T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ ABSORPSİYONLU BUZDOLABININ DENEYSEL ve TEORİK İNCELENMESİ

Ahmet ONAT

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2017

T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ ABSORPSİYONLU BUZDOLABININ DENEYSEL ve TEORİK İNCELENMESİ

Ahmet ONAT

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2017

Yrd. Doç. Dr. Cuma ÇETİNER danışmanlığında Ahmet ONAT'ın hazırladığı "**Güneş Enerjisi Destekli Absorbsiyonlu Buzdolabının Deneysel ve Teorik İncelenmesi**" konulu bu çalışma 27.10.2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Cuma ÇETİNER.....

Üye : Doç. Dr. İsmail HİLALİ.....

Üye : Prof. Dr. Refet KARADAĞ.....

Bu Tezin Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Prof. Dr. Halil Murat ALĞIN
Enstitü Müdürü

Bu çalışma HÜBAK tarafından desteklenmiştir.
Proje No: 16222

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirilişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
ÇİZELGELER DİZİNİ v
SİMGELER DİZİNİ vi
1. GİRİŞ 1
1.1. Parabolik Güneş Kollektörleri 1
1.2. Absorpsiyonlu Soğutma Sisteminin Gelişimi 3
1.2.1. Absorpsiyonlu soğutma sisteminde kullanılabilen ısı kaynakları 4
1.2.2. Absorpsiyonlu soğutma sistemlerinin kullanım alanları 4
1.3. Absorpsiyonlu Soğutma Sistemlerinin Genel Çalışma Prensibi 5
1.3.1. Absorpsiyonlu soğutma sisteminde kullanılan akışkan çiftleri 6
1.3.2. Soğutucu akışkan olarak amonyak (R717) 7
1.4. Absorpsiyonlu Buzdolabındaki Elemanlar 8
1.4.1. Generatör 8
1.4.2. Ayırıcı 9
1.4.3. Sıvı ısı değiştirici 9
1.4.4. Kondenser 9
1.4.5. Evaporatör 9
1.4.6. Absorber 10
1.5. Buzdolabı Sistemin Çalışma Prensibi 10
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 13
3. MATERYAL ve YÖNTEM 19
3.1. Parabolik Kollektördeki Elemanlar 22
3.1.1. Cam tüp ve bakır tüp 22
3.1.2. Kafes sistemi, parabolik ayna 22
3.1.3. Redüktör 23
3.1.4. Güneş takip sensörü 23
3.1.5. Hız düşürücü cihazlar 24
3.1.6. Güneş takip sistem kartı 25
3.1.7. J tipi termokupllar ve sıcaklık ölçer göstergeleri 26
3.1.8. Kızgın yağ pompası 26
3.1.9. Isı transfer yağı 27
3.2. Parabolik Kollektörün Çalışma Prensibi 27
3.3. Parabolik Kollektörden Absorbsiyonlu Buzdolabına Sıcak Yağ Transferi 28
3.4. Data Logger ile Ölçüm Tespitleri 30
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA 32
4.1. Parabolik Kollektör Koordinatları Belirlenmesi 32
4.2. Direkt Işınım ve Kollektörde Isınan Yağ Sıcaklığı 34
4.3. Parabolik Kollektör Verimi 35
4.4. Absorpsiyonlu Buzdolabı Termodinamik Analizi 36
4.4.1. Generatör analizi 37
4.4.2. Kondenser analizi 38
4.4.3. Evaporatör analizi 38
4.4.4. Absorber analizi 38
4.4.5. Sistem performansı 39
4.5. Yağ Isıtmalı Buzdolabı Analiz Sonuçları 39
4.6. Elektrik Isıtmalı Absorpsiyonlu Buzdolabı Termodinamik Analizi 42
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 45

KAYNAKLAR 47
ÖZGEÇMİŞ 50
EKLER 51
EK 1 R717 basınç, sıcaklık ve entalpi diyagramı 51
EK 2 R717 ve H_2O eriyiği için InP-1/T diyagramı 52
EK 3 R717 basınç ve sıcaklık tablosu (ASHRAE, 2001) 53
EK 4 Isı transfer yağı özellikleri (yunus çengel, ısı transfer ders kitabı) 54

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ ABSORPSİYONLU BUZDOLABININ DENEYSEL ve TEORİK İNCELENMESİ

Ahmet ONAT

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Cuma ÇETİNER
Yıl:2017, Sayfa: 54

Bu çalışmada, parabolik güneş kollektöründe ısı transfer yağı ile elde edilen ısıyla absorpsiyonlu bir buzdolabının çalıştırılması yapılmıştır. İki adet absorpsiyonlu buzdolabının kullanıldığı bu çalışmada birisinde elektrik enerjisi diğerinde ise güneş enerjisi kullanılmıştır. Parabolik kollektörden elde edilen ısıyla generatöre ısı transferi yapılmış ve absorpsiyonlu buzdolabı generatörünün çalışması incelenmiştir. 3.5 saatlik sürede absorpsiyonlu buzdolabının generatör haznelerine 140 ^{o}C sıcaklığındaki sıcak yağ ısı verilmiştir. Absorpsiyonlu buzdolabı belirli bir süre çalıştıktan sonra evaporatör sıcaklığının ölçümleri alınmıştır. Deneysel çalışmada absorpsiyonlu buzdolapların belirli yerlerine termokupllar yerleştirilerek data logger cihazıyla sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Ayrıca iki absorpsiyonlu buzdolaplarındaki generatör, kondenser, absorber için gerekli teorik hesaplamalar yapılmıştır. Sıcaklık değerleri, kütlesel debi, sistem basıncı ve eriyik konsantrasyonları ile absorpsiyonlu buzdolapların ısı değerleri ile performans değerleri hesaplanmış ve deneysel sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Elektrik ısıtmalı buzdolabı performansı, yağ ısıtmalı buzdolabının performansından daha iyi olduğu saptamıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Parabolik kollektör, absorpsiyonlu buzdolabı, amonyak ve su, ısı transfer yağı

ABSTRACT

MSc Thesis

SOLAR ENERGY ASSISTED EXPERIMENTAL AND THEORETICAL RESEARCH OF ABSORPTION REFRIGERATOR

Ahmet ONAT

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Machine Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Cuma ÇETİNER
Year: 2017, Page: 54

In this study, an absorption refrigerator was operated by heat obtained by heat transfer oil in the parabolic solar collector. Two absorption refrigerators were used, one with electrical energy and the other with solar energy. The heat obtained from the parabolic collector was transferred to the generator and the operation of absorption refrigerator generator was examined. The 140 ^{o}C hot oil is transferred to the generator tanks of absorption refrigerator for 3.5 hours. After absorption refrigerator run for a certain period of time, the evaporator temperature measurements were taken. In the experimental study, thermocouples were placed in certain places of absorption refrigerators and the temperature values were measured with a data logger. In addition, theoretical calculations were made for the generator, condenser, absorber in two absorption refrigerators. Temperature values, mass flow rate, system pressure and melt concentrations and temperature values and performance values of absorption refrigerators were calculated and compared with the experimental results. It was observed that the performance of an electric heated refrigerator was better than that of an oil-heated refrigerator.

KEYWORDS: Parabolic collector, absorption refrigerator, ammonia and water, heat transfer oil

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın oluşumunda, yoğun programına rağmen beni yönlendiren maddi ve manevi desteğini esirgemeyerek sürekli yanımda olan saygı değer danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Cuma ÇETİNER'e, Doç. Dr. İsmail HİLALİ 'ye, Makina Mühendisliği Bölümü ve GAPYENEV'in Tüm Öğretim Elemanlarına bana karşı gösterdikleri anlayıştan dolayı en derin şükranlarımı sunarım. Tanıdığım günden bugüne yaşam sevincim olan, yanımda olmadığında bile manevi desteği ile bana güç veren değerli arkadaşım Necla KIRTAY'a, hayatım boyunca moral ve motivasyon açısından hep yanımda olduklarını hissettiren aileme ve ayrıca Ziraat Yüksek Mühendisi İsmail YÜKSEL arkadaşıma teşekkür ederim.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Absorbsiyonlu buzdolabı 8
Şekil 1.2. Absorbsiyonlu buzdolabı çevrimi 12
Şekil 3.1. Parabolik kollektör ve buzdolabı şematik gösterimi 20
Şekil 3.2. Yağ buzdolabına bağlantı bölümü 21
Şekil 3.3. Cam tüp ve bakır tüp 22
Şekil 3.4. Kafes sistemi, parabolik ayna 22
Şekil 3.5. Redüktör 23
Şekil 3.6. Güneş takip sensörü 24
Şekil 3.7. Hız düşürücüler 25
Şekil 3.8. Güneş takip sistem kartı 25
Şekil 3.9. J tipi termokupllar ve sıcaklık ölçer göstergeleri 26
Şekil 3.10. Kızgın yağ pompası 27
Şekil 3.11. Parabolik güneş kollektörü 28
Şekil 3.12. Generatör kısmındaki sıcak yağ hazneleri 29
Şekil 3.13. Data logger cihazı ve T tipi termokupl bağlantıları 30
Şekil 3.14. Parabolik kollektörde sıcaklık ölçüm yerleri 30
Şekil 3.15. Kapalı absorbsiyonlu buzdolabı sistemi ve sıcaklık ölçüm yerleri 31
Şekil 4.1. Parabolik kollektörün parabol özellikleri 33
Şekil 4.2. Absorbsiyonlu buzdolabında sıcaklık noktaları 37

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Absorpsiyonlu soğutma sistemlerinde genel olarak kullanılan akışkan çiftleri 6
Çizelge 4.1. x ve y koordinatları 33
Çizelge 4.2. Direkt ışınım, kollektörde oluşan sıcaklık ve zaman diyagramı 35
Çizelge 4.3. Parabolik kollektör özellikleri 36
Çizelge 4.4. Parabolik kollektörde ve yağ ısıtmalı buzdolabındaki sıcaklıklar 40
Çizelge 4.5. Yağ ısıtmalı buzdolabına ait sıcaklık, konsantrasyon ve entalpiler 41
Çizelge 4.6. Yağ ısıtmalı buzdolabının analiz sonuçları 41
Çizelge 4.7. Elektrik ısıtmalı buzdolabındaki sıcaklıklar 43
Çizelge 4.8. Elektrik ısıtmalı buzdolabına ait sıcaklık, konsantrasyon ve entalpiler 44
Çizelge 4.9. Elektrik ısıtmalı buzdolabının analiz sonuçları 44

SİMGELER DİZİNİ

$\dot{m}$	Kütlesel debi (kg/s)
C_p	Özgül ısı (kj/kg.K)
$T_{ort,ç}$	Kolletöre giren ortalama yağ sıcaklığı (^oC)
$T_{ort,g}$	Kollektörden çıkan yağ sıcaklığı (^oC)
$I_{d,ort}$	Güneşten gelen ortalama direkt ışınım
A_a	Aynaların izdüşüm alanı (m^2)
w	Paraboliğin açıklığı
L	Paraboliğin uzunluğu
L_p	Paraboliğin derinliği
f	Paraboliğin odak noktası
D_c	Cam borunun dış çapı
D_b	Bakır borunun dış çapı
q_{gen}	Generatör ısısı
$q_{ayı}$	Ayırıcı ısısı
q_{kon}	Kondenser ısısı
q_{eva}	Evaporatör ısısı
q_{abs}	Absorber ısısı
STK	Soğutma tesiri
ITK	Isıtma tesiri
$T_{kon,\ g}$	Kondenser giriş sıcaklığı
$T_{kon,ç}$	Kondenser çıkış sıcaklığı
$T_{eva,g}$	Evaporatör giriş sıcaklığı
$T_{eva,ç}$	Evaporatör çıkış sıcaklığı
T_{abs}	Absorber sıcaklığı
T_{hab}	Habbecik pompası sıcaklığı
NH_3	Amonyak
H_2O	Su
η	Parabolik kollektör verimi
$Q_{yağ}$	Yağ ısısı
x_{fakir}	Fakir eriyiğin konsantrasyonu
x_{zengin}	Zengin eriyiğin konsantrasyonu

1. GİRİŞ

İçinde bulunduğumuz yüzyılda küresel ısınmanın giderek artış göstermesi, günden güne azalan fosil yakıtlarına bağlı olarak fiyatların sürekli yükselmesi ve çevre kirliliği artması nedeniyle alternatif enerji kaynaklarının araştırılması ve kullanımı artırmıştır. Teknolojinin gelişmesi ve insanların konfor şartlarının artması nedeniyle daha fazla enerji talebini beraberinde getirmiştir. Fosil kaynaklı enerjilerin tükenme hızına bağlı olarak alternatif enerji kaynaklarına yönelişi artırmıştır. Alternatif enerji kaynaklarına bakıldığı zaman güneş enerjisinin diğer alternatif enerji uygulamalarına göre daha basit ve kurulum maliyetinin az olması sebebiyle, daha fazla tercih edilir. Alternatif enerji kaynaklarından yüksek oranda faydalanılabilirse, dünyanın enerji gereksinimini karşılayabilecek seviyede ve sonsuz bir kaynak özelliğine sahiptir (Çolpan, 2012).

Güneş enerjisinin termal enerjisi parabolik kollektörlerle yüksek sıcaklıklara çıkarttırılarak elektrik enerjisi elde edilebildiği gibi yüksek ısısından faydalanarak absorpsiyonlu sistemide çalıştırabilir. Yapılan bu çalışmada parabolik güneş kollektörünün güneşin direkt ışınımın yoğunlaştırılarak yutucudaki ısı transfer yağını ısıtmaktır. Yüksek sıcaklıktaki yağın ısısı absorpsiyonlu buzdolabının generatörüne verilmiştir. Fosil yakıt yerine güneş enerjisinin termal enerjisinden yararlanarak sistem çalıştırılmıştır.

1.1. Parabolik Güneş Kollektörleri

Güneş enerjisinin termal enerjisinden yararlanmak düşük sıcaklık uygulamalarında düz kollektörler yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Yüksek sıcaklık uygulamaları için parabolik yoğunlaştırıcılara ihtiyaç duyulmaktadır.

Güneş ışınım enerjisinin yaygın şekilde kullanılabilir olması için yüksek sıcaklıklarda iş akışkanı üretebilen yoğunlaştırıcı tip kolektörlere ihtiyaç vardır. Orta ve yüksek sıcaklık değerlerinde (100-400 °C) parabolik kollektörler ulaşabilir. Sürekli

kullanılabilir, yüksek verimli, ucuz parabolik kollektörler geliştirilmesi gerekir (Çolak ve ark., 2004).

Parabolik kollektörlerin açıklık yüzey normali gelen direkt radyasyon ile çakıştığında, yüksek odaklama meydana gelir. Yüksek odaklama olmasını mümkün kılmak için parabolik kollektörlerin güneşi iki eksende izlenmesi sağlanmalıdır. Ancak güneşi iki eksenli izleme konstrüksiyonları karmaşık ve yüksek maliyetli olmasından dolayı tercih edilmez. Güneşi tek eksenli takip edilmesi basit ve ucuz olduğu için sürekli tercih edilir. Tek eksenli güneşi izleme güneş radyasyonu ile açıklık yüzey normali arasındaki açı, verimini olumsuz etkilemektedir (Lee ve ark., 1991).

Parabolik güneş kollektörlerinde verilerin tespiti ve hesaplamalarının çözümü için direkt güneş ışınımı datalarına gereksinim vardır. Güneş ışınım şiddetinden maksimum seviyede faydalanmak için panel veya kollektörlerin güneş geliş açısı göz önünde bulundurularak optimum açılarda yerleştirilmesi gereklidir. Bu açılarının belirlenmesinde ilk şart eğimli yüzeylere gelen toplam ışınımın tespit edilmesi gereklidir. Güneş ışınımı verileri, güneş ışınımı için tipik yıl değerleri, günlük, aylık veya yıllık ortalama güneş ışınımı değerleri, güneş ışınımı haritalarında elde edilen değerler, güneşlenme süreleri değerleri veya güneş ışınımı modellerinden elde değerler olabilir. Dolayısıyla, güneş enerjisi ile ilgili sağlıklı, kolay temin edilebilir ve güvenilir verilere ulaşabilmenin zor olduğu kanaatine varılabilir. Doğal olarak hesaplamalar ve analizler için en doğrusu güneş ışınımının tüm bileşenlerinin bulunan yer için ölçülmesidir (Bulut ve ark., 2010).

Güneş enerjisi toplama etkinliği, performans değerleri açısından önemli bir parametredir. Parabolik kollektörlerin maksimum ısıl verim aralığı %70 ile %77 tespit edilmiştir. Yıl boyu ortalama verimlilik yaklaşık %50 ile seviyelerindedir. Parabolik kolektörlerin genel enerji kayıpları, genellikle optik, sıcaklık, ısı ve kosinüs kayıplarıdır. Optik kayıplar, ayna ve cam malzemelerinden oluşmaktadır. Termal kayıplar, tüp boru ve ortam arasındaki sıcaklık değişiminden ve ışınım yoluyla oluşur. Kosinüs kayıpları, güneş radyasyon açısının sıfır olmamasından kaynaklanır. Bu kayıp kış aylarında %50 seviyesindedir. Parabolik kollektör genel itibari ile, kuzey-güney

ekseni döner ve güneş azimut açısını takip eder. Kuzey-güney takip sistemi kullanılarak parabolik kolektörlerin kosinüs kayıpları azaltılması için parabolik kollektörlerin eğim açısı her ay ayarlanırsa, yıllık daha fazla performans değerleri elde edilir (Potenza ve ark., 2017).

