

GÜNEŞ ENERJİSİ İLE ABSORBSİYONLU
SU SOĞUTUCUSU TASARIM VE DENENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
(MAKİNA EĞİTİMİ)

Yusuf ÇAY

Mart 1988

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.



Danışman

Yrd.Doç.Dr. Ali Yücel UYAREL

Sınav Jürisi

Başkan: Prof. Dr. Sümer ŞAHİN



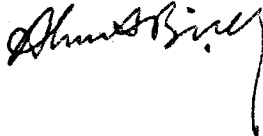
Üye : Doç. Dr. Ercan ATAER



Üye : Yrd. Doç. Dr. A. Yücel UYAREL



Bu Tez Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım
Esaslarına Uygundur.



GÜNEŞ ENERJİSİ İLE ABSORBSİYONLU
SU SOĞUTUCUSU TASARIM VE DENENMESİ

Yüksek Lisans Tezi

Yusuf ÇAY
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Mart 1988

ÖZ

Başka bir enerji kaynağına bağımlı olmadan sadece güneş enerjisi ile çalışan bir soğutma sistemi düşünüldü. Yapılan ön araştırmalara göre; soğutma çevrimi olarak absorbsiyonlu sistem ve akışkan olarak $\text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$ ikilisi seçildi. Buhar üretici (generatör) 40x150x1000 mm boyutlarında 3 mm 'lik demir saçtan ve çift kat cam düzlem kollektör şeklinde tasarlandı. Kollektör eğimi 30° seçildi. Generatör soğutma esnasında absorber görevi yapmaktadır. Evaporatör (buharlaştırıcı) ve kondenser (yoğuşturucu) sırasıyla 200x200x350 mm ve 300x300x500 mm boyutlarında olup 1 mm 'lik çelik saçtan yapılmıştır. Önce sistemin ön tasarımı yapıldı, ana boyutlar belirlendi. Buna göre sistem imal edildi, Ağustos ayında Ankara şartlarında denerek güneş enerjisi ile bu sistemde soğutma işleminin gerçekleştiği görüldü. 967 kJ güneş ışınım şartlarında 5 saatlik bir çalışma sonunda 376 kJ 'lük soğutma elde edildi. Soğutma tesir katsayısı 0.23 olarak belirlendi.

DESİNG AND TEST OF THE ABSORBTİON WATER
COOLİNG SYSTEM OPERATED BY SOLAR ENERGY

(M.Sc. Thesis)

Yusuf CAY

GAZİ UNIVERSITY

INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

Mart 1988

ABSTRACT

A cooling system which works only by solar energy has been constructed. As a result of preliminary works $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ mixture has been chosen as a working fluid and absorption system for the cooling cycle. Vapor generator has been made of 3 mm iron sheet and double layer glass plate collector has been chosen 30° . During cooling, the generator works as an absorber. The dimensions of evaporator and collector are 200x200x350 mm and 300x300x500 mm and they have been made of 1 mm steel sheet. At the beginning of the study, the system has been designed and then main dimensions have been determined. Then the system has been constructed. Experimental results showed that the system could work efficiently in August in Ankara. As the total energy which absorbed the collector was 967 kJ, in the generation period of 5 hours, the amount of 376 kJ cooling effect could be achieved. Then, the coefficient of performance has been determined as 0.23.

TEŞEKKÜR

Bu tez alıŐması esnasında hibir zaman yardımlarını esirgemyen Değerli Hocam Yrd.Do.Dr. Ali Yücel UYAREL'e ve Tesisat Anabilim dalı Öğretim Elemanlarına TeŐekkürü bir borç bilirim.



SEMBOLLER

<u>Sembol</u>	<u>Anlam</u>
A :	Alan (m^2)
C_p :	Özgül ısınma ısısı ($kJ/kg \text{ } ^\circ K$)
H_s :	Güneş ışınlımı (kJ/m^2)
i :	Antalpi (kJ/kg)
L :	Uzunluk (m)
P :	Basınç (Bar)
Q :	Isı enerjisi (kJ)
K :	Generatör sıcaklık faktörü
T :	Sıcaklık ($^\circ C, \text{ } ^\circ K$)
W :	İş (kJ)
g :	Sirkilasyon faktörü
h :	Zaman (saat)
h :	Antalpi (kJ/kg)
m :	Kütle (kg)
\dot{m} :	Debi (kg/s)
w :	Akışkan oranı (%)
x :	Eşanjör parametresi
η :	Verim (%)
β :	Soğutma tesir katsayısı (%)
β' :	Isıl oran
h_{cg} :	Çözünme gizli ısısı (kJ/kg)
h_{bg} :	Buharlaştırma gizli ısısı (kJ/kg)
h_{yg} :	Yoguştırma gizli ısısı (kJ/kg)

s	:	Antropi (kj/kg $^{\circ}K$)
w_f	:	Fakir karışımındaki akışkan yüzdesi (%)
w_o	:	Orta karışımındaki akışkan yüzdesi (%)
w_z	:	Zengin karışımındaki akışkan yüzdesi (%)
NH_3	:	Amonyak
H_2O	:	Su
$LiBr$	:	Lidyumbrömür



ŞEKİLLERİN LİSTESİ

<u>Şekil</u>		<u>Sayfa</u>
Şekil 1.	Soğutma çevrimi ve P-h,T-S diyagramları	7
Şekil 2.	Güç ve soğutma çevrimleri ile T-S diyagramı	8
Şekil 3.	Gaz sıkıştırırmalı sistemin T-S diyagramı	9
Şekil 4.	Absorbsiyonlu soğutma sistem şeması	10
Şekil 5.	NH ₃ -H ₂ O absorbsiyonlu soğutma sistemi devre şeması	13
Şekil 6.	İkili eriyik(NH ₃ -H ₂ O) i-w diyagramı	16
Şekil 7.	İkili eriyik(NH ₃ -H ₂ O) T-w diyağramı	17
Şekil 8.	NH ₃ -H ₂ O absorbsiyon soğutma çevrimi T-w ve h-w Diyagramı	17
Şekil 9.	Katı absorberli sistem şeması	19
Şekil 10.	Kollektörün görünüşü	21
Şekil 11.	Kondenser	22
Şekil 12.	Evaporatör	23
Şekil 13.	NH ₃ -H ₂ O soğutma çevrimi ve T-S diyagramı	24
Şekil 14.	Sıcaklık - Zaman Diyağramı	27
Şekil 15.	Sıcaklık - Zaman Diyağramı	27
Şekil 16.	Deneyin T-S,p-h,T-w ve ln p-1/T diyagramı	28

TABLULARIN LİSTESİ

<u>Tablo</u>		<u>Sayfa</u>
Tablo 1.	$\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ soğutma sistemi	15
Tablo 2.	$\text{LiBr-H}_2\text{O}$ Sisteminin çeşitli noktalardaki özellikleri	18
Tablo 3.	Generatör çalışması sırasında sıcaklık ve basınç değişimleri	26
Tablo 4.	Soğutma sırasında sıcaklık ve basınç değişimleri..	26

İÇİNDEKİLER

ÖZ	.....	II
ABSTRACT	.....	III
TEŞEKKÜR	.....	IV
SEMBOLLER	.....	V
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	.....	VII
TABLULARIN LİSTESİ	.....	VIII
GİRİŞ	.....	1
BÖLÜM 1		
LİTERATÜR ÖZETİ	.....	3
BÖLÜM 2		
SOĞUTMA SİSTEMLERİ	.....	6
2.1. Mekanik sistemler	.....	6
2.1.1. Yoğuşmalı sistemler	.....	6
2.1.2. Gaz sıkıştırırmalı sistemler	.....	9
2.2. Mekanik olmayan sistemler	.....	9
2.2.1. Absorbsiyonlu soğutma sistemi	.....	10
2.2.2. Kurutmalı soğutma sistemleri	.....	20
2.2.3. Ejektörlü soğutma sistemleri	.....	20
BÖLÜM 3		
METERYAL VE METOD	.....	21
3.1. Deney Tesisinin tanıtımı	.....	21
3.1.1. Kollektör	.....	21
3.1.2. Kondenser	.....	22
3.1.3. Genleşme valfi	.....	22
3.1.4. Evaporatör	.....	22
3.2. Tesisin çalışma şekli	.....	23
BÖLÜM 4		
DENEY VE SONUÇLAR	.....	25

4.1. Deneyin yapılışı	25
4.2. Sistemin performans oranının belirtilmesi	29
4.2.1. Kollektörde kazanılan enerji	29
4.2.2. Kondenserde atılan ısı	30
4.2.3. Evaporatörde atılan ısı	30
4.2.4. Performans oranı	31
BÖLÜM 5	
SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	33
KAYNAKLAR	34
EKLER	36



GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızla artması ve teknolojik gelişmeler enerji problemini de beraberinde getirmektedir. Enerji, sanayileşmenin ayrılmaz bir parçasıdır. Enerji kaynaklarını geliştirebilen ülkeler kalkınacak diğerleri giderek eriyecektir. Çözüm olarak doğal kaynakların akıllıca kullanılması, nükleer santraller, hidrolik enerji, rüzgar enerjisi, deniz seviyelerinin sıcaklık farkı, gel-git olayı, dalga etkisi, güneş enerjisi vb. çözümler üzerinde durulmaktadır.

Doğal kaynakların (fosil yakıtlar) belli bir süre sonra bitecekleri tahmin edilmektedir. Hidrolik enerji tesislerinin pahalı oluşu ve kuruluşlarının uzun süre alması sebebiyle her zaman uygun olmamaktadır. Ayrıca hidrolik enerji potansiyeli her yerde bulunmaz. Deniz seviyelerinin ısı farkı teknolojik yönden karmaşık çözümler getirmektedir. Gel-git olayı ise ancak deniz seviyesi farkları elverişli olan yerlerde uygundur. Gelecekte rüzgar, nükleer ve güneş enerjilerini önem ve kullanımlarını artacağı beklenilmektedir. Nükleer enerjinin yüksek teknoloji ve maliyeti yanında insan sağlığına son derece zararlı oluşu güvenilirliği azaltmaktadır.

Güneş enerjisi çalışmaları ise yeni yeni kendini göstermektedir. A.B.D., Avusturya, İsrail ve diğer bazı ülkelerde güneş enerjisinden büyük oranda yararlanılmaktadır. Güneş enerjisinden ısıtmanın yanı sıra soğutma sistemlerinde de yararlanılabilir. Türkiye'de Üniversitelerde ve bazı kuruluşlar tarafından çalışmalar devam etmektedir.

Güneş enerjisinde ulaşım sorunu yoktur. Temiz bir enerji kaynağı olup, çevre kirliliği sorunu oluşturmaz ve zararlı artıkları yoktur. Dışa bağımlı değildir. Sonsuz bir enerji kaynağı olup Dünya var oldukça enerji sağlayacaktır.

Özellikle yaz mevsimlerinde, tatil bölgelerinde ve sahillerde soğuk su temini ve soğutma önemli bir ihtiyaçtır. Soğutma için yaz mevsimi güneş enerjisi daha etkili olduğundan avantaj sağlamaktadır.

Isı enerjisinden Rankin çevrimi ile elde edilen mekanik enerji kullanılarak, yoğuşmalı soğutma çevrimi kompresörü çalıştırılabilir. Isı makinası çevrimlerinde termik verim, ısı verilen ortam sıcaklığı yükseldikçe artar. Güneş kolektörleri ile çok yüksek sıcaklıklara çıkılamayacağından termik verim düşük olacaktır. Soğutma işlemi art arda iki termodinamik çevrim ile gerçekleştirilebileceğinden toplam verim daha da düşecektir.

Hiç mekanik enerji kullanmadan, sadece güneş enerjisinden yararlanarak çalışacak soğutma sistemi başka yardımcı enerjiye gerek duymadan çalışabilir. İlk yatırım maliyetinin haricinde, hareketli parçası bulunmadığından tamir ve bakım masrafı da olmayacaktır. Sistem direkt güneş enerjisine bağımlı olup, başka bir enerjiye bağımlı olmadığı için her yerde kurulması mümkündür. Bunlara ilave olarak gürültü ve kirlilik gibi çevre problemi de söz konusu olmamaktadır.

BÖLÜM I

LİTERATÜR ÖZETİ

Absorbsiyon soğutma sistemi geliştirilmesi amacıyla yapılan çalışmalar son zamanlarda büyük oranda artmıştır. Güneş enerjisinden soğutma ve buz üretimi yanı sıra taşıtlarda eksozlardan atılan ısı enerjisinden faydalanarak taşıtların soğutulması çalışmaları yapılmıştır.

Iloje(3), 5- 10 mm çapında % 80 CaCl₂, % 20 CaSO₄ katı tanelerinden oluşan absorber - Generatör kullanarak denemeler yapmıştır, katı tanecikleri silindirik borudan ibaret güneş kollektörü içindeki delikli boru içerisine yerleştirilmiştir. 6 Saatlik generatör çalışma (buhar üretimi) peryodunda güneş kollektörü aracılığıyla absorbsiyon işlemi sağlanmış, elde edilen basınçlı NH₃ buharı bir kondenserde yoğunlaştırıldıktan sonra sıvı deposunda biriktirilmiştir. Daha sonra 12 saat süren absorbsiyon ve soğutma işlemi peryodunda kollektör gölgelenerek soğutulmuş böylece absorblama sağlanmıştır. Basınçlı sıvı genleşme valfinden geçirilip, evaporatörde soğutulacak ortamdan ısı aldıktan sonra absorberde biriktirilmiştir. 6 Saatlik generatör çalışmada 12000 Kj/m² lik güneş ışınımı ile 4 Kg su evaporatörde -5 °C 'ye soğutulup kristalleştirilmiştir. Toplam performans oranı 0.1 civarındadır.

Ülkü ve Nikhnam (10), tarafından yapılmış; absorbent olarak Bigadiç yöresinden temin edilen doğal Zeolit(Aliminyum silikat kristali) kullanarak ön tasarım ve denemeler yapılmıştır. Soğutucu akış-

kan olarak, buharlaşma gizli ısısı oldukça yüksek olan su seçilmiş, laboratuarda ışınım simülasyonu için ısıtma bandajı ve soğutma helezonu kullanılmıştır. Desorbsiyon sırasında 300 dakika içerisinde basınç 55 Torr'dan 95 Torr'a , sıcaklık ise 90°C çıkmış, sonra 200 dakikalık absorpsiyon işlemi sırasında basınç 60 Torr'dan 30 Torr'a sıcaklık 10 °C ye düşmüştür. Araştırmalar sızdırmazlık temin edilmediği için performans oranının düşük olduğu bildirilmektedir. (0.09) ve buna göre verim 0.5 olmaktadır.

1983-1984 yıllarında Yunanistan National Technical University, de D.A. Kauremenos tarafından NH₃ - H₂O absorpsiyon sistemi ile ilgili bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada evaporatör sıcaklığı -20 °C generatör sıcaklığı 131 °C, absorber sıcaklığı 50 °C iken soğutma tesir katsayısı 0.72 olarak belirlenmiştir. (4)

D.A. Kauremenos 'un 1987 yılında K.A. Antonopoulos ve E.Rogdakis ile yapmış olduğu diğer bir çalışmada % 75 performans oranı, 13 saatlik çalışma ile maksimum soğutma gücünü Temmuz ayında 223 W/m² olarak tesbit etmiştir. Aynı sistemi Kasım ve Nisan ayları arasında ısı pompası olarak çalıştırıp 14 saatlik çalışma ile % 170 performans oranı ile 213 W/m² ve yine 14 saatlik çalışma ile % 165 performans oranı ile Nisan ayında 334 W/m² ısıtma gücünü elde etmiştir (5).

S. Alizade ve F.Bahar (6) tarafından güneş enerjisi ile çalışan soğutma sistemini dizayn ve iyileştirilmesi ile ilgili olarak yapılan çalışmada H₂O - LiBr ikilisi ile çalışan sistemlerin daha basit ve ucuza mal olduğu bildirilmektedir.

