

**H₂O – NH₃ AKIŞKAN ÇİFTLİ ABSORBSİYONLU SOĞUTMA
SİSTEMLERİNDE BASINCIN SİSTEM PERFORMANSINA ETKİSİ**

Ramazan UÇAR

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Eğitimi Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
OCAK 2009**

KABUL :

Ramazan UÇAR tarafından hazırlanan “H₂O – NH₃ AKIŞKAN ÇİFTLİ ABSORBSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE BASINCIN SİSTEM PERFORMANSINA ETKİSİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Unvanı, Adı ve Soyadı Prof. Dr. Etem Sait ÖZ (KBÜ).
Tez Danışmanı, Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Makine Eğitimi Anabilim Dalında. Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 29/01/2009

	<u>Unvanı, Adı SOYADI (Kurumu)</u>		<u>İmzası</u>
Başkan:	Prof. Dr. Etem Sait ÖZ (KBÜ)	
Üye :	Doç. Dr. Mustafa BOZ (KBÜ)	
Üye :	Yrd. Doç. Dr. Ziyaddin RECEBLİ (KBÜ)	

Tarih 29/01/2009

Bu tez ile KBÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır

Doç. Dr. Süleyman GÜNDÜZ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Ramazan UÇAR

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

H₂O – NH₃ AKIŞKAN ÇİFTLİ ABSORBSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE BASINCIN SİSTEM PERFORMANSINA ETKİSİ

Ramazan UÇAR

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Eğitimi Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı :
Prof. Dr. Etem Sait ÖZ**

Ocak 2009, 100 Sayfa.

Bu çalışmada; soğutma sistemleri tanıtılmış, absorbsiyonlu soğutma sistemleri hakkında literatür taraması yapılmıştır. Absorbsiyonlu soğutma sisteminde kullanılan soğutucu akışkanlar gösterilmiş, soğutucu akışkanlarda aranan özellikler vurgulanmış, avantaj ve dezavantaj, kullanım yerleri belirtilmiştir. Absorbsiyonlu soğutma sistemlerinin uygulama alanları, çeşitleri, temel çalışma prensibi anlatılmıştır.

Çalışmada amonyak – su ile çalışan absorbsiyonlu soğutma deney düzeneği hazırlanarak; absorbsiyonlu soğutma sisteminde He gazının basınç üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu amaçla %25 410 gr 5 bar'lık, %25 410 gr 10 bar'lık, %25 410 gr 15 bar'lık üç farklı basınçlarda deneyler yapılmıştır. Performans açısından ideal

sonuçların 15 bar'lık basınçta gerekleŒtiđi gzlenmiŒtir. Absorbsiyonlu soğutma sisteminde kullanılan buharlaŒtırıcı, yođuŒturucu, soğurucu, saflaŒtırıcı, kaynatıcı, sıvı ısı deđiŒtiricinin termodinamiğin 1. kanuna göre analizi yapılmıŒtır.

Anahtar Sözcükler : Absorbsiyonlu soğutma sistemi, soğutucu akıŒkanlar, basınç

Bilim Kodu : 626.11.01

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

H₂O – NH₃ LIQUID PAIR ABSORPTION REFRIGERATION CYCLE PRESSURE OF THE SYSTEM PERFORMANCE INFLUENCE

Ramazan UÇAR

**Karabük University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Education**

**Thesis Advisor :
Prof. Dr. Etem Sait ÖZ**

January 2009, 100 Pages.

In this study, a cooling system was introduced. Literature review was done about Absorption cooling system. Cooling Liquids were shown using in absorption cooling system, look for features were emphasized in cooler liquid advantage and disadvantage, using areas were determined. Using area of absorption cooling system, varieties, base working principles was explained.

An absorption cooling test machinery was prepared with combination of ammoniac and water. The effects on pressure of He gas were examined. With this goal three different pressures done determined. 25% 410 gr 5 bar, 25% 410 gr 10 bar, 25% 410 gr 15 bar the tests were done in different pressures. As a result with 15 bar

becomes effect to system performance pressure was taken in this test. The analysis of using with absorption cooling system evaporator, condenser, absorbent, purifier, boiler liquid heat of the changer was done according to first rule of the thermodynamics.

Key Words : Absorption refrigeration cycle, pressure, refrigeration liquid

Science Code : 626.11.01

TEŐEKKÖR

Bu tezin hazırlanmasına katkıda bulunan danışman hocam Prof. Dr. Etem Sait ÖZ'E, yardımlarını esirgemeyen Doğu arkadaşına ve diğer arkadaşlarıma, Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Öğretim Görevlisi Engin ÖZBAŐ hocama, bugünlere gelmemde maddi, manevi desteklerini esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvi
BÖLÜM 1.	1
1.1. GİRİŞ	1
1.2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI	3
BÖLÜM 2. GENEL BİLGİLER	9
2.1. SOĞUTMA	9
2.1.1. Soğutma Nedir ve Tarihçesi	9
2.1.2. Soğutma Sistemleri	12
2.1.2.1. Buhar Sıkıştırırmalı Soğutma Sistemleri	12
2.1.2.2. Absorbsiyonlu Soğutma Sistemleri	13
2.1.2.3. Sterling Soğutma Çevirimi	14
2.1.2.4. Ejektör Soğutma Sistemleri.....	15
2.1.2.5. Hava Soğutma Sistemleri.....	16
2.1.2.6. Vorteks Tüpü İle Soğutma Sistemi	17
2.1.2.7. Paramagnetik Soğutma Sistemi	18
2.1.2.8. Termoaküstik Soğutma Sistemi	19
2.1.2.9. Termoelektrik Soğutma Sistemi	20

2.2. SOĞUTUCU AKIŞKANLAR	21
2.2.1. Soğutucu Akışkanların Tarihçesi	21
2.2.2. Soğutucu Akışkanların Numaralandırılması	23
2.2.3. Soğutucu Akışkanlarda Aranan Özellikler	24
2.2.4. Soğutucu Akışkan Çeşitleri	25
2.2.5. Soğutucu Akışkanların Ozona Olan Etkisi	29
2.2.5.1. Ozonun Oluşumu	29
2.2.5.2. Soğutucu Akışkanların Ozona Zarar Vermesi Ve Sera Etkisi	31
2.2.5.3. Ozonun Delinmesinin Çevre Üzerindeki Etkileri	34
2.2.5.4. Ozon Tabakası Ve Çevreyle İlgili Yasal Düzenlemeler	34
2.3. ABSORBSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMİNDEKİ AKIŞKANLAR	37
2.3.1. Soğutucu Akışkan Amonyak Hakkında Genel Bilgi	37
2.3.1.1. Soğutmada Amonyak	39
2.3.1.2. Amonyanın Kimyasal Ve Fiziksel Özellikleri	40
2.3.1.3. Amonyanın Güvenlik Standardları	40
2.3.1.4. Amonyanın Kullanım Alanları	44
2.3.1.5. Amonyanın Geleceği	44
2.3.2. Soğurucu Akışkan Su Hakkında Genel Bilgi	46
2.3.2.1. Suyun Fiziksel Özellikleri	47
2.3.2.2. Suyun Kimyasal Özellikleri	51
2.3.3. Basınç Dengeleyicisi Helyum Hakkında Genel Bilgi	52
2.3.3.1. Helyumun Özellikleri	53
BÖLÜM 3. METARYEL VE METOD	55
3.1. ABSORBSİYONLU SOĞUTMA ÇEVİRİMİ	55
3.1.1. Absorbsiyonlu Soğutma Makinelerin Tanımı	55
3.1.2. Absorbsiyonlu Soğutma Sisteminin Uygulama Alanları	55
3.1.3. Absorbsiyonlu Soğutma Sisteminin Uygulama Çeşitleri	56
3.1.3.1. Kaskat Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi	56
3.1.3.2. Güneş Enerjili Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi	57

Sayfa

3.1.3.3. Jeotermal Enerji İle Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi	59
3.1.3.4. Doğalgaz İle Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi	59
3.1.4. Absorbsiyonlu Soğutma Sisteminin Avantajları	60
3.1.5. Absorbsiyonlu Soğutma Sisteminin Dezavantajları	60
3.1.6. Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi	61
3.1.7. Difüzyonlu Absorbsiyonlu Soğutma Sisteminin Çalışma Prensibi	64
3.1.8. Soğutucu Akışkan, Absorbert'ten İstenen Özellikler	66
3.1.9. Sistemde Kullanılan Başlıca Akışkan Çiftleri	67
3.1.9.1. H ₂ O - LiBr Akışkan Çiftli Çevrimler	68
3.1.9.2. NH ₃ - H ₂ O Akışkan Çiftli Çevrimler	69
BÖLÜM 4. BULGULAR	71
4.1. ABSORSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMİ DENEYİNİ	
UYGULANMASI	71
4.1.1. Sistemin Deneye Hazırlanışı	71
4.1.2. Deneyle Alınan Sonuçlar	77
4.1.2.1. %25'lik 410 gr 5 bar Absorbsiyonlu Soğutma Deneyin Değerleri	77
4.1.2.2. %25'lik 410 gr 10 bar Absorbsiyonlu Soğutma Deneyin	
Değerler	79
4.1.2.3. %25'lik 410 gr 15 bar Absorbsiyonlu Soğutma Deneyin	
Değerleri	82
4.1.3. Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması	85
4.1.3.1. Sulu Kılcal Boru Çıkış Sıcaklıklarının Karşılaştırılması	85
4.1.3.2. Evaporatör Girişi Sıcaklıklarının Karşılaştırılması	86
4.1.4. Sistemin Termodinamik Analizi	87
4.1.4.1. Buharlaştırıcının Termodinamiği Birinci Kanunla Analizi	89
4.1.4.2. Yoğuşturucunun Termodinamiği Birinci Kanunla Analizi	89
4.1.4.3. Soğurucunun Termodinamiği Birinci Kanunla Analizi	90
4.1.4.4. Saflaştırıcının Termodinamiği Birinci Kanunla Analizi	90
4.1.4.5. Kaynaticının Termodinamiği Birinci Kanunla Analizi	91

	<u>Sayfa</u>
4.1.4.6. Sıvı Isı Değiştiricinin Termodinamiği Birinci Kanunla Analizi	91
4.1.4.7. Soğutma Performans Katsayısı	92
4.1.4.8. Amonyak Buharı - Helyum Gazı Karışımının Özellikleri	93
4.1.5. Deney Sonuçlarının Analizi	93
BÖLÜM 5. SONUÇ, TARTIşMA VE ÖNERİLER	94
5.1. SONUÇ	94
5.2. ÖNERİLER	94
KAYNAKLAR	96
ÖZGEÇMİş	100

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Klima (Soğutma) tesisatı	11
Şekil 2.2. Buhar sıkıştırırmalı soğutma çevirimi	13
Şekil 2.3. Sterling soğutma çevirimi	14
Şekil 2.4. Ejektör soğutma sistemi prensip şeması	15
Şekil 2.5. Ejektör soğutma sistemi	16
Şekil 2.6. Basit hava çeviriminin jet motoruna uygulanışı (açık sistem)	16
Şekil 2.7. Hava soğutma sistemi (kapalı sistem)	17
Şekil 2.8. Karşıt akışlı vorteks tüpünün yapısı	18
Şekil 2.9. Vorteks tüpü	18
Şekil 2.10. Paramagnetik soğutma	19
Şekil 2.11. Termoaküstik soğutma	20
Şekil 2.12. Termoelektrik modülün yapısı	21
Şekil 2.13. Ozon molekülü	30
Şekil 2.14. Ozon tabakasının oluşumu	30
Şekil 2.15. R-22 soğutucu akışkanın ozon tabakasını tahrik etmesi	33
Şekil 2.16. Amonyagın molekül yapısı	37
Şekil 2.17. Amonyagın bileşenleri	38
Şekil 2.18. Amonyak tankı	44
Şekil 2.19. Suyun molekül yapısı	46
Şekil 2.20. Suyun bileşenleri	46
Şekil 2.21. Oksijen atomunun hidrejen atomuyla kovalent bağı	51
Şekil 3.1. Güneş enerjili ejektörlü absorbsiyonlu soğutma sistemi	58
Şekil 3.2. Güneş enerjili Libr-su akışkan çiftli absorbsiyonlu soğutma sistemi	58
Şekil 3.3. Absorbsiyonlu soğutma sistemi çevirimi	61
Şekil 3.4. Absorbsiyonlu soğutma sistemi şeması	62
Şekil 3.5. Amonyaklı su çalışan absorbsiyonlu soğutma sistemi	65
Şekil 3.6. H ₂ O-LiBr eriyikli tek kademeli absorbsiyonlu soğutma sistemi	69

Sayfa

Şekil 3.7. NH ₃ - H ₂ O eriyikli tek kademeli absorpsiyonlu soğutma sistemi	70
Şekil 4.1. Sistem görünüşü	72
Şekil 4.2. Sistemin kabine montajı	72
Şekil 4.3. Sistemin vakumlanması	73
Şekil 4.4. Sisteme amonyak çözeltisinin eklenmesi	73
Şekil 4.5. Sisteme helyum gazı basılması	74
Şekil 4.6. Sisteme termokupulların bağlanması	74
Şekil 4.7. Sistemin bilgisayarda ölçümü	75
Şekil 4.8. Sistemin şekli	76
Şekil 4.9. %25'lik 410 gr 5 bar deneyin (sıcaklık – zaman) grafiği	77
Şekil 4.10. %25'lik 410 gr 5 bar deneyin (basınç – zaman) grafiği	78
Şekil 4.11. %25'lik 410 gr 10 bar deneyin (sıcaklık – zaman) grafiği	81
Şekil 4.12. %25'lik 410 gr 10 bar deneyin (basınç – zaman) grafiği	82
Şekil 4.13. %25'lik 410 gr 15 bar deneyin (basınç – zaman) grafiği	84
Şekil 4.14. %25'lik 410 gr 15 bar deneyin (sıcaklık – zaman) grafiği	84
Şekil 4.15. Sulu kılcal boru çıkışı (sıcaklık – zaman) grafiği	85
Şekil 4.16. Evaporatör girişi (sıcaklık – zaman) grafiği	86
Şekil 4.17. Absorpsiyonlu soğutma sisteminde seçilen hacim noktaları	88
Şekil 4.18. Buharlaştırıcının hacim noktaları görünümü	89
Şekil 4.19. Yoğuşturucunun hacim noktaları görünümü	89
Şekil 4.20. Soğurucunun hacim noktaları görünümü	90
Şekil 4.21. Saflaştırıcının hacim noktaları görünümü	90
Şekil 4.22. Kaynatıcının hacim noktaları görünümü	91
Şekil 4.23. Sıvı ısı değiştiricinin hacim noktaları görünümü	91
Şekil 4.24. Adyabatik birleşme görünümü	92

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 1.1. Deneylelerden alınan sıcaklık ve basınç ölçümleri	7
Çizelge 2.1. Saf soğutucu maddeler	25
Çizelge 2.2. Karışım soğutucu maddeler	26
Çizelge 2.3. Soğutucu akışkanların çevreye etkileri	31
Çizelge 2.4. Ozona etki eden maddeler	32
Çizelge 2.5. Suyun fiziksel özellikleri	50
Çizelge 3.1. Akışkanlar için aranan özellik ve sebepleri	67
Çizelge 4.1. %25'lik 410 gr 5 bar deneyin (Sıcaklık (°C)) değerleri	77
Çizelge 4.2. %25'lik 410 gr 5 bar deneyin (Basınç (Bar)) değerleri	78
Çizelge 4.3. %25'lik 410 gr 10 bar deneyin (Basınç (Bar)) değerleri	80
Çizelge 4.4. %25'lik 410 gr 10 bar deneyin (Sıcaklık (°C)) değerleri	80
Çizelge 4.5. %25'lik 410 gr 15 bar deneyin (Basınç (Bar)) değerleri	83
Çizelge 4.6. %25'lik 410 gr 15 bar deneyin (Sıcaklık (°C)) değerleri	83
Çizelge 4.7. Deney sonuçlarına göre analiz değerleri	93

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

NH_3	: Amonyak
H_2O	: Su
$LiBr$: Lityum bromid
CFC	: Cloroflorocarbon
$HCFC$: HidroklorofloroKarbonlar
COP	: Soğutma Tesir Katsayısı
DO	: Dolaşım Oranı
$LiNO_3$: Lityum Nitrat
Cl	: Klor
O_2	: Oksijen
ClO	: Cloromonoksit
CO_2	: Carbomdioksit
N	: Azot
H	: Hidrojen
He	: Helyum
h	: Özgül entalpi (kJ/kg)
\dot{m}	: Kütleli akış debisi (kg/s)
x	: Kütleli derişiklik
\dot{q}_b	: Buharlaşma ısı (W)
$\dot{q}_{ısıd}$: Isı değiştiriciden çevreye atılan ısı miktarı (W)
\dot{q}_k	: Kaynatıcı bölgesine verilen ısı miktarı (W)
\dot{q}_{saf}	: Saflaştırıcıdan atılan ısı miktarı (W)
$\dot{q}_{soğ}$: Soğutma ısı (W)
\dot{q}_y	: Yoğuşma ısı (W)

T _Y	: Yoğuşturucu Sıcaklığı (°C)
T _B	: Buharlaştırıcı Sıcaklığı (°C)
T _A	: Absorber Sıcaklığı (°C)
T _J	: Jeneratör Sıcaklığı (°C)
P	: Basınç (bar)
H ₂ S	: Hidrojen sülfür
Q _k	: Yoğuşturucu ısısı (W)
Q _e	: Buharlaştırıcı ısısı (W)
Q _A	: Absorber ısısı (W)
W _c	: Kompresör Gücü (W)
T ₃	: Buharlaştırıcı çıkışı (°C)
T _{4c}	: Buharlaştırıcı girişi (°C)
T _{4a}	: Sulu kılcal boru çıkışı (°C)
T _{5b}	: Kaynaticı çıkışı (°C)
T ₂	: Kaynaticı girişi (°C)
T _{dış}	: Dış ortam (°C)
T ₇	: Yoğuşturucu çıkışı (°C)
P ₃	: Buharlaştırıcı çıkışı (Bar)
P _{5b}	: Kaynaticı çıkışı (Bar)
P _{4c}	: Buharlaştırıcı girişi (Bar)

KISATMALAR

UNCED	: Birleşmiş Milletler Çevre Ve Kalkınma Konferansı
UNFCCC	: Birleşmiş Milletler Çevre Antlaşması
SSS	: Soğurmalı Soğutma Sistemleri
EPA	: Çevresel Koruma Ajansı
MR	: Manyetik rezonans
UV	: Ultra Viyole

BÖLÜM 1

1.1. GİRİŞ

Günümüz dünyasında enerji kavramı ve sorunları büyük ölçüde gündeme oturmuştur. 1970 yılındaki petrol krizi, petrolün adeta silah gibi kullanılmasıyla ortaya çıkmıştı. Bugün ise petrolün gelecek 40 yıl içinde tükenmesi söz konusudur. Ayrıca küreselleşen ve büyüyen ekonomiler ve rekabetleri 1970’li yıllara nazaran daha üst seviyelere ulaşmıştır. Büyüme, gelişme, rekabet ve hızlı nüfus artışı enerji tüketimini artırmış ve yaygın fosil kaynakların kullanımıyla çevre sorunları da büyümüştür. Günümüzde çevre kirliliği de ekonomik maliyetleri açısından değerlendirilmeye başlanmıştır. Tüm bunlar farklı arayışlara yol açmıştır. Hem ekonomik hem de çevre dostu olması açısından alternatif enerji kaynakları üzerine çalışmalar yoğunlaşmıştır (Çelik, 2007).

Absorbsiyonlu soğutma sistemlerinin kullandığı akışkan çiftlerinin buhar sıkıştırılmalı çevrimlerde kullanılan CFC ve HCFC’ler gibi ozon tabakasına zarar vermemesi, işletim enerjisi olarak atık ısının veya yenilenebilir kaynakların kullanılabilmesi, çevrenin daha az kirlenmesinin sağlanması bakımından ilave yarar sağlamaktadır (Olcayer, 2005).

Sistem çevriminde iki farklı akışkan dolaşmaktadır. Akışkanın bir tanesi buharlaştırıcıda buharlaşarak soğutma yükünün ortamdaki çekilmesini sağlayarak soğutma işlemini gerçekleştirmektedir. Diğer akışkan ise, soğurma işlemini yerine getirerek, çevrimin belli bir kısmında soğutucu akışkanı taşıma görevini üstlenmektedir. Absorbsiyonlu soğutma çevrimlerinin en büyük avantajı düşük sıcaklıklı ısı kaynaklarıyla çalışabilmeleridir (Gürsürer, 2005).

Dış enerji kaynağı olarak her türlü ısı enerjisini kullanabilen absorbsiyonlu soğutma sistemleri, çalışmaları esnasında ek bir enerjiye ihtiyaç duymamaları, hareketli

parçalarının azlığı nedeniyle sessiz çalışmaları, çok az bakım gerektirmeleri pek çok avantajlarından dolayı soğutma ve iklimlendirme uygulamalarında tercih edilmektedirler. Diğer avantajları ise; daha az hareketli parçaya sahip olduğundan daha az gürültü, yüksek güvenilirlik ve uzun süreli dayanıklılıktır (Babadağılı, 2005 ve Özdenal, 2006).

Kullanımı en yaygın olan absorpsiyonlu soğutma sistemleri LiBr-H₂O ve NH₃-H₂O eriyiğı kullanan sistemlerdir. Bu çalışmada NH₃-H₂O eriyiğı kullanan absorpsiyonlu soğutma sistemi ele alınacaktır. Bu tezin amacı NH₃-H₂O eriyiğı ile çalışan absorpsiyonlu soğutma sisteminde He gazı basıncının sisteme etkisi yönünden analizinin yapılması ve sistemin optimum çalışma şartlarının belirlenmesidir. %25'lik 410 gr amonyak-su eriyiğinde, 75 Watt'ta, 5, 10, 15, bar'da deneyleri yapılmıştır. absorpsiyonlu soğutma sisteminin verimi, buharlaştırıcı, yoğuşturucu ve absorber sıcaklığı ve basıncı incelenerek sistemin uygulanabilirliği incelenmiştir. Visiul basic bilgisayar programı kullanılmıştır. Ölçümler sonucunda analizlerin grafikleri çizilerek, sistem parametreleri ile sistem performansının değişimi incelenmiştir.

1.2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Kaynaklı ve Yamankaradeniz (2003), yaptıkları çalışmada, absorpsiyonlu soğutma sistemlerinde ısı geri kazanımı için kullanılan eşanjörlerin, sistemin performans katsayısına etkilerini incelemişlerdir. Sistemde kullanılacak akışkan çifti olarak absorpsiyonlu soğutma sistemleri arasında yaygın olarak kullanılan amonyak su akışkan çiftini tercih etmişlerdir. Çevrimin termodinamik analizini yaparak, amonyak ve amonyak - su eriyiğine ait termodinamik özellikleri vermişlerdir. Sistemde kullanılan 3 adet eşanjörün etkenlik katsayılarının değişiminin, sistemin COP değeri üzerindeki etkilerini gözlemlemişlerdir. Ayrıca kaynatıcı, kondenser, absorber ve evaporatör sıcaklıklarının sistemin performansına etkilerini de araştırmışlardır. $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ eriyiği kullanan absorpsiyonlu soğutma sistemlerinin performansının belirlenmesi için termodinamik özelliklerden yararlanarak, temel enerji ve kütle dengesi denklemlerini bilgisayar ortamına aktarmışlardır. Sistemin simülasyonunu oluşturarak, 3 adet eşanjörün farklı etkenlik değerlerinde ve farklı kondenser, evaporatör, absorber ve kaynatıcı sıcaklıklarında sistemin performansını incelemişlerdir. Çevrimde kullanılan amonyak ve $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ eriyiğinin sıcaklıklarını ne ölçüde etkilediğini tabloda detaylı olarak vermişlerdir. Absorpsiyonlu soğutma sistemlerinde kullanılan eşanjörlerin ve sistemin çalışma sıcaklıklarının sistemin performansı üzerindeki etkilerini belirleyebilmek için yaptıkları bu çalışmada aşağıdaki bulgulara ulaşmışlardır;

- Kaynatıcıdan çıkan fakir eriyik yardımıyla zengin eriyiğin sıcaklığının artırılması için kullanılan 1 no'lu eşanjör sistemin performansını en fazla etkileyen eşanjör olmaktadır.
- 1 no'lu eşanjörde gerçekleştirilebilecek maksimum ısı geçişinde, COP yaklaşık %70 oranında artarak 0,66 değerine ulaşmaktadır. Bu esnada eşanjörde, zengin ve fakir eriyik arasında gerçekleşen ısı geçişi miktarı 1113,91 kJ/kg'dır.
- 2 no'lu eşanjör, göz önüne alınan şartlarda COP değerini en fazla %6 oranında artmakta ve diğer eşanjörlere göre COP değerini en az oranda etkileyen eşanjör olmaktadır. 2 no'lu eşanjörde maksimum gerçekleşebilecek ısı transfer miktarı, amonyak buharının eşanjörü doymuş şartlarda terk etmesi durumunda gerçekleşip 154,86 kJ/kg'dır.

- 3 no'lu eşanjör COP değerini en fazla %14 oranında arttırarak sistemin performansı üzerindeki etkisi 1 ve 2 no'lu eşanjörler arasında kalmaktadır. Etkenliğin 1 olması durumunda evaporatörden çıkan amonyak buharı kondenser sıcaklığına kadar ısınmaktadır. Bu esnada sıvı haldeki amonyak daha da soğuyarak evaporatöre girmekte ve sistemin soğutma kapasitesi dolayısıyla, COP değeri artmaktadır. Eşanjörde gerçekleşebilecek maksimum ısı transferi 77.89 kJ/kg'dır.
- Kaynatıcı sıcaklığının artışıyla fakir eriyik konsantrasyonu azalmakta, evaporatör sıcaklığının artışıyla zengin eriyik konsantrasyonu artmaktadır. Bu iki etkide COP değerini arttırmaktadır.
- Kondenser sıcaklığının artışıyla fakir eriyik konsantrasyonu artmakta, absorber sıcaklığının artışıyla zengin eriyik konsantrasyonu azalmaktadır. Bu etkide COP değerini azaltmaktadır.

Horuz (1998), yaptığı çalışmada $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ ve $\text{H}_2\text{O-LiBr}$ akışkanlı absorpsiyonlu soğutma sistemlerinin karşılaştırılmasını gerçekleştirmiştir. Temel olarak buhar içindeki $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ ve $\text{H}_2\text{O-LiBr}$ çözeltilerinin karşılaştırılmasını ve çözeltilerdeki derişikliklerin analizlerini gerçekleştirmiştir. $\text{H}_2\text{O-LiBr}$ çözeltisinin kristalleşme riski üzerinde durmuş ve kristalleşme sıcaklığı ile ilgili analizlerde bulunmuştur. Yine sistemde mevcut ekipmanların işletme sıcaklıklarında, COP üzerindeki etkileri grafikler yardımıyla analiz etmiştir. Su-lityum bromid akışkan çiftinin çok düşük sıcaklıklardaki soğutma işlemlerinde kullanılamayacağını, sebebi olarak da bu akışkan çiftinde suyun soğutucu olduğunu ve suyun sıfır derecenin altında katı faza dönüşerek kristalize olduğunu ortaya koymuştur. Yine yaptığı karşılaştırmalar ve analizle sonucunda, su-lityum bromid çözeltisinin, amonyak-su çözeltisinden daha iyi bir performans ortaya koyduğunu göstermiştir. Çalışma sonucunda yapılan değerlendirmede, buhar absorpsiyonlu soğutma sistemlerinde kullanılan su - lityum bromid çözeltisinin havalandırma uygulamalarından daha üstün olduğu görülmüştür. Bu sistemlerde kullanılan $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ ise, büyük tonaj gerektiren endüstri alanlarında, düşük sıcaklık gerektiren proses uygulamalarında kullanılmasının gerektiği görülmüştür. $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ çevriminin kabul edilebilir bir performans sağlayabilmesi için $\text{H}_2\text{O-LiBr}$ çevriminden daha karmaşık bir yapıya sahip olması gerektiği vurgulanmıştır (Gürsürer, 2005).

Sözen (1999), yaptığı çalışmada; yoğuşturucu, buharlaştırıcı, soğurucu, ayırıcı, pompa, genişleme vanaları, soğutucu ve karışım ısı değiştiricilerinden oluşan, amonyak - su akışkan çifti ile çalışan soğurmalı soğutma sisteminin (SSS) termodinamik analizi yapmıştır. Bu tip (SSS), soğutma sistemlerinde ayırıcı'da güneş enerjisi veya atık ısı enerjisi kullanılarak amonyak-su karışımından amonyağın ayrılması sağlanmaktadır. İyi etüt edilmemiş. Bir ayırıcı farklı kütle derişimlerinde amonyağın ayırıcıdan ayrılmasına izin vererek sistem performansını etkileyecektir. Yaptığı bu çalışmada ayırıcı çıkışında amonyağın farklı kütle derişimlerinde (amonyağın içerisinde değişik oranlarda su bulunması durumları) sistem performansındaki değişmeler hesaplanarak, sonuçlar grafikler halinde sunulmuştur. Bir sistem veya proses için, enerji yerine ekserjiler hesaplanırsa, enerjilerin kaliteleri arasındaki farklar da dikkate alınmış olur. Dolayısıyla sistemlerin değerlendirilmesinin ekserji bazında yapılması, daha doğru bir yaklaşımdır. Bu nedenle sistemin termodinamik analizi termodinamiğin 2. kanununa göre literatürden alınan amonyak - su akışkan çiftinin termodinamik özelliklerini kullanan bilgisayar programı hazırlanarak yapmıştır. Analizde sistem performansının ayırıcı sıcaklığı ile değişimi grafikler halinde sunularak ayırıcının performans üzerindeki etkileri gösterilmiştir.

Tozer and James (1998), ideal absorbsiyon çevrimini, Carnot çevrimine uygulayarak soğutma teorisi hakkında evrensel denklemler türetmeyi amaçlamışlardır. Absorbsiyon çevriminin pratik geçerliliğini göz önüne alarak bu sistemlerin kojenerasyon sistemlerindeki kullanılabilirliğini incelemişlerdir. Bu incelemede direkt ateşlemeli absorbsiyonlu soğutma sistemi kojenerasyon sistemine uygulanmıştır. Sonuç olarak kompresörlü sistemlerle absorbsiyonlu sistemlerin ekonomik analizi yapılmış ve geri ödeme süreleri grafikler halinde efektif çalışma saatine göre verilmiştir.

Özalp (2004), yaptığı çalışmada, Türkiye'de ejektörlü absorbsiyonlu soğutma sistemlerinin kullanma imkânlarının araştırmıştır. Türkiye'de kullanılabilir bir absorbsiyonlu soğutma sistemlerindeki ayırıcının ihtiyaç duyduğu ısı enerjisinin, güneş enerjisinden sağlanıp sağlanamayacağı incelemiştir. Türkiye'nin farklı bölgelerinden 12 şehir seçilmiş ve bu şehirlerin 2000 yılından bu yana güneşlenme

şiddeti ve güneşlenme süresi verileri kullanılarak analiz yapmıştır. Bu meteorolojik veriler yardımıyla, maksimum performans katsayısı şartlarında, su-amonyak akışkan çiftinin kullanıldığı bir ejektörlü absorpsiyonlu soğutma sistemleri için gerekli optimum kolektör yüzey alanı ve sistemin yıl boyunca kullanılabilmesini sağlayan yardımcı ısıtıcılar için gerekli minimum enerji miktarı hesaplamıştır. Seçilen şehirler için ısı kazanım faktörünün tüm mevsimlerde 2,47 ile 2,91 arasında olduğu görülmüştür. 2,91'lik maksimum ısı kazanım faktörünün, haziran ayında Kuşadası'nda olduğu bulunmuştur. Bu çalışma, ev tipi ısıtma-soğutma uygulamaları için güneş enerjisi kullanımında Türkiye'nin yüksek potansiyele sahip olduğunu göstermiştir.

Arslan ve Eğrican (2005), yaptıkları çalışmada, buzdolabı uygulamasında kullanılan absorpsiyonlu soğutma sisteminin termodinamik analizi yapmıştır. Termodinamik analizin yapmasındaki amaç, sistem üzerindeki ısı kayıplarını belirlemek ve bu kayıpları mümkün olduğunca azaltarak sistem performansını arttırmaktır. Termodinamik analizde, yaptığı çalışmayla birlikte gerçekleştirilen deneysel çalışma için kurulan sistem üzerindeki belirli noktalardan alınan sıcaklık ölçümleri kullanmıştır. Analizde elde edilen denklemler geliştirilen bir bilgisayar programı yardımıyla çözdürmüş ve bu programın çıktısında sistem üzerindeki ısı kayıpları sayısal olarak elde etmiştir. Deneylelerden alınan sıcaklık ölçümleri yardımıyla sistem elemanlarının her birisi için yazılan eşitlikler geliştirilen bir bilgisayar programında çözdürülerek termodinamik analize ait sonuçlar elde etmiştir. Geliştirilen programın girdisinde, deneylelerden elde edilen sıcaklık ölçümleri, ısıtıcı aracılığıyla kaynatıcıya verilen güç, sistem basıncı ve sisteme verilen amonyak-su karışımının amonyak bakımından kütleli derişikliği bulunmaktadır. Deneylelerden alınan sonuçlar Çizelge 1.1.'de deneylelerden alınan sıcaklık ve basınç ölçümleri görülmektedir.

Çizelge 1.1. Deneylelerden alınan sıcaklık ve basınç ölçümleri (Arslan ve Eğrican, 2005).