1.2. Absorpsiyonlu Soğutma Sisteminin Gelişimi

Absorpsiyonlu prensibi, ilk olarak Faraday tarafından amonyağın yoğuşturma incelemeleri sırasında ortaya çıkmıştır. Franz Carre tarafından absorpsiyonlu soğutma sistemi geliştirilmiş, atık buharın çok olduğu yerlerde kullanılmıştır. Franz absorpsiyonlu sistemi, ısıl enerji diye isimlendirmiştir. Absorpsiyonlu sistemlerde, kompresör yerine kaynatıcı ve soğurucu kullanılmıştır (Yamankaradeniz ve ark., 2013).

Absorpsiyonlu sistemler mevcut olan alternatif sistemlere göre ilk yatırım maliyeti fazladır. Absorpsiyonlu sistemlerin performans değerleri diğer sistemlere oranla azdır. COP değerinin artırılması için tek etkili, çift etkili, üç etkili ve çok etkili sistemler kullanılmaktadır (Yamankaradeniz ve ark., 2013).

Soğutma çalışmalarının sürekli olarak kullanıldığı en temel prosesler buzdolaplarıdır. Buzdolabı uygulamalarında, elektrik enerjisinin olmadığı zamanlarda ısıl güç ile çalışan absorbsiyonlu soğutma prosesleri ile başlamıştır. Gelişen teknoloji ile beraber yeni dönemlerde elektrik enerjisinin ün kazanması itibariyle, buzdolaplarında kompresörlü soğutma sistemlerine geçilmiştir. Kompresörlü prosesler üzerinde çalışmalar gün geçtikçe artış gösterdi. Çalışmalar sonucunda enerji tüketimi ve sistem verimini esaslarında çalışmalar geliştirildi. Ancak kompresörlü proseslerde bazı sorunlar bulunmaktadır. Bu sorunlar, kompresörden kaynaklanan gürültü kirliği enerji sarfiyatının istenilen değerlere düşürülmesidir. Bu sorunlardan dolayı buzdolaplarında yeni sistem arayışları sürmektedir (Arslan, 2003).

Kompresörlü soğutma proseslerinde eski dönemlerde kullanılmaya başlanan absorpsiyonlu soğutma prosesleri tekrar ilgi odağı olmuştur. Bu proseslerin tekrardan

ün kazanmasının sebebi, gürültüsüz çalışmasıdır. Absorpsiyonlu sistemlerin gürültüsüz özelliğinden dolayı sessiz mekanlarda ve ısıl güçle çalışmasıdır. Bu özelliklerin yanında absorpsiyonlu proseslerin en büyük dezavantajı performanslarının düşük değerde olmalarıdır. Performans değerleri iyileştirilmesi üzerine çalışmalar yapılmaktadır (Arslan, 2003).

Absorpsiyonlu soğutma çevrimi 19. yüzyıl başlarında Platen ve Muntres çalışmalar sonunda bulmuşlardır. Electrolux adıyla piyasada üretilmektedir. Absorpsiyonlu soğutma sisteminde, soğutucu akışkan NH_3, soğurucu H_2O ve basınç dengeleyici H ve He gazları kullanılır. Sistemde hareketli parçalar olmadığından dolayı gürültüsüz ve titreşimsiz çalışır (Platen ve ark., 1928).

1.2.1. Absorpsiyonlu soğutma sisteminde kullanılabilen ısı kaynakları

Absorpsiyonlu sistemi teknolojisi ısı ile işletilir. Yani bu sistemin çalışması için dış kaynaktan ısı alınması gereklidir. Isı kaynağı olarak belli 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 enerji, güneş enerjisi, çöp ısısı gibi diğer tüm ısı kaynakları da kullanılabilir. Dolayısıyla sadece soğutma yapmak amacıyla turistik tesis veya endüstriyel te-sislerde soğurmalı soğutma gruplarının kullanımı, yüksek ilk yatırım maliyeti ve ya-kıt ile üretilecek kızgın su ve buharın yüksek işletme maliyeti sebebiyle tercih edilmemektedir (Çolak ve ark., 2004).

1.2.2. Absorpsiyonlu soğutma sistemlerinin kullanım alanları

Absorpsiyonlu sistemler atık ısının yoğun olarak bulunabileceği yemek fabrikalarında kimyasal madde fabrikalarında süt fabrikalarında rafinerilerde, petrokimya tesislerinde kullanılabilir. Bunlar dışında endüstriyel ısıtma proseslerinde ısı pompası olarak, kojenerasyon santrallerinde bulunan türbin ve dizel makinelerin emiş havasının soğutulmasında, ısı geri kazanımında, binalar, süpermarketler ve

ofislerin opsiyon olarak aynı anda ısıtma veya soğutma ihtiyacının karşılanmasında kullanılabilir (Özdemir, 2013).

Hesaplamalar, atık ısı yerine temiz ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olan güneş enerjisi destekli soğurmalı soğutma sistemlerinin, ısıtma ve soğutmada güneş enerjisinden yararlanılmasını mümkün kılabileceğini göstermektedir. Özellikle soğutma uygulamalarında, soğutma ihtiyacının artışının güneş radyasyon artışı ile aynı yönde olması sebebiyle, uygun sistemlerin kurulması güneş enerjisi ile soğutma yapılmasını ekonomik olacaktır (Çolak ve ark., 2004).

Güneş enerjisi yatırımlarının ilk yatırım maliyeti çok yüksektir. İşletme giderleri diğer konvansiyonel sistemlere göre az olmasına rağmen COP değeri düşük cihazlarla istenilen soğutma ihtiyacını karşılamak için büyük kapasiteli cihazlar seçilmeli ve bu da direkt olarak güneş kolektörü miktarının ve ilk yatırım maliyetinin artmasına sebep olmaktadır. Absorpsiyonlu soğutma prosesinde kullanılan akışkan çiftleri ozon tabakasına zarar olmayan akışkanlardır. Absorpsiyonlu soğutma sistemleri aralıklı ve aralıksız çalışan şeklinde mevcuttur. Ev tipi, karavan gibi araçlarda, sanayi ve iklimlendirme uygulanma alanlarına sahiptir. Ayrıca gaz yağı, doğalgaz, LPG, buhar, elektrikli ısıtıcı ve güneş enerjisi gibi ısı kaynakları ile çalışırlar (Çolak ve ark., 2004).

1.3. Absorpsiyonlu Soğutma Sistemlerinin Genel Çalışma Prensibi

Absorpsiyonlu soğutma sisteminde iş akışkanı olarak NH_3-H_2O kullanılmaktadır. Absorbent su ve soğutucu akışkan ise NH_3 ‘tır. Absorberden çıkan NH_3 sirkülasyon pompasıyla ısı değiştiricisinde ısınan NH_3 bakımından zengin çözelti generatöre iletilir. Generatöre dışarıdan verilen ısı enerjisi ile soğutucu akışkan buharı buharlaşarak çözeltiden ayrışır. Buharlaşarak generatörden çıkan amonyak buharı, kondensere girer. Generatörde çözelti içinden amonyak buharının ayrışmasıyla amonyakça fakir eriyik, ısı ejanşöründen geçip, zengin çözeltiye ısı verildikten sonra absorbere geri gelir. Generatörden buharlaşarak kondensere giren amonyak buharı, kondenserde yoğunlaşır ve ısısını dışarı atar. Kondenserden doymuş sıvı ve sıkıştırılmış sıvı olarak çıkan amonyak genleşme vanasından faydalanılarak

evaporatör basınca getirilir. Evaporatörde buharlaşırken buharlaşma için gerekli olan ısıyı soğutulan ortamdan çeker. Evaporatörden doymuş buhar veya kızgın buhar fazında çıkan amonyak buharı absorbere girer. Absorberde ısı değiştiricisinden geçip ısı verdikten sonra bir genleşme vanasında absorber basıncına kısılan fakir çözelti buharlaştırıcıdan gelen amonyak absorbe eder. İşlem sırasında ısı açığa çıkar.

1.3.1. Absorpsiyonlu soğutma sisteminde kullanılan akışkan çiftleri

Çizelge 1.1. Absorpsiyonlu soğutma sistemlerinde genel olarak kullanılan akışkan çiftleri (Akdemir ve ark. 2001)

Soğutucu Akışkan	**Absorbent**
Amonyak (NH_3)	Su (H_2O)
Amonyak (NH_3)	Kalsiyum klorür ($CaCl_2$)
Amonyak (NH_3)	Stronsiyum klorür ($SrCl_2$)
Amonyak (NH_3)	Heptanol
Amonyak (NH_3)	Trietanol amin
Amonyak (NH_3)	Gliserol
Amonyak (NH3)	Silikon yağ
Amonyak (NH_3)	Lityum nitrat ($LiNO_3$)
Amonyak (NH_3)	Lityum bromid ($LiBr_2$)
Amonyak (NH_3)	Çinko bromid (ZnBr)
Amonyak (NH_3)	Sodyum tio siyanat (NaSCN)
Amonyak (NH_3)	Lidyum tio siyanat (LiSCN)
Amonyak (NH_3)	N Metil 2 pirrolidon (NMP)
Amonyak (NH_3)	Metil ε kaprolactan (MCL)
Amonyak (NH_3)	Dimetil metil fosfonat (DMMP)
Su (H_2O)	Lityum bromür (LiBr)
Metil amin	Su (H_2O)
Metil klorid	Tetra etil glikol
R 12	Dimetil asit amid
R 12	Siklo hexanon
R 21	Dimetil etil ester
R 22	Dimetil formamid
R 22	Siklo hexanon

Çizelge 1.1.'de gösterildiği gibi çok sayıda akışkan çifti absorpsiyonlu soğutma sisteminde kullanılmaktadır.

1.3.2. Soğutucu akışkan olarak amonyak (R717)

Soğutucu akışkan olarak amonyak, verimli ve emniyetli olması gerekir. Kimyasal ve fiziksel özellikleri uygun olması gerekir. Amonyakta mevcut olan özellikler sistemlerdeki kullanılma amaçlarına göre değişebilir. Amonyak akışkanında aranan özellikler aşağıdaki gibidir;

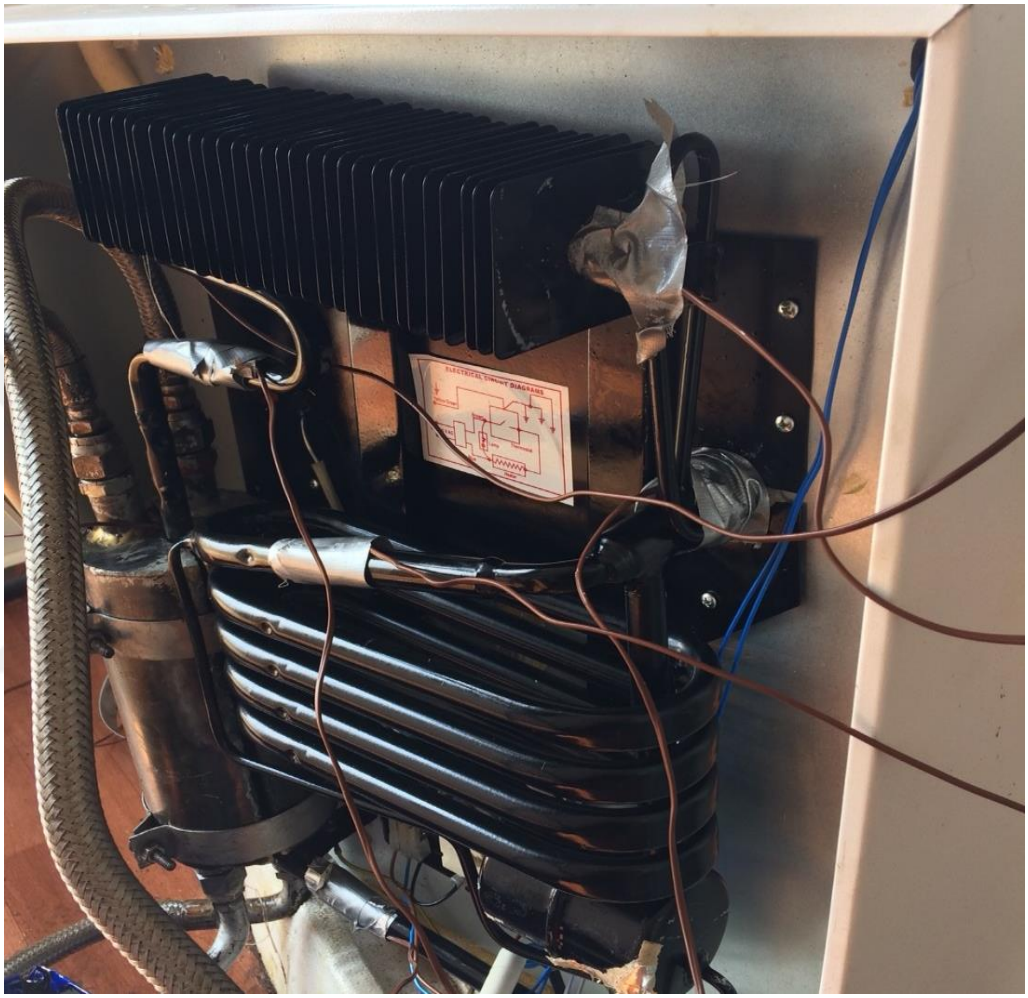
-Düşük enerji ile daha çok soğutma yapılmalıdır.
-Buharlaşma ısısı yüksek seviyelerde olması gerekir.
-Buharlaştırıcıdaki akışkan basıncı yüksek olmalıdır.
-Yoğuşma basıncı düşük olmalıdır.
-Viskozitesi düşük olmalıdır.
-Soğutma devresinde başka akışkan ile tepkimeye girmemesi gerekir.
-Sistemde sızma olması durumda, başka maddelere zarar vermemesi gerekir. Ve çevreye ve insanlara zarar vermesi gerekir.
-Hava ile karışması durumunda yanıcı ve patlayıcı olmalıdır.
-Çalışma şartlarındaki basınç ve sıcaklıkların kritik noktalarında çözülmemeli, stabil olmalıdır.
-Kritik noktası ve kaynama sıcaklığı sisteme göre olmalıdır (Öztaş, 2015).

David Boyle tarafından sıkıştırma işleminde kullanılmıştır. David yaptığı deneylerde amonyak daha güvenli olduğunu görmüştür. Bundan dolayı sanayi uygulamalarda öncelikli soğutucu akışkan olarak kullanılır. Amonyak termodinamik özellikleri ve soğutma sistemlerinde verimlidir (Öztaş, 2015).

Tüm bu şartları sağlayan bir soğutkan madde yoktur. Amonyak yukarıdaki çoğu şartları sağlamadığı halde çok sık tercih edilebilmektedir. Uygulamacılar ile amonyak kullanıcıları bütün güvenlik yasaları, standart yönetmelikler doğrultusunda güvenli ve verimli soğutucu akışkan olarak kabul etmişlerdir. Soğutucu akışkan olarak amonyak yüksek buharlaşma ısısı sahiptir. Sıvı iken akışı düşüktür. Gelişen teknoloji dolayı gelecek dönemlerde küçük sistemlerde alternatif olduğu gibi, düşük sıvı akışından

dolayı, amonyağın düşük kapasiteli soğutma gruplarında kullanılması ön görülmüştür (Öztaş, 2015).

1.4. Absorpsiyonlu Buzdolabındaki Elemanlar



Şekil 1.1. Absorpsiyonlu buzdolabı

Şekil 1.1.'de sıcak yağ hazneleri ve absorpsiyonlu buzdolabı elemanları görülmektedir.

1.4.1. Generatör

Generatör içinde karışım bulunur. Isı kaynağından generatöre ısı verilmesi sonucu soğutucu akışkanın karışımdan buharlaşıp ayrışmasını sağlar. Buharlaşan

soğutucu ayırıcıya doğru yükselir. Geri sıvı fazda eriyik kalır. Ayrışma sonucunda fakir eriyik ve soğutucu buharı habbecik pompasına birlikte giderler. Habbecik pompası çıkışında soğutucu akışkan ve az miktarda su buharı ayırıcıya ilerler, fakir eriyik ise soğurucuya geri döner (Öztaş, 2015).

1.4.2. Ayırıcı

Generatörde ayrışan soğutucu akışkan buharı, içinde ayrışmayan biraz su buharı kalır. Soğutucu akışkan buharı ile kalan su buharı ayrıcı bölümüne girer. Ayırıcıda sıcaklığın düşmesiyle birlikte soğutucu akışkan içindeki kalmış su buharı yoğuşur. Ve generatöre geri gelir. Soğutucu akışkan buharı da kondensere gider (Arslan, 2001).

1.4.3. Sıvı ısı değiştirici

Fakir eriyik generatör kısmından sonra sıvı ısı değiştiricisinden geçerek absorber bölgesine gider. Fakir eriyik sıvı ısı değiştiricisinden giderken bir miktar ısısını generatöre giren zengin eriyiğe, diğer kalan miktarını da çevreye vererek absorbere dökülür. Generatör ve ayırıcıda ayrışan sıvı fakir eriyikler ısı değiştiricisine gitmeden önce karışırlar (Arslan, 2003).