Tchernev (7), doğal Zeolitlerle 0.5 verimin uygun olacağını söylemektedir. Alefeld, Maier ve Rothmeyer(8) de sentetik Zeolitlerle

suyun kullanılmasını uygun olacağını söylemektedir.

Gazi Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünde 1987 yılından yapılan bir araştırmada; $\text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$ soğutma sisteminin simülasyonu yapılmış, performans ve dolaşım oranlarının generatör, absorber ve evaporatör sıcaklıklarıyla değişimleri incelenmiştir. Generatör sıcaklığı azalırken performans oranı ve evaporatör sıcaklığı arttığı, absorber ve evaporatör sıcaklığı arttıkça dolaşım oranının azaldığı, yüksek evaporatör ve düşük absorber sıcaklıklarında çevrim maximum performans oranı ile çalıştığı görülmüştür(11).



BÖLÜM 2

SOĞUTMA SİSTEMLERİ

Soğutma işlemi çok düşük sıcaklıklarda buharlaşabilen akışkanların faz değiştirme sarasında bulunduğu ortamdan ısıyı çekmesinden istifade edilerek gerçekleşir. Soğutma sistemleri uygulamada şu şekilde planlandırılabilir;

2.1. Mekanik Sistemler

2.1.1. Yoğuşmalı Sistemler

2.1.2. Gaz sıkıştırırmalı Sistemler

2.2. Mekanik Olmayan Sistemler

2.2.1. Absorbsiyonlu Soğutma Sistemleri

2.2.1.1. Sıvı çözeltili Sistem

2.2.1.2. Katı Absorberli Sistem

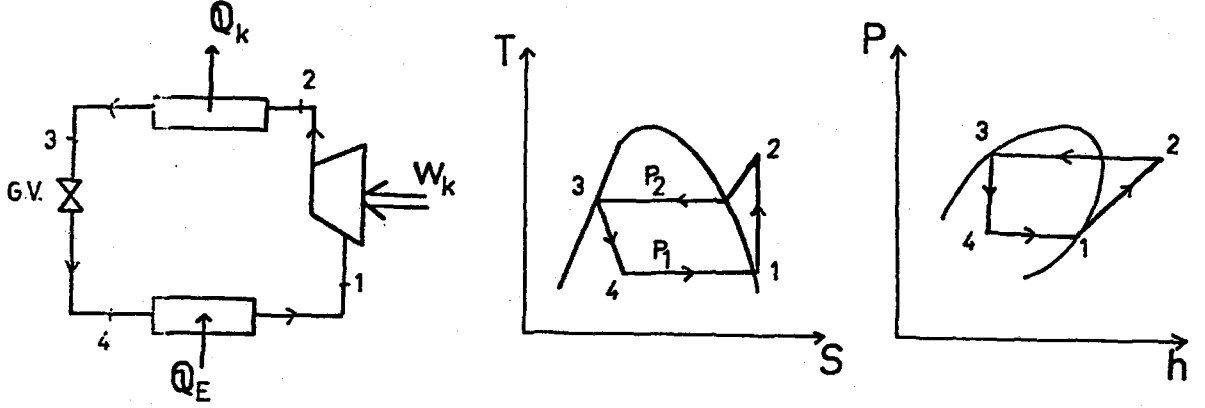
2.2.2. Kurutmalı soğutma sistemi

2.2.3. Ejektörlü Soğutma Sistemi

2.1. Mekanik Sistemler

2.1.1. Yoğuşmalı Sistemler: Yoğuşmalı soğutma çevrimi (Şekil.1) de görüldüğü gibi şu aşamalardan oluşmaktadır; (1) noktasında soğutucu akışkan kompresörde P_2 basıncına kadar izantropik olarak sıkıştırılır. Sıkıştırılan akışkan yüksek ve sabit basınçta yoğuşturularak dışarıya ısı atılır. Genleşme valfinde izantropik genleşme sonucu basıncı düşürülür. Düşük ve sabit basınçta akışkan soğutulacak ortamdan (Evaporatörde) ısı alarak buharlaşır, böylece soğutma temin edilmiş olur. Evaporatörden çıkan akışkan tekrar kompresöre

gelerek sistemin daimi çalışması sağlanmış olur.



Şekil.1. Soğutma çevrimi ve P-h,T-S Diyağramları.

$$Q_K = m(h_2 - h_3)$$

$$Q_E = m(h_1 - h_4)$$

$$W_{Komp} = m(h_2 - h_1)$$

Q_K : Kondenserde atılan ısı (kj)

Q_E : Evaporatörde alınan ısı (kj)

W_{Komp} : Kompresör işi (kj)

P_2 : Kondenser basıncı (bar)

P_1 : Evaporatör basıncı (bar)

m : Akışkan miktarı (kg)

h : Antalpi (kj/kg)

termodinamiğin 1. kanununa göre bir çevrim boyunca ısı alış ve-rişi net işe esittir.

$$Q_K + Q_E = W_{Komp} \quad (\sum Q = \sum W)$$

sistemin soğutma tesir katsayısı (B) ; soğutulacak ortamdaki alınan ısının, çevrimi gerçekleştirmek için dışarıdan alınan enerjiye oranıdır.

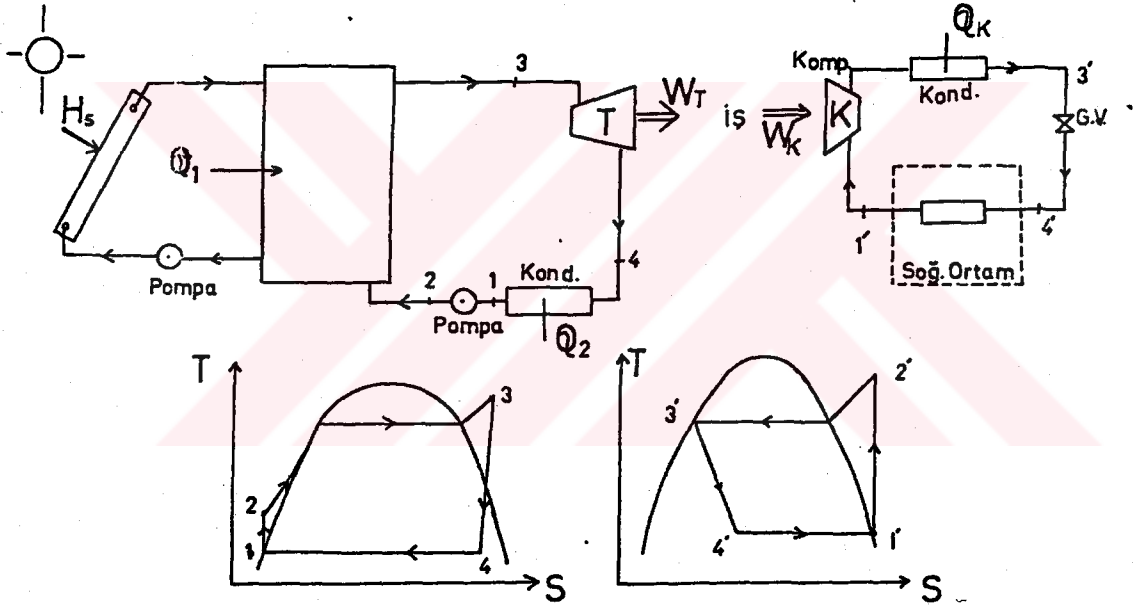
$$\beta = \frac{\text{Evaporatörde alınan ısı}}{\text{Kompresörde verilen iş}} = \frac{Q_E}{W_{Komp}}$$

Verim ise;

$$\eta = \frac{\text{Soğutma tesir katsayısı}}{\text{Carnot çevrimi sog.tes.kat.}} = \frac{\beta}{\beta_c}$$

β_c ; aynı sıcaklık sınırları içinde çalışan Carnot çevrimi soğutma tesir katsayısı.

Güneş enerjisi ile soğutma uygulamasında yoğuşmalı soğutma çevriminde akışkanın evaporatörden kondensere aktarılması için dışarıdan kompresör yardımı ile bir iş verilmesi gerekmektedir. Söz konusu işin güneş enerjisinden istifade ederek bir Rankin güç çevrimi ile elde etmek mümkündür. (Şekil 2.)



Şekil 2. Güç ve Soğutma çevrimleri ile T-S diyagramları

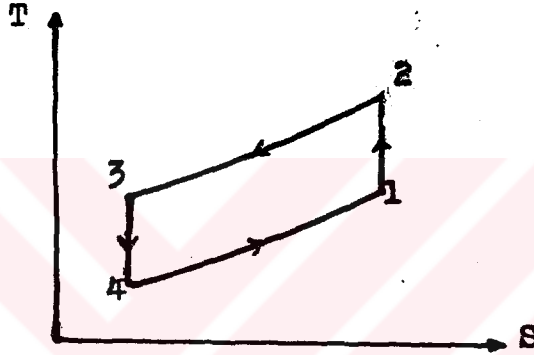
Bu çevrimde güneş kolektöründen alınan ısı, pompada basıncı artırılmış akışkana verilir. Kazana gelen akışkan güneş kolektöründen aldığı ısı ile basınçlı buhar halini alır. Buhar türbinden geçirilerek genişlemesi sonucu dışarıya iş alınır. Daha sonra kondenserde yoğuşturularak tekrar kazana pompalanır.

Böyle bir çevrim ile dışarıdan çevrim için alınan işin birkaç

katı soğutma elde edilir. Ancak yüksek sıcaklıklara çıkmak gerekmektedir. Güneş kolektörlerinde ulaşılan sıcaklık sınırlı olduğundan, her iki çevrimin bir arada çalışmasıyla gerçekleştirilen bu tip soğutma sisteminin verimi oldukça düşük olmaktadır.

2.1.2. Gaz Sıkıştırılmalı Sistemler

Sıkıştırılarak soğutulmuş bir gazın, iş yaparak genişlemesi sırasında, sıcaklığındaki azalmadan yararlanılarak çevrim gerçekleştirir.



Şekil 3. Gaz Sıkıştırılmalı Sistemin T - S Diyagramı

- 1 - 2 : İzentropik Sıkıştırma
- 2 - 3 : Sabit basınçta ısı verme
- 3 - 4 : İzentropik genişleme
- 4 - 1 : Sabit basınçta ısı alma (Soğutma)

Bu sistemlerde soğutma tesir katsayısı 1-2 arasında değişmektedir.

2.2. Mekanik Olmayan Sistemler

Bu sistemlerin en yaygın olanı absorpsiyonlu soğutma sistemleridir. Güneş kolektörleri ile buhar üretiminde yeterli basınç ve sıcaklıklara çıkılmadığından absorpsiyonlu sistemler uygun ol-

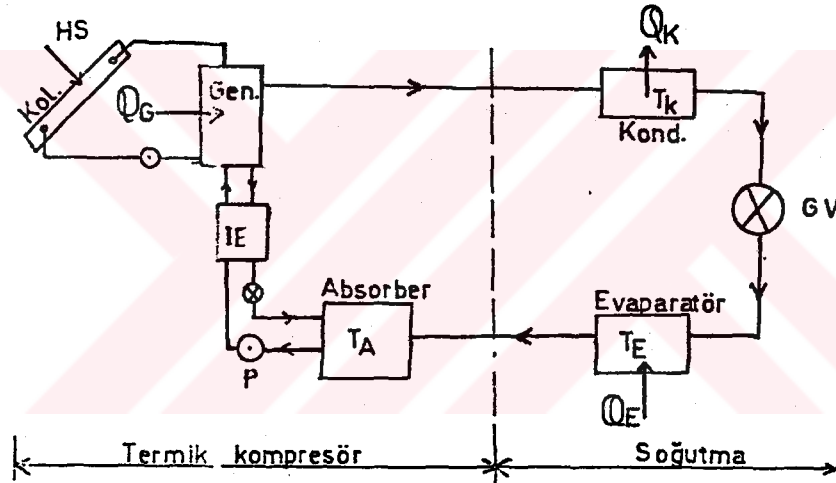
maktadır.

Absorbsiyonlu sistemlerde $\text{LiBr} - \text{H}_2\text{O}$ ve $\text{H}_2\text{O} - \text{NH}_3$ çiftleri kullanılır. Kurutmalı sistemler ve ejektörlü sistemler (küçük soğutma yükü kapasitelerinde) binaların soğutulmasında kullanılır.

2.2.1. Absorbsiyonlu Soğutma Sistemleri

2.2.1.1. Sıvı Çözeltili Sistemler

Sıvı çözeltili sistemlerin soğutma devreleri, mekanik sistemlerin hemen hemen aynıdır. Farklı yanı akışkana basınç kazandırılmasının sıvı fazda oluşması açısından dır.



Şekil 4. Absorbsiyonlu Soğutma Sistem Şeması

- G.v. : Genleşme valfi
Kond : Kondenser (yoğuşturucu)
Gen : Generatör (buhar üretici)
E.V. : Evaporatör (buharlaştırıcı)
Ab. : Absorber
IE : Isı eşanjörü
Kol : Kollektör

$$\eta = \frac{Q_G}{H_S} \quad \beta = \frac{Q_E}{Q_G} \quad \beta' = \frac{Q_E}{H_S}$$

- Q_G : Generatörde aktarılan ısı
 H_S : Kollektöre gelen ısı
 η_c : Kollektör verimi
 β_s : Soğutma tesir katsayısı
 β : Sistem ısı oranı
 Q_E : Evaporatörde alınan ısı
 Q_K : Kondenserde atılan ısı

Şekil 4'de görüldüğü gibi sol taraf mekanik sistemdeki kompresör grubunu oluşturmakta, sağ taraf ise mekanik sistemin aynısıdır.

Absorbsiyonlu soğutma çevriminde soğutucu akışkan ve soğutucu akışkanı absorblayan sıvı akışkan bulunur. Absorberde belli oran sınırları içinde karışmış olan çözelti, bir sıvı pompası ile basınçlandırılır. Basınçlı sıvı içindeki soğutucu akışkan generatörde buharlaştırılır. Generatör enerjisi güneş kolektöründen sağlanır. Bu sistemde basınç artışı sıvı fazda olduğu için buhar kompresörü içinden çok daha az enerji harcanarak sağlanmış olur. Basınçlı gaz mekanik sistem ile aynı termodinamik çevrimden geçerek soğutma temin edilir. Buharlaştırıcıdan çıkışta gaz, absorber tarafından absorblanır. Absorblama kapasitesini artırmak için absorber soğutulmalıdır.

Absorber sıvısı içinde çözülmüş bulunan soğutucu akışkan bir pompa ile sıkıştırılarak basınç kazandırılır. Düşük buharlaşma sıcaklığına sahip olan soğutucu akışkan generatörde buharlaşarak çözültiden ayrılır. Absorber sıvısı içindeki soğutucu akışkan miktarı azalmış olarak ve bir miktarda ısınmış olarak generatörden ayrılır. Bunun ısıyla generatöre gelmeden önce ilk çözelti ısıtılır.

Görüldüğü gibi akışkana sıvı halde iken basınç kazandırıldığından harcanan pompa gücü, aynı basınç için buhar halinde iken temin

edilen kompresör gücü yanında çok küçüktür.

Sistemin diğer tarafları buhar sıkıştırmalı çevrimin aynıdır. Evaporatörden çıkan buhar halindeki, soğutucu akışkan absorberden absorblanarak çevrim sağlanır.

LiBr - H₂O çiftini kullanan sistem, NH₃ - H₂O çifti kullanan sistemden daha basittir. İkinci sistemde soğutucu akışkan NH₃ olduğundan soğutma devresine H₂O buharının karışmaması gerekir. eğer gerekli tedbir alınmaz ise evaporatöre giden devrede NH₃ içinde H₂O buharı bulunacak olursa donma tehlikesi olacaktır.

