

HARRAN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ ABSORBSİYONLU  
SOĞUTMA SİSTEMİNİN ŞANLIURFA İLİNDE  
BİR KONUTA UYGULANMASI

İsmail HİLALİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

1995  
ŞANLIURFA

55455

HARRAN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ ABSORBSİYONLU  
SOĞUTMA SİSTEMİNİN ŞANLIURFA İLİNDE  
BİR KONUTA UYGULANMASI

İsmail HİLALİ

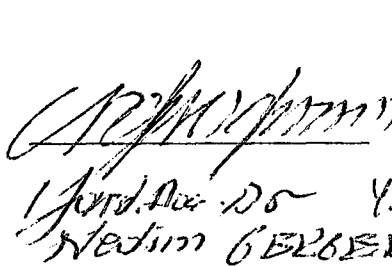
Prof. Dr. M. Y. ÖZALP  
Enstitü Müdürü

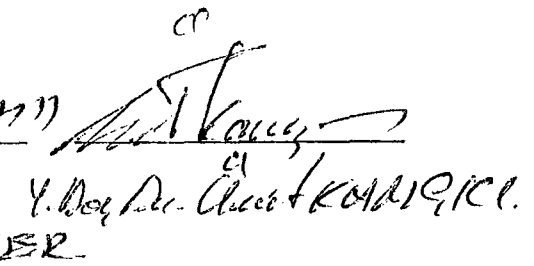
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez .....4.1.7.../ 1995 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Tarafından değerlendirilerek  
oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.



Doç. Dr. Cemal OKUYAN

  
Y. Doç. Dr. N. GERBER

  
Y. Doç. Dr. C. KARAPINAR

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### ŞANLIURFA İLİNDE GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ ABSORBSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMİNİN İNCELENMESİ

İsmail HİLALİ

Harran Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

1995, Sayfa: 54

Bu çalışmada, asıl amaç GAP (Güneydoğu Anadolu Projesi) 'ın merkezi sayılan Şanlıurfa ilinde Güneş Enerjisi destekli Absorbsiyonlu Soğutma Sisteminin verimliliğinin bulunmasıdır. Bunun için, Şanlıurfa ilinde bir konut seçilmiştir. Bu konutun ısı kazancı hesaplanarak, bu değere göre soğutma sisteminin elemanları olan: Absorber, Kondenser, Generatör, evaporatör ve ısı değiştirgeci boyutları hesaplanmıştır. Ayrıca sistemde kullanılacak olan düzlem yüzeyli kolektörün verimi hesaplanmıştır.

**ANAHTAR KELİMELER:** Absorbsiyonlu Soğutma, Isı kazancı, Absorber, kondenser, Generatör, Evaporatör, Isı Değiştirgeci, Kolektör, Verim.

**ABSTRACT**

**Masters Thesis**

**INVESTIGATION OF ABSORPTION  
COOLING WITH SOLAR ENERGY  
IN ŞANLIURFA**

**İsmail HİLALİ**

**Harran University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Mechanical Engineering**

**1995, Page: 54**

In this study, main aim is found effectiveness of Absorption Cooling with Solar Energy in Şanlıurfa that It is center of GAP(Southeastern Anatolian Project). For this, We selected a residential house and calculated heat gain of this house. And then We selected elements of Absorption Cooling with respect to this heat gain that are absorber, condenser, generator, evaporator, exchanger, and calculated efficiency of Solar collector.

**KEY WORDS: Absorption Cooling, Heat Gain, Absorber, Condenser, Generator, Evaporator, Exchanger, Efficiency, Collector**

## ÖNSÖZ

1990 yılında meydana gelen Körfez krizinin ana nedeni, zengin petrol yataklarına sahip bazı Ortadoğu ülkelerindeki gerek siyasi gerekse ekonomik dengenin bozulmasıdır. 2000 yılına doğru teknolojinin ve sosyal kalkınmanın ana girdisi olan enerjiyi sağlayan en önemli kaynaklardan biri olan petrolü, gelişmiş sanayi toplumları kadar gelişmekte olan ülkelerde artan bir iltiyaçla tüketmektedir.

Enerji ithal eden kalkınmış ve kalkınmakta olan ülkeler, 1970 ve sonrası yıllarda yaşanan petrol şokundan sonra uygulamakta oldukları enerji stratejilerini yeniden ele alarak enerji sektörlerini daha güçlü ve dışa az bağımlı bir yapıya kavuşturma çabası içerisine girmişlerdir. Bu durum körfez savaşıyla bir kez daha gözler önüne serilmiş ve durumun ehemmiyeti bir kat daha artmıştır.

Ülkemizde halen taşkömürü, linyit, asfaltit, petrol, doğalgaz, elektrik enerjisi, kok, havagazı, odun, hayvan ve bitki artıkları tüketilmektedir. Eğer VI.kalkınma plan dönemi (1989-1994) için hedeflenen birincil enerji tüketiminde artış yüzdelere göz atılırsa, taşkömüründe % 5.1, linyitte % 8.9, petrol ürünlerinde % 1.2, doğal gazda % 25.1, hidrolik enerjide % 7.3, jeotermal enerjide ise % 8.4 'lük artış öngörülmüştür. Taşkömürü, petrol ve doğalgaz büyük oranda ithal enerji kaynaklarıdır. Yapılan yeraltı araştırmaları neticesinde, bu enerji kaynaklarının 2050 yılında biteceği hesaba katılırsa, yeni enerji kaynaklarının araştırılması zaruri hale gelmiştir.

Fosil türü enerji kaynaklarının bir ölçüde yerini alacak ve üretimi ile kullanımı arasında çevreye zarar vermeyecek veya en asgari düzeyde tutulacak ve en önemlisi tükenme tehlikesi olmayacak olan Güneş ve Rüzgar enerjilerinde kalkınma planlarında yer alması gerekmektedir. Almanya gibi ülkelerde güneş enerjisini teşvik için yapılanlardan sadece biri olan vergi indirimini gözönünde bulundurursak, enerji politikamızın nedenli değiştirilmesi gerektiğini görebiliriz.

36° -42° kuzey enlemlerinde bulunan 'Türkiye' nin düşük sıcaklıkta ısı olarak kullanabileceği yıllık güneş enerjisi miktarı, yaklaşık olarak 36 Milyon ton taşkömürüne eşdeğerdir.Güneş enerjisinin ülkemizde tek kullanım alanı, düzlem toplayıcıların kullanıldığı güneşli su ısıtıcılarıdır. Bu alanda da mevcut imalat kapasitesinin ancak % 15 i kullanılmaktadır. Oysa günümüz Türkiye' sinde gerekli teknoloji ve bilgi birikimi yanı sıra, gerekli her türlü makina ve teçhizatın tamamı yapılabilmektedir. Bina ve su ısıtmanın yanısıra, kırsal kesimde sera ısıtma, su pompajı ve soğutmada güneş enerjisi kullanılabilir.

Son söz olarak bazı bilim adamlarının birkaç görüşünü vermek istiyorum.

" Teknoloji Allah' ın bir hediyesidir. Allah' ın insana hayattan sonra ihsan ettiği en büyük hediyedir. Teknolojinin en atılgıcı yönü hareketlilikdir. Onu herkes öğrenebilir. Irk ve lisan engelini kolayca aşar. Eğer Dünyamızı ümid dolu bir geleceğe yöneltmek durumunda isek, teknolojinin gezegenimiz çevresinin, hava ve su gibi bizden gayrı insanlarla paylaşılması gereken bir unsuru olduğunu anlamak mecburiyetindeyiz. Teknolojiyi tekelleştirmeye çalışmak havayı tekelleştirmeye çalışmak kadar aptallıktır. " *Freeman F.Dyson, Princeton Üniversitesi Yüksek Eğitim Enstitüsünde Fizik Profesörü [1]*

*Yale Üniversitesinden Profesör Derek J. De Jolla Price 'ın bulduğu bir ampirik kanuna göre, az bir istisna ile bir ülkenin ilmi araştırmadan sağladığı gelir, onun bilim için yaptığı harcama ile doğrudan orantılıdır. Üçüncü Dünya Ülkelerinin Bilim ve Teknoloji için yaptığı araştırmaların hepsinin dünya toplamının % 3.1 inden daha fazla olmadığını bilmek önemlidir. [1]*

Bu çalışmayı yaparken yardımlarını esirgemeyen Danışman hocam, Doç. Dr. Cemal OKUYAN' a, gerekli dökümanları gönderen Prof. Dr. Ing. Gürbüz ATAGÜNDÜZ' e, Prof. Dr.Ing.Tuncay YILMAZ' a, TÜBİTAK' ta yapılan konuyla ilgili deneysel çalışmaya beni davet eden Doç.Dr. Engin TÜRE ' ye ve Araş.Gör. M.Azmi AKTACİR' e teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
TABLolar LİSTESİ	vii
SİMGELER LİSTESİ	viii
1. GİRİŞ	1
1.1. Tabii Enerji Kaynağı Olan Güneş Enerjisi Hakkında Genel Bilgiler	2
2. GÜNEŞ ENERJİSİNİN UYGULANDIĞI SOĞUTMA SİSTEMLERİ	4
2.1. Mekanik Sistemler (Isı Pompaları)	4
2.2. Mekanik Olmayan Sistemler	5
2.2.1. Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi	5
2.2.2. Kurutmalı Soğutma Sistemi	8
2.2.2.1. Havalandırmalı (üflelemeli) kurutmalı soğutma sistemi	8
2.2.2.2. Yeniden dolaşımli (sirkülasyonlu) kurutmalı soğutma sistemi	9
2.2.3. Ejektörlü Soğutma Sistemi	10
3. İÇ VE DIŞ HAVA ŞARTLARININ TESBİTİ	11
3.1. Dış Ortam Şartlarının Seçimi	11
3.2. İç Ortam Şartlarının Seçimi	12
4. SOĞUTMA YÜKÜNÜN HESAPLANMASI	13
4.1. Konutun İletim ve Konveksiyonla Olan Isı Kazancı	13
4.2. Güneş Enerjisi ile Kazanılan Isı	16
4.3. İnsanlardan Kazanılan Isı	16
4.4. Aydınlatma ve Elektrikli Aletlerden Gelen Isı	17

4.5. İnfiltrasyon ve Havalandırma Isı Kazancı	17
4.5.1. İnfiltrasyonla Olan Isı Kazancı	17
5. ABSORBSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMİNDE AKIŞKAN ÇİFTİNİN SEÇİLMESİ	19
6. ABSORBSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMİNİN HESAPLANMASI	21
6.1. Sistemdeki Bütün Noktaların Termodinamisel Özelliklerinin Tesbiti	21
6.2. Sistem elemanları için kütle ve enerji dengeleri	23
6.2.1. Evaporatör için Kütle Dengesi	23
6.2.2. Absorber için Kütle dengesi	23
6.2.3. Isı değiştirgeci için enerji dengesi	24
6.2.4. Generatör için enerji dengesi	25
6.2.5. Absorberden atılan ısı	25
6.2.6. Kondenserden atılan ısı	25
6.3. Sistem İçin Enerji Dengesinin Mukayesesi	26
7. SİSTEMDE KULLANILACAK KOLLEKTÖRÜN VERİMİNİN HESAPLANMASI	27
7.1. Eğik düzleme gelen toplam güneş ışınımı miktarının hesabı	27
7.2. Kollektörün Toplam Isı Transfer Katsayısının Tesbiti	28
7.2.1. Meteoroloji ve kollektör verileri	28
7.2.2. $U_t$ nin tayini	29
7.2.3. $h_w$ ' nin hesaplanması	29
7.2.4. $U_e$ ' nin tayini	30
7.2.5. $U_d$ ' nin tayini	30
7.3. Kollektörün Isıl Analizi	31
7.3.1. Güneş sapması $\delta$	32
7.3.2. Saat açısı $h$	32



7.3.3. Geliş açısı $\theta_1$	33
7.3.4. Kırılma açısı $\theta_2$	33
7.3.5. Yansıtma katsayısı $\rho^l$	34
7.3.6. Absorblanan radyasyon	34
7.3.7. Kanat verimi	35
7.3.8. Kollektörden geçen suyun debisi	35
7.3.9. Isı uzaklaştırma faktörü	36
7.3.10. Kazanılan enerji	36
7.4. Gerekli toplam kollektör yüzeyi	36
7.5. Toplam kollektör adedi	37
<b>8. SİSTEMİN MALİYET HESAPLAMASI VE NORMAL SOĞUTMA SİSTEMLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI</b>	<b>38</b>
8.1. Sistemin Maliyeti	38
8.1.1. Kondenser maliyeti	38
8.1.2. Evaporatör maliyeti	38
8.1.3. Güneş kollektörü maliyeti	39
8.1.4. Generatör maliyeti	39
8.1.5. Absorber maliyeti	39
8.2. Normal Tip Soğutma Cihazlarının Maliyeti	40
<b>9. SONUÇLAR ve ÖNERİLER</b>	<b>41</b>
<b>KAYNAKLAR</b>	<b>42</b>
<b>EKLER</b>	<b>44</b>

## ŞEKİLLER LİSTESİ

1. Şekil 1.1. Güneşten Dünyaya gelen radyasyonun dalga boyu ve şiddeti	3
2. Şekil 2.1. Tek çalışma akışkanlı, güneş enerjisi destekli rankine güç çevrimi	4
3. Şekil 2.2 İki çalışma akışkanlı, güneş enerjisi destekli rankine güç çevrimi	4
4. Şekil 2.3. Güneş enerjili LiBr-H <sub>2</sub> O akışkan çiftli absorpsiyonlu soğutma sistemi	6
5. Şekil 2.4. Güneş enerjili NH <sub>3</sub> -H <sub>2</sub> O akışkan çiftli absorpsiyonlu soğutma sistemi	7
6. Şekil 2.5. Kurutuculu iklimlendirme çevrimi, havalandırmalı sistem	8
7. Şekil 2.6. Yeniden dolaşımli, kurutuculu iklimlendirme çevrini	9
8. Şekil 2.7. Ejektörlü Freon çalışma akışkanlı soğutma sistemi	10
9. Şekil 4.1. Soğutma sisteminin uygulanacağı konutun mimari taslağı	13
10. Şekil 5.1. Generatör sıcaklığının fonksiyonu olarak sistem performansının değişimine LiBr-H <sub>2</sub> O çiftinin etkisi	19
11. Şekil 6.1. Absorpsiyonlu soğutma sistemi	21
12. Şekil 6.2. 5 ve 8 noktalarının değerlerinin grafikten okunması	22
13. Şekil 7.1 Güneş kollektörü kesiti	27
14. Şekil 7.2. Termal analizi yapılacak kollektörün kısmi kesiti	31
15. Şekil 7.3. Enlem (L), Saat açısı (h) ve güneş ışınlarının sapması' nın tanımlanması	32
16. Şekil 7.4. Geliş açısı ( $\theta_1$ ) ve kırılma açısı ( $\theta_1$ )	33

## TABLULAR LİSTESİ

1. Tablo 3.1. Şanlıurfa ili için meteorolojik veriler	11
2. Tablo 4.1. İletim ve konveksiyonla olan ısı transferi hesabı	14
3. Tablo 4.2. Güneş enerjisi ile kazanılan ısı miktarı	16
4. Tablo 4.3. Enfiltrasyon hesabında gerekli hava değişim katsayıları	18
5. Tablo 4.4. İnfiltrasyonla olan ısı kazancı	18
6. Tablo 5.1. Soğutucu akışkan çiffleri ve buharlaşma ısıları	20
7. Tablo 6.1. Sistemin termodinamiksel özellikleri	26
8. Tablo 6.2. Sistemin enerji dengesi	26
9. Tablo 7.1. Enleme, mevsime ve toplam eğim açısına göre R faktörleri	28
10. Tablo 8.1. Sistem elemanlarının fiyatları ve sistemin toplam maliyeti	40

## SİMGELER

$\dot{m}$	Kütlesel debi (kg/s)
$\dot{m}_{\text{fakir}}$	Fakirleşmiş akışkan çiftinin kütlesel debisi (kg/s)
$\dot{m}_{\text{ref}}$	Soğutucu akışkanın kütlesel debisi (kg/s)
$\dot{m}_{\text{zengin}}$	Zenginleşmiş akışkan çiftinin kütlesel debisi (kg/s)
$A_c$	Üst yüzeyin alanı (m <sup>2</sup> )
$A_{\text{koll}}$	Kollektör Alanı (m <sup>2</sup> )
$A_p$	Kenar yüzeylerin toplam alanı (m <sup>2</sup> )
$C_B$	Bağlantı iletkenliği (W/mK)
$C_p$	Suyun özgül ısı (kJ/kgK)
$D_d$	Boru dış çapı (mm)
$D_i$	Boru iç çapı (mm)
$f$	Kanat verimliliği
$f_{\text{gölgeleme}}$	Gölgeleme Faktörü
$F_R$	Isı uzaklaştırma faktörü
$F'$	Kollektör verimlilik faktörü
$h$	Entalpi (kJ/kgK)
$H_a$	Absorblanan radyasyon miktarı (W/m <sup>2</sup> )
$h_{c,i}$	Boru içindeki taşınım katsayısı (W/m <sup>2</sup> K)
$H_{\text{eğik}}$	Eğik düzleme gelen Güneş ışınımı şiddeti (W/m <sup>2</sup> )
$h_w$	Rüzgarla olan ısı transfer katsayısı (W/m <sup>2</sup> K)
$H_{\text{yatay}}$	Yatay düzleme gelen Güneş ışınımı şiddeti (W/m <sup>2</sup> )
$k$	Isı iletim katsayısı(W/mK)
$k_{\text{izo}}$	İzolasyon malzemesinin ısı iletim katsayısı(W/mK)
$L$	enlem derecesi
$L_{\text{izo}}$	İzolasyon kalınlığı (mm)
$N$	Cam örtü sayısı
$n$	Cam örtünün kırılma indisi
$P$	Basınç (kPa)
$Q_{\text{absorber}}$	Absorberden atılan ısı miktarı (kcal/h)
$Q_{\text{duyulur}}$	Duyulur ısı miktarı (kcal/h)
$Q_{\text{evap}}$	Evaporatörde çekilen ısı miktarı (kcal/h)
$Q_{\text{GD}}$	Duvarlardan kazanılan ısı miktarı (kcal/h)
$Q_{\text{GP}}$	Pencerelerden kazanılan ısı miktarı (kcal/h)
$Q_{\text{kondenser}}$	Kondenserden atılan ısı miktarı (kcal/h)

$Q_{\text{lamba}}$	Lambalardan kazanılan ısı (kcal/h)
R	Çarpım faktörü
S	Kollektörün yatayla yaptığı açı
T	Sıcaklık (°C)
$T_a$	Ortam sıcaklığı(°C)
$T_{dk}$	Dış ortamın kuru termometre sıcaklığı (°C)
$T_{dy}$	Dış ortamın yağ termometre sıcaklığı (°C)
$T_g$	Suyun giriş sıcaklığı (°C)
$T_{gen}$	Generatör Sıcaklığı (°C)
$T_{ik}$	İç ortamın kuru termometre sıcaklığı (°C)
$T_{iy}$	İç ortamın yağ termometre sıcaklığı (°C)
$T_p$	Plaka sıcaklığı(°C)
$U_b$	Kollektörün alt yüzeyinden olan ısı transfer katsayısı (W/m <sup>2</sup> K)
$U_c$	Kollektörün toplam ısı transfer katsayısı (W/m <sup>2</sup> K)
$U_e$	Kollektörün yan yüzeylerinden olan ısı transfer katsayısı (W/m <sup>2</sup> K)
$U_t$	Kollektörün üst yüzeyinden olan ısı transfer katsayısı (W/m <sup>2</sup> K)
W	Borular arası mesafe (mm)
X	Konsantrasyon
$X_{ref}$	Soğutucu akışkanın konsantrasyonu
$X_{zengin}$	Zenginleşmiş akışkan çiflinin konsantrasyonu
$\rho'_l$	Yansıtıcı yüzeyin dik bileşeni
$\tau(\rho'_l)$	Yansıtıcı yüzeyin dik bileşeninin transmisivitesi
$\rho'_{//}$	Yansıtıcı yüzeyin paralel bileşeni
$\tau(\rho'_{//})$	Yansıtıcı yüzeyin paralel bileşeninin transmisivitesi
$\alpha_p$	Plakanın güneş absorptivitesi
$\beta_c$	Performans katsayısı
$\delta$	Güneş ışınlarının sapma miktarı
$\epsilon_g$	Cam örtüsünün emisivitesi
$\epsilon_p$	Plakanın emisivitesi
$\phi_d$	Dış ortamın nemlilik oranı
$\phi_i$	İç ortamın nemlilik oranı
$\lambda$	Dalga boyu
$\eta$	Kollektör verimi
$\theta_1$	Güneş ışının geliş açısı
$\theta_2$	Güneş ışının sapma açısı
$\rho'$	Yansıtma katsayısı
$\tau\alpha = \tau\alpha_b$	Yutma iletme katsayısı

## 1. GİRİŞ

Artan nüfus, gelişen teknoloji ve sanayisi ile dünya ülkelerinin tümünde birçok problemler ortaya çıkmaktadır. Bu problemlerin en önemlilerinden iki tanesi ; enerji kaynaklarının azalması, hatta tamamen tükenmesi , diğeri ise çevre kirliliğinin artmasıdır. Günümüzde enerji fiyatlarının ve insanların enerji ihtiyacının artması, insanları yeni enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Son yıllarda üzerinde en fazla durulan enerji kaynağı olarak güneş enerjisi görülmektedir. Nedeni ise, güneş enerjisinden yüksek oranda yararlanılabilirse, bütün dünyanın enerji ihtiyacını karşılayabilecek düzeyde ve tükenmez bir kaynak özelliğine sahip olmasıdır.