1.4.4. Kondenser

Ayırıcı bölümünde soğutucu akışkan tam olarak su buharından ayrıldığından sonra, saf buhar halinde kondensere gelir. Saf buhar halinde gelen soğutucu akışkan burada yüksek basınçta yoğuşur. Soğutucu akışkan yoğuştuktan sonra sıvı faza dönüşür ve evaporatöre girer (Öztaş, 2015).

1.4.5. Evaporatör

Evaporatör kısmına sıvı fazda gelen soğutucu akışkan ile hidrojen gazı karşılaşır. Karşılaşmadan dolayı soğutucu akışkanın kısmi basıncında bir miktar düşme olur. Kısmi basıncı düşen soğutucu akışkan buharlaşarak hidrojen gazı içine yayılır ve

soğutucu akışkan buharlaşır. Soğutucu akışkan ve hidrojen gazı karışımı evaporatörden çıkıp soğurucu bölümüne gelir. Böylece evaporatör ortam ısısını çekerek ortamı soğutur (Öztaş, 2015).

1.4.6. Absorber

Soğutucu akışkanın hidrojen gazı içerisine karışmasıyla, soğutucu akışkanın yoğunluğunda bir artış olur. Oluşan bu yoğunluk artışı karışımın absorber haznesine gitmesine sağlar. Absorber haznesinde bu karışım içindeki bulunan soğutucu buharı zengin eriyik tarafından soğurulur. Soğutucu buharının bir kısmından ayrışan hidrojen gazının yoğunluğu düşme meydana gelir ve absorber içinde yükselmeye başlar. Hidrojenin yükselmesi esnasında, soğutucu buharı ve hidrojen gazı çözeltisi absorber içine giren fakir eriyik ile karşılaşır. Fakir eriyik hidrojen gazı içinde kalan soğutucu buharını da soğurur. Tam olarak ayrışıp ısınan hidrojen gazı evaporatör kısmında bulunan gaz ısı değiştiricisine gider (Arslan, 2003).

1.5. Buzdolabı Sistemin Çalışma Prensibi

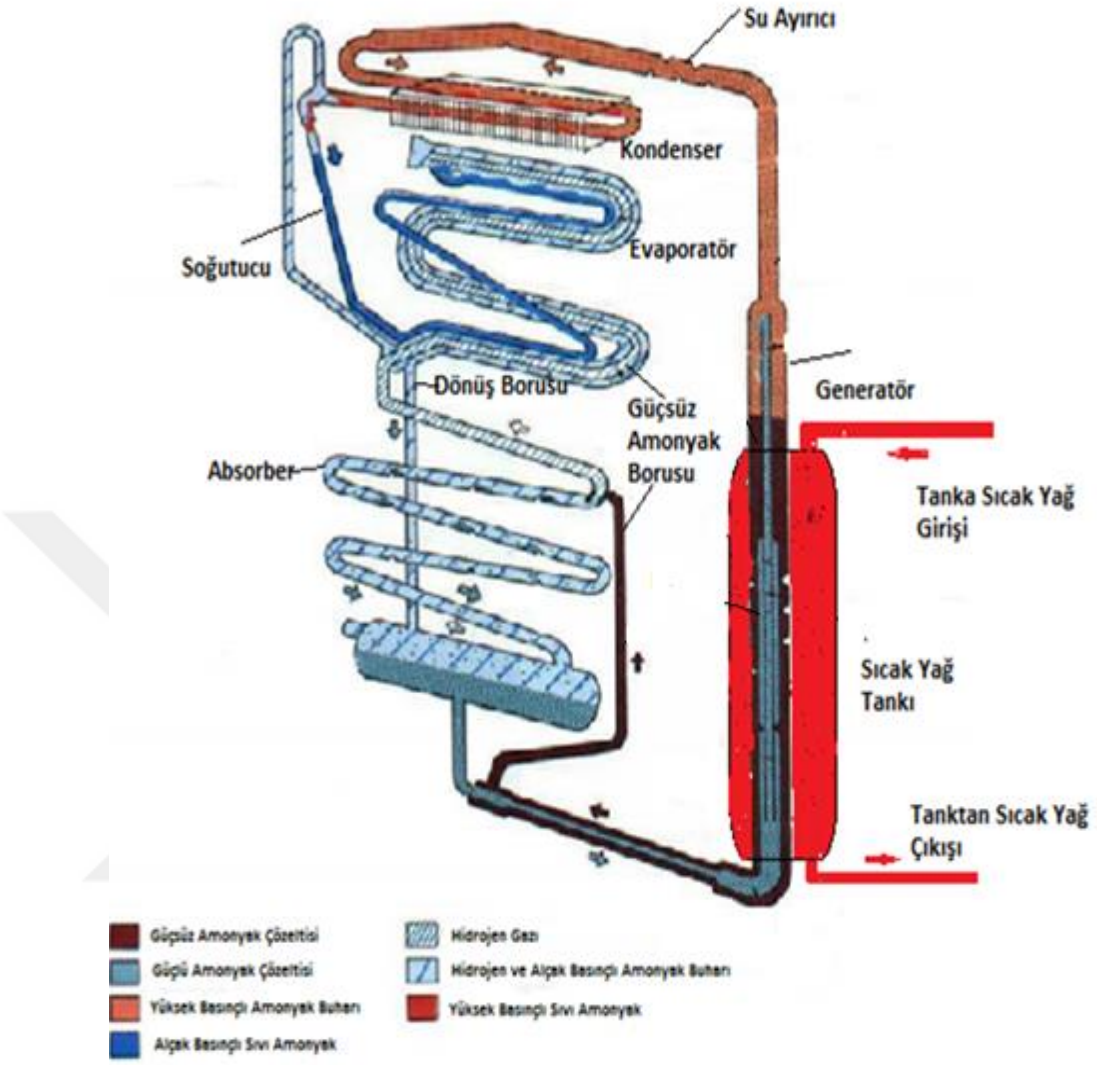
NH_3-H_2O çifti akışkanlarının kullanıldığı absorpsiyonlu soğutma sistemi içerisinde her bir akışkan için ayrı ayrı çevrimler meydana gelmektedir. Bu çevrimler, karışım çevrimi, NH_3 cevrimi ve basınç dengeleyici gaz çevrimidirler.

Sıcak yağ ısısını generatör transfer etmesi sonucu, generatörde amonyak karışım içinden buharlaşarak ayrışması ile sıvı fazda kalan ve NH_3 bakımından fakirleşen karışım, düzenekte soğurucu akışkan işle görür. Ayrışma işleminden sonra fakir karışım ve NH_3 buharı habbecik pompası içerisinde hareket eder. Pompa çıkısında NH_3 buharı saflaştırıcıya doğru ilerler, soğurucu akışkan ise geri dönerek soğurucu içerisine girer. Soğurucu içerisine giren fakir karışım (soğurucu akışkan) buharlaştırıcıdan gelen NH_3 buharını soğurarak tekrar kaynatıcıya döner ve çevrimini tamamlamış olur. Böylelikle soğurucu akışkan cevrimi generatör ve soğurucu kısımları arasında oluşmaktadır. Pompadan çıkan NH_3 buharı ise saflaştırıcıda içinde kalmış su buharından arındıktan sonra kondensere girer. Kondenserde yoğustuktan sonra sıvı halde evaporatör girer. Evaporatörde hidrojen gazıyla karşılaşan amonyağın

kısmi basıncında belirgin bir düşme meydana gelir ve amonyak buharlaşarak hidrojen gazı içerisine yayılır. NH_3 buharı ve hidrojen gazından oluşan karışım soğurucu içerisine girmesiyle birlikte, NH_3 buharı fakir karışım tarafından soğurulur ve zengin karışım halinde tekrar kaynatıcı bölgesine gider. Soğutucu akışkan olarak işlev yapan NH_3 çevrimini tamamlamış olur. Soğurucuda içindeki NH_3 buharından arınan hidrojen gazı, yoğunluğunun azalması itibarı ile buharlaştırıcı girişine kadar yine geri gelir. Basınç dengeleyici gaz cevrimi ise bu sayede sonuçlanmış olur. Şekil 1.2.'de gösterilmiştir.

Absorpsiyonlu soğutucular daimî absorpsiyonlu sistemi için kullanılır. Bu sistemde genellikle çevrim ısı etkisiyle sağlanır. Isı kaynağı olarak sıcak yağ ısısı kullanılmıştır. Sistem 4 ana parçadan oluşur. Generatör, absorber, kondenser, evaporatör ve ısıtıcı elamanından oluşur. Jeneratör bölümü amonyak ve su karışımını içerir.

Basınç tüm sistemde çok az değişiklik gösterir. Hesaplanmalarda tüm sistemde basınç sabit kabul edilir. Dalton prensibine göre bir gaz karışımındaki her gaz kendi buhar basıncına sahiptir. Bundan dolayı sistem basıncı kondenserdeki amonyak buhar doyma basıncına eşit olur.



Şekil 1.2. Absorpsiyonlu buzdolabı çevrimi

Hidrojen ortamın büyük bir gaz kısmını oluşturduğu için amonyağın kaynama ve buharlaşması kendi düşük basıncında olur ve ısı absorbe eder. Buharlaşan amonyak ve hidrojen karışımı hidrojenden daha ağırdır. Bu ağırlığından dolayı, yerçekimi kuvveti etkisiyle absorber doğru ilerler. Hidrojen çok hafif olduğundan, amonyak ile birlikte absorbe edilmez, evaporatöre geri döner. Bu çevrim generatör ısıtıldığı sürece devam eder. Soğutucu akışkan olarak amonyak kullanıldığından dolayı oldukça düşük sıcaklıklar elde edilebilir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Adewusi ve ark. (2004), termodinamiğin 2. yasası temelinde tek ve çift tesirli NH_3-H_2O absorpsiyonlu soğutma sisteminin analizini yapmışlardır. Tek tesirli sistemin toplam entropi ve performans değeri az iken, çift tesirli sistemin toplam entropi ve performans değeri yüksek olduğu görülmüştür.

Zohar ve ark. (2005), proseslerinde absorpsiyonlu soğutma sisteminde helyum ve hidrojen gazlarını termodinamiksel olarak incelemişlerdir. Sistemin performansı bilgisayar programı ile hesaplamışlardır. Sistemdeki çevrimin her bir bileşeni için kütle ve enerji koruma denklemleri geliştirilmiş ve sayısal olarak çözülmüşlerdir. Amonyak konsantrasyonun 0,2-0,3 aralığında en iyi performans değerini bulmuşlardır. Çalışmaları sonucunda COP, helyumun gazının çevrimi, hidrojen gazı çevriminden %40 daha yüksek bulmuşlardır. 195 ° C ile 205 ° C arasındaki jeneratör sıcaklığı için, zengin ve zayıf çözeltilerin konsantrasyonları 0.3 ve 0.1 değerlerinde kullanmışlardır.

Chen ve ark. (2006), yeni bir delikli fiber membranın kullanıldığı hibrid soğurucu-ısı değiştiricili NH_3-H_2O akışkan çiftli bir çevrimin analizini yapmışlar ve COP değerinde artış sağlarken ekserji kayıplarında da düşme elde etmişlerdir.

Goralı (2007), binalarda enerji tüketimde artma ve dış ortamdaki sıcaklık artış nedeniyle konfor şartları sürekli değişmektedir. İncelenmiş olunan bu çalışmada, NH_3-H_2O ile çalışan 20 kW gücünde absorpsiyonlu soğutma sisteminin uygun çalışma değerleri belirlenmiştir. Absorpsiyonlu soğutma sisteminde absorber sıcaklığı 30 ^oC, kaynatıcı sıcaklığı 75 ^oC, kondenser sıcaklığı 30 ^oC, evaporatör sıcaklığı 5 ^oC'dır. Sistemin soğutma performans değeri COP 0.622 olarak bulunmuştur.

Uçar (2009), uygulamasında NH_3–H_2O akışkan çifti ile çalışan absorpsiyonlu soğutma deney sistemi hazırlanmıştır. Absorpsiyonlu soğutma sisteminde He gazının basınç üstündeki etkisi gözlemlemiştir. İncelemiş olduğu deneylerde basınç yükseldikçe sistemin soğutma performansının da yükseldiği görülmüştür.

Dön (2010), çalışmasında bir mahallin doğalgaz destekli absorpsiyonlu sistemi için bir ısı pompası seçimi yapılmıştır. Sistemde NH_3-H_2O kullanarak teorik ve deneysel analizleri yapılmıştır. Termodinamiksel olarak ısıl kapasiteleri, ısıtma ve soğutma tesir katsayıları, f dolaşım oranı hesaplanmış ve ekserji analizi yapılmıştır. Sonucunda tesir katsayılarında %5'e yakın bir iyileştirme sağlanmıştır. Ekserji kayıplarında da azalma görülmüş ve pompaya sağlanan enerji miktarında bir artış olmuştur.

Busso ve ark. (2011), proseslerinde ısı kaynağı olarak güneş yoğunlaştırıcısı ile küçük bir ticari amonyak-su soğurmalı buzdolabının entegrasyonu teorik ve deneysel analizi yapmıştırlar. Buzdolabının çalışma parametreleri, 25 bar'lık bir çalışma basıncına, sırasıyla %15 ve %30'luk zayıf ve güçlü çözelti konsantrasyonlarında COP 0.18 olarak bulmuşlardır. Sistem kullanılan parabolik kollektörün güç iletimi 530 W ve verimliliği %26 olarak belirlemişlerdir. Parabolik kollektörle 6 saat boyunca 200 ° C'nin üzerindeki sıcaklıklarda değerlerine ulaşılarak absorpsiyonlu sistemlerini çalıştırmışlar. Enerji kaynağı olarak güneşle açık hava testi, PC'yi buzdolabıyla bağlayan borularda daha yüksek ısı kaybı yüzünden başarısız olduğunu kanıtlamışlardır.

Çolpan (2012), uygulamasında güneş enerjisi destekli absorpsiyonlu soğutma sistemini incelemiştir. Eskişehir kentinde, 1000 m^2 kullanım alanında ve soğutma yükü 120 kW olan bir mahal için çalışma yapılmıştır. Uygulamada soğutucu olarak NH_3 kullanmıştır. Yapılan analizler sonucunda generatörün ihtiyacı olan enerjisinin 238 kW olduğu tespit edilmiştir.

Sözen ve ark. (2012), proseslerinde absorpsiyonlu soğutma sistemiyle üç çeşit deney yapıp karşılaştırmışlardır. Absorpsiyonlu soğutma sisteminde, tüm deneyler için zamana bağlı olarak sıcaklık, basınç, performans tespit edip, termodinamiksel olarak analizleri yapılmıştır. Analizler sonucunda sisteminin evaporatör ve buzdolabı içi sıcaklığının başka sistemlere göre düşük olduğu sonuca varmışlardır. Absorpsiyonlu soğutma sistemin daha hızlı zamanda düşük soğutma değerlerine ulaştığı için daha az enerji tükettiği görmüşlerdir. Düşük soğutma sıcaklık değerinde (~ 6 °C) enerji

tasarrufu oranı % 40 seviyesinde olup, biraz daha yüksek sıcaklıklarda (~10 ° C) % 20 seviyede olduğunu bulmuşlardır.

Pascalis ve ark. (2013), çalışmalarında absorpsiyonlu soğutma sisteminin modelini geliştirmişlerdir. Ayırıcıdan sonra amonyak buharının içerisinde az bir miktar su buharı kaldığını kabul ederek analiz yapmışlardır. Zengin ve zayıf eriyik oranlarının STK değerini etkilediğini görmüşlerdir. Analizler sonucunda, ayırıcıdan sonra amonyak konsantrasyonun %2-8.5 değerleri aralığında değişimler olduğunu gözlemlemişler. STK değerinin kaynatıcı sıcaklığının artmasıyla azaldığını gözlemlemişlerdir. Ayırıcıdan sonra amonyak buharı içerisinde kalan bir miktar su buharının STK artığını görmüşlerdir.

Mazouz ve ark. (2014), çalışmalarında absorpsiyonlu soğutma sistemini deneysel ve teorik olarak incelemişlerdir. Absorpsiyonlu soğutma sisteminin özelliklerini belirmek için deneysel yöntem ve dinamik yöntem kullanmışlardır. Çalışmaları sonucunda 42 W'lık bir ısı kaynağı ve 185 °C'lik bir jeneratör sıcaklığı için, 0.12'lik bir COP bulunmuştur.

Rego ve ark. (2014), uygulamalarında bir arabada içten yanmalı motorun ürettiği egzoz sistemindeki ısıyı kullanmışlardır. Egzoz sistemini absorpsiyonlu soğutma sistemini jeneratörüne bağlamışlardır. Absorpsiyonlu buzdolabının performansı, sağlanan ısının bir fonksiyonu olarak değerlendirildi. Motor torku, hızı, soğurma çevrimindeki anahtar sıcaklıkları ve buzdolabının iç sıcaklıkları gibi bilgiler geçici bir rejimde ölçülmüştür. Amonyak soğurmalı su soğurmalı soğutma sistemlerinin referans çalışma parametrelerinin incelenmesi, 180 ile 270 °C arasında değişen sıcaklık değerlerinde yapılmış. 180 ° C buharlaştırıcı sıcaklığı yaklaşık 4 ° C düştüğü gözlenmiştir. 240 ° C'de, başlangıçta hızlı soğutma sağlanmış ve sıcaklık 13 ° C kadar artış göstermiştir. 270 ° C'de, amonyak-su solüsyonunun aşırı ısınmasından dolayı soğutma meydana gelmediğini görmüşlerdir.