LiBr - H₂O kullanan sistemde ise H₂O buharı soğutucu akışkan olarak devrede dolaşır. Bu sistemin çalışması için kollektör sıcaklığı, NH₃ - H₂O ikilisine nazaran daha düşüktür ve performans sabiti (B) daha büyüktür. Buna karşı, LiBr - H₂O sisteminin tek sakıncası buharlaştırıcının +4 °C nin altında soğutucu su olduğundan çalışmamaktadır.

Sonuç olarak, ortam sıcaklığının 4 °C nin altında olması gereken yerlerde en uygun çözüm LiBr - H₂O ikilisini kullanmaktır.

Sıvı çiftinin seçiminde şu özellikler göz önünde bulundurulmalıdır;

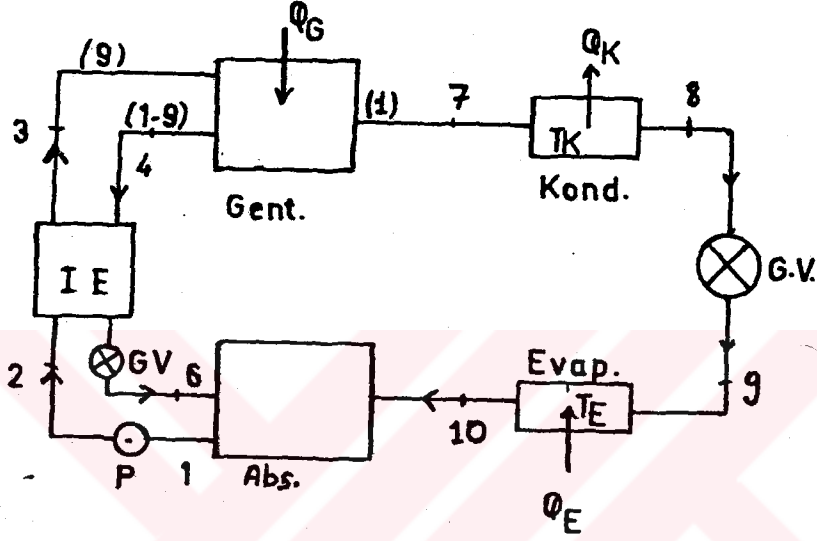
- 1- Çalışma şartlarında absorblayıcının katı halde bulunmaması
- 2- Soğutucu akışkan, absorber akışkandan daha uçuç olması
- 3- Devrede minimum akışkan debisinin sirkilasyonu için soğutucu akışkan gizli ısısının yüksek olması.
- 4- Tesisattaki malzemeyi ve yağlama yağını kimyasal olarak etkilememesi
- 5- Yanıcı patlayıcı, zehirli olmaması
- 6- Sistemin hiçbir yerinde kimyasal değişikliğe uğramaması.

7- Kaçakların kolay tesbitine imkan veren özellikte olması.

8- Ucuz olması.

$\text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$ Absorbsiyonlu soğutma sistemi;

Bu sistemde NH_3 soğutucu akışkan H_2O 'da absorblayıcı akışkandır.(Şekil 5.)



Şekil 5. $\text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$ absorpsiyon soğutma sistemi devre şeması

Generatör çıkışında buhar fazında NH_3 oranı % 80 civarındadır..

Bu oran rektifier kullanılarak dahada artırılabilir. Soğutulacak ortam sıcaklığı çok düşük ise ($+4$ °C'den) su buharı bu devreye geçmesi için su ayırıcı kullanılır.

1 kg NH_3 buharının devrede dolaşabilmesi için absorberde $1+g$ kg çözelti pompalanması gerekir. g ' ye sirkilasyon faktörü veya özgül dolaşım oranı denir.

$$g \cdot w_3 = w_7 - (g-1)w_4$$

$$g = \frac{w_7 - w_4}{w_3 - w_4} \quad \text{veya} \quad g = \frac{w_z - w_f}{w_o - w_f}$$

w : NH_3 yüzdesi

w_z : Zengin karışımdaki NH_3 yüzdesi (7 noktası)

w_o : Generatöre girişte (orta karışım) NH_3 yüzdesi (3 noktası)

w_f : Fakir karışımdaki NH_3 yüzdesi (4 noktası)

Eşanjör parametresi (X) şu şekilde tanımlanır;

$$X = \frac{K.A}{m_p \cdot c_p}$$

$$c_p = 0.7.w - 4.18 \text{ (kJ/kg}^{\circ}\text{C)}$$

X : Eşanjör parametresi

K : Eşanjörün toplam ısı geçiş katsayısı ($KW/m^{2\circ}C$)

A : Isı transfer alanı (m^2)

m_p : Çözelti pompası debisi (kg/s)

c_p : Çözeltinin özgül ısısı

X parametresi sıcaklığa göre değer alır. $60 \div 140$ $^{\circ}C$ aralığında $2 \div 8$ değerleri arasında değişir. Ayrıca generatör sıcaklık faktörü olarak tanımlanan K parametresi vardır.

$$K = \left(1 - \frac{1}{g}\right) \frac{c_{pf}}{c_{po}} \text{ değeridir.}$$

c_{po} : Orta karışımdaki özgül ısınma ısısı

c_{pf} : Fakir karışımdaki özgül ısınma ısısı

1 kw 'lık soğutma yükü başına, $T_G = 70 \div 110$ $^{\circ}C$ de $1 \div 1.3$ m^2 ve $110 \div 160$ $^{\circ}C$ arasında $1.3 \div 1.7$ m^2 kollektör alanına gerek duyulmaktadır.

Bütün sisteme termodinamiğin 1. Kanunu uygulanırsa;

$$Q_G + Q_E + W_p = Q_A + Q_K$$

Q_G : Generatörde verilen ısı

Q_E : Evaporatörde alınan ısı

Q_A : Absorberde atılan ısı

Q_K : Kondenserde atılan ısı

W_p : Pompa gücü

Evaporatör sıcaklığı düştükçe daha yüksek generatör sıcaklığına ihtiyaç duyulmaktadır. (Tablo 1.)

Tablo 1. $NH_3 - H_2O$ soğutma sistemi

T_E ($^{\circ}C$)	T_{1max} ($^{\circ}C$)	W_{1max} (%)	T_{4min} ($^{\circ}C$)
0	40	0.465	98.8
5	40	0.505	82.7
10	40	0.545	78.0
15	40	0.595	71.8

T_E : Evaporatör sıcaklığı

T_1 : Kondenser sıcaklığı

W_1 : NH_3 Yüzdesi

T_4 : Generatör sıcaklığı

Sistemin performans oranı generatör sıcaklığı $60^{\circ}C$ 'yi geçtikçe artmakta ve $60 \div 140^{\circ}C$ arasında 0.4 den 0.75 ' e kadar çıkmaktadır.

Pratikte; $T_{kol} - T_{gen} = 8^{\circ}C$ (Kollektör - generatör sıcaklık farkı)

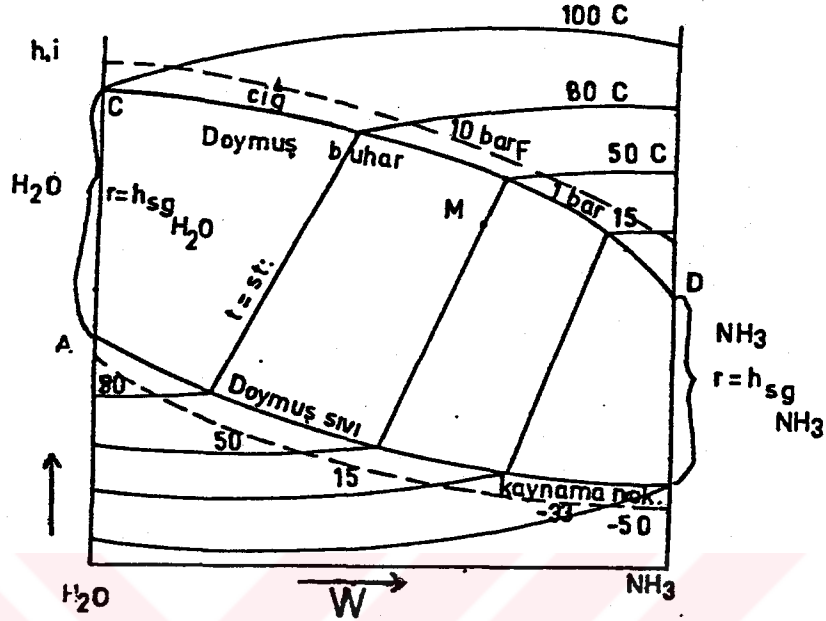
$T_g - T_4 = 20^{\circ}C$ (ısı verme sıcaklığı ile çözel- nin generatördeki sıcaklık farkı)

$W_f = 0.15$ (fakir karışımın NH_3 ağırlık oranı) değerleri elde edildi.

İkili bir karışımın $T - w$ ve $h - w$ diyagramları;

ikili eriyik($NH_3 - H_2O$) kullanan bir absorpsiyonlu soğutma ma-

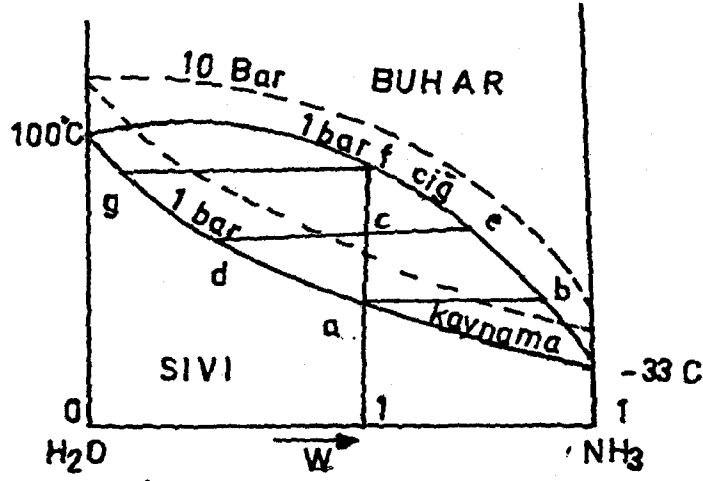
kinasının termik hesaplarının yapılması için kullanılacak en uygun diyağram i - w diyağramıdır. (Şekil 6.)



Şekil 6. İkili eriyik (NH₃-H₂O) i - w Diyağramı

100 °C 'deki sıvı eğrisinin w=0 eksenini kestiği A noktasına H₂O 'nun buharlaşma ısısı ilave edilerek 100 °C 'deki buhar eğrisinin w = 0 eksenini kestiği c noktası bulunur. Aynı şekilde NH₃ 'ün buharlaşma ısısını kullanarak belirli sıcaklıktaki buhar eğrisinin w= 1; sabit NH₃ eksenini kestiği D noktası bulunur. A ve C noktaları 100 °C 'de kaynayan su ile yine aynı sıcaklıkta doymuş su buharının antalpilerini gösterir. Aynı şekilde B ve D noktaları -33 °C 'de kaynayan sıvı NH₃ ile yine aynı sıcaklıkta doymuş NH₃ buharının antalpileridir. Buhar eğrilerin tesbit etmek için NH₃ H₂O kızgın buhar karışımının antalpisi belirli sıcaklıktaki saf H₂O ve NH₃ buharının özgül ısılarını kullanarak hesaplanır. Gaz veya buharın karışmasında belirli bir çözünme ısısı söz konusu olmadığından, buhar eğrileri yaklaşık olarak doğru şeklini alır. Bu şekilde elde edilen buhar ve sıvı eğrileri belirli bir basınca aittir. Genellikle diyağram 1 Bar basınç için çizilir, iki fazlı bölgeyi sı-

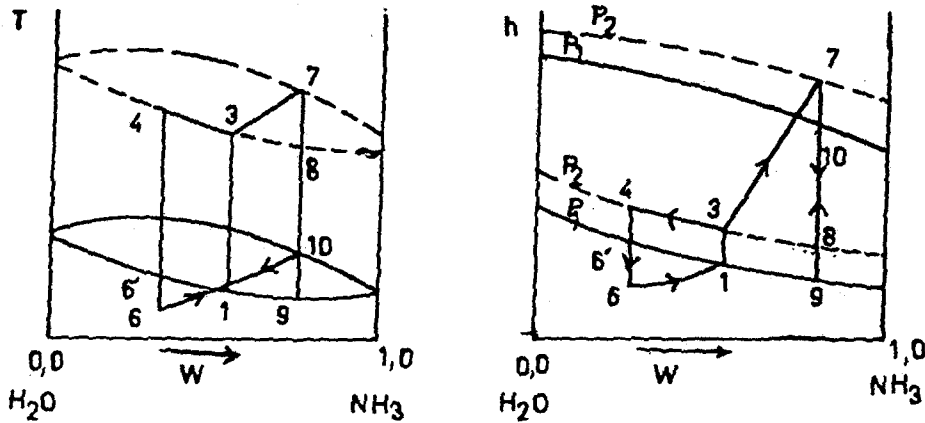
nırlamak için şekil 6. 'daki i - w diyagramındaki kaynama ve çığ eğrileri T - w diyagramına taşınır. (Şekil 7.)



Şekil 7. İkili eriyik (NH₃-H₂O) T-w diyagramı

NH₃ ağırlık oranı w_1 olan çözeltiliye 1 Bar basınçta ısı verilirse, T_a sıcaklığında buharlaşma başlar. Buhar fazı içinde % b kadar NH₃ bulunur. Isı vermeye devam edilirse T_c sıcaklığında sıvı ve buhar fazları bulunur. Sıvı faz içinde % d kadar, buhar faz içinde % e kadar NH₃ vardır. Sıvı fazın ağırlık olarak buhar faza oranı ce/cd 'dir. T_f sıcaklığında NH₃ için buharlaşma bitmiştir ve buhar fazda NH₃ oranı % f kadar, sıvı fazda % g kadar NH₃ vardır.

Buna göre bir NH₃-H₂O absorpsiyon soğutma sistemi T-w ve h-w diyagramlarında şu şekilde gösterilir (Şekil 8.)



Şekil 8. NH₃-H₂O absorpsiyon soğutma sistemi T-w ve h-w diy.

- 3,7,8,9,10 : NH₃ buhar devresi (zengin karışım)
 3,4,6,1 : fakir sıvı çözelti devresi
 3,7 : generatör buhar üretimi
 3,4 : generatör fakir çözelti dönüşü
 8,9-4,6' : genişleme valfi
 7,8 : Kondenser
 9,10 : Evaporatör (Soğutma)
 10,1 - 6,1 : Absorber

LiBr - H₂O absorpsiyonlu soğutma sistemi;

Bu sistemde soğutucu akışkan H₂O absorblayıcı akışkan ise LiBr'dür. Generatörde fazla yüksek sıcaklık gerekmediğinden güneş enerjisi uygulamaları için uygundur. Soğutucu akışkan su olduğu için sistem vakum altında çalışmamaktadır. Soğutma oranı 60 °C generatör sıcaklığından sonra hızla artarak 0.65 'den 95 °C'de 0.88 'e kadar çıkmaktadır. Çalışma sıcaklıkları içinde % 68 LiBr oranından sonra kristalleşme hadisesi olmaktadır. Soğutma sistemi devre şeması ve çalışma prensibi NH₃ - H₂O ile aynıdır.

Tablo 2. LiBr - H₂O sisteminin çeşitli noktadaki özellikleri.

