükümlü borudan meydana gelmiştir. İstenen sıcaklık ayarına göre bir kutuplu değişken kontak üzerinden elektrik devreye kumanda yapılır. Hassas uçta sıcaklık yükselmesi ile kapiler boru ve esnek bükümlü boru üzerinden ona pim yay ile denge oluncaya kadar yukarıya hareket eder.

### **3.5.12. Akümülatör:**

Kompresörden önce konur, kompresöre sıvı kaçımasını engeller.



### 3.5.13. Basınç Düşürücü Vanalar :

Basınç regülatörleri olup basıncı dengelemeye yararlar.





**Şekil 3.41.** Basınç düşürücü vana

### **3.5.14. Basınç Regülatörleri :**

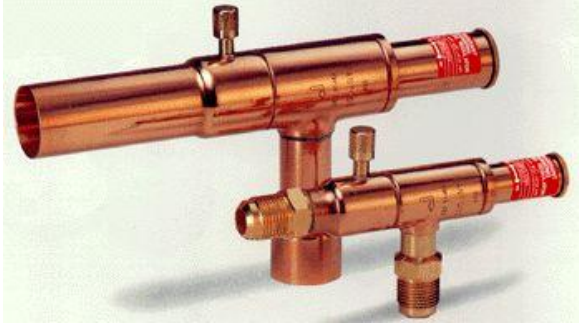
Buharlaştırıcı basınç regülatörü , buharlaştırıcı çıkışında, yoğuşturucu basınç regülatörü kondenslerden sonra sıvı hattı üzerine konur



**Şekil 3.42.** Basın Regülatörü

### **3.5.15. Isı Eşanjörleri :**

Aşırı kızdırma ve aşırı soğutma yaparak sistem verimi artırılır.



**Şekil 3.43.** Isı Eşanjörleri

### 3.5.16. Susturucular :

Susturucular kompresörün basma hattındaki ses ve titreşimi engellemek için tasarlanmıştır. Ürün içerisinde bulunan delikli odacıklar sayesinde, pistonlu kompresörlerden kaynaklı oluşan sesler, odacıklar içerisinde çarpışmalarla birlikte minimum seviyeye düşmektedir.



**Şekil 3.44.** Susturucular

**3.5.17. Dört Yollu Vana:**

Isı pompalarında akış yönünü değiştirebilen elemanlardır. Isıtma konumundan soğutma konumuna veya tersine geçiş yaptırır. Split klimaların hepsinde vardır.



**Şekil 3.45.** Dört yollu vanalar

## **BÖLÜM 4**

### **SOĞUK DEPOCULUK**

#### **4.1. SOĞUK DEPOLAR**

İnsanlığın besin ihtiyacı için üretilen gıda maddelerinin bozulmadan ve çürümeden pazarlanması, nakli ve gerektiğinde tüketime kadar muhafazası için öteden beri bazı tedbirlere başvurulmuş ve bazı usuller geliştirilmiştir. Bu yöntemler yüksek sıcaklık uygulaması , kurutma, salamura içinde muhafaza ve soğutma yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Soğutma yöntemi, gıda maddelerinin soğuk depolarda belirli bir sıcaklık ve nemde gıda maddelerinin taze görünümü ile koku, lezzet ve vitamin değerlerinin doğadakine en yakın bir seviyede muhafaza edecek şekilde uygulanır. Soğuk depoculukta muhafaza yöntemleri iki genel bölüme ayırabiliriz ;

- 1) Soğuk muhafaza
- 2) Donmuş muhafaza

##### **4.1.1. Soğuk Muhafaza**

Kısa , uzun süreli ve geçici depolama için ürün donma noktasının üzerindeki sıcaklıklarda soğuk muhafaza yöntemi ile depolanır. Bu depolama yöntemi genellikle ürünün devamlı kullanıldığı perakende satış yapan kuruluşlarda kullanılır. Ürüne bağlı olarak kısa süreli depolama periyotları 1 ile 2 günde bazı durumlarda 1 hafta bazen de 15 günden fazla olabilir. Depolanacak ürünün tipine göre farklı sürelerde olabilirler. Uzun süreli depolama periyodu, olgun domates için 7 ila 10 , elma ve soğan gibi dayanıklı ürünler için 6 veya 8 haftadan daha fazladır.

Soğuk muhafaza yönteminde ürün, önce 0-10°C sıcaklığındaki bir odada ön soğutma işlemine tabi tutulduktan sonra , 0°C civarındaki bir soğuk muhafaza odasında depolanır.

##### **4.1.2. Donmuş Muhafaza**

Uzun süreli muhafaza için uygulanan bu yöntem, hasattan gelen ürün , önce 0-10°C sıcaklığındaki bir odada ön soğutma işlemine tabi tutulduktan sonra , sıcaklığı -35°C sıcaklığındaki şoklama tünellerinde dondurulur ve sıcaklığı -12 ile -25°C arasında değişen donmuş muhafaza odasında depolanır.

Donmuş muhafaza yönteminde, ön soğutma işlemine gerek duyulmasının sebebi, hasattan gelen ürün sıcaklığı ile şok tünelin sıcaklığı arasındaki farkın çok büyük olmasındaki kaynaklanmaktadır. Gıda maddelerinde meydana gelen aşırı sıcaklık değişimleri iç yapının bozulmasına neden olur.

#### **4.1.2.1. Ön Soğutma**

Ön soğutma, hasat edilen gıda maddelerinin soğuk depoya konulmadan önce, bahçe ve güneş sıcaklığından kaynaklanan ısının alınarak soğutulmasıdır. Ürünlerde ön soğutma işlemi uygulanması, sıcaklığı kademeli olarak düşürerek, ani sıcaklık düşümünden kaynaklanana iç yapının bozulmasını engeller, ürünlerin soğuk depoda muhafaza süresini uzatır ve soğuk muhafaza ve şoklama odasının soğutma yükünü önemli ölçüde azaltarak kuruluş ve işletme maliyetinin düşürülmesini sağlar.

Ön soğutma işlemi, genellikle ürünün üzerine hava üflenmesiyle gerçekleşir. Eğer hava ile soğutmada su kaybının artması nedeniyle solma görülürse , sulu soğutma sistemi uygulanır.

#### **4.1.2.2. Şoklama**

Gıda maddelerinin düşük sıcaklıkta hızlı dondurulmaları gerekir. Çünkü hızlı soğumada küçük kristalli buz oluşur ve böylece gıda maddelerinin dokusu korunmuş olur. Hızlı olmayan soğutmada oluşan buz kristalleri çok iri olduğu için gıda maddelerinin dokusunu korumak imkansız olur.

Dondurulan gıda maddelerinin bozulmadan uzun süre kalabilmesi doğrudan doğruya başlangıçtaki donma hızına bağlıdır. Gıda maddelerini olumsuz yönde etkileyen bakterilerin üremesi normal sıcaklıkta artar. Buna düşük sıcaklıkta engel olmak mümkün ve - 35°C sıcaklıkta bu bakterilerin olumsuz etkileri ve üremeleri tamamen önlenir.

Gıda maddelerinin korunabilirliği , başlangıçtaki donma hızına bağlı olduğu kabul etmek de bir yerde yanıltıcı olabilir. Gıda maddelerinin korunabilirliğinde soğutma yöntemi gibi belirleyici nitelikte bazı dış etkenleri de göz önünde bulundurmak gerekir.

### **Şoklama Metotları**

Bir gıdanın dondurulması, gıdadaki ısı enerjisinin bir soğutucuya aktararak uzaklaştırılması suretiyle sağlanır. Soğutucu ; gaz, sıvı veya katı halde bulunabilir.

Soğutucu gaz olarak genellikle bir soğutma ekipmanının evaporatörü yardımıyla soğutulan soğuk hava kullanılır. Bu tip soğutma yöntemine " soğuk hava ile dondurma " denir.

Şoklama dört grup altında toplanabilir;

- Daldırma metodu
- Değdirme (indirekt temas ) metodu
- Kriyojenik dondurma
- Hava ile dondurma
  - Durgun hava ile dondurma
  - Hava akımı ile dondurma

#### 4.1.2.2.1 Daldırma Metodu

Bu yöntemde dondurulacak ürün ambalajlanmış veya ambalajlanmamış olarak, düşük derecelere kadar soğutulmuş uygun bir sıvıya daldırılmakta veya bu sıvı ürün üzerine püskürtülmelidir. Ürünün ambalajlı olması durumunda soğutucu ile soğutulan arasında bir engel (ambalaj materyali) bulunduğundan, bu tip daldırarak dondurma uygulaması bazılarında indirekt temas metodu olarak kabul edilmektedir.

Ambalajsız gıdaların daldırılarak dondurulmasında, gıda maddesi ile sıvı soğutucu akışkan arasında çok iyi bir ısı transferi sağlanmakta ve böylece hızlı bir donma gerçekleşmektedir. Buna ek olarak daldırarak dondurmanın diğer bazı olumlu yönleri de vardır. Her şeyden önce belirgin bir şekli olmayan birçok ürünün bu yolla başarı ile dondurulması olanaklıdır. Ayrıca parçacık halindeki ürünler bu yöntemle bireysel olarak dondurulabilmektedir. Örneğin, soğuk şeker şurubuna daldırılarak dondurulan meyveler ince bir şurup filmiyle kaplanarak tek tek donduklarından bunlar depolamada, renk ve aromalarını daha iyi korumakta ve oksidatif değişimlere uğramamaktadırlar. Ayrıca soğuk hava akımında dondurmada olduğu gibi, hava ile sürekli bir şekilde temas söz konusu olmadığından özellikle oksidasyona duyarlı ürünlerde daha iyi sonuç alınmaktadır.

Daldırarak dondurmada kullanılacak soğutucu akışkanların sayısı sınırlıdır. Bunun nedeni ise, kullanılacak soğutucu akışkanlarda aranan bazı özelliklerden kaynaklanmaktadır. Öncelikle bu amaçla kullanılacak sıvının düşük derecelerde dahi donmaması gerekir. Gıda ile doğrudan temas eden yani ambalajlanmamış ürünlerde kullanılacak soğutucu akışkanların ise ayrıca; toksik etkili olmaması, yabancı renk, koku ve tat içermemesi, gıdanın rengini değiştirici etkide bulunmaması ve nihayet uygulama sırasında bileşiminin değişmemesi ve hijyenik kalması istenir.

Daldırarak dondurmada kullanılan soğutucu akışkanlardan yaygın kullanım olanağı bulanlar, salamura (tuz çözeltisi), şeker şurubu ve gliserol çözeltilerdir. Düşük bir donma derecesine ulaşabilmek için bu çözeltilerin yeterli bir konsantrasyonda olması gerekir. Örneğin salamura ile en çok -21°C'ye kadar inmek olanaklıdır. Nitekim % 23 tuz içeren bir salamuranın ötektik noktası -21°C'dir. Aynı şekilde şekerle de en çok -21°C'ye inilebilmektedir. Sakaroz çözeltisinin % 62 konsantrasyonda ötektik noktası -21°C dir. Meyvelerin dondurulmasında kullanılabilen gliserol'un sudaki %67'lik çözeltisi ile, -47°C'ye kadar inilebilmekteyse de, propilen çözeltisinin sadece ambalajlanmış gıdalarda kullanılabileceği gözden uzak tutulmalıdır.

#### 4.1.2.2 Değdirme ( İndirekt Temas ) Metodu

İndirekt temas ile şoklama metodu, içerisinde çok düşük sıcaklıkta (genellikle -35°C sıcaklığında) soğutucu akışkan bulunan plakaların iyi ambalajlanmış gıda maddelerine temas ettirilerek şoklanması esasına dayanır. Dondurulan ürün ile, soğumayı gerçekleştiren soğutucu akışkan arasında plaka bulunduğundan bu yönteme "indirekt temas metoduyla" dondurma denir. Evlerde buz dolaplarının buzluk bölümünde bazı gıdaların dondurulması, tek taraftan etki eden bir plakalı dondurma yöntemi olarak görülebilir.

Gıdaların indirekt temas metoduyla dondurulmasında tek koşul, dondurulacak ürün dikdörtgen prizması şeklinde yani kibrit kutusu gibi bir ambalajda bulunmasıdır.

Ambalajlı ve fakat şekilsiz bir kitlenin bu sistemde dondurulma çok zordur. Çünkü ambalajın düzgün bir yüzeyle, plakaya tam olarak değmesi, donma süresi açısından çok önemlidir

Buna göre düzgün şekilli ve aynı kalınlıktaki ambalajlar plaka üzerine yan yana yerleştirilip, diğer plakada üstten oturunca, iki yönden hızlı bir dondurma sağlanabilmektedir. Ambalajlanmış ıspanak , taze fasulye , bezelye gibi sebzeler genellikle bu yöntemle şoklanarak saklanır.

#### 4.1.2.3 Kriyojenik Dondurma

Kaynama noktası çok düşük olan sıvılaştırılmış gazlara kriyojenik sıvılar denir. Gıdaların dondurulmasında en fazla kullanılan kriyojenik sıvıların başında "sıvı azot" ve "sıvı karbondioksit" gazı gelmektedir.Sıvı azot'un kaynama sıcaklığı -196°C ve sıvı karbondioksit'in ise, -145°C'dir. ilek ve bazı üzüksü meyvelerde dilimlenmiş domates ve mantar gibi bazı hassas gıdalardan ancak çok hızlı bir dondurma ile, kusursuz bir ürün elde edilebilmektedir. Kriyojenik dondurma yöntemi de esas olarak bu tip ürünler için geliştirilmiş olup, uygulaması da halen bu ürünlerle sınırlıdır. Bununla birlikte kriyojenik dondurmada kullanılan cihazların basit ve ucuz olmaları, az yer kaplamaları gibi diğer bazı üstünlükleri de vardır. Ancak kriyojenik sıvıların pahalı olması metodun en olumsuz yönüdür.

Kriyojenik sıvılardan en yaygın olarak kullanılan sıvı azot gazı; havanın sıkıştırılıp önce likit hale getirilmesi ve sonra oksijenin kaynama derecesinin -183°C, azotun kaynama derecesinin -196°C olması durumundan yararlanılarak, sıvı havanın özel bir valften geçirmek suretiyle adeta damıtılarak, azot gazının oksijenden ayrılması yoluyla üretilmektedir. Üretilen azot gazı tekrar sıkıştırılarak sıvı azot gazı elde edilmektedir. Sıvı azot gazı atmosferik basınçta -196 °C de kaynadığından, eğer elde edilmiş sıvı gaz iyi izole edilmiş tanklarda depolanırsa, bu sıcaklıkta atmosferik basınçta sıvı olarak kalır ise sadece çok az bir kısmı -196 °C'deki azot gazına dönüşür. Şu halde sıvı azot gazının tanımlanan bu koşullara uygun olarak depolanıp taşınmasında bir sorun yaratmaz ve tank veya tüpte



fazla basınç oluşmaz. Bu özellik, azot gazının kriyojenik dondurmada kolaylıkla uygulanmasına olanak vermektedir. Sıvı azot gazı eğer -196 °C'nin üzerinde, örneğin oda sıcaklığında saklanmak istenirse bu defa çok yüksek basınç altında bulundurulması gerekir.

Diğer taraftan kriyojenik dondurmada karbondioksit, sıvı halde veya katı halde (kuru buz) olmak üzere iki formda da uygulanmaktadır. Sıvı CO<sub>2</sub> gazının yüksek basınç altında sıkıştırılmasıyla elde edilir. Kaynatma derecesi -145°C'dir. Bir memeden püskürtülürken, -79°C'de sublime olma niteliğinde katı faza dönüşür ki buna "kuru buz" denir. Yaklaşık 2 kg sıvı CO<sub>2</sub> den 1 kg kuru buz elde edilir. Buna göre dondurulacak ürün ya sıvı karbondioksit daldırılır ve karbondioksit, ürün üzerine püskürtülür. Kuru buz ise dondurulacak gıda ile karıştırılır.

#### **4.1.2.2.4. Hava İle Dondurma**

Halen en yaygın uygulanan değişik cihazlardan yararlanılarak ve birçok değişik versiyonu olan eski yöntem budur. "Durgun hava ile dondurma" ve "Hava akımında dondurma" olarak başlıca iki uygulaması vardır.