Sistem basıncı (P_{sistem}) (bar)	17		
Isıtıcı gücü ($q&k_k$) (W)	60	70	80
Şarj miktarının amonyak bakımından kütlelesel derişikliğı (%)	27	27	27
Ortalama kaynaticı sıcaklığı (°C)	150	156	164
Kaynaticı giriş sıcaklığı (°C)	105	110	113
Ortalama saflaştırıcı sıcaklığı (°C)	85	90	96
Buharlaştırıcı giriş sıcaklığı (°C)	-30	-30	-30
Buharlaştırıcı çıkış sıcaklığı (°C)	-5	-5	-5
Ortalama soğurucu sıcaklığı (°C)	48	52	54

Babadağı (2005), yaptığı çalışmada; Absorbsiyonlu bir soğutma sistemindeki elemanların termodinamik ve termoeekonomik yönden analizleri yapmıştır. Bunun için sistemin soğutma performans katsayısının belirlendiğı termodinamiğın I. kanunu analizi yapmıştır, daha sonra sisteme termodinamiğın II. kanunu analizi uygulanarak tersinmezlikler ve ekserji kayıpları tespit etmiştir. İncelemelerde, evaporatör sıcaklığı, kondenser sıcaklığı, absorber sıcaklığı ve jeneratör sıcaklığı değerleri sistemin değışken parametreleri olarak ele almıştır ve optimum evaporatör, kondenser, absorber ve jeneratör sıcaklıkları ile bu sıcaklıklara karşılık gelen eşanjör alanları tespit etmiştir. Sistemin her bir noktasındaki entalpi, entropi, kütlelesel debi termodinamik özellikleri hesaplanmıştır. Son olarak sistemin tümüne termoeekonomik optimizasyon metodu uygulamıştır. Sistemin termodinamik ve termoeekonomik analizleri LiBr-H₂O akışkan çifti için yapmıştır.

Hilali (1995), yaptığı çalışmada Şanlıurfa ilinde güneş enerjisi destekli absorbsiyonlu soğutma sisteminin verimliliğinin ölçmeyi amaçlamıştır. Şanlıurfa ilinde bir konut seçmiştir. Bu konutun ısı kazancını hesaplamıştır. Bu değere bağılı olarak soğutmada sisteminin elemanlarını absorber, kondenser, generatör, evaporatör, ısı değıştirici boyutlarını hesaplamıştır.

Gürsürer (2005), yaptığı çalışmada; Lityum bromür + su sistemi ile çalışan soğutma çevrimlerinin farklı çevre sıcaklıklarında termodinamik analizi yapılarak soğutma kapasitesi, performans katsayısı ve soğutma suyu ihtiyacının değişimi incelenmiştir.

BÖLÜM 2

GENEL BİLGİLER

2.1. SOĞUTMA

2.1.1. Soğutmanın Nedir Ve Tarihçesi

Bir maddenin veya ortamın sıcaklığını onu çevreleyen hacim sıcaklığının altına indirmek ve orada muhafaza etmek üzere ısının alınması işlemine soğutma denilebilir (<http://www.fipa.com.tr/>, 2008).

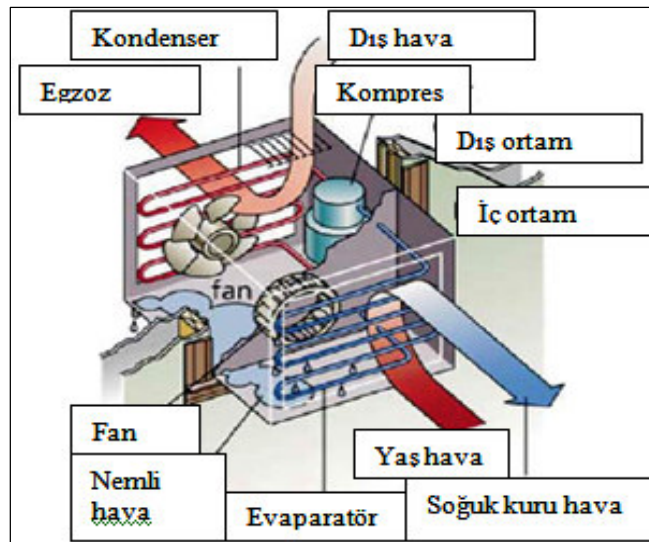
Soğutma bir sıvının halini değiştirerek ısının bir yerden başka bir yere iletilmesidir. Sıcaklık farkı olduğu sürece ısı pek çok değişik şekilde iletilebilir. Dolayısıyla istenen sonuçlara bağlı olarak soğuk sıvı, ısıyı sıcak nesneden çekebilir (soğurabilir) veya sıcak sıvı nesnelere ısı verebilir. Fakat bir hal değişimi olmaksızın elde edilen sonuçlar bir soğutma sistemi veya soğutma etkisi sebebiyle değildir. İstenilen sonucu elde etmek için iş enerjisinin “soğutma sistemi” şeklinde düzenlenmiş mekanik elemanlar kullanılmasına mekanik soğutma denir (<http://www.binaisletimi.com/2007/06/sogutma-nedir/>, 2008).

En basit ve eski soğutma şekli, soğuk yörelerde tabiatın meydana getirdiği buzları muhafaza edip bunları sıcak veya ısısı alınmak istenen yerlere koyarak soğutma sağlanmasıdır. Kışın meydana gelen kar ve buz'u muhafaza ederek sıcak mevsimlerde bunu soğutma maksatları için kullanma usulünün m.ö. 1000 yıllarından uygulanmakta olduğu bilinmektedir. Bu uygulamanın bugün dahi yurdumuzun bazı yörelerinde geçerli bir soğutma şekli olduğu görülmektedir. Diğer yandan, eski mısırlılardan beri geceleri açık gökyüzünü görecektarзда yerleştirilen seramik testilerde suyun soğutulabileceği bilinmektedir. Bu soğutma şekli, gökyüzünün gece karanlıktaki sıcaklığının mutlak sıfır (-273)°C derece seviyesinde olmasından ve

ışıma (Radyasyon) yolu ile ısının gökyüzüne iletilmesinden yararlanılarak sağlanmaktadır. Ticari maksatla ilk büyük buz satışı 1806 yılında Frederic Tudor tarafından ve Antil adalarına 130 tonluk bir buz kütlesini Favorite adlı tekneyle götürülmesi ile başlamıştır. Daha sonraları “buz kralı” adı ile tanınan bu şahıs, ilk macerasından 3 500 dolar para kaybetmesine rağmen bu zararın tamamıyla depolama olanaklarının bulunmayışından meydana geldiğini, gerçekte ise buz işinde büyük kazançlar bulunduğunu görebilmiş ve buz ticaretine devam ederek 1850 yıllarında senede 150 000 ton’a ulaşan bir buz ticareti hacmi geliştirmiştir. 1864’de ise buz sattığı ülkeler arasında Antiller, İran, Hindistan, Güney Amerika ülkeleri bulunuyor ve gemilerinin uğradığı limanlarının sayısı 53’ü buluyordu. Tabiatın bahşettiğı buz ile soğutma şeklinden 1880’lere kadar geniş ölçüde yararlanılmıştır. Buz ile elde edilen soğutma şeklinin gerek zaman ve gerekse bulunduğu yer bakımından çoğu kez pratik ve ucuz bir soğutma sağlayamayacağı bellidir. Bunun yerine mekanik araç ve cihazlarla soğutma sağlanması tercih edilir ki soğutma tekniğı bilimi de bu ikincisi ile ilgilenir. Mekanik soğutma ile ilgili bilinen ilk patent 1790 yılında İngiliz Thomas Harris ile John Long’a aittir. 1834 yılında da Amerikalı Jacop Perkins eter ile çalışan pistonlu bir soğutma makinesinin patentini almıştır. Bu makine, bir emme basma tulumbaya benzer. Bir tıp doktoru olan John Gorrie (1803-1855) ilk defa, ticari gaye ile çalışan bir soğutma makinesi yapmış (1844-Apalachicola, Florida, ABD) ve “Klima - Soğutma - Ticari buz imali” konularının babası olarak tarihe geçmiştir. Uygulama alanında ilk defa 1860 yılında Dr. James Harrison (Avustralya) üretim işleminde birayı soğutmak maksadıyla mekanik soğutmayı başarıyla kullanmıştır. Sistemde soğutucu akışkan olarak sülfürik eter kullanılmıştır. 1861’de Dr. Alexander Kirk kömür ısı ile çalışan ilk Absorbsiyonlu soğutma aygıtını gerçekleştirmiştir. Mekanik soğutma vasıtasıyla buz imalinin ticari sahaya girmesinin ise 1890 yıllarını bulmuştur (<http://www.fipa.com.tr/>, 2008).

İlk iklimlendirme 1902 yılında, Willis Haviland Carrier, Cornell Üniversitesinden mühendislikte master derecesiyle mezun olduktan sadece bir yıl sonra, Brooklyn’li bir basım atölyesi sahibini çok mutlu ederek faaliyete geçti. Atölyesindeki ısı ve nem dalgalanması, baskı kâğıdının boyutlarının değışimini, renkli mürekkeplerin hizasızlığına yol açacak kadar az tutmasına neden olmuştu. Yeni iklimlendirme makinesi sabit bir çevre yarattı ve sıralanmış dört renk baskı mümkün hale geldi.

“Havayı Temizleme Cihazı” 1906 yılında onaylandı ve bu Willis Haviland Carrier’e verilen patentin ilkiydi. Carrier, iklimlendirme ibaresini, ipliği düzenlemek için tekstil atölyelerinin havasına su buharı katan bir cihaz için dosyalanmış 1906 yılı patent talebinde kullandı. 1911 yılında, Willis Haviland Carrier, temel Rasyonel Psikrometrik Formülünü (Rational Psychrometric Formula) Amerikan Makine Mühendisliği Topluluğu’na (American Society of Mechanical Engineers) bildirdi. Formül bugün hâla iklimlendirme endüstrisinde ana hesaplamaların temelini oluşturmaktadır. Carrier kendi “deha parıltısını” tren beklerken kavradığını anlatır. Sisli bir geceydi ve aklından ısı ve nem kontrolü problemini geçiriyordu. Tren geldiği sırada, Carrier ısı, nem ve yoğunlaşma noktası arasındaki ilişkiyi anladı. Endüstriler üretim esnasında ve sonrasında yeni ısı ve nemi kontrol etme becerisiyle gelişti. Film, tütün, işlenmiş et, medikal kapsüller, tekstiller ve diğer ürünler iklimlendirme ile kalitede belirgin bir gelişme elde ettiler. Willis ve diğer altı mühendis, â Carrier Mühendislik Şirketini 35 000 dolarlık başlangıç sermayesiyle kurdular (1995 satışları 5 milyar dolar tepe yaptı). Şirket kendini, iklimlendirme teknolojisini geliştirmeye vakfetti. 1921’de, Willis H. Carrier santrifüj soğutma makinesinin patentini aldı. Santrifüj soğutucu geniş alanlar için iklimlendirmenin ilk pratik metoduydu. Carrier, su pompasının santrifüjlü döner-kanatlarına benzer santrifüj kompresör dizayn etti. Sonuç, daha güvenli ve etkili bir soğutucu oldu. Şekil 2.1’de basit bir klima(soğutma) tesisatı görülmektedir (Salman, 2006).



Şekil 2.1. Klima (Soğutma) tesisatı (Salman, 2006).

Endüstriyel ihtiyaçlardan ziyade insan konforu için soğutma 1924'de, Michigan Detroit'teki J.L. Hudson Büyük Mağaza'da tesis edilen üç Carrier santrifüj soğutucu ile başladı. Alışverişçiler iklimlendirilmiş mağazaya toplandı. İnsanlara yönelik soğutma patlaması, mağazalardan sinemalara yayıldı, en dikkate değeri de hararetili biçimde serin rahatlık reklâmı yapan ve yazın gösteri işleri hızla artan NewYork'daki Rivoli tiyatrosuydu. Küçük birimler için talep arttı ve Carrier Şirketi de talebi karşıladı. 1928 yılında Willis Haviland Carrier ilk ev Havayapar'ı (Weathermaker), yani ev içi kullanım için iklimlendirmeyi geliştirdi (Salman, 2006).

Absorbsiyon prensibiyle çalışan otomatik bir buzdolabı da (Electrolux) 1927 yılında Amerika'da satışa çıktı. Soğutmanın tarafından, bunun iki fiziksel değere, yani sıcaklık ve ısı değerlerine bağlı olduğu görülmektedir. Gerçekte bu iki değer birbirine yakınan bağlıdır. İzotermik ve adyabatik işlemler ile kütle transferi dışında bu iki değer beraberce artıp azalırlar (<http://www.fipa.com.tr/>, 2008).

2.1.2. Soğutma Sistemleri

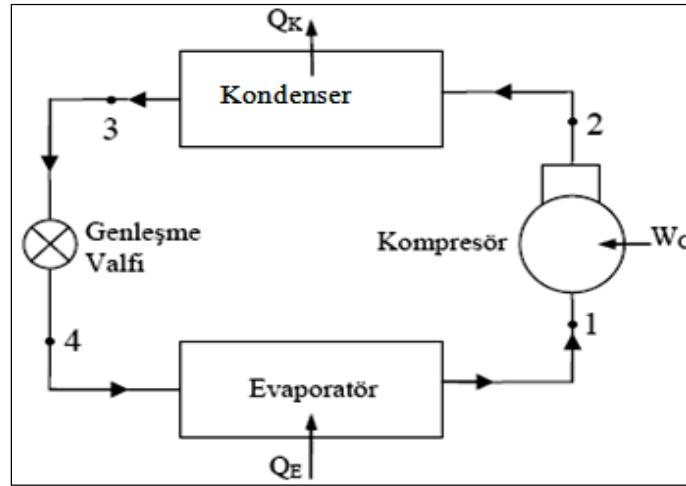
Soğutma sistemi, önceden hesaplanmış ve tanımlanmış basınç aralıklarında soğutucu akışkan debisini kontrol edebilen birbirine bağlı boru sistemi içeren bağımsız ve kapalı bir sistemdir. Debi kontrolü sayesinde düşük basınçta kaynayan soğutucu akışkan ortamdan ısı çeker. Aynı kontrol sayesinde yüksek basınç da yoğuşan akışkan ortama ısı verir.

Sistemin temel olarak birbirinden farklı iki pratik uygulaması mevcuttur. Soğuk kaynaktan ısı çekecek soğutma, sıcak kaynağa ısı vererek ısıtma pratik uygulamalarıdır (Özdenal, 2004).

2.1.2.1. Buhar Sıkıştırırmalı Soğutma Sistemleri

Buhar sıkıştırırmalı soğutma sistemleri, düşük sıcaklıktaki bir ortamdan ısıyı çekerek yüksek sıcaklıktaki ortama atan ve böylece bulunduğu ortamı soğutan sistemlerdir. Bu işlemler soğutucu akışkanlar yardımıyla ve dışarıdan enerji harcanarak yapılır. Buhar sıkılaştırırmalı soğutma sistemleri temel olarak kompresör, kondenser,

genleşme valfi ve evaporatör olmak üzere dört ana elemandan oluşmaktadır. Şekil 2.2’de, 1 noktasından doymuş buhar olarak çıkan soğutucu akışkan, bir kompresör yardımıyla basıncı artırılarak kondensere basılır. Yüksek basınçta kompresörden çıkan soğutucu akışkan kondensere (Yoğuşturucu) girer (2 noktası) ve burada ısısını atarak sabit basınçta yoğuşur. Yoğuşan akışkan genleşme valfine girer (3 noktası). Genleşme valfinden geçen soğutucu akışkan sabit entalpide genişleyerek ıslak buhar haline gelir (4 noktası). Islak buhar halinde evaporatöre (Buharlaştırıcı) giren soğutucu akışkan buradan geçerek ortamın ısısını çeker ve buharlaşarak tekrar kompresöre girer (1 noktası). Çevrim böylece devam eder (Kızılkın, 2004).



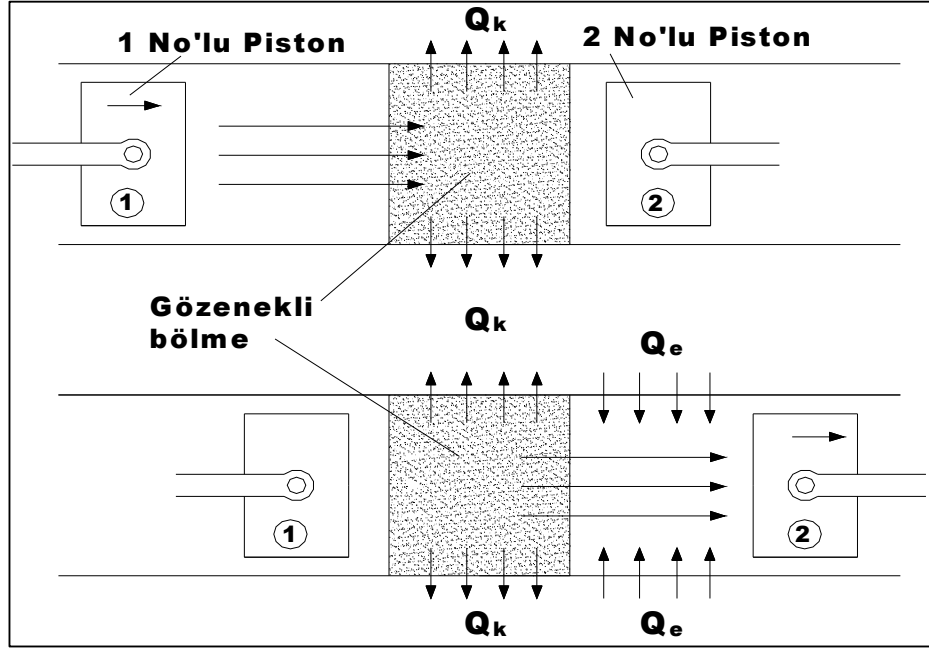
Şekil 2.2. Buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimi.

2.1.2.2. Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi

Absorbsiyon soğutma çevrimiyle Buhar-Sıkıştırma çevrimi benzerdir. Evaporatör (buharlaştırıcı) ile kondenser bu sistemde de aynen mevcuttur. Kompresörün yerini bir kaynatıcı ile bir absorber almaktadır. Evaporatörden gelen soğutucu akışkan buharı, içinde absorban madde bulunan bir hücreye girerek absorban madde tarafından massedilir. Soğutucu madde ile zenginleşen karışım kaynatıcı bölümüne sevk edilerek burada ısıtılır ve soğutucu madde daha yüksek basınca buharlaştırılır. Absorban madde, zayıf solüsyon durumunda tekrar absorbe edilme hücrelerine dönerek soğutucu maddeyi hapsedme görevini sürdürür (Özkul, 1999).

2.1.2.3. Sterling Soğutma Çevrimi

Bu sistem, bir silindir ile içerisinde yerleştirilmiş ve birbirinden gözenekli ve ısı tutumu yüksek bir bölmeyle (rekaynaticı) ayrılmış iki pistondan meydana gelmiştir. Şekil 2.3.'de sterling soğutma çevrimi görülmektedir. Sistemin silindir hacminde soğutucu bir gaz (Hidrojen, vs.) bulunmaktadır. Başlangıç durumunda 1 No'lu piston hareket ederek silindir boşluğundaki gazı sıkıştırır.

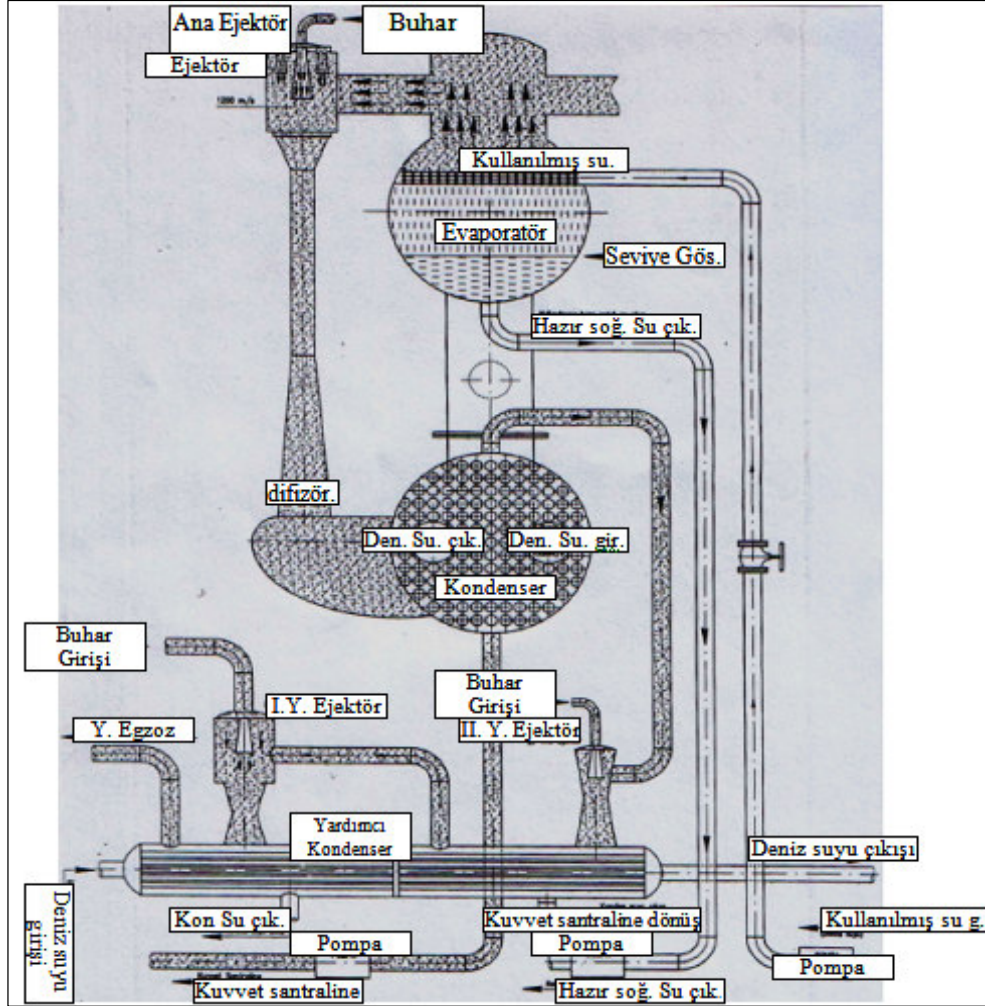


Şekil 2.3. Sterling soğutma çevrimi (Özku, 1999).

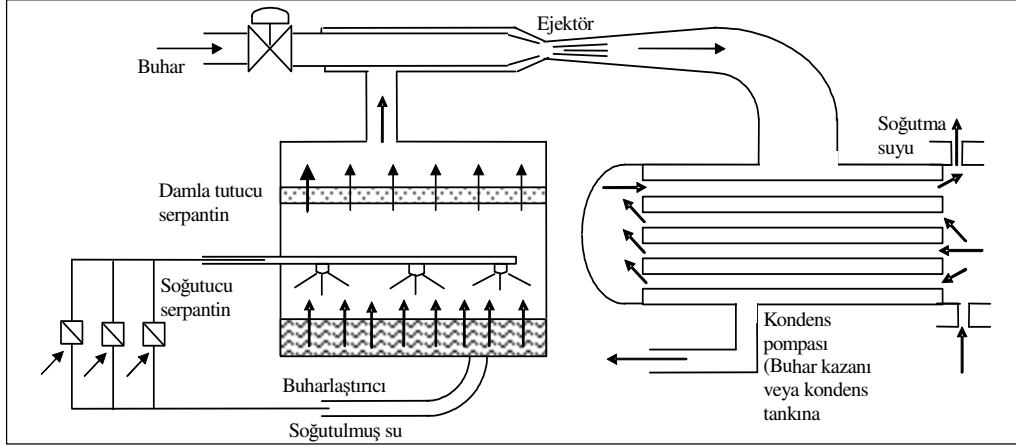
Gözenekli bölmeye nüfuz eden ısınmış gaz ısıısını buraya verir. Bu ısı (Q_k) dışarıdan uygulanacak bir soğutma ile (kondenserde olduğu gibi) sistemden süratle uzaklaştırılmalıdır. 2 No'lu pistonun silindir boşluğuna doğru ilerleyen basınçlı gaz 2 No'lu piston geriye doğru hareket ederken silindir boşluğunu doldurmaya devam eder. Bu durumda gaz civardan ısı almaya müsait durumdadır ve 2 No'lu silindir cidarına verilecek ısıyı hemen alabilecektir. Soğutulmak istenen ortam ile ısı almaya müsait gaz arasında bir ısı geçişi sağlanmak suretiyle soğutma işlemi yapılmış olacaktır (Özku, 1999).

2.1.2.4. Ejektör Soğutma Sistemleri

Esas prensip yönünden bir kompresyon çevrimi olan ejektör çevriminde, evaporatörde buharlaşan soğutkan buharları bir ejektör ile sürüklenerek buharlaşma (evaporasyon) basıncının muhafaza ve kontrolü sağlanır. Böyle bir sistemde, ejektördeki sürüklenme etkisini meydana getiren akışkan ile evaporatörde buharlaşan ve sürüklenen buhar karışmaktadır. Bu nedenle her ikisinin de aynı maddeden olması sistem dizaynını oldukça basitleştirecektir. Sürükleyici akışkanı buhar ve soğutkan maddesi su olan uygulama, bu çevrimde en çok uygulanan akışkan maddelerdir ve “buhar - jet soğutma sistemi” adı ile anılır. Şekil 2.4’de ve 2.5.’de sistemin prensip şemaları görülmektedir (Özkul, 1999).



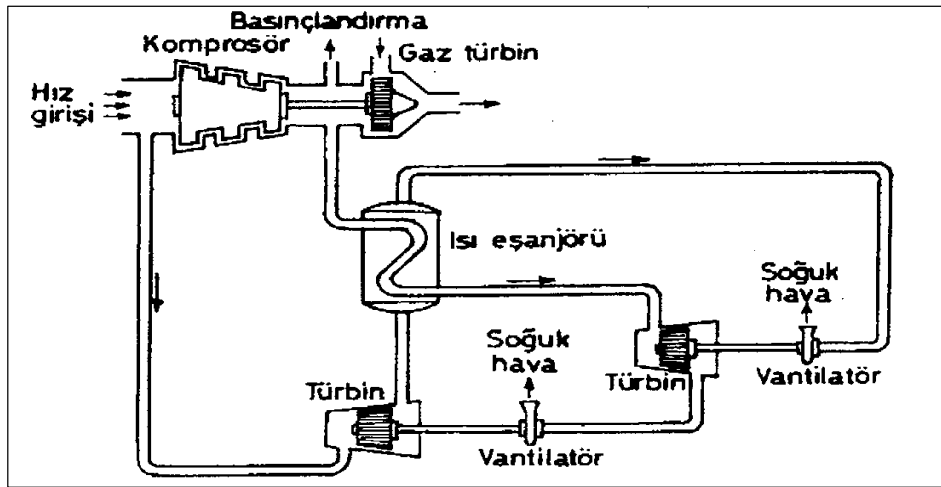
Şekil 2.4. Ejektör soğutma sistemi prensip şeması (Gedik, 2005).



Şekil 2.5. Ejektör soğutma sistemi (Menlik, 2005).

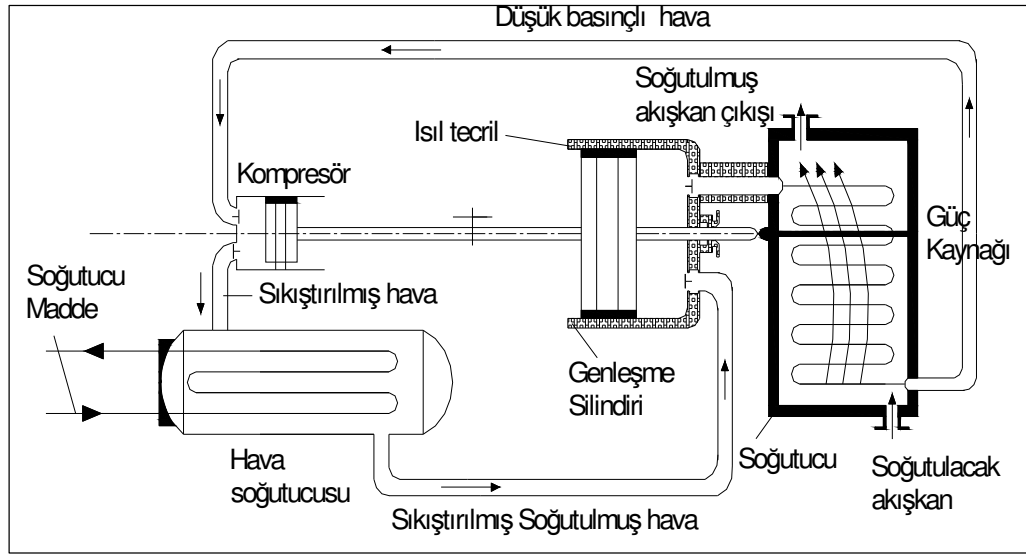
2.1.2.5. Hava Soğutma Sistemleri

Diğer soğutma çevrimlerinden farklı olarak hava soğutma çevriminde, soğutucu akışkan tüm sistemde daima gaz halinde kalır ve hiç sıvılaşmaz. Hava soğutma çevrimi açık sistem (soğutkan hava, devamlı atmosferden alınıp çevrimde soğutulduktan sonra kullanılır) veya kapalı sistem (hava çevrimden dışarı çıkamaz) prensibine göre çalışır. Hava soğutma çevrimi kapalı sistem şekliyle uygulanması düşük performans katsayısı vermesi nedeniyle artık kullanılmamaktadır. Bunun yerine, son yıllarda uçakların yolcu hacimlerini klimatize etmek üzere şekil 2.6'da prensip şeması verilen sistem uygulanmaktadır (Menlik, 2005).



Şekil 2.6. Basit hava çevriminin jet motoruna uygulaması (açık sistem) (Menlik, 2005).

Gerek ekipmanın hafif olması, gerekse soğutucu madde görevi yapan havanın tüm çevrimde gaz halinde bulunması bu sisteme özellik vermektedir. Diğer soğutma çevrimlerinden farklı olarak, hava soğutma çevriminde, soğutucu akışkan (soğutucu) tüm sistemde daima gaz halinde kalır ve hiç sıvılaşmaz. Hava soğutma çevrimi açık sistem (soğutucu hava, devamlı atmosferden alınıp çevrimde soğutulduktan sonra kullanılır sarfedilir) veya kapalı sistem (Hapsolunmuş olan hava çevrimden dışarı çıkamaz) prensibine göre çalışır. Şekil 2.7.'de hava soğutma çevrimi gösterilmektedir (Özkul, 1999).

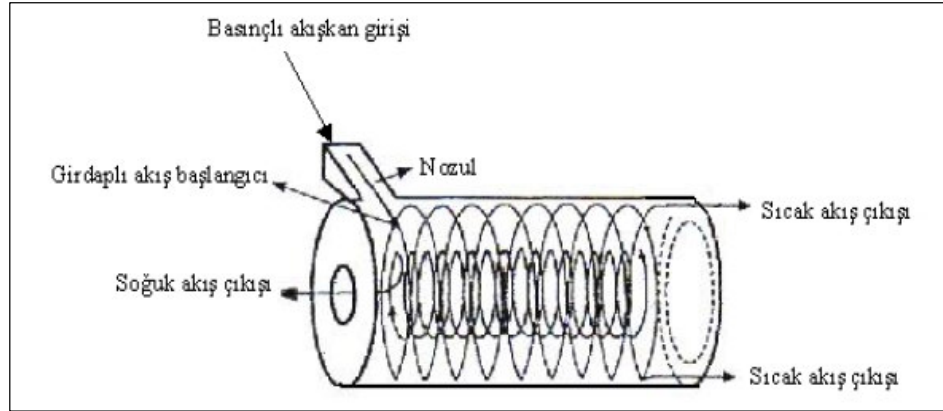


Şekil 2.7. Hava soğutma çevrimi (kapalı sistem) (Özkul, 1999).

2.1.2.6. Vorteks Tüpü İle Soğutma Sistemi

Vorteks tüpü, hareketli hiç bir parçası bulunmayan basit borudan ibaret olan, basınçlı akışkan kullanılarak çalışan bir sistemdir. Vorteks tüplerinde enerji ayrışımı olayı gerçekleşmektedir. Vorteks tüpü ile aynı anda hem soğuma hem de ısınma işlemi gerçekleşmektedir. Bu olay oldukça karmaşık bir yapıdır. Vorteks tüpü, gazların içindeki nemi alma işlemleri için de kullanılmaktadır. Vorteks tüpler üzerinde çalışmalar uzun süredir devam etmesine rağmen, içinde gerçekleşen olayın matematiksel olarak çözümü zordur. Vorteks tüplerde sıcak çıkış tarafında ki vananın kısılması ile enerji ayrıştırma olayı gerçekleşmektedir. Basınçlı akışkan tüp içinde çok yüksek hızlarda döner. Vorteks tüpün cidarlarındaki akışkan sıcak akış, tüpün

merkezindeki soğuk akıştır. Şekil 2.8.'de ve şekil 2.9.'da vorteks tüpleri görülmektedir (Usta vd. 2003).



Şekil 2.8. Karşıt akışlı vorteks tüpünün yapısı (Usta vd. 2003).



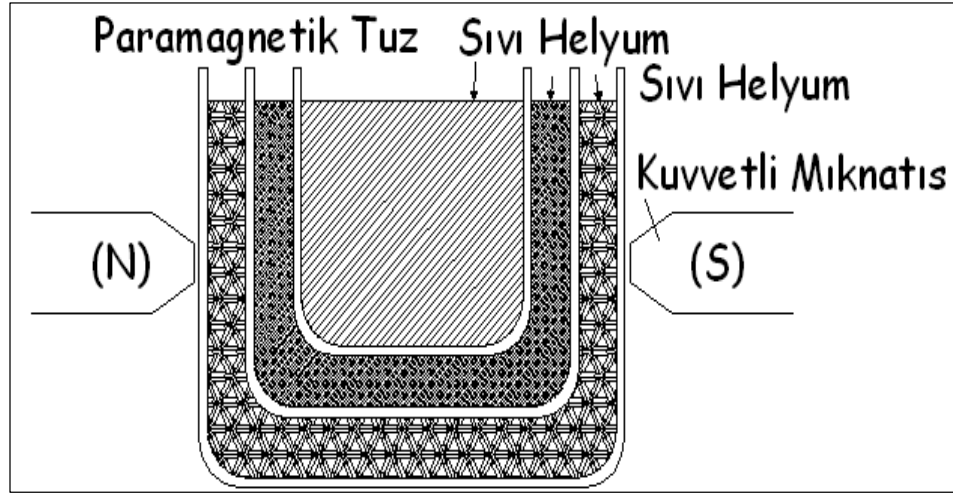
Şekil 2.9. Vorteks tüpü (<http://www.siberg.com/info.htm>, 2008).