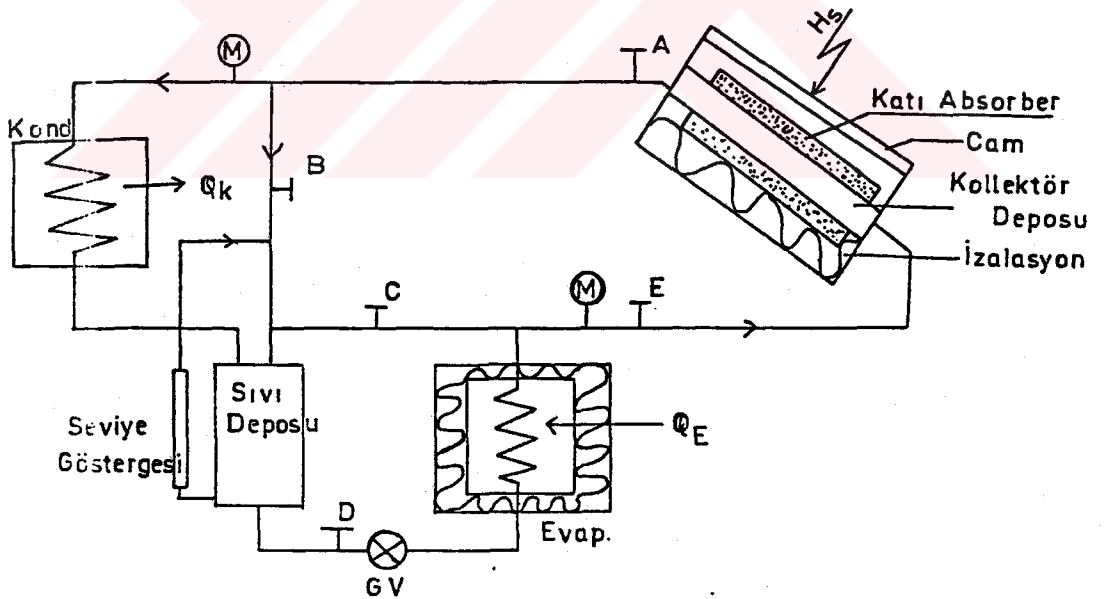
Nokta	Faz	LiBr % (Kütlesel)	sıcaklık (°C)	Basınç (mmHg)
1	Sıvı-Karışım	56	32	6.3
2	Sıvı-Karışım	56	32	66.0
3	Sıvı-karışım	56	73	66.0
7	Su buharı	-	88	66.0
8	Sıvı-su	-	43	66.0
9	Sıvı su	-	4.4	6.3
10	Su buharı	-	4.4	6.3
4	Sıvı-karışım	61	89	66.0
5	sıvı-karışım	61	38	6.3
6	Sıvı-karışım	61	38	6.3

4.4 °C'lik bir soğutma için soğutma devresindeki noktaların özellikleri Tablo 2. 'de görülmektedir.

2.2.1.2. Katı absorberli sistem

Bu sistemde absorber olarak katı bir madde ve soğutucu akışkan olarak NH_3 veya bunun gibi çok düşük sıcaklıkta buharlaşabilen bir akışkan kullanılır.

Absorber olarak doğal Zeolit veya $CaCl_2$ kullanmak mümkündür. Eger absorber malzemesi $CaCl_2$ kullanılacaksa karışım şu şekilde hazırlanır. Ağırlıkça % 20 $CaSO_4$ ile % 80 H_2O karıştırılır. Bu karışım bir fırında sıcaklık yavaş yavaş $250\text{ }^{\circ}C$ 'ye çıkarılarak 60 saat pişirilir. Sonra 5-10 mm çaplı parçalara ayrılır elde edilen bu karışımın % 20 'si ile % 80 $CaCl_2$ karıştırılarak absorber hazırlanır.



Şekil 9. Katı Absorberli sistem şeması

Bu sistemin dezavantajı kesitli çalışmak temin edilmesidir. Bu yüzden sürekli soğutma gerektiren yerlerde kullanılamaz. Soğutmanın zaman ve periyod olarak sınırlandırıldığı hallerde buz üretilebilir. (Şekil 9.)

2.2.2. Kurutmalı Soğutma Sistemi

Üflemeli kurutmalı sistem ve yeniden sirkilasyonlu kurutmalı soğutma sistemi olmak üzere iki kısımdır. Bu sistemlerin özelliği; ortamı soğutmak için gönderilecek havanın önce nemi alınır (kurutulur) ve sonra soğutulmuş olarak içeriye gönderilir. Bu sistemler pek geliştirilmemiştir. Isı değişimi zordur ve fazla miktarda rutubet emici maddeye ihtiyaç duyulur. Rutubet tutucu olarak silika-gel ve soğutucu olarak Sülfür-dioksit kullanılarak ticari soğutucular yapılmıştır.

2.2.3. Ejektörlü Soğutma Sistemleri

Ejektörlü soğutma sistemleri çok düşük sıcaklık şartı isteyen ve küçük soğutma yükleri için uygulanabilecek bir sistemdir . Uygulamada bu sistemin değişik şekillerini görmek mümkündür.

Ejektörlü soğutma sistemleri ile kurutmalı soğutma sistemleri küçük soğutma yükleri için binaların soğutulmasında kullanılır.

BÖLÜM 3

METARYAL VE METOD

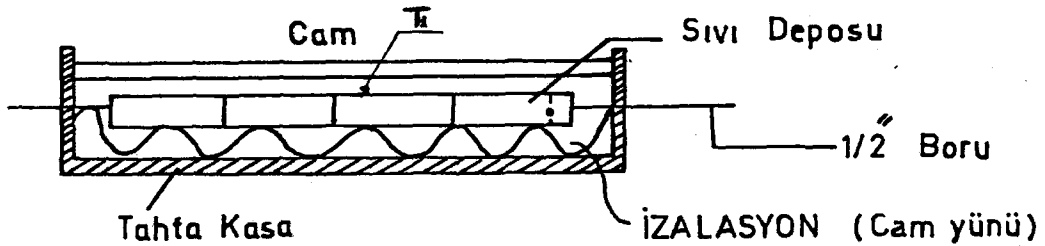
3.1. Deney Tesisinin Tanıtımı

Bu çalışmada deneysel metod izlendi. Bunun için geliştirilen prototip güneş soğutucusu sisteminin elemanları şunlardır;

3.1.1. Kollektör

Bu sistemde kollektör aynı zamanda generatör ve absorber görevinde görmektedir. 40x150x1000 mm boyutlarında, 3 mm kalınlığında demir saçtan yapılmıştır. İçerisinde % 25 NH_3 , % 75 H_2O karışımı vardır. Güneş enerjisi ile bu karışım ısıtılarak NH_3 'ün buharlaşması burada sağlanır.(Şekil 10.)

Kollektör üzerinde çift cam vardır. Soğutma yapılırken çift camlar kaldırılır ve kollektör gölgelenerek soğutulup sıcaklığının ve basıncının düşmesi sağlanır. Bu andan itibaren kollektör absorber görevi yapmaktadır.

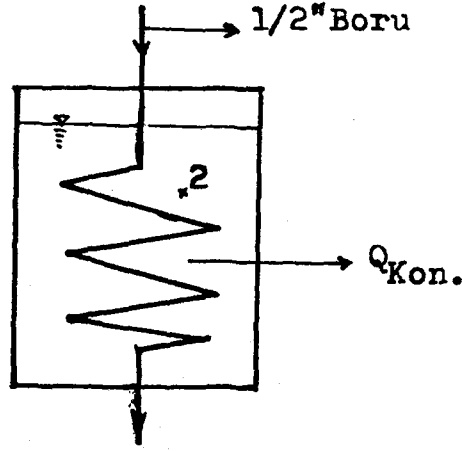


Şekil 10. Kollektörün görünüşü

Kollektör deposunun içerisine basınca karşı mukavemetini artırmak için pimler konmuştur. Kollektör eğimi 30° seçilmiştir.

3.1.2. Kondenser

Genaratörde elde edilen basıçlı NH_3 'ün yoğuştuğu kısımdır. NH_3 burada yoğuşarak dışarıya ısı atmaktadır.(şekil 11.)



şekil 11. Kondenser

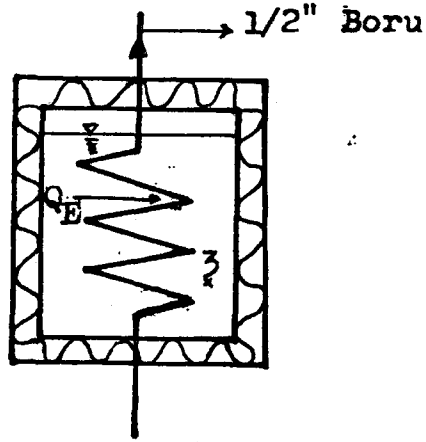
3.1.3. Genleşme valfi

Genleşme valfinde basıncılı sıvı akışkan geçirilerek basıncının dışmesi sağlanır. Akışkan basıncı azaldığından dolayı daha k¼ç¼k bir sıcaklıkta hemen buharlaşacaktır.

Genleşme valfi yerine kılcal boru kullanmak m¼mk¼nd¼r. 40 - 50 \emptyset mm'lik uzunca bir çelik boru genleşme valfi g¼revini yapabilir.

3.1.4. Evaporat¼r

Genleşme valfinde basıncı dıř¼r¼len sıvı NH_3 evaporat¼re geerek buharlaşır ve buharlaşma esnasında aldığı ısı ile bulunduğu ortamı soğutur. Sistemde su soğutulurken dışarıdan ısı kazancını ¼nlemek için izole edilmiştir.(şekil 12.)

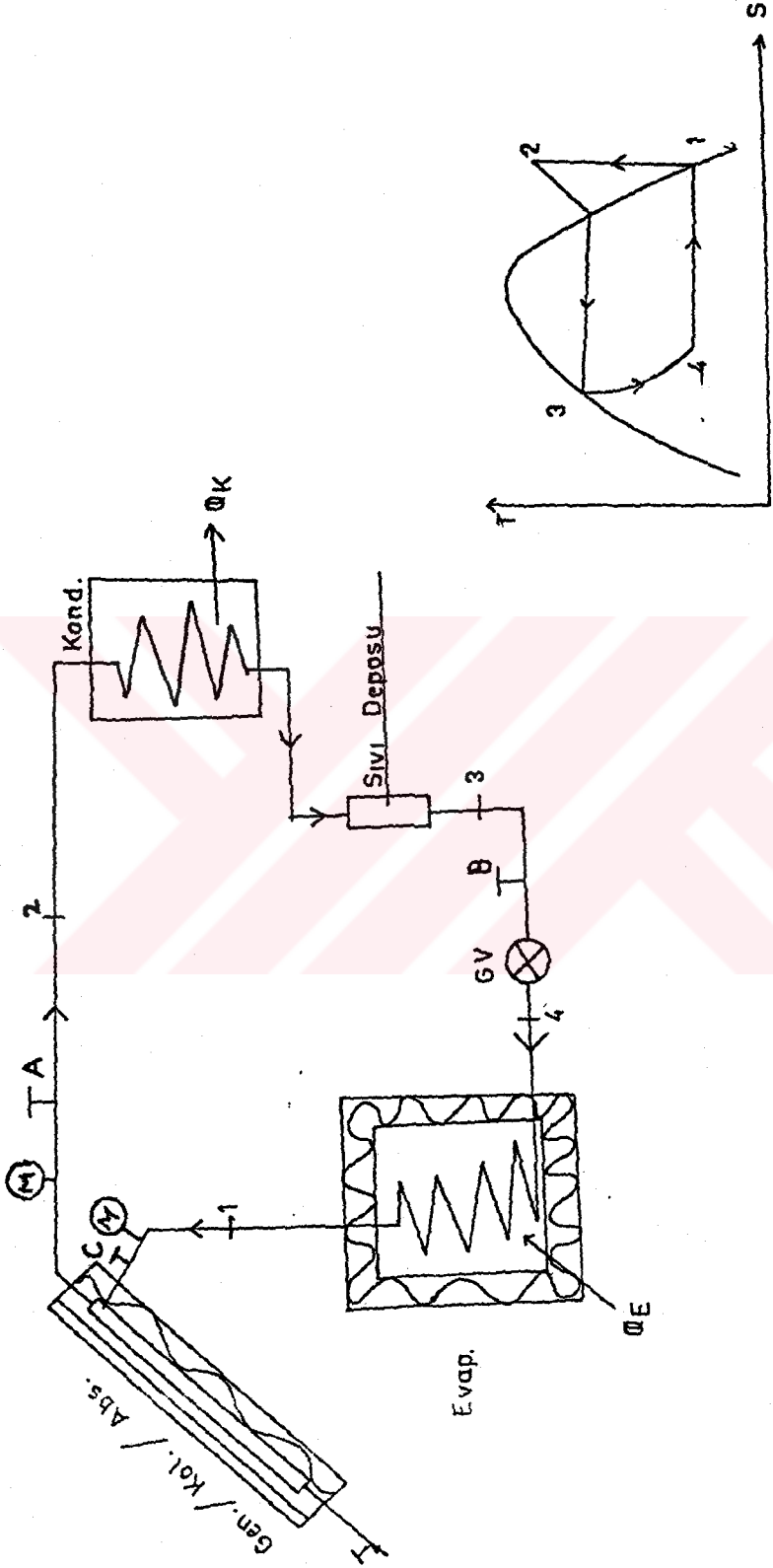


Şekil 12. Evaporatör

3.2. Tesisin Çalışma Şekli

Bu sistemde biri çözücü ve diğeri çözünen olmak üzere ($\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$) iki akışkan kullanılmıştır. NH_3 soğutucu akışkan, H_2O ise çözücü akışkandır.

Başlangıçta generatörde $\text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$ karışımı sıvı fazda bulunmaktadır. Güneş enerjisi ile generatör ısıtılarak NH_3 buharlaşır, sıcaklık ve basıncı yükselir. Yüksek basınçlı NH_3 kondenserden geçerek yoğunlaşır ve dışarıya ısı atar. Yoğuşan sıvı bir depoda biriktirilir. Güneş enerjisi azalmaya başlayınca generatör çıkışı kapanır, soğutulmuş olarak basıncının düşmesi sağlanır. Sıvı deposundaki NH_3 genişleme valfinden geçerek basıncı düşer. Evaporatörde NH_3 düşük basınçta bulunduğu için hemen buharlaşır ve ortam ısını alarak soğutma sağlanmış olur. Kollektör soğuduğundan basıncı düşmüştür. Evaporatörden gelen NH_3 buharını H_2O absorbe ederek çevrim tamamlanmış olur. (Şekil 13)



Şekil 13. $\text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$ Soğutma çevrimi ve T - S diyagramı

BÖLÜM 4

DENEYLER VE SONUÇLAR

4.1. Deneyin Yapılışı

Deney Agustos ayında ve Ankara şartlarında yapılmıştır. Sistem iki aşamadan oluşmaktadır. Birincisi NH_3 'ün sudan çözünmesi, ısıtılması ve yoğunlaştırılarak sıvı deposunda biriktirilmesidir. İkinci aşamada ise; biriktirilen basınçlı sıvı NH_3 genişleme valfinden geçerek basıncı düşürülüp evaporatörde buharlaştırılarak soğutmanın gerçekleştirilmesi ve absorblama işleminin yapılmasıdır.

Sistem çalışmaya başlamadan önce A vanası açılır, B ve C vanaları kapalıdır(Şekil 13) . Generatörde % 25 NH_3 ve % 75 H_2O (ağırlıkça) olmak üzere toplam 3 litre karışım bulunmaktadır. Kollektör ısınmaya başladıkça sıcaklık ve basınçta artacaktır. Basınç maximum değere ulaştıkça A vanası kapanır ve kollektörün üstü açılır, havalandırılarak soğuması sağlanır, B vanası açılarak sıvı deposunda biriktirilen basınçlı sıvı NH_3 genişleme valfinden geçirilerek basıncı düşürülür ve evaporatörde buharlaştırılarak soğutma işlemi sağlanır. Kollektör basıncı düşüncü C vanası açılır ve evaporatörde buharlaşan NH_3 'ün absorblanması sağlanmış olur.

Kollektör yüzeyinde, kondenser suyunda ve evaporatör suyunda sıcaklıklar, kollektör ve evaporatör çıkışlarında NH_3 basıncı ölçüldü. Kollektör 5 saat buhar üreticisi olarak çalıştı. Daha sonra 1/2 saat soğutuldu ve 1.5 saat buharlaştırma ve soğutma işlemi sonunda 10 litre su 28°C 'den 19°C ' ye düştüğü görüldü.

