

## SOĞUTMA İLKELERİ

## SOĞUTMANIN TANIMI VE TARİHİ GELİŞİMİ

- Bir maddenin veya ortamın sıcaklığını onu çevreleyen hacim sıcaklığının altına indirmek ve orada muhafaza etmek üzere ısının alınması işlemine soğutma denilebilir.
- En basit ve en eski soğutma şekli, soğuk yörelerde tabiatın meydana getirdiği kar ve buz muhafaza edip bunların sıcak veya ısıyı alınmak istenen yerlere koyarak soğutma sağlanmasıdır.
- Kış aylarında meydana gelen kar ve buz muhafaza ederek sıcak mevsimlerde soğutma maksatları için kullanma usulü M.O. 1000 yıllarından beri uygulanmakta olduğu bilinmektedir.
- Ticari maksatla ilk büyük buz satışı 1806 yılında Frederic TUDOR tarafından Antli adalarına 130 tonluk buz Favorite adlı tekneye götürülmesi ile başlamıştır. İlk macerasından zarar etmesine rağmen bu olumsuzluğun depolanmadan kaynaklandığını, gerçekte ise buz işinde büyük kazançlar olduğunu görmüş, nakliye esnasında buzun uzun süre muhafaza etmek için teknesinde değişiklikler yaparak yılda 150.000.000 Tona ulaşan bir buz ticareti hacmi geliştirmiştir.

## SOĞUTMANIN TANIMI VE TARİHİ GELİŞİMİ

- Tabiatın bahsettiği buz ile soğutma şeklinden 1880'li yıllara kadar geniş ölçüde yararlanılmıştır.
- Buz ve kar ile elde edilen soğutma şeklinin gerek zaman gerekse bulunduğu yer bakımından çoğu kez pratik ve ucuz bir soğutma sağlayamayacağı bir gerçek olduğundan mekanik araç ve cihazlarla soğutma teknikleri üzerinde araştırmalar başlamıştır.
- 1910 yılında J.M. Larsen şirketi tarafından ilk küçük buzdolabı yapılmış fakat otomatik olmadığı için pek fazla tutulmamıştır.
- 1918 yılında Kelvinatör şirketi ilk otomatik buzdolabını piyasaya sürmüştür.
- 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.

## MUHAFAZA USULLERİ

- Her gün yediğimiz bitkisel ve hayvansal gıdaları, her an bulmak mümkün olmaya bilir. Bu güçlük karşışaın insanlar hal çareleri aramaya başlayarak kimya, fizik ve biyoloji esasına dayanan çeşitli usuller geliştirmişlerdir.
- **Kimyaya Esasına Dayanan Muhafazalar**
  - Tuzla muhafaza (salamura)
  - Baharatla muhafaza (sucuk-pastırma)
  - Şekerle muhafaza (reçel)
- **Fizik Esasına Dayanan Muhafazalar**
  - Kurutmak (kuru yemişler, bazı meyveler vs)
  - Hararete pişirmek (konserve)
  - Maddeyi yağ ve parafine 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.

## SOĞUTMA USULLERİ

- **Kimyasal Yöntemler**
- Bazı kimyasal reaksiyonlarda, tepkimeye giren maddeler bu işlem sırasında dışarıdan ısı aldıkları için dış ortamı soğutmuş olurlar.
- Bu tip reaksiyonlara "endotermik reaksiyon" denir.
- Bu maddeler normal sıcaklıkta birbirleri ile çeşitli oranlarda karıştırıldığında, kendi sıcaklıklarından daha düşük sıcaklıklar oluşur.
- Normal sıcaklıkta bazı maddeler, birbirleri ile çeşitli oranlarda karıştırıldığında, kendi sıcaklıklarından daha düşük sıcaklıklar oluşur. Örnek: 2 kg kar ile 1 kg mutfak tuzu (NaCl) karıştırılırsa belli bir süre sonra -200 °C sıcaklık elde edilir. Seyyar dondurmacıların metodu bu usule örnek olarak gösterilebilir. Aşağıdaki cetvel ağırlık olarak karıştırılan bazı kimyasal maddelerin ilk ve son sıcaklıkları göstermektedir.

Karıştırılan maddeler (Ağırlık olarak)	İlk sıcaklık derecesi	Son sıcaklık derecesi
2 birim kar+1' birim NaCl	0°C	-20°C
3 birim kar+2' birim H2SO	40°C	-30°C
3 birim kar+4' birim KOH	0°C	-46°C
4 birim kar+5' birim CaCl	0°C	-40°C

## SOĞUTMA USULLERİ

- **Fiziksel Yöntemler**
- Fiziksel usullerde, dış ve iç kuvvetlere iş yaptırarak, ısıyı başka bir enerji şekline dönüştürmek yoluyla soğutma sağlanır. Bugünkü soğutma makinelerinin, esas çalışma prensibi fiziksel yöntemlere dayanmaktadır. Bu yöntemler:
  - **Sıkıştırılmış gazların genişletilmesiyle soğukluk elde etmek:** Bu metoda pnömomatik çeşicler örnek olarak gösterilebilir. Pnömomatik çeşic fazla çalıştığında etrafı buz tutar. Bütan gaz ocaklarında brülör fazla yanarsa karlanır.
  - **Maddenin halini değiştirerek soğukluk elde etmek:** Bir cisim katı halden sıvı hale, sıvı halden gaz haline geçmesi ile soğukluk elde edilir. Bunların içinde buhar halindeki soğutucu akışkanı kızgın buhar haline getirip sonra sıvı daha sonra gaz haline getirerek soğukluk elde edilmesi bugünkü soğutma makinelerinin temel prensibini oluşturur. Bu usule kaynama sıcaklığı düşük olan akışkan düşük basınçta buharlaştırılır. Buhar tekrar sıvı hale getirilerek devre tamamlanır.

## ISI

- Isı bir enerji çeşididir. Isı enerjisi maddeleri meydana getiren moleküllerin hareket etmelerinden dolayı açığa çıkan enerjidir. Bir cismin ısı, moleküllerinin hareket enerjisi ile oluşur. Diğer bir deyişle ısı bir moleküler harekettir. Katı bir maddeye ısı ilave edildiği sürece sıcaklığı artmaya devam eder, taki sıvı hale dönmeye başlayıncaya kadar. Madde tamamen sıvı hale dönüşüncüye kadar sıcaklık artmaz. Sıvı haldeki maddeye ısı verilmeye devam edilirse sıcaklık kaynama noktasına kadar artacaktır. Isı, sıcaklık farkından dolayı meydana gelen enerji çeşidi olarak tanımlanır.
- Isı miktarı:** Soğutmacılıkta Kcal, BTU ve Joule birimleri ile ısı miktarları belirlenmektedir.
  - Kcal:** +14,5°C deki 1 kg suyun sıcaklığını 1 °C artırmak için ilave edilmesi gereken ısı miktarıdır.
  - BTU:** 1 libre ağırlığındaki suyun sıcaklığını 1 °F yükseltmek için ilave edilmesi gereken ısı miktarıdır.
- 1Joule = 0,24 cal**
- 1BTU = 0,252 Kcal**
- 1 Kcal = 3,96 BTU**

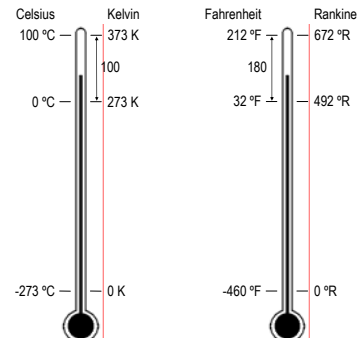
## SICAKLIK

- Sıcaklık ısının bir göstergesidir. Yani ısıyı karakterize eden büyüklüktür. Isı alıp veren cisimlerin üzerindeki sıcaklık değişimini değerlendirmek için kullanılan bir kavramdır. Cisimlerin sıcaklığı hakkında karar verirken vücut sıcaklığını referans kabul ederiz. Sıcaklık ve ısı birbirine bağlı fakat farklı kavramlardır. Maddenin sıcaklığı yalnız başına ısı miktarını belirtemez.
- Mutlak Sıcaklık**
- Fizikte düşük sıcaklıklar 0°C den daha aşağıdadır. Sıcaklığının 1 °C düşmesine karşılık termometredeki gazın basıncı 0 °C'de sahip olduğu değerin 1/273,15' i kadar eksilir. O halde sıcaklık 0°C 'den itibaren -273,15 °C 'den daha fazla azalamaz. Çünkü -273,15°C sıcaklıkta gazın basıncının sıfır olması gerekir. -273,15°C sıcaklıkları mutlak sıfır olarak almak uygun olur.

## SICAKLIK

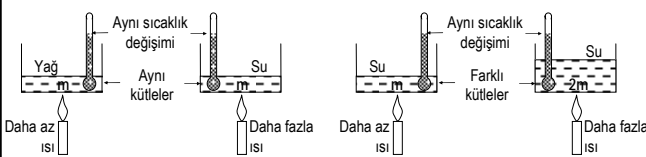
- Celsius Termometresi**
    - Suyun donma noktası olan 0°C en düşük noktadır. Suyun kaynama noktası olan 100°C en yüksek nokta olarak alınır. Aradaki mesafe 100 eşit parçaya bölünür.
  - Kelvin Termometresi**
    - SI sisteminde kullandığımız Kelvin Termometresinde ise; suyun donma noktası 273°K, suyun kaynama noktası 373°K alınmış olup aradaki mesafe 100 eşit parçaya bölünmüştür. **1°C = 1°K.**
    - Kelvin = Celsius+273    0 °K = -273 °C    -273 °C = 0° C
  - Fahrenheit Termometresi**
    - Fahrenheit skalada suyun donma noktası 32°F, kaynama noktası 212°F sıcaklıkları arasında 180 eşit parçaya bölerek her bir aralık için 1 °F alınarak belirlenmiştir.
  - Rankine Termometresi**
    - Rankine Termometresinde ise; suyun donma noktası 492 °R, suyun kaynama noktası 672 °R alınmış olup aradaki mesafe 180 eşit parçaya bölünmüştür. **1°F = 1°R.**
    - Rankine = Fahrenheit + 460    0 °R = -460°F    -460 °F = 0 °R
- $$^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} (F - 32), \quad F = \frac{9}{5} (C + 32)$$

## SICAKLIK



## ISI MIKTARI VE CİSİMLERİN ÖZGÜL ISI KAPASİTELERİ

- Aşağıdaki soldaki şekilde kütleleri aynı, Q, sıcaklığında yağ ve suyu izole ile edilmiş kaplarda aynı sıcaklığa ulaştırmak için suya daha fazla ısı vermek gerekecektir. Bu da gösterir ki su, yağa nispeten daha fazla ısı emme kapasitesine sahiptir. Isı miktarı maddenin kütlesi, ısınma ısısı ve sıcaklıktaki değişimin çarpılmasıyla hesaplanır. Q değerinin (-) çıkması maddeden ısı çekildiğini gösterir. Sağdaki şekilde ise kütleleri farklı olan izole edilmiş kaplarda iki türdeş sıvıyı aynı sıcaklığa ulaştırmak için 2m kütleli sıvıya daha fazla ısı vermek gerekecektir.



## ISI MIKTARI VE CİSİMLERİN ÖZGÜL ISI KAPASİTELERİ

- Q = m.CP (T2 – T1)**
  - Q= Gereken ısı miktarı (Jule)
  - m= Cisim kütlesi (kg)
  - CP= Cismin özgül ısı kapasitesi (J/kg °K veya J/kg °C)
  - T<sub>1</sub>= İlk sıcaklık (°K veya °C)
  - T<sub>2</sub>= Son sıcaklık (°K veya °C)
- Özgül Isı (Isınma ısısı)**
  - 1 kg kütledeki bir cismin sıcaklığını 1°C veya 1°K artırmak için gerekli ısı miktarıdır. Basınç, hacim ve sıcaklık şartlarına göre değişir. Akışkanlarda sıcaklık farkı olması durumunda özgül ısı tablolarından bulunur. Tüm cisimlerin değişen sıcaklık değerlerine göre özgül ısı kapasiteleri bir miktar değişir. Örneğin 0°C' de suyun özgül ısı kapasitesi 4217 J/kg °C ve 20°C' de suyun özgül ısı kapasitesi 4182 J/kg °C'dir.

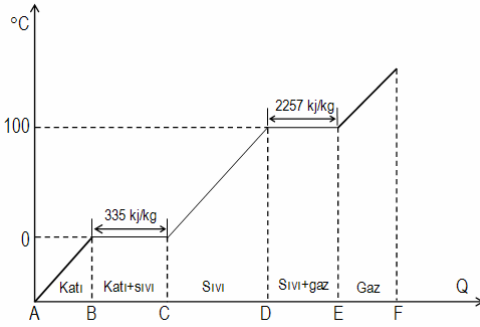
## ISI MİKTARI VE CİSİMLERİN ÖZGÜL ISI KAPASİTELERİ

- **Örnek Problem 1.**
- 20°C deki 2 kg suyu 100°C sıcaklığa ulaştırmak için gereken ısı miktarını bulunuz? Su için  $C_p=4200 \text{ J/kg} \cdot \text{°C}$ 'dir
  - $Q=m \cdot C_p \cdot (T_2-T_1) \rightarrow Q=2 \times 4200 \times (100-20)=672000 \text{ kJ}$
- **Örnek Problem 2.**
- 5000 gr kütledeki alüminyum bloğun sıcaklığı 120°C'den 15°C'ye düşürülmektedir. Alüminyumdan çekilen ısı miktarını bulunuz. Alüminyum için  $C_p=950 \text{ kJ/kg} \cdot \text{°C}$   $m=5000 \text{ gr}$ 
  - $Q=m \cdot C_p \cdot (T_2-T_1) \rightarrow Q=5 \times 950 \times (15-120)$
  - $Q=-498750 \text{ J} = -498750/1000=498.75 \text{ kJ}$
  - Sonucun eksi çıkması sistemden ısı çekildiğini gösterir.
- **Örnek Problem 3.**
- 1200 kg kütledeki bir cismin sıcaklığı 20°C'den 220°C'ye çıkarılması için 120000 kJ ısı enerjisi harcanmaktadır. Isı kayıplarını ihmal ederek cismin özgül ısı kapasitesini bulunuz.
  - $Q=m \cdot C_p \cdot (T_2-T_1)$
  - $C_p = \frac{Q}{m(T_2-T_1)} = \frac{120000}{1200(220-20)} = 0.5 \text{ kJ/kg} \cdot \text{°C}$

## ISI TÜRLERİ

- **Ergime Isısı**
- Katı bir cisme ısı enerjisi verildiğinde cismin sıcaklığının artmayıp sıvı hale geçmesi için verilen ısı miktarına ergime ısı denir. Şekilde B-C bölgesinde verilen ısı buz için ergime ısıdır. Buz için ergime ısı 335 kJ/kg'dir. Bu değer buzun 0°C'de tamamen buz haline gelmesi için verilen ısı miktarıdır. B-C bölgesinde cismin sıcaklığının hep aynı olduğu görülmektedir.
- **Buharlaştırma Isısı**
- Sıvı bir cisme ısı enerjisi verildiğinde, cismin sıcaklığının artmayıp, cismin sıvı halden buhar haline geçmesi için verilen ısı miktarıdır. Su için buharlaştırma ısı 2257 kJ/kg'dir. Şekilde D bölgesinde kaynamakta olan suya tamamen buharlaşabilmesi için E noktasına kadar ısı verilmesi gerekir. D-E bölgesinde sıvının sıcaklığının artmadığı görülmektedir. Verilen ısı enerjisi suyun tamamının buharlaştırılmasına harcanmaktadır.
- **Duyulur Isı**
- Herhangi bir maddeye verilen veya o maddeden çekilen ısı, bir sıcaklık farkı meydana getiriyorsa bu ısı enerjisine "**duyulur veya hissedilir ısı**" diyoruz. Başka bir deyişle, bir sıcaklık farkı oluşturan ve açıkça hissedilen bu ısıya duyulur ısı diyoruz. Şekilde A-B, C-D ve E-F bölgesi duyulur ısı bölgelerini göstermektedir.
- **Gizli Isı**
- Herhangi bir maddeye verilen veya o maddeden çekilen ısı, maddenin halini değiştirip sıcaklığında değişme oluşturmuyorsa bu ısı enerjisine "**gizli ısı**" diyoruz. Şekilde B-C ve D-E bölgeleri gizli ısı bölgelerini göstermektedir. Verilen ısı enerjisi maddenin sıcaklığını değiştirmeyip halini değiştirmiştir. B noktasındaki buz kütlelerine ısı verilerek sıcaklığı artmadan C noktasında tamamen su haline, D noktasında atmosfer basıncı altında 100°C'de kaynayan su E noktasında tamamı buhar haline dönüşmüştür.

## ISI TÜRLERİ

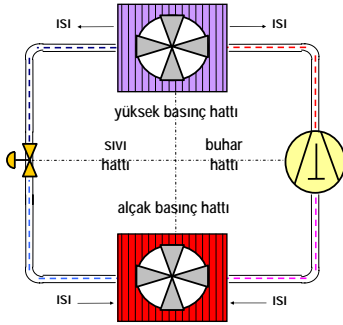


## SOĞUTMA SİSTEMLERİ

### BUHAR SIKIŞTIRMALI (MEKANİK) SOĞUTMA

- En yaygın uygulanmakta olan soğutma sistemidir.
- En sık uygulanmakta olan ve rastlanan bu tip soğutma sisteminde; sıvı halden buhar hale geçmekte olan soğutucu akışkanı içinde bulunduran bir evaporatör (buharlaştırıcı), evaporatörde buharlaşan soğutucu akışkanı alçak basınç tarafından emerek yüksek basınç tarafındaki kondensere basan bir kompresör, soğutucu akışkandaki ısıyı alıp onu sıvılaştırılan bir kondenser (yoğuşturucu) ile soğutucu akışkanın evaporatöre yani alçak basınç tarafına ölçülü ve gereken miktarlarda verilmesini sağlayabilen bir genişleme valfi bulunmaktadır.

### BUHAR SIKIŞTIRMALI (MEKANİK) SOĞUTMA



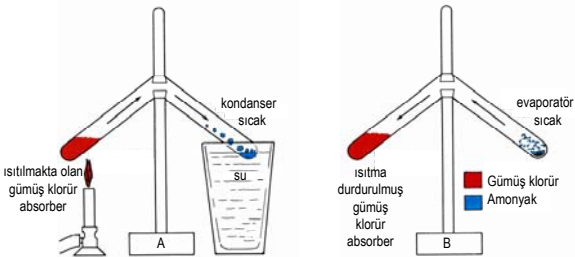
ayrıca 101, 102, 103, 104

### ABSORBSİYONLU SOĞUTMA

- Michael Faraday'ın kapalı bir sistem içerisinde buhar halindeki amonyakı yoğurtma deneyleri sırasında keşfedilen absorpsiyonlu soğutma sistemi daha sonra bir soğutma sistemi olarak kullanılmıştır.
- Faraday'ın deney aygıtı absorpsiyonlu soğutma sisteminin anlaşılması için basit ve ilginç bir düzendir.
- Deneyin A bölümünde amonyaka karşı emiciliği olan, amonyakla doyunmuş gümüş klorür ısıtılarak deney tüpünün diğer ucu soğutma suyuna daldırılmış vaziyette tutulur.
- Kısa bir süre sonra deney tüpünün soğutulan ucunda amonyakın yoğunlaşarak birikmeye başladığı görülür.
- Isıtılan uçtan amonyakın tamamı sıvı halde soğutulan uca topladığında deneyin ikinci kısmına geçilir.
- Isıtma işlemi durdurulup soğutma suyu alındığında çok kısa bir süre içerisinde deney tüpünün soğutulan ucunda yoğunlaşmış olan sıvı amonyakın kaynamaya başladığı ve tüpün bu kısmının ağır derecede soğuduğu görülür.
- Bu olay, sıvı amonyak tamamen buharlaşıp gümüş klorür tarafına taşınmaya kadar sürer.
- Deney tekrarlandığında aynı olayların tekrar oluştuğu görülür.
- Absorpsiyonlu soğutma sistemlerinde daima iki akışkan mevcuttur: Refrijeran madde, Absorban madde. En sık rastlanan Refrijeran ve Absorban madde çeşitleri:

Refrijeran madde	Absorban madde
Amonyak	Su (Basıncılandırma için hidrojen)
Su	Lityum Bromür
Su	Lityum Klorür
Metil Klorür	Tetra Etilen Glükolün

### ABSORBSİYONLU SOĞUTMA



ayrıca 105, 108

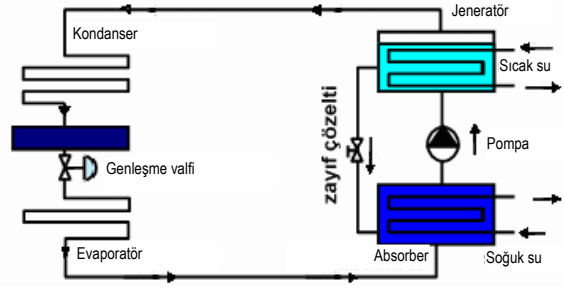
### ABSORBSİYONLU SOĞUTMA

- Amonyak suda çok çabuk eriyen bir maddedir. Ayrıca su ve amonyak karışımı 140°C'ye ısıtıldığı zaman, amonyak sudan tamamen ayrılır. Amonyakın bu özelliklerinden yararlanılarak, absorpsiyonlu soğutma sistemleri yapılmıştır.
- Absorpsiyonlu soğutma sistemi ile buhar sıkıştırmak 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.

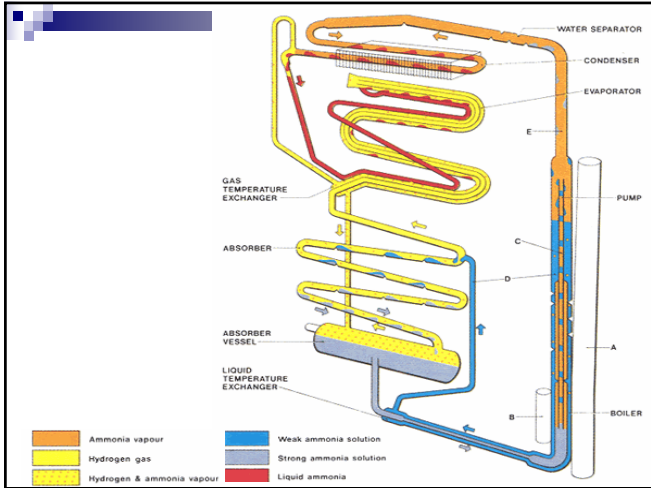
## ABSORBSİYONLU SOĞUTMA

- Şekildeki absorpsiyonlu soğutma sisteminde amonyak çoğu kez sudan alınır.
- Jeneratörde amonyağın hepsi alınmaz, zayıf konsantrasyonlu su ağırlık nedeniyle absorbere taşınır.
- Su absorberde %30 amonyak konsantrasyonuna ulaşınca kadar amonyağı absorbe eder.
- Absorberde kuvvetli çözelti haline gelen amonyak+su karışımı kuvvetli çözelti pompası ile jeneratöre basılır. Bu sistemde kuvvetli çözelti pompası kullanılması zorunludur. Çünkü absorber düşük basınçlı evaporatör ile yüksek basınçlı jeneratör arasında çalışır.
- Jeneratörde ısıtma serpantini veya brülör ile ısıtılan kuvvetli çözeltiden (su amonyak karışımı) amonyak gaz halinde ayrılır.
- Yüksek basınçlı gaz amonyak jeneratörden kondansere gelir. Kondanserde amonyak yoğunlaşarak sıvı deposuna gelir. Genleşme valfinden basınç düşümüne maruz kalan soğutucu akışkan evaporatörde çevreden ısı alarak gaz haline gelir. Evaporatörde gaz haline gelen amonyak absorbere geçer ve burada soğutulmuş su tarafından absorbe edilir.
- Amonyak soğutmalı sistemlerin fasıllı döngülü tipleri de mevcut olup bunlar elektrikli olmadığı yerlerdeki buzdolaplarında ve karavanlarda kullanılan mobil soğutucularda kullanılmaktadır.