2.1.2.7. Paramagnetik Soğutma Sistemi

Paramagnetik maddeler basit olarak "mıknatıs tarafından çekilemeyen maddeler" şeklinde tarif edilebilir. Bir paramagnetik madde (paramagnetik tuz) önceden aşırı derecede soğutulduğunda, diğer maddelerde olduğu gibi moleküllerinin ısı iletimi çok azalır. Bu konumda şiddetli bir magnetik alana sokulduğunda, paramagnetik tuz moleküllerinin elementer birer magnet durumuna geldiği düşünülebilir. Bunu takiben, paramagnetik maddeye uygulanan magnetik alan kaldırıldığında, ısı alış verişi olmadığından (adyabatik soğutma durumu) paramagnetik tuzun sıcaklığı aşırı derecede düşmektedir. Deneylerle bu şekilde 0,00 TK sıcaklıklara ulaşılması mümkün olmaktadır. Bu olayı, moleküler seviyede bir sıkıştırma çevrimine

benzetmek mümkündür. Şöyle ki, uygulanan şiddetli magnetik alan moleküllerin magnetik alan sıkışmasına yol açmakta ve molekül ısısı çevredeki Helyum ve Hidrojen tarafından alınmaktadır (Özkul, 1999).

Magnetik alan kaldırıldığında moleküller üzerindeki magnetik baskının azalması sonucu, aynen buhar sıkıştırma çevriminde genişleme valfinden sonra olduğu gibi, sıcaklık daha alt seviyelere düşmektedir. Şekil 2.10.'da paramagnetik soğutma sistemi görülmektedir (Özkul, 1999).



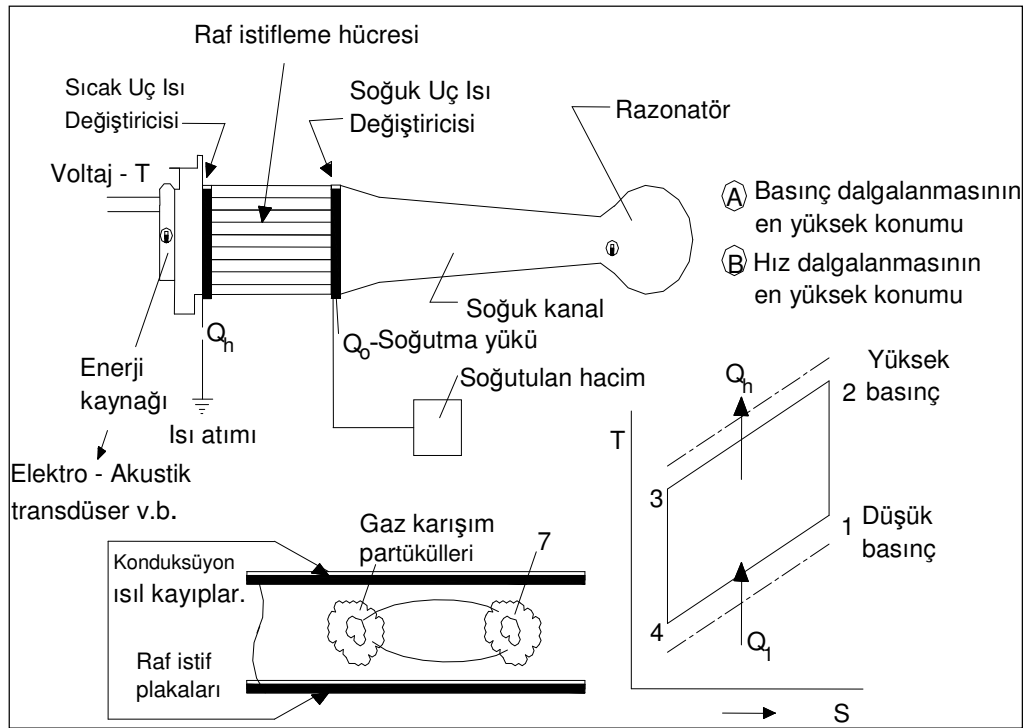
Şekil 2.10. Paramagnetik soğutma (Özkul, 1999).

2.1.2.8. Termoakustik Soğutma Sistemi

Termoakustik bir soğutucu 4 kısımdan meydana gelmektedir ve bunlar; raf istifleme hücresi sıcak ve soğuk uç ısı değiştiricileri, rezonatör, akustik enerji kaynağıdır. Elektro akustik transdüser, vb. ayrıca cihazın içinde hapsolünmüş vaziyette ideal gaz konumuna yakın özelliklerde bir gaz karışımı bulunmaktadır (Helyum ve Xenon gibi). Enerji kaynağı (driver), sistemde rezonansı sağlayacak frekansta çalıştırılmak suretiyle oldukça yüksek seviyede bir basınç dalgalanması meydana getirilir ve bununla içeride hapsolünmüş durumdaki gaz karışımının periyodik şekilde sıkıştırılıp genişletilmesi sağlanarak gaz karışımının raf istifleme hücresi içinde sıcak ve soğuk uç ısı değiştiriciler arasında ileri - geri salınımlar yapması gerçekleşmiş olur (Özkul, 1999).

Akustik etkiyle hareketlendirilen akışkan partiküllerinden raf istifleme hüresindeki plakaların yüzeyine yakın olanlar ters Brayton çevrimine benzer bir çevrimle ısıyı soğuk uç ısı değiştiriciden sıcak uç ısı değiştiricisine doğru taşımaya başlar (ısı pompalama) (Özkul, 1999).

Yani soğutucu akışkan (gaz karışımı) hava çevriminde olduğu gibi hep gaz halinde bulunmaktadır ve buhar sıkıştırma çevrimindeki gibi sıvılaşması ve buharlaşması söz konusu olmamaktadır. Diğer bir deyişle gaz partikülleri kendi içlerinde bir sıkıştırma-genişleme işlemi ortaya koymaktadır. Şekil 2.11'de termoakustik soğutma sistemi görülmektedir (Özkul, 1999).

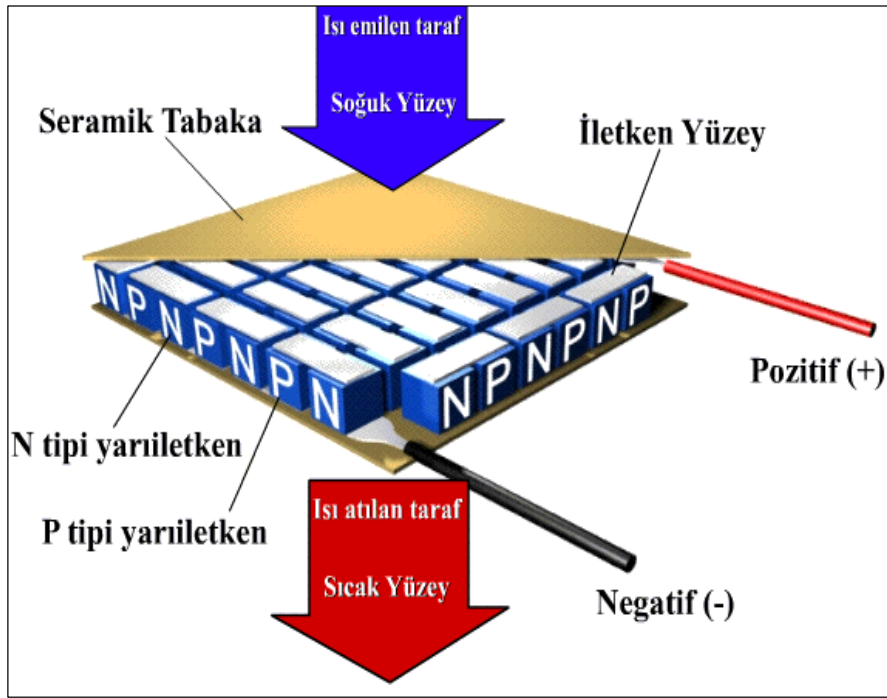


Şekil 2.11. Termoakustik soğutma.(Özkul, 1999).

2.1.2.9. Termoelektrik Soğutma Sistemi

Termoelektrik soğutma; iki farklı metalden telin uçları birleşmesinden oluşan sisteme elektriksel akım verildiğinde telin uçlarında sıcaklık farkı oluşması olayıdır. Bu sistemlerde yarıiletken (semikondüktör) malzemeler kullanılır. Termoelektrik soğutma sistemi hareketli parçası olmadığından sessiz çalışmaktadır. Termoelektrik

soğutma sisteminde termoelektrik modül kullanılmaktadır. Termoelektrik soğutucular elektriksel olarak seri, ısıl olarak paralel düzenlenmiş çok sayıda termokupuldan oluşmaktadır. Termoelektrik soğutucu modüllerin genellikle N ve P tip malzeme çiftlerinden eşit sayıda konulmasıyla üretilmektedir. Termoelektrik yapısında elektrik akımı her N ve P tip malzemelerin alt ve üst tabakaları boyunca hareket eder. Uygulanan elektrik akımı sonucunda hareket eden elektronlar bir yüzeyde ısınma diğer yüzeyde soğuma oluşturmaktadır. Şekil 2.12.'de termoelektrik modül yapısı görülmektedir (Usta ve Kırmacı, 2002).



Şekil 2.12. Termoelektrik modülün yapısı (Acar, 2005).

2.2. SOĞUTUCU AKIŞKANLAR

2.2.1. Soğutucu Akışkanların Tarihçesi

Willis H. Carrier, geçen yüzyılın başlarında hava koşullandırma ile ilgili öncü çalışmalarına başladığında soğutucu akışkan seçenekleri oldukça sınırlıydı. Piyasada bulunan sülfür dioksit, metil klorür ve amonyak gibi bileşiklerin zehirlilik veya tutuşma özellikleri uygulamada önemli zorluklar yaratıyordu. Birinci Dünya

Savaşından sonraki yıllarda, bina ve evlerde kullanılan soğutucularda mekanik soğutmaya talebin artması üzerine, Carrier ve ortaklarından R. W. Waterfill, soğutucu akışkan bileşiklerinin ilk sistematik analizini üstlendi. Amonyak; etil eter, karbondioksit, karbon tetraklorür, kükürt dioksit ve su üzerinde yaptıkları çalışmalar ile bu çalışmaların bulgularından bir kısmı günümüzde hala geçerlidir.

Carrier ve Waterfill üzerinde çalıştıkları maddeler içinde önceden tahmin edilen en düşük performansı karbondioksitin verdiğini, amonyakta istenilen sistem koşullarının sağlanabilmesi için çok sayıda sıkıştırma kademesi gerektiğini ve suyun veriminin çok düşük olduğunu belirlediler. Ayrıca, sülfür dioksiti sağlığa zararlı, zehirli ve su ile birleştiğinde asit oluşturduğu için güvenlik nedeni ile ve karbon tetraklorürü de sulu ortamlarda metallerin korozyonuna neden olduğu için çalışma kapsamı dışında bıraktılar (Keogh, 2005).

Uzun araştırmalar sonunda, 1922 yılında üretilen Carrier'in ilk santrifüj kompresörlü soğutma makinası için soğutucu akışkan olarak, yeterli miktarda bulunup bulunamayacağı belirsizken, dielen (1,2 dikloroetan) seçildi. Carrier sonraları bu durumu aşağıda olduğu gibi açıkladı. "Dielenin bulunması zordu, ama yine de onu denemeye karar verdik. İsviçre'deki bir firmaya yazdığımda, bana diele'in Almanya'da endüstriyel miktarlarda üretildiğini ve temizleyici akışkan olarak kullanıldığını bildirdiler". Daha iyi bir soğutucu akışkan bulma çabaları sürerken, Frigidaire için çalışan yetenekli kimyager Thomas Midgely Jr., 60 yıldan fazla bir süredir benzinin oktan derecesini yükseltmek için kullanılan kurşun tetraetil bileşiğinin, ön ateşleme ile ilgili sorunları azaltmak için de kullanılabileceğini düşündü. Midgley ve ortakları Albert L.Henne ile Robert R. McNary, istenilen kaynama noktasına sahip kimyasalları bulmak için özellik tablolarını araştırdılar.

Çalışmalarını zehirli ve tutuşkan olmayan, kararlı bileşikler ile sınırladılar. Rastlantısal olarak, organik florürler olarak bilinen bir grup madde dikkatlerini çekti. Flor tek başına zehirli bir madde olarak bilinirken, Midgley ve arkadaşları flor'un diğer elementlerle birleştirilmesi yoluyla bu özelliğinin giderilebileceğini düşündüler. Midgley'in öncü çalışması, bilinen bütün elementlerden yalnızca sekiz tanesinin soğutucu akışkan bileşiklerinin temel taşı olabileceğini ortaya çıkardı. Bu

sekiz element, karbon, nitrojen, oksijen, sülfür, hidrojen, flor, klor ve brom'du. Diğer bütün elementler, katı oldukları ya da katı madde oluşturmaya yatkın oldukları, karasız ya da zehirli oldukları için ya da yalnızca, tek başlarına uygun fiziksel özelliklere sahip olmadıkları için elendi. Midgley'in elde ettiği sonuçlar günümüzde hala geçerlidir ve kullanılan bütün soğutucu akışkanlar bu küçük element grubundan gelmektedir Midgley araştırma sonuçlarını 1930 yılında yayınladı ve Atlanta'da gerçekleştirilen Amerikan Kimya Derneği toplantısında, R12'nin güvenilirliğini, yanan bir mumu ciğerlerini doldururcasına içine çektiği bu gazla söndürerek çarpıcı bir gösteriyle kanıtladı. O günden beri zehirli ve tutuşkan olmayan soğutucu akışkanlar çok büyük bir öneme sahiptir. R12'nin ticari olarak üretimi 1930 yılında başladı, bunu bir yıl sonra R11 izledi. Bundan 10 yıl sonra, R22 ortaya çıktı ve yüzyılın sonuna kadar, 60 yıl boyunca hava koşullandırma endüstrisine hizmet edecek olan ana soğutucu akışkan ailesini tamamladı. 1988 yılı toplam dünya tüketiminin 1 milyar kg olduğu tahmin edilen CFC (kloroflorokarbon) soğutucu akışkanın başarısı buna örnektir (Keogh, 2005).

2.2.2. Soğutucu Akışkanların Numaralandırılması

Bu akışkanlar kimyasal olarak $C_mH_nF_pCl_q$ şeklinde ifade edilebilirler. Bunlar ticari olarak R - xyz şeklinde gösterilirler. R harfinden sonraki x, y, z rakamları;

$$x = m - 1 \quad (2.1.)$$

$$y = n + 1 \quad (2.2.)$$

$$z = p \quad (2.3.)$$

$$n + p + q = 2 (m + 1) \quad (2.4.)$$

Eşitlikleri yardımı ile hesaplanır ve çeşitli freon akışkanlarının tanımlanması için kullanılır. Örnek olarak CHF_2CL akışkanında $m = 1$, $n = 1$, $P = 2$ olunca $x = 0$, $y = 2$ $z = 2$ bulunur ve sıfırlar yazılmadığına göre bu akışkanın ticari adı R-22 ile gösterilir. Bunun tersi de mümkündür. Yani R-22 ticari adı bilinirse, yukarıdaki

eşitlikler yardımıyla soğutucu akışkanın kimyasal bağıntısı da bulunabilir. Freon akışkanlarının genellikle soğutma makinelerinde kullanılan malzemelerden hiçbirine etkisi olmaz. Yalnız kurşun, magnezyum ve alaşımları ile magnezyum içeren alüminyum alaşımları için pek uygun değildirler. Özellikle 1990 tarihinden önce, freon akışkanı soğutma tekniğinde yaygın olarak kullanılmakta idi. Atmosferdeki ozon tabakasına olumsuz etkisi ve sera etkisi nedeniyle, üretimleri durdurulmuş veya kısıtlanmıştır. R-22, 2030 yılına kadar kullanılacaktır (<http://www.bilgininadresi.net/myaccount/register>, 2008).

2.2.3. Soğutucu Akışkanlarda Aranacak Özellikler

- Pozitif buharlaşma basıncı olmalıdır. Hava sızmasını dolayısıyla havanın getirdiği su buharının soğuk kısımlarda katılarak işletme aksaklıklarına meyden vermesini önlemek için buharlaşma basıncının çevre basıncından bir miktar üzerinde olması gerekir.
- Düşük yoğuşma basıncı olmalıdır. Yüksek basınca dayanıklı kompresör, kondenser, boru hattı gibi tesisat olmalıdır.
- Buharlaşma gizli ısı yüksek olmalıdır. Buharlaşma gizli ısı ne kadar yüksek olursa sistemde o oranda gaz akışkan kullanılacaktır.
- Kimyasal olarak aktif olmamalıdır, tesisat malzemesini etkilememesi, korozif olmaması, yağlama yağının özelliğini değiştirmemesi gerekir.
- Yanıcı patlayıcı ve zehirli olmamalıdır.
- Kaçakların kolay tespitine imkân veren özellikte olmalıdır.(Koku, renk)
- Ucuz olmalıdır.
- Isı geçirgenliği yüksek olmalıdır.
- Dielektrik olmalıdır.
- Düşük donma derecesi sıcaklığı olmalıdır.
- Yüksek kritik sıcaklığı olmalıdır.
- Özgül hacmi küçük olmalıdır.
- Viskozitesi düşük olmalıdır (Koyun vd. 2005 ve <http://www.bilgininadresi.net/myaccount/register>, 2008).

2.2.4. Soğutucu Akışkan Çeşitleri

Çizelge 2.1. Saf soğutucu maddeler (Koyun vd. 2005 ve <http://www.karalsogutma.com/sogutucu-akiskanlar.htm>, 2008).

Başlıca Saf Soğutucu Maddeler		
Soğutucu Madde	Kimyasal Tanımı	Kimyasal Formülü
R11 (CFC11)	Triklorflormetan	CFCL ₃
R12 (CFC12)	Diklorflormetan	CF ₂ CL ₂
R13 (CFC13)	Klortriflormetan	CCLF ₃
R13B1 (BFC13)	Bromtriflormetan	CBRF ₃
R22 (HCFC22)	Klordiflormetan	CHF ₂ CL
R23 (HCF23)	Triflormetan	CHF ₃
R32 (HCF32)	Diflormetan	CH ₂ F ₂
R113 (CFC113)	Triklortrifloreten	C ₂ F ₃ CL ₃
R114 (CFC114)	Diklortetrafloretan	C ₂ F ₄ CL ₂
R115 (CFC115)	Klortentafloretan	C ₂ F ₅ CL
R123 (HCFC123)	Diklortrifloreten	C ₂ HF ₃ CL ₂
R125 (HFC125)	Pentafloretan	CF ₃ CHF ₂
R134a (HCF134a)	Tetrafloretan	C ₂ H ₂ F ₄
R141b (HCFC141b)	Flordikloreten	C ₂ CL ₂ FH ₃
R143a (HFC143a)	Trifloreten	CF ₃ CH ₃
R152a (HCF152a)	Difloreten	C ₂ H ₄ F ₂
R290 (HC290)	Propan	C ₃ H ₈
R600 (HC600)	Bütan	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃
R600a (HC600a)	İzobütan	CH(CH ₃) ₃
R717	Amonyak	NH ₃
R718	Su	H ₂ O
R744	Karbondioksit	CO ₂
R764	Sülfürdioksit	SO ₂

Çizelge 2.2. Karışım soğutucu maddeler (Koyun vd. 2005 ve <http://www.karalsogutma.com/sogutucu-akiskanlar.htm>, 2008).

Karışım İle Elde Edilmiş Başlıca Soğutucu Maddeler	
Soğutucu Madde	Bileşimi (Ağırlıkça)
R401A	% 52 R22 + % 33 R124 + % 15 R152a
R402A	% 38 R22 + % 60 R125 + % 2 R290
R404A	% 44 R125 + % 4 R134a + % 52 R143a
R407A	%20 R32 + % 40 R125 + % 40 R134a
R407B	%10 R32 + % 70 R125 + % 20 R134a
R407C	%23 R32 + % 25 R125 + % 52 R134a
R410A	%50 R32 + % 50 R125
R500	% 73,8 R12 + % 26,2 R152a
R502	% 51,2 R115 + % 48,8 R22
R507	% 50 R125 + % 50 R143a

R11 (CCl_3F), düşük basınçlı (0°C 'de 0.40 bar) bir soğutucudur. Ağırlıklı olarak 350 kW – 10 000 kW soğutma kapasitesi aralığında olan santrifüj su soğutucu ünitelerde (chiller) kullanılmaktadır.

R12 (CCl_2F_2), bugün, soğutma maksadı ile en çok kullanılan soğutucu akışkandır. Zehirli, patlayıcı ve yanıcı olmaması sebebiyle tamamen emniyetli bir maddedir. Bunlara ilaveten, en ekstrem çalışma şartlarında dahi stabil ve bozulmayan, özelliklerini kaybetmeyen bir maddedir. Ancak, açık bir aleve veya aşırı sıcaklığa haiz bir ısıtıcı ile temas ettirilirse çözülür ve zehirli bileşkelere ayrışır. Kondenserde, ısı transferi ve yoğuşma sıcaklıkları bakımından oldukça iyi bir durum gösterir.

R13 (CClF_3), (-70°C ile -45°C arasında kullanılan düşük sıcaklık soğutucusudur. Az sayıda endüstriyel soğutma tesisinde kullanılmaktadır.

R13B1(CBrF_3), (-70°C ile -45°C aralığında endüstriyel soğutucularda kullanılır.

maktadır. Yüksek ozon tüketme kapasitesi nedeniyle Montreal Protokolü kapsamında üretimi ve tüketimi tamamen durdurulmuştur.

R22 (CHClF_2), diğer fluo - karbon soğutucu akışkanlarda olduğu gibi R22'de emniyetle kullanılacak zehirsiz, yanmayan, patlamayan bir akışkandır. R22, derin soğutma uygulamalarına cevap vermek üzere geliştirilmiş bir soğutucu akışkandır, fakat paket tipi klima cihazlarında, ev tipi ve ticari tip soğutucularda da, bilhassa daha kompakt kompresör gerektirmesi (R12'ye nazaran takriben 0,60 katı) ve dolayısıyla yer kazancı sağlaması yönünden tercih edilir

R114 (CClF_2), yanmayan ve zehirli özelliği olmayan bir soğutucu maddedir. Endüstriyel ısı pompalarında 80°C - 120°C arasında kullanılmaktadır.

R123 (CHCl_2CF_3), santrifüj soğutucu ünitelerde kullanılan ve R11'e en uygun olan alternatif soğutucu maddedir. Zehirleyici özelliği nedeniyle kullanıldığı ortamda ek tedbirler gerektirmektedir. 8 saat boyunca maruz kalınacak maksimum doz 10 ppm'dir.

R134a ($\text{CF}_2\text{CH}_2\text{F}$), termodinamik ve fiziksel özellikleri ile R12'ye en yakın soğutucudur. Halen ozon tüketme katsayısı 0 olan ve diğer özellikleri açısından en uygun soğutucu maddedir. Araç soğutucuları ve ev tipi soğutucular için en uygun olan alternatiftir. Ticari olarak da temini olanaklıdır. Yüksek ve orta buharlaşma sıcaklıklarında veya düşük basınç farklarında kompresör verimi ve sistemin COP (coefficient of performance) değeri R12 ile yaklaşık aynı olmaktadır.

R143a (CF_3CH_3), R502 ve R22 için uzun dönem alternatifi olarak kabul edilmiştir. Amonyak kullanımının uygun olmadığı düşük sıcaklık uygulamalarında kullanılmaktadır. Yanıcı özelliğe sahip olduğundan dönüşüm ve yeni kullanımlarda güvenlik önlemleri göz önünde tutulmalıdır.

R125 (CF_3CHF_2), R502 ve R22 için uzun dönem alternatifi olarak kabul edilmiştir. R143 gibi amonyak kullanımının uygun olmadığı düşük sıcaklıklar için düşünülmüştür. Yanma özelliği yoktur.

R152a ($C_2H_4F_2$), ozon tahribatına neden olmayan ve sera etkisi çok düşük olan (R12'nin %2'si kadar) R152a ($C_2H_4F_2$), ısı pompalarında R12 ve R500 için alternatif olarak kabul edilmiştir. Yanıcı ve kokusuz olan R152a zehirleyici özellik göstermez. Termodinamik ve fiziksel özellikleri R12 ve R134a'ya çok yakındır.

R401A, R22, R124 ve R152a'dan oluşan ve R12 için alternatif kabul edilen zeotropik bir karışımdır. HCFC içerdiğinden nihai bir alternatif olmayıp 2030 yılına kadar kullanılabilir.

R402A, R22, R125 ve R290'dan oluşan ve R502 için alternatif kabul edilen zeotropik bir karışımdır. HCFC içerdiğinden nihai bir alternatif olmayıp 2030 yılına kadar kullanılabilir.

R404A, R125, R134a ve R143a'dan oluşan ve R502 için alternatif kabul edilen zeotropik bir karışımdır. HCFC içerdiğinden nihai bir alternatif olmayıp 2030 yılına kadar kullanılabilir.

R410A, R32 ve R125'den oluşan ve R22 için alternatif kabul edilen yakın azeotropik bir karışımdır. Teorik termodinamik özellikleri R22 kadar iyi değildir. Ancak ısı transfer özelliği oldukça iyidir. Sera etkisinin yüksek olması en büyük dezavantajdır.

R500, R12 ve R152a'dan oluşan bir azeotropik bir karışımdır. Düşük oranda R12'ye alternatif olarak kullanılmaktadır. R12'ye göre daha iyi COP değerine ve %10 - 15 daha yüksek hacimsel soğutma kapasitesine sahiptir.

R502, R22 ve R115'den oluşan bir azeotropik bir karışımdır. En çok kullanıldığı alan soğuk taşımacılık ve ticari soğutuculardır. CFC içerdiğinden üretimi durmuştur.

R507, R125 ve R134a'dan oluşan, R502 için kabul edilen bir alternatiftir.

R717 (Amonyak), bugün, fluo - karbon ailesinin dışında geniş ölçüde kullanılmaya devam edilen tek soğutucu akışkan amonyak'tır. Buharlaşma ısısının yüksek oluşu ve buhar özgül hacminin de oldukça düşük olması sistemde dolaştırılması gereken

akışkan miktarının düşük seviyede olmasını sağlar. R22’de olduğu gibi çıkış sıcaklıkları yüksek seviyeli olup kompresör kafa ve silindirlerinin su soğutma gömlekli olması tercih edilir. Çizelge 2.1.’de ve çizelge 2.2.’de saf soğutucu akışkanlar ve arışım soğutucu akışkanlar görülmektedir (<http://www.karalsogutma.com/sogutucu-akiskanlar.htm>, 2008 ve <http://www.kontrolkalemi.com/forum/arsiv/arsiv-konu-35409.0-sogutucugazlar-ve-ozellikleri.html>, 2008).

2.2.5. Soğutucu Akışkanların Ozona Olan Etkisi

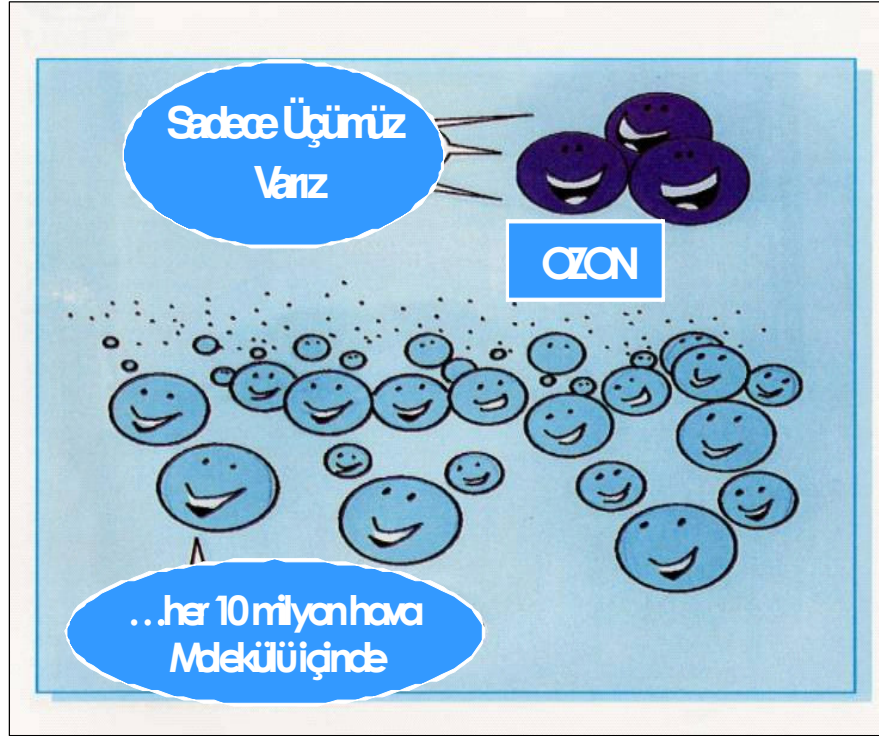
2.2.5.1. Ozonun Oluşumu

Ozon 3 adet oksijen atomundan oluşan şeffaf renksiz, keskin kokulu yeryüzeyinden 10-50 km yüksekte bulunan bir tabakadır. Ozon tabakası yeryüzündeki canlıları güneşten gelen ultraviyole ışınlarının zararlı etkilerden korur. Ancak bu gaz aynı zamanda canlılar içinde oldukça tehlikelidir. Maruz kalındığında ağzı, burnu, solunum yollarını tahriş eder. Hatta 1 gramının iki yüzde biri öldürücü olabilmektedir. Bir sprey kutusunun saf ozonla dolu olduğu düşünülecek olursa, bu kutu boşaltıldığında 14 000 kişiyi öldürebileceği söylenmektedir. İyi ozon tüm ozonun %90’dır. Doğal bir filtre vazifesi görerek yeryüzündeki tüm yaşam türlerini güneşin zararlı UV ışınlarına karşı korur.%10’luk miktar ise kötü ozondur. Araç egzozları ve endüstriyel emisyonların oluşturduğu uçucu organik karışımların ve de nitrojen oksitlerin havaya karışmasıyla ortaya çıkan insan aktivitelerinin ciddi hava kirliliğiyle yer seviyesinde oluşur. Yukarı stratosferde (mezosfer) bulunan oksijen molekülleri güneşten gelen ultraviyole ışınlarını absorbe ederek oksijen atomlarına ayırır (Kuğu ve Tengilimoğlu, 2007).

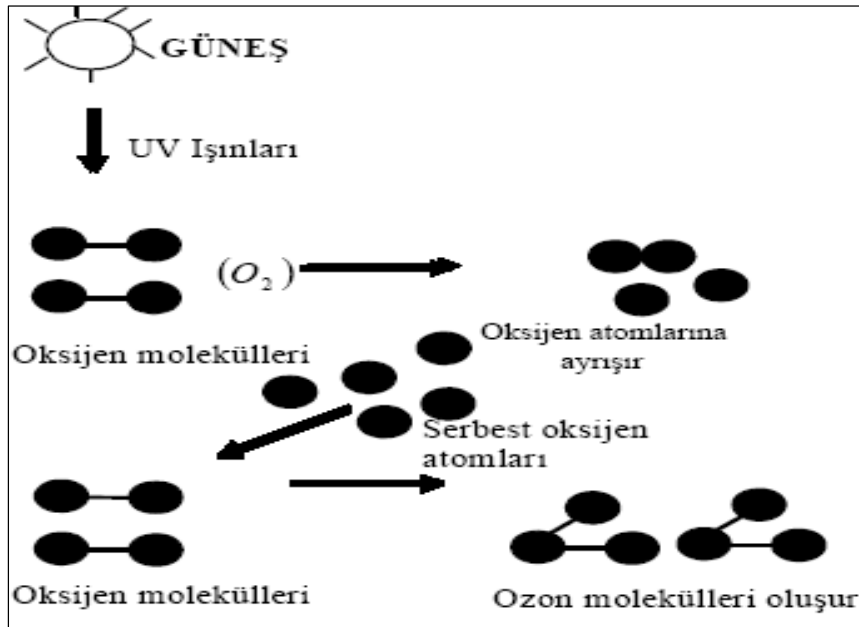


Daha sonra ortaya çıkan bu oksijen atomları(O), oksijen molekülleri(O₂) ile birleşerek ozonu oluştururlar. Şekil 2.13.’de ve Şekil 2.14.’de ozon molekülü ve ozon tabakasının oluşumu görülmektedir (Kuğu ve Tengilimoğlu, 2007).





Şekil 2.13. Ozon molekülü (Kuğu ve Tengilimoğlu, 2007).



Şekil 2.14. Ozon tabakasının oluşumu (Kuğu ve Tengilimoğlu, 2007).

2.2.5.2. Soğutucu Akışkanların Ozona Zarar Vermesi Ve Sera Etkisi

1974 yılında M.J. Molina ve F.S. Rowland, CFC'nin yüksek frekanslı mor ötesi ışık altında ozonu katalitik olarak ayrıştırma yeteneğine sahip olduğunu kanıtlayan bir laboratuvar çalışması yayınladı. Daha ileri seviyedeki çalışmalar, CFC'nin 60 yıl içerisinde ozon tabakasını %7 oranında aşındıracağını öngörüyordu. Bu çalışmaların sonucuna dayanılarak 1978 yılında Amerika'da aerosol spreylerde CFC kullanımı yasaklandı. Zamanla diğer ülkeler de aerosollarda CFC kullanımını yasaklamaya başladı. Ancak, sanayide CFC'nin soğutucu akışkan olarak kullanımına getirilen sınırlamalara karşı çıkıldı.1985 yılında Farman, Gardinar ve Shanklin tarafından Doğa dergisinde yayınlanan bir makale ile birlikte bu durum değişti. Makalede, İngiliz Antartik Araştırma Grubu tarafından toplanan ve ozon konsantrasyonunun Antartika'da Ocak ayı normal seviyesinin %10 altına düştüğünü gösteren verilerin üzerinde yapılan çalışma ve bu çalışmanın bulgularını açıklanıyordu (Keogh, 2005). Çizelge 2.3.'de ve Çizelge 2.4.'de soğutucu akışkanların çevreye etkileri ve ozona etki eden maddeler görülmektedir.