Deney sonucunda alınan değerler Tablo 3.'de şekil 14 ve 15 'de görülmektedir.

Tablo 3. Generatör Çalışması sırasında sıcaklık ve basınç değişimleri

h(zaman)	T_1 ($^{\circ}\text{C}$)	T_2 ($^{\circ}\text{C}$)	P_{kol} (Bar)
9 ⁰⁰	35.0	24.4	0.0
10 ⁰⁰	54.2	30.5	0.5
11 ⁰⁰	75.2	33.1	1.0
12 ⁰⁰	87.4	35.2	1.5
13 ⁰⁰	95.6	37.4	2.0
14 ⁰⁰	97.9	39.5	2.5

T_1 : Kollektör yüzey sıcaklığı

T_2 : Kondenser suyu sıcaklığı

T_3 : Evaporatör suyu sıcaklığı

P_{kol} : Kollektör basıncı

P_{Eva} : Evaporatör basıncı

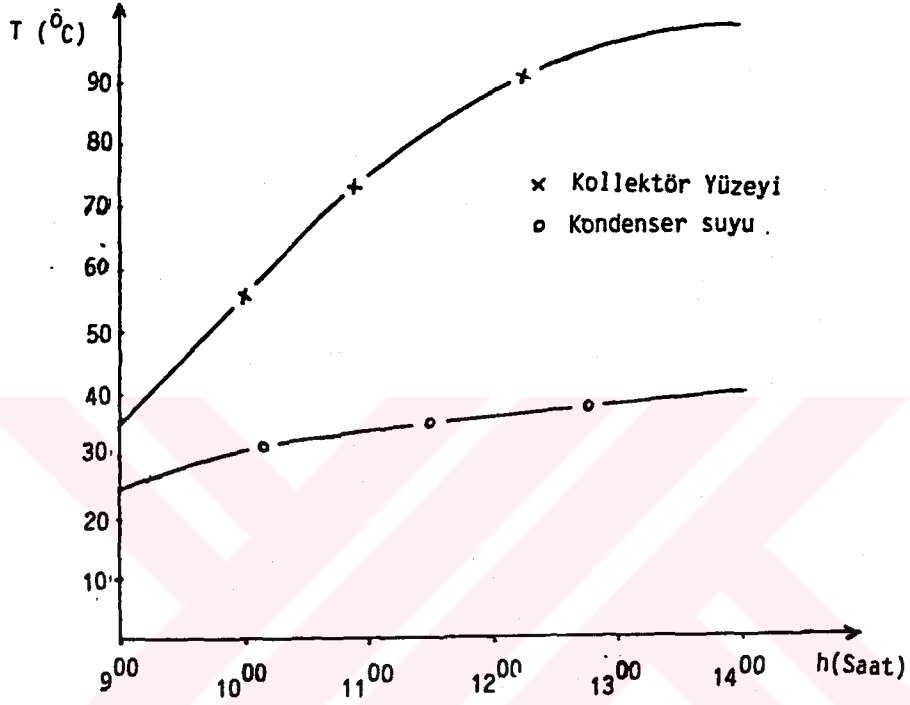
Tablo 4. Soğutma esnasında sıcaklık ve basınç değişimleri

h (Zaman)	T_3 ($^{\circ}\text{C}$)	P_{Eva} (Bar)
14 ³⁰	28.0	0.5
14 ⁴⁰	26.3	0.5
14 ⁵⁰	24.8	0.5
15 ⁰⁰	23.4	0.5
15 ¹⁰	22.4	0.5
15 ²⁰	21.5	0.5
15 ³⁰	20.8	0.5
15 ⁴⁰	20.3	0.5
15 ⁵⁰	19.9	0.5
16 ⁰⁰	19.5	0.5

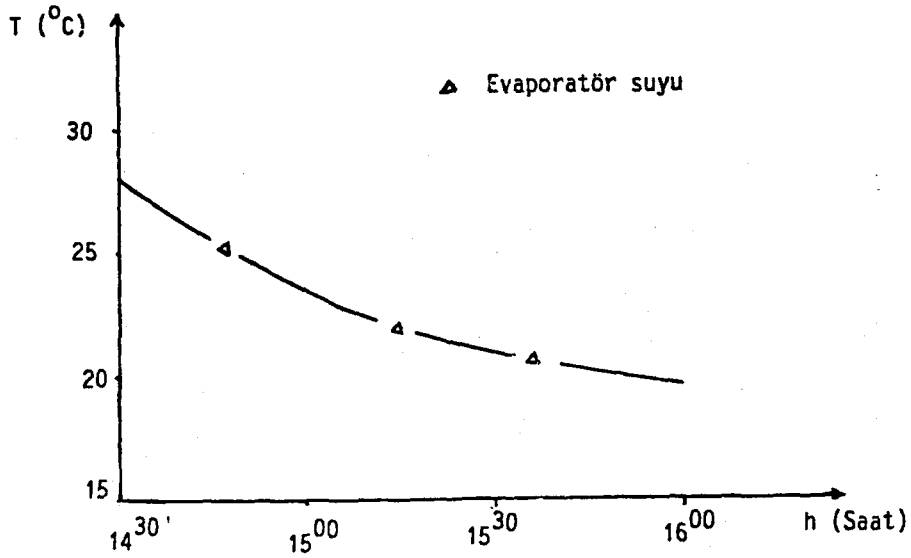
Bu değerlere göre zamana bağlı olarak sıcaklık ve basınç deği-

şimleri şekil 14 ve 15 'de diyagram halinde görülmektedir.

Deney Ağustos ayında bir seri olarak yapıldı, yaklaşık olarak bütün değerlerin birbirine yakın olduğu görüldü. Bu değerlerin içinden ortalama bir günlük değer alınarak (21 Ağustos) Tablo ve diyagramlar oluşturuldu.



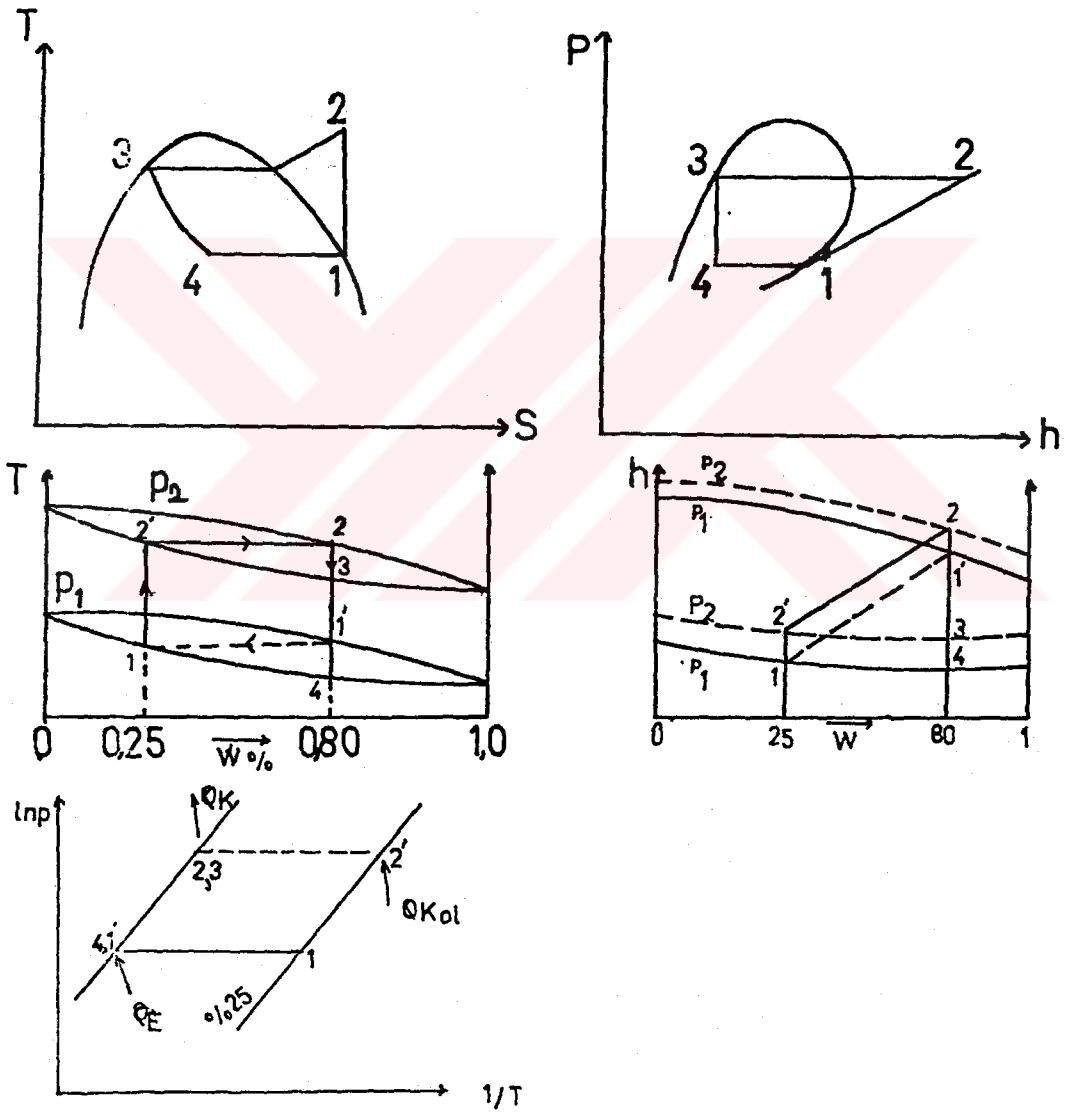
Şekil 14. Sıcaklık - Zaman diyagramı



Şekil 15. Sıcaklık - Zaman Diyagramı

Diyağramlardan da görüldüğü gibi kolektör sıcaklığı önce hız , lı olarak artmakta ve sonra yavaşlayarak artmaya devam etmektedir. Buna karşılık evaporatör suyu ise önce hızla azalmakta ve sonra yavaşlayarak azalmaya devam etmektedir. Kondenser suyu ise diğerlerine nazaran daha düşük bir oranla artma göstermektedir.

Deneyin T-S , p -h , T-w ve ln p-1/T diyağramları şekil 16' da görüldüğü gibi oluşmaktadır.



Şekil 16. Deneyin T-S,P-h,T-w ve ln p-1/T diyağramları

4.2. Sistemin Performans Oranının Belirlenmesi

4.2.1. Kollektörde Kazanılan Enerji

- 1- NH₃ çözünmesi için
- 2- NH₃ buharlaşması için
- 3-Sıcaklığın yükselmesi için

olmak üzere 3 şekilde harcanır.

$$Q_{koll} = Q_R \cdot A \cdot \eta_k = Q_{\zeta} + Q_b + Q_{sic}$$

- Q_{koll} : Kollektörde kazanılan enerji
 Q_R : Kollektör yüzeyine gelen radyasyon miktarı
 Q_{ζ} : NH₃ 'ün çözünmesi için harcanan enerji
 Q_{sic} : Sıcaklığın yükselmesi için harcanan enerji
 Q_b : NH₃ 'ün buharlaşması için harcanan enerji

Radyasyon miktarı birim alana düşen radyasyon miktarıdır. Bu değer Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edildi. (Ek-10) Kollektör alanı (A) 0.15 m² dir. Kollektör içerisinde NH₃-H₂O karışımı % 25 ve % 75 oranlarında olup toplam (m) 3 kg dır. Başlangıçtaki sıcaklığı 30 °C dir. 40 °C de buharlaşmaya başlayıp 80 °C ye kadar ısınmaktadır. Kollektör verimi % 60 kabul edilmiştir.

$$Q_{\zeta} = m_{NH_3} \cdot h_{\zeta g}$$

$$Q_b = m_{NH_3} \cdot h_{bg}$$

$$Q_{sic} = m_T \cdot c_{pT} \cdot \Delta T$$

$$c_{pT} = 0.25 \cdot c_{NH_3} + 0.75 \cdot c_{H_2O}$$

$$c_{NH_3} = 4.59 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{K} , \quad c_{H_2O} = 4.18 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{K}$$

$$c_{pT} = 4.284 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{K}$$

h_{bg} : NH₃' ün buharlaşma gizli ısısı (1045 kJ/kg °K)

h_{cg} : NH₃' ün çözünme gizli ısısı (627 kJ/kg °K)

$$Q_{kol} = Q_R \cdot A \cdot n_k = m_{NH_3} \cdot h_{cg} + m_{NH_3} \cdot h_{bg} + m_T \cdot c_T \cdot \Delta T$$

buradan m_{NH_3} çekilirse ;

$$m_{NH_3} = 0.41 \text{ kg bulunur.}$$

görüldüğü gibi 410 gram NH₃ yeterli olmaktadır. Ancak kayıplar göz önüne alınarak 750 gram NH₃ konmuştur.

4.2.2. Kondenserde Atılan Isı;

Kondenserde atılan ısı NH₃ buharı yoğunlaşma sıcaklığına gelinceye kadar ve yoğunlaşma esnasında atılan ısılarından oluşmaktadır. NH₃ buharı 0 °C 'de yoğunlaşmaya başlar. Kondenserde 15 kg su bulunmaktadır.

$$Q_{kon} = m_{NH_3} \cdot c_{NH_3} \cdot \Delta T + m_{NH_3} \cdot h_{yg}$$

suyun kazandığı ısı ise;

$$Q_{kon} = m_{H_2O} \cdot c_{H_2O} \cdot \Delta T$$

Burada NH₃ tarafından atılan ısılar eşitlenip ΔT çekilirse $\Delta T = 14.57$ °C bulunur.

Görüldüğü gibi kondenser suyu sıcaklığı 14.57 °C artmıştır.

Teorikteki değerine yakın bir sonuç çıkmaktadır.

4.2.3. Evaporatörde alınan ısı

Evaporatörde alınan ısı, NH₃' ün buharlaşmasından dolayı ısı çekmektedir. Buharlaşma sabit basınç ve sıcaklıkta oluşur.

$$Q_{Ev} = m_{NH_3} \cdot h_{bg}$$

kadar ısı çekilmektedir. Suyun verdiği ısı eşitlenirse;

$$Q_{EV} = m_{H_2O} \cdot c_{H_2O} \cdot \Delta T = m_{NH_3} \cdot h_{bg}$$

buradan ΔT çekilirse;

$$\Delta T = 15.62 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ düşmesi gerekir.}$$

Deney sonuçlarına göre;

$$T_{\max} - T_{\min} = 28 - 19 = 9 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ düşme sağlanmıştır.}$$

4.2.4. Performans oranı

Performans oranı;soğutma esnasında alınan net ısının, kollektör-de kazanılan ısıya oranıdır.

$$\beta = \frac{\text{Alınan ısı}}{\text{Gelen ısı}} = \frac{Q_E}{Q_{kol}} = \frac{m_{H_2O} \cdot c_{H_2O} \cdot \Delta T}{A_c \cdot Q_R}$$

β : Performans oranı

m_{H_2O} : Evaporatördeki su miktarı (10 kg)

Q_R : Kollektöre gelen radyasyon miktarı

ΔT : Evaporatör suyundaki sıcaklık farkı

A_c : Kollektör yüzeyi alanı

c_{H_2O} : Suyun özgül ısınma ısısı

$$\beta = \frac{10.4 \times 18.9}{0.15 \times 2572 \times 4.18} = 0.23$$

Verim ise;

$$\eta = \frac{\beta}{\beta_c}$$

β_c : Aynı sıcaklık sınırları içinde çalışan carnot çevrimi soğutma tesir katsayısı

$$\beta_c = 1 - \frac{Q_{soğ}}{Q_{sıc}} = \frac{Q_E}{Q_{kol}} = 0.76$$

$$\eta = \frac{0.23}{0.76} = 0.29 \text{ olarak bulunur.}$$

BÖLÜM 5

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Tasarım ve imalatı geliştirilen soğutucu, gerçek güneşlenme şartlarında denenerek, mekanik enerji kullanılmadan güneşli su soğutucunun çalışabileceği görülmüştür. Soğutma işleminde karşılaşılan en önemli güçlük, önce güneş toplayıcı ve generatör olarak kullanılan güneş kollektörünün, bir sonraki adımda absorber olarak kullanılabilmesi sırasında yeterince soğutulmasında çıkmıştır. Yapılan deneylerde, kollektörün soğutulması için yüzeyi çeşme suyu ile ıslatılmıştır. Ayrıca vanaların açılıp kapatılması da otomatik kontrollu olmayıp, basınçlar gözlenerek ve elle yapılmıştır.

