

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SOĞUK HAVA TESİSLERİNDE
OPTİMUM SOĞUTMA GRUBU SEÇİMİ İÇİN
VERİ MADENCİLİĞİ UYGULAMASI**

Halil ÇALIŞKAN

**Danışman
Prof. Dr. Cahit KURBANOĞLU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA – 2006**

**SOĞUK HAVA TESİSLERİNDE
OPTİMUM SOĞUTMA GRUBU SEÇİMİ İÇİN
VERİ MADENCİLİĞİ UYGULAMASI**

Halil ÇALIŞKAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA 2006**

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SOĞUK HAVA TESİSLERİNDE
OPTİMUM SOĞUTMA GRUBU SEÇİMİ İÇİN
VERİ MADENCİLİĞİ UYGULAMASI**

Halil ÇALIŞKAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA – 2006**

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
SİMGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM	6
3.1. Materyal	6
3.1.1. Buhar Sıkıştırılmalı Mekanik Soğutma Sistemi	6
3.1.2. Kompresörler	9
3.1.2.1. Pistonlu Kompresörler	11
3.1.2.2. Rotatif Kompresörler	18
3.1.2.3. Helisel Kompresörler	19
3.1.2.4. Santrifüj Kompresörler	20
3.1.2.5. Scroll Kompresörler	21
3.1.3. Kondanserler (Yoğuşturucu)	22
3.1.3.1. Hava Soğutmalı Kondanserler	24
3.1.3.2. Su Soğutmalı Kondanserler	25
3.1.3.3. Evaporatif Kondanserler	26
3.1.4. Evaporatörler (Buharlaştırıcı)	27
3.1.4.1. Hava Soğutucu Evaporatörler	29
3.1.4.2. Sıvı Soğutucu Evaporatörler	33
3.1.5. Kısılma Vanaları (Genleşme Valfleri)	34
3.1.5.1. Termostatik Kısılma Vanası (TXV)	34
3.1.6. Yardımcı Elemanlar	35
3.1.6.1. Alçak ve Yüksek Basınç Otomatikleri (Prosestatlar)	36
3.1.6.2. Solenoid Valfler	36

3.1.6.3. Yağ Ayırıcılar	37
3.1.6.4. Sıvı Ayırıcı (Tutucu)	38
3.1.6.5. Sıvı Deposu	39
3.1.6.6. Filtre – Kurutucu	41
3.1.6.7. Gözetleme Camı	41
3.1.6.8. Titreşim Sönümleyiciler	42
3.1.7. Soğutma Yüğü Hesabı	42
3.1.7.1. Transmisyon Isısı'nın Hesabı	43
3.1.7.2. İnfiltrasyon-Hava Değişimi Isısının Hesabı	45
3.1.7.3. Mal Isısı'nın Hesabı	45
3.1.7.4. Soğutulan Hacmin İçerisinde Meydana Gelen Isı	47
3.1.8. Boru Çaplarının Hesaplanması	50
3.1.8.1. Emiş (Dönüş) Boru Hattı	50
3.1.8.2. Basma (Gidiş) Boru Hattı	50
3.1.8.3. Sıvı Boru Hattı	51
3.1.8.4. Kondansere-Sıvı Deposu Arası Sıvı Boru Hattı	52
3.1.9. Programlama Dili	54
3.2. Yöntem	55
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	70
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	85
6. KAYNAKLAR	87
ÖZGEÇMİŞ	90
EKLER	91

ÖZET**SOĞUK HAVA TESİSLERİNDE OPTİMUM SOĞUTMA GRUBU
SEÇİMİ İÇİN VERİ MADENCİLİĞİ UYGULAMASI****Halil ÇALIŞKAN**

Soğutma sektöründe, soğutma yükünün hesabı ve soğutma grubunda kullanılacak elemanların seçimi önemli bir aşamadır. Soğutma yükünün doğru hesaplanmaması ve elemanların birbirine uygun seçilmemesi durumunda sistemin verimi düşmekte, çabuk arıza yapmakta ve maliyeti yükselebilmektedir. Soğutma sektöründe verimi iyileştirmek ve maliyeti düşürmek için bilgisayar programı kullanma yoluna gidilmiştir.

Bu çalışmada, soğutma yükünün hesabı ve optimum soğutma grubunun seçimine yönelik bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Hesaplarda ve seçim işleminde kullanılan parametrelere göre veritabanı hazırlanmıştır. Programda, soğutma yüküne etkileyen her bir ısı kazancı için farklı bir arayüz oluşturulmuştur. Bu arayüzlerde yapılan hesaplar neticesinde sistem elemanlarının seçimi yapılmıştır. Kullanıcının, sistem elemanlarının veritabanını güncelleyebilmesine imkan tanınmış ve buna uygun arayüzler oluşturulmuştur.

Yapılan program ile, soğutma grubunun imalatı öncesinde toplam soğutma yükünün hesabı ve sistem elemanlarının seçimi için harcanan süre en aza indirilmeye çalışılmış ve sistem için gerekli elemanlar optimum bir şekilde seçilmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Soğutma yükü, programlama, optimizasyon, veritabanı

ABSTRACT**DATA MINING APPLICATION FOR COOLING GROUP SELECTION
IN COLD AIR INSTITUTIONS****Halil ÇALIŞKAN**

In cooling industry, it is an important stage to calculate cooling-load and selection of parts in group of cooling. Since the cooling-load is not calculated right and the parts are not selected suitable each other, efficiency of system is decreased, system is broken down immediately and system cost can be increased. In cooling industry, the computer programming language and software was used for increasing of efficiency and decreasing of cost.

In this study, software is developed about calculation of cooling-load and selection optimum group of cooling. A database is built according to parameters which are used in calculation and selection procedures and a user interface is created differently each other for affecting cooling-load. Selection of optimum elements is chosen for cooling system by these interfaces. Type of database is designed that can be updated by interfaces.

This software aims to minimize process time and choose optimum elements for cooling systems before production of cooling-group.

Keywords: Cooling-load, programming, optimization, database

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Bana bu tez çalışmasını öneren ve çalışmaların yürütülmesinde benden yardımlarını esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. Cahit KURBANOĞLU başta olmak üzere, Dr. Oğuz ÇOLAK, Y. Müh. Kenan TÜFEKÇİ ve Y. Müh. Recai Fatih TUNAY' a teşekkürlerimi sunarım.

Öğrenim hayatım boyunca maddi ve manevi hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan, emeklerinin ve sevgilerinin ödenmesi çok güç olan aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Isparta, 2006

Halil ÇALIŞKAN

SİMGELER DİZİNİ

Q	Transfer olan ısı, W
T_d	Dış ortam veya komşu hacim sıcaklığı, $^{\circ}C$
T_i	İç oda sıcaklığı, $^{\circ}C$
K	Toplam ısı geçiş katsayısı, $W / m^2 K$
α_i	İç yüzeydeki ısı taşınım katsayısı, $Kcal / h.^{\circ}C.m^2$
α_d	Dış yüzeydeki ısı taşınım katsayısı, $Kcal / h.^{\circ}C.m^2$
δ	Isı akışına dik kalınlık, m
k_i	i tabakasının ısı iletim katsayısı, W / mK
k_{hd}	Hava değişimi katsayısı
V_{oda}	Oda hacmi, m^3
h_d	Dış havanın entalpisi, kJ / kg
h_o	İç havanın entalpisi, kJ / kg
ρ_h	Havanın yoğunluğu, kg / m^3
Q_i	İnfiltrasyon ısısı, W
Q_1	Donma noktasının üstündeki sıcaklıklarda soğutma yükü, $kcal / h$
Q_2	Donma sırasında alınacak ısı yükü, $kcal / h$
Q_3	Donduktan sonra derin soğutma yükü, $kcal / h$
Q_4	Muhafaza sırasında üreyen ısı yükü, $kcal / h$
Q_b	Evaporatörden elde edilen soğutma yükü, W
Q_y	Kondanserden atılan ısı miktarı, W
W_K	Kompresörde yapılan iş, W
G	Soğuk odaya konulan mal miktarı, kg
C_1	Donmadan önce ısınma ısısı, $kcal / kg^{\circ}C$
C_2	Donma ısısı, $kcal / kg$
C_3	Donduktan sonraki ısınma ısısı, $kcal / kg^{\circ}C$

C_{resp}	Olgunlaşma ısısı, $kcal / ton \times 24saat$
h_s	Soğutma zamanı, h
h_{donma}	Donma zamanı, h
k_y	Yükleme katsayısı
T_1	Malın son sıcaklığı, $^{\circ}C$
T_2	Malın soğuk odaya konmadan önceki sıcaklığı, $^{\circ}C$
T_{don}	Donma sıcaklığı, $^{\circ}C$
T_m	Muhafaza sıcaklığı, $^{\circ}C$
\dot{m}_s	Evaporatörden geçen soğutucu akışkan miktarı, kg / s
STK	Soğutma Tesir Katsayısı
A	Isı transfer alanı, m^2
ΔT_m	Ortalama sıcaklık farkı
ρ_s	Kondanser çıkışında soğutucu akışkan yoğunluğu, kg / m^3
\dot{V}	Sistemde dolaşan soğutucu akışkanın hacimsel debisi, m^3 / s
SDH	Sıvı deposu hacmi, lt
F	Defrost faktörü
GUI	Grafik Ara Birimi
CLTD	Soğutma Yüğü Sıcaklık Farkı
CLF	Soğutma Yüğü Faktörü

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Buhar sıkıştırırmalı mekanik soğutma çevrimi.....	6
Şekil 3.2. Soğutma çevriminin T-s ve P-h diyagramları üzerinde gösterilmesi.....	7
Şekil 3.3. Açık tip pistonlu kompresör.....	10
Şekil 3.4. Yarı hermetik ve tam hermetik kompresörler.....	11
Şekil 3.5. Kompresör pistonu, segmanlar ve piston pimi.....	13
Şekil 3.6. Krank mili.....	14
Şekil 3.7. Biyel.....	15
Şekil 3.8. Kompresör emiş ve basma klepelerine örnekler.....	16
Şekil 3.9. Şaft sızdırmazlığının sağlanması	17
Şekil 3.10. Kompresör servis valfi örnekleri.....	18
Şekil 3.11. Gaz emişi ve sıkıştırma zamanı.....	18
Şekil 3.12. Gazın basılması ve sıkıştırma sonu.....	19
Şekil 3.13. Kayar paletli rotatif kompresör.....	19
Şekil 3.14. Helisel kompresör.....	20
Şekil 3.15. Tek kademeli santrifüj kompresör (hermetik tip).....	21
Şekil 3.16. Scroll kompresörün iç yapısı.....	22
Şekil 3.17. Kondanserde sıcaklık dağılımı.....	23
Şekil 3.18. Hava soğutmalı kondanser grup tertip şekilleri.....	24
Şekil 3.19. Gövde ve boru tipi su soğutmalı kondanser.....	25
Şekil 3.20. Evaporatif tip su soğutmalı kondanser.....	27
Şekil 3.21. Basit evaporatör.....	28
Şekil 3.22. Gravite tipi, tabii hava akımlı hava soğutucu evaporatörler.....	29
Şekil 3.23. Hava soğutucularına örnekler.....	30
Şekil 3.24. Defrost çevrimi süresince bir elektrik defrost sistemi.....	31
Şekil 3.25. Sıcak gaz ile defrost.....	32
Şekil 3.26. Spiral borulu evaporatör.....	33
Şekil 3.27. Termostatik kısılma vanası.....	35
Şekil 3.28. Alçak basınç otomatığı.....	36
Şekil 3.29. Solenoid valfin çalışma prensibi.....	37
Şekil 3.30. Yağ ayırıcı.....	38

Şekil 3.31. Sıvı ayırıcı.....	39
Şekil 3.32. Sıvı depoları.....	39
Şekil 3.33. Sıvı hattı filtre-kurutucu.....	41
Şekil 3.34. Gözetleme camı.....	42
Şekil 3.35. Titreşim sönümleyicilerin yapısı.....	42
Şekil 3.36. Programın genel algoritması.....	56
Şekil 3.37. Ana Sayfa arayüzü.....	57
Şekil 3.38. Proje ve Soğuk Oda Bilgileri arayüzü.....	57
Şekil 3.39. K_u katsayısı hesabı arayüzü.....	59
Şekil 3.40. Duvar tiplerini girmelisiniz! mesajı görüntüsü.....	59
Şekil 3.41. Transmisyon ısısı hesabı arayüzü.....	60
Şekil 3.42. Hava değişiminden gelen ısı hesabı arayüzü.....	61
Şekil 3.43. Mallardan gelen ısı hesabı arayüzü.....	62
Şekil 3.44. Oda içinde meydana gelen muhtelif ısıların hesabı arayüzü.....	63
Şekil 3.45. Günlük toplam ısı kazancı hesabı arayüzü.....	64
Şekil 3.46. Basınç kayıplarının hesabı arayüzü.....	65
Şekil 3.47. Spesifik Özellikler arayüzü.....	66
Şekil 3.48. Seçilen Elemanlar arayüzü.....	67
Şekil 3.49. Kompresör arayüzü.....	67
Şekil 3.50. Proje Kayıt arayüzü.....	68
Şekil 3.51. Proje kayıt mesajı görüntüsü.....	69
Şekil 4.1. Örnek soğuk oda ve konumu.....	70
Şekil 4.2. Soğuk oda detayları.....	71
Şekil 4.3. Örnek K_u katsayısı hesabı arayüzü.....	72
Şekil 4.4. Örnek Proje ve Soğuk Oda Bilgileri arayüzü.....	72
Şekil 4.5. Örnek transmisyon ısısı hesabı arayüzü.....	73
Şekil 4.6. Örnek hava değişiminden gelen ısı hesabı arayüzü.....	74
Şekil 4.7. Örnek mallardan gelen ısı hesabı arayüzü.....	74
Şekil 4.8. Örnek oda içinde meydana gelen muhtelif ısıların hesabı arayüzü.....	75
Şekil 4.9. Örnek günlük toplam ısı kazancı hesabı arayüzü.....	76
Şekil 4.10. Örnek basınç kayıpları hesabı arayüzü.....	77
Şekil 4.11. Örnek Spesifik Özellikler arayüzü.....	78

Şekil 4.12. Örnek Seçilen Parçalar arayüzü.....	79
Şekil 4.13. Örnek Proje Kayıt arayüzü.....	81
Şekil 4.14. Kompresör gücüne bağlı olarak STK' nın değişimi.....	83
Şekil 4.15. Evaporatör kapasitesine bağlı olarak STK' nın değişimi.....	83

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. İnanlardan Gelen Ortalama Soğuk Oda Isı Yüğü.....	48
Çizelge 3.2. Elektrik Motorlarından Gelen Isı Yüğü.....	48
Çizelge 4.1. STK Değerlerinin Değişimi.....	81
Çizelge 4.2. R22 ve R404a soğutucu akışkanların karşılaştırılması.....	83
Çizelge 4.3. Boru çaplarının değişimi.....	84

1. GİRİŞ

Ürünlerin uzun süreli muhafaza edilebilmeleri için, soğuk bir ortama ihtiyaç vardır. Günümüzde bu soğuk ortam soğutma makineleri ile sağlanmaktadır. Sistem içerisinde sürekli olarak hareket eden soğutucu akışkanın basıncını artırıp azaltarak, iç ortamın ısısını alıp dış ortama atma esasına dayanan soğutma makineleri, piyasada en çok uygulanan sistemlerdir ve mekanik sıkıştırımlı soğutma sistemi olarak adlandırılmaktadır.

Basit bir soğutma sistemi sırasıyla kompresör, kondanser (yoğuşturucu), kısılma vanası (genleşme valfi) ve evaporatör (buharlaştırıcı) den oluşmaktadır. Bunlardan birisinin olmaması durumunda soğutma çevrimi gerçekleşmemektedir.

Türk makine sanayiinde rekabet gücü, maliyetlerin düşürülmesi ve randımanın yükseltilmesi ile artırılabilir. Bu durumda, yüksek teknolojiye sahip bilgisayarların işletmelerde kullanılması ile, üretim hızı ve sistem verimindeki çok küçük bir artış, rekabet açısından çok büyük önem ifade edebilmektedir.

Montaj yapan sanayi tesislerinde, üretilen cihazların verimli çalışmasını ve düşük maliyetli olmasını doğrudan etkileyen faktörlerden biri de sistem elemanlarının doğru seçimidir. Gereksiz malzeme kullanımı ve bu malzemelerin kapasitelerinin birbiri ile uyumsuz olması gibi yanlışlıklar, hem üretilen cihaz verimini düşürmekte ve arızalara yol açmakta hem de cihaz maliyetini yüksek değerlere çıkarmaktadır. Bu durum, firmaların rekabet gücünü azaltan etmenlerden sayılabilmektedir. Cihaz üretiminde, bilgisayar destekli soğutma sistemi elemanları seçimine gidilmesi mümkün olduğundan, maliyetlerin düşürülmesi ve kalitenin artırılması ile Türk sanayisinin iç ve dış piyasalarda rekabet gücünün artırılmasına katkıda bulunulabileceği düşünülmektedir.

Tez çalışmasında, soğutma sanayisinde, soğutma yükü hesaplamalarında ve sistem elemanlarının seçiminde kaybedilen zamanı azaltmak ve optimum seçimler yapılarak sistem verimini artırmak amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda, yapılan programda,

soğutma yükü hesabı için ayrı, sistem elemanlarının seçimi için ayrı arayüzler oluşturulmuştur. Soğuk oda için gerekli soğutma yükü, kullanıcıdan oda bilgileri istenerek, farklı arayüzlerde hesaplanmaktadır. Soğutma yükü hesabı tamamlandıktan sonra, kullanıcıdan, kullanılacak boru uzunlukları ve fittings malzemeler ile sistem elemanlarının tipi ve sayısı için bir ön bilgi alınmaktadır. Bu bilgiler doğrultusunda geliştirilen program, daha önce tanımlanan denklem ve şartlara göre soğutma sisteminin elemanlarını en doğru şekilde seçmekte ve ekrana yansıtmaktadır. Böylelikle küçük sistemlerle gerekli soğutmanın sağlanacağı ve cihazlarda meydana gelebilecek arızaların en aza indirileceği düşünülmektedir. Yapılan çalışmanın kullanılması ile, firmaların soğutma yükü hesapları ve sistem elemanlarının seçiminde harcadıkları zamanın azalması ve yapılan soğutma sistemlerinin arızalarının en aza inmesi noktasında çalışmanın yararlı olması hedeflenen konular arasındadır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Altıparmak (1999) yaptığı çalışmada, soğutma yüküne etki eden bileşenleri ayrı ayrı incelemiş, soğutma yükü hesabı için yapı elemanları için geliştirilen CLTD değerleri ve buna bağlı yapılan soğutma yükü hesaplamalarını irdelemiştir. Yaptığı hesaplamalarda Visual Basic 5.0 programlama dilini kullanmıştır. Ayrıca iç ortam bileşenleri olan insanlar, aydınlatma, cihazlar, motor ve makineler için doğru soğutma yükünün belirlenmesi için toplam çalışma zamanı ve çalışma süresine bağlı olarak geliştirilen CLF değerleri ve buna bağlı olarak yapılan soğutma yükü hesaplarını incelemiştir. Cihazların da farklı zamanlar da farklı soğutma yükü değerleri aldığı savunmuştur. Soğutma yükü için yapılan bilgisayar programı ile maksimum soğutma yükü hesabını yapmıştır. Elle yapılan maksimum soğutma yükü hesabı sonuçları ile bilgisayar tarafından bulunan maksimum yük arasında fark olduğunu göstermiştir. Sonuç olarak, ısı kazancına bağlı soğutma yükü hesabında, maksimum değer tayini için, bilgisayar gibi karşılaştırma ve işlem hızı yüksek cihazlardan yararlanmanın hem zaman hem de doğru sonuç için gerekli olduğunu göstermiştir.

Edalew vd. (2001) yaptıkları çalışmada, bir eş zamanlı mühendislik ortamı içinde kesme işlemlerinin ve takımlarının otomatik seçimi için bir bilgisayar destekli akıllı sistem geliştirmişlerdir. Bu sistem, farklı materyal özelliklerine göre kesme takımlarının ve kesme şartlarının optimum ayarını seçmek, maliyetlerin ve zamanın nasıl azaltılacağı hususunda kullanıcılara alternatifler vermek için tasarımcılara ve üretim planlayıcılara yardımcı olmaktadır. Kesme takımı seçimi için ve optimum kesme şartları için; uzun takım ömrü, daha kısa işleme zamanı ve düşük maliyet destekli olarak sistem en iyi kesme takımını seçmektedir ve optimum kesme şartlarını belirlemektedir. Sistem, 3 boyutlu bir eleman üzerinde, teorik sonuçlar ve deneysel çalışmalar karşılaştırılarak iki durum çalışmasında test edilmiştir.

Yamankaradeniz vd. (2002) tarafından yapılan ortak çalışmada, herhangi bir soğutma devresi için kompresör kapasitesinin sistemin soğutma kapasitesine eşit olması gerektiği savunulmuştur. Kompresör kapasitesinin, sistemin soğutma kapasitesinden

küçük olması durumunda, buharlaşma sıcaklığı ve basıncının arttığı ve bunun sonucu olarak yeterli soğutmanın yapılamayacağı ve kompresörde sıkışma ve aşırı zorlanma durumu olacağı belirtilmiştir.

Lu vd. (2005), yaptıkları ortak çalışmada, hava ve soğuk su döngülerini içeren merkezi ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) sistemlerini binalarda optimize etmek için pratik bir metot geliştirmişlerdir. Çalışmada, ayrı bileşenlerden ziyade tüm sistemin enerji tüketimini optimize etmek için sistematik bir yaklaşımda bulunulmuştur. Amaçlanan optimizasyon metodunu, kullanılmakta olanlarla karşılaştırmak için, tipik bir merkezi HVAC sistemi için bir simülasyon çalışması yapılmıştır. Sonuçlar, amaçlanan metodun, sistem performansını önemli derecede geliştirdiğini ve sistem enerji kullanımının, değişen soğutma yükleriyle eş zamanlı hesaplanan optimum ayar noktalarında çalışan elemanlar tarafından minimize edilebildiğini göstermektedir.

Selbaş vd. (2005) yaptıkları çalışmada, bir soğutma yükü hesabında karmaşık hesaplamaları kolaylaştıracak, ülkemize ait verileri içeren bir bilgisayar yazılımı hazırlamışlardır. Soğutma yükünün hesaplanması ve soğutma sistemi elemanlarının doğru bir şekilde seçilebilmesi amacıyla hazırlanan program için Delphi programlama dili kullanılmıştır. Programın girdileri için literatürde var olan soğutma yükü hesaplama yöntemleri kullanılmıştır. Literatürde kullanılan soğutma yükü hesaplama prosedürünün, deneysel verilerden elde edilen sonuçlara dayandığı savunulmuştur. Elde edilen bu veriler ile hesaplama işlem basamakları Delphi programlama dilinde yazılarak bir arayüz oluşturulmuştur. Böylelikle hazırlanan program ile, soğutma ile ilgili hesaplamaların bilgisayar ortamında çok daha kolay ve hızlı bir biçimde yapılması mümkün olduğu belirtilmiştir.

DemirDöküm firması (2005) tarafından yapılan çalışmada, binalarda olan ısı kaybı veya kazancının hesabı için bir program geliştirilmiştir. Programda, ayrıca, ürün seçim işlemi de yapılabilmektedir. Yapılan hesaplamalara göre, program, eğer ısıtma amaçlı kullanılacaksa ısıtma kazanı, soğutma amaçlı kullanılacaksa klima için seçim yapmaktadır. Geliştirilen program ile sadece firmanın yapmış olduğu ürünlerin

seçimi yapılabilir. Bu yüzden, ürünlerin imalatı ile ilgili bir seçim yapmak mümkün değildir.

Friterm firması (2005) tarafından yapılan çalışmada, soğuk odalar için evaporatör ve kondanser seçimi yapan bir program hazırlanmıştır. Programda R134a, R22 ve R404a gazları kullanılmış ve istenilen kapasiteye göre seçim yapılmaya çalışılmıştır. Seçim kriteri olarak, kapasitenin alt ve üst değerlerini belirleyecek kutucuklar ilave edilmiştir. Evaporatör seçiminde, soğutma kapasitesi, oda sıcaklığı, lamel aralığı, oda boyutları ve fanların ses seviyesi göz önünde bulundurulmuştur. Kondanser seçiminde, kondanser kapasitesi, dış ortam sıcaklığı, lamel aralığı, fan ses seviyesi, oda boyutları ve rakım seçim kriteri olarak belirlenmektedir.

Cheng ve Shih (2006) tarafından yapılan çalışmada, soğutma kapasitesini ve iki kademeli termoelektrik soğutucuların performans katsayısını maksimize etmek için genetik algoritma destekli bir metot ortaya koymuşlardır. Genetik algorithmadan elde edilen optimum parametreler, analitik metotlardan elde edilen datalarla karşılaştırılarak doğrulanmaktadır. Doğrulamadan sonra, optimizasyon, 90 °C istenilen bir sıcaklık farkına göre optimum parametreleri oluşturmak için uygulanmaktadır. Optimizasyon sonuçları, soğutma kapasitesi ve performans katsayısının tam olarak ayarlanan tasarım parametreleri ile maksimize edilebildiğini ve geliştirilebildiğini göstermektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

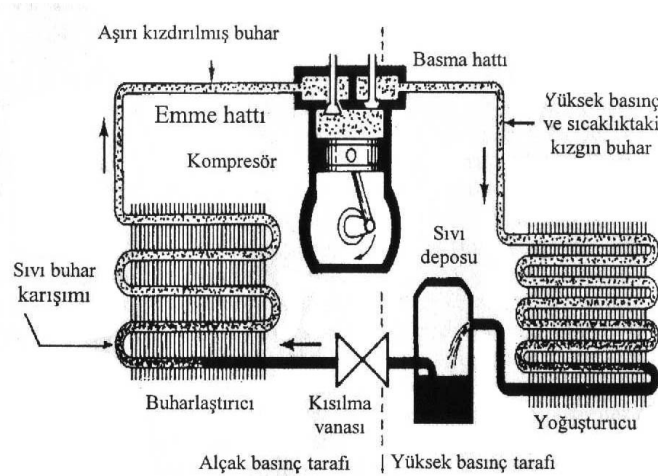
3.1. Materyal

Günümüzde soğutma sistemleri ve elemanlarının çok çeşitli tipleri mevcuttur. Kullanılacak olan sistem ve elemanlarının tipi aşağıda verilmektedir:

- i. Buhar sıkıştırımlı mekanik soğutma sistemi,
- ii. Pistonlu semi hermetik ve hermetik kompresörler,
- iii. Hava soğutmalı kondanserler,
- iv. Hava soğutucu evaporatörler,
- v. Termostatik kısılma vanaları,
- vi. R22 ve R404a soğutucu akışkanlar.

3.1.1. Buhar Sıkıştırımlı Mekanik Soğutma Sistemi

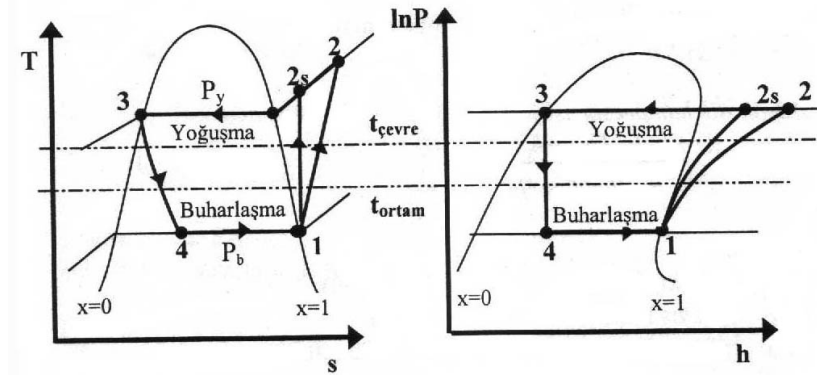
Buhar sıkıştırımlı mekanik bir soğutma çevriminde, alçak ve yüksek basınç tarafı olmak üzere iki ana bölüm mevcuttur. Bu soğutma çevrimi, dört ana elemandan oluşmaktadır. Bu elemanlar sırasıyla, kompresör, kondanser (yoğuşturucu), evaporatör (buharlaştırıcı) ve kısılma vanası (genleşme valfi) dir. Bu dört elemandan birinin eksik olması halinde soğutma çevrimi oluşmamaktadır. Şekil 3.1' de gösterilen mekanik buharlaşmalı soğutma çevriminde, evaporatörde gaz haline geçen bir soğutucu akışkan kullanılmaktadır.



Şekil 3.1. Buhar sıkıştırımlı mekanik soğutma çevrimi

Buhar sıkıştırımlı mekanik soğutma sisteminde; kompresörde yüksek basınca sıkıştırılan soğutucu akışkan kızgın buhar halinde kondansere gönderilmektedir. Burada, çevreye ısı vererek yoğuşan soğutucu akışkan, kısılma vanasında alçak basınca kısılarak ıslak buhar halde evaporatöre girmektedir. Buharlaştırıcıyı çevreleyen ortam sıcaklığının altında bir sıcaklığa sahip olan soğutucu akışkan, ortamın ısını çekerek ortamı soğutmakta ve evaporatör çıkışında doymuş buhar halinde kompresör tarafından emilmektedir. Böylece çevrim sürekli olarak tekrarlanmaktadır.

Şekil 3.2' de soğutma çevriminin sıcaklık-entropi (T-s) ve basınç-entalpi (P-h) diyagramları gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Soğutma çevriminin T-s ve P-h diyagramları üzerinde gösterilmesi

Burada;

- 1-2 : Tersinir adyabatik sıkıştırma
- 2-3 : Tersinir sabit basınçta yoğuşma
- 3-4 : Sabit entalpide genişleme
- 4-1 : Tersinir sabit basınçta buharlaşma

Evaporatörden elde edilen soğutma yükü,

$$Q_b = \dot{m}_y \cdot (h_1 - h_4) \text{ Watt} \dots \dots \dots (1.1)$$

Evaporatörden geçen soğutucu akışkan miktarı,

$$\dot{m}_s = \frac{Q_b}{(h_1 - h_4)} \quad \text{kg/s} \dots \dots \dots (1.2)$$

Kompresörde yapılan iş (adyabatik sıkıştırma),

$$W_{K12} = \dot{m}_s \cdot (h_2 - h_1) \quad \text{Watt} \dots \dots \dots (1.3)$$

Kondanserden atılan ısı miktarı,

$$Q_y = \dot{m}_s \cdot (h_3 - h_2) \quad \text{Watt} \dots \dots \dots (1.4)$$

Soğutma Tesir Katsayısı (STK): Birim iş başına yapılan soğutma miktarı olarak tanımlanmaktadır.

$$STK = \frac{Q_b}{W_{K12}} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \dots \dots \dots (1.5)$$

Buhar sıkıştırmalı mekanik soğutma sistemlerinin; soğutma devresi eşanjörlü sistem, tek kompresör ve 2 veya 2 den fazla buharlaştırıcı farklı sıcaklıkta çalışan sistem, iki kademeli soğutma sistemi, iki veya daha fazla soğutucu akışkan kullanan sistem olarak çeşitleri mevcuttur. (Yamankaradeniz, vd., 2002) Ancak, bizim çalışmamızda basit buhar sıkıştırmalı mekanik soğutma sistemi incelendiği için bu sistemlere değinilmeyecektir.

Buhar sıkıştırmalı mekanik soğutma sisteminde kullanılmakta olan elemanlar aşağıda verilmektedir.

3.1.2. Kompresörler

Kompresörler, soğutma devrelerinde evaporatörde bulunan alçak basınç ve buhar halindeki soğutucu akışkanı emerek, daha yüksek basınçta olan kondanser kısmına gönderen iş makineleridir.

İdeal bir kompresörde şu özellikler aranmaktadır:

- i. İlk kalkışta dönme momentinin mümkün olduğunca az olması,
- ii. Değişik çalışma şartlarında emniyet ve güvenliğini muhafaza etmesi,
- iii. Ömrünün uzun olması ve daha az çalışması,
- iv. Titreşim ve gürültü seviyelerinin kısmi ve tam yüklerde ve değişik şartlarda belirli seviyenin üstüne çıkmaması,
- v. Sürekli bir kapasite kontrolü ve geniş bir yük değişimi, çalışma rejimine uyabilme,
- vi. Daha az güç harcayarak birim soğutma değerini sağlayabilmesi,
- vii. Maliyetinin mümkün olduğunca az olması,
- viii. Verimlerinin kısmi yüklerde de düşmemesi.

Fakat bu karakteristiklerin tümüne birden sahip olan bir kompresör yoktur denebilir. Yukarıdaki karakteristiklerden en fazlasını sağlayabilen kompresör tercih edilmektedir. (Özkol, 1985)

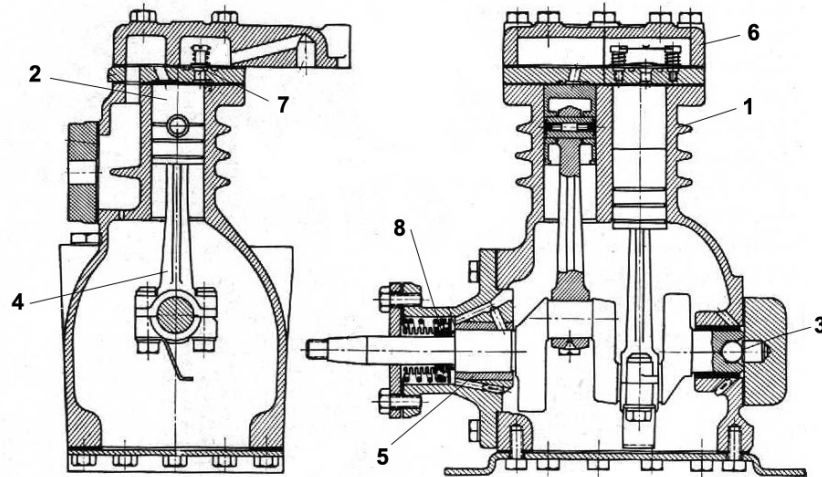
Herhangi bir soğutma devresi için kompresör kapasitesi, sistemin soğutma kapasitesine eşit olmalıdır. Kompresör kapasitesi, sistemin soğutma kapasitesinden küçük olursa, buharlaşma sıcaklığı ve basıncı artar. Bunun sonucu, yeterli soğutma yapılamaz ve kompresörde sıkışma ve aşırı zorlanma durumu olur. Eğer kompresör kapasitesi, sistemin soğutma kapasitesinden büyük olursa buharlaşma sıcaklığı ve basıncı düşer. Hatta tesisin alçak basınç tarafı vakuma inebilir. Sonuçta sistem yeterli kapasitede soğutma yapamaz ve kompresör gereğinden fazla enerji harcar.

Buharlaştırıcıdan çıkan buharı yoğuşma basıncına kadar sıkıştırmak için kullanılan farklı tiplerdeki kompresörler aşağıda sıralanmıştır.