Çizelge 2.3. Soğutucu akışkanların çevreye etkileri (Torun vd. 2008).

Soğutucu Akışkan	Atmosferde kalma Süresi(yıl)	Ozona etki potansiyeli	Sera Etkisi
R- 32	7,3	0	0,11
R-125	40,5	0	0,84
R-143a	64,2	0	1,1
R - 502	15,8/400	0,22	3,7
R-22	15,8	0,05	0,34
R-12	130	1	3,1
R-134a	15,6	0	0,28
R-152a	1,8	0	0,03
R - 134	-	0	-
R - 143	41	0	1,1
R-11	56	1	1
R - 123	1,8	0,016	0,02
R-152	-	0	-
R - 717	-	0	-

Çizelge 2.4. Ozona etki eden maddeler (Kuğu ve Tengilimoğlu, 2007).

Ozon Tüketen Maddeler	Kullanım Alanları	Ömürleri (yıl)	Kaldırılma Tarihi
Kloroflorokarbonlar	Soğutucular, araba klimaları, köpük ürünleri, yalıtım maddeleri, elektronik aletleri temizlemek için çözücü, steril gaz karışımlarında bir bileşim maddesi, sprey kutularında ileri doğru itici olarak kullanılır.	100	1996 Yılı
Hidroklorofloro Karbonlar	Ticari ve endüstriyel buzdolapları, klimalar, ısı pompaları aerosol spreyley ve bazı köpük ürünleri.	15	2030 Yılı
Halonlar	Genel endüstri, ev ve ofis kullanımı kadar bilgisayar ve elektronik donanım malzemeleri, müzeler, gemiler ve tanklar içinde yangından korumayı sağlarlar.	100	1994 Yılı
Karbondioksit	Endüstriyel çözücü, tarımsal dezenfektan, böcek öldürücü ilaçlar ile petrokimyasal inceleştirme de dahil pek çok diğer endüstriyel süreçlerde ve Doğu Avrupa'da hala kuru temizlemede kullanılmaktadır.	50	1996
Metilkloroformun	Endüstriyel çözücü olarak ve metal ve elektronik kısımları temizlemekte dünyada geniş miktarda kullanılır.	6	1996

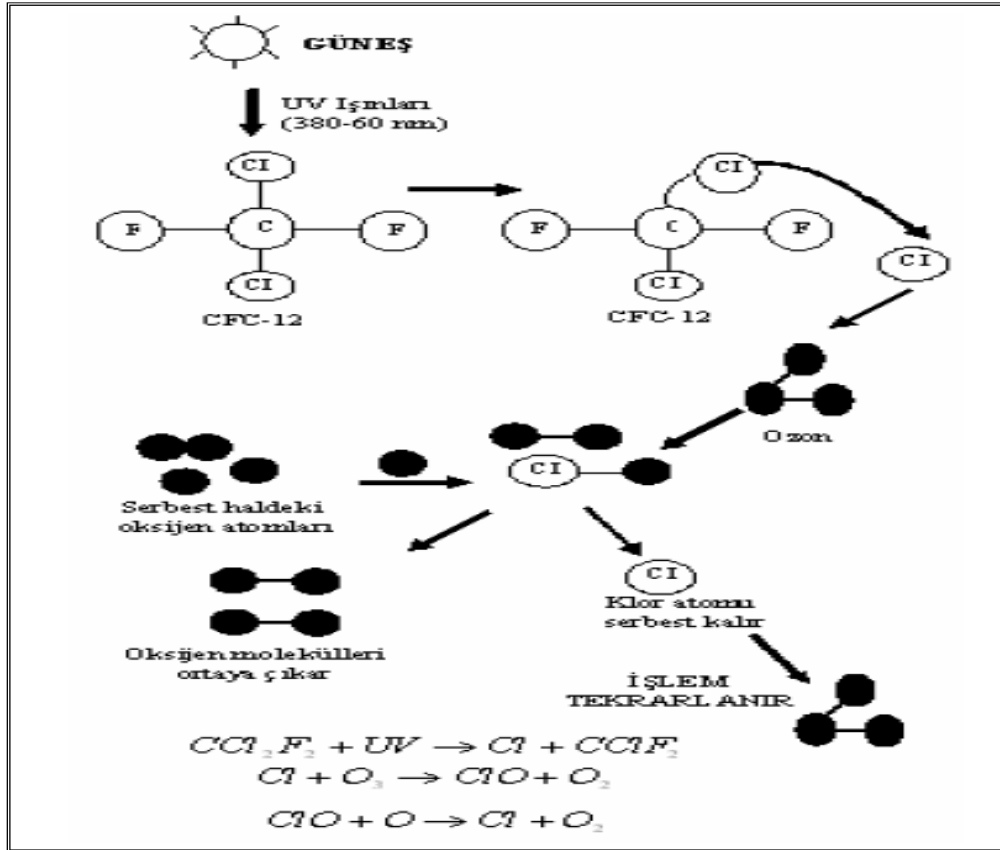
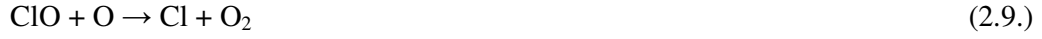
Soğutma ve klima uygulamalarında kullanılan CFC (kloroflorokarbon) ve HCFC'ler (Hidrokloroflorokarbon) atmosfere verildikten sonra difüzyon ve atmosferdeki rüzgârların etkisiyle yukarı doğru yükselir. Özellikle CFC'lerin kimyasal kararlılıkları çok fazla olduğu için yapıları bozulmadan atmosferde 100 yıldan fazla kalabilirler. Stratosfere ulaşan R-12 gazı Güneşten gelen ultraviyole ışınları tarafından parçalanarak klor atomunun ortaya çıkmasına neden olur (Kuğu ve Tengilimoğlu, 2007).



Daha sonra ultraviyole ışınları ile reaksiyona giren CFC R-12 akışkanından ayrılan (Cl) atomu, ortamda bulunan ozon molekülü ile reaksiyona girer.



Bu reaksiyon sonucunda ortaya klormonoksit (ClO) ve oksijen molekülü (O₂) çıkar. Klormonoksit (ClO) serbest halde bulunan oksijen atomu (O) ile reaksiyona girerek klor (Cl) atomun tekrar serbest hale geçmesine neden olur ve bu işlem sürekli tekrarlanır Şekil 2.15.'de R-12 soğutucu akışkanın ozon tabakasını tahrip etmesi görülmektedir (Kuğu ve Tengilimoğlu, 2007).



Şekil 2.15. R-12 soğutucu akışkanın ozon tabakasını tahrip etmesi (Kuğu ve Tengilimoğlu, 2007).

Soğutma ve iklimlendirme sistemlerinde ozona zarar veren ve küresel ısınmaya neden olan soğutucu akışkanların yerine, aynı özellikleri gösteren fakat ozon tabakası üzerinde hiçbir olumsuz etkisi olmayan soğutucu akışkanlarının ve karışımlardan oluşan diğer alternatif soğutucu akışkan önerilmelidir (Koyun vd. 2005).

2.2.5.3. Ozonun Delinmesinin Çevre Üzerindeki Etkileri

Ozon Tabakasının delinmesi sonucu dünyaya ulaşan ultraviyole ışınları, bütün canlı organizmalar üzerinde ciddi problemlere neden olmaktadır. Yapılan araştırmalara göre, ozon tabakasındaki açığın %1 artması, Dünya'ya gelen zararlı ultraviyole ışınların %2 oranında artmasına neden olmaktadır. Stratosferde bulunan ozon tabakası ultraviyole ışınlarını absorbe ettiği zaman stratosferde ısı ortaya çıkar. Stratosferde oluşan bu ısı, hava şartlarını meydana getiren stratosferik rüzgârların oluşmasına neden olur. Ozonun delinmesi stratosferdeki sıcaklık dengesinin bozulmasına neden olacağından evrenselden yöresele doğru hava şartlarında değişimler meydana gelecektir. Son günlerde ekvatora yakın, yani çok güneş alan bölgelerde yaşayan insanlar üzerinde yapılan bir araştırmaya göre yukarıda vurgulanan sağlık problemlerinde artış olduğu tespit edilmiştir (Kuğu ve Tengilimoğlu, 2007).

2.2.5.4. Ozon Tabakası Ve Çevreyle İlgili Yasal Düzenlemeler

Montreal Protokolü

1983 yılında Avrupa - İskandinav ülkeleri ile Amerika arasında aerosol sprelerde CFC kullanımı konusunda müzakereler başladı. Montreal Protokolü 1987 sonbaharında imzalandı. Protokol, bilim ve endüstrideki gelişmelere göre birçok kez revize edildi. Her revizyona komitenin toplandığı şehrin adı verildi. Aralık 1992'de Kopenhag'da yapılan ikinci revizyonda, CFC kullanımının zaman içinde aşamalı olarak bırakılması konusunda kesin karar alındı ve HCFC kullanımına da ilk kez kontrol getirildi. Bu anlaşma, dünya güncel CFC kullanımının %95'ini temsil eden yüzden fazla ülke tarafından imzalandı. Protokolü imzalamayan ülkelere CFC ve halon ticareti yasağı konuldu. Mayıs 1993'de metil klorür ve karbon tetraklorür gibi

halokarbon çözücülerin ihracatı da bu kapsama alındı. 1995 Viyana toplantısında metil bromür üretim ve kullanımının 2010 yılına kadar aşamalı olarak bırakılmasına karar verildi (Keogh, 2005).

HCFC kullanımı ile ilgili daha sıkı kontroller benimsendi. Ayrıca, gelişmekte olan ülkelerde de 2010 yılına kadar CFC ve halon kullanımının aşamalı olarak bırakılması kararı alındı. 1997 yılındaki dokuzuncu toplantıda, gelişmekte olan ülkeler için CFC ve ilgili halokarbonların kullanımının 2030 yılına kadar aşamalı olarak bırakılmasına karar verildi. Ek olarak, CFC'nin başka bir soğutucu akışkan ile değiştirilmesi ile ilgili teknolojilerin ülkeler arasında paylaşılması zorunlu hale getirildi. Avrupa Topluluğu dışında kalan gelişmiş ülkeler için HCFC kullanımının aşamalı olarak bırakılması gereken tarih, güncel olarak, 2030'dur (Keogh, 2005).

Avrupa Birliğinin Düzenlemeleri

Avrupa Birliği, topluluğa üye ülkelerde yasa hükmünde bir seri düzenleme ile Montreal Protokolü'nü yürürlüğe koydu. Orjinal Montreal protokolü Eylül 1988 tarihinde 3322/88 no'lu Avrupa Topluluğu Yasası ile yürürlüğe girdi. Ancak, topluluğa üye ülkeler Protokol'den daha hızlı hareket ettiklerinden, yasalar o günden bu yana birçok kez güncelleştirildi. Halen yürürlükte olan 2037/2000 no'lu yasa çerçevesinde, geri kazanılmış ve temizlenmiş CFC'nin mevcut cihazlarda yeniden kullanılması Temmuz 2001'de yasaklandı. HCFC üretiminin aşamalı olarak bırakılması kararı 2001 yılında alındı ve son tarih 2010 olarak belirlendi. 2010 yılından itibaren tesislerde yalnızca geri kazanılmış ve temizlenmiş olan HCFC kullanılabilir ve 2015 yılında HCFC kullanımı tamamen yasaklanacaktır (Keogh, 2005).

Küresel Isınma Ve İklim Değişimi İle İlgili Kyoto Protokolü

1980'lerin sonlarındaki kaotik ortam iklim değişimi ile ilgili uluslararası bilinci harekete geçirerek 1992 yılında Brezilya Rio De Janeiro'da Dünya Zirvesi olarak da anılan Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı (UNCED)'nin toplanmasını sağladı. Dünya Zirvesi'nde 154 ülke, Rio Anlaşması olarak bilinen

İklim Değişimi ile İlgili Birleşmiş Milletler Çerçeve Anlaşması (UNFCCC) onayladı. Bu anlaşma ile gelişmiş ülkeler CO₂ ve diğer sera gazı emisyon oranlarını 2000 yılına kadar 1990 seviyesine çekecekleri konusunda gönüllü olarak taahhütte bulundular. Ancak, bu anlaşma gönüllü olduğu için başarısızlığa uğradı. Aralık 1997'de 161 ülkeden 2 200 delegenin katılımı ile Japonya, Kyoto'da daha başarılı bir anlaşma yapılması için bir girişimde daha bulunuldu (Keogh, 2005).

Kyoto Protokolü'nde, 38 gelişmiş ülkeden sera gazı emisyonlarını 2008-2012 yılları arasında ortalama olarak 1990 seviyesinin %5,2 altına indirmeleri istendi. Protokolde gelişmekte olan ülkelere azaltma beklenmiyor, ancak emisyon alışverişine izin veriliyordu (Keogh, 2005).

Örneğin, bir ülke sera gazı emisyon limitinin altında ise ekstra emisyon limitini kendi limitini aşmış olan bir ülkeye satabilir. Sera gazı emisyonuna en fazla katkısı olan Amerika Birleşik Devletleri'nin, Kyoto anlaşmasını reddetmesi nedeniyle başarılı olacağı şüphelidir (Keogh, 2005).

US Temiz Hava Bildirgesi

Aralık 1990'da düzeltilmiş federal Temiz Hava Yasası yürürlüğe girdi. Bu düzenleme ile "Stratosferik Ozon Koruma" olarak adlandırılan bölüm (Başlık IV) yasaya eklendi (Keogh, 2005).

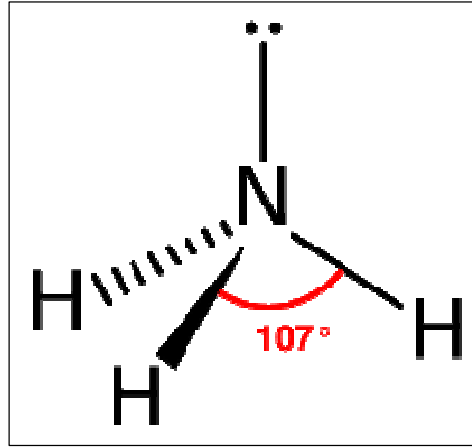
Bu bölümle, Çevresel Koruma Ajansı'na (EPA) 1. ve 2. sınıf halokarbon kullanan endüstrileri etkileyecek düzenlemeler yazma görevi verildi. Bileşikler, ozon aşındırma etkisine göre 1. ya da 2. sınıfa dahil edilir. Yasada 1.sınıf bileşiklerin kullanımının 2000 yılına kadar aşamalı olarak bırakılmasını için öngörülen US programı açıklandı ve 2.sınıf bileşiklerin geri kazanım ve dökümantasyonu ile ilgili düzenlemeler de daha sıkı hale getirildi. Buna ek olarak 1989, 1990 Çok Maddeli Uzlaşma Yasası ve 1990 Taban Stok Vergisi Kongreleri ile listelenmiş CFC ve halonların ithalatı, stoklanması ve kullanılması ile ilgili ek vergiler getirildi. Değişik Yasalar Vergisi, kullanılan maddenin miktarı ve içerdiği ozon aşındırma etkisine

göre belirlendi. Böylece üreticiler ozon tabakasına daha az zararlı halokarbon kullanmaya özendirildiler (Keogh, 2005).

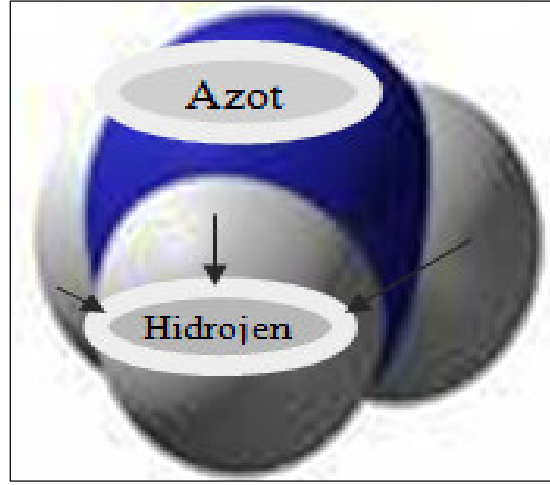
2.3. ABSORBSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMDEKİ AKIŞKANLAR

2.3.1. Soğutucu Akışkan Amonyak Hakkında Genel Bilgi

Renksiz ve çok keskin kokulu bir gaz olan amonyak, sulu çözelti halinde de aynı adı taşır. Bir azot (N) ve hidrojen (H) bileşiğidir. Çok eskiden Libya’da Ammon tapınağı yakınlarında hazırlandığı için, eski Mısır tanrısı Ammon’dan kineye “Amonyak” diye isimlendirilmiştir. İlk kez pür amonyak gazı 1774 yılında İngiliz kimyacı Joseph Priestley tarafından yapılmıştır. Amonyak gazı 10°C ısı ve 6 - 7 atmosferik basınç altında sıvı haline gelir. Kimyasal simgesi (sembolü) : NH₃, Şekil 2.16’da ve 2.17.’de amonyağın molekül yapısı ve bileşenleri görülmektedir. Özgül ağırlığı: 0,64, kaynama noktası (sıvı amonyak) : (-33,5)°C (Torun vd. 2008).



Şekil 2.16. Amonyakın molekül yapısı (<http://tr.wikipedia.org/wiki/Amonyak>, 2008).



Şekil 2.17. Amonyakın bileşenleri

Daha soğutulan amonyak, (-74)°C’de kitle halinde donar. Amonyak suda kolay erir. Günlük işlerde kullanılan amonyak %10 oranında sulu bir eriyiktir. Amonyak oksijenle yakılırsa, su ve serbest azot meydana çıkar. Havagazı ve kok fabrikalarında, amonyak ikinci dereceden bir ürün olarak elde edilir. Bugün, endüstride hava azotundan sentetik olarak amonyak sağlanmaktadır. Bu yöntem Alman kimyacısi Haber tarafından bulunmuş ve Cari Bosch tarafından uygulandığı için Haber – Bosch yöntemi diye isimlendirilmiştir (Torun vd. 2008).

Hayvan cesetlerinin ve bitkilerin bozulup çürümesinden oluşan amonyak belli belirsiz bir oranla havada da bulunur. İnsan ve hayvanların vücudunda, proteinlerin parçalanmasıyla devamlı olarak amonyak meydana gelir. Bu amonyak idrarla dışarıya verilir. Havadaki çok az oranda amonyak, yukarıda değinmiş olduğumuz gibi hayvansal ve bitkisel proteinlerin çürümesiyle yayılmaktadır. Doğal olarak dünya üzerinde dolaşan amonyağın hacmi, en az 3 milyar tondur. Her insan 24 saat içinde yaklaşık 17 gram, bir inek ise yılda 1 ton amonyak üretir. Endüstriyel bazda yaklaşık 150 milyon ton üretilmektedir ve bunun yaklaşık yarım milyon tonu soğutucu olarak kullanılmaktadır. Soğutma sistemlerinde amonyak sistemde kalırken, diğer endüstriler amonyağı genelde tüketmektedir. Bu yüzden üretilen tüm amonyağın %0,5 kadarı soğutma sistemlerinde kullanılmasına rağmen ABD’de tüm amonyağın %5’i kadarının soğutma sistemlerinde var olduğu tahmin edilmektedir. Amonyak kullanan büyük geleneksel soğutma sistemlerinin yıllık şarjlarının %5-

10'u doğal bir kayba sahipken, modern, prefabrike sistemlerin daha küçük kayıpları vardır; kimisi %1'in altındadır (<http://www.termodinamik.info/?sid=6>, 2008).

Renksiz, keskin kokulu, gözleri yakan ve yaşartan, yakıcı lezzetli amonyak gazının bileşimi ilk kez 1785 yılında Bertholler tarafından açıklanmıştır. Amonyak gazı, asitlerle birleşerek alkalik tuzların bütün özelliklerini taşıyan buharlaşmış maddeler verir (Torun vd. 2008).

2.3.1.1. Soğutmada Amonyak

Amonyak ilk kez 1872 yılında ABD'de David Boyle tarafından sıkıştırma işleminde kullanılmıştır. Laboratuvarında patlayan eteri denedikten sonra, amonyak ile işletmeyi seçen Carl von Linde, ilk kompresörünü 1876 yılında Trieste'de bir bira fabrikası için başlatmıştır. İkinci seçimi yani amonyak daha güvenli çıkmıştır. O tarihten itibaren amonyak endüstriyel uygulamalarda kullanılan öncelikli soğutucu madde olmuştur. Bunun sebebi, amonyağın eşsiz termodinamik özellikleri ve amonyak kullanan soğutma sistemlerinin etkin olduğu kadar verimli de olmasıdır (<http://www.termodinamik.info/?sid=6>, 2008).

Amonyak, soğutma ve ısı pompası uygulamaları için tasarımcılar ile amonyak kullanıcıları arasında tüm güvenlik kanunları, standartları ve yasal yönetmelikleri açısından güvenli ve verimli bir soğutucu olarak kabul edilmektedir. Amonyak, ağır ve keskin kokusundan dolayı çok tehlikeli ve korkutucu gibi algılsa da, diğer risklerle karşılaştırıldığında, kaza ve ölümcül kaza oranı oldukça düşüktür (<http://www.termodinamik.info/?sid=6>, 2008).

Amonyak, soğutucu olarak eşsizdir ve çevre avantajları da sağlayan mükemmel termodinamik özelliklere sahiptir. Yaşam, doğal maddelerin amonyak olarak kırılmasının da önemli bir parçasını oluşturduğu nitrojenin yeniden sirkülasyonuna bağlıdır. Amonyak sahip olduğu özellikler nedeniyle gelecekte de soğutucu olarak kullanılmaya devam edecektir (<http://www.termodinamik.info/?sid=6>, 2008).

2.3.1.2. Amonyagın Kimyasal Ve Fiziksel Özellikleri

Moleküler Ağırlık: 17,031

Kaynama Noktası (1 atm): (-33,34)°C

Donma Noktası: (-77,7)°C

Buhar Basıncı (21°C): 7,87 bar

Yoğunluk, sıvı: 0,674 kg/l

Yoğunluk, gaz (15°C, 1atm): 0,731 kg/ m³

Spesifik ağırlık: 0,5970

Spesifik Isı (25°C, 1 atm.Cp): 0,5160 BTU/lb. °F

Hacimsel Genleşme oranı (sıvıdan gaza,1atm): 922

Kritik Sıcaklık: 132,44°C

Kritik Basıncı: 113 bar (http://www.the-signer.com/kocgrubu/urun_amonyak.htm, 2008).

2.3.1.3. Amonyagın Güvenlik Standardları

Son 20 - 30 yılda basınçlı kaplar mevzuatına uygun olarak tasarlanan amonyak sistemleri, yüksek kalitededir ve mükemmel güvenlik standartlarına sahiptir. Daha eski sistemler güvensiz olabilir, kısmen de korozyonla bağlantılı olarak ve riskler açısından uzmanlar tarafından analiz edilmelidir. Hizmet personeli ve işletim sorumluluğuna sahip personele eğitim ve bilgi verilmesi değerli ve düşük maliyetli önleyici tedbirlerdir.

Amonyak, güçlü karakteristik bir kokuya sahip olan tek soğutucu maddedir. Amonyak denildiğinde, genelde tehlikeli, zehirli ve patlayıcı olduğuna ve korkunç bir kokuya sahip olduğuna dair olumsuz bir tepki verilmektedir. Oysa amonyak kokusu gerçekten de bir avantajdır, zira en küçük kaçaklar bile hemen fark edilmekte ve düzeltilmektedir.

Amonyakla kazalar meydana gelmiştir ve bu kazalar incelendiğinde, sistemin yakınında bulunan kişiler haricinde kimsenin yaralanmadığı bariz bir şekilde görülebilmektedir. Yaralanan veya ölen kişiler mutlaka kaçak noktasında

bulunmaktaydılar ve genelde sistem üzerinde çalışmaktaydılar. Birkaç metrelik tehlike alanında bulunanlar operatörler ve bakım personelidir. Yaralanmalar, tulum yazın kollar ve ayaklar çıplak olmayacaktır, eldivenler ve yüzü tam kapatan koruyucu filtre maskeleri gibi şahsi koruma ekipmanları kullanılarak önlenebilir.

Ölümcül kazaların ve tıbbi tedavi gerektiren kazaların amonyağı serbest bırakıldığı yerden birkaç metre içerisinde meydana geldiğini göstermektedir. 200 metre mesafede karakteristik kokusu duyulabilir. Yüksek miktarda sanayi kaçakları, depolama tankları, tren vagonları gibi yani tonlarla ifade edilecek büyüklükler için 1500 metre güvenlik mesafesidir. Amonyagın serbest kalmasına sıcaklık, rüzgâr hızı ve iklim değışiklikleri gibi hava koşulları önemli ölçüde etkendir.

Amonyagın serbest kalması ve 100 - 300 metre yarıçap içerisinde insanlar üzerindeki etkileri ile ilgili önemli bir parametre, iklim koşullarıdır. Rüzgâr hızı, sıcaklık düşüşü ve tersine dönme karakteristikleri, gaz konsantrasyonlarını etkileyecektir. Öncelikle amonyak buharı havadan daha hafif olan az sayıda gazlardan biridir ve bu yüzden yukarı doğru çıkacaktır. Sıvı olarak yayılma, havadan nemi çeken bir aerosol yaratmaya meyillidir ve karakteristik beyaz bulut oluşturur. Yayılma noktasından kısa bir mesafeden sonra, sıvı damlacıkları buharlaşır ve bulut, buhar aşamasında görünmez olur. Yayılma sıcak iklimlerde soğuk iklimlerde olduğundan daha iyidir ve bir kaçak etrafı daha az etkileyecektir. Ayrıca yayılmanın zeminden yüksekliği de önemlidir; konumu ne kadar yüksekte ise gaz konsantrasyonu o denli düşüktür.

Bilgisizlik, amonyağa karşı olumsuz bir tutuma sebep olmaktadır ama soğutma sistemi endüstrisindeki insanların % 95'i amonyakla değil, diğer soğutucu maddeler ve teknik çözümlerle çalışmaktadır. Birçok yetkili makam ve planlayıcı amonyak yönetmeliklerine aşına değildir ve amonyağı hala mümkün olmayan bir alternatif olarak görmektedir. Basınçlı Ekipman Direktifine, Makine Direktifine ve modern standartlara uymak gerekliliği yerine getirildiğinde ve bunlar doğru yorumlandığında güvenli amonyak sistemleri ile sonuçlanmaktadır.

"Patlayıcı" kelimesi, hızlı yanma davranışı ile bağlantılı olarak kullanılmaktadır. Amonyak çok düşük enerji ile yandığında hidrokarbonun yaklaşık yarısı kadar alev

Yayılımı ISO 817 uyarınca 8 cm/s civarındadır. Amonyak, 651°C sıcaklık- larda kendi kendine alevlenebilir ve bir soğutucu madde olarak, ISO 817 ve ASHRAE 34 uyarınca Grup B2 (düşük yanabilirlik) olarak sınıflandırılmıştır. Amonyakın yanabilirliği, test yöntemlerine ve referans değerlerine bağlı olarak % 15 ile % 28 veya % 33 arasında değişmektedir. Amonyak yalnızca kapalı alanlarda yanabilir. Açık havada destekleyici bir alev ile birlikte yanmaz ve bu yüzden dış mekânlarda kullanımı açısından yanıcı olarak sınıflandırılmamıştır. Amonyakı ateşlemek için, minimum enerjili bir ateşleme kaynağına ihtiyaç duyulmaktadır ve bu enerji, diğer yanıcı maddeler ile karşılaştırıldığında oldukça yüksektir. Elektrikli bir kıvılcım boşluğundaki ateşleme kaynağı yüksek olmalıdır. Örneğin trifaze 440 Volt sistemlerinin olağan kıvılcımları, amonyağı ateşlemek için yeterli enerjiye sahip değildir ve soğutma uygulamalarında bu sistemler kullanıldığında elektrik ekipmanı olarak parlama güvenli elektrik ekipmanı kullanılması gerekliliği yoktur. Metan, etan ve propan 0,21 - 0,26 mJ ve hidrojen gazı 0,02 mJ ateşleme enerjisine ihtiyaç duyarken, amonyak asgari 680 mJ ateşleme enerjisine ihtiyaç duymaktadır.

Avrupa ATEX direktifine göre, soğutucu madde olarak amonyak kullanan soğutma sistemleri için tehlikeli atmosferlerde herhangi bir sınıflandırma gerekmemektedir. Sistemin içinde hiçbir olay meydana gelemez. Çevre ancak sistem açılması veya bakım çalışmaları gibi olağandışı işletim durumlarında söz konusudur. Yanıcı maddelerle çalışan personel, yetkin olmalıdır ve ne ile çalıştıklarını iyi bilmelidir.

Güvenlik standartları uyarınca açık alevlere izin verilmemektedir. Buna benzer bir şekilde çıplak ampuller de muhtemel bir ateşleme kaynağıdır. Dolayısıyla aydınlatmanın da plastik başlıklar gibi püskürmeye karşı dayanıklı bir kaplaması olmalıdır. Kullanım sırasında bu gibi ışıklar sıcak olmamasına rağmen, flüoresan aydınlatma da kaplanmalıdır.

Yangının ilerlemesi kısa ömürlüdür ve odanın hacmine bağlıdır. Yalnızca birkaç saniyelik ateşten sonra, odanın içinde belirli bir miktar oksijen kullanılmış olur ve amonyak/atmosferik oksijen dengesi yanıcı olmaktan çıkar. Başka malzemeler tutuşturulmadığı takdirde, ateş söner.

Amonyaklı ekipmanın bulunduğu binada yangın çıktığında, amonyak özel bir tehdit oluşturmamaktadır. Enerji ve alev yayılımı düşüktür. Bunun anlamı ise daima ikincil ateşlemenin meydana gelmesi olasılığı mevcut olmasına rağmen, amonyaktan dolayı meydana gelecek zararların önlenebileceğidir. Bina zarar görebilir ve amonyaklı sistemler kaçak yapabilir ama kaçak yapan soğutucu madde, yangın gazlarını yukarı doğru takip edecektir ve etkilese bile yalnızca kendi çevresini rahatsızlık verici bir koku ile sınırlı bir oranda etkileyecektir. Amonyakın tutuşması ile ortaya çıkan ürünlerin nitrojen ve su küresel çevre üzerinde bile tamamen zararsız oldukları unutulmamalıdır.

Bugün amonyak kullanan soğutma sistemleri çok güvenlidir ve amonyak 150 yılı aşkın bir süredir kullanılmaktadır. Kazalar meydana gelmiştir ama amonyak karakteristik bir kokuya sahip olduğundan, bu kazalar gizlenememektedir. Medyanın bir emisyonun sebebine veya sonuçlarına ilgisi oldukça düşüktür ama çoğunlukla güçlü, berbat, zehirli bir koku tanımı üzerinde odaklanmaktadır. 1918 gibi erken bir zamanda ABD’de soğutma sistemleri için ilk güvenlik direktifleri hazırlanmıştır. Bunları Almanya’da 1933 yılında VBG 20 ve 1942 yılında İsveç Soğutucu Madde Yasası’nın selefi takip etmiştir; şu anda Avrupa ülkelerinin çoğunda standartlar mevcuttur. Avrupa’da EN 378:2008 bölüm 1-4, ABD’de ise ASHRAE 15 ve ANSI/IIAR 2 geçerlidir. Avrupa’da uygun olduğu takdirde riayet edilmesi gereken Makine Direktifi, Basıncılı Ekipman Direktifi ve ATEX Direktifi gibi mevzuata sahiptir ve buna ek olarak teknoloji, malzeme ve tasarım da gelişmiştir. Bugünün sistemleri yılları aşan uzun bir yol kat etmiştir ve artık oldukça güvenlidir.

Soğutma standartları, amonyaklı ekipmanlar kullanan tesislerin nasıl havalandırılacağını öngörmektedir. Genelde yaz aylarında fazla ısının soğutulması için gerekli havalandırma, standardın gerektirdiğinden daha yüksektir. Havalandırma koşulları sistemin şarjı ile ilgili olduğundan, küçük miktarlarda şarjlar kullanıldığında havanın hacim akış oranı ile ilgili talepler daha düşüktür. Ama dikkat! Bazı durumlarda aşırı ısıyı azaltmak için daha sonra makine dairesine bir soğutucunun monte edilmesi gerekmiştir. Havalandırma, odanın içindeki konsantrasyonun ateşlemenin mümkün olduğu seviyelere yükselmesini önlemelidir. Doğru uygulanan havalandırma, uluslararası perspektiften bakıldığında amonyak

içeren yangınların çok nadir olaylar olduğu anlamına gelir. Çevredekileri keskin kokudan korumak için, kurtarma hizmetleri çoğu kez makine dairesinin havalandırılmasını yasaklamaktadır. Bu ise işyeri güvenliği ile bir çelişki meydana getirmektedir (<http://www.termodinamik.info/?sid=6>, 2008).

2.3.1.4. Amonyakın Kullanım Alanları

Havagazı ve kok fabrikalarında, amonyak ikinci dereceden bir ürün olarak elde edilir. Bugün, endüstride hava azotundan sentetik olarak amonyak sağlanmaktadır. Amonyak endüstride son derece önemli ve yaygın olarak ölçüde kullanılan bir maddedir. Yapay gübre olarak kullanıldığı gibi, basmacılıkta, soda yapımında, parfüm, ilaç yapımında, soğutma işlerinde amonyaktan yararlanır. Amonyak çözeltisi, gümüş takımların temizlenmesine, kumaş lekelerinin çıkarılmasına yarar. Tıpta yakıcı olarak kullanılır. Bir bardak suya damlatılan birkaç damla amonyak en ileri ölçüde sarhoşluğu giderir. Şekil 2.18.'de çeşitli amaçlar için kullanılan amonyak tankı görülmektedir (<http://tr.wikipedia.org/wiki/Amonyak>, 2008).