$\text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$ sistemlerinde optimum çalışma 90°C generatör sıcaklığı civarında olmaktadır. Bu sıcaklıklarda çalışma için bir miktar yoğunlaştırma(odaklamalı veya yansıtıcı kollektör) kullanılması uygun olacaktır.

Absorberde kütle transferini hızlandırmak ve iyileştirmek için filim şeklinde sıvı akışı, basamaklı akış veya püskürme gibi çözümlere gidilmelidir.

Deneylerde 5 saatlik buhar üretimi periyodu ve kollektörün 30 dakika soğutulma ve absorber olarak çalışmaya hazırlık devresi ve son olarakta 1.5 saat evaporasyon ve soğutma devresi sonunda 376 kJ soğutma yükü elde edildi. Depodaki 10 litre suyun sıcaklığı 28°C den 19°C 'ye düştü ve bu işlem için 0.15 m^2 lik düzlem güneş toplayıcıda 5 saat içinde 1612 kJ güneş ışınımının $0.6 \times 1612\text{ kJ}$ (Kollektör

verimi 0.6 alındı) kadarı toplandı. Buna göre soğutma tesir katsayısı 0.23 olarak belirlenmiştir.

Literatür araştırmasında kısaca bahsedilen çalışmalar içinde, İloje(3) katı absorberli su soğutucusunda performans oranınının 0.1 civarında olduğu belirtilmektedir. Diğer çalışmalardaki sonuçlarda da, teorik performansa göre, deneylerde elde edilen değerler oldukça düşük kalmaktadır. Performans iyileştirilebilmesi için öncelikle absorberin geliştirilmesi ve absorblama olayının çabuk ve kolay bir şekilde gerçekleşmesi sağlanmalıdır.



KAYNAKLAR

- 1- Kumar,P., Devotta,S.,"Analysis of solar Absorbtion cooling systems with low generatör temperatüres",Internal Journal of Refrigeration, 8,356 (1986)
- 2- Staicovici,M.D.,"Autonomous solar amonia - water Refrigeration system." Solar Energy, 36,115 (1986)
- 3- Iloje,D.C.,"Desing construction and test run of a solar powered solid absorbtion refrigeratör." Solar Energy,35,447,(1985)
- 4- Kauremenos,D.A.,"A Tutorial on reversed NH_3-H_2O absorbtion cycles for solar applications" Solar Energy ,34,101, (1985)
- 5- Kauremenos,D.A.,Antonopoulos,K.A.,Rogdakis,E.," Performance of solar NH_3-H_2O absorbtion cycles in the Athens Area." Solar Energy, 39,187 , (1987)
- 6- Alizade,S.,Bahar,F.,"Desing and optimisation of an absorbtion refrigeration system operated by solar energy" Solar Energy,22, 149, (1979)
- 7- Tchernev,D.I.,"Natural Zeolits-occ," prop Use ,479,pegamen Press (1979)
- 8- Alefold,G.P.,Maier,L.,Rothmeyer,"BHRA Eng.Conf.on Energy Storge" 205,(1979)
- 9- Uyarel,A.Y.,Boran,K.,Cay,Y.,"Mekanik enerjisiz güneşli absorbsiyon sogutma sistemi",G.Ü.Teknik Eğitim Fakültesi Dergisi,1,91,(1987)

- 10- Ülkü,S.,Nikhnam,S.,"Güneş enerjisinden faydalanarak doğal Zeolitlerin kullanım ile ısıtma ve soğutma " ,Isı Bilimi ve Tekniği 5. Ulusal Kongresi. 334, İstanbul (1985)
- 11- Özal,L.,Ataer,Ö.E.,Göğüş,Y.,"Amonyak soğutuculu su soğuruculu sistemin simülasyonu" 6. Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi,(Baskıda) ODTÜ, Ankara(1987)
- 12- Karabulut,H.,"Eksoz gazı enerjisi ile Taşıtların soğutulması" Yüksek Lisans Tezi,G.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü, (1987)
- 13- Ayber,R.,"Soğutma Tekniği Ders Notları" İTÜ Matbaası,İstanbul (1983)
- 14- Uyarel,A.Y.,Öz,E.S.,"Güneş Enerjisi ve Uygulamaları" Ankara, (1987)

EKLER



EK-I AMONYAGIN TERMODİNAMİK ÖZELLİKLERİ

Kızgın Buhar

P = 50 kPa T ₁ = -46.541 C			T (C)	P = 75 kPa T ₁ = -39.18 C		
v ₁	h ₁	s ₁		v ₁	h ₁	s ₁
2.1758	1378.3	6.0854		1.4899	1590.3	5.9135
v	h	s		v	h	s
2.4474	1435.8	6.3256	-20	1.6233	1433.0	6.1190
2.5481	1457.0	6.4077	-10	1.6915	1454.7	6.2028
2.6482	1478.1	6.4865	0	1.7591	1476.1	6.2823
2.7479	1499.2	6.5625	10	1.8263	1497.5	6.3597
2.8473	1520.4	6.6360	20	1.8932	1518.9	6.4339
2.9464	1541.7	6.7073	30	1.9597	1540.3	6.5059
3.0453	1563.0	6.7766	40	2.0261	1561.8	6.5756
3.1441	1584.5	6.8441	50	2.0923	1583.4	6.6434
3.2427	1606.1	6.9099	60	2.1584	1605.1	6.7096
3.3413	1627.8	6.9743	70	2.2244	1626.9	6.7742
3.4397	1649.7	7.0372	80	2.2903	1648.9	6.8373
P = 100 kPa T ₁ = -33.61 C			T (C)	P = 150 kPa T ₁ = -25.23 C		
v ₁	h ₁	s ₁		v ₁	h ₁	s ₁
1.1384	1399.1	5.8435		0.7790	1411.6	5.7028
v	h	s		v	h	s
1.1210	1430.1	5.9695	-20	0.7984	1424.1	5.7526
1.2631	1452.2	6.0552	-10	0.8344	1447.3	5.8424
1.3145	1474.1	6.1366	0	0.8697	1469.8	5.9266
1.3654	1495.7	6.2144	10	0.9045	1492.1	6.0066
1.4160	1517.3	6.2894	20	0.9388	1514.1	6.0831
1.4664	1538.9	6.3618	30	0.9729	1536.1	6.1568
1.5165	1560.5	6.4321	40	1.0068	1558.0	6.2280
1.5664	1582.2	6.5003	50	1.0405	1580.0	6.2970
1.6163	1604.1	6.5668	60	1.0740	1602.0	6.3641
1.6659	1626.0	6.6316	70	1.1074	1624.1	6.4295
1.7155	1648.0	6.6950	80	1.1408	1646.3	6.4933
1.8145	1692.6	6.8177	100	1.2072	1691.1	6.6167
P = 200 kPa T ₁ = -18.86 C			T (C)	P = 250 kPa T ₁ = -13.67 C		
v ₁	h ₁	s ₁		v ₁	h ₁	s ₁
0.5952	1429.5	5.6031		0.4824	1427.4	5.5256
v	h	s		v	h	s
0.6199	1442.0	5.6863	-10	0.4910	1436.6	5.5609
0.6471	1465.5	5.7737	0	0.5135	1461.0	5.6517
0.6737	1488.4	5.8559	10	0.5354	1484.5	5.7365
0.7001	1510.9	5.9342	20	0.5568	1507.6	5.8165
0.7261	1533.2	6.0061	30	0.5780	1530.3	5.8928
0.7519	1555.5	6.0813	40	0.5989	1552.9	5.9661
0.7774	1577.7	6.1512	50	0.6196	1575.4	6.0368
0.8029	1599.9	6.2189	60	0.6401	1597.8	6.1052
0.8282	1622.2	6.2849	70	0.6605	1620.3	6.1717
0.8533	1644.6	6.3491	80	0.6809	1642.8	6.2365
0.9055	1689.6	6.4732	100	0.7212	1688.2	6.3613

P = 300 kPa T ₁ = -9.23 C			T (C)	P = 350 kPa T ₁ = -5.35 C		
v ₁	h ₁	s ₁		v ₁	h ₁	s ₁
0.4056	1432.9	5.4622		0.3513	1437.6	5.4085
0.4243	1456.3	5.5493	0	0.3605	1451.5	5.4600
0.4430	1480.6	5.6366	10	0.3770	1476.5	5.5502
0.4613	1504.2	5.7186	20	0.3929	1500.7	5.6342
0.4792	1527.4	5.7963	30	0.4086	1524.4	5.7135
0.4968	1550.3	5.8707	40	0.4239	1547.6	5.7890
0.5143	1573.0	5.9423	50	0.4391	1570.7	5.8615
0.5316	1595.7	6.0114	60	0.4541	1593.6	5.9314
0.5488	1618.4	6.0735	70	0.4639	1616.5	5.9990
0.5658	1641.1	6.1437	80	0.4857	1639.3	6.0647
0.5997	1686.7	6.2693	100	0.5129	1685.2	6.1910
P = 400 kPa T ₁ = -1.89 C			T (C)	P = 450 kPa T ₁ = 1.26 C		
v ₁	h ₁	s ₁		v ₁	h ₁	s ₁
0.3020	1442.2	5.3528		0.2669	1444.8	5.3204
v	h	s		v	h	s
0.3125	1446.5	5.3803	0	0.2752	1441.3	5.3078
0.3274	1472.4	5.4735	10	0.2897	1468.1	5.4042
0.3417	1497.2	5.5597	20	0.3017	1493.6	5.4926
0.3556	1521.3	5.6405	30	0.3143	1518.2	5.5752
0.3692	1544.9	5.7173	40	0.3266	1542.5	5.6532
0.3826	1568.3	5.7907	50	0.3387	1565.9	5.7275
0.3959	1591.5	5.8613	60	0.3506	1589.3	5.7989
0.4090	1614.5	5.9296	70	0.3624	1612.6	5.8978
0.4220	1637.6	5.9957	80	0.3740	1635.8	5.9345
0.4478	1683.7	6.1228	100	0.3971	1682.2	6.0623
P = 500 kPa T ₁ = 4.14 C			T (C)	P = 600 kPa T ₁ = 9.29 C		
v ₁	h ₁	s ₁		v ₁	h ₁	s ₁
0.2505	1557.7	5.2834		0.2105	1452.7	5.2191
0.2698	1489.9	5.4314	20	0.2217	1482.4	5.3222
0.2813	1515.0	5.5157	30	0.2317	1508.6	5.4102
0.2926	1539.5	5.5950	40	0.2414	1533.8	5.4923
0.3036	1563.4	5.6704	50	0.2508	1558.5	5.5697
0.3144	1587.1	5.7425	60	0.2600	1582.7	5.6436
0.3251	1610.6	5.8120	70	0.2691	1606.6	5.7144
0.3357	1634.0	5.8793	80	0.2781	1630.4	5.7826
0.3565	1680.7	6.0079	100	0.2957	1677.7	5.9129
0.3771	1727.5	6.1301	120	0.3130	1724.9	6.0363
0.3975	1774.7	6.2472	140	0.3302	1772.4	6.1541

P = 700 kPa T₁ = 13.81 C			T (C)	P = 800 kPa T₁ = 17.86 C		
v₁	h₁	s₁		v₁	h₁	s₁
0.1816	1456.6	5.1644		0.1597	1459.9	5.1167
v	h	s		v	h	s
0.1874	1474.5	5.2259	20	0.1615	1466.3	5.1387
0.1963	1501.9	5.3179	30	0.1696	1495.0	5.2351
0.2048	1528.1	5.4029	40	0.1773	1522.2	5.3232
0.2131	1553.4	5.4826	50	0.1848	1548.3	5.4053
0.2212	1578.2	5.5582	60	0.1920	1573.7	5.4827
0.2291	1602.6	5.6303	70	0.1991	1598.6	5.5562
0.2369	1626.8	5.6997	80	0.2060	1623.1	5.6268
0.2522	1674.6	5.8316	100	0.2196	1671.6	5.7603
0.2672	1722.4	5.9562	120	0.2329	1719.8	5.8861
0.2821	1770.2	6.0749	140	0.2459	1768.0	6.0057
P = 900 kPa T₁ = 21.54 C			T (C)	P = 1.0 MPa T₁ = 24.91 C		
v₁	h₁	s₁		v₁	h₁	s₁
0.1425	1462.6	5.0744		0.1287	1464.9	5.0366
0.1488	1483.0	5.1593	30	0.1321	1480.6	5.0889
0.1559	1516.2	5.2508	40	0.1388	1510.0	5.1840
0.1627	1543.0	5.3354	50	0.1450	1537.7	5.2713
0.1693	1569.1	5.4147	60	0.1511	1564.4	5.3525
0.1757	1594.4	5.4897	70	0.1570	1590.3	5.4292
0.1820	1619.4	5.5614	80	0.1627	1615.6	5.5021
0.1942	1668.5	5.6968	100	0.1739	1665.4	5.6392
0.2061	1717.1	5.8237	120	0.1847	1714.5	5.7647
0.2178	1765.7	5.9442	140	0.1954	1763.4	5.8888
0.2294	1814.4	6.0594	160	0.2058	1812.4	6.0047
P = 1.2 MPa T₁ = 30.96 C			T (C)	P = 1.4 MPa T₁ = 36.28 C		
v₁	h₁	s₁		v₁	h₁	s₁
0.1076	1468.4	4.9701		0.0924	1470.9	4.9131
v	h	s		v	h	s
0.1129	1497.1	5.0629	40	0.0944	1403.4	4.9534
0.1185	1526.6	5.1560	50	0.0995	1515.1	5.0530
0.1238	1554.7	5.2416	60	0.1042	1544.7	5.1434
0.1289	1581.7	5.3215	70	0.1088	1573.0	5.2270
0.1338	1608.0	5.3970	80	0.1132	1600.2	5.3053
0.1434	1659.2	5.5379	100	0.1216	1652.8	5.4501
0.1526	1709.2	5.6687	120	0.1297	1703.9	5.5836
0.1616	1759.9	5.7919	140	0.1378	1754.3	5.7087
0.1705	1808.5	5.9091	160	0.1452	1804.5	5.8273
0.1792	1858.2	6.0214	180	0.1528	1854.7	5.9408

P = 1.6 MPa T ₁ = 41.05 C			T (C)	P = 2.0 MPa T ₁ = 45.39 C		
v ₁ 0.0809	h ₁ 1472.5	s ₁ 4.8630		v ₁ 0.0719	h ₁ 1473.4	s ₁ 4.8177
0.0851	2502.9	4.9384	50	0.0648	1476.1	4.7834
0.0895	1534.4	5.0543	60	0.0688	1512.0	4.8930
0.0937	1564.0	5.1419	70	0.0725	1544.9	4.9902
0.0977	1592.3	5.2232	80	0.0760	1575.6	5.0786
0.1053	1646.4	5.3722	100	0.0824	1633.2	5.2371
0.1125	1698.5	5.5084	120	0.0885	1687.6	5.3793
0.1195	1749.7	5.6355	140	0.0943	1740.4	5.5104
0.1263	1800.5	5.7555	160	0.0999	1792.4	5.6333
0.1330	1851.2	5.8699	180	0.1054	1844.1	5.7499

Doymuş Haller (Sıcaklıklara Göre)