Günümüzde ısınmak için enerji ihtiyacı olduğu kadar, soğutma için de enerjiye ihtiyaç vardır. Özellikle Ozon tabakasındaki yırtılmadan dolayı yeryüzüne ulaşan zararlı dalga boylarındaki enerji dolu tayflar, yeryüzünde sıcaklık artmasına neden olmaktadır. Ayrıca yerkürenin merkezinde olan bir takım hareketlenmelerden dolayı harekete geçen sıcak magmanın, çatlaklardan ilerleyerek yüzeye yaklaşması da sıcaklığı arttırmaktadır.

Bu nedenlerden dolayı, soğutma enerji ihtiyacı gittikçe önem kazanmaktadır. Özellikle gıda maddelerinin kısa ve uzun süreli muhafazalarında soğuk hava depolarına ihtiyaç vardır. Ayrıca yaz aylarında insanın yaşaması için gerekli olan ortam ısısının çok üstünde olan sıcaklıklarda, konfor için soğutmaya gereksinim duyulmaktadır.

Bir evin konfor ortamı için gerekli olan güç, ortalama 8 kW civarındadır. Bu güç ihtiyaca göre daha yüksek değerlere ulaşabilir. En çok kullanılan soğutma sistemleri; emme sistemli , su, hava ve buhar çevrimli soğutma sistemleri olarak ikiye ayrılabilir. Güneş enerjisiyle çalışmaya en çok uygun olan sistem Absorbsiyonlu soğutma sistemidir. Absorbsiyonlu soğutma sistemlerinin, buhar sıkıştırımalı soğutma sistemlerinden farkı, ozon tabakasına zarar veren freon gazlarının kullanılmamasıdır. Ayrıca bu sistemler güneş enerjisiyle çalışabilecek şekilde düzenlenebilmektedir. Bunun yanı sıra ihtiyacın çok artması durumunda küçük oranda yardımcı enerjiye ihtiyaç duyulması ve hareketli aksamın bulunmaması en büyük avantajlarıdır.

Bu çalışmamızda, GAP (Güneydoğu Anadolu Projesi) Bölgesinin en önemli şehirlerinden biri olan Şanlıurfa' da bir konutun, Güneş enerjisi destekli absorbsiyonlu soğutma sistemiyle soğutulması incelenmeye çalışılacaktır.

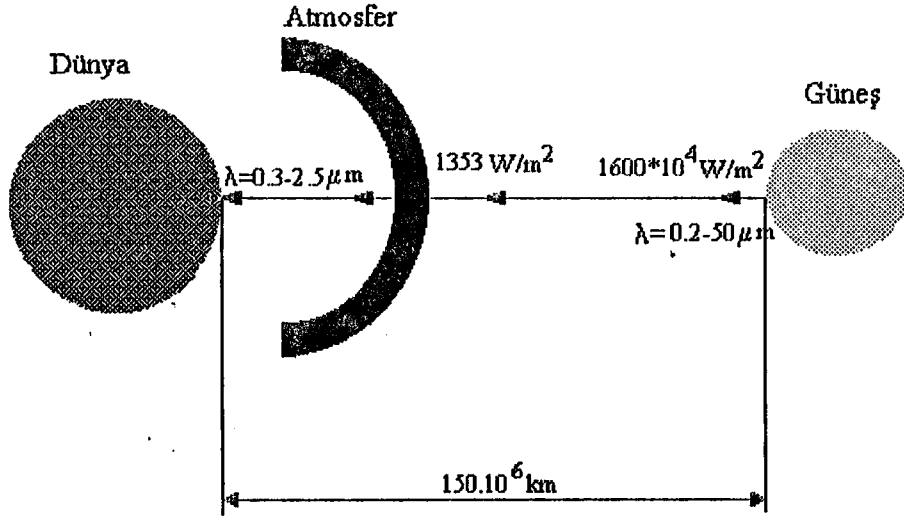
## 1.1. Tabii Enerji Kaynağı Olan Güneş Hakkında Genel Bilgiler

Güneş,  $1,39 \cdot 10^9$  metre çapında ve dünyadan  $1,5 \cdot 10^{11}$  metre uzaklığında, sıcak gazlardan oluşmuş yoğunluklu bir küredir. Güneş, 5777 K sıcaklığındaki bir siyah cisim gibi radyasyon yayar. Merkezindeki sıcaklığın  $8 \cdot 10^6$  ile  $40 \cdot 10^6$  K ve yoğunluğunun da, suyun yoğunluğunun yaklaşık 100 katı olduğu tahmin edilmektedir. Güneş kendisini meydana getiren gazlarla çalışan sürekli bir füzyon reaktörüdür.

Güneşin merkezinde üretilen milyonlarca derece sıcaklıktaki enerji yüzeye transfer edilir. Oradan da uzaya yayılır. Güneşin şematik yapısı şekil 1.1' de gösterilmiştir. Tahminen enerjinin % 90 'ı 0-0.23R bölgesinde toplanmıştır (R güneşin yarıçapıdır. ) ve güneşin kütleinin % 40 ' ını içerir. Merkezden 0.7R mesafede sıcaklık, 130000 K ' e, yoğunluğu da  $70 \text{ kg/m}^3$  e düşmüştür. Bu bölgede konveksiyon önem kazanmaya başlar ve 0.7R-10R 'den 0 ' a kadar " **Konvektif Bölge** " olarak bilinir. Bu bölgede sıcaklık 5000 K 'e yoğunlukta  $10^{-5} \text{ kg/m}^3$  e düşer.

Güneşin yüzeyinin, 1000-3000 Km arasındaki boyutlara sahip granüllerden (düzensiz konveksiyon hücreleri) ve birkaç dakikalık ömrü olan hücrelerden meydana geldiği bilinmektedir. Güneş yüzeyinin diğer tarafları ise, büyüklükleri diğer konvektif hücrelerle aynı olan por (Gözenek, delik) denilen küçük karanlık alanlar ve büyüklükleri değişen sunspot denilen çok büyük karanlık alanlardır. Konvektif bölgenin en dış tabakası fotosfer (Photosphere) dir. Bu tabaka esasen mattır. İçinde bulunan gazlar iyonize haldedir ve sürekli radyasyon emebilir ve yayabilir. Bu tabaka güneş radyasyonunun en önemli kaynağıdır. Fotosferin dış kenarı çok veya az şeffaf bir güneş atmosferidir. Fotosferin üstünde bir kaç yüz kilometre genişliğinde ve " **Geri çağırma tabakası** " olarak çağrılan bir soğutucu gaz tabakası bulunmaktadır. Bu tabakanın dışı **Kromosfer** olarak bilinen ve 1000 km genişliğindeki bir tabakadır. Bu tabaka, fotosferin sıcaklığından çok daha yüksek, yoğunluğu ise çok düşük olan bir gaz tabakasıdır. Daha ileri tabaka ise, **Korona** 'dır. Bu tabaka çok yüksek sıcaklıkta ( $10^6$  K) ve çok düşük yoğunlukta.

Atmosfere gelen 0.3-3µm dalga boyuna sahip güneş radyasyonunun % 17.5 ' i atmosferi ısıtmak için harcanır. Yaklaşık % 35 ' i bulutlardan ve yerden yansıtılarak geri döner. Atmosfer dışındaki radyasyon şiddeti:  $1353 \text{ W/m}^2$  olarak alınabilir. [6]



Şekil 1.1. Güneş ' ten Dünya' ya gelen Radyasyonun dalga boyu ve Şiddeti [6]



## 2. GÜNEŞ ENERJİSİNİN UYGULANDIĞI SOĞUTMA SİSTEMLERİ

Termodinamiğin 2. Kanununun, Clavius ifadesine göre; Isı soğuk bir ortamdan sıcak bir ortama kendiliğinden geçemez. Sisteme dışarıdan bir enerji verilmesi gerekir. Bu enerji için güneş enerjisinden yararlanılabilir. Bu bakımdan güneş enerjili soğutma sistemleri aşağıda tanıtılmaya çalışılacaktır.

### 2.1. Mekanik Sistemler (Isı Pompaları)

#### 2.2. Mekanik Olmayan Sistemler

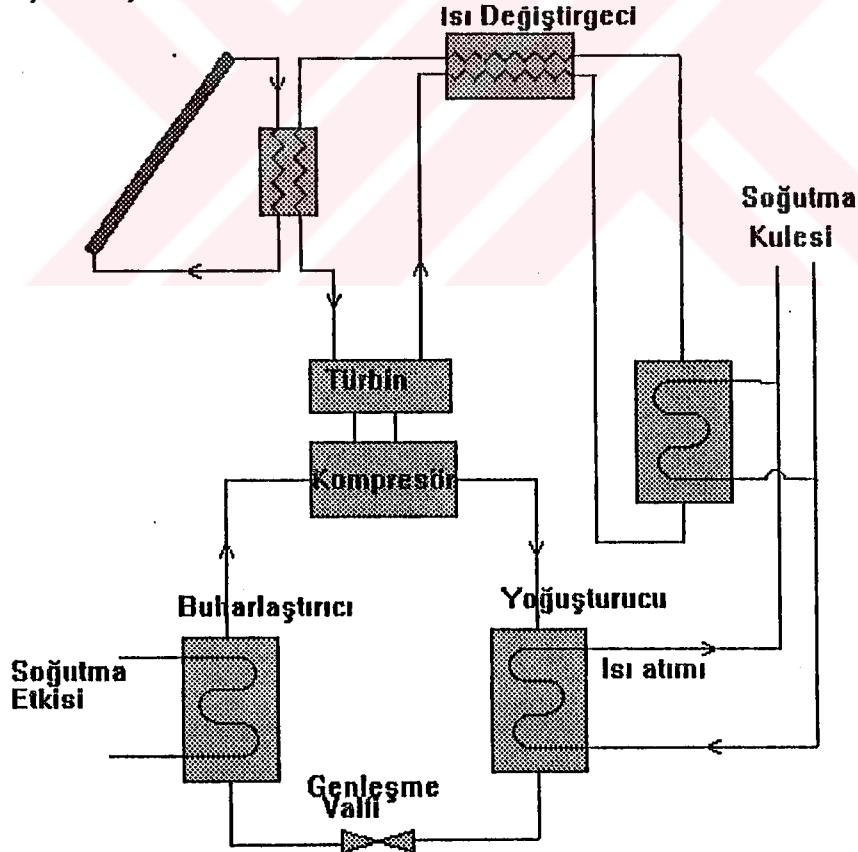
##### 2.2.1. Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi

##### 2.2.2. Kurutmalı Soğutma Sistemi

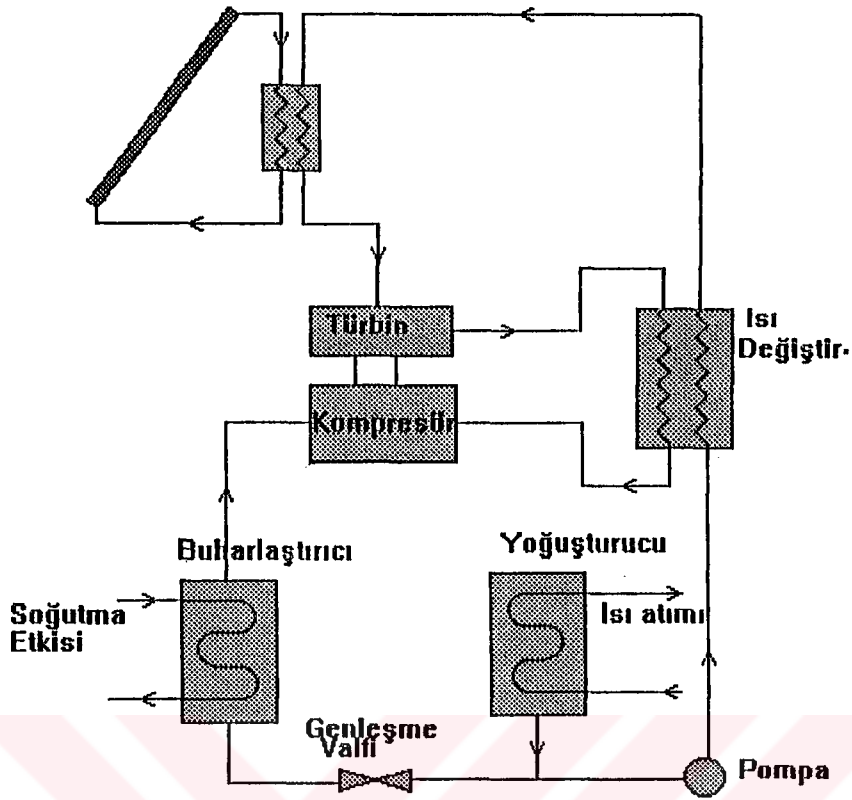
##### 2.2.3. Ejektörlü Soğutma Sistemi

### 2.1. Mekanik Sistemler

Güneş enerjisiyle tahrik edilen buhar sıkıştırma, Rankine güç çevrimli soğutma sistemleri, şekil 2.1 de görüldüğü gibi tek çalışma akışkanlı ve Şekil 2.2 deki gibi de iki çalışma akışkanlı olabilir. [7]



Şekil 2.1. Tek çalışma akışkanlı, Güneş enerjisi destekli Rankine güç çevrimi



Şekil 2.2. İki çalışma akışkanlı, Güneş enerjisi destekli Rankine güç çevrimi

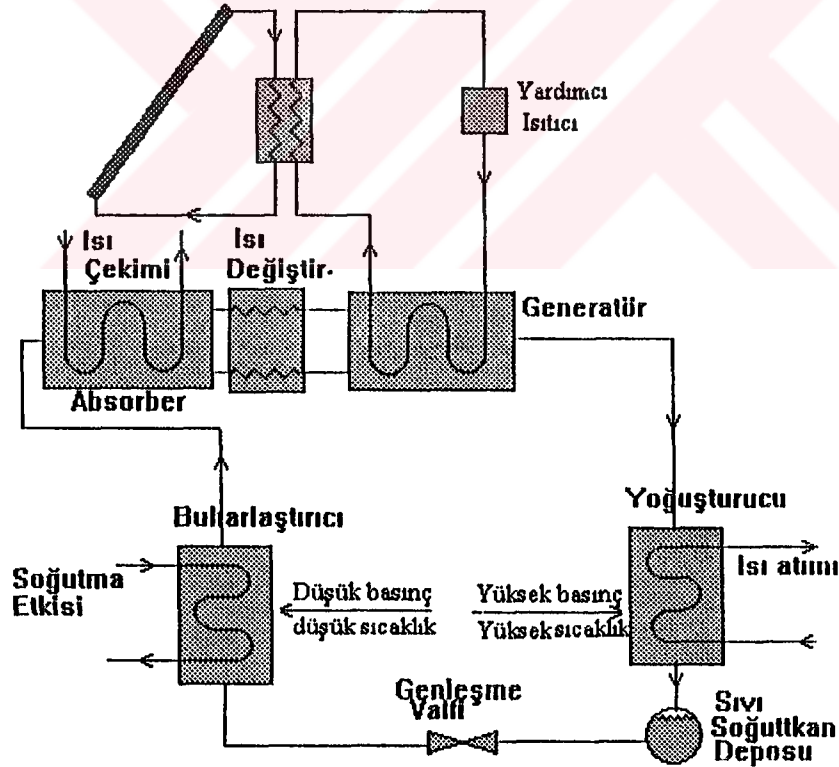
Rankine güç çevriminde güneş enerjisi, kullanılacak olan akışkanı (Freon, Su) buharlaştırır. Bu buhar, türbine gönderilerek soğutma sisteminin kompresörü tahrik edilir. Güneş enerjisiyle, akışkan düşük sıcaklıkta (100 °C) buharlaştırılmaktadır. Yardımcı enerji kaynağı kullanıldığı zaman akışkan, 600°C sıcaklıkta kızgın buhar konumuna getirilmektedir. Böylece gerekli enerjinin dörtte birinin yardımcı enerji kaynağından kullanılması halinde kollektör alanında % 50 lik bir azalma sağlanmaktadır.