##### **a) Durgun Hava İle Dondurma**

İsminden de anlaşılacağı gibi dondurmada kullanılan soğuk hava hareketsizdir. Böyle bir dondurucunun esası, iyice izole edilmiş bir soğuk odadır. Soğutma ekipmanının evaporatörü tavanda duvarda veya odanın ortasında yukardan aşağı doğru uzanan borular demeti şeklinde bulunabildiği gibi dikine raflar şeklinde de olabilir. Dondurulacak ürünler bu raflar arasına istif edilir. Bu tip

dondurucular kullanılan ekipman açısından basit ve ucuzdur. Durgun hava dondurma odalarında hava hareketini sağlayan genelde hiçbir düzen yoktur, hava sadece doğal taşınım ile hareket etmektedir. Ancak bunu bir hava hareketi olarak görmek olanaksız olduğundan havanın durgun olduğu kabul edilmektedir. Hatta bazı durgun hava dondurucularında bir fan yardımıyla, sınırlı bir hava hareketi sağlanmaktadır. Ancak bu düşük hava hızı nedeniyle böyle bir düzenlemeyi "hava akımında dondurma" yöntemiyle karıştırmamak gerekir. Çünkü hava akımında dondurmada hava, zorlanmalı bir sirkülasyonla yüksek bir hızla dolaştırılarak, yüksek bir donma hızı sağlanabilmektedir.

Gıda maddelerinin dondurulmasında 1861 yılından beri uygulanan ve bu alandaki en eski metod olan durgun havada dondurma metodu, "sharp freezing" yani; "hızlı (ani) dondurma" olarak isimlendirilmektedir. Bu yöntem günümüzde isminin çok gerisinde kalan bir uygulamadır. Çünkü daha iyi bir yöntemin bilinmediği -18 °C 'nin altında dondurmanın sağlanamadığı bir dönemde verilen bu ismin, bugünkü teknikteki anlamı tamamen farklıdır.

Durgun havada dondurma yönteminde soğuk odanın sıcaklık derecesi - 5 °C ile - 30 °C arasında bulunur. Hareketsiz veya çok yavaş hareketli bir havanın ısı iletkenliği çok düşük olduğundan, dondurulmak üzere depoya konan gıda maddesinin donması çok uzun süre alır. Donma süresi, dondurulan materyalin büyüklüğüne, ambalajın niteliğine, dondurulan birimler arasındaki boşluğa ve bunun gibi değişik faktörlere bağlı olarak birkaç saatten bir haftaya kadar değişebilir. Bu metod esas olarak balık dondurma amacıyla uygulanmış olup halen de aynı amaçla yaygın olarak kullanılmaktadır.

## **b) Hava Akımı İle Dondurma**

Bu tip dondurucuların genel ilkesi havanın, dondurulan gıda maddesi ile evaporatör arasında hızlı hareket etmesidir. Gücü fanlar yardımıyla hareket ettirilen hava, soğutma spiralleri (evaporatör) üzerinden geçerken soğur ve sonra dondurulan ürün üzerinden 10-15 m/s hızla geçer, ısı transfer katsayısı hava hızına bağlı olarak arttığından, gıda maddesinin hızla dondurulması sağlanır. "Hava dolaşımli dondurma" da denen bu yöntemde hava sıcaklığı -30 °C ile -45 °C arasında değişmektedir.

Hava akımında dondurma yönteminde çok değişik tipte donduruculardan yararlanır. Bunlardan en yaygınlarından birisi, tünel dondurucularıdır. Tünel dondurucularda, dondurulacak ürün ya bir bantla taşınır, veya üst üste yerleştirilmiş kerevetlerden oluşan araba dizilerinin içindeki hareketiyle taşınır. Buna göre tünel dondurucular ya bantlı veya kerevet vagonlu olabilmektedir. Bant veya vagonların tüneldeki hızı donma süresine göre ayarlanır.

Diğer taraftan dondurulan ürün ise soğuk havanın tünel içindeki hareketleri "paralel" veya "zıt" olabilir. "Zıt akımlı" tünellerde dondurulacak ürün tünelin bir tarafından, soğuk hava ise diğer ucundan verilir. Buna göre en soğuk hava, tünel çıkışında, donmuş ve sıcaklık derecesi çok düşmüş ürünle karşılaşır, ve sonra tünel girişine doğru yoluna devam eder.

Buna göre bu sistemde donma, aşamalı olarak gerçekleşir ve tam donma boyunca herhangi bir noktada ürünün sıcaklık derecesinin yükselmesi söz konusu değildir. Ancak soğuk hava, tünelin karşı ucuna yani, ürün giriş ucuna ulaşana kadar ısınır ve sıcaklık derecesi yükselir. Kısmen ısınmış bu hava tekrar evaporatöre dönecek ve yeniden soğutulacaktır. Ancak bu durumda evaporatör ile sirküle edilen hava arasındaki sıcaklık farkı (AT), çok büyümüş olduğundan, evaporatörlerde hızlı ve devamlı bir karlılığa belirlir. İşte, özellikle ürün tünellerde fazlaca beliren bu sakınca nedeniyle, tünellerde hava hareketi ürün hareketine çapraz olarak düzenlenir, yani hava tünelin yanlarından verilir. Böylece, havanın hareketi çok kısa mesafede gerçekleştiğinden, hava ısınmaz ve AT değerinin büyüme sakıncası ortadan kalkar.

## **BÖLÜM 5**

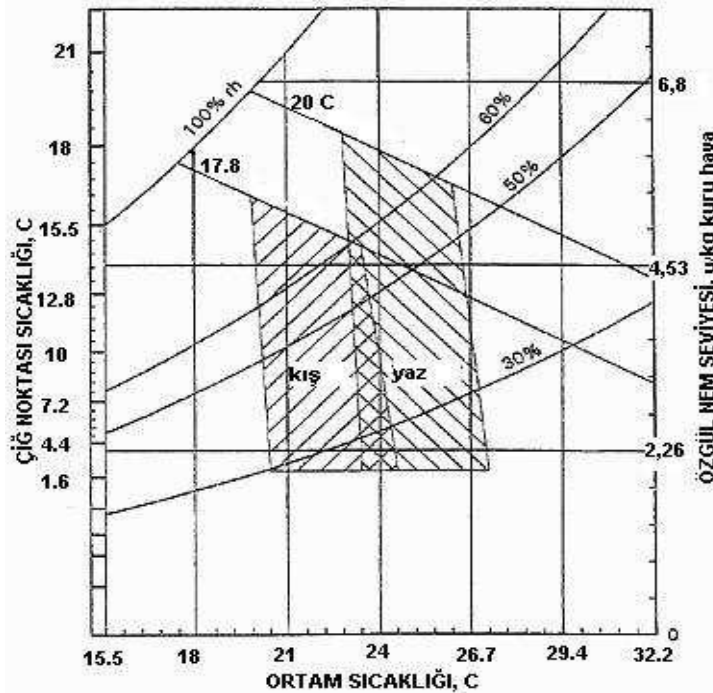
### **İKLİMLENDİRME**

Kapalı bir ortamın sıcaklık, nem, temizlik ve hava hareketini insan sağlık ve konforuna veya yapılan endüstriyel işleme en uygun seviyelerde tutmak üzere bu kapalı ortamdaki havanın şartlandırılmasıdır.

İklimlerme terimi İngilizce 'de ki air condition (hava şartlandırılması) ve Almanca' da ki klima terimine karşılık gelir. Türkçe' de iklimlendirme ve klima terimlerinin her ikisi de kullanılmaktadır.

### İklimlermenin Önemi

Dünyada kabul edilmiş araştırmalara göre, insanlar belli bir sıcaklık ve nem aralığında ve temiz hava ortamlarında rahat etmektedirler. Bu aralık konfor bölgesi olarak tanımlanmıştır. ( nem %30 ile %60 . sıcaklık 20- 27°C ). Sıcaklığın gereğinden fazla veya az olmasının rahatsız edici olduğu açıktır. Nem düzeyinin az olması boğaz kuruluğu, gözlerde yanma gibi rahatsızlığa yol açmasının yanında, fazla nemde terlemeye ve bunaltıcı bir sıcaklık hissine neden olur. Ayrıca ortamın havası temiz ve taze olmalıdır, toz, duman , polen ve diğer zararlı maddelerin filtre edilmesi ve insanın fark edemeyeceği ama temiz havayı getirip kirli havayı götüreceği bir hava dolaşımı gereklidir.



### **Şekil 5.1.** Yaz ve kış mevsimleri için psikrometrik diyagram üzerinde konfor bölgesi

Günümüzde pek çok insanın yaşamının önemli bir bölümü kapalı mekanlarda geçmektedir. Bu mekanlar gerek hacim, gerekse barındırdıkları insan sayısı olarak büyük boyutlara ulaşmışlardır. Fuar, konferans, tiyatro, sinema salonlarının, alışveriş merkezlerinin, diskotek ve gazinoların, pencereleri açılmayan yüksek binaların vb. yaşanabilir hâlde tutulması için iklimlendirme (klima) şarttır. Oteller , hastaneler , gıda , tekstil , elektronik ,kağıt , tütün ,vb. endüstrileri de klimaya tam anlamıyla muhtaçtırlar.

Küçük işyerleri ve konutlarda da klima kullanımının yararları tartışılmazdır. Fazla sıcak, fazla soğuk, rutubetli, fazla kuru, oksijeni az-karbondioksiti fazla, tozlu, dumanlı, kokulu ortamlarda yaşamayı, çalışmayı, hatta mal ve eşyalarını bulundurmaya elbette ki hiç kimse istemez. Yazın seyahat ederken bindiğiniz taşıtın camlarını sıcaktan bunalmamak için açamayacağımız, açsanız da fayda etmeyeceği durumlarda ise araç klimanız imdadınıza koşacaktır.

İklimlendirilmiş ortamlar, iş gücü veriminde artış ve sağlıklı bir yaşam sağlar. Yukarıda sayılan zararlardan kurtulmak ve yararları elde etmek için iklimlendirme gereklidir. Bu bilgilerin ışığında klima bir lüks değil, insanca yaşamak için bir ihtiyaç hâline gelmiştir.

Klima sadece soğutma değildir. İklimlendirme, kapalı mekanın havasının istenen sıcaklık, nem, hava dolaşımı, temizlik ve tazelikte tutulmasıdır. Bunların hepsinin olmasa da, birkaçının kontrol altında tutulması da iklimlendirme olarak tanımlanabilir.

Bir klima cihazı yazın içerideki fazla ısıyı dışarıya atarak içerisini serinletir. Bu sırada havanın fazla nemi alınır, içeride gerekli hızda hava dolaşımı sağlanır ve hava filtre edilir. Cihazın ısı pompası özelliği de varsa, kışın yaz çalışmasının tersine çalışarak dışarıdan aldığı ısıyı içeriye vererek ısıtma da sağlar.

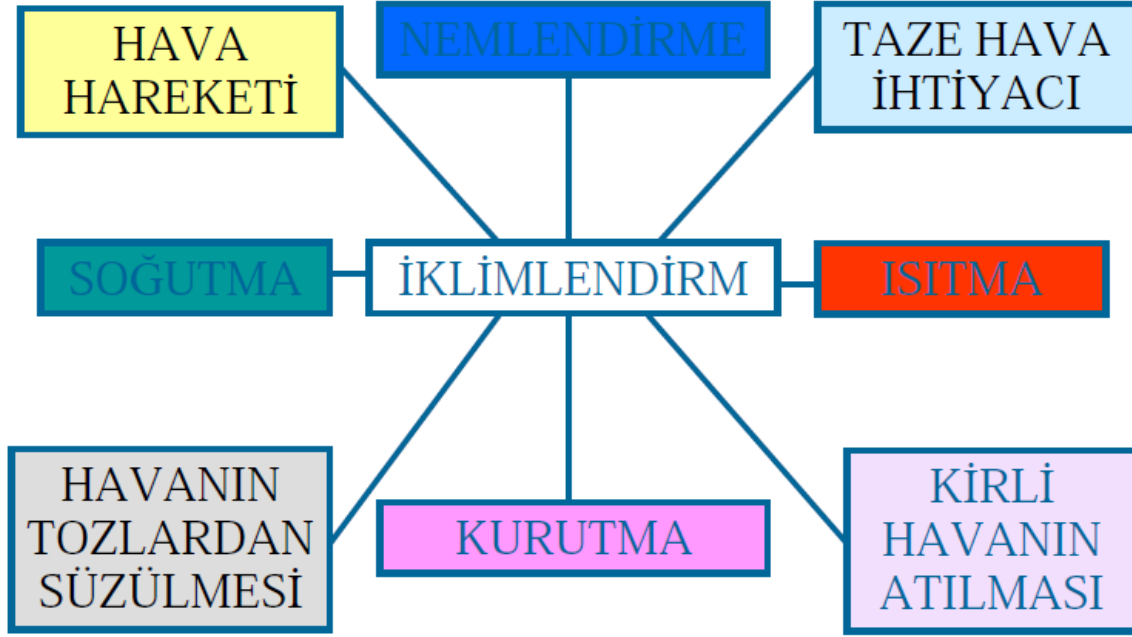
### **İklimlendirmenin Temel Unsurları**

1. **Sıcaklık** : İnsan veya imalat kontrolü için ortam sıcaklığı konfor veya tasarım şartlarını sağlamalıdır. Bu şartlar insan konforu için 18-27°C arasında değişmektedir.
2. **Nem** : Bağıl nem olarak verilir. Kuru hava boğazda kuruluk yapar, insanı rahatsız eder. Aşırı nemli havada boğuk havadır. İnsan konforu için bağıl nem %30-%60 arasında tutulmalıdır.
3. **Temizlik** : Havanın içerisinde tozlar ve bakteriler bulunmaktadır. Havanın içinde partikül madde (PM) ve zararsız gazların filtrelenmesi gerekir.
4. **Hava Hareketi: Konfor** için yaz aylarında daha fazla , kış aylarında nispeten daha düşük hava hareketi gereklidir.

Yaz aylarında ; 0.2 -- 0.4 m/s

Kış aylarında ; 0.1 – 0.2 m/s

**İklimlendirme İşlemleri**



Şekil 5.2. İklimlendirme işlemlerinin sınıflandırılması

### İklimlendirme ile Soğutma İlişkisi



Şekil 5.3. İklimlendirme ile soğutma arasındaki ilişki şeması



## İklimlendirme Sistemlerinin Kullanım Alanları

1. **Konfor İklimlendirmesi** : Evler , otel , cami ,gemi ,uzay araçları konaklama tesislerinde insan konforu için kullanılır.
2. **Endüstriyel İklimlendirme** : Tekstil , kimya , ilaç , gıda v.b iş kollarında ürün ve prosesin gerektirdiği özel ortamların sağlanması amacıyla kullanılır.
3. **Sağlık Hizmetlerinde İklimlendirme** : Ameliyathane ,yoğun bakım gibi hassas yerlerde kullanılır .

## İklimlendirme Sistemleri İçin Isı Kazancı ve Isı Kaybı

Isıtma sistemlerinin projelerinde ısı kaybı hesabı yapılır. İklimlendirme(soğutma) sistemlerinin projelerinde ısı kazancı hesabı yapılır.

**Isı Kaybı** : TS 825 , TS 1264 yalıtım standartlarına göre ısı kaybı yapılır. Isı kaybında ;

Yapı elemanlarından olan ısı kayıpları =>  $Q = k.f.(T_i - T_{dış})$

İnfiltrasyon (hava sızıntısı ) ısı kayıpları =>  $Q = \sum a L.R.H.(T_2 - T_1).Z_e$

**Isı Kazancı :** İçeride üretilen veya dışarıdan içeriye giren ısıların toplamına ısı kazancı denir. İklimlendirme cihazlarının soğutma yükünün tespitinde kullanılır. Isı kazancı=soğutma yükü alınabilir. Isı kazancı ısı kaybına göre kompleks yapıdadır.

Isı kazancı ; iç ısı kazancı ve dış ısı kazancı olarak ikiye ayrılır.