## ABSORBSİYONLU SOĞUTMA



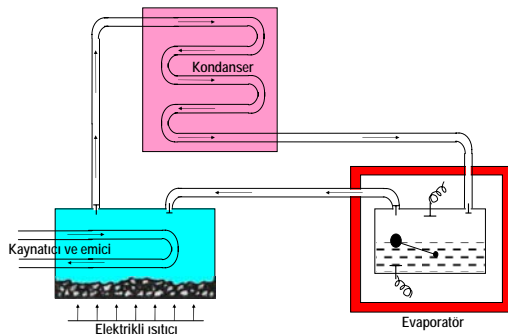
ayrıca 107



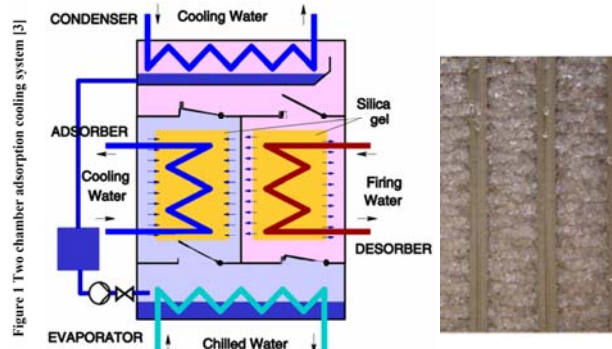
## ADSORBSİYONLU SOĞUTMA

- Aktif karbon, silika-jel gibi maddelerin gözenekleri, büyük miktarda gaz emerler. Bu gibi katı maddelerin bu özelliklerinden yararlanılarak adsorpsiyonlu soğutma sistemleri geliştirilmiştir.
- Sistem, bir kaynatıcı (aynı zamanda absorber), bir yoğunlaştırıcı ve bir buharlaştırıcıdan oluşmaktadır.
- Bu sistemde kaynatıcı içerisinde su yerine, amonyağın emilmesini sağlayacak silika-jel bulunmaktadır.
- Kaynatıcı içerisine elektrikli ısıtıcılar ve soğutma serpantinleri yerleştirilmiştir.
- Kaynatıcının ısıtılması ile silika-jel ısınır ve emmiş olduğu amonyak buharlaşarak, silika-jelin bünyesinden ayrılır.
- Belirli bir basınca ulaştığında, çıkış valfini açarak yoğunlaştırıcıya 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-jel 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.

## ADSORBSİYONLU SOĞUTMA



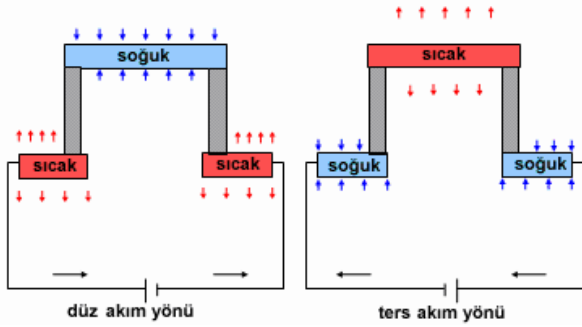
## ADSORBSİYONLU SOĞUTMA



## TERMÖELEKTRİK SOĞUTMA

- Peltier etkisi diye anılan ve iki metal elemanın meydana getirdiği bir devreye elektrik akımı verildiğinde zıt uçlarında, akımın yönüne göre, ısınma veya soğutma meydana gelir.
- Hareket eden parçasının olmamasının yanında, gürültü, titreşim, soğutucu akışkan, yağ sızıntısı gibi olumsuzlukların olmaması, kapasite ve sıcaklık kontrolünün akım şiddetini azaltıp çoğaltarak kolayca yapılabilmesi, geometrik her pozisyonda etkilenmeden çalışabilmesi bu sistemin uzay araçlarında kullanılmasını isterir hale getirmiştir.
- Yukarıda saydığımız olumlu yönlerine rağmen performans katsayısı çok düşük olduğu için ticari soğutma uygulamalarında kullanılmamaktadır.
- Negatif kutupta kullanılan metal çiftleri, pozitif, bizmut, telleryum ve selenyum alaşımları, pozitif kutup için bizmut, telleryum, ve antimuan alaşımlarıdır.

## TERMÖELEKTRİK SOĞUTMA

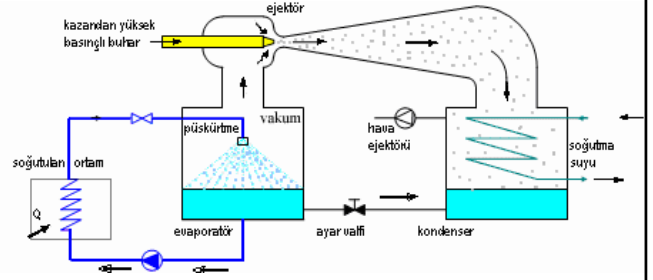


ayrıca 108

## BUHAR – JET SOĞUTMA

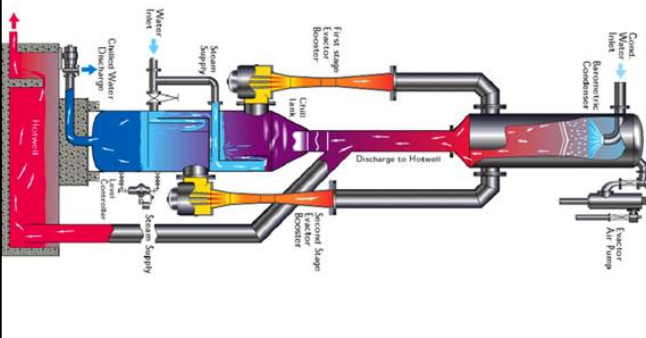
- Buhar - Jet soğutma sistemi, yüksek vakum altında ve düşük sıcaklıkta suyun buharlaştırılması prensibi ile çalışan bir sistemdir. Bu prensiple çalışan makinelerin en tanınmış " Westinghouse-Leblanc" sistemidir.
- Buhar ejektöründen gelen atık buharın 1200 m/s hızla geçirilmesi ile buharlaştırıcı içinde yüksek degerde vakum edilir. Meydana gelen vakum etkisi ile soğutma tanki içinde bulunan sıvının bir kısmı buharlaşır.
- Buhar haline geçmek için gerekli ısıyı da, geri kalan sıvıdan aldığı için, soğutma tankında bulunan sıvı soğumaya başlar. Buharlaşan sıvı, ejektörden geçen buhar ile beraber karışarak vakum altında çalışan yoğusturucuya geçer.
- Soğutma tankının altında bulunan soğutulmuş sıvı da, sıvı pompası aracılığı ile soğutma hücresinden dolaştırılıp, tekrar soğutma tankında soğutulmak üzere, tank içinde pülvenze edilir.
- Püskürtmeden amaç, sıvının temas alanının artırılması ve buharlaşmaya yardımcı olması gayesiyle yapılmaktadır.
- Yoğusturucunun vakum altında tutulması gerektiğinden, yoğusturucunun, alt tarafı bir pompa ile bağlanmıştır. Yoğusturucuda yoğunlaşan sıvı, yoğuşma pompası aracılığıyla emilir. Buradan emilen sıvının sıcaklığı, soğutma suyu sıcaklığından 10°C daha yüksektir. Bu nedenle, pompanın bastığı sıvı, bir ara soğutucuda, soğutma suyu aracılığıyla soğutulur. Soğutma tankında buharlaşan suyu tamamlamak üzere şamandıranın yanına verir.
- Ejektörler, seri halde bağlanarak daha yüksek kapasiteli soğutma sistemleri yapılmıştır. Atık buharın ve soğutma suyunun bol olduğu yerlerde, klima tesislerinin soğutma sistemlerinde kullanılması tercih edilmektedir. Tehlikesiz, kullanılması kolay ve iz bakım gerektiren bir soğutma sistemidir. Son yıllarda bu sistemlerin seri bağlanması sonucunda, çok yüksek kapasiteli soğutma sistemleri yapılmıştır.

## BUHAR – JET SOĞUTMA



ayrıca 109

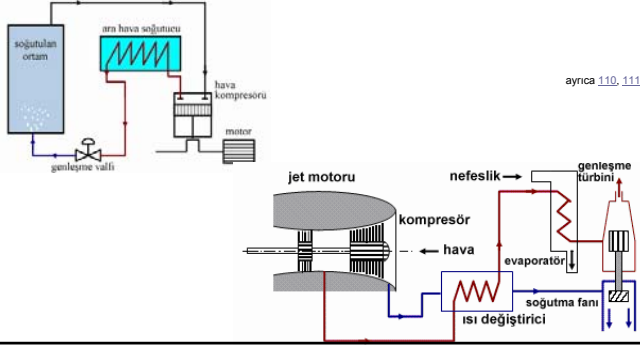
## BUHAR – JET SOĞUTMA



## HAVA SOĞUTMA

- Diğer soğutma çevrimlerinden farklı olarak hava soğutma çevriminde, soğutucu akışkan tüm sistemde 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.
- Kapalı çevrimde genişleme valfi kısılma vanası görevini yapmaktadır.
- Hava soğutma çevriminin açık tip olarak uygulanması, düşük verim elde edildiğinden artık kullanılmamaktadır.
- Bunun yerine, son yıllarda uçakların yolcu hacimlerini klimatize etmek üzere sistem uygulanmaktadır.
- Gerek donanımın hafif olması, gerekse soğutucu madde görevini yapan havanın tüm çevrimde gaz halde bulunması bu sisteme özellik vermektedir.

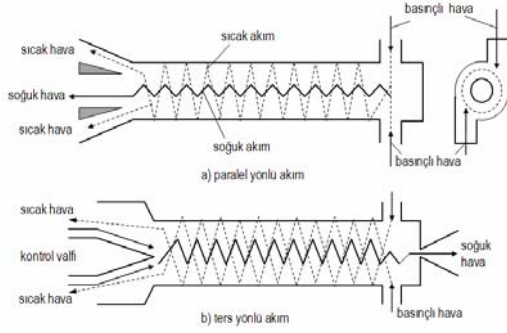
## HAVA SOĞUTMA



## VORTEKS TÜPÜ

- Hareket eden parçası bulunmayan, basit bir borudan (tüp) ibaret olan bu soğutma şekli, bulucusu George Ranque (1931) ve geliştiricisi Rudoph Hilsch'in adlarıyla anılır (Ranque Tüpü veya Hilsch tüpü).
- Boruya, dışarıdan teğetsel şekilde verilen basınçlı gaz ses hızına yakın bir hızla ulaşır ve boruyu terk ederken dış zarfa yakın kısımlarda sıcak, çekirdek (eksenine yakın) kısmında 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 edilebilmektedir.
- Örneğin 685 kPa giriş havası ile çalışan ve yarısı soğutulmak diğer yarısı ısıtılmak üzere ayarlanan bir Vorteks tüpünde soğutulmuş hava  $-34^{\circ}\text{C}$ 'ye düşerken ısıtılan kısmındaki sıcaklık  $+33^{\circ}\text{C}$ 'ye çıkmaktadır.

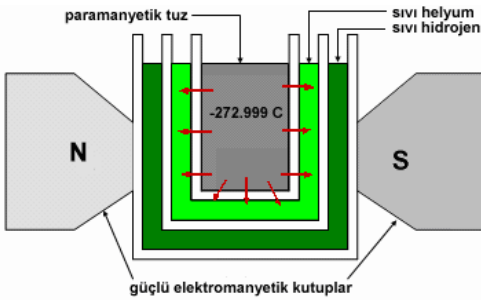
## VORTEKS TÜPÜ



## PARAMANYETİK SOĞUTMA

- Mutlak sıfır sıcaklığa yakın seviyelerdeki sıcaklıklara ulaşılmasını sağlamak amacıyla araştırmacılar tarafından kullanılan bir soğutma şeklidir. Paramanyetik maddeler basit olarak "mıknatıs tarafından çekilemeyen maddeler" şeklinde tarif edilebilir.
- Bir paramanyetik madde (paramanyetik tuz) önceden aşırı derecede soğutulduğunda, diğer maddelerde olduğu gibi moleküllerinin ısı iletimi çok azalır.
- Bu konuda şiddetli bir magnetik alana sokulduğunda, paramanyetik tuz moleküllerinin elementer birer magnet durumuna geldiği düşünülebilir.
- Bunu takiben, paramanyetik maddeye uygulanan magnetik alan kaldırıldığında, ısı alış veriş olmadığından (adyabatik soğutma durumu) paramanyetik tuzun sıcaklığı aşırı derecede düşmektedir. Deneylerle bu şekilde  $0.001\text{ K}$  sıcaklıklara ulaşılması mümkün olmaktadır.
- Bu soğutma işleminin yapılmasında, Paramanyetik tuzun ön soğutması sıvı, hidrojen ve sıvı helyumun buharlaşması suretiyle sağlandıktan sonra kuvvetli bir manyetik alanın oluşturulması elektro mıknatıslarla sağlanmakta ve manyetik alan ani olarak kaldırılıp paramanyetik tuzun sıcaklığının düşürülmesi sağlanmaktadır.
- Özellikle madenlerin mutlak sıfır sıcaklık civarındaki ısı ve elektriksel iletkenliklerinin araştırılmasında bu soğutma yönteminden yararlanılmakta, endüstride, tıp, tarım ve günlük yaşamımızda kullanılan maddelerin ve olayların geliştirilmesinde önemli yararlar sağlamaktadır.

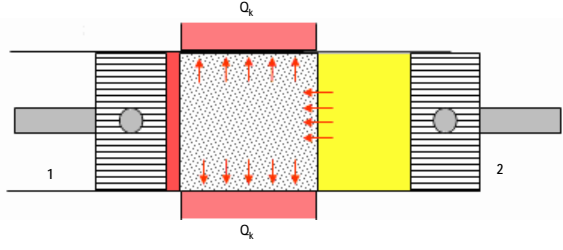
## PARAMANYETİK SOĞUTMA



## STERLING ÇEVİRİMİ

- İlk defa 1816 yılında Robert Sterling tarafından keşfedilen bu soğutma çevrimi pistonlu bir buhar-sıkıştırma çevrimine benzerdir. Bu sistem, bir silindir ile içerisinde yerleştirilmiş ve birbirinden gözenekli ve ısı tutumu yüksek bir bölmeyle (Regeneratör) ayrılmış iki pistonun meydana gelmiştir.
- Sistemin silindir hacminde soğutucu bir gaz (Helyum, Hidrojen, vs.) bulunmaktadır.
- Başlangıç durumunda 1 numaralı piston hareket ederek silindir boşluğundaki gazı sıkıştırır. Gözenekli bölmeye nüfuz eden ısınmış gaz ısıyı buraya verir.
- Bu ısı ( $Q_1$ ) dışarıdan uygulanacak bir soğutma ile (Kondenserde olduğu gibi) sistemden süratle uzaklaştırılmaktadır.
- 2 nolu pistonun silindir boşluğuna doğru ilerleyen basınçlı gaz, 2 nolu piston geniyeye doğru hareket ederken silindir boşluğunu doldurmaya devam eder. Bu durumda gaz civardan ısı almaya müsait durumdadır ve 2 nolu silindir cidarına verilecek ısıyı hemen alabilecektir.
- Soğutulmak istenen ortam ile ısı almaya müsait gaz arasında bir ısı geçişi sağlanmak suretiyle soğutma işlemi yapılmış olacaktır.
- İkinci strok 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.
- Bu çevrimin performans katsayısı oldukça düşük seviyelerde kalmaktadır. Bunun nedenleri, ısı alış verişinin süratle yapılmasına uygun malzemelerin bulunamayışı, gözenekli bölmede kalan ısının ters yöndeki hareket sırasında tekrar soğuk gaz tarafından geri alınması gibi nedenlere bağlanabilir.
- Bu gün bu sistem bazı uygulama sahaları bulmakta ve  $(-80^{\circ}\text{C})$  ile  $(-185^{\circ}\text{C})$  gibi sıcaklık seviyelerine ulaşabilmektedir. Üç kademeli deneysel bir sistemde sıcaklıkların  $(-268^{\circ}\text{C})$ 'ye kadar düşürülmesi mümkün olmuştur.

# STERLING ÇEVİRİMİ



ayrica 114

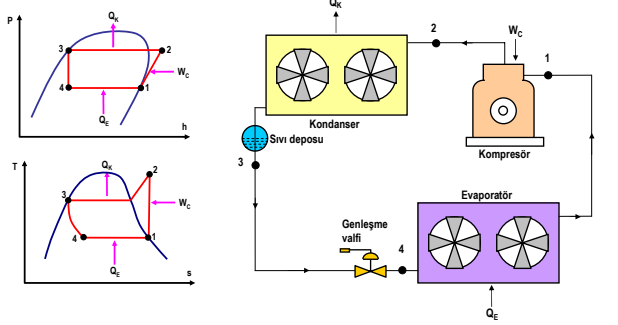


## BUHAR SIKIŞTIRMALI SOĞUTMA SİSTEMİ

## BUHAR SIKIŞTIRMALI SOĞUTMA

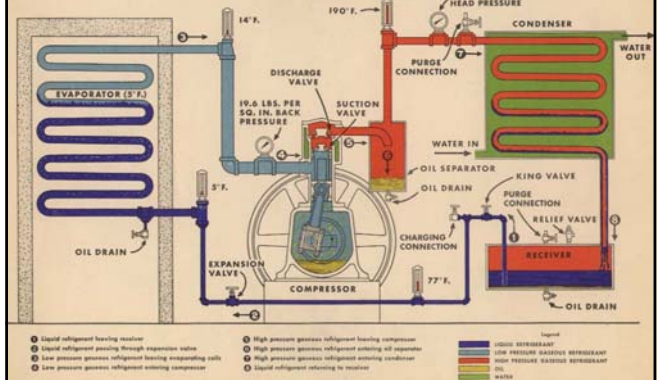
- Kompresörlü soğutma sistemleri, düşük sıcaklıktaki bir ortamdan ısıyı çekerek yüksek sıcaklıktaki ortama alan ve böylece bulunduğu ortamı soğutan sistemlerdir. Bu işlemler soğutucu akışkanlar yardımıyla ve dışarıdan enerji harcanarak yapılır.
- Kompresörlü soğutma sistemleri temel olarak
  - kompresör,
  - kondanser,
  - genleşme valfi
  - evaporatör
- olmak üzere dört ana elemandan oluşmaktadır.
- Şekilde, 1 noktasından doymuş buhar olarak çıkan soğutucu akışkan, bir kompresör yardımıyla basıncı artırılarak kondansere basılır.
- Yüksek basınçta kompresörden çıkan soğutucu akışkan kondansere girer (2 noktası) ve burada ısısını atarak sabit basınçta yoğunlaşır.
- Yoğuşan akışkan genleşme valfine girer (3 noktası).
- Genleşme valfinden geçen soğutucu akışkan sabit entalpiye genleşerek ıslak buhar haline gelir (4 noktası).
- ıslak buhar halinde evaporatöre giren soğutucu akışkan buradan geçerek ortamın ısısını çeker ve buharlaşarak tekrar kompresöre girer (1 noktası). Çevrim böylece devam eder.
  - 1-2 : Adyabatik sıkıştırma
  - 2-3 : İzobar soğutma (Yoğuşma)
  - 3-4 : İzentalpik genleşme
  - 4-1 : İzobar ısıtma (Buharlaşma)

## BUHAR SIKIŞTIRMALI SOĞUTMA



Ayrıca 103

## Flow Diagram of Compression Refrigeration System



## BUHAR SIKIŞTIRMALI SOĞUTMA

- **Kompresör**
  - Soğutucu üniteye buharlaşan ısı ile yüklü soğutucu akışkanı emerek arkadan gelen ısı yüklenmemiş akışkana yer temin edip buhar halindeki soğutucu akışkanın basıncını yoğuşturucudaki yoğuşma basıncına çıkartarak akışın sürekliliğini sağlamaktadır.
- **Kondanser (Yoğuşturucu)**
  - Soğutucu akışkanın buharlaştırıcıdan aldığı ısı ile kompresördeki sıkıştırma işlemi sırasında ilave olunan ısıyı alınarak kızgın buhar veya doymuş buhar halindeki soğutucu akışkanın kondenser çıkışında sıvı haline gelmesi kondanserde gerçekleşir. Belirli bir ısı transferi yüzeyinde olup yoğuşurma ortamı hava, su, hava-su olabilir.
- **Genleşme (Kısılma) Valfi**
  - Genleşme valfi, akış kesitini herhangi bir şekilde azaltarak akışkanın basıncını önemli ölçüde düşüren elemandır. Bilinen bazı örnekler arasında ayarlanabilir vana, kılcal (kapiler) borular vardır. Akışkanın basıncı düşerken, sıcaklığında büyük bir düşme gözlenir. Genleşme çok ani olduğu için soğutucu akışkanın ısı tutumunda bir değişiklik olmaz. Kısılma valfi genellikle küçük elemanlardır. Bu nedenle soğutucu akışkanla çevre arasında ısı geçiş alanı küçüktür. ısı geçişi için alanın küçük zamanında kısa olması nedeniyle kısılma vanalarında akış adyabatik kabul edilebilir.
- **Evaporatör (Buharlaştırıcı)**
  - Belirli bir ısı transferi yüzeyinde olup soğutulan hacimden soğutucu akışkana ısı transfer ederek soğutucu akışkan buharlaştırır. Bu işlem sırasında soğutulan hacim havasının ısı tutumu azalır, buharlaşan soğutucu akışkanın ısı tutumu artar. ısı tutumu azalan soğutulan hacim havasının sıcaklığı düşer ve bu işlemin devamı halinde soğutma işlemi gerçekleşmiş olur.

## BUHAR SIKIŞTIRMALI SOĞUTMA

- **Yüksek Basınç Tarafı**
  - Bir soğutma devresinin kompresörün basma tarafından basma borusu, kondanser, sıvı tankı, sıvı borusu ve genleşme valfine kadar olan kısmına "yüksek basınç tarafı" denir.
- **Alçak Basınç Tarafı**
  - Bir soğutma devresinin genleşme valfi çıkışından itibaren soğutucu ünite, emme borusu ve kompresörün emişine kadar olan kısmına «alçak basınç tarafı» denir.

## BUHAR SIKIŞTIRMALI SOĞUTMA

### ■ Yoğuşma Basıncı

- Soğutucu akışkanın kondenserdeki kızgın buhar, doymuş buhar, ıslak buhar ve sıvı durumundaki akışkan sıcaklığına uyan basınç, yoğuşma basıncıdır. Yoğuşma basıncı aynı zamanda soğutma devresinin yüksek taraf basıncıdır.

### ■ Yoğuşma Sıcaklığı

- Kondenserde yoğuşma durumundaki soğutucu akışkanın doymuş buhar, ıslak ve sıvı durumundaki sıcaklığıdır.
- Yoğuşma sıcaklığı kondenser ısı transfer yüzeyi ile yoğuşurma ortamının sıcaklığı ile belirlenir. Yoğuşma sıcaklığı, yoğuşurma ortamının sıcaklığından ekonomik nedenlerden dolayı ve atmosfer sıcaklığının belirlenen ortam sıcaklığının üzerine zamanla çıkma olasılığına karşı daha yüksek seçilir. Ancak bu yükseklik farkının mümkün olduğu kadar küçük seçilmesi istenir.