Şekil 2.18. Amonyak tankı (<http://www.ctg.com.tr/amonyak.php>, 2008).

2.3.1.5. Amonyakın Geleceği

Soğutma endüstrisi geçmişte amonyağın güvenliğini gündeme getirmekte etkin olamamıştır ve bu soğutucu maddeyi kullanmanın zor olmadığı ve mevcut güvenlik yasalarına ve mevzuatlarına uyulduğu takdirde, işletiminin güvenli olduğu mesajını

iletmeyi ihmal etmiştir. Güvenliği ile ilgili husus ise son derece açıktır ve ayrıca yorumlamayı gerektirmemektedir. Amonyak salınımından kaynaklanan en büyük maliyet; temizlik, toplumla ilişkilerin kurulması ve üretimi yeniden kazanma ve devam ettirme maliyetidir.

Önemsiz tüm kazaları kenara bırakın! Bir amonyak kaçağının kokusu gizlenemez. Amonyanın geleceği olumludur, zira soğutucu madde olarak üstün özelliklere sahiptir ve bu yüzden de daha uzun dayanacaktır. Amonyak daima büyük endüstriyel uygulamalarda kullanılmıştır. Karbondioksit bazı uygulamalarda daha iyi bir alternatiftir ve kullanımını teşvik etmek güvenlik açısından amonyak için olduğundan daha az karışık olabilir. Özellikle makine dairesi ile sınırlı olduğu yerlerde yüksek tarafta amonyak ve düşük sıcaklık tarafından karbondioksit ile kombine edildiğinde, örneğin 40°C altında sıcaklıklar için etkin ve ilginç bir alternatiftir. Amonyak kullanılmadığında, klima uygulamaları için su önemli bir soğutucu madde olacaktır (<http://www.termodinamik.info/?sid=6>, 2008).

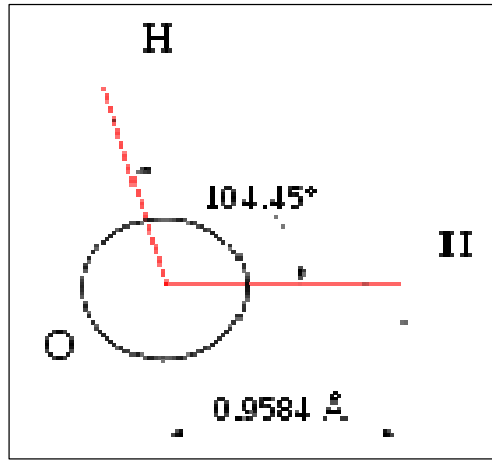
Birçok yeni amonyak uygulamaları sistemlerde iyi kalite ve makul şarj miktarları ile inşa edilecektir. HCFC'ler üzerindeki siyasi baskı artacaktır ve bu da amonyak gibi doğal soğutucu maddeler içeren yeni teknik çözümlerin geliştirilmesini sağlayacaktır. Doğru kullanıldığında, amonyak yalnızca iyi bir güvenlik seviyesine sahip olmakla kalmayıp, sahipleri kullanıcıları için de mükemmel bir verimlilik anlamına gelir.

Amonyak, mevcut itibarından çok daha iyi bir soğutucu akışkandır. Çevreye duyarlı oluşu ve birçok soğutucu akışkan arasında en iyi etkinliği sağladığı için amonyanın yaygınlığı dünya üzerinde gün geçtikçe artmaktadır.

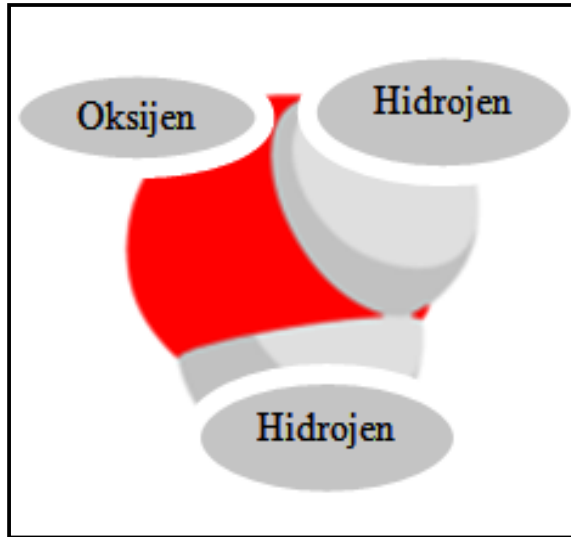
Amonyanın buharlaşma sıcaklığı yüksek, sıvı akış oranı düşüktür. Bu yüzden kullanılan teknoloji, başka soğutucu maddeler ile kullanılan teknolojilerden farklılık göstermektedir. İlerleyen teknoloji sayesinde gelecekte küçük sistemleri için bir alternatif haline gelebilecek olmasına rağmen, bu düşük sıvı akışı, amonyanın daha küçük soğutma kapasiteleri için kullanımını sınırlamıştır (<http://www.termodinamik.info/?sid=6>, 2008).

2.3.2. Soğurucu Akışkan Su Hakkında Genel Bilgi

Su, bilinen tüm yaşam biçimleri için gerekli ve vazgeçilmez olan tatsız ve kokusuz bir maddedir. Su, canlıların yaşaması için hayati bir öneme sahiptir. Küçük miktarlarda çıplak gözle bakıldığında renksizdir. Dünya üzerinde farklı şekillerde bol miktarda bulunur. Birleşmiş Milletler Çevre Programı, Dünya’da 1 400 milyon km³ su olduğunu söylemektedir (<http://tr.wikipedia.org/wiki/Su>, 2008).



Şekil 2.19. Suyun molekül yapısı (<http://tr.wikipedia.org/wiki/Su>, 2008).



Şekil 2.20. Suyun bileşenleri (<http://tr.wikipedia.org/wiki/Su>, 2008).

Suyun kimyasal formülü H_2O 'dur. Şekil 2.19.'da ve şekil 2.20.'de suyun molekül yapısı ve bileşenleri görülmektedir. Bunun anlamı bir su molekülünün iki hidrojen ve bir oksijen atomundan oluştuğudur. İyonik olarak da, (H^+) bir hidrojen iyonuna bağlanmış, (OH^-) hidroksit iyonu; yani HOH şeklinde tanımlanabilir. Standard sıcaklık ve basınçta, suyun buhar fazı ve sıvı fazı arasında dinamik (değişken) bir denge vardır. Saf su, kokusuz, tatsız, renksizdir; fakat havadaki karbondioksit kalıntıları ile karbonik asit çözeltileri oluşturmaya başladığı andan itibaren tadı bozulur ve tehlikeli bir hal alır. Dünya yüzeyinin %71'i suyla kaplıdır. Dünyadaki suların yaklaşık %97'si okyanuslarda bulunmaktadır. %2,4'ü buzul ya da kardır. %0,6'lık dilimi ise göller ve nehirlere aittir (<http://tr.wikipedia.org/wiki/Su>, 2008).

Dünya yüzeyinin 4'te 3'ü sularla kaplıdır. Ancak bu suyun büyük bir kısmı tuzlu su halinde denizlerde dir. Dünya su rezervinin ancak %2,6'sı tatlı sulardan oluşur. Su yeryüzünde sürekli hareket halindedir. Su kullanılır fakat tüketilemez. Kullanılmış olan su genellikle aynı miktarda kirletilmiş olarak yeniden çevreye verilir. Suların ana deposu denizlerdir. Denizlerden buharlaşarak atmosfere karışan su yağışlarla yeryüzüne taşınır. Yeryüzüne düşen yağışın bir kısmı yeraltına sürüklenirken bir kısmı da akış halinde yeniden denizlere döner. Yer kabuğu tarafından tutulan suda buharlaşma ve bitkilerin transpirasyonu yoluyla atmosfere karışır. Bu olaya hidrolik çevrim denir. Bir günde atmosfere karışan su $1\ 200\ km^3$ olarak hesap edilmiştir (Torun vd. 2008).

2.3.2.1. Suyun Fiziksel Özellikleri

Renk

Kızılötesi ışın, elektromanyetik spektrum üzerinde kırmızı renkli ışık halini alır, göl ve deniz gibi büyük su kütleleri içindeki saf su, mavi olarak görünür. Kireçtaşı, suyu turkuaz rengine çevirirken, demir ve benzeri maddeler kırmızı veya kahverengi renge döndürmektedir, bakır ise mavi alev rengi oluşturur. Suyun içindeki yosunlar, suyu yeşil renkli olarak gösterir (<http://tr.wikipedia.org/wiki/Su>, 2008).

Koku Ve Tat

Suyun kokusu ve tadı su içinde çözülmüş halde bulunan gazlar ve organik maddelerden kaynaklanır. Bu maddeler genellikle amonyak sülfürler, siyanürler, fenoller serbest klor petrol atıkları bitkisel ve hayvansal atıklar ve bazı mikroorganizmalar suya hoş olmayan tat ve kokular verirler (Torun vd. 2008).

Bulanıklık

Su içinde çözülmüş olarak süspansiyon ve koloidal halde bulunan çok küçük çaplı taneciklerdir. Bunlar bulanıklığı oluşturur. Bulanıklık su kalitesi açısından istenmeyen özelliktir. Gıda sanayinde tekstil ve kağıt üretiminde kullanılacak olan sularda bulanıklık çok önem taşır (Torun vd. 2008).

Sıcaklık

Yüzeysel suların sıcaklıkları doğal olarak iklime göre belirlenir. Genel olarak ekvatorundan uzaklaştıkça ve deniz seviyesinden yükseldikçe suların sıcaklığı düşer. Yeraltı sularının sıcaklığı ise daha çok derinliğe bağlı olup 20 - 40 m derinlikte (Ortalama 33 m' de) 1°C yükselir (Torun vd. 2008).

Elektriksel İletkenlik

İletkenlik suyun elektrik akımını geçirme özelliğini ölçer. İletkenlik iyon halindeyken çözülmüş tuzun bulunmasına bağlıdır ve sıcaklık derecesine ve çözülmüş suyun konsantrasyonuna bağlı olarak artar. İletkenlik ölçümü suyun saflığını değerlendirmeye yarar. Bir suyun elektriksel iletkenliği suda çözülmüş bulunan iyonların cinsi ve konsantrasyonuna bağlıdır (Torun vd. 2008).

Çözücülük

Su, eriyebilen birçok madde için çok iyi bir (solvent) çözücüdür. Bu tip maddeler hidrofilik (hydrophilic) maddeler olarak da bilinir iyice karıştırılmak sureti ile su

içinde erirler (örneğin; tuz). Su ile karışmayan maddeler ise (örneğin; yağ) hidrofobik (hydrophobic) maddeler olarak bilinirler (<http://tr.wikipedia.org/wiki/Su>, 2008).

Suyun Halleri

Suyun basit fakat çevre açısından son derece önemli bir özelliği de suyun sıvı hali üzerinde batmadan yüzebilen, suyun katı hali olan buzdur. Bu katı faz, (sadece düşük sıcaklıklarda oluşabilen) hidrojen bağları arasındaki geometriden dolayı, sıvı haldeki su kadar yoğun değildir (<http://tr.wikipedia.org/wiki/Su>, 2008).

Tüm diğer maddeler için, katı form sıvı formdan daha yoğundur. Standard atmosferik basınçtaki taze su, en yoğun halini 3,98°C'de alır ve aşağı hareket eder, daha fazla soğuması halinde yoğunluğu azalır ve yukarı doğru yükselir. Bu dönüşüm, derindeki suyun, derinde olmayan sudan daha sıcak kalmasına sebep olur, bu yüzden suyun büyük miktardaki alt bölümü 4°C civarında sabit kalırken, buz öncelikle yüzeyde oluşmaya başlar ve daha sonra aşağı yayılır. Bu etkiden dolayı, göllerin yüzeyi buz ile kaplanır. Hemen hemen tüm diğer kimyasal maddelerin katı halleri, sıvı haline göre yoğun olduğundan dipten yukarı donmaya başlarlar. Su yerkürede değişik hallerde bulunur: su buharı, (bulutlar), su (denizler, göller), buz (kar, dolu, buzullar) gibi. Su sürekli olarak döngü içinde değişik fiziksel hallere dönüşür. Suyun üç şekli vardır; Sulp(Katı); normal atmosfer basıncında 0°C'nin altında, sıvı; normal atmosfer basıncında 0-100°C arasında, gaz; normal atmosfer basıncında 100°C'den yüksekte olur. Çizelge 2.5.'de suyun belli bir sıcaklıklarda fiziksel özellikleri görülmektedir (<http://www.sihirlikuyu.com/>, 2008).

Çizelge 2.5. Suyun fiziksel özellikleri (<http://www.klimacı.com>, 2008).

Sıcaklık	Basınç	Doymuş Buhar Basıncı	Yoğunluk	Suyun özgül entalpisi		Özgül ısı		Dinamik viskozite
				kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg	
°C	Pa	Pa	kg/m ³	kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg	kg/m.s
0,00	101325	611	999,82	0,06	0,01	4,217	1,007	0,001792
4,00	101325	813	1000,00	16,90	4,04	4,205	1,004	0,001569
8,00	101325	1072	999,91	33,70	8,05	4,196	1,002	0,001386
12,00	101325	1402	999,58	50,47	12,06	4,189	1,001	0,001236
16,00	101325	1817	999,03	67,22	16,06	4,185	1,000	0,001109
20,00	101325	2337	998,29	83,95	20,05	4,182	0,999	0,001003
24,00	101325	2982	997,38	100,68	24,05	4,180	0,998	0,000911
28,00	101325	3779	996,31	117,39	28,04	4,179	0,998	0,000833
32,00	101325	4754	995,09	134,11	32,03	4,178	0,998	0,000765
36,00	101325	5940	993,73	150,82	36,02	4,178	0,998	0,000705
40,00	101325	7375	992,25	167,54	40,02	4,179	0,998	0,000653
44,00	101325	9100	990,64	184,25	44,01	4,179	0,998	0,000607
48,00	101325	11161	988,92	200,97	48,00	4,180	0,998	0,000566
52,00	101325	13612	987,09	217,69	52,00	4,182	0,999	0,000529
56,00	101325	16510	985,16	234,42	55,99	4,183	0,999	0,000496
60,00	101325	19919	983,13	251,16	59,99	4,185	0,999	0,000467
64,00	101325	23910	981,00	267,90	63,99	4,187	1,000	0,000440
68,00	101325	28561	978,78	284,65	67,99	4,189	1,000	0,000416
72,00	101325	33957	976,47	301,41	71,99	4,191	1,001	0,000394
76,00	101325	40190	974,08	318,18	76,00	4,194	1,002	0,000373
80,00	101325	47359	971,60	334,96	80,00	4,196	1,002	0,000355
84,00	101325	55572	969,04	351,75	84,01	4,200	1,003	0,000338
88,00	101325	64947	966,41	368,56	88,03	4,203	1,004	0,000322
92,00	101325	75607	963,70	385,38	92,05	4,207	1,005	0,000308
96,00	101325	87685	960,91	402,21	96,07	4,211	1,006	0,000295
100,00	101325	101325	958,05	419,06	100,09	4,216	1,007	0,000282

2.3.2.2. Suyun Kimyasal Özellikleri

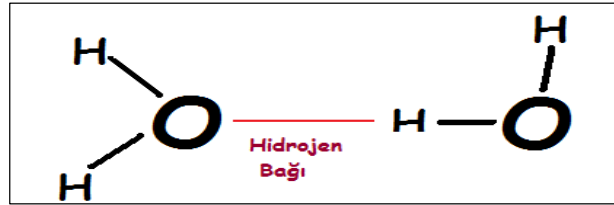
Suyun Moleküler Yapısı

Su hidrojen ve oksijen atomlarının birleşmesinden oluşan kararlı bir moleküldür. Kimyasal formülü şöyledir.



Su molekülü, bir oksijen atomu ile iki hidrojen atomunun kovalent bağ yapması sonucu meydana gelir. Kovalent bağlar, ortak elektron kullanımı esasına dayanan bağlardır. Su molekülündeki kovalent bağ, söz konusu ortaklığın eşit olmaması nedeniyle polar özelliktedir. Su molekülünde, elektronegatifliği daha yüksek olan oksijen atomu, ortak elektronları daha fazla çekeceğinden kısmen negatif yük kazanır. Böylece hidrojen atomları da kısmen pozitif yüklü olur ve su molekülü, artı ve eksi kutupların olduğu dipol (çift kutuplu) bir yapı arz eder.

Bilindiği gibi, hidrojen atomunun başka elementlerle oluşturduğu bileşikler, kimyada, hidrürler olarak adlandırılmaktadır. Su molekülü de, oksijenin hidrürü olarak ifade edilebilir. Şekil 2.21.'de oksijen atomu ile hidrojen atomu kovalent bağı görülmektedir (<http://www.biyokimyadersleri.com/page1145486619515.html>, 2008).



Şekil 2.21. Oksijen atomunun hidrojen atomuyla kovalent bağı (<http://www.biyokimyadersleri.com/page1145486619515.html>, 2008).

Yukarıdaki şekilde, elektronegatif bir oksijen atomuna kovalent bağla bağlı hidrojen atomu ile başka bir su molekülünün elektronegatif oksijen atomu arasında kurulan hidrojen bağı görülmektedir. Su moleküllerinin iyonlaşması ile OH⁻ ve H⁺ iyonları

ortaya çıkmaktadır. Ancak normal koşullarda bu iyonlaşma oldukça düşük miktarlarda meydana gelir.



Ayrışan iyonların miktarı son derece küçük olduğundan, suyun konsantrasyonu hesaplanırken bu kayıp dikkate alınmaz. 1 litre su 1 000 g olduğundan, litrede 1000/18 mol su bulunacaktır: 1000/18 molar su. Oda sıcaklığında söz konusu reaksiyonun denge sabiti $1,8 \times 10^{-16}$ olarak hesaplanmıştır. Değerler yerine yazılacak olursa $[\text{OH}^-] \times [\text{H}^+]$ çarpımının 10^{-14} olduğu görülecektir. 1 molekül suyun ayrışması neticesinde birer adet OH^- ve H^+ iyonu ortaya çıktığından, $[\text{OH}^-]$ ve $[\text{H}^+]$ aynı ve 10^{-7} 'ye eşit bulunacaktır. H^+ konsantrasyonunun negatif logaritması pH olarak ifade edilir. Buna göre, saf suyun pH'sının 7 olduğu söylenebilir. pH ifadesinde p, "potency (kuvvet)" anlamına gelmektedir (<http://www.biyokimyadersleri.com/page1145486619515.html>, 2008).

2.3.3. Basınç Dengeleyici Helyum Hakkında Genel Bilgi

1868 yılında Fransız Pierre Janssen ve İngiliz Norman Lockyer birbirinden bağımsız olarak helyumu keşfettiler. 1908 yılında Heike Kamerlingh Onnes 0,9 K' de ilk sıvı helyumu elde etti. Helyum atmosferde çok az miktarda bulunmaktadır. Ayrıca helyum radyoaktif minerallerde ve Amerika Birleşik Devletlerinde tabii gazlarda bulunur (<http://www.kimyaevi.org/elementler/helyum/helyum.asp>, 2008).

Helyum doğal gaz kaynaklarından elde edilir. Yeryüzünde Helyum'ca zengin doğal gaz kaynakları sınırlı sayıda ülkede mevcut olup, bunlar ABD, Polonya, Cezayir ve Rusya'dır. Çok değerli bir gaz olan Helyum, bu değeri nedeni ile uluslararası işletme ve ticareti yapılan tek endüstriyel gazdır. Sadece Hidrojen Helyum'dan daha hafif bir gazdır, ancak Hidrojene göre çok önemli olan farkı Hidrojen gibi yanıcı olmayıp, asal bir gaz olmasıdır. Bu nedenle en soğuk kriyojen olarak tercih edilir, ayrıca her tür balonun şişirilmesi için en doğal ve emniyetli gazdır (http://www.the-signer.com/kocgrubu/urun_helyum.htm, 2008).

Helyum periyodik cetvelinin birinci periyot 8A grubunda yer alan bir gaz olmakla birlikte hidrojenden sonra en hafif gazdır. Sembolü He ile gösterilir. Renksiz, kokusuz olmakla beraber soygaz olduğu için tepkimeye girmez ve bu yüzden eylemsizdir. Soygazların son yörüngelerindeki elektron sayısı o yörüngenin maksimum elektron bulundurma kapasitesi kadardır, yani o yörünge ne kadar elektron alabiliyorsa o kadar olur. Helyumun atom numarası ikidir, her elementte de olduğu gibi, helyumda da ilk elektron yörüngesinin maksimum alabildiği elektron 2'dir. Bu doğrultuda helyum, soygazlar kuralına uyan bir gazdır (http://www.the-signer.com/kocgrubu/urun_helyum.htm, 2008).

2.3.3.1. Helyumun Özellikleri

Asal, havadan hafif, küçük moleküler yapısı olan ancak yüksek moleküler enerjisi olan, sıvılarda çözünmeyen ve sıvı hali bilinen en soğuk madde olan bir gazdır (http://www.the-signer.com/kocgrubu/urun_helyum.htm, 2008).

Fiziksel Özellikleri

Yoğunluğu: 0,0001636 g/ml

Yoğunluk, likit: 0,125 kg/l

Moleküler Ağırlık: 4,00

Erime noktası: (-272,2)°C (0,95K)

Kaynama noktası: (-268,93)°C (4,22K)

Molar hacmi: 21,00 ml/mol

Kritik Basınç: 2,28 atm

Özgül ısı: 5,193 J/gK

Isı iletkenliği: 0,001513 W/cmK

Buharlaştırma Entalpisi: 0,083 kJ mol⁻¹

Kimyasal Özellikleri

Sembol: He

Atom Numarası: 2

Atom ağırlığı: 4,002602 g/mol

Oda koşullarında (25°C 298 K): Renksiz gaz

Kabuk yapısı: 2

Atomik yarıçap: bilinmiyor (hesaplanan 31 pm)

I. İyonlaşma Enerjisi: 2372,3 kJ mol⁻¹

II. İyonlaşma Enerjisi: 5250,5 kJ mol

Oksidasyon sayısı: 0

Helyum Kullanım Alanları

- Kaynak alanında koruyucu gaz olarak
- Balon gazı, kaçak kontrol gazı, dalış gazları
- Astım vb. hastalığı olanlarda solunum gazı karışımlarında
- Manyetik Rezonans (MR) cihazlarında
- Lazer gazı ve analitik cihazlarda
- Roket itici gaz sistemlerinde
- Sıvı roket yakıtı sıkıştırmada
- En düşük erime ve kaynama noktasına sahip olduğunda bazı uygulamalarda
- Nükleer reaktörlerin soğutulmasında
- Germanyum ve silisyum kristallerinin yapımında
- Titanyum ve zirkonyum eldesinde
- Makro ölçüde bile atomik özellik gösterdiğinde kuantum sıvısı olarak adlandırılan sıvı helyum manyetik rezonans görüntüleme (MRI) ve kanser teşhisi için MRE' de
- Gaz kromatografisi cihazında inert taşıyıcı gaz olarak
- Sesimizin tizleşmesine sebep olur inceltir (http://www.the-signer.com/kocgrubu/urun_helyum.htm, 2008 ve <http://www.kimyaevi.org/elementler/helyum/helyum.asp>, 2008).

BÖLÜM 3

METARYEL VE METOD

3.1. ABSORBSİYONLU SOĞUTMA ÇEVİRİMİ

3.1.1. Absorbsiyonlu Soğutma Makinelerin Tanımı

Isı pompası terimi, ısıyı düşük sıcaklıktan yüksek sıcaklığa transfer eden bir grup teknolojiyi ifade eder. Böyle bir transfer iş veya ısı formundaki bir termodinamik giriş gerektirir (Olcayer, 2005).

Enerji girişinin tipi, ısı veya iş olması ısı pompası fonksiyonunu yerine getirecek teknolojinin detaylarına bağlı olarak değişir. Absorbsiyon teknolojisi ısı ile isletilir. Düşük sıcaklıktan yüksek sıcaklığa ısı transferi işletim enerjisi olarak ısı sağlanması ile mümkündür. Bir absorbsiyon çevrimi iş girişi gereksinimini ortadan kaldırarak teknolojik problemlere geniş bir aralıkta çözüm sağlar (Olcayer, 2005).

Isı kaynağı olarak belli bir sıcaklığa sahip herhangi bir sıvı veya gaz kullanılabilir. Genellikle buhar, sıcak su, baca gazı veya doğrudan ateşleme ısı kaynağı olarak kullanılır. Kızgın su, petrol, kömür, jeotermal, çöp ısı gibi diğer tüm ısı kaynakları da etkin şekilde kullanılabilir (Olcayer, 2005).

3.1.2. Absorbsiyonlu Soğutma Sisteminin Uygulama Alanları

Absorbsiyonlu soğutma sistemleri, büyük miktarda soğutma gereksinimi olan endüstriyel uygulamalarda kojenerasyon tesisleri ile birlikte kullanılarak üretilen termal enerjinin optimal kullanımını sağlar, elektrik tüketimini dengeler ve CO₂ üretimini azaltır. Aynı anda hem ısı, hem elektrik hem de soğutma üretimi anlamına gelen “trijenerasyon” tesisi olarak da adlandırılan bu sistemler kullanıcı ihtiyaçlarına

bağlı olarak özel olarak tasarlanıp ayarlanırlar. Absorbsiyonlu sistemler ayrıca, atık ısının yoğun olarak bulunabileceği yemek fabrikalarında, kimyasal madde fabrikalarında, süt fabrikalarında (pastörizasyon işleminde), çözünebilen kahve fabrikalarında, rafinerilerde, petrokimya tesislerinde kullanılabilir. Bunlar dışında, endüstriyel ısıtma proseslerinde ısı pompası olarak, kojenerasyon santrallerinde bulunan türbin ve dizel makinelerin emiş havasının soğutulmasında (Düşük giriş havası sıcaklıkları kojenerasyon sisteminin verimini artırır.), ısı geri kazanımında (heat transformer), binalar, süpermarketler ve ofislerin opsiyon olarak aynı anda ısıtma ve soğutma ihtiyacının karşılanmasında kullanılabilir. Absorbsiyon üniteleri hastanelerde, ofis binalarında, üniversitelerde ve çok katlı meskenlerin iklimlendirilmesinde soğuk su sağlamak için karavan, yat şeklindeki araçlarda gaz yağı, buhar, elektrikli ısıtıcı olarak ısı kaynaklarıyla kullanılabilir (<http://www.dogalgazprojesi.com/forum/default.asp>, 2008).

3.1.3. Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi Uygulama Çeşitleri

3.1.3.1. Kaskat Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi

Absorbsiyonlu soğutma sistemleri ile buhar sıkıştırırmalı soğutma sistemlerinin birlikte kullanımı da mümkündür. Absorbsiyonlu sistem temel yükleri karşılarken kompresyonlu sistem pik yükler oluştuğunda devreye girer (Olcayer, 2005).

Ayrıca, kojenerasyon sisteminin sürekli çalışmadığı veya atık ısının tamamının endüstriyel proseste kullanıldığı anlarda da buhar sıkıştırırmalı sistemin kullanılması gerekir. Absorbsiyonlu sistem ile buhar sıkıştırırmalı sistemin kombinasyonunda, absorbsiyonlu sistemin soğutkanında absorbent madde kalıntısı bulunabileceğinden buhar sıkıştırırmalı sistemin soğutkanı ile absorbsiyonlu sistem soğutkanının birbirine karışmaması gerekir. Absorbsiyonlu soğutma sistemleri gerek duyulması halinde yüksek ve alçak basınçlı kısımlara bölünebilir ve belli mesafeler içerisinde kalmak üzere farklı yerlere konumlandırılabilir. Yüksek basınç bölümü ısı kaynağına yakın bir yere, düşük basınç bölümü ise soğutma talebinin olduğu yere kurulabilir (Olcayer, 2005).

3.1.3.2. Güneş Enerjili Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi

Bu sistemlerin soğutma devreleri, mekanik sistemlerin aynıdır. Farkı, mekanik kompresör yerine termik kompresörün kullanılmasıdır. Buhar sıkıştırılmalı sistemdeki gibi bir soğutucu akışkan buharlaşarak ısı çekip soğutma etkisini oluşturduğu evaporatör bulunur. Soğutma işleminin sürekliliğini sağlayabilmek için, oluşan soğutucu akışkan buharının soğurulduğu bir başka tanka (absorber) buharlaştırıcının bağlantılı olması gerekir. Bu tank içerisinde soğurma işlemini gerçekleştirecek higroskopik bir malzeme bulunması gerekir. Kapalı bir soğutma çeviriminde soğurma işleminden sonra amaç, soğutucu akışkanın uygun bir basınçta ayrılıp kondenserde yoğunlaştırılmasıdır. Bu işlem absorberdeki zengin ikili karışımın bir sıvı pompasıyla yüksek basınca pompalanmasıyla sağlanmaktadır. Bu ikili karışım önce kaynatıcıya girmekte, burada güneş enerjisi yardımıyla bir ısı uygulanarak akışkan çiftinden soğutucu akışkan buhar olarak uzaklaşmaktadır. Taşıyıcı olan akışkan ise fakir hale geldiğinden absorbere geri dönmektedir. Böylece herhangi mekanik parçaya ihtiyaç duyulmadan soğutucu akışkan sıkıştırılmaktadır (Hilali, 1995).

Bilindiği gibi, su-amonyak akışkan çifti ile çalışan bir Enjektörlü Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi, ana elemanlar olarak bir kondenser, bir evaporatör, bir absorber, bir ayırıcı, bir ejektör, bir pompa, genişleme vanaları, bir soğutucu ısı eşanjörü (ön soğutucu, soğutucu ısı eşanjörü) ve bir karışım ısı eşanjöründen (solüsyon ısı eşanjörü, karışım ısı eşanjörü) oluşmaktadır. Sistemde bu iki eşanjör ve bir ejektör kullanılması, toplam performansı artırmaktadır. Şekil 3.1.'de bir ejektörlü absorbsiyonlu soğutma sisteminin şematik gösterilişi yer almaktadır (Özalp, 2004).

3.1.3.3. Jeotermal Enerji İle Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi

Absorbsiyonlu sistemlerin jeotermal enerji ile de işletilmesi mümkündür. Jeotermal sıvı, ısı değiştirgecinin boru demetinin içerisinde geçerken ısı değiştirgecinin tüpü içerisinde bulunan absorbent madde - soğutucu akışkan çözeltisine ısı sağlar. Boru demetleri genellikle bakır veya bakır alaşımlarından imal edilir. Bu malzemeler, özellikle de H₂S, NH₃ veya O₂' in mevcut olduğu birçok jeotermal kaynak ile uyumsuzdur. Standard yapılı ısı değiştirgeçleri ile zararlı gazların çözünmüş olduğu jeotermal sıvıların temas etmesi istenmez. Bu olumsuz durumdan kaçınmak için korozyona dayanıklı borulardan imal edilmiş bileşenler veya ayrı bir ısı değiştirgeci ile temiz su devresi kullanılabilir. Korozyona dayanıklı malzeme olarak paslanmaz çelik veya titanyum tercih edilebilir (Olcayer, 2005).

3.1.3.4. Doğalgaz İle Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi

Doğalgaz kullanan absorbsiyonlu soğutma sistemleri doğalgaz ve elektrik şebekesinde atıl kapasitenin oluşmasına mani olur. Kışın oluşacak pik yükler için tasarlanmış olan doğalgaz tesisatı, soğutma ihtiyacının bu yöntemle karşılanması halinde yazın da kullanımda tutulmuş olur. Aynı şekilde, artan soğutma gereksinimi yüzünden yazın meydana gelen pik yüklerle göre tasarlanmış ve kışın atıl durumda kalan elektrik şebekesinin daha düşük pik yükler için tasarlanmasını sağlar (Olcayer, 2005).

Doğal gazlı absorbsiyonlu çillerler, elektrikli çillerlere nazaran daha düşük COP'lara sahip olmakla birlikte, ekonomik ve çevre dostu olma avantajları ile çok defa tercih edilen konumda olmaktadır. Doğal gazlı absorbsiyonlu çillerler, pik dönemde elektrik tüketimini azaltmakta, düşük maliyetli yakıtla çalışmakta daha, az sayıda hareketli parçadan oluşmalarından dolayı daha az bakım gerektirmekte, daha sessiz çalışmakta ve zararlı soğutucu akışkan kullanmamaktadır (CFC; KloroFloraKarbon). Detaylı olarak tek etkili bir absorbsiyonlu çillerin çalışma prensibi aşağıda olduğu gibidir; Genel olarak soğutma prensibi ısı transferi olup dört temel ısı transfer yüzeyi söz konusudur. Bunlar buharlaştırıcı, absorber, kaynaticı ve yoğuşturucudur. Sistemde soğutucu akışkan sudur. Ancak tüm soğutma sistemlerinde olduğu gibi,

absorbsiyonlu soğutmada da ısıyı uzaklaştırmak amacı ile buharlaştırma ve yoğuşlaştırma süreçlerinden yararlanır. Etkili bir buharlaşma ve yoğuşma sürdürülebilmesi için, absorbsiyonlu soğutma işleminde, farklı kontrollü vakumlarda çalışan iki ayrı kovan kullanılmaktadır. Alt kovan (buharlaştırıcı ve absorber) dış atmosferin yüzde biri kadar ya da altı milimetre civa basıncı düzeyinde bir iç basınca yani nispeten yüksek bir vakuma sahiptir. Bu vakum suyun, (soğutucu akışkan) soğutulan sıvıdan daha düşük bir sıcaklıkta kaynamasını sağlar. Bu şekilde buharlaştırıcıya girerken ani soğutmaya maruz bırakılan sıvı iklimlendirme sürecinde kullanılmak amacı ile soğutulabilir (<http://www.dogalgazprojesi.com/forum/default.asp>, 2008).