### **İç Isı Kazançları :**

**1) İnsanlardan olan ısı kazancı :** Normal bir insan 100 watt kadar ısı yayar. 24 °C'deki bir mahalde yetişkin bir için ;

Gizli ısı : 40 watt

Duyulur ısı : 65 watt olarak alınır.

$$Q_{insan} = q_{insan} * n_{insan}$$

**2) Aydınlatmadan olan ısı kazancı :**

$$Q_{aydnlatma} = q_{aydn} * A_{taban}$$

**3)Cihazlardan olan ısı kazançları :** T.V , bilgisayar , ocak ,buzdolabı ,ütü v.b cihazların elektrik güçleri tablolardan alınır.

$$Q_{cihaz} = \sum cihazyükü$$

**4)Komşu mahallerden olan ısı kazancı :**

$$Q = k.A.(T_{komşo} - T_{iç})$$

## 5)İçeri giren maddelerden olan ısı kazancı

**Dış Isı Kazançları :**

### 1) Pencereden olan ısı kazancı :

$$Q_{top} = Q_{iletim} + Q_{taş}$$

$$Q_{iletim} = k * F * (T_{du} - T_{iç})$$

$$Q_{taş} = F * Q$$

k= camın ısı transfer katsayısı

F= pencere alanı

Q= 1 m<sup>2</sup> ' ye gelen güneş ışıını ( tablolarıan alınır. )

### 2) Duvarıan olan ısı kazancı

$$Q = k * F * \Delta T_{eş}$$

### 3) Çatııan olan ısı kazancı

$$Q = k * F * \Delta T_{eş}$$

### 4) Dış hava sızıntısı ile (infiltrasyon) olan ısı kazancı

$$Q_{duyulur} = \dot{V} * q * c_{hava} * (T_{du} - T_{iç})$$

$$Q_{gizli} = \dot{V} * q * h_{fg} * (X_{du} - X_{iç})$$

$$\dot{V} = \text{havadebisi}$$

X = mutlak nem ( özgül nem)

### Soğutma Yüğü Hesap Yöntemleri

**1) ASHRAE Yöntemi** : Amerika ısıtma, soğutma ,havalandırma mühendisleri birliğidir. Bu yöntemle 3 tane hesaplama yöntemi vardır.

a)Eşdeğer sıcaklık farkı yöntemi:  $\Delta T_{Eş}$

Mutlak sıcaklık farkı yerine eşdeğer sıcaklık farkı kullanılır. Eşdeğer sıcaklık farkında yapı malzemesi gün boyunca güneşten gelen güneş ışınımını depolayıp bu enerjiyi belirli bir faz kaymasıyla içeri vermektedir.

$$Q = k * F * (T_{du} - T_{iç})$$

yerine

$$Q = k * F * \Delta T_{eş}$$

kullanılır.

b)CLTD/SCL/CLT yöntemi: Soğutma yükü sıcaklık farkı / Güneş soğuma yükü / Soğutma yükü çarpanı

c)RTS yöntemi: Işınım zaman serileri yöntemi

**2) VDI Yöntemi** : Alman mühendisler birliği yöntemi

**3) CIBSE Yöntemi**

**4) REHVA Yöntemi**: Avrupa ısıtma soğutma iklimlendirme birliği

**Soğutma Yükü ( Split klimalar için ) Hesabı :**

$$Q_{soğut} = T.Alanı * bölge katsayısı + (n - 4) * 600 \frac{BTU}{h} + (aydgücü - 500W) * 3,4 \frac{BTU}{h.W} +$$

Bölge katsayısı ;

Doğu Anadolu=500 BTU/h.m<sup>2</sup>

Marmara =500 BTU/h.m<sup>2</sup>

İç Anadolu =500 BTU/h.m<sup>2</sup>

Karadeniz =500 BTU/h.m<sup>2</sup>

Güneydoğu Anadolu =600 BTU/h.m<sup>2</sup>

Akdeniz =600 BTU/h.m<sup>2</sup>

Ege =600 BTU/h.m<sup>2</sup>

### Örnek 5.1

Şanlıurfa'da güney yönünde vitrini olan bir ofis için split klima seçilecektir. Kat yüksekliği 3 metre , taban ölçüleri 5x6 m , ofiste 10 kişi çalışıyor . Aydınlatma gücü 1000 W ise soğutma yükünü seçiniz ?

### Çözüm 5.1

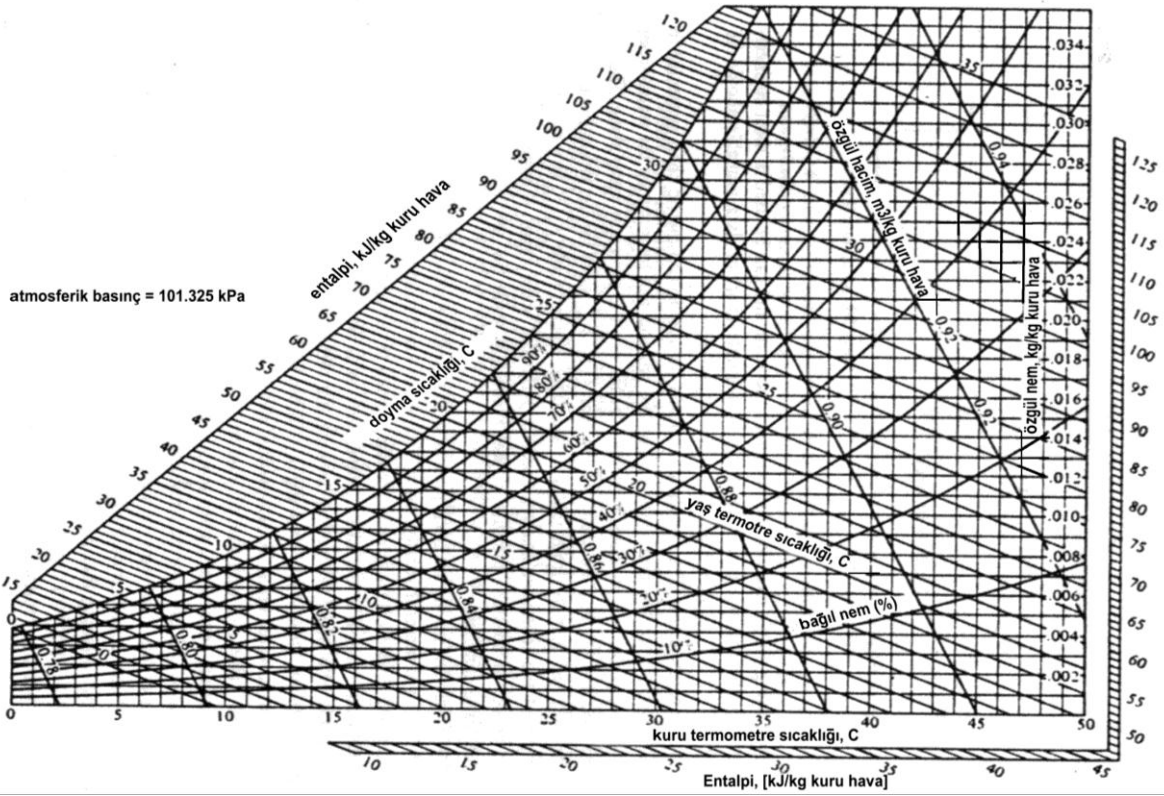
$$Q_{soğ} = 30m^2 * 600 \frac{BTU}{h.m^2} + (10 - 4) * 600 \frac{BTU}{h} + (1000 - 500) * 3,4$$

$$Q_{soğ} = 23300 \frac{BTU}{h}$$



## PSİKROMETRİ VE UYGULAMALARI

Nemli havanın termodinamik özelliklerini inceleyen bilim dalına psikrometri adı verilir. İklimlendirme işlemlerinde ara akışkan, kontrol edilen ortam hava olduğu için ve atmosfer havasının içinde belli oranda nem olduğundan nemli havanın basınç, sıcaklık, özgül hacim ve toplu ısı (entalpi) gibi özelliklerinin bilinmesi gerekir. Psikrometrik diyagram yardımıyla nemli havanın tüm termodinamik özellikleri bulunabilir. Havanın iki özelliği bilindiğinde, diğer bütün özellikleri diyagramdan okunabilir.





#### Şekil 5.4. Psikiometrik Diyagram

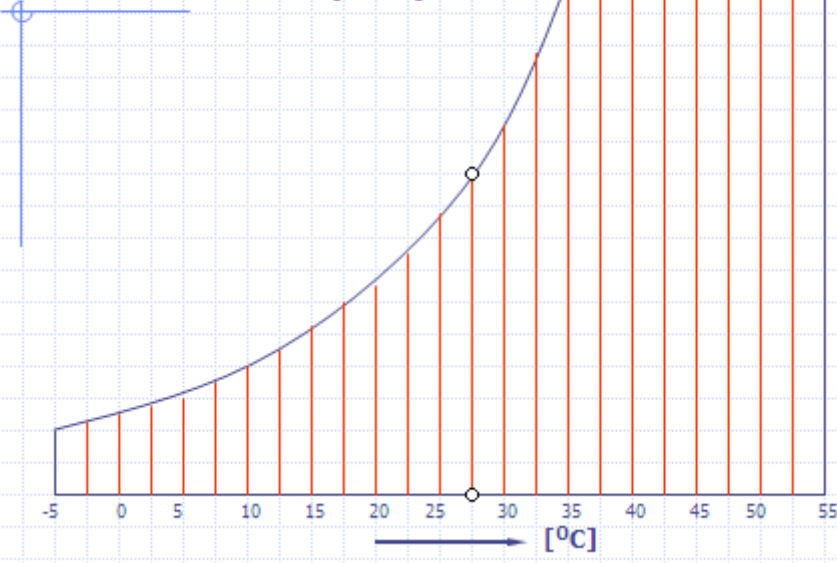
Diyagram üzerindeki yatay çizgiler özgül nem değerlerini, dikey çizgiler kuru termometre sıcaklıklarını göstermektedir. Sağa az eğik çizgiler yaş termometre sıcaklıklarını, fazla eğik olan seyrek çizgiler ise özgül hacim eğrilerini göstermektedir.

#### Temel Kavramlar

**Doymamış Hava:** İçerisindeki su buharının kızgın buhar halinde bulunduğu nemli havaya denir. Diğer bir deyişle, doymamış hava bulunduğu şartlarda içine doymuş hale gelinceye kadar su buharı alabilen hava demektir.

**Kuru Termometre Sıcaklığı (Tk) :** Nem ve güneş radyasyonu etkisi olmaksızın herhangi bir termometre , termoeleman veya bir sıcaklık ölçme elemanıla ölçülen sıcaklıktır.

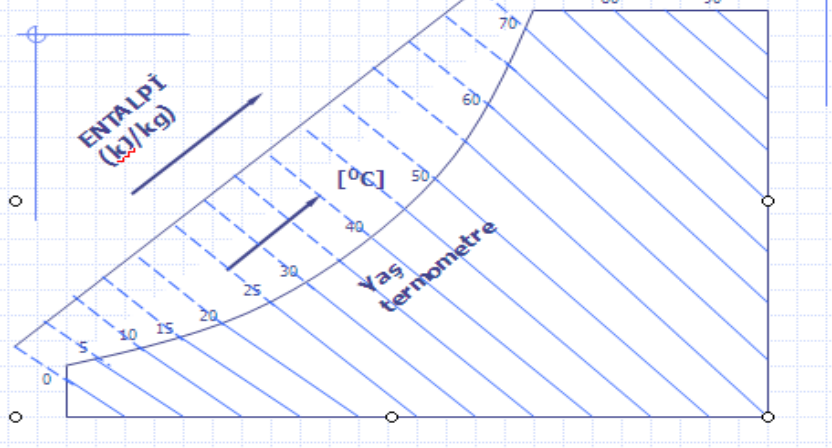
## KURU TERMOMETRE SICAKLIĞI (KT)



Şekil 5.5. Kuru Termometre Sıcaklığı Şeması

**Yaş Termometre Sıcaklığı (Ty)** : Termometre haznesi etrafına ıslak pamuk veya keçe sarılmak suretiyle ölçülen sıcaklıktır.

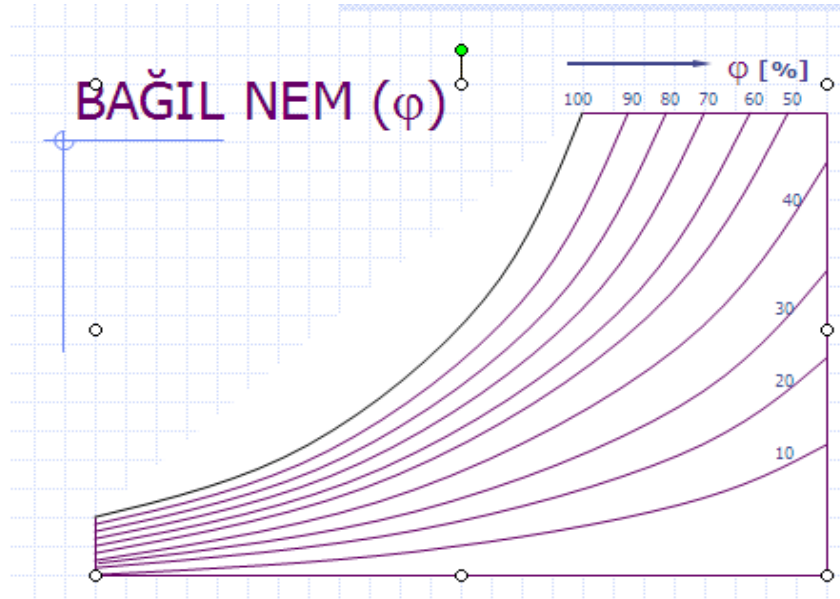
## YAŞ TERMOMETRE SICAKLIĞI (YT)



Şekil 5.6. Yaş Termometre Sıcaklığı Şeması

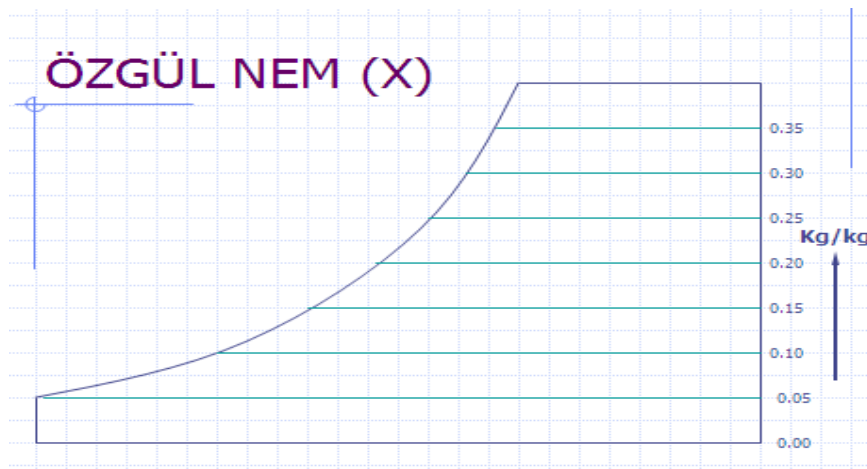
**Çiğ Noktası Sıcaklığı (T<sub>ç</sub>)** : Nemli hava sabit basınçta soğutulduğunda , içindeki su buharının yoğuşmaya başladığı andaki sıcaklığa denir.

**İzafi ( Bağlı ) Nem** : İzafi nem, havanın içerisindeki su buharı kütlesinin , havanın aynı sıcaklıkta alacağı maksimum su buharı kütlesine oranıdır.



Şekil 5.7. Bağlı Nem Şeması

**Özgün Nem (w)**: Hava içerisindeki su buharı kütlesinin kuru hava kütlesine oranına denir.



Şekil 5.8. Özgün Nem Şeması

**Mutlak Nem (Derişik veya Konsantrasyon) :** 1 m<sup>3</sup> nemli havanın içerisindeki su buharı kütlesine denir.

**Duyulur Isı (Qd) :** Bir maddenin sıcaklığını değiştirmek için alınması ( soğutma işlemleri ) veya verilmesi ( ısıtma işlemleri ) gereken ısı miktarına denir.

**Gizli Isı (Qg) :** Bir maddenin sıcaklığını değiştirmeksizin faz durumunu değiştirmek için alınması veya verilmesi gereken ısı miktarıdır.

## **PSİKROMETRİK DİYAGRAMDA İŞLEMLER**

Psikrometrik diyagram üzerinde nemli hava üzerine uygulanan işlemler aşağıdaki başlıklar altında incelenmiştir.

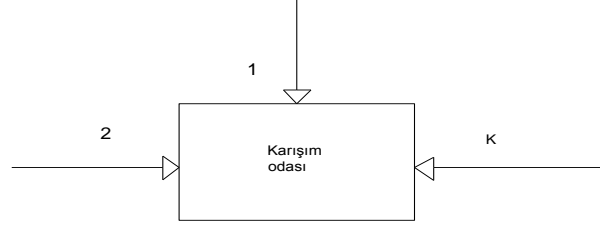
1. İki havanın adyabatik karıştırılması
2. Duyulur ısıtma
3. Duyulur soğutma

### **1) İki Havanın Adyabatik Karıştırılması**

İklimlendirmede sıklıkla karşılaşılan işlemlerden bir tanesi farklı psikrometrik özelliklere sahip iki veya daha fazla hava akışının adyabatik karıştırılması işlemidir.

### **Örnek 5.2**

6000 m<sup>3</sup>/h debisinde 6 °C kuru termometre ve 4 °C yaş termometre sıcaklığındaki dış hava ile 20000 m<sup>3</sup>/h debisindeki 20 °C kuru termometre ve %40 bağık nemdeki iç hava adyabatik olarak karıştırılmaktadır. Karışım havasının kuru termometre , yaş termometre , özgün nemini bulunuz ?



$$V_1=6000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_2=20000 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V_K=?$$

$$T_1= 6 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_2= 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_K=?$$

$$T_{1YT}= 4 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Phi_2 = \%40$$

$$T_{KYT}=?$$

Nemli havanın yoğunluğu  $q_{\text{hava}} = 1.2 \text{ kg/m}^3$  kabul edilirse

## Çözüm 5.2

$$\dot{m}_1 = 6000 \times 1.2 = 7200 \text{ kg/h}$$

$$\dot{m}_2 = 20000 \times 1.2 = 24000 \text{ kg/h}$$

$$T_K = \frac{\dot{m}_1 x T_1 + \dot{m}_2 x T_2}{\dot{m}_1 + \dot{m}_2} = \frac{7200 \times 6 + 24000 \times 20}{7200 + 24000} = 16.8^\circ \text{C}$$

1. ve 2 . durumun değerleri psikrometrik diyagram üzerinde bulunarak , bir doğru olarak birleştirilir. Ardından bulunan  $T_K$  değeri 1 ve 2 doğrusu üzerinde işaretlenir. İstenilen değerler diyagram üzerinde okunur.

Diyagramdan okunan değerler ;

$$T_1 = 6^\circ \text{C}$$

$$T_2 = 20^\circ \text{C}$$

$$T_K = 16.8^\circ \text{C}$$

$$T_{1Y} = 4^\circ \text{C}$$

$$T_{2Y} = 12^\circ \text{C}$$

$$T_{KY} = 10.2^\circ \text{C}$$

$$h_1 = 4.2 \text{ Kcal/kg}$$

$$h_2 = 8.5 \text{ Kcal/kg}$$

$$h_K = 7.4 \text{ Kcal/kg}$$

$$w_1 = 4.1 \text{ gr/kg}$$

$$w_2 = 5.9 \text{ gr/kg}$$

$$w_K = 5.4 \text{ gr/kg}$$



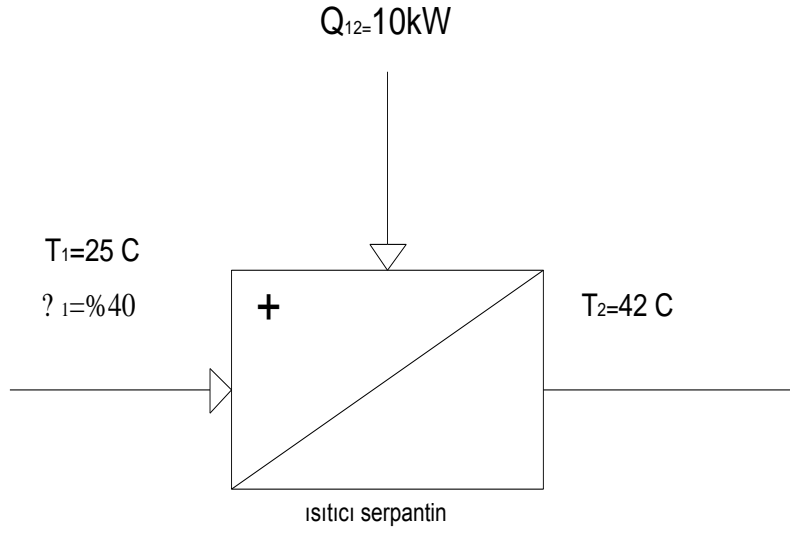
## 2) Duyulur Isıtma

Bir klima santralinde havanın duyulur ısı miktarını arttırmak için sıcak sulu serpantinler ,buhar serpantinleri, elektrikli ısıtıcılar veya ısı pompaları kullanılmaktadır. Nem kaybı veya kazancı olmaksızın nemli hava ısıtılırsa bu işlem duyulur ısıtma olarak adlandırılır.

### Örnek 5.3

Dış ortam sıcaklığı  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  kuru termometre sıcaklığındaki ve % 40 bağıl nemdeki bit yerde bulunan bir ortamın ısı kaybı 10 kW olarak hesaplanmıştır. Isı kaybını karşılamak için dış hava  $42\text{ }^{\circ}\text{C}$  sıcaklığına kadar ısıtılarak odaya girmektedir. Odaya gönderilmesi gereken hava miktarını bulunuz ?





### Çözüm 5.3

$$1 \text{ kcal/kg} = 4.186 \text{ kJ/kg}$$

Psikriometrik diyagramdan  $h_1$  ve  $h_2$  değerleri bulunur.

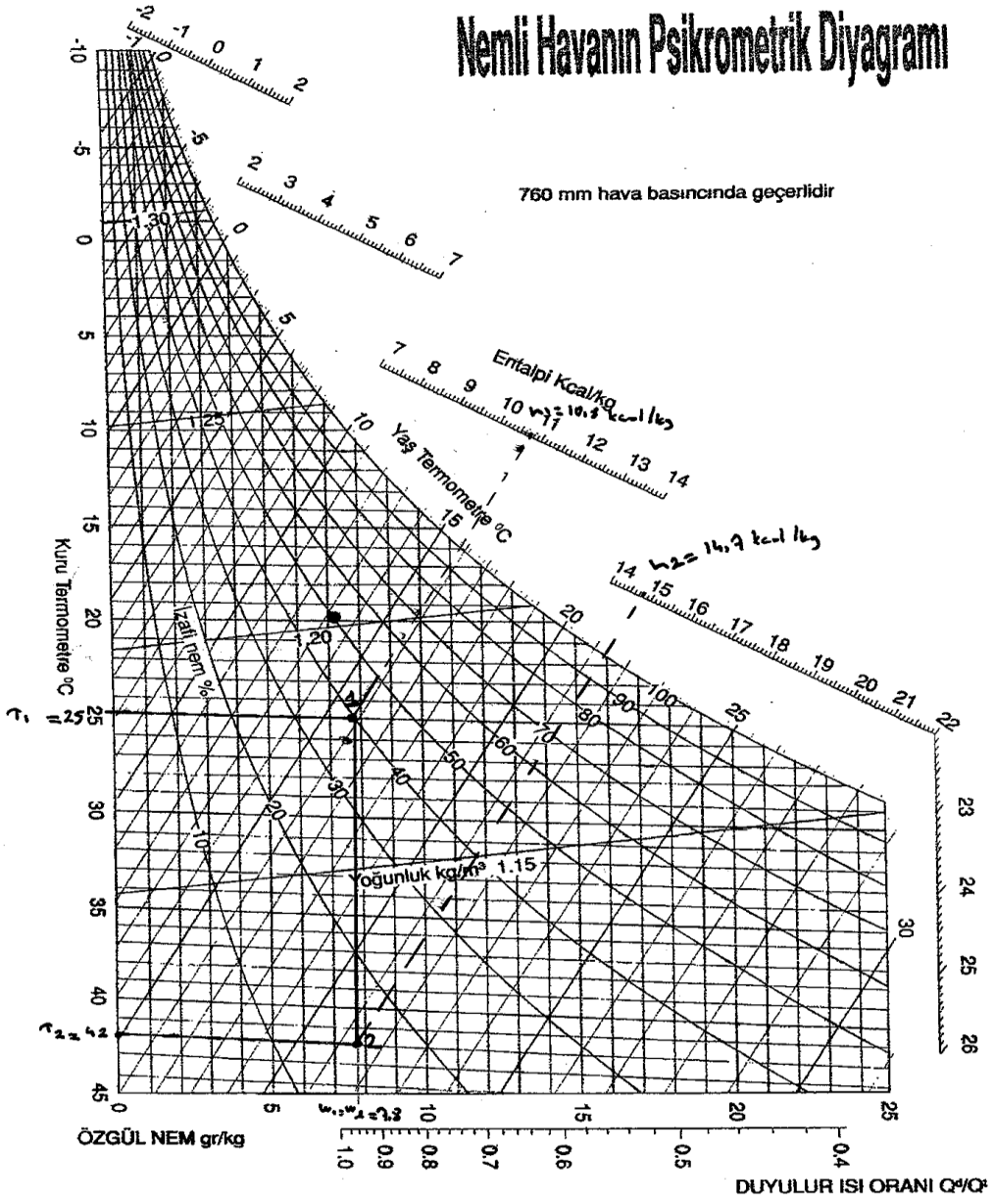
$$Q_{12} = \dot{m}_h x (h_2 - h_1)$$

$$10 = \dot{m}_h x (14.7 - 10.8) \times 4.186$$

$$\dot{m}_h = 0.61 \text{ kg/s} = 2196 \text{ kg/h}$$

$$\dot{V}_h = \frac{2196}{1.2} = 1830 \text{ m}^3 / \text{h}$$

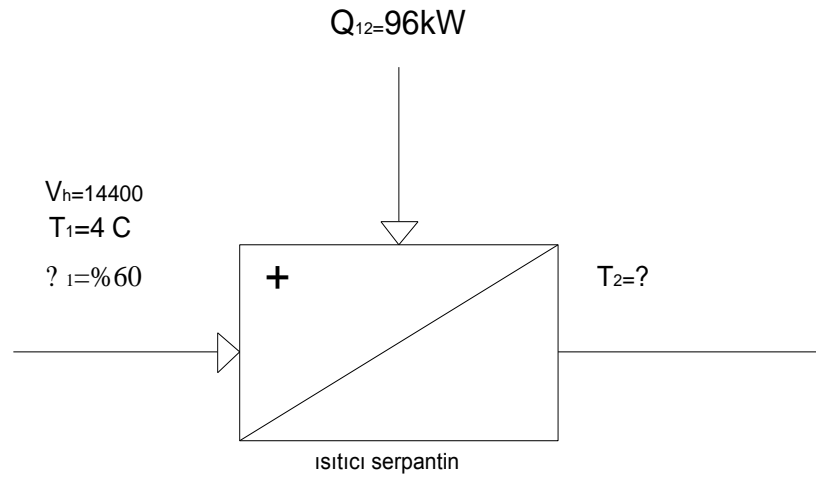
# Nemli Havanın Psikrometrik Diyagramı



Şekil 5.10. Örnek 5.3. ün Psikrometrik diyagramda gösterimi

#### Örnek 5.4

Bir klima santralinde kullanılan ısıtıcı serpantin kapasitesi 96 kW 'dır. 14400 m<sup>3</sup>/h debisindeki hava 4 °C kuru termometre ve % 60 bağıl nem şartlarında ısıtıcı serpantine girmektedir. Havanın ısıtıcı serpantinden çıkış sıcaklığını bulunuz ?



$$1 \text{ kcal/kg} = 4.186 \text{ kJ/kg}$$

Hava Miktarı

$$\dot{m}_h = \dot{V}_h \times \rho_h$$

$$\dot{m}_h = 14400 \times 1.2 = 17280 \text{ kg/h} = 4.8 \text{ kg/s}$$

$h_1$  ve  $h_2$  değerleri psikrometrik diyagramdan bulunur.

Isıtıcı çıkışındaki havanın entalpisi

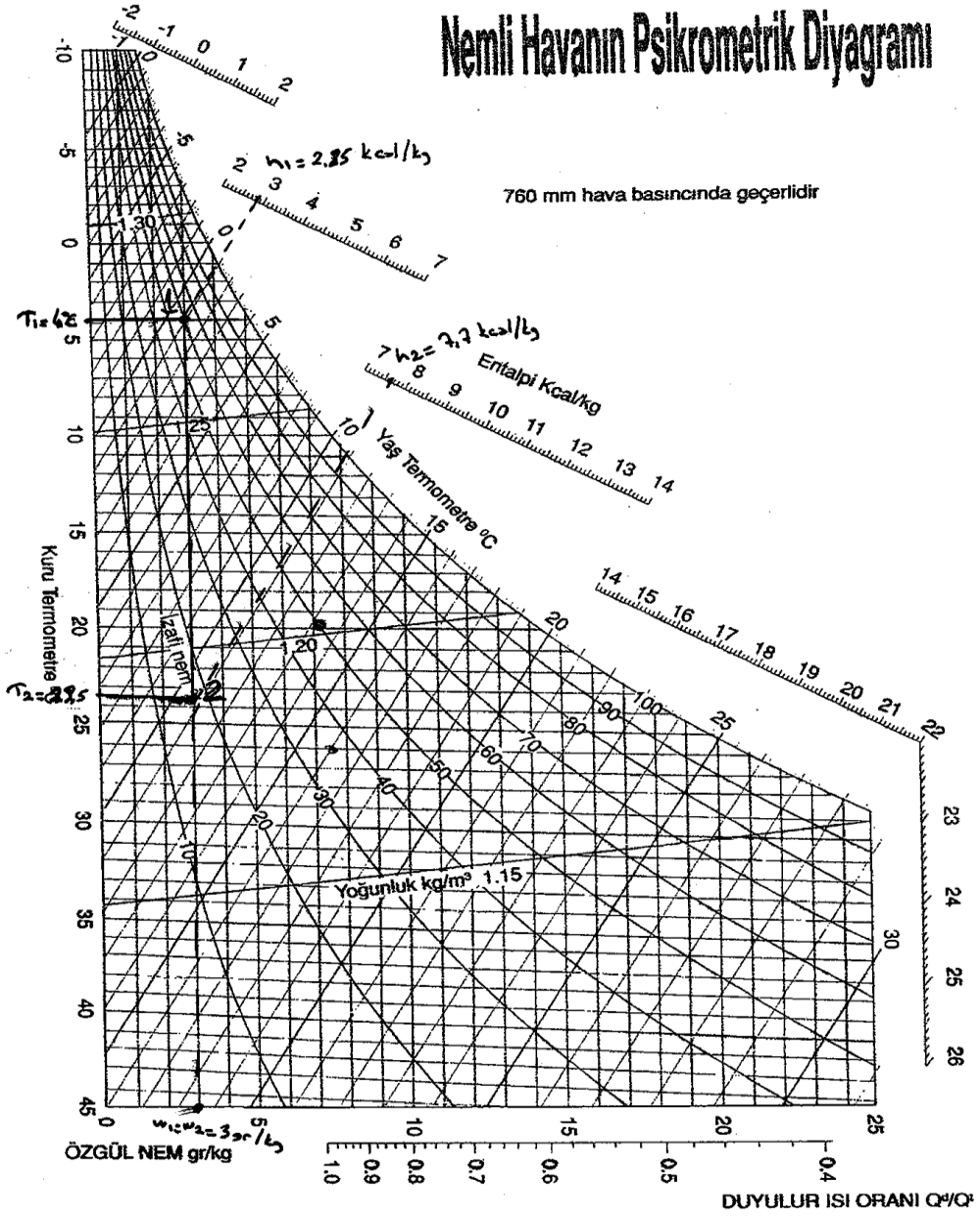
$$Q_{12} = \dot{m}x(h_2 - h_1)$$

$$96 = 4.8x(h_2 - 12) \Rightarrow h_2 = 32 \text{ kJ/kg}$$

Isıtıcı çıkışındaki havanın psikrometrik diyagramı

$h_2 = 32 \text{ kJ/kg}$  değeri için psikrometrik diyagramdan  $T_2 = 23.5 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak bulunur.

# Nemli Havanın Psikrometrik Diyagramı



Şekil 5.11. Örnek 5.4 ün Psikrometrik diyagramda gösterimi

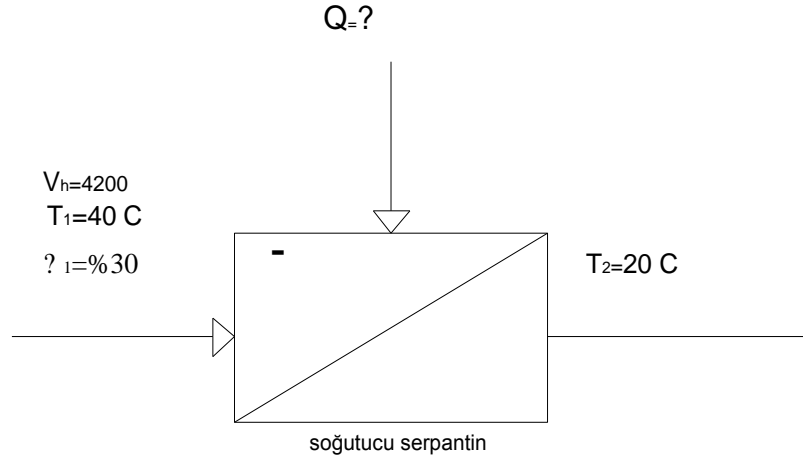
### 3) Duyulur Soğutma

Bir klima santralinde havanın soğutulması işleminde, santrale giren hava, bir soğutucu serpantin içerisinde geçirilir. Soğutucu serpantin içerisinde geçen hava ısıyı, borular içerisinde geçen akışkana vererek soğur. Serpantinden geçen havanın ısıyı alarak ısınan su bir soğutma makinesinde soğutulur, bir pompa yardımı ile serpantinden geri gönderilir. Bazı uygulamalarda soğutucu serpantin olarak, mekanik buhar sıkıştırımlı bir soğutma devresinin buharlaştırıcısı kullanılır. Buharlaştırıcı içerisinde dolaşan soğutucu akışkan, buharlaştırıcı kanatları arasından geçen havanın ısıyı çekerek, soğutma işlemini gerçekleştirir.

Nem kaybı veya kazancı olmaksızın nemli hava soğutulursa bu işlem duyulur soğutma olarak adlandırılır.

#### Örnek 5.5

Bir klima santralinin soğutucu serpantine  $4200 \text{ m}^3/\text{h}$  debisindeki hava  $40^\circ\text{C}$  kuru termometre ve % 30 bağıl nem şartlarında girmektedir. Havanın  $20^\circ\text{C}$  kuru termometre sıcaklığına kadar soğutulması istendiğine göre gerekli olan soğutma kapasitesini bulunuz ?



### Çözüm 5.5

Hava miktarı :

$$\dot{m}_h = 4200 \times 1.2 = 5040 \text{ kg/h} = 1.4 \text{ kg/s}$$

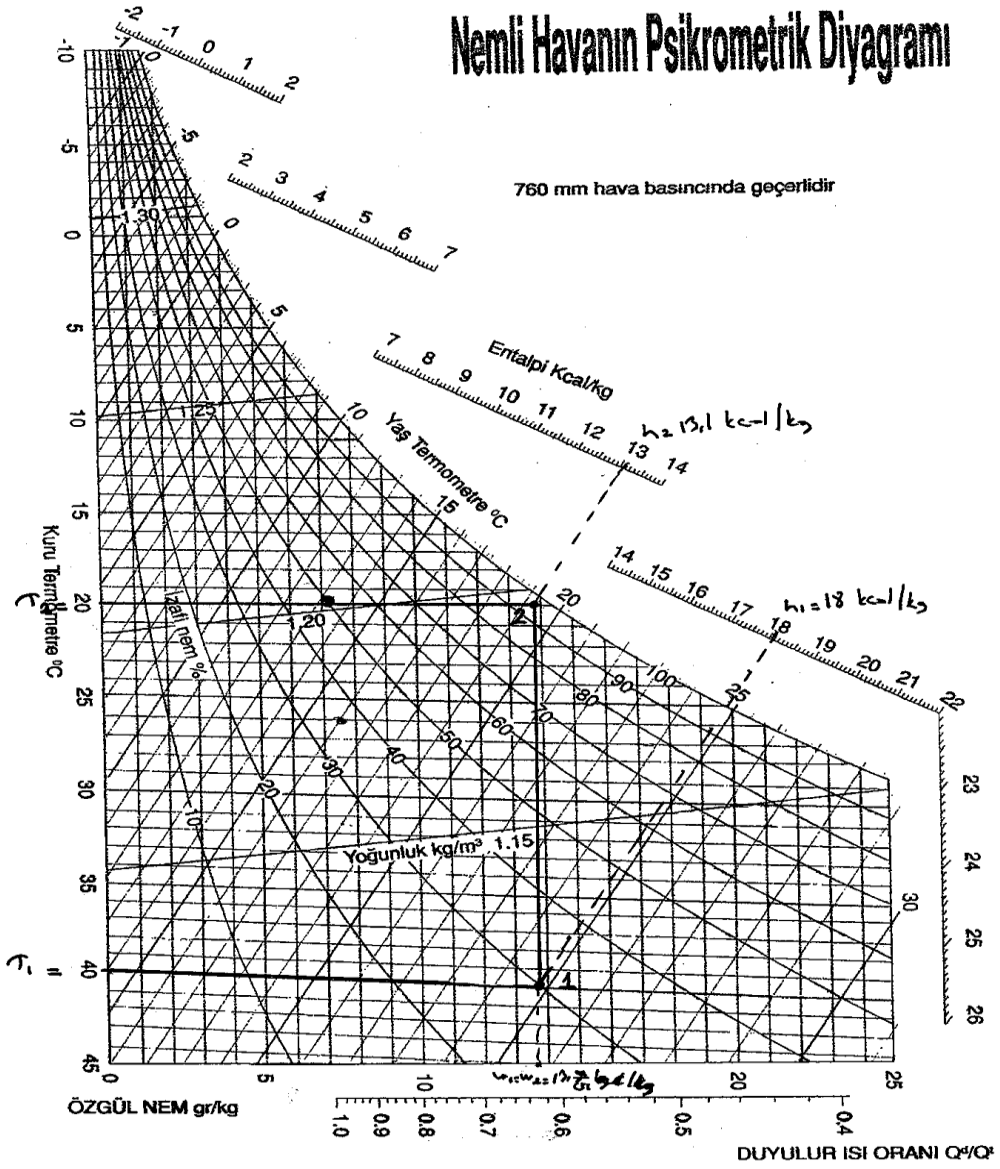
$h_1$  ve  $h_2$  değerleri psikrometrik diyagramdan bulunur .

Soğutucu serpantin kapasitesi :

$$Q_{12} = \dot{m}_h x (h_1 - h_2)$$

$$Q_{12} = 1.4 \times (18 - 13.1) \times 4.186 = 28.7 \text{ kW}$$

# Nemli Havanın Psikrometrik Diyagramı



Şekil 5.12. Örnek 5.5 in Psikriometrik diyagramda gösterilmesi



## **İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİ**

### **5.1. LOKAL İKLİMLENDİRME CİHAZLARI**

### **5.2. MERKEZİ İKLİMLENDİRME CİHAZLARI**

### **5.1. LOKAL İKLİMLENDİRME CİHAZLARI**

- PENCERE TİPİ CİHAZLAR
- SALON TİPİ PAKET CİHAZLAR
- ÇATI TİPİ PAKET CİHAZLAR
- KONSOL TİPİ CİHAZLAR
- SPLIT-AYRIK CİHAZLAR

#### **5.1.1. Pencere Tipi Cihazlar:**

İlk klima modelidir. Pencere veya duvara monte edilen tek bir kutu şeklindedir. Cihazın bir kısmı iç ortamda, bir kısmı da dış ortamda kalır. Taze hava, nem alma, programlanabilme ve uzaktan kumanda imkanları sağlayan modelleri mevcuttur.

Küçük ve bağımsız ortamların iklimlendirilmesi için kullanılır. Elle veya otomatik ayarlanabilen panjur ayarı ile hava akımının homojen dağılımı sağlanır. Cihazın yerine konulmasından sonra sadece elektrik ve yoğuşum suyu bağlantısı yapılır. Sadece soğutma, soğutma ve elektrikli ısıtma, soğutma ve ısıtmalı (ısı pompası) tipleri mevcuttur. Özellikleri:

- Küçük ortamlar için uygundur
- Gürültülü çalışır
- Pencereyi kapattığın için görüntüyü bozar
- Havalandırma yönünden ortamda ölü hacimler kalabilir.

Bu cihazlar da kendi aralarında yalnız soğutma, soğutma ve direnç ile ısıtma, soğutma ve ısı pompası (heat pump) ile ısıtma yapabilmelerine göre ayrılırlar.

Yalnız soğutma yapan cihazlar dış sıcaklığın yüksek olduğu zamanlarda kullanılarak içeride serin ve rutubetsiz ortamlar sağlarlar. Soğutmanın yanında ısıtma da yapan cihazlar kışın iklim ve binanın şartlarına göre ısıtma ihtiyacının bir kısmını veya tamamını karşılayabilirler.

Eğer ısıtma, direnç ile sağlanıyor ise cihazın vereceği ısı dış sıcaklıktan bağımsızdır. Dirençli cihazlar ısı pompası özelliğindeki cihazlara göre daha ucuzdurlar. Ancak ısıtma yaparken bir ısı pompasına göre daha verimsizdirler ve daha çok elektrik harcarlar.

Isı pompalarının avantajı, aynı miktar ısıtmayı dirençli ısıtmadan daha az elektrik harcayarak yapmalarıdır. Elektrik sarfiyatındaki bu düşüş, dış hava sıcaklığına ve nemine bağlı olarak 1/3 oranına kadar erişebilir. Ancak dış ortam şartları kötüleştikçe bu avantaj azalır.

Ülkemizin çok soğuk olmayan bölgelerinde ısı pompası kullanımı, direnç ısıtmasına göre elektrik sarfiyatı açısından yararlı olmaktadır.

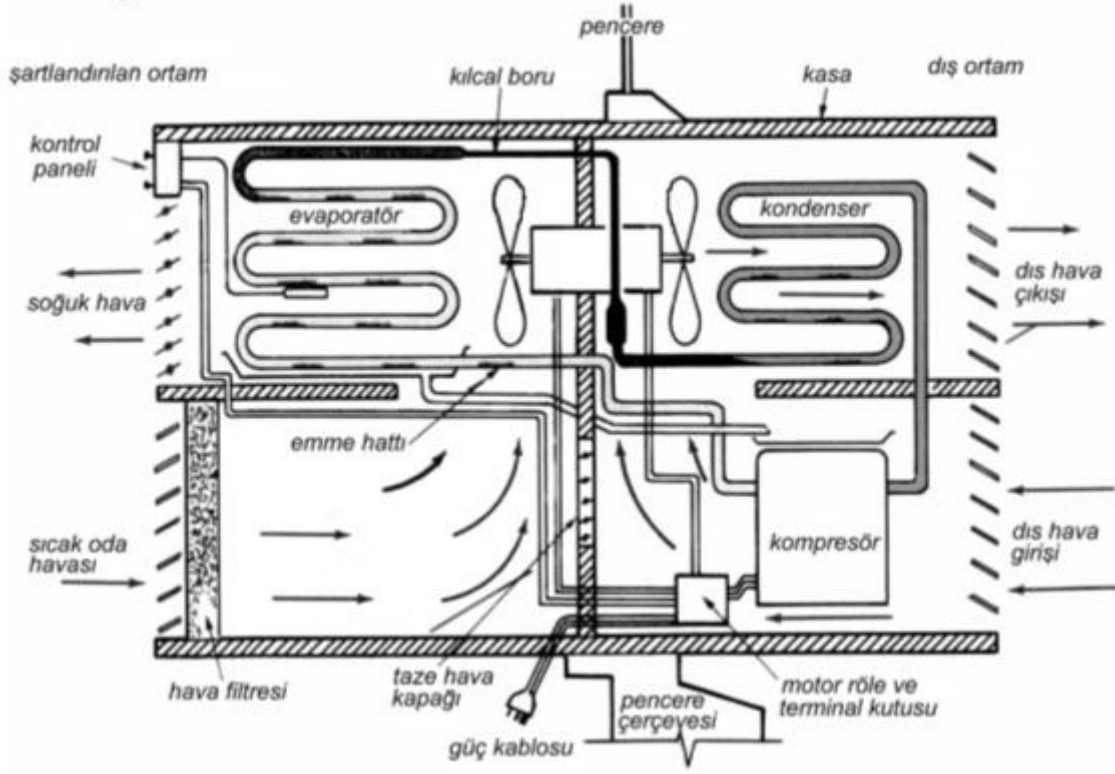
Isıtmayı hem ısı pompası hem de direnç ile yaparak iki sistemin de yararlarını sunan cihazlar da mevcuttur.

Isıtmanın tamamını veya bir kısmını klima cihazları ile karşılamının kışın havalandırma imkanını da beraberinde getireceği unutulmamalıdır.

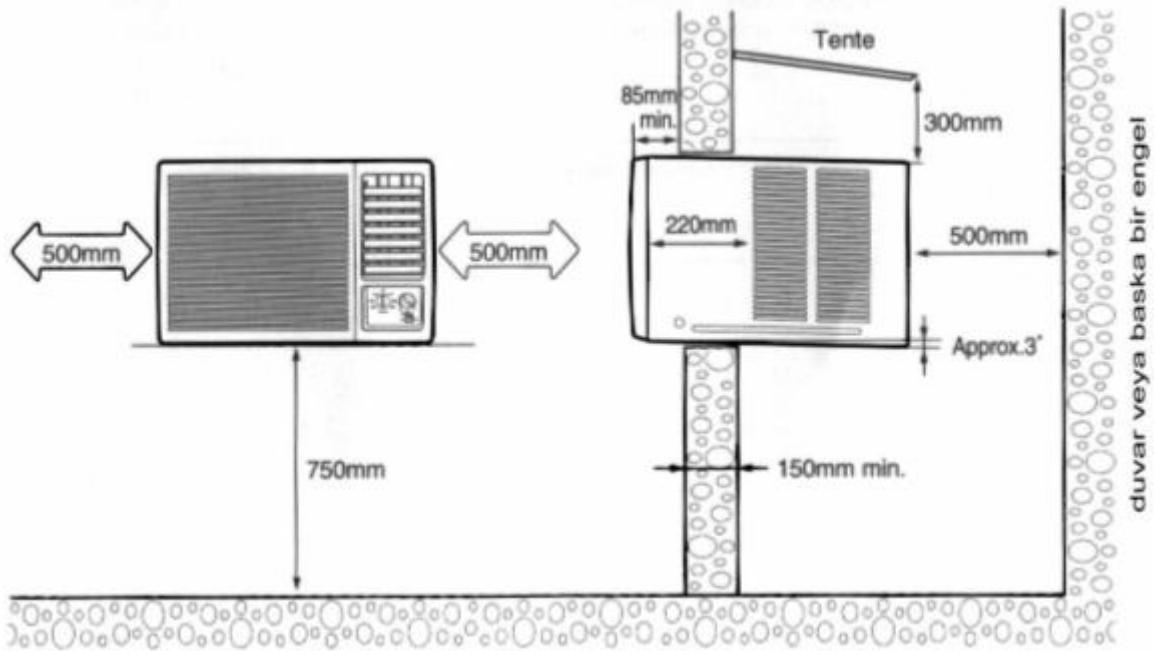
#18271028



**Şekil 5.13.** Pencere Tipi Klima



Şekil 5.14. Pencere Tipi Klima Yapısı

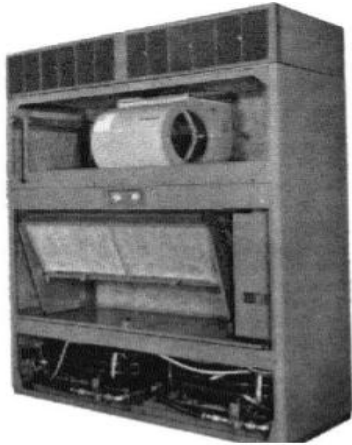


### Şekil.5.15. Pencere Tipi Klima Montajı

#### 5.1.2 Salon Tipi Klima :

Bu cihazlar, direkt olarak havası şartlandırılacak ortamda bulunurlar. İç ünite de evaporatör, fan ve filtreler bulunur. Paket tiplerde su soğutmalı kondenser ve kompresör de iç ünite de bulunur. Havayı doğrudan iklimlendirilecek ortama üfledebilecekleri gibi, kısa kanallar kullanılarak da daha homojen hava dağılımı sağlarlar. Özellikleri:

- Kapasite aralığı pencere ve duvar tiplerinden daha yüksektir.
- Dış üniteleri hava veya su soğutmalı olabilir.
- Isıtma sistemi ısı pompası şeklinde veya elektrikli ısıtıcı ile sağlanır.



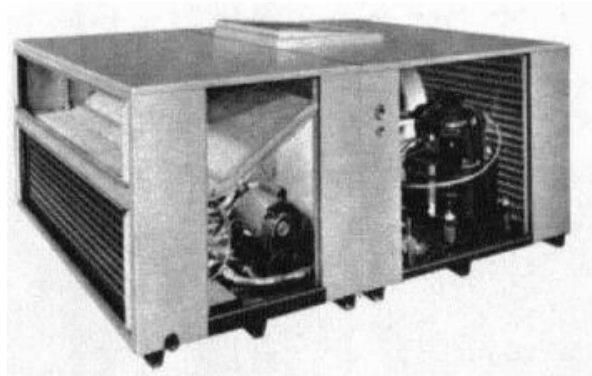
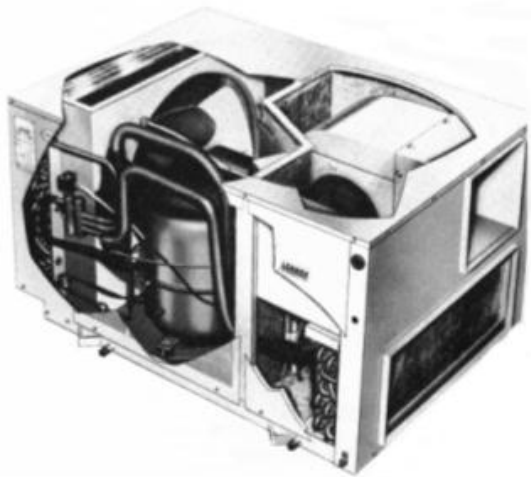
Şekil 5.16. Salon Tipi Klima

### 5.1.3.Çatı Tipi Paket Klima Cihazları

Bu cihazların tasarım ve uygulamaları oldukça geniştir. Restoran, kafeterya ve banka gibi mahâller için yaygın uygulama alanı vardır. Sistem ekipmanlarının tümü bir kabin içinde çatıya veya dış ortama yerleştirilir.

Sistem, iklimlendirilecek ortam ile gidiş-dönüş kanalları yardımıyla irtibatlandırılmıştır.

Bu sistemler genellikle hava soğutmalı kondenser, fanlar, soğutma serpantini, bazen elektrik veya gazla çalışan ısıtma serpantininden oluşur. Ortamdaki hava dağılımını hava kanallarıyla veya pencere tipi klimalarda olduğu gibi doğrudan yapılabilir.



**Şekil 5.17.** Çatı tipi paket klima cihazlar

#### **5.1.4.Konsol Tipi Cihazlar**

Konsol tipi klima cihazları döşeme tipi split klimalara benzer. Ancak tek fark dış ünite ve kondenser (sulu tip) iç ünite içinde bulunur. Bu cihazlar split cihazlara göre;

- Daha gürültülü çalışırlar
- Su tesisatı gerektirir
- Su sarfiyatları yüksektir
- Aynı güce göre elektrik sarfiyatları yüksektir
- 



**Şekil 5.18.** Konsol Tipi Cihazlar

## 5.1.5.Split Tip Cihazlar

### A. UYGULAMA ŞEKLİNE GÖRE SINIFLANDIRMA

1. Duvar tipi
2. Yer tipi
  - a) Salon tipi
  - b) Konsol tipi
3. Tavan tipi
  - a) Gizli tavan tipi
  - b) Asma tavan (kaset) tipi
  - c) Normal tavan tipi
4. Kanallı tip

### B. İÇ ÜNİTE SAYISINA GÖRE SINIFLANDIRMA

1. Tek iç üniteli sistemler
2. Çok iç üniteli sistemler (multi split)

### Split – duvar tipi cihazlar

Duvar tipi split klimalar evler, bürolar ve küçük işyerleri için oldukça uygundur. İç ortamın durumuna göre en uygun duvara monte edilirler. Bu cihazların pencere tiplerine göre avantajları:

- Sessiz çalışırlar (genleşme cihazları dahi dış ünite de bulunur)
- İç mimariyi çok etkilemezler.
- Havalandırma daha homojen yapılıır.
- Kapasite aralıkları daha geniştir.
- Bakımları daha kolaydır.





**Şekil.5.19.** Split - Duvar tipi cihazlar

#### **Split – Yer – Tavan Tipi Cihazlar**

Bu cihazlar, küçük büro ve işyerlerinde pencere altlarına veya tavana monte edilir. Belli bir kısımdan emdikleri havayı üst taraftan damper yönlendirmesiyle ortama verirler. Bu tip cihazlar gerek döşemede ve gerekse tavanda iyi görüntü vermezler.



**Şekil 5.20.** Split Yer- Tavan tipi cihazlar

### Split – Asma Tavan Tipi Cihazlar

Bu cihazlar iş ve alış-veriş yerleri için asma tavan ile çok uyumlu bir görüntü sağlarlar. Havayı orta kısımlarından emer, iki veya dört ayrı yönden üfleme yaparlar. Kapasiteleri geniş bir aralıktadır.



Şekil 5.21. Split asma tavan tipi cihazlar

## Normal Tavan Tipi Cihazlar

Bu tipler tavana monte edilir genellikle tek yönlü üfleme yaparlar. Kapasite kademeleri yüksektir. Olumsuz yönleri tavanda görüntü kirliliği oluşturmalarıdır.



Şekil 5.22. Normal Tavan Tipi Cihazlar

## Split Kanal Tipi

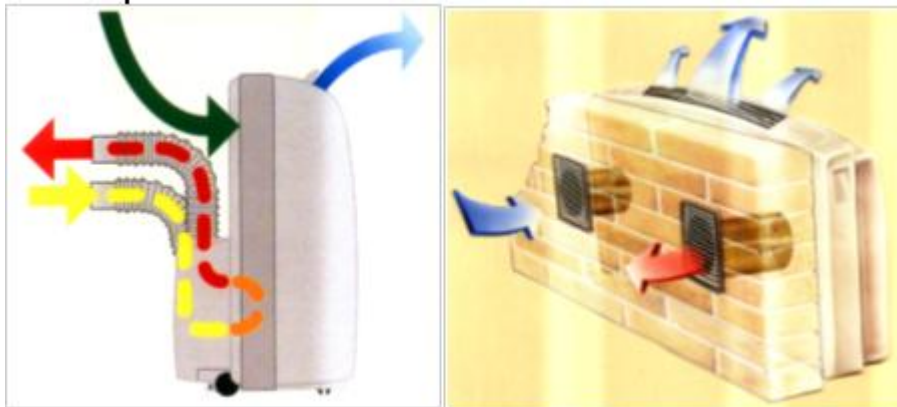
Kanal tipi cihazlar, kat yüksekliği yüksek, asma tavanlı iş ve alış-veriş merkezlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu cihazlar ile ortama gereken taze hava ihtiyacı karşılanabilir. Cihazın iç ünitesi tavan arasına konur. Şartlandırılmış hava esnek kanallar yardımıyla difüzör ve menfezlere verilir. Kapasite aralıkları oldukça geniştir.



Şekil 5.23. Kanal Tipi Split klimalar

### Dış Ünitesiz Klimalar

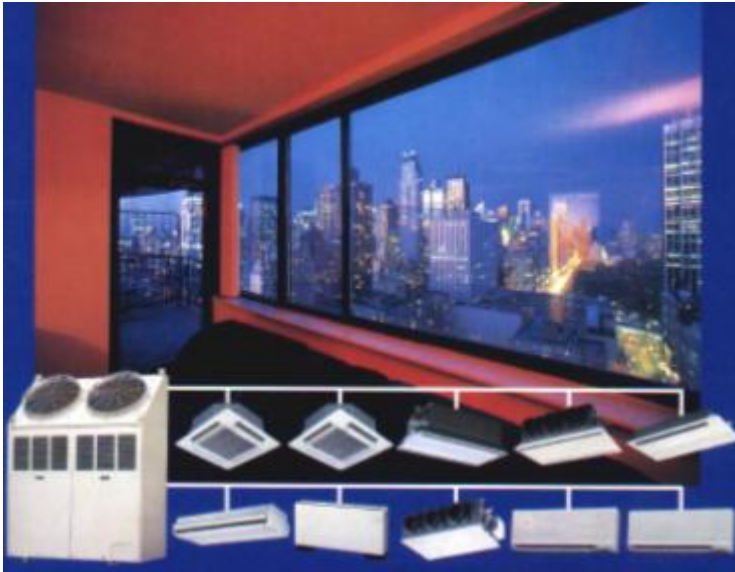
Bu cihazlar tarihi binalarda dış görüntü kirliliği oluşturmaz, kondenser için gereken havayı dışarıdan iki küçük çıkış kanalı yardımıyla alır. Kompresörün iç üniteye olması gürültü şiddetini biraz arttırmaktadır.



## Şekil 5.24. Dış Ünitesiz Klima

### Çoklu İç Üniteli Sistemler

Bir dış üniteye 24'e kadar iç ünite bağlanabilir. Bu cihazlar merkezi klima sistemlerinin ciddi bir alternatifi olmuştur. Tek merkezden kontrol ve bina yönetim sistemine entegre edilebilme, geri ısı kazanımı, enerji tasarrufu, aynı anda hem ısıtma hem de soğutma yapabilme özellikleriyle tercih nedeni olmuşlardır.



## Şekil 5.25. Çoklu İç Üniteli Klima

### KLİMA DIŞ ÜNİTE MONTAJ YERİNİN SEÇİLMESİ

1. Klima yanıcı gazların sızıntı yapabileceği yerlerin yanına monte edilmemelidir.
2. Dış cihaz havalandırması iyi olan mümkünse gölgede kalan bir yere monte edilmeli,
3. Dış ünitenin çıkardığı sıcak-soğuk havadan ve gürültüden rahatsız olunmayacağı bir yer seçilmelidir.
4. Dış ve iç ünitenin sağlam ve titreşim yapmayacak şekilde monte edilmesi gerekir.

### **DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN KONULAR**

1. Elektrik kablosunun çekilmemesi gerekir.
2. Otomatik sigorta ve kabloyu zaman zaman kontrol etmek gerekir.
3. Çubuk ve benzeri cisimlerin cihaza sokulmaması gerekir.
4. Odayı arada bir havalandırmak gerekir.
5. Böcek ilacı gibi spreylere cihaza sıkılmaması gerekir.
6. Uzun süre direkt hava akımı altında kalmamak gerekir.
7. Cihazın hava giriş-çıkış deliklerini kapatmamak gerekir.

### **CİHAZIN VERİMLİ ÇALIŞMASI İÇİN NELER YAPILMALI**

1. Uygun bir oda sıcaklığına ayarlamak gerekir.
2. Direkt güneş ışığından ve hava ceryanından kaçınmak gerekir.
3. Cihazı gerçekten ihtiyaç olduğu zamanlarda çalıştırmak gerekir.
4. Filtreleri düzenli olarak temizlemek gerekir.
5. Hava akımı yönünü doğru ayarlamak gerekir.
6. Mümkün olduğunca ısı kaynaklarını odanın dışında tutmak gerekir.

### **DIŞ ÜNİTENİN MONTAJI**

1. "L" şeklindeki dış ünite sehpaları, terazisinde dübellerle monte edilir.
2. Dış üniteyi sehpaların üzerine koymadan önce dış ünitenin ayaklarına lastik takozlar takılır.
3. Dış ünite sehpalar üzerine yerleştirilerek bağlantı civatalarının somunları sıkılır.

## **İÇ ÜNİTE MONTAJI**

1. İç ve dış üniteler kutularından çıkarılır ve montaj malzemeleri hazırlanır.
2. Kablo bağlantılarını kolaylaştırmak için iç ünite koruma panjurları çıkartılır.
3. Sac levha, klima montajı yapılacak olan duvara yerleştirilir, teraziye alınır ve delikleri işaretlenir.
4. Delikler delinip dübeller yerleştirilerek sac levha sabitlenir.
5. Drenaj, boru ve kablo hattı dışa doğru eğimli şekilde kademeli olarak genişletilir
6. İç ünite kablo bağlantıları bitince iç ünite yerine yerleştirilir.
7. Bakır boru bağlantıları ek boruların uçlarına havşa açılarak yapılır .
8. Drenaj hattı en yakın yağmur kolonuna bağlanır
9. Servis valfinin açılarak sisteme gaz verilmesi
10. Boru ve kablo bağlantıları için dekoratif plastik kanallar yerleştirilir .
11. Montaj bittikten sonra test çalışması yapılır .

## **5.2. MERKEZİ İKLİMLENDİRME SİSTEMLERİ**

Bu tür sistemler daha çok büyük binaların iklimlendirilmesi için kullanılır. Bir kazan ve radyatörlerden oluşan bir kalorifer tesisatına benzetilebilir. Kazan yerine bir klima santrali, radyatörler yerine de havalandırma kanalları, menfezleri ve/veya fanlı serpantin üniteleri (fan-coil unit) vb. cihazlar bulunmaktadır. Sistemin boru veya kanalları içerisinde su, hava veya bir soğutucu akışkan dolaştırılarak ısıtma-soğutma-havalandırma ve nem kontrolü sağlanır.

Merkezi sistemler;

- Tamamen Havalı sistemler
- Tamamen Sulu sistemler
- Sulu ve Havalı sistemler

olmak üzere üç ana sisteme ayrılır.

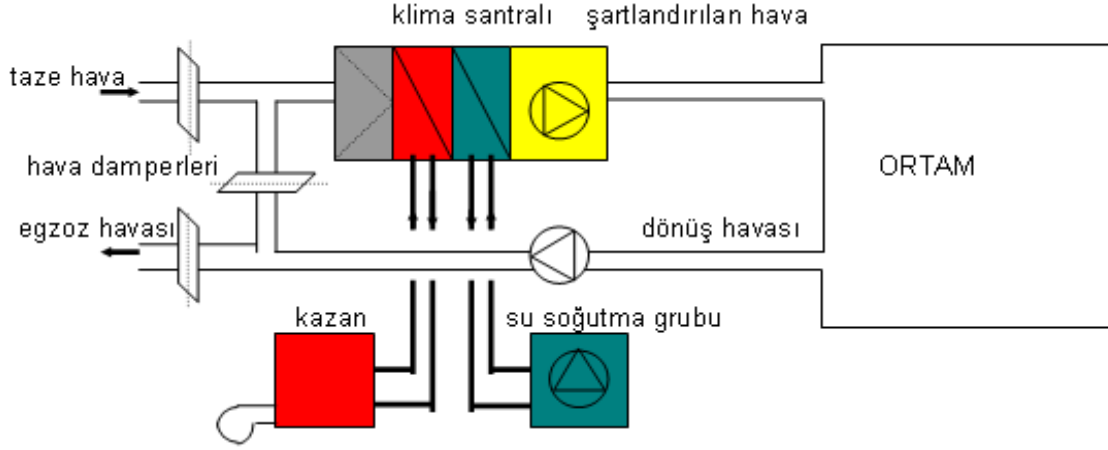
### 5.2.1. Tamamen Havalı Sistemler

Merkezî bir klima santralında şartlandırılan havanın kanallar yardımıyla iklimlendirilecek ortama gönderilmesidir. Özellikle büyük mahâllerin iklimlendirilmesinde kullanılır. Merkezî klima santrali karışım hücresi, filtre, aspiratör, vantilâtör, ısıtıcı batarya, soğutucu batarya ve nemlendirici hücrelerden meydana gelir. Havanın soğutulması, serpantinde soğuk su veya doğrudan soğutucu akışkan dolaştırılarak sağlanır.

Tamamen havalı sistemler kendi aralarında şu alt gruba ayrılmaktadır;

- Yeniden ısıtma terminalli
- İki kanallı
- Değişken hava debili





**Şekil 5.26.** Tamamen Havalı Sistem Şeması

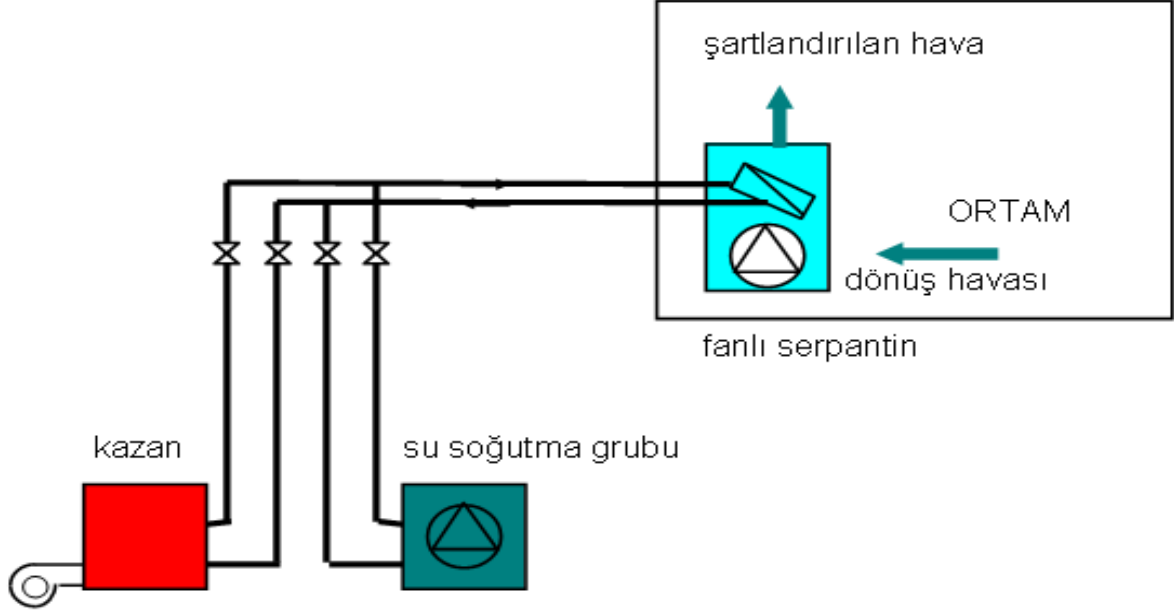
### 5.2.2. Tamamen Sulu Sistemler

Tamamen sulu sistemler çok odalı binalarda, ofis binaları, otel, motel, hastane ve apartmanlarda yaygın olarak kullanılır. Her bir odaya yerleştirilen hava şartlandırma cihazı (fan coil) ile odaların soğutulması sağlanır. Fanlı serpantinlerde dolaşan su, merkezî bir soğutma grubunda (chiller) pompalar yardımıyla tesisata gönderilir. Her bir odanın sıcaklığı bir termostat yardımıyla kontrol edilebilir.