## BUHAR SIKIŞTIRMALI SOĞUTMA

### ■ Buharlaştırma Basıncı

- Soğutucu üniteye buharlaşan soğutucu akışkanın basıncına buharlaştırma basıncı denir.
- Buharlaştırma basıncı soğutucu ünite ısı transfer yüzeyi ile soğutulan hacmin havasının sıcaklığına göre değişir.

### ■ Buharlaştırma Sıcaklığı

- Her soğutucu akışkanın buharlaştırma basıncına bağlı olarak buharlaştırma sıcaklığı vardır, bu sıcaklık basınca göre değişir.
- Buharlaştırma sıcaklığı düştükçe buharlaştırma basıncına düşecektir.
- Buharlaştırma sıcaklığı da soğutulan hacmin havasının sıcaklığına göre değişmektedir.

## BUHAR SIKIŞTIRMALI SOĞUTMA

### ■ Basma Hattı

- Kompresörün bastığı yüksek basınç ve sıcaklık altındaki soğutucu akışkan buharının kondensere taşınmasını sağlar.

### ■ Emme Hattı

- Soğutucu üniteye buharlaşan düşük basınçlı soğutucu akışkan buharının kompresör emişi girişine taşınmasını sağlar.

### ■ Basma Hattı Sıcaklığı

- Basma hattı sıcaklığı yoğuşma sıcaklığından farklıdır. Kompresörce basma hattına gönderilen soğutucu akışkan buharı, doymuş buhar ıslak buhar durumunda ise basma hattı sıcaklığı yoğuşma sıcaklığına eşit kabul edilebilir.
- Uygulamada soğutucu akışkan basma hattında kızgın buhar durumundadır.
- Kızgın buharın sıcaklığı, aynı basınçta doymuş buhar veya ıslak buhardan daha yüksek sıcaklıktadır.
- Basma hattı sıcaklığı ile yoğuşma sıcaklığı ayrı ayrı sıcaklık kavramlarıdır.

## SOĞUTMA TESİRİ

- Birim ağırlıktaki soğutucu akışkanın tamamının soğutulmakta olan hacimden aldığı ısı miktarı, o soğutucu akışkanın soğutma tesiridir.
- Mesela, 1 kg ağırlığında 0 °C'de 1 kg buzı erite alalım. Buz kütesinin tamamı eriyip su haline gelinceye kadar çevre havasından 335 kJ ısı alır. 335 kJ, 0°C'de ve 1 kg ağırlığındaki buzun gizli ısı olup, buz için soğutma tesiridir.
- Buz örneği gibi soğutucu akışkanlarda inceleyelim. Bir soğutucu akışkanın 1 kg'ının soğutucu üniteye buharlaşırken soğutulan hacmin havasından aldığı ısı miktarı soğutma tesiri olup, bu miktar o soğutucu akışkanın buharlaştırma gizli ısısına eşittir.
- Ancak bu karşılaştırma soğutucu akışkanın sıvı durumundaki sıcaklığı ile buharlaştırma durumundaki sıcaklığının birbirine eşit olması haline göre yapılmıştır.
- Her soğutucu akışkanın buharlaştırma gizli ısısı farklı olduğundan belirli sıvı ve buharlaştırma sıcaklıklarına göre değişik soğutucu akışkanların soğutma tesirleri de farklı değerlerde olur.
- Soğutma sistemlerinde soğutma tesiri yüksek olan soğutucu akışkanlar tercih edilir, çünkü sistemde daha az soğutucu akışkan dolaştırılacağı için sistemde dışarıdan verilen iş az olacaktır. Soğutma tesirleri termodinamik tablo veya çalışma sıcaklıkları verildiği zaman P-h diyagramından bulunabilir.

## SOĞUTMA TESİRİ

### ■ Örnek

- +30 °C yoğuşma sıcaklığı, -10 °C buharlaştırma sıcaklıkları arasında R-134a soğutucu akışkanla çalışacak sistemin soğutma tesirini bulunuz? (Tablo R-134a)

### ■ Çözüm

- Termodinamik tablodan -10 °C' deki soğutucu akışkanın doymuş buhar halindeki entalpisi, +30 °C' deki sıvı soğutucu akışkanın entalpisi bulunup doymuş buhar halindeki soğutucu akışkanın entalpisiyle sıvı halinde soğutucu akışkanın entalpi farkı 1 kg soğutucu akışkanın soğutma tesirini verir.
  - R-134a termodinamik tablosundan ısı tutumları;
  - +30°C doymuş sıvı durumundaki R-134a soğutucu akışkanın ısı tutumu = 241.83 kJ/kg,
  - -10°C doymuş buhar durumundaki R-134a soğutucu akışkanın ısı tutumu = 392.58 kJ/kg
- Soğutma tesiri =  $392.58 - 241.83 = 150.75$  kJ/kg

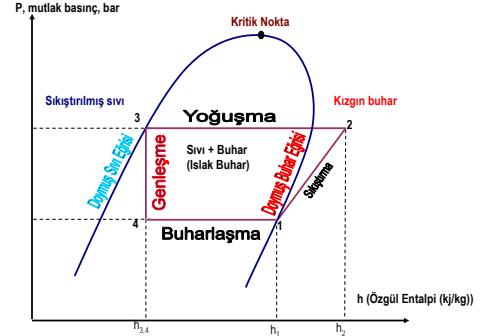
## Sistem Kapasitesinin P-h Diyagramı ve Termodinamik Tabloyla Bulunması

- Konunun başında verilen P-h diyagramında kondenser çıkışı 3 noktasında doyma eğrisiyle çakıştığı için doymuş sıvı halinde, soğutucu ünite çıkışı (evaporatör) 1 noktasında doyma eğrisiyle çakıştığı için doymuş buhar halindedir.
- Soğutulan hacim sürekli olarak yüksek sıcaklık kaynağı çevre havasının ve diğer ısı kazançlarının etkisi altındadır.
- Soğutulacak hacimdeki ısı kazançlarına göre soğutma yükü belirlenip bu ısının soğutulan hacimden uzaklaştırılması için yoğuşma ve buharlaştırma sıcaklıklarına göre soğutucu üniteye birim zamanda dolaştırılacak akışkan miktarını belirlemek gerekecektir.
- Kritik basıncın üzerindeki basınçlarda belirgin bir faz değişimi görülmez. Bunun yerine maddenin özgül hacmi sürekli olarak artar ve herhangi bir anda sadece bir fazda bulunur.
- Sonuçta madde buhar fazına geçer fakat bu geçişin ne zaman olduğu belirsizdir.
- Kritik halin yukarısında sıkıştırılmış sıvı bölgesiyle kızgın buhar bölgesini birbirinden ayıran kesin bir çizgi yoktur. Genellikle kritik sıcaklığın üzerindeki sıcaklıklarda maddeye kızgın buhar, kritik sıcaklığın altındaki sıcaklıklarda maddeye sıkıştırılmış sıvı denir.

## Sistem Kapasitesinin P-h Diyagramı ve Termodinamik Tabloyla Bulunması

- Bir sonraki şekilde doyma eğrisi üzerinde kritik noktanın sağ tarafı **doymuş sıvı eğrisi** olarak ifade edilir.
- Benzer olarak, doyma eğrisi üzerinde kritik noktanın sol tarafı da **doymuş buhar eğrisi** olarak isimlendirilir.
- Bu iki eğri, şekilde görüldüğü gibi **kritik noktada** birleşerek bir kubbe oluşturur.
- Doymuş sıvı eğrisinin solunda kalan kısım **aşırı soğutulmuş sıvı** (sıkıştırılmış sıvı) bölgesi diye adlandırılır.
- Benzer şekilde doymuş buhar eğrisinin sağında kalan kısım ise **kızgın buhar bölgesi** olarak adlandırılır.
- Madde aşırı soğutulmuş sıvı ve kızgın buhar bölgelerinde sadece sıvı veya sadece buhar fazındadır.
- Sıvı ve buhar fazlarının her ikisinin bir arada dengede bulunduğu hallerin tümü doymuş sıvı doyma eğrisi kubbesinin altında kalan kısımdır.
- Bu bölgeye doymuş sıvı-buhar karışımı bölgesi veya ıslak buhar bölgesi adı verilir.

## Sistem Kapasitesinin P-h Diyagramı ve Termodinamik Tabloyla Bulunması

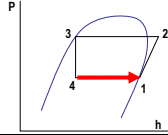


## Evaporatör Kapasitesi (Soğutma Yükü, Sistem Kapasitesi)

- Bir soğutma sistemi soğutulmakta olan hacim veya hacimlerden absorbe ettiği ısı miktarına sistem kapasitesi veya soğutma yükü denir.
- Sistem kapasitesi kJ/h, kcal/h, Btu/h veya ton soğutma birimi ile ölçülür.
  - $Q_0 = Q_E = m_R \cdot (h_1 - h_{3,4})$
  - $Q_0 = Q_E$  = Evaporatör Kapasitesi (soğutma kapasitesi, sistem kapasitesi)
  - $m_R$  = Sistemde dolaştırılması gereken akışkan miktarı (kg/h)
  - $h_1$  = Soğutucu akışkanın evaporatör çıkışında doymuş buhar halindeki ısı tutumu
  - $h_{3,4}$  = Soğutucu akışkanın kondenser çıkışında doymuş sıvı halindeki ısı tutumu

- Soğutma kapasitesi bilinen bir sistemin içerisinde dolaşması gereken soğutucu akışkan debisi ise;

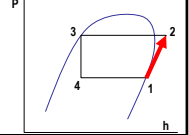
$$m_R = \frac{Q_0}{(h_1 - h_{3,4})} = \frac{\text{kJ/h}}{\text{kJ/kg}} = \frac{\text{kg}}{\text{h}} \times \frac{\text{kg}}{\text{kg}} = \text{kg/h}$$



## Kompresör Kapasitesi

- Kompresör kapasitesi sistemdeki soğutucu akışkan buharını emip kondensere basabilecek değerde olmalıdır. Soğutucu akışkanın hareket hacmi sistem kapasitesine göre olduğundan herhangi bir soğutma devresi için kompresör kapasitesi sistemin soğutma kapasitesine denk olmalıdır.
- Kompresörde sıkıştırma işleminde P-h diyagramında görüleceği üzere doymuş buhar noktası 1'de emilen soğutucu akışkanın buharı kompresör tarafından 2 noktasına kadar basılarak soğutucu akışkanı kızgın buhar haline dönüştürür. Bu sıkıştırma işlemi sırasında kompresör tarafından yapılan iş;

$$W_C = m_R (h_2 - h_1) = \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = \text{kJ/h}$$



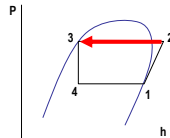
## Kondanser Kapasitesi

- P-h diyagramında görüleceği üzere 2 noktasında kızgın buhar halindeki soğutucu akışkan içerdiği ısıyı, bir miktarını atmosfer havası veya suya transfer edip entalpisi doyma eğrisi üzerindeki noktadan itibaren doymuş buhar haline dönüşmüştür.
- Doymuş buhar haline gelen soğutucu akışkan ısının kalan kısmını da yoğuşurma ortamına transfer ederek 3 noktasında doymuş sıvı haline gelerek entalpisi  $h_2 - h_3$  kadar azalır. Kondanser tarafından yoğuşurma ortamına transfer edilen ısı miktarı;

$$Q_K = m_R (h_2 - h_3) \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = \text{kJ/h}$$

- Ayrıca;

$$Q_K = W_C + Q_E$$

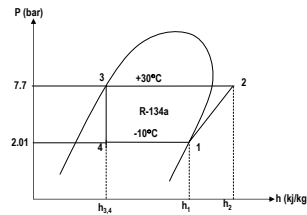


## Termodinamik Özelliklerin Belirlenmesi (Tablo)

- Bu konu bir örnek üzerinde açıklanacaktır.

### Örnek:

- Sistem kapasitesi 2 kW/h olan tek kademeli bir soğutma sistemi R-134a soğutucu akışkanla +30 °C yoğuşma, -10°C buharlaşma sıcaklıkları arasında çalışmaktadır. Buna göre sistemde dolaştırılması gereken akışkan miktarını bularak sistem elemanlarının kapasitelerini bulunuz.



1 noktası, -10 °C'de doymuş buhar

3 noktası, +30 °C'de doymuş sıvı, (3 ile 4 noktaları entalpileri birbirine eşit,  $h_3 = h_4$ )

**Önemli Husus:** 1 ve 3 noktaları doyma bölgesinde olduğu için doyma bölgesi tablosu kullanılacaktır.

2 noktası ise, kondanser basıncında kızgın buhardır (1 noktası ile 2 noktası entropileri eşittir,  $s_1 = s_2$ ) bu bölge kızgın buhar bölgesi olduğu için kızgın buhar bölgesi tablosu kullanılacaktır.

## h<sub>1</sub> noktası, -10 °C doymuş buhar

t	p	ρ'	ρ"	v'	v"	h'	h"	r	s'	s"
°C	bar	kg/dm <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	dm <sup>3</sup> /kg	dm <sup>3</sup> /kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kgK	kJ/kgK
-20,00	1,33	1,359	6,79	0,736	147,33	173,56	386,51	212,95	0,8999	1,7412
-15,00	1,64	1,343	8,29	0,744	120,61	180,06	389,56	209,51	0,9254	1,7369
-10,00	2,01	1,327	10,05	0,753	99,54	186,63	392,58	205,95	0,9505	1,7331
-5,00	2,43	1,311	12,08	0,763	82,76	193,27	395,56	202,29	0,9754	1,7297
0,00	2,93	1,295	14,43	0,772	69,28	200,00	398,49	198,49	1,0000	1,7267
5,00	3,50	1,278	17,14	0,782	58,35	206,79	401,37	194,58	1,0243	1,7241
10,00	4,15	1,261	20,23	0,793	49,43	213,65	404,19	190,54	1,0484	1,7217
15,00	4,88	1,243	23,76	0,804	42,08	220,58	406,94	186,35	1,0723	1,7196
20,00	5,72	1,225	27,78	0,816	35,99	227,59	409,61	182,02	1,0960	1,7176
25,00	6,65	1,206	32,35	0,829	30,91	234,67	412,20	177,53	1,1195	1,7158
30,00	7,70	1,187	37,53	0,842	26,65	241,83	414,69	172,86	1,1429	1,7141
35,00	8,87	1,167	43,40	0,857	23,04	249,08	417,07	168,00	1,1663	1,7124
40,00	10,17	1,146	50,06	0,872	19,98	256,43	419,33	162,90	1,1897	1,7107
45,00	11,60	1,125	57,62	0,889	17,36	263,90	421,44	157,54	1,2132	1,7090
50,00	13,18	1,102	66,21	0,908	15,10	271,52	423,38	151,86	1,2367	1,7071

## h<sub>3</sub> noktası, 30 °C doymuş sıvı

t	p	ρ'	ρ"	v'	v"	h'	h"	r	s'	s"
°C	bar	kg/dm <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	dm <sup>3</sup> /kg	dm <sup>3</sup> /kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kgK	kJ/kgK
-20,00	1,33	1,359	6,79	0,736	147,33	173,56	386,51	212,95	0,8999	1,7412
-15,00	1,64	1,343	8,29	0,744	120,61	180,06	389,56	209,51	0,9254	1,7369
-10,00	2,01	1,327	10,05	0,753	99,54	186,63	392,58	205,95	0,9505	1,7331
-5,00	2,43	1,311	12,08	0,763	82,76	193,27	395,56	202,29	0,9754	1,7297
0,00	2,93	1,295	14,43	0,772	69,28	200,00	398,49	198,49	1,0000	1,7267
5,00	3,50	1,278	17,14	0,782	58,35	206,79	401,37	194,58	1,0243	1,7241
10,00	4,15	1,261	20,23	0,793	49,43	213,65	404,19	190,54	1,0484	1,7217
15,00	4,88	1,243	23,76	0,804	42,08	220,58	406,94	186,35	1,0723	1,7196
20,00	5,72	1,225	27,78	0,816	35,99	227,59	409,61	182,02	1,0960	1,7176
25,00	6,65	1,206	32,35	0,829	30,91	234,67	412,20	177,53	1,1195	1,7158
30,00	7,70	1,187	37,53	0,842	26,65	241,83	414,69	172,86	1,1429	1,7141
35,00	8,87	1,167	43,40	0,857	23,04	249,08	417,07	168,00	1,1663	1,7124
40,00	10,17	1,146	50,06	0,872	19,98	256,43	419,33	162,90	1,1897	1,7107
45,00	11,60	1,125	57,62	0,889	17,36	263,90	421,44	157,54	1,2132	1,7090
50,00	13,18	1,102	66,21	0,908	15,10	271,52	423,38	151,86	1,2367	1,7071

## h<sub>2</sub> noktası, P<sub>K</sub> basıncında kızgın buhar

- h<sub>2</sub> noktasının belirlenmesi için öncelikle kondanser basıncı belirlenir.
- Kondanser basıncı, kondanser sıcaklığına karşılık gelen basınçtır.
- Kompresör girişle çıkışı arasındaki entropilerin birbirine eşit olduğu varsayılır.
- Yani s<sub>1</sub>=s<sub>2</sub>'dir.
- Bu eşitlik kullanılarak h<sub>2</sub> değeri tespit edilecektir.
- Bunun için öncelikle s<sub>2</sub> değerini tespit edelim. s<sub>1</sub> değeri için -10 °C'de doymuş buhar entropisi değeri okunacaktır.

## s<sub>1</sub> noktası, -10 °C doymuş buhar

t	p	ρ'	ρ"	v'	v"	h'	h"	r	s'	s"
°C	bar	kg/dm <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	dm <sup>3</sup> /kg	dm <sup>3</sup> /kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kgK	kJ/kgK
-20,00	1,33	1,359	6,79	0,736	147,33	173,56	386,51	212,95	0,8999	1,7412
-15,00	1,64	1,343	8,29	0,744	120,61	180,06	389,56	209,51	0,9254	1,7369
-10,00	2,01	1,327	10,05	0,753	99,54	186,63	392,58	205,95	0,9505	1,7331
-5,00	2,43	1,311	12,08	0,763	82,76	193,27	395,56	202,29	0,9754	1,7297
0,00	2,93	1,295	14,43	0,772	69,28	200,00	398,49	198,49	1,0000	1,7267
5,00	3,50	1,278	17,14	0,782	58,35	206,79	401,37	194,58	1,0243	1,7241
10,00	4,15	1,261	20,23	0,793	49,43	213,65	404,19	190,54	1,0484	1,7217
15,00	4,88	1,243	23,76	0,804	42,08	220,58	406,94	186,35	1,0723	1,7196
20,00	5,72	1,225	27,78	0,816	35,99	227,59	409,61	182,02	1,0960	1,7176
25,00	6,65	1,206	32,35	0,829	30,91	234,67	412,20	177,53	1,1195	1,7158
30,00	7,70	1,187	37,53	0,842	26,65	241,83	414,69	172,86	1,1429	1,7141
35,00	8,87	1,167	43,40	0,857	23,04	249,08	417,07	168,00	1,1663	1,7124
40,00	10,17	1,146	50,06	0,872	19,98	256,43	419,33	162,90	1,1897	1,7107
45,00	11,60	1,125	57,62	0,889	17,36	263,90	421,44	157,54	1,2132	1,7090
50,00	13,18	1,102	66,21	0,908	15,10	271,52	423,38	151,86	1,2367	1,7071

## Kondanser basıncı, P<sub>K</sub>

t	p	ρ'	ρ"	v'	v"	h'	h"	r	s'	s"
°C	bar	kg/dm <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	dm <sup>3</sup> /kg	dm <sup>3</sup> /kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kgK	kJ/kgK
-20,00	1,33	1,359	6,79	0,736	147,33	173,56	386,51	212,95	0,8999	1,7412
-15,00	1,64	1,343	8,29	0,744	120,61	180,06	389,56	209,51	0,9254	1,7369
-10,00	2,01	1,327	10,05	0,753	99,54	186,63	392,58	205,95	0,9505	1,7331
-5,00	2,43	1,311	12,08	0,763	82,76	193,27	395,56	202,29	0,9754	1,7297
0,00	2,93	1,295	14,43	0,772	69,28	200,00	398,49	198,49	1,0000	1,7267
5,00	3,50	1,278	17,14	0,782	58,35	206,79	401,37	194,58	1,0243	1,7241
10,00	4,15	1,261	20,23	0,793	49,43	213,65	404,19	190,54	1,0484	1,7217
15,00	4,88	1,243	23,76	0,804	42,08	220,58	406,94	186,35	1,0723	1,7196
20,00	5,72	1,225	27,78	0,816	35,99	227,59	409,61	182,02	1,0960	1,7176
25,00	6,65	1,206	32,35	0,829	30,91	234,67	412,20	177,53	1,1195	1,7158
30,00	7,70	1,187	37,53	0,842	26,65	241,83	414,69	172,86	1,1429	1,7141
35,00	8,87	1,167	43,40	0,857	23,04	249,08	417,07	168,00	1,1663	1,7124
40,00	10,17	1,146	50,06	0,872	19,98	256,43	419,33	162,90	1,1897	1,7107
45,00	11,60	1,125	57,62	0,889	17,36	263,90	421,44	157,54	1,2132	1,7090
50,00	13,18	1,102	66,21	0,908	15,10	271,52	423,38	151,86	1,2367	1,7071

- Buraya kadar R134a soğutucu akışkanı için okunan değerler doyma tablosundan belirlenmiştir.
- h<sub>1</sub> = 392.58 kJ/kg
- h<sub>3</sub> = 241.83 kJ/kg
- h<sub>4</sub> = h<sub>3</sub>
- s<sub>1</sub> = 1.7331 kJ/kgK
- s<sub>2</sub> = s<sub>1</sub>
- P<sub>K</sub> = 7.70 Bar
- Şimdi 7.7 bar değerine tekabül eden kızgın buhar tablosuna bakalım. Bu tabloda s<sub>1</sub>=s<sub>2</sub>=1.7331 kJ/kgK değeri bulunur ve karşılık gelen entalpi değeri okunur. Bu değer h<sub>2</sub> değeridir.