Çetingöz (2015), uygulamasında Mersin şehrinde yer alan soğutma mahallinde kullanılacak güneş enerjili absorpsiyonlu soğutma sistemi incelemiştir. Saatlik

atmosfer sıcaklığı ve güneş radyasyonu verileri kullanılarak çözümlenmiştir. Vakum tüplü güneş kolektörü ve NH_3-H_2O soğutkan çifti kullanılarak güneş enerjili absorpsiyonlu soğutma sistemi yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre COP sonuçları her seçilen ayın 23'üncü günü için farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. En yüksek COP değerleri Mayıs, en düşük COP değerleri temmuz ve ağustos aylarında gözlemlenmiştir. En yüksek güneş radyasyon değeri haziran ayının 23'ünde öğleden sonra 01:00'da gözlemlenmiştir. Soğutma için gerekli uygun değer kolektör alanı 30 m^2'lik soğutulacak bir alan için 50 m^2 olarak belirlenmiştir.

Öztaş, (2015), uygulamasında absorber buzdolabını deneysel ve teorik olarak incelmiştir. Uygulamasında NH_3-H_2O ve NH_3-H_2O +LiBr kullanmışlardır. Sisteme soğutucu/soğurucu akışkan çifti amonyak/su (%25+%75)'dur. Bu çalışmada soğurucu akışkan olarak belirli oranlarda (%5, %7 ve %9) LiBr + H_2O ilave yapılarak soğurucu akışkanın LiBr ve sudan oluşan bir akışkan çifti olması durumuna göre sistemi incelemişlerdir. LiBr katkısı ile soğutucu akışkan miktarındaki düşüşe rağmen %5 LiBr/su ilavesinde sistemin ısıl performansında %12 iyileşme bulmuşlardır. 15 bar basınçta ve 75 W gücünde bir jeneratörle sistem çalıştırılmışlardır.

Hilali ve ark. (2016), çalışmalarında egzoz gazı ile çalışan absorpsiyonlu soğutma sisteminin deneysel olarak incelemiştir. Soğutma yükü 2 kW olan absorpsiyonlu soğutma sistemi ve içten yanmalı bir motorun egzoz sistemine bağlanması için iki kaynatıcı dizayn edilmiştir. Isı kaynağı olarak 1.4 litrelik bir içten yanmalı motor kullanılmıştır. Deneylerde, imal edilen kaynatıcılarının değişik motor devri ve torklarında motor ve absorpsiyonlu soğutma sisteminin verimine etkisi incelenmiştir. Sonuçlar; motor boşta çalışırken 0.5 kW, tam yükte çalışırken ise 2.8 kW soğutma kapasitesi elde edildiğini göstermiştir. Ayrıca motor egzozundan boşta çalışırken 3 kW, tam yükte ise 16 kW ısı elde edilmiştir. İmal edilen soğutma sisteminin COP değeri yaklaşık olarak 0.18 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca imal edilen generatörler, soğutma sisteminin performansını arttırmış, hem de geri basıncın çok küçük olmasından dolayı yakıt sarfiyatını azaltmıştır.

Adjıbade ve ark. (2017), uygulamalarında elektrik enerjisi ve içten yanmalı motordan çıkan egzoz gazı olmak üzere iki tür enerji kaynağı ile absorpsiyonlu soğutmanı deneysel bir çalışmasını yapmışlardır. Kullanılan motor maksimum 3.6 kW güçtedir. Her iki enerji kaynağı için sistem minimum ısı kaynağı sıcaklığına ihtiyaç duyulur. Egzoz gazı kaynağı için 140 ° C ve elektrikli ısıtıcı için 152 ° C, sıcaklık değerlerinde deneyler yapılmıştır. Deney analizlerinin sonucunda, motor egzoz gazı emilim soğutma sistemleri için potansiyel bir güç kaynağı olarak kullanılması mümkün oldu kanıtına varmışlardır.

Alobaid ve ark. (2017), uygulamalarında güneş kollektörü ve Fotovoltaik termal (PVT) ile absorpsiyon soğutma sistemleri yapmışlardır. Performans katsayısının (COP) 0.1-0.91 Aralığında olduğunu göstermektedir. Termal kollektör verimliliği ise 0.06-0.64 aralığındadır.

Berdasco ve ark. (2017), uygulamalarında hidrofobik mikro membran kontaktörü ile NH_3-H_2O absorpsiyonlu soğutma çevrimi üzerinde çalışmışlardır. Proseslerinde ısı ve kütle transferlerini deneysel ve analitik araştırmışlar. Isı, konsantrasyon, akış hızı ve membran özelliklerinin absorpsiyonlu sistemi üzerinde etkisi incelenmiş. En yüksek absorpsiyon akı $4.7*10^{-3}$ kg /m^2s, çözelti akış hızı 45 kg/h olarak bulmuşlardır. Sistemde kullanılan hidrobik membran ince ve gözenek çapı 0.03 μm ile 0.10 μm arasında seçilmiştir.

Chen ve ark. (2017), proseslerinde 346 ^oC -146 ^oC sıcaklıkları arasında çalışan absorpsiyonlu soğutma sistemi yapmışlardır. Maksimum güç 2015 kW olup, termal verimlilik %21,5 seviyesindedir. Sistemlerindeki güç üretiminin %9 civarında daha fazla üretilebileceğini görmüşlerdir. Sistem karışıklıklarını azaltmak için solüsyon soğutmalı emici kullanmışlardır. Soğutma çevrimlerinde COP %14'lük bir yükselme yapmışlardır. Hesaplamalarda, 346 ^oC ısı kaynağı sıcaklığı için dolaşım oranını 0.53 bulmuşlardır.

Keinath ve ark. (2017), uygulamalarında gazla çalışan absorpsiyonlu sistemini incelemişler. 2.79 kW'lık ısıtma kapasitesi model geliştirilerek termodinamiksel analiz

yapmışlardır. Suyun sıcaklığı 14.5 °C-57 °C'ye kadar değiştirerek sistem performansındaki değişim gözlemlemişlerdir. Absorpsiyonlu ısı pompası su ısıtıcısının, diğer gaz yakıtlı ısıtıcılardan ve elektrikli ısı pompası sistemlerinden daha iyi performansa sahip olduğunu tespit etmişlerdir.

Maryami ve ark. (2017), çalışmalarında 300 kW'lık soğutma kapasiteli LiBr-H_2O sisteminin diğer sistemlerle kıyaslamasını yapmışlardır. Tüm sistem bileşenlerinin performans katsayısı, bileşenlerin termal yükleri, ekserjitik verimlilik ve ekserjideki toplam değişim hesaplamalarını yapmışlardır. Sistemin parametrelerinden COP, enerjik ve ekserjitik analizleri tek, çift ve üçlü etki soğutma sistemine arttığını, buna karşılık toplam ekserji değişiminin yaklaşık olarak azaldığını görmüşlerdir.

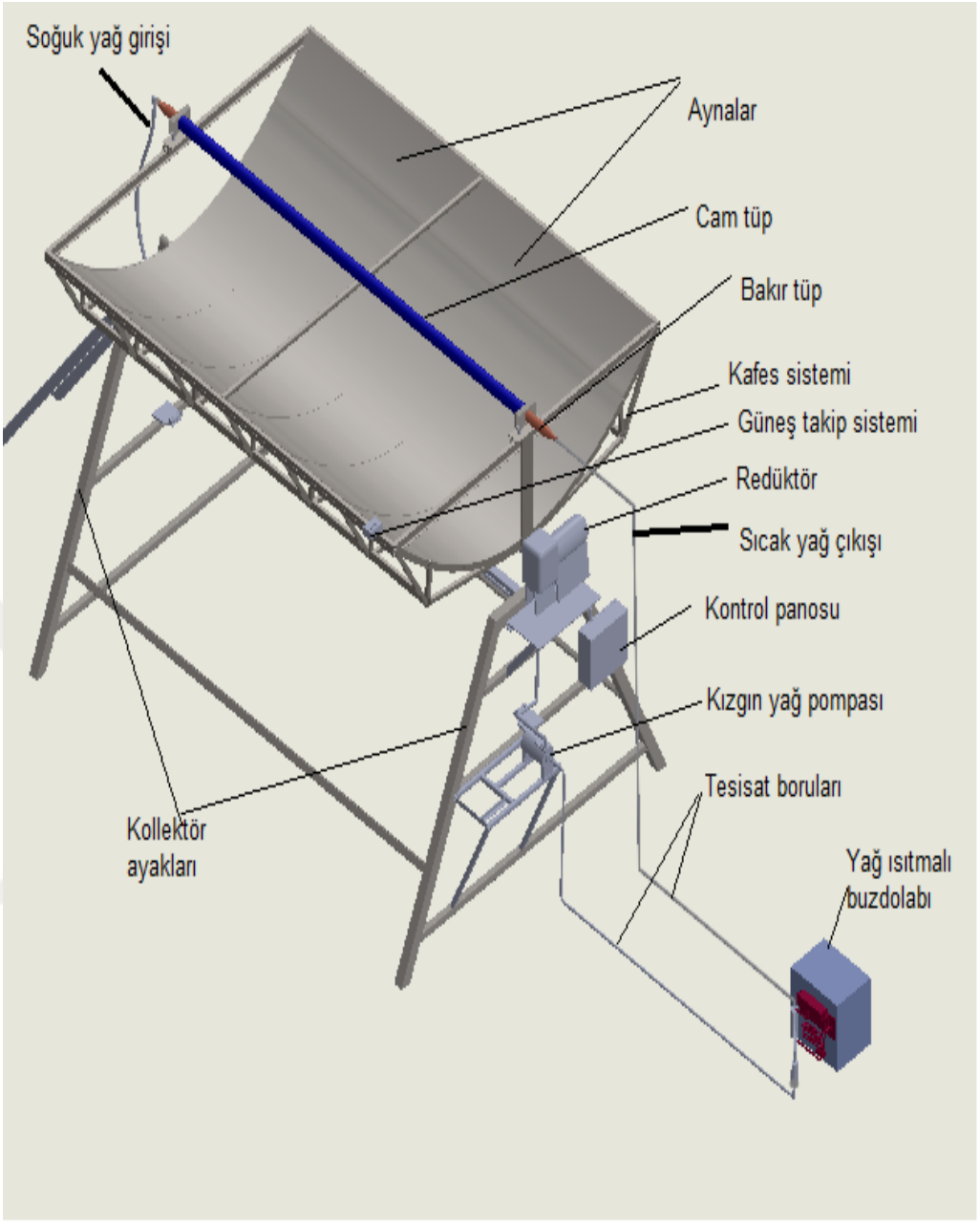
3. MATERYAL ve YÖNTEM

Absorpsiyonlu buzdolabı fosil yakıt veya elektrik gibi bir enerji kaynağı ile çalıştırılmaktadır. Generatöre verilen ısı enerjisi ile amonyak ile su ayrışmaktadır. Buhar fazına geçen amonyak kondensere giderken zayıf eriyik absorbere geri dönmektedir. Yapılan bu deneyde elektrik enerjisiyle çalışan absorpsiyonlu buzdolabının generatör kısmını güneş enerjisiyle ısıtmak amacıyla bir hazne yapılmıştır. Parabolik kollektörde ısınan ısı transfer yağı generatöre ısısını verdikten sonra kızgın yağ pompasıyla paraboliğe geri dönüşümü sağlanmaktadır.

Parabolik kollektör 4.5 m uzunluğunda, 3.5 m genişliğinde ve odak yüksekliği 1 m'dir. Parabolik kollektör, güneş takip sistemiyle doğu batı ekseninde dönmektedir. Kollektör üzerine gelen direk ışınlarla odağa yerleştirilen bakır borudaki yağın ısıtılması sağlanmaktadır. Parabolik kollektörde güneş ışınımlarına duyarlı sensör yerleştirilmiştir. Sensör üzerine düşen ışınlar, kontrol paneline sinyal göndermekte ve elektrik motoruna akımın gitmesiyle redüktör sistemi güneş ışınlarının yoğun olduğu tarafa odaklamaktadır.

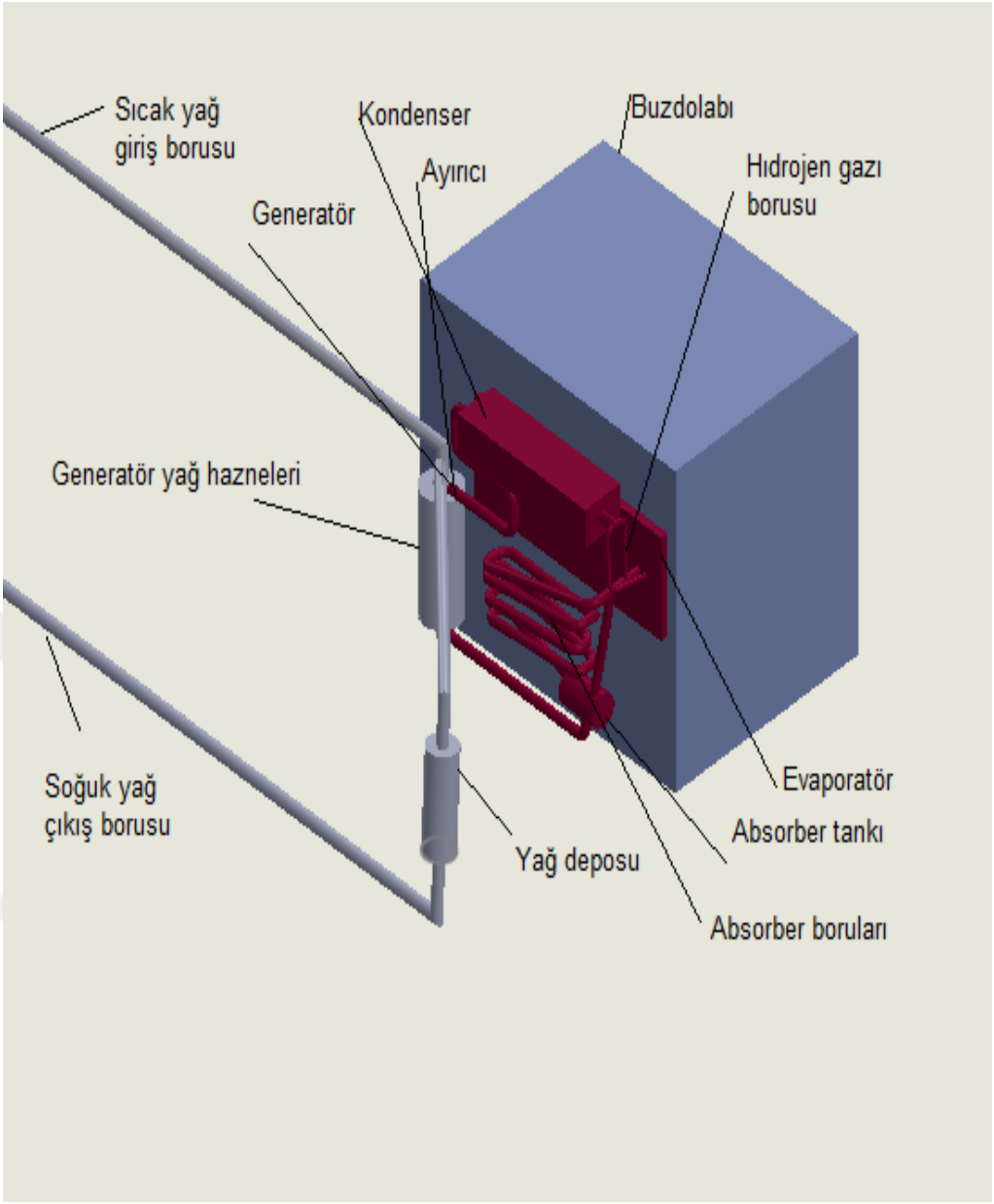
Sistemde ısınmış yağ, tesisat boruları yardımıyla oda mahalline transfer edilmektedir. Tesisat borularında ısı ve sıcaklık kaybı olmaması için yalıtım malzemesi kullanılarak borular yalıtılmıştır. Sistemde 20 m boyunda tesisat borusu mevcuttur.

Oda mahallinde 60 W'lık 2 adet absorber mini buzdolabı mevcuttur. Buzdolaplarından biri elektrikli rezistansla, diğeri ise sıcak yağ ile ısıtıcıları ısıtılmaktadır. Isıtıcının olduğu bölüm ısı kaybının olmaması için özel olarak yalıtılmıştır.



Şekil 3.1. Parabolik kollektör ve buzdolabı şematik gösterimi

Şekil 3.1. ’de parabolik kollektör ve buzdolabı şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 3.2. Yağın buzdolabına bağlantısı bölümü

Şekil 3.2. ’de yağın buzdolabına bağlantısı bölümü şematik olarak verilmiştir.