## 2.2. Mekanik olmayan sistemler

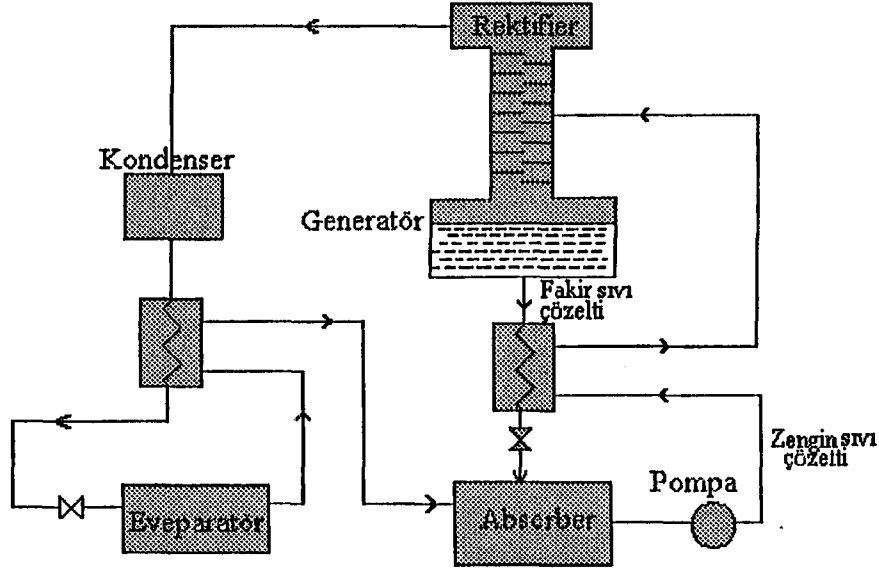
### 2.2.1. Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi

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

Akışkan çifti olarak LiBr-H<sub>2</sub>O ve H<sub>2</sub>O-NH<sub>3</sub> çok kullanılır. Şekil 2.3 ve Şekil 2.4 de bu sistemler görülmektedir. [7]



Şekil 2.3. Güneş Enerjili LiBr-H<sub>2</sub>O akışkan çiftli Absorbsiyonlu Soğutma sistemi



Şekil 2.4. Güneş Enerjili H<sub>2</sub>O-NH<sub>3</sub> akışkan çiftli Absorbsiyonlu Soğutma sistemi

LiBr-H<sub>2</sub>O çiftini kullanan sistem H<sub>2</sub>O-NH<sub>3</sub> çiftini kullanan sistemden daha basittir. Çünkü H<sub>2</sub>O-NH<sub>3</sub> sisteminde soğutucu akışkan NH<sub>3</sub> dür ve soğutma devresine H<sub>2</sub>O buharının karışmaması için tedbir alınması gerekir. Evaporatöre giden devrede NH<sub>3</sub> içerisinde, H<sub>2</sub>O kullanılacak olursa, orada donma yapacaktır. Bu durum mahzurludur. LiBr-H<sub>2</sub>O kullanan sistemde ise, H<sub>2</sub>O buharı soğutucu akışkan olarak soğutma devresinde dolaşır. Diğer taraftan H<sub>2</sub>O-NH<sub>3</sub> ' lu sistemlerin çalışması için gerekli sıcaklıkları (120-150°C), düzlemsel kolektörlerden elde etmek zordur. LiBr-H<sub>2</sub>O sistemi ise, bu kolektörlerden elde edilebilecek sıcaklıklarda (80-95°C) uygun bir şekilde çalışabilir ve performans katsayısı ( $\beta_c$ ) ötekenden daha büyüktür. Buna karşın, LiBr-H<sub>2</sub>O sisteminin iki istenmeyen durumu bulunmaktadır. Yüksek buharlaşma sıcaklığı ve absorberde yüksek LiBr konsantrasyonu. Yüksek LiBr konsantrasyonunda, absorberde kristalleşme olmakta, soğutucu akışkan olarak H<sub>2</sub>O kullanıldığı için, evaporatör (buharlaştırıcı) 4°C altında çalıştırılmamaktadır.[3]

## 2.2.2. Kurutmalı Soğutma Sistemi

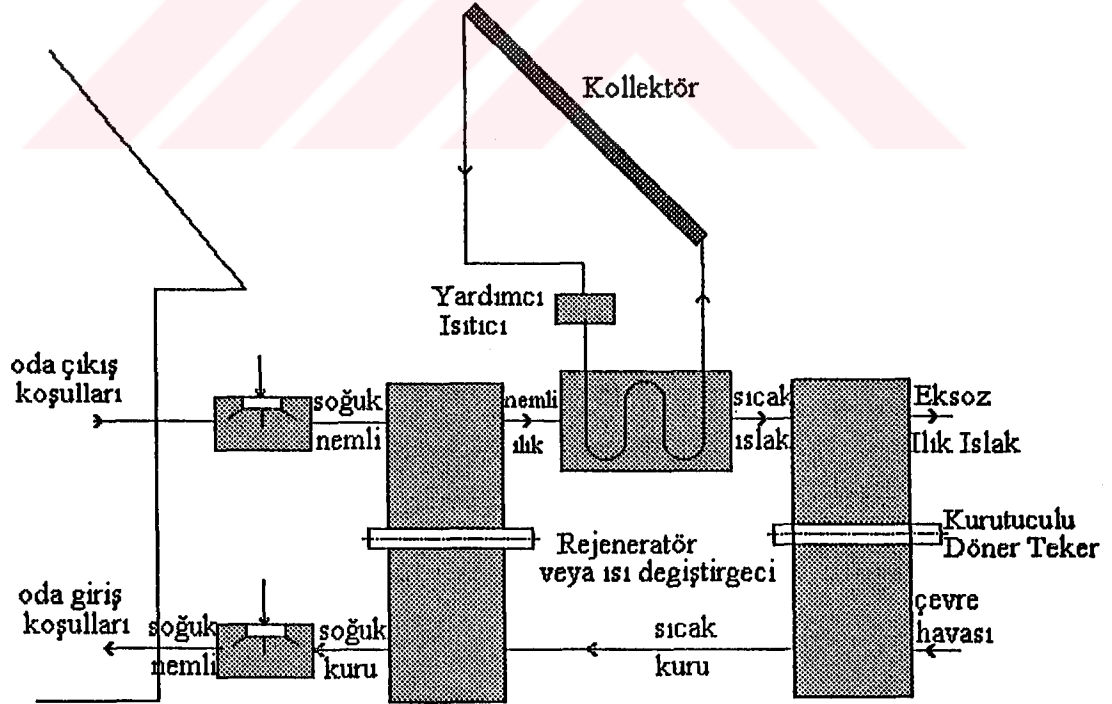
Kurutmalı (desiccant) sistemleri, soğutulmuş hava üretimi için, bir buharlaştırıcı soğutucu kullanırlar. Genellikle uygulanan iki ayrı temel sistem vardır.

### 2.2.2.1. Havalandırmalı (üfleli) kurutmalı Sistemi

### 2.2.2.2. Yeniden dolaşımı (sirkülasyonlu) kurutmalı Sistem

### 2.2.2.1. Havalandırmalı (üfleli) kurutmalı soğutma sistemi

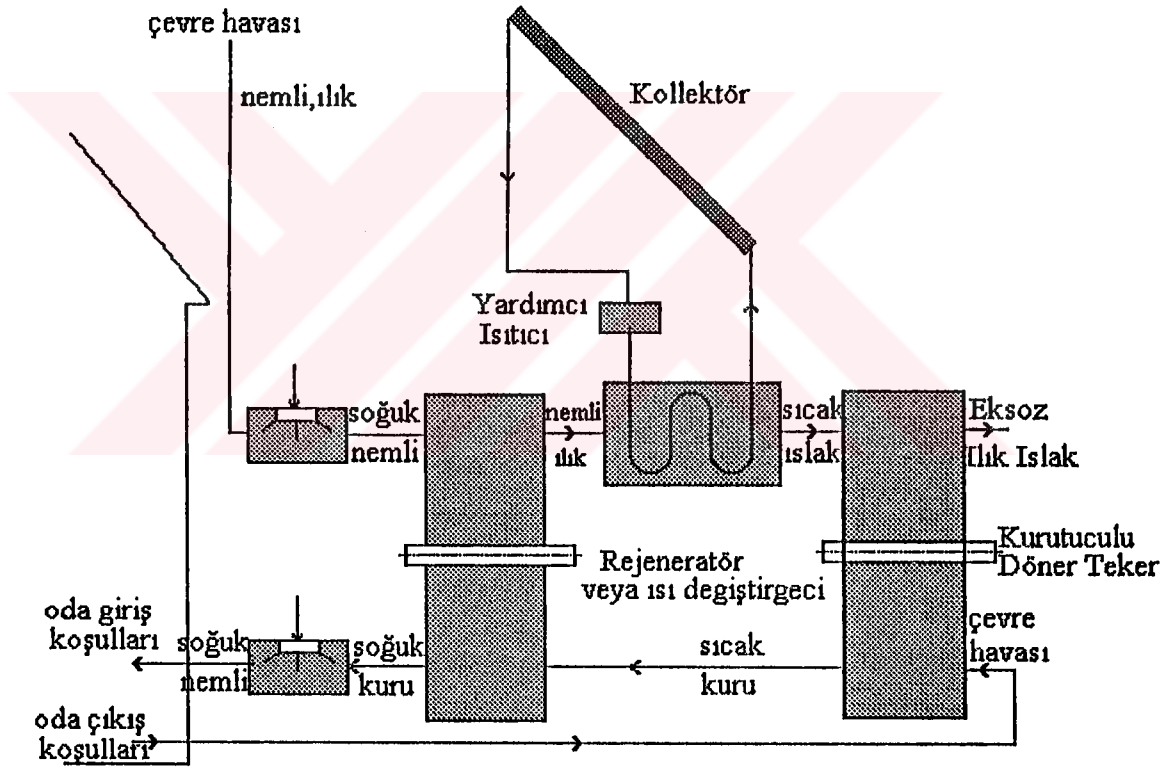
Bu soğutma sistemi, Şekil 2.5. de gösterilmiştir. Önce dış ortamdan alınan hava, rutubet giderici yataktan geçirilerek adyabatik işlemle kurutulur. Bundan sonra ısı transferi ile soğutulur ve ardından buharlaşma ile soğutulur. Sonuçta daha nemli ve soğuk hava içeriye verilir.[3]



Şekil 2.5. Kurutuculu iklimlendirme çevrimi, havalandırmalı sistem

### 2.2.2.2. Yeniden dolaşımli (sirkülasyonlu) kurutmalı soğutma sistemi

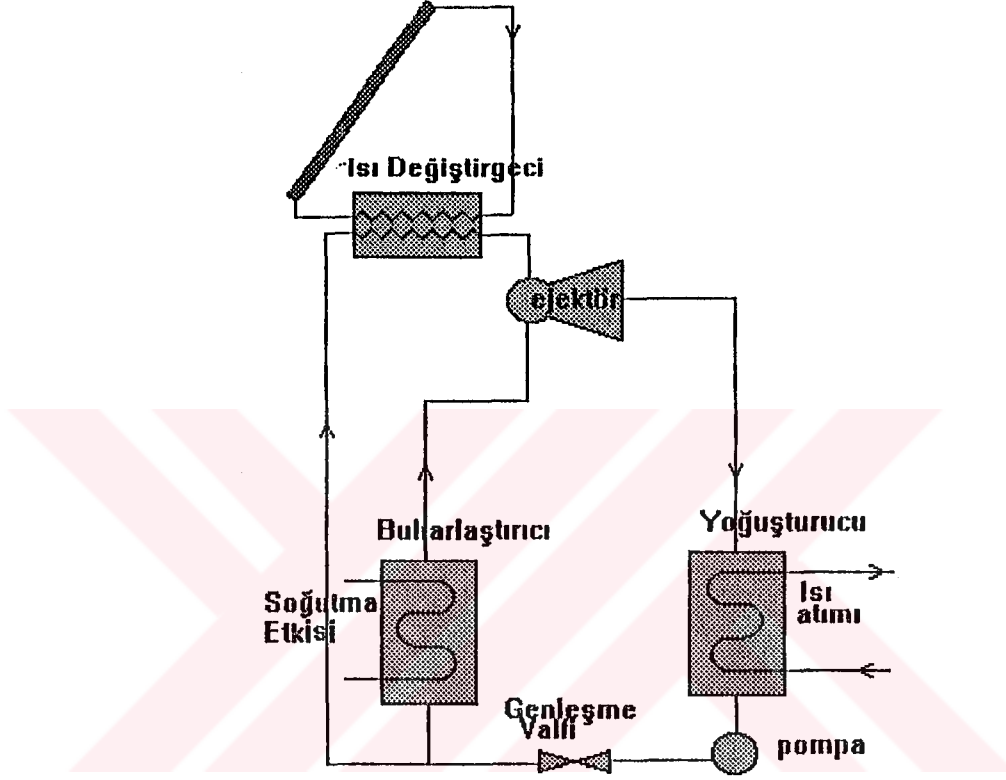
Şekil 2.6' da gösterilen bu soğutma sisteminde, konuta verilen hava ve ısı kazancı temin eden hava akımları ayrılmıştır. Beslenen hava, soğutulacak hacimden alınır. adyabatik olarak nemi azaltılır. Önce duyulur ısı çekilerek sonra buharlaştırmayla soğutulur. Daha sonra soğutulacak odaya tekrar gönderilir. Isı ekonomizerinde ısı alacak hava akımı için ise; ortam havası alınır, buharlaşma temin edilerek soğutulur sonra besleme havasının verdiği ısıyla ısıtılır, güneş kollektöründe biraz daha ısıtılır. Rutubet tutucu yatağın rutubetini alarak soğur ve ortama atılır. [3]



Şekil 2.6. Yeniden dolaşımli, kurutuculu iklimlendirme çevrimi

### 2.2.3. Ejektörlü Soğutma Sistemi

Şekil 2.7.'de ejektörlü soğutma sistemi görülmektedir. Bu sistem, çok düşük sıcaklığın istenmediği ve küçük soğutma yükleri için uygulanabilir.



Şekil 2.7. Ejektörlü Freon çalışma akışkanlı soğutma sistemi

Bu sistemde kompresörün yerine uygun bir nozul (meme) almıştır. Soğutucu akışkan, basıncı arttırılmış sıvı olarak generatöre gelir. Burada güneş enerjisi toplayıcılarından alınan ısı enerjisiyle buharlaşır. Buharın lülede basıncı düşürülür. Böylece soğutma devresinden soğutucu akışkan buharı emilir. Generatör devresi ve soğutma devresi buharları, difüzörde karışır. Bu buhar karışımı kondenserde yoğuşturulur. Yoğuşan karışımın bir kısmı soğutma devresine ayrılır ve genleşme valfinde basıncı düşürülür. Evaporatörde ısı alıp buharlaşır ve tekrar difüzöre döner. İkinci kısmı ise pompa ile basıncı arttırılarak generatöre girer.[3]



### 3. İÇ VE DIŞ HAVA ŞARTLARININ TESBİTİ

#### 3.1. Dış Ortam Şartlarının Seçimi

Soğutma yapılacak mahallerin hesaplamaları, yazın en sıcak ayına göre yapılır. Yani soğutma sisteminin maximum sıcaklık durumuna göre hesaplamalarının yapılması daha uygun olarak görülmektedir. Maximum sıcaklıklar, seneden seneye değişebildiği için son yirmi yılın ortalamasının alınması gereklidir. Hesaplamalarda bu maximum sıcaklığın seçilmesi durumunda, ekonomik açıdan tercih edilmemesi dolayısıyla, maximum sıcaklıktan biraz daha düşük bir dış hava sıcaklığı seçilir.[5]

Şanlıurfa ili için meteorolojik verilerden alınan dış ortam kuru termometre sıcaklığı; Tablo 3.1 den Temmuz ayı için 46.5 °C olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.1.Şanlıurfa İli İçin meteorolojik Veriler

YIL	A Y L A R											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Rasat	O R T A L A M A S I C A K L I K											
Süresi												
59Yıl	5.1	6.7	10.3	15.8	21.8	27.9	31.5	31.0	26.7	19.9	12.8	7.3
	E N Y Ü K S E K S I C A K L I K											
59Yıl	21.6	22.7	29.0	33.9	40.0	42.7	46.5	46.2	41.7	37.8	33.6	29.0
	E N D Ü Ş Ü K S I C A K L I K											
59Yıl	-10.6	-12.4	-7.3	-3.2	2.5	8.3	15.0	15.5	10.0	1.9	-6.0	-6.4
	O R T A L A M A N İ S B İ N E M %											
59Yıl	71	68	61	55	44	31	28	30	33	43	58	69

Fakat yukarıda belirttiğimiz ekonomiklik açısından 43°C seçilmesi daha uygundur. Buna göre yaz soğutması için,

$$T_{d,k} = 43^{\circ}\text{C}$$

$$T_{d,y} = 24^{\circ}\text{C}$$

$$\varphi_d = \% 25$$

olarak seçilmiştir.



### 3.2. İç Ortam Şartlarının Seçimi

İç ortam şartlarının seçilmesinde belli bir kural mevcut değildir. Fakat konfor açısından insan metabolizmasına göre uygun nemin ve sıcaklığın seçilmesi gerekir. Bu sıcaklığı seçerken dış ortam şartlarında gözönünde bulundurulması gerekir. İç ortam sıcaklığının, konfor açısından dış ortam sıcaklığından 7.5-10 °C daha düşük olması uzmanlar tarafından önerilmektedir. Bu soğutma projesinde, iç sıcaklık dış sıcaklıktan 13°C düşük alınmıştır. Buna göre iç ortam şartları:

$$T_{i,k} = 30^{\circ}\text{C}$$

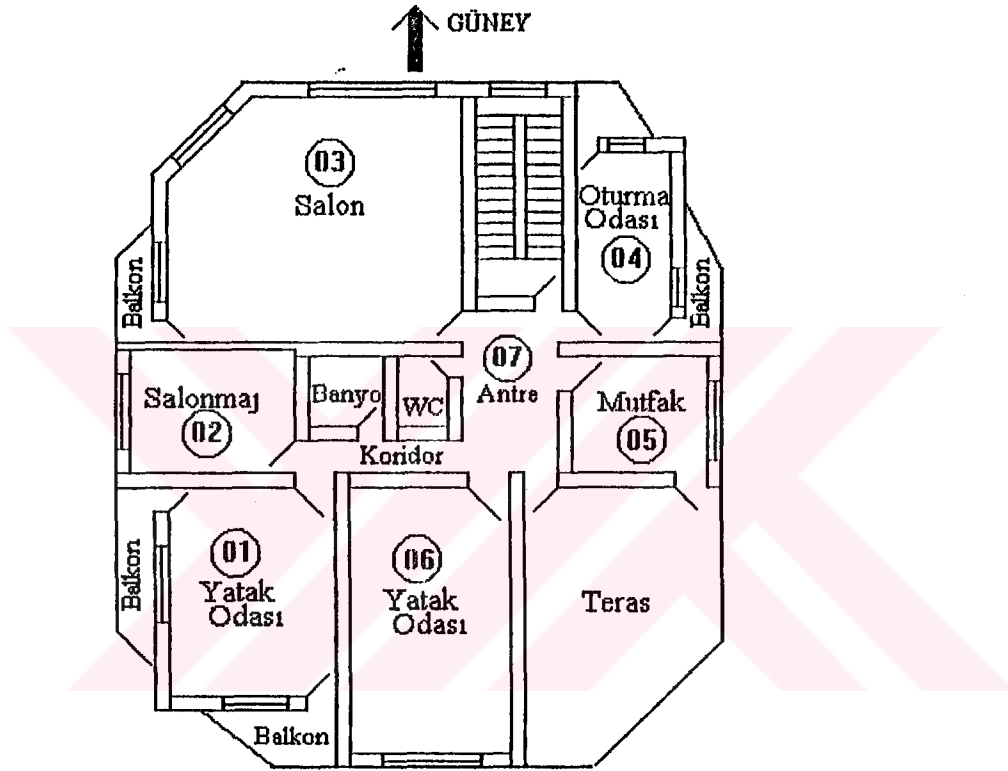
$$T_{i,y} = 21^{\circ}\text{C}$$

$$\phi_i = \% 45$$

İç ortam sıcaklığının 30°C seçilmesinin nedeni; daha düşük sıcaklıklarda dış ortam sıcaklığı ile iç ortam sıcaklığı arasındaki sıcaklık farkının büyük olması nedeniyle, insan metabolizması üzerinde aksi tesir yaparak şok etkisine neden olmasıdır. Örneğin; dış ortam sıcaklığı 43 °C iken, iç ortam sıcaklığını 22-25 °C arasında alırsak sıcaklık farkı 18-21 °C olacaktır. Bu da konfor açısından hiç de uygun olmayıp, rahatsızlık vericidir. [5]

#### 4. SOĞUTMA YÜKÜNÜN HESAPLANMASI

Soğutma yükü hesaplanacak olan konutun planı şekil 4.1' de gösterilmiştir. Şanlıurfa ili için soğutma yükünün en fazla olduğu saat: 13:00 dır. [10]



Şekil 4.1. Soğutma Sisteminin uygulanacağı konutun mimari taslağı

#### 4.1. Konutun İletim ve Konveksiyonla Olan Isı Kazancı

Isı kazancı için gerekli toplan ısı transfer katsayıları, Ek 1 'de verilen tablodan alınmıştır.