- i. Pistonlu kompresörler
- ii. Rotatif kompresörler
- iii. Helisel kompresörler
- iv. Santrifüj kompresörler
- v. Scroll kompresörler (Yamankaradeniz, vd., 2002)

3.1.2.1. Pistonlu Kompresörler

Bir silindir içerisinde gidip gelme hareketi yapan bir pistonla sıkıştırma işlemi yapan bu tip kompresörlerde tahrik motorunun dönme hareketi bir krank-biyel sistemi ile doğrusal harekete çevrilir. Eski tip bazı çift etkili kompresörlerin, yatık tip pistonlu buhar makineleri ile hareketlendirilmesinde hiç dönel hareket olmadan da çalışma durumlarına rastlamak mümkündür. Bugünkü pistonlu soğutma kompresörleri genellikle tek etkili, yüksek devirli ve çok sayıda silindirli makineler olup açık tip veya hermetik tip motor-kompresör şeklinde (amonyak hariç) dizayn ve imal edilmektedir. (Özko, 1985)

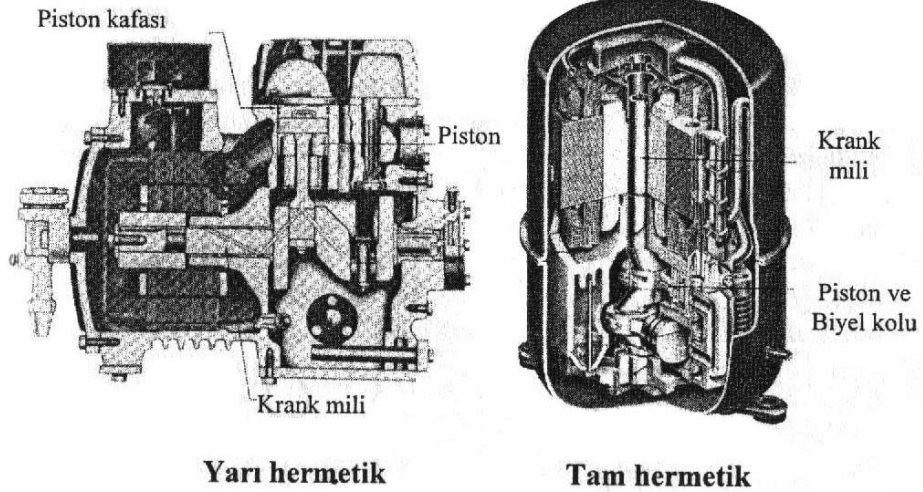


Şekil 3.3. Açık tip pistonlu kompresör (Wostrel, vd., 1938)

Açık tip demekle Şekil 3.3' de görülen, ya kayış tahrikli yada bir kavramayla doğrudan bağlantılı bir dış motor tarafından tahrik edilen kompresör kastedilmektedir. Bu tip kompresörlerde motorun sağladığı güç 3 kW ile 250 kW arasında değişebilmektedir. (Yamankaradeniz, vd., 2002)

Açık tip pistonlu kompresörlerin bugünkü silindir tertip şekilleri genellikle düşey, I, V ve W tertibinde 1 ile 16 silindirli ve tek etkili olup, yatık ve çift etkili kompresör dizaynı hemen hemen tamamıyla terkedilmiştir. (Özkol, 2004)

Açık tip kompresörün aksi olan tip kompresörler ise, motorla kompresörün aynı muhafazada korunduğu hermetik (sızdırmaz) kompresördür. Bu tip kompresörlerde genellikle R-12, R-22 ve R134a soğutucu akışkanları kullanılır. En fazla üretilen kompresörler hermetik tip kompresörlerdir. Hermetik kompresörler ise kendi arasında tam hermetik ve yarı hermetik olmak üzere ikiye ayrılırlar. Şekil 3.4' de tam hermetik ve yarı hermetik kompresörler görülmektedir.

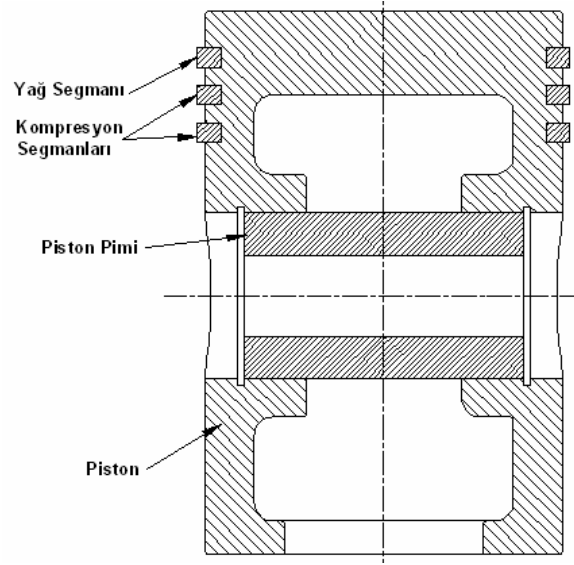


Şekil 3.4. Yarı hermetik ve tam hermetik kompresörler (Yamankaradeniz, vd., 2002)

Pistonlu bir soğutma kompresörünün ana elemanları ile bunların imal ve dizayn özellikleri aşağıda özetlenmektedir:

i) Kompresör Gövdesi ve Silindirleri: Kompresör gövdesi şekil 3.3’ de gösterilen 1 numaralı elemandır ve içerisinde silindirleri, karter ve yağlama yağını, piston-biyelkrank sistemini, emme ve basma klepelerini (supaplarını) toplayan valf pleytini, silindir kapaklarını, ana yatakları, kapasite kontrollülerde kapasite kontrol mekanizmasını, servis valflerini, açık tiplerde şaft salmastrasını (körüğünü), cevri yağlamalı tiplerde yağ pompasını, hermetik ve yarı hermetik tiplerde elektrik motorunun stator ve rotoru ile bağlantı kutusunu ve diğer gerekli aksamı toplamaktadır. Tek veya iki parçalı olarak yapılmaktadırlar. İki parçalı dizaynda silindirler ayrı olarak yapıp karteri havi gövdeye, contalı şekilde, cıvatalarla sıkıca tespit edilmektedir. Kompresör gövdesi genellikle yüksek vasıflı sıkı dökme demirden (bu maksatla az miktarda nikel katılmaktadır) ve bazen de alüminyum alaşımlarından, sızdırmazlık sağlanması ön planda tutularak imal edilmektedir. Silindirlerin dış yüzeylerinde kanatçıklar bırakılarak havanın soğutma etkisi artırılmış olmaktadır. Silindirlerin gömleklili dizayn tertibine bilhassa büyük kapasiteli kompresörlerde sık sık rastlanmaktadır.

ii) Piston, Segman ve Piston Pimi: Bugünkü soğutma kompresörlerinin pistonları genellikle alüminyum alaşımlarından ve bazen de dökme demirden yapılmaktadır (2 numaralı eleman). Pistonun, soğutkanı sıkıştırması işlemini sızdırmazlığı yüksek seviyede tutarak ve mümkün olduğu kadar az enerji harcayarak yapması ve ömrünün yeterli derecede uzun olması beklenmektedir. Sızdırmazlığın sağlanması, piston-silindir aralığının azlığına, segmanların durumuna ve yağlamanın seviyesine bağlı olmaktadır (Şekil 3.5). Piston-silindir aralığı, dökme demir pistonlarda silindir çapının %0.04’ ü mertebesinde yapıldığında sızdırmazlık için segman ilavesine gerek göstermemektedir. Daha fazla aralık olduğunda segman ilavesi gerekmektedir. Alüminyum pistonlarda, çalışma şartlarının ekstrem değerleri göz önünde tutulduğunda, silindir çapının %0.2’ sinden daha az bir piston silindir aralığı bırakılması mümkün olmamaktadır ve bu nedenle alüminyum pistonların segmanlı olarak yapıldığı görülmektedir. Segman sayısı, genellikle 2 veya 3 olmaktadır. Bu ikinci veya üçüncü segman ile kompresör sızdırmazlığı ve dolayısıyla kapasitesinde önemli bir değişiklik olmamakla beraber yağlama yağının iyi sıvanması ve sıyırılması sağlanmakta, yağın karterden ayrılması (yağ kalkışı) azalmaktadır.



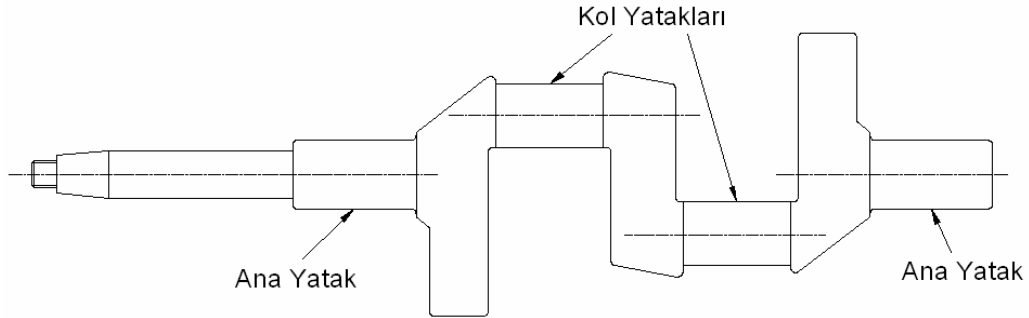
Şekil 3.5. Kompresör pistonu, segmanlar ve piston pimi

Yağ segmanı olarak genellikle ayrı tip bir segman konulmamakla beraber bazı imalatlarda, patlamalı motorlarda olduğu gibi, oluklu ve delikli yağ segmanlarının kullanıldığı az da olsa görülmektedir. Keza, piston eteğinin keskin köşeli olarak, yağı sıyrarak tarzda yapılıp yağ segmanının hiç konulmadığı kompresörlere de rastlanmaktadır. Kompresör silindirlerinin yüzey işleminin kalitesi de çok önemlidir ve sızdırmazlıkta önemli rol oynamaktadır. Silindirler imalat sırasında 0.5-1 mikron toleransta taşlandıktan sonra honlanır, parlatılır. Pistonların boyu, segman ve silindir-piston aralığı değerlerine göre dizayn edilmektedir. Örneğin, silindir aralığı fazla olan bir dizaynda piston boyunun daha uzun tutulması gerekmektedir. Segmanlı-tip alüminyum pistonların boyu piston çapının 0.75 katı olarak yapılıp, %0.2 silindir aralığı uygulanmak ve piston kolu krank mili yarıçapı oranı 4.5 civarında tutulmak suretiyle başarılı sonuçlar alınmaktadır. Piston hızları için ortalama değer 6 m/san civarında alınmaktadır.

Piston pimleri, vasıflı çelikten yapılır ve yüzeyi 50-60 Rockwell derecesine sertleştirildikten sonra 0.2 mikron toleransta taşlanır. Piston pimi, biyel başına veya piston deliklerine sıkı geçme ile tespit edilip birinde veya diğerinde hareket etme serbestliğine sahip olacak tarzda dizayn edilebileceği gibi, her iki delikte serbest

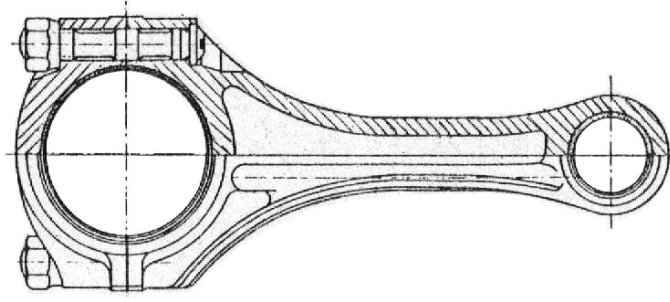
yüzer halde çalışacak tarzda da yapılmaktadır. Bu taktirde piston piminin yerinden kaymaması, piston deliklerinin dış taraflarına maşa pimler konularak sağlanmaktadır.

iii) Krank Mili: Şekil 3.3' de gösterilen 3 nolu elemandır ve tahrik ünitesinin dönel hareketini pistonun doğrusal hareketine çevirme işleminde ilk basamağı oluşturmaktadır. Dövme çelik veya çelik dökümden yapılıp çok iyi ve dar toleranslarda işlenmesi (0.2 mikron mertebesinde) gereklidir. Ayrıca, aksel ağırlık ve kuvvetlerinin iyi dengelenmiş olması ve dinamik olarak balanslanmış olması gerekmektedir. Krank mili imali için seçilen malzemenin bilhassa sürekli mukavemet bakımından uygun olması ve malzeme yorulmalarına dayanıklı olması önemlidir. Diğer yandan, yüzey sertliklerinin ana yataklarda 350 brinel civarında olması istenmektedir (bilhassa bronz yataklar için). Basınçlı yağlamalı kompresörlerin krank milleri imalat sırasında, yağın yataklara iletilmesini sağlayacak yağ kanalları ile teçhiz edilmektedir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Krank mili

iv) Biyel Kolu: Dönel hareketin doğrusal harekete çevrilmesinin ikinci ve son basamağını sağlayan bu elemanlar (4 numara), bir baştan krank miline diğer baştan piston pimiyile pistonu bağlıdır (Şekil 3.7). Piston pimi tarafı parçasız olarak yapılmaktadır. Krank mili tarafı ise, krank milinin konstrüksiyonuna göre yine parçasız halka şeklinde veya iki parça halinde ve cıvatalarla bağlanacak tarzda yapılmaktadır. Biyel malzemesi olarak dövme çelik, alüminyum, bronz, dövme demir ve benzeri malzemeler kullanılmaktadır. Demir ve çelik malzeme kullanıldığında genellikle bronz veya babet metalden bir iç zarf konulması gerekmektedir. (Özkoç, 2004)



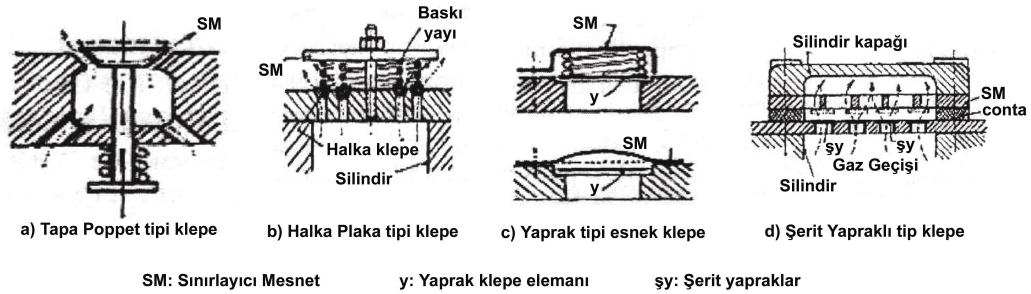
Şekil 3.7. Biyel (Bensinger, 1974)

v) Ana Yataklar: Krank milini aksenal bölümlerinden destekleyerek taşıyan ana yataklar (5 numara) yatay eksenli hermetik, yarı hermetik motor-kompresörlerde aynı zamanda elektrik motorunun rotorunu da taşımaktadır. Genel uygulama şeklinde piston ve silindirler ana yatakların arasında kalacak tarzda tertiplenmektedir. Motor-kompresör durumunda ise motor ana yatakların ötesinde ve asılı vaziyette bırakılır. Ana yataklar, kompresör gövdesinin içine yerleştirilmektedir ve gövdenin bir kısmı halinde görünüm vermektedir. Ana yatakların, az da olsa mevcut olabilecek aksenal yükleri de taşıyabilmesi için yatak dizaynı buna göre yapılmaktadır. Düşey eksenli tam kapalı tip motor kompresörlerde ise rotor ve krank mili alttan bir aksenal yatak veya tek bir bilye ile taşınmaktadır. Ana yataklarda kaymalı tip yatak yerine, seyrek olarak rulmanlı tip yataklara da rastlanmaktadır (Daha ziyade masuralı tip rulman). Bu, bilhassa bronz yatak zarfı kullanılması mümkün olmayan amonyak kompresörlerinde pratik ve ucuz bir çözüm tarzı kabul edilebilmektedir.

vi) Silindir Kapakları: Bir soğutma kompresörünün en yüksek sıcaklığı havi yerlerinden birisi olan silindir kapakları ya emiş ve basma klepeleriyle birlikte yapılmakta veya valf klepeleri ayrı bir pleyt üzerinde toplanarak silindir kapağı sadece soğutucu akışkan emiş ve basma yollarını ihtiva etmektedir (6 numaralı eleman). Sıcaklığın fazla yükselmemesi için, silindir kapaklarından ısının atılması maksadıyla hava soğutucu kanatlar konulmaktadır. Bazı kompresörlerde ise suyla soğutma gömlekleri bırakıldığı gibi bazen de emişteki soğutucu akışkanın soğutmasından yararlanılacak tarzda dizayn edilmektedir. Silindir kapaklarının, soğutucu akışkanı sevk etmesi görevi sırasında sıkıştırma darbelerini de mümkün olduğunca yutması beklenmektedir. Aksi halde hem aşırı ses ve sarsıntı hem de

kondanserde şok darbeleri meydana gelmektedir. Silindir kapakları çoğunlukla iyi kaliteli pik döküm veya çelik dökümden, alüminyum gövdeli kompresörlerde alüminyum alaşımı dökümden yapılmaktadır. Kapaklar silindirlere, araya mümkün olduğunca ince bir conta konularak, cıvatalarla, sızdırmaz şekilde tespit edilmektedirler.

vii) Emiş ve Basma Klepeleri: Bir soğutma kompresöründe en kötü ve zorlu çalışma şartlarına maruz kalan (bilhassa basma klepesi) ve buna karşın yaptığı işten en az fedakarlık yapılabilecek eleman kompresör klepeleridir (7 numaralı eleman). Ayrıca, kompresörün volumetrik verimiyle sıkıştırma işleminin verimliliğini etkilediğinden, emiş ve basma klepelerinin konstrüksiyonu, kompresörün dizaynını da çok etkilemektedir. Bu nedenle, klepeler kompresörün en önemli elemanı olarak nitelendirilebilmektedir.

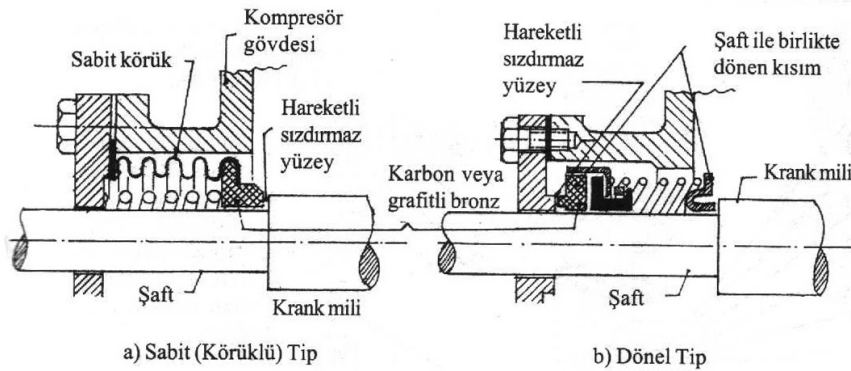


Şekil 3.8. Kompresör emiş ve basma klepelerine örnekler

İyi bir klepe dizaynında aranan özellikleri şöyle sıralamak mümkündür: (1) Sağlam, dayanıklı ve uzun ömürlü olması, ki bu hem kullanılan malzeme cinsine hem de çalışma şartlarına bağlı bir husustur, (2) Klepedeki basınç kaybının az olması, (3) Geçişin aksi yönündeki akışların asgari seviyede olmasıdır. Basınç kaybı soğutucu akışkanın geçiş hızı arttıkça artmaktadır ve belirli seviyeleri geçmemelidir. Bu hız seviyeleri amonyak kompresörlerinde 60 m/s, ve R-12, R-22 kompresörlerinde 45 m/s değerlerini aşmayacak tarzda bir klepe dizaynı seçilmelidir. Diğer yandan, soğutucu akışkanın keskin yön değişimleri de basınç düşümünü arttırmaktadır ve bu nedenle bundan kaçınılmalıdır. Ayrıca, klepelerde “zorlu geçiş” veya “dar boğaz” etkisi meydana getirebilecek ve aşırı klepe basınç kaybı ile aşırı geçiş hızına neden olabilecek konstrüksiyonlardan kaçınılmalıdır. Bu amaçla, geçiş kesitleri mümkün

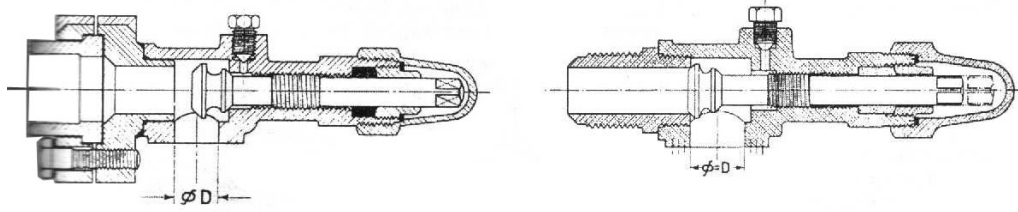
olduğunca geniş tutulmalı, klepeler kolayca ve az bir basınç farkıyla açılabilmesi, klepeden geçerken gazın akış yönü mümkün mertebe değişmemelidir. Bugünkü soğutma kompresörlerinde en çok rastlanan klepe tiplerini 3 grupta toplamak mümkündür; (1) Tapa-Poppet klepeler, (2) Halka plaka veya disk plaka tipi klepeler, (3) Yaprak tipi-Esnek klepeler (Şekil 3.8)

viii) Şaft Sızdırmazlığı: Açık tip soğutma kompresörlerinde krank miline gerekli enerjinin iletilmesi için krank milinin kompresör gövdesinin dışına uzatılması gerekmektedir. Bu uzantı “Şaft” adıyla anılmakta ve dış atmosfer ile kompresör karterinin şaftın geçiş yerinde yağ ve soğutucu akışkan sızdırmazlığını sağlayacak bir tertibatın alınması gerekmektedir. Bu amaçla “sabit (körüklü) tip” ve “dönel tip” şaft sızdırmazlık elemanı (8 numara) şeklinde 2 değişik dizayn uygulanmaktadır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Şaft sızdırmazlığının sağlanması

ix) Kompresör servis valfleri: Kompresörün, servis-bakım ve tamiri sırasında çeşitli maksatlarla kompresörün sistemden tecrit edilmesi gerekmektedir. Bunu sağlamak üzere kompresörün emiş ve basma tarafına kapama valfleri konulmaktadır. Bu valfler çoğunlukla ön ve arka (sırt) kapatma yuvalı olup sırt tarafında bir manometre servis bağlantı yeri mevcuttur (Şekil 3.10).

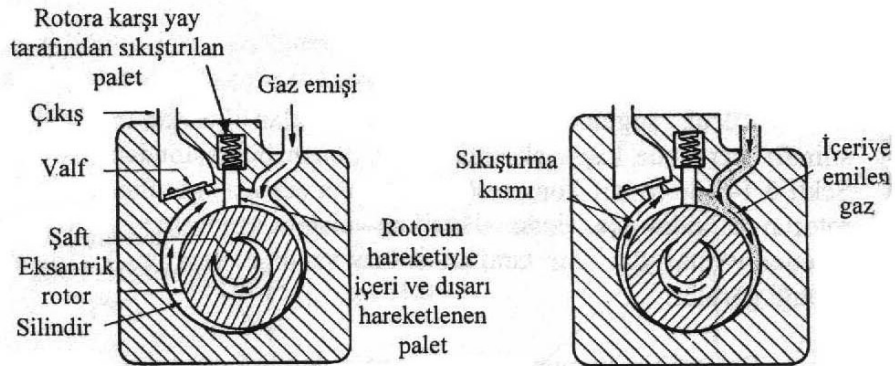


Şekil 3.10. Komprensör servis valfi örnekleri (Özkoç, 2004)

3.1.2.2. Rotatif Komprensörler

Küçük soğutma tesislerinde kullanılan bu komprensör bir silindir içerisinde kaçık eksenli olarak dönen bir pistonun ibarettir. Rotor, silindir içerisinde dönerken piston çevresine yerleştirilen paletler vasıtasıyla, bir taraftan emme ve diğer taraftan sıkıştırma yapmaktadır. (Yamankaradeniz, vd., 2002)

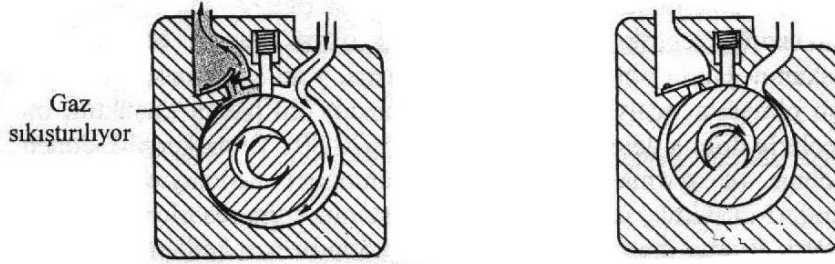
Rotatif komprensörler muhtelif tiplerde yapılabılır özellikle küçük soğutma tesislerinde tercih edilirler. Krank milleri yoktur ve yüksek devir sayılarında kullanılabilirler. Sessiz çalışmalarına ve az yer işgal etmelerine rağmen imalattaki hassas işçilik ve yağlama zorluğu ile yüksek basınçlardaki kaçıklar dezavantajlarıdır. (Taner, 1987)



Şekil 3.11. Gaz emişi ve sıkıştırma zamanı

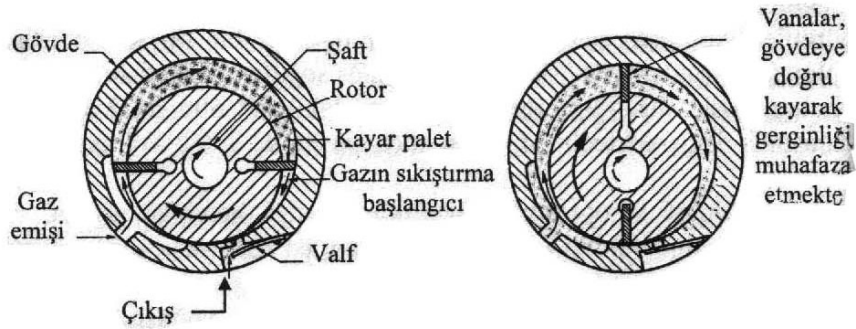
Şekil 3.11' de sabit paletli rotatif bir komprensör gösterilmektedir. Bu aşamada komprensör içerisine gaz emilmekte ve sıkıştırma işlemi başlamaktadır. Şaft dönmeye

devam ettiği sürece silindire daha fazla gaz girmekte ve sıkıştırma işlemi devam etmektedir.



Şekil 3.12. Gazın basılması ve sıkıştırma sonu

Şekil 3.12' de gazın emilmesi işlemine devam edilirken sıkıştırma işlemi sona ermektedir. Şekil 3.13' de ise kayar paletli rotatif bir kompresör gösterilmektedir. Burada, paletler rotora bağlıdır ve birlikte hareket etmektedir. Rotor döndükçe paletler gövdeye doğru kaymakta ve gazı sıkırtmaktadır.

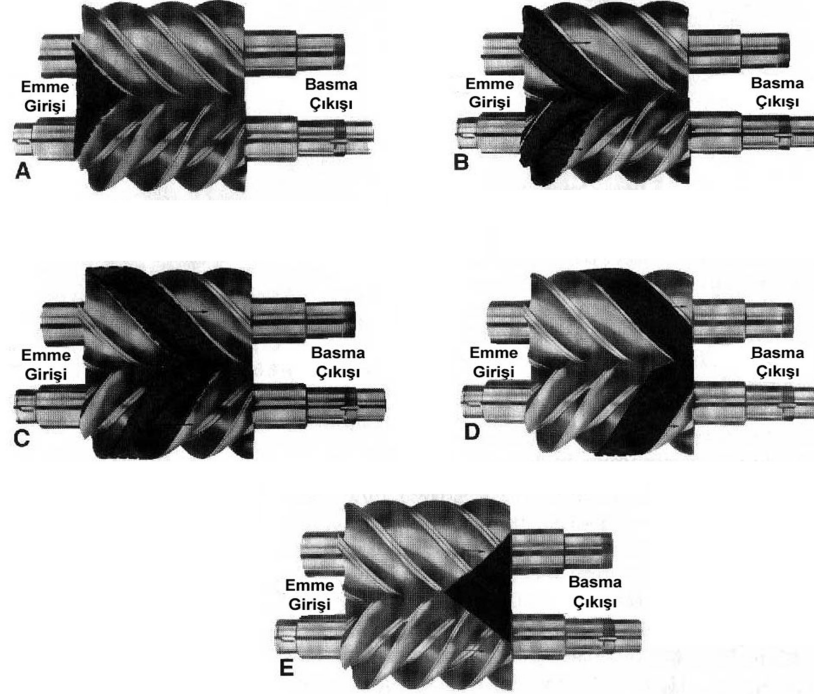


Şekil 3.13. Kayar paletli rotatif kompresör (Yamankaradeniz, vd., 2002)

3.1.2.3. Helisel Kompresörler

Helisel kompresörler dişleri birbirini saran birisi erkek dişi bir helisel vida çiftinden (helisel rotorlar) oluşmaktadır. Şekil 3.14' de görüldüğü gibi, helisel kompresörün çalışması dişleri birbirini saran iki helisel vidadan birinin, diğerini hareket ettirerek sıkıştırması esasına dayanır. Emme deliği açıkken helisel rotorların dönmesi ile gaz emilir ve emilen gaz helisel rotorlar arasındaki gittikçe artan boşluğu, helisel rotorlar boyunca doldurduktan sonra emme deliği kapatılır. Helisel

rotorlar dönmeye devam ederek aradaki gazı sıkıştırır. Bunu takiben basınç deliği açılır ve sıkıştırılmış gaz soğutma sistemine akar. (Yamankaradeniz, vd., 2002)



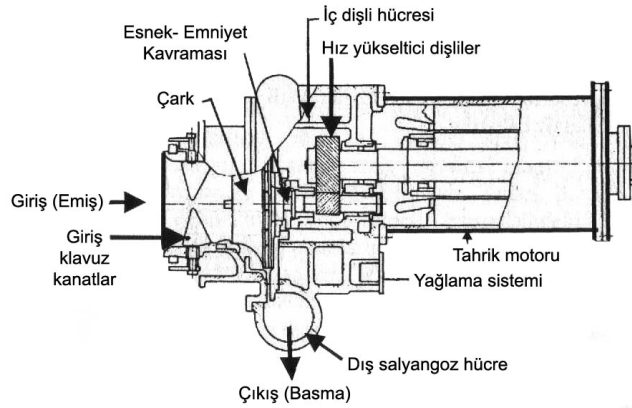
Şekil 3.14. Helisel (vidalı) kompresör (Althouse, vd., 1996)

Soğutucu akışkanın helisel boşluklardaki hareketi hem radyal, hem de aksel yönde oluşmaktadır. Helisel dişlilerden birisi (genellikle erkek olanı) tahrik gücünü sıkıştırma işlemine iletir ve bu işlem sırasında diğer dişli serbest durumda tahrik edeni takip ederek döner. Ancak, her iki helisel dişlinin de ayrı ayrı tahrik gücü verilerek, senkronize edilmiş devir sayılarıyla tahrik edildiği tasarım şekillerine de rastlamak mümkündür. (Yamankaradeniz, vd., 2002)

3.1.2.4. Santrifüj Kompresörler

Buhar sıkıştırma çevrimiyle soğutma işlemi yapan santrifüj kompresörlerin, pistonlu ve kayar paletli veya vida tipi kompresörlerden farkı pozitif sıkıştırma işlemi yerine santrifüj kuvvetlerden faydalanarak sıkıştırma işlemi yapmasıdır (Şekil 3.15). Santrifüj kompresörlerle özgül hacmi yüksek olan akışkanların (daha geniş

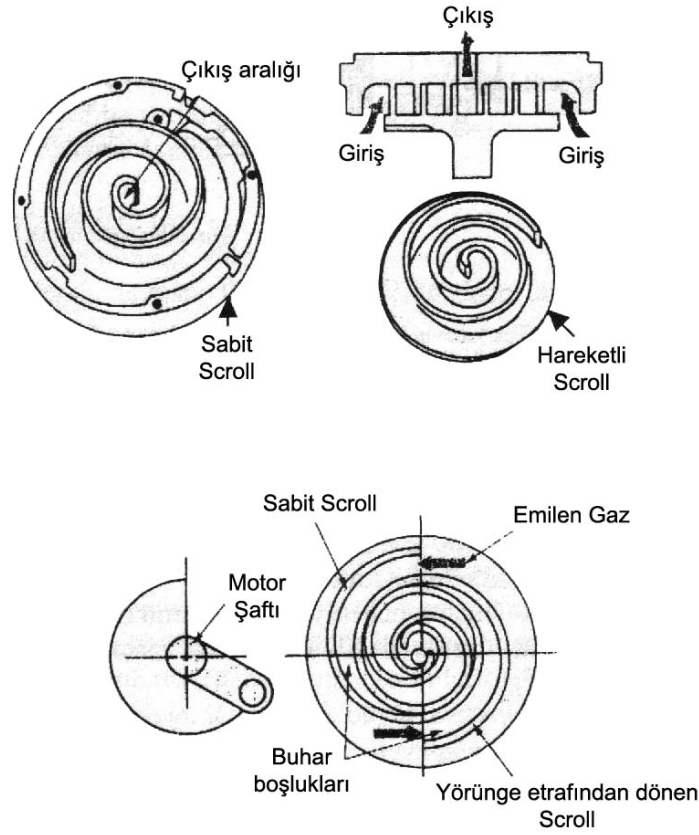
hacimlerin) kolayca hareket ettirilmesi mümkün olduğu için sık sık büyük kapasiteli derin soğutma (-100 °C kadar) işlemlerinde uygulandığı görülür. Santrifüj kuvvetlerin büyüklüğü hızların karesi ile doğru orantılı olduğundan, giriş-çıkış basıncı farklarının büyütülmesi devirin artırılması ile veya rotor çapının büyütülmesiyle veyahut ta kademe sayısı artırılarak sağlanabilir. Bu nedenle santrifüj makinelerde nadiren de olsa 90.000 d/d gibi çok yüksek rotor devirlerine rastlamak mümkündür. Bu yüksek devirlerin sağlanması için tahrik motoru ile kompresör mili arasında devri yükseltici bir dişli kutusu konulur. Yüksek devirli buhar veya gaz türbinleriyle direkt akuple şekilde tahrik edilen santrifüj kompresörlere uygulamada rastlamak mümkündür. (Özko, 1985)



Şekil 3.15. Tek kademeli santrifüj kompresör (hermetik tip) (Özko, 1985)

3.1.2.5. Scroll Kompresörler

Scroll kompresör, soğutucu akışkan buharını sıkıştırma işi için birbiri üzerine geçmeli, iki spiral disk kullanılır. Şekil 3.16' da görülen "a" kısmında, üstteki scroll sabit, diğeri hareketlidir. Buharın girişi, scroll' un dış kenarından olurken çıkış, sabit scroll' un merkezinden olmaktadır. "b" kısmında ise, bir yörüngede hareketli scroll, sabit scroll etrafında döner. Bu hareket esnasında emilen buhar, iki scroll arasında sıkıştırılır. Hareketli scroll dönerken, soğutucu akışkan buharını çıkış ağzına doğru sıkıştırılır. Scroll kompresörler, pistonlu kompresörlere nazaran daha az hareketli parçaya sahiptirler. Bu yüzden daha sessiz çalışırlar. (Yamankaradeniz, vd., 2002)



Şekil 3.16. Scroll kompresörün iç yapısı (Yamankaradeniz, vd., 2002)

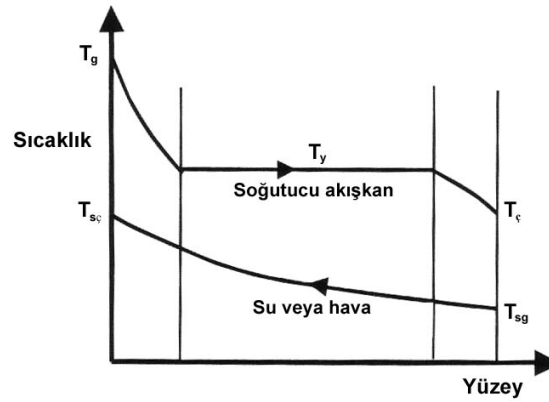
Sözünü ettiğimiz bu kompresörlerden sadece pistonlu kompresörler çalışmamızda kullanılmaktadır.