3.1. Parabolik Kollektördeki Elemanlar

3.1.1. Cam tüp ve bakır tüp



Şekil 3.3. Cam tüp ve bakır tüp

Cam tüp, çapı 100 mm ve uzunluğu 4500 mm olup, aynadan gelen ışınların bir çizgide toplanması sağlar. Bakır tüp, çapı 76 mm ve uzunluğu 5000 mm olup, içerisinde ısı transfer yağı geçer. Bakır boru güneş ışınları sonucu ısınır. Isınan bakır boru içinden geçen yağa ısısını verir. Cam ve bakır tüp Şekil 3.3.'te gösterilmiştir.

3.1.2. Kafes sistemi, parabolik ayna



Şekil 3.4. Kafes sistemi, parabolik ayna

Kafes sistemi, sistemin rijit kalması sağlar. Parabol sac aynaların parabol haline getirilmesi için kullanılmıştır. Parabol sac üzerine monte edilerek güneşten gelen

direkt ışınları cam tüpe çarpması sağlar. Parabol şeklinde tek parça ayna bulunamadığından 10*100 cm ebadında aynalar saç üzerine özel yapıştırıcılar ile yapıştırılmıştır. Şekil 3.4.'te gösterildiği gibi kafes sistemi, parabol sac ve aynalardan oluşur.

3.1.3. Redüktör



Şekil 3.5. Redüktör

Elektrik motoruna bağlı redüktör parabolik kollektörün dönmesini sağlar. Şekil 3.5.'te göründüğü gibi kollektör mili redüktöre monte edilerek dönmesi sağlanır.

3.1.4. Güneş takip sensörü

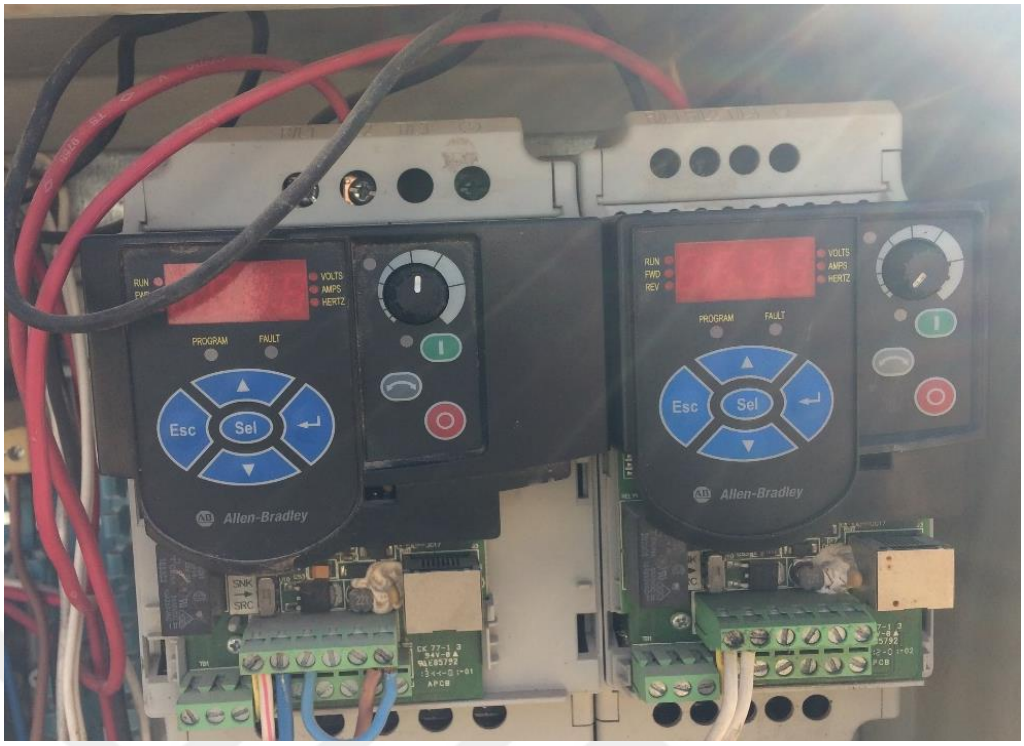
Güneş takip sensörü, direkt ışınlarının belirleyerek sistem kartına veri gönderir. Şekil 3.6.'da göründüğü gibi güneş takip sensörü sürekli güneşe dönüktür ve güneşi izler.



Şekil 3.6. Güneş takip sensörü

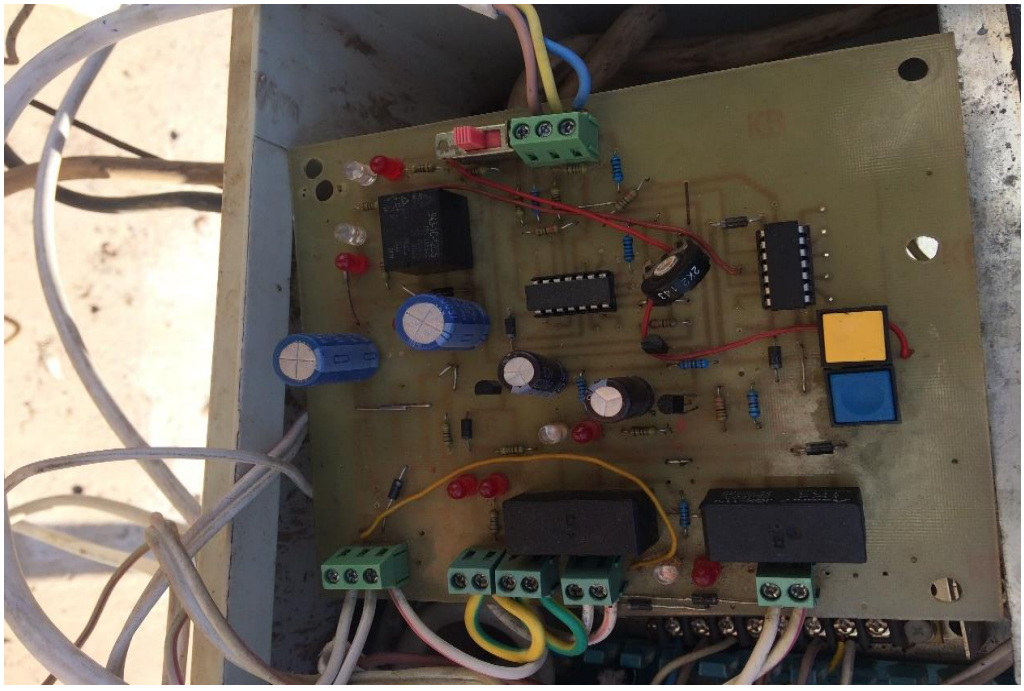
3.1.5. Hız düşürücü cihazlar

Şekil 3.7.'de görüldüğü gibi hız düşürücü cihazları biri redüktör hızını, diğeri ise pompanın devrini değiştirmek için kullanılır. Hız düşürücüler hızı %60 artırabilir ve %20 kadar azaltabilir şeklindedir.



Şekil 3.7. Hız düşürücü cihazları

3.1.6. Güneş takip sistem kartı



Şekil 3.8. Güneş takip sistem kartı

Güneş takip sistem kartı modeli yapıldı. Şekil 3.8.'deki gibi olup, güneş takip sensöründen gelen veriyi okuyarak parabolik kollektörün güneş ışınlarının yoğun olduğu tarafa yönlendirmesi sağlar. Güneş takip sistem kartı üzerinde bulunan mavi ve sarı renkteki butonlar manuel olarak parabolik kollektörün hareket etmesi sağlar.

3.1.7. J tipi termokupllar ve sıcaklık ölçer göstergeleri

Parabolik kollektörün yağ çıkış ve girişlerine iki adet Şekil 3.9.'da göründüğü gibi J tipi termokupl yerleştirilmiştir. J tipi termokupllar pompanın istenilen sıcaklıkta çalışmasını sağlamak için kullanılır.



Şekil 3.9. J tipi termokupllar ve sıcaklık ölçer göstergeleri

3.1.8. Kızgın yağ pompası

Şekil 3.10.'de görünen pompa 1450 dev/dk, 250 ºC sıcaklık ve 3 m^3/s debisi özelliklerine sahiptir. Kızgın yağ pompası devri kontrol panelinde bulunan hız düşürücü ile ayarlanır şekilde hız düşürücüye bağlanmıştır. Pompanın çıkışın bulunan vana yağın debisini ayarlar. Kızgın yağ pompası sistemdeki 30 L yağın dolaşımını sağlamaktadır.



Şekil 3.10. Kızgın yağ pompası

3.1.9. Isı transfer yağı

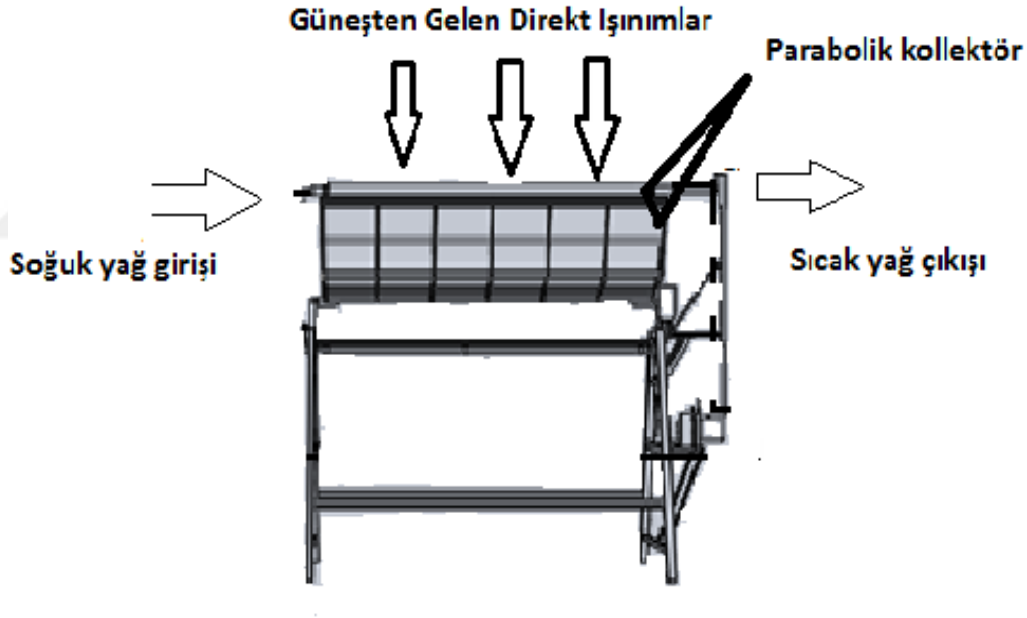
Sisteminde ısı transfer yağı kullanılır. Yağ cam borunun olduğu yerde bakır boru içinde akışı sağlanarak, güneş ışınlarından ısınmış olan bakır boru ısısını yağa verir. Sürekli çevrim sağlanarak sistemdeki tüm yağ ısıtılır. Sistemde kullanılan yağ özellikleri; 40 ^{o}C 'de viskozite 32 mm^2/s, yoğunluk 15 ^{o}C 'de 870 kg/m^3 tür.

3.2. Parabolik Kollektörün Çalışma Prensibi

Şekil 3.11.'de gösterildiği gibi olup, parabolik kollektörden 4 kW ısıl güç elde edebilecek şekilde hesabı ve tasarımı yapılarak imalatı yapılmıştır. Parabol formülünden parabolik kollektörün odak mesafesi f = 0.92 m, yüksekliği L_p = 0.76 m paraboliğin açıklığı w = 3.35 m olur. Parabolik kollektörün uzunluğu 4.5 m'dir. Kollektör güneş sensörlü olup, doğu-batı yönünde güneş ışınlarını takip etmektedir. Kontrol bölümde elektronik kart ile otomatik olarak güneş radyasyonu izlenmektedir. Kontrol bölümü güneş sensörünün aldığı radyasyona göre hareket eder. Parabolik kollektör doğu veya batı tarafına manuel olarakta kontrol edilebilir. Gelen güneş

radyasyonu parabolik kollektör yüzeyinde bulunan cam aynalardan yansıyarak yutucuda toplanır. Parabolik kollektör sistemi 900 d/dk ve 1,5 kW gücündeki elektrik motoru dönmesi sağlanmaktadır. Bu elektrik motoruna montalanmış 1/50, 1/60 oranlarındaki iki adet redüktör, sistemin daha düşük devirde dönmesini sağlamaktadır. Bunun yanında hızı daha fazla düşürmek için sistemde 1 adet hız düşürücü kullanılmıştır. Parabolik kollektörün 180^0 ye kadar dönmesi için frenleme tertibatı kullanılmıştır.

Sistemde ısı transfer yağı kullanılır. Kullanılan bu yağ, kızgın yağ pompasıyla dolaştırılmaktadır. Yağın giriş ve çıkış sıcaklığını, cam borunun dış yüzey sıcaklığı ve ortam sıcaklığını bir data logger ile ölçümleri kayıt altına alınmaktadır. Güneş ışınım değerleri alınmaktadır.



Şekil 3.11. Parabolik güneş kollektörü

3.3. Parabolik Kollektörden Absorbsiyonlu Buzdolabına Sıcak Yağ Transferi

Parabolik kollektör ile buzdolabına tesisat borusu montaj edilmiş. Tesisat borularından ısı kaybı olmaması için yalıtım malzemesi ile yalıtımı yapılmıştır. Buzdolabının şekilde görüldüğü gibi yağın generatörü ısıtması için 0,6mm saç malzemesinden yarım ay şeklinde iki hazne imal edilmiştir. Yarım ay hazneleri

generatörü tam olarak saracak şekilde olup birbirlerine kelepçeler yardım ile generatöre sabitlenmiştir.

Parabolik kolektörde ısınmış olan yağ borular yardımıyla haznelerin üst kısmından haznelere boşalır ve alt kısımlarından çıkmaktadır. Şekil 3.12.'de görüldüğü haznelere dolan sıcak yağ ısısını generatöre verir. Haznelerden çıkan sıcak yağ tekrardan borular yardımıyla ısıtılması için kollektör kızgın yağ pompası tarafından emilerek kollektöre basılır. Parabolik kollektör ve tesisat borularındaki çevrim kapalı çevrim olup ve bu şekil sürekli devam eder.



Şekil 3.12. Generatör kısmındaki sıcak yağ hazneleri

3.4. Data Logger ile Ölçüm Tespitleri



Şekil 3.13. Data logger cihazı ve T tipi termokupl bağlantıları



Şekil 3.14. Parabolik kollektörde sıcaklık ölçüm yerleri



Şekil 3.15. Kapalı absorpsiyonlu buzdolabı sistemi ve sıcaklık ölçüm yerleri

Şekil 3.13.'de görülen data logger 32 kanallı olup sıcaklık ölçer. Data logger ölçümlerinde T tipi termokupllar kullanılmıştır. Şekil 3.14. parabolik kollektörde ve Şekil 3.15.'de absorpsiyonlu buzdolabında sıcaklığı ölçülmek istenilen yerlere T tipi termokupllar yalıtım bantlarıyla yerleştirilmiştir. Parabolik kollektörde sıcak yağ sıcaklıkları ölçülmüştür. Ancak absorber buzdolabında çevrim kapalı olduğu için boru yüzeylerinden sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Absorber buzdolabında 3,5 saat sıcaklık değerleri alınmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Bu çalışmada iki adet absorpsiyonlu buzdolabının kullanılmıştır. Birincisinde generatör için gerekli ısı elektrik enerjisinden, diğerinde ise parabolik güneş kollektörden elde edilen ısı verildi. Sistemde dolaştırılan amonyak için gerekli hesaplamalar da yapıldı. Ayrıca absorpsiyonlu buzdolabı için termodinamik analizi yapıldı.

4.1. Parabolik Kollektör Koordinatları Belirlenmesi

Parabolik kollektörün dizaynı için x parabol yüksekliği ve f odağı değerleri verilerek y değeri bulunur. f = 92.202 mm olarak alınmıştır.

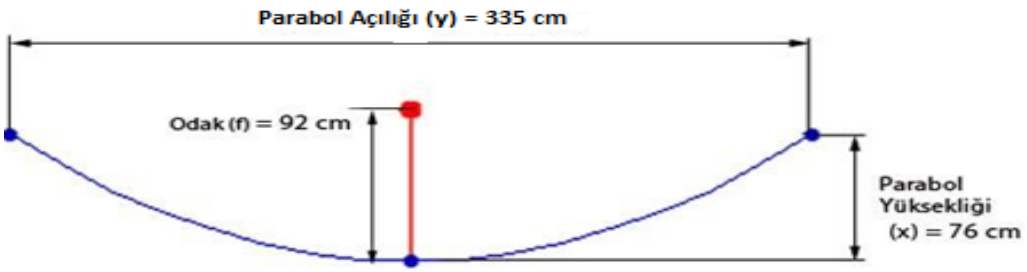
$y^2 = 4.f.\ x$ (4.1)

f = Toplayıcının odak noktası

Çizelge 4.1. x ve y koordinatları

x (cm)	y (cm)
-167.64	76.2
-157.1675	66.9798
-146.685	58.3438
-136.2202	50.292
-125.73	42.5376
-115.2652	35.8752
-104.775	29.7688
-94.3102	24.1046
-83.82	19.05
-73.3552	14.5796
-62.865	10.7188
-52.4002	7.4422
-41.91	4.7752
-31.4452	2.667
-20.995	1.1938
-10.4902	0.3048
0	0
10.4902	0.3048
20.995	1.1938
31.4452	2.667
41.91	4.7752
52.4002	7.4422
62.865	10.7188
73.3552	14.5796
83.82	19.05
94.3102	24.1046
104.775	29.7688
115.2452	35.8752
125.73	42.5376
136.2202	50.292
146.685	58.3438
157.1675	66.9798
167.64	76.2

Denklem (4.1)'de f ve x değerleri verilerek y değerleri hesaplandı. X verilen değerler ve y'de çıkan değerler Çizelge 4.1.'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Parabolik kollektörün parabol özellikleri

Şekil 4.1.'de görüldüğü gibi x, y ve f değerleri parabol üzerinde gösterilmiştir.