T C	P _s kPa	v _g × 10 ³ m ³ /kg	v _f m ³ /kg	h _g kJ/kg	h _f kJ/kg	s _g kJ/kg-K	s _f kJ/kg-K
-50	40.88	1.424	2.6254	-44.3	1372.4	-0.1942	6.1561
-48	51.55	1.434	2.1140	-26.6	1379.2	-0.1156	6.0746
-42	64.42	1.444	1.7170	- 8.9	1385.8	-0.0382	5.9967
-38	79.80	1.454	1.4058	8.9	1392.2	0.0380	5.9220
-34	98.05	1.465	1.1597	26.8	1398.5	0.1132	5.8504
-30	119.55	1.476	0.9635	44.7	1404.6	0.1873	5.7815
-26	144.70	1.487	0.8059	62.6	1410.5	0.2605	5.7153
-22	173.93	1.498	0.6783	80.7	1416.2	0.3327	5.6515
-18	207.71	1.510	0.5743	98.8	1421.7	0.4040	5.5900
-14	246.51	1.521	0.4889	116.9	1427.0	0.4744	5.5305
-12	267.95	1.528	0.4520	126.0	1429.5	0.5093	5.5015
-10	290.95	1.534	0.4185	135.2	1432.0	0.5440	5.4730
- 8	315.25	1.540	0.3878	144.3	1434.4	0.5785	5.4449
- 6	341.25	1.546	0.3599	153.5	1436.8	0.6128	5.4173
- 4	368.90	1.553	0.3343	162.7	1439.1	0.6469	5.3901
- 2	398.27	1.559	0.3109	171.9	1441.3	0.6808	5.3633
0	429.44	1.566	0.2895	181.1	1443.5	0.7145	5.3369
2	462.49	1.573	0.2698	190.4	1445.6	0.7481	5.3108
4	497.49	1.580	0.2571	199.6	1447.6	0.7815	5.2852
6	534.51	1.587	0.2351	208.9	1449.6	0.8148	5.2599
8	573.64	1.594	0.2198	218.3	1451.5	0.8479	5.2350
10	614.95	1.601	0.2056	227.6	1453.3	0.8808	5.2104
12	658.52	1.608	0.1926	237.0	1455.1	0.9136	5.1861
14	704.44	1.616	0.1805	246.4	1456.8	0.9463	5.1621
16	752.79	1.623	0.1693	255.9	1458.5	0.9788	5.1385
18	803.66	1.631	0.1590	265.4	1460.0	1.0112	5.1151
20	857.12	1.639	0.1494	274.9	1461.5	1.0434	5.0920
22	913.27	1.647	0.1405	284.4	1462.9	1.0755	5.0692
24	972.19	1.655	0.1322	294.0	1464.3	1.1075	5.0467
26	1033.97	1.663	0.1245	303.6	1465.6	1.1394	5.0244
28	1098.71	1.671	0.1173	313.2	1466.8	1.1711	5.0023
30	1166.49	1.680	0.1106	322.9	1467.9	1.2028	4.9805
32	1237.41	1.689	0.1044	332.6	1469.0	1.2343	4.9589
34	1311.55	1.698	0.0986	342.3	1469.9	1.2656	4.9374
36	1389.03	1.707	0.0931	352.1	1470.8	1.2969	4.9161
38	1469.92	1.716	0.0880	361.9	1471.5	1.2281	4.8950
40	1554.33	1.726	0.0833	371.7	1472.2	1.3591	4.8740
42	1642.35	1.735	0.0788	381.6	1472.8	1.3901	4.8530
44	1734.65	1.745	0.0746	391.5	1473.2	1.4209	4.8322
46	1829.65	1.756	0.0707	401.5	1473.5	1.4518	4.8113
48	1929.13	1.766	0.0669	411.5	1473.7	1.4826	4.7905
50	2032.62	1.777	0.0635	421.7	1473.7	1.5135	4.7696

* G. J. Van Wylen ve R. E. Sonntag, «Fundamentals of Classical Thermodynamics», SI Version, John Wiley and Sons, (1976)

EK- 2 GEREKLİ MADDELERİN FİZİKİ VE ISIL ÖZELLİKLERİ

T, K	ρ , kg m ⁻³	c_p , kJ kg ⁻¹ °C	μ , kg m ⁻¹ s	ν , m ² s	k , W m ⁻¹ °C	α , m ² s	Pr
------	--------------------------------	--------------------------------------	------------------------------	--------------------------	-------------------------------	-----------------------------	----

Amonyak buharı

273	0.7929	2.177	$9.353 \cdot 10^{-4}$	$1.18 \cdot 10^{-5}$	0.0220	$6.1306 \cdot 10^{-4}$	0.90
323	0.6487	2.177	11.035	1.70	0.0270	0.1920	0.85
373	0.5590	2.235	12.586	2.39	0.0327	0.2619	0.87
423	0.4934	2.315	14.672	2.97	0.0391	0.3432	0.87
473	0.4405	2.395	16.49	3.74	0.0467	0.4421	0.84

Su buharı

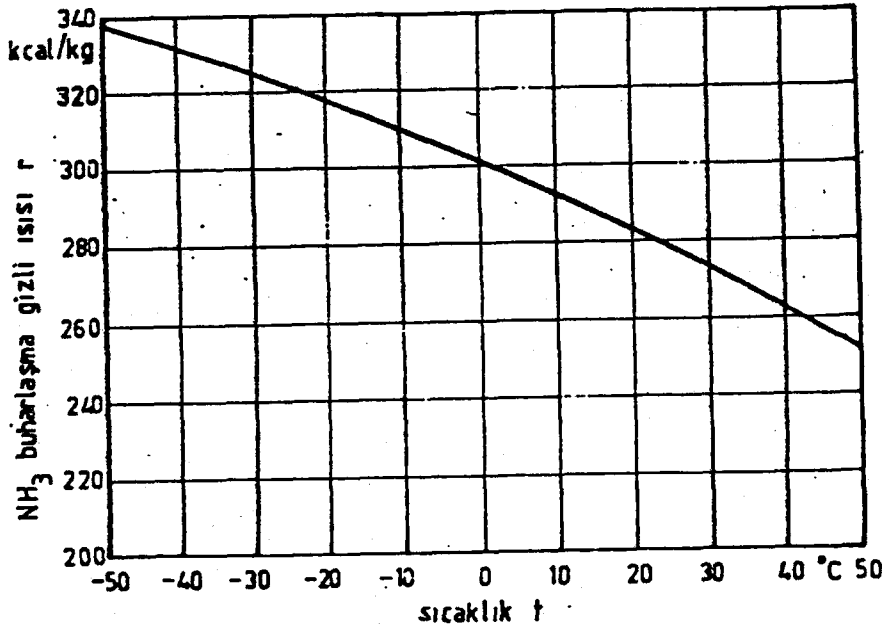
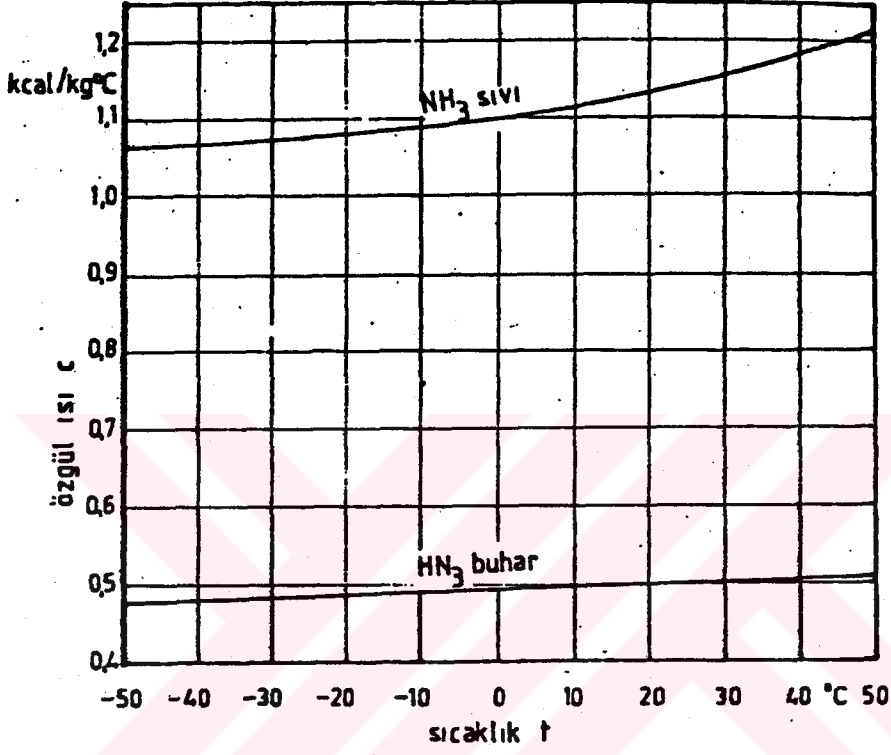
360	0.5663	2.060	$12.71 \cdot 10^{-4}$	$2.16 \cdot 10^{-5}$	0.0246	$6.2036 \cdot 10^{-4}$	1.060
400	0.5542	2.014	12.44	2.42	0.0261	0.2338	1.040
450	0.4902	1.980	15.25	3.11	0.0299	0.307	1.010
500	0.4455	1.955	17.04	3.86	0.0339	0.387	0.996
550	0.4095	1.997	18.84	4.70	0.0379	0.475	0.991
600	0.3652	2.026	20.67	5.66	0.0422	0.573	0.986
650	0.3360	2.054	22.47	6.64	0.0464	0.666	0.995
700	0.3140	2.085	24.26	7.72	0.0505	0.772	1.000
750	0.2931	2.119	26.04	8.89	0.0549	0.883	1.005
800	0.2729	2.152	27.86	10.20	0.0592	1.001	1.010
850	0.2578	2.186	29.69	11.52	0.0637	1.130	1.019

* Adapted to SI units from E. R. G. Eckert and R. M. Drake, "Heat and Mass Transfer," 2d ed., McGraw-Hill Book Company, New York, 1959

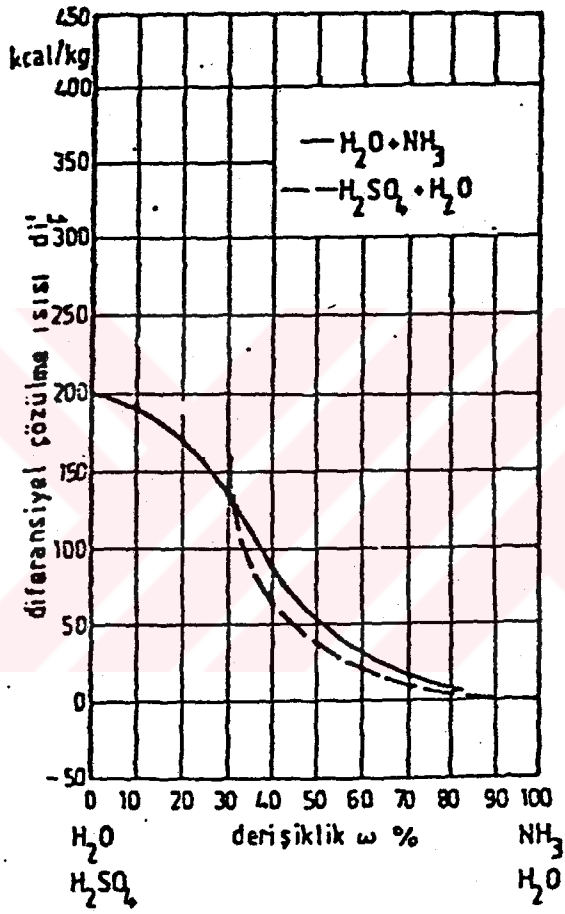
Sıvı amonyak

T, °C	ρ , kg m ⁻³	c_p , kJ kg ⁻¹ °C	ν , m ² s	k , W m ⁻¹ °C	α , m ² s	Pr	β , K ⁻¹
-60	708.69	4.463	$6.435 \cdot 10^{-6}$	0.547	$1.742 \cdot 10^{-4}$	2.60	$2.45 \cdot 10^{-3}$
-40	691.68	4.467	0.496	0.547	1.775	2.28	
-20	679.34	4.478	0.387	0.549	1.601	2.15	
-20	666.69	4.502	0.381	0.547	1.819	2.09	
-10	653.55	4.564	0.376	0.543	1.625	2.07	
0	640.10	4.635	0.373	0.540	1.619	2.05	
10	626.16	4.714	0.368	0.531	1.601	2.04	
20	611.75	4.798	0.359	0.521	1.775	2.02	
30	596.37	4.890	0.349	0.507	1.742	2.01	
40	580.99	4.999	0.340	0.493	1.701	2.00	
50	564.23	5.116	0.330	0.476	1.654	1.99	

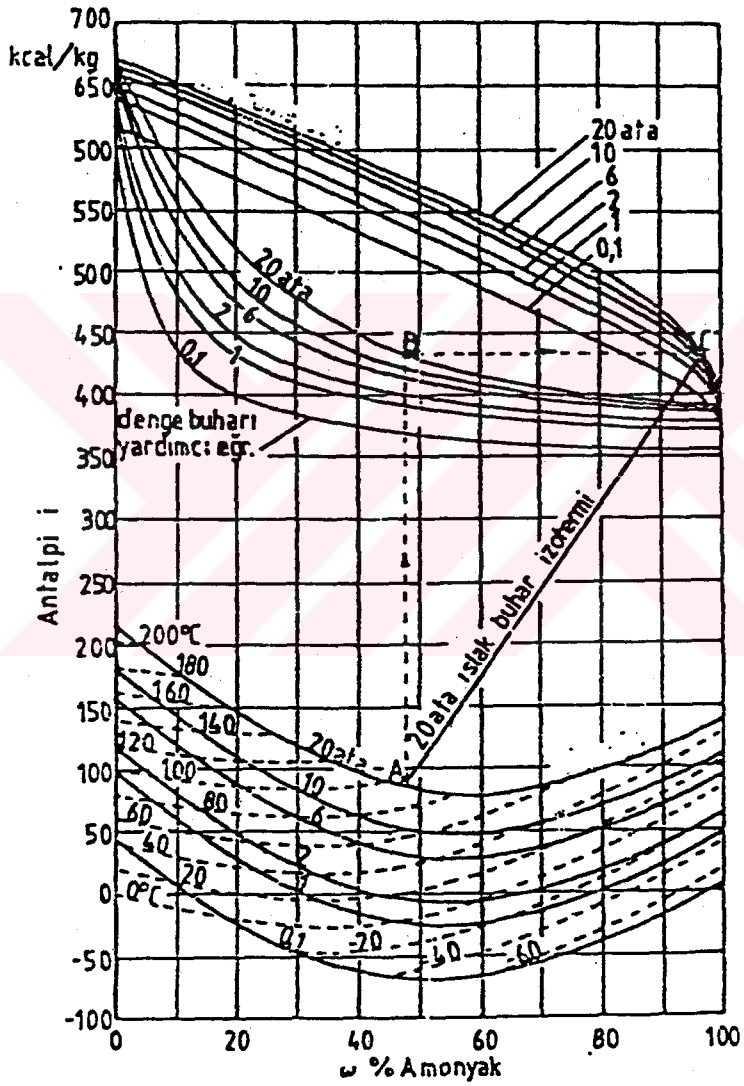
EK- 3 NH₃ ÖZGÜL ISI VE BUHARLAŞMA GİZLİ ISISI