3.1.4. Absorbsiyonlu Soğutma Sisteminin Avantajları

- Absorbsiyonlu su soğutma gruplarında çalışan parça sayısı diğer gruplardan azdır.
- Gürültüsüz ve daha az titreşimli çalışır. Ünitenin arıza olasılığı çok daha düşüktür.
- Bu grup yerine elektrikle çalışan bir başka grup kullanılmadığı durumda; tüketilmeyecek olan elektrik enerjisi işletmenin enerji maliyetlerine önemli bir yük getirecektir.
- Çevre dostu olması (ozona zararsız soğutucu akışkan H₂O = Su kullanılması)
- Atık ısının değerlendirilmesi = cebe geri koyulan para
- İşletme maliyetinin kompresörlü sistemlere kıyas götürmeyecek şekilde düşük olması
- Hareket eden parça sayısının çok az olması sebebiyle (solüsyon ve soğutucu akışkan pompası) düşük servis/bakım maliyeti
- Uzun ömürlü olması (Aydoğdu, 2005 ve <http://www.A305teyim.com>, 2008).

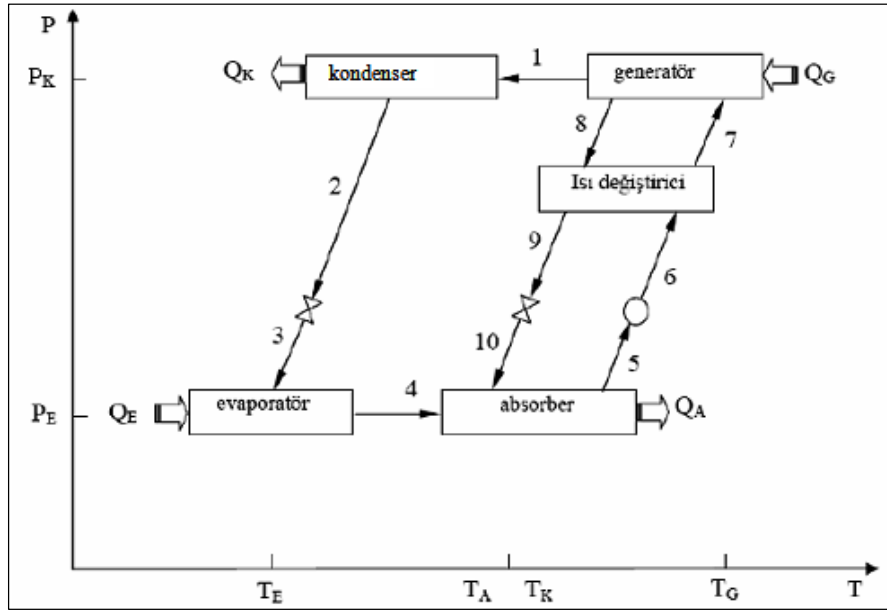
3.1.5. Absorbsiyonlu Soğutma Sisteminin Dezavantajları

- Yüksek su sarfiyatı (soğutma kulesi klasik kompresörlü sisteme göre yaklaşık iki katı kapasitede).
- Sistemin soğutma tesir katsayısı çok düşüktür.

- Sistem en geç 30 dak. Sonra soğutmaya başlaması (Aydoğdu, 2005).

3.1.6. Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi

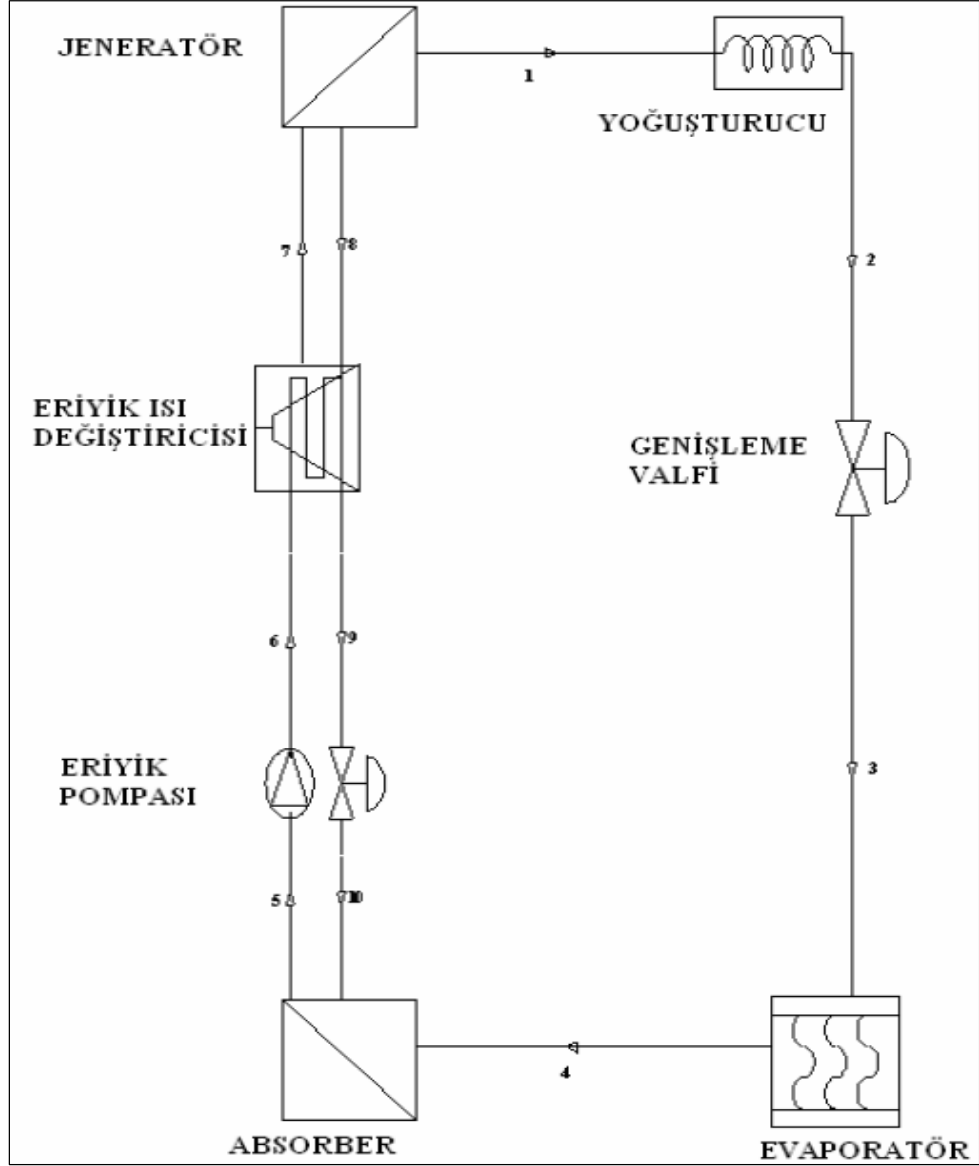
Absorbsiyonlu soğutma çevrimlerinde, soğutucu akışkanın bir ikinci akışkan içinde soğurulması söz konusudur. Mekanik sistemlerle kıyaslırsak kompresör yerine karmaşık bir sistem geldiğini ve bu sistemin aynı şekilde soğutucu akışkanın basıncını artırmak amaçlı olduğu görülür. Şekil 3.3.'de ve şekil 3.4.'de absorbsiyonlu soğutma çevrimi ve sistem şeması görülmektedir. (Çelik, 2007).



Şekil 3.3. Absorbsiyonlu soğutma sistemi çevrimi (Çelik, 2007).

Soğutma mekanizması absorber ve kaynatıcıdan oluşmaktadır ve sıkıştırma işlemini gerçekleştirmektedir. Bu mekanizmanın soğutkan basıncını yükseltmek için bir araya getirildiği gözlenmektedir (Babadağlı, 2005).

Absorbsiyonlu soğutma sistemi buhar sıkıştırmalı sistemden daha yüksek soğutma kapasitesi üretebilir, elektrik yerine diğer enerji kaynakları ile çalıştırılabilir. Bu sistemde mekanik enerji yerine kaynatıcıda ısı enerjisi kullanılmaktadır. Absorbsiyonlu sistemde buhar yerine sıvı sıkıştırılmaktadır (Babadağlı, 2005).



Şekil 3.4. Absorbsiyonlu soğutma sistemi şeması (Çelik, 2007).

Absorbsiyonlu soğutma sistemi genel çevrimi

1. noktada yüksek basınçtaki soğutucu akışkan buharı, yoğuşturucuya girerek yoğuşur ve ortama gizli ısını verir.
2. noktada doymuş sıvı veya sıkıştırılmış sıvı halindeki soğutucu akışkan yoğuşturucudan ayrılır ve kısılma vanasından geçer.

3. noktada kısılma vanasında çok düşük basınca genişler ve ıslak buhar halinde buharlaştırıcıya girer.

4. noktada buharlaştırıcıda soğutulan ortamdan gelen ve göreceli olarak yüksek sıcaklıktaki soğutma suyunun ısını alır ve kızgın buhar fazında buharlaştırıcıyı terk eder ve absorbere akar.

5. noktada absorberde bulunan soğurucu madde tarafından absorblanır ve soğurucu yönünden fakir, soğutucu yönünden zengin yeni bir çözelti oluşur. Bu çözelti oluşumu ekzotermik bir reaksiyon olup soğutucu akışkan yoğuşma gizli ısı dışarı atılır. Düşük basınçta bulunan eriyik, absorberden eriyik pompası sayesinde çekilerek basıncı yükseltilir. Pompa ve kaynatıcı arasında, çözelti eşanjörü bulunur.

6. noktada absorberden gelen daha soğuk eriyik ile kaynatıcıdan gelen sıcak eriyik çözelti eşanjöründen geçerler ve absorber tarafından gelen soğuk eriyik, kaynatıcıdan gelen sıcak eriyiğin ısını alır böylece çözelti ön ısıtmadan geçerek kaynatıcıya ulaşır.

7. noktada kaynatıcı girişindeki soğutucu yönünden ve ön ısıtmadan geçmiş haldeki eriyik genellikle yüksek basınçta ve kaynama sıcaklığının altında bir sıcaklıktadır. Bundan dolayı gaz alevi ya da bir diğer sıcak kaynak kullanarak eriyik sıcaklığı kaynama sıcaklığına getirilir. Kaynama gerçekleştiğinde soğutucu akışkan buharı yoğuşturucuya geçer ve kaynatıcıda soğutucu akışkan bakımından fakir eriyik oluşur.

8. noktada yüksek sıcaklıktaki, soğutucu bakımından fakir, soğurucu bakımından zengin eriyik kaynatıcıyı absorbere gitmek üzere terk eder.

9. ve 10. noktada çözelti eşanjöründen geçen yüksek basınçtaki fakir eriyik kısılma vanasından geçer ve absorbere ulaşarak çevrimleri tamamlar. Absorbsiyonlu soğutma sisteminde, çözelti pompasını tahrik etmek için elektrik enerjisine ihtiyaç duyulmasına rağmen, bu enerji buhar sıkıştırılmalı soğutma sisteminde, kompresöre verilen enerjiye göre hayli küçüktür (Gürsürer, 2005).

3.1.7. Difüzyonlu Absorbsiyonlu Soğutma Sisteminin Çalışma Prensibi

Amonyak-su çifti ve helyum gazının akışkanlarını oluşturduğu absorbsiyonlu soğutma sistemi içerisinde her bir akışkan için üç ayrı çevrim meydana gelmektedir. Bu çevrimler; amonyak çevrimi, su çevrimi ve helyum gazı çevrimi olarak nitelendirilebilir.

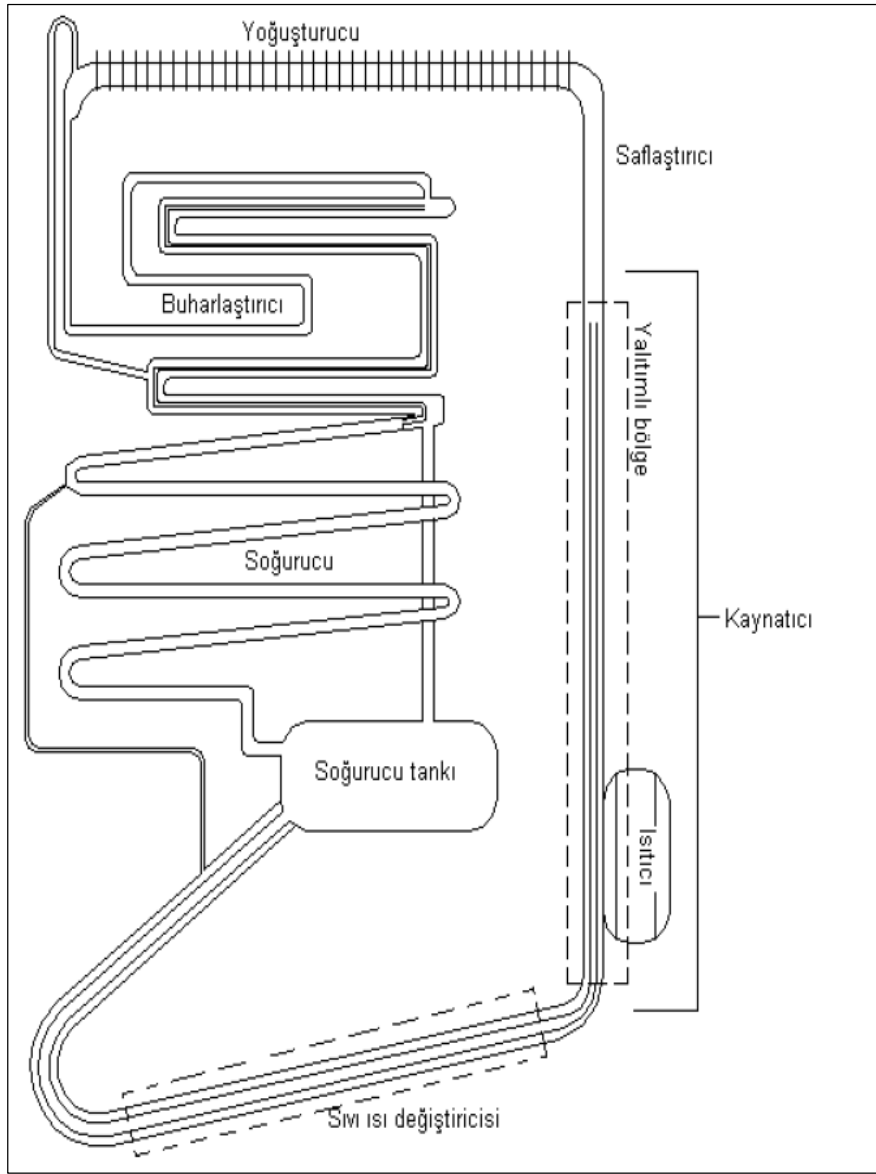
Absorbsiyonlu soğutma sistemde amonyak – su çözeltisi sistemde alt kısımda helyum gazı yoğunluğu az olması nedeniyle absorbsiyonlu soğutma sistemde üst kısımda bulunur. Absorbsiyonlu soğutma sistemi çalıştırıldıktan yaklaşık 25 – 30 dakika sonrasında kaynatıcıda 180°C ve üzeri sıcaklığa ulaşmasıyla amonyak – su çözeltisinde amonyak karışımdan ayrılarak buharlaşır. Sıvı fazda ve amonyak bakımından fakirleşen çözelti absorber (soğurucu) girişine doğru ilerler. Habbecik pompası sıvı fazda amonyak – su çözeltisini absorber girişine gönderir, habbecik pompası aynı zamanda amonyak buharını yukarı doğru saflaştırıcıya girer. Saflaştırıcıda amonyak buharını sıvı fazda olan amonyağı tutar ve absorber girişine kadar gider. Saflaştırıcıdan çıkan amonyak buharı kondensere (yoğuşturucu) girişine doğru yükseltir.

Kondensere (yoğuşurucu) giren amonyak buharı yoğuşmaya başlar. Kondensere (yoğuşturucu) ortama ısı atılır. Sıvı fazda kondenserden (yoğuşturucu) çıkan amonyak buharlaştırmaya girer. Kondenserde yoğuşmayan amonyak buharı ise absorbsiyonlu soğutma sisteminde buharlaştırmaya girişinde sıvı fazda olması gerektiğinden bir boru ile depoya iner.

Evaporatöre (buharlaştırmaya) giren sıvı fazdaki amonyak buharlaşarak helyum gazına yayılır. Buharlaştırmaya Helyum gazı amonyağın kısmi basıncını düşürür, amonyak helyum gazının yoğunluğu artırır. Buharlaştırmaya ortamdan ısı çekilir.

Yoğunluğu artan helyum gazı ve amonyak buharı absorber (soğurucu) girişine iner. Absorber girişinde fakir çözeltideki su tarafından absorbe edilir ve zengin çözelti haline gelir. Amonyak zengin çözelti şeklinde kaynatıcıya ilerlemesiyle çevrimi tamamlamış olur. Absorberde amonyak buharından kurtulan helyum gazı,

yoğunluğunun azalması ile birlikte yükselerek buharlaştırıcı girişine kadar tekrar geri gelir. Helyum gazı çevirimi buharlaştırıcı ve absorber girişinde iki yönlü hareket ederek çevirimi tamamlamış olur. Su sistemde habbecik pompasında fakir çözeltinin absorber girişine ilerlemesi ile absorber girişinde amonyak buharı absorbe ederek kaynatıcıya ilerlemesiyle çevirimi tamamlamış olur. Şekil 3.5.'de amonyaklı su ile çalışan absorpsiyonlu soğutma sistemi şekli görülmektedir (Arslan ve Eğrican, 2005).



Şekil 3.5. Amonyaklı su çalışan absorpsiyonlu soğutma sistemi (Arslan ve Eğrican, 2005).

3.1.8. Soğutucu Akışkan, Absorbent'ten İstenen Özellikler

Bir soğutma sisteminde, ısının bir ortamdan alınıp başka bir ortama nakledilmesinde ara madde olarak soğutucu akışkanlardan yararlanır. Yoğunlukla bu akışkanlar, buharlaşma ve yoğuşma faz değişimi işlemleri yardımıyla, bir ortamdan çektikleri ısıyı diğer bir ortama atarlar. Bu faz değişimleri, mekanik buhar sıkıştırılmalı ve absorpsiyonlu sistemlerde görülürken hava gibi akışkan kullanan soğutma sistemlerinde görülmez. Bir soğutma cihazının tasarımı, seçilen soğutucu akışkanın özelliklerine bağlıdır. Bu yüzden, absorpsiyonlu sistemlerde kullanılacak akışkan çiftlerinin termodinamik özelliklerinin tespiti önem kazanmaktadır. Genel olarak absorpsiyonlu soğutmada kullanım için absorbent maddeden istenilen özellikler aşağıda belirtilmiştir:

- Absorber şartlarında dengede yüksek çözünürlüğe sahip olmalıdır.
- Absorber şartlarında düşük buhar basıncına sahip olmalıdır.
- Hızlı soğurma ve dengede yaklaşma sağlamalıdır.
- Yoğunlaşmış çalışma eriyiklerinde doğal olarak alkalik ve bakır, hafif çelik, pirinç gibi metallerle daha az koroziftir.
- Çalışma şartları altında düşük viskoziteye sahip olmalıdır.
- Düşük sıcaklıkta soğurma yapmalıdır.
- Yüksek ısı iletkenliği olmalıdır.
- Çevirimdeki en düşük sıcaklıkla karşılaştırılırsa düşük donma noktasına sahip olmalıdır.
- Düşük yoğunluklu olmalıdır.
- Isıl ayrışmaya karşı dayanıklılığı olmalıdır.
- Zehirleyici olmamalıdır.
- Çözeltisi uçucu olmalıdır.
- Düşük maliyetli olmalıdır.

Soğutkan seçiminde düşünülmesi zorunlu kesin temel gereklilikler vardır. Bunlar aşağıda sıralanmıştır:

- Gelecekte kullanılabilirdir.
- Kullanımı kolay olmalıdır.
- Soğutma performansı kabul edilebilir olmalıdır.
- 4.Çalışma verimi kabul edilebilir olmalıdır.
- Güvenli bir şekilde kullanıma uygun olmalıdır (Babadağlı, 2005). Çizelge 3.1. akışkanlar için aranan özellik ve sebepleri görülmektedir.

Çizelge 3.1. Akışkanlar için aranan özellik ve sebepleri (Özdenal, 2004).

Akışkan	Aranan Özellikler	Sebepler
- Soğutucu	-Yüksek gizli ısı -Yoğuşma sıcaklığında uygun basınç -Yüksek kritik nokta -Düşük sıvı özgül ısısı -Buhar özgül ısısının sıvı özgül -Düşük buhar özgül hacmi	-Akış debisini düşürmek -Kaynatıcı ve yoğuşurucuya oluşan dayanımı azaltmak. -Yoğuşma sıcaklığını sınırlamak - Ön soğutucunun etkisini düşürmek. - Ön soğutucu etkinliği ısısına eşitliği -Buhar akışının kolaylaşması
- Soğurucu	- ihmal edilebilir buhar basıncı - Soğutucu akışkanı kolay absorbe etmesi	-Ek bir sisteme gerek duyulmaması, (soğurucu akışkan soğutucu akışkan buharından ayrılmak için) - Sistemin temel özelliği
- Eriyik	- Düşük özgül ısı - Düşük özgül hacim	- Eriyik ısı eşanjörünün görevini azaltmak. - Sirkülasyon pompasının işini azaltmak.
- Tüm Sıvılar	- Yüksek ısı iletimi - Düşük viskozite - Düşük yüzey gerilimi - Düşük toksitlenme özelliği - Kimyasal denge	- Isı transferini arttırmak - Basınç kayıplarını azaltmak - Soğurucu akışkan işlevini geliştirmek - Güvenlik - Sistem ömrünü arttırma

3.1.9. Sistemde Kullanılan Başlıca Akışkan Çiftleri

Amonyak-su ve su-lityum bromid çiftleri en çok kullanılan akışkan çiftleridir. Amonyak-su akışkan çifti istenilen birçok özelliği karşılamasına rağmen, buharlaşma oranının çok küçük olması ve çalışma basıncının oldukça yüksek olması bina için kullanımlarında sınırlamalara gidilmesine neden olmaktadır. Su-lityum bromid akışkan çiftinin ağır basan özellikleri, yüksek emniyet, büyük buharlaşma oranı, büyük birleşme eğilimi, büyük kararlılık ve büyük gizli buharlaşma ısısı olarak

sayılabilir. Bu özelliklerle beraber su lityum bromid akışkan çifti katılaşmaya meyillidir. Soğutucu akışkan 0°C sıcaklıkta buz haline dönüştüğünden, bu akışkan çifti düşük sıcaklıkların gerektiği soğutma sistemlerinde kullanılamaz. Absorberde özellikle hava ile soğutma veya bazı sınırlı uygulamalarda ise su ile soğutma kullanıyorsa, orta derişikliklerde lityum bromid kristalleşir. Bununla beraber, absorbe edici için bazı tuz karışımları kullanmak, hava ile soğutma halinde kristalleşme tehlikesini azaltabilir. Su-lityum bromid akışkan çiftinin diğer sakıncaları ise, bu akışkan çiftinin düşük çalışma basıncı gerektirmesi ve bu basınçlarda, lityum bromid eriyiğinin viskozitesinin yüksek olmasıdır. Pratikte uygun cihaz dizaynları kullanılarak, bu sakıncalar önlenebilir. Diğer bazı önemli soğutucu akışkan absorbe edici çiftleri aşağıda verilmiştir;

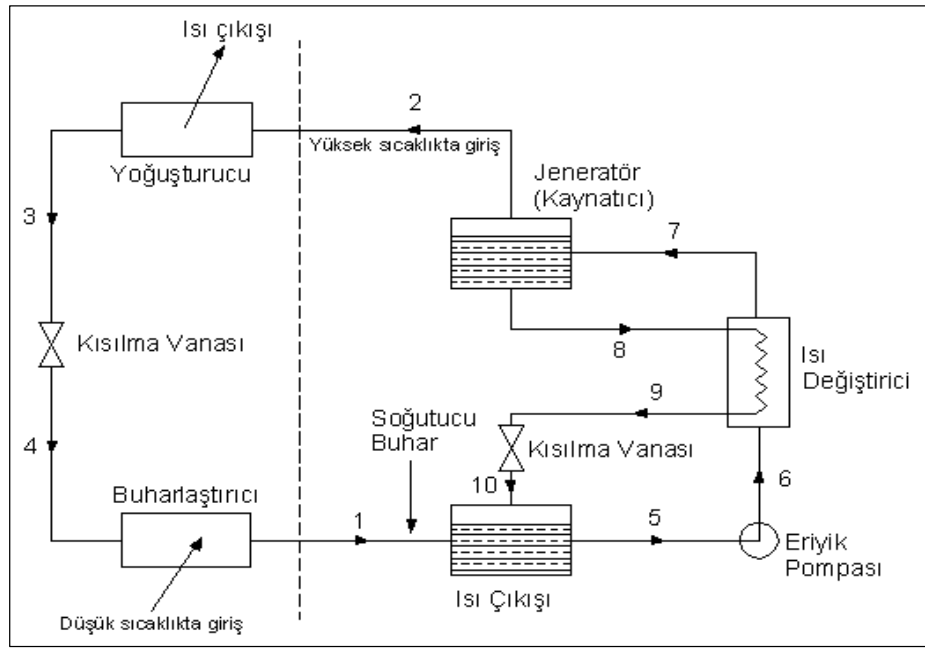
- Amonyak-çeşitli tuzlar
- Metil amin-çeşitli tuzlar
- Alkoller-çeşitli tuzlar
- Amonyak-çeşitli organik çözücüler
- Kükürt dioksit-çeşitli organik çözücüler
- Halojanize edilmiş hidrokarbonlar-çeşitli organik çözücüler

Bu akışkan çiftlerinden bir kaçı, nispeten basit çevrimler için uygun olup, kristalizasyon sorunu bu akışkan çiftlerinde yoktur. Henüz bu çiftlerin çoğu hakkında kararlılık ve korozyon bilgileri noksandır. Bu soğutucu akışkan absorbe edici çiftleri arasında en yaygın olarak kullanılanı amonyak-su akışkan çiftidir (Gürsürer, 2005).

3.1.9.1. H₂O-LiBr Akışkan Çiftli Çevrimler

Şekil 3.6'da görüldüğü gibi evaporatörde soğutulan ortamdan alınan ısı ile buharlaşan soğutucu akışkan su soğurucunun bulunduğu hazneye girer. Su buharı burada lityum bromid ile reaksiyona girerek soğurulur. Bu reaksiyon ısıveren (ekzotermik) bir reaksiyondur. Lityum bromid tarafından soğurulabilen su miktarı sıcaklıkla ters orantılıdır. Bu nedenle soğurucu sıcaklığını olabildiğince düşük tutmak buna bağlı olarak ta soğurulabilen lityum bromid miktarını arttırabilmek için soğurucudan ısı çekilir. Su-lityum bromid karışımı olan çözelti daha sonra bir eriyik

pompası yardımıyla ısı değiştiriciye sonrada ısıtıcıya (kaynaticı) gönderilir. Isı değiştiricisinde sistemden dönen sıcak lityum bromid ile ön ısıtılan çözeltili kaynaticıda verilen ısıyla buharlaştırılır. Bir ayırıcı vasıtasıyla ayrılan buhar fazındaki su-lityum bromid çözeltilisinden su kondensere iletilirken, lityum bromid kısılma vanasından geçerek tekrar soğurucu haznesine aktarılır. Su buharı kondenserde ısınıp verip kısılma vanasından geçtikten sonra sıvı fazında evaporatöre girerek çevrimi tamamlamış olur (Gürsürer, 2005).

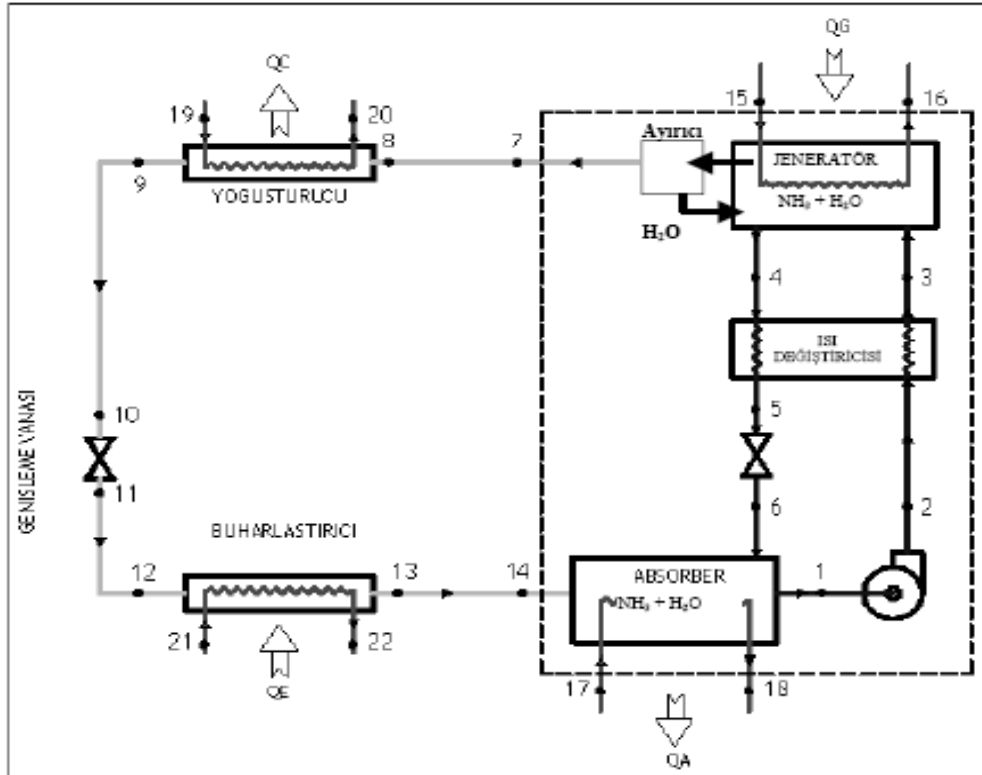


şekil 3.6. H₂O - LiBr eriyikli tek kademeli absorpsiyonlu soğutma sistemi (Gürsürer, 2005).

3.1.9.2. NH₃ -H₂O Akışkan Çiftli Çevrimler

Bu mekanizma içerisinde soğurucu (absorber), ısıtıcı (kaynaticı), ısı değiştiricisi, kısılma vanası ve ayırıcı bulunmaktadır. Tüm bu karmaşık mekanizma sadece NH₃'ün basıncı yükseltmek için kullanılmaktadır. NH₃ basıncı bu kutucuğun içinde yer alan karmaşık soğurmalı sistem içinde yükseldikten sonra, yoğuşturucuda soğutulurak yoğuşturulmakta, sonra buharlaştırıcı basıncına kısılmakta ve buharlaştırıcıdan geçerken soğutulan ortamdaki ısı çekmektedir. Amonyak buharı, buharlaştırıcıdan çıktıktan sonra soğurucuya girer, burada su içinde soğutulur ve suyla kimyasal reaksiyona girerek NH₃ - H₂O çözeltilisini oluşturur. Bu reaksiyon aynı

su-lityum bromid akışkan çiftinde olduğu gibi ekzotermik bir reaksiyondur. H_2O içinde soğurulabilen NH_3 miktarı, sıcaklıkla ters orantılıdır. Bu nedenle, soğurucu sıcaklığını olabildiğince düşük tutmak ve buna bağlı olarak soğurulabilen NH_3 miktarını arttırmak için soğurucudan ısı çekilir. Bu işlemde soğurucunun içinden serpantin yardımıyla soğutma suyu geçirilerek gerçekleştirilir. Amonyak bakımından zengin olan NH_3-H_2O çözeltisi daha sonra ısıtıcıya (kaynatıcı) pompalanır. Çözelti, ısıtıcıda dış kaynaktan sağlanan ısıyla buharlaştırılır. Buharlaştırma işlemi gerçekleştirildikten sonra ayırıcıya gönderilir. Burada su, amonyak bakımından zengin buhardan ayrılarak ısıtıcıya geri gönderilir, saf amonyak buharı ise yoğuşturucudan geçerek çevrimi sürdürür. Isıtıcıda kalan, amonyak bakımından zayıf $NH_3 - H_2O$ çözeltisi, bir ısı değiştiricisinden geçer, pompadan çıkan çözeltiliye bir miktar ısı verir ve daha sonrada soğurucu basıncına kısılarak, soğurucuya gönderilir. Böylece soğurma mekanizması içerisindeki çevrimde tamamlanmış olur. Şekil 3.7’de görülmektedir (Gürsürer, 2005).



Şekil 3.7. $NH_3 - H_2O$ eriyikli tek kademeli absorpsiyonlu soğutma sistemi (Gürsürer, 2005).

BÖLÜM 4.

BULGULAR

4.1. ABSORBSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMİ DENEYİNİN UYGULANMASI

4.1.1. Sistemin Deneye Hazırlanışı

Deneyi yapılan absorbsiyonlu soğutma sistemi kaynatıcı, kondenser, evaporatör, absorber, depodan meydana gelmektedir. Şekil 4.1.'de sistem görülmektedir. Sistemi deneye hazırlamak için yoğuşturucunun köşesinden 3,5'lik matkapla bir delik açıldı. Boşaltma vanasından sistemin içine su basılarak yıkama işlemi yapıldı. Yıkama işlemi bittikten sonra yoğuşturucuya açılan delik oksigaz gaz kaynağı ile kapatıldı. Daha sonra kabine montajı çentik atılarak yapıldı ve kabin ile sistem arasında yalıtım yapıldı. Şekil 4.2.'de sistemin kabine montajı görülmektedir.

Montaj işlemi bittikten sonra sistem vakum cihazına bağlanarak, 60 dakika sistem vakumlandı. Şekil 4.3.'de sistemin vakumlanması görülmektedir. Vakumdan sonra birinci deney için sisteme % 25'lik 410 gr amonyak dolduruldu. Şekil 4.4.'de sisteme amonyak doldurulması görülmektedir. Ve sisteme helyum tankından basınç göstergesine bakılarak 5 bar basınçla helyum gazı basıldı. Şekil 4.5.'de sisteme helyum gazı basımı görülmektedir. Daha sonra sisteme 75 Watt'lık elektrikli ısıtıcı x ve y ekseninde dik gelecek şekilde bağlandı ve sabitlenmesi sağlandı. Verilerin alınabilmesi için sıcaklık ölçen termokupullardan T4a'yı sulu kılcal boru çıkışına, T4c'yi evaporatör girişine, T2'yi kaynatıcı girişine, T5b'yi kaynatıcı çıkışına, T9b'yi absorber girişine, T3'ü evaporatör çıkışına, T7'yi kondenser çıkışına, Tdış'ı dış ortama, basınç ölçen termokupullardan P4c'yi evaporatör girişine, P3'ü evaporatör çıkışına, P5b'yi kaynatıcı çıkışına ve sistem ölçüm cihazına bağlandı. Şekilde 4.6.'da sisteme termokupulların bağlantıları görülmektedir. Şekil 4.8.'deki deneyin şekline uygun olarak bağlanmıştır. Elektrikli ısıtıcı prize takılarak sistem çalıştırıldı.

Bilgisayarda visiol basic programı açılarak her beş dakika ölçüm alınması sağlandı. Veriler Excel programına kaydedildi. Şekil 4.7. sistemin bilgisayarda ölçümün yapıldığı görülmektedir.



Şekil 4.1. Sistem görünüşü.



Şekil 4.2. Sistemin kabine montajı.



Şekil 4.3. Sistemin vakumlanması.



Şekil 4.4. Sisteme amonyak çözültisinin eklenmesi.



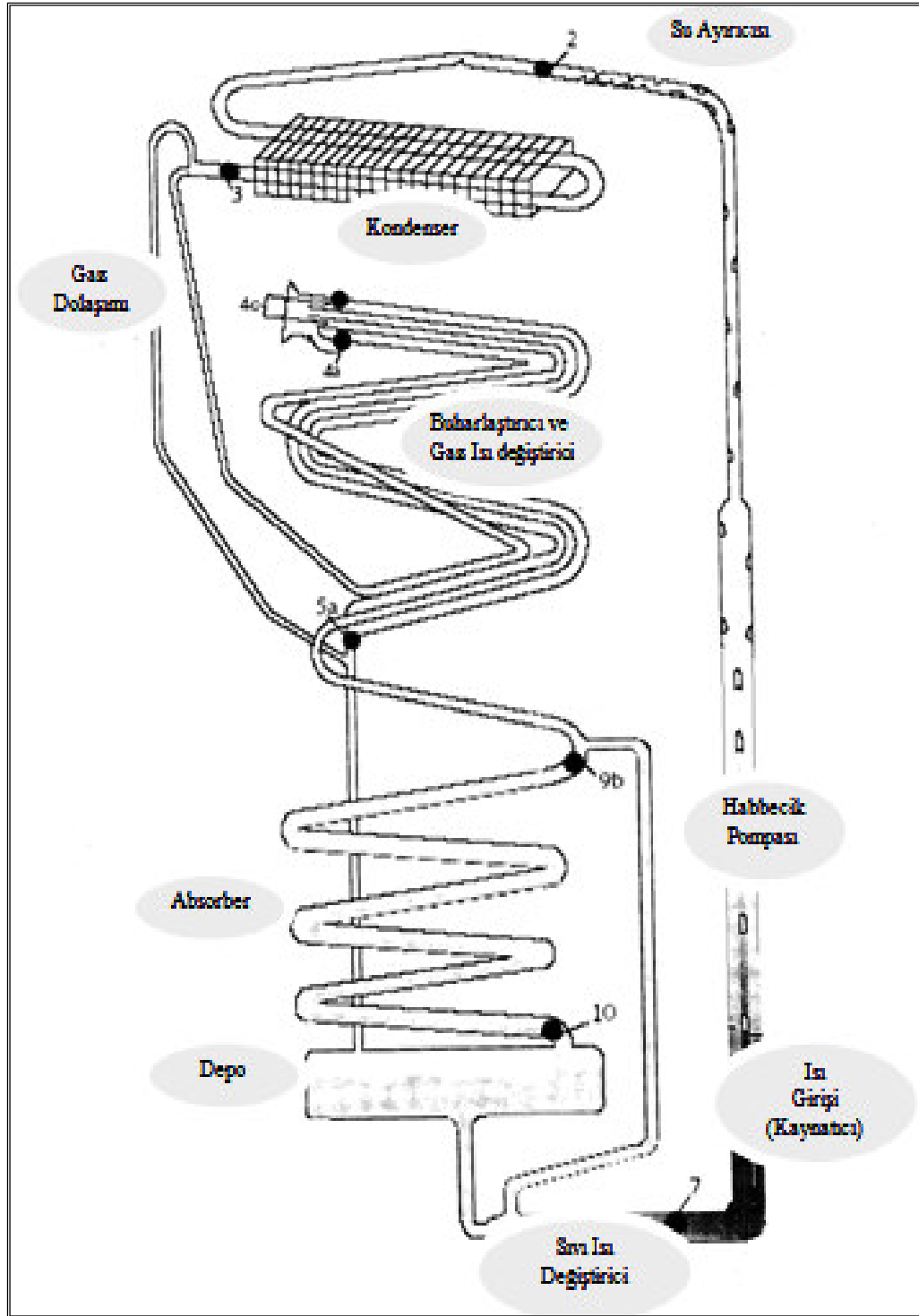
Şekil 4.5. Sisteme helyum gazı basılması.



Şekil 4.6. Sisteme termokupulların bağlanması.



Şekil 4.7. Sistemin bilgisayarda ölçümü.



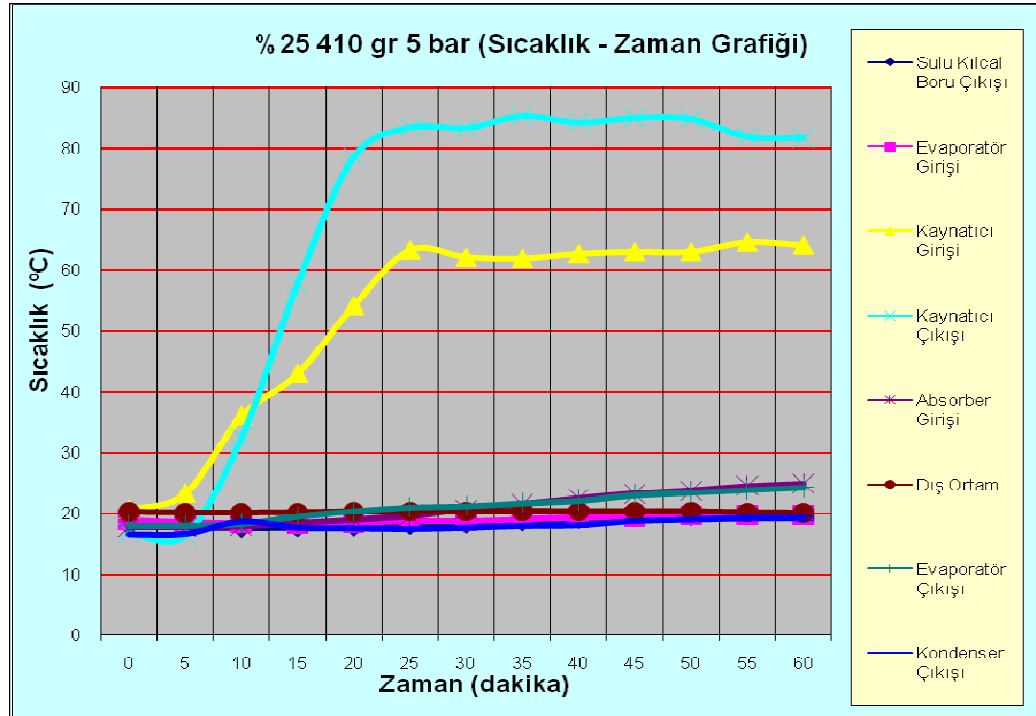
Şekil 4.8. Sistemin şekli.

4.1.2. Deneylerden Alınan Sonuçlar

4.2.1.1. %25'lik 410 gr 5 bar Absorbsiyonlu Soğutma Deneyin Değerleri

Çizelge 4.1. %25'lik 410 gr 5 bar deneyin (Sıcaklık (°C)) değerleri.

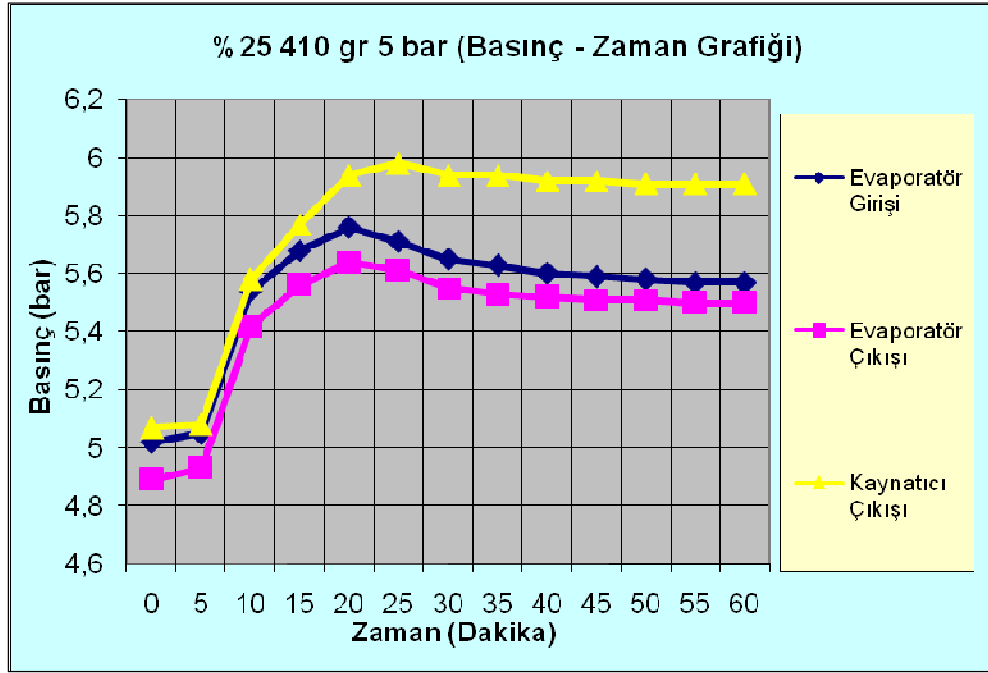
Zaman (Dakika)	Sulu Kılcal Boru Çıkışı (°C)	Evaporatör Girişi Sıcaklığı (°C)	Kaynatıcı Girişi Sıcaklığı (°C)	Kaynatıcı Çıkışı Sıcaklığı (°C)	Absorber Girişi Sıcaklığı (°C)	Dış Ortam Sıcaklığı (°C)	Evaporatör Çıkışı Sıcaklığı (°C)	Kondenser Çıkışı Sıcaklığı (°C)
0	18,1	19	20,7	16,8	17,8	20,3	18,1	16,6
5	17,8	18,6	23,4	16,5	17,8	20,1	18,1	16,7
10	17,6	18,4	36,1	32,5	17,9	20,1	18,4	18,7
15	17,7	18,3	43,1	57,8	18,5	20,2	19,6	17,7
20	17,8	18,5	54,3	78,6	19	20,4	20,4	17,6
25	18,1	18,8	63,4	83,4	19,6	20,4	21	17,5
30	18,3	18,8	62,2	83,3	20,7	20,4	21,2	17,7
35	18,7	19,1	62	85,3	21,6	20,5	21,7	18
40	19,1	19,4	62,8	84,2	22,5	20,4	22,1	18,1
45	19,4	19,5	63,1	85	23,3	20,4	23	18,8
50	19,6	19,7	63,1	84,8	23,8	20,4	23,4	19
55	19,7	19,8	64,7	81,9	24,5	20,2	23,8	19,2
60	19,8	19,8	64,2	81,7	24,9	20,1	24,2	19,2



Şekil 4.9. %25'lik 410 gr 5 bar deneyin (sıcaklık – zaman) grafiği.

Çizelge 4.2. %25'lik 410 gr 5 bar deneyin (Basınç (Bar)) değerleri.

Zaman (Dakika)	Evaporatör Giriş Basıncı (Bar)	Evaporatör Çıkış Basıncı (Bar)	Kaynatıcı Çıkış Basıncı (Bar)
0	5,02	4,89	5,07
5	5,05	4,93	5,08
10	5,54	5,42	5,58
15	5,68	5,56	5,77
20	5,76	5,64	5,94
25	5,71	5,61	5,98
30	5,65	5,55	5,94
35	5,63	5,53	5,94
40	5,6	5,52	5,92
45	5,59	5,51	5,92
50	5,58	5,51	5,91
55	5,57	5,5	5,91
60	5,57	5,5	5,91



Şekil 4.10. %25'lik 410 gr 5 bar deneyin (basınç – zaman) grafiği.

Sistem 60 dakika çalıştırıldı. Absorbsiyonlu soğutma sistemlerinde sistem rejime 25 – 30 dakikadan sonra girmektedir. Soğutma sistemlerinde soğutma evaporatör (buharlaştırıcı) de meydana gelmektedir. Literatürde Arslan M., Eğrican N. yaptıkları

çalışmada %27'lik 17 bar, 60, 70, 80 Watt'ta buharlaştırıcı giriş sıcaklığı (-30)°C kadar soğutmuştur. Şekil 4.9. %25'lik 410 gr 5 bar deneyin (sıcaklık – zaman) grafiğinde buharlaştırıcı giriş sıcaklığına baktığımızda 19,8°C'dir. Buharlaştırıcı giriş sıcaklığında düşme olmamıştır. Bunun nedeni soğutma olmamıştır, aksine sıcaklık artmış basınç az gelmiştir.

4.1.2.2. %25'lik 410 gr 10 bar Absorbsiyonlu Soğutma Deneyin Değerleri

%25'lik 410 gr 5 bar deney sonuçları elde edildikten sonra sistemi boşaltmadan sisteme 5 bar daha helyum gazı ilave etmek için sistemden termokupulları ve 75 Watt'lık elektrikli ısıtıcıyı çıkardık. Sistemi helyum tüpünün yanına götürüp, sisteme 5 bar daha helyum gazı basıldı. Artık sistem %25'lik 410 gr 10 bar absorbsiyonlu soğutma sistemi oldu. Daha sonra 75 Watt'lık elektrikli ısıtıcı x ve y eksenine dik gelecek şekilde bağlandı ve sabitlenmesi sağlandı.

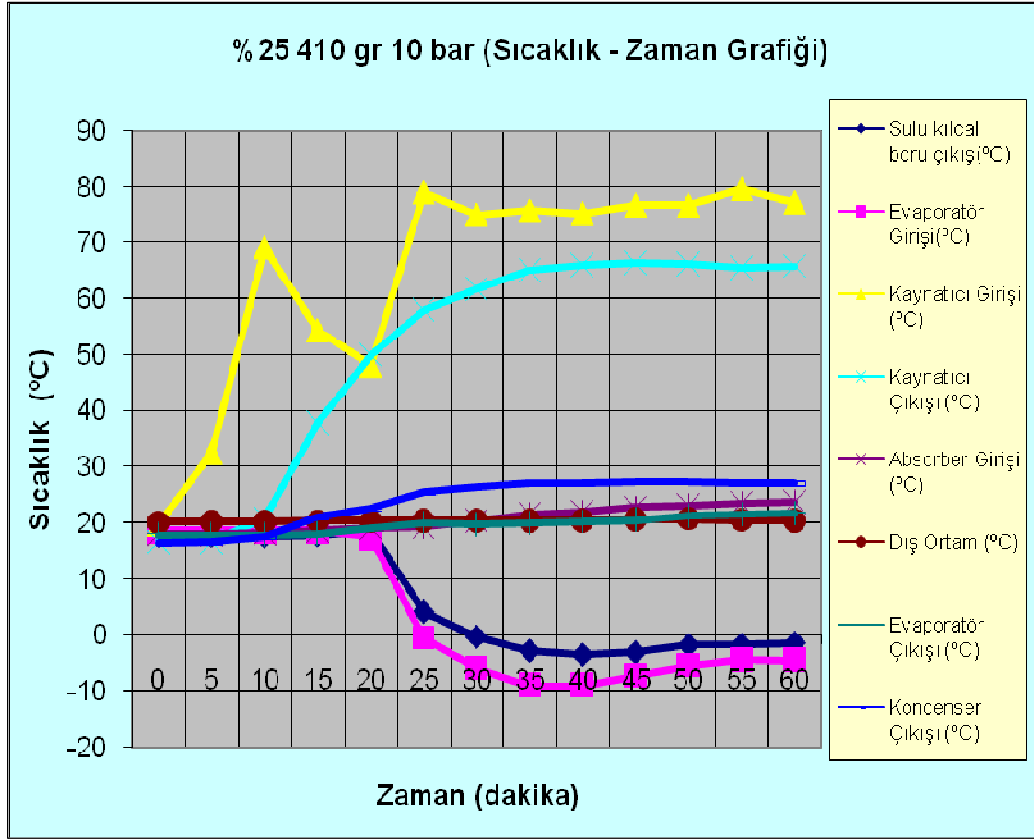
Verilerin alınabilmesi için sıcaklık ölçen termokupullardan T4a'yı sulu kılcal boru çıkışına, T4c'yi evaporatör girişine, T2'yi kaynatıcı girişine, T5b'yi kaynatıcı çıkışına, T9b'yi absorber girişine, T3'ü evaporatör çıkışına, T7'yi kondenser çıkışına, Tdış'ı dış ortama, basınç ölçen termokupullardan P4c'yi evaporatör girişine, P3'ü evaporatör çıkışına, P5b'yi kaynatıcı çıkışına ve sistem ölçüm cihazına bağlandı. Elektrikli ısıtıcı prize takılarak sistem çalıştırıldı. Bilgisayarda visiol basic programı açılarak her beş dakika ölçüm alınması sağlandı. Veriler Excel programına kaydedildi. Sistemi 60 dakika çalıştırıldı. Alınan değerler aşağıdaki tablodaki gibidir.

Çizelge 4.3. %25'lik 410 gr 10 bar deneyin (Basınç (Bar)) değerleri.

Zaman (dakika)	Evaporatör Girişi (Bar)	Evaporatör Çıkışı (Bar)	Kaynatıcı Çıkışı (Bar)
0	10,09	9,95	10,06
5	10,17	10,02	10,13
10	10,59	10,45	10,57
15	10,91	10,75	10,9
20	10,94	10,79	10,99
25	11,18	11	11,28
30	11,28	11,06	11,36
35	11,33	11,1	11,41
40	11,38	11,13	11,48
45	11,4	11,15	11,51
50	11,41	11,17	11,53
55	11,42	11,18	11,55
60	11,43	11,2	11,55

Çizelge 4.4. %25'lik 410 gr 10 bar deneyin (Sıcaklık (°C)) değerleri.

Zaman (Dakika)	Sulu Kılcal Boru Çıkışı (°C)	Evaporatör Girişi Sıcaklığı (°C)	Kaynatıcı Girişi Sıcaklığı (°C)	Kaynatıcı Çıkışı Sıcaklığı (°C)	Absorber Girişi Sıcaklığı (°C)	Dış Ortam Sıcaklığı (°C)	Evaporatör Çıkışı Sıcaklığı (°C)	Kondenser Çıkışı Sıcaklığı (°C)
0	17,7	18,5	19,8	16,5	18,1	20,1	17,9	16,3
5	17,7	18,5	32,6	16,5	18	20,2	17,8	16,6
10	17,5	18,4	69,2	20,7	18,3	20,2	17,9	17,5
15	17,8	18,5	54,4	37,7	18,7	20,3	18	21,1
20	18,6	17,3	48,1	49,9	19,2	20,3	19,1	22,6
25	4,2	-0,5	79	58	19,4	20,4	20	25,4
30	-0,3	-5,9	75	61,7	20,4	20,4	19,7	26,5
35	-2,8	-9	75,7	65	21,5	20,4	19,9	27
40	-3,5	-9	75,2	65,9	22,1	20,4	20,2	27
45	-3,1	-7,3	76,7	66,4	22,8	20,6	20,5	27,3
50	-1,8	-5,5	76,7	66,2	23,1	20,7	21,2	27,2
55	-1,7	-4,4	79,6	65,5	23,6	20,5	21,5	27,1
60	-1,4	-4,5	77,2	65,8	23,8	20,4	21,7	27,1



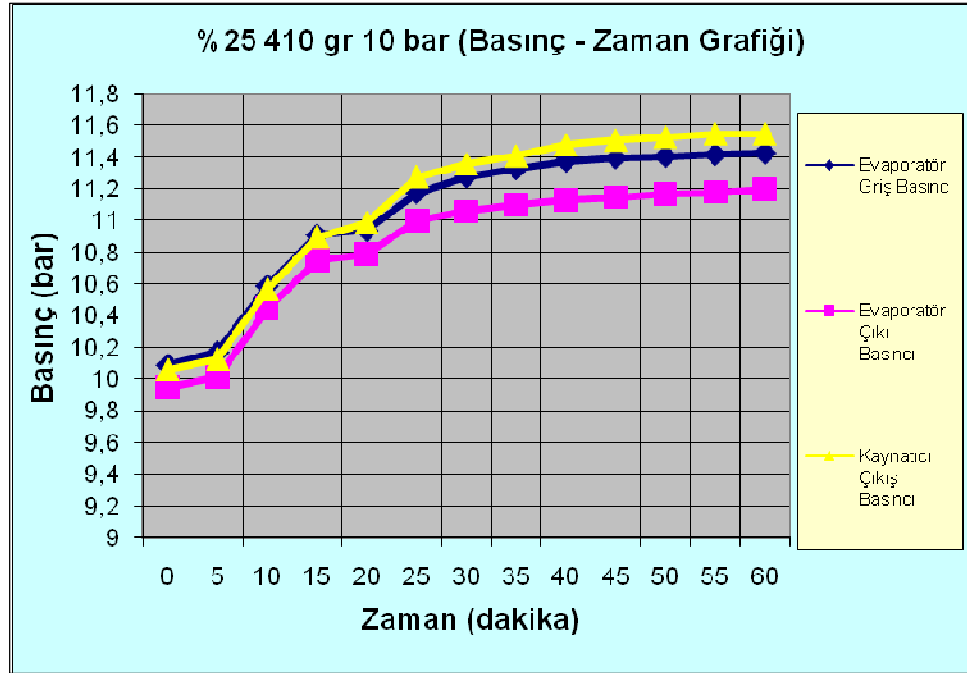
Şekil 4.11. %25'lik 410 gr 10 bar deneyin (sıcaklık – zaman) grafiği.

Sistem 60 dakika çalıştırıldı. Absorbsiyonlu soğutma sistemlerinde sistem rejime 25 - 30 dakikadan sonra girmektedir. Soğutma sistemlerinde soğutma evaporatör (buharlaştırıcı) de meydana gelmektedir.

Literatürde Arslan M., Eğrican N. yaptıkları çalışmada %27'lik 17 bar, 60, 70, 80 Watt'ta buharlaştırıcı giriş sıcaklığı (-30)°C kadar soğutmuştur. Şekil 4.11.'de %25'lik 410 gr 10 bar deneyin (sıcaklık – zaman) grafiğinde buharlaştırıcı giriş sıcaklığına baktığımızda (-9)°C kadar düşmüş tekrar (-4,5)°C kadar yükselmiştir. Bunun nedeni soğutma olmuştur, buharlaştırıcı giriş sıcaklığında tekrar sıcaklığın yükselmesi basıncın yetersiz gelmesidir.

Şekil 4.11.'de %25'lik 410 gr 10 bar deneyin (sıcaklık – zaman) grafiğinde sulu kılcal boru çıkış sıcaklığına baktığımızda (-3,5)°C kadar düşmüş tekrar (-1,4)°C

kadar yükselmiştir. Bunun nedeni soğutma olmuştur, sıcaklığın tekrar yükselmesi basıncın istenilen değerde olmamasıdır.



Şekil 4.12. %25'lik 410 gr 10 bar deneyin (basınç – zaman) grafiği.

4.1.2.3. %25'lik 410 gr 15 bar Absorbsiyonlu Soğutma Deneyin Değerleri

%25'lik 410 gr 10 bar deney sonuçları elde edildikten sonra sistemi boşaltmadan sisteme 5 bar daha helyum gazı ilave etmek için sistemden termokupulları ve 75 Watt'lık elektrikli ısıtıcıyı çıkarıldı. Sistemi helyum tüpünün yanına götürüp, sisteme 5 bar daha helyum gazı basıldı. Artık sistem %25'lik 410 gr 15 bar amonyak – su çözeltili absorpsiyonlu soğutma sistemi oldu. Daha sonra 75 Watt'lık elektrikli ısıtıcı x ve y eksenine dik gelecek şekilde bağlandı ve sabitlenmesi sağlandı.

Verilerin alınabilmesi için sıcaklık ölçen termokupullardan T4a'yı sulu kılcal boru çıkışına, T4c'yi evaporatör girişine, T2'yi kaynatıcı girişine, T5b'yi kaynatıcı çıkışına, T9b'yi absorber girişine, T3'ü evaporatör çıkışına, T7'yi kondenser çıkışına, Tdış'ı dış ortama, basınç ölçen termokupullardan P4c'yi evaporatör girişine, P3'ü evaporatör çıkışına, P5b'yi kaynatıcı çıkışına ve sistem ölçüm cihazına bağlandı. Elektrikli ısıtıcı prize takılarak sistem çalıştırıldı. Bilgisayarda visiu basic

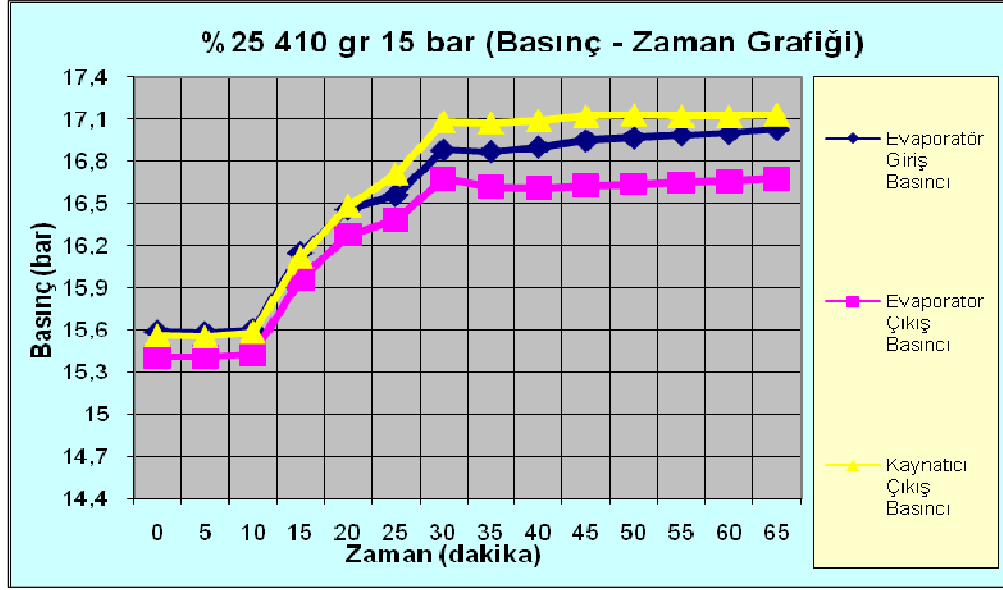
programı açılarak her beş dakika ölçüm alınması sağlandı. Veriler Excel programına kaydedildi. Sistemi 65 dakika çalıştırıldı. Alınan değerler aşağıdaki tablodaki gibidir.

Çizelge 4.5. %25'lik 410 gr 15 bar deneyin (Basınç (Bar)) değerleri.

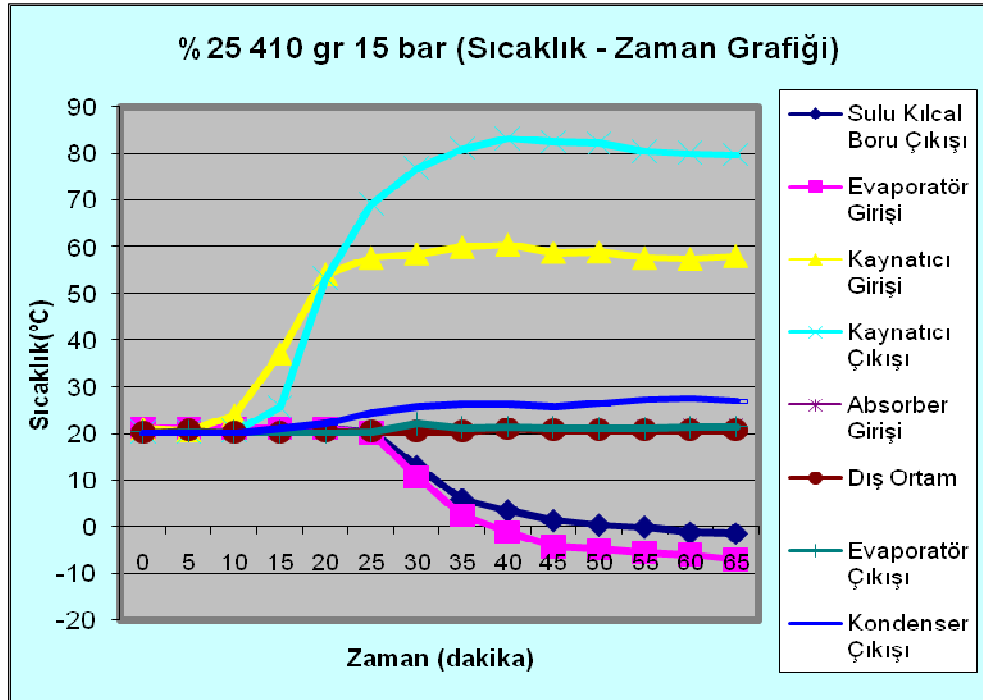
Zaman (dakika)	Evaporatör Girişi (Bar)	Evaporatör Çıkışı (Bar)	Kaynatıcı Çıkışı (Bar)
0	15,59	15,41	15,56
5	15,58	15,41	15,55
10	15,6	15,43	15,58
15	16,15	15,97	16,12
20	16,46	16,28	16,48
25	16,56	16,39	16,71
30	16,88	16,68	17,08
35	16,87	16,62	17,07
40	16,9	16,61	17,09
45	16,95	16,63	17,12
50	16,97	16,64	17,13
55	16,99	16,65	17,12
60	17	16,66	17,12
65	17,03	16,68	17,13

Çizelge 4.6. %25'lik 410 gr 15 bar deneyin (Sıcaklık (°C)) değerleri.

Zaman (Dakika)	Sulu Kılcal Boru Çıkışı (°C)	Evaporatör Girişi Sıcaklığı (°C)	Kaynatıcı Girişi Sıcaklığı (°C)	Kaynatıcı Çıkışı Sıcaklığı (°C)	Absorber Girişi Sıcaklığı (°C)	Dış Ortam Sıcaklığı (°C)	Evaporatör Çıkışı Sıcaklığı (°C)	Kondenser Çıkışı Sıcaklığı (°C)
0	20,8	21,2	21,1	20,2	20,2	20,3	20,3	20,2
5	21	21,2	20,6	20,3	20,2	20,7	20,4	20,1
10	21,1	21,2	23,9	20,5	20,1	20,3	20,2	20,1
15	21,1	21,2	37,2	25,7	20,1	20,2	20,2	21,2
20	21	21,2	54,1	53,2	20,1	20,4	20,2	22,1
25	20,4	20,2	57,6	69,2	20,2	20,4	20,4	24,5
30	12,8	10,7	58,5	76,8	20,1	20,4	22,1	25,8
35	5,8	2,4	60	81,1	20,4	20,4	21,2	26,1
40	3,4	-1,1	60,5	83,3	20,9	21	21,4	26,2
45	1,2	-4,2	58,8	82,6	21,2	20,7	21,2	25,8
50	0,3	-4,9	58,9	82,2	21,4	20,6	21,1	26,5
55	-0,1	-5,6	57,6	80,4	21,4	20,6	21,1	27,2
60	-1,3	-6	57,4	80,1	21,7	20,6	21,3	27,5
65	-1,5	-7,1	58	79,8	21,7	20,7	21,4	27



Şekil 4.13. %25'lik 410 gr 15 bar deneyin(basınç – zaman) grafiği.



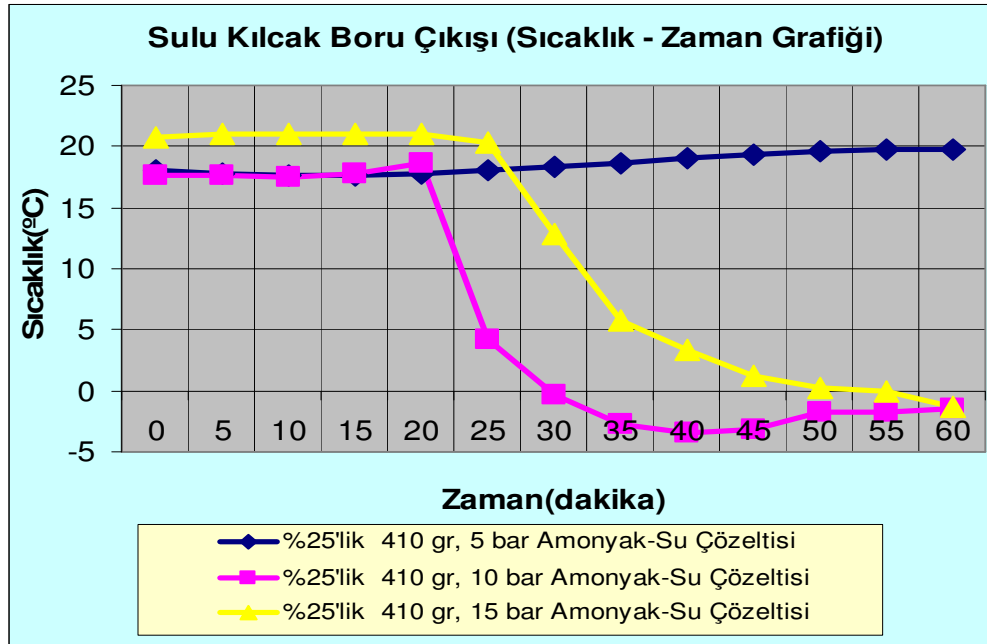
Şekil 4.14. %25'lik 410 gr 15 bar deneyin(sıcaklık – zaman) grafiği.