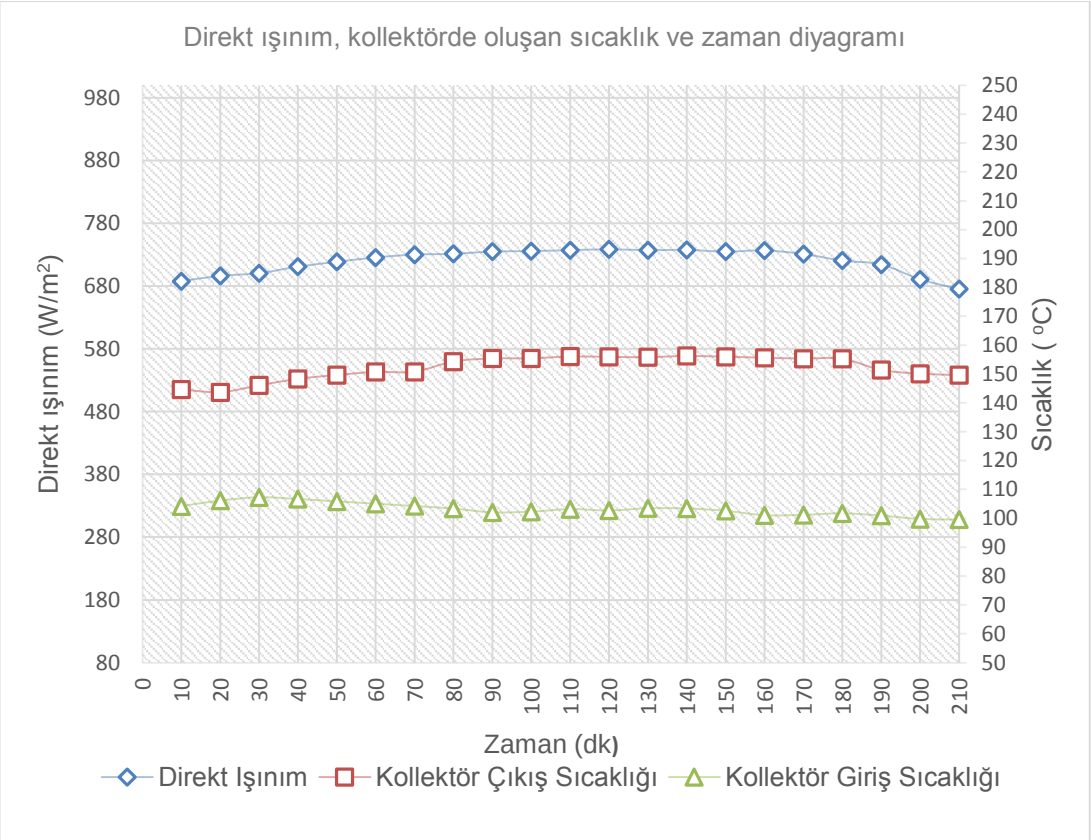
4.2. Direkt Işınım ve Kollektörde Isınan Yağ Sıcaklığı

Güneş takip sistemi güneş ışınımın daha fazla geldiği yöne doğru parabolik kollektörün yönlenmesini sağlar. Gün boyu direkt ışınım değişmektedir. Sabah ve akşam saatlerinde az olurken öğlen saatlerinde fazla gelmektedir. Bulutlu günlerde ve gece saatlerinde direkt ışınım sıfır değerinde olur. Direkt ışınımın artmasıyla kollektördeki sıcaklıkta artar.

Parabolik kollektör güneşten gelen direkt ışınım parabolik kollektör yüzeyinde bulunan aynalara çarparak, odak çizgisinde bulunan cam boruya yoğunlaşır ve cam borudaki bakır boruyu ısıtır. Cam boru içinde bakır boru yerleştirilmiştir ve cam boru ısınınca bakır boruda ısınır. Bakır borudan geçen ısı transfer yağıda ısınmış olur.

Direkt ışınım değerleri Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümünde kurulu bulunan güneş takip sistemli güneş ışınım ölçüm sisteminden alınmıştır. Işınım ölçüm sisteminin detayları (İlgin Beyazıt ve ark., 2017), makalesinde mevcuttur.

Çizelge 4.2. Direkt ışınım, kollektörde oluşan sıcaklık ve zaman diyagramı (İlgin Beyazıt, 2017)



Çizelge 4.2.'de görüldüğü gibi deney için 3.5 saat süredeki direkt ışınım ve kollektörde oluşan sıcaklık değerleri görülmektedir. Direkt ışınımın artması ile yağ sıcaklığı artmakta, azalması ile azalmaktadır.

4.3. Parabolik Kollektör Verimi

Parabolik kollektörün verimi aşağıda belirtilen formülle hesaplanır.

$$\eta = \frac{mC_p(T_ç - T_g)}{I_d A_a} \quad (4.2)$$

$$Q_{yağ} = mC_p(T_ç - T_g) \quad (4.3)$$

ṁ = Sistemdeki ısı transfer yağının kütlesel debisi (kg/s)

C_p = Özgül ısı (kj/kg.K)

$T_{ort,ç}$ = Kolletöre giren yağ sıcaklığı (°C)

$T_{ort,g}$ = Kollektörden çıkan yağ sıcaklığı (° C)

$I_{d,ort}$ = Kolletör aynalarına gelen direkt ışınım

A_a = Aynaların izdüşüm alanı (m^2)

Çizelge 4.3. Parabolik kollektör özellikleri

Paraboliğin açıklığı, (w)	3350 mm
Paraboliğin uzunluğu, (L)	4500 mm
Paraboliğin açıklık alanı (A_a)	15 m^2
Paraboliğin derinliği (L_p)	760 mm
Paraboliğin odağı, (f)	920 mm
Cam borunun dış çapı, (D_c)	100 mm
Bakır borunun dış çapı, (D_b)	76 mm

Çizelge 4.3.'de parabolik kollektöre ait özellikler verilmiştir.

$T_{ort,g}$ = 103.38 ^{o} C

$T_{ort,ç}$ = 152.39 ^{o} C

T_{ort} = (152.39 + 103.38)/2 =127.88 ^{o}C

T_{ort} = 137,5 ^{o}C

C_p = 2337 (J/kg.K)

$I_{d,ort}$ = 715.352 W/m^2

$\dot{m}$ = 0,0171 kg/s

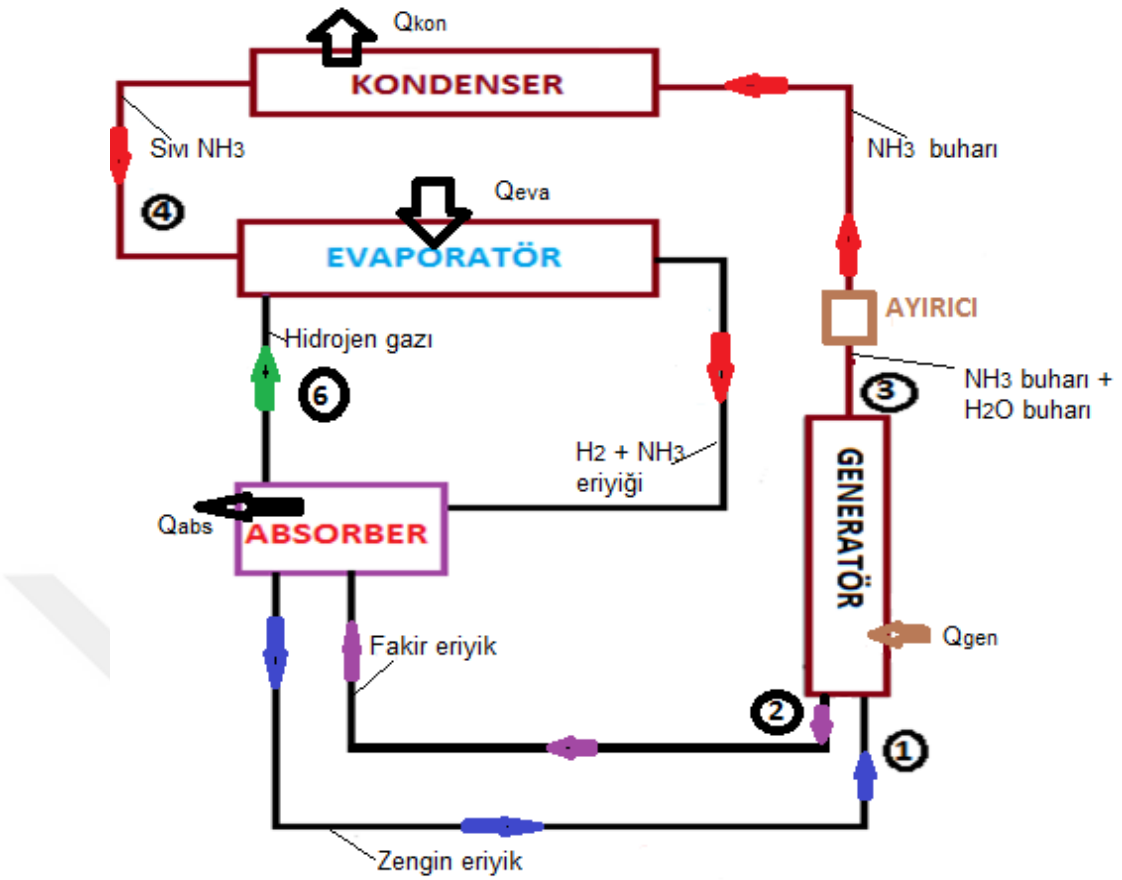
$Q_{yağ}$ = 1946 W

η = 0,1815 (%18,15)

Parabolik kollektör, yağ sıcaklık değerleri ve güneş ışınımı direkt verilerinden yararlanarak, sıcak yağ ısısı ve parabolik kollektör verimi hesaplanmıştır. Kütlesel debinin 0,0171 kg/s ve ortalama direkt ışınımın 715.352 W/m^2 değerlerinde yağ ısısı 1946 W olarak bulunmuştur.

4.4. Absorpsiyonlu Buzdolabı Termodinamik Analizi

Buzdolabı bilgileri Kleo buzdolabı kataloğundan alınmıştır. Buzdolabı soğutma çevriminde 1000 g eriyik mevcuttur. Bu eriyiğin 220 g amonyak 780 g su oluşturmaktadır. Sistemin kondenser kısmında amonyak % 100 buhar olduğu kabul edilmiştir.



Şekil 4.2. Absorpsiyonlu buzdolabında sıcaklık noktaları

Şekil 4.2.'de absorpsiyonlu buzdolabının çevrimi gösterilmiştir.

4.4.1. Generatör analizi

Generatör, habbecik pompası ve ısıtıcı kısımlardan meydana gelir. Generatöre sıcak yağ tarafından verilen ısının tamamının amonyak buharının ayrıştırılmasında kullanılması için, generatör yalıtılmıştır. Analizde çevreye ısı geçişinin olmadığı kabul edilmiştir. Generatör çıkışı için, kütle korunum ve enerji korunum denklemleri aşağıdaki gibidir;

Generatör çıkışı amonyak buharı %100 derişiklikte $x_3 = 1$ kabul edilmiştir.

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 + \dot{m}_3 \quad (4.4)$$

$$\dot{m}_1 x_1 = \dot{m}_2 x_2 + \dot{m}_3 x_3 \quad (4.5)$$

$$\dot{m}_1 h_1 + q_{gen} = \dot{m}_2 h_2 + \dot{m}_3 h_3 \quad (4.6)$$

4.4.2. Kondenser analizi

Ayırıcı kısmında saf hale dönüşen NH_3 buharı kondenser bölgesine girer. Kondenserde amonyağın %100 amonyak buharı olduğu ve kondenserden doymuş sıvı olarak çıktığı kabul edilir. Kondenser kısmın için kütle korunum ve enerji korunum denklemleri aşağıda gibidir.

$$\dot{m}_3 = \dot{m}_4 \quad (4.7)$$

$$q_{kon} = \dot{m}_3 h_{buhar} \quad (4.8)$$

4.4.3. Evaporatör analizi

Kondenserde yoğuşmuş olan amonyak buharı doymuş sıvı halinde evaporatöre girer. Evaporatör bölgesine giren sıvı amonyak, hidrojen gazı ile karşılaşır. Karşılaşmada sıvı amonyağın kısmi basıncında hidrojenden dolayı bir düşme meydana gelir. Kısmi basıncı düşmüş sıvı amonyak hidrojen gazı içerisinde yayılarak buharlaş maya başlar. Evaporatör bölgesi için kütle ve enerji korunumu denklemleri aşağıdaki gibidir;

$$q_{buh} = \dot{m}_4 (h_5 - h_4) \quad (4.9)$$

4.4.4. Absorber analizi

Evaporatörden hidrojen gazı ile birlikte amonyak buharı gelir ve absorber haznesine boşalır. Haznede hidrojen gazı ve amonyak buharı çözeltisi, amonyak buharının bir miktarı, absorber haznesindeki zengin çözeltisiyle soğurulur. Hazne içindeki amonyak buharının bir miktarı kurtularak gaz karışımı absorber içinde yükselir. Bu esnada sıvı ısı değiştiricisinden giderek absorbere varan fakir çözelti, hidrojen gazı içerisinde amonyak buharının tümünü soğurur ve absorber haznesine girer. Hidrojen gazı ise amonyak buharından tam olarak ayrıldığından yoğunluğundaki azalmadan dolayı tekrar evaporatör kısmına gider. Absorber çıkışında sadece zengin

çözelti bulunur. Absorber için kütle korunum ve enerji korunum denklemleri aşağıdaki gibidir;

$$\dot{m}_3 = \dot{m}_4 = \dot{m}_5 \quad (4.10)$$

$$\dot{m}_2 + \dot{m}_5 = \dot{m}_1 \quad (4.11)$$

$$\dot{m}_2 h_2 + \dot{m}_5 h_{5,a} = \dot{m}_1 h_1 + q_{abs} \quad (4.12)$$

4.4.5. Sistem performansı

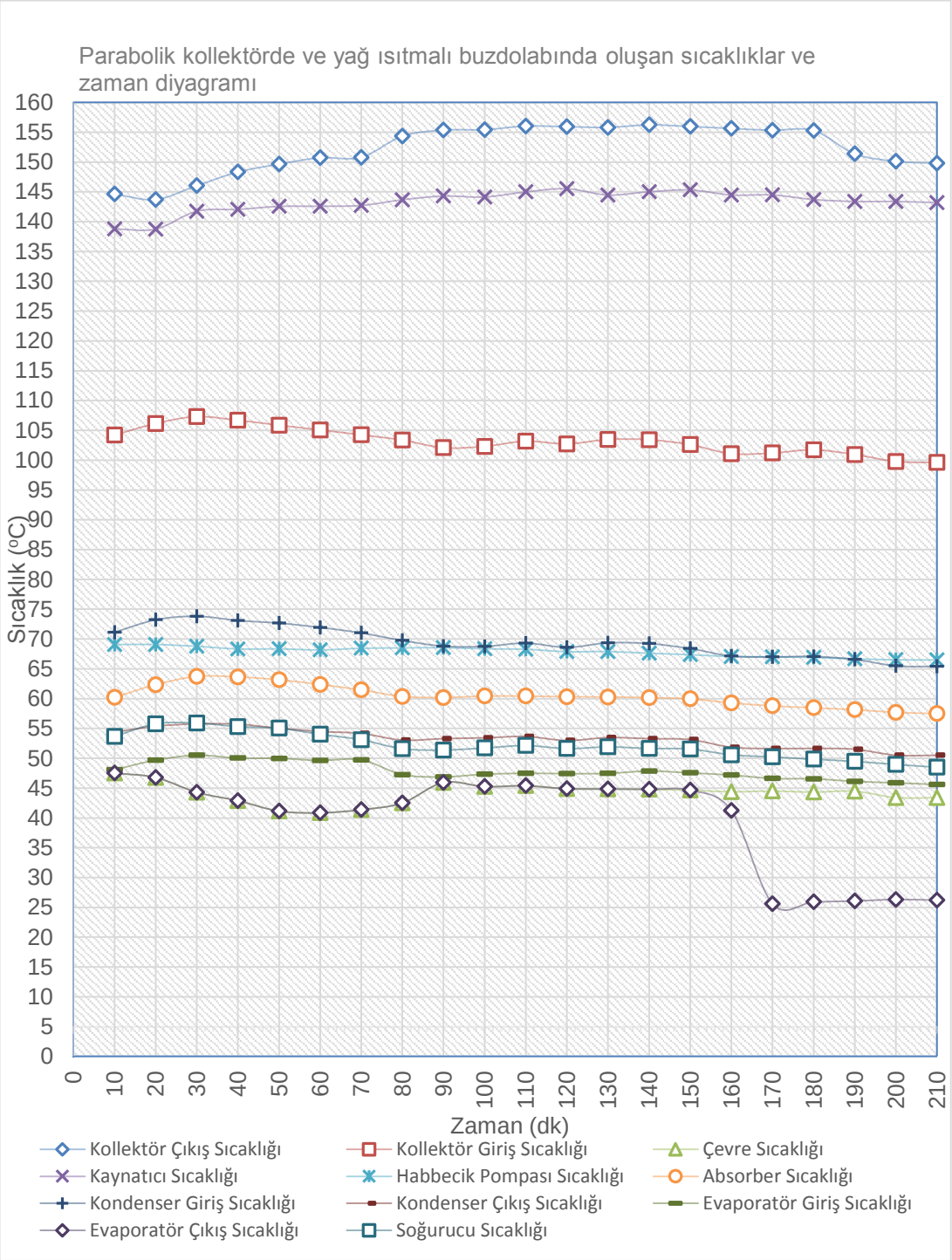
$$STK = \frac{q_{eva}}{q_{gen}} \quad (4.13)$$

$$ITK = \frac{q_{abs}+q_{kon}}{q_{gen}} \quad (4.14)$$

4.5. Yağ Isıtmalı Buzdolabı Analiz Sonuçları

Sistem basıncı amonyak buharının yoğuştuğu doyma basıncına eşittir. Yağ ısıtmalı buzdolabında belirli noktalarda sıcaklık değerleri 3.5 saat süre için alınmıştır. $\dot{m}_1$= $9.259*10^{-5}$ kg/s, $\dot{m}_2$= $7.222*10^{-5}$ kg/s, $\dot{m}_3$= $2.037*10^{-5}$ kg/s olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.4. Parabolik kollektörde ve yağ ısıtmalı buzdolabındaki sıcaklıklar