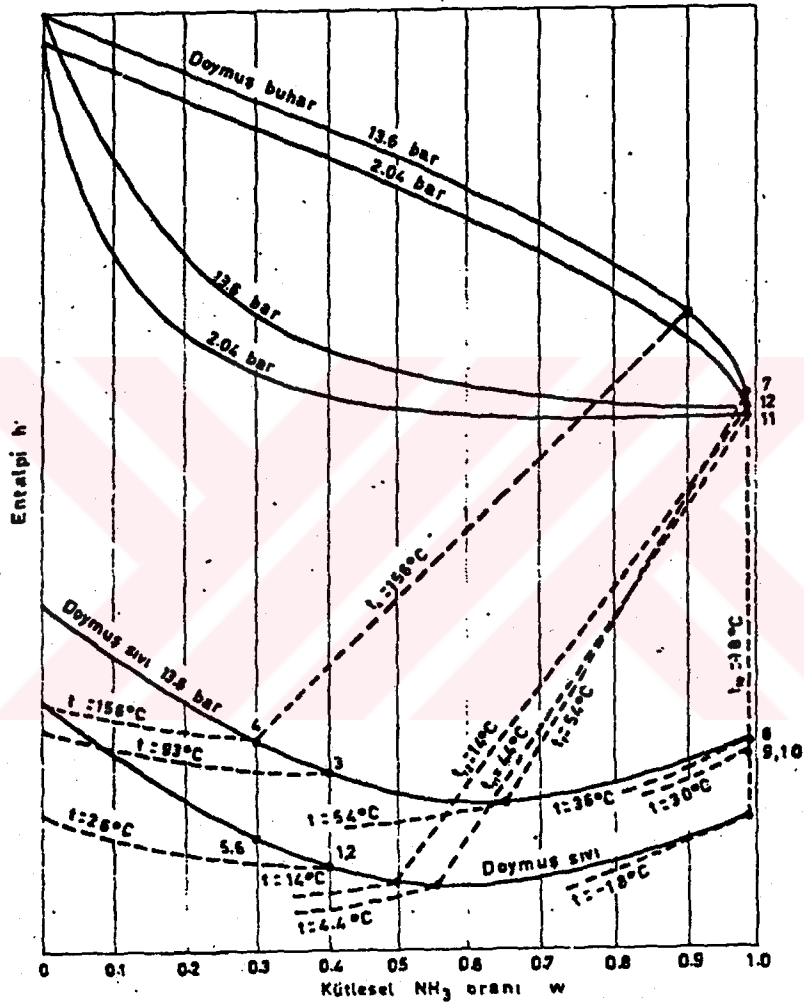
EK- 4 AMONYAK VE SÜLFİRİK ASİDİN ÇÖZÜNME ISILARI



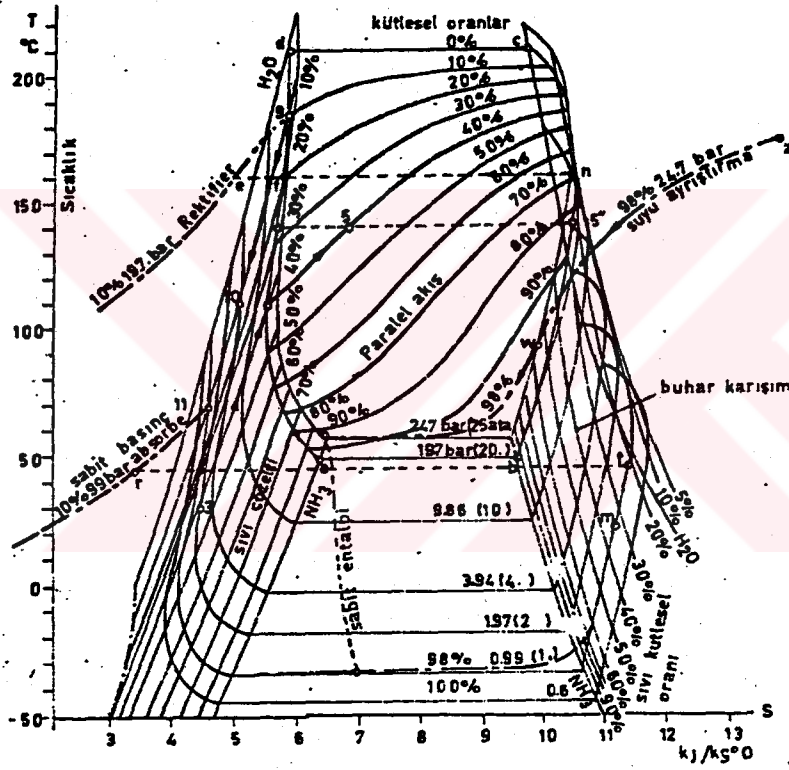
EK- 5 AMONYAK SU KARIŞIMININ İ - w DİYAGRAMLARI



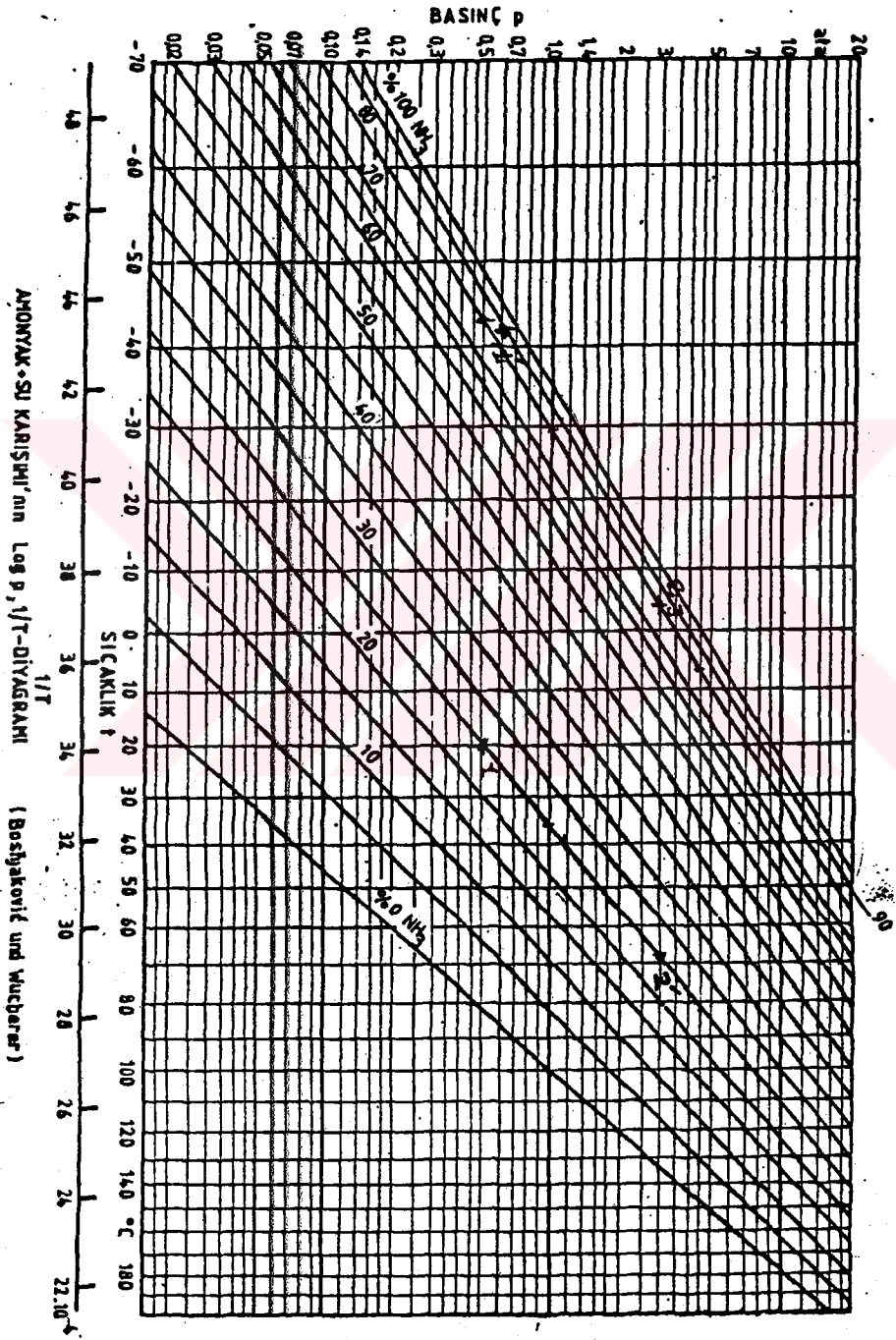
Handwritten signature or mark



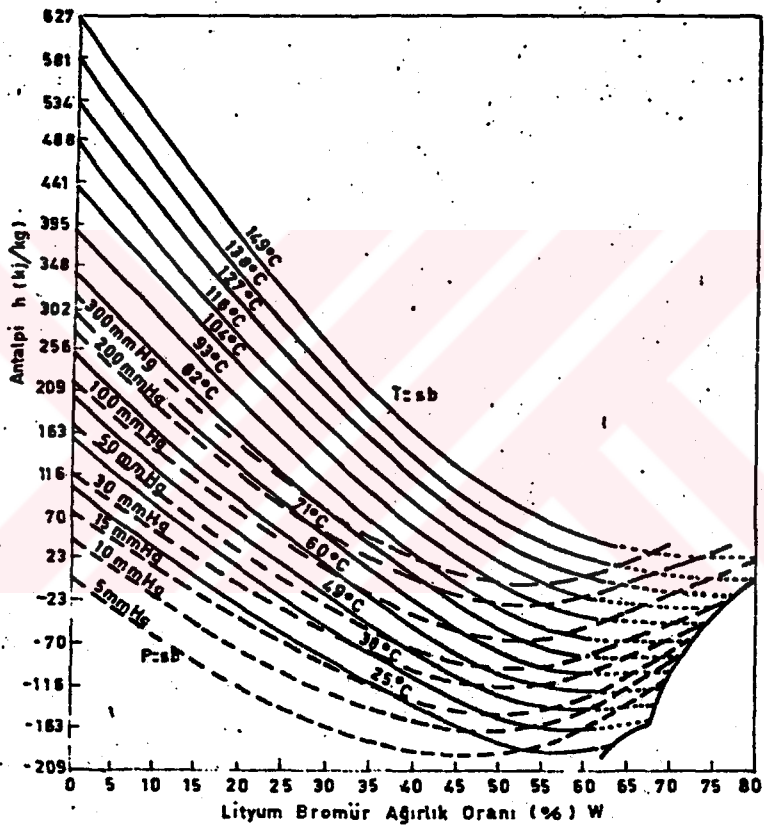
EK- 6 $\text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$ İKİLİ KARIŞIMININ T-S DİYAGRAMINDA GÖSTERİLİŞİ



EK- 7 AMONYAK SU KARIŞIMININ LogP-1/T DİYAĞRAMI



EK- 9 LiBr - H₂O KARIŞIMINDA ANTALPI- LiBr AĞIRLIK ORANI



, LiBr-H₂O Karışımında Antalpi-LiBr Ağırlık Oranı

EK- 10 RADYASYON MİKTARLARI

İstasyon : ANKARA
 Ayı : AĞUSTOS
 Yılı : 1987

Saatlik Güneş Işınlari Şiddetinin Saatlik Ortalama Değerleri
 Cal/cm² (dakikada) Tablosu

(10)

GÜNLER	SAATLER (Makald)																			Günlük Toplam	Saatlik ort. cal/cm² (Dakikada)	Günlük saatlik Toplam (cal/cm²)	Ortalama Cal/cm² (Dakikada)
	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-55	56-60	61-65	66-70	71-75	76-80	81-85	86-90	91-95					96-100
1	2.40	13.20	24.80	43.20	55.80	64.80	65.40	65.80	64.80	52.60	46.80	33.60	19.20	6.00							522.00	11.7	
2	1.00	12.20	25.80	37.80	52.80	52.80	52.40	56.40	55.80	51.00	45.00	31.20	15.60	6.80							501.60	12.0	
3	2.40	14.40	28.20	42.00	56.40	63.60	62.80	69.20	67.20	61.20	52.80	42.00	28.80	15.60	4.20						546.60	11.3	
4	2.40	12.80	20.40	35.40	51.00	61.80	66.80	66.00	62.40	54.80	43.20	31.20	16.20	5.80							550.80	11.5	
5	1.80	12.60	20.40	32.20	54.00	61.80	64.80	64.80	61.20	52.80	43.20	31.20	16.80	4.80							542.40	11.3	
6	2.40	13.40	21.20	35.00	54.00	60.00	62.80	62.80	58.80	54.00	47.60	30.00	16.20	5.20							535.40	11.4	
7	3.00	13.60	21.20	34.40	55.20	62.40	66.00	65.40	60.00	51.60	42.60	25.80	12.60	3.00							525.80	11.3	
8	3.00	14.40	20.00	32.40	52.80	60.00	63.60	62.40	57.00	47.60	37.00	19.20	13.20	1.50							500.10	11.7	
9	1.80	14.40	20.00	36.00	47.40	54.00	62.40	62.40	60.00	56.60	40.80	18.80	15.00	4.20							505.80	11.1	
10	1.00	15.00	21.80	35.60	55.20	61.80	63.60	62.60	60.00	57.60	49.60	18.80	15.00	4.20							531.60	10.7	
Toplam 1-10	25.00	188.80	234.00	421.20	571.60	603.60	640.80	623.60	601.20	524.00	415.60	281.80	153.60	39.90							5300	X	
11	2.40	14.40	31.80	45.60	55.20	61.20	64.80	64.80	60.00	52.20	40.80	26.40	12.00	2.40							524.00	11.2	
12	2.40	13.20	25.80	42.00	54.00	61.20	62.40	62.40	61.60	57.00	46.80	26.40	12.00	0.90							485.10	10.7	
13	0.90	10.80	25.20	36.00	48.00	54.60	52.40	57.60	49.20	42.00	36.60	30.00	12.00	1.00							440.30	11.5	
14	1.25	10.80	25.80	42.00	49.80	58.20	53.00	51.40	51.40	45.00	31.20	13.80	2.30								471.15	10.5	
15	3.00	15.00	21.20	35.60	54.00	63.60	66.00	64.80	60.60	51.60	39.60	27.00	11.00	0.60							523.60	11.2	
16	0.80	11.40	28.20	42.00	57.60	53.40	64.80	65.40	61.20	52.80	42.00	26.80	12.60	0.40							521.60	11.1	
17	1.80	4.80	9.60	22.40	50.40	58.20	52.00	46.80	44.20	41.50	19.80	13.80	10.20	0.60							528.00	11.7	
18	3.00	4.40	31.20	45.00	55.20	63.60	62.40	57.00	53.40	46.40	40.20	37.20	15.60	1.20							522.00	11.5	
19	2.35	15.40	20.40	44.40	54.00	60.60	61.60	62.40	57.40	51.00	39.00	25.20	9.60	0.60							511.05	10.9	
20	3.60	15.60	21.20	44.40	51.80	58.80	61.60	61.20	53.00	48.00	36.00	21.80	8.00	0.5							501.5	10.5	
Toplam 11-20	21.50	174.80	223.60	420.60	527.40	589.40	534.00	591.60	531.00	440.80	325.00	208.00	118.20	104.5							4811.5	X	
21	1.75	9.60	22.20	26.80	45.60	54.60	60.00	61.20	55.80	46.80	36.00	24.40	10.80	1.20							466.55	10.5	
22	1.50	29.20	30.00	40.80	37.80	43.80	61.80	60.60	56.00	38.20	17.20	24.00	7.60	1.20							508.10	11.5	
23	0.60	8.40	12.00	27.60	52.20	45.00	27.00	45.00	42.20	44.40	28.20	23.50	9.40	0.90							371.50	11.8	
24																							
25																							
26																							
27																							
28																							
29																							
30																							
31																							
Toplam 21-31																							X
Ayık Toplam																							X
Ayık Ortalama																							X

R. Fuess 58 d. Aktinografına ait her ayın 15. günü için düzeltme faktörü

ÖZGEÇMİŞ

1963 Yılında Sakarya'nın Geyve Kazasında doğdu. İlk,Orta ve Liseyi Geyve'de bitirerek 1981 Yılında İstanbul Teknik Üniversite- si Sakarya Mühendislik Fakültesi Makina Bölümüne girdi. 1985 Yılın- da bu Fakülteden Makina Mühendisi olarak mezun oldu. 1986 Yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makina Eğitimi bölümü Tesisat Anabilim dalına Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. Halen bu görevde çalışmaktadır.

T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi