

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

+ GÜNEŞ ENERJİSİ İLE
ISITMA VE SOĞUTMA SİSTEMLERİ
(Antalya İlinde Uygulama)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nurcan ERGÖNEN

Anabilim Dalı : MAKİNA

Programı : ISI VE PROSES TEKNİĞİ

Akdeniz Üniversitesi
Rektörlük Binası
Demirbuş Sok. 4946

EYLÜL - 1989

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÜNEŞ ENERJİSİ İLE ISITMA VE SOĞUTMA
SİSTEMLERİ
(Antalya İlinde Uygulama)

Yüksek Lisans Tezi

Mak.Müh.Nurcan ERGÖNEN

T142/1-1

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 26.9.1989
Tezin Savunulduğu Tarih : 6.10.1989

Tez Danışmanı

: Doç.Dr.Hüseyin ŞALVARLI

Diğer Jüri Üyeleri

: Prof.Dr.Z.Kâzım TELLİ

Yrd.Doç.Dr.Ali Kemal YAKUT

EYLÜL 1989

ÖNSÖZ

Güneş enerjisinden yararlanarak ısıtma ve soğutma sistemlerinin ele alındığı bu projede, çalışmamı sabırla izleyen ve beni yönlendiren, hocam Doç.Dr.Hüseyin ŞALVARLI'ya teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmalarımın yürütülmesinde ve döküman temininde katkıları olan Yrd.Doç.Dr.Nuri ÖZEK'e, Yrd.Doç.Dr.Ali Kemal YAKUT'a ve Yrd. Doç.Dr.Mustafa ACAR'a teşekkürü borç bilirim.

Bilgi İşlem Merkezindeki çalışmalarına yardımcı olan Mak.Yük.Müh. Orhan TUYGUN'a, İlhan YAZICI'ya, metnin daktilo edilmesindeki yardımlarından dolayı bölüm sekreterimiz D.Suat CİNGÖZ'e teşekkürü borç bilirim.

Nurcan ERGÖNEN

1989

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
NOTASYON LİSTESİ	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLO LİSTESİ	ix
ÖZET	x
SUMMARY	xi
BÖLÜM 1 : GÜNEŞ ENERJİSİ VE IŞINIMI	
1.1 GİRİŞ	1
1.2 Güneşin Yapısı ve Enerjisi	2
1.3 Güneş Enerjisinden Yararlanan Sistemler	3
1.4 Yeryüzüne Gelen Güneş Işınımı	6
1.4.1 Yatay Düzleme Gelen Aylık Ortalama Tüm (Global) Güneş Işınımı	7
1.4.1.1 Günlük Tüm Güneş Işınımı	7
1.4.1.2 Anlık Tüm Güneş Işınımı	8
1.4.1.3 Günlük Direkt ve Yayılı Güneş Işınımı	9
1.4.1.4 Anlık Direkt ve Yayılı Güneş Işınımı	10
1.4.2 Eğik Düzleme Gelen Aylık Ortalama Güneş Işınımı	10
1.4.2.1 Anlık Direkt Güneş Işınımı	10
1.4.2.2 Anlık Toplam Güneş Işınımı	11
BÖLÜM 2 : GÜNEŞTEN ISIL ENERJİ SAĞLANAN SİSTEMLER	
2.1 GİRİŞ	12
2.1.1 Düz Güneş Toplayıcıları	12
2.1.1.1 Kollektör İmalatı	14
2.1.1.2 Kollektör kayıpları	27
2.1.1.3 Düz Toplayıcıların Isıl Analizi	29
2.1.1.4 Kollektör Sistemleri	33
2.1.2 Parabolik Reflektör-Kollektör Sisteminde Enerji	35
2.1.3 Silindirik ve Parabolik Yoğun Toplayıcılar	39
2.1.4 Güneş Havuzları	42

BÖLÜM 3 : GÜNEŞ ENERJİSİ İLE ISITMA VE SOĞUTMA SİSTEMLERİ.....	
3.1 Güneş Enerjisi İle Isıtma Sistemleri	48
3.1.1 Pasif Sistem	48
3.1.2 Aktif Sistem	51
3.2 Güneş Enerjisi ile Soğutma Sistemleri	52
3.2.1 Giriş	52
3.2.2 Absorbsiyonlu Soğutma Sistemleri	54
3.2.2.1 Absorbsiyonlu Soğutma Çevriminin Çalışma Prensipleri	54
3.2.2.2 Absorbsiyonlu Soğutucunun Modellenmesi	63
3.2.2.3 Absorbsiyonlu Soğutma Sistemleri "Zeolit Uygulamaları"	66
3.2.3 Soğutmanın Mekanik/Elektrik Enerjisi Verilerek Uygulandığı Sistemler	71
3.2.4 Edilgen Soğutma Çevrimi "Gece Işınımı Uygulaması. "	74
3.3 Güneş Enerjisinin Depolanması	75
BÖLÜM 4 : ANTALYA İLİ İLE İLGİLİ UYGULAMALAR	
4.1 Genel Bilgiler	78
4.2 Isı Hesapları	78
4.3 Sıcak Su İhtiyacı İçin Gerekli Kollektör Hesabı ...	78
4.4 Güneş Enerjisi Şiddetinin ve Kollektörde Toplanan Faydalı Enerjinin Bulunması	83
4.5 Absorbsiyonlu Soğutucunun Tasarımı	84
SONUÇLAR ve ÖNERİLER	88
KAYNAKLAR	93
EKLER : 1. Isı Transferi Katsayılarının Hesapları	94
2. Meteorolojik Veriler	101
3. Bilgisayar Programı ve Çıktılar	102
4. Kat Planı	
ÖZGEÇMİŞ	109

NOTASYON LİSTESİ

A	Yüzey alanı
b	Boru uzunluğu
C _p	Akışkanın özgül ısısı
D	Reflektör açıklığı
d	Deklinasyon açısı
d	Boru çapı
d _i	Boru iç çapı
e	Enlem açısı
g	Güneş ışınımının eğik düzleme geliş açısı
H	Güneş batış saat açısı
h	Saat açısı
h _{ti}	Boru iç yüzeyindeki ısı taşınım katsayısı
I _d	Anlık direkt güneş ışınımı
I _e	Eğik düzlem üzerine gelen toplam ışınım
I _y	Yatay düzleme gelen aylık ortalama yayılı ışınım
I _{ya}	Eğik düzleme yansiyarak gelen ışınım
K	Kayıp katsayısı
K _b	Birleştirme malzemesinin kalınlığı
L	İzolasyon kalınlığı
m	Akışkan debisi
m _{ab}	Absorbent debisi
m _s	Soğutkan debisi
N	Saydam örtü sayısı
n	1 ocaktan itibaren gün sayısı
Q	Yatay düzleme gelen günlük tüm güneş ışınımı
Q _{lf}	Borunun sağladığı ısı miktarı
Q _o	Atmosfer dışına gelen güneş ışınımı
Q _y	Günlük toplam yayılı ışınım
S	Yutucu yüzey üzerine gelen efektif ışınım şiddeti
s	Toplayıcı eğimi
T _a	Akışkan sıcaklığı
T _{çev}	Çevre sıcaklığı
T _y	Yutucu yüzey sıcaklığı
t	Güneşlenme süresi

t_o	Gün uzunluğu
v	Rüzgar hızı
w	Borular arasındaki uzaklık
z	Zonit açısı
X_{ab}	Fakir eriyikteki LiBr konsantrasyonu kg/kg çözelti
X_s	Zengin eriyikteki LiBr konsantrasyonu kg/kg çözelti
ρ	Cismin yansıtma oranı
α	Cismin yutma oranı
α	Yüzey film katsayısı
λ	Isı iletim katsayısı
σ	Stefan-Bolzman sabiti $5.67 \times 10^{-8} \text{ w/m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}$
τ	Cismin geçirme oranı
$(\tau\alpha)_e$	Efektif yutma-geçirme çarpımı
ϵ_L	Yutucu yüzeyin ışınım neşretme oranı
ϵ_s	Saydam örtünün ışınım neşretme oranı
$2\theta_o$	Reflektör kenar açısı
$2\theta_{oo}$	Kollektör kenar açısı
η	Soğutma için performans katsayısı
η_k	Kanat verimi
δ	Levha kalınlığı

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil No

- 1 Zenit açısı ve hava kütlesi ilişkisi
- 2 Güneş enerjisinden faydalanma şekilleri
- 3 Yatay yüzeyde, günlük ve saatlik radyasyon arasındaki bağıntı
- 4 Güneş kolektörü
- 5 Sıcak su ve sıcak havalı düz toplayıcılar
- 6 Güneş kolektörünün ana elemanları
- 7 Güneş ışınımının camdan geçmesi ve yansımaları ile absorberde yutulması ve yansımaları
- 8 A absorpsiyon sayısının yüzeye geliş açısına göre değişmesi
- 9 Muhtelif absorber-yutucu eleman-tipleri
- 10 EPDM asıllı (a,b), kauçuk asıllı (c,d) ve polipropilen asıllı (e), absorber profil tipleri
- 11 Kanatlı absorber tipleri
- 12 Genel kolektör kayıpları
- 13 Doğal dolaşımli sistemin şematik görünüşü
- 14 Zoraki dolaşımli sistemin şematik görünüşü
- 15 Parabolik reflektör-kolektör sistemi ana parametreleri
- 16 Alan elemanının geometrik ilişkileri
- 17 Silindirik-parabolik reflektör-kolektör sistemi
- 18 Yoğun toplayıcı
- 19 Yalak tipi yoğun toplayıcılar
- 20 Vakum borulu toplayıcılar
- 21 Tipik bir ITGH sisteminde konsantrasyon ve sıcaklığın derinlikle değişimi
- 22 600 MW e gücündeki Salton Denizi Projesi
- 23 Trombe duvarının şeması
- 24 Doğrudan ısıtma
- 25 Isı depolama sistemi
- 26 Sera olayı
- 27 Güneş enerjisi aktif ısıtma sistemi
- 28 Değişik sistemlerin etkinliklerinin karşılaştırılması
- 29 Basit absorpsiyonlu soğutma çevrimi

- 30 Uygulamada kullanılan absorpsiyonlu çevrim
- 31 Güneş enerjili absorpsiyonlu kapalı soğutma çevrimi
- 32 Absorpsiyonlu açık çevrim
- 33 Kesikli absorpsiyon sistemi şeması
- 34 Absorpsiyonlu soğutma sistemi
- 35 Zeolit-su sistemli adsorpsiyon çevriminin gündüz ve gece evreleri
- 36 Zeolitli bir adsorpsiyon sisteminin hem ısıtma hem soğutma için kullanılması
- 37 Rankine çevrimli soğutma sistemleri ile fotovoltaik düzenli sistemlerin karşılaştırılması
- 38 LiBr-H₂O birleşimi için entalpi-konsantrasyon diyagramı
- 39 Absorpsiyonlu soğutma çevriminin $\log P - \frac{1}{T}$ diyagramında gösterilişi
- 40 Isıtma sistemi için aylara göre kolektör alanı ile verim arasındaki karşılaştırma
- 41 Soğutma sistemi için aylara göre kolektör alanı ile verim arasındaki karşılaştırma
- 42 Kritik iki ayın soğutma ve ısıtma sistemi için karşılaştırılması.

TABLULARIN LİSTESİ

Tablo No

- 1 Selektif yüzeylerin yutma ve yayma sayıları
- 2 Isı taşıyıcı akışkanların özellikleri
- 3 Yatay düzleme gelen toplam güneş ışınımı
 q_{yatay} kcal/m² gün ortalama değerleri
(1962-1980)
- 4 Enleme, mevsime ve toplayıcı eğim açısına
göre R faktörleri
- 5 55°C'lık su hazırlayan seçici yüzeyli topla-
yıcıların verimleri
- 6 Sıcak su ihtiyacı
- 7 1,0 m derinlikteki toprak sıcaklıkları
(1962-1980) ortalamaları °C
- 8 Yaz sezonuna göre diğer mevsimlerin sıcak
su ihtiyacının mukayesesi

ÖZET

Bu çalışmada güneş enerjili ısıtma ve soğutma sistemleri tanımlanmış ve Antalya'daki bir bina için güneş enerjili bir soğutma sistemi dizayn edilmiştir.

Bu binanın ısı yükü örnek proje üzerinden alınmıştır. Yaz ve kış periyotlarında aylık güneş ışınımı ve kolektörlerde toplanan faydalı ısı kazancı meteorolojik verilerin ışığı altında bilgisayar programı kullanılarak hesaplanmıştır. Bu hesaplardan elde edilen değerlere göre enerjinin ne kadarının güneş enerjisinden karşılanabileceği, aylık kolektör performansı ve kolektör alanı belirlenmiştir. Böylece her bir ay için kolektör alanının elde edilebilir enerji oranına etkisi işaretlenmiştir.

Soğutma sistemi esas alınarak sistemin çalışma elemanları için sıcaklık, debi ve performans katsayısı hesaplanmıştır.

Dizayn edilen soğutma sistemine göre en soğuk ay (Aralık) için gerekli ısının % 20'sinin yalnız güneş enerjisi kullanılarak karşılanabileceği görülmüştür.

SUMMARY

In this study solar space heating and cooling systems are described and solar cooling system is designed for a building in Antalya.

The heat load for this building is taken from the sample project. For the summer and winter periods monthly solar radiation and useful heat gain collected in the collectors are calculated by using a computer programme in the light of meteorological data.

According to the values obtained in this calculation how much of the energy required is supplied from solar energy, monthly collector performance and collector area are determined. Thus the effect of the collector area on the obtainable energy rate for each month is plotted.

Taking the absorption cooling system as a basis the temperature, flow rate and performance coefficient are calculated for the operating parts of the system.

With regard to the designed cooling system it is seen that 20 percent of the heat required for the coldest month (December) can be supplied by using solar energy only.

BÖLÜM I

GÜNEŞ ENERJİSİ VE İŞİNİMİ

1.1 GİRİŞ

Yaşam standartlarının sürekli yükselmesi ve insanların daha rahat yaşama arzuları, enerji gereksinimini her geçen gün artırmaktadır. Bu enerji gereksiniminin önemli bir kısmı, tükenmeyen, temiz, bedava, zararlı artığı ve taşıma sorunu olmayan, bir çok uygulaması için karmaşık teknolojiye gerek duyulmayan ve işletme masrafları çok az olan güneş enerjisi ile karşılanabilir (1).

Geleneksel bütün enerji kaynaklarımız (kömür, petrol, doğal gaz, su ve rüzgar enerjisi gel-git enerjisi ve jeotermal enerji) aslında güneş enerjisinin konsantre şeklinden başka birşey değildir. Güneş ışınımı dünyamız üzerindeki bitki ve hayvanların yaşantıları bakımından muhtaç oldukları fotosentez prosesini sağlamaktadır. Ayrıca bu ışınlar rüzgar diye isimlendirdiğimiz atmosferik sirkülasyonun itici gücünü teşkil etmektedir. Bilimsel açıdan ifadelendirmek gerekirse, güneş gezegenimiz üzerindeki bütün yaşantılardan dolayı ve dolaysız olarak sorumlu durumdadır (2).

Günümüzde özellikle petrol fiyatlarının çok hızlı artması, güneş enerjisini daha cazip hale getirmekte ve güneş enerjisinden yararlanan sistemlerin sayısı her geçen gün artmaktadır. Ülkemizde de coğrafi konumumuz nedeniyle yeterli güneş enerjisi potansiyeline sahip bulunmamız, bu teknolojinin tanınmasına ve gelişmesine neden olmuştur.

Güneş enerjisinin üstünlüklerine rağmen günümüzde uygulamalarının az oluşunun sebepleri vardır:

- a) Birim düzleme gelen güneş ışınımı az olduğundan büyük yüzeylere ihtiyaç olmaktadır.
- b) Güneş ışınımı sürekli olmadığından depolama gerekmektedir. Depolama imkanları da sınırlıdır.
- c) Enerji ihtiyacının fazla olduğu kış aylarında güneş ışınımı az ve geceleri de hiç yoktur.

d) Güneş ışınımından faydalanan sistemin güneş ışığını sürekli alabilmesi için çevrenin açık olması, gölgelenmemesi gerekir.

e) Güneş ışınımından yararlanılan bir çok tesisatın ilk yatırım masrafları fazladır ve günümüz şartlarında ekonomik değildir.

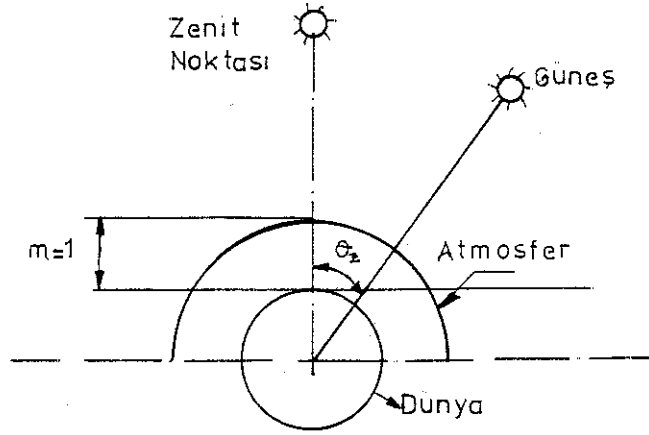
1.2 Güneşin Yapısı ve Enerjisi

Güneş enerjisinden yararlanabilmek için güneşin kendi bünyesi ve yaydığı ışınlar hakkında bilgi edinmemiz gerekir. Bunun için bu konuya bir göz atalım:

Güneş dünyadan $150 \cdot 10^6$ km uzaklıkta yer alan bir gaz kütesidir. Güneşten yayılan ışık bu uzaklığı 8 dakikada aşar, çapı 695000 km'dir. Kütleli dünyadan 333500 kez daha büyüktür. Sudan 1,14 kez daha yoğundur. Güneş, çoğunluğu hidrojen, %18 kadarı helyum, %0,007 kadarı diğer elementlerden oluşmuş bir hidrojen-helyum reaktörüdür. Yani 4 hidrojen atomu birleşerek bir helyum atomu oluşturur ve bu sırada azalan bir miktar kütle enerjiye dönüşür. Bu olay Einstein'in $E = mc^2$ bağıntısı ile belirlenir. Bu şekilde güneşte $4 \cdot 10^6$ ton kütle enerjiye dönüşür. Bu enerjide ısı enerjisi ve elektromagnetik dalga ışıması şeklinde uzaya yayılır. Güneş bu işlevini $(3-4) \cdot 10^9$ yıl yerine getirmiş olup, bir o kadar süre daha yerine getirecek güçtedir. Güneşin iç kısımlarında sıcaklığın $(8-40) \cdot 10^6$ °K olduğu tahmin edilmektedir. Güneş yüzeyinin efektif sıcaklığı ise 5762 °K olarak hesaplanmıştır. Isı tekniği yönünden güneşi 6000 °K sıcaklıktaki bir siyah cisim olarak kabul etmek yeterlidir. Güneşin yüzeyinden kısa ve uzun dalga ışınlar yayılmaktadır. Isı bakımından bizi ilgilendiren $(0,3-3) \mu\text{m}$ dalga boyları arasındaki ışınım dır. Güneşin merkezinde 1 cm^2 ye düşen basınç $500 \cdot 10^{10}$ N dur (3). Bu basınç yüzeye doğru gidildikçe azalır. Güneş, nebula dediğimiz uzay gaz ve toz bulutlarının çekim kuvvetlerinin etkisi ile toplanmaları, sıkışmaları ve bu sıkışma sonunda nükleer reaksiyonların bir noktadan sonra oluşması ile enerji üretmeye başlar.

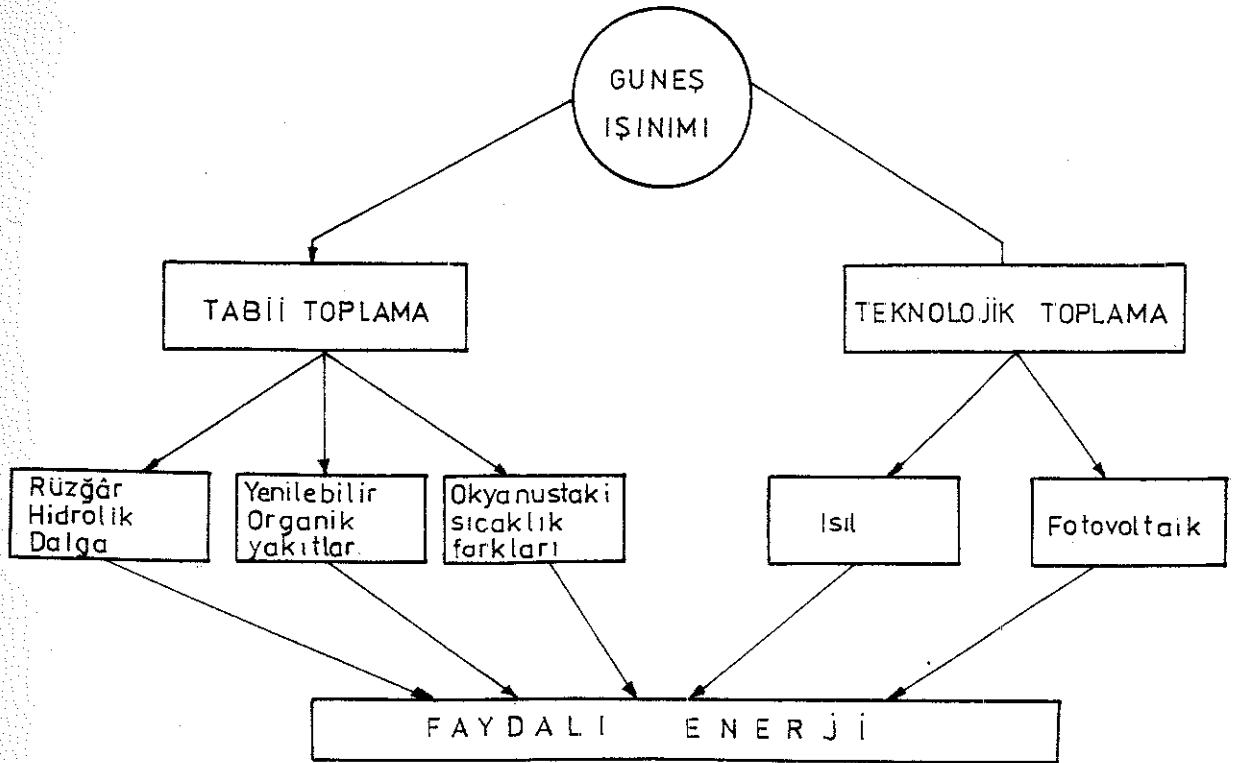
Güneş ışınları dünyaya geldiğinde bu ışınların atmosfer içinde aldığı yola "hava kütlesi" denir. (m) güneş tam tepede, yani zenit noktasında ışınlar dünyaya dik geliyor demektir. Atmosfer içinde aldıkları yol en kısadır. Buna bir hava kütlesi denir. (m=1) Şekil 1'de

görüldüğü gibi, zenit açısı θ_z güneş ışını ile zenit noktasından geçen dikey arasındaki açıdır. Zenit açısı 60° olduğu zaman $m=2$ olur. $m=1/\cos \theta_z$ dir (8).



Şekil 1. Zenit açısı ve hava kütlesi ilişkisi (8).

1.3 GÜNEŞ ENERJİSİNDEN YARARLANAN SİSTEMLER



Şekil 2. Güneş enerjisinden faydalanma şekilleri

Hemen hemen bütün enerji kaynakları güneş ışınımının maddeler üzerindeki fiziksel ve kimyasal tesirinden meydana gelmektedir. Hidrolik enerji, rüzgar enerjisi, dalga enerjisi v.s. güneş ışınımından dolayı (endirekt) olarak oluşan enerjilerdir. (Şekil 2). Burada, güneş ışınımından direkt enerji elde edilmesi üzerinde durulmaktadır ki, bu da güneşin ışınım enerjisinin diğer enerji şekillerine (elektrik, mekanik, ısı) dönüştürülmesi şeklinde olmaktadır.

Güneş ışınımının teknolojik toplama ile faydalı enerjiye dönüştürülmesinde ısı ve fotovoltaik esastan yararlanılır. Isıl esasa dayanan sistemlerin daha geniş uygulama alanı mevcuttur.

1.3.1 Isıl Uygulamalar

Güneş ışınımının faydalanılacak enerji türüne ısı çevrimleriyle dönüştürüldüğü sistemlerin sayısı çok fazladır. Genel olarak bu sistemler,

- a) düşük sıcaklık uygulamaları (20-100 °C)
- b) orta sıcaklık uygulamaları (100-300 °C)
- c) Yüksek sıcaklık uygulamaları (300 °C)

olarak gruplandırılabilir.

Düşük sıcaklık uygulamalarında daha ziyade düz toplayıcılar kullanılır. Bu uygulamalardan bazıları:

- konutların sıcak su temini
- konut ısıtması
- sera ısıtması
- tarım ürünlerinin kurutulması
- konut soğutması
- yüzme havuzu ısıtması
- güneş ocakları ve güneş fırınları
- arı su elde edilmesi (güneş inbikleri)
- tuz üretimi
- güneş pompaları

Orta sıcaklık uygulamalarında güneş ışınımının yansıtılarak veya kırılarak bir noktaya veya eksene yoğunlaştırıldığı odaklı toplayıcılar

kullanılır. Sanayi için gerekli sıcak su veya buharın temini, büyük soğutma ve ısıtma sistemleri, odaklı toplayıcıların uygulama alanlarından bazılarıdır. Genellikle güneşi takip eden mekanizmalara ihtiyaç vardır.

Güneş ışınımından yararlanılarak 300 °C'nin üzerindeki yüksek sıcaklık elde edilen sistemlerde "heliostat" adı verilen, geniş bir alana gelen güneş ışınımını, güneşi izleyerek bir noktaya odaklıyan sistemlerden yararlanılır. Güneş fırınları ve güneşsel güç sistemlerinde yansıtıcı olarak aynalardan yararlanılmakta ve 3500 °C sıcaklığa kadar çıkabilmektedir. Fransa'da ve A.B.D.'de bulunan güneş fırınlarında metalin eritilmesi, kesilmesi ve kalıplanması yapılmaktadır. Yüksek sıcaklıkta buhar elde edilerek bir türbin aracılığı ile elektrik üretilen güneşsel güç sistemlerinin uygulamaları da mevcuttur ve üzerinde yoğun çalışmalar yapılmaktadır.

1.3.2 Fotovoltaik Uygulamalar

Üzerine güneş ışınımı düşünce direkt elektrik üreten güneş pilleri, fotovoltaik tesir esasına göre çalışır. Tamamen yarı iletken teknolojisine dayanır. Fazla elektron bulunan (n-tipi) yarı iletken ile fazla boşluk bulunan (p-tipi) yarı iletkenin yan yana getirildiği zaman tek bir kristal meydana getirmesi ve fazla elektronların boşluklara atmasıyla doğru akım meydana gelir. Hücreler birbirine seri ve paralel bağlanarak akım şiddeti ve gerilim artırılır.

Güneş pillerinin verimleri % 3-25 arasında değişir. Uzay programları için geliştirilmeye başlanmış 1955 yılından sonra uzay araçlarında ve daha sonraki yıllarda da genellikle fazla güç gerektirmeyen ve bilinen diğer yollardan elektrik üretimi zor olan güç merkezlerinden uzak yerlerde (deniz fenerleri, yelkenli botlar, telefon ve telsiz, otomatik meteoroloji aletleri, demir ve karayolu geçitleri, orman gözetleme kuleleri, küçük tip el aletleri v.s.) kullanılmaya başlamıştır.

İstenilen yerde ve istenilen güçte elektrik üretebilmesi, gürültüsüz çalışması, artıklarının olmayışı ve uzun ömürlü oluşu, güneş pillerinin avantajlarından bazılarıdır. Fakat teknolojisi zor, maliyetleri yüksek ve verimleri düşüktür (1).

1.4 YERYÜZÜNE GELEN GÜNEŞ IŞINIMI

Güneş enerjisinden faydalanan sistemlerin dizaynında öncelikle faydalanılabilir güneş ışınımının bilinmesi gerekir. Güneş enerjisiyle ısıtma ve soğutma sistemlerinde binaların ısı kazancının hesaplanmasında ve toplayıcıların boyutlandırılmasında yeryüzüne gelen güneş ışınımı miktarı esas alınır.

Güneş ışınımı atmosferi geçerken, atmosferde bulunan parçacıklar tarafından yutulur ve saçılır. Böylece azalarak atmosfer dışına gelen ışınımın 0.1 ile 0.8 arasında bir kesri yeryüzüne ulaşır. Gelen ışınımın, doğrudan yeryüzüne gelen kısmına "direkt güneş ışınımı", saçılan ışınımın yeryüzüne gelen kısmına "yayıllı güneş ışınımı" adı verilir. Direkt ve yayıllı güneş ışınımı 0.3-3.0 μm dalga boyu aralığında olduğundan buna "kısa dalga boyu ışınım" da denir. Direkt ve yayıllı ışınımın toplamına "tüm (global) güneş ışınımı" adı verilir. Atmosferdeki gazlar (özellikle su buharı ve karbondioksit) tarafından neşredilenlerden aşağı doğru olanı yeryüzüne atmosfer ışınımı olarak ve yer tarafından neşredilen ve yansıtılan ışınım da yer ışınımı olarak göz önüne alınan uzun dalga boylu ışınımlardır. Bütün bu ışınımara "toplam (total) güneş ışınımı" denir.

Yeryüzüne gelen güneş ışınımı çok sayıda değişkenin fonksiyonudur. Robinson (1966) bu değişkenleri:

- 1) Atmosferik faktörler (güneş sabiti, dünya-güneş mesafesi, deklinasyon açısı, saat açısı),
- 2) coğrafik faktörler (bulunan yerin enlemi, boylamı ve deniz seviyesinden yüksekliği),
- 3) geometrik faktörler (yüzeyin azimut açısı, yüzeyin eğimi, güneş yükseklik açısı, güneş azimut açısı),
- 4) fiziksel faktörler (hava moleküllerinin saçması, atmosferdeki su buharının azalması, tozların saçması, ozon ve karbondioksitin yutması v.s.),
- 5) meteorolojik faktörler (bulutların tesiri, çevrenin yansıtması)

olarak sınıflandırmıştır.

Bu faktörlerin hepsinin tesirini teorik olarak hesaplamak zordur.

Bu nedenle güneş ışınımı hesaplarında, daha çok ölçülen güneş ışınımı verilerinden yararlanarak geliştirilen ampirik bağıntılar kullanılır.

1.4.1 Yatay Düzleme Gelen Aylık Ortalama Tüm (Global) Güneş Işınımı

1.4.1.1 Günlük Tüm Güneş Işınımı

Yatay düzleme gelen günlük tüm güneş ışınımı bağıntıları meteoroloji verilerinden birine veya birkaçına bağlı olarak verilmektedir. En yaygın tüm güneş ışınımı bağıntıları güneşlenme süresinin fonksiyonu olarak verilen bağıntılardır.

Yatay düzleme gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışınımının bulutsuz bir günde gelen aylık ortalama günlük tüm güneş ışınımına oranının izafi güneşlenme süresi (güneşlenme süresinin gün uzunluğuna oranı, t/t_0) ile lineer değişimi ilk defa 1924'de Angstrom tarafından araştırılmış, Page (1964) tarafından bulutsuz bir günde gelen güneş ışınımı yerine atmosfer dışında yatay düzleme gelen güneş ışınımı esas alınmıştır. Yatay birim düzleme gelen günlük tüm güneş ışınımı Q , atmosfer dışına gelen güneş ışınımı Q_0 , güneşlenme süresi t ve gün uzunluğu t_0 olmak üzere değiştirilmiş Angström denklemi

$$\frac{Q}{Q_0} = a + b \frac{t}{t_0} \quad (1.1)$$

şeklinde. a ve b sabitleri tüm güneş ışınımı ve güneşlenme süresi verilerine dayanarak istatistik metodlarla tayin edilmektedir. Genellikle a katsayısı 0.2 ile 0.3 ve b katsayısı 0.4 ile 0.6 arasında değerler almaktadır. Türkiye'de ise Kılıç ve Öztürk (1979) tarafından a katsayısı 0.19-0.47, b katsayısı 0.14-0.42 olarak belirlenmiştir.

Türkiye için pratik olarak daha kullanışlı

$$\frac{Q}{Q_0} = a + b \frac{t}{t_0} \quad (1.2)$$

$$a = 0.103 + 0.000017 \times z + 0.198 \cos(e-d)$$

$$b = 0.533 - 0.165 \cos(e-d)$$

bağıntısı elde edilmektedir. Denklemden e -enlem, d -deklinasyon açısı, $z(m)$ deniz seviyesinden yükseklik olarak gösterilmektedir.

1.4.1.2 Anlık Tüm Güneş Işınımı

Birçok hesaplarda anlık gelen güneş ışınımının uzun yıllar ortalamasına ihtiyaç duyulur. Pratik olarak, anlık tüm güneş ışınımı günlük toplam tüm güneş ışınımına bağlı olarak hesaplanabilir. Uzun yıllar ortalaması için anlık tüm güneş ışınımının günlük toplam tüm güneş ışınımına oranı, Lui ve Jordan (1960) tarafından ölçülen değerlerden yararlanılarak bir diyagramla verilmiştir. Munroe (1980), bu oranın güneş öğlesi ile gün doğuşu ve batışı arasında eksponansiyel değiştiğini kabul ederek analitik ifadesini vermiştir. Bu ifade;

$$r_t = \frac{\text{anlık tüm güneş ışınımı}}{\text{günlük toplam tüm güneş ışınımı}} = \frac{I}{Q} \quad (1.3)$$

$$\psi = \exp \left[-4 \left(1 - \frac{|h|}{H} \right)^2 \right] \quad (1.4)$$

$$r_t = \frac{I}{Q} = \frac{\pi}{4 t_o} \left[\cos \left(\frac{180}{2} \cdot \frac{h}{H} \right) + \frac{2}{\sqrt{\pi}} (1 - \psi) \right] \quad (1.5)$$

Burada;

t_o - gün uzunluğu

H - güneş batış saat açısı

h - saat açısıdır.

$$h = 15 \text{ (anlık saat-12)} \quad (1.6)$$

$$\cos H = -\tan d \tan e \quad (1.7)$$

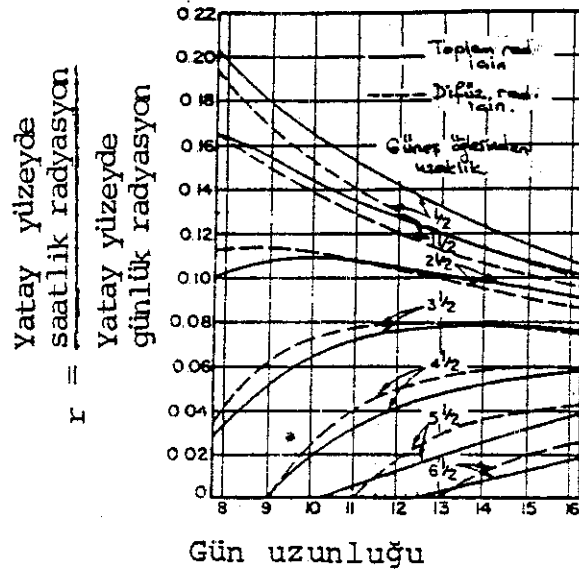
e - enlem açısı

d - deklinasyon açısı

$$d = 23,45^\circ \sin \left(360 \frac{n+234}{365} \right) \quad (1.8)$$

n - 1. Ocaktan itibaren gün sayısı

$$t_o = \frac{2}{15} \cdot H \quad (1.9)$$



Şekil 3. Yatay yüzeyde, günlük ve saatlik radyasyon arasındaki bağıntı (Lui-Jordan 1963)

1.4.1.3 Günlük Direkt ve Yayılı Güneş Işınımı

Genel olarak direkt (veya yayılı) güneş ışınımı, tüm güneş ışınımına ve bulutluluk indeksine veya muhtemel güneşliliğe bağlı olarak ampirik formüllerden yararlanılarak tayin edilir.

Lui ve Jordan (5) yatay düzleme gelen günlük yayılı ışınımın günlük tüm ışınımına oranı (K) ile, bulutluluk indeksi (K_T , yatay düzleme gelen günlük tüm ışınımın, atmosfer dışındaki yatay düzleme gelen günlük tüm ışınımına oranı), arasındaki ve bunların aylık ortalamaları olan \bar{K} ile \bar{K}_T arasındaki bağıntıyı geniş bir şekilde incelemişlerdir. Daha sonra bulutluluk indeksine göre 3.mertebeden bir fonksiyon olarak analitik bağıntıları,

$$\bar{K} = 1,390 - 4.027 \cdot \bar{K}_T + 5.531 \bar{K}_T^2 - 3,108 \bar{K}_T^3 \quad (1.10)$$

şeklinde vermişlerdir.

1.4.1.4 Anlık Direkt ve Yayılı Güneş Işınımı

Uzun yıllar ortalamasında, bir anda birim yatay düzleme gelen aylık ortalama yayılı ışınımın (I_y), günlük toplam yayılı ışınımına (Q_y) oranı (r_y):

$$r_y = \frac{I_y}{Q_y} = \frac{I_o}{Q_o} \quad (1.11)$$

$$r_y = \frac{\pi}{24} \frac{\cos h - \cos H}{\sin H - \frac{\pi}{180} H \cos H} \quad (1.12)$$

elde edilir.

Anlık direkt güneş ışınımı ise, anlık ve yayılı güneş ışınımaları ile;

$$I_d = I - I_y = r_t Q - r_y Q_y \quad (1.13)$$

hesaplanır.

1.4.2 Eğik Düzleme Gelen Aylık Ortalama Güneş Işınımı

1.4.2.1 Anlık Direkt Güneş Işınımı

Güneş ışınımına dik birim düzleme bir anda gelen direkt güneş ışınımı I_n , güneş ışınımının eğik düzleme geliş açısı g ve Zenit açısı z olmak üzere, eğik ve yatay düzlemlere gelen direkt güneş ışınımı miktarları, $I_{de} = I_n \cos g$ ve $I_d = I_n \cos z$ ve bunların birbirlerine oranı ile

$$R_d = \frac{I_{de}}{I_d} = \frac{\cos g}{\cos z} \quad (1.14)$$

yazılabilir. Güneye dönük yüzeyler için:

$$R_d = \frac{\cos(e-s) \cos d \cos h + \sin(e-s) \sin d}{\cos e \cos d \cos h + \sin e \sin d} \quad (1.15)$$

Burada s , düzlemin eğimidir. Dik yüzeyler için ($s=0$) dır.

1.4.2.2 Anlık Toplam Güneş Işınımı

Eğik düzlem üzerine gelen toplam ışınım, direkt, yayılı ve yansayan ışınımın toplamıdır. Yatay düzleme bir anda gelen yayılı güneş ışınımı I_y ve düzlemin eğimi s olmak üzere eğik düzleme gelen yayılı ışınım;

$$I_{ey} = I_y \frac{1 + \cos s}{2} \quad (1.16)$$

çevrenin yansıtma oranı ρ ve yatay düzleme gelen tüm güneş ışınımı I olmak üzere, eğik düzleme yansıtılarak gelen ışınım;

$$I_{ya} = I \cdot \rho \frac{1 - \cos s}{2} \quad (1.17)$$

Eğik düzlem üzerine gelen toplam ışınım;

$$I_e = I_{ed} + I_{ey} + I_{ya} \quad (1.18)$$

$$I_e = R_d I_d + I_y \frac{1 + \cos s}{2} + I \cdot \rho \frac{1 - \cos s}{2} \quad (1.19)$$

veya

$$R = \frac{I_e}{I} = R_d \frac{I_d}{I} + \frac{I_y}{I} \cdot \frac{1 + \cos s}{2} + \rho \frac{1 - \cos s}{2} \quad (1.20)$$

Akdeniz Üniversitesi
Rektörlük Binası
Demirbaşı No. 4946

BÖLÜM II

GÜNEŞTEN ISIL ENERJİ SAĞLANAN SİSTEMLER

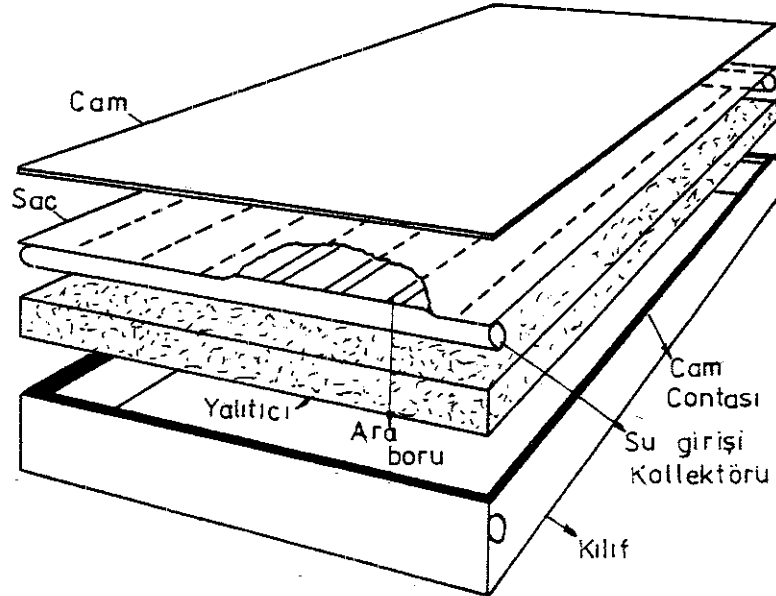
2.1 GİRİŞ

Güneş enerjisini yoğunlaştıran toplayıcı türleri dört grupta incelenir:

- Düz toplayıcılar
- Parabolik reflektör
- Silindirik ve parabolik yoğun toplayıcılar
- Güneş havuzları.

2.1.1 DÜZ GÜNEŞ TOPLAYICILARI

Güneş ışınımını genellikle termik enerjiye çevirerek akışkan bir taşıyıcı maddeye iletmek amacıyla toplayan gereçlere "güneş toplayıcıları ve kolektörü" adı verilir.(Şekil 4).



Şekil 4. Güneş kolektörü

Düz toplayıcılar düşük yoğunlaştırma kapasitesine sahiptir. Bunun için büyük güç üretimi düz toplayıcılar ile sağlanamaz, fakat düz toplayıcılar da şu yönlerden avantajlıdır;

- a) Konstrüksiyonları daha basittir
- b) Yayılı ışıınımdan da yararlanılır
- c) Yerleştirileceği yerin hazırlanması daha kolaydır
- d) Elemanları azdır, hareketli kısımları yoktur
- e) Daha dayanıklı ve daha uzun ömürlüdür
- f) İşletme masrafları azdır.

Düz toplayıcıları iki kısma ayırabiliriz:

- a) Sıvılı düz toplayıcılar
- b) Havalı düz toplayıcılar.

Sıvılı toplayıcılarda daha çok su, havalılarda ise hava dolaştırılır. Sıvılı toplayıcıların verimi daha yüksek, yapımı kolay ve ucuzdur.

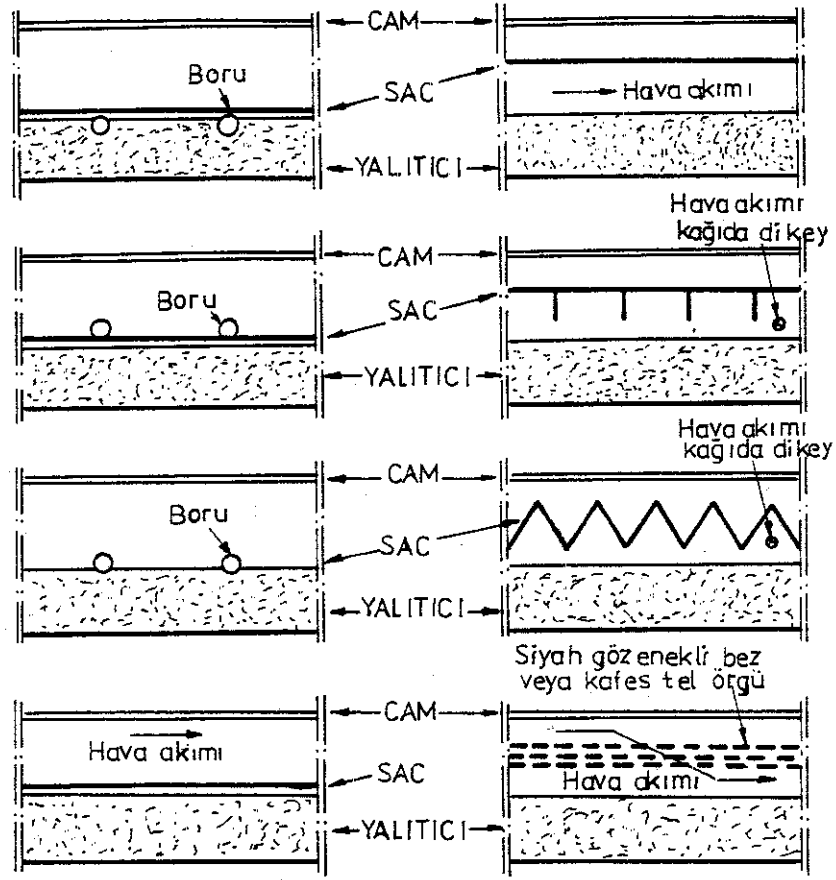
Düz toplayıcılarda sıcak hava üretmek istenirse Şekil 4'de görülen boru şebekesi kaldırılır ve sac ile yalıtıcı arasında bir boşluk bırakılırsa borudan geçen hava ısınan sac ile temas ederek sıcak havaya dönüşür ve kullanma alanına gönderilir.

Gerek sıcak su, gerekse sıcak havalı düz toplayıcılar çeşitli düzenlerde dizayn edilebilir. Şekil 5'de bazı örnekler verilmiştir.

Boru şebekesini sacın alt tarafına yerleştirmek mümkün olduğu gibi üstüne koymak ya da merkezlemek de kullanılan yöntemlerdir. Toplayıcı veriminde büyük değişikliklere yol açmaz. Sıcak havayı sac ile cam arasından geçirdiğimiz takdirde ısı kayıpları fazla olur. Bu nedenle hava akımını sac ile yalıtıcı arasından sevk etmek en iyi çözüm olacaktır.

Sacın ısı yüzeyini artırmak için alt tarafına kanat şeklinde çıkıntılar koymak ya da sacı üçgen profil halinde biçimlendirmek iyi sonuç verir, verimi artırır.

İlginç bir uygulama siyah gözenekli bez veya kafes tel kullanmaktır. Hava bu gözenekler arasından sevk edilerek sıcak havaya dönüştürülür ve kullanma alanına iletilir (4).



Şekil 5. Sıcak su ve sıcak havalı düz toplayıcılar

Su ile çalışan düz toplayıcılarda donma sorunu vardır. Kışın toplayıcı içindeki su donabilir ve toplayıcıyı tahrip eder. Bunu önlemek için ya su boşaltma yoluna gidilir ya da suya antifriz karıştırılır. Aynı zamanda sıvılı toplayıcılarda korozyon problemi vardır. Havalı toplayıcı da ise tozlar ve sızdırma problemi vardır. Havalı toplayıcıların verimi daha üniform değişmesine rağmen sıvılı toplayıcılara göre daha büyük toplayıcı alanı ve daha büyük depo hacmi gerekmektedir (5).

2.1.1.1 KOLLEKTÖR İMALATI

Kollektörlerin imalatında dikkat edilecek hususlar şunlardır:

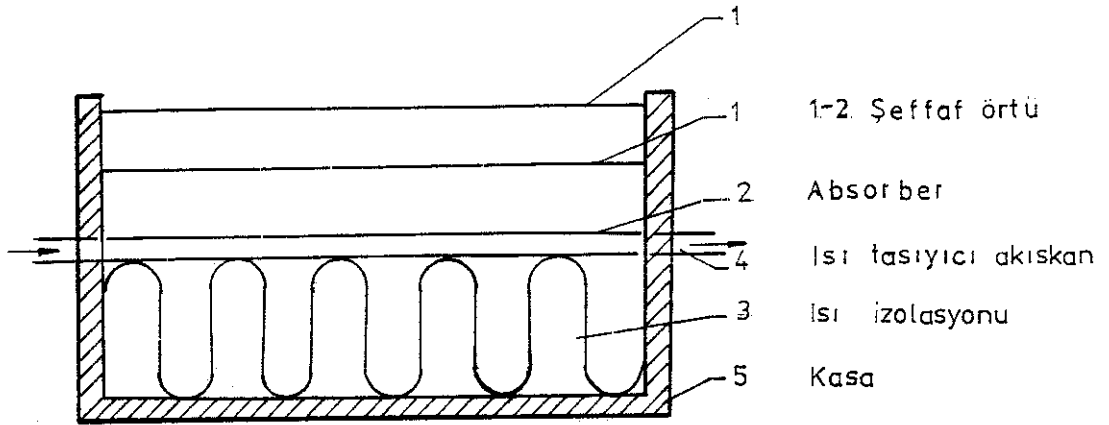
- 1) Korozyona mukavim malzemeler seçilmelidir.
- 2) Havanın rutubeti bilinmelidir.
- 3) Çeşitli meteorolojik şartlarda güneş kollektörlerinin

buldukları mahale kadar gelebilecek tuz zerrecikleri.

4) Sıvı taşıyıcı akışkanın -kolektörlerde dolaşan sıvının- özellikleri

gözönünde bulundurulmalıdır.

KOLLEKTÖR KONSTRÜKSİYONU VE PARÇALARI



Şekil 6. Güneş kolektörünün ana elemanları

Şekil 6'da görüldüğü gibi bir güneş kolektörü beş ana elemandan oluşmaktadır.

1. Şeffaf örtü
2. Absorber-yutucu eleman-
3. Isı izolasyonu
4. Isı taşıyıcı akışkan
5. Kasa

Şeffaf Örtü:

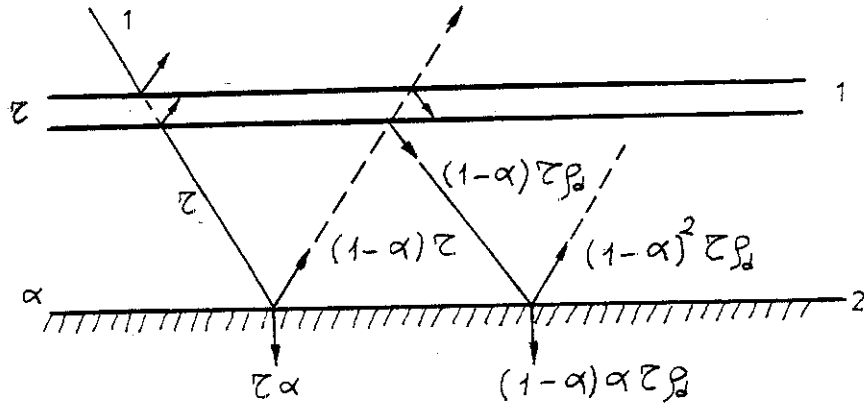
Şeffaf örtü olarak genellikle cam ve nadiren plexi glas kullanılır. Plexi glas, cama nazaran daha az kırılğan, daha hafif ve ince levha halinde ucuz olmakla beraber muhtelif hava şartlarında özelliğinin değişmesi, kolay çizilmesi, zamanla yaşlanma sebebiyle, geçirgenliği de azaldığından cam tercih edilir.

Camın bileşimindeki Fe_2O_3 oranının büyük olması geçirgenliğini iyi olarak etkiler. Ayrıca yüzeyinde dalgalanma olmaması yönünden float cam olması uygundur.

Camın absorbere bakan yüzeyine uygulanan çok ince SnO_2 veya In_2O_3 tabakası yardımıyla absorberden gelen ısı ışınımının % 85'inin tekrar geriye yansıtılması mümkündür. Türkiye'de bu husus uygulanmamaktadır.

Camın yüzeyine gelen ışınımın düşeyle yaptığı açı 40° oluncaya kadar geçirgenlik sabit kalır ve sonra hızla azalır.

Şekil 7'de kollektöre gelen güneş ışınımının camda yansıtılması ve geçmesi, absorberde yutulması, yansıtılması ve camda tekrar yansıtılması ve geçmesi görülmektedir.



Şekil 7. Güneş ışınımının camdan geçmesi ve yansıtılması ile absorberde yutulması ve yansıtılması.

Belirli bir dalga boyunda gelen ışınım için cismin yansıtma (ρ) yutma (α) ve geçirme (τ) oranlarının toplamı birdir.

$$\alpha + \rho + \tau = 1 \quad (2.1)$$

Saydam örtüyü geçerek yutucu yüzey üzerine gelen güneş ışınımının büyük bir kısmı yüzey tarafından tutulurken, bir kısmı yansıtılır. Yansıtılan ışınım, saydam örtünün alt kısmına gelir ve bir kısmı geçerken bir kısmı tekrar levhaya yansıtılır. Levha tarafından yutulan toplam ışınım kesri;

$$(\tau\alpha) = \tau\alpha \sum_{n=0}^{\infty} ((1-\alpha) \rho_y)^n = \frac{\tau\alpha}{1-(1-\alpha)\rho_y} \quad (2.2)$$

Şekil 7'de $(\tau\alpha)$ değeri "düz toplayıcı optik verimi" veya "yutma-geçirme çarpımı", (α) yüzeyin güneş ışınımı açısız yutma oranı, ρ_y ise saydam örtünün levhada yansıyan ışınımı yansıtma oranıdır.

Beard (1977) şöyle bir bağıntı geliştirmiştir.

$$(\tau\alpha) = (\tau\alpha)_0 - b \left(1 - \frac{I_d R_d}{IR} (2 - 1/\cos \theta_g) \right) \quad (2.3)$$

$(\tau\alpha)_0$ ve b değerleri de en küçük kareler metodu kullanılarak şöyle bulunmuştur.

	Cam Sayısı	$(\tau\alpha)_0$	b
Düşük demiroksitli cam	1	0.87	0.07
$\delta\beta = 0.0125$	2	0.79	0.09
Pencere camı	1	0.80	0.08
$\delta\beta = 0.09$	2	0.69	0.10

Bu denklemde θ_g geliş açısıdır ve şöyle hesaplanır:

$$\cos \theta_g = \cos d \cos h \cos(e-s) + \sin d \sin(e-s) \quad (2.4)$$

Efektif yutma-geçirme çarpımı ise;

$$(\tau\alpha)_e = (\tau\alpha)_k - a_k \quad (2.5)$$

Absorber-Yutucu Eleman

Güneş ışınlarının yutularak ısı enerjisi halinde sıvı veya gaz akışkanlarla aktarıldığı elemandır.

Yutucu yüzeyin, güneş ışınımı yutma oranının büyük ve uzun dalga ışınım neşrediciliğinin küçük olması gerekir. Bu yüzey için, ısı iletim katsayısı yüksek malzemeler seçilir ve ısı geçişinin çabuk ve iyi olması için levhalar ince yapılır.

İdeal yutucu yüzey, kısa dalga boyu ışınımının tamamını yutan, uzun dalga boyu ışınımı neşretmeyen yüzeylerdir. Siyah yüzey, ışınım için gerçek yutucudur, ancak her zaman ışınımın bir kısmını yansıtır ve iyi bir neşredicidir. Kısa dalga boyu ışınım tamamına yakını yutan ve uzun dalga boyu ışınım neşrediciliği az olan yüzeylere "seçici yüzey" denir.

Selektif yüzey özelliği, güneş enerjisinin mümkün nispette daha çok yutulması ve uzun dalga boyu ışınımın mümkün nispette daha az yayılması yönlerinden güneş kolektörlerinde çok önemlidir.

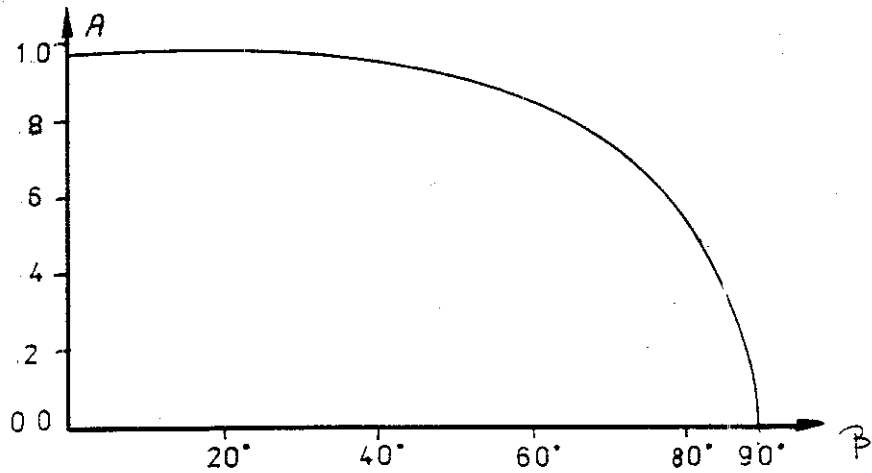
Selektif yüzeylerde yayma sayısı dalga boyuna bağlı olarak değişir ve dalga boyuna bağlı olarak belirli bir sınır yoktur.

Tablo 1'de muhtelif selektif yüzeylerle bunların yayma ve yutma sayıları ile oranları verilmiştir.

Parlak yüzeyler ise bilhassa odaklı güneş kolektörlerinde kullanılmaktadır.

Siyah yüzeylerin ısı yutma sayıları yüksek olup uygulamada gerçek siyah cisme ulaşılması zordur.

Düz yüzey üzerine gelen ışınımın geliş açısında yutma sayısını etkiler. Şekil 8'de siyaha çok yakın bir yüzeye gelen ışınımın düşeyle yaptığı açığa göre A absorpsiyon-yutma-sayısının değişimi verilmiştir.



Şekil 8. A absorpsiyon sayısının yüzeye geliş açısına göre değişmesi.

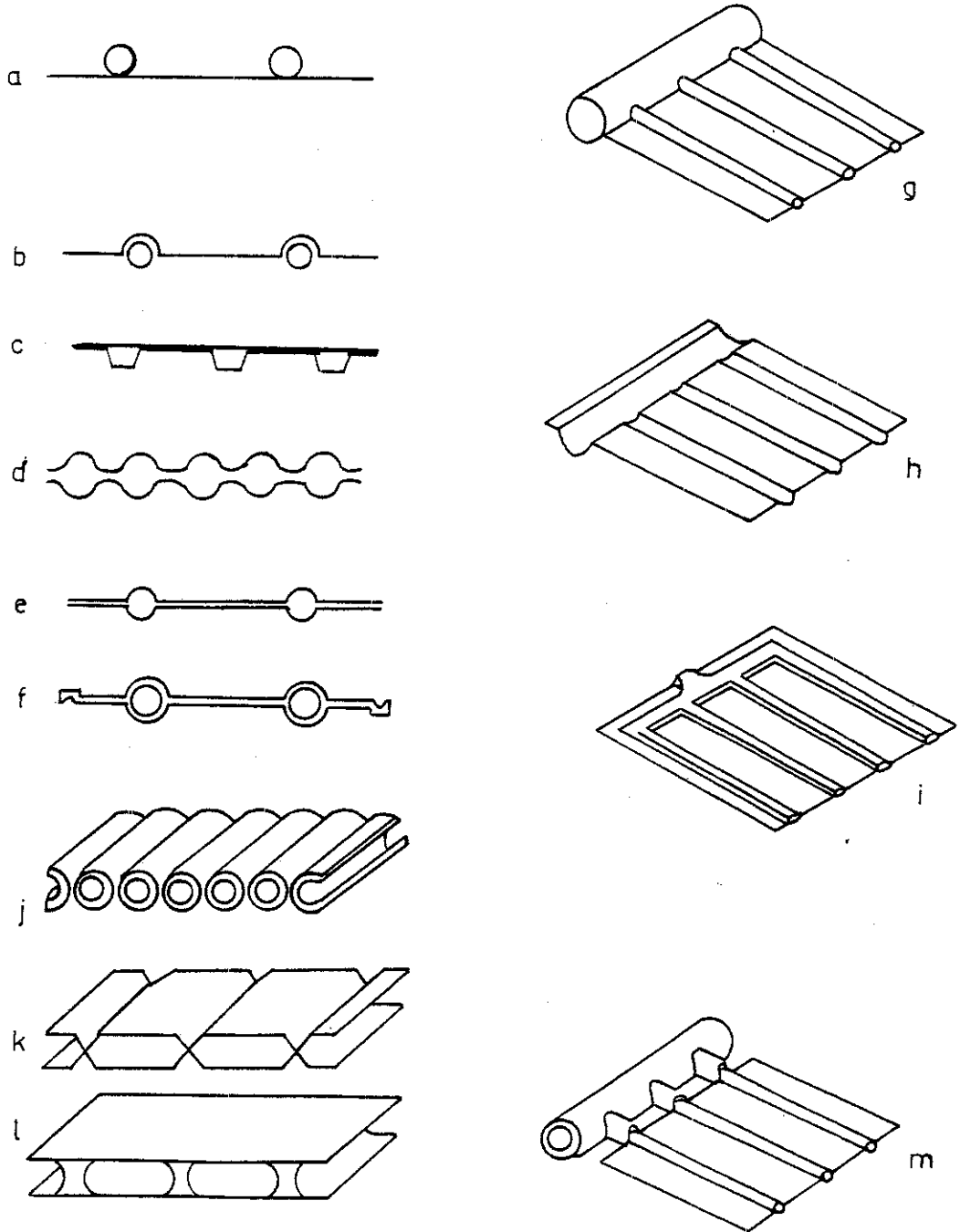
Tablo 1. Selektif yüzeylerin yutma ve yayma sayıları (7)

Yüzey Cinsi	Yutma	Yayma	A
	A		
Siyah Emaye	0,83	0,83	1
Katran	0,86	0,86	1
Lamba isi	0,95	0,95	1
Ni üzerine CuO kaplama	0,81	0,17	3,3
Al üzerine PbS kristali	0,89	0,20	4,5
Ar üzerine Cu_3O_4 kaplama	0,90	0,21	4,7
Ni-Siyah (1)	0,81	0,17	4,8
Cu üzerine Cu-Siyah (2)	0,89	0,17	5,2
Cu üzerine Ebanol Cu (3)	0,90	0,16	5,6
Ni-Siyah, Kalay kaplı demir üzerine	0,89	0,12	7,4
Eloxatem Al üzerine CuO (4)	0,85	0,11	7,7
Ni-Siyah (5)	0,91	0,11	8,3
Al üzerine CuO (6)	0,93	0,11	8,5
Mo üzerine $Al_2O_3-MoO_3-Al_2O_3$	0,91	0,085	10,7

- (1) Demir üzerine iki tabakalı galvanize Ni
- (2) Cu, NaOH, $NaClO_2$ eriyikleriyle işlem görür
- (3) Ticari Cu karartma usulü, tabaka CuO den meydana gelir.
- (4) Al, $Cu(NO_3)_2$ ve $KMnO_4$ eriyikleriyle işlem gördükten sonra ısıtma işlemi uygulanır.
- (5) Polisaj yapılmış Nikel yüzeyler üzerine Çinko ile Nikel sülfid ve oksiti ihtiva eder.
- (6) Sıcak Al levha üzerine seyreltik $Cu(NO_3)_2$ eriyiği püskürtülür, sonra ısıtma işlemi uygulanır.

Absorber Tipleri

Şekil 9'da muhtelif absorber tipleri verilmiştir. a,b,c,d,e,f tipleri saç, bakır ve alüminyum malzemelerden yapılmaktadır.



Şekil 9. Muhtelif absorber-yutucu eleman-tipleri.

a tipinde lehimli, b tipinde baskıyla, c,d,e tiplerinde ise kaynakla birleştirme yapılmaktadır. f tip ekstrüzyon imalattır. j,k,l tipleri ise plastik asıllı profillerdir.

g konstrüksiyonu lehimle, h konstrüksiyonu presle, i konstrüksiyonu roll-bond metoduyla, m konstrüksiyonu plastik malzeme ile yapılmaktadır.

Şekil 10 da görülen a ve b tipleri EPOK-ethylene, propylene, diene, monomere-asıllıdır.

Şekil 10'da görülen c ve d tipleri ise kauçuktan yapılmıştır.

Şekil 11'de alüminyum ekstrüzyon metoduyla yapılmış üç ayrı katlı absorber tipi orijinal büyüklüğünde verilmiştir.

Absorber malzemeleri bakır, alüminyum, çelik ve plastik asıllı malzemelerden yapılırlar. Bakır, iyi bir iletkenidir fakat korozyon olabilir.

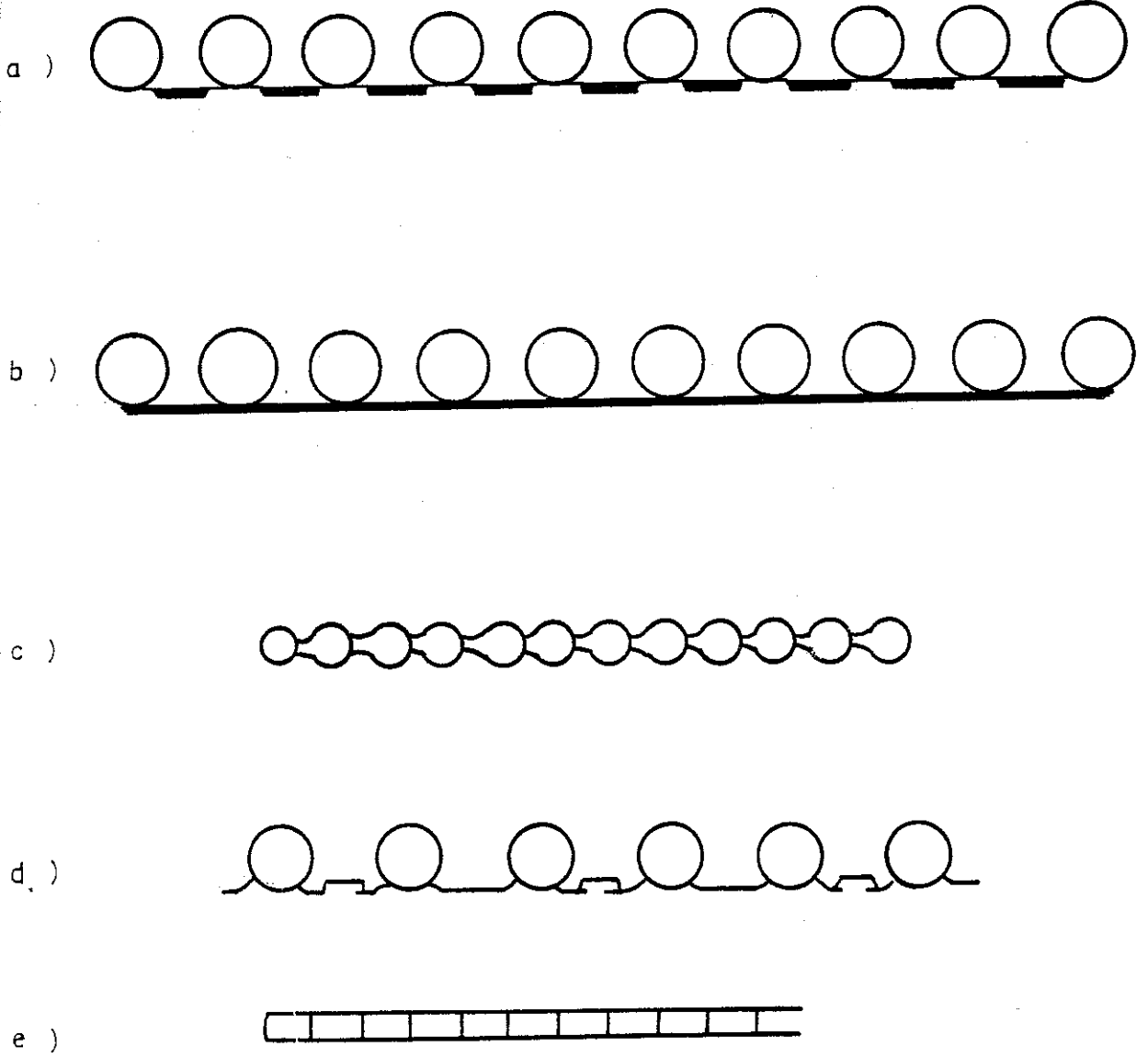
Alüminyum, iyi bir iletkenidir, hafiftir ve bakırdan ucuzdur. Lehim yapılmaz, ısı taşıyıcı akışkana inhibitör ilave edilmelidir.

Çelik çok kullanılır, bakır ve alüminyuma nazaran daha ucuzdur, alüminyumdan ağırdır.

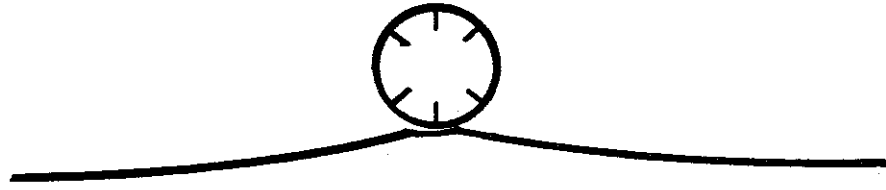
Plastikler, korozyona mukavim olduğu için 60°C 'ye kadar sıcak su elde edilmesine uygundur. İstenilen renkte imal edildiğinden boya işlemine gerek yoktur. Ucuzdur ve hafiftir. Genellikle ultraviole ışınlarına hassastır. Basınca mukavim olmadığı için statik basıncın az olduğu açık sistemlere uygundur. Isı iletim katsayısı çok düşüktür. Çalışma sıcaklıkları alçak tutulmalıdır.

EPDM-etilen, propilen, dien, monomer- ; korozyonu ve ultraviole ışınlarına mukavimdir. 0,8 bar işletme basıncına kadar dayanıklıdır. Montaj kolaydır. -50°C ile 150°C sıcaklık aralığında deförme olmayıp kullanılabilirler.

Polipropilen-polypropylen- ; 100°C ye kadar kullanılır. Ultraviole ışınlarına stabilisedir.

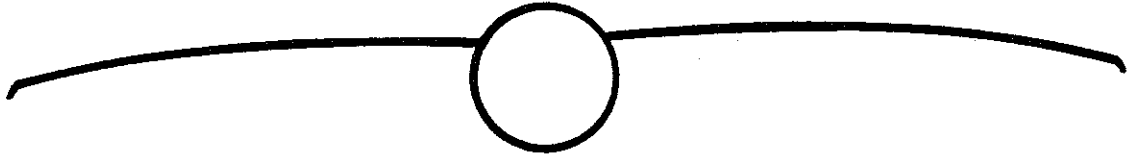


Şekil 10. EPDM asıllı (a,b), kauçuk asıllı (c,d) ve polipropilen asıllı (e) emsorber profil tipleri



Seydişehir'de satılan profil

1. Kanatlar çok uzun
2. Boya sonradan yapılıyor.



Fransa'dan bir örnek-Giordano marka-

1. Yüzeyler mat
2. Pürüzler yetersiz.



Etap-gün marka

1. Yüzeylerin ondüle olması yansıma yönünden ideal değil
2. Boya sonradan yapılıyor.

Şekil 11. Kanatlı absorber tipleri

Isı İzolasyonu

Isı izolasyon malzemelerinde şu özellikler aranmaktadır:

- a. Isı iletim katsayıları küçük olmalıdır.
- b. Özellikleri sıcaklıkla değişmemelidir.
- c. Hafif olmalıdır.
- d. Yanıcı olmamalıdır.
- e. Böcek ve haşere barınmamalıdır.
- f. Higroskopik olmamalıdır.
- g. Deformasyona mukavim olmalıdır.
- h. Ucuz olmalıdır.

Güneş kolektörlerinde genellikle polystrol-styropor-, poliüretan ve cam yünü kullanılır.

Polystrol-styropar- ; yoğunluğu 20 kg/m^3 , dayandığı sıcaklık $70-80^\circ\text{C}$, ısı iletim katsayısı $0,035 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ ve yanıcıdır.

Poliüretan; yoğunluğu 35 kg/m^3 , dayandığı sıcaklık 100°C , ısı iletim katsayısı $0,023 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ ve yanıcıdır.

Camyünü, yoğunluğu 20 kg/m^3 , dayandığı sıcaklık 240°C , ısı iletim katsayısı $0,0023 \text{ W/m}^\circ\text{C}$.

Isı izolasyon malzemesinin yüzeyi ayrıca alüminyum foli ile kaplanarak ışınım perdesi meydana getirilir. Bu sayede ısı ışınımının tekrar absorbere geri yansiyarak verimin artması sağlanır.

Isı Taşıyıcı Akışkan

Isı taşıyıcı akışkanın aşağıdaki özellikleri sağlanması arzu edilir.

- Özgül ısısı yüksek olmalıdır.
- Viskozitesi düşük olmalıdır.
- Yanıcı olmamalıdır.
- Agresiv olmamalıdır.
- Ucuz olmalıdır.
- Isı iletim katsayısı yüksek olmalıdır.

Kapalı devrelerde donmaya karşı kullanılan özel ısı taşıyıcı sıvılar aynı zamanda korozyona karşı da etkindirler. Muhtelif firmalar tarafından güneş enerjisinden yararlanan devreler ile ısı pompaları devrelerinde kullanılmak üzere donma sıcaklığı düşük ısı taşıyıcı sıvılar yapılmıştır. Örnek olarak Boechst firması tarafından imal edilen Antifrogen M ve Antifrogen L söyleyebiliriz.

Isı taşıyıcı akışkan olarak genellikle su, antifirizli su, silikon yağlar veya hidrokarbonik yağlar kullanılır. Bazı akışkanların fiziksel özellikleri Tablo 2'de verilmiştir (8).

Tablo 2. Isı Taşıyıcı Akışkanların Özellikleri

	%50 etilen gli- kol su	%50 propilen glikol-su	Silikon Yağ	Su
Donma sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	-36	-33	-50	0
Kaynama sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	110	110	Yüksek	100
Alevlenme sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	-	315	315	-
Özgül ısı kJ/kg-K(38°C de)	3,43	3,64	1.4-2.0	4.17
Vizkozite, g/ms (38°C 'de)	2,3	3.10	14,98	0.68
Isı iletim katsayısı, W-mk	0,40	0,39	0,69	0.69
Yoğunluk, kg/m ³ (38°C 'de)	1054	1025	935	993
Korozyon	Fe ve Al için inhi- bitör veya Ph kont- rolü	Fe ve Al için inhi- bitör veya Ph kont- rolü	korrozif değil	korrozif
Zehirlilik	Inhibitöre bağlı	inhibitöre bağlı	düşük	inhibitö- re bağlı

Optimum ısı taşıyıcı akışkan sudur. Ucuzdur, kolay temin edilebilir, ısıl genişleme katsayısı ve vizkozitesi düşük, özgül ısısı ve ısı iletim katsayısı yüksek, donma ve kaynama sıcaklıkları arasında kararlıdır, termokimyasal ve termofiziksel özellikleri iyi bilinmektedir. Isı taşıyıcı akışkan olarak kullanılırken ısı depolayıcı olarak da kullanılabilir ve sıcak su tesisatına direkt gönderilebilir. Donma sıcaklığının yüksek olması ve bazı maddelere karşı korrozif olması dezavantajdır. Korozyon ve kireçlenme, suyun bileşimine bağlıdır. Sert

sularda kireçlenme, yumuşak sularda ise korozyon görülür. Bununla beraber inhibitör ilaveli antifiriz kullanılarak donma sıcaklığı düşürülebilir ve korozyon önlenir.

Glikollerin özgül ısıları suya göre daha düşük, vizkoziteleri ve yoğunlukları daha büyüktür. Özgül ısıları düşük olduğundan, belirli bir ısı miktarını toplayıcılardan sıcak su tankına aktaran antifirizli suyun debisi, aynı ısıyı taşıyan su debisinden yaklaşık % 25 daha fazla olmalıdır. Vizkoziteleri büyük olduğundan, pompalı sistemlerde gerekli pompa gücü suya göre % 30-50 daha büyüktür. Pompasız sistemler de de boru iç cidarındaki sürtünme basıncı fazla olacağından boru iç çapı çok büyük seçilmelidir. Tabii sirkülasyonun olabilmesi için, küçük yoğunluk farkı sebebiyle meydana gelen kaldırma basıncının sürtünme basıncından büyük olması gerekmektedir ve antifirizli suyun sürtünme kaybının suya göre % 50 daha büyük ve ayrıca özgül ısısının da düşük olduğu gözönüne alınırsa, antifirizli su tabii sirkülasyonlu sistemler için tavsiye edilmemelidir. Antifirizli su kullanılan sistemler kapalı devreli olacağından ısı değiştiricisinin tesirliliği sebebiyle sistem verimi %10-15 daha düşüktür.

Suya antifiriz olarak genellikle ağırlıkça %50 oranında propilen glikol bazen de etilen glikol katılır. Etilen glikol zehirlidir. Belirli bir miktarı (100 mg/şahıs) insan sağlığı için tehlikelidir. Otomobillerde kullanılan antifirizli su (etilen glikol-su karışımı) zehirli olduğundan kullanılmalıdır. Farkına varılmayan kaçaklar veya zamanla meydana gelecek sızıntılarla antifirizli su kullanma suyuna karışabilir ve arzulanmayan sonuçlar doğurabilir.

Antifirizli su içilecek suya nazaran daha koroziftir. Gerek etilen glikol-su, gerekse propilen glikol su karışımına korozyon inhibitörü (yavaşlatıcı) katılmadan kullanılmalıdır, malzemeye uygun inhibitör seçilmelidir.

Silikon yağlar korozif olmamalarına ve zehirsiz olmalarına rağmen özgül ısıları düşük ve vizkoziteleri çok büyüktür, ayrıca çok pahalıdır.

Kasa

Kasanın konstrüksiyonu ile malzemesi de verim ve ömür yönünden çok önemlidir. Kasanın konstrüksiyonunda şu özellikler göz önüne alınmalıdır.

- Sağlam olması ve zamanla deformasyona uğramaması
- Hafif olması
- Korozyona dayanıklı olması
- Sızdırmaz olması
- Montajın kolay olması
- Gerektiğinde yaz ve kış şartlarına göre yön ve eğim ayarının kolay olması
- Kullanılan malzemenin ısı iletim katsayısının küçük olması
- İçeriye gölge etkisinin az olması
- Uzun ömürlü olması
- Kırılan camların kolayca değiştirilebilmeleri
- Camların sıcaklıkla genleşmelerine müsait olması. Bunun için her kenarda en az 3 mm genleşme boşluğu bırakılması
- Ucuz olması.

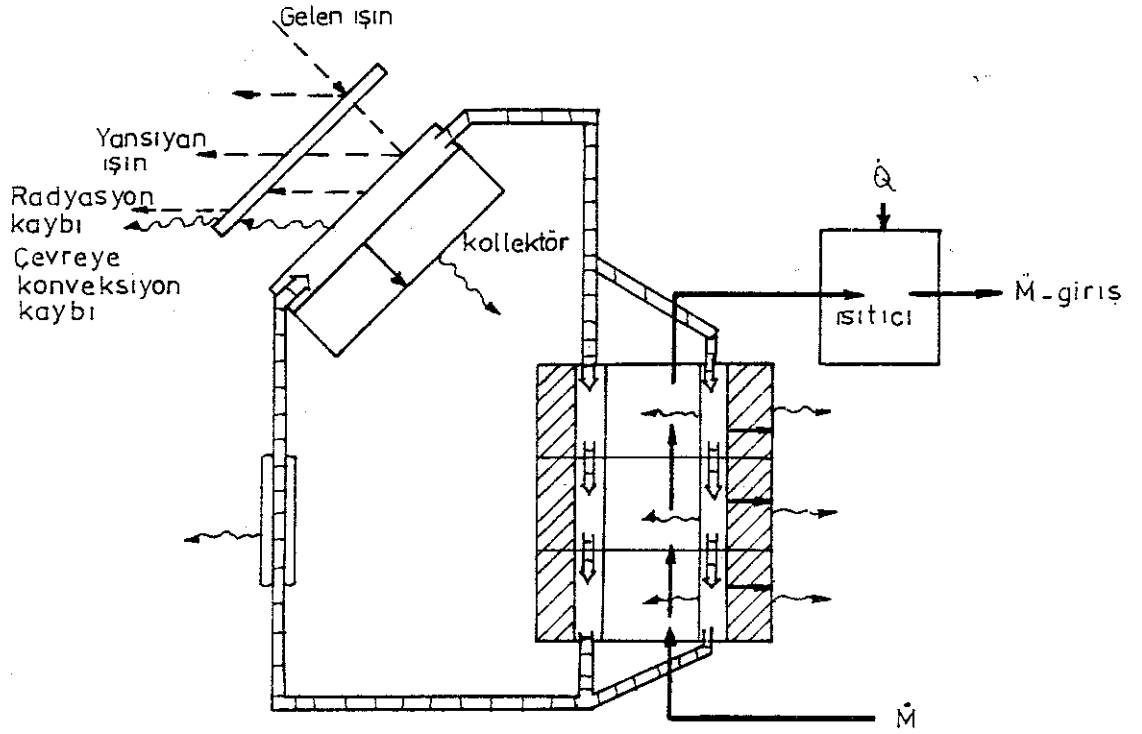
Kasa malzemesi olarak genellikle ince DKP veya galvaniz sac, alüminyum, PVC asıllı malzeme, fiber glas, tahta, darbeye dayanıklı kopolimerizat ABS kullanılır.

Genellikle 200 ± 20 cm uzunluğunda ve 100 ± 20 cm genişliğinde yapılırlar. Daha büyük boyutlarda yapıldığı görülmüştür.