Parabolik güneş kollektöründen ve yağ ısıtmalı buzdolabında alınan sıcaklık değerleri Çizelge 4.4.'de gösterilmiştir. Parabolik güneş kollektöründe yağ çıkış sıcaklığı ve buzdolabı generatöründeki ortalama sıcaklık değerleri sırasıyla, 152.38 ºC ve 143.02 ºC'dır. 9.36 ºC sıcaklık kaybı oluşmaktadır. Habbecik pompası, kondenser,

evaporatör soğurucuya giriş, absorber, kondenser çıkış sıcaklığı generatör sıcaklığına bağlı olarak az değişmekle beraber sabit kalmaktadır. Evaporatör çıkış sıcaklığı generatör sıcaklığına bağlı olarak 3 saatten önce çevre sıcaklığındadır. 3 saatten sonra ise sıcaklığı düşerek soğutma yapmaktadır. Evaporatör soğutma sıcaklığı generatör sıcaklığının değişmesiyle değişmektedir.

Çizelge 4.5. Yağ ısıtmalı buzdolabına ait sıcaklık, konsantrasyon ve entalpiler

Ortalama sıcaklıklar (°C)		Sıcaklık ve konsantrasyon değerleri	Entalpiler (kj/kg)
Evaporatör giriş	47.92	$T_{eva,g}$ = 47.92 °C x = 0	h_4 = 424.47
Evaporatör çıkış	26	$T_{eva,ç}$ = 26 °C x = 1	h_5 = 1480
Absorber çıkış	52.26	T_{abs} = 52,26 °C x_{fakir} = 0,82	h_2 = 1143.54
Habbecik pompası giriş	67.94	T_{hab} = 67.94 °C x_{zengin} = 0,65	h_1 = 951.35
Kondenser giriş	69.64	$T_{kon,g}$ = 69.64 °C x = 1	h_{buhar} = 1490.02
Kondenser çıkışı	53.41	$T_{kon,ç}$ = 53,41 °C x = 0	$h_ç$ = 455.19
Generatör çıkış	143.32	T_{gen} = 143.32 °C (kızgın buhar)	h_3 = 1760.51
Absorber giriş	52.26	$T_{abs,g}$ = 52.26 °C x = 0	$h_{5,a}$ =1492

Çizelge 4.5.'de yağ ısıtmalı absorber buzdolabının ortalama sıcaklık değerleri verilmiştir. X_{fakir} ve x_{zengin} konsantrasyonları, sistem basıncı ve sıcaklıklardan yararlanarak Ek 3'ten bulundu. Sıcaklık ve konsantrasyon değerlerinden yararlanarak Ek 1'den entalpi değerleri bulundu.

Soğutucu akışkanın kondenserden çıkış basıncı sistem basıncına eşittir (Arslan, 2003). Soğutucu akışkanın kondenserden çıkış basıncı 53.41 °C'de 21.774 bar olarak Ek 3'de bulunmuştur.

Çizelge 4.6. Yağ ısıtmalı buzdolabının analiz sonuçları

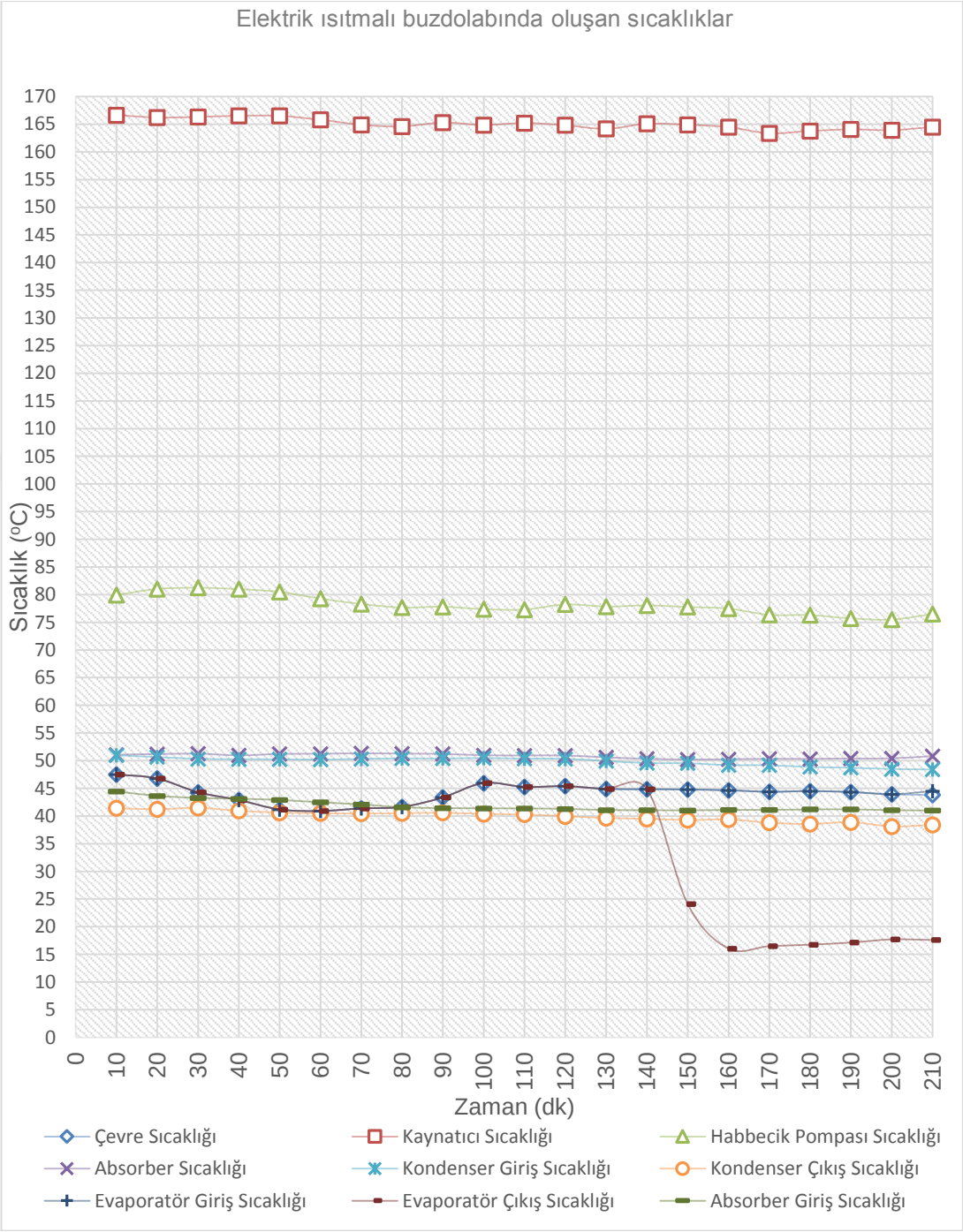
q_{gen}	30.36 W
q_{kon}	30.35 W
q_{buh}	21.50 W
q_{abs}	24.93 W
STK	0,708

Çizelge 4.6.'de yağ ısıtmalı buzdolabının ısı ve perfomans değerleri (4.6), (4.8), (4.9), (4.12), (4.13), denklemleriyle bulunmuştur.

4.6. Elektrik Isıtmalı Absorpsiyonlu Buzdolabı Termodinamik Analizi

Buzdolabı bilgileri Kleo buzdolabı kataloğundan alınmıştır. Buzdolabı soğutma çevriminde 1000 g eriyik mevcuttur. Bu eriyiğin 220 g amonyak 780 g su oluşturmaktadır. Sistemin kondenser kısmında amonyak % 100 buhar olduğu kabul edilmiştir. Alınan sıcaklık değerleri çizelge 4.8.'de gösterilmiştir. $\dot{m}_1 = 1.111*10^{-4}$ kg/s, $\dot{m}_2 = 8.667*10^{-5}$ kg/s, $\dot{m}_3 = 2.444*10^{-5}$ kg/s, olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.7. Elektrik ısıtmalı buzdolabındaki sıcaklıklar



Elektrik ısıtmalı buzdolabında alınan sıcaklık değerleri Çizelge 4.7.'de gösterilmiştir. Buzdolabı generatöründeki ortalama sıcaklık değeri 165.02 °C'dır. Habbecik pompası, kondenser, evaporatör soğurucuya giriş, absorber, kondenser çıkış sıcaklığı generatör sıcaklığına bağlı olarak az değişmekle beraber sabit kalmaktadır. Evaporatör çıkış sıcaklığı generatör sıcaklığına bağlı olarak 2.5 saatten önce çevre

sıcaklığındadır. 2.5 saatten sonra ise sıcaklığı düşerek soğutma yapmaktadır. Evaporatör soğutma sıcaklığı generatör sıcaklığının değişmesiyle değişmektedir.

Çizelge 4.8. Yağ ısıtmalı buzdolabına ait sıcaklık, konsantrasyon ve entalpiler

Ortalama sıcaklıklar (°C)		Sıcaklık ve konsantrasyon değerleri	entalpiler (kj/kg)
Generatör çıkış	165.02	T_{gen} = 165.02 °C kızgın buhar	h_3 = 1944,49
Evaporatör giriş	34.77	$T_{eva,g}$ = 34.77 °C x = 0	h_4 = 364,13
Evaporatör çıkış	16.45	$T_{eva,ç}$ = 16.45 °C x = 1	h_5 = 1478,2
Absorber çıkış	50.79	T_{abs} = 50.79 °C x_{zengin} = 0,80	h_2 = 1048,37
Habbecik pompası giriş	78.10	T_{hab} = 78.10 °C x_{fakir} = 0.57	h_1 = 805,71
Kondenser giriş	49.81	$T_{kon,g}$ = 49.81 °C x = 1	h_{buhar} = 1490,88
Kondenser çıkışı	39.87	$T_{kon,ç}$ = 39.87 °C x = 0	h = 385,41
Absorber giriş	41,85	$T_{abs,g}$ = 41,85 x = 0	$h_{5,a}$ = 1487

Çizelge 4.8.'da elektrik ısıtmalı absorber buzdolabının ortalama sıcaklık değerleri verilmiştir. X_{fakir} ve x_{zengin} konsantrasyonları sistem basıncı ve sıcaklıklardan yararlanarak Ek 3'ten bulundu. Sıcaklık ve konsantrasyon değerlerinden yararlanarak Ek 1'den entalpi değerleri bulundu.Soğutucu akışkanın kondenserden çıkış basıncı sistem basıncına eşittir (Arslan, 2003). Soğutucu akışkanın kondenserden çıkış basıncı 39.87 °C'de 15.301 bar olarak Ek 3'de bulunmuştur.

Çizelge 4.9. Elektrik ısıtmalı buzdolabının analiz sonuçları

q_{gen}	48.86 W
q_{kon}	36,41 W
q_{buh}	36.13 W
q_{abs}	37,68 W
STK	0.739

Çizelge 4.8.'de yağ ısıtmalı buzdolabının ısı ve perfomans değerleri (4.6), (4.8), (4.9), (4.12), (4.13), denklemleriyle bulunmuştur.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada alternatif enerji kaynağı olan güneş enerjisi destekli absorpsiyonlu soğutma deneyi yapılmıştır.

Gün doğumu ve gün batımı saatleri sularında güneş direkt ışınımı düşük olduğu için bu saatlerde generatörde amonyak su eriyiğinden amonyağın buharlaşması için gerekli sıcaklık değerine parabolik kollektörde oluşmamaktadır. Parabolik güneş kollektöründe generatör için gerekli sıcaklık öğlen saatlerinde oluşmaktadır. Bu nedenlerden dolayı deneyler öğlen saatlerinde yapılmıştır. Öğlen saatlerinde parabolik kollektörde gerekli sıcaklık değerinin oluşması sağlanarak, ısıtılmış yağ absorbsiyonlu buzdolabına 3,5 saat süre kadar transferi sağlanmıştır.

Amonyak, generatörde 140 ^{o}C ve belirli bir süre içinde buhar fazına bir miktar su ile geçmektedir. Belirli sıcaklık noktalarına termokupllar yerleştirilerek sıcaklık değerleri data logger cihazı ile alınmıştır. Alınan sıcaklık değerleri, sistem basıncı, kütlesel debi ve konsantrasyonlar ile termodinamiksel analizler yapılmıştır

İki adet absorpsiyonlu buzdolabı üzerinde deneyler yapılmıştır. Bir dolap yağ ısıtmalı, diğer dolap ise elektrik rezistansı ısıtmalıdır. Elektrik ısıtmalı absorber buzdolabının generatör sıcaklığı ortalama olarak 165.02 ^{o}C olarak ölçülmüştür. Yağ ısıtmalı buzdolabında ise generatör sıcaklığı ortalama olarak 143.32 ^{o}C olarak ölçülmüştür. Elektrikli buzdolabında evaporatör 2.5 saatten sonra soğumaya başlarken, yağ ısıtmalı buzdolabında 3 saatten sonra başladığı gözlemlenmiştir.

Yapılan termodinamik analizler sonucunda elektrikli buzdolabı generatöründeki ısı 48.86 W iken, bu değer yağ ısıtmalı buzdolabında 30.36 W olarak hesaplanmıştır. Elektrikli buzdolabının performansı 0.739 değerinde iken, bu değer yağ ısıtmalı buzdolabında 0.708 değerindedir. Sonuçlar itibariyle elektrik ısıtmalı buzdolabı performansı, yağ ısıtmalı buzdolabından daha iyi olduğu tespit edilmiştir.

Yağ ısıtmalı buzdolabında sonuçlarının elektrik ısıtmalı buzdolabından daha düşük çıkmasının sebebi, sürekli olarak güneş direkt ışınımın yüksek ve sürekli olarak gelmemesi, parabolik kolektörünün veriminin düşük olması, amonyağın buharlaşma sıcaklığının yüksek olması gibi sebepler sıralanabilir.

Güneşin gündüz olup gece olmadığı için sürekli olarak direkt ışınım olmamaktadır. Bu nedenle yağ ısıtmalı buzdolabı tek başına parabolik kollektör ile sürekli olarak çalışmamaktadır. Böylece buzdolabı sürekli olarak buzdolabının çalışması mümkün olmamaktadır. Yağ ısıtmalı buzdolabın sürekli olarak çalışmasını sağlamak için, güneşin parabolik kollektörde yağın ısıtmadığı zamanlarda başka yöntemlerle yağın ısıtılması gerekir. PV de elektrik elde edilerek güneşin olduğu zamanlarda depolanarak, güneşin olmadığı zamanlarda depo edilen elektrik rezistansta ile kullanarak yağ ısıtılabilir. Bu yöntemlerle ile sürekli olarak yağ ısıtılmış olup buzdolabı çalıştırılabilir.

Parabolik kollektör çok iyi dizayn edilmesi ve güneşi daha iyi takip edilmesi iyileştirilebilir.

Amonyak su akışkan çifti yerine daha düşük sıcaklıkta buharlaşan başka bir soğutucu akışkanın kullanılması, gün boyu soğutma sistemini ısıtmak yeterli hale gelebilir.

KAYNAKLAR

ADEWUSİ, S.A., and ZUBAİR, S.M., 2004. Second Law Based Thermodynamic Analysis of Ammonia-Water Absorptıon System. Energy Conversion and Management, 45(15-16): 2355-2369.

ADJIBADE, M. I. S., THIAM, A., AWANTO, C., and AZILINON, D., 2017. Experimental Analysis of Diffusion Absorption Refrigerator Driven by Electrical Heater and Engine Exhaust Gas. Case Studies in Thermal Engineering, 10: 255-261.