TABLO 4.1. İletim ve Konveksiyonla olan ısı transferi hesabı

NO	CİNSİ	YÖN	BOYUT (m*m)	ALAN (m <sup>2</sup> )	NET (m <sup>2</sup> )	U kcal/m <sup>2</sup> K	dT °K	Q <sub>duyulur</sub> kcal/h
<b>0 1 N O L U O D A</b>								
1	Dış Pencere	Doğu	0.8*1.5	1,20	---	4.5	13	70.2
2	Dış Duvar	Doğu	0.8*2.1	1.68	---	4	13	87.4
3	Dış Duvar	Doğu	4*3	12	9.12	1.43	13	169.52
4	Dış Pencere	Kuzey	0.8*1.5	1.2	---	4.5	13	70.2
5	Dış Kapı	Kuzey	0.8*2.1	1.68	---	4	13	87.4
6	Dış Duvar	Kuzey	4*3	12	9.12	1.43	13	169.52
7	Döşeme		4*4	16	---	1.83	5	146.40
8	Tavan		4*4	16	---	2.69	13	559.52
						T o p l a m = 1360.2		
<b>0 2 N O L U O D A</b>								
1	Dış Pencere	Doğu	1.6*1.5	2.48	---	4.5	13	145
2	Dış Duvar	Doğu	4*3	12	9.52	1.43	13	177
3	Dış Duvar	Güney	1.5*3	4.5	---	1.43	13	83.8
4	Döşeme		4.35*4	17.40	---	1.83	5	159.2
5	Tavan		4.35*4	17.40	---	2.69	13	608.4
						T o p l a m = 1173.4		
<b>0 3 N O L U O D A</b>								
1	Dış Pencere	Doğu	1.4*1.5	2.1	---	4.5	13	122.8
2	Dış Kapı	Doğu	0.8*2.1	1.68	---	4	13	87.4
3	Dış Duvar	Doğu	5.8*3	17.4	13.62	1.43	13	253
4	Dış Pencere	G.doğu	1.2*1.5	1.8	---	4.5	13	105.4
5	Dış Duvar	G.doğu	2.9*3	8.7	6.9	1.43	13	128.3
6	Dış Pencere	Güney	2*1.5	3	---	4.5	13	175.6
7	Dış Duvar	Güney	4.5*3	13.5	10.5	1.43	13	195.2
8	Dış Duvar	Batı	6*3	18	---	1.43	13	334.5
9	Döşeme			40	---	1.83	5	366
10	Tavan			40	---	2.69	13	1399
						T o p l a m = 3167.2		

0 4 N O L U O D A								
1	Dış Pencere	Batı	1.5*1	1.5	---	4.5	13	87.7
2	Dış Kapı	Batı	0.8*2.1	1.68	---	4	13	87.4
3	Dış Duvar	Batı	5.4*3	16.2	13	1.43	13	241.6
4	Dış Pencere	Güney	1.6*1.5	2.4	---	4.5	13	140.4
5	Dış Kapı	Güney	0.8*2.1	1.68	---	4	13	87.4
6	Dış Duvar	Güney	4*3	12	7.9	1.43	13	147
7	Dış Duvar	Doğu	6.1*3	18.3	---	1.43	13	340.3
8	Döşeme		5.4*4	21.6	---	1.83	5	197.6
9	Tavan		5.4*4	21.6	---	2.69	13	755.4
						T o p l a m = 2084.8		
0 5 N O L U O D A								
1	Dış Pencere	Batı	1.6*1.5	2.48	---	4.5	13	145.1
2	Dış Duvar	Batı	4*3	12	9.52	1.43	13	177
3	Dış Duvar	Güney	1.5*3	4.5	---	1.43	13	83.7
4	Dış Kapı	Kuzey	0.8*2.1	1.68	---	4	13	87.4
5	Dış Duvar	Kuzey	5.5*3	16.5	14.8	1.43	13	275.3
6	Döşeme		5.5*4	22	---	1.83	5	201.3
7	Tavan		5.5*4	22	---	2.69	13	769.5
						T o p l a m = 1739.3		
0 6 N O L U O D A								
1	Dış Pencere	Kuzey	1.6*1.5	2.48	---	4.5	13	145.1
2	Dış Duvar	Kuzey	4*3	12	9.52	1.43	13	177
3	Dış Duvar	Doğu	1.5*3	4.5	---	1.43	13	83.7
4	Döşeme		5.5*4	22	---	1.83	5	201.3
5	Tavan		5.5*4	22	---	2.69	13	770
						T o p l a m = 1377.1		
0 7 N O L U O D A								
1	Dış Kapı	Güney	1.1*2.2	2.4	---	3	13	93.6
2	Dış Duvar	Güney	2.85*3	8.55	6.15	1.43	13	114.4
3	Döşeme		5.5*2.8	15.7	---	1.83	5	143.7
4	Tavan		5.5*2.8	15.7	---	2.69	13	550
						G E N E L T O P L A M = 11804 kcal/h		

#### 4.2. Güneş Enerjisi ile Kazanılan Isı

Isı hesaplamaları yapılırken, yönlere göre, günün en yüksek kazanç elde edildiği saatlerindeki değerler alınacaktır. Hesaplamalar aşağıda tablo 4.2.' de gösterilmiştir. Tabloda belirtilen toplam güneş radyasyonu  $q_{GP}$  , gölgeleme faktörü  $f_{gölgeleme}$  , duvarın ısı geçirme katsayısı  $k$ , Ek 2 , Ek 3, Ek 4, Ek 5 ve Ek 6 ' da verilen tablolardan alınmıştır.

Tablo 4.2. Güneş Enerjisi ile kazanılan ısı miktarı [10]

YÖN	Pencerelerden Kazanılan Isı( $Q_{GP}$ )				Duvarlardan Kazanılan Isı( $Q_{GD}$ )			
	[kcal/h]				[kcal/h]			
	$q_{GP}$ kcal/hm <sup>2</sup>	$f_{gölgelem}$	$A_{Top}$ m <sup>2</sup>	$Q_{GP}$ kcal/h	$\Delta T_{eş}$ °C	$k$ kcal/hm <sup>2</sup>	$A_{Top}$ m <sup>2</sup>	$Q_{GD}$ kcal/h
Kuzey	38	0.45	7.1	122	0			0
Güney	187	0.45	5.1	429.2	8	1.43	34.5	395
Doğu	445	0.45	9.14	1830	7.8	1.43	37	413
Batı	445	0.45	5.66	1133.5	7.8	1.43	40.52	452
G.doğu	268	0.45	1.8	217	7.8	1.43	6.9	77
Çatı	-----	-----	-----	-----	25.6	1.43	155	5675
T o p l a m = 3731.7					T o p l a m = 7012			
GENEL TOPLAM = 11804 kcal/h								

#### 4.3. İnsanlardan Kazanılan Isı

Havanın kuru termometre sıcaklığı 24 °C, beden faaliyeti olarak zaman zaman oturuyor, kalkıyor, yürüyor. Bu şartlara göre: Ek 7.' den,

Duyulur Isı : 64 kcal/h

Gizli Isı : 61 kcal/h

Konutta 6 kişi olduğunu kabul edelim. Bu durumda toplam ısı kazancı:

Duyulur Isı : 64\*6= 384 kcal/h

Gizli Isı : 61\*6= 366 kcal/h

#### 4.4. Aydınlatma ve Elektrikli Aletlerden Gelen Isı

Lambalardan yayılan enerji ışınları, ilk önce ortamdaki duvarlar, döşeme, tavan ve mobilyalar tarafından absorblanır ve kütlesi oranında sıcaklıkları artar. Bu nesnelerin sıcaklıkları, ortam havasının sıcaklığını geçtiği zaman, ısı konveksiyonla yüzeyden yayılır. Böylece soğutma sisteminde bir yük oluşur.[16]

Konutta 40 W 'lık 10 adet floüresan lamba mevcut.

$$Q_{Lamba} = 40 * 10 = 400W = 0.4 kW$$

$$Q_{Ayd} = Q_{Lamba} * m * n * 860$$

Floüresan Işıklar için, m=1.2, n= 0.5

$$Q_{Ayd} = 0.4 * 0.5 * 1.2 * 860$$

$$Q_{Ayd} = 207 kcal/h$$

Konutta 1 adet Gazlı pişirme tablası mevcuttur. Bu durumda ısı kazancı:

Duyulur Isı : 2140 kcal/h

Gizli Isı : 1080 kcal/h

#### 4.5. İnfiltrasyon ve Havalandırma Isı Kazancı

##### 4.5.1. İnfiltrasyonla Olan Isı Kazancı

Bu kazancın hesabını kesin olarak bulmak çok zordur. Evin büyüklüğüne ve kapı sayısına göre değişen ve deneylerle tesbit edilmiş olan bir " Hava Değişim Katsayısı " yardımıyla bu ısı kazancı hesaplanır. Tablo.4.3 ' de ABD ' de ASHARE (American Society of Heating and Air-conditioning Research Engineers ) tarafından önerilen hava değişim sayıları, oda büyüklüğüne göre verilmiştir. [13]

TABLO .4.3.Enfiltrasyon hesabında gerekli hava değişim katsayıları .

Odanın Cinsi	Saatteki Hava Değişim Sayısı		
	Küçük Oda	Orta	Büyük Salon
Dış kapı ve pen.yok	0.50	0.30	0.20
Bir dış duvarı var	0.70	0.50	0.30
İki dış duvarı var	1.0	0.70	0.50
İkiden fazla dış duvarı var	1.5	1.0	0.70
Giriş Holleri	2	2	2

Bu tablodaki değerlere göre konutumuz için infiltrasyonla olan ısı kazancını hesaplayalım.

Tablo 4.4. İnfiltrasyonla olan ısı kazancı

Oda No:	Hava Değişim Sayısı	Odanın Hacmi [m <sup>3</sup> ]	Sıcaklık Farkı [°K]	Q [kcal/h]
01	0.7	4*4*3=48	13	437
02	0.5	4*4.3*3=52	13	338
03	1.5	46*3=138	13	2691
04	0.7	4*5.4*3=64.8	13	590
05	0.7	4*5.5*3=66	13	966
06	0.5	4*5.5*3=66	13	429
GENEL TOPLAM = 5085 kcal/h				

İnfiltrasyonla olan ısı kazancının % 29 ' u Gizli Isı, % 71 ' i Duyulur Isı ' dır.

Gizli Isı : 5085\*0.29= 1475 kcal/h

Duyulur Isı : 5085\*0.71= 3610 kcal/h

Sistemin Toplam Isı Kazancı :

$Q_{Duyulur} = 26720$  kcal/h

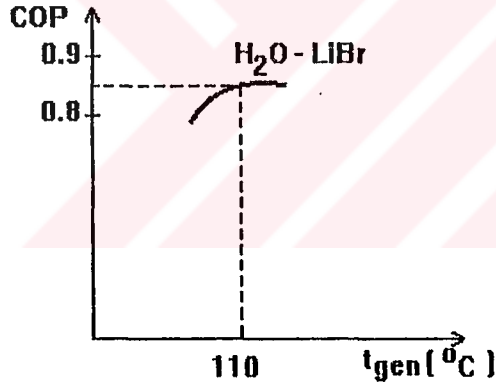
$Q_{Gizli} = 4832$  kcal/h

$Q_{Toplam} = 30552$  kcal/h

## 5. ABSORBSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMİNDE AKIŞKAN ÇİFTİNİN SEÇİLMESİ

Absorbsiyonlu soğutma sistemlerinin performans katsayıları, mekanik sıkıştırma sistemlere nazaran daha düşüktür. Bu performansı arttırmak için, birkaç yol mevcuttur. Bu yollardan en önemlisi; termodinamik açıdan en ideal akışkan çiftinin seçimidir. Bu konuda yapılan araştırmalara göre 0 °C nin altındaki evaporasyon sıcaklıklarında kullanılmak şartıyla en iy performansı H<sub>2</sub>O-LiBr (Su-Lityumbromür) çifti vermektedir.

0 °C nin altında kullanılmamasının nedeni, LiBr ' ün kristalleşmesidir. Şekil 5.1 'de H<sub>2</sub>O-LiBr (Su- Lityumbromür) çiftinin generatör sıcaklığına göre sistem performansına olan etkisi görülmektedir. [9]



Şekil 5.1. Generatör sıcaklığının fonksiyonu olarak sistem performansının değişimine H<sub>2</sub>O-LiBr çiftinin etkisi

Ek 8 ' de H<sub>2</sub>O-LiBr eriyiğinin sıcaklık-basınç-konsantrasyon diyagramı görülmektedir. Konsantrasyon grafiğinin apsisi, basınçta sağ taraftaki ordinat olarak kabul edilmiştir. Bu buhar basıncına karşılık gelen, saf suyun doyma sıcaklığı sol taraftaki ordinat olarak gösterilmiştir. H<sub>2</sub>O-LiBr ile ilgili daha geniş bilgiler içeren diyagramlar Ek 9 ve Ek 10 ' de verilmiştir.

Tablo 5.1. de Absorbsiyonlu soğutma sisteminde kullanılan bazı soğutucu akışkan çiftleri ve buharlaşma ısıları verilmiştir.



Tablo 5.1. Soğutucu Akışkan Çiftleri ve Buharlaştırma Isıları [9]

No	Soğutucu Akışkan	Absorbent	r '(kj/kg)	Kaynaklar
1	Su H <sub>2</sub> O	Lityum Bromür LiBr	2257	McNeely
2	Amonyak NH <sub>3</sub>	Su H <sub>2</sub> O	1369	Bosnjakovic
3		Lityum Nitrat LiNO <sub>3</sub>		Chinnapa
4		Sodyum Rodonür NaSCN		Blytas et al
5		Sodyum İyodür 2 NaI		
		Sodyum Rodonür 1 NaSCN		Roberson et al
6		Tetraetil glikol TEG		Roberson et al
7		1,4 Butanol TMG		Roberson et al
8	MetilAlkol CH <sub>3</sub> OH	Lityum Bromür 2 LiBr	1100	
		Çinko Bromür 1 ZnBr <sub>2</sub>		Aker et al
9	Monometilamin	Lityum Rodonür 2 LiSCN	831	
		Sodyum Rodonür 1 NaSCN		Blermann
10		Lityum Rodonür LiSCN		Blermann

Tablo 5.1. de verilen akışkan çiftlerinin bazı kullanım yerleri şöyledir:

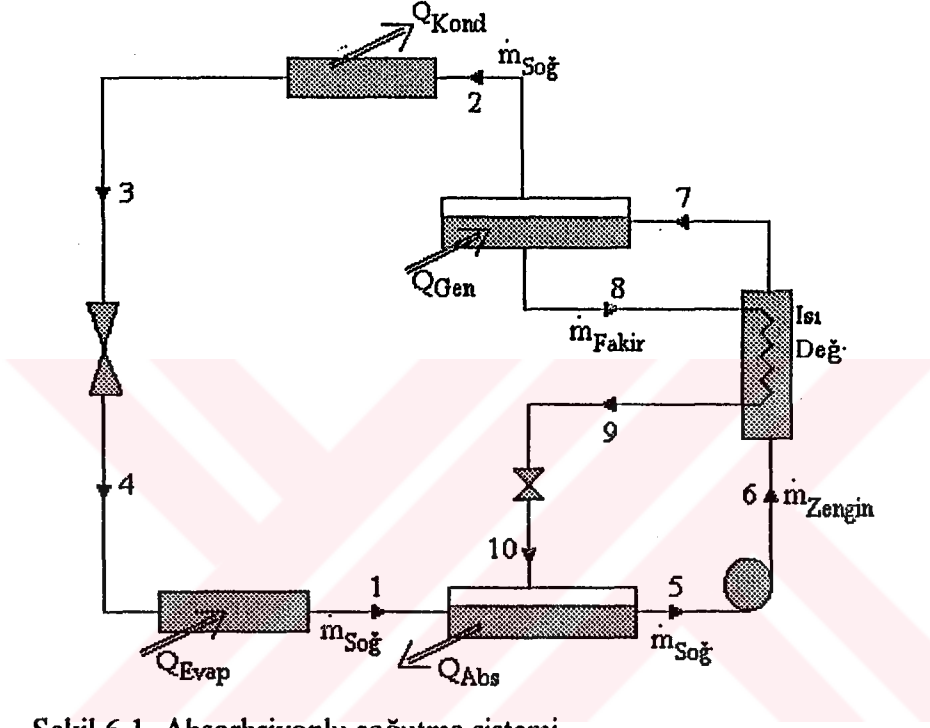
NH<sub>3</sub>-NaSCN : Su soğutmalı kondenserli sistemlerde meyve ve sebze depoları için,

NH<sub>3</sub>-LiNO<sub>3</sub> : Su soğutmalı kondenserli sistemlerde donmuş ürün muhafaza depoları için

## 6. ABSORBSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMİNİN HESAPLANMASI

### 6.1. Sistemdeki Bütün Noktaların Termodinamisel Özelliklerinin Tesbiti

Sistem Şekil 6.1. de verilmiştir.



Şekil 6.1. Absorbsiyonlu soğutma sistemi

Sistemimiz için gerekli veriler :

Soğutma Kapasitesi	: 10.5 ton-soğutma
Yoğuşma Sıcaklığı	: 50°C (T <sub>3</sub> )
Buharlaştırma Sıcaklığı	: 5°C (T <sub>1</sub> =T <sub>4</sub> )
Generator Sıcaklığı	: 90°C (T <sub>2</sub> =T <sub>8</sub> )
Absorber Çıkış Sıcaklığı	: 27°C (T <sub>5</sub> )
Isı değiştirgecinin Giriş-Çıkış sıcaklık farkı	: 5°C (T <sub>9</sub> -T <sub>6</sub> )

Ek 9 ' da verilen doymuş su buharı tablosundan

$$T_1=5^\circ\text{C için}$$

$$P_1=0.8721 \text{ kPa}$$

$$h_1=2489.6 \text{ kJ/kg}$$

$T_3=50^\circ\text{C}$  için  $P_3=12.4$  kPa  $h_3=209.33$  kJ/kg  
Genleşme valfi boyunca olan kısma işlemi için,

$$h_4=h_3=209.33 \text{ kJ/kg}$$

4 noktasındaki akışkan, doymuş sıvı su ile doymuş su buharının iki fazlı bir karışımıdır.