Tamamen sulu sistemler kendi aralarında şu alt gruplara ayrılmaktadırlar;

- İki borulu
- Üç borulu
- Dört borulu
- Radyal borulu

Sistemler olarak ayrılır.



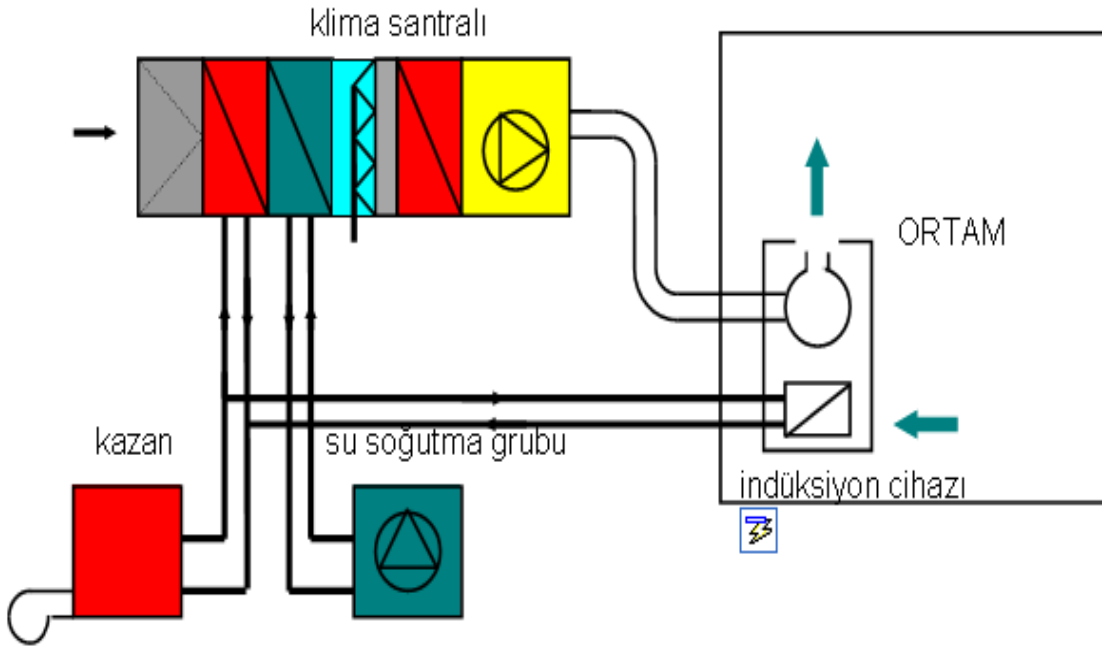
Şekil 5.27. Sulu Sistem Şeması

### 5.2.3. Sulu- Havalı Sistemler

Sulu ve havalı sistemler bir merkezde şartlandırılan temiz havanın ve merkezî bir soğutma grubunda soğutulan suyun, fanlı serpantin birimlerine gönderilerek mahâllerin, insanların temiz hava ihtiyaçlarını da karşılayarak soğutulması işlemidir.

Sulu- havalı sistemler şu alt gruba ayrılır;

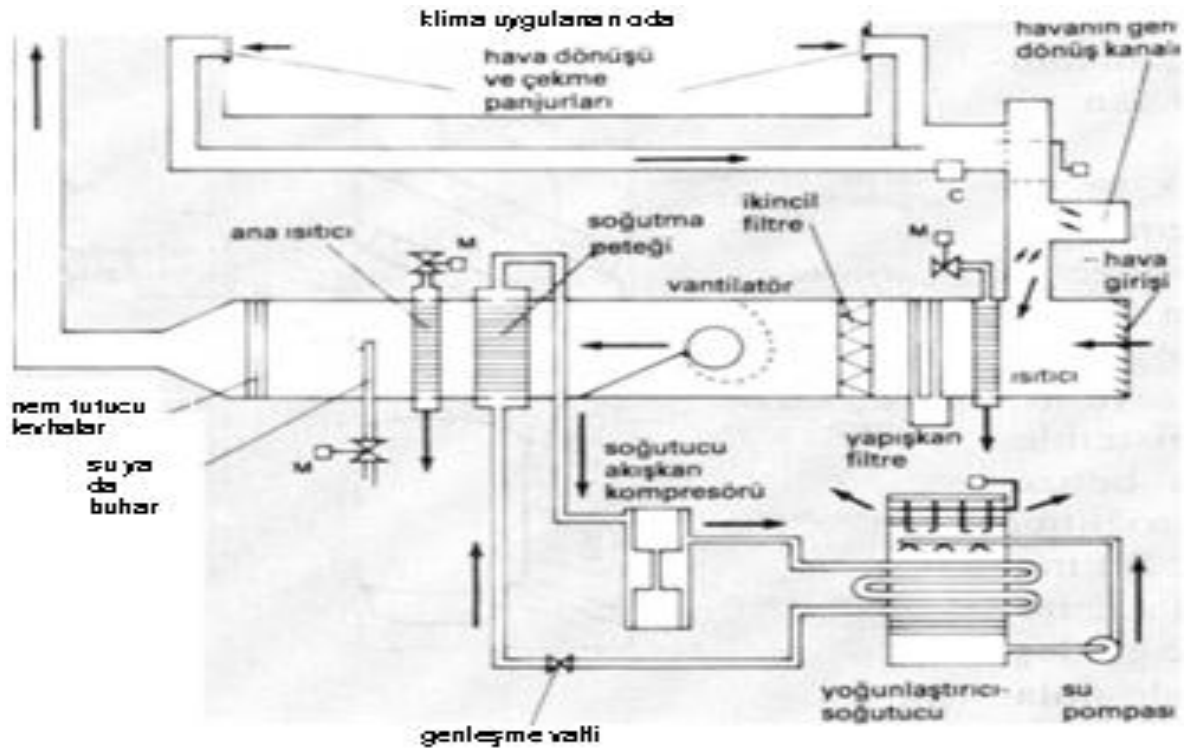
- İndüksiyonlu tip
- Fanlı- Serpantinli tip



Şekil 5.28. Sulu- Havalı sistem şeması

## **ENDÜSTRİYEL VE KONFOR KLİMASI UYGULAMALARI**

Bir mahallin duyulur ve gizli ısı yükleri hesaplandıktan sonra projelendirilecek mahallin duyulur ve gizli ısı yüklerini karşılayacak cihaz seçimi için psikrometrik diyagramdan yararlanılması gerekmektedir. Endüstriyel ve konfor kliması uygulamalarında psikrometrik çalışması yapılarak , klima santrali seçilir. Mahal ile istenilen şartların sağlanması için klima santralinde iç ve dış hava karışımı bir takım işlemlerden geçirilir. Klima santralinde amaç, karışım havasının bir veya bir dizi uygun işlemle istenilen üfleme şartlarına getirmektir.



Şekil 5.29. Tam Klima ( yaz + kış ) Santrali

### a) Kış Kliması Uygulaması

Kış klima santrali, kış şartlarında konforun veya herhangi bir mamulün daha verimli bir şekilde üretilmesi için gereken uygun ortam koşullarının sağlanması amacıyla kurulan bir klima santralidir.

Kış kliması hesabında sırasıyla aşağıdaki yol izlenir :

1. İç (I) ve dış (D) ortam şartlarının psikrometrik diyagram üzerinde yerleri belirtilir.
2. Taze hava miktarını ( $V_D$ ) belirtmek için mahalde bulunan insan sayısı ve o mahal için kişi başına gerekli taze hava miktarı bulunup, bu iki değer çarpılır. Bulunan değer, o mahal için gerekli olan toplam taze hava miktarıdır. Santrale alınan taze hava miktarı kadar hava santralden dışarı egzoz edilecektir. Mahalden geri beslenecek hava miktarı mahale beslenen toplam hava miktarı ile dış ortamdaki alınan taze hava miktarı arasındaki fark kadardır.
3. Sisteme alınacak taze hava miktarı ve mahalden santrale geri beslenen besleme havası miktarından yararlanılarak karışım havasının özellikleri belirlenir.
4. Eğer ön ısıtıcı konmuşsa ( bu durumda karışım şartları (K) dış ortam havası şartlarına (D) yakındır, karışım noktasından (K) itibaren özgül nem sabit kalacak şekilde sağa doğru (A noktasına kadar) ısıtma işlemi çizilir.
5. Eğer ön ısıtıcı konmamışsa ( bu durumda karışım şartları (K) iç ortam havası şartlarına (I) yakındır), karışım noktasından (K) itibaren yağ termometre sıcaklığı sabit kalacak şekilde adyabatik olarak su ile nemlendirme prosesi çizilir.
6. Isıtma prosesinin bitiminde (A) yağ termometre sıcaklığı sabit kalacak şekilde su ile adyabatik olarak nemlendirme prosesi çizilir.
7. Nemlendirici çıkışından (B) daha önce belirlenen üfleme havası sıcaklığına kadar ısıtılır.
8. DIO hesaplanarak, DIO doğrusu çizilir ve paralel olarak iç hava şartlarına (I) taşınır.
9. Son ısıtıcıdan gelen doğru ile DIO doğrusunun kestiği nokta (C) mahale üfleme noktasıdır.
10. Mahallin duyulur ve gizli ısı yüklerinin tam olarak karşılanması için, üfleme havası sıcaklığı (c) ve iç ortam şartlarından çizilen (I), her ikisi de DIO doğrusu üzerinde olmalıdır.

### Örnek 5.6

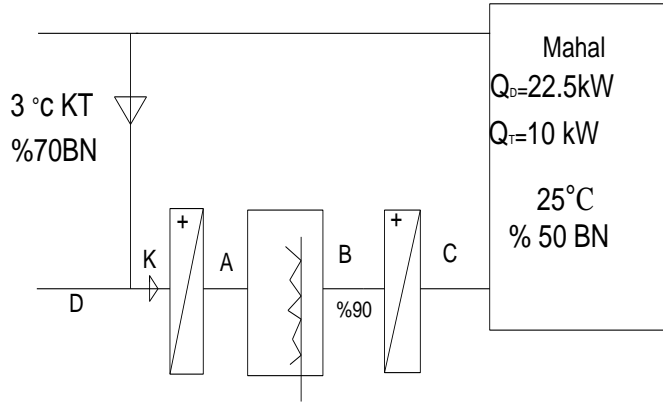
Bir mahal için kış kliması uygulaması yapılacaktır. Uygulama için aşağıdaki veriler bilinmektedir .

- Mahallin toplam ısı kaybı 10kW, duyulur ısı kaybı 22.5 kW
- Dış ortam şartları: 3 °C KT , %70 BN
- İç ortam şartları: 25 °C , %50 BN
- Toplam hava debisinin %80'i taze hava olarak dış ortamdaki alınmaktadır.

- Üfleme havasıyla mahal havası arasında sıcaklık farkının  $15^{\circ}\text{C}$  olması istenmektedir.
- Nemlendirici çıkış şartları %90 BN alınacaktır.

Yukarıdaki verilere dayanarak aşağıdaki istenilenleri bulunuz ?

- İşlemi psikrometrik diyagramda gösteriniz
- Sistemde dolaşan toplam hava miktarını hesaplayınız
- Nemlendiriciden havaya püskürtülen su miktarını hesaplayınız.
- Ön ısıtıcı ,son ısıtıcı kapasitesini hesaplayınız.



**Çözüm 5.6.**

**Karışım sıcaklığı**

$$T_K = THO \times T_D + (1 - THO) \times T_I$$

$$T_K = 0.80 \times 3 + (1 - 0.80) \times 25 = 7.4^\circ C$$

**Duyulur ısı oranı**

$$DIO = \frac{2500}{1 - 2.25} = -2000 \text{ kJ / kg}$$

Gerekli değerler Psikrometrik diyagram okunarak ;

**Toplam hava miktarı**

$$\dot{m}_h = \frac{\dot{Q}_T}{(h_c - h_l)} = \frac{10}{(58 - 51)} = 1.11 \text{ kg / s} = 4000 \text{ kg / h}$$

$$\dot{V}_h = \frac{\dot{m}_h}{\rho_h} = \frac{4000}{1.2} = 3333 \text{ m}^3 / \text{h}$$

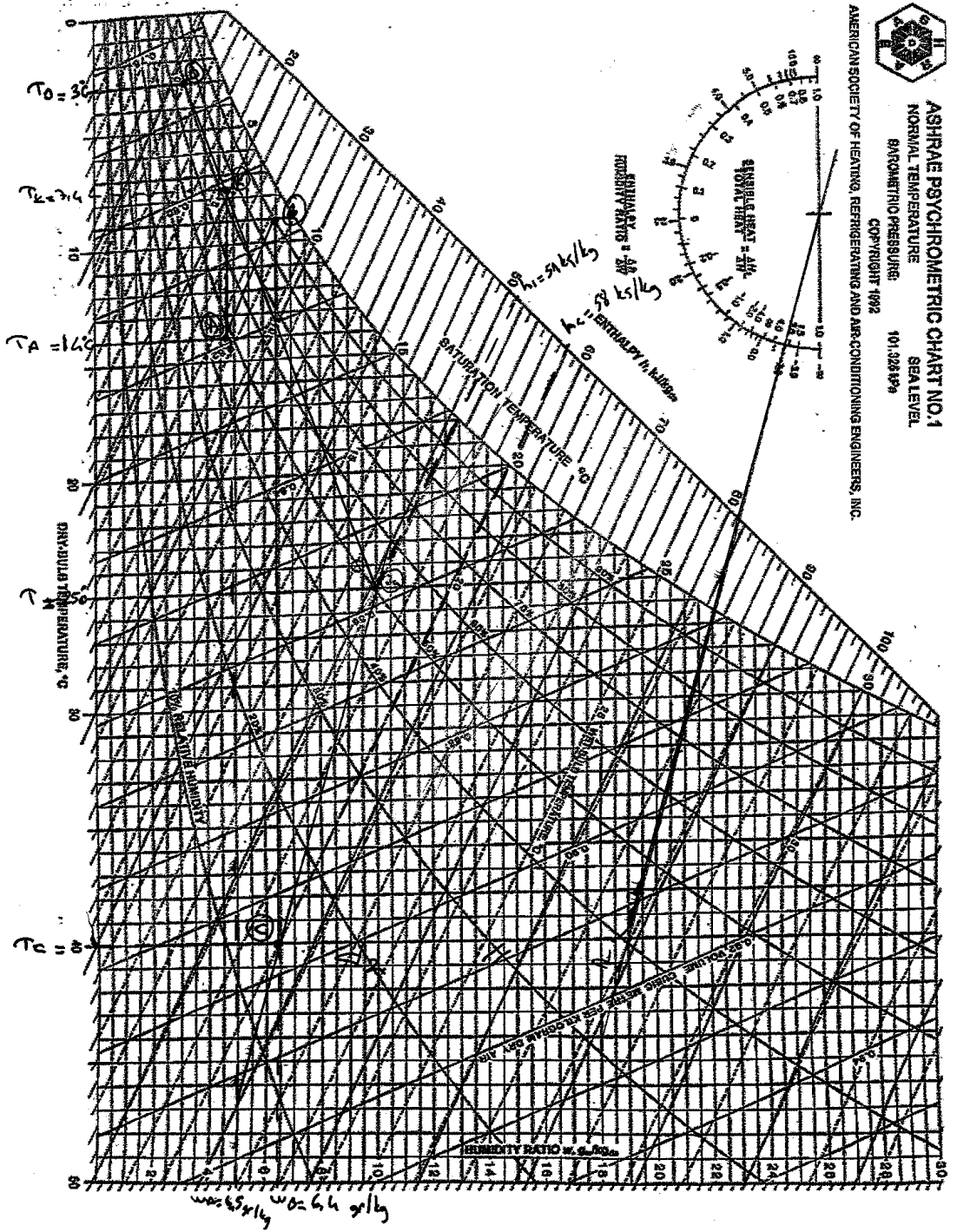
**Püskürtülen Su Miktarı**



$$\dot{m}_w = \dot{m}_h x(w_A - w_B) = 4000x(6.5 - 4.5)x10^{-3} = 80kg/h$$

**Ön ısıtıcı Kapasitesi**

$$\dot{Q}_{\text{Ön}} = \dot{m}_h x(h_A - h_K) = 1.1x(26.5 - 19.5) = 7.77kW$$



Şekil 5.30. Örnek 5.6' nın Psikrometrik diyagramda gösterilmesi

## b) Yaz Kliması Uygulaması

Yaz kliması santralinde mahalden gelen havanın bir kısmı ile taze hava olarak alınan dış hava karışım odasında karıştırılarak soğutucu serpantine gönderilir. Daha sonra soğutucu serpantinde soğuyan hava, hava kanalları vasıtasıyla mahale ulaştırılır.

