

SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE BORULAMADA DİKKAT EDİLECEK HUSUSLAR

Mert MİRZA
Ali GÜNGÖR

ÖZET

Bu çalışmada R-22, R-134a ve R-502 soğutucu akışkanlı soğutma sistemlerinin boru hatlarının boyutlandırılmasında dikkat edilmesi gereken önemli noktalar, basınç kayıplarının soğutma kapasitesine olan etkileri açıklanmış ve pratikte kullanışlı olan ölçülendirme yöntemleri tablo ve şekillerle anlatılmıştır. Emme, sıvı ve boşaltma hatlarının nasıl boyutlandırılacağı ayrıca belirtilmiştir.

Anahtar Sözcükler : Soğutucu akışkan (soğutkan) borulama

ABSTRACT

In this study, effects of pressure losses on cooling capacity, considerable points on dimensioning of cooling systems which use R-22, R-134a and R-502 as a refrigerant, are explained and useful dimensioning methods described with tables and pictures. It is also stated how suction, liquid and discharge lines are dimensioning.

Keywords : Refrigerant piping

1. GİRİŞ

Soğutkan borulamada genel tasarım prensipleri;

1. Buharlaştırıcıya uygun miktarda soğutucu akışkan beslemesinin sağlanması
2. Aşırı basınç düşümü olmaksızın boru hatlarının boyutlandırılması
3. Kompresörlerin korunması bakımından;
 - Sistem içine kapanlanan yağın aşırı birikmesinin önlenmesi
 - Kompresörden gerçekleşen yağ kayıplarının en aza indirilmesi
 - Çevrim çalışırken ya da duruyorken kompresöre sıvı soğutucu akışkan dönüşüne engel olunması
 - Sistemin kuru ve temiz tutulabilmesi

olarak özetlenebilir [4]. Bu belirtilen prensiplerin uygulamada karşılaşılan çözümleri ilerleyen bölümlerde verilecek ve tartışılacaktır.

Soğutucu akışkan borulamada gerekli ön bilgiler, sistemde kullanılacak soğutucu akışkan tipi

- Sistem tasarım kapasitesi (ton soğutma)
- Doymuş emme sıcaklığı
- Doymuş yoğuşma sıcaklığı
- Her bir soğutma hattındaki en çok izin verilebilecek basınç düşümleri
- Her bir soğutma hattındaki en az izin verilebilecek hızlar

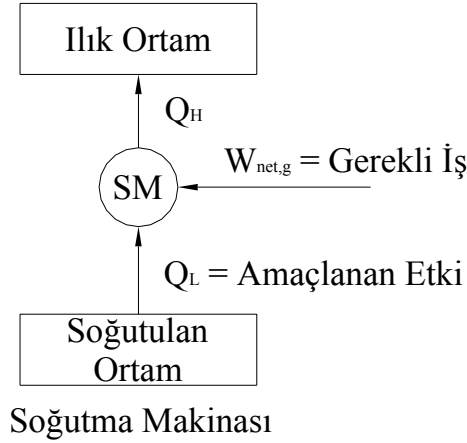
olarak tasarım öncesinde belirlenmelidir.

İlerleyen bölümlerde R-22, R-134a ve R-502 soğutucu akışkanlı soğutma sistemlerindeki soğutucu akışkan debileri ve hızları, boru dizaynı yapılırken dikkat edilmesi gereken temel prensipler, emme, basma ve sıvı hatlarının boyutlandırılması ile ilgili esaslar, sistemde bulunan yağın dolaşımı ile ilgili bilgiler detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

2. SOĞUTMA SİSTEMLERİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Soğutma tanım olarak bir maddenin sıcaklığını, ortam sıcaklığının altına indirme ve bu düşük sıcaklıkta tutabilmek için maddeden ısı alınması işlemidir [3]. Fakat bir ortamdaki ısı geçişi kendiliğinden olamaz, bunun bir **soğutma makinesi** aracılığıyla yapılması gerekir [6]. Bir maddeyi soğutabilmek için, bu maddeden daha soğuk olan bir soğutucu madde ile ısı çekilmesi gerekir. Soğutucu madde de genel olarak bir akışkan olduğundan, çoğu zaman **soğutucu akışkan** (soğutkan) olarak adlandırılır [3].

Bir soğutma makinesinin işlemleri ile genel gösterilişi Şekil 1'de verilmiştir. Burada Q_L , soğutulan ortamdaki çekilen ısı, Q_H ise daha sıcak ortama verilen ısıdır. T_L , soğutulan ortamın sıcaklığı, T_H ise ısı verilen ortamın sıcaklığı ve $W_{net,g}$, çevrimde dolaşan akışkan üzerinde yapılması gereken sıkıştırma işini göstermektedir.



Şekil 1. Soğutma makinesinde amaç, soğutulan ortamdaki “ Q_L ” ısıyı çekmektir [6].

Bir soğutma makinesinin ısı değerlendirilmesi, **etkinlik katsayısı**, **COP (Coefficient of Performance)** ile yapılır. Etkinlik katsayısı aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$COP_{SM} = \frac{\text{elde edilmek istenen}}{\text{harcanan}} = \frac{\text{soğutma etkisi}}{\text{iş girişi}} = \frac{Q_L}{W_{net,g}} \quad (1)$$

Bir soğutma sisteminin **soğutma kapasitesi**, soğutulan ortamdaki birim zamanda çekilen ısı diye tanımlanır ve çoğu kez ton soğutma birimi ile ifade edilir. Bir ton soğutma, 0 °C sıcaklıkta 1 ton (2000 libre, lbm) suyu 24 saatte 0 °C sıcaklıkta bir ton buza dönüştürmek için çekilmesi gereken ısı enerjisi eşittir. Bir ton soğutma 211 kJ/dakika veya 200 Btu/dakika'ya eşdeğerdir [6].

Tablo 1'de özetlendiği gibi, ortam sıcaklığından daha düşük olarak elde edilebilen sıcaklık derecesine göre soğutma işlemlerini, iklimlendirme (klimatizasyon), soğuk hava deposu soğutması ve derin soğutma (kriyojeni) olarak sınıflamak mümkündür [3].

Tablo 1. Soğutma işlemleri [3].

Soğutma İşlemi Adı	Yaklaşık Sıcaklık Aralığı
İklimlendirme (Klimatizasyon)	273 K - 300 K
Soğuk Hava Deposu Soğutması	230 K - 273 K
Derin Soğutma (Kriyojeni)	3 K - 80 K

Yağlama, gaz ve sıvının ayrılması, aşırı soğutma (subcooling), kızdırma (superheating), sıvı ve gaz haldeki soğutucu akışkanlar için boru hatlarının tasarımı ve iki fazlı akış konularının hepsi soğutmanın birer parçasıdır. İklimlendirme, ticari soğutma ve endüstriyel soğutma, soğutmanın tipik uygulama alanlarındandır. Bir soğutma sisteminde olması arzulanan nitelikler şöyle sıralanabilir.

- Dış ortam koşullarından etkilenmeden, bütün yıl boyunca çalışabilmelidir.
- Arzulanan sıcaklık seviyesini çok büyük oranda değiştirmeden, geniş yük değişimi aralığında (kapasitenin sıfırdan % 100'e değişmesi durumunda) çalışabilmelidir.
- Eğer sistem hiç ara vermeden sürekli olarak çalışacaksa, karlanma (defrost) kontrolüne sahip olmalıdır.
- Değişik sıcaklık ve yük koşulları altında, yağ dönüşünde herhangi bir problem olmadan çalışabilmelidir.
- Değişik ısı değişim metotlarına (örneğin kuru genleşme, aşırı sıvı beslemesi ve soğutucu akışkanların taşmalı beslemesi) ve salamura, alkol, glikol gibi ikincil soğutucu akışkanların kullanılmasına uygun olmalıdır.
- Sistem verimli olmalıdır, sistem performansında düzensizlik olmamalıdır ve çalıştırılması kolay olmalıdır.
- Çok kademeli, kaskad vb. basınçlandırma uygulamaları için gerekli işletme basınçlarına ve basınç oranlarına sahip olmalıdır.

Başarılı bir soğutma sistemi, boru tasarımının iyi yapılmasına ve ihtiyaç duyulan donanımlar hakkında bilgi sahibi olunmasına bağlıdır [1] [5]. Bir soğutma sisteminin performansı, doğru boru boyutlandırmasını da içeren uygun parça seçimleri yapılmasına bağlıdır. Doğru bir uygulamada borular, her soğutma elemanına yeterli miktarda soğutucu akışkanı aşırı basınç kaybına uğramadan sağlayabilmelidir. Büyük boru çapları basınç kaybı ve enerji tüketimini azaltırken, ilk yatırım maliyetlerini arttırır. Boru çapının bu zıt etkileri, boru ile ilgili ilk yatırım ve belirli bir sistem ömrü için işletme maliyeti toplamını minimize eden bir termo-ekonomik optimizasyon yapılmasını gerektirir. Belirsizliklerle dolu ekonomik değişkenleri incelemeye katmak hoş olmasa da kaçınılmazdır, çünkü termodinamik inceleme tek başına doğru boru çapı seçimi için yeterli değildir.

Boru çapları büyütüldükçe soğutucu akışkan hızı düşeceğinden, sistemdeki yağın sürüklenmesi özellikle düşey hatlarda (vertical risers) güçlenecektir. Ayrıca, sıvı hattında mevcut aşırı soğutma elverdiğinden de fazla basınç düşümüne neden oluyorsa, genleşme vanasından soğutucu akışkan geçişi azalır ve sistemin işleyişini bozan ani buharlaşma olayı (flashing) meydana gelir.

Analizler, termodinamik performansa istenmeyen etkileri açısından, emme borularındaki basınç kaybının basma borusundaki basınç kaybindan daha önemli olduğunu göstermektedir. Sıvı borusundaki basınç kaybı, soğutucu akışkanın yoğunluğu sıvı hattı içinde daha fazla olduğundan ve genleşme vanası ile buharlaştırıcı arasındaki bağlantı kısa olduğundan dolayı çok daha az etkilidir [5].

2.1 Soğutucu Akışkan Hattı Hızları

Ekonomiklik, basınç kaybı, ses seviyesi ve yeterli yağ dönüşümü gibi kıstasların sağlanması için, soğutucu akışkan hatlarında, akışkan hızları belirli sınırlar içinde olmalıdır. Tablo 2'de R-22, R-134a ve R-502 için gaz hattı hızları verilmiştir.

Tablo 2. R-22, R-134a ve R-502 için gaz hattı hızları [1] [5].

Emme Hattı	4,5 - 20 m/s
Basma Hattı	10 - 18 m/s

Nispeten kısa emme hatlarına sahip konfor iklimlendirmesi sistemlerinde, ya da ilk yatırım maliyeti işletme maliyetinden daha önemli olan ve bir yıldaki çalışma süreleri 2000 ile 4000 saat arasında olan sistemlerde, daha yüksek hızlar kullanılabilir. Hiç durmadan sürekli olarak çalışması gereken endüstriyel sistemlerin ve ticari soğutma sistemlerinin tasarımı yapılırken, kompresörü en verimli şekilde kullanmak ve işletme maliyetini daha düşük tutmak için, soğutucu akışkan hızlarının düşük tutulması gerekmektedir. Maliyet ve işletme maliyeti analizleri boru çapı seçiminin çok önemli olduğunu göstermiştir. Yoğuşturucudan toplayıcıya kadar olan sıvı hattı, 0,5 m/s ya da daha düşük hızları sağlayacak şekilde boyutlandırılmalıdır. Toplayıcıdan buharlaştırıcıya kadar olan sıvı hattı, 1,5 m/s'den daha küçük hızları sağlayacak şekilde boyutlandırılmalıdır, böylece selenoidler ya da diğer elektrikle çalışan valfler kullanıldığında ortaya çıkabilecek sıvı çekici etkisi (liquid hammer) minimize edilmiş ya da tamamen önlenmiş olur [1] [5].

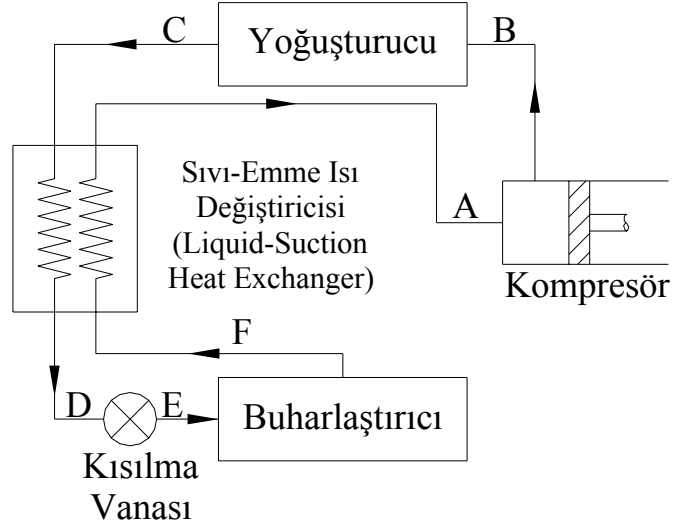
2.2 Aşırı Soğutma

Soğutucu akışkan debilerinin belirlenmesinde kullanılacak ilgili şekilleri (Şekil 5, 6 ve 7), okuyabilmek için aşırı soğutma kavramının iyi anlaşılması gereklidir. Çünkü bu şekillerden hesaplanan debi değerlerinin, sistemde uygulanan aşırı soğutmanın türüne göre belirli oranda azaltılmaları gerekmektedir.

Konvansiyonel iklimlendirme ve soğutma sistemlerinde soğutma kapasitesi ve verimliliği arttırmak ile sistemin emniyetli bir şekilde çalışmasını sağlamak için aşırı soğutma uygulaması yapılmaktadır. Isı değiştirici elemanlar, yeni geliştirilen aşırı soğutma sistemlerinin odağını oluşturmaktadır. Bu elemanlar, ısı değiştiricilerinde ısıyı, yoğuşturucu çıkışındaki sıvı hattından alıp, suya (su soğutma kuleleri yardımı ile) veya emme hattına verirler. Bunun birinci nedeni, soğutma verimini artırıp, maliyeti düşürmektir. Genellikle, aşırı soğutmanın kazancı, serinletme (soğutma) derece gün sayıları fazla olan (18,3 °C bazında 1200 veya daha fazla soğutma derece-günlerinde) bölgelerde daha yüksektir. Başka bir deyişle, aşırı soğutma elemanları (ısı değiştiriciler) bölgesel isteklere göre yapılmıştır. Birçok donanım, optimum sistem performansı elde etmek amacı ile tasarlanır. Bununla beraber, özellikle direkt genleşmeli buhar sıkıştırımlı soğutma ve iklimlendirme ekipmanlarında uygun teknolojiler geliştirilmiştir. Bu teknoloji eski parçaların yerine geçmiş ve yeni planlanan sistemlerde kullanılmaya başlanmıştır. Aşırı soğutma uygulamaları uzun süreden beri, düşük (-23,3 °C'den daha düşük buharlaşma sıcaklıkları) ve orta sıcaklıkta (-23,3 °C ile - 1,1 °C buharlaşma sıcaklıkları) çalışan soğutma sistemlerinde kullanılmaktadır.

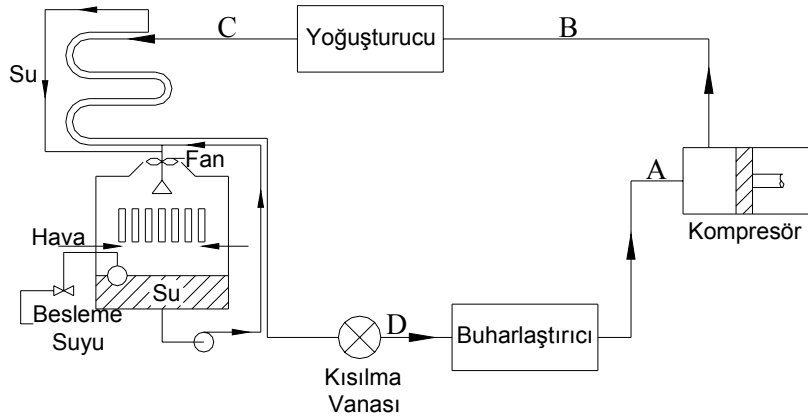
Soğutma sistemlerinde soğutma verimini basit bir düzenleme ile arttırmak olanaklıdır. Bu konuda yapılan sistem testlerinden, her 1 °C'lik ilave aşırı soğutma için, soğutucu akışkan soğutma kapasitesinde % 1'lik artışın olduğu ve mekanik aşırı soğutma ile yapılan kompresör gücünde ise % 20 - % 30 azalmanın olduğu ortaya çıkmaktadır. Isı değiştiricisi kullanan soğutma devrelerinde soğutma kapasitesi artarken tüketilen kompresör gücü azalır. Kompresör ve yoğuşturucu boyutlan küçültülebilir.

Normal buhar sıkıştırımlı soğutma sistemlerinde elde edilen aşırı soğutma 5,6 ile 8,3 °C arasındadır. Bu miktarlar çevre sıcaklığı etkisi ile artabilir. Aşırı soğutma elemanları ile sistemin soğutma kapasitesi artarken, kompresörün çektiği güç düşer. Bu da, sistemin toplam veriminin ve sisteme duyulan talebin artmasını sağlar. Bununla beraber, uygun teknolojinin seçilebilmesi açısından, ekipmanın, yükün ve iklim koşullarının enerji tasarruf mekanizmasında olan etkilerini bilmek büyük önem taşır. Aşırı soğutma sağlamak için kullanılan üç yöntem: (1) Dış ısı etkili sistemler, (2) Kaskad sistemler ve (3) Emme hattı ısı değiştiricisi kullanan sistemlerdir. Şekil 2'de sıvı-emme ısı değiştiricisi kullanılan (liquid-suction heat exchanger) bir aşırı soğutma sistemi gösterilmiştir. Bu sistemde buharlaştırıcı çıkışındaki emme hattının yoğuşturucu çıkışına yönlendirilmesi ile yoğuşturucu çıkışındaki doymuş sıvının ısısı buharlaştırıcı çıkışındaki doymuş buhara aktarılarak hem sıvının aşırı soğutulması hem de buharın kızdırılması sağlanmış olur. Genleşme cihazlarının düzgün bir şekilde çalışması ve sistemde basınç dalgalanmaları olmaması için sıvının genleşme cihazı girişinde tamamen sıvı olması, yani sıvı içinde buhar (flash) olmaması gerekir. Ayrıca kompresöre sıvı girişi dolayısı ile kompresörün zarar görmesini engellemek için yani kompresöre giren akışkanın tamamen buhar fazında olmasını garanti etmek için buharlaştırıcı çıkışındaki soğutucu akışkanın bir miktar kızdırılması gerekir. Şekil 2'de gösterilen aşırı soğutma yöntemi ile bu iki etki aynı anda sağlanmaktadır.



Şekil 2. Sıvı - emme ısı değiştiricisi ile aşırı soğutmanın sağlandığı konvansiyonel tipte direkt genişlemeli soğutma sistemi [5].

Şekil 3'de gösterilen aşırı soğutma sisteminde aşırı soğutma etkisi bir dış kaynak kullanarak sağlanmaktadır. Bu sistemde ısı değiştiricisinde gerekli soğutma suyu soğutma kulesi kullanımı ile sağlanmaktadır.

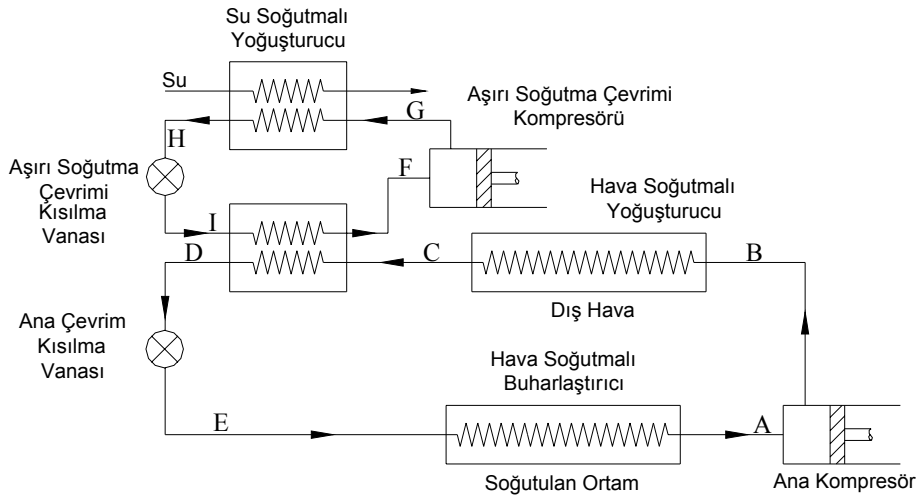


Şekil 3. Soğutma kulesi ile aşırı soğutmanın sağlandığı konvansiyonel tipte direkt genişlemeli soğutma sistemi [5].

Şekil 4'de ise aşırı soğutma etkisinin ikinci bir buhar sıkıştırırmalı (mekanik) soğutma çevrimi ile sağlandığı bir sistem gösterilmiştir. Bu sistemde aşırı soğutma için ana kompresörden daha küçük bir kompresör kullanılır. Bu tip sistemlere kaskad sistemler denilmektedir [5].

2.3 Soğutucu Akışkan Debileri

Şekil 5, 6 ve 7'de R-22, R-134a ve R-502 için, birim soğutma kapasitesi (1 kW) için, soğutucu akışkan debileri gösterilmiştir. Sistemin toplam debisini belirlemek için, uygun olan debi büyüklüğü seçilir ve sistem kapasitesi ile çarpılır [1]. Şekillerde, yatay ekseninde buharlaştırıcı çıkışındaki doymuş soğutucu akışkan buharının sıcaklığı verilmiştir. Yatay ekseninde buharlaştırıcı çıkışındaki soğutucu akışkan sıcaklığını gösteren noktadan yukarı doğru dik çıkılan doğrunun buharlaştırıcı girişindeki sıvı soğutucu akışkan sıcaklığını gösteren eğri ile kesiştiği noktanın dikey eksenindeki izdüşümü 1 kW soğutma sağlamak için gerekli soğutucu akışkan debisini göstermektedir. Eğer sistemde sıvı-emme ısı değiştiricisi (liquid-suction interchanger) kullanılmışsa ya da yoğuşturucuda aşırı soğutma yapılıyorsa, bu durumda sıcaklık değeri bu cihazlara girişteki gerçek sıvı sıcaklığı olmalıdır [5].