2 noktasındaki buhar;  $90^\circ\text{C}$  sıcaklığında ve  $12.4$  kPa basıncında aşırı kızdırılmış buhardır. Ek 11' de verilen tablodan

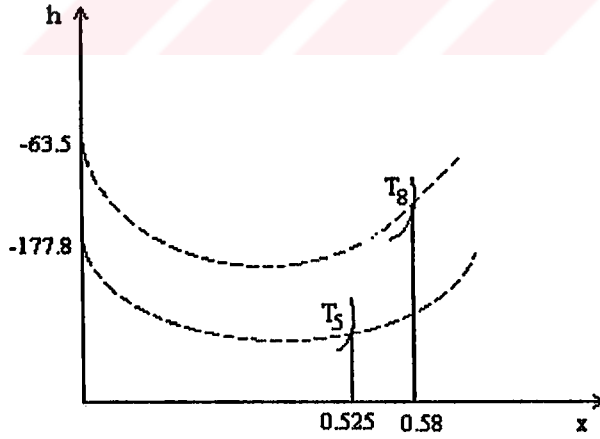
$$T_2=90^\circ\text{C} \quad P_2=12.4 \text{ kPa} \quad h_2=2668.5 \text{ kJ/kg}$$

değerleri bulunur.

5 ve 8 noktaları LiBr-H<sub>2</sub>O eriyiklerinin doymuş halleri olarak farzedilir.

Ek 8' den Şekil 6.2. de görüldüğü gibi aşağıdaki değerler bulunur.

$$\begin{array}{llll} T_5=27^\circ\text{C} & P_2=0.8721 \text{ kPa için} & X_5= \% 52.5 & h_5= -177.8 \text{ kJ/kg} \\ T_8=90^\circ\text{C} & P_2=12.4 \text{ kPa için} & X_8= \% 58 & h_8= -63.5 \text{ kJ/kg} \end{array}$$



Şekil 6.2. 5 ve 8 noktalarının değerlerinin grafikten okunması

Pompa işi ihmal edilirse,

$$h_6= h_5 \text{ ve } T_6=T_5 \text{ olur}$$

$$X_5= X_6= X_7= 0.525$$

$$X_8 = X_9 = X_{10} = 0.58$$

$$h_6 = -177.8 \text{ kJ/kg}$$

$$T_6 = 27^\circ\text{C}$$

$$T_9 - T_6 = 5^\circ\text{C}$$

$$T_9 = 27 + 5 = 32^\circ\text{C}$$

Ek. 8' daki grafikten

$X_9 = 0.58$       $T_9 = 32^\circ\text{C}$      değerleri için

$h_9 = -177 \text{ kJ/kg}$  bulunur.

## 6.2. Sistem elemanları için kütle ve enerji dengeleri

### 6.2.1. Evaporatör için Kütle Dengesi

$$Q_{\text{evap}} = 35 \text{ kW}$$

$$Q_{\text{evap}} = \dot{m} \cdot (h_1 - h_4) \quad [6.1.]$$

$$\dot{m}_{\text{ref}} = \frac{Q_{\text{evap}}}{(h_1 - h_4)} = \frac{35}{(2489.6 - 209.33)} = 0.92 \text{ kg/dak}$$

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m}_3 = \dot{m}_4 = \dot{m}_{\text{ref}} = 0.92 \text{ kg/dak}$$

### 6.2.2. Absorber için Kütle dengesi

$$X_{\text{zengin}} = 0.525$$

$$X_{\text{fakir}} = 0.58$$

$$\dot{m}_{\text{zengin}} = \dot{m}_{\text{ref}} + \dot{m}_{\text{fakir}} \quad [6.2.]$$

$$\dot{m}_{\text{zengin}} X_{\text{zengin}} = \dot{m}_{\text{ref}} X_{\text{ref}} + \dot{m}_{\text{fakir}} X_{\text{fakir}} \quad [6.3.]$$

yukarıdaki eşitliklerden :

$$\dot{m}_{fakir} = \dot{m}_{ref} \cdot \left( \frac{X_{zengin} - X_{ref}}{X_{fakir} - X_{zengin}} \right) \quad [6.4.]$$

$$\dot{m}_{fakir} = 0.92 \cdot \left( \frac{0.525 - 0}{0.580 - 0.525} \right)$$

$$\dot{m}_{fakir} = 8.8 \text{ kg/dak}$$

$$\dot{m}_{zengin} = \dot{m}_{ref} + \dot{m}_{fakir}$$

$$\dot{m}_{zengin} = 0.92 + 8.8$$

$$\dot{m}_{zengin} = 9.72 \text{ kg/dak}$$

Şekil 6.1 ' den

$$\dot{m}_5 = \dot{m}_6 = \dot{m}_7 = \dot{m}_{zengin} = 9.72 \text{ kg/dak}$$

$$\dot{m}_8 = \dot{m}_9 = \dot{m}_{10} = \dot{m}_{fakir} = 8.80 \text{ kg/dak}$$

### 6.2.3. Isı değiştirgeci için enerji dengesi :

$$\dot{m}_{zengin} \cdot (h_7 - h_6) = \dot{m}_{fakir} \cdot (h_8 - h_9) \quad [6.5.]$$

$$h_7 = h_6 + \frac{\dot{m}_{fakir}}{\dot{m}_{zengin}} (h_8 - h_9)$$

$$h_7 = h_6 + \frac{8.8}{9.72} (-63.5 - (-177))$$

$$h_7 = -75 \text{ kJ/kg}$$

$$P_7 = 12.4 \text{ kPa}$$

$$X_7 = \% 52.5$$

Ek.8 ' dan

$$P_7 = 12.4 \text{ kPa}$$

$$X_7 = \% 52.5 \text{ için}$$

$$T_7 = 78 \text{ }^\circ\text{C bulunur.}$$

#### 6.2.4. Generatör için enerji dengesi

$$Q_{gen} + \dot{m}_{zengin} * h_7 = \dot{m}_{ref} * h_2 + \dot{m}_{fakir} * h_8 \quad [6.6.]$$

$$Q_{gen} = \dot{m}_{ref} * h_2 + \dot{m}_{fakir} * h_8 - \dot{m}_{zengin} * h_7$$

$$Q_{gen} = 0.92 * 2668.5 + 8.8 * (-68.5) - 9.72 * (-75)$$

$$Q_{gen} = 2625 \text{ kJ/dak} = 43.75 \text{ kW}$$

#### 6.2.5. Absorberden atılan ısı

$$\dot{m}_{ref} * h_1 + \dot{m}_{fakir} * h_{10} = \dot{m}_{zengin} * h_5 + Q_{Absorber} \quad [6.7.]$$

$$Q_{Absorber} = \dot{m}_{ref} * h_1 + \dot{m}_{fakir} * h_{10} - \dot{m}_{zengin} * h_5$$

Basınç düşüşü, valf boyunca olan kısma işlemi için :

$h_9 = h_{10}$  ve  $T_9 = T_{10}$  olur.

$$Q_{Absorber} = 0.92 * 2489.6 + 8.8 * (-177) - 9.72 * (-177.8)$$

$$Q_{Absorber} = 2461 \text{ kJ/dak} = 41 \text{ kW}$$

#### 6.2.6. Kondenserden atılan ısı

$$Q_{kondenser} = \dot{m}_{ref} * (h_2 - h_3) \quad [6.8.]$$

$$Q_{kondenser} = 0.92 * (2668.5 - 209.33)$$

$$Q_{kondenser} = 2262.5 \text{ kJ /dak} = 37.7 \text{ kW}$$

Pompa işi ihmal edilirse :

$$COP = \frac{Q_{evap}}{Q_{gen}} = \frac{35}{43.75} = 0.8 = \% 80$$

Sistemin bütün noktaları için hesaplanan termodinamiksel özellikler Tablo 6.1. de verilmiştir.

Tablo 6.1. Sistemin Termodinamiksel Özellikleri

Durum Noktası	Basınç [kPa]	Sıcaklık [°C]	Konsantrasyon [X]	Entalpi [kJ/kg]	Debi [kg/dak]
1	0.88	5	0.0	2489.6	0.92
2	12.4	90	0.0	2668.5	0.92
3	12.4	50	0.0	209.33	0.92
4	0.88	5	0.0	209.33	0.92
5	0.88	27	0.525	-177.8	9.72
6	12.4	27	0.525	-177.8	9.72
7	12.4	78	0.525	-75	9.72
8	12.4	90	0.58	-63.5	8.8
9	12.4	32	0.58	-177	8.8
10	0.88	32	0.58	-177	8.8

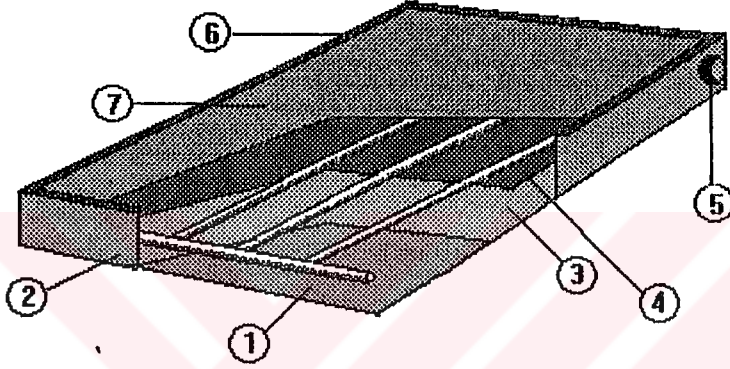
### 6.3. Sistem İçin Enerji Dengesinin Mukayesesi

Tablo 6.2. Sistemin Enerji dengesi

Elemanlar	Çekilen Isı [kW]	Verilen Isı [kW]
Evaporatör	35.0	-----
Kondenser	-----	37.7
Generatör	43.7	-----
Absorber	-----	41.0
Toplam	78.7	78.7

## 7. SİSTEMDE KULLANILACAK KOLLEKTÖRÜN VERİMİNİN HESAPLANMASI

Şekil 7.1.' den anlaşıldığı gibi, soğutma sistemimizde kullanılacak olan kollektör, düzlem yüzeyli kollektördür. Kollektör, bakır panellidir.



Şekil 7.1. Güneş Kollektörü Kesiti (1-Alt plaka, 2-Kasa, 3-İzolasyon, 4-Panel, 5- Boğaz Lastiği, 6-Cam Fıtlı, 7-Cam )

Bölüm 2 'deki Tablo 2.1.de verilen meteorolojik verilerden Şanlıurfa ili için Haziran-Temmuz-Ağustos aylarında yatay düzleme gelen ortalama güneş ışınımı şiddeti :

$$H_{yatay} = 448 \text{ kcal/m}^2\text{h} = 521 \text{ W/m}^2$$

### 7.1.Eğik Düzleme Gelen Toplam Güneş Işınımı Miktarının Hesabı

$$H_{eğik} = H_{yatay} * R$$

[7.1.]

R Tablo7.1. den bulunur.[8]



Tablo 7.1.Enleme, Mevsime ve Toplam Eğim Açısına Göre R faktörleri

Enlem	Mevsim	$\psi$	S			
			15°	30°	45°	60°
36°	Haziran-Ağustos	19.12	1.056	1.039	0.952	0.800
	Bütün Yıl	36.00	1.154	1.229	1.221	1.229
38°	Haziran-Ağustos	20.00	1.060	1.059	0.994	0.815
	Bütün Yıl	38.00	1.168	1.257	1.260	1.177
40°	Haziran-Ağustos	22.84	1.075	1.077	1.005	0.865
	Bütün Yıl	40.00	1.183	1.286	1.301	1.227
42°	Haziran-Ağustos	24.28	1.083	1.092	1.026	0.891
	Bütün Yıl	42.00	1.199	1.316	1.344	1.280

Şanlıurfa için R faktörü tablodan;

$L = 38^\circ$  Kollektörün yatayla yaptığı açı  $S=L-20= 38-20=18$

$S = 18^\circ$  için tablodan enterpolasyonla R değeri , 1.0598 bulunur.

$$H_{e\tilde{g}ik} = 521 * 1.0598 = 552 \text{ W/m}^2$$

$H_{e\tilde{g}ik} = 552 \text{ W/m}^2$  olarak bulunur.

## 7.2.Kollektörün Toplam Isı Transfer Katsayısının Tesbiti

### 7.2.1.Meteoroloji ve kollektör verileri

Enlem(L) .....38°  
Kollektör Boyutu : ..... 2\*1 m  
Kollektörün yatayla yaptığı açı(S) : ..... 18°  
Cam örtünün kalınlığı : .....4mm  
Absorber plakanın kalınlığı : .....0.5mm  
Absorber Plakanın termal iletkenliği (k) : .....385W/mK  
Absorber plak ile cam örtü arasındaki mesafe : .....25mm  
İzolasyon kalınlığı ( $L_{izo}$ ) : .....50mm  
İzolasyon malzemesinin termal iletkenliği( $k_{izo}$ ):.....0.04W/mK

Ortalama absorber plaka sıcaklığı ( $T_p$ ) : .....100 °C  
Ortam sıcaklığı ( $T_a$ ) : .....43°C  
Absorber plakanın emisivitesi ( $\epsilon_p$ ): .....0.10  
Cam örtünün emisivitesi ( $\epsilon_g$ ): .....0.88  
Cam örtü sayısı (N) : .....1  
Stefan-Boltzman Sabiti: ( $\sigma$ ) : ..... $5.67*10^{-8}$  W/m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>

$$U_c = U_t + U_b + U_e \quad [7.2.]$$

### 7.2.2. $U_t$ nin tayini

$$U_t = \left[ \frac{N}{\frac{A}{T_p} \left( \frac{T_p - T_a}{N+B} \right)^{0.33}} + \frac{1}{h_w} \right]^{-1} + \frac{\sigma(T_p + T_a)(T_p^2 + T_a^2)}{(\epsilon_p + 0.05N(1 - \epsilon_p))^{-1} + \left( \frac{2N+B-1}{\epsilon_g} \right) - N} \quad [7.3]$$

$$A = 250 * [1 - 0.0044(S-90)] \quad [7.4.]$$

$$A = 250 * [1 - 0.0044(18-90)]$$

$$A = 329.2$$

$$B = (1 - 0.04h_w + 0.0005h_w^2)(1 + 0.091N) \quad [7.5.]$$

### 7.2.3. $h_w$ ' nin hesaplanması

$$h_w = \frac{0.6V^{0.6}}{L^{0.4}} \quad [7.6.]$$

$$V: \text{Rüzgar hızı} = 2.6 \text{ m/s}$$

$$L = 2 \text{ m}$$

$$h_w = \frac{0.6 * 2.6^{0.6}}{2^{0.4}}$$

$$h_w = 11.5 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$B = (1 - 0.04 * 11.5 + 0.0005 * 11.5^2)(1 + 0.091 * 1)$$

$$B = 0.66$$

$$U_t = \left[ \frac{1}{\frac{329.7}{373} \left( \frac{373-316}{1+0.66} \right)^{0.33} + \frac{1}{11.5}} \right]^{-1} + \frac{5.67 \cdot 10^{-8} (373+316)(373^2+316^2)}{(0.10+0.05(1-0.10))^{-1} + \left( \frac{2+0.66-1}{0.88} \right)^{-1}}$$

$$U_t = 2.27 \text{ W/m}^2\text{K}$$

#### 7.2.4. $U_e$ ' nin tayini

$$U_e = U'_e \left( \frac{A_p}{A_c} \right) \quad [7.7.]$$

$A_p$  : kenar yüzeylerinin toplam alanı

$$A_p = (2+2+1+1) \cdot 0.078$$

$A_c$  : üst yüzey alanı

$$A_c = 2 \cdot 1$$

$$U'_e \cong 0.5 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_e = 0.5 \left( \frac{6 \cdot 0.078}{2 \cdot 1} \right)$$

$$U_e = 0.12 \text{ W/m}^2\text{K}$$

#### 7.2.5. $U_d$ ' nin tayini

$$U_d = \frac{k_{izo}}{L_{izo}} = \frac{0.04}{0.05} \quad [7.8.]$$

$$U_d = 0.8 \text{ W/m}^2\text{K}$$

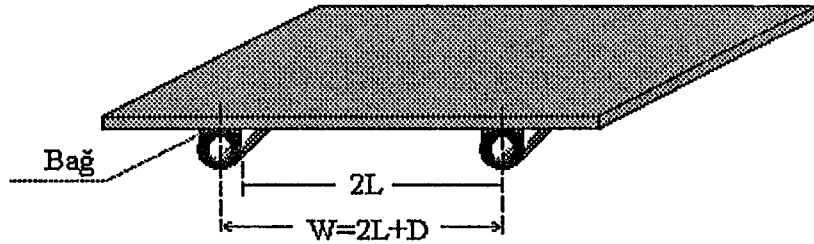
$$U_c = U_t + U_b + U_e$$

$$U_c = 0.12 + 0.8 + 2.27$$

$$U_c = 3.19 \text{ W/m}^2\text{K}$$

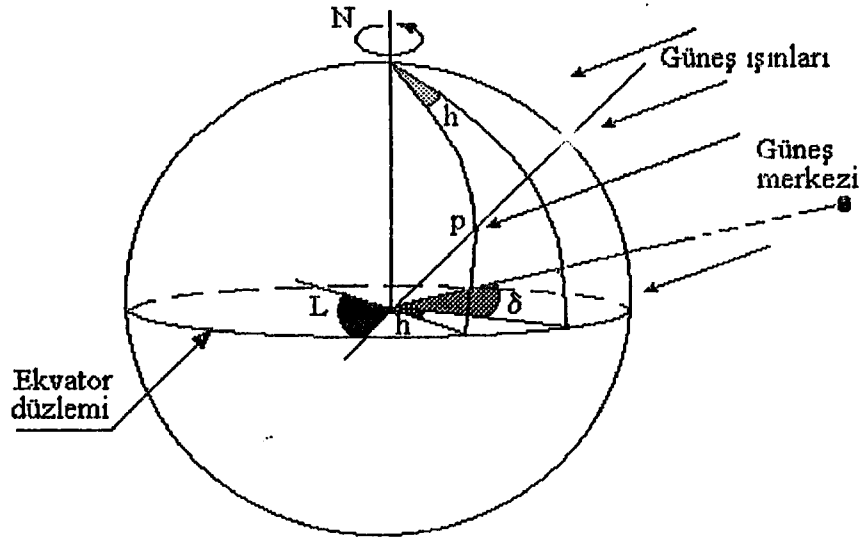
### 7.3. Kolektörün Isıl Analizi

Eğik düzleme gelen toplam ışınım ( $H_{\text{eğik}}$ ) : .....	552 W/m <sup>2</sup>
Cam örtünün kırılma indisi (n) : .....	1.526
Plakanın güneş absorptivitesi ( $\alpha_p$ ) : .....	0.95
Yutma- İletme etkisi : .....	$\tau\alpha = \tau\alpha_p$
Boru iç çapı ( $D_i$ ) : .....	11mm
Boru dış çapı ( $D_d$ ) : .....	12.5mm
Borular arası mesafe (W) : .....	135mm
Bağlantı(Bağ) İletkenliği ( $C_B$ ) : .....	35 W/mK
Boru içindeki taşınım katsayısı ( $h_{c,i}$ ) : .....	300 W/m <sup>2</sup> K
Suyun giriş sıcaklığı ( $T_g$ ) : .....	85 °C
Suyun özgül ısısı ( $C_p$ ) : .....	4200 J/kgK



Şekil 7.2. Termal analizi yapılacak kolektörün kısmi kesiti

Hesaplamalar Temmuz ayının 1.gününe göre yapılacaktır.