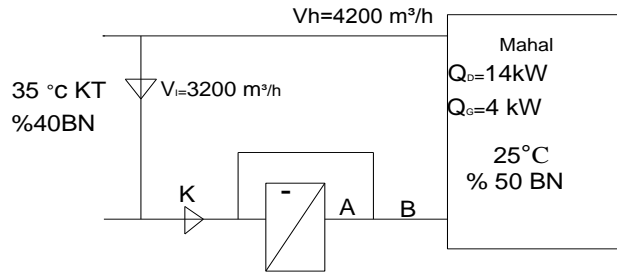
Yaz klimasında tavsiye edilen oda sıcaklığı ile üfleme sıcaklığı arasındaki sıcaklık farkı 6-10 °C değerleri arasındadır. Eğer, sıcaklık farkı belirtilen bu değerlerden yüksek ise o zaman karışım havasının bir kısmı evaporatör çıkışına by-pass edilmelidir. Santrale giren havanın bir kısmının soğutucu serpantinden geçirilerek entalpisi değiştirilir ve havanın diğer kısmının serpantin dışından dolaştırılarak entalpisi değişmezse, entalpisi değişmeyen havaya "by-pass havası" denir.

### Yaz kliması hesabı aşamaları :

1. Yaz kliması hesabında öncelikle mahalın bulunduğu şehrin dış hava tasarım değerleri bilinmelidir. Dış havanın özelliklerini belirten nokta (D), diyagram üzerinde dış hava kuru ve yaş termometre değerlerinden yararlanılarak işaretlenir.
2. Mahal içerisinde istenen şartlar da (I) aynı şekilde diyagram üzerine işaretlenir.
3. Dış ve iç şartları diyagram üzerinde belirtildikten sonra bu iki nokta bir doğru ile birleştirilir.
4. Karışım havası tespit edilerek çizilen bu doğru üzerine işaretlenir.
5. Daha önce tespit edilen duyulur ve gizli ısı kazançlarından yararlanılarak , duyulur ısı oranı bulunur. Duyulur ısı oranının klasik proses uygulamalarında 0.7 ile 1 arasında kalması istenir. Duyulur ısı, ortamın kuru termometre sıcaklığını doğrudan etkileyen bir ısı olup, gizli ısı ile ortam arasındaki nem miktarının artmasıyla kendini gösterir. Gizli ısının yüksek olması toplam ısı miktarını etkileyeceğinden, konfor kliması uygulamalarında istenmeyen bir durumdur.
6. Referans noktasından çizilen DIO doğrusu, iç şartlardan (I) geçecek şekilde paralel çizilir.
7. Üfleme havası şartları (B), (I) noktasından geçen DIO doğrusu üzerinde olacak şekilde işaretlenir. Yaz prosesi konfor klimasında tavsiye edilen oda sıcaklığı ile üfleme sıcaklığı arasında sıcaklık farkı 6-10 °C değerleri arasında olması tavsiye edilmektedir. Endüstriyel uygulamalarda ise bu değer 12 °C civarındadır. Eğer sıcaklık farkı, belirlenen bu değerlerden yüksek ise o zaman karışım havasının bir kısmı evaporatör çıkışına by-pass edilmelidir.
8. Karışım noktasından, yeri belirlenen üfleme havası şartlarına (B) bir doğru çizilerek işlem sına erdirilir.(B) noktasından geçen bu doğrunun %100 bağıl nem eğrisini kestiği nokta (Ax) ise "Cihaz Çiğ Noktası (CÇN) sıcaklığıdır. Bu nokta aynı zamanda serpantin yüzey sıcaklığını ifade eder. Pratikte cihaz çiğ noktası yaklaşık %90 bağıl nemi kesen nokta olarak (A noktası) alınır.

### Örnek 5.7

Bir mahal için yaz kliması santrali uygulaması yapılacaktır. Uygulama için aşağıdaki veriler bilinmektedir.



- Mahallin duyulur ısı kazancı  $14 \text{ kW}$  , gizli ısı kazancı  $4 \text{ kW}$
- Mahallin tasarım şartları :  $25^\circ\text{C}$  KT ve  $50\% \text{ BN}$
- Dış hava verileri  $35^\circ\text{C}$  KT ve  $40\% \text{ BN}$
- Soğutucu serpantinden geçen havanın serpantin çıkışındaki bağıl nemi  $90\%$  alınacaktır.

- Mahalle üflenen hava miktarı 4200 m<sup>3</sup>/h
- Dönüş havası 3200 m<sup>3</sup>/h

Yukarıdaki verilere dayanarak aşağıdaki istenilenleri bulunuz .

- Olayı psikrometrik diyagramda gösteriniz.
- Soğutucu serpantin çıkışındaki havanın çıkışındaki kuru ve yaş termometre sıcaklığını bulunuz
- Serpantinden by-pass edilen ve edilmeyen hava miktarını hesaplayınız.

#### Çözüm 5.7

$$DIO = \frac{Q_D}{Q_D + Q_G} = \frac{14}{14 + 4} = 0.78$$

Taze hava miktarı

$$\dot{V}_D = \dot{V}_h - \dot{V}_I = 4200 - 3200 = 1000m^3 / h$$

$$THO = \frac{\dot{V}_D}{\dot{V}_h} = \frac{1000}{4200} = 0.24$$

Karışım havası sıcaklığı

$$T_K = THO \times T_D + (1 - THO) \times T_I$$

$$T_K = 0.24 \times 35 + (1 - 0.24) \times 25 = 27.4^\circ C$$

$$\dot{m}_h = \dot{V}_h \times \rho_h = 4200 \times 1.2 = 5040 \text{ kg} / \text{h} = 1.4 \text{ kg} / \text{s}$$

Gerekli Değerler Psikrometrik diyagramdan okunarak ;

$$h_B = 50.2 - \frac{18}{1.4} = 37.4 \text{ kJ} / \text{kg} = 9 \text{ Kcal} / \text{kg}$$

By-pass oranı

$$BYO = \frac{T_B - T_A}{T_K - T_A} = \frac{15.4 - 12.5}{27.4 - 12.5} = 0.2$$

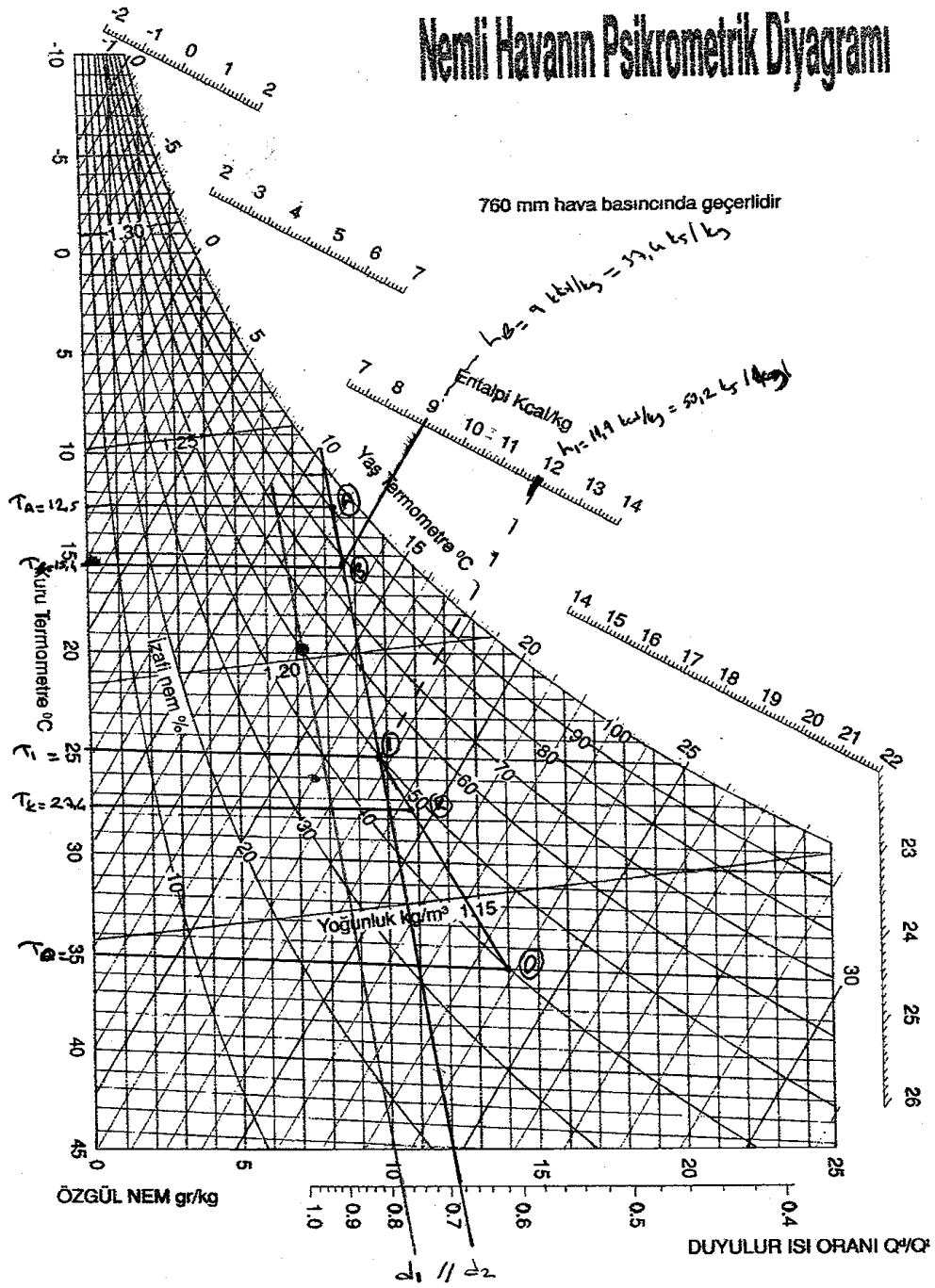
By-pass edilen hava miktarı

$$\dot{V}_{Byo} = BYO \times \dot{V}_h = 0.2 \times 4200 = 840 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Soğutucu serpantinden geçen hava miktarı

$$\dot{V}_{Soğ} = \dot{V}_h - \dot{V}_{Byo} = 4200 - 840 = 3360 \text{ m}^3 / \text{h}$$

# Nemli Havanın Psikrometrik Diyagramı

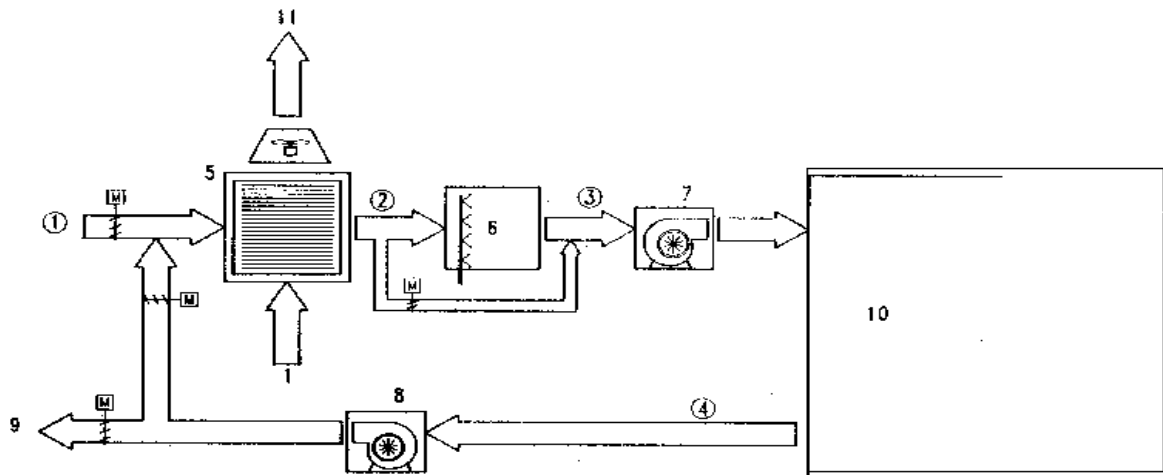


Şekil 5.31. Örnek 5.7. nin Psikrometrik diyagramda gösterimi

## İKLİMLENDİRME SİSTEMİNDEKİ HAVA ÇEŞİTLERİ

Kuru hava , yani içerisinde su buharı bulunmayan hava, yüksek miktarda enerji taşıyamadığından, iklimlendirmede bahsedilen hava daima ıslak havadır. Hava karışımında su buharı az ise kuru hava ve su buharı yüzünden zengin ise de nemli hava olarak adlandırılır.

Hava, sistemde ısı taşıyıcı olarak kullanıldığından, iklimlendirme mahallinin konforu, santraldaki hava üzerine yapılacak termodinamik işlemlerle sağlanmaktadır. Kirli havanın temizlenmesi, yıkanması, kuru havanın nemlendirilmesi, nemli havanın neminin çekilmesi, soğuk havanın ısıtılması ve sıcak havanın da soğutulması gibi bütün termodinamik işlemler iklimlendirme santralinde yapılarak iklimlendirilmek istenen mahalle gönderilmektedir.



- ① - DİŞ HAVA
- ② - İNDİREK EVAPORATİF YONTEM İLE SÖĞUTÜLMÜŞ HAVA
- ③ - DİREK EVAPORATİF YONTEM İLE SÖĞUTÜLMÜŞ HAVA
- ④ - İÇ HAVA
- ⑤ - İNDİREK EVAPORATİF SÖĞÜTÜCÜ
- ⑥ - DİREK EVAPORATİF SÖĞÜTÜCÜ
- ⑦ - ÜFLEME FANİ
- ⑧ - EMİS FANİ
- ⑨ - EGZOST HAVASI
- ⑩ - ODA
- ⑪ - İNDİREK EVAPORATİF SÖĞÜTÜCÜYÜ TERK EDEN NEMLİ HAVA



### Şekil 5.32. iklimlendirme tesisatındaki hava çeşitleri

İklimlendirme tesisatında kullanımına göre 7 çeşit havadan söz edilmektedir. Bunlar ;

1. **Dış hava (DH)** : Mahallin dışından alınan havadır.
2. **İç Hava (İH)** : Mahalde bulunan mevcut havadır.
3. **Dönüş Havası (DÖH)** : Enerji tasarrufu sağlamak amacıyla, belli oranlarda dışarıdan alınan taze hava ile karıştırılmak üzere, karışım odasına gönderilen kullanılmış bayathavadır.
4. **Karışım Havası (KH)** : Karıştırma odasında, belli oranlarda dış hava ile kullanılmış bayat iç havanın karıştırılmasından oluşan sistem havasıdır.
5. **Atık Hava (AH)** : Mahalde kullanıldıktan sonra, egzostan dışarı atılan hava.
6. **Bayat Hava (BH)**: Mahalden alınan, kullanılmış, oksijen yönünden fakir hava.
7. **Temiz Hava (TH)**: İklimlendirme santralinde işlenip, istenilen şartlara getirilerek mahalde kullanılmak üzere üflenen hava

### 6.KAYNAKLAR

1. Fahrettin Küçükşahin ' Soğutma ve İklimlendirme'
2. Hikmet Doğan ' Havalandırma ve İklimlendirme Tekniği '
3. Recep Yamankaradeniz, İlhami Horoz, Salih Coşkun 'İklimlendirme Esasları ve Uygulamaları
4. <http://www.sogutma.net/>
5. <http://www.sogutmarehberi.com/>
6. [http://tr.wikipedia.org/wiki/So%C4%9Futma\\_kulesi](http://tr.wikipedia.org/wiki/So%C4%9Futma_kulesi)
7. <http://tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0klmlendirme>
8. <http://iksdersnotlari.blogcu.com/>

9. <http://www.deneysan.com/dersnotlari.htm>