3.1.3. Kondanserler (Yoğusturucu)

Soğutma sisteminde soğutucu akışkanın evaporatörden aldığı ısı ile kompresördeki sıkıştırma işlemi sırasında ilave olunan ısının sistemden alınması kondanserde yapılmaktadır. Böylece, soğutucu akışkan sıvı hale gelerek basınçlandırılmakta ve tekrar genişletilerek evaporatörden ısı alacak duruma getirilmektedir.

Kondanserdeki ısı alışverişinin 3 safhada oluştuğu düşünülebilir, bunlar; (i) Kızgınlığın alınması, (ii) Soğutucu akışkanın yoğunlaşması, (iii) Aşırı soğutma. Kondanser dizaynına bağlı olarak aşırı soğutma kondanser alanının %0-10' unu

kullanacaktır. Kızgınlığın alınması için ise kondanser alanının % 5' ini bu işleme tahsis etmek gerekir. Bu üç değişik ısı transferi şekline bağlı olarak kondanserdeki ısı geçirme katsayıları ile sıcaklık aralıkları da farklı olacaktır. Ancak, kızgınlığın alınması safhasındaki ortalama sıcaklık aralığının fazlalığına karşı daha düşük bir ısı transfer katsayısı mevcut olacak, fakat aşırı soğutma sırasında bunun aksine sıcaklık aralığı daha az ve ısı geçirme katsayısı daha fazla olacaktır. Yoğuşma sırasında ise her iki değerde alt-üst seviyelerin arasında bulunacaktır. Yapılan deneylerde ısı transferi katsayısının artması karşısında sıcaklık farkının azalması (veya tersi) yaklaşık olarak aynı çarpım sonucunu vermekte ve bu değerlerin ortalamasını kullanmak mümkün olmaktadır. Hesaplama sağladığı basitlik de göz önünde bulundurularak, kondanserin hesabında tek bir ısı geçirme katsayısı ile tek bir ortalama sıcaklık aralığı değerleri uygulanmaktadır (Şekil 3.17). (Özkol, 1985)



Şekil 3.17. Kondanserde sıcaklık dağılımı (Yamankaradeniz, vd., 2002)

Hava soğutmalı kondanserlerin toplam ısı geçiş katsayısı, hava hızlarına bağlı olarak 20-35 W/m^2K arasında değişmektedir. Su soğutmalı kondanserlerde toplam ısı geçiş katsayısı, su hızlarına kondanser konstrüksiyonunun şekline bağlı olarak yaklaşık 240-1750 W/m^2K değerlerinde alınabilmektedir. Hava soğutmalı kondanserlerde, ortalama logaritmik sıcaklık farkı $\Delta T=10-15$ °C arasında, su soğutmalı kondanserlerde ise $\Delta T=5$ °C olarak alınabilmektedir.

Üç temel kondanser tipi mevcuttur:

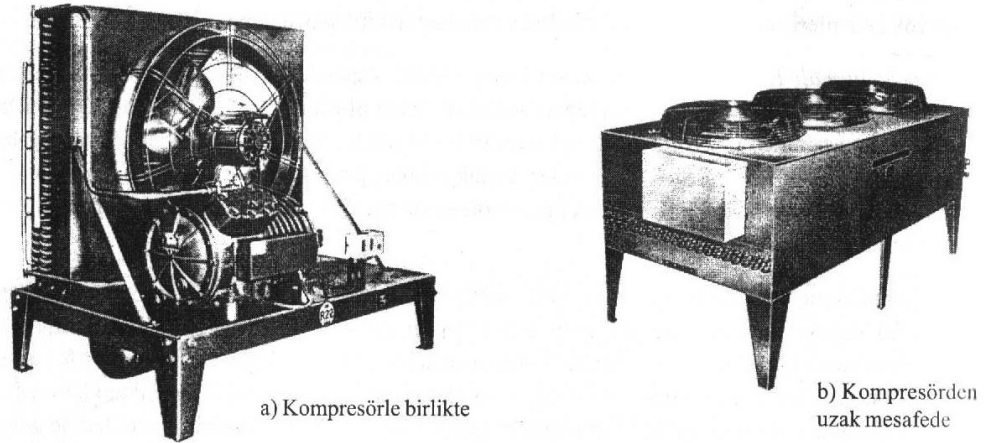
- i. Hava soğutmalı kondanselerler,
- ii. Su soğutmalı kondanselerler,
- iii. Buharlaşmalı (evaporatif, hava ve su) tip kondanselerler (Yamankaradeniz, vd., 2002)

3.1.3.1. Hava Soğutmalı Kondanselerler

Özellikle 750 W' a kadar olan kapasitelerdeki soğutma gruplarında istisnasız denecek şekilde kullanılan bu tip kondanselerlerin tercih nedenleri, basit oluşları, kuruluş ve işletme masraflarının düşüklüğü, tamir ve bakımlarının kolaylığı sayılabilir.

Hava soğutmalı kondanselerler, grup tertip şekillerine göre;

- i. Kompresörle birlikte gruplanmış
- ii. Kompresörden uzak bir mesafeye konulacak türde tertiplenmiş yoğuşturucular olmak üzere iki sınıfa ayrılabilir (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. Hava soğutmalı kondanser grup tertip şekilleri (Özkol, 2004)

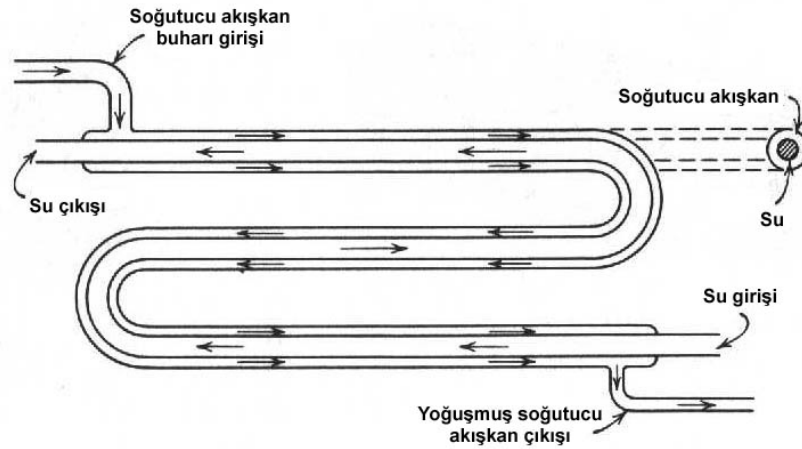
Kondanser kapasitesi, Ek-6' da verilen kapasite çarpanı ile seçilen kompresörün kapasitesinin çarpımına eşit alınmaktadır. Kapasite çarpanı değeri kullanılan

soğutucu akışkanın tipine, evaporasyon ve kondanzasyon sıcaklıklarına göre seçilmektedir.

Hava soğutmalı yoğuşturucular genellikle kanatlı borulu olarak imal edilirler. Boruların içinden soğutucu akışkan, dışından ise hava geçer. Bu tip yoğuşturucular daha ziyade küçük soğutma yüklerinde yeterli miktarda soğutma suyu bulunmayan durumlarda kullanılır. Çünkü hava tarafındaki taşınım katsayısı küçük olduğundan, büyük soğutma yüklerinde çok büyük yüzeyler gerekir. Bu durum dış kısma konan kanatçıklarla giderilmeye çalışılır. Bakımları ve kullanışları basit olmakla beraber hava sıcaklığının gün ve mevsim boyunca değişmesi sebebiyle otomatik kontrol güçleşir. (Yamankaradeniz, vd., 2002)

3.1.3.2. Su Soğutmalı Kondanserler

Bilhassa temiz suyun bol miktarda, ucuz ve düşük sıcaklıklarda bulunabildiği yerlerde gerek kuruluş ve gerekse işletme masrafları yönünden en ekonomik kondanser tipi olarak kabul edilebilir. Büyük kapasitedeki soğutma sistemlerinde genellikle tek seçim olarak düşünülür (Şekil 3.19). (Özkoç, 1985)



Şekil 3.19. Gövde ve boru tipi su soğutmalı kondanser (Dossat, 1997)

Su soğutmalı kondanserlerin dizaynı ve uygulamasında; boru malzemesinin ısı geçirenliği, kullanılan suyun kirlenme katsayısı, kanatlı boru kullanıldığında kanat

verimi, su devresinin basınç kaybı, soğutucu akışkanın aşırı soğutulmasının seviyesi gibi hususlar göz önünde bulundurulur.

Su soğutmalı kondanselerler değişik şekillerde ve konstrüksiyonlarda yapılmakta olup genel tipleri şunlardır:

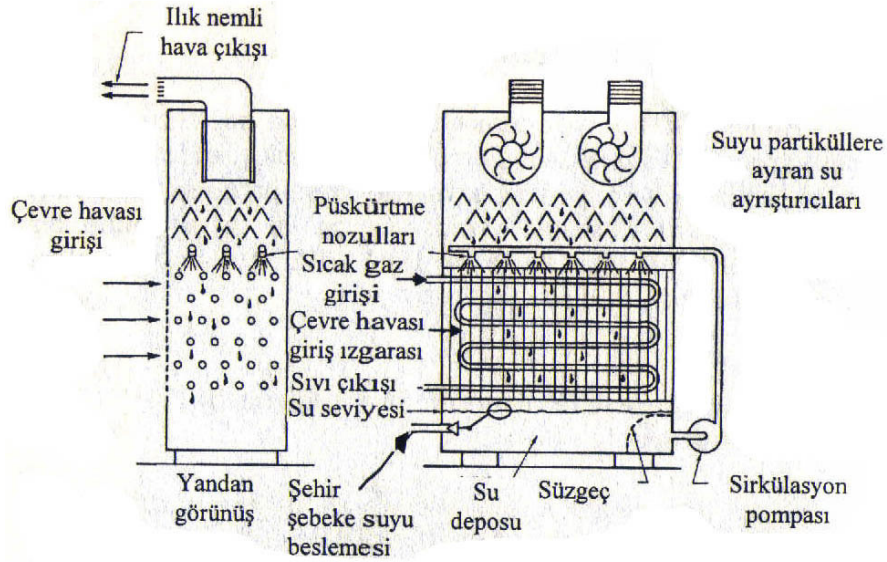
- i. Dik tertipli boru/dış zarf tipi
- ii. Yatık tertipli boru/dış zarf tipi
- iii. Helisel serpantin/dış zarf tipi
- iv. İç içe çift boru tipi
- v. Atmosferik tip

Bunlardan hangi tipin kullanılacağı uygulamanın ısı yük, soğutucu akışkan, soğutma suyu sıcaklık, debi, basınç ve temizlik durumlarıyla, yer durumuna, soğutucu akışkan ve su devrelerinin servis-bakım şartlarına göre değişebilir. (Özkoç, 1985)

3.1.3.3. Evaporatif Kondanseler

Evaporatif kondanselerlerde, soğutucu akışkan serpantini yağmur şeklinde dökülen suyun buharlaşması ile soğutulur. Bu pratik olarak su soğutmalı bir kondanser ile soğutma kulesinin bir kombinezonu gibidir.

Suyun yağmur şeklinde dökülmesi, genellikle, bir vantilatör ile hareket ettirilen hava ceryanı içinde olur. Buharlaşmakta olan su, buharlaşma gizli ısını kondanser serpantininin dış yüzeyinden alır ve bunu rutubet derecesi artmakta olan havaya aktarır. Bu tip kondanselerin bazı üstün tarafları vardır. Açık havada ve kapalı yerlerde kullanılabilen evaporatif kondanseler, bir soğutma kulesi ile takviye edilmiş su soğutmalı kondansere nazaran daha az yer işgal eder ve daha az su tüketir. (Aybers, 1992)



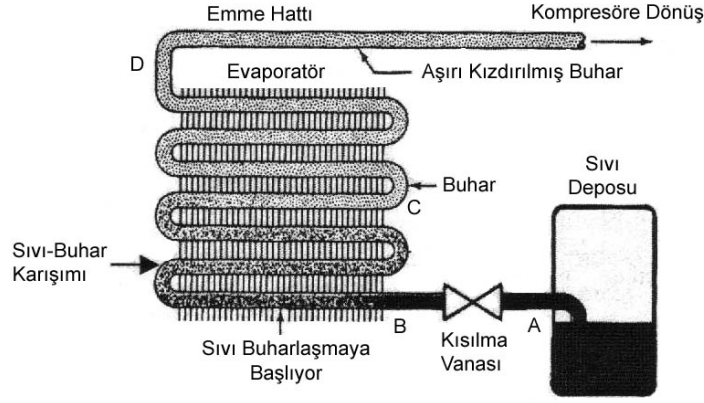
Şekil 3.20. Evaporatif tip su soğutmalı kondanser (Yamankaradeniz, vd., 2002)

Evaporatif tip kondanseler genellikle binanın dışına ve çatıya konulur. Bu cihazlarda kışın çalışma söz konusu olduğunda donmaya karşı tedbir alınmalıdır. Bina içindeki uygulamalarda hava giriş çıkışları galvaniz ve sac kanallarla sağlanabilir. Islak havanın atıldığı soğuk hacimlerden geçmesi halinde kanalın içinde yoğunlaşma olacağından bu suyun toplanıp atılması için tedbir alınmalıdır. Hava soğutmalı kondanselerde olduğu gibi evaporatif kondanselerde de soğuk havalarda çalışma esnasında çok düşük yoğunlaşma basıncının oluşumuna engel olunmalıdır (Şekil 3.20).

3.1.4. Evaporatörler (Buharlaştırıcı)

Bir soğutma sisteminde soğutma serpantini olarak da adlandırılan evaporatörler, içerisindeki sıvı soğutucu akışkanın, buharlaşırken bulunduğu ortamdan ısıyı çekmesi esasına dayanan cihazlardır. Soğutucu akışkanın beslemesine, çalışma şartlarına, soğutulmak istenen sıvı veya havanın sirkülasyon yöntemine, soğutucu akışkanın kontrol tipine ve uygulamaya göre pratikte çok değişik konstrüksiyonlarda ve boyutlarda evaporatör tipi bulunmaktadır. Evaporatör bir maddeyi, soğutucu akışkanın buharlaşma gizli ısını kullanarak soğutur. Soğutma miktarı; evaporatör yüzey alanına, toplam ısı transfer katsayısına ve soğutucu akışkan ile soğutulan

madde arasındaki sıcaklık farkına bağlıdır. Şekil 3.21’ de basit bir evaporatör gösterilmektedir.



Şekil 3.21. Basit evaporatör

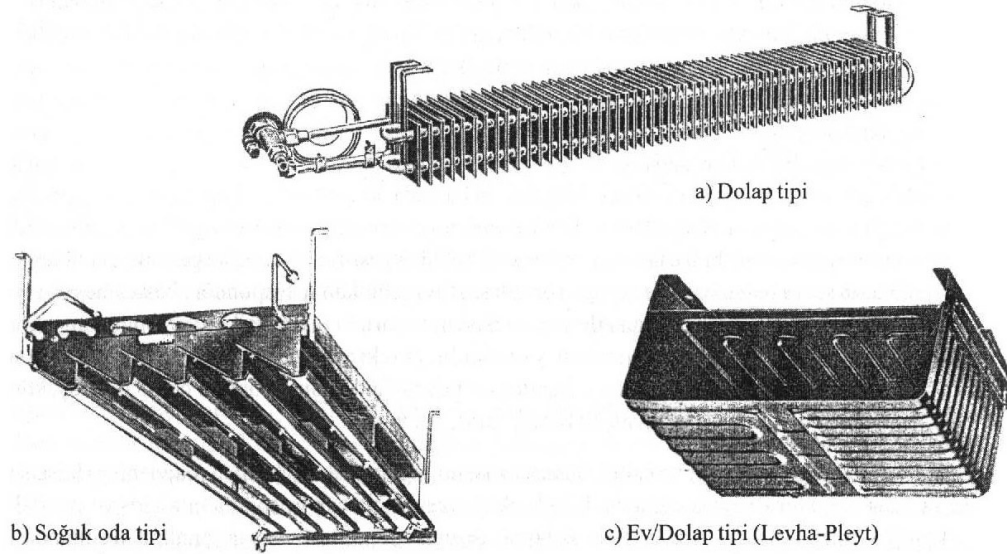
Şekil 3.21’ de sıvı soğutucu akışkan A noktasında kısıma vanasına girer. Uygun şartlar altında, bu noktada doyma sıcaklığı altına soğutulmuş aşırı soğutulmuş soğutucu akışkan saf sıvı halde kısıma vanasına girmektedir. B noktasında düşük basınçta evaporatöre giren sıvı soğutucu akışkanın bir kısmı çevreden ısı çekerek buharlaşmaya başlar. Böylece B noktasında evaporatör içerisinde düşük basınçlı sıvı soğutucu akışkan yanında az miktarda buhar zerrecikleri de görülmeye başlanır. Sıvı halde evaporatör serpantinlerinden geçen soğutucu akışkan, sürekli olarak serpantin cidarlarından soğutulacak ortamın veya maddenin ısını çekerek buharlaşır. Böylece sürekli kaynar ve buharlaşır. C noktasında, sıvı soğutucu akışkan tamamen buhar hale gelir. (Yamankaradeniz, 2002)

Evaporatör tipleri, uygulamanın özelliklerine göre 3 ana grupta toplanabilir; (i) Gaz haldeki maddeleri soğutmak için kullanılan evaporatörler (genellikle hava), (ii) Sıvı haldeki maddeleri soğutucu evaporatörler (su, salamura, antifriz, metilen glikol, kimyasal akışkanlar, vs.), (iii) Katı maddeleri soğutucu evaporatörler (buz, buz paten sahası, metaller, vs.) (Özkoç, 1985).

Bir soğutma sisteminde evaporatör kapasitesi sistemin kapasitesine eşit alınmaktadır.

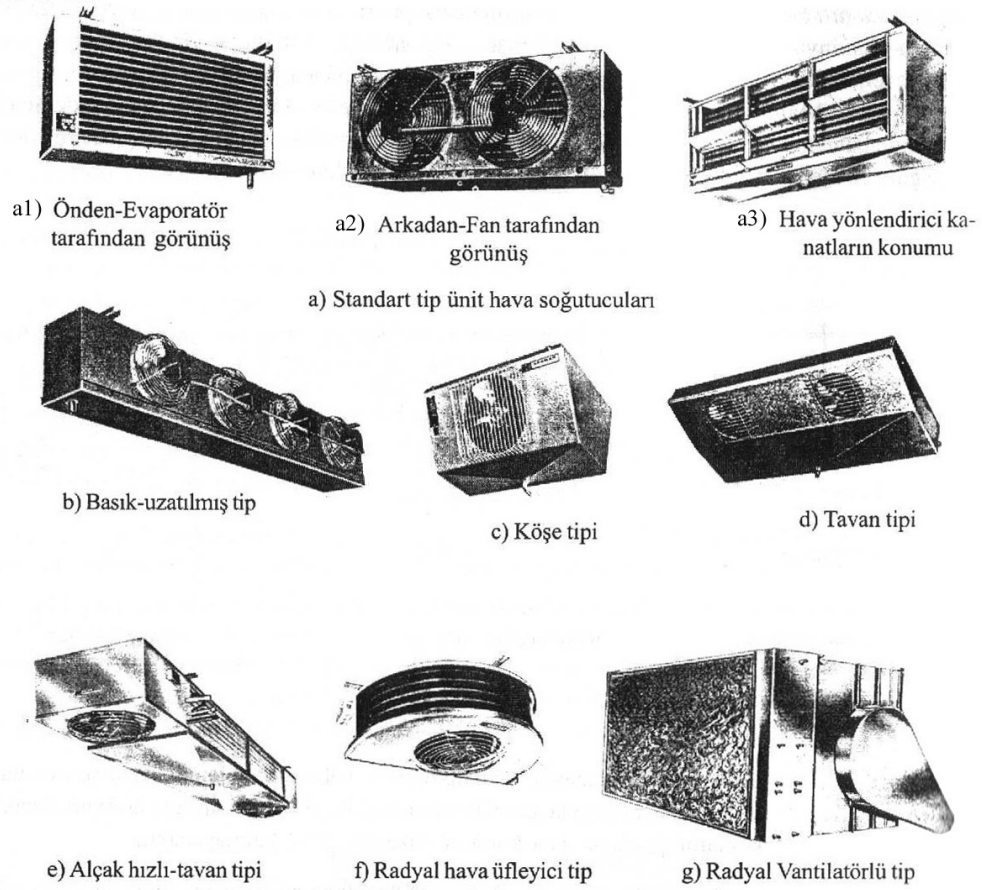
3.1.4.1. Hava Soğutucu Evaporatörler

Bu tip evaporatörlerde, havanın ısı geçirme katsayısı düşük olduğundan bunu telafi etmek ve hava geçiş yüzeylerini arttırmak amacıyla genellikle kanatçıklar ilave edilir. Isıl film katsayılarını daha da arttırmak üzere hava geçiş hızlarını arttırmak için vantilatörde cebri bir hava hareketi sağlanabilir. Ancak, gerek kanat ilavesi, gerekse motorla tahrikli vantilatör konulması her uygulamada pratik olarak mümkün olmayabilir. Örneğin, ev tipi soğutucularda ve küçük kapasiteli ticari tip dolaplarda (kasap dolabı, vitrin tipi dolaplar gibi), hatta bazen küçük soğuk muhafaza odalarında gravite tipi veya tabii konveksiyonla hava sirkülasyonu diye anılan evaporatörler kullanılmaktadır (Şekil 3.22).



Şekil 3.22. Gravite tipi, tabii hava akımlı hava soğutucu evaporatörler (Özkol, 2004)

Cebri hava sirkülasyonlu evaporatörler daha az ısı geçiş alanı ile daha yüksek kapasiteler sağlayabilmektedir ve uygulamanın durumu müsaade ettiğinde daima tercih edilir. Bu cihazlar; soğutucu serpantin (evaporatör), hava vantilatörü ve damlama tavası ile saç dış muhafazadan meydana gelmektedir (Şekil 3.23). Hava vantilatörü, üfleyici veya emici şekilde çalışacak tarzda yerleştirilebilir.(Özkol, 1985)



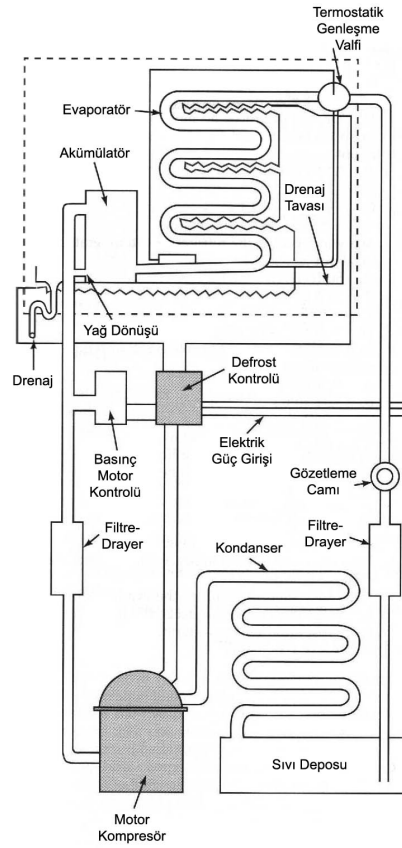
Şekil 3.23. Hava soğutucularına örnekler (Özkol, 2004)

Hava soğutucu evaporatörler, sıfır derecenin altındaki oda sıcaklıklarında kar eritme (defrost) tertibatıyla donatılmalıdırlar. Aksi halde kanat aralarında donan su, kısa sürede hava hareketini azaltıp hatta tamamen durdurarak soğutma işleminin devamına engel olur. Kanat aralıklarının geniş tutulması bir dereceye kadar karlanma süresinin uzun olmasına yardım edecektir. Diğer taraftan aşırı karlanma ihtimali olan uygulamalarda kanatsız tamamen düz boru veya levha tip soğutucu kullanılması ve vantilatörle hava sirkülasyonu çözüm getirebilir. Hava soğutucu buharlaştırıcılar kar eritme işlemlerinde en sık uygulanan yöntemler;

- i. Oda havasıyla eritme ($2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' nin üzerindeki oda sıcaklıkları için)
- ii. Isıtılmış hava ile eritme (sıcak havayı oda dışından irtibatlayan damperlerle)
- iii. Su ile eritme ($-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' ye kadar başarıyla kullanılmaktadır)

- iv. Sıcak salamura ile eritme
- v. Sıcak soğutucu gaz ile eritme
- vi. Elektrikle eritme (Yamankaradeniz, 2002)

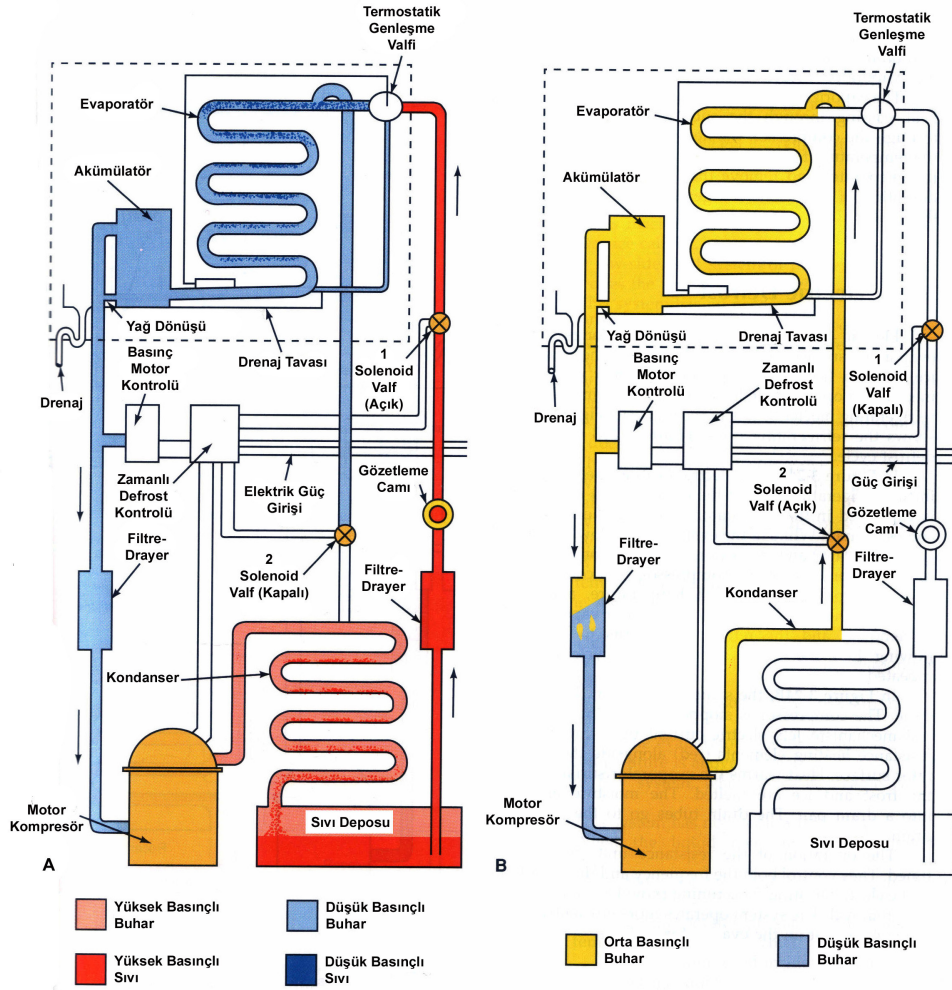
Elektrikle defrostta, evaporatör yüzeylerinin yanına yerleştirilen elektrik ısıtma elemanları soğutucuyu ısıtır. Bunlar evaporatördeki buzları eritir. Soğutma sisteminin kapalı olduğu süre boyunca bir zamanlayıcı yada kontrol mekanizması ısıtıcıyı çalıştırır. Şekil 3.24 defrost çevrimini göstermektedir.



Şekil 3.24. Defrost çevrimi süresince bir elektrik defrost sistemi

Şekil 3.24' de kompresör durdurulmuştur ve defrost kontrol mekanizması, evaporatör yüzeyinin yanındaki rezistans ısıtma elemanlarının içinden elektrik akımının geçmesine izin vermektedir. Buz ve kar eriyinceye kadar ısı evaporatör yüzeylerini ılıklaştırmaktadır. Oluşan su drenaj tavasına dökülmektedir. Drenaj boruları bina giderine gitmektedir. (Althouse, 1996)

Sıcak gaz ile defrost sisteminde, bir zamanlama mekanizması sıcak yüksek basınçlı buharı evaporatöre yönlendirmektedir. Bunun görevi buz ve karı eritmektir. Şekil 3.25-A, soğutma çevrimi boyunca sıcak gaz ile defrost sisteminin nasıl çalıştığını göstermekte; Şekil 3.25-B, defrost çevriminin çalışmasını örneklemektedir.



Şekil 3.25. Sıcak gaz ile defrost

Soğutma devresindeki iki solenoid valf sistemi kontrol etmektedir. Onlar soğutma çevriminin mi yoksa defrost çevriminin mi yapılacağını belirlemektedirler. Soğutma çevrimi boyunca, Şekil 3.25-A' daki gibi, 1 nolu solenoid valf açıktır. Soğutucu, normal soğutma görevini yapmaktadır. Defrost çevrimi boyunca, Şekil 3.25-B, 1 nolu solenoid valf kapalı, 2 nolu solenoid valf açıktır. 1 nolu solenoid valf kapalı olduğundan dolayı, hiçbir sıvı soğutucu akışkan termostatik expansion valften

geçerek evaporatöre akmamaktadır. 2 nolu solenoid valf açık olduğundan dolayı, sıkıştırılmış sıcak soğutucu akışkan buharı doğrudan evaporatörün içine akmaktadır. O, evaporatörün içinden geçip akümülatörün arasından emme hattına doğru ilerlemektedir. Evaporatörün içinden geçtiğinde, evaporatör yüzeyindeki buz eritmektedir. (Althouse, 1996)

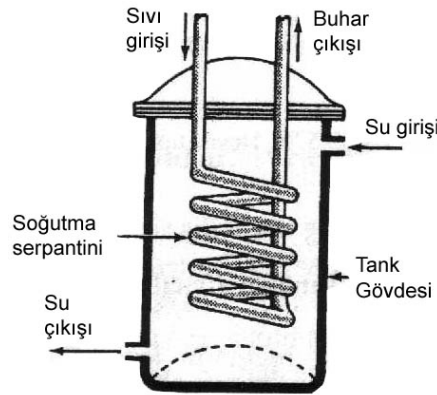
Su ile defrostta ise, buharlaştırıcıya ılık su püskürtülmektedir. Bu su ve erittiği kar süratle odadan (cihaz tavaasında toplanarak) atılmalıdır. (Yamankaradeniz, 2002)

3.1.4.2. Sıvı Soğutucu Evaporatörler

Su veya salamura soğutmak için kullanılan bu evaporatörlerin çeşitleri aşağıda verilmektedir.

- i. Çift borulu evaporatörler
- ii. Çıplak borulu serpantin evaporatörler
- iii. Spiral borulu evaporatörler
- iv. Havuz tipi evaporatörler
- v. Püskürtmeli evaporatörler
- vi. Sıvı filmlili evaporatörler
- vii. Gövde-boru demetli evaporatörler (Yamankaradeniz, 2002)

Spiral borulu bir evaporatör Şekil 3.26' de gösterilmektedir.



Şekil 3.26. Spiral borulu evaporatör (Yamankaradeniz, 2002)

Bu evaporatörlerin soğutma şekli, boru içerisinde soğutucu akışkan ve dışından da soğutulacak sıvı geçmesi esasına dayanır.

3.1.5. Kısılma Vanaları (Genleşme Valfleri)

Kısılma vanaları soğutucu akışkanın basıncını arzu edilen evaporatör basıncına düşürmeye yarayan elemanlardır. Endüstriyel ve ticari iklimlendirme ve soğutma alanında kullanılan genel olarak altı tip kısılma vanası mevcuttur. Bunlar;

- i. El ayar vanası
- ii. Otomatik kısılma vanası (OGV veya OXV)
- iii. Termostatik kısılma vanası (TGV veya TXV)
- iv. Elektrikli kısılma vanası
- v. Kılcal boru
- vi. Şamandıralı ayar valfi (Yamankaradeniz, vd., 2002)

Piyasada en yaygın olarak termostatik kısılma vanaları kullanıldığından dolayı çalışmamızda sadece bu vanalar anlatılmakta ve kullanılmaktadır.

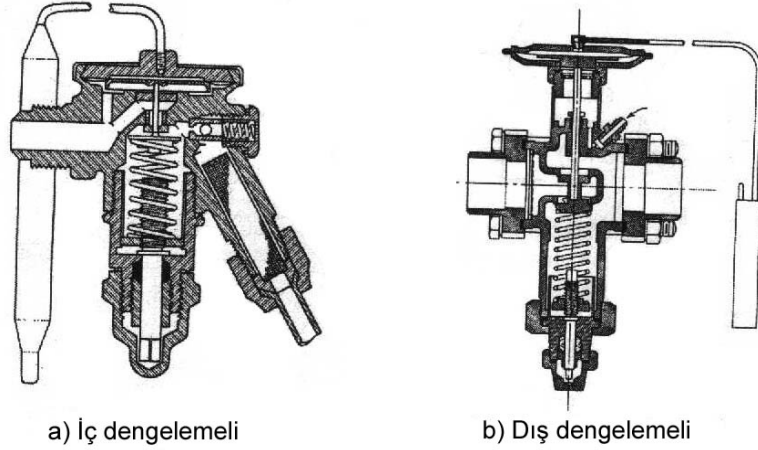
3.1.5.1. Termostatik Kısılma Vanası (TXV)

Şekil 3.27' de görüldüğü gibi termostatik kısılma vanası, evaporatöre soğutucu akışkan akışını kontrol eden, evaporatörde buharlaşan miktar kadar sıvı soğutucu akışkanı hassas ölçüde tekrar evaporatöre sevk eden hassas bir aparatır. İç ve dış dengelemeli olmak üzere iki değişik yapıya sahiptir.

Evaporatörden giden soğutucu akışkanın miktarı, indirekt olarak ve TXV yardımıyla soğutucu akışkanın çıkış sıcaklığı ve/veya çıkış basıncının ölçülmesi suretiyle saptır. Buna uygun şekilde, TXV evaporatöre yeni sıvı soğutucu akışkan sevkeder. Bu suretle, evaporatöre sıvı soğutucu akışkanın ölçülü bir şekilde gönderilmesi ve dolayısıyla kompresöre sıvı soğutucu akışkan gelerek burada hasar yapmasının önlenmesi sağlanmış olur. Termostatik kısılma vanası, soğutucu akışkanın

evaporatörü terk ederken belirli ve emniyetli bir kızgınlık değerini muhafaza etmesini sağlar. (Özko, 1985)

Termostatik kısılma vanasının kapasitesi, evaporatörün soğutma kapasitesinin (Kcal/h) 3024 (Kcal/h)/ton' a bölünmesi ile bulunabilmektedir.