Şekil 7.3. Enlem (L), Saat açısı (h), Güneş ışınlarının sapması (δ) nin tanımlanması

### 7.3.1. Güneş sapması δ

$$\delta = 23.45 * \sin \left[ \frac{360}{365} (284 + n) \right] \quad [7.9.]$$

n : Temmuzun 1. günü yılın 182. günüdür.

$$\delta = 23.45 * \sin \left[ \frac{360}{365} (284 + 182) \right]$$

$$\delta = 23^\circ$$

### 7.3.2. Saat açısı h

$$h = \pm \frac{1}{4} * (\text{Öğlen } 12' \text{ ye kadar olan dakika}) \quad [7.10]$$

Hesaplamamızı saat 11:30 ' a göre yaparsak,

12-11,30 = 30 dakika eder. (sabah olduğu için (-) kullanacağız. )

$$h = -\frac{1}{4} * 30 = - 7.5^\circ$$

### 7.3.5. Yansıtma katsayısı $\rho'$

$$\rho'_1 = \frac{\sin^2(\theta_1 - \theta_2)}{\sin^2(\theta_1 + \theta_2)} = \frac{\sin^2(7.6 - 5)}{\sin^2(7.6 + 5)} \quad [7.13.]$$

$$\rho'_1 = 0.043$$

$$\rho'_{//} = \frac{\tan^2(\theta_1 - \theta_2)}{\tan^2(\theta_1 + \theta_2)} = \frac{\tan^2(7.6 - 5)}{\tan^2(7.6 + 5)} \quad [7.14.]$$

$$\rho'_{//} = 0.041$$

$$\tau(\rho'_1) = \frac{1 - \rho'_1}{1 + \rho'_1} = \frac{1 - 0.04}{1 + 0.04} \quad [7.15.]$$

$$\tau(\rho'_1) = 0.917$$

$$\tau(\rho'_{//}) = \frac{1 - \rho'_{//}}{1 + \rho'_{//}} = \frac{1 - 0.041}{1 + 0.041} \quad [7.16.]$$

$$\tau(\rho'_{//}) = 0.921$$

$$\tau = \frac{1}{2} [\tau(\rho'_1) + \tau(\rho'_{//})] = \frac{1}{2} [0.917 + 0.921] \quad [7.17.]$$

$$\tau = 0.919$$

$$\tau\alpha = (\tau\alpha)_B \quad [7.18.]$$

### 7.3.6. Absorblanan radyasyon

$$H_a = (\tau\alpha)_B \quad H_e = (0.92 * 0.95) * 552 \quad [7.19.]$$

$$H_a = 482.5 \text{ W / m}^2$$

$$m = \left( \frac{U_c}{k * t} \right)^{1/2} = \left( \frac{3.19}{380 * 5.10^{-4}} \right)^{1/2} \quad [7.20.]$$

$$m = 4.1$$

$$L = \frac{(W - D)}{2} = \frac{(135 - 12.5)}{2} \quad [7.21.]$$

$$L = 0.0613 \text{ m}$$

$$m^*L = 4.1 * 0.0613$$

$$m^*L = 0.25$$

### 7.3.7.Kanat verimi

$$f = \frac{1}{m^*L} \left( \frac{e^{m^*L} - e^{-m^*L}}{e^{m^*L} + e^{-m^*L}} \right) \quad [7.22.]$$

$$f = 0.98$$

$$F' = \frac{1/U_c}{w \left( \frac{1}{U_c(2Lf + D)} + \frac{1}{C_B} + \frac{1}{h_{c,i}\pi D_i} \right)} \quad [7.23.]$$

$$F' = 0.93$$

### 7.3.8.Kollektörden geçen suyun debisi

$$Q_{\text{generatör}} = 2625 \text{ kJ/dak} = 43.7 \text{ kW}$$

Suyun generatöre giriş sıcaklığı : ..... 90 °C

Suyun generatörden çıkış sıcaklığı : ...85 °C

$$m = \frac{Q_{\text{generatör}}}{C_p(T_g - T_ç)} = \frac{43.7}{4.2(90 - 85)} \quad [7.24.]$$

$$m = 2.08 \text{ kg/s}$$

### 7.3.9. Isı uzaklaştırma faktörü

$$F_R = \frac{m\dot{C}_p}{A_c U_c} (1 - \exp(-\frac{A_c U_c F'}{m\dot{C}_p})) \quad [7.25.]$$

$$F_R = \frac{2.08 * 4200}{(1 * 2) 3.19} (1 - \exp(-\frac{2 * 3.19 * 0.93}{2 * 4200}))$$

$$F_R = 0.97$$

### 7.3.10. Kazanılan enerji

$$Q_u = A_c F_R [H_a - U_c (T_g - T_a)] \quad [7.26.]$$

$$Q_u = 2 * 0.97 * (482.5 - 3.19(85 - 43))$$

$$Q_u = 676 \text{ W}$$

Bu sonuçlara göre kollektör verimi :

$$\eta = \frac{Q_u}{A_c H_T} = \frac{676}{2 * 552} \quad [7.27.]$$

$$\eta = 0.61 = \%61$$

### 7.4. Gerekli Toplam Kollektör Yüzeyi

$$A_{koll} = \frac{Q_{\text{Generatör}}}{\eta * H_{\text{eğik}}} = \frac{43700}{0.61 * 552} \quad [7.28.]$$

$$A_{koll} = 129.78 \cong 130 \text{ m}^2$$



### 7.3.3. Geliş açısı $\theta_1$

$$\cos \dot{I} = \sin(L-S) \sin \delta + \cos(L-S) \cos \delta \cos h \quad [7.11.]$$

$$\cos \dot{I} = \sin(38-18) \sin 23 + \cos(38-18) \cos 23 \cos(-7.5)$$

$$\cos \dot{I} = 0.9912$$

$$\text{ArcCos } \dot{I} = 7.6$$

$$\dot{I} = 7.6^\circ$$

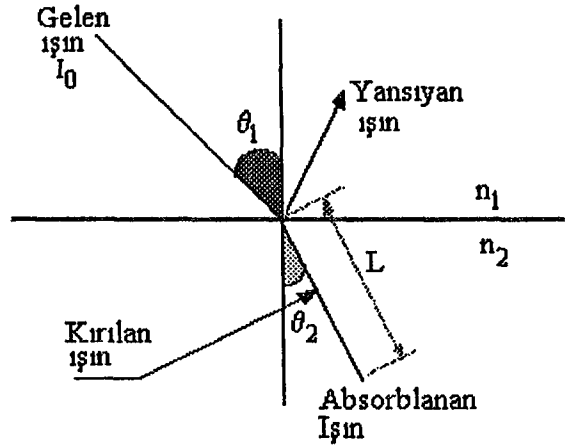
$$\dot{I} = \theta_1$$

### 7.3.4. Kırılma açısı $\theta_2$

$$\theta_2 = \sin^{-1} \left( \frac{\sin \theta_1}{n} \right) \quad [7.12.]$$

$$\theta_2 = \sin^{-1} \left( \frac{\sin 7.6}{1.526} \right) = 4.97 \cong 5^\circ$$

Geliş açısı ( $\theta_1$ ) ve Kırılma açısı ( $\theta_2$ ) Şekil 7.4. 'de gösterilmiştir.



Şekil 7.4. Geliş açısı ( $\theta_1$ ) ve Kırılma açısı ( $\theta_2$ )

**7.5.Toplam Kollektör adedi**

$$\frac{130}{(2*1)} = 65 \text{ adet}$$



## 8. SİSTEMİN MALİYET HESAPLAMASI VE NORMAL SOĞUTMA SİSTEMLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

### 8.1. Sistemin Maliyeti

Maliyet hesaplamaları için Bayındırlık ve İskan Bakanlığının 1994 yılına göre belirlediği birim fiyat tablosundan faydalanılacaktır. 1995 yılı için birim fiyatları ise, 1994 yılı birim fiyatlarından % 120 artış yapılarak belirlenebilir. [4]

#### 8.1.1. Kondenser maliyeti

Hava soğutmalı kondenserden atılması gereken ısı miktarı : 37 kW

<u>Birim Fiyat No</u>	<u>Yapılacak işin Cinsi</u>	<u>Montajlı Birim Fiyatı:</u>	<u>Montaj Bedeli(TL):</u>
557-104	44 kW	85.000.000	1.300.000

#### 8.1.2. Evaporatör maliyeti

Evaporatörden Çekilmesi gereken ısı miktarı : 35 kW

<u>Birim Fiyat No</u>	<u>Yapılacak işin Cinsi</u>	<u>Montajlı Birim Fiyatı :</u>	<u>Montaj Bedeli (TL)</u>
561-111	44 kW	50.000.000	1.300.000

### 8.1.3. Güneş kolektörü maliyeti

<u>Birim Fiyat No</u> :	<u>Yapılacak işin Cinsi</u> :	<u>Montajlı</u> <u>Birim Fiyatı</u> :	<u>Montaj</u> <u>Bedeli (TL)</u>
110-706	Kollektör	2.975.000	350.000
65 Adet koll. kullanılacak.			
65*2.975.000 = 193.375.000 TL.			
65* 350.000 = 22.750.000 TL			

### 8.1.4. Generatör maliyeti

Generatör Hacmi :

$$m = 9.2 \text{ kğ/dak} = 432 \text{ kğ/h}$$

$$80 \text{ }^{\circ}\text{C sıcaklıkta sıvının özgül hacmi} : 0.0010292 \text{ m}^3/\text{kğ}$$

$$432*0.0010292 = 0.445 \text{ m}^3/\text{h} = 445 \text{ lt/h}$$

$$445*1.25 = 556 \text{ lt}$$

<u>Birim Fiyat No</u> :	<u>Yapılacak işin Cinsi</u> :	<u>Montajlı</u> <u>Birim Fiyatı</u> :	<u>Montaj</u> <u>Bedeli (TL)</u>
110-101	800 lt lik kazan	8.800.000	550.000

### 8.1.5. Absorber maliyeti

Absorber Hacmi :

$$m = 9.2 \text{ kğ/dak} = 432 \text{ kğ/h}$$

$$27 \text{ }^{\circ}\text{C sıcaklıkta sıvının özgül hacmi} : 0.0010035 \text{ m}^3/\text{kğ}$$

$$432*0.0010035 = 0.434 \text{ m}^3/\text{h} = 434 \text{ lt/h}$$

$$434*1.25 = 543 \text{ lt}$$

<u>Birim Fiyat No</u> :	<u>Yapılacak işin Cinsi</u> :	<u>Montajlı</u> <u>Birim Fiyatı</u> :	<u>Montaj</u> <u>Bedeli(TL):</u>
110-101	Absorber	8.800.000	550.000

Tablo 8.1. Sistem Elemanlarının Fiyatları ve Sitemin Toplam Maliyeti

İşin cinsi	Montajlı Birim Fiyatı (TL)	Montaj Bedeli(TL)	Tutarı (TL)
1.Kondenser	85.000.000	1.300.000	86.300.000
2.Evaporatör	50.000.000	1.300.000	51.300.000
3.Kollektör'	193.375.000	22.750.000	216.150.000
4.Generatör	8.800.000	550.000	9.350.000
5.Absorber	8.800.000	550.000	9.350.000
6. Pompa	80.000.000		80.000.000
7.Borulama	30.000.000		30.000.000
<b>TOPLAM MALİYET:</b>			<b>482.450.000 TL.</b>

## 8.2. Normal Tip Soğutma Cihazlarının Maliyeti

Toplam Soğutma Yükümüz : 35 kW. Bu değere göre, Komple pencere tipi klima cihazı seçersek, Bayındırlık ve İskan Bakanlığının birim fiyat tablosundan,

<u>Birim Fiyat No</u> :	<u>Yapılacak işin Cinsi</u> :	<u>Montajlı Birim Fiyatı</u> :	<u>Montaj Bedeli (TL)</u>
273-500	Tak 4.7 kW	26.800.000	250.000

Soğutma yükümüz 35 kW olduğuna göre gerekli olan klima adedi ve toplam tutarı :

10 adet klima gereklidir.

10\*26.800.000 = 268.000.000 T.L.

Bu değere göre Yarı hermetik kompresörlü, hava ile soğutmalı kondenserli salon tipi klima seçersek, Bayındırlık ve İskan Bakanlığının birim fiyat tablosundan,

<u>Birim Fiyat No</u> :	<u>Yapılacak işin Cinsi</u> :	<u>Montajlı Birim Fiyatı</u> :	<u>Montaj Bedeli (TL)</u>
272-306	12 tonluk	285.000.000	1.150.000

## 9. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Şanlıurfa ili için tasarladığımız bu soğutma sistemiyle, uyguladığımız mahal için gerekli olan sistem elemanları seçildi ve bu elemanların maliyetleri hesaplandı. Ayrıca sistemde kullanmayı düşündüğümüz kollektörlerin verimini hesapladık. Buna göre kollektör verimini % 63 olarak bulduk. Bu konut için gerekli sistemin toplam maliyeti 482.450.000 TL olarak bulunmuştur. Normal tip soğutucuların maliyeti ise, 200.000.000 - 300.000.000 TL. arasında değişmektedir. Buna göre sistemin normal soğutma makinalarına göre daha pahalı olduğu sonucuna varılmıştır.

Sistemi ekonomik sınırlara çekmek için, maliyeti en fazla arttıran kollektör verimini arttırarak adedini düşürmek lazımdır. Ayrıca sistemde kullanılması gereken hermetik pompanın yerine daha düşük fiyatlı ve aynı işlevi görecektir daha basit bir pompa kullanılmalıdır. Çünkü bu tip pompalar Türkiye ' de yapılmamaktadır. Bu nedenle yurt dışından ithal edilmesi gerektiğinden maliyeti arttırmaktadır.

Bir klima tesisine ait işletme masrafları, soğutma enerjisi miktarına bağlı olduğundan bu miktarın azaltılması için: mahal içine giren ısı miktarının ne ölçüde azaltılabileceği, duvarlar yoluyla nüfuz eden ısı miktarını araştırmak lazımdır. Bu sonuncu halde, bilhassa klimatize edilen mahale etki eden güneş radyasyonu tesirini azaltmak sözkonusudur.

Güneş radyasyonunu azaltmak için :

- 1- Pencereler yolu ile mahal içine önemli miktarda güneş radyasyonu girdiğinden, pencere yüzeyleri tabii aydınlanma için gerekli alan ne ise o miktar kadar öngörülmesi daha fazla arttırılmamalıdır.
- 2- Güneş radyasyonu etkisine en sık şekilde maruz kalan duvarlar, yani doğu, batı ve güney yönlerine bakan yapı yüzeyleri, ısıya karşı uygun şekilde tecrit edilerek korunmalı ve parlak renklerde boyanmalıdır.
- 3- Çatılar güneş etkisiyle en fazla şekilde ısındığı için ısı ve radyasyona karşı yeter ölçüde koruma sağlayan bir tecrit tabakasıyla kaplanmalıdır. Bu şartlar yerine getirilebilirse sistem daha ekonomik duruma gelebilir.

Güneş enerjisiyle çalışan çok sayıda iklimlendirme sistemi bulunmasına karşılık, günümüzde birçok sistem laboratuvar koşullarında, konutlarda ve ticari uygulamalarda çalışmaktadır. Bunun için alternatif enerji kaynaklarının diğer fosil türü yakıtların yerini alması için daha çok araştırma ve geliştirme çalışmaları gerekmektedir. Yukarıdaki olumsuz şartlara rağmen, alternatif enerji kullanan bu sistemler gelecekte gündemi elinde bulundurmaya devam edecektir.

## KAYNAKLAR

- 1-ABDUSSELAM, Muhammed., 1990. Güneyin Gelişmesinde Bilim, Teknoloji ve Bilim Eğitimi Üzerine Sözler. Kültür Bakanlığı Yayınları.
- 2- AKDENİZ, H. Ahmet., 1990. Gama Tipi Güneş Evinin Güneş Absorbsiyonlu Soğutma Makinası Sistemi ile Serinletilmesinin Ekonomik Analizi. 9 Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari İlimler Fakültesi.
- 3- AKDOĞAN, Fehmi., 1991. Soğutma Makinaları Çevrimleri. 9 Eylül Üniversitesi, İzmir.
- 4- ANONYMOUS., 1994. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı 1994 Yılı Birim Fiyat Listesi.
- 5- AYBERS, Nejat., 1992. Soğutma Makinaları. Ümran Yayınları, İstanbul
- 6- DUFFIE, John A., BECKMAN, William A., 1992. Solar Engineering of Thermal Processes. McGRAW-HILL Inc.
- 7-GÖNGÖR, Ali., 1991. İklimlendirmede Güneş Enerjili Soğutma Sistemleri. Mühendis ve Makina Dergisi. Cilt. 32, s.380
- 8-HSIEH, J. S., 1986. Solar Energy Engineering. Printice Hall.
- 9- KILIÇ, E., 1990. Soğutucu Akışkan Çiftlerinde Performans Belirlenmesi. 2. Soğutma ve İklimlendirme Kongresi, İzmir.
- 10-ÖNEN, E., 1985. Havalandırma ve Klima Tesisatı. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Yapı İşleri Genel Müdürlüğü.
- 11- ÖZ, Etem S., UYAREL, A. Yücel., 1987. Güneş Enerjisi ve Uygulamaları. Birsan Yayınları.
- 12- ÖZİŞİK , Necati., 1977. Basic Heat Transfer. McGRAW-HILL Inc.
- 13- STOECKER, Wilbert F., JONES, Jerold W., 1982. Refrigeration&Air Conditioning. McGRAW-HILL.
- 14- THREKELD, James L., 1977. Termal Environmental Engineering. Printice Hall.
- 15- TURNER, C.G., OSBORNE, W. C., 1975. Pratik Havalandırma Tesisleri Klavuzu. Arpaz Yayınları.

- 16-TUZLACIOĞLU, Rezzan., 1985. Güneş Enerjisinden Faydalanarak Absorbsiyonlu Soğutma. Yüksek lisans tezi. Ege Üniversitesi, Güneş Enerjisi Enstitüsü, İzmir.
- 17- VAN WYLEN, Gordon J., SONNTAG, Richard E.,1978 Fundamentals of Clasiccal Thermodynamics. John WILEY & SONS Inc.