ALOBAİD, M., HUGHES, B., CALAUTİT, J. K., O'CONNOR, D., and HEYES, A., 2017. A Review of Solar Driven Absorption Cooling with Photovoltaic Thermal Systems, 76: 728-742.

ARSLAN, M.E., 2003. Absorpsiyonlu Sistem ile Çalışan Bir Buzdolabının Deneysel ve Teorik Olarak İncelenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 78s.

ATMACA, İ., 2002. Güneş Enerjisi Kaynaklı Absorpsiyonlu Soğutma Sisteminin Simülasyonu. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bursa, 93s.

BULUT, H., IŞIKER, Y., AKTACİR, M. A., ve YEŞİLATA, B., 2010. Güneş Enerjisi Uygulamalarının Potansiyelini Belirlemek İçin Toplam, Direkt ve Yayılı Güneş Işınım Şiddetlerinin Anlık Ölçümü. Kamu-Üniversite-Sanayi İş Birliği Sempozyumu ve Mermercilik Şurası, 24-26 Ocak, Diyarbakır, s.484-490.

İLGİN BEYAZİT, N., BULUT H., ve DEMİRTAŞ, Y., 2017. Yatay Düzleme Gelen Difüz Işınım Modellerinin Ölçüm Sonuçlarına Göre Analizi. Politeknik dergisi, 20(3): 557-563.

CHEN, J., CHANG, H., and CHEN S., 2006. Simulation Study of a Hybrid Absorber-Heat Exchanger Using Hollow Fiber Membrane Module for the Ammonia-Water Absorption Cycle. International Journal of Refrigeration, 25(6): 1043-1052.

CHEN, X., WANG, R.Z., WANG, L. W., and DU, S., 2017. A Modified Ammonia-Water Power Cycle Using a Distillation Stage for More Efficient Power Generation. Institute of Refrigeration and Cryogenics, Shanghai Jiao Tong University, Energy, 138: 1-11.

ÇETİNER, C., 2015. Parabolik Bir Güneş Kolektörünün Statik Analizi. Gazi University Journal of Science, 4(1): 21-29.

ÇETİNGÖZ, A., 2015. Energy Analysıs of Solar-Powered Absorptıon Coolıng System ın Mersin. Çukurova Unıversıty Instıtute of Natural and Applıed Scıences, MSc Thesis, Adana, 72p.

ÇITAK, E., ve KILINÇ PALA, P.B., 2016. Yenilenebilir Enerjinin Enerji Güvenliğine Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 25: 79-102.

ÇOLAK, L., ve DURMAZ, A., 2004. Güneşi Takip Eden Parabolik Oluk Tipi Güneş Kollektörleri ile Buhar Üretimi ve Absorpsiyonlu Soğutma Sistemi Uygulaması. MMO Tesisat Mühendisliği Dergisi, (79): 70-80.

ÇOLPAN, S., 2012. Güneş Enerjisi ile Absorpsiyonlu Soğutma ve Eskişehir İli için Bir Sayısal Örnek. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir, 96s.

DÖN, F., 2010. Doğalgazla Çalışan Absorpsiyonlu İklimlendirme Sistemlerinin Teknik Ve Ekonomik Açıdan Karşılaştırılması. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 157s.

GORALI, E., 2007. Güneş Enerjili Absorpsiyonlu Soğutma Sistemi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Enerji Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 65s.

GÖRGÜLÜ, B., 2013. Atık Isı Kaynaklı Çift Etkili Absorpsiyonlu Soğutma Sisteminin Termodinamik Analizi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 76s.

HİLALİ, İ., ve SÖYLEMEZ, M. S., 2014. An Applıcatıon of Engıne Exhaust Gas Drıven Coolıng System In Automobıle Aır-Condıtıonıng System. J. of Thermal Science and Technology, 35(1): 27-34.

KEİNATH, C.M., GARİMELLA, S., and GARRABRANT M.A., 2017. Modeling of an Ammonia-Water Absorption Heat Pump Water Heater for Residential Applications. International Journal of Refrigeration, 83: 39-50.

MARYAMİ, R., and DEHGHAN, A. A., 2017. An Exergy Based Comparative Study Between Libr/Water Absorption Refrigeration Systems From Half Effect to Triple Effect. Applied Thermal Engineering, 124(9): 103-123.

MAZOUZ, S., MANSOURI, R., and BELLAGI, A., 2014. Experimental and Thermodynamic Investigation of an Ammonia/Water Diffusion Absorption Machine. International Journal of Refrigeration, (45), 83-91.

PLATEN, B. C., and MUNTERS, C. G., 1928. Refrigerator. U.S. Patent, 1,685,764.

POTENZA, M., MİLANESE, M., COLANGELO, G., and RİSİ, A., 2017. Experimental İnvestigation of Transparent Parabolic Trough Collector Based on Gas-Phase Nanofluid. Applied Energy, 203: 560-570.

ÖZTAŞ, S., 2015. Difüzyonlu Absorpsiyonlu Mini Soğutma Sistemlerinde Soğurucu Akışkanların Soğutma Performansına Etkisi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 119s.

STARACE, G., and PASCALİS, L.D., 2013. An Enhanced Model for the Design of Diffusion Absorption Refrigerators. International Journal of Refrigeration, 36: 1495-1503.

REGO, A.T., HANRİOT, S.M., OLİVEİRA, A.F., BRİTO, P., and REGO, T. F. U., 2014. Automotive Exhaust Gas Flow Control for an Ammonia Water Absorption Refrigeration System. Applied Thermal Engineering, 64(1-2): 101-107.

SÖZEN, A., MENLİK, T., and ÖZBAS, E., 2012. The Effect of Ejector on Performance of Diffusion Absorption Refrigeration Systems. An Experimental Study, Applied Thermal Engineering, 33–34(1): 44–53.

TATARA, R.A., THODOS, G., and LEE, Y. N., 1991. Performance of an Array of Compound Parabolic Concentrations with Plain Tubular Receivers. Renewable Energy, (1): 21-26.

UÇAR, R., 2009. H2O-NH3 Akışkan Çiftli Absorpsiyonlu Soğutma Sistemlerinde Basıncın Sistem Performansına Etkisi. Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Karabük, 95s.

YAMANKARADENİZ, R., HORUZ, İ., ÇOŞKUN, S., KAYNAKLI, Ö., ve YAMANKARADENİZ, M., Soğutma Tekniği ve Isı Pompaları Uygulamaları. Dora Yayıncılık, Bursa, 706s.

ZOHAR, A., JELINEK, M., LEVY, A., and BORDE, I., 2005. Numerical Investigation of a Diffusion Absorption Refrigeration Cycle. International Journal of Refrigeration, (28): 515-525.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı **:** Ahmet ONAT

Uyruğu **:** T.C.

Doğum Yeri ve Tarihi **:** DİYARBAKIR/EĞİL 16.08.1993

Telefon **:** 0553 083 67 20

e-mail **:** ahmet.onat.2163@gmail.com

EĞİTİM

Derece	**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	: Eğil Lisesi, Eğil, Diyarbakır	2011
Lisans	: Harran Üniversitesi, Haliliye, Şanlıurfa	2015
Lisans	: Batman Üniversitesi, Merkez, Batman	Devam ediyor
Yüksek Lisans	: Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Haliliye, Şanlıurfa	2017

İŞ DENEYİMİ

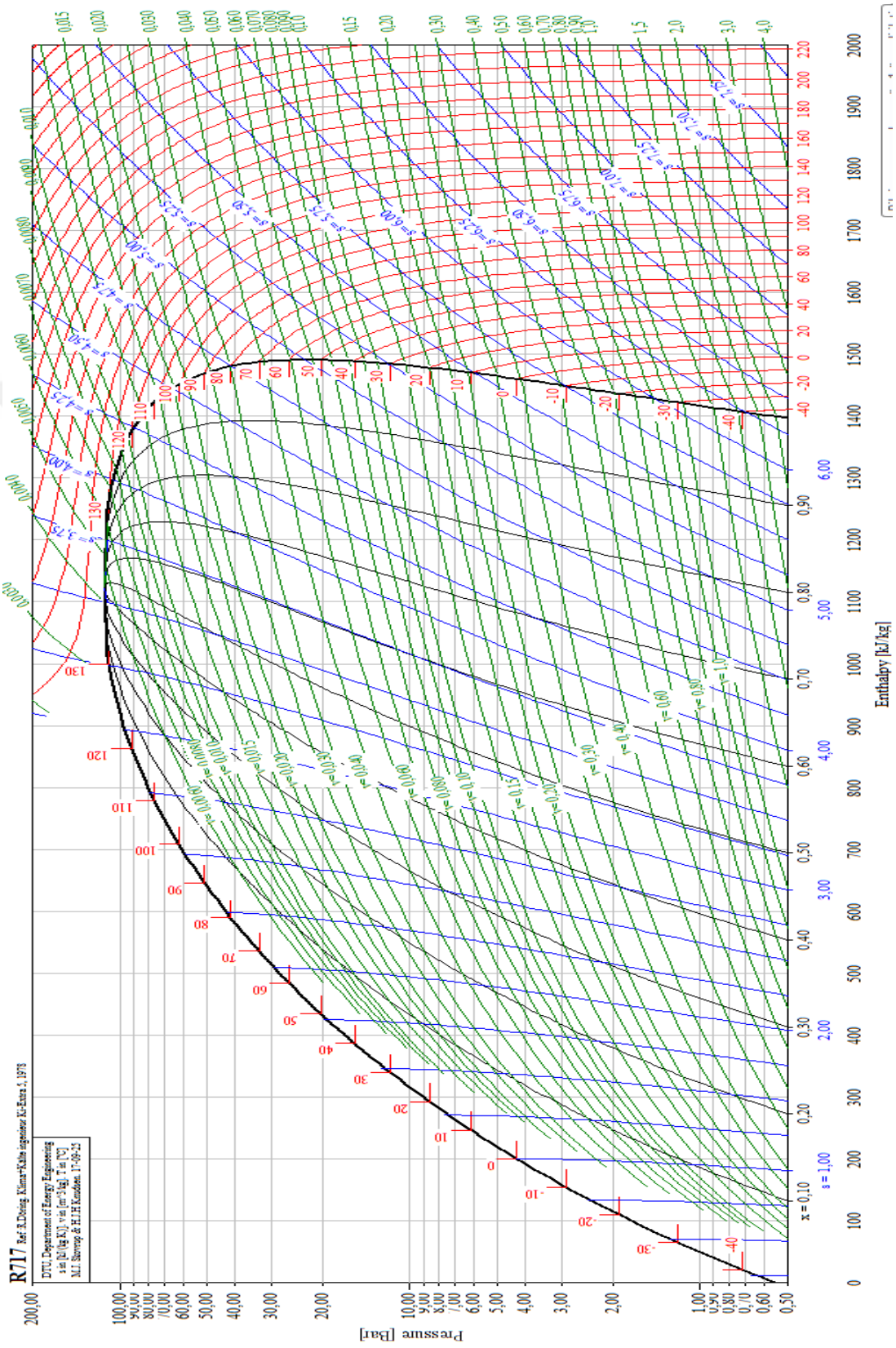
Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2015-2016	Ayyılmazlar Asansör	Kontrol Mühendisi
2017	REHA Havalandırma	Saha Mühendisi

UZMANLIK ALANI : ENERJİ

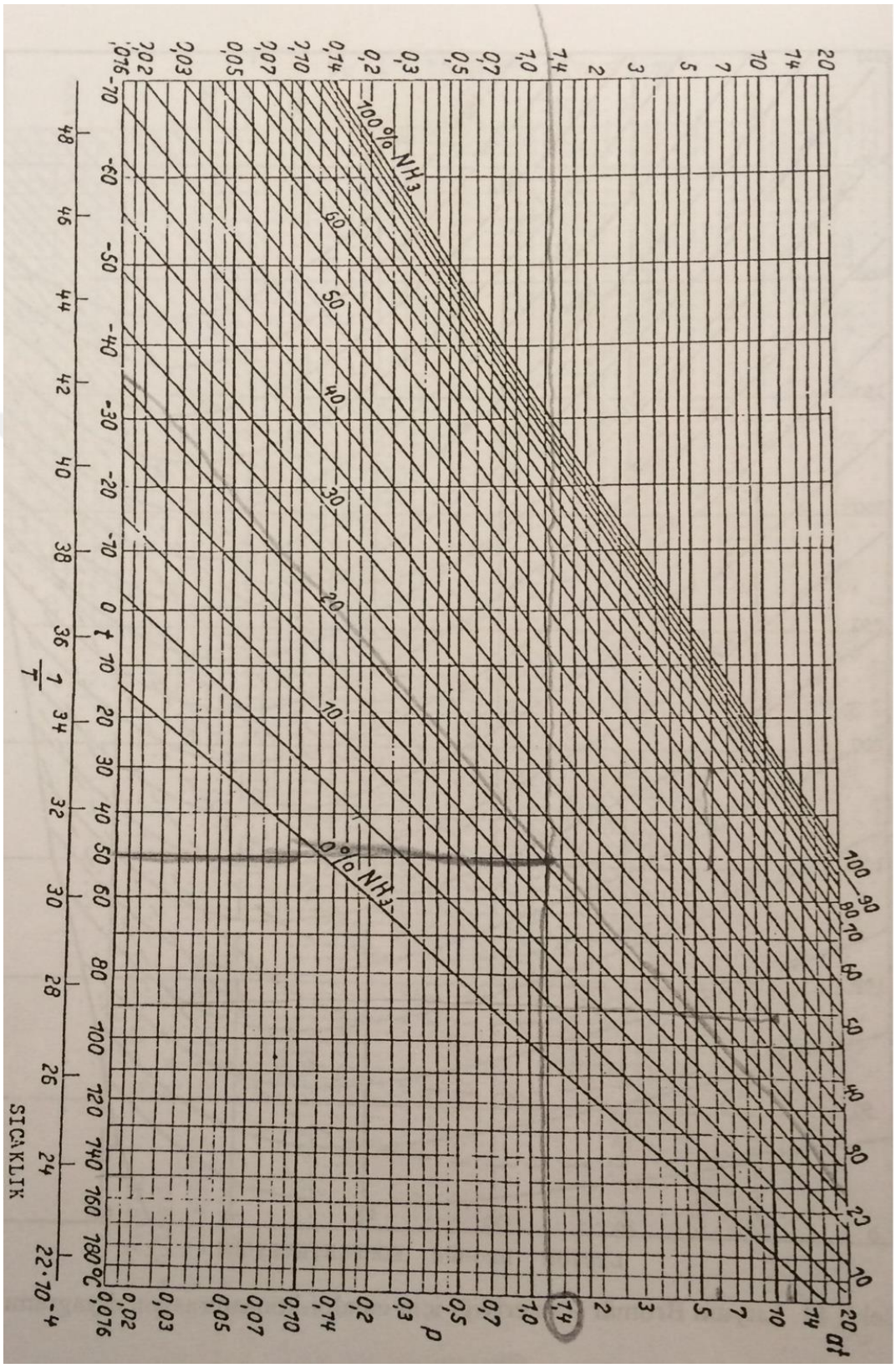
YABANCI DİLLER : İNGİLİZCE

EKLER

EK 1 R717 basınç, sıcaklık ve entalpi diyagramı



EK 2 R717 ve H_2O eriyiği için InP-1/T diyagramı



EK 3 R717 basınç ve sıcaklık tablosu (ASHRAE, 2001)

Sıcaklık	Basınç (Bar)
30	11,672
32	12,382
34	13,124
36	13,9
38	14,709
40	15,554
42	16,435
44	17,353
46	18,31
48	19,305
50	20,34
52	21,448
54	22,557
55	23,111
56	23,72
58	24,938
60	26,156

EK 4 Isı transfer yağı özellikleri (yunus çengel, ısı transfer ders kitabı)

sıcaklık T, ^oC	özgül kütle ρ,kg/ m^3	özgül ısı c_p J/kg. K	ısıl iletkenlik k, W/m.K	ısıl yayılım katsayısı α, m^2/s	Dinamik viskozite μ, kg/m.s	kinematik viskozite ν, m^2/s	prandıl sayısı P_r	hacimsel genleşme katsayısı 1/K
0	899.0	1797	0.1469	$9.097*10^{-8}$	3.814	$4.242*10^{-3}$	46.636	0.00070
20	888.1	1881	0.1450	$8.680*10^{-8}$	0.8374	$9.429*10^{-4}$	10.863	0.00070
40	876.0	1964	0.1444	$8.391*10^{-8}$	0.2177	$2.485*10^{-4}$	2.962	0.00070
60	863.9	2048	0.1404	$7.934*10^{-8}$	0.07399	$8.565*10^{-5}$	1.080	0.00070
80	852.0	2132	0.1380	$7.599*10^{-8}$	0.03232	$3,794*10^{-5}$	499.3	0.00070
100	840.0	2220	0.1367	$7.330*10^{-8}$	0.01718	$2.046*10^{-5}$	279.1	0.00070
120	828.9	2308	0.1347	$7.042*10^{-8}$	0.01029	$1.241*10^{-5}$	176.3	0.00070
140	816.8	2395	0.1330	$6.796*10^{-8}$	0.006558	$8.029*10^{-6}$	118.1	0.00070
150	810.3	2441	0.1327	$6.708*10^{-8}$	0.005344	$6.595*10^{-6}$	96.31	0.00070