7.7 bar  
değerindeki  
kızgın buhar  
tablosu

t	p	v	h	s
°C	bar	m <sup>3</sup> /kg	kJ/kg	kJ/kgK
35,00	36,37	27,49	419,88	1,7311
35,20	36,33	27,53	420,09	1,7318
35,40	36,29	27,56	420,29	1,7324
35,60	36,24	27,59	420,50	1,7331
35,80	36,20	27,62	420,69	1,7338
36,00	36,16	27,66	420,81	1,7344
36,20	36,12	27,69	421,12	1,7351
36,40	36,07	27,72	421,32	1,7359
36,60	36,03	27,75	421,53	1,7364
36,80	35,99	27,79	421,73	1,7371
37,00	35,95	27,82	421,94	1,7377
37,20	35,91	27,85	422,14	1,7384
37,40	35,86	27,88	422,35	1,7391
37,60	35,82	27,92	422,55	1,7397
37,80	35,78	27,95	422,76	1,7404
38,00	35,74	27,98	422,96	1,7410
38,20	35,70	28,01	423,17	1,7417
38,40	35,66	28,04	423,37	1,7424
38,60	35,62	28,08	423,56	1,7430
38,80	35,58	28,11	423,76	1,7437
39,00	35,54	28,14	423,99	1,7443
39,20	35,50	28,17	424,19	1,7450
39,40	35,46	28,20	424,40	1,7456
39,60	35,42	28,24	424,60	1,7463
39,80	35,38	28,27	424,81	1,7470
40,00	35,34	28,30	425,01	1,7476

- Şimdi belirlenen değerleri tekrar yazacak olursak;
- $h_1 = 392.58 \text{ kJ/kg}$
- $h_2 = 420.50 \text{ kJ/kg}$
- $h_3 = 241.83 \text{ kJ/kg}$
- $h_4 = h_3$
- Problemi hatırlayacak olursak;
  - Sistem kapasitesi =  $Q_E = Q_0 = 2 \text{ kW/h}$
  - $T_E = -10 \text{ °C}$
  - $TK = +30 \text{ °C}$
  - Soğutucu akışkan = R134a
  - $m_R = ?$
  - $W_C = ?$
  - $Q_K = ?$

$$m_R = \frac{Q_0}{h_1 - h_{3,4}} = \frac{2 \text{ kW}}{392.58 \text{ kJ/kg} - 241.83 \text{ kJ/kg}} = 0.013 \text{ kg/h}$$

$$W_C = m_R (h_2 - h_1) = 0.013 (420.50 - 392.58) = 0.362 \text{ kW}$$

$$Q_K = m_R (h_2 - h_3) = 0.013 (420.50 - 241.83) = 2.322 \text{ kW}$$

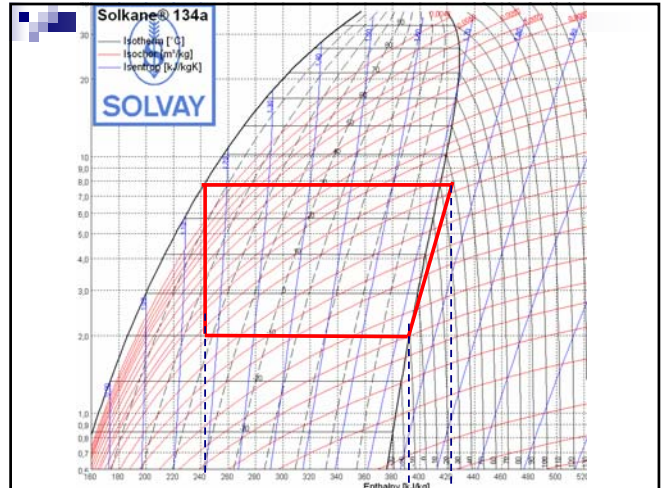
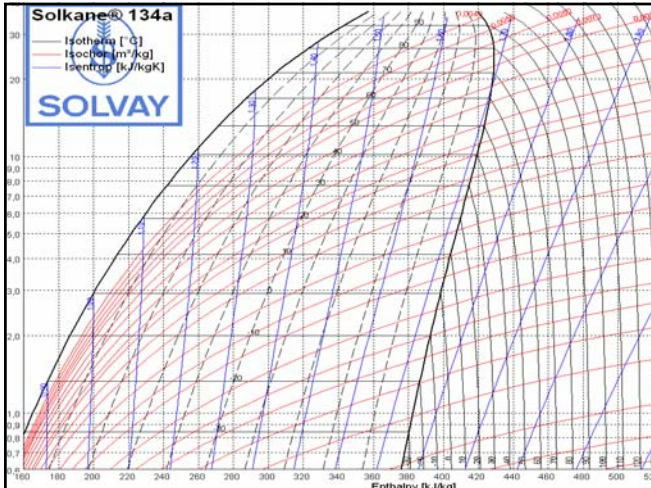
Bir diğer ifadeyle :

$$Q_K = W_C + Q_E = 2 + 0.362 = 2.362 \text{ kW}$$

Aradaki küçük fark ise küsüratların ihmal edilmesinden kaynaklanmaktadır.

### Termodinamik Özelliklerin Belirlenmesi (Grafik)

- Aynı örneği grafik üzerinde çözelim. Bunun için öncelikle çalışma sıcaklık aralıkları belirlenir ve doymuş sıvı ile buhar eğrisi arasına çizgi çekilir.
- 1 noktası doymuş buhar eğrisi üzerinde bırakılır.
- 3 noktası doymuş sıvı noktası üzerinde bırakılır.
- 3 noktasından alttaki çizgiye dik inilir.
- 1 noktasından ise o noktadan geçen entropi değerine paralel olacak şekilde yukarı eğri çizilir.
- Kondanser sıcaklığı çizgisine bu eğri çakıştırılır.
- Her bir noktadan aşağıya inilerek entalpi değerleri okunur.
- Bunun için aynı örneği inceleyelim.
- **Örnek:**
  - Sistem kapasitesi 2 kW/h olan tek kademeli bir soğutma sistemi R-134a soğutucu akışkanla +30 °C yoğuşma, -10°C buharlaşma sıcaklıkları arasında çalışmaktadır. Buna göre sistemde dolaştırılması gereken akışkan miktarını bularak sistem elemanlarının kapasitelerini bulunuz.



- Tablodan okunan değerler:

- $h_1 = 393 \text{ kJ/kg}$

- $h_2 = 421 \text{ kJ/kg}$

- $h_3 \approx 242 \text{ kJ/kg}$

- $h_4 = h_3$

## Soğutma Performans Katsayısı

- Bir soğutma makinesi veya ısı pompasının ısı değerlendirilmesi, performans katsayısı (COP) ile yapılır. Kompresörlü buhar sıkıştırımlı bir soğutma çevrimi için COP aşağıdaki gibi tanımlanır:

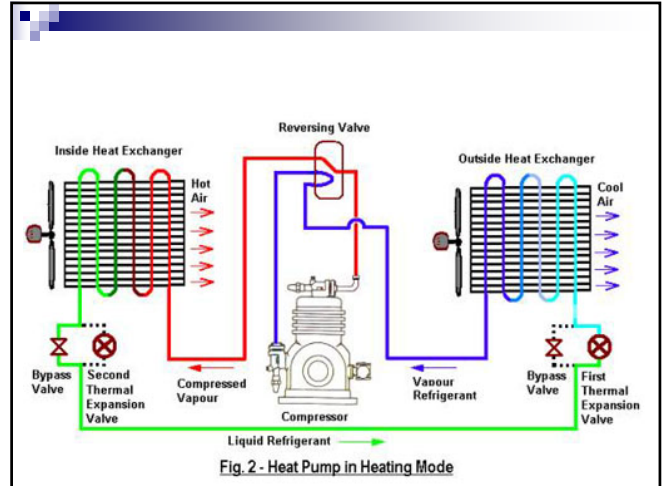
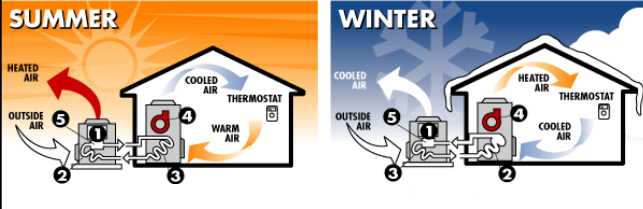
$$\text{COP} = \frac{\text{elde edilmek istenen iş}}{\text{harcanan iş}}$$

- Bu tanıma göre bir soğutma sistemi için COP değeri:

$$\text{COP}_{\text{SM}} = \frac{Q_E}{W_C}$$

## Isı Pompası

- Bir soğutma makinesinde kompresör çıkışına üç yollu bir vana koyarak kompresörün bastığı akışkanı evaporatöre basar ve dışarıya atılacak ısıyı istenilen ortama atabiliriz. Bu durumda istediğimiz bölgeyi ısıtmış oluruz. Bu tür sistemlere ısı pompası denir. Klima örneğinde olduğu gibi yazın soğutma, kışın ise ısıtma yapılır.



## Isı Pompası Performans Katsayısı

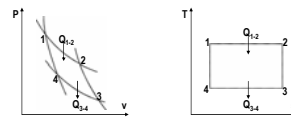
- Isı pompasının performans katsayısı (COP) hesaplanırken yine aynı ifade kullanılır. Yalnız burada elde etmek istediğimiz iş ısıtma işi olacağı için paydanın üst kısmına kondanser kapasitesi yazılacaktır.

$$\text{COP} = \frac{\text{elde edilmek istenen iş}}{\text{harcanan iş}}$$

$$\text{COP}_{\text{IP}} = \frac{Q_K}{W_C}$$

## CARNOT ÇEVİRİMİ

- Isı makinelerinin bir çevrim gerçekleştirerek çalıştığı ve aracı akışkanın her çevrimin sonunda ilk haline döndüğü yukarıda anlatılan soğutma çevriminin bir bölümünde aracı akışkan iş yapar, bir bölümünde ise aracı akışkan üzerinde iş yapılır.
- İkisi arasındaki fark ısı kompresörün net işidir. Soğutma makinesi çevriminin verimi büyük ölçüde çevrimi oluşturan hal değişimlerinin nasıl gerçekleştiğine bağlıdır.
- Tersinir çevrimlere gerçek uygulamalarda rastlanmaz, çünkü gerçek hal değişimlerinde tersinmezlikler yok edilmez.
- Fakat tersinir bir çevrimin verimi, gerçek çevrimin ulaşabileceği en yüksek verimi belirler.
- En çok bilinen tersinir çevrim, 1824 yılında Sadi Carnot tarafından ortaya atılan Carnot çevrimidir.
- Carnot çevrimine göre çalışan ısı makinesi diye adlandırılır. Carnot çevrimi ikisi sabit sıcaklıkta, ikisi de adiabatik olmak üzere dört hal değişiminden oluşur.



## CARNOT ÇEVİRİMİ

- Bir ısı makinesi için tasarlanan bu ideal çevrimin ters yönde çalıştırılması düşünüldüğünde soğutma çevrimi (buhar sıkıştırılmalı) için ideal çevrim haline gelmektedir, yani çevrime iş vererek alçak sıcaklık kaynağından yüksek sıcaklık kaynağına ısı transferi mümkün hale gelmektedir.
- Ters Carnot çevrimine göre çalışan bir soğutma makinesi veya ısı pompası, Carnot soğutma makinesi diye adlandırılır. Tersinir veya tersinmez olsun bir soğutma makinesinin veya ısı pompasının etkinlik katsayısı (COP) yukarıda verilmiştir. Tekrar düzenlenirse;

$$COP_{SM} = \frac{Q_E}{W_C} = \frac{Q_E}{Q_K - Q_E} = \frac{1}{\frac{Q_K}{Q_E} - 1}$$

$$COP_{IP} = \frac{Q_K}{W_C} = \frac{Q_K}{Q_K - Q_E} = \frac{1}{1 - \frac{Q_E}{Q_K}}$$

## CARNOT ÇEVİRİMİ

- Bu ifadelerde, Q değeri yerine T değeri yazılarak aşağıdaki eşitlikler elde edilir. Burada L alt indisi düşük sıcaklıktaki ısı kaynağını yani evaporatörü, H ise yüksek sıcaklıktaki ısı kaynağını yani kondanser sıcaklığını temsil etmektedir.;

$$COP_{CARNOT,SM} = \frac{T_L}{T_H - T_L} = \frac{1}{\frac{T_H}{T_L} - 1}$$

$$COP_{CARNOT,IP} = \frac{T_H}{T_H - T_L} = \frac{1}{1 - \frac{T_L}{T_H}}$$

## CARNOT ÇEVİRİMİ

- Bu değerler,  $T_L$  ve  $T_H$  sıcaklıkları sınırları arasında çalışan makinesi veya ısı pompasının etkinlik katsayılarının alabilecekleri en yüksek değerlerdir.
- $T_L$  ve  $T_H$  sıcaklıkları arasında çalışan tüm gerçek makineleri ve ısı pompalarının etkinlik katsayıları daha düşük olacaktır.
- Ayrıca denklemden de görüleceği üzere soğutma çevriminde, sistemin soğutma tesir katsayısının maksimum olabilmesi için iki ısı kaynağı arasındaki sıcaklıkların birbirine çok yakın olması gerekir.
- Yani  $T_H$  ile  $T_L$  birbirine ne kadar yakın olursa COP değeri o kadar büyük olur.
- Unutulmaması gereken bir husus ta buradaki her iki sıcaklık ta **KELVIN** cinsindedir

# KOMPRESÖRLER

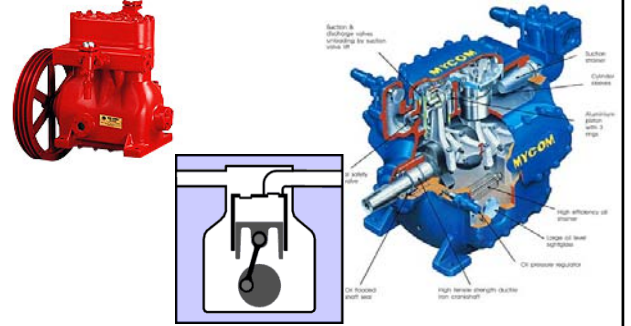
## Pistonlu Kompresörler

- Krank milini tahrik eden dairesel hareketi doğrusal harekete çeviren, evaporatördeki soğutucu akışkan buharını silindir içerisine emerek, arkadan gelen ısı yüklenmemiş akışkana yer temin edip, silindir içerisine emilen soğutucu akışkanın basıncını yoğusturucudaki yoğuşma basıncına çıkartarak akışın sürekliliğini sağlamaktadır.
- Bugünkü pistonlu soğutma kompresörleri genellikle tek etkili, yüksek devirli, tek veya çok silindirli makinelerdir.
- Birim ağırlıkta soğutucu akışkan kapasitesine düşen silindir hacmi gereksinimi az olan, fakat alçak taraf ve yüksek taraf basınç farkı oldukça fazla olan soğutucu akışkanlar için kullanılması uygun düşmektedir.
- R-12, R-22, R-502, NH<sub>3</sub> gibi soğutucu akışkanlar pistonlu kompresörlerde tercih edilen soğutucu akışkanlardır.

## Pistonlu Kompresörler

### ■ Açık pistonlu tip kompresör

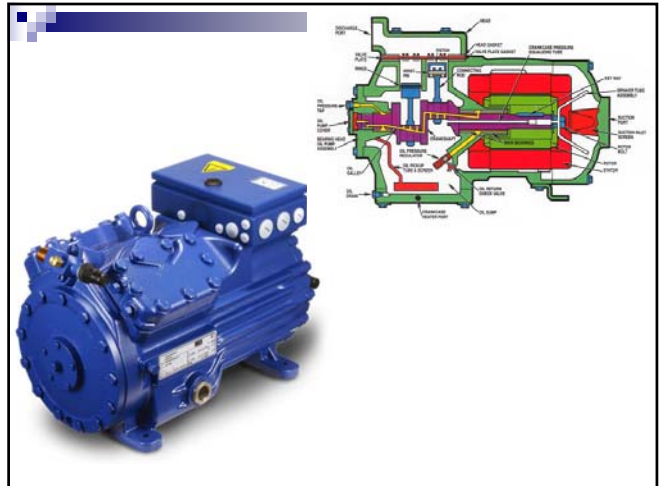
- Bu tip kompresörler bazen dıştan tahrikli olarak da bilinir.
- Kompresör gövdesi, silindir başlığı, pistonlar, piston kolları ve ana (krank) mili civatalarla birleştirilmiştir.
- Kompresör ana milin ucundan ayrı bir elektrik motoru ile tahrik edilir. Bu, kayış-kasnak sistemi ile veya doğrudan kavrama ile bağlanarak yapılabilir.
- Bu tip kompresörler ticari soğutma uygulamalarında ve soğuk depolama tesislerinde kullanılır. Motor çıkış kademesi 3 kW ile 250 kW arasında değişmektedir.
- Kasnaklı tiplerde kasnak çapı değiştirilerek kompresör devir sayısı değişebilir.
- Sökülüp tamir edilebilir.
- Olumsuz yönleri; ana mil körüğünün zamanla yıpranıp gaz ve yağ kaçaqlarına neden olması, fazla yer kaplayıp kompakt tasarıma uygun olmayışıdır.



## Pistonlu Kompresörler

### ■ Yarı hermetik tip kompresör

- Yarı hermetik tip kompresörler genellikle soğu depolar ve market reyonları gibi büyük ticari tesislerde kullanılır.
- Tasarımı açık tiplere benzemekle birlikte farkı yönü elektrik motorunun kompresöre doğrudan bağlı olması ve sökülebilir kapalı ortamda bulunmasıdır.
- Dolayısıyla bu tip kompresörlerde soğutucu akışkan ve yağ motor sargılarıyla temas halinde olmaktadır. Avantajı sökülüp tamir edilebilmesidir.

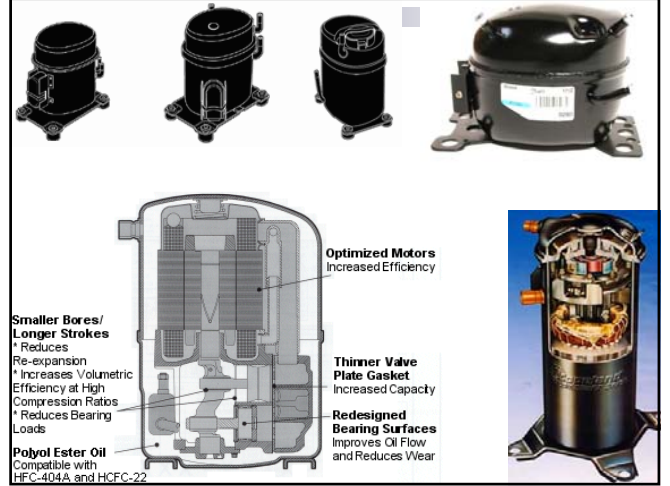




## Pistonlu Kompresörler

### Hermetik tip kompresör

- Bu tip kompresörler ev tipi soğutucularda, küçük tip ticari soğutucu ve dondurucularda kullanılır.
- Elektrik motoru kompresöre doğrudan bağlı olup kaynakla birleştirilmiş bir kap (dom) içine yerleştirilmiştir.
- Motor yağ ve soğutucu akışkanla sürekli temas halindedir. Genellikle tamiri mümkün değildir. Motor kademesi 0-7.5 kW arasındadır.



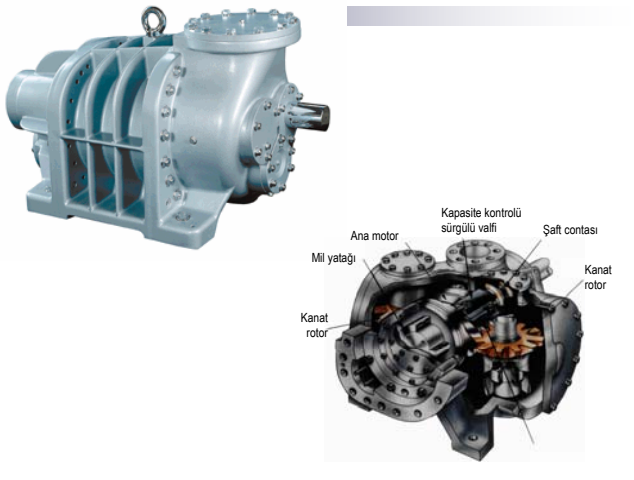
## Vidalı (Dişli) Kompresörler

- Hava kompresörü olarak imal edilen bu kompresörler daha sonraki yıllarda soğutma uygulamalarında kullanılmaya başlanmıştır.
- Yağsız çalışacak şekli imal edildiği gibi daha çok yağ püskürtmeli olarak imal edilir. Yağsız tiplerde sıkıştırma oranı ve giriş çıkış basınç farkı sınırlıdır. Yağ püskürtmeli tiplerde sınırlamalar geniş ölçüde kalkmaktadır.
- Püskürtülen yağın, vida üzerinde bir film tabakası oluşturarak sızdırmazlığı sağlamada, silindiri soğutmada, sesin ve aşınmaların azaltılmasında önemli görevleri vardır.
- Pistonlu kompresörlere göre emme hattı sıvı yürütmesine daha fazla tahammül edebilmektedir.
- Dıştan tahrikli vidalı kompresörlerde anamül sızdırmazlığı pistonlu kompresörlerde olduğu gibi körük sistemleriyle sağlanmaktadır. Yarı hermetik hatta küçük ticari sistemler için hermetik olanlarını bulmak mümkündür.
- Yağ püskürtmeli vidalı kompresörler yüksek yoğunlaşma basıncı kompresörlerde rahatlıkla kullanılabilir R-12, R-22, R-502, NH<sub>3</sub> gibi soğutucu akışkanlarla çalışacak soğutma sistemlerinde bu tip kompresörler kullanılabilir.

## Vidalı (Dişli) Kompresörler

### Tek vidalı (dişli) kompresör

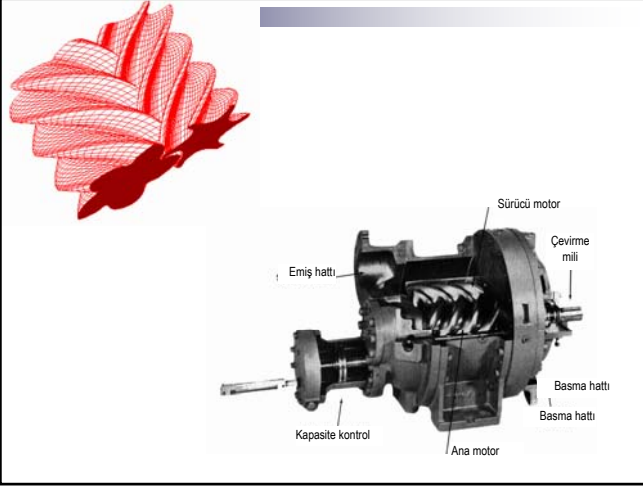
- Helisel bir rotor ile yıldız şeklindeki bir çift geçit rotorundan meydana gelmiş olan bu tip kompresörlerin soğutma uygulamalarındaki dizaynı şekilde görülmektedir.
- Tüm dönel kısımları yataklamak ve çevrelemek üzere emiş ve çıkış ağızlarındaki sahip bir dış gövde bulunur. Kompresör helisel rotor şaftından tahrik edilir, geçit rotorlarında helisel rotor şaftıyla birlikte dönerek emme ve basma işlemi gerçekleştirilir.



## Vidalı (Dişli) Kompresörler

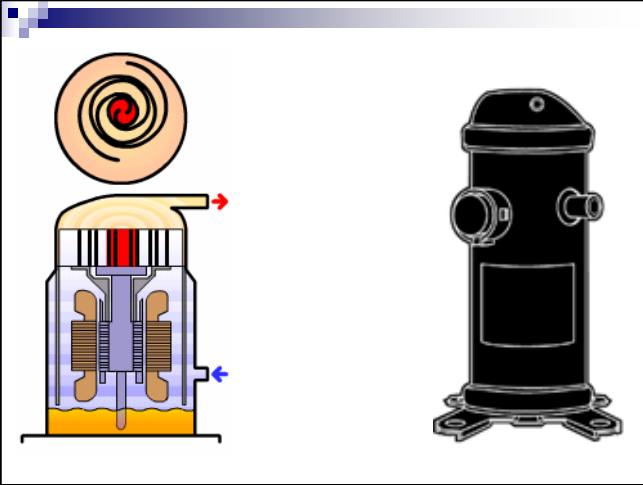
### Çift vidalı (dişli) kompresör

- Bu tip kompresörler iki helisel vida çiftinden meydana gelmektedir.
- Bu helisel vidalar bir dış gövde içerisine yerleştirilmiş ve her iki başlarından yataklanmıştır.
- Dış gövdede soğutucu akışkan giriş çıkış ağızları bulunur.
- Helisel dişlilerden birisi tahrik gücünü sıkıştırma işlemine iletir ve bu işlem sırasında diğer dişli serbest durumda tahrik edeni takip ederek döner.
- Her iki helisel dişlilerinde ayrı, ayrı tahrik edildiği çift vidalı kompresör tiplerinde rastlamak mümkündür.



## Scroll (Sarmal) Tipi Kompresör

- Bu oldukça yeni bir kompresör tipi olup daha çok küçük tip split iklimlendirme cihazlarında kullanılır.
- Her biri spiral (scroll) şeklinde olan iki metal levhadan oluşur. Levhanın biri sabit diğeri ise dönme hareketi yapar.
- İki spiral alın altına dönerken buhar spiralin merkezine doğru sıkıştırılır.
- Aşırı sıvı yürümlerine karşı dayanıklı olmaları, yüksek verime sahip olmaları, ses ve titreşim seviyelerinin düşük olması gibi önemli üstünlüklere sahip bulunmaktadır.



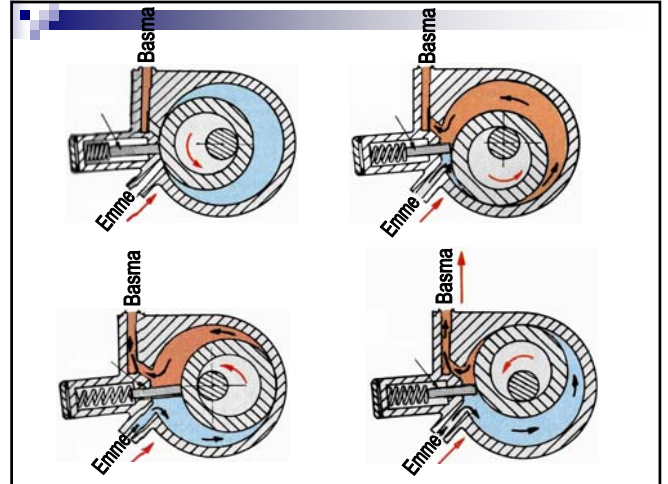
## Paletli (Rotorlu) Kompresörler

- Bu kompresör bir rotora sahip silindirik gövdeden oluşur. Rotor üzerinde gövde içine temas eden hareketli kanatçıklar mevcuttur.
- Rotor gövde içine eksenden kaçık yerleştirildiğinden dönme hareketi sonucunda soğutucu akışkan buharı genişleyen hacimden emilir, daralan hacimden sıkıştırılır. Motor çıkış güçleri 0.6-200 kW arasındadır.
- Büyük kompresörler ondan fazla kanata sahiptir.
- Bu kompresörler büyük tesisler için (booster) ve küçük ev tipi soğutucu ve klima uygulamalarında kullanılmaktadır.
- Dönel kompresörlerin bir değişik biçimi sabit tek kanatlı tipler olup standart vakum pompalarında kullanılır.

## Paletli (Rotorlu) Kompresörler

### ■ Tek paletli (paleti dönmeyen) kompresörler

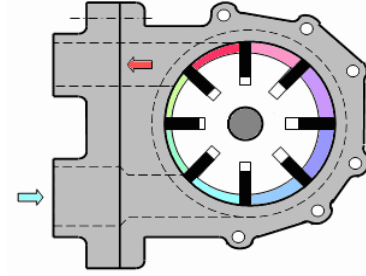
- Küçük kapasiteli ve hermetik kompresör tiplerine uygulanan bu tip paletli kompresörlerde palet dış gövdeye yerleştirilmiştir.
- Palet dönel harekete katılmaz, sadece dönel rotorun eksantrik hareketini takip ederek doğrusal hareket yapar.
- Tek paletli ve diğer paletli kompresörlerde hareket eden parçaların boşluklarını doldurmak, sürtünmeden dolayı aşınmaları en aza indirebilmek için hassas bir yağlama sistemine sahiptir.
- Pistonlu kompresörlere göre ölü hacim çok az olduğu için volumetrik verim çok yüksek, ayrıca ses ve titreşim seviyeleri çok düşüktür.



## Paletli (Rotorlu) Kompresörler

### ■ Çok paletli (paleti dönen) kompresörler

- Bu tip kompresörler daha çok büyük kapasiteli soğutma sistemlerinde çift kademeli (Kaskat) soğutma sistemlerinin alçak devresi için rahatlıkla kullanabilmektedir.
- Bu kompresörlerde paletlerde rotorla birlikte dönel harekete katılırlar, aynı kapasitedeki diğer tip kompresörlerden daha küçük boyutlu ve hafif olmaları çok düşük buharlaşma sıcaklıklarında başarıyla kullanabilmeleri soğuk depoculukta, endüstriyel soğutma uygulamalarında cazip hale gelmektedir.



## Santrifüj Kompresör

- Bu tip kompresörlerde, santrifüj kuvvetler yardımıyla hızlandırılan akışkanın kazandığı dinamik enerjinin tekrar basınca dönüştürülmesiyle sıkıştırma işlemi gerçekleştirilmektedir.
- Buhar yüksek devirde dönen çarkın merkezinden emilir ve merkezkaç kuvvet ile çıkış tarafına atılır.
- Çarkın dışında salyangoz biçimindeki zarf yardımıyla buhar basınçlı olarak basma tarafına yönlendirilir.
- Bu kompresörlerin sıkıştırma oranı yüksek değildir ancak buhar debisi yüksektir.
- Bu tip kompresörler alçak yüksek taraf basıncının fazla olmadığı durumlarda, büyük süpürme hacimleri gerektiren düşük yoğunlaşma basınçlı soğutucu akışkanlar için uygun olup devir sayısını veya kademe sayısını çoğaltılmak suretiyle yüksek yoğunlaşma basınçlı soğutucu akışkanlar içinde uygulanabilmektedir.
- Açık, yarı hermetik, hermetik tipleri mevcuttur. Büyük klima santrallerinde soğutulmuş su üretiminde, market tipi soğutucularda kullanılmaktadır.



# KONDANSERLER

## KONDANSERLER

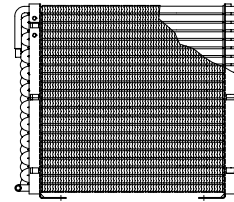
- Soğutma sistemlerinde sıkıştırma kademesinin (kompresör) den sonra gelen diğer ana eleman kondenserlerdir.
- Soğutucu akışkan tarafından evaporatörden alınan ısı ile sıkıştırma kademesinde kompresör tarafından eklenen ısıyla kızgın buhar haline gelen soğutucu akışkanı tekrar kullanılmak üzere sıvı haline getiren yoğuşurma elemanıdır.
- Yoğuşurma ortamına transfer edilen ısının, kondenser ısı transfer yüzeyinde değişik oranlarda üç hal değişiminden oluştuğu söylenebilir.
- Kondanser girişinde kızgın buhar halindeki soğutucu akışkanın kızgınlığının alınarak doymuş halini alması, doymuş buhar halindeki soğutucu akışkanın tamamının sıvılaştırılması ve doyma basıncındaki sıvı soğutucu akışkanı sabit basınç altında aşırı soğutulması.

## Hava Soğutmalı Kondenserler

- Bu tip kondenserlerin basit oluşları, kuruluş ve işletme masraflarının az olması, bakım ve tamirlerinin kolaylığı gibi olumlu yönleri küçük kapasitedeki soğutma sistemlerinde istisnasız denecek kadar kullanılabilen bu kondenserler ayrıca her türlü soğutma uygulamasına uyabilecek karakterdedir.
- Hava soğutmalı kondenserleri iki gruba ayırmak mümkündür.

## Hava Soğutmalı Kondenserler

- **Tabii soğutmalı (statik konveksiyonlu) kondenserler**
  - Küçük kapasitedeki ve ev tipi soğutma sistemlerinde yoğuşurma ortamına transfer edilecek ısı için bir enerji harcanmaması hava sirkülasyonunun tabii olması nedeniyle yaygın olarak kullanılan bir kondenser çeşididir.



## Hava Soğutmalı Kondenserler

- **Zorlanmış havalı (cebri konveksiyonlu) kondenserler**
  - Kondenser ısı transfer yüzeyinin aynı kapasitede tabii konveksiyonlu kondensere göre çok küçük olması ticari tip soğutucularda tercih edilen bir kondenser çeşididir.
  - Bu tip kondenserlerde fanların devir sayısını istenilen yoğuşma basıncına göre kontrol etmek mümkündür.
  - Cebri konveksiyonlu havalı kondenserleri grup şekillerine göre iki sınıfa ayırılır;
    - Kompresörle birlikte gruplandırılabilen kondenserler
    - Kompresörden uzak bir mesafeye konulacak şekilde tertiplenmiş (Split kondenser)



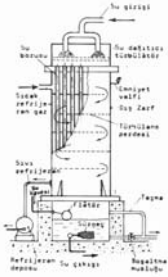
## Su Soğutmalı Kondenserler

- Büyük ticari tip soğutucularda ve endüstriyel soğutma uygulamalarında kullanılan bir kondenser tipidir.
- Kondenser ısı transfer yüzeyinin küçük olması, su kaynağının düşük sıcaklıkta bol ve sert su olmaması durumunda kuruluş ve işletme masrafları yönünden en ideal bir yoğuşurma ünitesi olarak kabul edilebilir. Bu tip kondenserlerde yoğuşma basıncı su regülatör valfi ile istenilen değerlerde tutulabilir.
- Su soğutma kondenserlerini 5 grupta toplamak mümkündür.

## Su Soğutmalı Kondenseler

### ■ Dik tertipli borulu (dış zarf tipi su soğutmalı) kondenseler

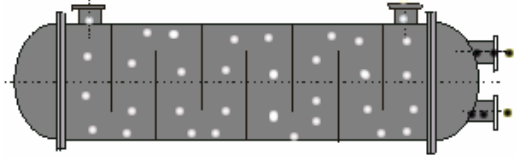
- Bu tip kondenselerde şekilde görüldüğü gibi su kondenserin üst kısmına gelmekte buradan su dağıtıcıyla dikey konumdaki boruların içerisine akmaktadır. Kızgın buhar halindeki soğutucu akışkan kondenserin üst tarafından girerek kondenser çıkışında sıvı soğutucu akışkan olarak sıvı deposuna akar. Kondenser çıkışında ısınan su ya tahliye edilir veya tekrar kullanılmak üzere su soğutma kulesine gönderilir.



## Su Soğutmalı Kondenseler

### ■ Yatık tertipli borulu (dış zarf tipi) kondenseler

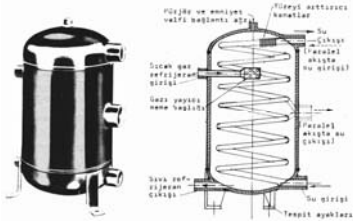
- Soğutma sistemlerinde kullanılan kapasitesi büyük kondenseler grubuna giren bu kondenselerde boruların dış yüzeylerine kanatçıklar takıldığı için verimleri yüksektir.



## Su Soğutmalı Kondenseler

### ■ Helisel serpantinli (dış zarf tipi) su soğutmalı kondenseler

- Bir dış zarfın içerisine yerleştirilmiş tek veya çok sayıda serpantin devresi ile soğutucu akışkan içinde yoğunlaştırılır.
- Küçük kapasitedeki paket tipi soğutma sistemlerinde kullanılan bu kondenseler bir dış zarf içerisine yerleştirilmiş tek veya çok serpantinden oluşmuştur.



## Su Soğutmalı Kondenseler

### ■ İç içe geçmiş borulu su soğutmalı kondenseler

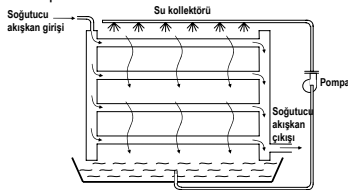
- İç içe iki borunun merkezlenmiş şekilde birleştirilip serpantin halinde sarılması suretiyle imal edilmiştir.
- Isı transfer katsayısının artırılıp kondenser yüzeyinin küçük çıkabilmesi için iç borunun çeperine 1, 2 veya 3 yerden helisel oluklar açılabilir.



## Su Soğutmalı Kondenseler

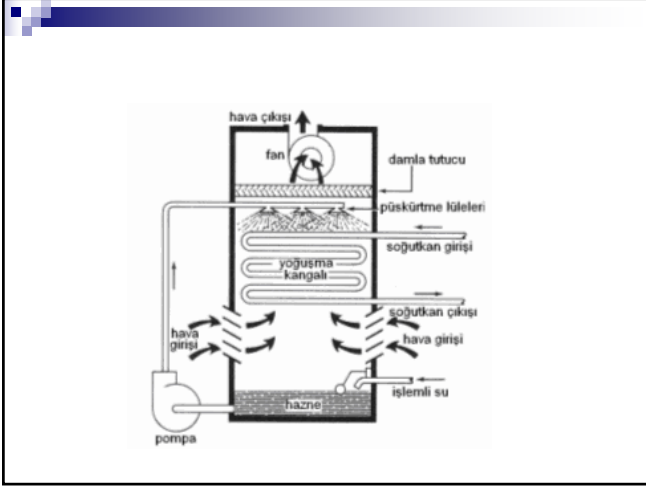
### ■ Atmosferik tip su soğutmalı kondenseler

- Bu tip kondenseler kollektörden püskürtülen suyun aşağıya doğru hareketinde bir kısmının buharlaşarak soğuması su-soğutucu akışkan sıcaklık farkının artmasına neden olduğundan kondenser ısı transfer yüzeyini güçlendirecektir.
- Bu tip kondenselerde verim düşük olduğu için bu tip kondenselerin yerine evaporatif kondenseler kullanılmaktadır.



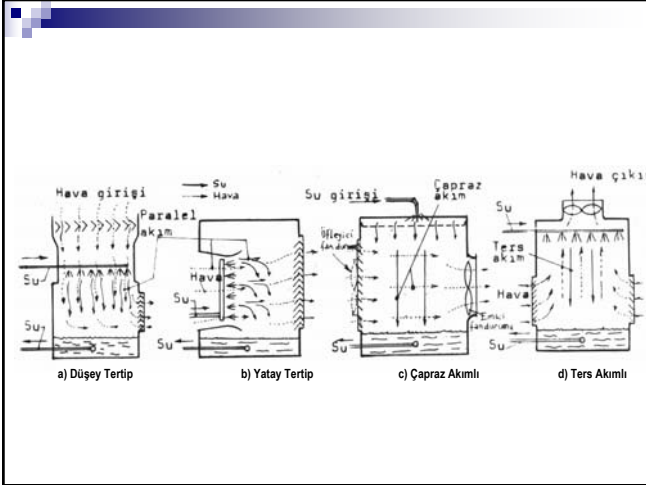
## Evaporatif Kondenseler

- Hava ve suyun soğutma etkisinden yararlanılarak dizayn edilen bu tip kondenselerin yüksek verimli olmaları ve su soğutma kulelerine ihtiyaç göstermemeleri gibi olumlu yönlerine rağmen bakım ve servis güçlüğü, çabuk kirlenmeleri, sık, sık arızalanma ihtimali gibi olumsuz faktörler bu kondenselerin kullanımını cazip kılmamaktadır.
- Yaz aylarında nem oranı çok yüksek olan bölgelerde yaş termometre sıcaklığı ile kuru termometre sıcaklıkları arasındaki fark çok azalacağından problemler çıkmaktadır.
- Kış aylarında ise yüksek taraf basıncının aşırı düşmesine karşı fan devri düşürülerek, püskürtülen suyun debisinin kısılması gibi önlemler alınabilir.
- Bu tip kondenseler binanın dışına veya çatıya konduğu için suyun donmasına karşı önlemler alınmalıdır.



## Su Soğutma Kuleleri

- Suyun sürekli olarak ucuza temin edilemediği, kullanılan suyun zamanla boruların iç kısmında kireçtaşı oluşturulmasından dolayı soğutma sistemlerine su soğutma kuleleri ilave edilerek çalıştırılırlar.
- Bu tip kondenserlerde soğutucu akışkan tarafından soğutma suyuna transfer edilen ısıнын atmosfere tahliyesi kuledeki suyun tabii veya mekanik çekişli olarak buharlaştırılmasıyla mümkün olmaktadır. Yüksek taraf basıncı su debisi ve fan hızı ayarlanarak istenilen değerlerde tutulabilir.
- Kuledeki su sıcaklığı teorik olarak kulenin bulunduğu bölgenin yaş termometre sıcaklığına kadar indirilebilir. Yaz aylarında nem yüzdesi fazla olan illerimizde kuru termometre sıcaklığı ile yaş termometre sıcaklığı arasındaki fark azalacağından kule verimi olumsuz yönde etkilenecektir.



# EVAPORATÖRLER

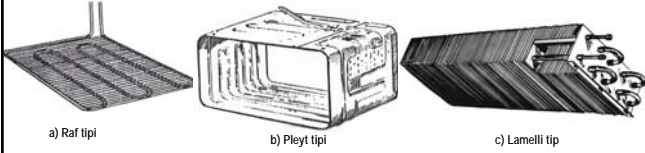
## EVAPORATÖRLER

- Soğutucu akışkanın sabit basınçta izotermik genişleme sonunda soğutulan hacimden ısı çekilen bölümüdür.
- P-h diyagramında 4 noktasını düşünerek, soğutucu akışkan evaporatör girişinde sabit doyma basıncında sıvı oranı çok fazla buhar oranı az kaynayan sıvı+buhar fazındadır.
- Soğutucu akışkanın çevrimin başlangıçtaki (doymuş buhar) haline gelebilmesi yani akışkanın faz değişimi için soğutulan hacimden buharlaşma gizli ısısı kadar ısı absorbe etmesi gerekecektir.

## Hava Soğutmalı Evaporatörler

### ■ Tabii Konveksiyonlu Hava Soğutmalı Evaporatörler

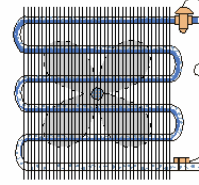
- Havanın ısı taşınım katsayısı küçük olduğu için hava geçiş yüzeylerini artırıp evaporatör ısı transfer yüzeyini küçük tutmak için kanatçıklar ilave edilir veya ev tipi soğutucularda olduğu gibi levha tipi tasarım yapılır.
- Bu tip evaporatörler ev tipi soğutucularda, ticari tip soğutucuların düşük sıcaklık gerektirmeyen alt bölümlerinde, küçük tip soğuk odalarda kullanıldığı için soğutucu akışkanı buharlaştıracak evaporatör ısı transfer yüzeyinin de küçük olması istenen bir durumdur.
- Çünkü büyük hacimli evaporatör sistem içerisinde kullanılacak hacmi azaltacaktır.



## Hava Soğutmalı Evaporatörler

### ■ Cebri Konveksiyonlu Hava Soğutmalı Evaporatörler

- Bu tip evaporatörlerde havanın fanla hareketlendirilmesi havanın ısı taşınım katsayısını artırıp evaporatör ısı transfer yüzeyini küçültmektedir.
- Havanın cebri olarak hareketlendirilmesiyle sistemdeki hava homojen bir şekilde hareket ettiği için ölü noktaların tamamı kalkabilir.
- Sistemdeki ısıyı kısa sürede uzaklaştırıp ürün muhafaza süre artabilir.
- Evaporatör ısı transfer yüzeyinin küçük çıkması sistemde faydalı alanı artıracaktır.



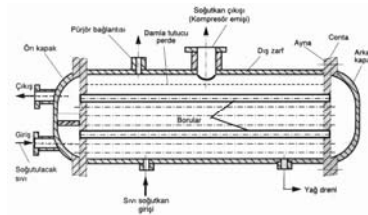
## Sıvı Soğutmalı Evaporatörler

- Ticari tip hipermarket soğutucularda, klima santrallerinde, endüstriyel soğutma uygulamalarında, büyük kapasitedeki otel ve restoranların soğutulmuş su ihtiyacının karşılanmasında, elektrik enerjisi birim fiyatının saat 22.06 arası çok düşük olması büyük kapasitedeki soğutma uygulamalarında belirtilen saatlerde soğutulmuş su veya salamura edilmiş karışımların depolanarak kullanılması tercih edilir hale gelmiştir.
- Bu tip evaporatörler küçük tip soğuk su üreten sistemlerde de kullanılmaktadır.

## Sıvı Soğutmalı Evaporatörler

### ■ Sıvı Taşmalı Su Soğutucu Evaporatörler

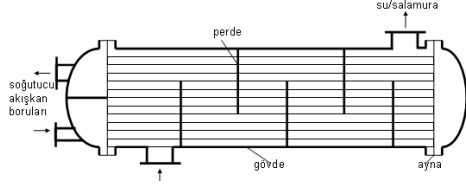
- Bu tip evaporatörlerde sıvı soğutucu akışkan boru demetinin dış yüzeyleriyle temas halinde, boru demeti içinden ise soğutulacak su dolaşmaktadır.
- Soğutulacak sıvı, evaporatör girişinde sıvı soğutucu akışkanı buharlaştırarak soğutulmuş su olarak çıkmaktadır.
- Soğutucu akışkan soğutulacak suyun dış yüzeyiyle temas halinde olduğu için verimleri yüksektir.



## Sıvı Soğutmalı Evaporatörler

### ■ Direkt Genleşmeli Su Soğutucu Evaporatörler

- Sıvı soğutucu akışkan boru demetinin dışından geçmektedir.
- Bu tip evaporatörler pozitif sıkıştırımlı kompresörlerle uygulandığı için basınç farklarıda yüksek olduğundan soğutulan suyun donmaması için salamura veya karışım halinde olması gerekir.





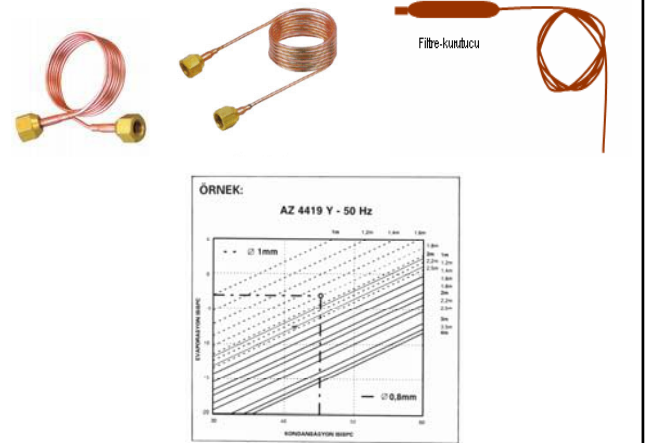
## GENLEŞME VALFLERİ

## GENLEŞME VALFLERİ

- Carnot soğutma çevrimi, ilkesine göre çalışan buhar sıkıştırmalı mekanik soğutma sistemlerinde maddenin halini değiştirerek soğutma elde edildiği tekrar hatırlanırsa kompresör girişinde doymuş buhar, kompresör çıkışında kızgın buhar halinde olan soğutucu akışkan kondenserde yoğunlaşarak sıvı halini alır.
- Sıvı soğutucu akışkanın çevrim başlangıcındaki doymuş buhar haline gelebilmesi için evaporatörde buharlaşma basıncına düşürülmesi gerekir.
- Kondenser çıkışındaki sıvı soğutucu akışkanı evaporatörde buharlaşma basıncına düşürerek akışkanın buharlaşmasını sağlayan elemanlara direkt genişletmeli sistemlerde genişleme valfi, sıvı taşmalı sistemlerde ise seviye kontrollü valf olarak adlandırabiliriz.
- Her iki sistemdede sıvı kontrol elemanlarından beklenen husus, evaporatörde buharlaşan soğutucu akışkan buharı kadar sıvı soğutucu akışkanın evaporatöre geçişini sağlamaktır.

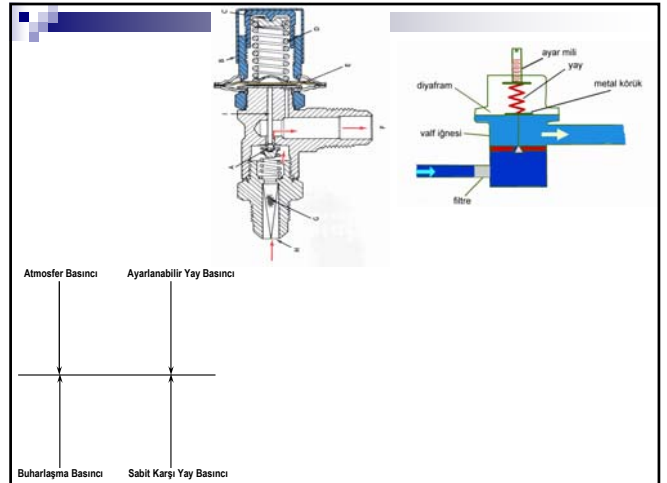
## Kılcal (Kapiller) Boru

- Sabit basınç ve izotermik sıkıştırma işlemiyle kondenser çıkışında sıvı hale gelen soğutucu akışkanın, yüksek basınç tarafından alçak basınç tarafına sıvı soğutucu akışkan geçişini (evaporatörde buharlaşan soğutucu akışkan miktarı kadar) kontrol altına alan soğutma sistemin önemli elemanıdır.
- Kılcal boru prensibine göre sıvı soğutucu akışkan gaz halindeki soğutucu akışkana göre daha kolay ve çabuk hareket eder. Soğutma yüküne göre evaporatörde buharlaşan soğutucu akışkan kadar evaporatörde sıvı geçiş kılcal boru ile gerçekleştirilir. Soğutma yükü azaldığı zaman evaporatöre taşınan soğutucu akışkan miktarında azaltılması gerekecektir aksi takdirde evaporatörde sıvı yığılması olacak ve emme hattına sıvı yürümesi söz konusu olacaktır. Evaporatörde buharlaşan akışkan miktarı azaldığı zaman kılcal boru çıkışında buharlaşma meydana gelerek sıvı soğutucu akışkanın geçişine direnç oluşturulduğundan akış kontrollü olarak sağlanmış olacaktır.
- Kılcal borulu soğutma sistemleri ev tipi soğutucularda, klima cihazları gibi küçük soğutma sistemlerinde kullanılmaktadır. Kılcal boru kondenserin çıkışı ile evaporatörün giriş arasına filtre kurutucu ile birlikte bağlanır. Kılcal borulu soğutma sistemlerinde,
  - Sistemin kompresör kapasitesi,
  - Sistemde kullanılacak soğutucu akışkan türü,
  - Buharlaşma sıcaklığı,
  - Ortam sıcaklığı
- değerleri tespit edildikten sonra kılcal boru uzunluğu ve çapı tablo veya grafik yardımıyla bulunabilir. Şekildeki grafikte R-134a soğutucu akışkan için değişik şartlarda kılcal boru uzunluğu ve çapı bulunabilir.



## Otomatik Genleşme Valfi

- Soğutma yükünün çok fazla değişmediği soğutma uygulamalarında kullanılan bu genişleme valfi sabit buharlaşma basıncını sağladığı gibi sabit bir buharlaşma sıcaklığında sağlamaya çalışır.
- Bu tip valflerde diyaframı hareket ettiren dört kuvvet vardır.
- Diyaframın üzerinde topuz ile ayarlanabilen P1 yay basıncı tesir eder. Diyaframın altında ise P2 sabit karşı yay basıncı ve P3 evaporatörde basıncı tesir eder.
- $P1 \geq P2 + P3$  olduğundan valften soğutucu akışkan geçmeye başlar. Evaporatör basıncı artınca yay basıncını yener ve diyaframı yukarıya doğru hareket ederek valf kesiti kapanmaya başlar.
- Evaporatörün buharlaşma basıncı ve kızgınlık değeri topuz çevrilerek ayarlanabilir. Topuz sağa çevrildiğinde sıvı geçişi arttığı için evaporatör basıncı artar, kızgınlık azalır.
- Topuz sola çevrildiğinde ise sıvı geçişi azaldığı için evaporatör basıncı azalır, kızgınlık artar.
- Evaporatördeki yük artınca valfin daha fazla sıvı geçişine müsaade etmesi gerekirken sıvı geçişini kısıtlaması değişken yüklü soğutma sistemlerinde bu valfin kullanılması cazip değildir.

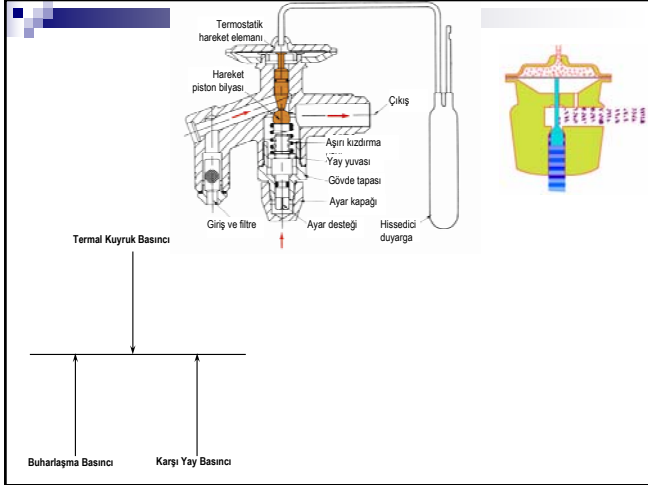


## Termostatik Genleşme Valfi

- Bu tip valflerde evaporatör çıkışına bağlanan kuyruk (bulb) basıncına göre sıvı soğutucu akışkanın evaporatöre taşınması, değişken yüklü soğutma sistemlerinde başarı ile uygulanmaktadır.
- Sistemde soğutma yükü arttığı zaman kuyruk basıncında arttığından diyafram valf milini aşağı iterek sisteme ilave soğutucu akışkanın geçişi sağlanmış olacaktır.
- Kuyruk içinde bulunan gaz sistemde kullanılan soğutucu akışkanla aynı cinsten veya farklı cinsten gaz, sıvı veya doymuş buhar halinde olabilir.
- Soğutma sistemlerinde evaporatör çıkışında soğutucu akışkanın tamamının doymuş buhar halinde olması hem evaporatör ısı transfer yüzeyinin verimli kullanılmasını hem de emme hattına sıvı yürümemesi için ideal durumdur.
- Soğutma uygulamalarında bu ideal durumdan sürekli yararlanabilmek için evaporatör çıkışındaki soğutucu akışkanın sıcaklığı buharlaşma sıcaklığının maksimum 5-7°C büyük tutulmasıyla yani kızgınlık sağlayarak gerçekleştirilmektedir. Valfteki kızgınlık ayar vidası ile soğutucu akışkanın evaporatör çıkış sıcaklığı ayarlanabilir.

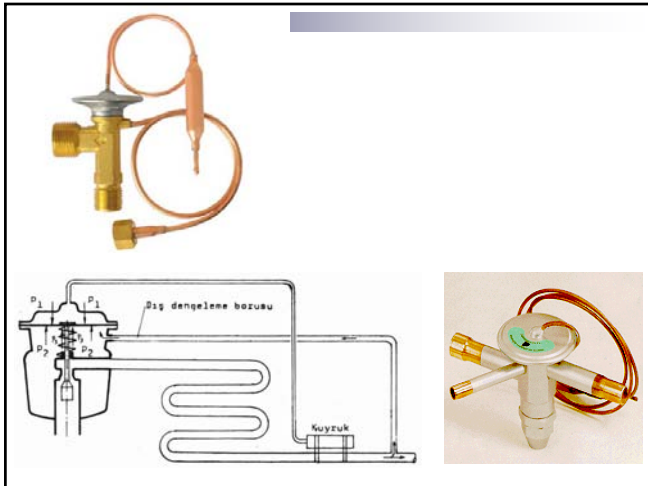
## Termostatik Genleşme Valfi

- İçten dengelemeli termostatik genleşme valfi
  - Bu tip valflerde evaporatörde buharlaşan soğutucu akışkan miktarı kadar sıvı soğutucu akışkanın geçişini ayarlayan 3 ana kuvvet vardır.
  - T.G.V'nin diyaframı kuyruk basıncının artmasıyla aşağı doğru itilmeye zorlanır. Diyagramın altından P2 karşı yay kuvveti ve P3 evaporatör basıncı, üst kuyruk basıncı P1 basıncına karşı koyacak ve valf kesitini kapamaya çalışacaktır. Valf kesitinin açılması için kuyruk basıncı iki karşı basıncın toplamı P2+P3'den büyük veya eşit olması durumunda (P1≥P2+P3) evaporatöre sıvı soğutucu akışkan geçişi sağlanmış olur.
  - Evaporatör içerisinde buharlaşan soğutucu akışkan soğutulan hacimden ısı absorbe ettiği için evaporatöre giren soğutucu akışkanın yüküne göre kısıtlanması gerekir aksi takdirde evaporatörde sıvı yığılması olacaktır. Bu durumda evaporatör basıncı (P2) artacağından diyaframı yukarı doğru hareket ettirip sıvı geçişini azaltacaktır.
  - Akışın azalmasıyla kızgınlık artacağından kuyruk basıncında artacağından diyafram bu sefer valf milini aşağı iterek sıvı geçişini artıracaktır. Eğer P2+P3 basıncı formülasyonunda da görüleceği üzere büyük olursa sıvı geçişi tamamen durdurulacaktır. Bu tip valflerde evaporatör çıkışındaki soğutucu akışkanın sıcaklığı kızgınlık ayar vidası döndürülerek yapılabilmektedir.



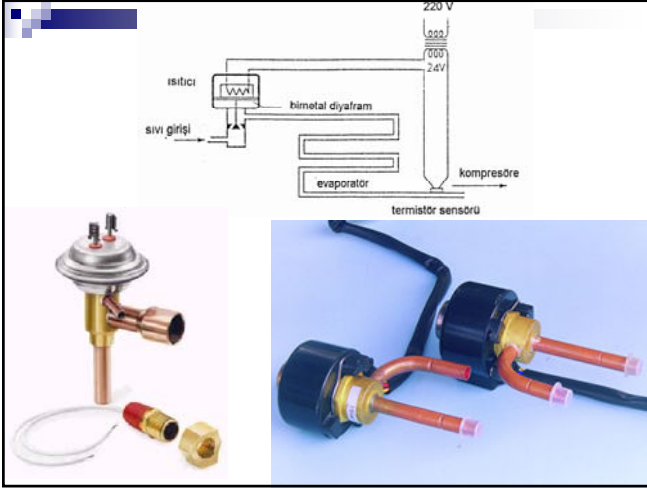
## Termostatik Genleşme Valfi

- Dıştan dengelemeli genleşme valfi
  - Bu tip valfler büyük ticari soğutma sistemlerinde ve endüstriyel soğutma uygulamalarında kullanılır. Evaporatör giriş ve çıkışı arasındaki basınç kaybı çok fazla olduğu için genleşme valfinin çok kısık çalışmasına ve evaporatör kapasitesinin düşmesine sebep olur.
  - Dıştan dengelemeli valf kullanılarak bu durum önenebilir. Bu tip valflerin içten dengelemeli valflere göre tek farkı P2 basıncının evaporatör girişinden değil de çıkışından bir kılcal boru ile alınmasıdır.



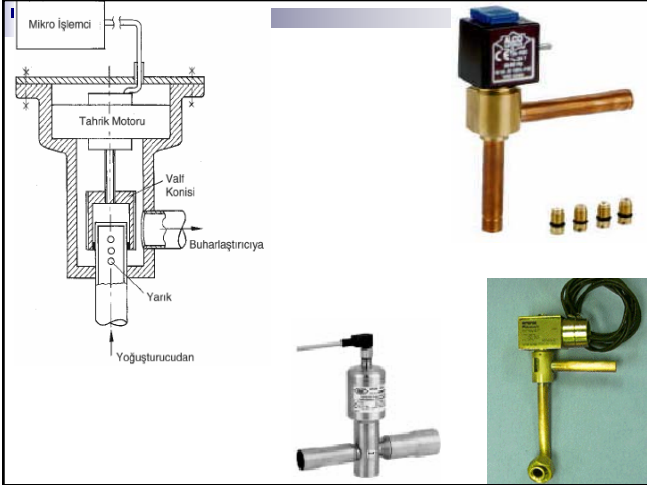
## Termoelektrik Genleşme Valfi

- Bu tip valflerde akış kontrolü elektronik elemanlarla sağlandığı için hassastır.
- Termostatik valflerle aynı prensiple çalışmasına rağmen farkı akış kontrolü evaporatör çıkışındaki kuyruk basıncıyla değil de, termistör ve ısıtıcı ile sağlanmaktadır.
- Evaporatör çıkışında soğutucu akışkanın sıcaklığı (kızgınlık) arttıkça termistörün direnci düşüp ısıtıcının direnci arttığında diyafram üzerindeki basınçta artacaktır.
- Diyagram üzerindeki basıncın artması valf milini aşağı itireceğinden, sisteme buharlaşan akışkan miktarı kadar sıvı geçişi sağlanmış olacaktır.



## Elektronik Genleşme Valfi

- Yeni gelişmeler termostatik valf yerine, elektronik (genelde mikro işlemcili) kontrollü, elektrik tahrikli valfler kullanılması yönündedir.
- Kızgınlık bir sıcaklık hissedici ile ölçülür, doyma sıcaklığı başka bir hissedici veya doyma sıcaklığını hesaplayan bir basınç hissedici ile ölçülür.
- Bu iki sıcaklık farkı, yani kızgınlık, ayar büyüklüğü olarak kullanılır. Bu şekilde ayarlama daha pahalı olmasına rağmen, kısmi yüklerde ve düşük buharlaşma sıcaklıklarında verimi arttırdığı için işletme maliyetinde azalma sağlar.
- Ayrıca sıvı hatlarında solenoid valf gerektirmezler.
- Bu valflerin önemli bir avantajları kapasite kademelerinin çok geniş olabilmesidir.



## SOĞUTMA SİSTEMİ YARDIMCI ELEMANLARI

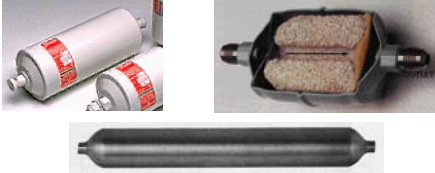
## FİLTRE KURUTUCULAR

- Soğutma sistemi anızalarının büyük çoğunluğu sistem işletmeye alınmadan önce sistemdeki havanın tam olarak vakumlanmaması yani atmosfer havasının sistem içerisinde kalmasıyla, kaynak işlemi yapılırken boru içerisinde kalan pasta artıkları ve havşa taşları tedbir alınmazsa sisteme önemli ölçüde zarar verebilmektedir. Atmosfer havası Oksijen ve Azot gazı soğutma sistemlerinin çalışma şartlarında sıvılaşmadığı için bu maddeler yoğunlaşmayan gazlardır.
- Soğutma sistemlerinde hava içerisindeki oksijen ve su buharı, soğutucu akışkan yağlama yağına etki ederek; Korozyon, Bakır kaplaması, Asit oluşması, Pelletleşmesi gibi zararlı kimyasal reaksiyon oluşmasına sebep olur. Kaynak pastası, rayba talaşlarında sistemdeki artık yabancı maddeler özellikle pistonlu kompresörlere çok ciddi zararlar vermektedirler. Filtre kurutuculara havanın ve yabancı maddelerin olumsuz etkisi en aza indirilebilmektedir. Filtre kurutuculara nemi ve asiti tutmak üzere kullanılan dolgu maddesi değişik türden kimyasal bileşiklerdir; Adsorbsiyon yoluyla nemi ve asitli tuzan maddelerden filtre-dryerlerin en çok kullanılanları; Aktif Alumina (Alüminyum oksit) moleküler süzgeç, Aktif Karbon moleküler süzgeç, Silikajel, moleküler süzgeçtir.
- İmalatı biten tüm soğutma sistemi elemanları atmosfer havasının olumsuz etkilerine ve bağlantı uçlarının dış etkilerden zarar görmemesi için giriş ve çıkışları plastik topraklar veya sızdırmaz rakortlarla kapatılır. Kompresör ve filtre kurutucularda ise imalat sırasında elemanların içine sızmış olan hava vakumlandıktan sonra toplanması gerekmektedir. Akış kapasitesine göre, imalatçı firma kataloglarından filtre seçimi yapılabilir.

## FİLTRE KURUTUCULAR

### Sıvı Hattı Filtre Kurutucular

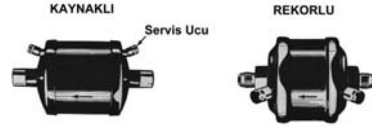
- Sıvı hattında kullanılan filtre -dryerler, küçük kapasiteler için kullanılan atılan filtre büyük kapasite ve boyutlar için nem ve pislik tutucu dolgu su değiştirilebilir olarak yapılır. Nem tutan dolgu silikajel, aktif alumina granüle olarak veya şekillendirilmiş olarak kartuşun içine konur. Granüle dolgu küçük kapasiteli soğutma sistemlerinde kullanılır. Giriş tarafına konulan ince moleküler gözenekli, tel veya cam elyafı örgülü tampon pisillerini iyi filtrelenmesini ve granüle nem alıcı maddenin filtre-kurutucu hücrelerinden dışarı çıkmasını sağlar.
- Büyük kapasiteli soğutma sistemlerinde değiştirilebilir kartuşlu filtre kurutucular kullanılmaktadır. Nemi alan kurutucu eleman bağlayıcı bir madde ile karıştırılıp pisinler kartuş haline getirilmektedir. Bu kartuşun hem nem alıcı maddeyi içinde bulundurması hemde çok ince gözenekli mikron filtre özelliğini taşıması iyi bir nem, asit ve pislik tutucu görevi sağlar.



## FİLTRE KURUTUCULAR

### Emme Hattı Filtre Kurutucular

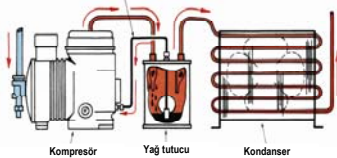
- Bu tip filtreler emme hattında oluşabilecek asit, tortu ve çapak gibi kompresöre ve yağa zarar verecek yabancı maddeleri tutma özelliklerine sahiptir.
- Kompresör emişi tarafına takılan bu filtreden geçen soğutucu akışkanın buhar halde oluşu, emme hattı boru çapının büyük olması nedeniyle bağlantı uçlarının büyük olması, değişken maddenin asit ve pislik tutma görevi olduğu için dış boyutlarının küçük olması sıvı hattı filtre kurutuculara göre belirgin farklardır.
- Emme hattı filtrelerde küçük kapasitedeki soğutma uygulamalarında sökülüp atılabilen olarak, büyük kapasiteli soğutma uygulamalarında değiştirilebilir kartuşlu olarak yapılabilir.



## YAĞ TUTUCULAR

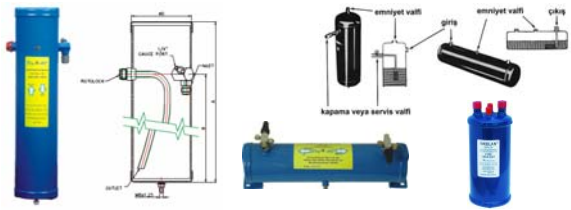
- Buhar sıkıstırmalı mekanik soğutma uygulamalarında yağlama kompresörün dönel aksamlarında, piston ve silindiri arasındaki boşluğu doldurup kompresyon işlemine, sürtünmeden dolayı oluşan ısının alınması maksadıyla kompresör içerisinde kullanılır. Yağın kompresör dışına sistemin başka bir bölüne geçmesini izlenilmesinde pek mümkün olmaz. Çünkü yağın soğutucu akışkanla iyi karışması istenmektedir.
- Kompresör çıkışında yağın soğutucu akışkandan ayrılmasına sonucu sistemdeki yağ seviyesinin azalmasına yağın kondensere ve özellikle evaporatörde mullaşarak akış geçişine direnç oluşturması ve ısı transfer yüzeyinin olumsuz etkilenmesi (evaporatör çıkışında soğutucu akışkanın tamamının buharlaşmaması) soğutma sistemi yardımcı elemanlarından yağ tutucuyu kullanmak zorunlu hale gelmiştir.
- Kompresör çıkışı ile kondenser arasında takılan yağ tutucu kompresör çıkışındaki kogn buhar halindeki soğutucu akışkandan yağı ayıran yağ tutucular soğutucu akışkanın hızının düşürülmesi, akış yönünün değiştirilmesi prensiplerine göre çalışmaktadır. Şekli 8.3'de yağ tutucunun yeni gösterilmektedir.
- Kompresör çıkışı ile kondenser arasında takılan yağ tutucu kompresör çıkışındaki kogn buhar halindeki soğutucu akışkandan yağı ayıran yağ tutucular soğutucu akışkanın hızının düşürülmesi, akış yönünün değiştirilmesi prensiplerine göre çalışmaktadır. Şekli 8.3'de yağ tutucunun yeni gösterilmektedir.
- Kompresör çıkışı ile kondenser arasında takılan yağ tutucu kompresör çıkışındaki kogn buhar halindeki soğutucu akışkandan yağı ayıran yağ tutucular soğutucu akışkanın hızının düşürülmesi, akış yönünün değiştirilmesi prensiplerine göre çalışmaktadır. Şekli 8.3'de yağ tutucunun yeni gösterilmektedir.

Yağ dönüş hattı



## SIVI DEPOLARI

- Soğutma sistemlerinde evaporatörde buharlaşan soğutucu akışkan miktarı sürekli aynı olmadıgından, sistemde dolaştırılması gereken akışkan miktarı da maksimum soğutma yüküne göre belirlendiği için sistemdeki akışın karalı halde olabilmesi için genellikle kondenser çıkışına takılan sıvı tanklarında sıvı çıkış ağzına konulan kapama valfieri servis sırasında önemli kolaylıklar sağlamaktadır. Kılcal borulu sistemlerinde kondenserin bir kısmı sıvı tankı olarak kullanıldığı için ayrıca sıvı tankına gerek yoktur.



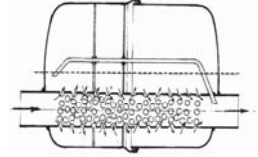
## TİTREŞİM EMİCİ

- Kompresörün oluşturduğu titreşimi absorbe etmek için kullanılır. Havşa bağlantılı ve kaynak ağızı bağlantılı olabilirler.
- Titreşim emiciler soğutucu hatlarına daima krank miline paralel olacak şekilde yerleştirilirler.



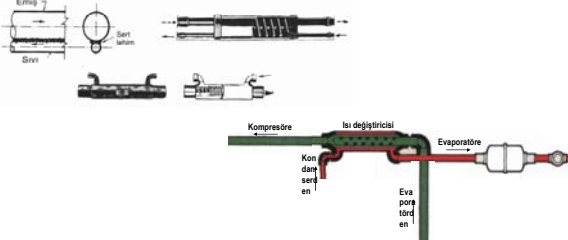
## BASMA HATTI SUSTURUCUSU

- Pistonlu kompresörlerde uzak mesafedeki kondensere soğutucu akışkanın gönderilmesinde ortaya çıkan piston darbelerinin söndürülmesi amacıyla kullanılır.
- Soğutucu akışkanın yönünü ve hızını birkaç defa değiştirerek darbeleri ve sesi yoktur.



## ISI DEĞİŞTİRİCİLER

- Soğutma sistemlerinde emme hattına sıvı yürümesini engellemek için kullanılan ısı eşanjörü evaporatöre gidecek sıvı soğutucu akışkanı aşırı soğularak değişik sebeplerle meydana gelen akışkan köpürmesi, genişleme valfinden meydana gelebilecek aşırı ses, kapasite kaybı, avlanma ve çevrimin veriminde olumlu yönde etkilemektedir.
- Küçük tip ve ev tipi soğutucularda sıvı hattı borusu ile emme hattı borusu dışarıdan kaynakla birleştirilerek yapılabilir.



## EMME HATTI AKÜMÜLATÖRÜ

- Buhar sıkıstırmalı mekanik soğutma uygulamalarında soğutucu akışkanın yağla birlikte emme hattına sıvı zerrecikleri veya sıvı hâlde akışı kompresör supapları, valf, pleyti hatta silindir blokuna zarar verebilir. Emme hattına sıvı yürümesini engellemek için kompresör emişine hattı akümülatöre sıvı zerrecikleri akümülatörün alt kısmında birikir.
- Şekilde emme hattından gelen soğutucu akışkan A noktasında akümülatöre girmekte, eğer soğutucu akışkan içerisinde sıvı zerrecikleri varsa D noktasında toplanmakta, B noktasında ise kuyu boyunun üç kısmında emilen buhar hâlindeki soğutucu akışkan kompresör emişine gönderilmektedir. Soğutucu akışkanla birlikte akümülatöre taşınan yağın birikmesi için C noktasına bir emiş memesi takılır. Emme hattı basıncının aşırı yüklenmesinden kompresörün zarar görmesini önlemek için A ile B uçları arasına basınç tapası takılarak sistemin emiyetini sağlar.
- -10°C buharlaşma sıcaklığının altındaki uygulamalarda sıvı soğutucu akışkanın buharlaşmasını kolaylaştırmak ve yağın viskozitesini düşürmek için akümülatörün gövdesine elektrikli ısıtıcı takılabilir. Emme hattı akümülatörü olan uygulamalarda ayrıca susturucuya gerek yoktur.



## GÖZETLEME CAMLARI

- Soğutma sistemlerindeki sıvı soğutucu akışkan akışını veya seviyesini görmek için, soğutucu akışkan miktarı ve nemi hakkında bilgi sahibi olmak üzere geliştirilen gözetleme camları genişleme valfi girişinden önce sıvı hattına takılır.



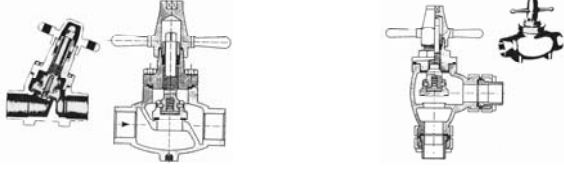
## SOĞUTUCU AKIŞKAN KONTROL ELEMANLARI

- Bir soğutma sisteminde soğutucu akışkan kontrol elemanları aşağıdaki özelliklere sahip olması gerekmektedir.
  - Normal çalışma şartlarında soğutucu akışkanı açıp, kapatma,
  - Sistemin bir kısmını diğer kısmından ayırıp diğer kısmında servis, tamir ve bakım için uygun konuma getirme,
  - Büyük kapasiteli soğutma sistemlerinde kompresörlerin ilk kalkınma anında yüksüz kaldırma işlemini gerçekleştirme,
  - Sistemin emiyetini sağlama.

## SOĞUTUCU AKIŞKAN KONTROL ELEMANLARI

### Açma Kapama Valfleri

- Valfin takılmış olduğu hattaki soğutucu akışkan geçişini durduran veya açan elle kumandalı akış kontrol elemanıdır



## SOĞUTUCU AKIŞKAN KONTROL ELEMANLARI

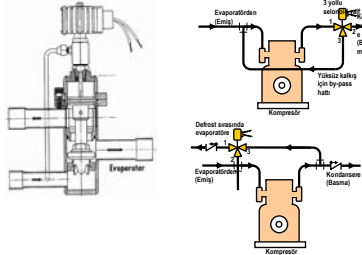
### Solenoid Valfler

- Soğutma sistemlerinde akışkan geçmesini elektrik sinyaliyle açıp kapayan veya akışkanın yönünü değiştiren solenoid valfler yaygın olarak kullanılmaktadır.
- Direkt etkili solenoid valfler küçük kapasiteli sistemlerde akışkan geçişini sadece magnetik bobin etkisiyle açıp kapayan akış kontrol elemanıdır.
- Pilot kontrollü solenoid valflerde ise büyük kapasiteli sistemlerde kullanılmaktadır.
- Bu tip valflerden magnetik bobin etkisine ilaveten akışkan basıncı etkisinde de yararlanılmaktadır. Valf içerisinde piston iki kuvvetin etkisiyle hareket ederek akış geçişini durdurup açabilir veya ısı pompalarında olduğu gibi akışkanın yönünü değiştirebilir.



## SOĞUTUCU AKIŞKAN KONTROL ELEMANLARI

- Solenoid Valfler ayrıca ısı pompalarında veya evaporatördeki karlanmayı gidermek için ters devre işlemlerinde başarıyla kullanılmaktadır.
- Ticari tip soğutma uygulamalarında sıcak gaz ile defrost işlemi ve yüksüz yol verme işlemi üç yollu solenoid valflerle gerçekleştirilmektedir.



## SOĞUTUCU AKIŞKAN KONTROL ELEMANLARI

### Çek Valfler

- Akışı tek yönde geçiren ancak diğer yönde geçirmeyen valflerdir.



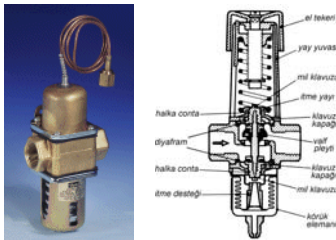
### DİSTRİBÜTÖR

- Genleşme valfinden sonra takılarak evaporatöre geçen soğutucu akışkanın çok kanallı olarak geçişini sağlar. Evaporatör verimini artırır.



## KONDENSER BASINÇ REGÜLÂTÖRÜ

- Su soğutmalı kondenser uygulamalarında soğutucu akışkanın yoğuşma basıncı ve sıcaklığının kontrolü için kullanılan bu valfler sulu kondenser çıkışındaki su sıcaklığına ve kompresör çıkışındaki basma hattı basıncına göre su debisini ayarlayarak yoğuşma basıncını ve sıcaklığını istenilen değerde tutar.



## SOĞUTMA SİSTEM AKSESUARLARININ KULLANILMA NEDENLERİ

- Sıvı Hattı Filtre Kurutucusu**
  - Nemi adsorbe ve/veya adsorbe eder.
  - Yabancı maddeleri tutar.
  - Asitleri adsorbe eder.
- Emme Hattı Filtre-Kurutucusu**
  - Asitleri adsorbe eder.
  - Yabancı maddelerin ve çöktürülen tutulmasına yardım eder.
- Sıvı Gözetleme Camı**
  - Soğutucu akışkan miktarının kolayca kontrol edilmesini sağlar. (Not: Soğutucu sarı gözetleme camına bakılarak kontrol edilir. Soğutucu akışkan içindeki kabarcıklar eksik olduğunu gösterir.)
  - Sistemdeki nem miktarını gösteren cihazı barındırır.
- Nem Göstergeleri**
  - Sistemdeki nemin artması ile renk yeşilden sarıya döner.
- Sıvı Deposu**
  - Soğutucu akışkanın depolanması için,
  - Kullanılabilecek fazla akışkanı sigorta eder.
  - Kılcal borulu sistemlerde kullanılmaz.

## SOĞUTMA SİSTEM AKSESUARLARININ KULLANILMA NEDENLERİ

- **Servis Valfleri**
  - Gösterge manifoldunun sisteme bağlanması için kullanılan deliktir.
  - Sistemin basıncını kontrol etmek için kullanılır.
  - Sistemi basınçlandırmak için kullanılır.
  - Sistemi vakumlarken kullanılır.
  - Sistem şarj edilirken kullanılır.
  - Sistem aşağı pompalama yapılırken kullanılır.
  - Sistemin bir kısmı diğer kısmından izole edilirken kullanılır.
- **Emme Hattı Akümülatörü**
  - Evaporatörden gelen fazla akışkanı tutar.
  - Kompresöre emme tarafından sıvı yürümesini önler.
- **Titreşim Emici**
  - Soğutucu hatlarındaki titreşimleri absorbe eder.
  - Soğutucu hatlarındaki çatlama ve gevşeme olmasını önler.

## BİR FİLTRE KURUTUCU SEÇİMİNDEKİ FAKTÖRLER

- **Sıvı Hattı Filtre Kurutucusu**
  - Nem tutma kapasitesi
  - Soğutucu gazın akış miktarı
  - Filtreleme yüzeyi
  - Bağlantı hattı tipi
  - Bağlantı hattı ölçüsü (Not: Özel iki yönde akışlı filtre kurutucular ısı pompalarında kullanılmalıdır.)
- **Emme Hattı Filtre Kurutucuları**
  - Sistemdeki soğutucu gazın cinsi
  - Kompresör beygir gücü
  - Emme hattının ölçüsü

## Basma Hattının Görevleri

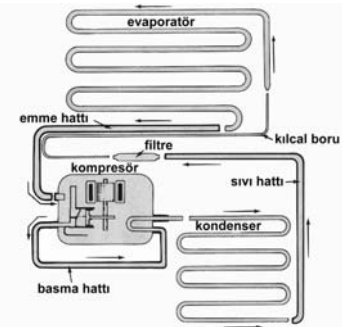
- Kompresör vasıtası ile sıcak gaz halindeki akışkanı kondensere basılır.
- Bütün devrede basınç farkı oluşturulup akışkanın dolaşım yapması sağlanır.
- Büyük sistemlerde yağın kondensere geçişi bu hatta bağlanan yağ ayırıcı ile önlenir.
- Gürültü ve titreşimler susturucu ve titreşim emici (eliminatör) ile önlenir.
- Kompresöre kondenserden sıvı halde akışkan yürümesi konulan çek valf ile önlenir.
- Konulan servis valfi ile sıvı halde gaz şarjı ve basınç kontrolü yapılabilir.

## Sıvı Hattının Görevleri

- Kondenserde yoğunlaşan soğutucu akışkanın depolanıp evaporatöre düzenli olarak verilmesini sağlar.
- Üzerindeki filtre-kurutucu verilmesini sağlar.
- Üzerindeki gözetleme ve nem kontrol camları ile soğutucu akışkan miktarının yeterli ve kuru olup olmadığını, sistemde hava bulunup bulunmadığını anlamamıza yardımcı olur.
- Üzerindeki kapama valfi ile soğutucu akışkanın emme hattından alınıp kondenser ve sıvı deposuna hapsedilmesine (pump-down:aşağı pompalama) yardımcı olur.
- Üzerindeki servis valfi ile sıvı halde akışkan şarjına ve deşarjına yardımcı olur.

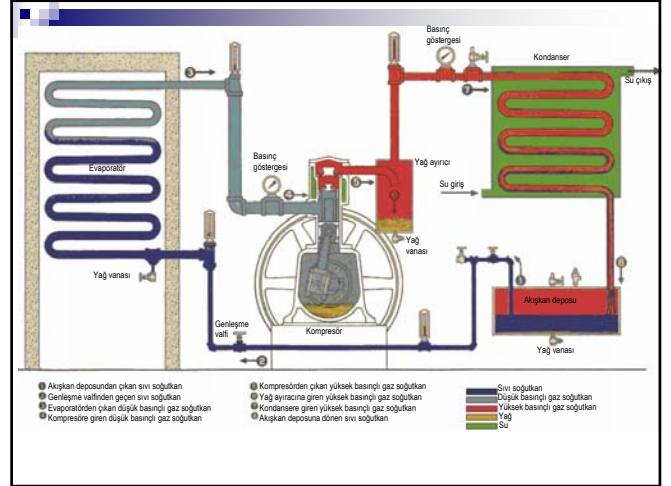
## Emme Hattının Görevleri

- Evaporatörde buharlaşan akışkanın kompresöre kolayca döndürülmesini sağlar.
- Evaporatöre sıvı ile birlikte gelen yağın kompresöre yağ cebi ile tanecikler halinde dönmesini sağlar.
- Üzerindeki emme hattı akümülatörü sayesinde kompresöre sıvı soğutucu akışkan yürümesini önler.
- Üzerindeki servis valfi ile sisteme buhar halinde gaz ilavesi yapma imkânı verilir.



## Soğutma Sisteminin Çeşitli Yerlerinde Soğutucu Gazın Durumu

- Bir soğutma sisteminde soğutucu akışkanın buhar halinde olduğu kısımlar evaporatör çıkışı, kompresör domu, emme hattı, basma hattı ve kondenserin üst kısmıdır.
- Sıvı halinde olduğu kısımlar ise kondenserin altı, sıvı hattı ve evaporatörün girişidir.





## SOĞUTUCU AKIŞKANLAR VE YAĞLAMA YAĞLARI

## SOĞUTUCU AKIŞKANLAR VE YAĞLAMA YAĞLARI

- Buhar sıkıştırmalı soğutma çevrimlerinde ısı taşınmasını sağlayan ara maddeler olarak bilinen soğutucu akışkanlar evaporatör içerisinde doyma basıncında soğutulacak ortamda ısı absorbe ederek soğutulan hacmin sıcaklığını istenilen şarlara getirir.
- Buhar sıkıştırmalı mekanik soğutma sistemlerinde hareket eden parçaların birbirleriyle temas eden yüzeylerdeki sürtünmeyi en aza indirebilmek için yağlama yapılması gereklidir. Aksi takdirde sürtünen yüzeylerde aşınma, ısınma yeterli kompresyon sağlanamaması gibi olumsuz faktörler sistemin fazla enerji tüketmesine neden olacaktır.
- Yağlama yapılan yüzeyler genellikle soğutucu akışkanla temas ettiği için soğutucu akışkan ile yağın karışması uygun şarlarda çalıştırılmayan uygulamalarda problemler çıkarmaktadır. Evaporatöre taşınan yağ mumlaşmalara, yüksek basınçta yağ ile soğutucu akışkanın kimyasal reaksiyonlara girerek asit ve diğer zararlı maddeleri açığa çıkarması gibi problemlere çok sık rastlanmaktadır.

## İDEAL BİR SOĞUTUCU AKIŞKANDA BULUNMASI GEREKEN ÖZELLİKLER

- İdeal bir soğutucu akışkanda bulunması gereken özellikler aşağıda verilmiştir. Bahsedilen bu şartların hepsini her şart altında yerine getirebilen çok amaçlı bir soğutucu akışkan henüz mevcut değildir. Uygulamada ekonomik olduklarından gerekli emniyet tedbirleri alınarak bu şartların bir kısmı aranmayabilir.
  - Soğutucu akışkanın birim kütesinin buharlaşabilmesi için soğutulacak ortamdaki ısı miktarı (soğutma tesiri) büyük olmalıdır. Soğutma tesiri büyük olan soğutucu akışkanlarda sistemde dolaştırılması gereken akışkan miktarı azalacağından daha az enerji tüketektir.
  - Evaporatör girişindeki soğutucu akışkanın sıvı oranının fazla olabilmesi için buharlaşma basıncının büyük seçilmesi gerekir.
  - Yoğuşma basıncı düşük olmalıdır.
  - Soğutucu akışkanın viskozitesi düşük olmalıdır.
  - Yağlama yağında çözülebilmeli fakat sisteme zarar verecek kimyasal reaksiyonlara girmemelidir.
  - Soğutma sisteminde bulunmaması gereken yoğunlaşmayan gazlar ve nemin bulunması halinde zararlı reaksiyonlara girmemelidir.
  - Sistemden herhangi bir nedenle tahliye olan soğutucu akışkan yiyecek maddeleri, insanlara, çevreye ve diğer canlılara zarar vermemelidir.
  - Havaya karıştığında yanıcı ve patlayıcı bir ortam oluşturmamalıdır.
  - Çalışma şartlarındaki tüm basınç ve sıcaklık şartlarında bütün özelliklerini kaybetmeden kararlı olmalı, ayrışır çözülmemelidir.
  - Hermetik ve yarı hermetik tip kompresörler için uygun olmalı (NH3 çalışan soğutma sistemlerinde dıştan tahrikli kompresör kullanılır).
  - Ucuz ve bulunabilir olmalıdır.

## SOĞUTUCU AKIŞKAN TÜRLERİ

- Dünyada birçok soğutucu madde olmasına rağmen sadece bunların sadece bazıları ticari ve evsel soğutma uygulamalarında kullanılmaktadır. Aşağıda kullanılan veya geçmişte kullanılmış genel soğutucu akışkan gruplarının kısa bir özeti verilmiştir.

## SOĞUTUCU AKIŞKAN TÜRLERİ

### ■ Doğal Soğutucu Akışkanlar

- **Su (R-718):** Birçok soğutma uygulamaları ya absorpsiyonlu çevrimden veya buhar sıkıştırmalı çevrimden oluşmaktadır. Ticari absorpsiyonlu soğutma çevrimlerinde soğutucu akışkan olarak genellikle absorbent olarak lityum bromit gibi bir tuz çözeltisi ile su kullanılır. Su, zehirsiz, yanıcı olmayan ve çokça bulunan doğal bir soğutkandır.

## SOĞUTUCU AKIŞKAN TÜRLERİ

### ■ Mineral Soğutucu Akışkanlar

- **Amonyak (R-717):** Amonyak (NH<sub>3</sub>), doğal bir soğutucu olup en verimli akışkanlardan birisidir. Günümüzde hala kullanılan en eski akışkanlardan birisidir. Genellikle pozitif yer değiştirmeli kompresörlerin kullanıldığı buhar sıkıştırmalı soğutma sistemlerinde kullanılmaktadır. ASHRAE 34 numaralı standardında, B2 (yüksek zehirlilik – düşük yanıcılık) akışkan olarak sınıflandırılmaktadır. ASHRAE 15 numaralı standardında amonyaklı soğutma sistemlerinde özel güvenlik şartlarının gerektiği belirtilmiştir. Amonyak birçok büyük ticari iklimlendirme sistemlerinde kullanılmasına rağmen çoğunlukla endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır.
- **Karbondioksit (R-744):** Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) doğal bir soğutkandır. Bu yüzyılın başında kullanımının durdurulmasına rağmen yeni araştırmalar tekrar kullanımı için eğilimler göstermektedir. Önceleri, pozitif yer değiştirmeli kompresörlü buhar sıkıştırmalı çevrimlerde kullanılmaktaydı. Gerekli yoğuşma basıncı yaklaşık 6200 kPa'nın üzerinde 30 °C'dedir ki bu da çok güçlükler çıkarmaktadır. Aynı zamanda kritik noktası çok düşüktür ve dolayısıyla verimi çok zayıftır. Halen, CO<sub>2</sub>'nin yararlı olabileceği kaskat soğutma sistemleri gibi uygulamalar olabilir.

## SOĞUTUCU AKIŞKAN TÜRLERİ

### ■ Kloroflorokarbonlar (CFC)

- CFC türü soğutucu akışkanlar, karbon yörüngesindeki hidrojen atomları tamamen klor ve flor atomları ile değişen soğutucu akışkanlara tam halojenli soğutucu akışkanlar denir. CFC'ler etan veya metan serisinden olabirler. CFC'ler ozon tabakası üzerinde en fazla tahribat yapan soğutucu akışkanlardır. Ayrıca küresel ısınma potansiyelleri oldukça fazladır. Bunlardan dolayı CFC'lerin kullanımı için bazı yasaklar ve önlemler dünya çapında alınmaktadır. CFC'lerin kimyasal kararlılıkları çok fazla olduğu için uzun zaman yapıları bozulmadan atmosferde kalabilirler. Sonuçta, stratosfere ulaşarak ozon tabakasının delinmesine neden olurlar. CFC'ler için önemli bulgular şunlardır. Atmosferde 75 ile 120 yıl arasında kimyasal yapıları bozulmadan kalabilirler. Ozonu delme potansiyelleri yüksektir. Uygulamada en çok kullanılanları; R11, R12, R13, R114 ve R115'tir.

## SOĞUTUCU AKIŞKAN TÜRLERİ

### ■ Hidrokloroflorokarbonlar (HCFC)

- Bu tür akışkanlar, metan ve etan moleküllerinin yapısındaki hidrojen atomlarının bir kısmının klor veya flor atomları ile yer değiştirmesi sonucu oluşan moleküle kısmi halelenmiş adı verilir. Yani karbon yörüngelerinde hala bazı hidrojen atomları bulunmaktadır. Bütün hidrojen atomları klor ve flor atomları ile yer değiştirmemektedir. Bu oluşan moleküle HCFC adı verilir. HCFC'lerde klor atomu içerdiği ozon tabakası ile reaksiyona girer. Buna rağmen HCFC'lerin yapılarında hidrojen atomu olduğu için kimyasal kararlılıkları çok zayıftır. Atmosferde uzun süre yapıları bozulmadan kalamazlar. HCFC'ler atmosfere doğru yükselirken yapılarındaki hidrojen havadaki su molekülleri ile reaksiyona girerek yapıları bozulur. Bu yüzden HCFC'lerin çoğu atmosferin stratosfer tabakasına ulaşmaz ve çoğu atmosferin alt tabakalarında çözünür. HCFC'lerin ozonu delme potansiyelleri azdır. HCFC'lerin önemli özellikleri şunlardır. Atmosferde kimyasal yapıları bozulmadan uzun süre kalamazlar (15-20 yıl). Ozonu delme potansiyelleri düşüktür. Uygulamada en çok kullanılan HCFC'ler şunlardır: R22, R124, R123

## SOĞUTUCU AKIŞKAN TÜRLERİ

### ■ Hidrokloroflorokarbonlar (HFC)

- HFC'lerin temel molekülü yalnızca flor atomu ile halojenlenmiştir. Molekülün yapısında klor atomu yoktur. HFC'lerin yapısında flor, hidrojen ve karbon atomları bulunmaktadır. Yapılarında klor atomu bulunmadığı için HFC'lerin ozonu delme potansiyelleri sıfırdır. Yani ozon tabakası üzerinde hiçbir olumsuz etki yapmazlar. Buna rağmen küresel ısınmaya biraz olumsuz etki yaparlar.

## SOĞUTUCU AKIŞKAN TÜRLERİ

### ■ Hidrokarbonlar (HC)

- Propan (R290) ve izobütan (R600a), diğer hidrokarbonlar arasında buhar sıkıştırılmalı soğutma sistemlerinde soğutucu akışkan olarak kullanılabilir. Kuzey Avrupa'da, buzdolapların yaklaşık % 35'i hidrokarbon kullanılmaktadır. Düşük zehirlilik ve yüksek verimlere sahip olmalarına rağmen yüksek oranda yanıcıdır. Bundan dolayı Kuzey Amerika'da birçok kez kullanımı sınırlandırılmıştır.

## SOĞUTUCU AKIŞKAN TÜRLERİ

### ■ Karışım ve İnorganik Soğutucu Akışkanlar

- İki daha fazla soğutucu akışkanın belirli oranlarda karıştırılarak elde edilen yeni soğutucu akışkana karışım adı verilir. En popüler karışımlar R500, R502, 404A ve 407C'dir. Günümüzde yapılan yoğun çalışmalar sonucu ozonu çok az veya hiç tahrip etmeyen karışımlar geliştirilmektedir. İnorganik soğutucu akışkanlar 1900'lü yıllarda çok kullanılmasına rağmen günümüzde yalnızca zehirleyici özelliği olmasına rağmen termodinamik özellikleri mükemmel olan amonyak (NH<sub>3</sub>) kullanılmaktadır. Alternatif akışkanlardan bir tanesi kullanım alanı, buharlaşma sıcaklığı, buharlaşma gizli ısısı, temin kolaylığı, ekonomik olması ve zehirleyici özelliği göz önüne alınarak seçilir. Karışım ve inorganik soğutucu akışkanların dışındaki CFC, HCFC ve HFC gruplarındaki soğutucu akışkanlar aşağıda belirtilen sisteme göre numaralandırılırlar Eğer atom sayıları eşit ve aynı ise karbon yörüngesindeki dizilişlerine ve bulunuş sırasına göre sonlarına a,b,c veya A,B,C gibi harf verilir (Örneğin R134, R134a, R134b).

## SOĞUTUCU AKIŞKANLARIN KİMYASAL İSİMLERİ

- Amerikan Isıtma Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Birliğinin (ASHRAE) tayin ve tespit ettiği soğutucu akışkan standartları tabloda verilmiştir. Her soğutucu akışkan bir numaraya sahiptir ve önlerine genellikle bir R harfi konur. Bu numaralar, soğutucu akışkanların çok uzun kimyasal adlarının teşhis edilmesi için kullanılmaktadır.
- İki soğutucu akışkanın karışımı olan (Binary) R-500 serisi soğutucu akışkanlar azeotrop karışımları, üç soğutucu akışkanın karışımı olan (Ternary) R-400 serisi azeotrop olmayan karışımları temsil eder. Karışım halindeki soğutucu akışkanların bazılarında basınç-sıcaklık ilişkisi korunmakta (Azeotrop) bazılarında ise gazların farklı özellikler göstermesi sonucunda problemler çıkmaktadır (Non-Azeotrop veya Zeotrop).
- Ayrıca halo karbon olmayan akışkanlarda rakam o gazın atom ağırlığını gösterir. Örneğin; Amonyak, NH<sub>3</sub>, R-717 olarak numaralandırılmıştır.



## YAYGIN SOĞUTUCU AKIŞKANLAR

- **R-13**
  - Renksiz, kokusuz, yanıcı olmayan zehirli fakat korozyon yapabilen bir soğutucu akışkandır. Atmosfer basıncında kaynama sıcaklığı -81°C olduğu için -70°C~-100°C'lık derin Kaskad soğutma uygulamalarının alçak basınç devresinde R-13, yüksek basınç devresinde R-22 ile birlikte kullanılır.
- **R-13B1**
  - R-13B1 (CBrF3)-70/-45 °C aralığında endüstriyel soğutucularda kullanılmaktadır. Yüksek ozon tüketme kapasitesi nedeniyle Montreal Protokolü kapsamında üretimi ve tüketimi tamamen durdurulmuştur.
- **R-22**
  - CFC kökenli soğutucu akışkanların yerine geçiş döneminde kullanılacak bu soğutucu akışkanların yerine geçiş döneminde kullanılacak bu soğutucu akışkanların ODP' ve GWP' ve atmosferdeki ömrü CFC kökenli akışkanlara göre oldukça düşüktür. Zehirsiz, yanmayan, patlamayan bir akışkandır. Derin soğutma için geliştirilen soğutucu akışkan olan R-22 ev tipi ticari soğutucularda paket tipi klima cihazlarında kompakt kompresör gerektirmesi yer kazancı yönünden tercih edilmektedir. Çıkış sıcaklıklarının oldukça yüksek olması nedeniyle kızgınlığın fazla olmasına dikkat edilmelidir. Derin soğutma uygulamalarında mutlak yağ ayırıcı kullanılmaktadır.
- **R-23**
  - Düşük sıcaklık soğutucusudur. R13 için alternatif olarak kabul edilmiştir. Oldukça yüksek sera etkisine sahiptir. Bu etki R-12'ye göre 3 kat fazladır.

## YAYGIN SOĞUTUCU AKIŞKANLAR

- **R-114**
  - Yanmayan ve zehirli özelliği olmayan bir soğutucu maddedir. 80°-120°C arasında endüstriyel ısı pompalarında kullanılmaktadır.
- **R-123**
  - Santrifüj soğutucu ünitelerde kullanılan ve R-11'e en uygun olan alternatif soğutucu maddedir. R-11'e göre metalik olmayan malzemeleri etkilene gücü daha fazladır. Dolayısı ile R-123'e geçişte tüm kauçuk esaslı malzeme değiştirilmelidir. R-11'e göre daha düşük enerji verimine sahiptir. Zehirleyici özelliği nedeniyle kullanıldığı ortamda ek tedbirler gerektirmektedir. 8 saat boyunca maruz kalınacak maksimum doz 10 ppm'dir.
- **R-125**
  - R-502 ve R-22 için uzun dönem alternatifi olarak kabul edilmiştir. R-143 gibi amonyak kullanımının uygun olmadığı düşük sıcaklıklar için düşünülmüştür. Yanma özelliği yoktur. Sera etkisi R-134A'dan iki kat daha fazladır. R-134A, R-143A veya R-32 ile (örneğin R-404A veya R-407A gibi) değişik oranlarda kullanılarak R-502 alternatifi karışımlar elde edilmektedir.

## YAYGIN SOĞUTUCU AKIŞKANLAR

- **R-134A**
  - Termodinamik ve fiziksel özellikleri ile R-12'ye en yakın soğutucudur. Halen ozon tüketme katsayısı 0 olan ve diğer özellikleri açısından en uygun soğutucu maddedir. Araç soğutucuları ve ev tipi soğutucular için en uygun alternatiftir. Ticari olarak ta temini olanaklıdır. Yüksek ve orta buharlaşma sıcaklıklarında ve/veya düşük basınç farklarında kompresör verimi ve sistemin COP (coefficient of performance) değeri R-12 ile yaklaşık aynı olmaktadır. Düşük sıcaklık için çift kademeli sıkıştırma gerektirir. Mineral yağlarla uyumlu olmadığından poliolester veya poliolikalitikal bazlı yağlarla kullanılmaktadır.
- **R-143A**
  - R-502 ve R-22 için uzun dönem alternatifi olarak kabul edilmiştir. Amonyak kullanımının uygun olmadığı düşük sıcaklık uygulamalarında kullanılmaktadır. Yanıcı özelliğe sahip olduğundan dönüşüm ve yeni kullanımlarda güvenlik önlemleri göz önünde tutulmalıdır. Sera etkisi R-134A'ya göre iki kat daha fazladır. R-125 R-134a ile birlikte değişik oranlarda kullanılarak R-502 alternatifi karışımlar (R-404A gibi) elde etmek için kullanılmaktadır.
- **R152A**
  - Ozon tahribatına neden olmaz ve sera etkisi çok düşüktür ( R-12'nin % 2 si kadar) ısı pompalarında R-12 ve R-500 için alternatif olarak kabul edilmiştir. R-12 ve R-134A'dan daha iyi COP'a sahiptir. Mineral yağlarla da iyi uyum sağlamaktadır. Yanıcı ve kokusuz olan R-152A zehirleyici özellik göstermez. Termodinamik ve fiziksel özellikleri R-12 ve R-134A'ya çok yakındır. Bu yüzden dönüşümlerde kompresörde herhangi bir modifikasyona gerek kalmaz. Hacimsel soğutma kapasitesi R-12'den % 5 daha düşüktür.

## YAYGIN SOĞUTUCU AKIŞKANLAR

- **R-401A**
  - R-22, R-124 ve R-152a'dan oluşan (ağırlıkça sırasıyla % 52/33/15 oranında) ve R-12 için alternatif kabul edilen zeotropik bir karışımdır. HCFC içerdiğinden nihai bir alternatif olmayıp 2030 yılına kadar kullanılabilir. Bu soğutucu DUPONT tarafından SUVA MP39 adıyla piyasaya sunulmuştur.
- **R-402A**
  - R-22, R-125 ve R-290'dan oluşan (ağırlıkça sırasıyla % 38/60/2 oranında) ve R-502 için alternatif olarak kabul edilen zeotropik bir karışımdır. HCFC içerdiğinden nihai bir alternatif olmayıp 2030 yılına kadar kullanılabilir. Bu soğutucu DUPONT tarafından SUVA HP80 adıyla piyasaya sunulmuştur.
- **R-404A**
  - R-125, R-134a ve R-143A'dan oluşan (ağırlıkça sırasıyla % 44/4/52 oranında) ve R-502 için alternatif olarak kabul edilen zeotropik bir karışımdır. HCFC içerdiğinden nihai bir alternatif olmayıp 2030 yılına kadar kullanılabilir. Bu soğutucu ICI tarafından KLEA 60, KLEA 61 VE KLEA 66 ve DUPONT tarafından SUVA AC9000 (R407C) adlarıyla piyasaya sunulmuştur.
- **R-407A, R-407B ve R-407C**
  - R-407A, R-407B ve R-407C soğutucu akışkanları R-32, R-125 ve R-134A'dan oluşan (ağırlıkça sırasıyla % 20/40/40, % 10/70/20 ve % 23/25/52 oranlarında) ve R-502 için alternatif olarak kabul edilen zeotropik karışımlardır. Bu soğutucular ICI tarafından KLEA 60, KLEA 61 VE KLEA 66 ve DUPONT tarafından SUVA AC9000 (R407C) adlarıyla piyasaya sunulmuştur.

## YAYGIN SOĞUTUCU AKIŞKANLAR

- **R-410A**
  - R-32 ve R-125'ten oluşan (ağırlıkça % 50/50 oranında) ve R-22 için alternatif olarak kabul edilen yakın azeotropik bir karışımdır. Teorik termodinamik özellikleri R-22 kadar iyi değildir. Ancak ısı transfer özelliği oldukça iyidir. R-22 - R-410A dönüşümünde sistemin yeniden dizayn edilmesi gerekmektedir. Bu değişim yapıldığı takdirde sistem verimi R-22'ye göre % 5 daha iyi olmaktadır. Sera etkisinin yüksek olması en büyük dezavantajdır. Bu soğutucu ALLIED SIGNAL tarafından GENETRON AZ20 adıyla piyasaya sunulmuştur.
- **R-500**
  - R-500, R-12 ve R-152a'dan oluşan bir azeotropik karışımdır. Karışım oranı ağırlıkça %73.9 R-12, %26.2 R-152a'dır. Düşük oranda R-12'ye alternatif olarak kullanılmaktadır. R-12'ye göre daha iyi COP değerine ve %10-15 daha yüksek hacimsel soğutma kapasitesine sahiptir.
- **R-502**
  - R-502, R-22 ve R-115'ten oluşan azeotropik bir karışımdır. Karışım oranı ağırlıkça %48.8 R22, %51.2 R115'tir. En çok kullanıldığı alan soğuk taşımacılık ve ticari soğutuculardır. CFC içerdiğinden üretimi durmuştur. Düşük sıcaklıklarda yüksek hacimsel soğutma kapasitesine sahiptir. -20 -40°C aralığında R22'den %1 ile %7 arasında daha yüksek olmaktadır. COP değeri çalışma koşullarına bağlı olarak R-22'den %5-15 daha düşüktür.
- **R-507**
  - R-507 soğutucu akışkanı R-125 ve R-134a'dan oluşan (ağırlıkça % 50/50 oranında) R-502 için kabul edilen bir alternatiftir. Bu soğutucu ALLIED SIGNAL tarafından GENETRON AZ50 adıyla piyasaya sunulmuştur.

## YAYGIN SOĞUTUCU AKIŞKANLAR

- **R-717 Amonyak (NH3)**
  - Termodinamik ve çevresel etki özellikleri yönünden oldukça önemli bir soğutucudur. Ekonomik olması ve kolay temin edilebilir olması da ayrı bir avantajdır. Ozon tabakasına zarar vermeyen ve sera etkisi olmayan Amonyak CFC içeren soğutucu maddelere önemli bir alternatiftir. Ancak zehirli etkiye sahip olması ve yanabilir olması kullanım alanını büyük endüstriyel tesislerle sınırlı tutmaktadır. Birçok ülkede, daha küçük tesislerde ve hermetik kompresörlerde kullanımları için çalışmalar sürdürülmektedir. En yaygın kullanım alanı orta ve büyük kapasitedeki soğutucu üniteler, dondurucular ve soğuk hava tesisleridir. Tüm dünyada kolaylıkla temin edilebilen ve CFC ve HCFC içeren soğutucu maddelere uzun dönemde de alternatif olabilecek bir soğutucudur. R-134a'ya göre fiyatı 25 kat daha ucuzdur. -30°C /-40°C (buharlaşma ve yoğuşma) sıcaklıklarında performansı R-12 ve R-22'ye göre %3-4, R-134a'ya göre ise %7 daha iyidir. Hacimsel soğutma kapasitesi (kj/m3) R-22 ile yaklaşık aynı, R-12 ve R-134a'dan %40 daha yüksektir. Düşük buharlaşma sıcaklıklarında çift kademeli kompresör gerektirir. Böyle durumlarda verim % 30-35, ilk yatırım maliyeti ise % 15-20 artmaktadır. Nemli ortamda bakır ve bakır alaşımlarına uyumlu değildir. Motor sanjinalarına zarar vereceğinden açık kompresörlerde kullanılmaları uygundur. Amonyak kompresörünün çıkış sıcaklığı yüksek olduğundan kompresör silindirlere su ile soğutulması yoluna gidilir. Soğutucu madde dönüşümünde sadece çelik ve alüminyum parçalarından oluşan tesislerde kullanılabilir. Mineral yağla kullanımı uygun değildir. Düşük mol ağırlığından dolayı santrifüj kompresörlerde kullanılması uygun değildir. Isı iletkenliğinin yüksek olması daha düşük serpanlin ve daha küçük boru çaplarına izin verir. Yanma özelliğine sahip olmasına rağmen (alev alma sıcaklığı 630°C) kokusunun kolay hissedilmesi tehnikli konsantrasyonlara ulaşmadan tedbir alınmasına olanak sağlamaktadır.

## YAYGIN SOĞUTUCU AKIŞKANLAR

### ■ R-744 Karbondioksit (CO2)

□ 1930' lara kadar yaygın bir soğutucu olarak kullanılan karbondioksit daha çok gemilerde tercih edilen bir madde olmuştur. Özellikle R-12'nin ortaya çıkmasıyla cazibesini yitirmiş ve son 40-50 yıldır da neredeyse unutulmuştur. CO2'nin özellikleri arasında kolay temin edilebilir olması, ucuzluğu, sıkıştırma oranının düşüklüğü sayılabilir. Son birkaç yılda karbondioksit kullanımı ile ilgili önemli gelişmeler gözlenmiştir. Bu gelişmeler arasında araç klimaları, ısı pompaları ve ev tipi soğutucularla ilgili uygulamalar yer almaktadır.

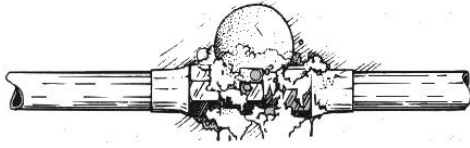
## SOĞUTUCU AKIŞKAN TÜPLERİNİN RENK KODLARI

■ Soğutucu akışkan tüpleri piyasada kolay tanınması açısından belirli renklerde üretilmektedirler.

R-11	R-123	R-408A	standart geri dönüşü	50 lb	25 lb	geri dönüşü	1 kg
R-12	R-124	R-409A			geri dönüşü		
R-13	R-125	R-410A			geri dönüşü		
R-13B1	R-134a	R-500					
R-14	R-401A	R-502					
R-22	R-401B	R-503					
R-23	R-402A	R-507					
R-113	R-404A	R-508B					
R-114	R-407C	R-414B					

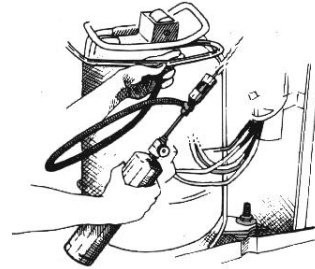
## SOĞUTUCU AKIŞKANLARDA KAÇAK KONTROL METODLARI

■ **Sabun Köpüğü:** Bütün gaz kaçaklarında kullanılabilir



## SOĞUTUCU AKIŞKANLARDA KAÇAK KONTROL METODLARI

■ **Torç Lambası (Halide Lamp):** Bütün florokarbon soğutucu akışkanlar için kullanılabilir. Kaçak olduğunda alev açık yeşil-mavi olur.



## SOĞUTUCU AKIŞKANLARDA KAÇAK KONTROL METODLARI

■ **Elektronik Kaçak Detektörü:** Bütün florokarbon soğutucu akışkanlar için kullanılabilir. Balans otomatik veya ayarlı tipleri vardır. Amonyak kaçakları için baz esaslı turnusol kağıdının renk değişimi ve sülfür mumu dumanın beyaz bir duman çıkarması gibi yöntemler kullanılır.



## YAĞLAMA YAĞLARI

■ Soğutma sistemlerinde yağlama yağının görev yaptığı ve bulunduğu yer kompresördür. Yağın kompresörde üç ana görevi vardır:

- Sıkıştırma yüzeyleri arasında film tabakası oluşturarak gerekli kompresyonu sağlar.
- Birbirleriyle temas ederek hareket eden bölümlerin sürtünmesini azaltıp, aşınmayı yavaşlatır.
- Sürtünme esnasında oluşan ısının o bölgeden uzaklaştırılmasını sağlar.

■ Soğutma kompresörlerinde kullanılan yağlama yağlarında, daha başka ve normal bir mekanik cihaz yağlamasından beklenenden çok daha fazla özellikler aranır şöyle ki:

## YAĞLAMA YAĞLARI

- Yağ, sıkıştırılan soğutucu akışkanın basınç tarafından emme tarafına sızmasını önlemelidir.
- Soğutucu olarak yardımcı olmalıdır (yataklardaki ısıyı almalı ve karterde biriken ısıyı dış cıdarlara ve dolayısıyla çevreye iletmesini sağlamalıdır).
- Kompresörün içindeki hareket eden parçaların meydana getirdiği gürültüyü kıs-men de olsa yutmalıdır (ses ve titreşimler).
- Hermetik ve yarım hermetik makinelerde motor sargıları yağ ile temas edeceğinden yağın elektrik geçirgenliği çok düşük seviyede olmalıdır.
- Ne kadar önlem alınırsa alınır, yağlama yağının bir kısmı kondenser ve evaporatöre taşınır. Önemli olan buralarda yağın toplanıp kalmaması ve süratle tekrar kompresör karterine dönmemesidir. Bunu sağlamak üzere yağlama yağı düşük sıcaklık seviyelerinde de yeterince akıcı olmalıdır ve soğuktanla karışma özelliğini sürdürebilmelidir.
- İyi bir ısı transferi sağlaması ve kompresöre çabuk dönabilmesi için yağın tüm çevrim boyunca soğutucu akışkan ile iyi karışır özelliğini muhafaza etmesi istenir.
- Yağ içinde asılı vaziyette (suspended) tortu, reçine, mumlaşan vaks gibi yaban-cı maddeler bulunmamalıdır. Bunlar, kapiller boru veya genişleme valfi yuva-sını tıkayıp soğutucu akışkan geçişini engeller, evaporatör iç yüzeyine sızıyıp ısı transferini azaltır.
- Bilhassa hermetik tip kompresörlere yağlama yağı bir defa konulur ve kompre-sörün ömrü boyunca yenilenmeden dayanması istenir.
- Nihayet en önemlisi, yağlama yağının temasta bulunduğu; soğutucu akışkan, metal yüzeyler, motor sargılarının emayesi-izolesi ve sistemde bulunabilecek da-ha pek çok madde ile kimyasal reaksiyonlara girip bozulmaması yani kimyasal yönden kararlı olması gerekir.
- Temini kolay ve fiyatı kabul edilebilir seviyede olmalıdır.

## YAĞLAMA YAĞLARI

- Bütün bu özellikleri bir arada yerine getiren ideal bir yağlama yağının mevcut olmadığı söylenebilir. Fakat uygulamanın durumuna göre bazı özellikler diğerlerine tercih veya feda edilebilir.
- Örneğin, viskozitesi yüksek bir yağ kompresörde gaz basıncını muhafaza yönünden iyi netice verirken gerek sistemden kompresöre dönüş zorluğu ve gerekse evaporatör iç yüzeyine sızıyıp ısı transferini azaltıcı etki meydana getirmesi bakımından istenmeyen durumlar ortaya koyabilmektedir.
- Bu tür bir yağın sürtünmeyi azaltıcı etkisi de daha azdır. Keza, yağda az bir köpürme olması sesin da-ha iyi yutulmasına yardım edecek ve fakat aşırı köpürme durumunda yağlama yağı-nın gereken yerlere gereken miktarlarda taşınmamasına yol açacaktır ki bu da mekanik hasarlara sebep olabilecektir. Kimyasal yönden çok dengeli olan bir yağ, çoğu zaman iyi yağlama özelliklerden uzaktır.

## YAĞLAMA YAĞLARI

- Yağlama yağı soğutucu akışkanın cinsine, kompresörün tipine ve uygulamanın özelliğine uygun olarak (uygun viskozite) seçilmelidir. Bu konuda üretici firmaların tavsiyelerine uymak gerekir. Günümüzde soğutma sistemlerinde kullanılan yağlama yağlarını; mineral yağlar ve sentetik yağlar olarak iki ana gruba ayırabiliriz. Mineral yağlar da kendi aralarında naftenik esaslı, parafinik esaslı, aromatikler ve hidrokarbon dışı olanlar diye ayrılır.
- Mineral yağlar
- Sentetik yağlar
  - Naftenik esaslı,
  - Parafinik esaslı,
  - Aromatikler,
  - Hidrokarbon dışı olanlar.

## YAĞLAMA YAĞLARI

- Naftenik ve parafinik esaslı olan yağlar (doymuş hidrokarbonlar) kimyasal yönden kararlı olmalarına rağmen R-13, R-22 ve R-502 gibi polar soğutucu akışkanlar ile zor karışmakta ve evaporatörlerde mumlaşma yapmaktadır. Aromatikler ise biraz daha reaktifler fakat soğutucu akışkanlar ile daha iyi karışım yapmaktadır. Hidrokarbon dışı olanlar ise en reaktif olanlardır.
- Doymuş hidrokarbonların soğutucu akışkanlar ile zor karışması nedeniyle yeni sentetik alkali benzen esaslı yağlar geliştirilmiştir. Ozona saygılı yeni soğutucu akışkanların (HCF) mineral yağlar ile iyi karışmaması nedeniyle yeni sentetik yağlar geliştirilmiştir. Bunları alkil benzen grubu, ester grubu ve glikol grubu olmak üzere üçe ayırabiliriz. Bunlardan R-22 ve R-502 için alkil benzenler, R-32 ve R-134a için poliglükoller (özellikle polialkilglikol-PAG) ile polisterler (PE) kullanılır.
- Naftenik parafinik esaslı yağlama yağlarının polar soğutucu akışkanlarla zor karışması nedeniyle yeni sentetik yağlar geliştirilmiştir. Bunları alkil benzeyen grubu, ester grubu, ve glikol grubu olmak üzere üçe ayırabiliriz. Bunlardan R-22 ve R-502 için alkil benzeyenler, R-32 ve R-134a için poliglükoller kullanılır.
- Soğutma yağlarının en önemli özelliği akıcılığa karşı gösterdiği direnç olup viskozite olarak tariflenir. Viskozitesi düşük akışkanların akıcılığı yüksektir. Soğutucu akışkan türlerine göre kompresörlerde kullanılacak yağlama yağı grupları Tablo 9.4'te verilmiştir.

## YAĞLAMA YAĞLARI

Soğutucu Akışkan	Yağlama Yağı Grubu	Soğutucu Akışkan	Yağlama Yağı Grubu
R-12	M-MA-A-POE	R-134A	ESTER
R-502	M-MA-A-POE	R-152A	ESTER
R-22	M-MA-A-POE	R-125	ESTER
R-401A	MA-A-POE	R-143A	ESTER
R-401B	MA-A-POE	R-32	ESTER
R-402A	MA-A-POE	R-404A	ESTER
R-402B	MA-A-POE	R-502	ESTER
R-403A	MA-A-POE	R-717	M-PAO-PAG
R-403B	MA-A-POE	R-290	M-PAO-PAG
R-409A	MA-A-POE	R-600A	M-PAO-PAG

M: Mineral yağlar  
MA: Mineral+Alkyl benzen  
A: Alkyl benzen grubu

POE: Polyoil ester grubu  
PAO: Poly alpha olefin grubu  
PAG: Poly glycol grubu

Soğutucu akışkan türlerine göre kompresörlerde kullanılacak yağlama yağı grupları