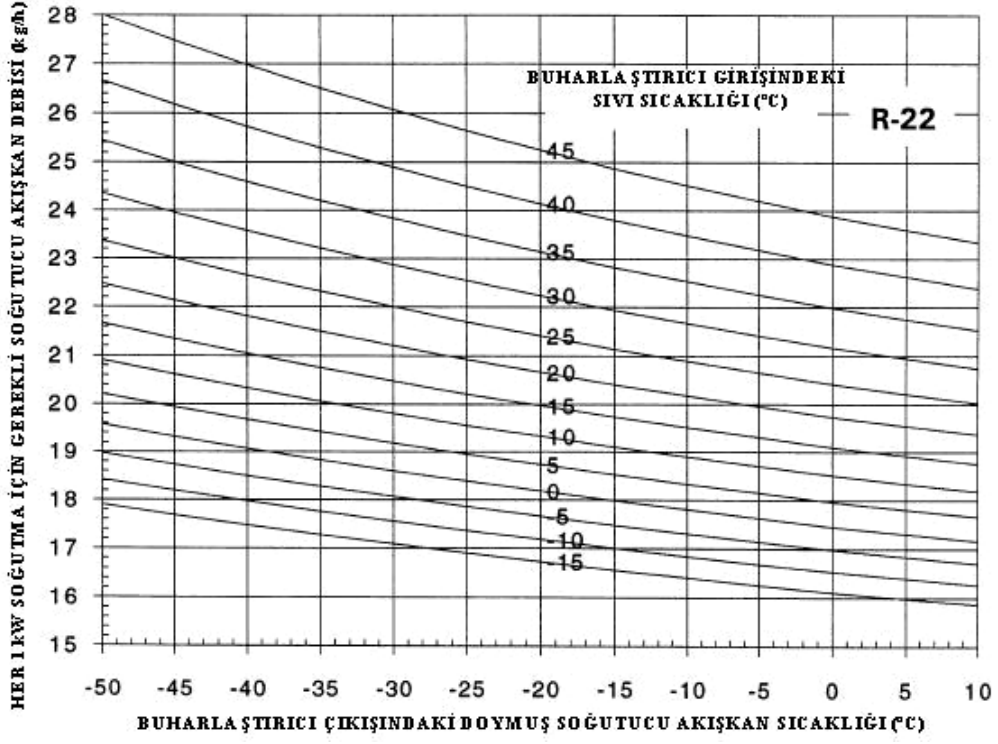
Şekil 4. Kaskad yöntemi ile aşırı soğutmanın sağlandığı direkt genişlemeli konvansiyonel tipte soğutma sistemi [5].

Şekil 5, 6 ve 7 buharlaştırıcı doyma sıcaklığına göre hazırlandığı için, bu şekillerin kullanılması ile belirlenen debi değerleri, emme buharının kızdırılması durumunda gerekli gerçek debi değerlerinden daha büyüktür. Bu grafikler kullanılarak elde edilen debi değeri, buharlaştırıcıdaki her 5,5 K'lık kızdırma miktarı için yaklaşık % 3 azaltılmalıdır.

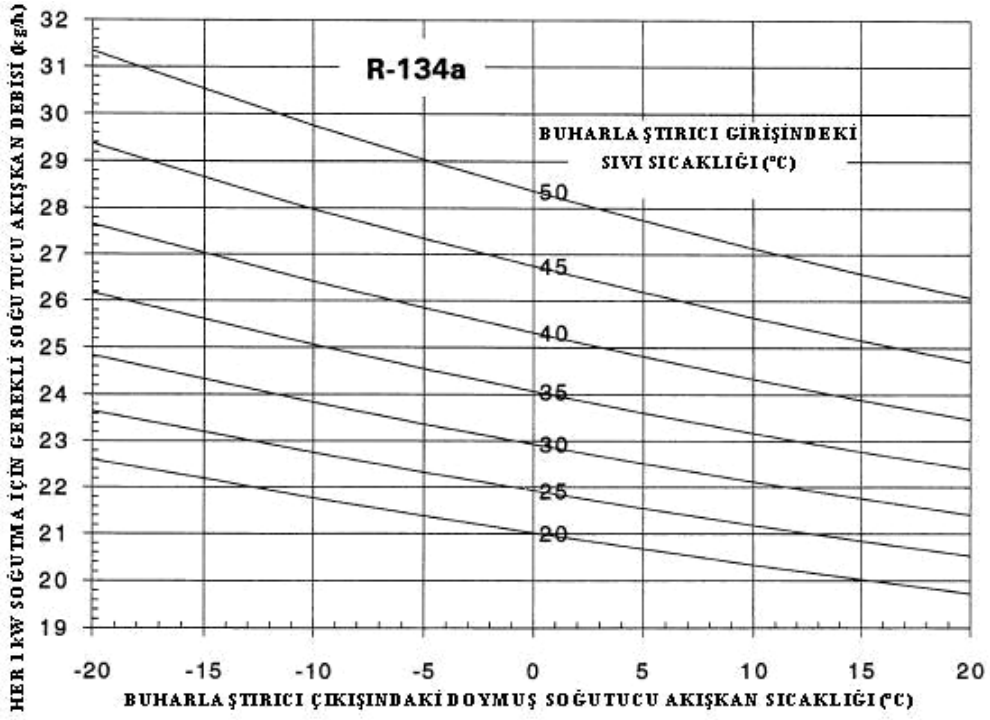
Harici bir enerji kaynağından boru hattına ısı geçişi sonucu, buharlaştırıcı akışı doğrultusundaki emme hattının kızdırılması (superheating), Şekil 5, 6 ve 7 kullanılarak hesaplanan debi miktarlarının azaltılmasını gerektirmez. Hat ısı kazancından kaynaklanan bu tip emme hattı kızdırması, hacimsel debiyi ve bir birim buharlaştırıcı kapasitesi başına hat hızını artırır ancak kütleli debiyi artırmaz. Bu tip kızdırma, dikey emme hattı çaplarını, uygun yağ dönüşünü sağlamak için hesaplarken dikkate alınmalıdır.

Sıvı-emme ısı değiştiricisi kullanarak emme gazının kızdırılmasının, yağ dönüşü üzerindeki etkisi, yukarıdaki paragrafta açıklanan emme hattı kızdırılmasının yağ dönüşü üzerindeki etkisi ile aynıdır. Isı değişimi ile sıvının soğutulması sonucu 1 kW'lık soğutma başına gerekli kütleli debi azalır. Bu durum şekillerden de görülebilir. Şekillerden anlaşılacağı üzere, yatay ekseninde herhangi bir buharlaştırıcı çıkış sıcaklığında, buharlaştırıcı besleme valfine gelen sıvının sıcaklığı azaldıkça, 1 kW soğutma yükü başına gerekli kütleli debi azalmaktadır.

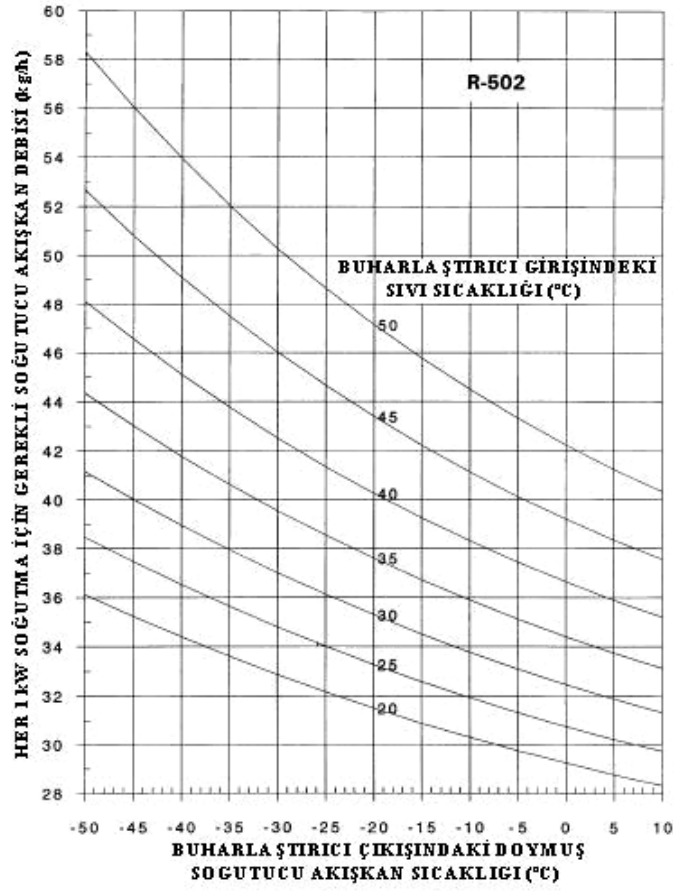
Soğutma etkisinde herhangi bir artış sağlamadan, sadece hacimsel debiyi arttırdığı için, mahal içindeki ısıdan kaynaklanan kızdırmanın soğutmaya zararlı bir etkisi olduğunu söylemek yanlış olur [1] [5].



Şekil 5. 1 kW soğutma sağlamak için gerekli debi, R-22 [1] [5].



Şekil 6. 1 kW soğutma sağlamak için gerekli debi, R-134a [1] [5].



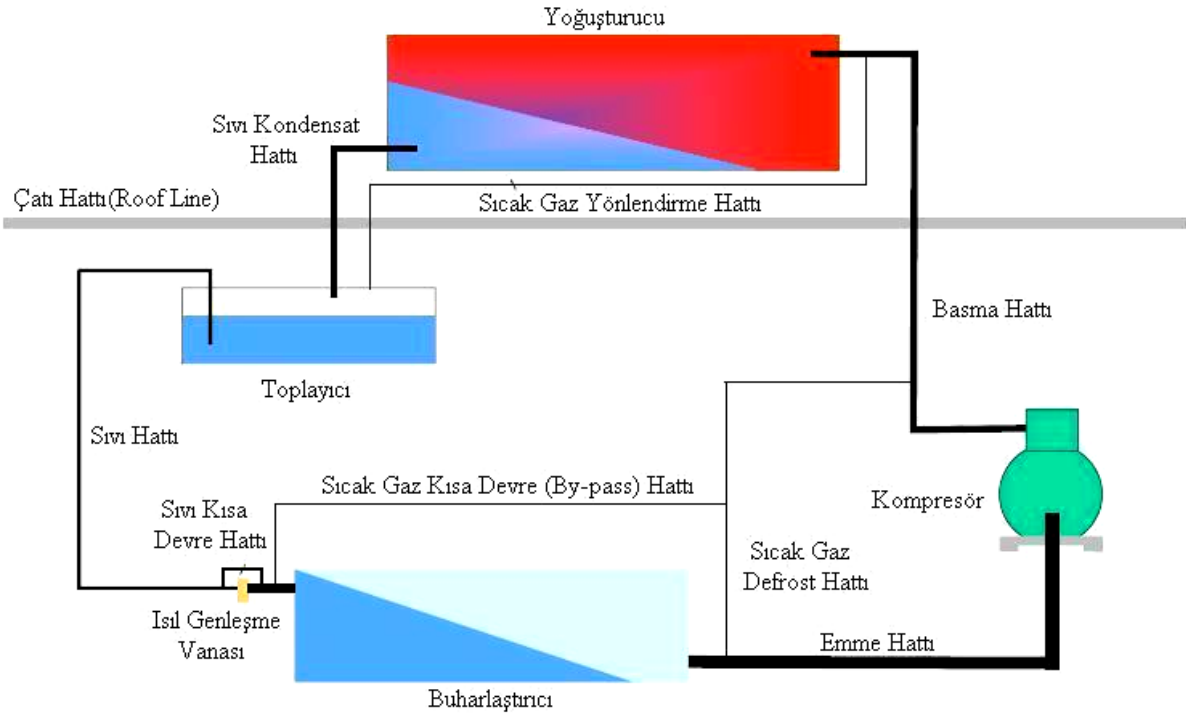
Şekil 7. 1 kW soğutma sağlamak için gerekli debi, R-502 [1] [5].

3. BORULAMA HAKKINDA TEMEL BİLGİLER

Soğutucu akışkan borulama sistemlerinin tasarımı sırasında, tüm sıvı akış sistemlerinin ortak tasarım özellikleri dikkate alınır. Ancak bu özelliklerin dışında borulama tasarımı yapılırken sistemi etkileyebilecek aşağıdaki etkenler de göz önünde bulundurulmalıdır.

1. Borulama yapılan sisteminin minimum basınç kaybına göre tasarlanması gerekir çünkü soğutucu sistemlerde basınç kayıpları ısı kapasiteyi düşürür ve sistemin enerji ihtiyacını artırır.
2. Sıvı, boruların içinde dolaşırken hal değiştirir.
3. Soğutucu akışkanlar ile sistemde bulunan yağlama yağının karışmamasını sağlamak için aşağıdaki koşulların sağlanması gerekir:
 - a) Sıvı soğutucu akışkanın kompresör karterinde birikmesi en aza düzeyde olmalıdır.
 - b) Yağın kompresörden çıktığı hızla yeniden kompresöre dönmesi gerekmektedir [2].

Şekil 8'de bir soğutma çevriminin şematik olarak genel yapısı görülmektedir [4]. Bu şekil en az elemanlı bir yapıyı en kısa hatlarla prensipte göstermektedir. Uygulamada geometrik yerleşim ve birleşik paralel veya seri bileşenli sistemler olduğunda hatların tasarımının çok kompleks yapısının varlığı açıktır. İlerleyen bölümlerde özel hatların tasarımında dikkat edilmesi gereken hususlar ayrı başlıklarda incelenecektir.



Şekil 8. Soğutma çevrimi [4].

3.1 Soğutma Sistemlerinde Boru Tasarımının Temel Prensipleri

Soğutma devrelerinin tasarımında aşağıdaki noktalara dikkat edilmelidir.

- Soğutma devresindeki basınç kayıplarının mümkün olduğunca düşük olması sağlanmalıdır.
- Soğutucu akışkanın fiziksel durumundaki değişiklikler boru çaplarında değişiklik gerektirir.
- Genel olarak sistemde kullanılan gaz ile kompresör yağı çok çabuk karışırlar. Kompresörde düzenli ve yeterli yağlamanın temin edilebilmesi için, basma hattına soğutucu akışkan tarafından kompresörden çıkarılan yağ ile aynı miktarda yağın yer değiştirmesi sağlanmalıdır.
- Soğutma devresi, gaz verilmesi ve vakum işlemleri öncesi olabilecek partiküllerden arınmış kuru ve temiz olmalıdır.
- Sıvı halindeki soğutucu akışkanın kompresöre girişi önlenmelidir. Kompresör daima gaz halindeki akışkan ile çalıştırılmalıdır.
- Çalışma sırasında kompresöre (gaz hattı) yağın düzenli dönüşünün sağlanması, basınç kayıplarının ve aşırı gürültünün önlenmesi için soğutucu akışkanın hızının dikkatli tespit edilmesi gereklidir.
- Devrenin ölçülendirilmesinde son belirleme daima akışkan hızı ve meydana getireceği basınç düşümü ile boru maliyetleri arasında bir analiz ile yapılmalıdır.

Genel olarak, soğutma hattında basınç kaybı, kapasitenin azalmasına ve güç gereksiniminin artmasına neden olur. Bu yüzden aşırı basınç kaybına izin verilmemesi gerekir. Basınç kaybının büyüklüğü boru sisteminin belli kısımlarında değiştiği için, sistemin her bir parçası ayrı olarak göz önüne alınmalıdır. Düz boru içindeki basınç düşümü değerini ve verilen bir basınç kaybı için soğutucu akışkan hattı kapasite değerlerini veren pek çok tablo ve grafik bulmak mümkündür.

Boru tasarımcısının, basınç düşümünün çok önemli olduğunu fakat soğutucu akışkan hattı boyutlandırılmasında göz önüne alınması gereken tek şart olmadığını bilmesi gerekir. Bazı sistemlerin tasarımında soğutucu akışkan hızları, basınç düşümünden daha fazla etkiye sahiptir. Ayrıca, yağ dönüşünün kritik yapısı ve aşırı soğutucu akışkan şarjı da sistemde sıkıntılar yaratır. Sistemin ihtiyacının üzerinde soğutucu akışkan taşıyabilecek daha büyük hatlar tasarlamaktansa, makul basınç düşümüne izin verilmesi daha doğrudur. Aşırı soğutucu akışkan şarjı; sıvı soğutucu akışkan kontrolünde ciddi problemler yaratabilir ve sistemin düşük basınç tarafında büyük miktardaki sıvı soğutucu akışkanın atalet (flywheel) etkisi; soğutucu akışkan kontrol cihazlarının düzensiz çalışmasına neden olur.

Kompresör üzerindeki servis valfinin boyutu, yoğuşturucu, buharlaştırıcı, akümülatör ya da herhangi bir donatı üzerindeki bağlantının boyutu, tasarlanacak hattın boyutunu belirleyen faktörler değildir. Üreticiler, kullanacakları bağlantı elemanlarının ve valflerin boyutlarını, bunların ortalama bir sisteme uygulanması esasına dayanarak belirlerler. Uygulama türü, bağlantı hatlarının uzunluğu, sistemin kontrol şekli, yük değişimi ve diğer faktörler uygun boru boyutu belirlemede kullanılan ana faktörlerdir. Tasarlanan hattın boyutu, çeşitli sistem elemanları üzerindeki bağlantı elemanlarından biraz büyük ya da biraz küçük olabilir. Bu durumda redüksiyon kullanılmalıdır.

Kompresör içinde yağlamanın sağlanması için, yağın kompresör silindirlerinden geçmesi gereklidir, bu yüzden yağın küçük bir kısmı her zaman soğutucu akışkanla birlikte sirküle edilir. Soğutmada kullanılan yağlar sıvı soğutucu akışkan içerisinde çözülür ve normal oda sıcaklığında tamamen karışırlar ancak yağ ve soğutucu akışkan buharı kolayca karışamazlar ve eğer soğutucu akışkan buharının hızı yağı sürüklemeye yetecek kadar büyük ise yağ sistem içerisinde uygun şekilde dolaştırılır. Uygun yağ dolaşımını sağlamak için, soğutucu akışkan hızı sadece emme ve basma hattında değil, buharlaştırıcı devreleri içinde de yağı sürükleyecek kadar büyük olmalıdır.

Düşük buharlaşma sıcaklıklarında, yağ dönüşünü çok kritik hale getiren birkaç faktör vardır. Emme basıncı düşerse soğutucu akışkan buharı daha az sıkışık hale gelir ve yağın sürüklenmesi zorlaşır. Aynı zamanda emme basıncının düşmesiyle, sıkıştırma oranı artar; sonuç olarak kompresör kapasitesi azalır ve sirküle edilen soğutucu akışkan kütlesi azalır. Soğutmada kullanılan yağlar, tek başlarına $-17,77^{\circ}\text{C}$ 'nin altında iken koyu bir kıvama sahiptirler fakat yeterli sıvı soğutucu akışkan ile karışırlarsa kolaylıkla hareket eden bir akışkan haline gelirler. Karışımdaki yağ oranı artarsa viskozite de artar.

Düşük sıcaklık koşullarında, bu faktörlerin hepsi birleşerek kritik bir durum ortaya çıkarırlar. Gazın yoğunluğu azalır, kütle debisi azalır ve sonuç olarak buharlaştırıcıda daha fazla yağ toplanmaya başlar. Yağ ve soğutucu akışkan karışımı daha viskoz hale gelirse, yağ kompresöre dönmek yerine, buharlaştırıcı içindeki bazı noktalarda birikmeye başlar. Kötü tasarlanmış sistemlerde krank kutusundaki yağ seviyesinin büyük değişimler göstermesinin nedeni budur.

İyi tasarlanmış buharlaştırıcılarda buharlaşma sıcaklığı çok düşük olsa bile; hızların yeterince yüksek tutulması sureti ile yağ birikmesi önlenir. Ancak $-45,55^{\circ}\text{C}$ 'nin altındaki buharlaşma sıcaklıklarında, sirküle edilen yağ oranını minimize edebilmek için, yağ seperatörlerinin kullanılması gereklidir [5].

3.2 Soğutucu Akışkan Hattının Boyutlandırılması

Soğutucu akışkan hattının boyutlarını belirlerken, en ekonomik, sürtünme kaybını ve yağ dönüşünü hesaba katan en iyi değeri bulmak gerekir. Maliyet açısından bakıldığında elden geldiğince küçük boyutlu boru seçmek iyidir. Ancak seçilen boru boyutunun emme ve basma hattında aşırı basınç kaybına yol açmaması da gerekir. Çünkü bu durum kompresör kapasitesini düşmesine ve Güç/Kapasite oranının aşırı ölçüde artmasına yol açar. Boru boyutunun küçük tutulması sıvı hattında da aşırı basınç kaybına yol açabilir. Bu durum, sıvı soğutucu akışkanın basınç düşüşü nedeniyle taşmasına ve genişleme vanasının arıza yapmasına neden olur [2]. Soğutma sistemleri öyle tasarlanmıştır ki sürtünmeden dolayı meydana gelen basınç kayıpları belli bir basınç farkını ve buna bağlı kaynama noktası sıcaklığı değişimini geçmeyecek şekildedir. Basınç kayıplarını tespit etmek için birincil ölçüm, doyma sıcaklığında verilen değişimdir [1].

Basınç kaybını en aza indirmek için, bir yandan maliyeti, bir yandan da tüm yük koşullarında yağ hareketine geçirip taşımaya yetecek soğutucu hattı hızlarını dikkate almak gerekir. Soğutucu akışkanlar için, düşey hatlarda (kolon) yağ dönüşü zorunlulukları da dikkate alınmalıdır [2].

3.3 Basınç Kaybının Etkisi

Soğutucu akışkan hatlarındaki basınç kayıpları sistem verimliliğinde bir azalmaya neden olur. Doğru boyutlandırma, maliyeti en az seviyede tutup, verimliliği en üst seviyeye çıkaracak şekilde yapılmalıdır. Tablo 3, 5 °C doymuş buharlaştırıcı sıcaklığı ile 40 °C doymuş yoğunlaşma sıcaklığında R-22 ile çalışan bir sistemde soğutucu akışkana ait basınç kaybının yaklaşık etkisini göstermektedir.

Basınç kaybı hesaplarında soğutucu akışkanın doyma sıcaklığındaki değişimle bağlantılı basınç düşüşü normal olarak değerlendirilmektedir. Genellikle, soğutma sistemi basma, emme ve sıvı hatlarının her parçası için 1 K ya da daha az basınç kaybı için boyutlandırılacaktır [1].

Tablo 3. R-22 ile çalışan bir sistemde gaz hattı basınç kaybının kompresör kapasitesi ve güç^a üzerindeki yaklaşık etkisi [1].

Hattaki Kayıp, K	Kapasite, %	Enerji, % ^b
Emme Hattı		
0	100	100
1	96,8	104,3
2	93,6	107,3
Basma Hattı		
0	100	100
1	99,2	102,7
2	98,4	105,7

^a: 5 °C doymuş buharlaştırıcı sıcaklığı ile 40 °C doymuş yoğunlaşma sıcaklığında R-22 ile çalışan bir sistem.

^b: Enerji yüzdesi kW (güç) / kW (soğutma) şeklinde alınmıştır.

3.3.1 Sıvı Hatları

Sıvı hatlarındaki basınç kaybı, emme ve basma hatları kadar önemli değildir. Yine de basınç kaybının, sıvı hattında gaz oluşmasına yol açacak düzeye çıkmaması ya da sıvı besleme aygıtında yetersiz sıvı basıncı olmaması gerekir [2]. Sistemler normal olarak tasarlanmıştır, böylece sürtünmeden dolayı sıvı hattında oluşacak basınç kaybı doyma sıcaklığında 0,5 K ile 1 K'lik değişime denk gelen kayıptan büyük değildir. Sıvı hatlarının boyutlandırılması ile ilgili bilgileri Tablo 4, 5, 6 ve 7'den okuyabiliriz. 40 °C doyma sıcaklığında 0,5 K'lik sıcaklık değişiminin meydana getirdiği basınç değişimi yaklaşık olarak aşağıda gösterildiği gibidir.

Soğutucu Akışkan	Değişim, kPa
R-22	18,7
R-134a	13,6
R-502	19,4

Aşırı sıvı soğutması sıvı hattındaki basınç kaybını gidermek için tek yöntemdir, bu sayede buharlaştırıcı öncesindeki kısılma cihazında sıvı olması garanti edilir. Aşırı soğutma yetersiz ise sıvı hattında ani buharlaşma meydana gelecektir ve sistemin verimliliği düşecektir [1].

Sıvı hattında sürtünme basınç kaybı, selenoid vana, pislik tutucu, kurutucu ve el vanaları gibi donanımların yanı sıra sıvı toplayıcı çıkışından buharlaştırıcı soğutucu besleme devresine giden boru ve donanımı ile ilgilidir [2].

Sıvı hattındaki düşey borular da bir basınç kaybı kaynağıdır ve sıvı hattındaki toplam kayba ilave edilir. Düşey borulardan dolayı meydana gelen kayıp her metre yükselti için 11,3 kPa'dır. Toplam kayıp bütün sürtünme kayıpları ile düşey borulardaki basınç kayıplarının toplamı ile bulunur.

İzleyen örnek sıvı hattının boyutlandırılmasının ve ihtiyaç duyulan toplam aşırı soğutma miktarının tespitinin nasıl yapıldığını göstermektedir.

Örnek 3.1: Bakır borular kullanan R-22'li bir soğutma sistemi 5 °C buharlaştırıcı ve 40 °C yoğunlaşma sıcaklığında çalışmaktadır. Kapasite 14 kW'dır ve sıvı hattı 6 m düşey boruyla beraber 50 m eşdeğer uzunluğa sahiptir. Sıvı hattı boyutunu ve ihtiyaç duyulan toplam aşırı soğutma miktarını bulunuz.

Çözüm. Tablo 4'den, sıvı hattının boyutu 1 K'lık kayıp için 15 mm OD olarak bulunur. Tablo 4'deki notlardan denklem 3'ü kullanarak gerçekte sıcaklık kaybını 14 kW için bulalım.

$$\text{Gerçek sıcaklık düşüşü} = (50 \times 0,02) (14,0 / 21,54)^{1,8} = 0,46 \text{ K}$$

$$\text{Tahmini sürtünme kaybı} = 0,46 \times 18,7 = 8,6 \text{ kPa}$$

$$\text{Düşey borulardan gelen kayıp} = 6 \times 11,3 = 67,8 \text{ kPa}$$

$$\text{Toplam basınç kaybı} = 67,8 + 8,6 = 76,4 \text{ kPa}$$

$$40 \text{ °C yoğunlaşma sıcaklığı için doyma basıncı} = 1534,1 \text{ kPa}$$

$$\text{Toplam sıvı hattı kayıpları} = 1534,1 - 76,4 = 1457,7 \text{ kPa}$$

$$\text{Genleşme vanasındaki net basınç} = 1457,7 \text{ kPa}$$

$$1457,7 \text{ kPa için doyma sıcaklığı} = 37,9 \text{ °C}$$

$$\text{Sıvı kayıplarını gidermek için gerekli aşırı soğutma miktarı} = (40,0 - 37,9) = 2,1 \text{ K}$$

bulunur.

Sıvılar için düşey boruların bulunmadığı ve buharlaştırıcının yoğunlaştırıcı/toplayıcı'nın altında bulunduğu durumlarda soğutma sistemleri sıvının ağırlığından dolayı basınçta bir kazanca sahiptir ve ani buharlaşma olmadan daha büyük sürtünme kayıplarını karşılayabilir. Sıvı hattının yönlendirilmesi ne tip olursa olsun, ani buharlaşma meydana gelirse toplam verimlilik düşer ve sistem devreden çıkabilir.

Kısmen dolu bir tankı (toplayıcı ya da gövde-boru tipi yoğunlaştırıcı) terk eden sıvının hızı, yüzeydeki sıvı aşırı soğutulsun ya da soğutulmasın tanktan ayrılan sıvı hattının bulunduğu noktanın üzerindeki sıvı yüksekliğiyle kısıtlıdır. Tanktaki sıvı çok düşük (ya da 0) bir hıza sahip olduğu için sıvı hattındaki hızı (bağlantı noktası) V , $V^2 = 2gh$ ile hesaplanır; burada "h" tanktaki sıvı yüksekliğidir. Gaz basıncı hıza, gaz aynı yönde akmadığı sürece eklenmez. Sonuç olarak, hatta hem gaz, hem de sıvı aktığında, sıvı akışı kısıtlanır. Bu faktör hesaba katılmazsa toplayıcılarda aşırı çalışma maliyeti ve gövde boru tipi yoğunlaştırıcılarda taşma meydana gelebilir.

Tankı terk eden sıvı hattını tam olarak boyutlandırmak için kesin bir veri yoktur. Bağlantı noktası üzerindeki sıvının yüksekliği istenilen hızı sağlıyorsa, sıvı tanktan istenilen oranda ayrılacaktır. Böylece, tanktaki seviye tank tabanından sıvı hattının ayrıldığı seviyeden boru çapı kadar daha yüksek bir değere düşmüşse, 6,4 g/s R-22 için bakır borulardaki kapasite, kilowatt soğutma başına yaklaşık olarak aşağıda gösterildiği gibidir.

OD, mm	kW
28	49
35	88
42	140
54	280
67	460
79	690
105	1440

Bütün sıvı hattı, ayrılma bağlantısı kadar büyük olmak zorunda değildir. Bağlantı noktasından sonra, hız % 40 azalır. Hat toplayıcıdan aşağıya doğru devam ederse, h değeri yükselir. R-22 ile 700 kW kapasite için,

toplayıcının (receiver) tabanından gelen hat yaklaşık 79 mm olmaktadır. 1300 mm'lik bir düşüşten sonra 54 mm'lik çapa düşüş yeterli olacaktır.

Tablo 4. Soğutucu akışkan 22 (R-22) için kilowatt cinsinden emme, basma ve sıvı hattı kapasiteleri (tek ya da çok kademeli uygulamalar için) [1].

Hat İçin Nominal OD, mm	Emme Hatları ($\Delta t = 0.04$ K/m)					Boşalma Hatları ($\Delta t = 0.02$ K/m, $\Delta p = 74.90$)			Sıvı Hatları	
	Doymuş Emme Sıcaklığı, °C					Doymuş Emme Sıcaklığı, °C			Not a ve b'ye bakınız Hız = $\frac{\Delta t}{\Delta p} = 0.02$ K/m 0.5 m/s	
	-40	-30	-20	-5	5					
	196	277	378	572	731	-40	-20	5		
L TİP BAKIR HAT										
12	0.32	0.50	0.75	1.28	1.76	2.30	2.44	2.60	7.08	11.24
15	0.61	0.95	1.43	2.45	3.37	4.37	4.65	4.95	11.49	21.54
18	1.06	1.66	2.49	4.26	5.85	7.59	8.06	8.59	17.41	37.49
22	1.88	2.93	4.39	7.51	10.31	13.32	14.15	15.07	26.66	66.18
28	3.73	5.82	8.71	14.83	20.34	26.24	27.89	29.70	44.57	131.0
35	6.87	10.70	15.99	27.22	37.31	48.03	51.05	54.37	70.52	240.7
42	11.44	17.80	26.56	45.17	61.84	79.50	84.52	90.00	103.4	399.3
54	22.81	35.49	52.81	89.69	122.7	157.3	167.2	178.1	174.1	794.2
67	40.81	63.34	94.08	159.5	218.3	279.4	297.0	316.3	269.9	1415.0
79	63.34	98.13	145.9	247.2	337.9	431.3	458.5	488.2	376.5	2190.9
105	136.0	210.3	312.2	527.8	721.9	919.7	977.6	1041.0	672.0	4697.0
ÇELİK HAT										
10	0.47	0.72	1.06	1.78	2.42	3.04	3.23	3.44	10.66	15.96
15	0.88	1.35	1.98	3.30	4.48	5.62	5.97	6.36	16.98	29.62
20	1.86	2.84	4.17	6.95	9.44	11.80	12.55	13.36	29.79	62.55
25	3.52	5.37	7.87	13.11	17.82	22.29	23.70	25.24	48.19	118.2
32	7.31	11.12	16.27	27.11	36.79	46.04	48.94	52.11	83.56	244.4
40	10.98	16.71	24.45	40.67	55.21	68.96	73.31	78.07	113.7	366.6
50	21.21	32.23	47.19	78.51	106.4	132.9	141.3	150.5	187.5	707.5
65	33.84	51.44	75.19	124.8	169.5	211.4	224.7	239.3	267.3	1127.3
80	59.88	90.95	132.8	220.8	299.5	373.6	397.1	422.9	412.7	1991.3
100	122.3	185.6	270.7	450.1	610.6	761.7	809.7	862.2	711.2	4063.2

Notlar:

1. Tablo kapasiteleri Kilowatt soğutma cinsinden verilmiştir.
 Δp : Birim ünite eşdeğer boru hattı uzunluğu için basınç kaybı, Pa/m
 Δt : Doyma sıcaklığındaki uygun değişim, K/m
2. Diğer Δt doyma sıcaklıkları ve L_e eşdeğer uzunluk için hat kapasitesi

$$\text{Hat Kapasitesi} = \text{Tablo Kapasitesi} \left(\frac{\text{Tablo } L_e}{\text{Gerçek } L_e} \times \frac{\text{Gerçek } \Delta t}{\text{Tablo } \Delta t} \right)^{0.55}$$

3. Diğer kapasiteler ve L_e eşdeğer uzunluk için Δt doyma sıcaklığı

$$\Delta t = \text{Tablo } \Delta t \left(\frac{\text{Gerçek } L_e}{\text{Tablo } L_e} \right) \left(\frac{\text{Gerçek Kapasite}}{\text{Tablo Kapasitesi}} \right)^{1.8}$$

4. Tablodaki değerler 40 °C yoğunlaşma sıcaklığına göre verilmiştir. Tablo kapasitelerini diğer yoğunlaşma sıcaklıklarında izleyen faktörlerle çarpılarak kullanılır.

Yoğuşma Sıcaklığı, °C	Emme Hattı	Basma Hattı
20	1,18	0,80
30	1,10	0,88
40	1,00	1,00
50	0,91	1,11

^a: Verilen boyutlandırmanın toplayıcıda üretilen herhangi bir gazın kondens hattında yoğuşma suyu akışına engel olmadan yoğuşturucuya dönmemesinin zorunlu olduğu yerlerde kullanılması önerilir. Toplayıcının ortam sıcaklığının soğutucu akışkanın yoğuşma sıcaklığından daha yüksek olduğu su soğutmalı yoğuşturucular da bu sınıflandırmaya girerler.

^b: Hattaki basınç kaybı Δp emniyetli bir değerdir; aşırı soğutma önemliyse ya da hat kısaysa, daha küçük ölçülerdeki borular kullanılabilir. Çok düşük aşırı soğutmalı ya da çok uzun hat uygulamalarında daha büyük çapta borulara ihtiyaç duyulabilir.

Tablo 5. Soğutucu akışkan 134a (R-134a) için kilowatt cinsinden emme, basma ve sıvı hattı kapasiteleri (tek ya da çok kademeli uygulamalar için) [1].

Hat İçin Nominal OD, mm	Emme Hatları ($\Delta t = 0.04$ K/m)					Boşaltma Hatları ($\Delta t = 0.02$ K/m, $\Delta p = 538$ Pa/m)			Sıvı Hatları Not a ve b'ye bakınız	
	Doymuş Emme Sıcaklığı, °C					Doymuş Emme Sıcaklığı, °C			$\Delta t =$ 0.02 K/m Hız = 0.5 m/s $\Delta p = 538$ Pa/m	
	-10	-5	0	5	10	-10	0	10		
	318	368	425	487	555					
L TİP BAKIR HAT										
12	0.62	0.76	0.92	1.11	1.33	1.69	1.77	1.84	6.51	8.50
15	1.18	1.45	1.76	2.12	2.54	3.23	3.37	3.51	10.60	16.30
18	2.06	2.52	3.60	3.69	4.42	5.61	5.85	6.09	16.00	28.40
22	3.64	4.45	5.40	6.50	7.77	9.87	10.30	10.70	24.50	50.10
28	7.19	8.80	10.70	12.80	15.30	19.50	20.30	21.10	41.00	99.50
35	13.20	16.10	19.50	23.50	28.10	35.60	37.20	38.70	64.90	183.00
42	21.90	26.80	32.40	39.00	46.50	59.00	61.60	64.10	95.20	304.00
54	43.60	53.20	64.40	77.30	92.20	117.00	122.00	127.00	160.00	605.00
67	77.70	94.60	115.00	138.00	164.00	208.00	217.00	226.00	248.00	1080.00
79	120.00	147.00	177.00	213.00	253.00	321.00	335.00	349.00	346.00	1670.00
105	257.00	313.00	379.00	454.00	541.00	686.00	715.00	744.00	618.00	3580.00
ÇELİK HAT										
10	0.87	1.06	1.27	1.52	1.80	2.28	2.38	2.47	9.81	12.30
15	1.62	1.96	2.36	2.81	3.34	4.22	4.40	4.58	15.60	22.80
20	3.41	4.13	4.97	5.93	7.02	8.88	9.26	9.64	27.40	48.20
25	6.45	7.81	9.37	11.20	13.30	16.70	17.50	18.20	44.40	91.00
32	13.30	16.10	19.40	23.10	27.40	34.60	36.10	37.50	76.90	188.00
40	20.00	24.20	29.10	34.60	41.00	51.90	54.10	56.30	105.00	283.00
50	38.60	46.70	56.00	66.80	79.10	100.00	104.00	108.00	173.00	546.00
65	61.50	74.30	89.30	106.00	126.00	159.00	166.00	173.00	246.00	871.00
80	109.00	131.00	158.00	288.00	223.00	281.00	294.00	306.00	380.00	1540.00
100	222.00	268.00	322.00	383.00	454.00	573.00	598.00	622.00	655.00	3140.00

Notlar:

1. Tablo kapasiteleri Kilowatt soğutma cinsinden verilmiştir.
 Δp : Bir ünite eşdeğer boru hattı uzunluğu için basınç kaybı, Pa/m
 Δt : Doyma sıcaklığındaki uygun değişim, K/m
2. Diğer Δt doyma sıcaklıkları ve L_e eşdeğer uzunluk için hat kapasitesi

$$\text{Hat Kapasitesi} = \text{Tablo Kapasitesi} \left(\frac{\text{Tablo } L_e}{\text{Gerçek } L_e} \times \frac{\text{Gerçek } \Delta t}{\text{Tablo } \Delta t} \right)^{0.55}$$

3. Diğer kapasiteler ve L_e eşdeğer uzunluk için Δt doyma sıcaklığı

$$\Delta t = \text{Tablo } \Delta t \left(\frac{\text{Gerçek } L_e}{\text{Tablo } L_e} \right) \left(\frac{\text{Gerçek Kapasite}}{\text{Tablo Kapasitesi}} \right)^{1.8}$$

4. Tablodaki değerler 40 °C yoğunlaşma sıcaklığına göre verilmiştir. Tablo kapasitelerini diğer yoğunlaşma sıcaklıklarında izleyen faktörlerle çarparak kullanın.

Yoğuşma Sıcaklığı, °C	Emme Hattı	Basma Hattı
20	1,18	0,80
30	1,10	0,88
40	1,00	1,00
50	0,91	1,11

^a: Verilen boyutlandırmanın toplayıcıda üretilen herhangi bir gazın kondens hattında yoğunlaşma suyu akışına engel olmadan yoğunlaştırıcıya dönmek için zorunlu olduğu yerlerde kullanılması önerilir. Toplayıcının ortam sıcaklığının soğutucu akışkanın yoğunlaşma sıcaklığından daha yüksek olduğu su soğutmalı yoğunlaştırıcılar da bu sınıflandırmaya girerler.

^b: Hattaki basınç kaybı Δp emniyetli bir değerdir; aşırı soğutma önemiyse ya da hat kısaysa, daha küçük ölçülerdeki borular kullanılabilir. Çok düşük aşırı soğutmalı ya da çok uzun hat uygulamalarında daha büyük çapta borulara ihtiyaç duyulabilir.

Tablo 6. Soğutucu akışkan 502 (R-502) için kilowatt cinsinden emme, basma ve sıvı hattı kapasiteleri (tek ya da çok kademeli uygulamalar için) [1].

Hat İçin Nominal OD, mm	Emme Hatları ($\Delta t = 0.04$ K/m)					Boşaltma Hatları ($\Delta t = 0.02$ K/m, $\Delta p = 465$)			Sıvı Hatları	
	Doymuş Emme Sıcaklığı, °C					Doymuş Emme Sıcaklığı, °C			Not a ve b'ye bakınız	
	-40	-30	-20	-5	5	-40	-20	50	Hız = 0.5 m/s	$\Delta t =$ 0.02 K/m $\Delta p = 779$
	Uygun Δp , Pa/m									
	230	320	431	635	799					
L TIP BAKIR HAT										
12	0.26	0.42	0.63	1.10	1.53	1.70	1.91	2.14	4.48	7.39
15	0.51	0.80	1.21	2.10	2.92	3.25	3.64	4.08	7.27	14.13
18	0.88	1.39	2.10	3.64	5.05	5.62	6.30	7.07	11.02	24.60
22	1.56	2.45	3.70	6.40	8.89	9.88	11.07	12.42	16.87	43.34
28	3.09	4.85	7.31	12.62	17.47	19.43	21.77	24.43	28.20	85.71
35	5.67	8.89	13.41	23.08	32.00	35.54	39.81	44.67	44.62	157.4
42	9.43	14.77	22.22	38.25	52.90	58.77	65.84	73.88	65.45	261.1
54	18.77	29.34	44.09	75.78	104.7	116.2	130.2	146.0	110.2	518.3
67	33.46	52.31	78.44	134.5	185.7	206.0	230.8	259.0	170.8	922.9
79	51.86	81.03	121.4	208.0	287.2	318.2	356.5	400.0	238.2	1429.9
105	111.1	173.2	259.3	443.4	611.4	677.5	759.0	851.8	425.2	3057.7
ÇELİK HAT										
10	0.38	0.59	0.87	1.47	2.01	2.22	2.49	2.79	6.75	10.33
15	0.71	1.09	1.61	2.72	3.72	4.12	4.61	5.17	10.74	19.15
20	1.49	2.29	3.39	5.73	7.83	8.65	9.70	10.88	18.85	40.33
25	2.82	4.34	6.41	10.79	14.76	16.32	18.28	20.52	30.49	76.24
32	5.84	8.96	13.24	22.29	30.48	33.65	37.69	42.30	52.87	157.6
40	8.76	13.45	19.87	33.45	45.66	50.50	56.57	63.48	71.96	236.5
50	16.94	25.96	38.29	64.46	88.01	97.24	108.9	122.2	118.6	455.7
65	26.98	41.36	61.01	102.5	140.3	154.8	173.4	194.6	169.1	726.0
80	47.66	73.07	107.8	181.2	247.3	273.6	306.5	344.0	261.2	1282.7
100	97.35	148.9	219.8	369.4	504.3	556.6	623.6	699.8	450.0	2614.6

Notlar:

- Tablo kapasiteleri Kilowatt soğutma cinsinden verilmiştir.
 Δp : Bir ünite eşdeğer boru hattı uzunluğu için basınç kaybı, Pa/m
 Δt : Doyma sıcaklığındaki uygun değişim, K/m
- Diğer Δt doyma sıcaklıkları ve L_e eşdeğer uzunluk için hat kapasitesi

$$\text{Hat Kapasitesi} = \text{Tablo Kapasitesi} \left(\frac{\text{Tablo } L_e}{\text{Gerçek } L_e} \times \frac{\text{Gerçek } \Delta t}{\text{Tablo } \Delta t} \right)^{0.55}$$

- Diğer kapasiteler ve L_e eşdeğer uzunluk için Δt doyma sıcaklığı

$$\Delta t = \text{Tablo } \Delta t \left(\frac{\text{Gerçek } L_e}{\text{Tablo } L_e} \right) \left(\frac{\text{Gerçek Kapasite}}{\text{Tablo Kapasitesi}} \right)^{1.8}$$

- Tablodaki değerler 40 °C yoğunlaşma sıcaklığına göre verilmiştir. Tablo kapasitelerini diğer yoğunlaşma sıcaklıklarında izleyen faktörlerle çarparak kullanın.

Yoğuşma Sıcaklığı, °C	Emme Hattı	Basma Hattı
20	1,18	0,80
30	1,10	0,88
40	1,00	1,00
50	0,91	1,11

^a: Verilen boyutlandırmanın toplayıcıda üretilen herhangi bir gazın kondens hattında yoğuşma suyu akışına engel olmadan yoğuşturucuya dönmelerinin zorunlu olduğu yerlerde kullanılması önerilir. Toplayıcının ortam sıcaklığının soğutucu akışkanın yoğuşma sıcaklığından daha yüksek olduğu su soğutmalı yoğuşturucular da bu sınıflandırmaya girerler.

^b: Hattaki basınç kaybı Δp emniyetli bir değerdir; aşırı soğutma önemiyse ya da hat kısaysa, daha küçük ölçülerdeki borular kullanılabilir. Çok düşük aşırı soğutmalı ya da çok uzun hat uygulamalarında daha büyük çapta borulara ihtiyaç duyulabilir.

Tablo 7. Soğutucu akışkan 22 (R-22) için kilowatt cinsinden emme, basma ve sıvı hattı kapasiteleri (orta ya da düşük kademeli uygulamalar için) [1].

L Tip Bakır Hat İçin Nominal OD, mm	Emme Hatları ($\Delta t = 0.04$ K/m)					Boşaltma Hatları ^a	Sıvı Hatları
	Doymuş Emme Sıcaklığı, °C						
	-70	-60	-50	-40	-30		
	31.0	51.3	81.5	121	228		
			Uygun Δp , Pa/m				
12	0.09	0.16	0.27	0.47	0.73	0.74	Tablo 4'e bakınız.
15	0.17	0.31	0.52	0.90	1.39	1.43	
18	0.29	0.55	0.91	1.57	2.43	2.49	
22	0.52	0.97	1.62	2.78	4.30	4.41	
28	1.05	1.94	3.22	5.52	8.52	8.74	
35	1.94	3.60	5.95	10.17	15.68	16.08	
42	3.26	6.00	9.92	16.93	26.07	26.73	
54	6.54	12.03	19.83	33.75	51.98	53.28	
67	11.77	21.57	35.47	60.38	92.76	95.06	
79	18.32	33.54	55.20	93.72	143.69	174.22	
105	39.60	72.33	118.66	201.20	308.02	316.13	
130	70.87	129.17	211.70	358.52	548.66	561.89	
156	115.74	210.83	344.99	583.16	891.71	915.02	

Notlar:

1. Tablo kapasiteleri Kilowatt soğutma cinsinden verilmiştir.
 Δp : Bir ünite eşdeğer boru hattı uzunluğu için basınç kaybı, Pa/m
 Δt : Doyma sıcaklığındaki uygun değişim, K/m

2. Diğer Δt doyma sıcaklıkları ve L_e eşdeğer uzunluk için hat kapasitesi

$$\text{Hat Kapasitesi} = \text{Tablo Kapasitesi} \left(\frac{\text{Tablo } L_e}{\text{Gerçek } L_e} \times \frac{\text{Gerçek } \Delta t}{\text{Tablo } \Delta t} \right)^{0.55}$$

3. Diğer kapasiteler ve L_e eşdeğer uzunluk için Δt doyma sıcaklığı

$$\Delta t = \text{Tablo } \Delta t \left(\frac{\text{Gerçek } L_e}{\text{Tablo } L_e} \right) \left(\frac{\text{Gerçek Kapasite}}{\text{Tablo Kapasitesi}} \right)^{1.8}$$

4. Tablodaki değerler 40 °C yoğunlaşma sıcaklığına göre verilmiştir. Tablo kapasitelerini diğer yoğunlaşma sıcaklıklarında izleyen faktörlerle çarparak kullanın.

Yoğunlaşma Sıcaklığı, °C	Emme Hattı	Basma Hattı
- 30	1,08	0,74
- 20	1,03	0,91
- 10	0,98	1,09
0	0,91	1,29

5. Δt 'ye karşı gelen basınç kaybı için soğutucu akışkan özellik tablolarına bakınız. (1997 ASHRAE El Kitabı Bölüm 19)

^a: Basınç kaybı hesaplamaları için ilgili bölümü inceleyiniz.

3.3.2 Emme Hatları

Tasarım ve imalat yönünden değerlendirildiğinde emme hatları sıvı ya da basma hatlarından daha önemlidir. Soğutucu akışkan hatları: (1) tam kapasitede minimum basınç kaybı oluşturacak (2) minimum yük şartlarında yağlı buharlaştırıcıdan kompresöre döndürecek ve (3) yağın çalışan bir buharlaştırıcıdan çalışmayan durumdaki diğer bir buharlaştırıcıya akmasını önleyecek şekilde boyutlandırılmalıdır. Emme hattındaki basınç kaybı sistemin kapasitesini düşürür çünkü bu kayıp kompresörü, sargılarda arzu edilen buharlaşma sıcaklığını sağlamak için daha düşük emme basıncında çalışmaya zorlar. Emme hattı, normal olarak doyma sıcaklığında 1K'e eşdeğer değişimden daha büyük olmayacak şekilde sürtünmeden kaynaklanan bir basınç kaybına uygun şekilde boyutlandırılmıştır. Tablo 4'den Tablo 14'e kadar olan tablolarda emme hattının boyutlandırılması ile ilgili bilgiler verilmiştir. 5 °C doymuş emme sıcaklığındaki eşdeğer basınç kaybı yaklaşık olarak;

Soğutucu Akışkan	Emme Kaybı, K	Basınç Kaybı, kPa
R-22	1	18,1
R-134a	1	12,2
R-502	1	19,7

5 °C'den daha düşük emme sıcaklıklarında, verilen sıcaklık için eşdeğer basınç kaybı azalır. Örneğin R-22 ile -40 °C'de emme yapıldığında, doyma sıcaklığındaki 1K'lık değişime karşılık basınç kaybı yaklaşık 4,9 kPa'dır. Bunun yanında düşük sıcaklık hatları çok düşük bir basınç kaybı için boyutlandırılmaktadır, ya da daha yüksek eşdeğer sıcaklık kayıpları ve bunun sonucunda sistemde bulunan cihazların kapasitelerindeki kayıp kabul edilmelidir. Çok düşük basınç kayıpları için, herhangi emme ya da sıcak gaz düşey yükselme hatları (hot-gas riser) yağın akışını düzgün bir şekilde temin edebilecek şekilde boyutlandırılır, böylece yağ karışımı kompresöre geri döner.

Kısmi yüklerde yağı düşey hatlarda sürükleyecek yeterli gaz hızlarını sağlamak için boru çapının düşürülmesi gerektiği durumlarda, tam kapasitede daha büyük basınç kayıpları meydana gelmektedir. Bu durum yatay ve aşağı doğru hatların ve elemanlarının daha büyük seçilmesiyle çözülebilir.

3.3.3 Basma Hatları

Sıcak gaz hatlarındaki basınç kayıpları birim soğutma için ihtiyaç duyulan kompresör gücünü artırır ve kompresör kapasitesini düşürür. Tablo 3, 5 °C doymuş buharlaştırıcı sıcaklığı ile 40 °C doymuş yoğunlaşma sıcaklığında R-22 ile çalışan bir sistem için soğutucu akışkan basınç kaybının yaklaşık etkisini göstermektedir. Düşük sürtünme kayıpları için basınç kaybı, hattın boyutunun artırılması ile minimum seviyede tutulur, fakat bu durumda da yağı tüm yükleme şartlarında sürükleyecek ve taşıyacak soğutucu akışkan hattı hızları sağlanmaktadır. Basınç kaybı doyma sıcaklığında 1 K'e eşdeğer bir değişimi aşmayacak şekilde tasarlanmıştır. Tavsiye edilen boyutlandırma tabloları doyma sıcaklığında 0,02 K/m değişime göre hazırlanmıştır.

3.4 Boruların Düzenlenmesi ve Yerleşimi

Soğutucu akışkan hatları soğutucu akışkan ihtiyaçlarını ve basınç kayıplarını en aza indirecek şekilde direkt ve kısa olmalıdır. Boru tesisatı dirsek ve diğer bağlantı elemanlarını mümkün olduğunca az kullanarak planlanmalıdır, fakat kompresör titreşiminin ve ısıl genleşme ve daralmanın neden olduğu gerilmeleri ortadan kaldıracak yeterli esnekliği sağlamalıdır.

Soğutucu akışkanının boru tesisatı öyle ayarlanmalıdır ki kompresörün ve diğer ekipmanların denetimini ve servisini engellememelidir. Yağ seviyesi ölçüm camının önü kapatılmamalıdır. Ayrıca, boru tesisatı kompresör piston kapağı veya herhangi bir iç parçanın sökülmesini engellemeyecek şekilde yapılmalıdır. Emme hattından kompresöre giden hat, kompresörün servis için yerinden alınmasına engel olmayacak şekilde ayarlanmalıdır.

Boru ve komşu duvarlar ve taşıyıcılar arasında ya da yalıtım uygulaması için borular arasında ya da yalıtım uygulaması için borular arasında uygun boşluklar bırakılmalıdır. Zeminden, duvarlardan ya da tavandan yapılacak hem borulama hem de yalıtım uygulamalarına imkan veren geçiş boruları (sleeves) kullanılmalıdır. Bu elemanlar tuğla işinin yapılmasından ya da beton dökülmesinden önce yerleştirilmelidir. Boru tesisatı baş yükseklüğünde geçişe ya da pencereler ve kapılara engel olmayacak şekilde uygulanmalıdır.

3.5 Boru Tesisatının Hasara Karşı Korunması

Özellikle dayanım konusunda yanlış bir kuvvet uygulamasına sahip küçük hatlarda oluşabilecek hasara karşı koruma önemlidir. Trafik yoğun olduğu yerlerde dikkatsizce kullanılan el arabaları, sarkık yükler, merdivenler ve istifleme araçlarından gelebilecek darbelere karşı korunma sağlanmalıdır.

3.6 Boru Tesisatının Yalıtılması

Bütün boru bağlantılarına ve bağlantı elemanlarına, yalıtım işlemini gerçekleştirmeden önce sızdırmazlık testi uygulanmalıdır.

Emme hatları, terleme ve ısı kazancından korumak için yalıtılmalıdır. Nemin yoğuşabileceği yalıtılmış ya da dış ortama maruz hatlar, yalıtım içinde nemin dolaşması ya da yoğuşmasına engel olacak şekilde buhar geçirimini önleyecek biçimde tecrit edilmelidir. Ticari olarak ulaşılabilecek birçok model bu amaca uygun su geçirmeyen ceketlerle beraber üretilmektedir.

Sıvı hattı normal olarak yalıtıma ihtiyaç duymasa da, emme ve sıvı hatlarının beraber bir şekilde kenetlendiği durumlarda tek bir üniteye yalıtım uygulanıyormuş gibi yalıtım yapılabilir. Daha yüksek sıcaklığa sahip bir ortamdan geçiyorken, sıvı hattı ısı kazancını en aza indirecek şekilde yalıtılmalıdır.

Sıcak gaz basma hatları genelde yalıtılmazlar, bununla beraber ısı kaybına engel olunması ya da yüksek sıcaklığa sahip yüzeylerden gelebilecek hasarlara karşı önlem olması amacıyla yalıtım uygulanabilir. Daha sonraki aşamalarda, sıkı bir buhar yalıtım uygulaması gerekli değildir, çünkü boru hattı dış ortamda bulunmadığı sürece nemin yoğuşması bir problem oluşturmamaktadır.

Sıcak gaz defrost hatları, ısı kaybını ve boru hattı içindeki gazın yoğuşmasını en aza indirmek için alışılmış bir şekilde yalıtılmaktadır [1].

Tablo 8'de yalıtım malzemeleri ve kullanma sıcaklıkları ile ilgili bilgiler verilmiştir [8].

Tablo 8. Isı yalıtım çeşitleri ve özellikleri [8].

Malzemeler	Kullanma Yeri	Sıcaklık Aralığı	Isı İletkenlik Katsayısı (A) TS 825
1 Cam Yünü	Isıtma tesislerinde boru ve kanalların ısı ve ses yalıtımı amacıyla kullanılır.	(-20 °C) - (+250 °C)	20 °C'de 0.039 w/m ² k
2 Taş Yünü	Sanayi tesislerinde yüksek sıcaklıklardaki kazan, kanal ve boru tesisatlarında, ısı ve yangın yalıtımlarında kullanılır.	Ortalama (+750 °C'e kadar)	50 °C'de 0.038 w/m ² k
3 Extrude Polistren Sert Köpük	Yürünen ve yürünmeyen çatılar, iç ve dış duvar yalıtımları, soğuk su boru yalıtımı ve hava kanal yalıtımında kullanılır.	(-50 °C) - (+75 °C)	10 °C'de 0.026 w/m ² k 24 °C'de 0.029 w/m ² k
4 Polietilen Köpük	Merkezi ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerinin yalıtımında kullanılır.	(-80 °C) - (+95 °C)	10 °C'de 0.033 w/m ² k 40 °C'de 0.040 w/m ² k
5 Elastomerik	Merkezi ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerinin yalıtımında kullanılır.	(-45 °C) - (+116 °C)	10 °C'de 0.037 w/m ² k 40 °C'de 0.040 w/m ² k
6 Elastometrik Poliolefin	Merkezi ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri ile heat pump sistemlerin yalıtımında kullanılır.	(-80 °C) - (+95 °C)	10 °C'de 0.033 w/m ² k 40 °C'de 0.038 w/m ² k
7 Poliüretan Köpük	Soğutma depoları, depolama tankları, geniş konteyner ve boru hatlarında iki cidar arası başlangıç doldurulmalarıyla yapılan yalıtımlarda.	(-100 °C) - (+90 °C)	20 °C'de 0.022 w/m ² k

Not: Diğer uygun yalıtım malzemeleri kullanıldığında eşdeğer direnç oluşturacak kalınlıklarda uygulanmalıdır.

Tablo 9'da, düşük sıcaklıkta soğutucu akışkan taşıyan borulara uygulanması önerilen yalıtım kalınlıkları verilmektedir [7].

Tablo 9. Soğuk borular için yalıtım kalınlıkları [7].

Soğuk Borular İçin Yalıtım Kalınlıkları			
Sıcaklık (°C)	Boru dış çapı	Yalıtım Kalınlığı	Yalıtım Malzemesi (veya eşdeğeri)
10/24	5" kadar	3/4" (19 mm)	Cam yünü keçe
10/24	6" den büyük	1" (25mm)	Cam yünü keçe
0/10	3" e kadar	3/4" (19 mm)	Cam yünü, keçe
0/10	4" den büyük	2 kat 3/4" veya 1 kat 2"	Cam yünü, keçe veya 1-1/2" mantar
-18/-4	1" e kadar	2" (51 mm)	Mantar veya 2-1/2" cam yünü keçe
-18/-4	1-1/4-3" arası	2-1/2 (64 mm)	" " 3 " "
-18/-4	3" den büyük	3" (76 mm)	" " 4 " "
-32/-18	1/2-3" arası	3" (76 mm)	Mantar
-32/-18	3-1/2-4" arası	3-1/2 (90 mm)	Mantar
-32/-18	4" den büyük	4" (102 mm)	Mantar

3.7 Boru Tesisatındaki Titreşim ve Gürültü

Soğutucu akışkan tesisatında ortaya çıkan ve iletilen titreşimin ortaya çıkardığı gürültü, boru tasarımı ve destekleri ile en aza indirilebilir ya da tamamen ortadan kaldırılabilir.

Soğutucu akışkan tesisatındaki titreşimin arzu edilmeyen iki etkisi (1) boruya fiziksel hasar vermesidir, bu noktada sert lehimlenmiş bağlantı kırılır ve böylece yük kaybı gerçekleşir ve (2) boru hattı boyunca gürültünün boru boyunca iletilmesi ve boru tesisatı ile yapı arasında doğrudan fiziksel temasın oluşmasına neden olabilir.

Soğutma uygulamalarında, borularda meydana gelen titreşim, soğutucu akışkan boru hattının oynamaz bir bağlantıyla pistonlu kompresöre bağlanmasından kaynaklanmaktadır. Titreşimin etkileri kompresöre ve yoğunlaşma ünitesine bağlı tüm hatlarda açık bir şekilde görülmektedir. Bununla beraber borulardaki titreşimi ortadan kaldırmak mümkün değildir, sadece etkileri azaltılabilir.

Bazen esnek (Flexible) metal boru daha küçük çapta olan boru hatlarındaki titreşimin iletimini engellemek için kullanılabilir. En yüksek verimlilik için, krank miline paralel bir uygulama yapılmalıdır. Bazı durumlarda kompresördeki yatay ve düşey hatlar için birer tane olmak üzere iki titreşim yalıtıcıya (izolatör) ihtiyaç duyulabilir. Kompresörden uzakta esnek metal borunun sonunda, borunun sistemdeki sıcak gaz hattından korunması için oynamaz bir desteğe ihtiyaç duyulur.

Esnek metal boru daha büyük çaptaki borulardaki titreşimi emecek kadar etkili değildir, çünkü uzunluğun çapa oranı çok büyük olmadıkça esnek değildir. Pratikte, uzunluk sıkça sınırlıdır, böylece esneklik daha büyük ölçülerde azalır. Bu problem esnek boruların ve yalıtım askılarının, boruların yapı içinde güvence altına alındığı durumlarda kullanılmasıyla en iyi şekilde çözümlenir.

Boru tesisatı duvarlardan, kat aralarından ya da iç bölmelerden geçerken yapının hiçbir yerine temas etmemelidir ve sadece taşıyıcılarla desteklenmelidir (oluşan titreşimin binaya iletilmesinin önüne geçmek amacıyla kullanılır); bu sayede duvarların ya da tavanların ses yapan diyaframlar ya da panolar olma olasılığı ortadan kaldırılmış olur. Boru tesisatı yapıldığında uygulama sonunda ulaşılmaması zor olan yerlerde tesisat, yalıtımlı askılar ile desteklenmelidir.

Boru tesisatındaki titreşim ve gürültü kompresörün çalışması sırasında oluşan gaz titreşiminden ya da yüksek hızlarda artış gösteren gaz içindeki türbülansın meydana gelebilir. Bu durum genellikle basma hattında, sistemin diğer bileşenlerine göre daha çok görülür.

Kompresör tarafından oluşan gaz titreşimlerinin sonucu olan gürültü ve titreşim, kompresörün her devrinde gaz basma sayısının oluşturduğu bir fonksiyonun karakteristik frekansına sahiptir. Bu frekans, bazı kompresörlerde iki piston beraber çalıştığında, mutlaka silindir sayılarına eşit olmak zorunda değildir. Ayrıca V tipi kompresörlerde olduğu gibi silindirlerin açılma yerleşiminden dolayı da değişebilir. Gaz titreşimleri sonucu ortaya çıkan gürültü sadece boru sistemi, titreşimi rezonansla arttırdığı zaman bir engel haline gelir. Tek kompresörlü sistemlerde, rezonans, rezonansı oluşturan hattın çapı ya da uzunluğu değiştirilerek ya da kompresör basma valfinin hemen arkasına uygun boyutlarda bir sıcak gaz egzozu monte edilmesiyle azaltılabilir. Paralel olarak tasarlanmış kompresör sistemlerinde, farklı hızlarda çalışan çok sayıda kompresörden harmonik bir frekans ortaya çıkabilir. Bu gürültü bazen susturucuların takılmasıyla düşürülebilir.

Türbülans nedeniyle gürültü oluştuğunda ve hattı yalıtılmadığında, daha büyük çaptaki bir borunun gaz hızını düşürmek için kullanılması bazen yardımcı olabilir. Ayrıca hattı daha ağır cidarlı bir boru ile değiştirmek ya da bakır yerine çelik kullanılması da hatta doğal bir frekans elde edilmesi için faydalı olabilir.

3.8 Soğutucu Akışkan Hattı Kapasite Tabloları

Tablo 4, 5, 6 ve 7, R-22, R-134a ve R-502 için belli basınç kayıplarındaki kapasiteleri göstermektedir. Tablolarda verilen kapasiteler her eşdeğer metre boru uzunluğu için basma ve sıvı hatlarında doyma sıcaklığında (Δt) 0,02 K'lik bir değişime karşılık gelen sürtünme kaybını oluşturan soğutucu akışkan akışına bağlı verilmiştir. Emme hatları 0,04 K'lik değişime göre tasarlanmıştır. Tablo 10, 11 ve 12 doyma emme sıcaklığında 0,02 ve 0,01 K/m'lik değişim gösteren emme hattı kapasitelerini göstermektedir. Basınç kayıpları K cinsinden verilmiştir çünkü bu tip hat boyutlandırma yöntemi tüm sanayi için uygundur ve kabul edilmiştir. Karşılık gelen basınç kayıpları ayrıca gösterilmiştir.

Tablo 10. 0,02 ve 0,01 K/m'ye karşılık basınç kayıplarında soğutucu akışkan 22 (R-22) için kilowatt cinsinden emme hattı kapasiteleri (tek ya da çok kademeli uygulamalar için) [1].

Hat için Nominal OD, mm	Doymuş Emme Sıcaklığı, °C									
	-40		-30		-20		-5		5	
	$\Delta t = 0.02$ $\Delta p = 97.9$	$\Delta t = 0.01$ $\Delta p = 49.0$	$\Delta t = 0.02$ $\Delta p = 138$	$\Delta t = 0.01$ $\Delta p = 69.2$	$\Delta t = 0.02$ $\Delta p = 189$	$\Delta t = 0.01$ $\Delta p = 94.6$	$\Delta t = 0.02$ $\Delta p = 286$	$\Delta t = 0.01$ $\Delta p = 143$	$\Delta t = 0.02$ $\Delta p = 366$	$\Delta t = 0.01$ $\Delta p = 183$
L TIP BAKIR HAT										
12	0.21	0.14	0.34	0.23	0.51	0.34	0.87	0.59	1.20	0.82
15	0.41	0.28	0.65	0.44	0.97	0.66	1.67	1.14	2.30	1.56
18	0.72	0.49	1.13	0.76	1.70	1.15	2.91	1.98	4.00	2.73
22	1.28	0.86	2.00	1.36	3.00	2.04	5.14	3.50	7.07	4.82
28	2.54	1.72	3.97	2.70	5.95	4.06	10.16	6.95	13.98	9.56
35	4.69	3.19	7.32	4.99	10.96	7.48	18.69	12.80	25.66	17.59
42	7.82	5.32	12.19	8.32	18.20	12.46	31.03	21.27	42.59	29.21
54	15.63	10.66	24.34	16.65	36.26	24.88	61.79	42.43	84.60	58.23
67	27.94	19.11	43.48	29.76	64.79	44.48	110.05	75.68	150.80	103.80
79	43.43	29.74	67.47	46.26	100.51	69.04	170.64	117.39	233.56	161.10
105	93.43	63.99	144.76	99.47	215.39	148.34	365.08	251.92	499.16	344.89
ÇELİK HAT										
10	0.33	0.23	0.50	0.35	0.74	0.52	1.25	0.87	1.69	1.18
15	0.61	0.42	0.94	0.65	1.38	0.96	2.31	1.62	3.15	2.20
20	1.30	0.90	1.98	1.38	2.92	2.04	4.87	3.42	6.63	4.65
25	2.46	1.71	3.76	2.62	5.52	3.86	9.22	6.47	12.52	8.79
32	5.11	3.56	7.79	5.45	11.42	8.01	19.06	13.38	25.88	18.20
40	7.68	5.36	11.70	8.19	17.16	12.02	28.60	20.10	38.89	27.35
50	14.85	10.39	22.65	14.86	33.17	23.27	55.18	38.83	74.92	52.77
65	23.74	16.58	36.15	25.30	52.84	37.13	87.91	61.89	119.37	84.05
80	42.02	29.43	63.95	44.84	93.51	65.68	155.62	109.54	211.33	148.77
100	85.84	60.16	130.57	91.69	190.95	134.08	317.17	223.47	430.77	303.17
125	155.21	108.97	235.58	165.78	344.66	242.47	572.50	403.23	776.67	547.16
150	251.47	176.49	381.78	268.72	557.25	391.95	925.72	652.73	1255.93	885.79
200	515.37	362.01	781.63	550.49	1141.07	803.41	1895.86	1336.79	2572.39	1813.97
250	933.07	656.12	1413.53	996.65	2063.66	1454.75	3429.24	2417.91	4646.48	3280.83
300	1494.35	1050.57	2264.54	1593.85	3305.39	2330.50	5477.74	3867.63	7433.20	5248.20

Δp : Birim ünite eşdeğer boru hattı uzunluğu için basınç kaybı, Pa/m

Δt : Doyma sıcaklığındaki uygun değişim, K/m

Tablo 11. 0,02 ve 0,01 K/m'ye karşılık basınç kayıplarında soğutucu akışkan 134a (R-134a) için kilowatt cinsinden emme hattı kapasiteleri (tek ya da çok kademeli uygulamalar için) [1].

Hat İçin Nominal OD, mm	Doymuş Emme Sıcaklığı, °C									
	-10		-5		0		5		10	
	$\Delta t = 0.02$ $\Delta p = 159$	$\Delta t = 0.01$ $\Delta p = 79.3$	$\Delta t = 0.02$ $\Delta p = 185$	$\Delta t = 0.01$ $\Delta p = 92.4$	$\Delta t = 0.02$ $\Delta p = 212$	$\Delta t = 0.01$ $\Delta p = 106$	$\Delta t = 0.02$ $\Delta p = 243$	$\Delta t = 0.01$ $\Delta p = 121$	$\Delta t = 0.02$ $\Delta p = 278$	$\Delta t = 0.01$ $\Delta p = 139$
L TIP BAKIR HAT										
12	0.42	0.28	0.52	0.35	0.63	0.43	0.76	0.51	0.91	0.62
15	0.81	0.55	0.99	0.67	1.20	0.82	1.45	0.99	1.74	1.19
18	1.40	0.96	1.73	1.18	2.09	1.43	2.53	1.72	3.03	2.07
22	2.48	1.69	3.05	2.08	3.69	2.52	4.46	3.04	5.34	3.66
28	4.91	3.36	6.03	4.13	7.31	5.01	8.81	6.02	10.60	7.24
35	9.05	6.18	11.10	7.60	13.40	9.21	16.20	11.10	19.40	13.30
42	15.00	10.30	18.40	12.60	22.30	15.30	26.90	18.40	32.10	22.10
54	30.00	20.50	36.70	25.20	44.40	30.50	53.40	36.70	63.80	44.00
67	53.40	36.70	65.40	44.90	79.00	54.40	95.00	65.40	113.00	78.30
79	82.80	56.90	101.00	69.70	122.00	84.30	147.00	101.00	176.00	122.00
105	178.00	122.00	217.00	149.00	262.00	181.00	315.00	217.00	375.00	260.00
ÇELİK HAT										
10	0.61	0.42	0.74	0.52	0.89	0.62	1.06	0.74	1.27	0.89
15	1.13	0.79	1.38	0.96	1.65	1.16	1.97	1.38	2.35	1.65
20	2.39	1.67	2.91	2.03	3.49	2.44	4.17	2.92	4.94	3.47
25	4.53	3.17	5.49	3.85	6.59	4.62	7.86	5.52	9.33	6.56
32	9.37	6.57	11.40	7.97	13.60	9.57	16.30	11.40	19.30	13.60
40	14.10	9.86	17.10	12.00	20.50	14.40	24.40	17.10	28.90	20.40
50	27.20	19.10	32.90	23.10	39.50	27.70	47.00	33.10	55.80	39.40
65	43.30	30.40	52.50	36.90	62.90	44.30	75.00	52.70	88.80	62.70
80	76.60	53.80	92.80	65.30	111.00	78.30	133.00	93.10	157.00	111.00
100	156.00	110.00	189.00	133.00	227.00	160.00	270.00	190.00	320.00	226.00

Δp : Birim ünite eşdeğer boru hattı uzunluğu için basınç kaybı, Pa/m
 Δt : Doyma sıcaklığındaki uygun değişim, K/m

Tablo 12. 0,02 ve 0,01 K/m'ye karşılık basınç kayıplarında soğutucu akışkan 502 (R-502) için kilowatt cinsinden emme hattı kapasiteleri (tek ya da çok kademeli uygulamalar için) [1].

Hat İçin Nominal OD, mm	Doymuş Emme Sıcaklığı, °C									
	-40		-30		-20		-5		5	
	$\Delta t = 0.02$ $\Delta p = 115$	$\Delta t = 0.01$ $\Delta p = 57.5$	$\Delta t = 0.02$ $\Delta p = 160$	$\Delta t = 0.01$ $\Delta p = 80$	$\Delta t = 0.02$ $\Delta p = 215$	$\Delta t = 0.01$ $\Delta p = 108$	$\Delta t = 0.02$ $\Delta p = 317$	$\Delta t = 0.01$ $\Delta p = 159$	$\Delta t = 0.02$ $\Delta p = 399$	$\Delta t = 0.01$ $\Delta p = 200$
L TIP BAKIR HAT										
12	0.18	0.12	0.28	1.19	0.43	0.29	0.75	0.51	1.05	0.72
15	0.34	0.23	0.54	0.37	0.83	0.56	1.44	0.98	2.00	1.37
18	0.60	0.41	0.95	0.65	1.44	0.98	2.50	1.71	3.48	2.38
22	1.06	0.72	1.67	1.14	2.53	1.73	4.40	3.01	6.11	4.20
28	2.11	1.44	3.32	2.27	5.02	3.44	8.68	5.97	12.06	8.29
35	3.88	2.65	6.11	4.17	9.21	6.32	15.92	10.95	22.08	15.22
42	6.46	4.42	10.16	6.95	15.31	10.50	26.39	18.17	36.58	25.25
54	12.90	8.83	20.20	13.86	30.41	20.90	52.36	36.11	72.55	50.15
67	23.02	15.78	36.00	24.78	54.19	37.30	93.16	64.36	128.96	89.18
79	35.69	24.53	55.79	38.40	83.93	57.89	144.18	99.69	199.33	137.96
105	76.67	52.64	119.66	82.48	179.67	123.91	208.06	213.05	425.46	295.15
ÇELİK HAT										
10	0.27	0.18	0.41	0.29	0.61	0.43	1.03	0.72	1.41	0.99
15	0.49	0.34	0.76	0.53	1.13	0.79	1.91	1.34	2.62	1.84
20	1.04	0.73	1.61	1.13	2.38	1.67	4.03	2.83	5.52	3.88
25	1.98	1.38	3.04	2.13	4.51	3.16	7.61	5.34	10.40	7.32
32	4.09	2.87	6.29	4.42	9.31	6.55	15.70	11.04	21.48	15.13
40	6.15	4.31	9.45	6.64	14.00	9.82	23.56	16.59	32.23	22.70
50	11.88	8.34	18.24	12.82	26.96	18.99	45.40	31.97	62.10	43.83
65	18.96	13.30	29.06	20.45	42.96	30.24	72.34	50.94	98.98	69.69
80	33.55	23.57	52.44	36.21	76.04	53.53	127.82	90.19	174.90	123.40
100	68.50	48.10	104.93	73.85	155.04	109.08	260.59	183.83	355.77	251.27
125	123.60	86.98	189.39	122.41	279.53	196.87	469.33	331.39	642.34	453.07
150	200.11	140.76	306.60	215.68	452.01	318.75	758.96	535.98	1038.85	732.68
200	409.66	288.50	627.19	442.16	925.80	652.64	1552.5	1097.8	2125.3	1498.7
250	741.87	522.36	1134.4	800.86	1672.3	1180.4	2812.4	1982.9	3839.5	2711.0
300	1184.9	835.42	1814.6	1279.0	2675.2	1888.2	4492.8	3172.2	6133.7	4337.2

Δp : Birim ünite eşdeğer boru hattı uzunluğu için basınç kaybı, Pa/m
 Δt : Doyma sıcaklığındaki uygun değişim, K/m

Soğutucu akışkan hattı boyutlandırması için kapasite tabloları Darcy-Weisbach ilişkisine göre hazırlanmıştır ve sürtünme faktörleri Colebrook fonksiyonuna (Colebrook 1938, 1939) göre hesaplanmıştır. Borulardaki pürüzlülük büyüklüğü bakır için 1,5 µm ve çelik boru için de 46 µm'dir. 101,325 kPa dışındaki basınçlar için viskozite ekstrapolasyonları ve uyarlamaları korelasyon tekniklerine dayanmaktadır [1]. Basma hattı için kızdırma R-134a ile R-502 için 45 K ve R-22 için 60 K'dir.

Kapasiteyi belirlemek için soğutucu akışkan çevrimi buharlaştırıcıyı terk eden doymuş soğutkan buharına dayanarak yapılmıştır. Hesaplamalarda yağın varlığı ihmal edilir ve akım kesintisiz (nonpulsating) kabul edilir.

Boru hattının boyutlandırılması için ilave tablolar ve tartışmalar için kaynaklar [1]'de verilmiştir.

3.9 Valfler ve Bağlantı Elemanları İçin Eşdeğer Uzunluklar

Soğutucu akışkan hattı kapasite tabloları düz boruda her birim metredeki basınç kaybına, ya da düz boru, bağlantı elemanları ve valflerin birleşiminin eşdeğer boru uzunluklarına bağlıdır.

Genelde vanalar ve bağlantı elemanlarındaki basınç kaybı, aynı çaptaki düz boruda aynı sürtünme kaybıyla elde edilen eşdeğer uzunluğa denk alınarak tespit edilir. Hat boyutlandırmasına ait bu durumda doğrudan kullanılabilir. Tablo 13, 14 ve 15 nominal boru çapına bağlı olarak farklı bağlantı elemanları ve valfler için düz boruya ait eşdeğer uzunluğu vermektedir.

Aşağıdaki örnek soğutucu akışkan hattı boyutlandırması için farklı tablo ve diyagramların kullanılmasını göstermektedir.

Örnek 3.2: 5 °C'de emme, 40 °C'de yoğuşma gerçekleşen 105 kW'lık R-22 ile çalışan sistemin emme hattının boru çapını ve basınç kaybını bulunuz. Emme hattında bakır boru kullanılmış olup 15 m düz kısım ve 6 adet geniş dirsek kullanılmıştır.

Çözüm: Eşdeğer uzunluk denemesi için düz hatta % 50 ilave edilir. Deneme eşdeğer uzunluğu $15 \times 1,5 = 22,5$ m bulunur. Tablo 4'den (5 °C'de emme, 40 °C'de yoğuşma için) 122,7 kW kapasitede 54 mm dış çapında her eşdeğer metre uzunlukta 0,04 K kaybın oluştuğu bulunur.

Düz hat uzunluğu: 15 m








6 adet 50 mm'lik dirsekten her biri için 1 m (Tablo 13): 6 m

Toplam eşdeğer uzunluk: 21 m

$$\Delta t = (0,04)(21) \left(\frac{105}{122,7} \right)^{1,8} = 0,63 \text{ K}$$

0.63 K tavsiye edilen 1 K'den düşüktür fakat daha küçük boyuttaki (42 mm) boru için tekrar hesap yapılırsa $\Delta t = 4.05$ K bulunur fakat bu sıcaklık çok büyüktür, bu nedenle 54 mm çapındaki boru belirlemesi uygundur.

Tablo 13. Boru eşdeğer uzunluğu olarak bağlantı elemanları kayıpları (metre)
Vidalı, kaynaklı, flanşlı, havşalı (konik) ve lehimli bağlantılar [1] [2].

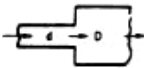
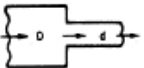




Nominal Boru Boyutu (mm)	Düzgün Kıvrık Dirsekler						Düzgün Kıvrık "T"ler			
	90°		90° İç-Dış ^a	45°		180° Standart ^a	Kol "T"si İçten Akışlı	Hat "T"si- Düz Akış		
	Standart ^a	Uzun Yarıçaplı ^b		Standart ^a	İç-Dış ^a			Küçültme (Redüksiyon) 1/4		1/2
								Yok	Küçültme	Küçültme
10	0.4	0.3	0.7	0.2	0.3	0.7	0.8	0.3	0.4	0.4
15	0.5	0.3	0.8	0.2	0.4	0.8	0.9	0.3	0.4	0.5
20	0.6	0.4	1.0	0.3	0.5	1.0	1.2	0.4	0.6	0.6
25	0.8	0.5	1.2	0.4	0.6	1.2	1.5	0.5	0.7	0.8
32	1.0	0.7	1.7	0.5	0.9	1.7	2.1	0.7	0.9	1.0
40	1.2	0.8	1.9	0.6	1.0	1.9	2.4	0.8	1.1	1.2
50	1.5	1.0	2.5	0.8	1.4	2.5	3.0	1.0	1.4	1.5
65	1.8	1.2	3.0	1.0	1.6	3.0	3.7	1.2	1.7	1.8
80	2.3	1.5	3.7	1.2	2.0	3.7	4.6	1.5	2.1	2.3
90	2.7	1.8	4.6	1.4	2.2	4.6	5.5	1.8	2.4	2.7
100	3.0	2.0	5.2	1.6	2.6	5.2	6.4	2.0	2.7	3.0
125	4.0	2.5	6.4	2.0	3.4	6.4	7.6	2.5	3.7	4.0
150	4.9	3.0	7.6	2.4	4.0	7.6	9	3.0	4.3	4.9
200	6.1	4.0	—	3.0	—	10	12	4.0	5.5	6.1
250	7.6	4.9	—	4.0	—	13	15	4.9	7.0	7.6
300	9.1	5.8	—	4.9	—	15	18	5.8	7.9	9.1
350	10	7.0	—	5.5	—	17	21	7.0	9.1	10
400	12	7.9	—	6.1	—	19	24	7.9	11	12
450	13	8.8	—	7.0	—	21	26	8.8	12	13
500	15	10	—	7.9	—	25	30	10	13	15
600	18	12	—	9.1	—	29	35	12	15	18

a: R/D yaklaşık 1'e eşittir. b: R/D yaklaşık 1.5'e eşittir.

Tablo 13. Devam [2]

Nominal Boru Boyutu (mm)	Köşe Dirsekleri			
	90°	60°	45°	30°
10	0,8	0,3	0,15	0,1
15	0,9	0,4	0,2	0,12
20	1,2	0,5	0,25	0,15
25	1,5	0,6	0,3	0,2
32	2,1	0,9	0,5	0,3
40	2,4	1,0	0,6	0,35
50	3,0	1,4	0,7	0,4
65	3,7	1,6	0,9	0,5
80	4,6	1,9	1,0	0,6
90	5,5	2,2	1,2	0,7
100	6,4	2,6	1,4	0,8
125	7,6	3,3	1,8	1,0
150	9,1	3,9	2,1	1,2
200	12,2	5,2	2,7	1,6
250	13,2	6,4	3,6	2,2
300	18,3	7,6	4,0	2,4
350	20,8	8,8	4,6	2,7
400	23,8	9,5	5,2	3,0
450	25,9	11,3	5,8	3,4
500	30,5	12,5	6,7	4,0
600	35,0	14,9	7,6	4,9

Tablo 14. Boru eşdeğer uzunluğu olarak özel bağlantı elemanları kayıpları (metre) [1] [2].

Nominal Boru Boyutu (mm)	Ani Büyütme, d/D			Ani Daraltma, d/D			Keskin Kenar		Boru Çıkması	
	1/4	1/2	3/4	1/4	1/2	3/4	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış
										
10	0.4	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.5	0.2	0.5	0.3
15	0.5	0.3	0.1	0.3	0.3	0.1	0.5	0.3	0.5	0.5
20	0.8	0.5	0.2	0.4	0.3	0.2	0.9	0.4	0.9	0.7
25	1.0	0.6	0.2	0.5	0.4	0.2	1.1	0.5	1.1	0.8
32	1.4	0.9	0.3	0.7	0.5	0.3	1.6	0.8	1.6	1.3
40	1.8	1.1	0.4	0.9	0.7	0.4	2.0	1.0	2.0	1.5
50	2.4	1.5	0.5	1.2	0.9	0.5	2.7	1.3	2.7	2.1
65	3.0	1.9	0.6	1.5	1.2	0.6	3.7	1.7	3.7	2.7
80	4.0	2.4	0.8	2.0	1.5	0.8	4.3	2.2	4.3	3.8
90	4.6	2.8	0.9	2.3	1.8	0.9	5.2	2.6	5.2	4.0
100	5.2	3.4	1.2	2.7	2.1	1.2	6.1	3.0	6.1	4.9
125	7.3	4.6	1.5	3.7	2.7	1.5	8.2	4.3	8.2	6.1
150	8.8	6.7	1.8	4.6	3.4	1.8	10	5.8	10	7.6
200	—	7.6	2.6	—	4.6	2.6	14	7.3	14	10
250	—	9.8	3.4	—	6.1	3.4	18	8.8	18	14
300	—	12.4	4.0	—	7.6	4.0	22	11	22	17
350	—	—	4.9	—	—	4.9	26	14	26	20
400	—	—	5.5	—	—	5.5	29	15	29	23
450	—	—	6.1	—	—	6.1	35	18	35	27
500	—	—	—	—	—	—	43	21	43	33
600	—	—	—	—	—	—	50	25	50	40

Not: En küçük çap "d"deki kayıplar için tabloya bakın.

Tablo 15. Boru eşdeğer uzunluğu olarak vana kayıpları (metre) Vidalı, kaynaklı, flanşlı, havşalı (konik) bağlantılı [1] [2].

Nominal Boru Boyutu (mm)	Pistonlu (globe) vana ^a	60° Y Vana	45° Vana	Köşe Vanası ^a	Sürgülü Vana ^a	Geritepme Vanası (yukarı- aşağı hareketli) ^b	Geritepme Vanası (Kalkar tip) ^c
10	5.2	2.4	1.8	1.8	0.2	1.5	
15	5.5	2.7	2.1	2.1	0.2	1.8	
20	6.7	3.4	2.1	2.1	0.3	2.2	
25	8.8	4.6	3.7	3.7	0.3	3.0	
32	12	6.1	4.6	4.6	0.5	4.3	
40	13	7.3	5.5	5.5	0.5	4.9	
50	17	9.1	7.3	7.3	0.73	6.1	
65	21	11	8.8	8.8	0.9	7.6	
80	26	13	11	11	1.0	9.1	
90	30	15	13	13	1.2	10	
100	37	18	14	14	1.4	12	
125	43	22	18	18	1.8	15	
150	52	27	21	21	2.1	18	
200	62	35	26	26	2.7	24	
250	85	44	32	32	3.7	30	
300	98	50	40	40	4.0	37	
350	110	56	47	47	4.6	41	
400	125	64	55	55	5.2	46	
450	140	73	61	61	5.8	50	
500	160	84	72	72	6.7	61	
600	186	98	81	81	7.6	73	

Not: Bu kayıplar vanalar tam açık konumları ve vidalı, kaynaklı, flanşlı veya havşalı bağlantılar için verilmektedir.

a: Bu kayıplar sivri uçlu yataklı (needlepoint seats) vanalar için geçerli değildir.

b: Düzgün ve kısa konik tapalı vanalar tam olarak açılken, kayıpları sürgülü vanalara eşittir. 150 mm'nin üzerindeki kısa konik tapalı vanalardaki kayıplar için üreticilere başvurulmalıdır.

c: Kayıplar ayrıca aynı sıralı, küresel tip, çek valflere de uygulanabilir.

d: "Y" tip pistonlu yukarı kalkan ve yatağı nominal boru çapına eşit geri tepme vanaları için "Y" 60 vanası değeri kullanılır.

3.10 Soğutma Sistemlerinde Yağlama

3.10.1 Yağ Dolaşımı

Tüm kompresörler normal çalışma sırasında bir miktar yağlama yağı kaybederler. Yağ, kompresörü kaçınılmaz bir şekilde basma gazıyla terk ettiğinden, halokarbon soğutucu akışkanları kullanan sistemler bu yağı ayrıldığı miktarda geri döndürmelidir.

Kompresörü ya da yağ ayırıcısını terk eden yağ, yoğunlaştırıcıya ulaşır ve sıvı soğutucu akışkan içinde erir, bu sayede yağ, buharlaştırıcıya sıvı hattından kolayca ulaşır. Buharlaştırıcıda, soğutucu akışkan buharlaşır ve sıvı faz, yağca zengin bir hal alır. Soğutucu akışkanın yağ içindeki konsantrasyonu buharlaştırıcı sıcaklığına ve soğutucu akışkan tipi ile kullanılan yağa bağlıdır. Yağ/soğutucu akışkan karışımının viskozitesi sistem parametrelerine bağlı olarak belirlenir. Buharlaştırıcıda ayrılan yağ kompresöre yerçekimi ya da dönüş gazının çekim kuvveti ile geri döner. Yağın basınç kaybı üzerindeki etkisi büyüktür, bazı durumlarda basınç kaybındaki artış 10 kat kadar olabilir.

Halokarbon soğutucu akışkan kullanan düşük sıcaklıklı soğutma sistemlerindeki en büyük problemlerden biri yağlama yağının buharlaştırıcıdan kompresöre geri döndürülmesidir. Çok sık kullanılan santrifüj kompresörler ve nadiren kullanılan yağlama yağsız kompresörlerin haricinde soğutucu akışkan sürekli olarak yağı kompresörden basma hattına taşır. Yağın büyük bir kısmı bir yağ ayırıcısı ile akıntıdan ayrılıp kompresöre geri döndürülebilir. Birleşmiş yağ ayırıcıları, sis keçeleri (mist pads) ya da yönlendirici kanatçıklar kullanan ayırıcılardan çok daha iyi olmakla beraber bunlarda % 100 verimli değildirler. Yağın sistem içinde yolunu bulması sağlanmalıdır.

Yağ, halokarbon soğutucu akışkanlarla daha yüksek sıcaklıklarda iyi karışmaktadır. Sıcaklık düştükçe, karışabilirlik azalır ve yağın bir kısmı taşmalı buharlaştırıcıda sıvı seviyesinin üzerinde yağca zengin bir tabaka oluşturur. Eğer sıcaklık çok düşükse yağ, soğutucu akışkan kontrollerine engel olan, akış bölümlerini kapatan ve ısı transfer yüzeylerini kirleten yapışkan bir kütleye dönüşür. Düzenli çalışan bir sistem için doğru yağ yönetimi anahtar noktadır.

Genelde, doğrudan genleşmeli ve üstten sıvı beslemeli buharlaştırıcılarda taşmalı buharlaştırıcılara göre daha az yağ dönüş problemi olmaktadır çünkü soğutucu akışkan sürekli bir şekilde yağ buharlaştırıcıdan süpüreceği yeterli hızlarda akmaktadır. Sıcak gaz defrostu kullanan düşük sıcaklıktaki sistemler de sistem her defrost yaptığında yağ çevrimden dışarı süpüreceği şekilde tasarlanabilirler. Bu, yağın buharlaştırıcı yüzeyini kaplaması ve ısı transferini engellemesi olasılığını düşürür.

Taşmalı buharlaştırıcılar sadece kuru soğutucu akışkan buharını sisteme geri döndürdüğünden buharlaştırıcıdaki yağ kirlenmesi artabilir. Köpük ayırma sistemleri gövde içinde yüzen yağca zengin tabakayı bir ısı kaynağı kullanarak yağ ve soğutucu akışkanı ayırıp, yağı kompresöre döndürürler. Taşmalı halokarbon sistemlerin karmaşık yapıda olmalarından ötürü, bazı tasarımcılar bu tip sistemleri kullanmaktan kaçınırlar.

3.10.2 Sistem Kapasitesindeki Azalma

Kompresörlerde otomatik kapasite kontrolü kullanmak dikkatli analiz ve tasarıma ihtiyaç duyar. Kompresör belli bir kapasite aralığındaki sistem yükleme gereksinimini karşılayacak şekilde çalıştığından, yükleme ve basma işlemlerini gerçekleştirebilir. Tek bir kompresör tam yük kapasitesinin % 25'ine kadar basma yapabilirken, paralel bağlanmış çoklu kompresörler sistem kapasitesinin % 12,5 ya da altına basma yapabilirler. Sistemdeki borulama en düşük yüklerde yağ geri döndürecek şekilde tasarlanmalıdır, aynı zamanda sistem tam kapasitede çalışırken borularda ve donanımda aşırı basınç kaybı oluşmamalıdır.

3.10.3 Yağ Dönüşünü Sağlayan Düşey Emme Hatları

Çok sayıdaki soğutma sisteminde buharlaştırıcı kompresörden daha düşük bir seviyede olduğundan bir düşey emme hattı bulunur. Sistemde dolaşan yağ, gaz yükselticilerinde dönüş gazı ile beraber taşınarak ya da sifon ile pompa gibi yardımcı donanımlarla döndürülür. Yağın taşınması için minimum şartlar kaldırma kuvveti ile ilişkilidir (örneğin sıvı ile buhar arasındaki yoğunluk farkı ve buharın momentum akışı gibi).

Yağın taşınması için birincil şartlar gaz hızı, gaz yoğunluğu ve boru iç çapıdır. Yağ-soğutucu akışkan karışımının yoğunluğu oldukça az öneme sahiptir çünkü çok geniş bir aralıkta neredeyse sabittir. Bunun yanında $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'den daha düşük sıcaklıklarda yağ viskozitesi önemli olabilir. Sıcaklık düştükçe ve gaz daha az yoğun hale geldikçe daha büyük gaz hızlarına ihtiyaç duyulur. Bunun yanında boru çapının artması durumunda da, daha yüksek hızlar gerekebilir. Tablo 16 bu şartları, yağın taşınması için ihtiyaç duyulan minimum soğutma kapasitesine çevirmektedir. Düşey emme hatları minimum sistem kapasitesine göre boyutlandırılmalıdır. Yağ, kompresöre, kompresörün çalışacağı minimum yer değiştirme ve minimum emme sıcaklığına karşılık gelen çalışma şartlarında geri dönmelidir. Emme ya da buharlaştırıcı basınç düzenleyicileri kullanıldığında, emme düşey hatları, düşey hattaki gerçek gaz şartlarına göre boyutlandırılmalıdır.

Kapasite kontrolüne sahip tek bir kompresör için, minimum kapasite, ünitenin çalışabileceği en düşük kapasitedir. Kapasite kontrolüne sahip çoklu kompresörler için minimum kapasite çalışan son kompresörün çalışabileceği en düşük kapasitedir.

3.10.4 Düşey Hattın Boyutlandırılması

Aşağıdaki örnekte minimum kısmi yükleme için ihtiyaç duyulan yağ dolaşımını sağlayacak maksimum düşey hat boyutlandırılması Tablo 16 kullanılarak açıklanmaktadır.

Örnek 3.3: % 25, 50, 75 ve 100 kapasite adımlarına sahip 120 kW'lık kompresör kullanan R-22'li sisteme ait minimum yüklemde yağ taşınmasını sağlayacak maksimum boyuttaki düşey hattını belirleyiniz. $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ emme ve $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ yoğunlaşma sıcaklığında 10 K'lık kızdırmanın ve minimum sistem yükünün 30 kW olduğunu kabul ediniz.

Çözüm: Tablo 16'dan 54 mm dış çapındaki boru $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ emme ve $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıvı sıcaklığında 23.1 kW minimum kapasiteye sahiptir. Tablo 16'nın altındaki diyagramdan $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ emme sıcaklığındaki düzeltme katsayısı yaklaşık 1'dir. Bu yüzden 54 mm dış çapa sahip boru uygundur.

Tablo 16'ya bağlı olarak, daha küçük boyuttaki boru, limit halinde (marjinal) düşey hatlar için kullanılabilir. Düşey hat boyutları yeterli minimum gaz hızlarını sağlayacak boyutlarda düzenlendiğinde, tam kapasitedeki basınç kaybı önemli şekilde artmaktadır, yatay hatlar toplam basınç kaybını pratikte limitlerde tutacak şekilde tasarlanmalıdır. Yatay hatlar aynı hızda ve kompresörle aynı yönde yerleştirildiği sürece, yağ normal tasarım hızlarında taşınabilir.

Birçok kompresör çoklu kapasite düşürme özelliğine sahip olduğundan, yağı tüm yükleme şartlarında düşey hatta yukarı taşıyacak gaz hızlarını sağlamak zordur. Düşey hat, sistemin minimum çalışma kapasitesine göre yağı döndürecek şekilde tasarlanırsa, hattın bu bölümündeki basınç kaybı tam kapasitede çalışırken çok büyük olabilir. Doğru tasarlanmış bir düşey hat tam kapasitede çok büyük bir basınç kaybı oluşturuyorsa, çift düşey hat kullanılmalıdır.

Tablo 16. Emme düşey hatlarında yağın sürüklenmesi için Kilowatt cinsinden minimum soğutma kapasitesi (bakır borulama, ASTM B 88M B Tip, metrik ölçü) [1].

Soğ. Akış.	Doymuş Sıc. °C	Emme Gazı Sıc. °C	Nominal Boru Çapı OD, mm											
			12	15	18	22	28	35	42	54	67	79	105	130
22	-40	-35	0.182	0.334	0.561	0.956	1.817	3.223	5.203	9.977	14.258	26.155	53.963	93.419
		-25	0.173	0.317	0.532	0.907	1.723	3.057	4.936	9.464	16.371	24.811	51.189	88.617
		-15	0.168	0.307	0.516	0.880	1.672	2.967	4.791	9.185	15.888	24.080	49.681	86.006
	-20	-15	0.287	0.527	0.885	1.508	2.867	5.087	8.213	15.748	27.239	41.283	85.173	147.449
		-5	0.273	0.501	0.841	1.433	2.724	4.834	7.804	14.963	25.882	39.226	80.929	140.102
		5	0.264	0.485	0.815	1.388	2.638	4.680	7.555	14.487	25.058	37.977	78.353	135.642
	-5	0	0.389	0.713	1.198	2.041	3.879	6.883	11.112	21.306	36.854	55.856	115.240	199.499
		10	0.369	0.676	1.136	1.935	3.678	6.526	10.535	20.200	34.940	52.954	109.254	189.136
		20	0.354	0.650	1.092	1.861	3.537	6.275	10.131	19.425	33.600	50.924	105.065	181.884
	5	10	0.470	0.862	1.449	2.468	4.692	8.325	13.441	25.771	44.577	67.560	139.387	241.302
		20	0.440	0.807	1.356	2.311	4.393	7.794	12.582	24.126	41.731	63.246	130.488	225.896
		30	0.422	0.774	1.301	2.217	4.213	7.476	12.069	23.141	40.027	60.665	125.161	216.675
134a	-10	-5	0.274	0.502	0.844	1.437	2.732	4.848	7.826	15.006	25.957	39.340	81.164	140.509
		5	0.245	0.450	0.756	1.287	2.447	4.342	7.010	13.440	23.248	35.235	72.695	125.847
		15	0.238	0.436	0.732	1.247	2.370	4.206	6.790	13.019	22.519	34.129	70.414	121.898
	-5	0	0.296	0.543	0.913	1.555	2.956	5.244	8.467	16.234	28.081	42.559	87.806	152.006
		10	0.273	0.500	0.840	1.431	2.720	4.827	7.792	14.941	25.843	39.168	80.809	139.894
		20	0.264	0.484	0.813	1.386	2.634	4.674	7.546	14.468	25.026	37.929	78.254	135.471
	5	10	0.357	0.655	1.100	1.874	3.562	6.321	10.204	19.565	33.843	51.292	105.823	183.197
		20	0.335	0.615	1.033	1.761	3.347	5.938	9.586	18.380	31.792	48.184	99.412	172.098
		30	0.317	0.582	0.978	1.667	3.168	5.621	9.075	17.401	30.099	45.617	94.115	162.929
	10	15	0.393	0.721	1.211	2.063	3.921	6.957	11.232	21.535	37.250	56.456	116.479	201.643
		25	0.370	0.679	1.141	1.944	3.695	6.555	10.583	20.291	35.098	53.195	109.749	189.993
		35	0.358	0.657	1.104	1.881	3.576	6.345	10.243	19.640	33.971	51.486	106.224	183.891
502	-40	-35	0.129	0.236	0.397	0.676	1.284	2.279	3.679	7.054	12.201	18.492	38.152	66.048
		-25	0.125	0.229	0.385	0.657	1.248	2.215	3.575	6.855	11.858	17.972	37.079	64.190
		-15	0.121	0.223	0.374	0.638	1.212	2.151	3.472	6.658	11.516	17.453	36.009	62.337
	-20	-15	0.210	0.385	0.647	1.102	2.096	3.718	6.003	11.510	19.909	30.173	62.253	107.769
		-5	0.204	0.374	0.628	1.070	2.033	3.607	5.823	11.166	19.314	29.272	60.392	104.549
		5	0.198	0.363	0.611	1.041	1.978	3.510	5.666	10.865	18.793	28.482	58.763	101.728
	-5	0	0.288	0.528	0.887	1.510	2.871	5.094	8.224	15.770	27.277	41.341	84.292	147.655
		10	0.279	0.511	0.859	1.464	2.783	4.937	7.970	15.282	26.434	40.063	82.656	143.091
		20	0.271	0.496	0.834	1.421	2.701	4.793	7.737	14.835	25.661	38.891	80.239	138.907
	5	10	0.347	0.637	1.071	1.824	3.467	6.151	9.931	19.041	32.936	49.917	102.986	178.286
		20	0.336	0.617	1.036	1.765	3.356	5.954	9.613	18.431	31.881	48.318	99.688	172.577
		30	0.326	0.598	1.005	1.713	3.256	5.777	9.326	17.882	30.932	46.880	96.721	167.439

Notlar:

1. Kilowatt cinsinden verilen soğutma kapasitesi, tabloda gösterilen doymuş buharlaştırıcı ve 40 °C'deki yoğunlaştırıcı sıcaklıklarına bağlıdır. Diğer sıvı hattı sıcaklıkları için, aşağıda verilen tablodaki düzeltme faktörlerini kullanın.

Soğutucu Akışkan	Sıvı Sıcaklığı, °C		
	20	30	50
22	1,17	1,08	0,91
134a	1,20	1,10	0,89
502	1,26	1,12	0,86

2. Bu tablolar R-22 için ISO 32 mineral yağı ve R-502 ile R-134a için ISO 32 ester-bazlı yağ kullanılarak hesaplanmıştır.

Tablo 17. Sıcak-gaz düşey hatlarında yağın sürüklenmesi için Kilowatt cinsinden minimum soğutma kapasitesi (bakır borulama, ASTM B 88M B Tip, metrik ölçü) [1].

Soğ. Akış.	Doymuş Boşaltma Sıc., °C	Boşaltma Gaz Sıc., °C	Nominal Boru Çapa OD, mm											
			12	15	18	22	28	35	42	54	67	79	105	130
22	20	60	0.563	0.032	0.735	2.956	5.619	9.969	16.094	30.859	43.377	80.897	116.904	288.938
		70	0.549	1.006	1.691	2.881	5.477	9.717	15.687	30.078	52.027	48.851	162.682	281.630
		80	0.535	0.982	1.650	2.811	5.343	9.480	15.305	29.346	50.761	76.933	158.726	173.780
	30	70	0.596	1.092	1.836	3.127	5.945	10.547	17.028	32.649	56.474	85.591	176.588	305.702
		80	0.579	1.062	1.785	3.040	5.779	10.254	16.554	31.740	54.901	83.208	171.671	297.190
		90	0.565	0.035	1.740	2.964	5.635	9.998	16.140	30.948	53.531	81.131	167.386	289.773
	40	80	0.618	1.132	1.903	3.242	6.163	10.934	17.653	33.847	58.546	88.732	183.069	316.922
		90	0.601	1.103	1.853	3.157	6.001	10.647	17.189	32.959	47.009	86.403	178.263	308.603
		100	0.584	1.071	1.800	3.067	5.830	10.343	16.698	32.018	55.382	83.936	173.173	299.791
	50	90	0.630	1.156	1.943	3.310	6.291	11.162	18.020	34.552	59.766	90.580	186.882	323.523
		100	0.611	1.121	1.884	3.209	6.100	10.823	17.473	33.503	57.951	87.831	181.209	313.702
		110	0.595	1.092	1.834	3.125	5.941	10.540	17.016	32.627	56.435	85.532	176.467	305.493
134a	20	60	0.469	0.860	1.445	2.462	4.681	8.305	13.408	25.709	44.469	67.396	139.050	240.718
		70	0.441	0.808	1.358	2.314	4.399	7.805	12.600	24.159	41.788	63.334	130.668	226.207
		80	0.431	0.790	1.327	2.261	4.298	7.626	12.311	23.605	40.830	61.881	127.671	221.020
	30	70	0.493	0.904	1.519	2.587	4.918	8.726	14.087	27.011	46.722	70.812	145.096	252.916
		80	0.463	0.849	1.426	2.430	4.260	8.196	13.232	25.371	43.885	66.512	137.225	237.560
		90	0.452	0.829	1.393	2.374	4.513	8.007	12.926	24.785	42.870	64.974	134.052	232.066
	40	80	0.507	0.930	1.563	2.662	5.061	8.979	14.496	27.794	48.075	72.863	150.328	260.242
		90	0.477	0.874	1.469	2.502	4.756	8.439	13.624	26.122	45.184	68.480	141.285	244.588
		100	0.465	0.852	1.432	2.439	4.637	8.227	13.281	25.466	44.048	66.759	137.735	238.443
	50	90	0.510	0.936	1.573	2.679	5.093	9.037	14.589	27.973	48.385	73.332	151.296	261.918
		100	0.479	0.878	1.476	2.514	4.779	8.480	13.690	26.248	45.402	68.811	141.969	245.772
		110	0.467	0.857	1.441	2.454	4.665	8.278	13.364	25.624	44.322	67.173	138.590	239.921
502	20	60	0.453	0.831	1.397	2.380	4.524	8.027	12.959	24.848	42.980	65.141	134.396	232.661
		70	0.440	0.807	1.357	2.311	4.393	7.795	12.585	24.130	41.737	63.257	130.509	225.933
		80	0.429	0.788	1.324	2.255	4.286	7.605	12.278	23.542	40.720	61.715	127.329	220.427
	30	70	0.459	0.841	1.414	2.409	4.580	8.125	13.118	25.152	43.506	65.937	136.038	235.504
		80	0.446	0.818	1.375	2.343	4.454	7.902	12.757	24.461	42.311	64.126	132.302	229.036
		90	0.435	0.798	1.341	2.285	4.343	7.706	12.441	23.854	41.260	62.534	129.017	233.350
	40	80	0.451	0.827	1.389	2.367	4.499	7.983	12.888	24.711	42.743	64.780	133.652	231.374
		90	0.439	0.804	1.352	2.303	4.378	7.767	12.540	24.044	41.589	63.031	130.044	225.127
		100	0.427	0.783	1.316	2.241	4.260	7.559	12.203	23.398	40.472	61.340	126.554	219.085
	50	90	0.432	0.791	1.330	2.266	4.307	7.641	12.336	23.652	40.912	62.006	127.927	221.463
		100	0.418	0.767	1.289	2.196	4.174	7.406	11.956	22.925	39.654	60.100	123.996	214.657
		110	0.406	0.745	1.253	2.134	2.056	7.197	11.619	22.279	38.536	58.404	120.498	208.602

Notlar:

1. Kilowatt cinsinden verilen soğutma kapasitesi, – 5 °C'deki doymuş buharlaştırıcı ve tabloda gösterilen yoğunlaştırıcı sıcaklıklarına bağlıdır. Diğer sıvı hattı sıcaklıkları için, aşağıda verilen tablodaki düzeltme faktörlerini kullanın.

Soğutucu Akışkan	Doymuş Emme Sıcaklığı, °C						
	– 50	– 40	– 30	– 20	0	5	10
22	0,87	0,90	0,93	0,96	---	1,02	---
134a	---	---	---	---	1,02	1,04	1,06
502	0,77	0,83	0,88	0,93	---	1,04	---

2. Bu tablolar R-22 için ISO 32 mineral yağı ve R-502 ile R-134a için ISO 32 ester-bazlı yağ kullanılarak hesaplanmıştır.

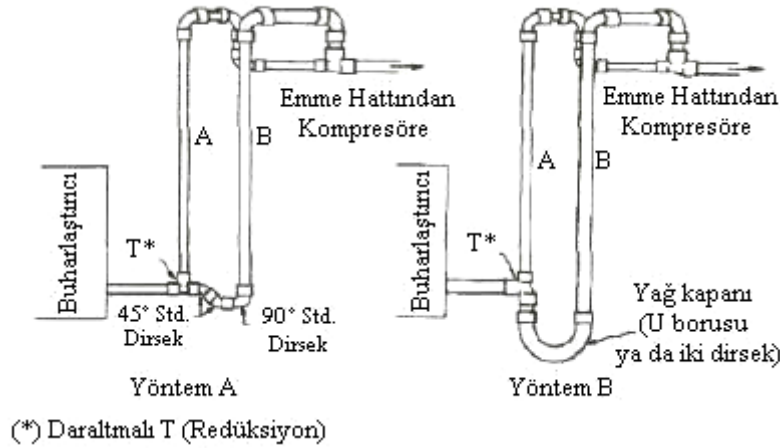
3.10.5 Yağ Döndürücü Düşey Emme Hatları - Çoklu Sistemler

Çoklu sistemlerin emme hatlarındaki yağın hareketi için tek kademeli sistemlerde kullanılan tasarım yaklaşımına aynen ihtiyaç duyulur. Yağın boru cidarında akabilmesi için, gaz akışına ait minimum bir direnç olması gerekmektedir. Direnç sürtünme değişim ölçüsü (gradyen) ile ifade edilebilir; Tablo 17 minimum sürtünme değişim ölçüsü için değerleri göstermektedir. Tablo 16 ve 17'de verilmeyen soğutucu akışkanlar için aşağıdaki boyutlandırma bilgileri kullanılır.

Doyma Sıcaklığı, °C	Boru Çapı	
	50 mm ya da daha küçük	50 mm'den daha büyük
-18	80 Pa/m	45 Pa/m
-46	100 Pa/m	57 Pa/m

3.10.6 Çift Düşey Emme Hatları

Şekil 9 çift düşey emme hattı yapısına ait iki yöntemi göstermektedir. Bu tür yerleşimde yağ dönüşü minimum yüklerde gerçekleşir fakat tam yükte aşırı bir basınç kaybı oluşmaz.



Şekil 9. Çift düşey hat yapısı [1] [2].

Çift düşey emme hattına ait boyutlandırma ve çalışma şekli aşağıda anlatıldığı gibidir [1].

1. Düşey hat A minimum yükte yağ dönüşünü gerçekleştirecek boyuttadır [1] [2].
2. Düşey hat B her iki hat tam yük altındayken yeterli basınç kaybı için boyutlandırılmıştır. Düşey hat B'nin boyutlandırılabilmesi için en yaygın yöntem, A ve B'nin toplam kesit alanları minimum kapasitede yağ dönüşü dikkate alınmadan tam kapasitede kabul edilebilir bir basınç kaybı oluşturacak şekilde boyutlandırılmış tek bir hattın kesit alanına eşit ya da bir miktar daha büyük olmalıdır. Bununla beraber toplam kesit alanı, maksimum yük şartlarında yukarı akışlı bir düşey hatta yağı döndürecek tek bir hattın kesit alanından daha büyük olmamalıdır.
3. Tüm yöntemlerde gösterildiği gibi, iki düşey hat arasında kapan yerleştirilir [1]. Kısmi yük altında, gaz hızı, yağın her iki hatta dönüşüne yeterli olmadığında, ikinci hat B kapanıncaya kadar kapan yavaş yavaş yağla dolar. Daha sonra yağ yalnızca A hattında ilerler ve yeniden yatay emme hattına dönecek bir hıza ulaşır [2].

Kapanın yağ tutma kapasitesi, hatların en altında bulunan sabit bağlantılı bağlantı elemanlarıyla bir minimum seviyede sınırlanmıştır. Bu yapılmadığı zaman, kapan, kısmi çalışma şartlarında kompresör karterindeki yağ seviyesini düşüren yeterli miktarda yağı toplayabilir. Şekil 9'da düşey hatlar A ve B üst kısımda ters bir dönüşle yatay emiş hattına geçiş yapmaktadır. Bu, kısmi çalışma şartlarında boş olabilen düşey hatlara yağ akışını önler. Aynı amaç, ana hattı düşey hatlardan daha büyük çapta seçmek şartıyla, düşey hatları ana boruya yatay olarak bağlayarak da sağlanabilir.

Sık bir şekilde düşük sıcaklık sistemlerinde çok küçük basınç kayıplarını karşılayabilen çift düşey hatlar gereklidir. Bu tür düşey hatları kullanan herhangi bir sistemde yağı yavaş yavaş döndüren bir yöntem olan emiş kapanı (accumulator) bulunmalıdır.

Konfor amaçlı havalandırma cihazları gibi daha yüksek emiş sıcaklıklarında çalışan sistemler için, minimum yükte yağı döndürebilecek tek bir düşey hat kullanılabilir. Tekli kompresörler kapasite kontrolü ile beraber kullanıldığında minimum kapasite genellikle maksimum yer değiştirmenin % 25 ya da % 33'ü olacaktır. Bu düşük oranla beraber, minimum yükte yağın dönüşünü sağlamak için tasarlanan tekli düşey hatlarda tam kapasitede basınç kaybı nadiren önemlidir.

Çoklu kompresörler kullanıldığında, bir ya da birkaç kompresör diğer bir kompresör çalışmaya devam ederken kapatılabilir ve maksimum minimum oranı daha büyük hale gelir. Bu durum çift düşey hatları gerekli kılar.

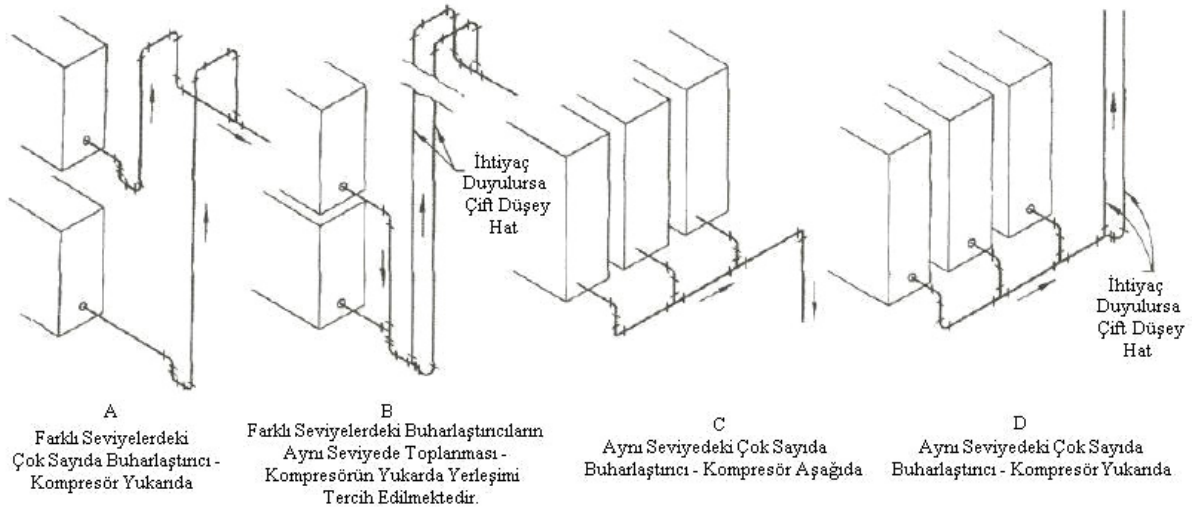
Emiş hattının geri kalan parçaları buharlaştırıcılar ve kompresörler arasında kabul edilebilir bir basınç kaybına izin verecek şekilde boyutlandırılır çünkü yağ yatay hatlarda oldukça düşük gaz hızlarıyla taşınmaktadır. Kompresöre giden bu hatlara bir miktar eğim vermek, iyi bir uygulamadır.

3.10.7 Çalışmayan Buharlaştırıcılarda Yağ Birikiminin Önlenmesi

Emme hatları, yağın çalışan bir buharlaştırıcıdan çalışmayan bir buharlaştırıcıya akmayacak şekilde tasarlanmalıdır. Şekil 10 A, kompresörün yukarıda olduğu farklı seviyelerdeki çoklu buharlaştırıcıları göstermektedir. Her emme hattı yağın aktif olmayan buharlaştırıcı serpantinlerine geri dönmemesi için ortak emme hattına daha yüksek bir noktadan bir döngüyle bağlanır.

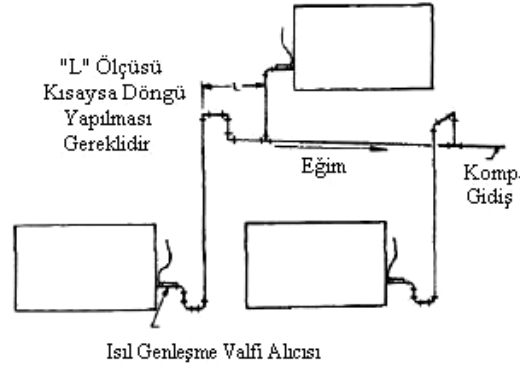
Şekil 10 B, kompresörün yukarıda olduğu çoklu buharlaştırıcıların aynı seviyede birbirine bağlandığı durumu göstermektedir. Yağ en düşük seviyedeki buharlaştırıcıya geri dönemez çünkü ortak emme hattı, düşey emme hattına bağlanmadan önce en düşük seviyedeki buharlaştırıcının çıkış noktasından daha düşük bir seviyededir.

Şekil 10 C, kompresörün aşağıda olduğu aynı seviyedeki buharlaştırıcıları göstermektedir. Her buharlaştırıcıdan gelen emme hattı, daha düşük seviyede bulunan ortak emme hattına bağlanmaktadır, böylece yağ çalışmayan bir buharlaştırıcıya geri dönemez. Kompresörün yukarıda olduğu durum için alternatif bir yerleşim Şekil 10 D'de görülmektedir.



Şekil 10. Buharlaştırıcı devrelerindeki emme hattı borulamasına ait farklı yerleşimler [1].

Şekil 11 ortak emiş hattının altında ve üstünde bulunan buharlaştırıcılar için genel boru tesisatını göstermektedir. Bütün yatay hatlar aynı seviyede ya da yağ dönüşünü sağlayacak şekilde eğimli olmalıdır.



Şekil 11. Buharlaştırıcıların ana hattın altında ve üstünde yer aldığı durumlara ait boru tesisatı [1].

Buharlaştırıcı emiş çıkışından sonra emme hatlarında gösterilen kapanlar, çok sayıdaki ısıl genleşme vanası üreticileri tarafından ısıl genleşme vanalarının düzensiz çalışmasını önlemek için önerilmektedir. Genleşme vanası hissedicileri buharlaştırıcılar ve bu kapanlar arasına yerleştirilmektedir. Kapanlar sıvı akışını sağlayacak şekilde çalışırlar ve kompresörün çalışmadığı çevrimlerde genleşme vanası hissedicisinin altında sıvı birikmesini önlemede yardımcı olurlar. Bunlar sadece buharlaştırıcı çıkışında emme hattıyla karşılaşılan düz ya da düşey hatlar için uygundur.

4. BOŞALTMA (SICAK-GAZ) HATLARI

Sıcak-gaz hatlarının tasarımında:

- Kısmi çalışma şartlarında yağın birikmesinden kaçınılmalıdır.
- Yoğunlaşan soğutucu akışkan ve yağın kompresörün üst kısmına dönmesi engellenmelidir.
- Ortak hattan çoklu kompresörlere geçiş kısmındaki bağlantılar dikkatli bir biçimde seçilmelidir.
- Sıcak-gaz vuruntusunun, kompresör titreşimlerinin ya da her ikisinin yarattığı aşırı gürültü ve titreşimin önüne geçilmelidir.

4.1 Normal Yüklerde Yağın Düşey Hatlarda Yukarı Taşınması

Küçük bir miktar basınç kaybı istense de, normalin üzerinde boyutlandırılmış sıcak-gaz hatlarının kullanımı gaz hızlarını, soğutucu akışkanın yağı taşıyamayacağı bir noktaya düşürebilir. Bu nedenle, kapasite kontrolüne sahip çoklu kompresörler kullanıldığında, sıcak-gaz düşey hatları yağı mümkün olan tüm kapasitelerde taşımaktadır.

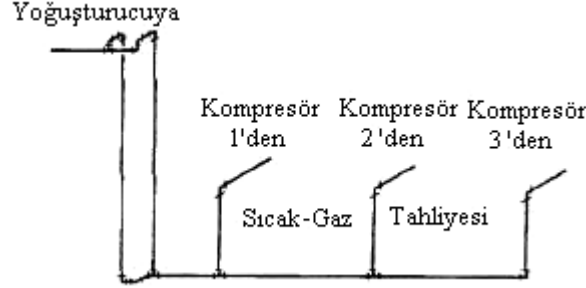
4.2 Düşey Hatlarda Yağın Taşınması İçin Minimum Gaz Hızları

Düşey sıcak-gaz hatlarında yağın taşınması için minimum kapasiteler Tablo 17'de gösterilmiştir. Çoklu kompresör uygulamalarında, olabilecek en düşük sistem kapasitesi hesaplanmalıdır ve düşey hat boyu yağın başarıyla taşınması için tabloda verilen minimum kapasiteyi sağlayacak şekilde seçilmelidir.

Kapasite kontrolüne sahip çoklu kompresörlerin bazı uygulamalarında, yağı minimum yükte taşıyacak şekilde boyutlandırılan düşey sıcak-gaz hattında maksimum kapasitede aşırı bir basınç kaybı oluşur. Bu problem ortaya çıktığında, yağ ayırıcısına sahip tek ya da çift düşey hatlar kullanılabilir.

4.3 Çift Düşey Boşaltma Hatları

Çift sıcak-gaz düşey hattı, emme hattındaki gibi aynı şekilde kullanılabilir. Şekil 12 sıcak-gaz hattına uygulanmış çift düşey hattın prensibini göstermektedir. Çalışma şekli ve boyutlandırma tekniği çift emme düşey hatlarında anlatılmıştır.



Şekil 12. Çift düşey sıcak-gaz hattı [1].

4.4 Tek Düşey Hat ve Yağ Ayırıcısı

Bir alternatif olarak, düşey hattın hemen önce basma hattına yerleştirilmiş olan yağ ayırıcısı, düşey hattın boyutlandırılması sırasında küçük bir basınç kaybına izin vermektedir. Düşey hattın aşağıya doğru kaçan yağ, yağ ayırıcısında toplanmaktadır. Büyük çoklu kompresörler ile ayırıcının kapasitesi, basma hattı ile ana basma hattı arasına yerleştirilen her kompresör için ayrı üniteler kullanılmasını gerektirir. Yatay hatlar yağın sistemde ve kompresöre dönüşü sırasındaki yolculuğunu kolaylaştırmak için gazın akış yönü ile aynı seviyede ya da aşağı doğru eğimli olmalıdır.

4.5 Sıvı ve Yağın Kompresörün Üst Kısımına Akmasını Engelleyecek Boru Tesisatı

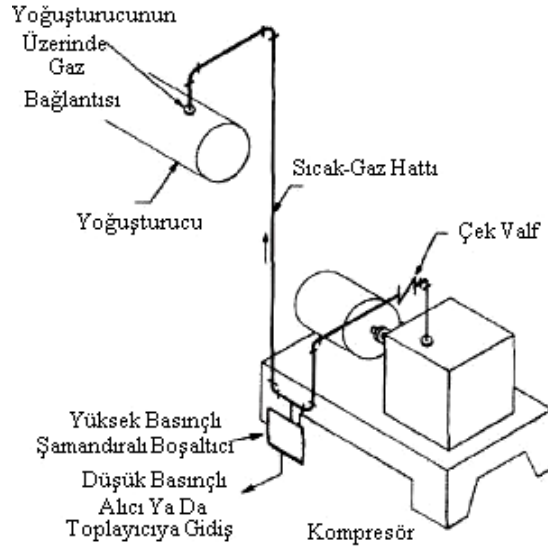
Bir yoğuşturucu kompresörün üstüne yerleştirildiğinde, sıcak-gaz hattı özellikle sıcak-gaz düşey hattı uzun ise, yoğuşturucu seviyesine ulaşmadan önce kompresöre yakın tutulmalıdır. Bu, soğutucu akışkanın çevrimin olmadığı durumda hatta yoğuşması ve kompresörün üst kısmına akması olasılığını minimuma indirir. Ayrıca boru cidarını aşan yağ, kompresörün üst kısmına geri dönmeyecektir.

Şekil 13'de gösterilen sıcak gaz hattına ait döngü rezervuar gibi çalışır ve hat kapalıyken yoğuşan sıvıyı tutar, buna ilave olarak sıvının ve yağın yerçekimi ile kompresörün üst kısmına dönmesini engeller. Küçük, yüksek basınçlı bir şamandıralı boşaltıcı (float drainer), toplayıcı ya da düşük basınçlı toplayıcı gibi düşük seviyedeki elemanlara, yoğuşan önemli bir miktar soğutucu akışkanın akıtmak için kapanın altına monte edilmelidir. Bu şamandıra, kapanda aşırı derecede sıvı birikmesini ve kompresör yeniden çalıştırıldığında oluşabilecek sıvı çekici etkisini engeller.

Çoklu kompresör uygulamaları için her basma hattında çalışan kompresörlerdeki gazın, çalışmayan kompresörlerin üst kısmında yoğunlaşmasının önüne geçmek için bir çek valf olmalıdır.

Tek kompresör uygulamaları için, yoğuşturucu ve toplayıcı çevre sıcaklığının kompresörün sıcaklığından yüksek olduğu her durum için, sıkıca kapanan bir çek valf kompresörün sıcak gaz hattına monte edilmelidir. Çek valf çevrim duruyorken soğutucu akışkanın yoğuşturucu ya da toplayıcıda (receiver) kaynayıp kompresörün üst kısmında yoğunlaşmasının önüne geçer.

Bu çek valf, kompresörün çalışması durduğunda yerçekimi ile kapanacak olan pistonlu tip olmalıdır. Yay baskılı kontrol kullanılması durumunda özellikle düşük hızdaki pistonlu kompresörler titreşime maruz kalabilirler.



Şekil 13. Sıcak-gaz döngüsü [1].

Su-soğutmalı yağ soğutucular ile beraber üretilmiş kompresörlerde, su selenoid ve su ayar vanası su hattına monte edilmelidir, böylece ayar vanası çalışma sırasında ihtiyaç duyulan soğutmayı sağlar ve selenoid çevrim duruyorken soğutucu akışkanın yerel yoğunlaşmasını engellemek için akışı durdurur.

4.6 Sıcak-Gaz (Defrost) Hattı Susturucuları

Susturucular sıcak-gaz hatlarına gazdan meydana gelen vuruntuları sönmölemek ve titreşimle gürültüyü azaltmak için kullanılabilirler. Susturucular, sıcak-gaz hattı kompresörden ayrıldıktan hemen sonra akışın yatay ya da aşağı doğru olduğu bir bölüme takılabilir.

Susturucudaki gaz hızı sıcak-gaz hatlarındaki hızlara oranla önemli bir şekilde düşük olduğu için, susturucu bir yağ kapanı gibi davranabilir. Susturucu, yağın içinden geçmesine olanak verecek ve birikmesini engelleyecek şekilde monte edilmelidir.

5. DEFROST GAZ BESLEME KOLONU

Bir ya da daha fazla buharlaştırıcıya besleme defrost gazı sağlayacak soğutma hattının boyutlandırılması tam bilimsel temele dayandırılmamaktadır. Besleme defrost gaz hattını boyutlandırmak için gerekli parametreler izin verilen basınç kaybı ve defrost sırasındaki soğutucu akışkan akış oranı ile ilgilidir.

Mühendisler, etkin bir soğutucu akışkan akış oranı için hattı ihtiyaçlara göre boyutlandırırken buharlaştırıcı yükünü iki kat olarak değerlendiriyorlardı. Basınç kaybı defrost çevrimi sırasında hız kadar önemli bir kıstas değildi ve çok sayıda mühendis hattın boyutunu belirlerken hızı bir kıstas olarak kullanmışlardır. Etkili yoğunlaşma sıcaklığı ve gazın ortalama sıcaklığı ele alınmalıdır. Doymuş şartlarda kullanılan hız koruyucu bir hat ölçüsü verecektir.

R-22 ile küçük boru demetlerinde yapılan bazı kontrollü testler göstermiştir ki defrost akış oranı yoğunlaşma sıcaklığı yükseldikçe artış gösterme eğilimindedir. Akış oranı, normal buharlaştırıcı akış oranının iki ya da üç kat üzerinde bir mertebededir ki bu da mühendisler tarafından pratikte iki kat olarak tahmin edilen değeri desteklemektedir [1].

Tablo 18 (R-22, R-134a ve R-502) defrost gaz besleme kolonunun, 21 °C doymuş yoğunlaşma sıcaklığında hıza bağlı olarak seçilebilmesine rehberlik etmektedir. İlk boyutlandırmanın buharlaştırıcı akış oranının iki misline bağlı olması önerilmektedir ve 5 ile 10 m/s arasındaki hızlar defrost gaz besleme kolonunun boyutlandırılması sırasında kullanılmaktadır.

Gaz defrost hatları yoğunlaşan her sıvının sürekli olarak akmasını sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır.

Tablo 18. Defrost hatları için soğutucu akışkan akış kapasiteleri [1].

Nominal Boru Çapı,mm	R-22 Kütlesel Debi, kg/s			R-134a Kütlesel Debi, kg/s			R-502 Kütlesel Debi, kg/s			
	Hız			Hız			Hız			
Bakır	5 m/s	10 m/s	15 m/s	5 m/s	10 m/s	15 m/s	5 m/s	10 m/s	15 m/s	
12	0.012	0.024	0.035	0.016	0.032	0.049	0.024	0.049	0.073	
15	0.019	0.038	0.057	0.026	0.053	0.079	0.040	0.079	0.119	
18	0.029	0.058	0.087	0.040	0.080	0.119	0.060	0.120	0.180	
22	0.044	0.088	0.133	0.061	0.122	0.183	0.092	0.184	0.276	
28	0.074	0.148	0.222	0.102	0.204	0.305	0.154	0.307	0.461	
35	0.120	0.230	0.350	0.160	0.320	0.480	0.240	0.490	0.730	
42	0.170	0.340	0.510	0.240	0.470	0.710	0.360	0.710	1.070	
54	0.290	0.580	0.870	0.400	0.800	1.190	0.600	1.200	1.800	
67	0.450	0.890	1.340	0.620	1.230	1.850	0.930	1.860	2.790	
79	0.620	1.250	1.870	0.860	1.720	2.580	1.300	2.590	3.890	
105	1.110	2.230	3.340	1.530	3.070	4.600	2.310	4.630	6.940	
130	1.730	3.460	5.180	2.380	4.760	7.140	3.590	7.180	10.800	
156	2.500	5.010	7.510	3.450	6.900	10.300	5.200	10.400	15.600	
206	4.330	8.660	13.000	5.970	11.900	17.900	9.000	18.000	27.000	
Çelik										
mm	SCH									
10	80	0.018	0.035	0.053	0.024	0.049	0.073	0.037	0.074	0.110
15	80	0.028	0.056	0.084	0.039	0.078	0.116	0.059	0.120	0.180
20	80	0.049	0.099	0.148	0.068	0.136	0.204	0.103	0.210	0.310
25	80	0.080	0.160	0.240	0.110	0.220	0.330	0.166	0.330	0.500
32	40	0.139	0.280	0.420	0.191	0.382	0.570	0.290	0.580	0.860
40	40	0.190	0.380	0.570	0.260	0.520	0.780	0.390	0.780	1.180
50	40	0.310	0.620	0.930	0.430	0.860	1.280	0.650	1.290	1.940
65	40	0.440	0.890	1.330	0.610	1.220	1.830	0.920	1.840	2.760
80	40	0.680	1.370	2.050	0.940	1.890	2.830	1.420	2.840	4.270
100	40	1.180	2.360	3.540	1.620	3.250	4.870	2.450	4.900	7.350
125	40	1.850	3.700	5.550	2.550	5.100	7.650	3.850	7.690	11.500
150	40	2.680	5.350	8.030	3.690	7.370	11.100	5.560	11.100	16.700
200	40	4.630	9.260	13.900	6.380	12.800	19.100	9.630	19.300	28.900
250	40	7.300	14.600	21.900	10.100	20.100	30.200	15.200	30.300	45.500
300	ID	10.500	20.900	31.400	14.400	28.900	43.300	21.800	43.500	65.300

Not: Soğutucu akışkana ait akış verileri 21 °C doymuş yoğunlaşma sıcaklığına göre hazırlanmıştır.

6. TOPLAYICILAR (RECEIVERS)

Soğutucu akışkan toplayıcıları sistemde dolaşan fazla soğutucu akışkanı depolayan tanklardır. Toplayıcı aşağıdaki işlevleri gerçekleştirir:

1. Sistemin farklı bir bölümü bakıma alındığında ya da sistem uzun bir süre kapatılacağı zaman, depolama kapasitesi sağlar. Bazı su-soğutmalı yoğunlaştırıcı sistemlerinde, toplam soğutucu akışkan şarjı yoğunlaştırıcunun depolama kapasitesini aşmazsa yoğunlaştırıcı ayrıca toplayıcı gibi davranır.
2. Taşmalı-tip (flooding-type) yoğunlaşma basınç kontrolü kullanan hava-soğutmalı yoğunlaştırıcılarda meydana gelen aşırı soğutucu akışkan şarjını karşılar.
3. Çalışma yükünün buharlaştırıcı ve yoğunlaştırıcıda farklı yükleme şartlarında değiştiği sistem üzerinde, uygun etkinlikte yoğunlaşma yüzeyi sağlamak için düşük tarafta dalgalı yük sağlar ve sıvının yoğunlaştırıcıya akmasını sağlar. Buharlaştırıcı ısıl genleşme vanası, elle kontrol edilen

genleşme vanası ya da düşük basınçlı şamandıra ile beslendiğinde, buharlaştırıcı içine çalışma şarjı önemli bir şekilde yüklemeye bağımlıdır. Düşük ısıl yüklerde, buharlaştırıcıdaki kaynama çok şiddetli olmadığı sürece daha büyük bir şarja ihtiyaç duyar. Yük arttığında, buharlaştırıcıdaki çalışma şarjı düşer ve toplayıcı fazla soğutucu akışkanı depolar.

4. Çok devreli buharlaştırıcı bulunan sistemlerde kapalı devredeki bütün şarjı muhafaza eder, kullanılmayan devrelerdeki pompalamayı durdurur ve azalan yükte çalışan bir veya daha çok devreye sıvı sağlanmasını keser.

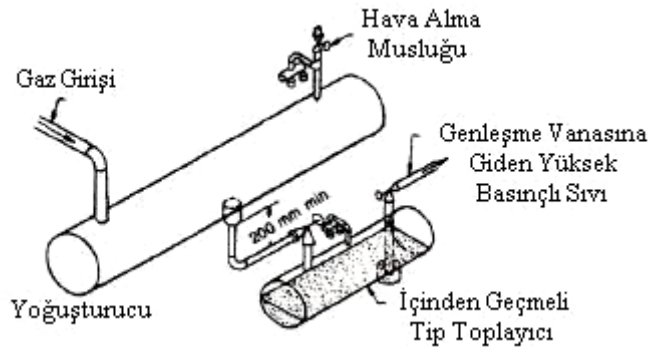
6.1 İçinden Geçmeli (Through) Tip Toplayıcı İçin Bağlantılar

Bu tip bir toplayıcı kullanıldığı zaman, sıvı her zaman yoğuşturucudan toplayıcıya doğru akmalıdır. Toplayıcıdaki basınç, yoğuşturucu çıkışındaki basınçtan daha düşük olmalıdır. Toplayıcı ve onunla bağlantılı borular, yoğuşturucudan toplayıcıya bu iki donanım arasındaki basınç eşitleninceye kadar serbest akış sağlar böylece toplayıcı yoğuşturucuya göre daha yüksek bir basınç oluşturmaz.

Havalandırma deliği kullanılmadığı durumda, yoğuşturucu ve toplayıcı arasındaki boru hattı (kondens hattı) sıvının bir yönde ve gazın da karşı yönde akacağı şekilde boyutlandırılır. 0,5 m/s sıvı hızı için kondens hattını boyutlandırmak bu akışı sağlamak için genelde uygundur. Borulama esnasında 20 mm/m eğim verilmeli ve doğal sıvı kapanları ortadan kaldırılmalıdır. Şekil 14'de bu tip bir yapı görülmektedir.

Yoğuşturucu ve toplayıcı arasındaki boru hattına ayrı bir havalandırma (dengeleyici) hattı ilavesiyle yoğuşturucu ve toplayıcı basınçlarının eşitlenmesine olanak sağlanır. Dışarıdan yapılan bu havalandırma hattı çek valf kullanılarak ya da kullanılmayarak tasarlanabilir (Şekil 16 ve 17). Borulama konfigürasyonunun bilinmediği durumlarda yoğuşturucuya doğru akış yönünde bir çek valf kullanılmalıdır. Çek valf minimum açılma basıncına uygun şekilde seçilmelidir (yaklaşık 3,5 kPa). Yoğuşma suyu (kondensat) düşme yüksekliği (drop leg) tespit edilirken çek valf önündeki ve yoğuşturucudaki soğutucu akışkanın basınç kaybını karşılamasına dikkat edilmelidir. Bu sayede çoklu yoğuşturucu uygulamalarında bir ya da daha fazla yoğuşturucu çalışmıyorken, çalışan yoğuşturucuya sıvı akışı engellenmiş olur. Kondens hattı 0,75 m/s hızı aşmayacak şekilde boyutlandırılmalıdır.

Toplayıcı sıcaklığı yoğuşma sıcaklığından daha yüksek ise havalandırma hattı akışı toplayıcıdan yoğuşturucuya doğrudur. Toplayıcı etrafındaki hava sıcaklığı yoğuşma sıcaklığının altında ise akış yoğuşturucudan toplayıcıya doğru gerçekleşir. Akış debisi sıcaklık farkına bağlı olduğu gibi toplayıcı yüzey alanına da bağlıdır. Havalandırma hattının boyutu bu akış debisine göre hesaplanabilir.

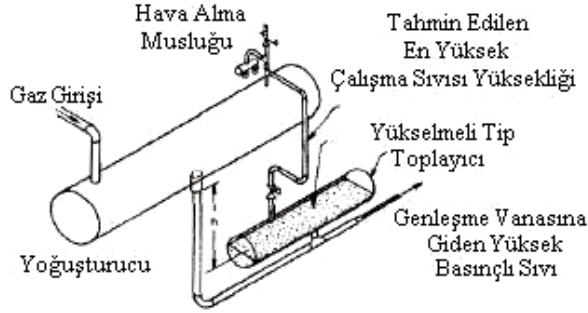


Şekil 14. Gövde ve boru tipi bir yoğuşturucudan toplayıcı gidiş bağlantıları [1].
(İçinden Geçmeli Tip Toplayıcı)

6.2 Yükselmeli (Surge) Tip Toplayıcı İçin Bağlantılar

Bu tip toplayıcının amacı, sıvının toplayıcıda soğutucu akışkana maruz kalmadan genleşme vanasından akmasıdır, böylece soğutucu akışkan aşırı soğumuş durumda kalmaya devam edebilir.

Toplayıcı hacmi, sistemden uzaklaştırılacak sıvı için uygundur. Bu tip toplayıcıya ait bağlantılar Şekil 15'de görülmektedir. h yüksekliği, toplayıcı ortam sıcaklığı ve yoğuşma sıcaklığı arasındaki maksimum sıcaklık farkında, en azından yoğuşturucu, sıvı hattı ve havalandırma hattında oluşan basınç kaybına uygun sıvı basıncında olmalıdır. Tahmin edilen en büyük ısı atımında, yoğuşturucu basınç kaybı üreticiden elde edilmelidir. Böylece h için minimum değer hesaplanabilir ve mevcut yüksekliğin bu tip toplayıcı kullanımına izin verip, vermemesi durumuna göre karar alınır.



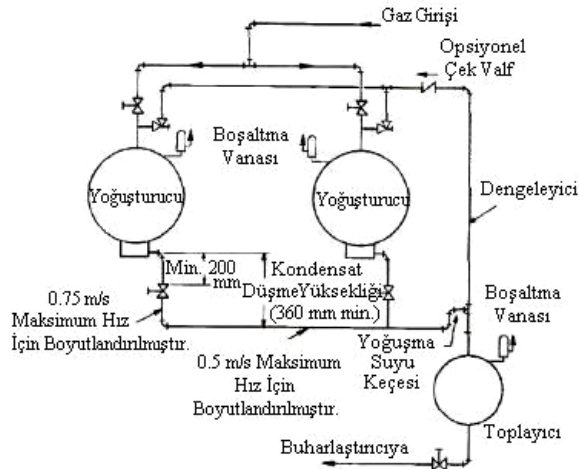
Şekil 15. Gövde ve boru tipi bir yoğuşturucudan toplayıcı gidiş bağlantıları [1].
(Yükselmeli Tip Toplayıcı)

6.3 Çoklu Yoğuşturucular

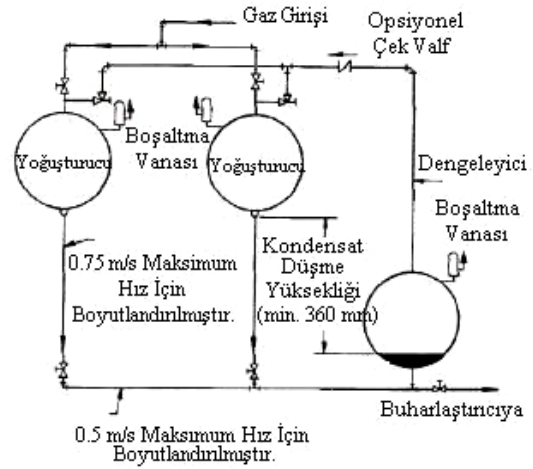
İki ya da daha fazla yoğuşturucu seri ya da paralel olarak soğutma sistemlerinde kullanılabilir. Yoğuşturucular seri olarak bağlanırsa her birinin basınç kaybı ilave edilmelidir. Yoğuşturucular daha sık bir şekilde paralel olarak yerleştirilmektedir. Paralel devredeki basınç kaybı, paralel devreler içerisindeki herhangi bir ünitenin içi sıvıyla doluyken bir diğerinden gaz geçiyor olsa bile her bir ünite için aynıdır.

Şekil 16 yükselmeli tip toplayıcı ile birlikte paralel yerleştirilmiş yoğuşturucuları göstermektedir. Yoğuşma suyu düşme yüksekliği tüm çalışma şartlarında yoğuşturucular arasındaki basınç kaybını dengeleyebilmek için yeteri kadar uzun olmalıdır. Sıvı çıkışlarında akıntı olmaması için düşme yüksekliği hesaplanan değerden 150 ile 300 mm daha uzun olmalıdır. Yoğuşma suyu düşme yüksekliği 0,75 m/s hıza göre boyutlandırılmalıdır. Ana kondens hattı ise 0,5 m/s hıza göre boyutlandırılmalıdır.

Şekil 17 yükselmeli tip toplayıcı ile birlikte paralel yoğuşturucuların boru yerleşimini göstermektedir. Sistem düşük kapasitede çalışırken devrelerdeki akış yolu simetrik olmayabilir. Küçük basınç farklılıkları anormal olmayacaktır fakat sıvı hattı birleşme yeri yoğuşturucunun altından 600 ile 900 mm aşağıda olmalıdır.



Şekil 16. İçinden Geçmeli tip toplayıcı ile paralel yoğuşturucular [1].



Şekil 17. Yükselmeli tip toplayıcı ile paralel yoğuşturucular [1].

7. ÇOKLU KOMPRESÖRLERDE BORULAMA

Paralel çalışan çoklu kompresörlerde uygun çalışmayı sağlamak için borulamaya özen gösterilmelidir.

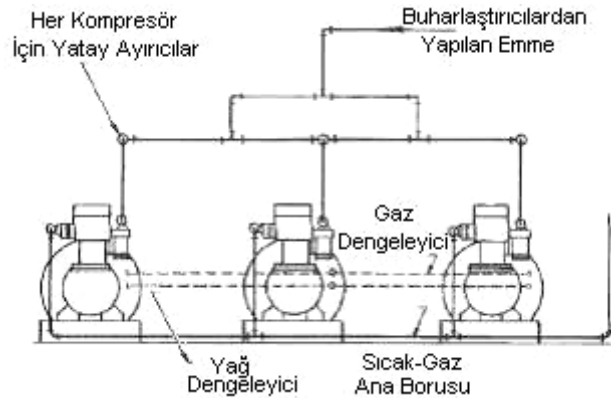
7.1 Emme Hattı Borulaması

Bütün kompresörler aynı emme basıncında çalıştıklarından, eşit miktarda yağ dönüşü için emme boruları uygun tasarlanmalıdır. Bütün emme hatları, ortak emme hattıyla birleştirilerek her bir kompresöre yağ dönüşünü eşit olarak sağlayabilmelidir. Kompresörün boyut ve tipine bağlı olmak üzere, aşağıda belirtilen yöntemlerden bir veya birkaçı borulama tasarımında kullanılarak yağ dönüşü sağlanabilir.

1. Her bir kompresöre emme gazı ile yağ dönüşünü.
2. Yağ içeren bir emme kapağı (accumulator) ve kontrollü olarak kompresöre dönüş sağlanması.
3. Basma hattı ayırıcısında yağın kapanlanması ve kompresöre kontrollü olarak döndürülmesi.

Emme ana hattı, emme gazının her bir kompresöre eşit olarak dağılımını sağlar. Tasarlanan ana hat emme gazı ve yağ karışımını serbestçe geçirebilmeli veya yağ için bir emme kapağı bulundurulmalıdır. Bu ana hat kompresör emme girişinin üst seviyelerinde gerçekleştirilmelidir ve böylelikle yağ kompresör içine yerçekimi etkisi ile akabilir.

Şekil 18, piramit tip bir emme ana hattını göstermektedir ve her üç kompresör emme girişlerinin her birinde basınç ve akış dengelemesi en iyi hale getirilecek şekilde paralel olarak borulanmıştır. Bu tip tasarım iki veya daha fazla kompresörün paralel bağlandığı uygulamalarda önerilmektedir.

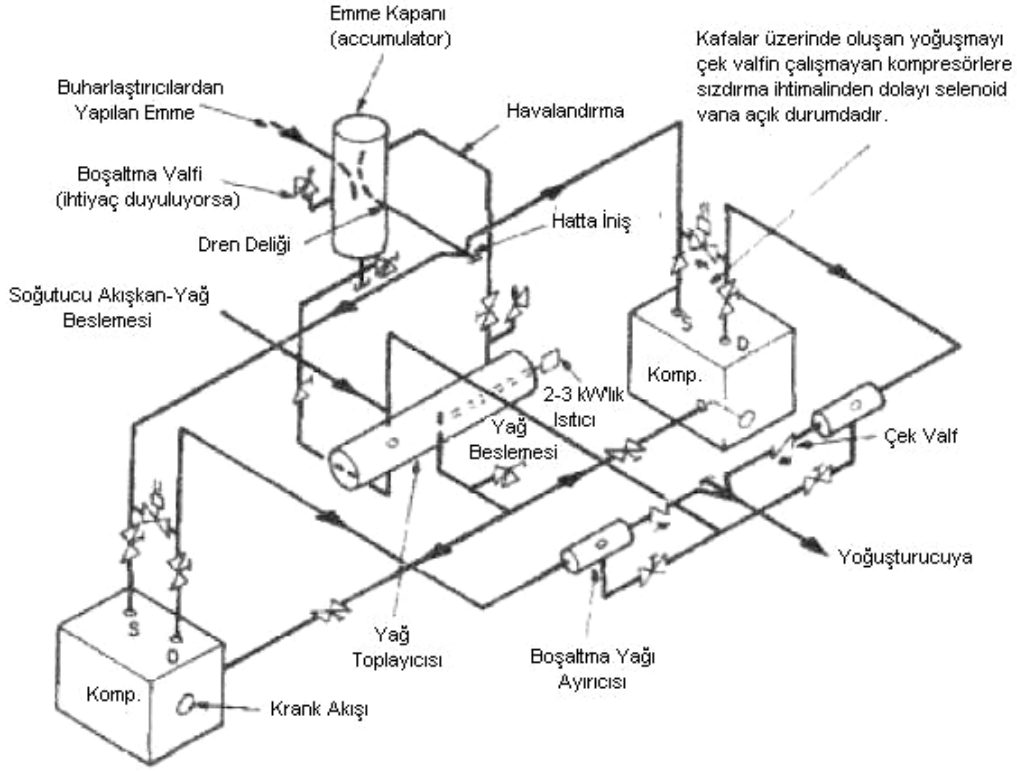


Şekil 18. Çoklu kompresörler için emme ve sıcak-gaz hattı [1].

Not: Gaz dengeleyici hattı, kompresörlerin çalışan ya da çalışmayan şekilde farklı kombinasyonları için bütün kompresörlerde aynı karter basıncı sağlayabilecek kadar büyük olmalıdır. (herhangi bir basınç farklılığı yağ seviyesinde değişim olarak kendini gösterir.)

Emme kapağı paralel kompresör, taşmalı buharlaştırıcı, çift emme düşey hattı, uzun emme hatları, çoklu genişleme vanaları, sıcak gaz defrostu, ters çevrim çalışması ve emme basınç düzenleyicileri mevcutken kullanılabilir.

Şekil 19 çoklu kompresör uygulamalarında emme kapağı, yağ toplayıcı ve boşaltma hattı yağ ayırıcısının birlikte kullanımını göstermektedir. Yağ toplayıcısı ayrıca kompresörlere yağı sağlayan bir depodur ve sistem yükü ile yağın sistem içine değişen miktarlarda gönderilmesini sağlar. Sistemde bulunan ısıtıcı daldırmalı tip olarak uygulanır.



Şekil 19. Yağ akışının yerçekimi ile gerçekleştiği paralel kompresörler [1].

7.2 Basma Hattı Borulaması

Şekil 16'da basma hattı düzenlenmesi gösterilmektedir. Gerçekleştirilen borulama soğutucu akışkan sıvısının ve yağın çalışmayan kompresör kafası içine dönüşüne engel olacak şekilde düzenlenmelidir. Basma hattında soğutucu akışkanının ve yağın kompresöre dönüşüne engel olmak için bir çek valf de (Şekil 17) kullanılabilir [1].

8. SOĞUTUCU AKIŞKAN BORULAMA DONANIMLARI VE FARKLI SİSTEM ELEMANLARI İÇİN BORULAMA

Sıvı hattı, emme hattı ve boşaltma hattı için farklı soğutucu akışkan borulama donanımları bulunmaktadır. Bunlardan "sıvı emme değıştircileri", "sıvı göstergeleri", "pislik tutucular", "soğutucu kurutucuları", "filtre kurutucuları", "manyetik (selenoid) vanaları", "soğutucu yükleme bağlantıları" ve "genleşme vanaları" sıvı hatlarında, "karşı basınç vanaları" emme hatlarında ve "yağ ayırıcıları", "susturucular" ve "geri tepme vanası (check valve)" boşaltma hatlarında kullanılmaktadır.

Taşmalı sıvı soğutucular, soğutucu akışkan besleme cihazları, direkt genleşmeli sıvı soğutucular (chiller), direkt genleşmeli hava serpantinleri (buharlaştırıcılar) ve taşmalı buharlaştırıcılar gibi değişik sistem bileşenleri de özel bağlantı ve tasarımlar gerektirmektedir.

Bu donanımlar ve borulamaları hakkında daha ayrıntılı bilgiler kaynak [1] ve [2]'de bulunabilir.

9. BORU MALZEMELERİ

Boru malzemesi olarak, halokarbon türü soğutucu akışkanlı sistemlerde bakır en çok kullanılan malzemedir. Bunun yanında, siyah demir, çelik, pirinç gibi malzemeler de gerek halokarbon türü gerekse amonyak dışındaki diğer soğutucu akışkanlar için uygun olmaktadır. Bakır ve bakır alaşımları (pirinç, bronz, vs.) amonyak ile kullanılmamaktadır. Magnezyum alaşımları ise halokarbon soğutucu akışkanlar ile kullanılmamalıdır. Bakır borular, bilhassa 4" çap değerlerine kadar (amonyak hariç) hafif ve korozyona dayanıklı olmasının yanında montajının daha kolay olması bakımından tercih edilmektedir. Soğutma sistemlerinde kullanılacak bakır boru tipi; kalın etli, Tip-K veya Tip-L olmalıdır. Bakır boruların tablolarındaki çapları, halen soğutma uygulamalarında geçerli olan Amerikan ölçü sistemi birimlerine göre ve dış çaplar esas alınarak gösterilmektedir. Küçük çaplı bakır borular (1/4" ile 3/4") çoğunlukla tavllanmış, yumuşak borudur ve piyasada kangal halinde bulunur. Daha büyük çaplı bakır borular ise tavsız ve düz boylar halindedir. Tablo 19'da Tip-K ve Tip-L bakır boruların fiziksel ölçüleri ve özellikleri belirtilmektedir. Çapı 4" den daha büyük olan borularda, her tür soğutucu akışkan için genellikle çelik çekme boru kullanılmaktadır. Fazla miktarda boru kullanımını gerektiren uygulamalarda, ekonomik olması bakımından 50 mm ve daha büyük çaplı boruların da çelik çekme olması tercih edilebilir [7].

Tablo 19. Bakır boru ölçüleri (TİP – K) [7].

Bakır Boru Ölçüleri (TİP-K)								
Dış Çap O.D.	Dış Çap mm	İç Çap mm	Et Kalınlığı mm	1 m Ağırlığı (Kg)	1 m Dış Yüzeyi (m ²)	İç Kesit Alanı (m ²)	1 m Boru İç Hacmi (lt)	İşletme Em. Man. Bas. (bar)
1/4"	6,35	4,85	0,75	0,120	0,02	0,185	0,02	63,7432
3/8"	9,65	7,85	0,90	0,216	0,03	0,47	0,05	63,7432
1/2"	12,7	10,2	1,25	0,400	0,04	0,82	0,08	63,7432
5/8"	16,0	13,5	1,25	0,513	0,05	1,41	0,14	53,9365
3/4"	19,0	16,5	1,25	0,623	0,06	2,15	0,22	49,0332
7/8"	22,3	19,0	1,65	0,955	0,07	2,81	0,28	49,0332
1-1/8"	28,7	25,4	1,65	1,250	0,09	5,02	0,50	39,2266
1-3/8"	35,0	31,7	1,65	1,550	0,11	7,87	0,79	34,3232
1-5/8"	41,4	37,7	1,83	2,026	0,13	11,1	1,11	29,4199
2-1/8"	54,2	50,0	2,10	3,07	0,17	19,4	1,94	24,5166
2-5/8"	66,8	62,0	2,40	4,37	0,21	30,1	3,01	24,5166
3-1/8"	79,5	74,0	2,77	5,96	0,25	42,8	4,28	24,5166
3-5/8"	92,2	86,1	3,05	7,63	0,29	58,1	5,81	21,5746
4-1/8"	104,9	98,1	3,40	9,70	0,33	75,5	7,55	21,5746
Bakır Boru Ölçüleri (TİP-L)								
1/4"	6,35	4,95	0,70	0,112	0,02	0,192	0,02	58,8399
3/8"	9,65	8,05	0,80	0,174	0,03	0,508	0,051	53,9365
1/2"	12,7	10,9	0,90	0,295	0,04	0,933	0,093	49,0332
5/8"	16,0	14,0	1,02	0,424	0,05	1,539	0,154	44,1299
3/4"	19,0	16,9	1,07	0,539	0,06	2,246	0,225	39,2266
7/8"	22,3	20,0	1,14	0,677	0,07	3,146	0,315	34,3232
1-1/8"	28,7	26,2	1,27	0,974	0,09	5,400	0,540	29,4199
1-3/8"	35,0	32,2	1,40	1,315	0,11	8,155	0,816	29,4199
1-5/8"	41,4	38,3	1,52	1,700	0,13	11,537	1,154	24,5166
2-1/8"	54,1	50,5	1,78	2,607	0,17	20,058	2,006	19,6132
2-5/8"	66,8	62,7	2,03	3,689	0,21	30,92	3,092	19,6132
3-1/8"	79,5	74,9	2,28	4,949	0,25	44,1	4,410	19,6132
3-5/8"	92,2	87,1	2,54	6,386	0,29	59,67	5,967	17,6519
4-1/8"	104,9	99,3	2,79	8,000	0,33	77,55	7,755	17,6519

9.1 Bakır Borulamada Taşıyıcılar

Bakır borulamada, çaplara uygun taşıyıcılar ve taşıyıcılar arasında önerilen taşıyıcı destekleri arası uzaklıklar aşağıda verilmiştir.

Bakır borulamada ayrıca uzama ile kısılma yönünden ve su çekici oluşumu yönünden de öngörülen tasarımların uygulanması gerekir [4].

Nominal Çap (OD)	Taşıyıcı Destekleri Arası En Çok Uzaklık (m)
5/8	1,524
7/8	1,8288
11/8	2,1336
13/8	2,4384
15/8	2,7432
21/8	3,048
	-----1-----
25/8	3,3528
31/8	3,6576
35/8	3,9624
41/8	4,2672

-1- CSA B52 Koduna göre taşıyıcı destekleri arası en çok uzaklık

SONUÇ

Soğutma sistemlerinde boru tasarımında önceki bölümlerde anlatıldığı gibi, bileşenlerde olması istenilen bazı özellikler arasında karşılaştırmalar yapmak ve çelişen özellikler arasında en uygun çözümü belirlemek için pratik bilgiler gereklidir. Bir soğutma sisteminin: en çok kapasite, en az maliyet, uygun yağ dönüşümü, en az güç tüketimi, en az soğutucu akışkan şarjı, düşük gürültü oluşturması, uygun sıvı soğutucu akışkan kontrolü, yağlama problemi olmadan tüm yüklerde sistemin mükemmel esnek, uyumlu ve verimli bir şekilde çalışması arzulanır. Buradaki taleplerin hepsini birden karşılamak, örneğin en çok kapasite-en az maliyet gibi, olanaksızdır. Burada tasarımcıya düşen görev nasıl bir uzlaşmanın kabul edilebilir olduğuna karar verebilmek açısından, sistemin herhangi bir yerindeki boru tasarımının sistem performansını nasıl etkilediğini çok iyi anlayabilecek ölçüde uzmanlaşmasıdır.

KAYNAKLAR

- [1] ASHRAE Refrigeration Handbook (SI), Chapter 2 System Practices For Halocarbon Refrigerants, 1998
- [2] Carrier Hava Koşullandırma Sistem Tasarımı Cilt 1, 2004
- [3] Genceli, O.F. Soğutma Tesisatı, TMMOB Makina Mühendisleri Odası Yayın No: MMO/2003/295-3
- [4] Denison, G. "Refrigerant Piping Handbook", DuPont, 2001
- [5] Yıldırım, E. "Soğutma Sistemlerinde Borulama", Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü Bitirme Projesi, 2003
- [6] Çengel, Y. "Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik", 1999
- [7] Özkol, N. "Uygulamalı Soğutma Tekniği, Güncelleştirilmiş Beşinci Baskı", 1999
- [8] Tesisat Mühendisliği Uygulama Kitabı, Türk Tesisat Mühendisleri Derneği Teknik Yayın No: 9, İstanbul, 2001

ÖZGEÇMİŞLER

Mert MİRZA

1981 yılı İzmir doğumludur. Celal Bayar Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünü 2003 yılında bitirmiştir. Aynı yıl içinde Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Termodinamik Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başlamıştır ve eğitimine devam etmektedir.

Ali GÜNGÖR

1955 Elazığ doğumlu, evli ve iki kız çocuk babasıdır. Ege Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'nden 1977 yılında Mühendis, 1978 yılında Yüksek Mühendis ve aynı Üniversitenin Güneş Enerjisi Enstitüsü'nden 1985 yılında Doktor Mühendis derecelerini aldı. 1986 yılında Kanada'da Brace Research Institute'de altı ay araştırmalarda bulundu. 1989 yılında Isı ve Madde Transferi Bilim Dalında Doçent oldu. 1996 yılında Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü'nde Profesör unvanını aldı. Halen Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'nde Bölüm Başkanı ve Öğretim Üyesi olarak çalışmaktadır.