Şekil 3.27. Termostatik kısılma vanası (Yamankaradeniz, vd., 2002)

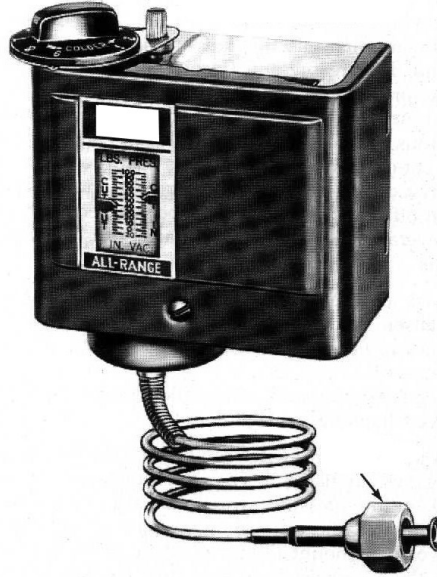
3.1.6. Yardımcı Elemanlar

Bir soğutma sisteminde değişik maksatlarla pek çok yardımcı aksam kullanılmaktadır. Bunlardan beklenen ana işlemler;

- i. Servis-bakım-tamir sırasında refrijeranı açıp kapatmak,
- ii. Normal çalışma sırasında refrijeranı açıp kapatmak,
- iii. Çalışma emniyetini sağlamak,
- iv. Çalışma şartlarını ve verimliliğini daha iyi bir seviyede tutmak,
- v. Daha sonra çıkması muhtemel aksaklıkları önceden kontrol ve tespit edebilmek,
- vi. Refrijeranın ve yağlama yağının temiz tutulmasını sağlamak, şeklinde sıralanabilir. (Özko, 1985)

3.1.6.1. Alçak ve Yüksek Basınç Otomatikleri (Prosestatlar)

Soğutma sisteminin alçak basınç / emiş, yüksek basınç / basma tarafındaki basınçları çalışma esnasında sürekli olarak izleyip tehlikeli sınırlara ulaştığında kompresör motorunu durdurmak üzere sisteme bağlanırlar. Alçak ve yüksek basınç otomatikleri ayrı ayrı ve tek başına uygulanabildiği gibi, hem alçak hem yüksek değerlerini izleyip her iki değerini sınırlamak üzere kumanda veren kombine basınç otomatikleri şeklinde de uygulanabilir. Alçak basınç otomatığı hem sıcaklık hem de emniyet amaçlı kullanıldığı gibi, yüksek basınç otomatığı ise sadece emniyet amaçlı kullanılmaktadır. Uygulamada ev ve ticari tip soğutucuların muhafaza sıcaklığını istenen seviyede tutmak üzere termostat yerine çoğu kez buharlaşma basıncını kontrol ve muhafaza eden alçak basınç otomatığı kullanılır. Şekil 3.28’ de alçak basınç otomatığı gösterilmektedir. (Yamankaradeniz, vd., 2002)



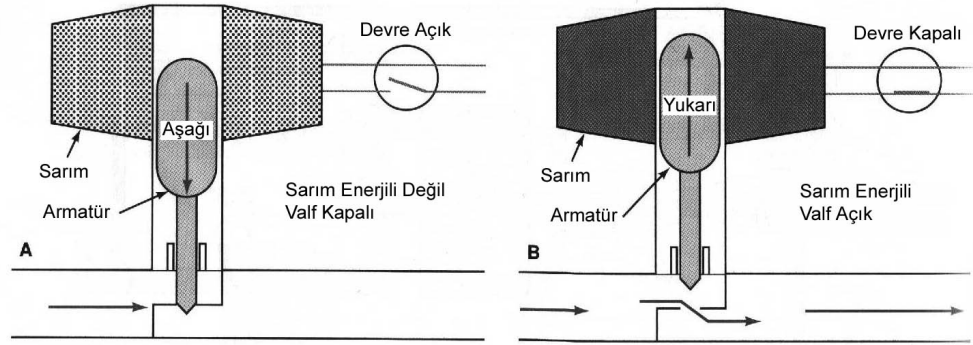
Şekil 3.28. Alçak basınç otomatığı (Althouse, vd., 1996)

3.1.6.2. Solenoid Valfler

Bir solenoid valf, soğutma uygulamalarının çoğunda kullanılmaktadır. Solenoid valfler, istenen soğutma etkisini oluşturmak için soğutucu akışkan çevrimini

otomatik olarak kapatmakta yada açmaktadır. Kolaylıkla monte edilmekte ve sadece basit elektrik kontrol devresi kullanılmaktadır.

Bir solenoid valf sadece, hareket edebilir çekirdeği olan bir elektromıknatıstır. Basit yapısı, demir alaşımından yapılmış ve valf iğnesine eklenmiş hareket edebilir bir armatürü içermektedir. Bu eleman valf gövdesinin içinde sızdırmazlaştırılmıştır. Armatür valf iğnesini yükseltip düşürebilmektedir. Bir bobin, armatürü içeren valf gövdesinin etrafına sarılmaktadır.



Şekil 3.29. Solenoid valfin çalışma prensibi

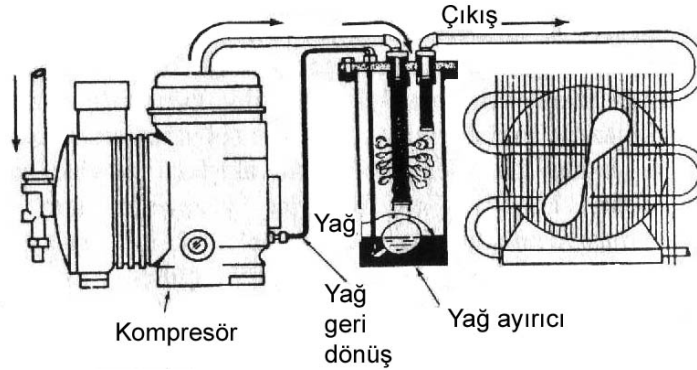
Bir solenoid valfin basit yapısı şekil 3.29' da gösterilmektedir. Sarım enerjilendiğinde, manyetik armatür, sarımın merkezi doğrultusunda yukarı doğru hareket etmektedir. Devre açıldığında, sarımın enerjisi kesilmekte ve bu yüzden manyetiklik kaybolmaktadır. Yay ve armatür ağırlığı valf yatağına doğru valfi zorlamaktadır. (Althouse, vd., 1996)

Bir soğutma sisteminde kullanılan solenoid valf çapı, kullanılan sıvı hattı boru çapına eşit olarak seçilmektedir.

3.1.6.3. Yağ Ayırıcılar

Şekil 3.30' de gösterilen yağ ayırıcının görevi, sistemde dolaşmakta olan yağ miktarını azaltmak ve dolayısıyla sistemin verimini arttırmaktır. Gerek pistonlu ve

gerekse döner tip soğutma kompresörlerinde yağlama maksadıyla kullanılan yağlar, soğutucu akışkan ile birlikte sistem içinde dolaşmaktadır. Yağlama yağının bu şekilde soğutma sistemine dağılmasını tamamıyla önlemek mümkün değildir, ancak sisteme giden yağlama yağının miktarını asgari seviyede tutmak bir çok yönden yararlı olacaktır. Yağlama yağının devrede dolaşması sonucu meydana getireceği zararlardan en önemlisi, buharlaştırıcı ve yoğuşturucu ısı geçiş katsayılarının yağ filmi kalınlaştıkça düşmesi sonucu sistem kapasitesinin düşmesi olmaktadır. Ayrıca karterdeki yağ seviyesini eksilterek kompresörün hasara uğramasına neden olur. Soğutma kompresöründen çıkan sıcak soğutucu akışkandaki yağı ayırmak ve kompresör karterine geri göndermek için kullanılan yağ ayırıcıların genel çalışma prensibi; soğutucu akışkan hızının düşürülmesi, akış yönünün değiştirilmesi ve perde, tel, süzgeç gibi engellere çarptırılması esasına dayanır.



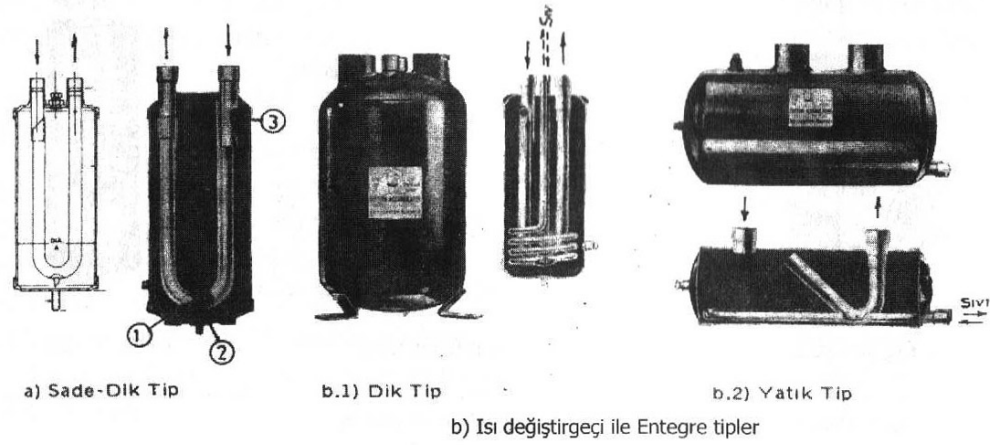
Şekil 3.30. Yağ ayırıcı (Yamankaradeniz, vd., 2002)

Soğutma sisteminde kullanılan yağ ayırıcının giriş ve çıkış çapı, basma hattının çapına eşit alınmaktadır.

3.1.6.4. Sıvı Ayırıcı (Tutucu)

Sistemin alçak basınç tarafından kompresöre aşırı miktarda sıvı halde soğutucu akışkan veya yağ gelerek bilhassa kompresör valflerine ve diğer kompresör aksamına zarar verebilir. Bunu önlemek ve sıvı soğutucu akışkanla yağı ölçülü, kompresörün tahammül edebileceği miktarlarda vermek üzere kompresör emiş hattına sıvı ayırıcıları konulur (Şekil 3.31).

Kullanılan sıvı ayırıcının giriş ve çıkış çapı, emme hattının çapına eşit alınmaktadır.

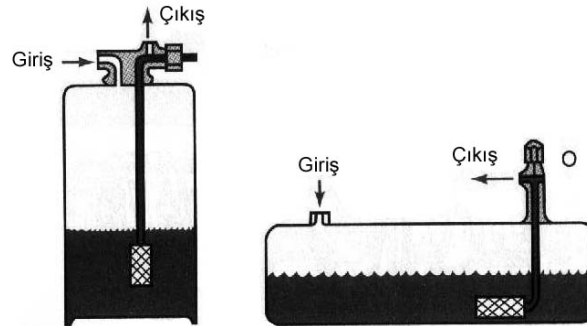


Şekil 3.31. Sıvı ayırıcı (Özkol, 2004)

3.1.6.5. Sıvı Deposu

Sıvı deposu, sıvı soğutucu akışkan için bir depolama tankıdır. Soğutucu akışkan, çevrim boyunca kompresörden pompalanmakta ve sıvı deposunda depolanmaktadır.

Bazen, sıvı deposu kondanserin altında yapılmaktadır. Çoğu sıvı deposu servis valflerine sahiptir (Şekil 3.32). Çıkıştaki filtre, pisliği soğutucu akışkan kontrol valflerine girmeden önlemektedir.



Şekil 3.32. Sıvı depoları (Althouse, vd., 1996)

Sıvı depoları, genleşme valfi tipi soğutucu akışkan kontrolü kullanan sistemler üzerinde çoğu kez bulunmaktadır. Kılcal boru kullanılan sistemlerde, sıvı depoları kullanılmamaktadır.

Daha büyük ticari sistemlerde sıvı deposu, sıvı soğutucu akışkan rezervini sağlamaktadır. Bu, sıvı hattı soğutucu akışkanın aşırı soğutulmasını ve gazın sürekliliğini sağlamaktadır. Sıvı deposu çevrim boyunca soğutucu akışkan için yeterli hacme sahip olmalıdır. (Althouse, vd., 1996)

Kullanılan sıvı deposunun hacmi, sisteme basılacak soğutucu akışkan miktarına göre belirlenmektedir. Denklem (1.2)' den soğutucu akışkan miktarı \dot{m}_s , kg/s elde edilmiştir. Kondanser çıkışında soğutucu akışkan yoğunluğu,

$$\rho_s = \frac{1}{v_s}, \quad \frac{kg}{m^3} \dots\dots\dots(1.6)$$

Sistemde dolaşan soğutucu akışkanın hacimsel debisi,

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}_s}{\rho_s}, \quad \frac{m^3}{s} \dots\dots\dots(1.7)$$

olarak bulunmaktadır.

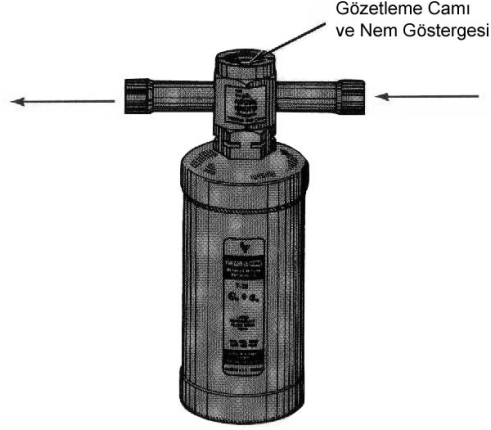
Soğutucu akışkanın çevrimi 3 dakikada tamamladığı düşünülür ve hacme %15 boşluk ilave edilirse toplam sıvı deposu hacmi,

$$SDH = \dot{V} \times 60 \times 3 \times 1000 \times 1.15, \quad lt \dots\dots\dots(1.8)$$

olarak bulunur.(Stoecker, 1998)

3.1.6.6. Filtre – Kurutucu

Sıvı hattına bir filtre yerleştirmek genel bir uygulamadır. Bu eleman nem, pislik, metal ve tozları genleşme valfine girmeden tutmaktadır. Filtredeki kurutma elemanı nemi atmaktadır. Aksi takdirde, bu nem genleşme valfinden donabilmektedir.



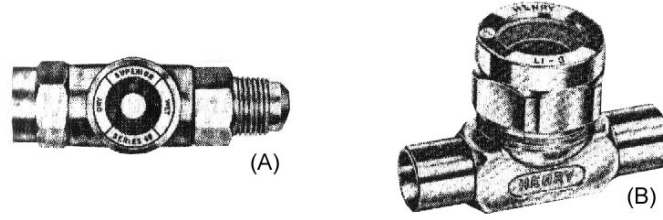
Şekil 3.33. Sıvı hattı filtre-kurutucu

Nem ayrıca, tortulaşmış yağları ve asitleri oluşturduğundan dolayı bir sistemde yağ ile karıştığında zararlıdır. Nem hermetik üniteler için özellikle tehlikelidir. Bir sıvı hattı filtre-kurutucu Şekil 3.33’ de gösterilmektedir. (Althouse, vd., 1996)

Soğutma grubunda kullanılan filtrenin boru çapı, sıvı hattı boru çapına eşit alınmaktadır.

3.1.6.7. Gözetleme Camı

Soğutma sistemindeki sıvı soğutucu akışkanın akışını veya seviyesini görmek, soğutucu akışkanın içinde bulunabilecek nemi kontrol etmek ve soğutucu akışkanın şarjı hakkında bilgi almak maksatlarını yerine getirmek üzere tasarlanmış elemandır. Gözetleme camı kurutucudan hemen sonra ve sıvı kontrol elemanlarından önce konulur (Şekil 3.34).

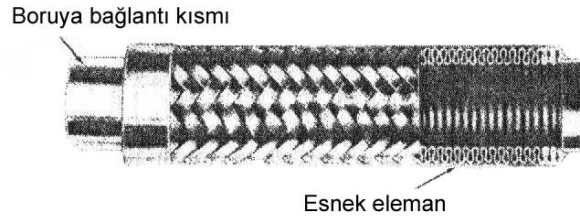


Şekil 3.34. Gözetleme camı (Yamankaradeniz, vd., 2002)

Çalışmamıza gözetleme camları dahil edilmemiştir. Ancak kullanılması durumunda gözetleme camı boru çapı sıvı hattı boru çapına eşit alınmaktadır.

3.1.6.8. Titreşim Sönümleyiciler

Bazı soğutma sistemlerinde, kompresör grubundaki titreşimler borulara taşınır. Bu titreşimlerin, sistemdeki diğer cihazlara iletilebilmesini engellemek amacı ile, kompresör emme ve basma borularına yerleştirilen, titreşimi (absorbe eden) emen esnek elemanlardır (Şekil 3.35).



Şekil 3.35. Titreşim sönümleyicilerin yapısı (Yamankaradeniz, vd., 2002)

Kompresörün emiş (giriş) tarafındaki titreşim sönümleyicinin çapı emiş hattı boru çapına, basma (çıkış) tarafındaki titreşim sönümleyicinin çapı ise basma hattı boru çapına eşit olarak seçilmektedir.

3.1.7. Soğutma Yüğü Hesabı

Soğutma yükünün hesaplanmasındaki gaye soğutma sistemi elemanlarını doğru ve ekonomik bir şekilde seçebilmektir. Soğutma elemanlarının doğru seçimi ile sistemin

verimli, bekleneni verecek tarzda ve aksamadan senelerce çalışması sağlanmış olabilecektir. Soğutma yükünü meydana getiren ısı kazançları,

- i. Soğutulan hacmi çevreleyen duvar, döşeme ve tavandan geçen ısı, transmisyon ısısı,
- ii. Soğutulan hacme, kapının açılıp kapanmasıyla dışarıdan sıcak havanın girmesiyle meydana gelen ısı yükü, infiltrasyon ısısı,
- iii. Mallardan gelen ısı,
- iv. Oda içinde meydana gelen muhtelif ısılar (çalışan insanlardan, aydınlatmadan, evapoatör fanı için gerekli elektrik motorundan, defrosttan, forklift motorundan vs.)

olarak sınıflandırılabilir. (Yamankaradeniz, vd., 2002)

3.1.7.1. Transmisyon Isısı'nın Hesabı

Bazen duvar kaçak yükü olarak adlandırılan duvar kazanç yükü, soğutulan ortamın duvarlarından, dışarıdan içeriye doğru kondüksiyonla ısı akış oranının ölçüsüdür. Yalıtım kusursuz olmadığından dolayı, iç sıcaklığın dış sıcaklığın altında olduğu zamanlarda daima dışarıdan içeriye doğru kesin bir ısı geçişi vardır. Duvar kazanç yükü bütün soğutma uygulamaları için ortaktır ve çoğunlukla toplam soğutma yükünün vazgeçilmez bir parçasıdır. Soğutucunun dış alanının küçük ve soğutucu duvarlarının iyi yalıtımlı olduğu sıvı soğutucuları bunun için istisna durumlarıdır. Ticari depo soğutucuları ve konut iklimlendirme uygulamalarının her ikisi de duvar kazanç yükünün toplam soğutma yükünün büyük kısmını oluşturduğu örnek uygulamalardır. (Dossat, 1997)

Soğutulacak hacmin iç ve dış kısımlarındaki sıcaklıkların doğru olarak saptanması çok önemlidir. Soğuk hava depolarında T_d , dış hava sıcaklığı, bir soğuk depo için en kötü durum olan yazın en sıcak ayına göre yapılır. Ancak, ekonomik açıdan, en sıcak ayın maksimum sıcaklığı yerine biraz daha düşük bir tasarım sıcaklığı seçilir. Uzun yılların meteorolojik bilgilerinden yararlanarak, Türkiye' deki çeşitli şehirlerde

hesaplanmış dış hava sıcaklıkları kuru ve yaş termometre değerleri Ek 1' de sunulmuştur.

İç sıcaklıkların saptanmasında, soğutulacak hacmin kullanma maksadı göz önünde bulundurulur. Soğuk oda uygulamalarında, muhafaza edilecek ürünlerin gerektirdiği oda sıcaklığı iç sıcaklık olarak alınmalıdır. Bu sıcaklık değerleri Ek 2' de verilmiştir. Ek 2, aynı zamanda muhafaza edilen ürünlerin ısınma ısısı, donma ısısı, gerekli izafi nemi, donma noktası, bünyesindeki su miktarı değerlerini ve soğuk odada bozulmadan muhafaza edilebileceği yaklaşık süreyi vermektedir. Aynı tabloda ön soğutma odaları için malın “soğutma süresi” değeri verilmektedir. Soğutma süresi, ürünün hasat, toplanma veya kesim durumundaki sıcaklıktan tabloda gösterilen muhafaza sıcaklığına düşürülmesi için gereken süredir.

Soğuk hava deposunu çevreleyen duvar, döşeme ve tavadan olan ısı kazançları, binanın konstrüksiyonuna, yalıtım malzemesinin cinsine ve kalınlığına, iç ve dış sıcaklık farkına bağlıdır.

$$Q = KA(T_d - T_i) \dots\dots\dots(1.9)$$

olup n adet katmandan meydana gelen düzlem bir cidar için K aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanır,

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_i} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{k_i} + \frac{1}{\alpha_d} \dots\dots\dots(1.10)$$

(Yamankaradeniz, vd., 2002)

Yapılan programda α ısı taşınım katsayıları $Kcal/h.^{\circ}C.m^2$ olarak; bina iç yüzeyleri için 7, bina dış yüzeyleri için 20, tavan için 5 ve zemin için 8 alınmaktadır. (Özkol, 1985)

3.1.7.2. İnfiltrasyon-Hava Değişimi Isısının Hesabı

Soğuk oda kapısının her defa açılıp kapatılışında bir miktar dış sıcak hava soğuk odaya girerek ek bir soğutma yükü oluşturur. Dış havada daha fazla olan su buharı da bu soğutma yükünün bir parçasını oluşturur. Bu yükün sağlıklı bir şekilde saptanması, gerçek kullanma durumunun bilinmesi ile mümkündür. Bu ise çoğu zaman kullananın tutumu ve ihtiyacına göre değişmektedir. Bu sebeple, infiltrasyon yükünü tam olarak hesaplamak güçtür. Uygulamada yapılan deneyler infiltrasyon yükünü meydana getiren oda hava değişiminin oda hacmine bağlı olduğunu göstermiştir. Ek 3, oda iç hacmine göre soğuk odaların günlük hava değişim değerlerini vermektedir. Dış havanın ısı tutumu ve soğuk oda şartlarındaki havanın ısı tutumu ise Ek 4' de verilen psikometrik diyagram yardımıyla bulunmaktadır.

Ek 3' de verilen hava değişimi değerlerine göre soğuk odaya giren dış havanın ısı tutumu ile soğuk oda şartlarındaki havanın ısı tutumu farkı ve havanın özgül ağırlığı yardımıyla infiltrasyon ısı hesaplanabilir.

$$Q_i = k_{hd} \times V_{oda} \times (h_d - h_o) \times \rho_h \dots\dots\dots(1.11)$$

Soğuk oda, herhangi bir sebeple bir havalandırma sistemiyle havalandırılıyorsa, bu taktirde havalandırma sisteminin hava debisi ile infiltrasyon hava değişimi karşılaştırılarak büyük olan değerleri kullanmak suretiyle infiltrasyon ısı kazancı hesaplanır. (Özkol, 1985)

3.1.7.3. Mal Isısı'nın Hesabı

Mal ısı, ürün sıcaklığını istenilen seviyeye düşürmek için soğutulan üründen atılması gereken ısı tarafından oluşmaktadır. Burada, mal (ürün) terimi, soğutma cihazı tarafından sıcaklığı düşürülecek herhangi bir materyal anlamına gelmektedir ve sadece gıda maddeleri gibi bozulabilir malları değil, ayrıca kaynak elektrotları, somut kütleler, plastik, bakır ve bütün sıvı tipleri gibi maddeleri içermektedir. (Dossat, 1997)

Araştırmalar göstermiştir ki soğuk odalara muhafaza edilmek üzere konulacak sebze, meyve, et, süt, yumurta, vs gibi çoğu gıda maddelerinin tabii kaynaklarından alındıktan hemen sonra bir ön soğutmaya tabi tutulup süratle soğutulması ve daha sonra uzun süreli muhafaza odalarına konulması bu maddelerin soğuk odada muhafaza sürelerini uzatmaktadır.

Mal ısısı ile ilgili olarak önemli olan diğer bir ısı kaynağı da olgunlaşma ısısıdır. Bütün sebze ve meyveler canlı olan ve bunu soğuk muhafaza esnasında, hatta pazarlama sırasında da devam ettiren maddelerdir. Bu, sebze ve meyvelerin solunum yaptığı ve bu esnada havadaki oksijeni alıp yerine karbon dioksit ile ısı yayması anlamına gelmektedir. Ek 5' de olgunlaşmadan dolayı meydana gelen ısı miktarları, değişik tür meyve ve sebzeler için verilmektedir.

Soğuk odaya konulan malların meydana getirdikleri soğutma yükünü dört safhaya ayırmak gerekir.

1- Donma noktasının üstündeki sıcaklıklarda soğutma;

Depoya alınan malların donma noktasının üzerindeki bir sıcaklığa kadar soğutulurken verdikleri ısı miktarıdır.

$$Q_1 = \frac{G \times C_1 \times (T_2 - T_1)}{h_s} \times k_y \dots \dots \dots (1.12)$$

2- Donma sırasında alınacak ısı;

Donma noktasına kadar soğutulan malın donması sırasında çekilmesi gereken ısı miktarıdır.

$$Q_2 = \frac{G \times C_2}{h_{donma}} \dots \dots \dots (1.13)$$

3- Donduktan sonra derin soğutma;

Donmuş malların donma sıcaklığının altında sıcaklıklara kadar soğutulmaları sırasında verdikleri ısı miktarıdır.

$$Q_3 = \frac{G \times C_3 \times (T_{don} - T_m)}{h_s} \dots\dots\dots(1.14)$$

4- Muhafaza sırasında üreyen ısı, olgunlaşma ısısı;

$$Q_4 = \frac{G \times C_{resp}}{1000 \times 24} \dots\dots\dots(1.15)$$

Yukarıda sayılan ve dört safhada meydana geldiği belirtilen soğutma yüklerinden bir veya birkaçı malın muhafaza sıcaklığı ve durumuna göre mevcut olmayabilir. Örneğin +2 °C' de muhafaza edilmesi istenen elma için sadece (1) ve (4) sırad numaralı soğutma yükleri mevcut olacaktır.

Ürünler kasa veya kutu içerisinde depoya yerleştirildiği takdirde,

$$Q_5 = \frac{G \times (T_2 - T_1) \times 0.05}{h_s} \dots\dots\dots(1.16)$$

denklemini toplam soğutma yüküne ilave edilmektedir. (Yamankaradeniz, vd., 2002)

C_1 , C_2 , C_3 ve k_y değerleri Ek 2' den, C_{resp} katsayısı ise Ek 5' den alınmaktadır.

3.1.7.4. Soğutulan Hacmin İçerisinde Meydana Gelen Isı

Bunlar, soğutulan hacimde zaman zaman bulunabilecek insanlar ile bu hacimdeki aydınlatma armatürleri, elektrik motorları, elektrikle veya sıcak gaz ile defrost işlemi ve daha başka ısı yayan cihaz ve elemanlardan oluşmaktadır.

i) İnsanlardan Gelen Isı: Soğutulan hacimde bulunan insanların yaymış olduğu ısı miktarı bu hacmin sıcaklığına, çalışan insanların bedensel gayretine ve giyimine, sayısına, hacmin içinde kaldıkları süreye , hacmin büyüklüğüne, dışarıdan soğuk hacme giriş çıkış sıklığına ve daha birçok etkene bağlı olarak değişmektedir. Aşağıdaki çizelgede ortalama değerler verilmektedir.

Çizelge 3.1. İnsanlardan Gelen Ortalama Soğuk Oda Isı Yüğü

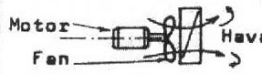
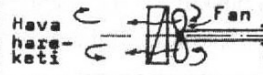
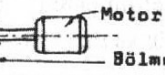
Oda Sıc. (°C)	Isı Yayımlı Kcal/h x şahıs	Oda Sıc. (°C)	Isı Yayımlı Kcal/h x şahıs
+ 10 °C	180	- 10 °C	290
+ 5 °C	210	- 15 °C	315
0 °C	235	- 20 °C	340
-5 °C	260	- 25 °C	365

ii) Aydınlatma Armatürleri: Aydınlatma armatürünün inkandensant veya fluoresant tipi oluşuna göre hesaplanır ve günde açık tutulduğu saat ile çarpılarak bulunur.

İnkandesant tip için günlük ısı (Kcal/gün): 1000 Watt x 0.86 Kcal/h x Saat/gün...(1.17)
Fluoresant tip için günlük ısı (Kcal/gün): 1000 Watt x 1.06 Kcal/h x Saat/gün...(1.18)

iii) Elektrik Motorları: Elektrik motorunun gücüne ve tipine göre güç faktörü değişeceğinden ısıya dönüşen güç oranı da değişecektir. Ayrıca, elektrik motorunun güce dönüştürdüğü enerjinin kullanıldığı mahal soğutulan hacmin içerisinde ise bu takdirde tüm enerji oda içerisinde kalıyor demektir.

Çizelge 3.2. Elektrik Motorlarından Gelen Isı Yüğü (Kcal/h x HP)

Motor Gücü (HP)	Motor ve Tahrik edilen eleman S. oda içinde	Tahrik edilen elemanın bulunduğu hacim	Motorun bulunduğu hacim
			
1/8 – 1/2	1070	640	430
1/2 – 2.0	930	640	290
3.0 – 20.0	740	640	100

Yukarıdaki çizelge ve şekiller değişik güçteki motor grupları uygulama şekilleri için soğuk oda ısı yükünü vermektedir.

iv) Defrost Sırasında Verilen Isı (Elektrikle Defrostlu Sistemler): Soğutulan hacimde bulunan evaporatör/soğutucuların içerisinde bulunan elektrikli defrost ısıtıcıların Watt olarak güçleri ve günde kaç saat çalıştırdıkları belli ise defrost sırasında verilen ısı şöyle hesaplanabilir:

$$Q_{ed} = \text{Adet} \times \text{Güç (Watt)} \times 0.86 \text{ Kcal/Watt} \times \text{Defrost Süresi (saat/günde)} \times F$$

.....(1.19)

F-defrost faktörü, elektrik enerjisinin soğuk odaya ısı yükü olarak giren kısmını ifade eder ve elektrikli defrost için 0.5 alınabilir. Bunun anlamı; verilen ısının diğer bölümünün eritilen buzun su haline dönüşmesiyle dışarıya drenaja intikal etmekte olduğudur.

v) Sıcak Gaz Defrostlu Sistemlerin Vereceği Isı Yükü: Sıcak gaz ile verilen defrost ısı sistemi kondanseri atılan ısıya yakın olacaktır ve aynı kabul edilebilir. Ancak, bir kompresöre birden fazla sayıda evaporatör bağlı ise ve bunlara sırasıyla defrost uygulanıyorsa bu taktirde toplam kondanser ısını evaporatör sayısına bölmek gerekir. Bizim çalışmamızda sıcak gaz ile defrost sistemi kullanılmadığından dolayı ayrıntıya inilmeyecektir.

vi) Oda İçinde Meydana Gelebilecek Diğer Isı Yükleri: Bilhassa büyük hacimli soğuk muhafaza depolarında soğutulan hacme forklift, vinç, motorlu veya bataryalı nakil arabaları, konveyör, vs. gibi elemanlar sokulmaktadır. Bunların meydana getireceği ısı yükü, bu elemanın türüne göre ve soğutulan hacimde kalacağı süreye göre hesaplanıp soğutma yüküne ilave edilmelidir.

Soğutma yükü hesabında bulunan değere genellikle %10 mertebesinde bir ilave yapmak, önceden beklenmeyen ve bilinmeyen ısı kazançlarını karşılamak yönünden, usul haline gelmiştir. (Özkoç, 1985)

3.1.8. Boru aplarının Hesaplanması

3.1.8.1. Emiş (Dönüş) Boru Hattı

En kritik ve en çok dikkati gerektiren boru hattıdır. Bir yandan boru çapının gereksiz yere büyük tutulması hem yağın sürüklenmemesine hem de boru maliyetlerinin artmasına neden olurken diğeryandan boru çapının küçük seçilmesi aşırı basınç/sıcaklık kaybına ve yüksek akış hızlarına, dolayısıyla aşırı gürültüye neden olacaktır. En uygun emiş borusu çapı; yağlama yağını hem yatay hem de düşey borularda kompresöre doğru sürükleyecek minimum hızların sağlanabileceğiy (üst sınır) boru çapıdır, denilebilir. Aşırı basınç kaybı sonucunda sistemin soğutma kapasitesi düşeceğiy gibi kompresörün tahriki için gereken güç tüketimi de artacaktır. Zira, emiş kaybı sonucu düşen emiş basıncı, belirli kondanser yoğuşma şartlarında kompresörün daha geniş bir basınç aralığında çalışmasına ve dolayısıyla daha fazla güç harcamasına neden olurken, düşen emiş basıncı sonucunda kompresörün volumetrik verimi azalarak soğutma kapasitesi kaybına neden olacaktır.

Soğutmacılıkta genellikle emiş borusu kaybı değeri R12, R22, R502 sistemleri için 1.1 °C ve R717 (amonyak) sistemleri için ise 0.6 °C sıcaklık düşümünün karşıtı olan emiş hattı basınç kaybı olarak alınır. Bunların karşıtı olan basınç şöyledir:

Soğuk muhafaza (-15 °C buharlaşma),

R22 için $P=0.11$ atm (Yamankaradeniz, vd., 2002)

3.1.8.2. Basma (Gidiş) Boru Hattı

Burada da emiş boru hattındaki genel hususlar göz önünde tutulmalıdır. Ancak, basınç kaybı yönünden durum emiş borusundaki kadar kritik değildir, fakat gene de çıkış basıncının aşırı yükselmesi hem kapasite kaybını hem de güç tüketimini artıracaktır. Zira, ilave basınç kaybını karşılamak üzere yükselen çıkış basıncı, volumetrik verimi ve dolayısıyla soğutma kapasitesini düşürürken, belirli emiş şartları için kompresörün daha geniş bir basınç aralığında çalışması sonucu güç tüketimini artıracaktır.

Basma boru hattında sıcaklık düşümü olarak genellikle amonyak için 0.6 °C, diğer soğutucu akışkanlar için 1.1 °C üst sınır değeri kullanılmaktadır. Bu ise, 43 °C yoğuşma sıcaklığında R22 için 0.4 atm civarında bir basınç kaybı demektir. (Özkol, 1985)

3.1.8.3. Sıvı Boru Hattı

Sıvı boru hattında en önemli konu soğutucu akışkanın köpürmesinin önlenmesidir. Köpürmenin nedeni, basınç kaybı sonucu sıcaklık-basınç dengesinin doymuş sıvı konumunun bozulmasıdır.