Literatürde Arslan M., Eğrican N. yaptıkları çalışmada %27'lik 17 bar, 60, 70, 80 Watt'ta buharlaştırıcı giriş sıcaklığı (-30)°C kadar soğutmuştur. Şekil 4.14.'de

%25'lik 410 gr 15 bar deneyin (sıcaklık – zaman) grafiğinde buharlaştırıcı giriş sıcaklığına baktığımızda (-7,1)°C kadar düşmüştür. Bunun nedeni; buharlaştırıcı giriş sıcaklığında sıcaklık sürekli olarak düşmüştür, basıncın yeterli istenilen değerde olduğudur. Eğer sistem çalışacaksa 30. Dakikadan itibaren düşmeye başlar, %25'lik 410 gr 15 bar deneyde aynen böyle olmuştur.

4.1.3. Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması

4.1.3.1. Sulu Kılcal Boru Çıkış Sıcaklıklarının Karşılaştırılması



Şekil 4.15. Sulu kılcal boru çıkışı (sıcaklık – zaman) grafiği.

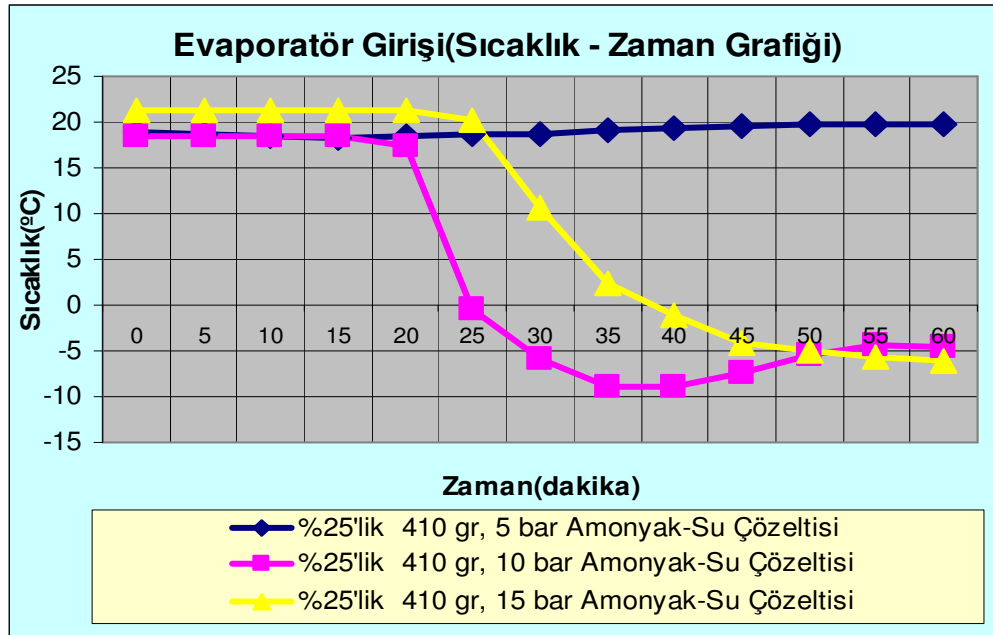
%25'lik 410 gram 5 bar amonyak - su çözeltisine 75 Watt'lık ısıtıcıyla yapılan deneyde, sulu kılcal boru çıkışındaki ilk sıcaklık 18,1°C olarak ölçülmüştür. İlk sıcaklıktan 25. dakikaya sıcaklık düşmeye başladığı görülmüştür. Minimum sıcaklık değeri 17,6°C olarak ölçülmüştür. 25. dakikadan itibaren sıcaklık artışı görülmüştür. Deneydeki maksimum sıcaklık ve son sıcaklık değeri 19,8°C'dir.

%25'lik 410 gram 10 bar amonyak - su çözeltisinde, sulu kılcal boru çıkışındaki ilk sıcaklık 17,7°C olarak ölçülmüştür. İlk sıcaklıktan 20. dakikaya sıcaklığın yük-

selmeye başladığı görülmüştür. Maksimum sıcaklık değeri 18,6 °C olarak ölçülmüştür. 25. dakikadan itibaren sıcaklık düşüşü görülmüştür. Deneyledeki minimum sıcaklık (-3,5)°C, 40. dakikadan itibaren sıcaklık yükselişi görülmüştür ve son sıcaklık değeri (-1,4) °C'dir.

%25'lik 410 gram 15 bar amonyak – su çözeltisinde, sulu kılcal boru çıkışındaki ilk sıcaklık 20,8°C olarak ölçülmüştür. İlk sıcaklıktan 15. dakikaya sıcaklığın yükselmeye başladığı görülmüştür. Maksimum sıcaklık değeri 21,1°C olarak ölçülmüştür. 15. dakikadan itibaren sıcaklık düşüşü görülmüştür. Deneyledeki minimum sıcaklık ve son sıcaklık (-1,5)°C'dir. Bu üç deneyde sistem rejime girdikten sonra sıcaklıkların düşüşüne baktığımızda ise %25'lik 410 gr 15 bar deneyin en ideale yakın olduğunu görürüz. Çünkü sistem rejime 30. dakikadan sonra girer ve ani sıcaklık düşüşünün bu sıcaklık değerinden itibaren olduğunu görürüz. % 25'lik 410 gr 10 bar deneyde ise ideale yaklaşılmıştır. Ancak; basınç yeterli olmadığından sıcaklık tekrar yükselmiştir. %25'lik 410 gr 5 bar deneyde ise sıcaklıkta düşme meydana gelmemiştir. Bunun nedeni basıncın yetersiz olmasıdır.

4.1.3.2. Evaporatör Girişi Sıcaklıklarının Karşılaştırılması



Şekil 4.16. Evaporatör girişi (sıcaklık – zaman) grafiği.

%25'lik 410 gram 5 bar Amonyak – su çözeltilisinde, evaporatör girişindeki ilk sıcaklık 19°C olarak ölçülmüştür. İlk sıcaklıktan 15. dakikaya sıcaklık düşmeye başladığı görülmüştür. Minimum sıcaklık değeri 18,3°C olarak ölçülmüştür. 15. dakikadan itibaren sıcaklık artışı görülmüştür. Deneydeki maksimum sıcaklık ve son sıcaklık değeri 19,8°C'dir. %25'lik 410 gram 10 bar amonyak – su çözeltilisinde, evaporatör girişindeki ilk sıcaklık 18,5°C olarak ölçülmüştür. Maksimum sıcaklık değeri 18,5°C'dir. 20. dakikadan itibaren ani sıcaklık düşüşü görülmüştür. Deneydeki minimum sıcaklık (-9)°C, 40. dakikadan itibaren sıcaklık yükselişi görülmüştür ve son sıcaklık değeri (-4,5)°C'dir.

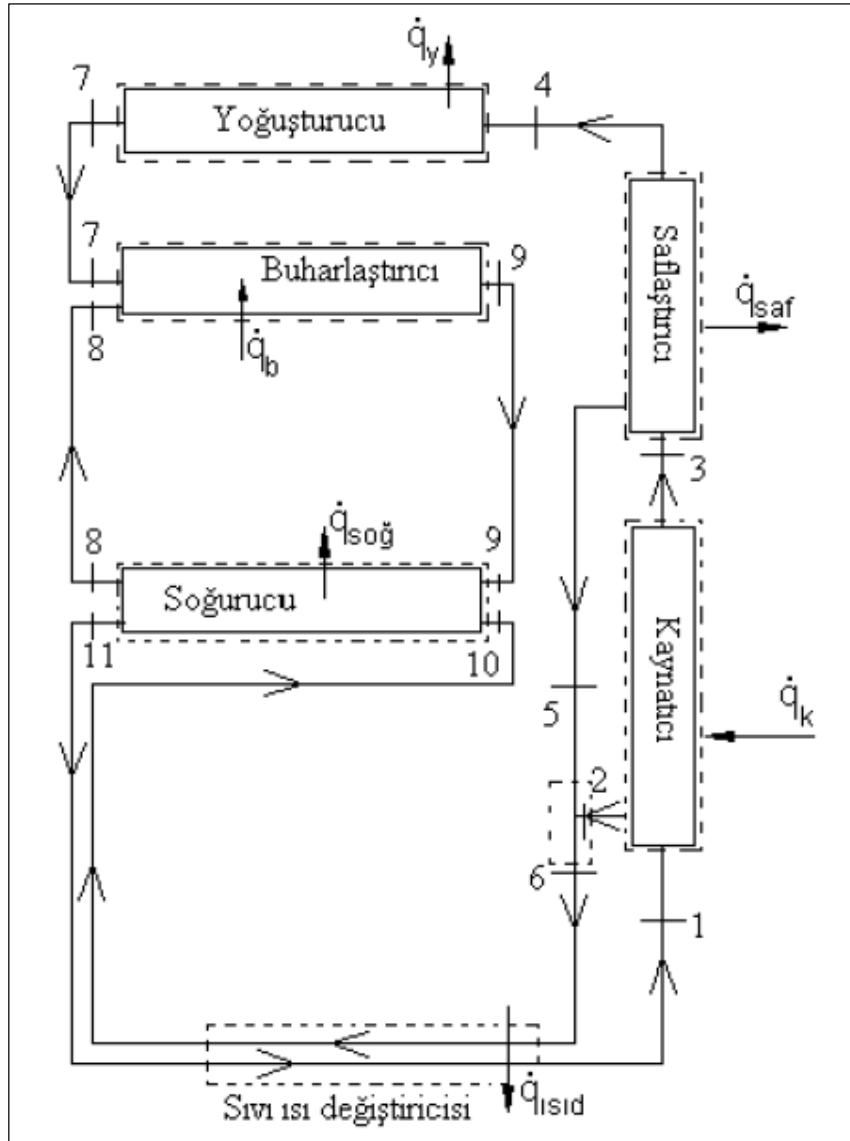
%25'lik 410 gram 15 bar amonyak - su çözeltilisinde, evaporatör girişindeki ilk sıcaklık ve maksimum sıcaklık 21,2°C olarak ölçülmüştür. 25. dakikadan itibaren sıcaklık düşüşü görülmüştür. Deneydeki minimum sıcaklık ve son sıcaklık (-7,1)°C'dir. Bu üç deneyde sistem rejime girdikten sonra sıcaklıkların düşüşüne baktığımızda ise %25'lik 410 gr 15 bar deneyin en ideale yakın olduğunu görürüz. Çünkü sistem rejime 30. dakikadan sonra girer ve ani sıcaklık düşüşünün bu sıcaklık değerinden itibaren olduğunu görürüz. %25'lik 410 gr 10 bar deneyde ise ideale yaklaşılmıştır. Ancak; basınç yeterli olmadığından sıcaklık tekrar yükselmiştir. %25'lik 410 gr amonyak – su çözeltilisinde 5 bar'lık deneyde ise sıcaklıkta düşme meydana gelmemiştir. Bunun nedeni basıncın yetersiz olmasıdır.

4.1.4. Sistemin Termodinamik Analizi

Absorbsiyonlu sistemin termodinamik analizi için aşağıdaki kabuller yapılmıştır.

- Sistemin termodinamik analizi sürekli rejim şartları için yapılmıştır.
- Kaynatıcıdan ayrılan soğutucu akışkan buharının sıcaklığı ve basıncı, kaynatıcı sıcaklığı ve basıncındadır.
- Yoğuşturucudan ayrılan soğutucu akışkan, doymuş sıvı şartlarında saf sudur ve yoğuşturucu sıcaklığında yoğuşturucudan çıkar.
- Buharlaştırıcıdan ayrılan soğutucu buharı, kuru doymuş buhar şartlarında ve buharlaştırıcı sıcaklığındadır.
- Absorberden ayrılan eriyik, absorber basınç ve sıcaklığında denge halindedir.

- Kaynaticıdan ayrılan eriyik, kaynaticı sıcaklığı ve basıncında denge halindedir.
- Sistemdeki basınç kayıpları ihmal edilmiştir.
- Absorber, kaynaticı, yoğuşturucu ve buharlaştırıcı gibi elemanların çevreye ısı kaybı yoktur.
- Sisteme iş girişi ihmal edilmiştir (Babadağlı, 2005).



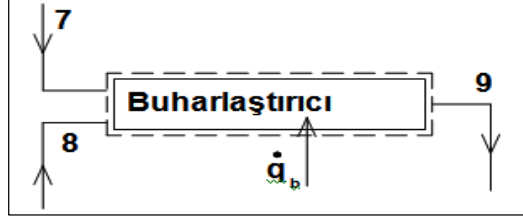
Şekil 4.17 Absorbsiyonlu soğutma sistemde seçilen hacim noktaları (Arslan ve Eğrican, 2005).

SürekliDenklemler;

$$\sum m_g = \sum m_ç \quad (4.1.)$$

m_g : Giren kütle miktarı (kg/s) $m_ç$: Çıkan kütle miktarı (kg/s) (Gürsürer, 2005).

4.1.4.1. Buharlaştırıcının Termodinamiğın Birinci Kanunla Analizi



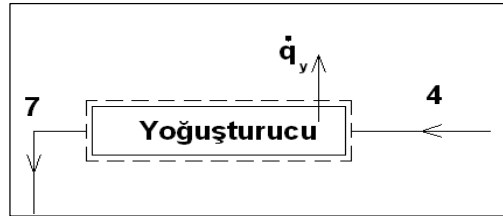
Şekil 4.18. Buharlaştırıcının hacim noktaları görünümü

Buharlaştırıcının hacim noktaları Şekil 4.18.'de görülmektedir. Buharlaştırıcı kütle ve enerji denge eşitlikleri aşağıdaki gibidir :

$$\dot{m}_7 = \dot{m}_9 \quad (4.2.)$$

$$\dot{q}_b = \dot{m}_7 \frac{\sum_{i=1}^n h_{9i} - h_{7i}}{n} \quad (4.3.)$$

4.1.4.2. Yoğuşturucunun Termodinamiğın Birinci Kanunla Analizi



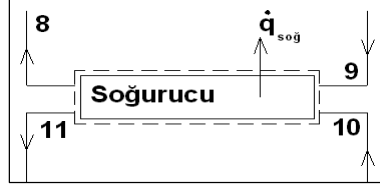
Şekil 4.19. Yoğuşturucunun hacim noktaları görünümü

Yoğuşturucunun hacim noktaları Şekil 4.19.'da görülmektedir. Yoğuşturucu kütle ve enerji denge eşitlikleri aşağıdaki gibidir :

$$\dot{m}_7 = \dot{m}_4 \quad (4.4.)$$

$$\dot{q}_y = \dot{m}_7 h_{bs} \quad (4.5.)$$

4.1.4.3. Soğurucunun Termodinamiğin Birinci Kanunla Analizi



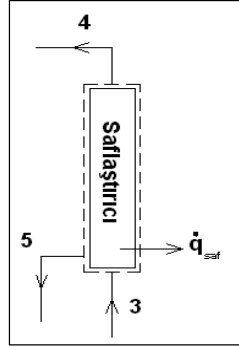
Şekil 4.20. Soğurucunun hacim noktaları görünümü

Soğurucunun hacim noktaları Şekil 4.20.'de görülmektedir. Soğurucu kütle ve enerji denge eşitlikleri aşağıdaki gibidir :

$$\dot{m}_{11} = \dot{m}_9 + \dot{m}_{10} \quad (4.6.)$$

$$\dot{m}_{11} h_{11} = \dot{m}_9 h_9 + \dot{m}_{10} h_{10} \quad (4.7.)$$

4.1.4.4. Saflaştırıcının Termodinamiğin Birinci Kanunla Analizi



Şekil 4.21. Saflaştırıcının hacim noktaları görünümü

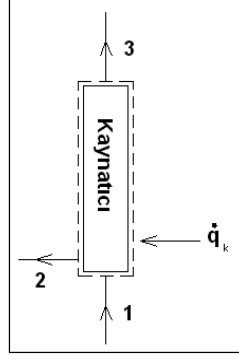
Saflaştırıcının hacim noktaları Şekil 4.21.'de görülmektedir. Saflaştırıcı kütle ve enerji denge eşitlikleri aşağıdaki gibidir :

$$\dot{m}_3 = \dot{m}_4 + \dot{m}_5 \quad (4.8.)$$

$$\dot{m}_3 x_3 = \dot{m}_4 x_4 + \dot{m}_5 x_5 \quad (4.9.)$$

$$\dot{m}_3 h_3 = \dot{m}_4 h_4 + \dot{m}_5 h_5 + \dot{q}_{saf} \quad (4.10.)$$

4.4.5. Kaynatıcının Termodinamiğin Birinci Kanunla Analizi



Şekil 4.22. Kaynatıcının hacim noktaları görünümü

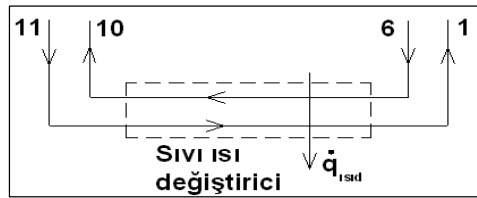
Kaynatıcının hacim noktaları Şekil 4.22.'de görülmektedir. Kaynatıcı kütle ve enerji denge eşitlikleri aşağıdaki gibidir :

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 + \dot{m}_3 \quad (4.11.)$$

$$\dot{m}_1 x_1 = \dot{m}_2 x_2 + \dot{m}_3 x_3 \quad (4.12.)$$

$$\dot{m}_1 h_1 + \dot{q}_k = \dot{m}_2 h_2 + \dot{m}_3 h_3 \quad (4.13.)$$

4.1.4.6. Sıvı ısı değıştiricinin termodinamiğin birinci kanunla analizi

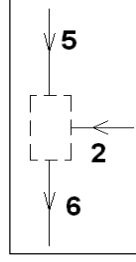


Şekil 4.23. Sıvı ısı değıştiricinin hacim noktaları görünümü

Sıvı ısı değıştiricinin hacim noktaları Şekil 4.23.'de görülmektedir. Sıvı ısı değıştirici kütle ve enerji denge eşitlikleri aşağıdaki gibidir:

$$\dot{m}_6 = \dot{m}_{10} \quad , \quad \dot{m}_1 = \dot{m}_{11} \quad (4.14.)$$

$$\dot{q}_{ısd} = \dot{m}_6 (h_6 - h_{10}) - \dot{m}_1 (h_{11} - h_1) \quad (4.15.)$$



Şekil 4.24. Adyabatik birleşme görünümü

Adyabatik birleşme Şekil 4.24.'de görülmektedir. Adyabatik birleşme için kullanılan bağlantıda aşağıdaki gibidir :

$$\dot{m}_6 = \dot{m}_2 + \dot{m}_5 \quad (4.16.)$$

$$\dot{m}_6 x_6 = \dot{m}_2 x_2 + \dot{m}_5 x_5 \quad (4.17.)$$

$$\dot{m}_6 h_6 = \dot{m}_2 h_2 + \dot{m}_5 h_5 \quad (4.18.)$$

Dolaşım Oranı :

$$DO = \frac{\text{Zengin eriyik debisi}}{\text{Soğutucu A. debisi}} = \frac{m_7}{m_1} \quad (4.19.)$$

4.1.4.7. Soğutma Performans Katsayısı

Absorbsiyonlu soğutma sistemi için performans katsayısı, buharlaştırıcı ısı yükünün kaynatıcı ısı yüküne oranı olarak tanımlanmış olup aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$COP_{soğ} = \frac{Q_B}{Q_J} \quad (4.20.)$$

Sistemin teorik olarak ulaşabileceği en yüksek verim olan Carnot performans katsayısı (soğutma için) buharlaştırıcı sıcaklığı T_B , absorber sıcaklığı T_A , yoğuşturucu sıcaklığı T_Y ve kaynatıcı sıcaklığı T_J olmak üzere dört temel sıcaklığa bağlı olarak aşağıdaki gibi yazılabilir (Babadağlı, 2005).

$$COP_{soğ} = \left[\frac{T_J - T_A}{T_J} \right] \times \left[\frac{T_B}{T_Y - T_B} \right] \quad (4.21.)$$

4.1.4.8. Amonyak Buharı - Helyum Gazı Karışımının Özellikleri

Amonyak buharı-helyum gazı karışımı, su buharı - kuru hava gaz karışımı (nemli hava) gibi düşünülebilir. Bu karışım, su buharı ve havadan oluşan gaz karışımıyla karşılaştırıldığında su buharının yerini amonyak buharı, havanın yerini ise helyum gazı almaktadır. Su buharı - kuru hava gaz karışımının çığ noktası sıcaklığı göz önüne alındığında, havanın taşıyabildiği su buharı belirli bir miktardır. Bu miktarın üzerindeki su buharı ise yoğunlaşarak sıvı hale geçecektir. Bu durum amonyak buharı-helyum gazı karışımında da aynıdır. Helyum gazı doyma noktası sıcaklığında (çığ noktası sıcaklığında) belirli bir miktar amonyak buharı taşıyabilmektedir. Bu miktarın üzerindeki amonyak buharı ise yoğunlaşmaktadır (Arslan ve Eğrican, 2005).

4.1.5. Deney Sonuçlarının Analizi

Yapılan bu sistemde, alınan sıcaklık ve basınç ölçümleri kullanılmıştır. Çizelge 4.7.'de deney sonuçlarına göre analiz değerleri görülmektedir. Sistemin ısıtma gücü sabit tutularak, üç ayrı basınçtan ölçüm alınmıştır. Bunlar %25 410 gr 5 bar, %25 410 gr 10 bar, %25 410 gr 15 bar'dır. Analize baktığımızda en uygun basıncın %25 410 gr 15 bar'lık deneyde olduğu görülür. Basınç arttıkça sitem soğutma performansı da artmaktadır (Arslan ve Eğrican, 2005).

Çizelge 4.7. Deney sonuçlarına göre analiz değerleri.

Sistem basıncı (bar)	5	10	15
Isıtma gücü (W)	75	75	75
Şarj miktarının amonyak bakımından kütleli derişikliği %	25	25	25
Ortalama Kaynaticı Sıcaklığı (°C)	61	57.5	54.9
Kaynaticı Giriş Sıcaklığı (°C)	20	19.8	21.1
Ortalama Saflaştırıcı Sıcaklığı (°C)	20	20	21
Buharlaştırıcı Giriş Sıcaklığı (°C)	19.8	-4.5	-7.1
Buharlaştırıcı Çıkış Sıcaklığı (°C)	24.2	21.7	21.4
Ortalama soğurucu Sıcaklığı (°C)	18	6	10

BÖLÜM 5

SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

5.1. SONUÇ

Bu çalışma $\text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$ akışkanlı Absorbsiyonlu soğutma sisteminde He gazının basınç üzerindeki etkisini ölçülmeye çalışıldı. Yapılan deneylerde basınç artıkça sistemin soğutma performansının arttığı görülmektedir. Deney yapılışı esnasında bilgisayardan faydalanılmıştır. Yapılan çalışmada, Absorbsiyonlu soğutma sisteminin termodinamik analizleri yapılmaya çalışıldı. Sonuçları grafikler ve çizelgeler halinde verilmiştir.

75 Watt'lık ısıtıcı ve %25'lik 410 gram 5 bar Absorbsiyonlu soğutma sistemindeki deneyde evaporatör girişindeki sıcaklık 19°C 'den $18,3^\circ\text{C}$ 'ye kadar düşmüş ve basınç yeterli olmadığı için sistem tekrar ısınmaya başlamıştır. Verimli ve kararlı bir soğuma elde edilememiştir.

%25'lik 410 gram 10 bar absorbsiyonlu soğutma sistemindeki deneyde evaporatör girişindeki sıcaklık $18,5^\circ\text{C}$ 'den $(-9)^\circ\text{C}$ 'ye kadar düşmüş ve tekrar yükselmeye başlamıştır. İstenilen ve verimli bir soğutmaya yaklaşılmıştır. %25'lik 410 gram 15 bar absorbsiyonlu soğutma sistemindeki deneyde evaporatör girişindeki sıcaklık $21,2^\circ\text{C}$ 'den $(-7,1)^\circ\text{C}$ 'ye kadar düşmüş ve düşmeye devam etmiştir. Verimli ve kararlı bir soğutma elde edilmiştir. Sistemde %25'lik 410 gram 15 bar basınç kullanmak sistem için daha uygun olduğu görülmüştür. Basınç artıkça soğutma için verimli hale gelmiştir.

5.2. ÖNERİLER

Absorbsiyonlu soğutma sistemlerinde uygulanması bazı zorluklar vardır. Amonyakın tehlike olması nedeniyle gerekli güvenlik önlemlerinin alınması gerekmektedir.

Sistemden daha iyi verim alınabilmesi için yalıtım yapılması en uygun öneri olacaktır.

KAYNAKLAR

Acar B., “Soğutma Çeşitleri Ve Termoelektrik Soğutma Uygulamaları”, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Seminer Notları, Karabük, (2005).

Arslan M. E. ve Eğrican A.N., “Buzdolabı Uygulamasında Kullanılan Absorbsiyonlu Soğutma Sisteminin Termodinamik Analizi”, *Tesisat Müh. Dergisi*, 83 : 53 – 64 (2005).

Aydoğdu O., “Absorbsiyonlu Su Soğutma Grupları”, *Alarko-Carrier Sanayi Ve Ticaret A.Ş., İş Geliştirme Departmanı*, 1 - 3 (2005)

Babadağlı A., “Absorbsiyonlu Soğutma Sistemlerinin Termoekonomik Optimizasyonu”, Yüksek Lisans Tezi (Yayınlanmış), *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 17 - 35 (2005).

Çelik A., “Absorbsiyonlu Soğutma Sistemleri”, Yüksek Lisans Tezi (Yayınlanmış), *Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik Ve Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gebze, 10 - 35 (2007).

Gedik E.Y., “Buhar Jeti Su Soğutma Sisteminin İncelenmesi Ve Gazlı Soğutma Yapan Sistemlerle Enerji Tüketimi Yönünden Karşılaştırılması”, *VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir, 179 (2005).

Gürsürer, S. M., “Çevre Sıcaklığının Li-Br + H₂O Akışkanlı Tek Kademeli Absorbsiyonlu Soğutma Çevrimine Etkisinin Ekserji Analizi Temelinde İrdelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi (Yayınlanmış), *Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 12 – 32 (2005).

Hilali İ., “Güneş Enerjili Absorbsiyonlu Soğutma Sisteminin Bir Konuta Uygulanması”, Yüksek Lisans Tezi (Yayınlanmış), *Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, ŞANLIURFA, 14 - 20 (1995).

Yamankaradeniz R. Ve Kaynaklı Ö. “Absorpsiyonlu Soğutma Sistemlerinde Kullanılan Eşanjörlerin Sistemin Performansına Etkisi”, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 8 (1) : 1 - 8 (2003).

Keogh A., “Soğutucu Akışkan Seçimi ve Su Soğutma Grubu Tasarımı”, *Alarko Carrier A.Ş., Teknik bülten dergisi*, 4 : 1-5 (2005).

Kızılkın Ö., “Kompresörlü Soğutma Sistemlerinde Farklı Soğutucu Akışkanlar İçin Aşırı Kızdırma Ve Aşırı Soğutma Etkisinin Termoekonomik Yönden İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi (Yayınlanmış), *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 27 - 28 (2004).

Koyun T., Koyun A., Acar M., “Soğutma Sistemlerinde Kullanılan Soğutucu Akışkanlar Ve Bu Akışkanların Ozon Tabakası Üzerine Etkileri”, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 88 : 46-53 (2005).

Kuğu İ., Tengilimoğlu, Y., “Soğutucu Gazların Ozon Tabakasına Etkileri Ve Kimyasal Özellikleri”, *Kartal Samandıra Meslek Lisesi*, İstanbul, 1 – 15 (2007).

Menlik T., “Alternatif Akışkanlı İki Kademeli Soğutma Sisteminin Tasarımı, İmâli Ve Performans Deneyleri”, Doktora Tezi (Yayınlanmış), *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, ANKARA, 15 -25 (2005).

Olcayer A., “İki Kademeli NH₃ – H₂O Akışkanlı Absorbsiyonlu Soğutma Sisteminde Performans Ve Ekserji Analizi”, Yüksek Lisans Tezi(Yayınlanmış), *Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 15-27 (2005).

Özalp M., “Türkiye’de Ejektörlü Absorbsiyonlu Soğutma Sistemlerinde Güneş Enerjisinden Faydalanılması”, *Gazi Üniversitesi, Teknoloji Dergisi*, 7 (2) : 297-309 (2004).

Özdenal A., “Motor Egzoz Gazını Isı Kaynağı Olarak Kullanan Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi İle Taşıt Kabini Soğutulmasının Teorik İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi (Yayınlanmış), *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, ANKARA, 4 – 5 (2006).

Özkol N., “Uygulama Soğutma tekniği (Güncelleştirilmiş Beşinci Baskı)”, *ASHRAE Life Member Makina Mühendisleri Odası*, 115 : 63 - 67 (1999).

Salman M., “Soğutmanın Babası Willis Havıland Carrier İklimlendirmenin Tarihi”, *Mühendis ve Makine dergisi*, 47 (563) : 35-36 (2006).

Sözen A.”Soğurmalı Soğutma Sistemlerinde Kullanılan Ayırıcı'nın Sistem Performansına Etkisi”, Gazi Üniversitesi, Teknoloji Dergisi, 2 (1-2) : 211 – 223 (1999).

Torun C., Engin E., Küçüktaş T., Dalkılıç A., Kahraman M., “Ev Tipi Absorbsiyonlu Soğutma Sisteminde Amonyak Miktarının Sistem Performansına Etkisi”, Lisans Tezi (Yayınlanmış), *Karabük Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi*, KARABÜK, 17- 26 (2008).

Usta H., Dincer K., Kırmacı V., Variyenli H.İ., “Vorteks Tüpünde Akışkan Olarak Kullanılan Hava İle Karbondioksitin Soğutma Sıcaklık Performanslarının Deneysel İncelenmesi”, C.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi, *Fen Bilimleri Dergisi*, 24 (2): 28-30 (2003).

Usta H., Kırmacı V., “Termoelektrik Etkiler Ve Soğutma Etkinliğinin Uygulanması”, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, *Teknoloji Dergisi*, 3-4: 65-66 (2002).

İnternet: Fipa Soğutma San. Ve Tic. Ltd. Şti., “Soğutma Nedir?”, <http://www.fipa.com.tr/>, (2008).

İnternet: “Soğutma Nedir?”, <http://www.binaisletimi.com/2007/06/sogutma-nedir/>, (2008).

İnternet: Intersun San. Ve Tic., “Vorteks Tüplerin Soğutma Tekniğinde Kullanılması”, <http://www.siberg.com/info.htm>, (2008).

İnternet: Birleşik Oksijen Sanayi A.Ş., “Helyum Özellikleri, Kullanım Alanları, Sunum Şekilleri”, http://www.the-signer.com/kocgrubu/urun_helyum.htm, (2008).

İnternet: “Helyum Fiziksel ve Kimyasal özellikleri, Kullanım Alanı”, <http://www.kimyaevi.org/elementler/helyum/helyum.asp>, (2008).

İnternet: Alperen Mühendislik Isıtma Soğutma Sistemleri San. ve Tic. Ltd. Şti., “Suyun Fiziksel Özellikleri”, <http://www.klimacı.com>, (2008).

İnternet: “Amonyak”, <http://tr.wikipedia.org/wiki/Amonyak>, (2008).

İnternet: Birleşik Oksijen Sanayi A.Ş., “Amonyak Özellikleri ve Kullanım Alanları”, http://www.the-signer.com/kocgrubu/urun_amonyak.htm, (2008).

İnternet: Doğa Yayın Grubu, “Amonyak ve Amonyakın Soğutucu Olarak İtibarı”, <http://www.termodinamik.info/?sid=6>, (2008).

İnternet: “Suyun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri”, <http://www.sihirlikuyu.com/>, (2008).

İnternet: “Su”, <http://tr.wikipedia.org/wiki/Su>, (2008).

İnternet: “Su Molekülünün Özellikleri”, <http://www.biyokimyadersleri.com/page1145486619515.html>, (2008).

İnternet: Çukurova Sınaî ve Tıbbi Gazlar A. Ş., “Amonyak (NH₃) Bileşim, Bileşenleri İlgili Bilgi”, <http://www.ctg.com.tr/amonyak.php>, (2008).

İnternet: Karal Soğutma Soğuk Oda Teknolojileri, “Soğutucu Akışkanlar”, <http://www.karalsogutma.com/sogutucu-akiskanlar.htm>, (2008).

İnternet: “Soğutucu Gazlar ve Özellikleri”, <http://www.kontrolkalemi.com/forum/arsiv/arsiv-konu-35409.0-sogutucugazlar-ve-ozellikleri.html>, (2008).

İnternet: “Soğutucu Akışkanların numaralandırılması”, <http://www.bilgininadresi.net/myaccount/register>, (2008).

İnternet: Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi Öğrencileri Platformu, “Temel Absorbsiyon Soğutma Çevirimi”, <http://www.A305teyim.com>, (2008).

İnternet: “Doğal Gazla alışan Absorbsiyonlu illerler (Natural Gas Absorption Chillers)”, <http://www.dogalgazprojesi.com/forum/default.asp>, (2008).

ÖZGEÇMİŞ

Ramazan UÇAR, 1983 yılında Isparta'nın Yalvaç ilçesinde doğdu; ilk ve orta öğrenimini Yalvaç'ta tamamladı. Yalvaç Çok Programlı Lise'den mezun olduktan sonra, 2001 yılında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Karabük Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi, Tesisat öğretmenliği programına girdi; 2005 yılında mezun olduktan sonra, 2006 yılında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Eğitimi Anabilim Dalı'nda başlamış olduğu yüksek lisans programını, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Eğitimi Anabilim Dalı altında sürdürmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres: Özbayat Kasabası Yalvaç / ISPARTA

Tel: (0 246) 461 25 87

Cep Tel: 0 505 704 96 32

E-posta: ramazanucar3278@hotmail.com