**EK 1 : Kapı ve Pencereleer İçin Isı Transfer Katsayıları**

Dış kapı, demir	6.5
Dış kapı, ahşap	3.5
Balkon kapısı, camlı, ahşap, tek kapı	5.0
Balkon kapısı, camlı, ahşap, çift kapı	2.5
İç kapı	2.5
Tek pencere, demir çerçeve	6.5
tek pencere, ahşap çerçeve	6.5
Çift camlı pencere, demir çerçeve	3.8
Çift camlı pencere, ahşap çerçeve	3.0
Çift pencere, demir çerçeve	3.3
Çift pencere, ahşap çerçeve	2.8
tek katlı aydınlık penceresi	6.5
Çift katlı aydınlık penceresi	3.0
Dükkan camekanları	6.5
Bina dahiline bakan tek pencere	3.0
Bina dahiline bakan çift pencere	2.0
atı arası aydınlık penceresi, tek	3.5
atı arası aydınlık penceresi, ift	2.0

Yüzey Cinsi	h	1/h
İ tarafı kapalı olan yüzeyler ve iç pencereler	7	0.14
Dış pencereler	10	0.10
Isının alt taraftan üst tarafa geçtiği döşeme ve tavanlar	7	0.14
Isının üst taraftan alt tarafa geçtiği döşeme ve tavanlar	5	0.20
Rüzgar hızı ortalalama 2 m/sn olan dış yüzeyler	20	0.05

-45-  
EK 2 : Duvar ve Döşeme İçin Isı Transfer Katsayıları

Duvar Cinsi	Duvar kalınlığı metre olarak						
	0.12	0.25	0.38	0.51	0.64	0.77	0.90
<b>Tuğla :</b>							
Bir tarafı sıvalı dış duvar	2.6	1.8	1.33	1.11	0.93	0.80	0.70
Her iki tarafı sıvalı dış duvar	2.5	1.7	1.34	1.09	0.91	0.70	0.69
Her iki tarafı sıvalı iç duvar	1.9	1.33	1.04	0.85	0.71	0.62	0.55
<b>Çürüftan yapılmış tuğla :</b>							
Her iki tarafı sıvalı dış duvar	2.3	1.5	1.15	0.92	0.76	0.66	0.58
Her iki tarafı sıvalı iç duvar	1.9	1.83	1.04	0.85	0.71	0.62	0.55
<b>Sünger taş beton tuğlası .</b>							
Her iki tarafı sıvalı dış duvar	2.0	1.25	0.93	0.73	0.60	--	--
Her iki tarafı sıvalı iç duvar	1.7	1.12	0.85	0.68	0.57	--	--
<b>Kireç taşı :</b>							
Bir tarafı sıvalı dış duvar	2.9	2.0	1.6	1.27	1.08	0.93	0.82
Her iki tarafı sıvalı dış duvar	2.7	1.9	1.5	1.23	1.05	0.91	0.81
Her iki tarafı sıvalı iç duvar	2.1	1.6	1.24	1.03	0.89	0.78	0.69
<b>İzolasyonlu duvar için K değerleri</b>							
Duvar Cinsi	Duvar kalınlığı metre olarak,sıvasız hava tabakası hariç olmak üzere						
<b>Tuğla duvar</b>							
İki tarafı sıvalı, arada 5-12 cm hava tabakası		1.38	1.11	0.93	0.81	0.70	0.63
<b>Sıva altında ve duvarın iç yüzüne konmuş mantar veya emprenye turp levhaları</b>							
2 cm kalınlığında	1.11	0.93	0.80	0.70	0.63	0.57	0.52
3 cm kalınlığında	0.87	0.76	0.67	0.60	0.54	0.50	0.46
4 cm kalınlığında	0.71	0.64	0.57	0.52	0.48	0.44	0.41
5 cm kalınlığında	0.61	0.55	0.50	0.46	0.43	0.40	0.37
10 cm kalınlığında	0.34	0.33	0.31	0.29	0.28	0.27	0.25

İnşaat cinsi	Üst taraftaki mahal daha	
	Soğuk ise	Sıcak ise
<b>Kirişler üzerinde basit döşeme :</b>		
<b>Kirişler üzerine konan tahtalar, lamba zıvanalı ve</b>		
2.5 cm kalınlığında tahta	2.1	1.7
3.5 cm kalınlığında tahta	1.8	1.45
6.5 cm kalınlığında tahta	1.28	1.11
<b>Arası dolu çifte döşeme,kiriş yüksekliği 26cm</b>		
<b>Aralıklar 10 cm kalınlığında :</b>		
Kil veya kum ile doldurulmuş	0.77	0.67
Çürüf ile doldurulmuş	0.58	0.53
<b>Betonarme döşeme, üstü sıvalı, çıplak</b>		
Beton kalınlığı 7.5 cm	3.0	2.2
Beton kalınlığı 10 cm	2.8	2.1
Beton kalınlığı 15 cm	2.4	1.9
Beton kalınlığı 20 cm	2.2	1.8
3 cm kal. linolyum örtülü 10 cm kal. beton	2.6	2.0
Beton döşeme, üstünde beton ile arasında 10 cm boşluk kalacak şekilde 3.5 cmlik tahta döşeme	1.18	1.01

## EK 3 : Güneş ve Gölgedeki Çatılara ait Isı Kazancının Hesaplanması için Eşdeğer Sıcaklık Farkı

Çatı konstrüksiyon cinsi	Güneş Zamanı								
	Öğleden evvel			Öğleden Soura					
	8	10	12	14	16	18	20	22	24
<b>Hafif Konstrüksiyonlu Çatılar- Güneşe Maruz</b>									
2,5 cm tahta veya 2,5 cm tahta+2,5 veya 5cm izolae	6.7	21.1	30.0	34.4	27.8	14.4	5.6	2.2	0
<b>Orta Konstrüksiyonlu Çatılar- Güneşe Maruz</b>									
5 cm Betonarme veya 5 cm tahta+2,5 veya 5cm izolae	3.3	16.7	26.7	32.2	27.8	17.8	7.8	3.3	1.1
5 cm tahta									
5 cm alçı veya 5 cm alçı+2,5 cm izolasyon									
2.5 cm tahta veya 5 cm tahta veya	0	11.1	22.2	28.9	30.0	23.3	11.1	5.6	3.3
5 cm betonarme veya 5 cm alçı									
10 cm betonarme 10 betonarme+ 5 cm izolasyon	0	11.1	21.1	27.8	28.9	22.2	12.2	6.7	3.3
<b>Ağır konstrüksiyonlu çatılar- güneşe maruz</b>									
15 cm betonarme	2.2	3.3	13.3	21.1	25.6	24.4	17.8	10.0	6.7
15 cm betonarme + 5 izolas	3.3	3.3	11.1	18.9	23.3	24.4	18.9	11.1	7.8
<b>Su ile örtülü çatılar- Güneşe maruz</b>									
Hafif konstrüksiyonlu çatı 2.5 cm su kaplı	0	2.2	8.9	12.2	10.0	7.8	5.6	-1.1	0
Ağır konstrüksiyonlu çatı 2.5 cm su kaplı	-1.1	-1.1	-2.2	5.6	7.8	8.9	7.8	5.6	3.3
Herhangi bir çatı, 15 cm su ka	-1.1	0	0	3.3	5.6	3.6	4.4	2.2	0
<b>Su fiskiyesi ile ıslatılan çatılar - Güneşe maruz</b>									
Hafif Konstrüksiyon	0	2.2	6.7	10.0	8.9	7.8	5.6	1.1	0
Ağır konstrüksiyon	-1.1	-1.1	1.1	4.4	6.7	7.8	6.7	5.6	3.3
<b>Gölgedeki Çatılar</b>									
Hafif konstrüksiyon	-2.2	0	3.3	6.7	7.8	6.7	4.4	1.1	0
Orta konstrüksiyon	-2.2	-1.1	1.1	4.4	6.7	6.7	5.6	3.3	1.1
Ağır konstrüksiyon	-1.1	-1.1	0	2.2	4.4	5.6	5.6	4.4	2.2

EK 4 : Çeşitli Cam Cinsleri ve Gölgelemler için Gölgeleme Faktörleri

Gölgelemin Tipi	Güneş bakan tarafındaki renk	Gölgeleme Faktörleri											
		tek kat normal ca 1		çift(yahut üç) kat normal cam 2		Tek kat yutan cam 3		cam blokları 4					
		Tam Kapalı	Yarı Kapalı	Tam kapalı	Yarı Kapalı	Tam Kapalı	Yarı Kapalı	Tam Kapalı	Yarı kap				
tente gölgelik, yanları ve üstü binaya sıkıca bağlı	Koyu ve orta	0.35	0.72	0.35	0.75	0.32	0.78	0.30	0.72	0.30	0.72	0.86	
tente gölgelik, yanları ve üstü binadan açık	Koyu ve orta	0.25	0.75	0.25	0.78	0.22	0.82	0.20	0.75	0.20	0.75	0.88	
tente gölgelik, yanları ve üstü binaya sıkıca bağlı	Bevaz veya alimürvum	0.25	0.80	0.25	0.82	0.22	0.84	0.20	0.80	0.20	0.80	0.90	
tente gölgelik, yanları ve üstü binadan açık	Bevaz veya alimürvum	0.20	0.90	0.20	0.91	0.18	0.93	0.15	0.90	0.15	0.90	0.95	
İç tarafta perde	Bevaz	0.45	0.72	0.50	0.75	0.55	0.78	0.50	0.75	0.50	0.75	0.86	
İç tarafta perde	Krem	0.50	0.75	0.55	0.78	0.64	0.82	0.60	0.75	0.60	0.75	0.88	
İç tarafta perde	Açık kahve	0.60	0.80	0.64	0.82	0.67	0.84	0.60	0.80	0.60	0.80	0.90	
İç tarafta perde	koyu yeşil veya kahverengi	0.80	0.90	0.82	0.91	0.85	0.93	0.80	0.90	0.80	0.90	0.95	
İç tarafta jalu, kanatları 45 ° durumunda	Bevaz	0.60	0.80	0.64	0.82	0.67	0.84	0.60	0.80	0.60	0.80	0.90	
İç tarafta jalu, kanatları 45 ° durumunda	Krem	0.68	0.84	0.71	0.86	0.73	0.87	0.64	0.80	0.64	0.80	0.92	
İç tarafta jalu, kanatları 45 ° durumunda	Alimürvum	0.68	0.84	0.71	0.86	0.73	0.87	0.64	0.80	0.64	0.80	0.92	
İç tarafta jalu, kanatları 45 ° durumunda	Açık gri	0.75	0.88	0.78	0.89	0.80	0.90	0.70	0.84	0.70	0.84	0.94	
İç tarafta jalu, kanatları 45 ° durumunda	Orta renkler	0.80	0.90	0.82	0.91	0.93	0.93	0.80	0.90	0.80	0.90	0.95	
İç tarafta jalu, kanatları 45 ° durumunda	Koyu Renkler	0.90	0.95	0.91	0.96	0.96	0.96	0.90	0.95	0.90	0.95	0.97	
Faktörler uygulanacak		0.90	0.95	0.91	0.96	0.96	0.96	0.90	0.95	0.90	0.95	0.97	
Dışta jalu, kanatları 45 ° pencere örtüyor	Alimürvum veya krem	0.30	0.72	0.30	0.75	0.25	0.78	0.20	0.75	0.20	0.75	0.86	
Dışta jalu, kanatları 45 ° pencere örtüyor	Dışta açık renk fakat kanatların iç tarafında koyu renk	0.20	0.75	0.20	0.78	0.18	0.82	0.15	0.75	0.15	0.75	0.88	
Dışta jalu, kanatları 45 ° , kenarsız bir tente sibi penc. takriben 2/3 üni örter şekilde	Alimürvum veya krem	0.40	0.80	0.40	0.82	0.33	0.84	0.30	0.78	0.30	0.78	0.90	
" " " " " "	Dışta açık renk fakat kanatların iç tarafında koyu renk	0.35	0.80	0.35	0.82	0.30	0.84	0.25	0.78	0.25	0.78	0.90	
Dışta pancur		0.35	0.80	0.35	0.82	0.30	0.84	0.25	0.78	0.25	0.78	0.90	



EK 6 : Camdan Geçen Toplam Güneş Radyasyonu

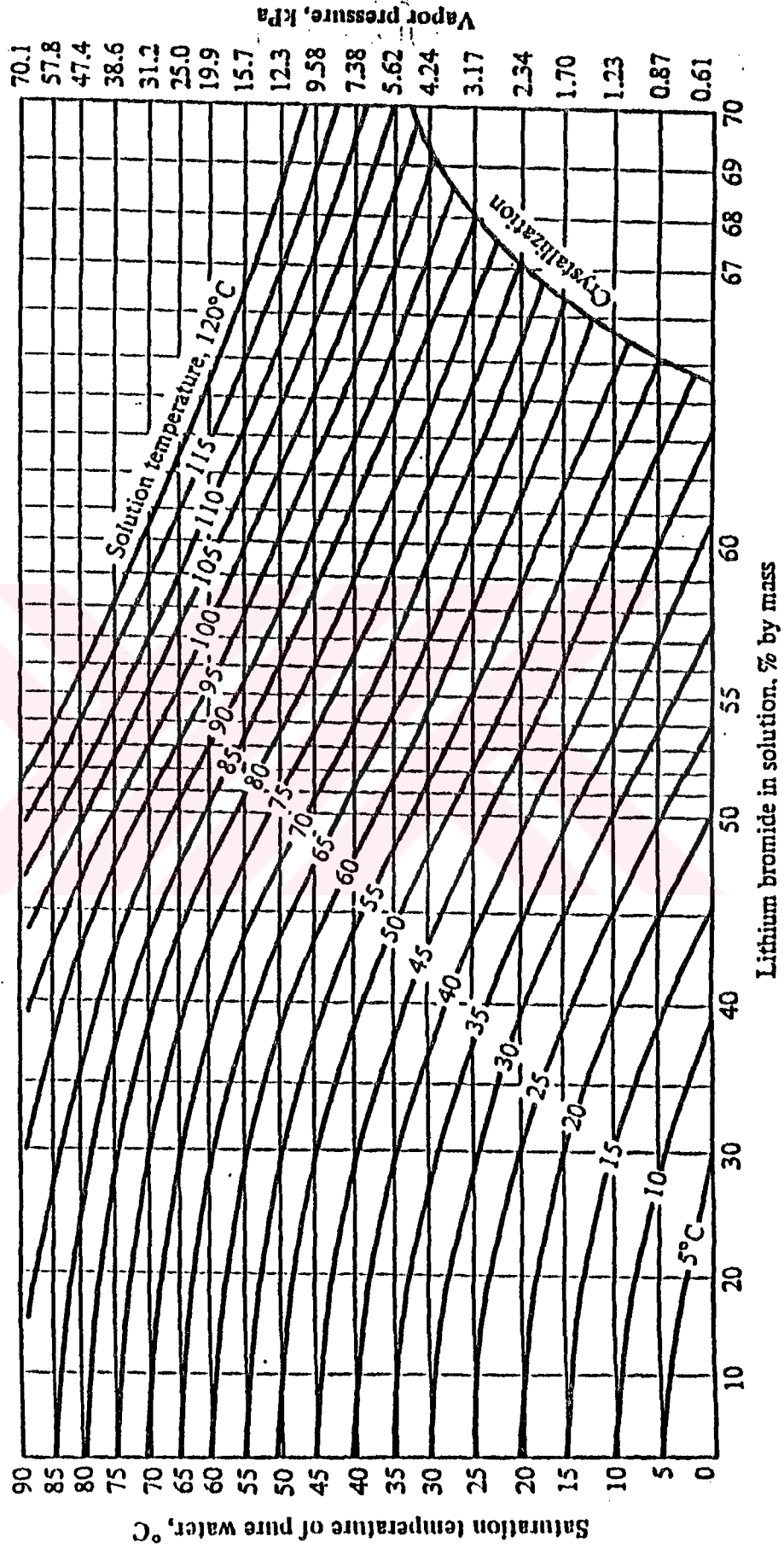
40° Kuzey Güneş zam		kCal/h.m <sup>2</sup>													40° Güney Güneş zam	
Gün	yön	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	yön	Gün
HAZ 21	K	87	54	33	35	38	38	38	38	38	35	33	54	87	K	ARA 21
	KD	320	361	304	198	81	38	38	38	38	35	33	27	16	GD	
	D	342	437	439	385	258	119	38	38	38	35	33	27	16	D	
	GD	138	239	296	301	268	191	92	38	38	35	33	27	16	KD	
	G	16	27	33	52	95	119	146	119	95	52	33	27	16	K	
	GB	16	27	33	35	38	38	92	193	268	301	296	239	138	KB	
	B	16	27	33	35	38	38	92	193	268	301	296	239	138	B	
	KB	16	27	33	35	38	38	38	38	81	198	304	361	320	GB	
TBM 23	yata	84	222	363	405	570	629	643	629	570	485	636	222	84	yata	OC 21
	K	65	38	33	35	38	38	38	38	38	35	33	38	65	G	
	KD	287	344	285	179	71	38	38	38	38	35	33	27	14	GD	
	D	320	437	445	391	266	117	38	38	38	35	33	27	14	D	
	GD	146	260	323	339	298	222	114	41	38	35	33	27	14	KD	
	G	14	27	35	71	119	171	187	171	119	71	35	27	14	K	
	GB	14	27	33	35	38	41	114	222	298	339	323	260	146	KB	
	B	14	27	33	35	38	38	38	38	71	179	285	344	287	B	
MAY 21	KB	14	27	33	35	38	38	38	38	71	179	285	344	287	GB	KAS 21
	yata	65	198	342	464	551	610	632	610	551	464	342	198	65	yata	
	K	19	22	30	35	38	38	38	38	38	35	30	22	19	G	
	KD	184	277	222	125	43	38	38	38	38	35	30	22	8	GD	
	D	228	399	439	393	274	122	38	38	38	35	30	22	8	D	
	GD	130	285	374	396	377	290	179	68	68	35	30	22	8	KD	
	G	8	22	65	138	241	263	277	263	241	138	65	22	8	K	
	GB	8	22	30	35	38	68	179	290	377	396	374	285	130	KB	
AĞ 24	B	8	22	30	35	38	38	38	122	274	393	439	399	228	B	ŞUB 20
	KB	8	22	30	35	38	38	38	43	125	222	277	184	GB		
	yata	24	127	271	107	502	556	580	556	502	407	271	127	24	yata	
	K	0	14	24	33	35	35	38	35	35	33	24	14	0	K	
	KD	0	138	157	71	35	35	38	35	35	33	24	14	0	KD	
	D	0	315	404	377	268	122	38	35	35	33	24	14	0	D	
	GD	0	258	391	439	426	361	244	111	38	33	24	14	0	GD	
	G	0	33	119	220	298	331	380	331	298	220	119	33	0	G	
NİS 20	GB	0	14	24	33	38	111	244	361	426	439	391	258	0	GB	MAR 22
	B	0	14	24	33	35	35	38	122	268	377	404	315	0	B	
	KB	0	14	24	33	35	35	38	35	35	71	157	138	0	KB	
	yata	0	60	182	366	415	477	496	477	415	336	182	60	0	yata	
	K	0	5	16	27	30	33	33	33	30	27	16	5	0	K	
	KD	0	95	89	33	30	33	33	33	30	27	16	5	0	KD	
	D	0	231	317	331	239	106	33	33	30	27	16	5	0	D	
	GD	0	220	358	437	442	391	290	171	54	27	16	5	0	GD	
EYL 22	G	0	57	160	282	372	418	439	118	372	282	160	57	0	G	NİS 20
	GB	0	5	16	27	54	171	290	391	442	437	358	220	0	GB	
	B	0	5	16	27	30	33	33	106	239	331	317	231	0	B	
	KB	0	5	16	27	30	33	33	33	30	33	89	95	0	KB	
	yata	0	22	79	174	274	333	350	333	274	174	79	22	0	yata	
	K	0	0	8	19	24	27	30	27	24	19	8	0	0	K	
	KD	0	0	33	19	24	27	30	27	24	19	8	0	0	KD	
	D	0	0	247	271	201	89	30	27	24	19	8	0	0	D	
MAR 22	GD	0	0	296	391	423	391	315	190	73	19	8	0	0	GD	AĞ 24
	G	0	0	160	282	377	282	450	428	377	282	160	0	0	G	
	GB	0	0	8	19	73	19	315	391	423	391	296	0	0	GB	
	B	0	0	8	19	24	19	30	89	201	271	247	0	0	B	
	KB	0	0	8	19	24	19	3	27	24	19	33	0	0	KB	
	yata	0	0	43	417	198	417	279	250	198	117	43	0	0	yata	
	K	0	0	5	16	24	27	27	27	24	16	5	0	0	K	
	KD	0	0	19	16	24	27	27	27	24	16	5	0	0	KD	
KAS 21	D	0	0	295	233	181	84	27	27	24	16	5	0	0	D	MAY 21
	GD	0	0	239	363	401	385	312	198	81	19	5	0	0	GD	
	G	0	0	138	268	363	428	447	428	363	268	138	0	0	G	
	GB	0	0	5	19	81	198	312	385	101	363	239	0	0	GB	
	B	0	0	5	16	24	27	27	84	184	233	195	0	0	B	
	KB	0	0	5	16	24	27	27	27	24	16	19	0	0	KB	
	yata	0	0	22	87	149	206	231	206	149	87	22	0	0	yata	
	K	0	0	8	19	24	27	30	27	24	19	8	0	0	K	
OC 21	KD	0	0	33	19	24	27	30	27	24	19	8	0	0	KD	TBM 23
	D	0	0	247	271	201	89	30	27	24	19	8	0	0	D	
	GD	0	0	296	391	423	391	315	190	73	19	8	0	0	GD	
	G	0	0	160	282	377	282	450	428	377	282	160	0	0	G	
	GB	0	0	8	19	73	19	315	391	423	391	296	0	0	GB	
	B	0	0	8	19	24	19	30	89	201	271	247	0	0	B	
	KB	0	0	8	19	24	19	3	27	24	19	33	0	0	KB	
	yata	0	0	43	417	198	417	279	250	198	117	43	0	0	yata	
ARA 22	K	0	0	8	19	24	27	30	27	24	19	8	0	0	K	ARA 22
	KD	0	0	33	19	24	27	30	27	24	19	8	0	0	KD	
	D	0	0	247	271	201	89	30	27	24	19	8	0	0	D	
	GD	0	0	295	233	181	84	27	27	24	16	5	0	0	GD	
	G	0	0	138	268	363	428	447	428	363	268	138	0	0	G	
	GB	0	0	5	19	81	198	312	385	101	363	239	0	0	GB	
	B	0	0	5	16	24	27	27	84	184	233	195	0	0	B	
	KB	0	0	5	16	24	27	27	27	24	16	19	0	0	KB	
yata	0	0	22	87	149	206	231	206	149	87	22	0	0	yata		



EK 7 : İnsanlardan Gelen Isı Kazançları

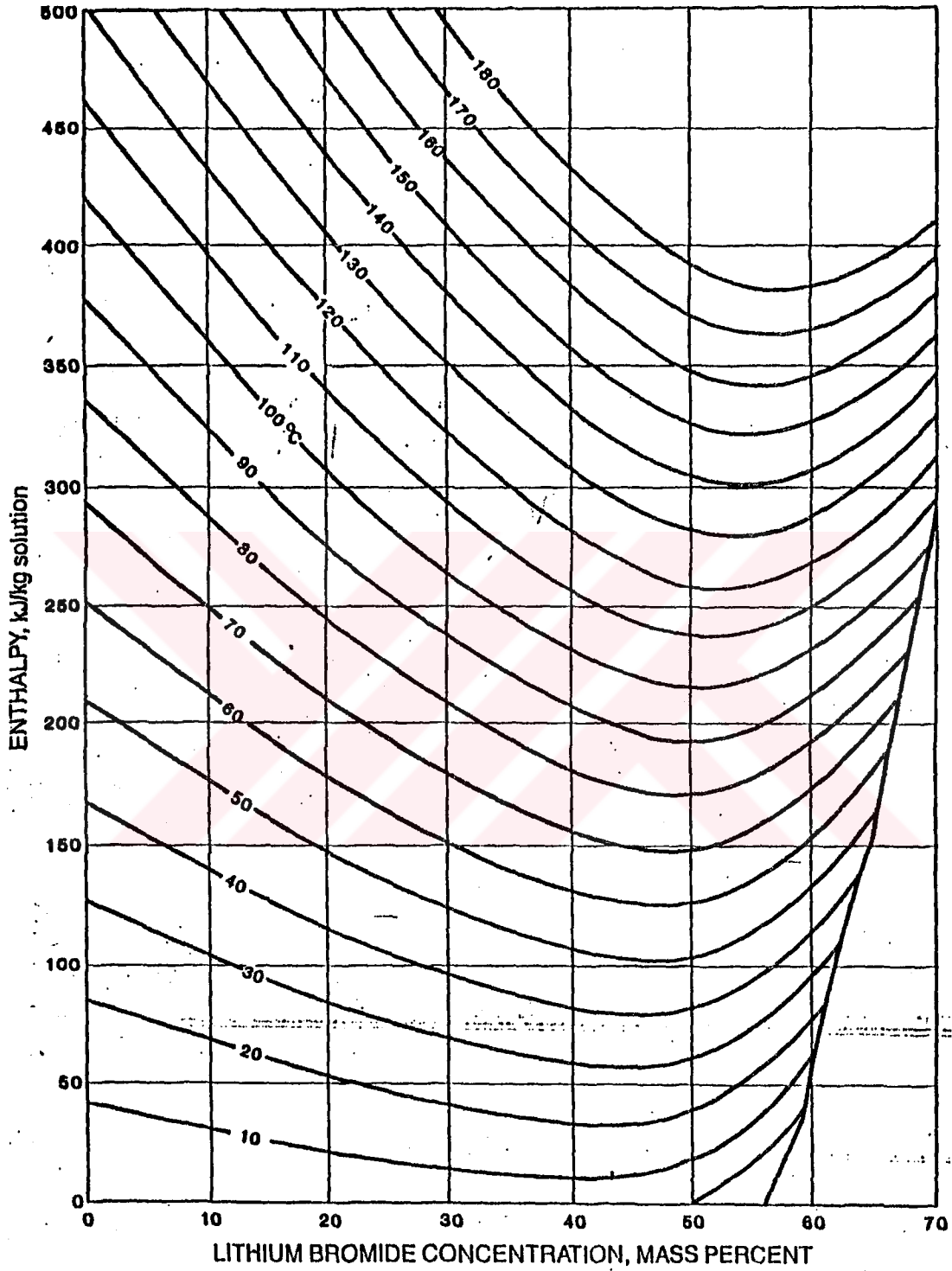
Beden Faliyetinin Cinsi	Örnek	meta bolik miktar Yetişik Erkek kcal/h	Çeşitli Şahıslardan İbarettir Toplinlik topluluğu teşkil eden vüzcüler(1)				ortalama hesaplan mış meta bolik miktar kcal/h	Hacminin Kuru termomtre Suhuñeti											
			Erkek	Kadın	Çocu	top.göre hesaplan mış meta bolik miktar		28 °C		27 °C		26 °C		24 °C		21 °C			
								Duv	Gizli	Duv	Gizli	Duv	Gizli	Duv	Gizli	Duv	Gizli		
			kcal/h		kcal/h			kcal/h		kcal/h		kcal/h		kcal/h		kcal/h			
oturmaş istirahatte	tiyatroy-matine tiyatroy-suvare	98 98	20 45	50 45	30 10	83 69	42 45	40 45	39 40	50 54	35 36	55 59	30 31	63 67	22 23				
oturmaş,çok hafif işte	—————	113	50	50	0	105	45	55	49	54	46	60	40	69	31				
ofis memuru orta dereceli işte	ofisler,oteliler Aparmanlar	120	50	50	0	111	45	70	50	55	60	63	52	73	42				
ayakta duruyor ağır ağır yürüyor	çeşitli mağazalar dükkanlar	139	10	70	20	117													
zaman zaman oturuyor, kalkıyor,yürüyor,ağır ağır yürüyor	eczane banka	139	20	70	10	120	45	80	50	55	70	64	61	73	52				
oturarak yapılan işler	lokantalar	126	50	50	0	132	48	92	55	60	80	71	69	81	59				
hafif atölye işleri	fabrika,hafif işler	202	60	40	0	190	48	142	55	62	128	74	116	92	98				
orta danslar	dans salonları	227	50	50	0	210	55	160	62	69	146	82	133	101	114				
yürüyor,5km/h	fabrika,orta işler	252	100	0	0	252	68	182	76	83	167	96	154	116	134				
hafif sporlar(bowling)	spor salonları	378	75	25	0	364	113	252	117	248	122	132	233	152	213				

EK 8 : LiBr- H<sub>2</sub>O Akışkan çiftinin Sıcaklık-Basınç-Konsantrasyon Diyagramı





EK 9 : LiBr- H<sub>2</sub>O Akışkan çiftinin Entalpi - Konsantrasyon Diyagramı



EQUATIONS CONCENTRATION RANGE 40 < X < 70% LiBr TEMPERATURE RANGE 15 < t < 165°

$h = \sum_0^4 A_n X^n + t \sum_0^4 B_n X^n + t^2 \sum_0^4 C_n X^n$  in kJ/kg, where  $t = ^\circ\text{C}$  and  $X = \% \text{LiBr}$

$A_0 = -2024.33$

$A_1 = 163.309$

$A_2 = -4.88161$

$A_3 = 6.302948 \text{ E-2}$

$A_4 = -2.913705 \text{ E-4}$

$B_0 = 18.2829$

$B_1 = -1.1691757$

$B_2 = 3.248041 \text{ E-2}$

$B_3 = -4.034184 \text{ E-4}$

$B_4 = 1.8520569 \text{ E-6}$

$C_0 = -3.7008214 \text{ E-2}$

$C_1 = 2.8877666 \text{ E-3}$

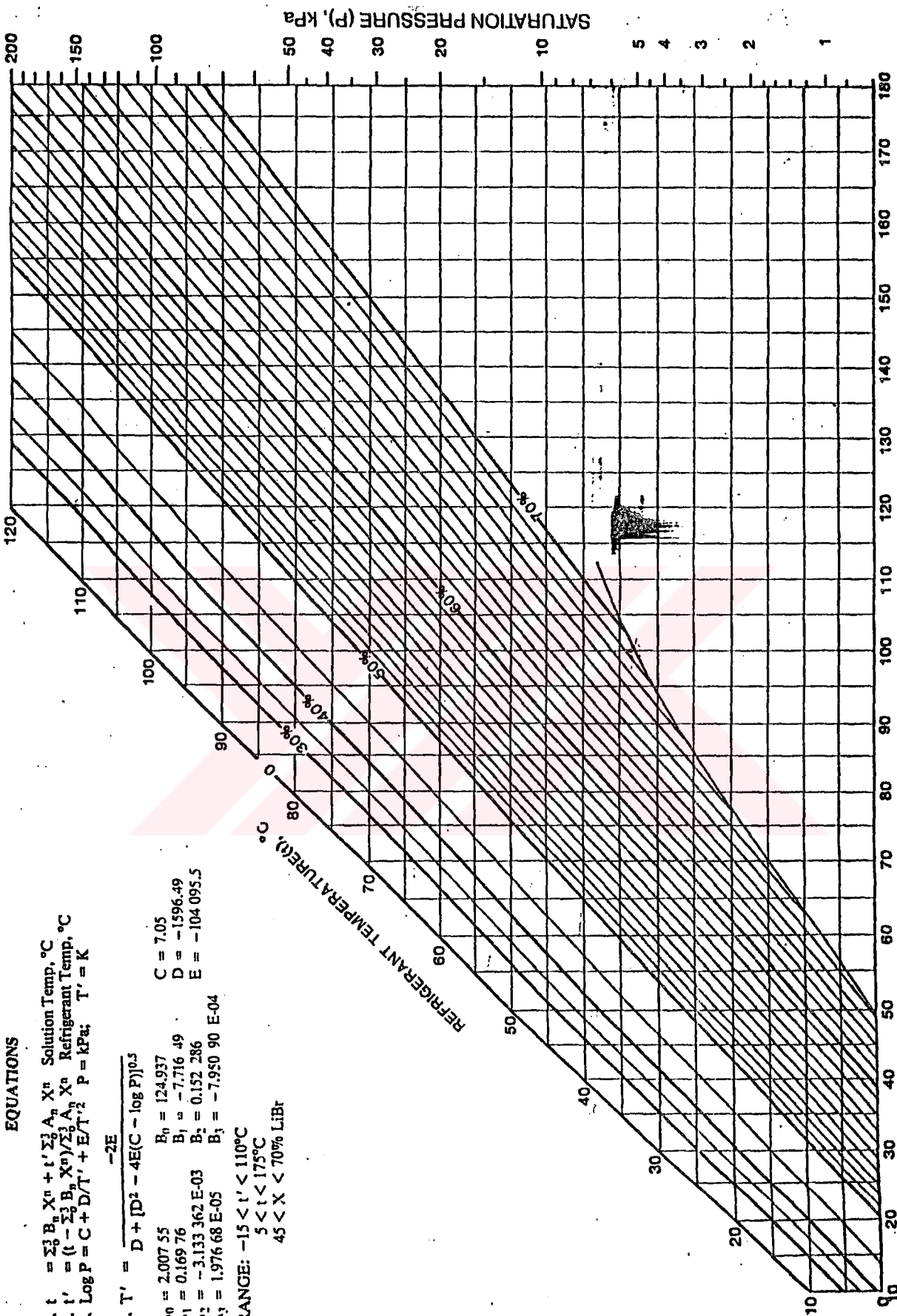
$C_2 = -8.1313015 \text{ E-5}$

$C_3 = 9.9116628 \text{ E-7}$

$C_4 = -4.4441207 \text{ E-9}$

EQUATIONS

1.  $t = \sum_{n=0}^3 B_n X^n + t' \sum_{n=0}^3 A_n X^n$  Solution Temp, °C
  2.  $t' = (t - \sum_{n=0}^3 B_n X^n) / \sum_{n=0}^3 A_n X^n$  Refrigerant Temp, °C
  3.  $\log P = C + D/t' + E/t'^2$  P = kPa; T' = K
  4.  $T' = \frac{-2E}{D + [D^2 - 4E(C - \log P)]^{0.5}}$
- $A_0 = 2.00755$      $B_0 = 124.937$      $C = 7.05$   
 $A_1 = 0.16976$      $B_1 = -7.71649$      $D = -1596.49$   
 $A_2 = -3.133362E-03$      $B_2 = 0.152286$      $E = -104.0955$   
 $A_3 = 1.97668E-05$      $B_3 = -7.95090E-04$
- RANGE:  $-15 < t' < 110^\circ\text{C}$   
 $5 < t < 175^\circ\text{C}$   
 $45 < X < 70\% \text{ LiBr}$



Equilibrium Chart for Aqueous Lithium Bromide Solutions

## EK 11 :Suyun Termodinamiksel Özellikleri

t, °C	Saturation pressure, kPa	Specific volume, m <sup>3</sup> /kg		Enthalpy, kJ/kg		Entropy, kJ/kg · K	
		Liquid	Vapor	Liquid	Vapor	Liquid	Vapor
0	0.6108	0.0010002	206.3	-0.04	2501.6	-0.0002	9.1577
2	0.7055	0.0010001	179.9	8.39	2505.2	0.0306	9.1047
4	0.8129	0.0010000	157.3	16.80	2508.9	0.0611	9.0526
6	0.9345	0.0010000	137.8	25.21	2512.6	0.0913	9.0015
8	1.0720	0.0010001	121.0	33.60	2516.2	0.1213	8.9513
10	1.2270	0.0010003	106.4	41.99	2519.9	0.1510	8.9020
12	1.4014	0.0010004	93.84	50.38	2523.6	0.1805	8.8536
14	1.5973	0.0010007	82.90	58.75	2527.2	0.2098	8.8060
16	1.8168	0.0010010	73.38	67.13	2530.9	0.2388	8.7593
18	2.062	0.0010013	65.09	75.50	2534.5	0.2677	8.7135
20	2.337	0.0010017	57.84	83.86	2538.2	0.2963	8.6684
22	2.642	0.0010022	51.49	92.23	2541.8	0.3247	8.6241
24	2.982	0.0010026	45.93	100.59	2545.5	0.3530	8.5806
26	3.360	0.0010032	41.03	108.95	2549.1	0.3810	8.5379
28	3.778	0.0010037	36.73	117.31	2552.7	0.4088	8.4959
30	4.241	0.0010043	32.93	125.66	2556.4	0.4365	8.4546
32	4.753	0.0010049	29.57	134.02	2560.0	0.4640	8.4140
34	5.318	0.0010056	26.60	142.38	2563.6	0.4913	8.3740
36	5.940	0.0010063	23.97	150.74	2567.2	0.5184	8.3348
38	6.624	0.0010070	21.63	159.09	2570.8	0.5453	8.2962
40	7.375	0.0010078	19.55	167.45	2574.4	0.5721	8.2583
42	8.198	0.0010086	17.69	175.31	2577.9	0.5987	8.2209
44	9.100	0.0010094	16.04	184.17	2581.5	0.6252	8.1842
46	10.086	0.0010103	14.56	192.53	2585.1	0.6514	8.1481
48	11.162	0.0010112	13.23	200.89	2588.6	0.6776	8.1125
50	12.335	0.0010121	12.05	209.26	2592.2	0.7035	8.0776
52	13.613	0.0010131	10.98	217.62	2595.7	0.7293	8.0432
54	15.002	0.0010140	10.02	225.98	2599.2	0.7550	8.0093
56	16.511	0.0010150	9.159	234.35	2602.7	0.7804	7.9759
58	18.147	0.0010161	8.381	242.72	2606.2	0.8058	7.9431
60	19.920	0.0010171	7.679	251.09	2609.7	0.8310	7.9108
62	21.84	0.0010182	7.044	259.46	2613.2	0.8560	7.8790
64	23.91	0.0010193	6.469	267.84	2616.6	0.8809	7.8477
66	26.15	0.0010205	5.948	276.21	2620.1	0.9057	7.8168
68	28.56	0.0010217	5.476	284.59	2623.5	0.9303	7.7864
70	31.16	0.0010228	5.046	292.97	2626.9	0.9548	7.7565
72	33.96	0.0010241	4.646	301.35	2630.3	0.9792	7.7270
74	36.96	0.0010253	4.300	309.74	2633.7	1.0034	7.6979
76	40.19	0.0010266	3.976	318.13	2637.1	1.0275	7.6693
78	43.65	0.0010279	3.680	326.52	2640.4	1.0514	7.6410
80	47.36	0.0010292	3.409	334.92	2643.8	1.0753	7.6132
82	51.33	0.0010305	3.162	343.31	2647.1	1.0990	7.5850
84	55.57	0.0010319	2.935	351.71	2650.4	1.1225	7.5588
86	60.11	0.0010333	2.727	360.12	2653.6	1.1460	7.5321
88	64.95	0.0010347	2.536	368.53	2656.9	1.1693	7.5058
90	70.11	0.0010361	2.361	376.94	2660.1	1.1925	7.4799
92	75.61	0.0010376	2.200	385.36	2663.4	1.2156	7.4543
94	81.46	0.0010391	2.052	393.78	2666.6	1.2386	7.4291
96	87.69	0.0010406	1.915	402.20	2669.7	1.2615	7.4042
98	94.30	0.0010421	1.789	410.63	2672.9	1.2842	7.3796
100	101.33	0.0010437	1.673	419.06	2676.0	1.3069	7.3554
102	108.78	0.0010453	1.566	427.50	2679.1	1.3294	7.3315
104	116.68	0.0010469	1.466	435.95	2682.2	1.3518	7.3078
106	125.04	0.0010485	1.374	444.40	2685.3	1.3742	7.2845
108	133.90	0.0010502	1.289	452.85	2688.3	1.3964	7.2615
110	143.26	0.0010519	1.210	461.32	2691.3	1.4185	7.2388
112	153.16	0.0010536	1.137	469.78	2694.3	1.4405	7.2164
114	163.62	0.0010553	1.069	478.26	2697.2	1.4624	7.1942
116	174.65	0.0010571	1.005	486.74	2700.2	1.4842	7.1723
118	186.28	0.0010588	0.9463	495.23	2703.1	1.5060	7.1507
120	198.54	0.0010606	0.8915	503.72	2706.0	1.5276	7.1293

Source: Abstracted by permission from Ref. 1.