Diğer bir deyişle, sıvı soğutucu akışkan basıncının yoğuşma sıcaklığının karşılığı olan basınç seviyesinin altına düşmüş olmasıdır. Sıvı boru hattında akışkanın köpürmesinin en önemli zararları şöyle sıralanabilir:

- i. Kısılma vanası ve solenoid valf kapasitelerinin düşmesi
- ii. Kısılma vanası iğnesinde ve geçiş memesinde erozyon-kavitasyon meydana getirmesi
- iii. Evaporatöre giden sıvı akışının ölçülü, kontrollü bir şekilde yapılmasının aksatılmasıdır.

Köpürmenin başlıca nedenleri ise:

- i. Aşırı uzunlukta sıvı boru hattı
- ii. Kapasiteye göre yetersiz boru çapı seçimi
- iii. Sıvı hattında çok fazla düşey yükselme olması

şeklinde sıralanabilir.

Köpürmenin önlenmesi için en etkin yol, sıvı soğutucu akışkanın doymuş sıvı şartlarının altındaki sıcaklıklara kadar aşırı soğutulmasıdır. Bunun miktarı uygulamanın durumuna göre 2 °C ile 7 °C arasında değişebilir.

Sıvı boru hattında uygulanacak basınç kayıpları ise, genellikle her tür soğutucu akışkan için 0.6 °C sıcaklık düşümü karşısını geçmemelidir. 0.6 °C sıcaklık düşümünün karşısı R22 için 2 atm olmaktadır. Akış hızları ise, sıvı darbesi, ses, titreşim gibi hususlar göz önünde bulundurularak 1.5 m/s sınırını aşmamalıdır. Kısılma vanası ile evaporatör arasındaki boru hattında akış hızı 0.75 m/s civarında tutulmalıdır. (Yamankaradeniz, vd., 2002)

3.1.8.4. Kondanser-Sıvı Deposu Arası Sıvı Boru Hattı

Bu boru hattı çoğunlukla hava soğutmalı kondanserli sistemlerde bulunmaktadır. Bu boru hattı eğer kullanılacaksa mümkün olduğu kadar kısa tutulmalı, kondanser, sıvı deposundan mümkün olduğu kadar yüksek tutulmalı ve boru çapı yeterli olmalıdır. Boru çapının yetersiz olması, kondanserde sıvı soğutucu akışkan yığılmasına sebep olacağı için kondanserden yeterince yararlanılamamasına ve kondanser kapasitesinin düşmesine yol açar. Bunun sonucunda yoğuşma basıncı yükselerek hem aşırı güç sarfına hem de soğutma kapasitesinin düşmesine sebep olur.

Boru çapının hesabı için verilen ekteki tablolar çalışma şartlarındaki soğutucu akışkan debisinin saptanması suretiyle hesaplama usulüne göre tertiplenmiştir. Bu debileri birim net soğutma kapasitesi başına bulmak için Ek 11' den yararlanılabilir. Ek 11' de verilen değerler beher kcal/h soğutma gücünün sağlanması için sistemde dolaşımı gereken soğutucu akışkanın g/h olarak debisini göstermektedir. Aynı değerler beher 1000 kcal/h soğutma gücü için gerekli debinin kg/h karşısı olarak da alınabilir. Bulunacak değer, bahse konu olan soğutma sisteminin net soğutma kapasitesi ile çarpılması suretiyle, hesaplanması istenen sistemde, dolaşımı gereken soğutucu akışkan debisi bulunacaktır.

Buradan bulunan değeri Ek 12, Ek 13, Ek 14 ve Ek 15' de verilen tablolardan, çapı bulunmak istenen borunun yaptığı göreve uygun olan tablo üzerinde bakır boru kullanma durumuna göre seçmek gerekecektir. Bu bölümün soğutucu akışkan borularıyla ilgili kısmının başında soğutma sistemi boru tesisatında sıcaklık düşümü ve karşısı olan basınç kayıpları için uygulamada kullanılan değerler verilmiştir. Bu

değerleri, bahse konu olan uygulamanın eşdeğer toplam boru uzunluğuna bölerek ilgili tablolarda gösterilen 100 m boru boyundaki sıcaklık (basınç) düşümüne uygulamak suretiyle ve çalışma şartlarındaki sıcaklığa uygun olan kolonda bu değer bulunarak sağ tarafa yatay yönde ilerleyip çapı bulunmak istenen sistemi gerektirdiği akış debisi aranıp en yakın değer bulunarak bu kolonun boru çapı, üstteki değer alınır.

Boru çaplarının hesaplanması ve seçilmesinde şu husus hatırdan çıkarılmamalıdır. Gerekli soğutma kapasitesi hesaplandıktan sonra buna göre seçilen soğutma kompresörünün çalışma şartlarındaki kapasitesi, hesaplanan değerden genellikle biraz daha yüksek olmaktadır. Boru çapları hesaplanırken, verilen tablolarda, daima seçilen kompresörün gerçek kapasitesi esas alınarak boru çapı seçilmelidir. Zira, soğutma sistemi gerçekte bu kapasiteyle çalışacaktır ve boru çaplarının da buna uyum sağlaması gerekir. Diğer yandan, seçilen kompresörün gerçek kapasitesine uyguna kapasitelerde kondanser ile evaporatör ve kısılma vanası kapasitelerinin de sağlanması gerekli ve önemlidir. Aşırı derecede farklı kapasite değerlerine sahip soğutma elemanlarının beraberce bir soğutma sisteminde kullanılması pek çok zararlı sonuçlar meydana getirebilir.

Bir soğutma sistemi hiçbir zaman düz borulardan meydana gelmez ve boru şebekesi üzerinde bir çok dirsek, tee, redüksiyon gibi fittingsler bulunacağı gibi bunlardan başka birçok vana, çekvalf ve benzeri yardımcı elemanlar da bulunacaktır. Hesaplama sağladığı kolaylık bakımından, bu elemanların her birisinin eşdeğeri olan aynı çaptaki boru uzunluğu toplanıp normal olarak ölçülen boru uzunluğuna ilave edilir. Boru çaplarının hesaplanmasında, eşdeğer boru uzunluğu olarak adlandırılan değer, bu toplam değerdir. Ek 16, soğutma sistemlerinde rastlanan, değişik türden boru aksamının ortaya koyduğu basınç kaybının eşdeğeri olan aynı çaptaki boru uzunluklarını göstermektedir. (Yamankaradeniz, vd., 2002)

3.1.9. Programlama Dili

Teknolojik ve bilimsel alandaki çalışmalar sonucu, çoğu işi kolaylaştırıcı ve hızlandırıcı özelliğe sahip olan bilgisayarların geliştirilmesi ile mühendislik alanında bunların yeri ve önemi artmıştır. Bu sebeple her türlü mühendislik hesaplamalarında ve hatta teknik resim çizimlerinde dahi bilgisayarlar kullanılmaktadır. Ancak bilgisayarda bu gibi işlerin yapılması için bir programın yazılması veya hazır bir program alınarak kullanılması gerekmektedir.

Soğuk hava tesislerinde optimum soğutma grubu seçimi için veri madenciliği uygulamasını yapabilmek üzere, çalışmamızda Microsoft firmasının yapmış olduğu Visual Basic 6.0 programlama dili kullanılmıştır.

Visual Basic, çok-amaçlı ve aynı zamanda kolay bir şekilde program geliştirmeyi sağlayan bir programlamadır. Visual sözcüğü Windows işletim sisteminin grafik ara biriminin (GUI) özelliklerinden gelmektedir. Visual sözcüğü (görSELLİK), simgelerle yapılan iletişimi ifade etmektedir. Bu ortamda işlemlerin yapılması için kod yazmak yerine fare (mouse) işlemleriyle birçok işin yapılması sağlanır. Visual Basic programlarında ortamın tasarımı öncelikli olarak yapılan işlemdir. Kod yazmak ikincil kalır. Örneğin bir komut butonu oluşturmak gerekirse, bunun için Toolbox penceresi üzerindeki Command Button adlı kutucuğu tıklamak yeterli olmaktadır. Visual Basic 6.0 programını bilgisayarımıza kurmak için aşağıdaki sistem ihtiyaçlarının minimum olarak karşılanması gerekmektedir:

- i) Windows NT 4.0, NT 5.0, Microsoft Windows 95 yada Windows 98 işletim sistemi.
- ii) 80486 yada daha gelişmiş bir mikroişlemci.
- iii) Minimum 50 MB sabit disk.
- iv) CD-ROM sürücüsü.
- v) VGA yada daha yüksek çözünürlüklü ekran.
- vi) 16 MB RAM.
- vii) Bir fare yada diğer uygun bir işaret aygıtı. (Çubukçu, 1999)

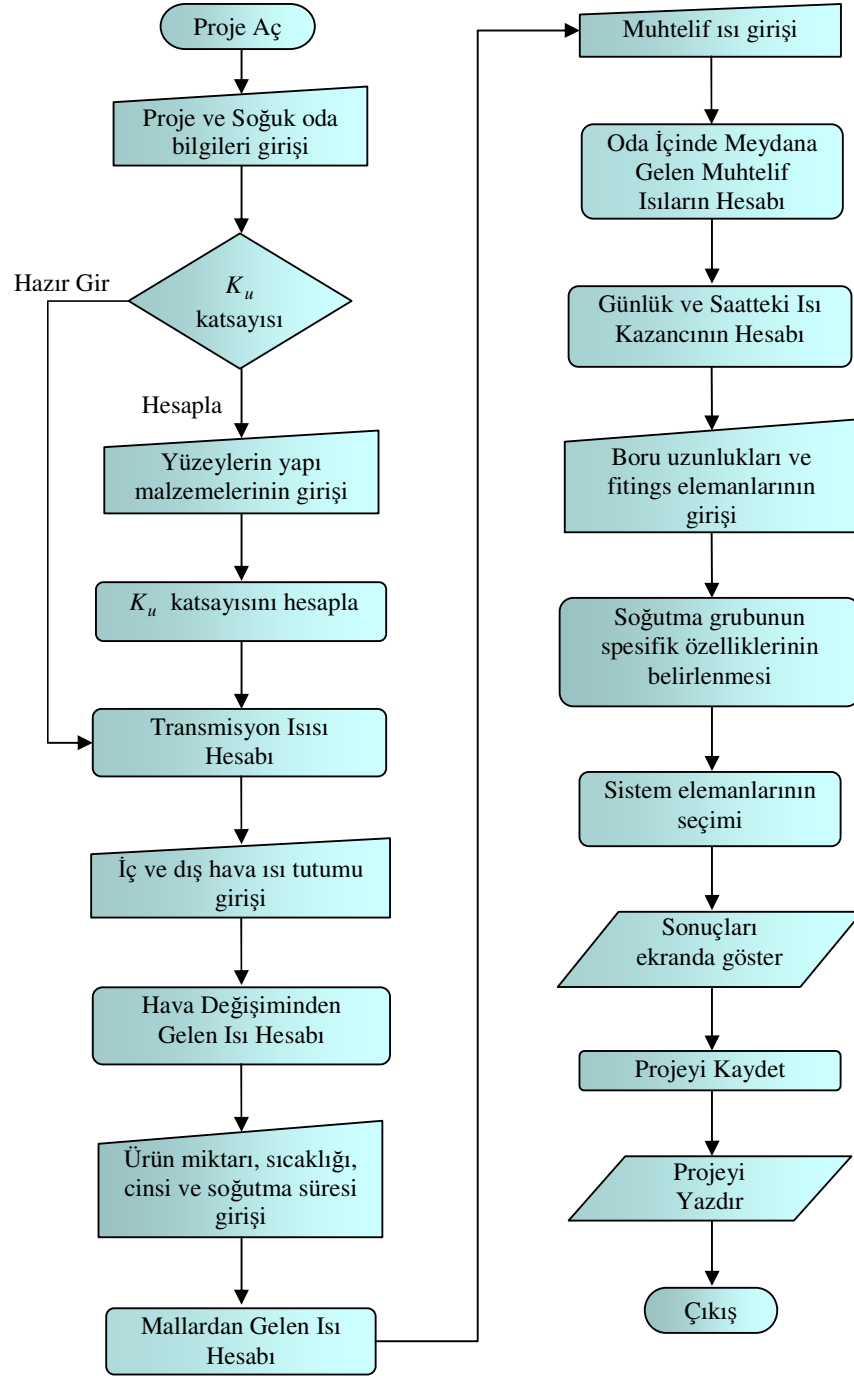
3.2. Yöntem

Soğutma yükünün hesaplanması ve soğutma sistemi elemanlarının doğru bir şekilde seçilebilmesi için gerekli olan hesaplamalar bölüm 3.1’ de gösterilmektedir. Hazırlanan program için Visual Basic 6.0 programlama dili kullanılmıştır. Programın gerekli hesapları yapabilmesi için literatürde var olan soğutma yükü hesaplama yöntemleri kullanılmıştır. Genel olarak bakıldığında literatürde kullanılan soğutma yükü hesaplama prosedürü, deneysel verilerden elde edilen sonuçlara dayanmaktadır. Elde edilen bu veriler ile hesaplama işlem basamakları Visual Basic programlama dilinde yazılarak bir arayüz oluşturulmuştur. Böylelikle hazırlanan program ile, soğutma ile ilgili hesaplamaların bilgisayar ortamında çok daha kolay ve hızlı bir biçimde yapılması mümkün olmaktadır.

Programın genel algoritması Şekil 3.36’ da gösterilmektedir. Şekilde, programın tüm işlem basamakları ve arayüzlerin sırası ifade edilmektedir.

Program çalıştırıldığında Şekil 3.37’ da verilen anasayfa ekrana gelmektedir. Burada, yeni bir projeye başlamak için Yeni Proje, kayıtlı olan projeleri incelemek veya üzerlerinde değişiklik yapmak için Proje Aç, soğutma sistemi elemanları üzerinde değişiklik yapmak veya yeni elemanlar eklemek için Veritabanı Güncelleme ve son olarak, programdan çıkmak için Çıkış komutlarının verilmesi gerekmektedir. Ana sayfa üzerindeki Dosya menüsünden Yeni Proje komutu verildiğinde proje ve soğuk oda bilgilerinin girileceği arayüz karşımıza gelmektedir (Şekil 3.38).

Bu arayüzde proje ile ilgili kimlik bilgileri ve soğuk odanın genel bilgileri kullanıcıdan istenmekte ve kullanılan yapı malzemelerine göre yüzeylerin ısı iletim (K_u) katsayılarının hesabı daha önce verilen denklemler yardımıyla yapılmaktadır.



Şekil 3.36. Programın genel algoritması



Şekil 3.37. Ana Sayfa arayüzü

Şekil 3.38. Proje ve Soğuk Oda Bilgileri arayüzü

Dış ortam sıcaklığı, proje bilgileri bölümünde seçilen şehre göre değiştiğinden, şehir kutucuğundan bir seçim yapılması faydalı olacaktır. Ancak istendiği takdirde dış ortam sıcaklığı farklı bir değer de alınabilmektedir.

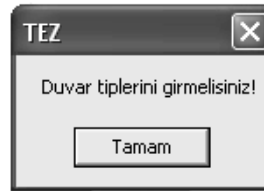
Yüzeylerin ısı iletim katsayılarının hesabında kullanıldığından dolayı, soğuk oda bilgileri bölümünde duvarların dış ortam ile temasına göre dış veya iç duvar şeklinde seçiminin yapılması gerekmektedir. Aksi takdirde program bir sonraki ara yüze geçmemektedir.

Kullanılacak olan soğutucu gaz tipi de bu ara yüzde seçilmelidir. R22 ve R404a gazları en çok kullanılan gazlar olduğundan dolayı sadece bu tip gazlar dahil edilmiştir.

Yüzeylerin ısı iletim katsayılarının hesabında “Hazır Gir” ve “Hesapla” şeklinde iki seçenek mevcuttur. Eğer “Hazır Gir” butonuna tıklanırsa dış duvarlar için 0.26, iç duvarlar için 0.25, tavan için 0.32 ve zemin için 0.29 değerleri atanacaktır. Şayet daha doğru bir hesaplama yapmak için “Hesapla” butonuna tıklanırsa ekrana Şekil 3.39’ de gösterilen arayüz gelmektedir.

Bu arayüzde her bir yüzey için farklı bir bölüm oluşturulmuştur. Bölümlerin her birinde ise o yüzeyin olduğu yapı malzemeleri ve bunların kalınlıkları ile ilgili kutucuklar verilmektedir. Yüzeylerin K_u katsayıları denklem 1.10’ da verilen formüle göre hesaplanmaktadır. Formülde kullanılan ısı geçirgenlik katsayıları, seçilen yapı malzemelerine göre veritabanından program tarafından alınmaktadır. Gerekli alanlar doldurulduktan sonra “Projeye Dön” butonuna tıkladığımızda “Proje ve Soğuk Oda Bilgileri” arayüzüne tekrar dönülmektedir.

Bu arayüzde bazı kutucukların doldurulması programda mecburi tutulmuştur. Bu yüzden bu alanları doldurmadan diğer sayfaya geçmeye çalışıldığında uyarı mesajları ekrana gelecektir. Örneğin duvarların tipi girilmemişse Şekil 3.40’ daki mesaj görüntülenmektedir.

Şekil 3.39. K_u katsayısı hesabı arayüzü

Şekil 3.40. Duvar tiplerini girmelisiniz! mesajı görüntüsü

Proje ve Soğuk Oda Bilgileri bölümünde gerekli alanları doldurduktan sonra ileri butonuna tıklanarak veya enter tuşuna basılarak Transmisyon Isısı adlı arayüze geçiş yapılmaktadır.

Transmisyon Isısı hesabı arayüzünde, Proje ve Soğuk Oda Bilgileri arayüzünde girdiğimiz bilgiler doğrultusunda duvarlardan olan ısı kazancı hesaplanmaktadır (Şekil 3.41). Bu hesaplamalarda denklem (1.9) ve (1.10) kullanılmaktadır. Tüm veriler daha önceden belirlendiği için bu arayüzde herhangi bir işlem yapılmasına gerek yoktur. Yapılan hesaplamalar kcal/gün olarak ekrana yansıtılmaktadır. İleri

butonuna tıklanarak veya enter tuşuna basılarak Hava Değişiminden Gelen Isı hesabı arayüzüne geçilmektedir.

Transmisyon Isısı

Oda Boyuları: En: Boy: Yükseklik: HACİM: M3

Dış Ortam Sıcaklığı °C Oda Sıcaklığı °C

	Eni (m)	Boyu (m)	Yüzey (m2)	Ku (kcal/h.m2.°C)	T	Bir Saatteki Isı Kazancı (kcal/h)	Günlük Isı Kazancı (kcal/gün)
Doğu							
Batı							
Kuzey							
Güney							
Tavan							
Zemin							

Hesaplanan Değer

Toplam Transmisyon Isısı Kazancı (kcal/gün) :

<<GERİ İLERİ>> İPTAL

Şekil 3.41. Transmisyon ısısı hesabı arayüzü

Hava Değişiminden Gelen Isı hesabı arayüzünde (Şekil 3.42), soğuk depo kapısının açılıp kapatılması sırasında odaya giren ısı miktarı denklem (1.11) yardımıyla hesaplanmaktadır. Burada oda hacmi Proje ve Soğuk Oda Bilgileri arayüzünde girdiğimiz bilgilere göre otomatik olarak hesaplanmaktadır. İç ve dış hava ısı tutumu kullanıcı tarafından Ek 4' de verilen psikometrik diyagramdan okunup yazılacaktır. 24 saatteki hava değişimi program tarafından Ek 3' de verilen tablodan seçilip yazılmaktadır. Hava yoğunluğu ise 1.143 olarak alınmaktadır.

Veriler girilip hesaplamalar yapıldıktan sonra İLERİ butonuna tıklanarak veya enter tuşuna basılarak Mallardan Gelen Isı hesabı arayüzüne geçiş yapılmaktadır.

Hava Değişiminden Gelen Isı

Oda Hacmi (m³)

İo: İç Hava Isı Tutumu (kcal/kg)

İd: Dış Hava Isı Tutumu (kcal/kg)

24 Saatte Hava Değişimi (defa)

Hava Yoğunluğu (kg/m³)

Hesaplanan Değer

Toplam Hava Değişiminden Gelen Isı Kazancı (kcal/gün) :

<<GERİ

Şekil 3.42. Hava değişiminden gelen ısı hesabı arayüzü

Mallardan Gelen Isı hesabı arayüzünde (Şekil 3.43), depolanan ürünlerden gelen ısı miktarı hesaplanmaktadır. Mal miktarı, mal giriş sıcaklığı, malın cinsi, soğutma süresi ve depolama şekli kutucukları kullanıcı tarafından doldurulmaktadır. Malın cinsi kutucuğunda listelenen ürünler ve bunların özellikleri Ek 2’ de verilen tablodan program tarafından alınmaktadır. Soğutma süresi kutucuğu, depolanan ürünün sıcaklığının istenilen sıcaklığa (oda sıcaklığı) ne kadar sürede düşmesi isteniyorsa ona göre doldurulmaktadır.

Mallardan gelen ısı miktarının hesabında dört farklı denklem göz önünde bulundurulmaktadır. Eğer oda sıcaklığı, malın donma noktasının üzerinde ise (1.12) ve (1.15) denklemleri, malın donma noktasının altında ise (1.12), (1.13) ve (1.14) denklemleri hesaba katılmaktadır. Malın giriş sıcaklığı ve muhafaza sıcaklığı donma noktasının altında ise o zaman sadece (1.14) denklemi hesaba katılmaktadır. Depolama şekli olarak “Kasa” veya “Kutu” seçildiği takdirde, bunlardan meydana gelen soğutma yükü (1.16) denklemi kullanılarak hesap edilmekte ve toplam yüke ilave edilmektedir.

Şekil 3.43. Mallardan gelen ısı hesabı arayüzü

İstenilen verileri girdikten sonra HESAPLA butonuna tıklandığında yukarıda açıkladığı şekilde denklemler kullanılmakta ve mallardan gelen ısı miktarı hesaplanmaktadır. İLERİ butonuna tıklandığında veya enter tuşuna basıldığında Oda İçinde Meydana Gelen Muhtelif Isıların hesabı arayüzü ekrana gelmektedir.

Bu arayüzde ise insan, aydınlatma, elektrik motoru, rezistanslar v.b. ısı kaynaklarından odaya geçen ısı miktarı hesaplanmaktadır (Şekil 3.44). İnsanlardan meydana gelen ısı yükü; oda içinde çalışan insan sayısı, her bir insanın yaydığı ısı miktarı ve bunların günlük çalışma süresinin çarpımından elde edilmektedir. Aydınlatma elemanlarının oluşturduğu ısı; (1.17) ve (1.18) denklemlerinde görüldüğü gibi, aydınlatma elemanı sayısı, her bir elemanın yaydığı ısı miktarı ve günlük açık kalma süresinin çarpımı ile hesaplanmaktadır. Evaporatörlerde kullanılan fanların elektrik motorlarından oluşan ısı yükünün hesaplanmasında; fan sayısı, fan motorunun gücü ve çalışma süreleri çarpılmaktadır. Defrost amaçlı kullanılan rezistansların oluşturduğu ısı yükü ise; denklem (1.19) kullanılarak

bulunmaktadır. Bu ısı kaynakları dışında farklı bir ısı yükü var ise Diğerleri bölümüne yazılabilmektedir. Gerekli verileri yazdıktan sonra İLERİ butonuna tıklanarak veya enter tuşuna basılarak meydana gelen ısı yüklerinin hepsi hesaplanmış olmaktadır.

Şekil 3.44. Oda içinde meydana gelen muhtelif ısıların hesabı arayüzü

Şekil 3.45' de gösterilen Günlük Toplam Isı Kazancı hesabı arayüzünde, meydana gelen ısı kazançlarının hepsi listelenmekte ve saatteki toplam ısı kazancı Watt olarak verilmektedir. Elde edilen bu değer, soğutma sistemi elemanlarının seçiminde kullanılacak soğutma yüküdür.

Soğutma sisteminde kullanılması gereken boruların çaplarının hesaplanması gerekmektedir. Bu yüzden İLERİ butonuna tıklandığında veya enter tuşuna basıldığında Basınç Kayıplarının hesabı arayüzü ekrana gelmektedir.

Günlük Toplam Isı Kazancı

TRANSMİSYON ISISI =

HAVA DEĞİŞİMİNDEN GELEN ISI =

MALLARDAN GELEN ISI =

ODA İÇİNDE MEYDANA GELEN MUHTELİF ISILAR =

GÜNLÜK TOPLAM ISI KAZANCI (Kcal/gün) =

SAATTEKİ TOPLAM ISI KAZANCI (Watt) =

<<GERİ İLERİ>> IPTAL

Şekil 3.45. Günlük toplam ısı kazancı hesabı arayüzü

Şekil 3.46' da gösterilen Basınç Kayıplarının hesabı arayüzünde soğutma sistemindeki boru hatlarının uzunlukları girilmektedir. Ayrıca, bu hatlar üzerinde bulunan fittings elemanları ve sayıları bu arayüzde belirtilmektedir. Kullanılmak istenen fittings elemanının sol yanındaki kutucuk işaretlenmekte ve kaç adet olduğu sağ yanındaki metin kutusuna yazılmaktadır. Program işaretlenen fittings elemanına göre işlem yapmaktadır. Başlangıçta tüm değerler sıfır alınmaktadır.

Artık program soğutma sisteminin elemanlarını seçmeye hazırdır. İLERİ butonuna tıkladığında veya enter tuşuna basıldığında Spesifik Özellikler arayüzü ekrana gelmektedir.

Spesifik Özellikler arayüzü, sistemimizde kullanılacak olan elemanların tipleri için bir ön seçim imkanı sunmaktadır. Örneğin, kullanılacak kompresörün, semi hermetik kompresörler arasından seçilmesi isteniyorsa Semi Hermetik kutucuğunun, hermetik

kompresörler arasından seçilmesi isteniyorsa Hermetik kutucuğunun işaretlenmesi gerekmektedir.

Basma Hattı		Sıvı Hattı		Emiş Hattı	
Boru Uzunluğu (m)	Adet	Boru Uzunluğu (m)	Adet	Boru Uzunluğu (m)	Adet
<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
<input type="checkbox"/> Düz Kapama Valfi	<input type="text" value="0"/>	<input type="checkbox"/> Düz Kapama Valfi	<input type="text" value="0"/>	<input type="checkbox"/> Düz Kapama Valfi	<input type="text" value="0"/>
<input type="checkbox"/> Dirsek Kapama Valfi	<input type="text" value="0"/>	<input type="checkbox"/> Dirsek Kapama Valfi	<input type="text" value="0"/>	<input type="checkbox"/> Dirsek Kapama Valfi	<input type="text" value="0"/>
<input type="checkbox"/> Çek Valfi	<input type="text" value="0"/>	<input type="checkbox"/> Çek Valfi	<input type="text" value="0"/>	<input type="checkbox"/> Çek Valfi	<input type="text" value="0"/>
<input type="checkbox"/> 90° Standart Dirsek R/d=1	<input type="text" value="0"/>	<input type="checkbox"/> 90° Standart Dirsek R/d=1	<input type="text" value="0"/>	<input type="checkbox"/> 90° Standart Dirsek R/d=1	<input type="text" value="0"/>
<input type="checkbox"/> 90° Geniş Dirsek R/d>=1,5	<input type="text" value="0"/>	<input type="checkbox"/> 90° Geniş Dirsek R/d>=1,5	<input type="text" value="0"/>	<input type="checkbox"/> 90° Geniş Dirsek R/d>=1,5	<input type="text" value="0"/>
<input type="checkbox"/> 45° Standart Dirsek	<input type="text" value="0"/>	<input type="checkbox"/> 45° Standart Dirsek	<input type="text" value="0"/>	<input type="checkbox"/> 45° Standart Dirsek	<input type="text" value="0"/>
<input type="checkbox"/> 180° Standart U Dönüş	<input type="text" value="0"/>	<input type="checkbox"/> 180° Standart U Dönüş	<input type="text" value="0"/>	<input type="checkbox"/> 180° Standart U Dönüş	<input type="text" value="0"/>
<input type="checkbox"/> "Tee" Yan Çıkış	<input type="text" value="0"/>	<input type="checkbox"/> "Tee" Yan Çıkış	<input type="text" value="0"/>	<input type="checkbox"/> "Tee" Yan Çıkış	<input type="text" value="0"/>
<input type="checkbox"/> "Tee" Düz Geçiş	<input type="text" value="0"/>	<input type="checkbox"/> "Tee" Düz Geçiş	<input type="text" value="0"/>	<input type="checkbox"/> "Tee" Düz Geçiş	<input type="text" value="0"/>
<input type="checkbox"/> Ani Daralma d/D=1/4	<input type="text" value="0"/>	<input type="checkbox"/> Ani Daralma d/D=1/4	<input type="text" value="0"/>	<input type="checkbox"/> Ani Daralma d/D=1/4	<input type="text" value="0"/>
<input type="checkbox"/> Ani Daralma d/D=1/2	<input type="text" value="0"/>	<input type="checkbox"/> Ani Daralma d/D=1/2	<input type="text" value="0"/>	<input type="checkbox"/> Ani Daralma d/D=1/2	<input type="text" value="0"/>
<input type="checkbox"/> Ani Genişleme D/D=1/4	<input type="text" value="0"/>	<input type="checkbox"/> Ani Genişleme D/D=1/4	<input type="text" value="0"/>	<input type="checkbox"/> Ani Genişleme D/D=1/4	<input type="text" value="0"/>
<input type="checkbox"/> Ani Genişleme d/D=1/2	<input type="text" value="0"/>	<input type="checkbox"/> Ani Genişleme d/D=1/2	<input type="text" value="0"/>	<input type="checkbox"/> Ani Genişleme d/D=1/2	<input type="text" value="0"/>
<input type="checkbox"/> Solenoid Valf	<input type="text" value="0"/>	<input type="checkbox"/> Solenoid Valf	<input type="text" value="0"/>	<input type="checkbox"/> Solenoid Valf	<input type="text" value="0"/>

Şekil 3.46. Basınç kayıplarının hesabı arayüzü

Hesaplanan soğutma yükünü daha fazla sayıda soğutma cihazı ile karşılamak istiyorsak Soğutma Cihazı Sayısı bölümünden seçim yapılmalıdır. Bir Cihazdaki Evaporatör Adedi bölümünde, bir soğutma grubunda kullanılması istenilen evaporatör sayısı belirtilmektedir. Genleşme Valfi Tipi bölümünde, Dıştan Dengeli ve İçten Dengeli olarak valf tipi seçilmektedir. Sıvı deposunun yatay tip mi yoksa dikey tip mi olacağı Sıvı Deposu Tipi bölümünde belirtilmelidir. Kullanılacak evaporatörün lamel aralığı Evaporatör Lamel Aralığı bölümünden seçilebilmektedir ve eğer şoklama amaçlı kullanılacaksa 12 mm (ŞOK) seçeneği işaretlenmelidir. Kullanılacak fanların yönünün ve devir sayılarının seçilmesi gerekmektedir. Bunun için Fanların Yönü ve Fanların Devir Sayısı bölümlerinden yararlanılmaktadır. Programımızda basınç otomatiklerinin seçimi sadece kullanıcı tarafından yapıldığından Basınç Otomatığı bölümünden bu seçim yapılmalıdır (Şekil 3.47).

Arayüz üzerinde istenilen tercihler yapıldıktan sonra SEÇ butonuna çift tıklanarak soğutma sistemi parçalarının seçiminde bir ön hazırlık yapılmaktadır. Daha sonra İLERİ butonuna tıklanarak veya enter tuşuna basılarak sonraki arayüze geçiş yapılmaktadır.

Şekil 3.47. Spesifik Özellikler arayüzü

Seçilen Elemanlar arayüzünde (Şekil 3.48), hesaplanan soğutma yüküne göre sistem elemanları seçilmektedir. Bu arayüz üzerinde, parçaların seçiminde kullanılan kapasite değeri, seçilen parçanın modeli, kapasitesi ve miktarı sütunları bulunmaktadır. Tasarlanan sistemin STK değeri ise ekranın sol alt köşesinde verilmektedir. Ayrıca, elemanların fiyatları da toplanarak ekranın altında gösterilmektedir. Sistem elemanlarının seçimi üç ayrı buton aracılığıyla yapılmaktadır. Sırasıyla SİSTEM SEÇİMİ 1. AŞAMA, 2. AŞAMA ve 3. AŞAMA butonlarına çift tıkladığında soğutma sistemi parçalarının seçimi, daha önce anlatılan seçim kriterlerine göre, ilgili veritabanlarından yapılmakta ve isimlerinin

karşısındaki ilgili alanlara yazılmaktadır. Böylece, hesaplanan soğutma yüküne göre en doğru elemanlar seçilmiş olmaktadır.

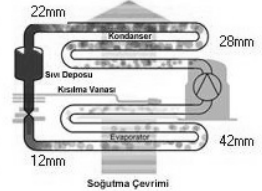
Seçilen Elemanlar

Seçilen Elemanlar

SİSTEM SEÇİMİ 1. AŞAMA		SİSTEM SEÇİMİ 2. AŞAMA		SİSTEM SEÇİMİ 3. AŞAMA		
	Hesaplanan Kapasite - Ebat	Seçilen Model		Seçilen Kapasite - Ebat	Miktar (adet)	
Kompresör	Watt			Watt		Basma hattı boru çapı
Evaporatör	Watt			Watt		Sıvı hattı boru çapı
Kondanser	Watt			Watt		Emiş hattı boru çapı
Fan	mm			mm		Kond. - Sıvı Deposu hattı boru çapı
Genleşme Valfi	ton			ton		
Solenoid Valf	mm			mm		
Basınç Otomatığı						
Filtre	mm			mm		
Sıvı Deposu	lt			lt		
Sıvı Ayırıcı	mm			mm		
Yağ Ayırıcı	mm			mm		
Titreşim Sönümleyici (Basma)	mm			mm		
Titreşim Sönümleyici (Emme)	mm			mm		

STK Toplam Fiyat

<<GERİ PROJEYİ KAYDET İPTAL



Şekil 3.48. Seçilen Elemanlar arayüzü

Kompresör

KOMPRESÖR

Model

Kapasite Watt


Güç HP

Soğutucu Gaz

Giriş Çapı mm

Çıkış Çapı mm

Fiyat YTL



<<GERİ YAZDIR

Şekil 3.49. Kompresör arayüzü

Bu arayüz üzerinde sistem elemanları seçildikten sonra, elemanlar hakkında daha ayrıntılı bilgi almak için, elemanların isimlerinin yazılı olduğu butonlara tıklamak yeterli olmaktadır. Örneğin, seçilen kompresör ile ilgili detaylı bilgi için Kompresör adlı buton tıklanmalıdır. Açılan sayfa kompresörün teknik özelliklerini ve resmini içermektedir (Şekil 3.49).

Yapılan projedeki bilgileri kaydetmek için PROJEYİ KAYDET adlı butona tıklama yapılmalıdır. Bununla birlikte Proje Kayıt arayüzü ekrana gelmektedir (Şekil 3.50).

Şekil 3.50. Proje Kayıt arayüzü

Proje Kayıt arayüzü açıldığında, başlangıçta kayıtlı olan ilk projenin bilgileri gösterilmektedir. RAKAMLARI GİR adlı butona tıklama yapılarak projenin başından sonuna kadar girilen ve elde edilen tüm veriler ekrana getirilmektedir. Ardından Projeyi Kaydet butonuna tıklanarak proje veritabanına kaydedilmektedir. Ekranda “Proje kaydedildi.” mesajı görüntülenmektedir (Şekil 3.51).



Şekil 3.51. Proje kayıt mesajı görüntüsü

Proje Kayıt arayüzü üzerinde kayıtlar arasında dolaşılabilir, proje aranabilir, değiştirilebilir, silinebilir ve proje yazdırılabilmektedir.

Yazdır butonuna tıklama yapıldığında projeye ait bilgiler kağıt üzerinde görüntülenmekte ve yazdırılmaya hazır hale gelmektedir.

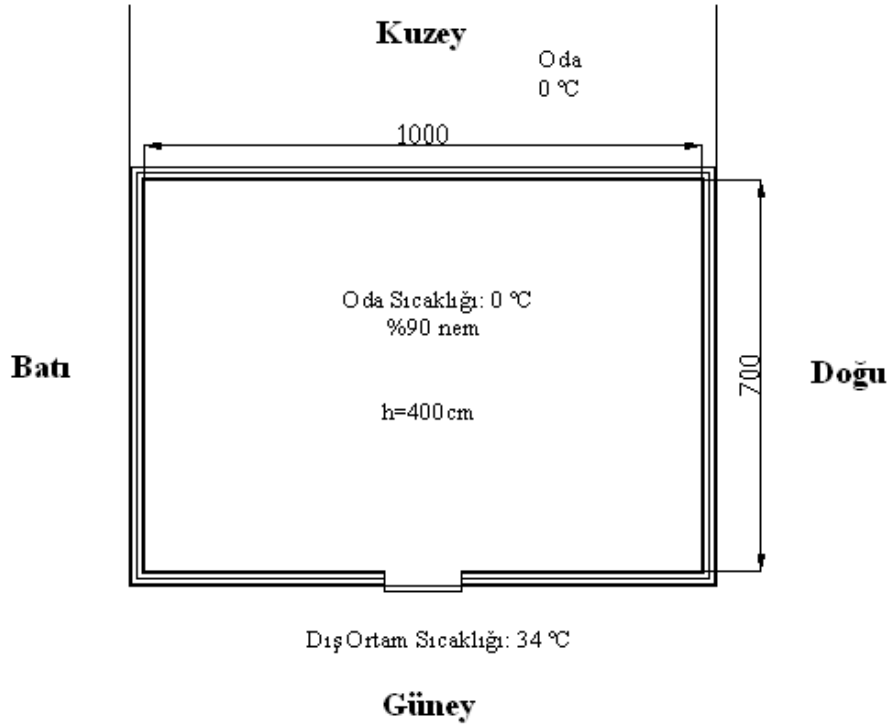
4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu bölümde bir soğuk hava deposu örnek alınmakta ve bu depo için, hazırlanmış olan program aracılığıyla, kullanılması gereken elemanların seçimi yapılmaktadır.

Hazırlanmakta olan örnek proje için, soğuk oda bilgileri aşağıdaki gibidir:

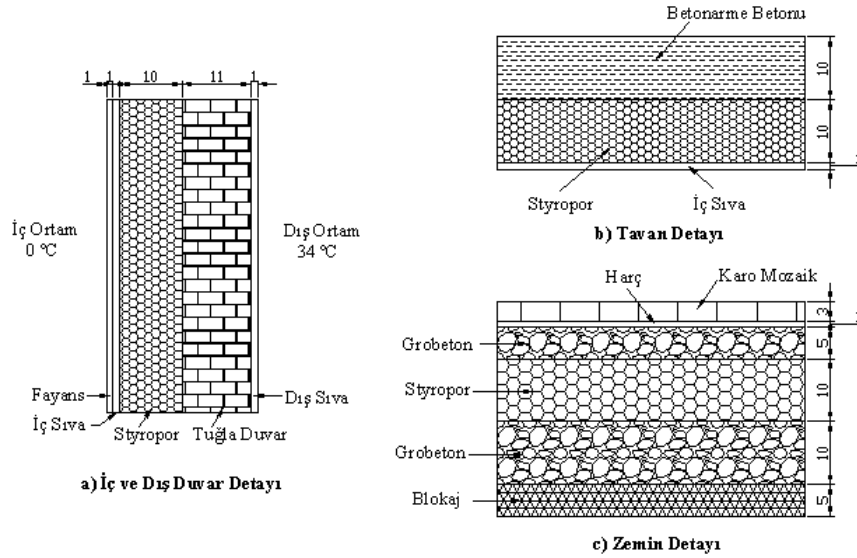
- i) Soğuk odanın bulunduğu il: Isparta
- ii) Depolanacak ürün: Elma
- iii) Depolanacak ürün miktarı: 60.000 kg
- iv) Oda sıcaklığı: 0 °C
- v) Odanın eni: 7m, boyu: 10m, yüksekliği: 4m
- vi) Soğutma Süresi: 20 saat

Soğuk odanın konumu itibariyle yönleri Şekil 4.1' de gösterilmektedir. Burada soğuk odanın 10 m lik duvarının 0 °C sıcaklıkta başka bir odayla bitişik olduğu görülmektedir.



Şekil 4.1. Örnek soğuk oda ve konumu

Şekil 4.2' de soğuk oda yüzeylerinin detayları verilmektedir.



Şekil 4.2. Soğuk oda detayları

Program çalıştırılıp Dosya menüsünden Yeni Proje komutu verildiğinde “Proje ve Soğuk Oda Bilgileri” arayüzü ekrana gelmektedir. Bu arayüz üzerindeki Hesapla butonuna tıklandığında “Ku Katsayısı” arayüzü açılmaktadır. Burada, Şekil 4.2’ de verilen oda detaylarına göre yüzeylerin ısı transfer katsayıları hesaplanmaktadır. Yüzeylerde kullanılan yapı malzemelerinin kalınlıkları mm olarak girilmelidir. Şekil 4.3’ de verilen ekran görüntüsü ilgili alanlar doldurulduktan sonra elde edilmektedir.

Değerleri Al butonuna tıklandığında veya enter tuşuna basıldığında “Proje ve Soğuk Oda Bilgileri” arayüzü tekrar ekrana gelmektedir. Hesaplanan K_u değerleri arayüz üzerindeki yerlerine atanmaktadır (Şekil 4.4).

Şekil 4.4’ den de görüldüğü gibi, doğu, batı ve güney taraftaki duvarlar dış ortam havası ile temasta olduğundan dolayı Dış seçeneği işaretlenmiştir. Kuzey tarafındaki duvar ise İç olarak işaretlenmiştir. Soğutucu akışkan olarak R22 gazı kullanılmaktadır. Buna uygun seçenek arayüz üzerinde işaretlenmektedir. Arayüz üzerindeki tüm kutucuklar uygun bir şekilde doldurulduktan sonra İLERİ butonuna tıklandığında veya enter tuşuna basıldığında “Transmisyon Isısı” arayüzü ekrana gelmektedir.

Ku Katsayısı

Ku Değerleri

Dış Duvar		İç Duvar			
Malzeme Cinsi	Kalınlık (mm)	Malzeme Cinsi	Kalınlık (mm)		
1.Malzeme	Döşeme-Karo Mozayik	10	1. Malzeme	Döşeme-Karo Mozayik,	10
2.Malzeme	Çimento Harç	10	2.Malzeme	Çimento Harç	10
3.Malzeme	Camyünü, Stropor, Ma	100	3.Malzeme	Camyünü, Stropor, Mant	100
4.Malzeme	Tugla-Delikli	110	4.Malzeme	Tugla-Delikli	110
5.Malzeme	Çimento Harç	10	5.Malzeme	Çimento Harç	10
6.Malzeme			6.Malzeme		

Tavan		Zemin			
Malzeme Cinsi	Kalınlık (mm)	Malzeme Cinsi	Kalınlık (mm)		
1.Malzeme	Beton-160	100	1.Malzeme	Döşeme-Karo Mozayik,	30
2.Malzeme	Camyünü, Stropor, Ma	100	2.Malzeme	Çimento Harç	10
3.Malzeme	Çimento Harç	10	3.Malzeme	Döşeme-Grobeton veya	50
4.Malzeme			4.Malzeme	Camyünü, Stropor, Mant	100
5.Malzeme			5.Malzeme	Döşeme-Grobeton veya	100
6.Malzeme			6.Malzeme	Döşeme Blok-ajı-Mozaik,	50

DEĞERLERİ AL

Şekil 4.3. Örnek K_u katsayısı hesabı arayüzü

Proje ve Soğuk Oda Bilgileri

Proje Bilgileri		Soğuk Oda Bilgileri	
Hesabı Yapan	Halil Çalışkan	Oda Eni (m)	7
İşin Adı	Elma Deposu	Oda Boyu (m)	10
Telefonu	*****	Oda Yüksekliği (m)	4
Adresi	Eğirdir	Oda Sıcaklığı (°C)	0
Şehir	Isparta	Dış Ortam Sıcaklığı (°C)	34
Tarih	12.05.2006	Tavan Sıcaklığı (°C)	32
		Zemin Sıcaklığı (°C)	15
		Doğu Tarafı Duvar Sic. °C	25
		Batı Tarafı Duvar Sic. °C	25
		Kuzey Tarafı Duvar Sic. °C	0
		Güney Tarafı Duvar Sic. °C	32
		Cihazın Çalışma Saati (h/gün)	20
		Kullanılacak Soğutucu Gaz	R22
		Dış Ortam Nemi %	35
		Oda Nemi %	90

Yüzeylerin Ku Değerleri	
	Ku
Dış Duvar	0,3
İç Duvar	0,29
Tavan	0,31
Zemin	0,3

Hazır Gir Hesapla

<<GERİ İLERİ>> İPTAL

Şekil 4.4. Örnek Proje ve Soğuk Oda Bilgileri arayüzü

“Transmisyon Isısı hesabı” arayüzü üzerinde tüm duvarlar, tavan ve zeminden olan ısı transferinin hesabı ayrıntılı olarak görülmektedir (Şekil 4.5). Soğuk odanın kuzey tarafında 0 °C sıcaklıkta başka bir oda olduğu için kuzey tarafından olan ısı kazancı sıfır olarak çıkmaktadır.

İLERİ butonuna tıklandığında veya enter tuşuna basıldığında ekrana “Hava Değişiminden Gelen Isı” arayüzü gelmektedir. Burada program, odanın hacmini bir önceki arayüzden almakta ve havanın yoğunluğunu 1,143 olarak otomatikman atamakta, 24 saatteki hava değişimini ise Ek-3’ de verilen hava değişimi tablosundan oda hacmine göre okumaktadır. Kullanıcı ise sadece dış hava ve iç havanın ısı tutumlarını Ek-4’ de verilen psikometrik diyagram üzerinden okumalıdır (Şekil 4.6).

Transmisyon Isısı

Oda Boyular: En: 7 Boy: 10 Yükseklik: 4 HACİM: 280 M3

Dış Ortam Sıcaklığı °C 34 Oda Sıcaklığı °C 0

	Eni (m)	Boyu (m)	Yüzey (m2)	Ku (kcal/h.m2.°C)	T	Bir Saatteki Isı Kazancı (kcal/h)	Günlük Isı Kazancı (kcal/gün)
Doğu	7	4	28	0,3	25	210	5040
Batı	7	4	28	0,3	25	210	5040
Kuzey	10	4	40	0,29	0	0	0
Güney	10	4	40	0,3	32	384	9216
Tavan	7	10	70	0,31	32	694,4	16656
Zemin	7	10	70	0,3	15	315	7560

Hesaplanan Değer

Toplam Transmisyon Isısı Kazancı (kcal/gün) : 43512

<<GERİ İLERİ>> İPTAL

Şekil 4.5. Örnek transmisyon ısı hesabı arayüzü

İLERİ butonuna tıklandığı veya enter tuşuna basıldığı takdirde, program bir sonraki arayüz olan “Mallardan Gelen Isı hesabı” arayüzüne geçiş yapmaktadır (Şekil 4.7). Burada, malların tamamının 5 günde depolanacağı düşünülerek, günlük 12000 kg elma hesaba katılmaktadır. Mal giriş sıcaklığı olarak 25 °C ve soğutma süresi olarak 20 saat alınmaktadır. Bu rakamlar tamamıyla bu depoya ve bu deponun bulunduğu

ortamın özelliklerine özgü şartlardır ve farklı durumlar için farklı rakamlar yazılması mümkündür. Soğuk depoya elmalar kasalar halinde yerleştirileceğinden dolayı depolama şekli olarak Kasa seçeneği işaretlenmektedir.

Şekil 4.6. Örnek hava değişiminden gelen ısı hesabı arayüzü

Şekil 4.7. Örnek mallardan gelen ısı hesabı arayüzü

Gerekli kutular doldurulduktan sonra HESAPLA butonuna tıklandığı takdirde, (1.12), (1.15) ve (1.16) denklemleri kullanılarak mallardan gelen toplam ısı kazancı hesaplanmaktadır. Program, yapılan hesapta, Ek-2 de verilen tablodan, elmanın donmadan önceki ısınma ısı değeri ve yükleme katsayısını almaktadır.

Bu arayüzdeki işlemlerde tamamlandıktan sonra İLERİ butonuna tıklanarak yada enter tuşuna basılarak “Oda İçinde Meydana Gelen Muhtelif Isılar” arayüzüne geçilmektedir Şekil (4.8).

Kategori	Adet	Ünitsel Değer	Süre (Saat/Gün)	TOPLAM (Kcal/Gün)
İnsan	2	Kişi	3	1800
Aydınlatma	4	Adet	4	1375
Elektrik Motoru	4	Adet	20	34393
Elektrik Defrost	12	Adet	2	10318
Diğerleri	2500	Kcal/Gün		2500
TOPLAM MUHTELİF ISI=				55424

Şekil 4.8. Örnek oda içinde meydana gelen muhtelif ısıların hesabı arayüzü

Bu arayüzde, depo içerisinde günde 2 kişinin 3 saat çalıştığı, 100 Watt'lık 4 lambanın 4 saat açık kaldığı, 500 Watt gücünde 4 adet fan motorunun 20 saat çalıştığı, 1000 Watt'lık 12 adet defrost rezistansının 2 saat eritme yaptığı ve bir

forkliftin 2500 Kcal ısı verdiği düşünülmekte ve bunlara göre hesaplama yapılmaktadır. Hesaplamalarda, birimi Watt olan değerler 0,860 ile çarpılarak Kcal/h' e dönüştürülmektedir. İLERİ butonuna tıklanarak veya enter tuşuna basılarak bir sonraki arayüze geçilmektedir.

“Günlük Toplam Isı Kazancı hesabı” arayüzünde (Şekil 4.9), hesaplanan ısı kazançları otomatikman alınmakta ve toplanmaktadır. Saatteki toplam ısı kazancını bulmak için ise çıkan rakam 24 saate bölünmekte, 0,860' a bölünmekte ve saatteki toplam ısı kazancı Watt olarak ekrana yansıtılmaktadır.

Günlük Toplam Isı Kazancı	
TRANSMİSYON ISISI	= 43512
HAVA DEĞİŞİMİNDEN GELEN ISI	= 16464
MALLARDAN GELEN ISI	= 477684
ODA İÇİNDE MEYDANA GELEN MUHTELİF ISILAR	= 55424
GÜNLÜK TOPLAM ISI KAZANCI (Kcal/gün)	= 593084
SAATTEKİ TOPLAM ISI KAZANCI (Watt)	= 25498

<<GERİ İLERİ>> İPTAL

Şekil 4.9. Örnek günlük toplam ısı kazancı hesabı arayüzü

İLERİ butonuna tıklandığı veya enter tuşuna basıldığında, “Basınç Kayıpları hesabı” arayüzü ekrana gelmektedir (Şekil 4.10).

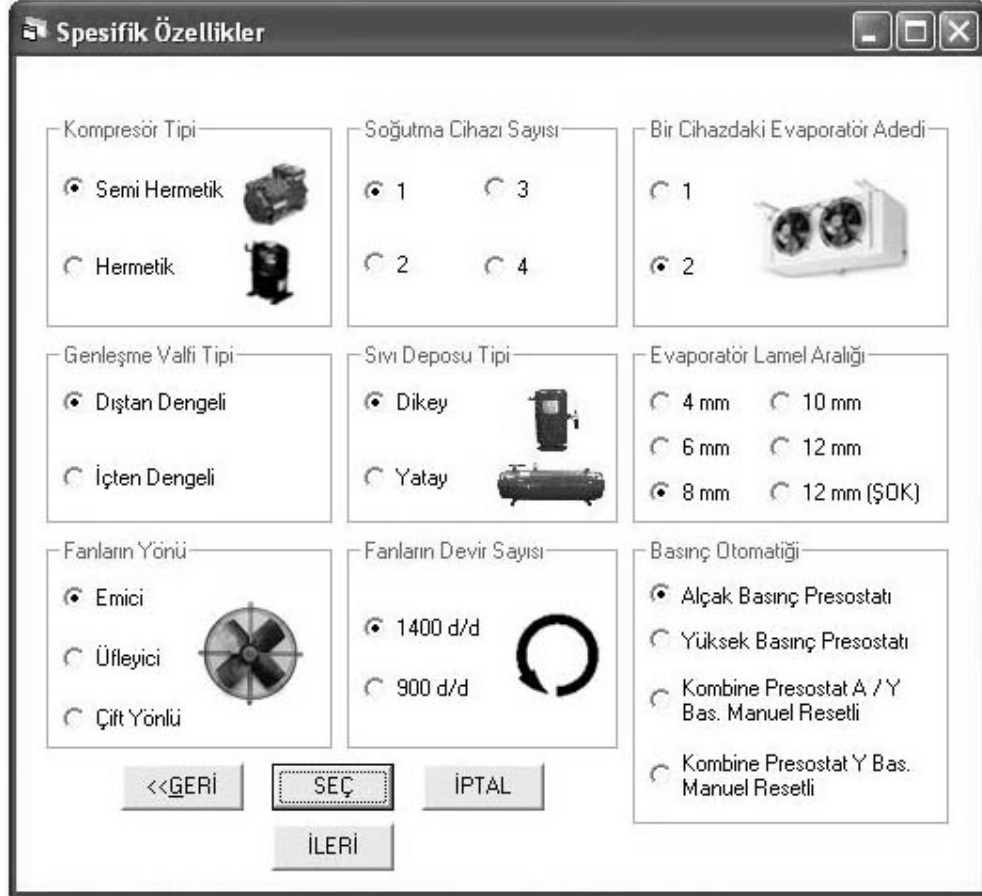
Sistemin basma hattının uzunluğu 3 m olarak alınmıştır. Bu hat üzerinde 4 adet 90° standart dirsek ve 1 adet ani daralma olduğundan ilgili kutucuklar doldurulmakta ve

işaretlenmektedir. Sıvı hattının uzunluğu 30 m hesaplanmaktadır ve hat üzerinde 4 adet 90° standart dirsek, 1 adet Tee düz geçiş ve 1 adet solenoid valf bulunmaktadır. Emiş hattının uzunluğu ise 40 m olarak belirlenmiştir. Bu hat üzerinde sadece 1 adet 90° standart dirsek bulunmaktadır.

Basma Hattı	Sıvı Hattı	Emiş Hattı
Boru Uzunluğu (m): 3	Boru Uzunluğu (m): 30	Boru Uzunluğu (m): 40
<input type="checkbox"/> Düz Kapama Valfi: 0	<input type="checkbox"/> Düz Kapama Valfi: 0	<input type="checkbox"/> Düz Kapama Valfi: 0
<input type="checkbox"/> Dirsek Kapama Valfi: 0	<input type="checkbox"/> Dirsek Kapama Valfi: 0	<input type="checkbox"/> Dirsek Kapama Valfi: 0
<input type="checkbox"/> Çek Valfi: 0	<input type="checkbox"/> Çek Valfi: 0	<input type="checkbox"/> Çek Valfi: 0
<input checked="" type="checkbox"/> 90° Standart Dirsek R/d=1: 4	<input checked="" type="checkbox"/> 90° Standart Dirsek R/d=1: 4	<input checked="" type="checkbox"/> 90° Standart Dirsek R/d=1: 4
<input type="checkbox"/> 90° Geniş Dirsek R/d=1,5: 0	<input type="checkbox"/> 90° Geniş Dirsek R/d=1,5: 0	<input type="checkbox"/> 90° Geniş Dirsek R/d=1,5: 0
<input type="checkbox"/> 45° Standart Dirsek: 0	<input type="checkbox"/> 45° Standart Dirsek: 0	<input type="checkbox"/> 45° Standart Dirsek: 0
<input type="checkbox"/> 180° Standart U Dönüş: 0	<input type="checkbox"/> 180° Standart U Dönüş: 0	<input type="checkbox"/> 180° Standart U Dönüş: 0
<input type="checkbox"/> "Tee" Yan Çıkış: 0	<input type="checkbox"/> "Tee" Yan Çıkış: 0	<input type="checkbox"/> "Tee" Yan Çıkış: 0
<input type="checkbox"/> "Tee" Düz Geçiş: 0	<input checked="" type="checkbox"/> "Tee" Düz Geçiş: 1	<input type="checkbox"/> "Tee" Düz Geçiş: 0
<input type="checkbox"/> Ani Daralma d/D=1/4: 0	<input type="checkbox"/> Ani Daralma d/D=1/4: 0	<input type="checkbox"/> Ani Daralma d/D=1/4: 0
<input checked="" type="checkbox"/> Ani Daralma d/D=1/2: 1	<input type="checkbox"/> Ani Daralma d/D=1/2: 0	<input type="checkbox"/> Ani Daralma d/D=1/2: 0
<input type="checkbox"/> Ani Genişleme D/D=1/4: 0	<input type="checkbox"/> Ani Genişleme D/D=1/4: 0	<input type="checkbox"/> Ani Genişleme D/D=1/4: 0
<input type="checkbox"/> Ani Genişleme d/D=1/2: 0	<input type="checkbox"/> Ani Genişleme d/D=1/2: 0	<input type="checkbox"/> Ani Genişleme d/D=1/2: 0
<input type="checkbox"/> Solenoid Valf: 0	<input checked="" type="checkbox"/> Solenoid Valf: 1	<input type="checkbox"/> Solenoid Valf: 0

Şekil 4.10. Örnek basınç kayıpları hesabı arayüzü

Gerekli işaretlemeler yapıp, alanlar doldurulduktan sonra İLERİ butonuna tıkladığı veya enter tuşuna basıldığı takdirde ekrana "Spesifik Özellikler" arayüzü gelmektedir (Şekil 4.11). Bu arayüz üzerinde, bazı parçaların seçiminde kullanıcının isteği göz önünde tutulmaktadır. Bu projede, kullanılacak kompresörün semi hermetik olması, 1 adet soğutma cihazı ve 2 adet evaporatör kullanılması istenmektedir. Ayrıca, dış dengelemeli kısılma vanası, dikey tip sıvı deposu, 8 mm lamel aralığına sahip evaporatör, emici ve 1400 d/d hıza sahip fanlar ve alçak basınç presostatı veritabanlarından seçim yapılması istenmektedir. Bunlar için gerekli seçenek kutucukları işaretlendikten sonra SEÇ ve İLERİ butonlarına tıklanarak bir sonraki arayüze geçilmektedir.



Şekil 4.11. Örnek Spesifik Özellikler arayüzü

“Seçilen Elemanlar” arayüzünde saatteki toplam ısı kazancına göre seçim işlemine başlanmaktadır ve program kompresör için hesaplanan kapasite değerini 25448 Watt olarak almaktadır (Şekil 4.12) . Daha sonra program oda şartlarına göre seçim işlemine başlamaktadır. Yani, veritabanında işlem yaparken, kondanzasyon sıcaklığını 40 °C, evaporasyon sıcaklığını -10 °C almaktadır. Bu şartlara uygun kapasite değerini veren kompresör olarak Komp-685-G model kompresörü seçmektedir.

Evaporörler 2 adet istendiğinden dolayı, toplam kapasite ikiye bölünmekte ve ona göre işlem yapılmaktadır. Veritabanı içerisinde, evaporasyon sıcaklığı -10 °C olan ve kapasitesi 12749 Watt’ a en yakın evaporatör aranmakta ve Evap-45 model evaporatör seçilmektedir.

Seçilen Elemanlar

SİSTEM SEÇİMİ 1. AŞAMA		SİSTEM SEÇİMİ 2. AŞAMA		SİSTEM SEÇİMİ 3. AŞAMA	
	Hesaplanan Kapasite - Ebat		Seçilen Model	Seçilen Kapasite - Ebat	Miktar (adet)
Kompresör	25448 Watt		Komp-685-G	26964 Watt	1
Evaporatör	12749 Watt		Evap-45	12724 Watt	2
Kondanseri	33435 Watt		Kond-86	33820 Watt	1
Fan	500 mm		Fan-500	500 mm	2
Genleşme Valfi	3,63 ton		Valf-3134	3,1 ton	2
Solenoid Valf	16 mm		SeValf-16	16 mm	1
Basınç Otomatığı	Alçak Basınç Pr		Basınç-185	Alçak Basınç Pr	1
Filtre	16 mm		Filtre-16	16 mm	1
Sıvı Deposu	32 lt		SıvıDepo-30	30 lt	1
Sıvı Ayırıcı	42 mm		SıvıAyırıcı-500	42 mm	1
Yağ Ayırıcı	22 mm		YağAyırıcı-22	22 mm	1
Titreşim Sönümleyici (Basma)	22 mm		Titreşim-22	22 mm	1
Titreşim Sönümleyici (Emme)	42 mm		Titreşim-42	42 mm	1

STK	2,92	Toplam Fiyat	4447
-----	------	--------------	------

Basma hattı boru çapı	22 mm
Sıvı hattı boru çapı	16 mm
Emiş hattı boru çapı	42 mm
Kond. - Sıvı Deposu hattı boru çapı	22 mm

Soğutma Çevrimi

22mm
22mm
42mm
16mm

Kondanseri
Sıvı Deposu
Kısıma Vanası
Evaporatör

Şekil 4.12. Örnek Seçilen Elemanlar arayüzü

Kondanseri kapasitesi olarak 33435 Watt değeri hesaplanmaktadır ve buna uygun olarak Kond-86 model 33820 Watt kapasitedeki kondanseri veritabanından seçilmektedir.

Kond-86 model kondanserielerde 2 adet 500mm çapında fan mevcut olduğundan dolayı fan miktarı 2 olarak belirtilmektedir.

Genleşme valfinin kapasitesi 3,63 ton olarak bulunmaktadır ve buna en yakın kapasiteyi veren 3,1 tonluk Valf-3134 model genleşme valfi seçilmektedir.

Basınç otomatikleri için hiçbir işlem yapılmamakta, bir önceki arayüzde seçilen alçak basınç otomatığı ekrana yansıtılmaktadır.

Kullanılması gereken soğutucu akışkan miktarı hesaplanarak elde edilen 32 lt' lik sıvı deposu kapasitesine göre seçim yapılmakta ve buna en yakın hacmi veren SıvıDepo-30 model 30 lt' lik sıvı deposu seçilmektedir.

Yapılan boru çapı hesapları sonucunda, basma hattında kullanılması gereken boru çapının 22 mm, sıvı hattı boru çapının 16 mm, kondanser-sıvı deposu arası hattın boru çapının 22 mm ve emiş hattı boru çapının 42 mm olduğu belirlenmektedir.

Sıvı hattının boru çapına uygun solenoid valf ve filtre seçimi yapılmaktadır. Boru çapı 16 mm olduğundan dolayı 16 mm' lik solenoid valf ve filtre seçilmektedir.

Yağ ayırıcı ve basma tarafındaki titreşim sönümleyici ebatı, basma hattı boru çapına göre belirlenmektedir. Bu projede kullanılan basma hattı boru çapı 22 mm olduğundan dolayı 22 mm' lik yağ ayırıcı ve titreşim sönümleyici seçilmektedir.

Sıvı ayırıcı ve emme tarafındaki titreşim sönümleyicinin ebatı ise, emiş hattı borusunun çapına göre belirlenmekte ve 42 mm alınmaktadır.

Sistemin STK değeri 2,92 olarak hesaplanmaktadır ve bu elemanlardan oluşan bir sistemin maliyeti ise 4,447.00 YTL olarak ekrana yansıtılmaktadır.

Şekil 4.12' de de görüldüğü gibi, her bir evaporatör için bir adet genişleme valfi kullanıldığından dolayı, kullanılması gereken genişleme valfi miktarına program otomatik olarak 2 değerini atamaktadır.

PROJEYİ KAYDET butonuna tıkladığında "Proje Kayıt" arayüzü ekrana gelmektedir (Şekil 4.13). RAKAMLARI GİR butonuna tıkladığımızda, girdiğimiz ve elde ettiğimiz çoğu veri ekrana getirilmektedir. Daha sonraki Projeyi Kaydet butonuna tıkladığımızda proje kaydedilmektedir.

Proje Kayıt

Proje ve Hesap Bilgileri

Hesabı Yapan	Halil Çalışkan	Transmisyon Isı Kazancı	43512	Watt
İşin Adı	Elma Deposu	Hava Değişiminden Gelen Isı	16464	Watt
Telefon	*****	Depolanan Ürün Miktarı	12000	kg
Adres	Eğirdir	Mal Giriş Sıcaklığı	25	°C
Şehir	İsparta	Depolanan Ürün	Elma-Golden	
Tarih	12.05.2006	Soğutma Süresi	20	h
Oda Eni	7	Depolama Şekli	Kasa	
Oda Boyu	10	Mallardan Gelen Isı	477684	Watt
Oda Yüksekliği	4	Muhtelif Isılar	55424	Watt
Oda Sıcaklığı	0	Günlük Isı Kazancı	25498	Watt

Seçilen Parça Bilgileri

Kompresör	Kond-685-G	Basınç Otomatığı	Basınç-185
Evaporatör	Evap-45	Filtre	Filtre-16
Kondanser	Kond-86	Sıvı Deposu	SıvıDepo-30
Fan	Fan-500	Sıvı Ayırıcı	SıvıAyırıcı-500
Genleşme Valfi	Valf-3134	Yağ Ayırıcı	YağAyırıcı-22
Solenoid Valf	SelValf-16	Titreşim Sönümleyici (Basma)	Titreşim-78
STK	2,92	Titreşim Sönümleyici (Emme)	Titreşim-158

RAKAMLARI GİR

İlk Kayıt

Önceki Kayıt

Sonraki Kayıt

Son Kayıt

Projeyi Kaydet

Proje Ara

Proje Değiştir

Proje Sil

İptal Et

<<Geri

ÇIKIŞ

Yazdır

39 / 39

Şekil 4.13. Örnek Proje Kayıt arayüzü

Geliştirilen program tarafından seçilen elemanlara bakıldığında, sistem için en optimum olanlarının seçildiği görülmektedir. Aşağıdaki çizelge, sistemde kullanılan kompresör ve evaporatörün kapasitelerinin değiştirilmesi durumunda sistemin soğutma tesir katsayısındaki değişimleri göstermektedir.

Çizelge 4.1. STK Değerlerinin Değişimi

Sistem Kapasitesi (Watt)	Kompresör		Evaporatör (Watt)	STK
	Kapasite (Watt)	Güç (Watt)		
25498	26964	8720	25448	2,92
25498	22649	7330	25448	3,47
25498	31633	10240	25448	2,48
25498	26964	8720	31350	3,59
25498	26964	8720	20352	2,33

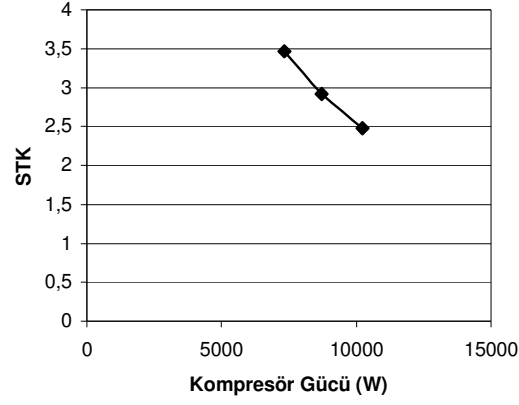
Çizelge 4.1' den görüldüğü gibi, seçilen 8720 Watt gücünde kompresör ve 25448 Watt kapasitedeki evaporatör ile STK değeri 2.92 elde edilmektedir. Daha küçük kapasite ve silindir hacmindeki kompresör seçildiğinde (22.649 Watt) ve aynı evaporatör kullanıldığında STK değeri artmakta ve 3.47 olmaktadır. Ancak kompresör kapasitesi evaporatör kapasitesinden ne kadar küçük olursa, o seviyede, soğutucu akışkanın buharlaşma sıcaklığı ve basıncı artmaktadır. Bunun sonucu, yeterli soğutma yapılamamakta ve kompresörde sıkışma ve aşırı zorlanma durumu olmaktadır.

Daha büyük kapasite ve silindir hacmindeki kompresör seçildiğinde (31633 Watt) ve aynı evaporatör için STK değeri 2.48 olarak elde edilmekte ve sistemin veriminin düştüğü görülmektedir. Aynı zamanda, daha öncede belirtildiği gibi, kompresör kapasitesi evaporatör kapasitesinden ne kadar büyük olursa, o miktarda, buharlaşma sıcaklığı ve basıncı düşmektedir. Hatta tesisin alçak basınç tarafı vakuma ineabilmektedir. Sonuçta sistem yeterli kapasitede soğutma yapamamakta ve kompresör gereğinden fazla enerji harcamaktadır.

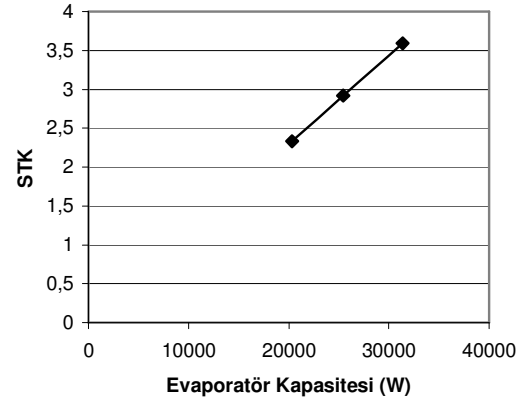
Aynı şekilde sistem için seçilen kompresör kullanıldığında ve kapasitesi daha yüksek bir evaporatör (31.350 Watt) kullanıldığında sistemin STK değeri artmakta ve 3.59 olarak elde edilmektedir. Ancak evaporatör kapasitesi artırıldığında kompresör kapasitesi yetersiz kalmakta ve yukarıda belirtilen sonuçlar ortaya çıkabilmektedir.

Daha küçük kapasiteli bir evaporatör (20.352 Watt) kullanıldığında ise, aynı kompresör için, STK değeri düşmekte ve 2.33 olmaktadır. Şekil 4.14 ve şekil 4.15' de elde edilen sonuçlar grafik halinde verilmektedir.

Sonuç olarak, sistem için seçilen kompresör ve evaporatörün en optimum elemanlar olduğu görülmektedir.



Şekil 4.14. Kompresör gücüne bağlı olarak STK' nın değişimi



Şekil 4.15. Evaporatör kapasitesine bağlı olarak STK' nın değişimi

Yapılan uygulamada R22 yerine R404a gazı kullanıldığı takdirde aşağıdaki sonuçlar elde edilmektedir.

Çizelge 4.2. R22 ve R404a soğutucu akışkanların karşılaştırılması

	R22	R404a
Maliyet	4,447.00 YTL	4,314.00 YTL
STK	2,92	2,78

Çizelge 4.2' den görüldüğü gibi aynı şartlardaki bir soğuk depo için R404a soğutucu akışkanı kullanılarak sistem seçimi yapıldığında sistem maliyeti ve STK azalmaktadır.

Çizelge 4.3. Boru çaplarının değişimi

	Hesaplanan Boru Çapları (mm)	Elemanların Boru Çapları (mm)
Basma Hattı	22	28
Kondanser-Sıvı Deposu	22	22
Sıvı Hattı	16	19
Emiş Hattı	42	35

Çizelge 4.3' de ise, basınç kayıplarına bağlı olarak hesaplanan boru çapları ile sistem elemanlarının giriş-çıkış çaplarına bağlı olarak seçilen boru çapları karşılaştırılmaktadır. Hesaplar sonucunda, basma ve sıvı hatları boru çaplarının daha düşük, kondanser-sıvı deposu arası boru çapının aynı, emiş hattı boru çapının ise daha büyük çıktığı görülmektedir. Maliyetler açısından bakıldığında, toplam boru maliyeti, hesaplar sonucunda 691.00 YTL, elemanlara göre seçim yapıldığında 618.00 YTL olarak bulunmaktadır. Yani boru maliyetlerinde artış görülmektedir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yapılan çalışmada, soğutma yükü hesabı ve bu yüke uygun olarak soğutma grubu elemanlarının seçimi bilgisayar programı ile yaptırılmaya çalışılmıştır. Soğutma gruplarının imalatında bu tür programların kullanılmasının imalat sektörüne katkıda bulunacağı düşünülmektedir. Bu şekilde yapılan imalatlarda, hem hesaplamalar için ayrılan süre en aza indirilecek hem de daha verimli sistemler ortaya konacaktır.

Çalışmada, soğutma sisteminde kullanılan her bir eleman için bir veritabanı hazırlanmış ve belirli hesaplar çerçevesinde bu veritabanı içerisinde en uygun elemanlar seçilmeye çalışılmıştır.

Hazırlanan program bilimsel amaçlı olduğu ve ticari kaygı gözetilmediği için kullanılan elemanlar seçilirken firmalara değinilmemiştir. Programda kullanılan veritabanları, üretimi yapılmakta olan elemanlar doğrultusunda oluşturulmuştur.

Yapılan çalışmada, program aracılığıyla yapılan eleman seçimleri ile piyasada uygulanmakta olan seçim kriterleri arasında fark olduğu gözlenmiştir. Örneğin, çoğu sanayi kuruluşunda, sistemin basma hattı ve emiş hattı boru çapları kompresörün basma ve emme borusu çapına göre belirlenirken, yapılan programda bunun doğru olmadığı gözlenmiştir. Yapılan farklı hesaplamalarda seçilen boru çapları, kompresörün basma ve emme çapından farklı değerler almıştır. Boru çaplarındaki değişme, sistemin basınç kayıpları, akışkan hızı ve yağın sürüklenbilmesinde etkili olduğundan sistem veriminde değişme olmaktadır. Ayrıca, hesaplar sonucunda kullanılan boruların maliyetinin, seçilen elemanlara göre kullanılan boruların maliyetlerinden daha düşük olduğu görülmektedir.

Hazırlanan programda, seçilen elemanlar doğrultusunda elde edilen STK değeri optimum olarak hesaplanmaktadır. Kompresör ve evaporatörün kapasitelerindeki değişimin sistem verimi üzerinde etkili olduğu görülmektedir.

Soğutma yükü hesabı ve sistem elemanlarının seçimi için harcanan süreye bakıldığında, yapılan program ile %80 mertebesinde zamandan tasarruf yapıldığı gözlenmiştir.

Program, yapılacak farklı çalışmalara bir ön fikir olarak hazırlanmıştır. Program çalışmalarına katkıda bulunarak, bu alanda yapılacak daha komplike uygulamalara basamak teşkil etmektedir.

Bilgisayar teknolojisi hızla gelişmektedir. Muhasebeden tasarıma kadar hemen hemen her alanda bilgisayar programları vazgeçilmez araçlar olarak kullanılmaktadır. Soğutma sektöründe faaliyet gösteren firmaların ve eğitim kurumlarının da bu tür programlardan yararlanılması şüphesiz doğru bir tercih olacaktır.

6. KAYNAKLAR

Akkurt, M., 1990. Makine Elemanları Cilt I, Birsen Yayınevi, İstanbul.

Ali, Y.M., Zhang, L., 2001. A Methodology For Fuzzy Modeling Of Engineering Systems, Fuzzy Sets and Systems, 181-197s.

Althouse, A.D., Turnquist, C.H., Bracciano, A.F., 1996. Modern Refrigeration and Air Conditioning, The Goodheart-Willcox Company, Inc, 1216s.

Altıparmak, Ö.D., 1999. Binalarda Isı Kazancına Bağlı Soğutma Yükünün Bilgisayarla Hesabı, İstanbul Teknik Üni. F.B.E., Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Aybers, N., 1992. Soğutma Makineleri, Birsen Yayınevi, İstanbul, 292s.

Bensinger, W.D., 1974. Motor Konstrüksiyonu, Güven Kitabevi, Ankara, 163s.

Buyens, J., 2003. Doludizgin Programlamaya Başlamak, Arkadaş Yayınevi, Ankara, 334s.

Cheng, Y.H., Shih, C., 2006. Maximizing The Cooling Capacity and COP of Two-Stage Thermoelectric Coolers Through Genetic Algorithm, Applied Thermal Engineering, 937-947s.

Çubukçu, F., 1999. Microsoft Visual Basic 6, ALFA Basın Yayım Dağıtım Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti., 495, İstanbul, 553s.

Dossat, R.J., 1997. Principles of Refrigeration, Prentice-Hall, Inc, New Jersey, 512s.

Danfoss Co., 1988. Collection of Instructions, Denmark, 334s.

Edalew, K.O., Abdalla, H.S., Nash, R.J., 2001. A Computer-Based Intelligent System For Automatic Tool Selection, *Materials and Design*, 337-351s.

Hocaoğlu, Ö., 2005. Visual Basic 6.0, Pusula Yayıncılık ve İletişim San. ve Tic. Ltd. Şti., İstanbul, 301s.

Jee, D.H., Kang, K.J., 2000. A Method For Optimal Material Selection Aided With Decision Making Theory, *Materials and Design*, 199-206s.

Jones, W.P., 1994. Air Conditioning Engineering, ARNOLD, London, 496s.

Karagülle, İ., Pala, Z., 1999. Microsoft Visual Basic 6.0 Pro, Türkmen Kitabevi, 146, İstanbul, 948s.

Kurbanoğlu, C., 2006. Makine Elamanları Teori, Konstrüksiyon ve Problemler, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 582s.

Lu, L., Cai W., Xie, L., Li, S., Soh, Y.C., 2005. HVAC System Optimization In-Building Section, *Energy and Buildings*, 11-22s.

Özkoł, N., 1985. Uygulamalı Sođutma Tekniđi, TMMOB Makine Mühendisleri Odası Yayını, 115, Ankara, 464s.

Özkoł, N., 2004. Uygulamalı Sođutma Tekniđi, TMMOB Makine Mühendisleri Odası Yayını, 115/6, Ankara, 722s.

Savaş, S., 2002. Soğuk Depoculuk ve Örneğ Proje Çalışmaları, Taner Ofset San. ve Tic. Ltd. Şti., Balıkesir, 80s.

Savaş, S., 2004. Soğutma Tekniği ve Örneğ Proje Çalışmaları, Taner Ofset San. ve Tic. Ltd. Şti., Balıkesir, 118s.

Selbaş, R., Kızılkın, Ö., şencan, A., Akalan, O.B., 2005. Soğutma Yüku Hesaplamaları İçin Alternatif Bir Yazılım, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Tesisat Mühendisliği Dergisi, Mayıs-Haziran 2005, Sayı:87, 43-48s.

Smith, C.L., Amundsen, M. C., 1999. Sams Teach Yourself Database Programming With Visual Basic 6 in 21 Days, Sams Publishing, USA, 882s.

Stoecker, W.F., 1998. Industrial Refrigeration Handbook, McGraw-Hill, New York, 782s.

Stoecker, W.F., 1958. Refrigeration and Air Conditioning, McGraw-Hill, New York, 397s.

Taner, K., 1987. Soğutma Tekniği, Anadolu Üniversitesi Eğitim, Sağlık ve Bilimsel Araştırma alışmaları Vakfı Yayını, 51, Eskişehir, 242s.

Wostrel, J.F., Praetz, J.G., 1938. Household Electric Refrigeration, McGraw-Hill, New York, 406s.

Yamankaradeniz, R., Horuz, İ., Coşkun, S., 2002. Soğutma Tekniği ve Uygulamaları, Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı, 203, Bursa, 607s.

www.demirdokum.com

www.danfoss.com

www.friterm.com

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Halil ÇALIŞKAN

Doğum Yeri : Ankara

Doğum Yılı : 1982

Medeni Hali : Bekar

Eğitim ve Akademik Durumu :

Lise 1996 – 1999 İncirli Lisesi

Lisans 1999 – 2003 Süleyman Demirel Üniversitesi - Makine Müh. Bölümü

Yabancı Dil : İngilizce

İş Deneyimi :

2006 - : Süleyman Demirel Üniversitesi – Fen Bilimleri Enstitüsü

2003 – 2006 : Isparta Pırlanta Soğutma Sistemleri Sanayi ve Tic. Ltd. Şti.

EKLER

- Ek 1. Yaz dizayn dış hava sıcaklıkları
- Ek 2. Gıda maddeleri için uzun süreli soğuk oda muhafazası doneleri
- Ek 3. Soğuk oda kapı açılmalarından meydana gelen hava değişimi
- Ek 4. Psikometrik diyagram
- Ek 5. Meyve ve sebzelerin, muhafaza edildikleri sıcaklıklara göre ürettikleri olgunlaşma-solunum ısısı (Kcal/ton gün)
- Ek 6. Kondanser ısısı / Evaporatör ısısı oranları
- Ek 7. R22 soğutucu akışkanın basınç-entalpi diyagramı
- Ek 8. R22 soğutucu akışkanın doymuş sıvı ve doymuş buhar özellikleri
- Ek 9. R404a soğutucu akışkanın basınç-entalpi diyagramı
- Ek 10. R404a soğutucu akışkanın doymuş sıvı ve doymuş buhar özellikleri
- Ek 11. Beher kcal/h net soğutma kapasitesi için yaklaşık olarak dolaşımı gereken soğutucu akışkan miktarı (g/h) olarak.
- Ek 12. R22 emiş boruları için seçim tablosu ve akış debileri (kg/h)
- Ek 13. R22 basma/sıcak gaz boruları için seçim tablosu ve akış debileri (kg/h)
- Ek 14. R22 sıvı/likit boruları için seçim tablosu ve akış debileri (kg/h)
- Ek 15. R22 için kondanser ile soğutucu akışkan deposu arası boru çapı seçim tablosu ve akış debileri (kg/h)
- Ek 16. Boru aksamındaki basınç kayıplarının eşdeğer boru uzunluğu cinsinden karşılıkları (m)

Ek 1. Yaz dizayn dış hava sıcaklıkları (Yamankaradeniz, vd., 2002)

Şehir Adı	Kuru Term. °C	Yaş Term. °C	Şehir Adı	Kuru Term °C	Yaş Term °C
Adana (Şehir)	38	26	İstanbul	33	24
Adıyaman	38	22	İzmir	37	25
Afyon	34	21	Kars	30	20
Ağrı	34	25	Kastamonu	34	22
Amasya	31	21	Kayseri	36	23
Ankara	35	21	Kırklareli	35	25
Antalya	39	28	Kırşehir	35	21
Artvin	30	26	Kocaeli (izmit)	36	25
Aydın	39	26	Konya	34	22
Balıkesir	38	27	Kütahya	33	21
Bilecik	34	23	Malatya	38	21
Bingöl	33	21	Manisa	40	26
Bitlis	34	22	Kahramanmaraş	36	22
Bolu	34	24	Mardin	38	23
Burdur	36	21	Muğla	37	22
Bursa	37	25	Muş	32	20
Çanakkale	34	25	Nevşehir	28	17
Çankırı	34	25	Niğde	34	20
Çorum	29	19	Ordu	30	22
Denizli	38	24	Rize	30	26
Diyarbakır	42	23	Sakarya (Adapazarı)	35	25
Edirne	36	25	Samsun	32	25
Elazığ	38	21	Siirt	40	23
Erzincan	36	22	Sinop	30	25
Erzurum	31	23	Sivas	33	20
Eskişehir	34	24	Tekirdağ	33	25
Gaziantep	39	23	Tokat	29	20
Giresun	29	25	Trabzon	31	25
Gümüşhane	33	23	Tunceli	37	22
Hakkari	34	20	Ş.Urfa	43	24
Hatay (Antakya)	37	28	Uşak	35	22
Hatay (İskenderun)	37	29	Van	33	21
Isparta	34	21	Yozgat	32	20
İçel (Mersin)	35	29	Zonguldak	32	25
İçel (Tarsus)	36	28			

Ek 2. Gıda maddeleri için uzun süreli soğuk oda muhafazası doneleri (Özkol, 2004)

Gıda Malzemesinin Cinsi -Tanımı	Muhafaza Sıcaklığı (°C)	Oda Nemi (%)	Takribi Muhafaza Süresi(*)	İçindeki Su Miktarı (% Ağırlık)	Donma Noktası (°C)	Isınma Isısı Kcal/Kg.(°C)		Donma Isısı (Kcal/Kg.)
						Donmadan Önce	Donmadan Sonra	
Armut-Normal-Yeşil	0	90-95	1-2 H	74	-1	0.79	0.42	59.4
Ananas-Olgun-Taze	7	85-90	2-4 H	85	-1	0.88	0.46	68.3
Ayva	0(-)	90	2-3 A	85	-2	0.88	0.46	68.1
Bal	<=+10	-	1 S(+)	18	-	0.34	0.26	13.6
Balık-Taze	-1/+2	90-95	5-15 G	60-80	-2.2	0.7-0.9	-	50-68.3
Balık-Dondurulmuş	-23/-29	90-95	6-12 A	62-85	-	-	-38/0.45	50-68.3
Balık-Salamura (Tuzlu)	+4/+10	90-95	10-12 A	-	-	0.76	0.41	56
Bamya-Taze	+7/+10	90-95	7-10 G	90	-2	0.92	0.47	72
Bezelye-Yeşil	0	95	1-3 H	74	-0.6	0.8	0.42	59.2
Bira-Fıçı	+2/+4	-	3-8 H	90	-2	0.92	0.47	72.1
Bira-Şişe/Kutu	+2/+4	<=65	3-6 A	90	-	-	-	-
Ciğer-Taze	0/+1	90	1-5 G	70	-1.7	0.76	-	56
Ciğer-Dondurulmuş	-12/-18	90-95	2-4 A	70	-1.7	-	0.41	56
Çikolata	-18/+1	40	6-12 A	1	-	0.21	0.2	0.8
Çilek-Taze	0(-)	90-95	5-7 G	90	-0.8	0.92	0.47	72.1
Domates-Yeşil	+13/+21	85-90	1-3 H	93	-0.6	0.95	0.48	74.5
Domates-Kızarmış	+7/+10	85-90	4-7 G	94	-0.5	0.95	0.48	75.2
Dondurma	-25/-29	-	3-20 A	63	-5.6	0.71	0.39	50.4
Elma-Golden	-1/+4	90	3-8 A	84	-1.1	0.88	0.45	67.2
Ekmek-Ambalajlı	-18	-	3-13 H	32-37	-	0.48	0.31	25.6/29.6
Enginar	0(-)	90-95	1-2 H	84	-1.5	0.87	0.45	67.2
Erik	0(-)	90-95	3-4 H	86	-0.8	0.89	0.46	68.9
Et-Sığır-Taze	0/+1	88-92	1-6 H	62/77	-2	0.7/0.8	-	49.6/61.6
Et-Sığır-Donmuş	-18/-23	90-95	9-12 A	-	-	-	0.39/0.43	49.6/61.6
Et-Kuzu-Taze	0/+1	85-90	5-12 G	60-70	-2	0.68/0.76	-	48/56
Et-Kuzu-Donmuş	-18/-23	90-95	8-10 A	-	-	-	0.38/0.41	48/56
Et-Domuz-Taze	0/+1	85-90	3-7 G	32-44	-2	0.46/0.55	-	25.8/35.3
Et-Domuz-Donmuş	-18/-23	90-95	4-6 A	-	-	-	0.30/0.33	-
Et-Dana-Taze	0/+1	90-95	5-10 G	64-70	-2	0.71/0.76	0.39/0.41	51.5/56
Greyfurt	+10/+16	85-90	4-6 H	89	-1.1	0.92	0.47	71.3
Havuç-Ambalajlı	0	98-100	4-6 H	88	-1.4	0.91	0.46	70.5
Hindi	0	95	2-3 H	93	0(-)	0.95	0.48	74.5
Ispanak	0	95	10-14 G	93	0(-)	0.95	0.48	74.5
İncir-Kuru	0/+4	50-60	9-12 A	23	-	0.39	0.27	18.4
İncir-Taze	0(-)	85-90	7-10 G	78	-2.5	0.83	0.44	62.5
İstakoz	+5/+10	Deniz suyu	Uzun Süre	79	-2.2	0.84	0.44	63.2
Kabuklu Deniz Hay.-Taze	0.5	95-100	5-8 G	80-87	-2.5	0.84/0.90	-	64-70
Kabuklu Deniz Hay.-Don.	-18/-29	90-95	3-8 A	-	-	-	0.44/0.46	64-70
Kara Lahana	0	90-95	1-2 H	87	0.5	0.89	0.46	69.5
Karides	-1/+1	95-100	12-14 G	76	-2.2	0.81	0.43	60.8
Karpuz	+4/+10	80-90	2-3 H	93	-0.4	0.95	0.48	74.5
Kabak	0/+4.5	85-95	5-14 G	94	-0.5	0.96	0.48	75.3
Kayıt-Zerdali	0	90	1-2 H	85	-1.1	0.88	0.46	68
Karnabahar	0	95	2-4 H	92	-1	0.94	0.48	73.7
Kavun	+7/+10	90-95	3-4 H	93	-1	0.95	0.48	74.5
Kavun-Kışlık	+7/+10	90-95	4-8 H	-	-	0.95	0.48	74.5
Kereviz	0	95	2-4 A	94	-0.5	0.95	0.48	75.6

Kiraz-Sert	-1	90-95	2-3 H	80	-2	0.84	0.44	64
Kuş Üzümlü-Taze	0(-)	90-95	10-14 G	85	-1	0.88	0.45	67.2
Krema/Kaymak	-26	-	Birkaç Ay	73	-	0.78	0.42	58.2
Lahana	0	90-95	3-4 A	92	-1	0.94	0.47	73.9
Limon	0/+10	85-90	1-6 A	89	-1.4	0.92	0.47	71.2
Mandalina	0/+3	85-90	2-3 H	87	-1.1	0.9	0.46	69.7
Mantar-Taze	0	90	3-4 G	91	-1	0.93	0.47	72.8
Margarin	2	60-70	1 S(+)	16	-	0.33	0.25	12.8
Marul	0	95	2 H	95	0(-)	0.96	0.48	76.2
Maydanoz	0	95	1-2 A	85	-1	0.88	0.46	68
Maya (Hamur)	0(-)	-	-	71	-	0.77	0.42	56.8
Muz-Taze	0	95	4-8 G	74	-0.6	0.79	0.42	59.2
Meyve-Dondurulmuş	-18/-23	90-95	6-12 A	-	-	-	-	-
Muz	15	85-95	8-10 G	75	-1	0.8	0.43	60.5
Nar	0	90	2-4 H	82	-3	0.86	0.45	65.7
Patates-Taze	10/13	90	2 A	81	-0.6	0.85	0.44	65
Patates-Son Ürün	3/10	90-95	5-8 A	78	-0.7	0.83	0.44	62.4
Patlıcan	7/10	90-95	7-10 G	93	-1	0.95	0.48	74.5
Portakal	0/9	85-90	3-12 H	87	-1	0.9	0.46	69.7
Portakal Suyu	-1/2	-	3-6 H	89	-	0.92	0.47	71.3
Peynir	-1/4	65-70	6-12 A	30-60	-10/-15	0.5	0.31	30
Pirasa	0	95	1-3 A	85	-0.7	0.88	0.46	68.1
Salatalık	10/13	90-95	10-14 G	96	-0.5	0.97	0.49	76.8
Soğan-Kuru	0	65-75	1-8 A	88	-1	0.91	0.47	70.4
Soğan-Taze	0	95	3-4 H	89	-0.9	0.92	0.47	71.3
Sosis	0	85	1-3 H	56	-1.7	0.65	0.37	44.3
Süt-Pastörize	0/1	-	2-4 A	87	-0.6	0.9	0.46	70
Süt Tozu	7/21	Dışık	6-9 A	2-3	-	0.22	0.22	2.4
Şeftali	0(-)	90	2-4 H	89	-1	0.92	0.47	71.3
Tatlı Patates	13/16	85-90	4-7 A	69	-1.3	0.76	0.41	55.2

(*): H: Hafta A: Ay S: Sene

Ek 3. Soğuk oda kapı açılmalarından meydana gelen hava değişimi (Özkol, 2004)

Odanın net iç hacmi (m ³)	24 saatte hava değişimi		Odanın net iç hacmi (m ³)	24 saatte hava değişimi	
	Oda sıcaklığı 0°C üstünde	Oda sıcaklığı 0°C altında		Oda sıcaklığı 0°C üstünde	Oda sıcaklığı 0°C altında
5	50.1	38	500	3.7	2.8
10	31.1	24.2	625	3.3	2.5
15	25.3	19.6	750	2.9	2.3
20	21.2	16.9	1000	2.5	1.9
25	18.7	14.9	1250	2.2	1.7
30	16.7	13.5	1800	1.66	1.42
40	14.3	11.7	2400	1.43	1.22
50	12.8	8.0	4000	1.23	0.99
75	10.1	6.7	5000	1.17	0.93
100	8.7	6.0	6000	1.11	0.86
125	7.7	5.4	8000	1.05	0.85
150	7.0	4.5	10000	0.97	0.83
200	5.9	4.1	12000	0.91	0.81
250	5.3	3.2	14000	0.67	0.80
375	4.2	3.2	14000	0.87	0.80

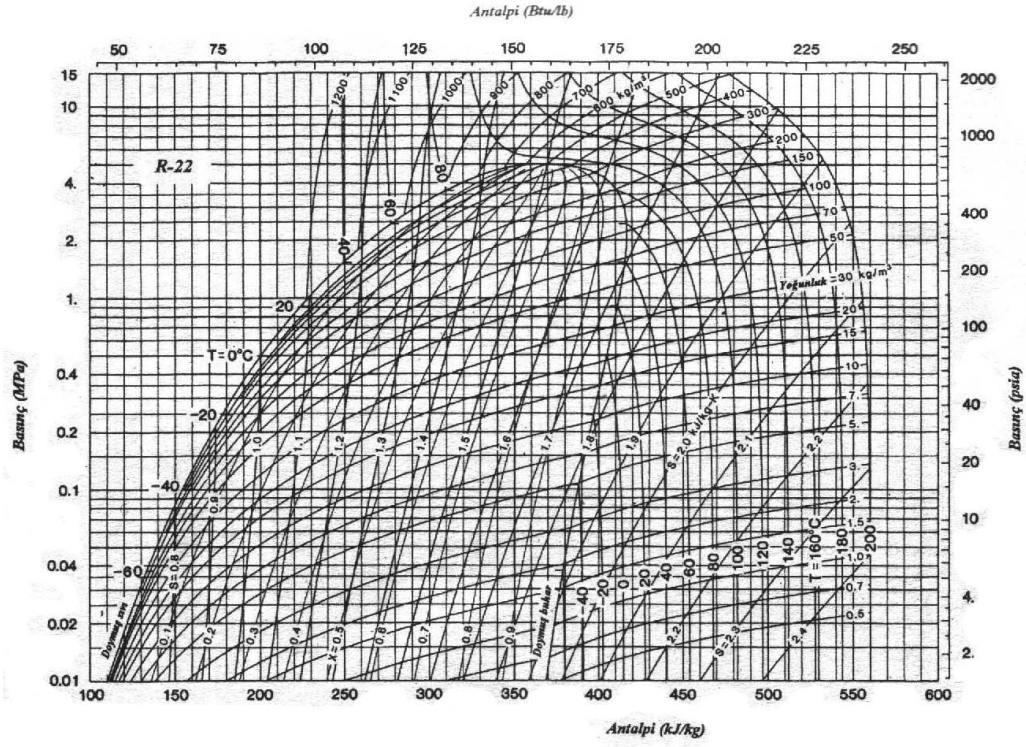
Ek 5. Meyve ve sebzelerin, muhafaza edildikleri sıcaklıklara göre ürettikleri olgunlaşma-solunum ısı (Kcal/ton gün) (Özkoç, 2004)

Meyve ve Sebzenin Cinsi	Gösterilen muhafaza sıcaklığında 1000 kg'ın Günde Ürettiği Isı (kcal/ton x 24 saat)			
	0°C	+5°C	+10°C	+15°C
Armut (Değişik Türleri)	150-375	280-860	430-1180	840-2970
Ayva	250	395	—	1609(16°C)
Bamya	—	3045	4820	8050
Bezelye	2270	—	—	10960 (16°C)
Brüksel Lahanası	860-1325	1775-2670	3475-4670	5270-5900
Biber	764	—	—	2394 (16°C)
Çilek	675-975	900-1030	2710-5230	3925-5100
Domates	—	—	785	1475
Elma (Değişik Türleri)	190-225	280-395	766-1140	765-1720
Enginar	1250-2485	1755-3310	3000-5435	4280-8000
Erik	110-170	225-505	505-635	655-690
Fasulye (Yeşil)	1320	1890-1925	3000-3215	4700-5160
Greyfurt	—	289	375-500	640-710
Havuç	860	1085	1740	2190
Hurma (Taze)	186	247	475	—
Ispanak	—	2540	6110	10000
İncir (Taze)	—	600-730	1215-1270	2710-3500
Kayısı	280-320	355-500	620-1050	1180-2000
Karnıbahar	990-1330	1140-1515	1870-2700	2540-4520
Kavun	280-320	490-560	860	1870-2130
Kabak	655-710	785-1030	1925-2020	4150-5000
Karpuz	—	170-225	410	—
Kiraz	225-300	525-785	—	1380-2500
Kuşkonmaz (Asparagus)	1515-4430	3000-7530	5025-16850	8800-18120
Lahana	225-750	525-1180	675-1610	1235-3160
Limon	170	280	620	880
Mantar	1550-2410	3925	5550	—
Marul	1270	1625	2170	3475
Mısır (Tatlı)	2335	4300	6185	9000
Muz	—	—	1215-2170	1625-3065
Pancar	743	1135	—	2000 (16°C)
Portakal	170-220	260-355	655-750	710-1250
Pırasa	525-900	1085-1610	2950-3755	4580-6465
Patates	—	320-375	375-560	375-655
Salatalık	—	—	1270-1610	1325-1830
Sarımsak	170-600	320-540	500-545	600-1515
Soğan (Taze)	580-1235	955-3755	2000-3250	3645-5380
Soğan (Kuru)	130-170	190-375	395	615
Şeftali	210-355	355-505	860	1830-2335
Tatlı Patates	—	970	—	—
Üzüm (Taze)	75-130	170-320	450	560-655
Vişne	320-730	710-730	—	1515-2765

Ek 6. Kondanser ısısı / Evaporatör ısısı oranları (Yamankaradeniz, vd., 2002)

Soğutucu Akışkan	Yoğuşma Sıcaklığı (°C)	Emiş (Buharlaşma) Sıcaklığı (°C)										
		-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	+5	+10
R - 22	25	1,37	1,33	1,29	1,25	1,21	1,18	1,15	1,12	1,10	1,08	-
	30	1,41	1,37	1,33	1,29	1,25	1,21	1,18	1,15	1,12	1,10	-
	35	1,46	1,41	1,36	1,32	1,28	1,24	1,21	1,18	1,15	1,13	-
	40	1,51	1,46	1,41	1,36	1,31	1,27	1,24	1,21	1,18	1,15	-
	45	1,56	1,51	1,46	1,41	1,36	1,31	1,27	1,24	1,21	1,18	-
R - 12	25	-	1,32	1,28	1,25	1,22	1,19	1,16	1,13	1,10	1,08	1,06
	30	-	1,36	1,32	1,28	1,25	1,22	1,19	1,15	1,13	1,10	1,08
	35	-	1,40	1,36	1,32	1,28	1,24	1,21	1,18	1,15	1,12	1,10
	40	-	1,45	1,40	1,36	1,32	1,28	1,24	1,20	1,17	1,14	1,12
	45	-	1,50	1,45	1,40	1,36	1,32	1,28	1,24	1,21	1,18	1,15
	50	-	1,56	1,50	1,45	1,40	1,36	1,32	1,28	1,24	1,21	1,18
Amonyak	20	-	1,29	1,25	1,22	1,19	1,16	1,13	1,10	1,07	1,05	-
	25	-	1,32	1,28	1,25	1,22	1,18	1,15	1,12	1,10	1,08	-
	30	-	1,35	1,32	1,28	1,25	1,22	1,18	1,15	1,13	1,11	-
	35	-	1,39	1,35	1,31	1,27	1,24	1,21	1,18	1,15	1,13	-
	40	-	1,43	1,39	1,35	1,31	1,27	1,24	1,21	1,18	1,15	-
	45	-	1,47	1,43	1,38	1,34	1,30	1,26	1,23	1,20	1,17	-

Ek 7. R22 soğutucu akışkanın basınç-entalpi diyagramı (Yamankaradeniz, vd., 2002)



Ek 8. R22 soğutucu akışkanın doymuş sıvı ve doymuş buhar özellikleri
(Yamankaradeniz, vd., 2002)

T (°C)	P _d (kPa)	v _s x1000 (m ³ /kg)	v _b (m ³ /kg)	h _s (kJ/kg)	h _b (kJ/kg)	u _s (kJ/kg)	u _b (kJ/kg)	s _s (kJ/kgK)	s _b (kJ/kg K)
-140,00		0,6000	862,91923	58,00	340,40	58,00	340,40	0,2820	2,4030
-135,00		0,6040	404,34016	62,90	342,80	62,90	342,80	0,3180	2,3440
-130,00	0,10	0,6080	201,30813	67,70	345,20	67,70	325,07	0,3520	2,2910
-125,00	0,10	0,6130	105,79712	72,40	347,50	72,40	336,92	0,3850	2,2420
-120,00	0,30	0,6170	58,36118	77,10	349,90	77,10	332,39	0,4160	2,1970
-115,00	0,50	0,6220	33,62554	81,80	352,20	81,80	335,39	0,4460	2,1560
-110,00	0,80	0,6270	20,14814	86,50	354,60	86,50	338,48	0,4750	2,1180
-105,00	1,30	0,6320	12,50609	91,20	357,00	91,20	340,74	0,5030	2,0840
-100,00	2,10	0,6370	8,01595	95,90	359,40	95,90	342,57	0,5310	2,0530
-95,00	3,20	0,6420	5,28946	100,60	361,80	100,60	344,87	0,5580	2,0240
-90,00	4,90	0,6470	3,58367	105,30	364,30	105,30	346,74	0,5840	1,9980
-85,00	7,20	0,6520	2,48717	110,10	366,70	110,10	348,79	0,6100	1,9740
-80,00	10,50	0,6580	1,76449	114,90	369,20	114,89	350,67	0,6350	1,9510
-75,00	14,80	0,6640	1,27716	119,80	371,60	119,79	352,70	0,6600	1,9310
-70,00	20,50	0,6700	0,94155	124,70	374,10	124,69	354,80	0,6840	1,9120
-65,00	28,00	0,6760	0,70591	129,60	376,60	129,58	356,83	0,7080	1,8950
-60,00	37,50	0,6820	0,53746	134,60	379,00	134,57	358,85	0,7320	1,8780
-55,00	49,50	0,6890	0,41506	139,70	381,40	139,67	360,85	0,7550	1,8640
-50,00	64,40	0,6950	0,32473	144,80	383,80	144,76	362,89	0,7790	1,8500
-48,00	71,20	0,6980	0,29537	146,90	384,80	146,85	363,77	0,7880	1,8440
-46,00	78,70	0,7010	0,26916	149,00	385,70	148,94	364,52	0,7970	1,8390
-44,00	86,80	0,7040	0,24572	151,10	386,70	151,04	365,37	0,8060	1,8340
-42,00	95,50	0,7060	0,22471	153,20	387,60	153,13	366,14	0,8150	1,8300
-40,80b	101,10	0,7082	0,21313	154,50	388,20	154,43	366,65	0,8210	1,8270
-40,00	104,90	0,7090	0,20584	155,30	388,50	155,23	366,91	0,8250	1,8250
-38,00	115,00	0,7120	0,18886	157,50	389,50	157,42	367,78	0,8340	1,8200
-36,00	125,90	0,7150	0,17356	159,60	390,40	159,51	368,55	0,8430	1,8160
-34,00	137,60	0,7180	0,15974	161,70	391,30	161,60	369,32	0,8520	1,8110
-32,00	150,10	0,7210	0,14723	163,90	392,20	163,79	370,10	0,8610	1,8070
-30,00	163,40	0,7250	0,13590	166,10	393,10	165,98	370,89	0,8690	1,8030
-28,00	177,70	0,7280	0,12562	168,30	394,00	168,17	371,68	0,8780	1,7990
-26,00	192,90	0,7310	0,11626	170,40	394,90	170,26	372,47	0,8870	1,7950
-24,00	209,10	0,7340	0,10774	172,70	395,70	172,55	373,17	0,8960	1,7910
-22,00	226,40	0,7380	0,09998	174,90	396,60	174,73	373,97	0,9050	1,7880
-20,00	244,70	0,7410	0,09288	177,10	397,40	176,92	374,67	0,9140	1,7840
-18,00	264,20	0,7440	0,08639	179,30	398,30	179,10	375,48	0,9220	1,7810

Ek 8-Devamı. R22 soğutucu akışkanın doymuş sıvı ve doymuş buhar özellikleri
(Yamankaradeniz, vd., 2002)

T (°C)	P _d (kPa)	v _s ×1000 (m ³ /kg)	v _b (m ³ /kg)	h _s (kJ/kg)	h _b (kJ/kg)	u _s (kJ/kg)	u _b (kJ/kg)	s _s (kJ/kgK)	s _b (kJ/kg K)
-16,00	284,80	0,7480	0,08044	181,60	399,10	181,39	376,19	0,9310	1,7770
-14,00	306,70	0,7510	0,07498	183,80	399,90	183,57	376,90	0,9400	1,7740
-12,00	329,80	0,7550	0,06997	186,10	400,80	185,85	377,72	0,9490	1,7700
-10,00	354,20	0,7590	0,06536	188,40	401,60	188,13	378,45	0,9570	1,7670
-8,00	380,00	0,7630	0,06112	190,70	402,30	190,41	379,08	0,9660	1,7640
-6,00	407,10	0,7660	0,05720	193,00	403,10	192,69	379,81	0,9740	1,7610
-4,00	435,70	0,7700	0,05359	195,30	403,90	194,96	380,55	0,9830	1,7580
-2,00	465,80	0,7740	0,05024	197,70	404,60	197,34	381,20	0,9910	1,7550
0,00	497,50	0,7780	0,04715	200,00	405,40	199,61	381,94	1,0000	1,7520
2,00	530,70	0,7820	0,04428	202,40	406,10	201,98	382,60	1,0080	1,7490
4,00	565,60	0,7870	0,04163	204,70	406,80	204,25	383,26	1,0170	1,7460
6,00	602,10	0,7910	0,03916	207,10	407,50	206,62	383,92	1,0250	1,7430
8,00	640,40	0,7950	0,03686	209,50	408,20	208,99	384,59	1,0340	1,7410
10,00	680,50	0,8000	0,03472	211,90	408,90	211,36	385,27	1,0420	1,7380
12,00	722,50	0,8050	0,03273	214,30	409,50	213,72	385,85	1,0510	1,7350
14,00	766,30	0,8090	0,03088	216,80	410,20	216,18	386,54	1,0590	1,7330
16,00	812,10	0,8140	0,02914	219,20	410,80	218,54	387,13	1,0670	1,7300
18,00	859,90	0,8190	0,02753	221,70	411,40	221,00	387,73	1,0760	1,7270
20,00	909,70	0,8240	0,02601	224,10	412,00	223,35	388,34	1,0840	1,7250
22,00	961,70	0,8300	0,02459	226,60	412,60	225,80	388,95	1,0920	1,7220
24,00	1015,80	0,8350	0,02326	229,10	413,10	228,25	389,47	1,1010	1,7200
26,00	1072,10	0,8400	0,02202	231,70	413,60	230,80	390,00	1,1090	1,7170
28,00	1130,70	0,8460	0,02085	234,20	414,20	233,24	390,63	1,1170	1,7150
30,00	1191,70	0,8520	0,01975	236,80	414,60	235,78	391,07	1,1260	1,7120
32,00	1255,00	0,8580	0,01871	239,30	415,10	238,22	391,62	1,1340	1,7100
34,00	1320,70	0,8640	0,01774	241,90	415,50	240,76	392,07	1,1420	1,7070
36,00	1389,00	0,8700	0,01682	244,50	416,00	243,29	392,64	1,1500	1,7050
38,00	1459,80	0,8770	0,01596	247,20	416,40	245,92	393,11	1,1590	1,7030
40,00	1533,30	0,8840	0,01514	249,80	416,70	248,44	393,49	1,1670	1,7000
42,00	1609,40	0,8910	0,01437	252,50	417,00	251,07	393,88	1,1750	1,6970
44,00	1688,30	0,8980	0,01364	255,20	417,30	253,68	394,28	1,1840	1,6950
46,00	1770,00	0,9060	0,01295	257,90	417,60	256,30	394,69	1,1920	1,6920
48,00	1854,50	0,9140	0,01229	260,70	417,80	259,00	395,00	1,2000	1,6900
50,00	1942,00	0,9220	0,01167	263,40	418,00	261,61	395,33	1,2090	1,6870
52,00	2032,60	0,9300	0,01108	266,20	418,20	264,31	395,67	1,2170	1,6840
54,00	2126,20	0,9390	0,01052	269,10	418,30	267,10	395,92	1,2260	1,6820
56,00	2222,90	0,9490	0,00999	272,00	418,40	269,89	396,19	1,2340	1,6790

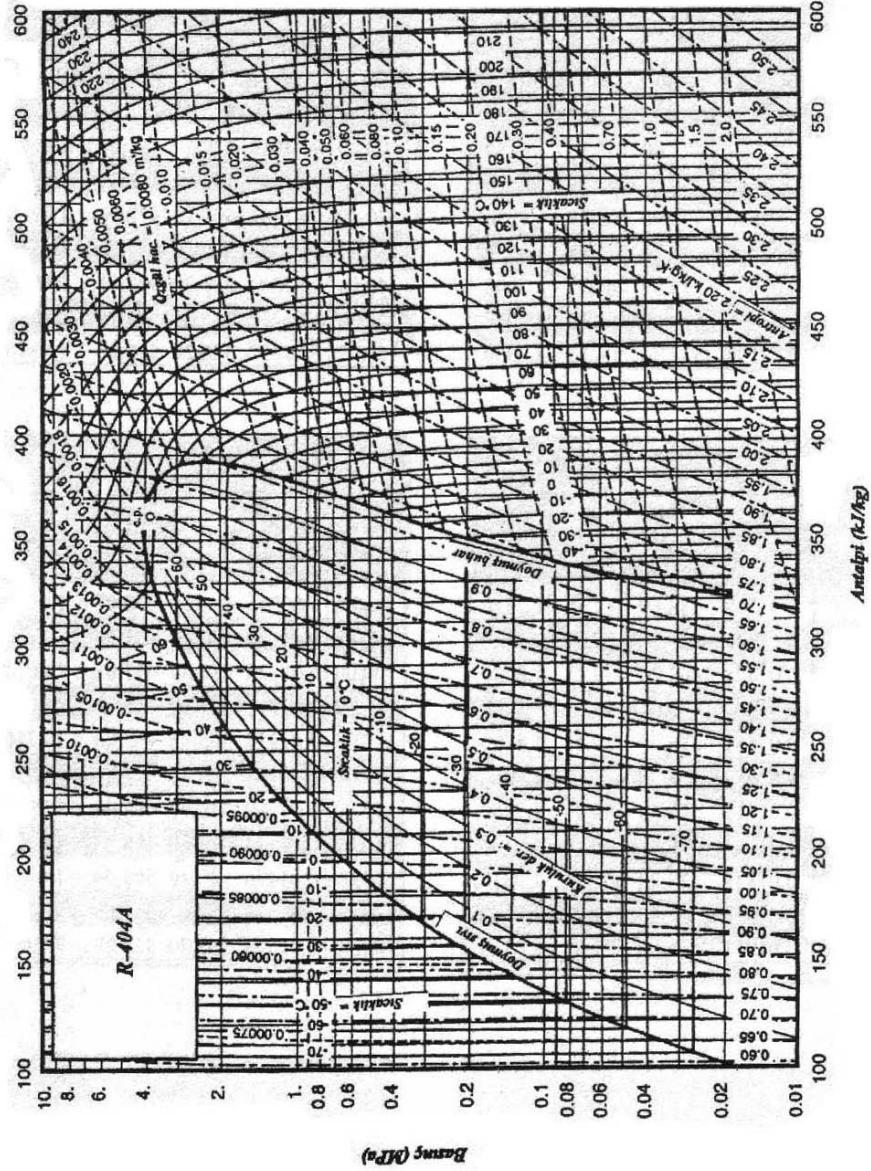
Ek 8-Devamı. R22 soğutucu akışkanın doymuş sıvı ve doymuş buhar özellikleri
(Yamankaradeniz, vd., 2002)

T (°C)	P _d (kPa)	v _s x1000 (m ³ /kg)	v _b (m ³ /kg)	h _s (kJ/kg)	h _b (kJ/kg)	u _s (kJ/kg)	u _b (kJ/kg)	s _s (kJ/kgK)	s _b (kJ/kg K)
58,00	2322,90	0,9580	0,00949	274,90	418,40	272,67	396,37	1,2430	1,6760
60,00	2426,30	0,9690	0,00900	277,80	418,30	275,45	396,46	1,2510	1,6730
62,00	2533,00	0,9800	0,00854	280,80	418,20	278,32	396,56	1,2600	1,6700
64,00	2643,20	0,9910	0,00810	283,80	418,10	281,18	396,68	1,2680	1,6670
66,00	2756,90	1,0030	0,00768	286,90	417,80	284,13	396,62	1,2770	1,6630
68,00	2874,40	1,0160	0,00728	290,10	417,50	287,18	396,58	1,2860	1,6600
70,00	2995,60	1,0300	0,00689	293,30	417,10	290,21	396,46	1,2950	1,6560
72,00	3120,60	1,0450	0,00652	296,60	416,60	293,34	396,26	1,3040	1,6520
74,00	3249,70	1,0610	0,00616	300,00	416,00	296,55	395,99	1,3140	1,6480
76,00	3382,80	1,0780	0,00581	303,50	415,20	299,85	395,54	1,3230	1,6430
78,00	3520,20	1,0970	0,00548	307,00	414,30	303,14	395,02	1,3330	1,6390
80,00	3661,90	1,1180	0,00515	310,80	413,20	306,71	394,34	1,3430	1,6340
82,00	3808,20	1,1420	0,00483	314,60	411,90	310,25	393,51	1,3540	1,6280
84,00	3959,10	1,1680	0,00452	318,70	410,40	314,08	392,52	1,3650	1,6210
86,00	4115,00	1,1990	0,00420	323,10	408,50	318,17	391,21	1,3760	1,6140
88,00	4275,90	1,2360	0,00389	327,80	406,10	322,51	389,48	1,3890	1,6060
90,00	4442,10	1,2820	0,00356	333,00	403,00	327,31	387,17	1,4030	1,5960
95,00	4882,00	1,5029	0,00264	348,86	387,46	341,52	374,57	1,4442	1,5491
96,14c	4990,00	1,9091	0,00191	366,59	366,59	357,06	357,06	1,4918	1,4918

b: kaynama noktası

c: kritik nokta

Ek 9. R404a soğutucu akışkanın basınç-entalpi diyagramı
(Yamankaradeniz, vd., 2002)



Ek 10. R404a soğutucu akışkanın doymuş sıvı ve doymuş buhar özellikleri
(Yamankaradeniz, vd., 2002)

T (°C)	P _d (kPa)	v _s x1000 (m ³ /kg)	v _b (m ³ /kg)	h _s (kJ/kg)	h _b (kJ/kg)	u _s (kJ/kg)	u _b (kJ/kg)	s _s (kJ/kgK)	s _b (kJ/kg K)
-150		0,6495		37,60000	2,15	37,60		0,1620	2,1500
-145,00		0,6534	1000,00	42,10	282,00	42,10		0,1980	2,0910
-140,00		0,6574	500,00	46,70	284,60	46,70		0,2340	2,0390
-135,00	0,10	0,6615	250,00	51,40	287,20	51,40	262,20	0,2680	1,9920
-130,00	0,10	0,6658	125,00	56,00	289,90	56,00	277,40	0,3010	1,9500
-125,00	0,20	0,6702	62,500	60,70	292,70	60,70	280,20	0,3330	1,9130
-120,00	0,40	0,6748	35,71429	65,50	295,50	65,50	281,21	0,3650	1,8790
-115,00	0,70	0,6795	20,83333	70,30	298,40	70,30	281,73	0,3960	1,8490
-110,00	1,10	0,6844	12,5000	75,10	301,30	75,10	285,05	0,4260	1,8220
-105,00	1,80	0,6895	7,87402	80,00	304,30	80,00	287,76	0,4550	1,7980
-100,00	2,90	0,6948	5,10204	85,00	307,30	85,00	290,97	0,4840	1,7770
-98,00	3,40	0,6970	4,32900	87,00	308,50	87,00	292,05	0,4960	1,7690
-96,00	4,10	0,6992	3,69004	89,00	309,70	89,00	293,09	0,5070	1,7610
-94,00	4,80	0,7014	3,15457	91,00	311,00	91,00	294,28	0,5180	1,7540
-92,00	5,70	0,7037	2,71003	93,00	312,20	93,00	295,13	0,5300	1,7470
-90,00	6,70	0,7060	2,33645	95,00	313,40	94,99	296,34	0,5410	1,7400
-88,00	7,80	0,7083	2,02429	97,10	314,70	97,09	297,49	0,5520	1,7340
-86,00	9,00	0,7107	1,75747	99,10	315,90	99,09	298,50	0,5630	1,7280
-84,00	10,50	0,7131	1,53139	101,20	317,20	101,19	299,74	0,5740	1,7220
-82,00	12,10	0,7155	1,33869	103,20	318,50	103,19	300,96	0,5840	1,7170
-80,00	13,90	0,7180	1,17509	105,30	319,70	105,29	302,07	0,5950	1,7110
-78,00	16,00	0,7206	1,03413	107,40	321,00	107,39	303,21	0,6060	1,7060
-76,00	18,20	0,7231	0,91241	109,50	322,30	109,49	304,42	0,6170	1,7010
-74,00	20,80	0,7258	0,80775	111,60	323,60	111,58	305,59	0,6270	1,6970
-72,00	23,60	0,7284	0,71736	113,70	324,90	113,68	306,75	0,6380	1,6920
-70,00	26,80	0,7311	0,63816	115,80	326,20	115,78	307,95	0,6480	1,6880
-68,00	30,30	0,7339	0,56980	118,00	327,40	117,98	309,05	0,6590	1,6840
-66,00	34,10	0,7367	0,50968	120,10	328,70	120,07	310,25	0,6690	1,6810
-64,00	38,40	0,7395	0,45725	122,30	330,00	122,27	311,39	0,6800	1,6770
-62,00	43,00	0,7424	0,41102	124,50	331,30	124,47	312,60	0,6900	1,6740
-60,00	48,10	0,7454	0,37037	126,70	332,60	126,66	313,79	0,7000	1,6700
-58,00	53,70	0,7484	0,33445	128,90	333,90	128,86	315,00	0,7110	1,6670
-56,00	59,80	0,7514	0,30257	131,10	335,30	131,05	316,30	0,7210	1,6640
-54,00	66,40	0,7546	0,27435	133,30	336,60	133,25	317,48	0,7310	1,6620
-52,00	73,60	0,7577	0,24925	135,60	337,90	135,54	318,68	0,7410	1,6590
-50,00	81,40	0,7610	0,22691	137,80	339,20	137,74	319,89	0,7510	1,6570

Ek 10-Devamı. R404a soğutucu akışkanın doymuş sıvı ve doymuş buhar özellikleri
(Yamankaradeniz, vd., 2002)

T (°C)	P _d (kPa)	v _s x1000 (m ³ /kg)	v _b (m ³ /kg)	h _s (kJ/kg)	h _b (kJ/kg)	u _s (kJ/kg)	u _b (kJ/kg)	s _s (kJ/kgK)	s _b (kJ/kg K)
-48,00	89,80	0,7643	0,20691	140,10	340,50	140,03	321,09	0,7620	1,6540
-46,00	99,00	0,7676	0,18900	142,40	341,80	142,32	322,30	0,7720	1,6520
-44,00	108,80	0,7710	0,17295	144,70	343,10	144,61	323,50	0,7820	1,6500
-42,00	119,50	0,7745	0,15850	147,00	344,40	146,90	324,73	0,7920	1,6480
-40,00	130,90	0,7781	0,14550	149,30	345,70	149,19	325,94	0,8020	1,6460
-38,00	143,10	0,7817	0,13378	151,70	347,00	151,58	327,16	0,8120	1,6440
-36,00	156,30	0,7855	0,12317	154,10	348,30	153,97	328,38	0,8220	1,6430
-34,00	170,40	0,7892	0,11356	156,40	349,50	156,26	329,51	0,8320	1,6410
-32,00	185,40	0,7931	0,10485	158,80	350,80	158,65	330,74	0,8420	1,6390
-30,00	201,50	0,7971	0,09694	161,30	352,10	161,13	331,97	0,8510	1,6380
-28,00	218,60	0,8011	0,08973	163,70	353,40	163,52	333,21	0,8610	1,6370
-26,00	236,80	0,8052	0,08317	166,20	354,60	166,00	334,35	0,8710	1,6350
-24,00	256,20	0,8095	0,07717	168,60	355,90	168,39	335,59	0,8810	1,6340
-22,00	276,80	0,8138	0,07169	171,10	357,10	170,87	336,74	0,8910	1,6330
-20,00	298,60	0,8182	0,06667	173,60	358,40	173,35	337,99	0,9010	1,6320
-18,00	321,70	0,8227	0,06207	176,20	359,60	175,93	339,15	0,9110	1,6310
-16,00	346,20	0,8274	0,05784	178,70	360,80	178,41	340,31	0,9210	1,6300
-14,00	372,10	0,8321	0,05395	181,30	362,00	180,98	341,48	0,9310	1,6290
-12,00	399,40	0,8370	0,05038	183,90	363,30	183,56	342,75	0,9400	1,6280
-10,00	428,30	0,8420	0,04708	186,50	364,40	186,13	343,82	0,9500	1,6280
-8,00	458,70	0,8471	0,04403	189,20	365,60	188,80	345,01	0,9600	1,6270
-6,00	490,70	0,8524	0,04122	191,80	366,80	191,37	346,19	0,9700	1,6260
-4,00	524,40	0,8578	0,03861	194,50	367,90	194,04	347,29	0,9800	1,6250
-2,00	559,80	0,8633	0,03620	197,30	369,10	196,81	348,48	0,9900	1,6250
0,00	597,00	0,8690	0,03396	200,00	370,20	199,47	349,59	1,0000	1,6240
2,00	636,10	0,8749	0,03188	202,80	371,30	202,23	350,70	1,0100	1,6230
4,00	677,00	0,8809	0,02995	205,60	372,40	204,99	351,81	1,0200	1,6230
6,00	719,90	0,8872	0,02815	208,40	373,50	207,75	352,93	1,0300	1,6220
8,00	764,80	0,8936	0,02647	211,30	374,50	210,61	353,96	1,0400	1,6210
10,00	811,80	0,9002	0,02491	214,20	375,50	213,46	355,00	1,0500	1,6210
12,00	860,90	0,9071	0,02345	217,10	376,50	216,31	356,04	1,0600	1,6200
14,00	912,20	0,9141	0,02209	220,10	377,50	219,26	357,09	1,0700	1,6190
16,00	965,80	0,9215	0,02082	223,10	378,50	222,20	358,15	1,0810	1,6190
18,00	1021,70	0,9291	0,01962	226,10	379,40	225,14	359,12	1,0910	1,6180
20,00	1080,00	0,9369	0,01850	229,20	380,30	228,18	360,09	1,1010	1,6170
22,00	1140,70	0,9451	0,01745	232,30	381,20	231,21	361,08	1,1120	1,6170
24,00	1204,00	0,9536	0,01647	235,50	382,00	234,34	361,97	1,1220	1,6160

Ek 10-Devamı. R404a soğutucu akışkanın doymuş sıvı ve doymuş buhar özellikleri
(Yamankaradeniz, vd., 2002)

T (°C)	P _d (kPa)	v _s x1000 (m ³ /kg)	v _b (m ³ /kg)	h _s (kJ/kg)	h _b (kJ/kg)	u _s (kJ/kg)	u _b (kJ/kg)	s _s (kJ/kgK)	s _b (kJ/kg K)
26,00	1269,80	0,9624	0,01554	238,70	382,80	237,47	362,87	1,1330	1,6150
28,00	1338,30	0,9716	0,01467	242,00	383,60	240,69	363,78	1,1430	1,6140
30,00	1409,60	0,9812	0,01385	245,30	384,30	243,90	364,60	1,1540	1,6130
32,00	1483,60	0,9913	0,01307	248,60	385,00	247,12	365,43	1,1650	1,6120
34,00	1560,40	1,0018	0,01234	252,10	385,60	250,52	366,17	1,1760	1,6110
36,00	1640,30	1,0129	0,01165	255,50	386,20	253,82	366,93	1,1870	1,6100
38,00	1723,10	1,0245	0,01100	259,10	386,70	257,32	367,59	1,1980	1,6080
40,00	1809,00	1,0368	0,01038	262,70	387,20	260,81	368,27	1,2090	1,6070
42,00	1898,00	1,0499	0,00979	266,40	387,60	264,39	368,87	1,2200	1,6050
44,00	1990,30	1,0637	0,00924	270,20	387,90	268,07	369,37	1,2320	1,6040
46,00	2086,00	1,0785	0,00871	274,10	388,20	271,83	369,90	1,2440	1,6020
48,00	2185,00	1,0943	0,00820	278,10	388,30	275,69	370,24	1,2560	1,6000
50,00	2287,50	1,1114	0,00772	282,20	388,40	279,64	370,60	1,2680	1,5970
52,00	2393,50	1,1298	0,00727	286,40	388,30	283,68	370,78	1,2810	1,5950
54,00	2503,20	1,1500	0,00683	290,80	388,20	287,90	370,98	1,2940	1,5920
56,00	2616,60	1,1723	0,00641	295,30	387,90	292,21	371,01	1,3070	1,5890
58,00	2733,80	1,1971	0,00601	300,00	387,40	296,70	370,87	1,3210	1,5850
60,00	2855,00	1,2251	0,00562	305,00	386,70	301,48	370,56	1,3350	1,5810
62,00	2980,10	1,2575	0,00524	310,30	385,90	306,53	370,18	1,3500	1,5760
64,00	3109,40	1,2960	0,00487	316,00	384,70	311,94	369,46	1,3670	1,5710
66,00	3242,80	1,3436	0,00451	322,20	383,10	317,81	368,38	1,3840	1,5640

Ek 11. Beher kcal/h net soğutma kapasitesi için yaklaşık olarak dolaşımı gereken soğutucu akışkan miktarı (g/h) olarak. (Aynı değerler 1000 kcal/h için kg/h olarak kullanılabilir)

Soğutucu Akışkan	Yoğuşma Sıcaklığı (°C)	Buharlaştırma/Evaporasyon Sıcaklığı (°C)									
		-50	-40	-30	-20	-15	-10	-5	0	5	10
R-12	25	39,6	38,1	36,6	35,1	34,4	33,8	33,2	32,7	32,1	31,6
	30	41,4	39,7	38,1	36,6	35,9	35,2	34,6	34,1	33,4	33
	35	43,8	41,9	40	38,3	37,5	36,8	36,1	35,5	34,8	34,2
	40	-	44,1	42,1	40,1	39,2	38,5	37,7	37	36,3	35,6
	45	-	46,4	44,5	42,2	41,3	40,4	39,6	38,8	38,1	37,4
	50	-			44,6	43,4	42,4	41,5	40,6	39,8	39,2
	55	-				45,9	47,7	43,7	42,8	41,9	41,1
R-22	15	25,6	24,7	24	23,3	23,1	22,8				
	20	26,6	25,7	25	24,3	24,1	23,7	23,3			
	25	27,8	26,9	26,1	25,3	25,1	24,7	24,3	24,1		
	30	29,1	28	27,3	26,6	26,1	25,7	23,4	25,2	24,8	
	35	-	29,5	28,6	27,6	27,3	26,8	26,5	26,1	25,8	25,5
	40	-		30	29,1	28,6	28,2	27,6	27,4	27	26,6
	45	-			30,3	29,9	29,4	29,1	28,6	28,3	27,9
	50	-				30,8	30,4	30	29,6	29,2	28,8
R-717/Amonyak	10	3,66	3,61	3,56	3,51	3,49	3,47				
	15	3,74	3,68	3,63	3,57	3,56	3,53	3,51			
	20	3,81	3,76	3,70	3,66	3,63	3,61	3,59	3,58		
	25	3,91	3,84	3,78	3,74	3,71	3,69	3,66	3,65	3,63	
	30	3,99	3,93	3,87	3,82	3,79	3,76	3,74	3,72	3,70	3,68
	35	4,09	4,02	3,96	3,92	3,88	3,86	3,83	3,81	3,79	3,78
	40	-	4,12	4,06	4	3,97	3,95	3,92	3,91	3,88	3,86
	45	-		4,16	4,10	4,08	4,04	4,01	3,99	3,98	3,96
R-502	25	44,2	42	40,1	38,1	37,2	36,4	35,7	35	34,1	33,6
	30	47,7	45	42,6	40,5	39,6	38,7	37,8	36,9	36,3	35,8
	35	51,4	48,4	45,7	43,2	42,1	40,9	40	39,2	38,3	37,7
	40	55,7	52,2	49,1	46,2	45	43,8	42,7	41,5	40,7	40,1
	45	61,2	56,9	52,9	50	48,3	46,9	45,7	44,6	43,7	42,8
	50	67,6	62,7	58,1	54,1	52,4	50,9	49,3	48	46,8	45,9
	55	-	69,3	63,8	59,4	57,4	55,1	53,6	52,2	50,6	49,5

Ek 13. R22 basma/sıcak gaz boruları için seçim tablosu ve akış debileri (kg/h)

100m Eşdeğer Boru Uzunluğunda Basınç (D p:kg/cm ²) ve Sıcaklık (D t:°C) Düşümü		Yoğuşum/Kondenzasyon Sıcaklığı (°C)												Bakır Boru Çapı - O.D. (Tip - L)						Demir Boru Çapı (Sch. 40)									
		20		25		30		35		40		45		50		55		7/8"	1-1/8"	1-3/8"	1-5/8"	2-1/8"	2-5/8"	3-1/8"	1-1/4"	1-1/2"	2"	2-1/2"	3"
		Δp	Δt	Δp	Δt	Δp	Δt	Δp	Δt	Δp	Δt	Δp	Δt	Δp	Δt	Δp	Δt												
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	890	1780	3100	4900	10000	17700	28000	2900	4350	8350	13300	23500	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	780	1575	2750	4300	8900	15600	25000	2580	3835	7400	11800	21000	
4,5	17,1	3,9	13,7	3,4	10,9	3	8,7	2,7	7	2,4	5,8	2,1	4,7	1,9	4	690	1390	2400	3800	7800	13750	22000	2280	3400	6550	10400	18400		
3,5	13,6	3,1	10,8	2,7	8,6	2,4	6,9	2,1	5,5	1,9	4,6	1,7	3,7	1,5	3,1	600	1220	2100	3370	6950	12200	19300	2020	3000	5800	9250	16300		
2,7	10,6	2,4	8,3	2,1	6,7	1,9	5,4	1,6	4,4	1,5	3,6	1,3	2,9	1,2	2,4	530	1070	1860	2960	6000	10700	17000	1780	2650	5160	8160	14500		
2,1	8,3	1,9	6,6	1,7	5,4	1,5	4,3	1,3	3,5	1,16	2,8	1,04	3,3	0,93	1,8	460	945	1650	2580	5350	9425	15000	1575	2380	4550	7230	12700		
1,7	6,5	1,5	5,1	1,3	4,2	1,15	3,3	1,03	2,7	0,92	2,2	0,81	1,8	0,74	1,5	410	830	1440	2300	4700	8300	13200	1410	2100	4050	6400	11400		
1,4	5	1,15	4,1	1,03	3,2	0,91	2,6	0,8	2,1	0,72	1,7	0,64	1,4	0,58	1,16	360	715	1260	2000	4150	7340	11700	1230	1850	3560	5680	10000		
1,04	4	0,92	3,2	0,81	2,5	0,71	2	0,63	1,6	0,56	1,3	0,51	1,1	0,45	0,91	315	640	1115	1760	3640	6400	10300	1090	1640	3170	5030	8880		
0,81	3,1	0,71	2,4	0,63	2	0,56	1,6	0,51	1,3	0,44	1	0,39	0,86	0,36	0,71	280	560	980	1550	3200	5650	9000	950	1450	2780	4460	7880		
0,63	2,5	0,56	2	0,51	1,5	0,44	1,3	0,39	1,04	0,35	0,82	0,31	0,68	0,27	0,57	240	490	850	1360	2800	4985	7900	850	1290	2460	3940	6930		
0,51	2	0,44	1,5	0,39	1,24	0,35	1	0,3	0,8	0,27	0,65	0,24	0,53	0,21	0,44	210	435	760	1200	2450	4350	6975	760	1140	2190	3480	6160		
0,39	1,5	0,35	1,2	0,3	0,96	0,27	0,77	0,24	0,64	0,21	0,51	0,19	0,42	0,17	0,35	190	380	655	1040	2175	3835	6100	6650	1000	1940	3080	5440		
0,31	1,2	0,27	0,93	0,24	0,76	0,21	0,61	0,19	0,5	0,17	0,41	0,15	0,33	0,13	0,27	165	330	580	920	1910	3370	5380	600	880	1720	2720	4840		
0,24	0,94	0,21	0,73	0,19	0,61	0,17	0,48	0,16	0,4	0,13	0,31	0,12	0,26	0,1	0,22	140	290	510	810	1670	2980	4730	525	780	1525	2420	4300		
0,15	0,58	0,13	0,45	0,12	0,37	0,1	0,29	0,09	0,24	0,08	0,19	-	-	-	-	110	220	390	615	1300	2300	3670	400	610	1200	1900	3330		
0,09	0,35	0,08	0,28	0,07	0,22	0,06	0,18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	172	300	480	880	1765	2800	320	480	925	1480	2600		

Ek 14. R22 sıvı/likit boruları için seçim tablosu ve akış debileri (kg/h)

Sıvı Sıcaklığı (°C)				Bakır Boru Çapı – O.D. (Tip-L)							Sıvı Sıcaklığı				Demir Boru Çapı (Sch.40)			
-20	+10	+30	+50	½"	5/8"	7/8"	1-1/8"	1-3/8"	1-5/8"	2-1/8"	+10	+30	+50	¾"	1"	1-1/4"	1-1/2"	2"
2,07	2,17	2,29	2,43	585	1100	2900	5900	10300	16300	34000	2,16	2,3	2,50	2600	4950	10200	15300	29500
1,69	1,78	1,88	2	520	982	2600	5250	9200	14500	30000	1,76	1,85	2,02	2350	4450	9200	13880	26500
1,37	1,42	1,50	1,61	460	870	2310	4700	8160	13000	27000	1,41	1,50	1,61	2100	4000	8250	12375	24000
1,12	1,15	1,20	1,29	410	775	2060	4200	7310	11500	24000	1,15	1,21	1,31	1900	3580	7430	11140	21500
0,9	0,93	0,98	1,04	365	694	1836	3740	6520	10300	21500	0,93	0,98	1,04	1700	3200	6650	9975	19500
0,73	0,77	0,79	0,84	325	607	1632	3330	5850	9240	19000	0,75	0,80	0,87	1525	2890	5985	9000	17500
0,59	0,61	0,64	0,69	290	544	1455	2960	5160	8190	17000	0,61	0,64	0,69	1360	2585	5360	8030	15600
0,47	0,49	0,52	0,55	255	486	1292	2640	4620	7300	15250	0,49	0,52	0,55	1225	2325	4800	7200	14000
0,38	0,40	0,42	0,44	225	430	1125	2340	4080	6500	13600	0,39	0,42	0,45	1100	2090	4330	6500	12500
0,31	0,32	0,34	0,36	200	382	1022	2090	3640	5820	11500	0,32	0,34	0,37	980	1870	3860	5850	11250
0,25	0,26	0,27	0,29	180	340	910	1850	3260	5160	10800	0,26	0,28	0,30	875	1680	3475	5200	10100
0,21	0,21	0,22	0,24	160	302	813	1660	2900	4600	9600	0,21	0,22	0,24	775	1500	3110	4690	9050
0,17	0,17	0,18	0,19	140	268	718	1470	2580	4080	8500	0,17	0,18	0,20	700	1350	2810	4200	8150
0,14	0,14	0,14	0,15	125	238	640	1300	2300	3640	7600	0,14	0,15	0,16	635	1200	2500	3780	7300
0,11	0,11	0,11	0,12	110	210	568	1156	2040	3230	6800	0,11	0,12	0,13	565	1080	2240	3350	6500
0,09	0,09	0,09	0,10	98	186	500	1030	1800	2890	6000	0,09	0,10	0,10	505	965	2000	3000	5850
0,07	0,07	0,08	0,08	87	166	445	922	1600	2570	5380	0,07	0,08	0,08	450	865	1800	2700	5250

100 mt. Eşdeğer Boru Uzunluğunda Basıncı Düşümü (Ap:Kg/cm²)100 mt. Eşdeğer Boru Uzunluğunda Basıncı Düşümü (Ap:Kg/cm²)

Ek 15. R22 için kondanser ile soğutucu akışkan deposu arası boru çapı seçim tablosu ve akış debileri (kg/h)

Bakır Boru Dış Çapı O.D.	Emiş Gazı Sıcaklığı											
	-40		-30		-20		-10		0		+10	
	Hız (m/s)	Kpst. (Ton/R)	Hız (m/s)	Kpst. (Ton/R)	Hız (m/s)	Kpst. (Ton/R)	Hız (m/s)	Kpst. (Ton/R)	Hız (m/s)	Kpst. (Ton/R)	Hız (m/s)	Kpst. (Ton/R)
7/8"	6,9	0,41	5,4	0,48	4,2	0,58	3,3	0,72	2,6	0,78	2,2	0,85
1-1/8"	7,8	0,78	6,1	0,92	4,8	1,15	3,8	1,32	3	1,52	2,5	1,8
1-3/8"	8,6	1,3	6,8	1,6	5,2	1,85	4,2	2,2	3,3	2,5	2,7	3
1-5/8"	9,4	2,1	7,3	2,5	5,7	2,9	4,6	3,4	3,7	4,1	3	4,8
2-1/8"	10,5	4	8,3	4,7	6,2	5,6	5,3	7,2	4,2	8	3,4	10
2-5/8"	12	7	9,4	8,5	7,3	10	5,9	11,3	4,7	14	3,8	15
3-1/8"	13,3	11	10,3	13,1	7,9	15	6,4	18,7	5,1	21	4,1	22

Ek 16. Boru aksamındaki basınç kayıplarının eşdeğer boru uzunluğu cinsinden karşılıkları (m)

Boru Çapı (1)	Düz Kapama Valfi (Glop) (3)	Dirsek Kapama Valfi (Glop) (3)	Çek Valfi (Swing) (2)	90° Stan dart Dirsek R/d=1	90° Geniş Dirsek R/d≥1,5	45° Stan dart Dirsek	180° Stan dart U Dönüş	"Tee" Yan Çıkış	"Tee" Düz Geçiş (göbreme camı aym)	Ani Daralma d/D=1/4 (4)	Ani Daralma d/D=1/2 (4)	Ani Genişleme d/D=1/4 (4)	Ani Genişleme d/D=1/2 (4)	Sole noid Valf
3/8"	5.2	1.9	1.5	0.43	0.3	0.2	0.7	0.8	0.3	0.22	0.16	0.43	0.25	5.2
1/2"	5.5	2.2	1.9	0.5	0.3	0.25	0.8	1	0.3	0.28	0.22	0.55	0.34	5.5
5/8" ~ 3/4"	6.7	2.8	2.5	0.6	0.43	0.28	1	1.3	0.43	0.37	0.31	0.77	0.46	6.7
7/8" ~ 1"	8.9	3.7	3.1	0.8	0.52	0.4	1.3	1.6	0.52	0.5	0.37	1	0.61	8.9
1-1/8" ~ 1-1/4"	11.6	4.6	4.3	1	0.7	0.52	1.7	2.2	0.7	0.7	0.55	1.5	0.92	11.6
1-3/8" ~ 1-1/2"	13.1	5.5	4.9	1.2	0.8	0.64	1.9	2.5	0.8	0.9	0.67	1.8	1.1	13.1
1-5/8" ~ 2"	16.8	7.3	6.1	1.5	1	0.8	2.5	3.1	1	1.3	0.92	2.5	1.5	16.8
2-1/8" ~ 2-1/2"	21	8.9	7.6	1.8	1.3	1	3.1	3.7	1.3	1.6	1.2	3.1	1.9	21
2-5/8" ~ 3"	25.6	10.7	10.5	2.3	1.5	1.2	3.7	4.6	1.6	2	1.5	4	2.5	25.6
3-1/8" ~ 3-1/2"	30.5	12.5	10.7	2.8	1.8	1.5	4.6	5.5	1.8	2.4	1.9	4.6	2.8	30.5
3-5/8" ~ 4"	36.6	14.3	12.2	3.1	2	1.6	5.2	6.4	2.1	2.8	2.1	5.2	3.4	36.6