Cam kırılmaları gözönüne alınarak değiştirmenin ucuz olması için ve mukavemet yönünden cam örtünün iki eşit parçadan yapılması daha uygundur. Bu halde orta kısımdaki atkıdan içeriye sızma olmamasına dikkat edilmelidir.

2.1.1.2 KOLLEKTÖR KAYIPLARI

Şekil 12'de genel kollektör kayıpları görülmektedir (9).
Kollektörün ısı kayıplarını üçe ayırmak mümkündür:



Şekil 12.Genel kollektör kayıpları.

a) Kondüksiyon Kayıpları

Kollektörün arka kısmından iletim yoluyla olan kayıplardır. Kollektörün yüzey alanı yanıl alanından çok büyük olduğu için, pratikte sadece arkaya izolasyon işlemi yapılır. Bu kayıplar Fourier denklemi:

$$Q_1 = \lambda \cdot A(T_p - T_ç) / L \quad (2.6)$$

ile bulunmaktadır. Burada; Q_1 , ısı enerjisini, λ ısı iletim katsayısını, A , alanı ; L , izolasyon kalınlığını göstermektedir.

b) Konveksiyon Kayıpları

Plakadan taşınım ile çevreye aktarılan ısı kayıplarıdır. Bu kayıplarda en önemli rolü cam örtüyle plaka arasındaki hava yapmaktadır. Bu kayıpları önlemenin bir başka yolu da plaka üzerine arı peteği biçiminde hücreli bir metal örtü koymaktır. Pratikte gözenekli ($0,6 \times 0,6 \text{ cm}^2$) elekteli bu görevi yapmaktadır. Bu hücreli yapı, plakaya giden ışıklardan bir kısmını engellese de plakadan kaçan ısı dalgalarına engel olmaktadır. Bu kayıplarda Newton denklemi:

$$Q_2 = \alpha \cdot A (T_p - T_{\text{ç}}) \quad (2.7)$$

ile bulunmaktadır. Burada; Q_2 , ısı kayıplarını, α ise yüzey film katsayısını göstermektedir. Rüzgarın etkisi büyük olduğundan bu katsayının 2 ile $6 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ arasında bulunması istenmektedir.

c) Radyasyon Kayıpları

Soğurgan plakanın seçici yüzeylik derecesine göre, yani plakanın yayılım katsayısına bağlı olarak, bir miktar enerji uzun dalga boyunda ısı dalgaları halinde geri yansımaktadır. Geri yansıma büyük ölçüde cam örtüyle engellenmektedir. Şüphesiz en iyisi örtü-plaka arasında vakum yapmaktır. Radyasyon kayıpları Stefan-Boltzmann denklemi:

$$Q_3 = \sigma \cdot A \cdot (T_p^4 - T_{\text{ç}}^4) \quad (2.8)$$

ile hesaplanmaktadır. Burada; Q_3 , ısı kayıplarını; σ , sabiti ($= 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}^4$) temsil etmektedir.

Kollektörün toplam ısı kayıpları Q_T ise;

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (2.9)$$

ile bulunmaktadır (10).

2.1.1.3 DÜZ TOPLAYICILARIN ISIL ANALİZİ

Düz toplayıcılar için enerji dengesi

$$A_t (\tau \alpha) I = Q_f + Q_k + Q_d \quad (2.10)$$

şeklinde yazılabilir. Burada ($\Sigma\alpha$) toplayıcının yutma-geçirme çarpımı, I toplayıcı üzerine gelen güneş ışınımı, A_k faydalı yüzey alanıdır. Q_k , ışınım, taşınım ve iletimle olan ısı kayıplarının toplamı, Q_d depolanan enerji, Q_f , akışkana geçen enerjidir.

a) Toplayıcı Isı Kayıp Katsayısı

Toplayıcı ile ortam arasındaki ısı kayıp katsayısı (K) toplayıcının üst yüzeyine ait kayıp katsayısı $K_{üst}$ ile alt yüzüne ait kayıp katsayısı K_{alt} 'nin toplamına eşittir.

$$K = K_{alt} + K_{üst} \quad (2.11)$$

Alttan olan ısı kaybı, yalıtım kalınlığı (L_y) ve yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısı (K_y) ye bağlı olmak üzere

$$K_{alt} = \frac{K_y}{L_y} \quad (2.12)$$

Üstten olan ısı kayıp katsayısının hesaplanması, iteratif metodlarla yapılmakta, bu da uzun işlemler gerektirmektedir. Agarwal ve Larson (1981), $K_{üst}$ değeri için pratik bir bağıntı elde etmişlerdir. Bu bağıntıya göre $K_{üst}$;

$$K_{üst} = \left[\frac{N}{\frac{c}{T_y} \left[\frac{T_y - T_{çev}}{N+f} \right]^{0,33} + \frac{1}{h_{td}}} \right]^{-1} + \frac{\sigma(T_y + T_{çev})(T_y^2 + T_{çev}^2)}{\left[\varepsilon_L + 0,05 N(1 - \varepsilon_L) \right]^{-1} + \frac{2N + f - 1}{\varepsilon_s} - 1} \quad (2.13)$$

Burada;

$$h_{td} = 5.7 + 3.8 V \quad (2.14)$$

$$f = (1 - 0,04 h_{td} + 0,0005 h_{td}^2)(1 + 0,091 N) \quad (2.15)$$

$$c = 250 (1 - 0,0044 (s - 90)) \quad (2.16)$$

V → rüzgar hızı (m/s)

- $S \rightarrow$ toplayıcı eğimi (derece)
 $N \rightarrow$ saydam örtü sayısı
 $\epsilon_L \rightarrow$ yutucu yüzeyin ışınım neşretme oranı
 $\epsilon_s \rightarrow$ saydam örtünün ışınım neşretme oranı
 $T_y \rightarrow$ yutucu yüzey sıcaklığı ($^{\circ}K$)
 $T_{\text{çev}} \rightarrow$ çevre sıcaklığı ($^{\circ}K$)
 $\sigma \rightarrow$ stefan-Boltzman sabiti
 $(5.67 \times 10^{-8} \text{ w/m}^2 \text{ } ^{\circ}K)$

b) Toplayıcı Verim Faktörü

Toplayıcı verim faktörü, gerçek haldeki faydalı enerjinin yutucu yüzey sıcaklığının akışkan sıcaklığında olması halindeki faydalı enerjiye oranıdır. Yani;

$$F_v = \frac{1/K}{(d+w) \left[\frac{1/K}{(d+w) \eta_k} + \frac{\sqrt{\quad}}{d \cdot k_b} + \frac{1}{\pi d_i h_{ti}} \right]} \quad (2.17)$$

Burada;

- $K \rightarrow$ kayıp katsayısı ($\text{kJ/m}^2 \text{ } ^{\circ}Ch$)
 $d \rightarrow$ boru çapı
 $w \rightarrow$ borular arasındaki uzaklık (m)
 $\eta_k \rightarrow$ kanat verimi
 $k_b \rightarrow$ birleştirme malzemesinin kalınlığı (m)
 $d_i \rightarrow$ boru iç çapı (m)
 $h_{ti} \rightarrow$ boru iç yüzeyindeki ısı taşınım katsayısı
 $(\text{kJ/m}^2 \text{ } ^{\circ}Ch)$

Kanat verimi ise,

$$\eta_k = \tan h (mw/2)/(mw/2) \quad (2.18)$$

$$m = \frac{K}{k \delta} \quad (2.19)$$

$\delta \rightarrow$ levha kalınlığı (m)

$k \rightarrow$ levha malzemesi ısı iletim katsayısı ($\text{kJ/m}^2 \text{ } ^{\circ}Ch$)

Bir borunun sağladığı ısı miktarı;

$$Q_{1f} = (d+w) b \cdot F_v \left[s - K(T_a - T_{\text{çev}}) \right] \quad (2.20)$$

T_a → akışkan sıcaklığı ($^{\circ}\text{K}$)

b → boru uzunluğu (m)

s → yutucu yüzey üzerine gelen efektif ışınım şiddeti

$$s = (\tau\alpha)_e \cdot I \quad (\text{W/m}^2) \quad (2.21)$$

Toplayıcı ısı kazanç faktörü ise, faydalı enerjinin toplayıcının yutucu yüzeyinin her noktasının akışkan giriş sıcaklığında olması durumdaki faydalı enerjiye oranıdır. Yani;

$$F_t = \frac{\dot{m} \cdot c_p}{A_t K} \left[1 - \exp \left(- \frac{A_t K \cdot F_v}{\dot{m} c_p} \right) \right] \quad (2.22)$$

Burada;

\dot{m} → akışkan debisi (kg/sn)

c_p → akışkanın özgül ısısı (kJ/kg $^{\circ}\text{K}$)

A_t → toplayıcı alanı (m 2)

Faydalı enerji ise;

$$Q_f = \dot{m} c_p (T_{a\text{ç}} - T_{a\text{g}}) \quad (2.23)$$

veya

$$Q_f = A_t F_t \left[s - K (T_{a\text{g}} - T_{\text{çev}}) \right] \quad (2.24)$$

Burada;

$T_{a\text{ç}}$ → akışkan çıkış sıcaklığı ($^{\circ}\text{K}$)

$T_{a\text{g}}$ → akışkan giriş sıcaklığı ($^{\circ}\text{K}$)

$T_{\text{çev}}$ → çevre sıcaklığı

Toplayıcılarda toplanan enerjinin toplayıcı üzerine gelen güneş ışınımına oranı "toplayıcı verimi" olarak tanımlanır. Anlık toplayıcı verimi:

$$\eta_t = \frac{Q_f}{A_t \cdot I} = F_t \left[(\tau\alpha)_e - K \frac{T_{a\text{g}} - T_{\text{çev}}}{I} \right] \quad (2.25)$$

Çevre sıcaklığının gün doğuşu ile batışı arasındaki değişimi;

$$T_{\text{çev}} = T_{\text{ort}} + \frac{\Delta T}{2} \left(\cos \frac{180}{tg} (z-14) \right) \quad (2.26)$$

Burada;

T_{ort} → günlük ortalama çevre sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

T → günlük maksimum ve minimum sıcaklık farkı ($^{\circ}\text{C}$)

tg → gün uzunluğu (saat)

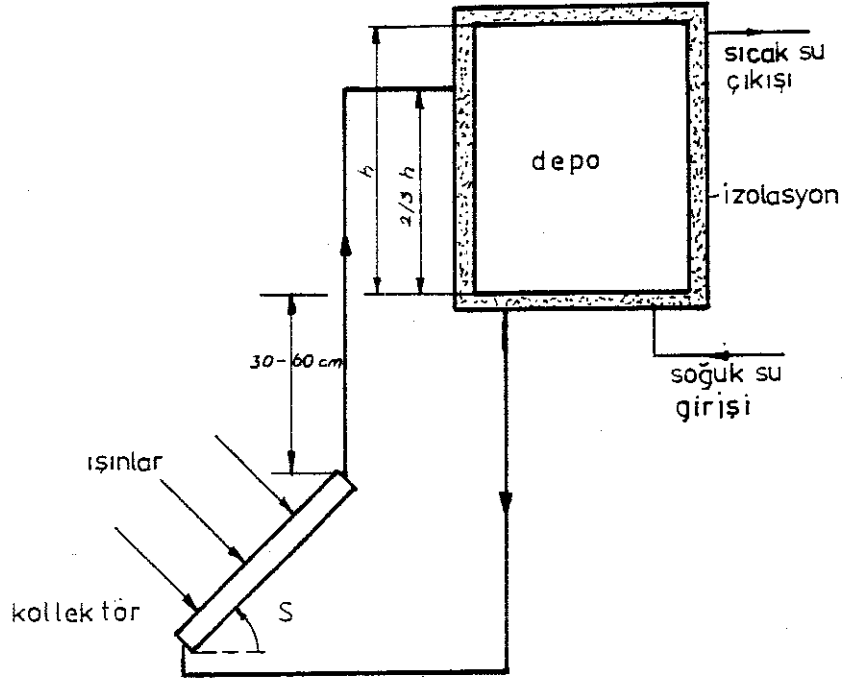
z → güneş zamanı

2.1.1.4 KOLLEKTÖR SİSTEMLERİ

Su ısıtma, sera ısıtma ve bazen de konut ısıtmada takviye biçiminde kullanılmakta olan kollektör sistemlerini iki guruba ayırmak mümkündür.

a) Doğal dolaşımli sistemler

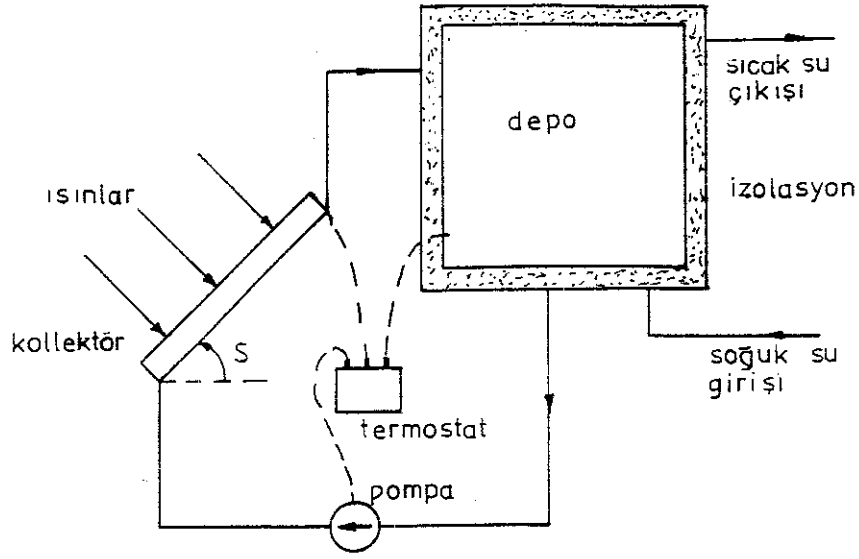
Kollektöre alttan giren soğuk su (veya hava) güneş enerjisiyle ısınınca yoğunluğu azalarak yükselir ve 30-60 cm yukarıda yalıtılmış ısı deposuna dolar. Sistem şematik olarak Şekil 13'de görülmektedir. 5-10 cm cam yünü veya izocamla yalıtılmış ısı deposunun en önemli özelliği (yüzey alanı/hacim) oranının minimum olmasıdır. Bu sağlandığında ısı kayıpları da minimumdur. Kollektörden çıkan sıcak su depoya yüksekliğin 2/3'ünden girmektedir. Depo hacmi 1 m^2 kollektör alanı için 50-75 litre arasında yapılmaktadır. Tüm bağlantılar yalıtılmış ve şebeke suyu şamandıra sistemiyle kontrollüdür.



Şekil 13. Doğal dolaşımli sistemin şematik görünüşü

b) Zorla dolaşımli sistemler

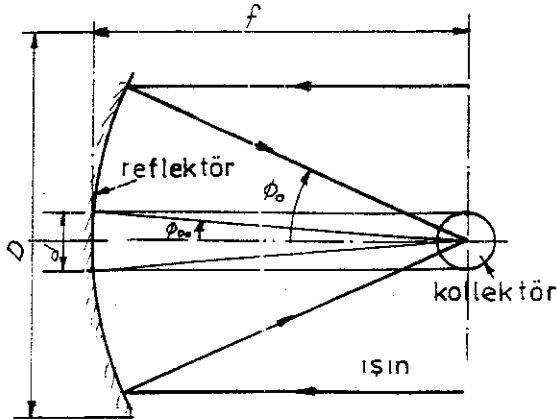
Kollektör alanı $4-5 \text{ m}^2$ 'yi aşan uygulamalarda paralel ve seri bağlantılı kollektörlerden oluşan panellerin kullanılmasında gereklidir. Bu sistemlerde suyun dolaşımı pompalarla sağlanmaktadır. Sıcak su deposu bodrumda, kollektör ise çatıda olan küçük sistemlerde bile pompa gerekir. Pompa kapasitesi, kollektörden $30-35 \text{ litre/m}^2\text{h}$ su akışını sağlayacak düzeyde olmalıdır. Bu tesislerde kollektör çıkışı, pompa ve deponun alt kısmına bağlantılı olan diferansiyel termostat, otomatik olarak gerektiği hallerde pompayı çalıştırır. Eğer depo sıcaklığı, kollektör çıkış sıcaklığından büyükse pompayı çalıştırmaz. Aksi halde, kollektör ısı deposunu ısıtacak yerde soğutur. Sistem şematik olarak aşağıda görülmektedir.



Şekil 14. Zoraki dolaşımli sistemin şematik görünüşü

2.1.2 Parabolik Reflektör-Kollektör Sisteminde Enerji

Ters çevrilmiş bir şemsiyeyi andıran parabolik reflektör üzerine düşen güneş ışınlarını tek noktada toplamaktadır. Esasen optik bozunma göstermeyen tek yüzeyin parabolik geometride olduğu kolayca ispatlanmaktadır. Bu sebeple küresel yüzeyler kullanılmamalıdır. Parabolik yüzeyin odağına yerleştirilen yalıtılmış bir kabın (kollektör) birim zamanda absorbe ettiği güneş enerjisini bulmak mümkündür.



Şekilde:

- D-reflektör açıklığını
- d-kollektör enini
- $2\phi_0$ -kollektör kenar açısı
- $2\phi_a$ -reflektör kenar açısı

Şekil 15. Parabolik reflektör-kollektör sistemi ana parametreleri

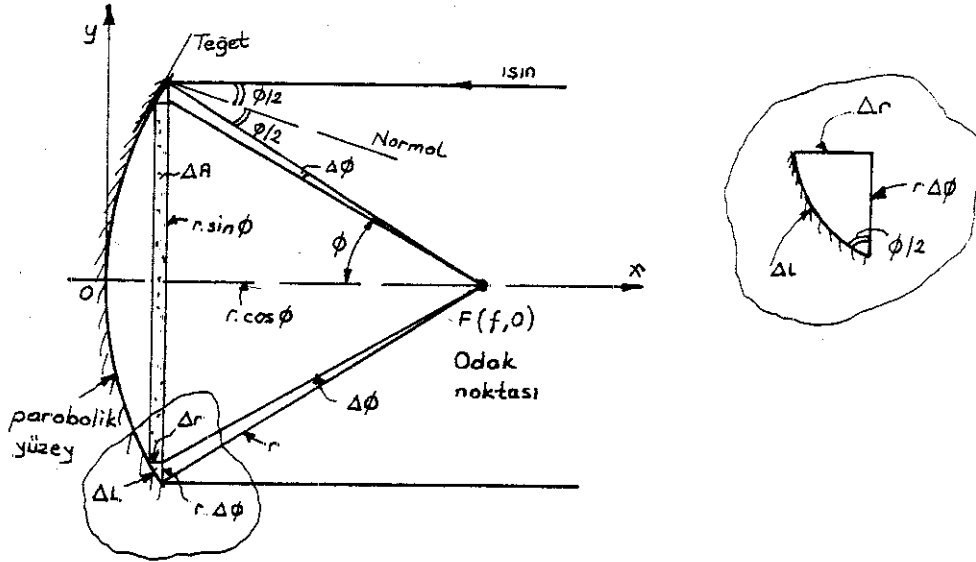
Reflektör yüzeyindeki ΔA yüzey elemanına ulaşan güneş enerjisi ΔQ , reflektör asal eksenine paralel gelen tipik bir ışına dik yüzey elemanı $\Delta A \cdot \cos \theta/2$ ile güneş sabitinin çarpımıdır. Çünkü bu yüzeylere çarpan ışınlar aynıdır:

$$\Delta Q = Q_0 \cdot \Delta A \cos \theta/2 \quad (2.27)$$

Burada, Q_0 -güneş sabiti, θ ise herhangi bir ışın için kenar açısıdır ve θ_0 ile θ_{00} arasında değişmektedir. Bu durumda;

$$Q = \int dQ = Q_0 \int_{\theta_{00}}^{\theta_0} \cos \theta/2 \cdot dA \quad (2.28)$$

yazılabilir. Alan elemanı ΔA 'nin hesaplanmasında Şekil 16 kullanılır. Şeklin incelenmesinden



Şekil 16. Alan elemanının geometrik ilişkileri

$$\Delta A = 2\pi r \sin \theta \Delta L \quad (2.29)$$

yazılabilir. Öte yandan;

$$\Delta L = \left[(\Delta r)^2 + (r \Delta \theta)^2 \right]^{1/2} \quad (2.30)$$

r , ΔL , $\Delta \theta$ 'nin tanımları Şekil 16'da görülmektedir.

Denklem yeniden düzenlenirse,

$$\Delta L = \left\{ (r \cdot \Delta \theta)^2 \left[1 + (\Delta r / r \cdot \Delta \theta)^2 \right] \right\}^{1/2} = r \Delta \theta \left[1 + (\Delta r / r \Delta \theta)^2 \right]^{1/2} \quad (2.31)$$

olur. Şekilden

$$\tan \vartheta/2 = \Delta r/r \cdot \Delta \vartheta \quad (2.32)$$

yazılabilir. Denklem 31 ve 32'den

$$\Delta L = r \cdot \Delta \vartheta (1 + \tan^2 \vartheta/2)^{1/2} = r \cdot \Delta \vartheta (\cos \vartheta/2)^{-1} \quad (2.33)$$

olduğu görülmektedir. Ayrıca yarıçap vektörü (r) parabol denkleminde bulunabilir. Bunun için B(x,y) reflektör üzerinde bir nokta olarak alınır. Buna göre parabol denklemi:

$$y^2 = 4fx \quad (2.34)$$

B(x,y) noktasının Şekil 16'dan bulunan,

$$x = f - r \cos \vartheta ; y = r \sin \vartheta \quad (2.35)$$

koordinatlarını sağlamak zorundadır. Son iki denklemden:

$$(\sin^2 \vartheta)r^2 + (4f \cos \vartheta) r - 4f^2 = 0 \quad (2.36)$$

bulunur ki bu ikinci derece denkleminin çözümü

$$r_{1,2} = \frac{-2f \cos \vartheta \pm (4f^2 \cos^2 \vartheta + 4f^2 \sin^2 \vartheta)^{1/2}}{\sin^2 \vartheta} \quad (2.37)$$

$$\begin{aligned} r_1 &= 2f(1 - \cos \vartheta) / \sin^2 \vartheta = 2f(1 - \cos \vartheta) / (1 - \cos \vartheta)(1 + \cos \vartheta) \\ &= 2f / (1 + \cos \vartheta) \end{aligned} \quad (2.38)$$

$$r_2 = -2f(1 + \cos \vartheta) / \sin^2 \vartheta = -2f(1 - \cos \vartheta) \quad (2.39)$$

çıkar.

Bu çözümlerden denklem (39) ile verilen $1 - \cos \vartheta > 0$ olması nedeniyle daima negatif olup, fiziksel bir anlam taşımaz. 0 halde r_1 kökü gerçek çözümdür. Buna göre, denklem (29), denklem (33) ve denklem (38) den işlemler yapılmış;

$$A_T = \int dA = 4\pi f^2 \int_{\vartheta_{00}}^{\vartheta_0} \left[\sin \vartheta/2 / \cos^4 \vartheta/2 \right] d\vartheta \quad (2.40)$$

elde edilir. Burada A_T ; reflektörün güneş ışınlarına maruz toplam alanıdır. Bu integralin alınması için:

$$u = \cos \vartheta/2 ; du = -0,5 \sin \vartheta/2 \cdot d\vartheta \quad (2.41)$$

yeni değişken olarak seçilir ve işlemler yapılırsa,

$$A_T = (8 \pi f^2 / 3) (\cos^3 \theta / 2)^{-1} \int_{\theta_{oo}}^{\theta_o} = (8 \pi f^2 / 3) \left[(\cos^3 \theta_o / 2) - (\cos^3 \theta_{oo} / 2)^{-1} \right] \quad (2.42)$$

olarak bulunur.

Benzer tarzda, denklemler (28/9-33/8)'nin birleştirilmesinden, reflektöre gelen toplam güneş enerjisi;

$$\theta = (4 \pi f^2 \cdot \theta_o) \int_{\theta_{oo}}^{\theta_o} \left[(\sin \theta / 2) / (\cos^3 \theta_{oo} / 2) \right] d\theta \quad (2.43)$$

bulunmaktadır. Burada denklem 41 'de verilen değişken kullanılarak:

$$\theta = (4 \pi f^2 \theta_o) \left[(\cos^2 \theta / 2)^{-1} - (\cos^2 \theta_{oo} / 2)^{-1} \right] \quad (2.44)$$

elde edilir. Denklem (42), güneş gören toplam reflektör yüzeyinin: odak uzaklığının karesiyle doğru, $\cos \theta / 2$ teriminin kübüyle ters orantılı değiştiiğini göstermektedir. Denklem (2.44) ise, parabolik reflektöre birim zamanda gelen enerjiyi vermektedir. Bu enerji: odak uzaklığının karesiyle doğru, buna karşılık $\cos \theta / 2$ nin karesiyle ters orantılıdır.

Pratikte reflektöre gelen ışınların bir kısmı yansıtılır, geri kalanı soğurulur. Yansıyan ışınlar noktasal odağa konmuş bulunan kollektöre gelir ve bunun içindeki sıvıyı ısıtır. Burada reflektörün yansıtma katsayısı (ϵ) ve kollektörün soğurma katsayısı (α) olarak alınırsa, denklem (2.43) den, kollektörün absorbe ettiği enerji, Q_k :

$$Q_k = \epsilon \cdot \alpha \cdot Q \quad (w) \quad (2.45)$$

olarak bulunur. Al reflektör için $\epsilon = 0,8$ ve mat siyah kollektör için $\alpha = 0,8$ civarındadır.

Denklem (2.44)'in incelenmesinden, bu ifadenin ideal şartlarda geçerli olduğu anlaşılır. Işınım şiddetinin zamanla değişimi ihmal edilmektedir. Parabolik reflektör-kollektör sisteminin verilen bir

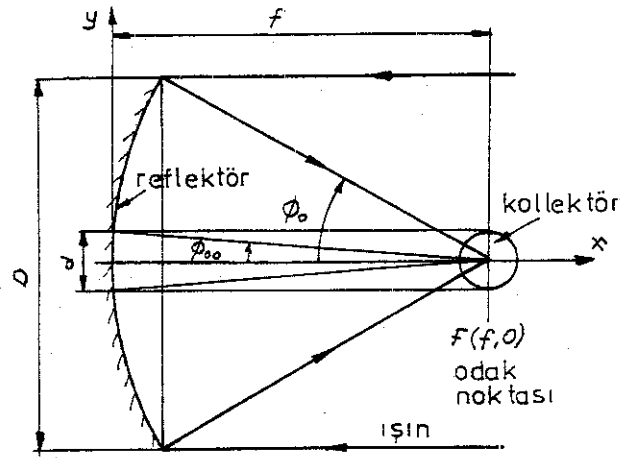
$(t_2 - t_1)$ zaman aralığındaki ortalama verimi ($\bar{\eta}$):

$$\bar{\eta} = m \cdot c \cdot \Delta T / Q_k \cdot \Delta t \quad (2.46)$$

ile bulunur. Burada $\Delta T = T_2 - T_1$; T_2, T_1 sırasıyla t_2 ve t_1 anlarındaki sıvı sıcaklığını, m , sıvı kütlesini, c , sıvının ısınma ısısını temsil etmektedir. Denklem 20'nin paydasına pratik olarak, $\xi \cdot \alpha \cdot I \cdot A$ 'da yazılabilir. Burada; I , ortalama ışınım şiddeti, $A = \pi(D^2 - d^2)/4$ ise reflektörün ışınım alan etkin yüzeyidir (10).

Silindirik-Parabolik Reflektör Kollektör Sisteminde Enerji

Bu sistemde kesiti parabol olan silindirik reflektör kullanıldığı için, yansıyan güneş ışınları çizgisel odakta toplanmaktadır. Bu çizgi üzerine yerleştirilen uygun bir borunun içinden geçirilen akışkan bu ısı enerjisini almaktadır. Sistem kesiti Şekil 17'de görülmektedir.



Şekil 17. Silindirik-parabolik reflektör-kollektör sistemi

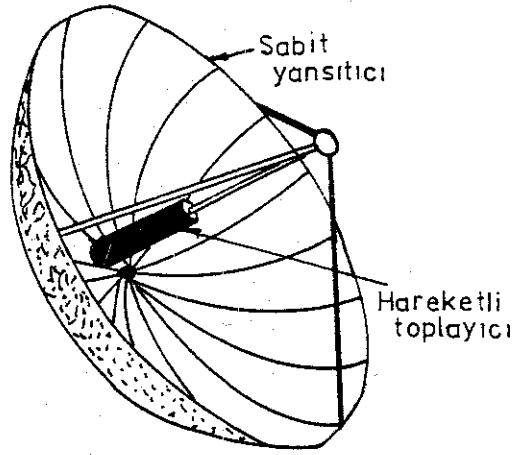
Burada, f , odak uzaklığı; d , boru çapı; $2\theta_{\text{aa}}$, kollektör kenar açısı; $2\theta_0$, reflektör kenar açısı ve D reflektör açıklığıdır (10).

2.1.3 Silindirik ve Parabolik Yoğun Toplayıcılar

Yoğun toplayıcılarla güneş ışınlarını dar bir alan içinde toplayarak yüksek sıcaklık elde etmek mümkündür. Bunların en basit ve

yaygın örneği parabolik kesitli ve dairesel yapılı parabolik yoğun toplayıcılarıdır. Parabolün eksenine paralel olarak gelen ışınlar ayna şeklindeki parabolün iç yüzeyinden yansıyarak parabolün matematiksel odak noktasında yoğunlaşırlar, burada 3500°C ve daha yukarı sıcaklıklar elde edilir. Bu tür yoğun toplayıcıların güneşi duyarlı bir şekilde izlemesi gerekir, kullanılan elektronik ve hidrolik mekanizmalar oldukça pahalıdır.

Bu masraflı düzeni bir miktar ucuzlatmak mümkündür. Şekil 18'de böyle bir yoğun toplayıcı gösteriliyor.

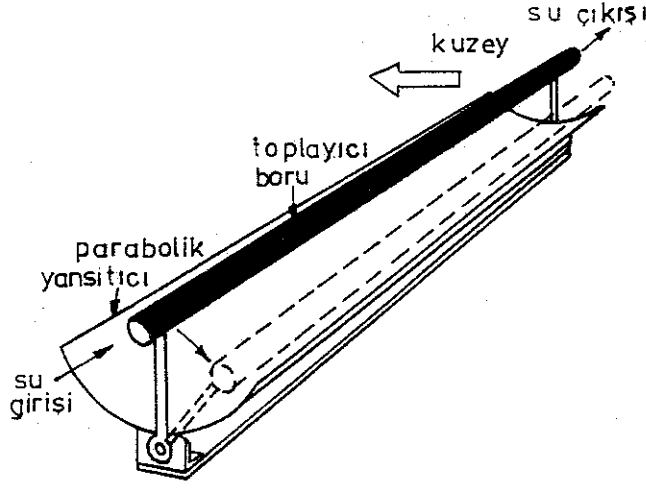


Şekil 18. Yoğun toplayıcı

Sabit yansıtıcı küresel biçimdedir, hareketli toplayıcı bir silindir şeklindedir. Güneş ışınlarını bu silindir üzerinde yoğunlaştırmak mümkündür buna karşılık daha düşük sıcaklıklar elde edilir, fakat hareket mekanizması ucuza mal olur.

Yalak tipi yoğun toplayıcılarda yansıtıcı kesit parabolik olup yansıtıcı saç sabittir, toplayıcı boru hareketlidir. Şekil 19 bu tür bir yoğun toplayıcının çalışma düzeni hakkında fikir vermektedir. Borunun ekseninin doğu-batı doğrultusunda olması gerekir. Yalak tipi yoğun toplayıcılarda alçak ve orta basınçlı buhar elde edilir, dünyada yaygın uygulama alanı bulmuştur. Çünkü hareket mekanizması kolay çalıştırılır.

Yoğun toplayıcıların ilginç bir uygulaması kule tipi toplayıcılarıdır. Aynalardan oluşan bir geniş alandan yansıtılan ışınlar bir



Şekil 19. Yalak tipi yoğun toplayıcı

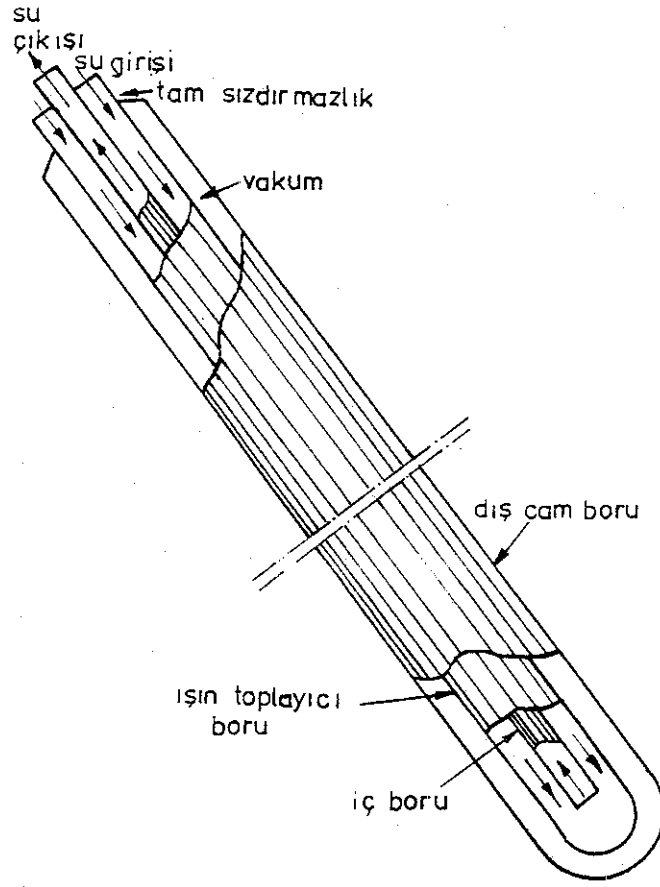
kulenin tepesindeki buhar kazanında yoğunlaşırlar. Burada elde edilen yüksek basınçlı buharın çevirdiği türbo-jeneratör elektrik üretir.

Siyah toplayıcı yüzey ile üst cam arasına vakum uygulandığı takdirde ısı kayıpların azalacağı düşünülerek vakum borulu toplayıcılar geliştirilmiştir.

Şekil 20 bu tür bir toplayıcının konstrüksiyonunu göstermektedir. Dış cam boru ile ışın toplayıcı boru arasında vakum vardır. Işın toplayıcı boru siyaha boyandığından tüm güneş enerjisini yutar. Bu enerji iç boru ile ışın toplayıcı boru arasından devreden akışkana intikal ederek onu ısıtır. Akışkan ışın toplayıcı boru ile iç boru arasından içeriye girer ve iç borudan dışarıya çıkar. Bu tür toplayıcı ile alçak basınçlı buhar elde etmek mümkündür.

Şekil 20'de görülen düzeneğin çok sayıda yan yana konarak bataryalar oluşturulur ve kullanma mahalline monte edilir. Bu tip toplayıcılar dünyada hemen bütün batı ülkelerinde yaygın kullanım alanı bulmuştur. İlk yatırım olarak biraz pahalı olmakla beraber sağladığı avantajlar bakımından tercih edilmektedir. Avantajların başında yüksek verim gelmektedir.

Fotovoltaik toplayıcılar güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştürür. Bunların verimi düşük ve maliyetleri yüksektir.



Şekil 20. Vakum borulu toplayıcılar

Bu nedenle uzay çalışmalarını dışında küçük uygulamalara imkan vermiştir, mesela bir radyoyu yada deniz fenerini çalıştırmak gibi.

2.1.4 GÜNEŞ HAVUZLARI

Klasik düzlem güneş kolektörü birkaç metrekare büyüklüğünde sınırlıdır: büyük alanlar ise birimlerin montaj yapılarak birleştirilmesiyle mümkün olmaktadır. Bunun için büyük çapta güneş enerjisini toplamak için farklı bir yaklaşım olan güneş havuzlarını inceleyebiliriz.

Havuz, göl ve okyanus gibi bir su kütlesi büyük alanın yatay bir kolektör potansiyelidir (9).

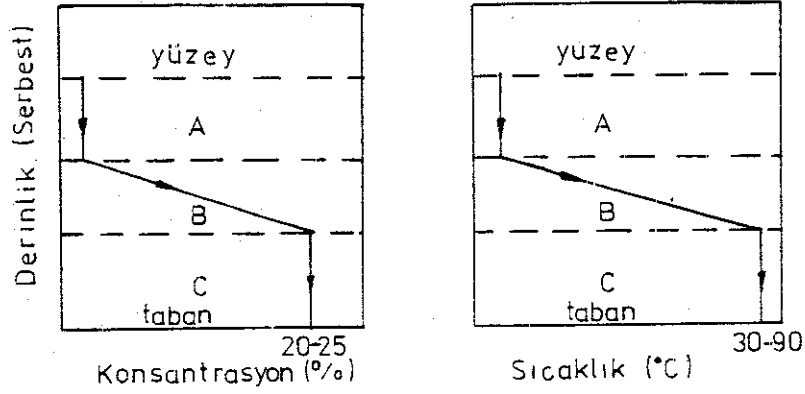
Güneş enerjisinden düşük sıcaklıkta ısı ve elektrik enerjisi üreten sistemlerden birisi de Tuz tabakalı güneş havuzu (TTGH) sistemleridir. Adi bir havuzun üzerine düşen güneş ışınları kısmen su içinde, kısmen de tabanda soğurulmaktadır. Bir kısmı da atmosfere yansımaktadır. Tabanda soğrulan ışınlar, bu bölgedeki su kütlesinin ısınmasına ve konveksiyon akımlarının başlamasına neden olmaktadır. Bunun sonucu olarak havuz suyunun soğurduğu enerji atmosfere kaçmaktadır. TTGH sisteminde ise amaç konveksiyon akımlarını önlemektir. Böylece adi havuzun tabanı yüzeye kıyasla, daha soğuktur (11).

Havuz dibindeki soğurulmanın, bağıl olarak diğer kısımlardaki soğurulmanın yüksek olması suyun dibe yakın kısımlarındaki sıcaklığın artmasına, dolayısıyla yoğunluğunun azalmasına neden olur. Dipten uzakta bulunan su zerrecikleri daha az enerji soğurduğundan sıcaklıkları dipdeki su zerreciklerine göre daha düşük, yoğunlukları ise daha yüksek olacaktır. Yukarıda ağır, aşağıda hafif su tabakalarının bulunması bir kararsız denge durumu oluşturacaktır. Dipte soğurulmanın devam etmesi halinde ısı kaldırma kuvvetinin vizkoz sürtünme ve atalet kuvvetlerinin yenmesi sonucu, daha yoğun zerreciklerin aşağıya yuvarlanması ile denge bozulacak ve taşınım ile ısı geçişi başlayacaktır. Bu taşınım ile olan ısı geçişi ise, zamana bağlı olarak havuz yüzeyinden devamlı bir ısı kaybına neden olacaktır. İşte, içerdiği akışkan yoğunluğunun derinlikle arttığı güneş havuzu içinden çevreye taşınım yolu ile ısı kaybetmeyen bir havuz olacak ve böylece dibinde toplanan ısı enerjisi aynı yerde depolanmış olacaktır.

Güneş havuzlarında, taşınım hareketini engelleyecek bir örtü ve ısı kaybına mani olacak bir yüzey elemanı olmaksızın, derinlikle artan sıcaklıktan dolayı azalan yoğunluğu dengelemek gerekir. Bu nedenle su içinde, sıcaklığın artmasıyla çözünebilirlikleri artan tuzların, yaratacağı bir derişiklik gradyanı meydana getirilir. Böylece havuz dibinden yüzeyine doğru taşınım yolu ile olacak ısı geçişi, su içinde kolayca çözülebilen bu tuzların meydana getireceği derişiklik gradyanı ile önlenir (12).

Pratikte inşa edilen bir TTGH sistemi üç bölgeden oluşmaktadır. Bu üç bölgedeki tuz konsantrasyonu ve sıcaklık dağılımı şematik olarak Şekil 21'de verilmektedir. Üç bölgeden (A), ince iletken tabakayı (convective layer); (B), kalın yalıtkan tabakayı (non-convective layer)

ve (C) ise kalın iletken tabakayı temsil etmektedir. Bunlardan (A) tabakası isteğimiz dışında rüzgar ve atmosfere kaçan ısı enerjisi etkisiyle oluşmaktadır.



Şekil 21. Tipik bir TTGH sisteminde konsantrasyon ve sıcaklığın derinlikle değişimi

(A) ve (C) tabakalarında tuz konsantrasyonu ve sıcaklık homojen olduğu halde (B) tabakasında belli bir tuz gradyanı oluşmaktadır. Bu nedenle (C) tabakasında soğrulan ısı enerjisinin buradan kaçabilmesi sadece kondüksiyonla olabilmektedir. Su kötü bir iletici olduğu için, yukarı yönlü ısı akışı ihmal edilebilecek kadar azdır. İşte bu özellik, TTGH sistemlerini sadece bir güneş kollektörü yapmakla kalmayıp, onu mevsimsel bir ısı enerjisi depolama aracı da yapmaktadır.

TTGH sisteminde (C) tabakasında depolanan ısı enerjisinin: elektrik enerjisi üretiminde, mahal ısıtma ve soğutma işlemlerinde ve proses sağlanmasında kullanılmasına ait pek çok uygulamayı belirtmek mümkündür.

Yapılan araştırmalar havuz yüzeyine gelen enerjinin % 20'sinden ısı enerjisi olarak yararlanabileceğini, ortalama 50°C'lik bir sıcaklık gradyanı ve 90°C'lik alt iletken tabaka oluşturulması halinde Carnot veriminin %13, gerçek verimin ise % 9 civarında olacağını göstermektedir. Normal olarak su, görünen ışığa karşı geçirgen kızıl ötesi-mor ötesi ışığa karşı yalıtkan olup, alt iletken tabakada görünen bölgedeki enerji soğurulduğundan TTGH sisteminin ideal verimi %50 ile sınırlıdır (11).

Güneş Havuzları Konusunda Bugüne Kadar Yapılan Teorik ve Deneysel Çalışmalar

1) Doğal Güneş Havuzları (TTGH)

Güneş havuzu ile ilk çalışma 1901 yılında Kaleczinsky tarafından yapılmıştır (9). Bu araştırmacı alanı yaklaşık 42000 m², maksimum derinliği 15 m olan Medve gölünde (42° 44'N, 28° 45' E) sıcaklık ve NaCl konsantrasyonunun derinlikle değişimi ölçülmüştür. İlkbahar başlangıcında minimum sıcaklık 26°C olarak ölçülmüştür. Kışın gölün yüzeyi bahar aylarında çevreden gelen sel suları ile yıkanmasına rağmen gölün dibinde % 26'lık NaCl doymuş tuzluluğa sahip olduğu görülmüştür (9).

Anderson (1958) A.B.D. Washington yakınında Oroville bölgesinde bulunan "meromictic" gölünün yaz ortalarında 2 m derinliğinde sıcaklığın 50°C den fazla arttığını görmüştür. Kış esnasında da göl yüzeyinin buzla kaplı olduğu kaydedilmiştir (9).

Wilson ve Wellman (1962) Antartika'da bulunan Vanda gölünün yüzeyi buzlarla kaplı olduğu halde bölgenin ortam sıcaklığı -20°C iken gölün 8 m derinliğindeki su sıcaklığını 25°C olarak kaydetmişlerdir. Armitage ve House (1962) Antartika'da bulunan Bonney ve Vanda göllerinin güneş havuzu özelliğini taşıdığını bildirmişlerdir. Raporlarında göllerin her ikisinin yüzeylerinin 3,4-4,2 m buzlarla kaplı olduğu halde mevsimlere göre buzların erimesi ve dormasının oluşturduğu tuz gradiyenti konveksiyonla olabilecek ısı iletimine engel olduğundan göl suyunun ortam sıcaklığına göre 45°C daha sıcak olduğunu bildirmişlerdir. Hudec ve Sonnenfield (1974) Venezuela yakınında Los Ragues odasında bulunan Puebla gölünün yüzey sıcaklığı 25°C iken ve 55 cm derinlikteki sıcaklığının 48°C'ye eriştiğini bildirmişlerdir. Romanya'da Baren gölü, A.B.D.'de Salton denizi ve Büyük Tuz gölü, İsrail'de Öludeniz tuzlu güneş havuzu özelliğine sahip diğer doğal güneş havuzlarından bazılarıdır (13).

2) Yapay Güneş Havuzları (TTGH)

a) İsrail'deki Çalışmalar: Bunlar Tabor ve arkadaşlarınca yapılmaktadır (11). Ölü Deniz'deki çalışmalar ise Assaf tarafından yönetilmektedir (11). Böylece Yavne'de $6kW_e$ ($1500 m^2$); Ein Bokek'de $300 kW_e$ ($7500 m^2$) kapasiteli iki santral realize edilmiştir. Hedef 2000 yılında $2000 MW_e$ seviyesine ulaşmaktır.

b) S.S.C.B.'deki Çalışmalar: Bu ülkedeki çalışmaların önemli bir bölümü Usmanow ve arkadaşları, Eliseev ve arkadaşlarınca yapılmaktadır. Bunlar optik özellik ve sıcaklıkla ilgilidir (11).

c) A.B.D.'deki Çalışmalar: Üç tabakalı ilk TTGH sistemi Rabi ve Nielsen tarafından gerçekleştirilmiştir. Bunu New Mexico'da ve Wooster'de, Miamisburg'da inşa edilen TTGH sistemleri izlemektedir (11).

d) Hindistan'daki Çalışmalar: İlk defa 1970-1972 döneminde başlatılan çalışmalarla %20 verimle havuz çalıştırılarak alt iletken tabaka maksimum $84^{\circ}C$ 'ye ulaşılmıştır (11).

Yukarıdaki çalışmalara ek olarak: İngiltere'de, Kanada'da, Zambiya'da ve ülkemizde yapay TTGH sistemlerine ilişkin bazı araştırmalar yürütülmektedir.

ISI ENERJİSİNİN ÇEKİLME YÖNTEMLERİ

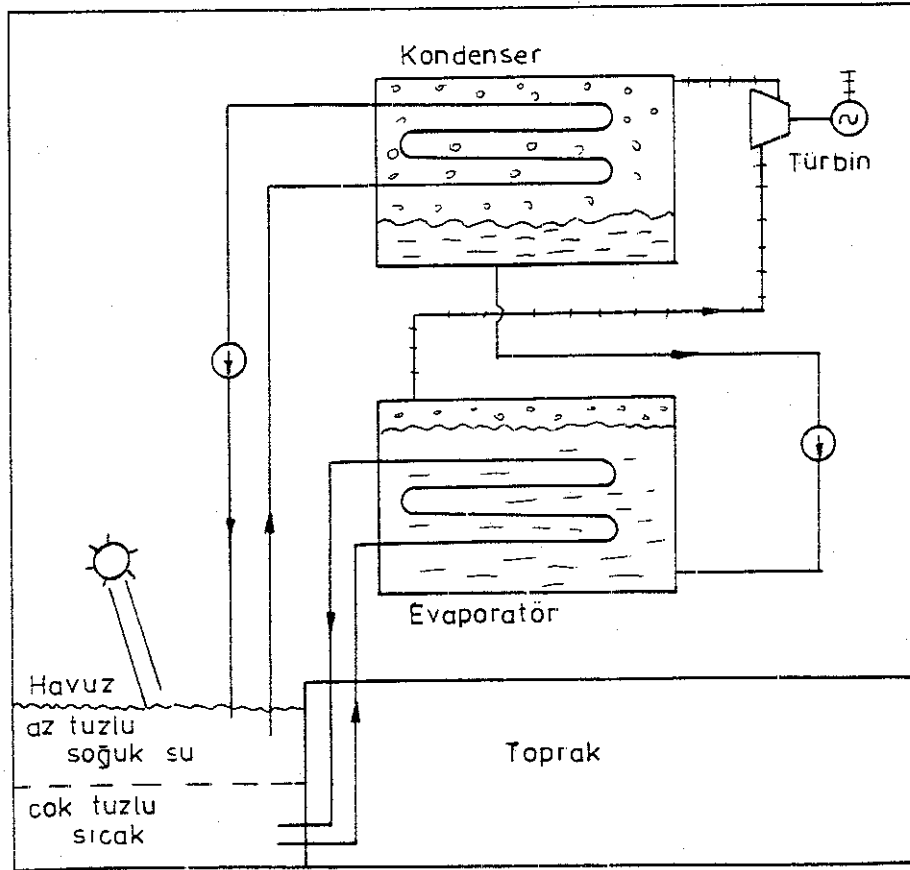
TTGH sisteminde alt iletken tabakada depolanan ısı enerjisinin uygun bir ısı eşanjörü vasıtasıyla sağlanması mümkündür. Bunun için iki yöntem üzerinde durulmaktadır:

a) Çalışma maddesi olarak seçilen ikinci bir akışkanın tabana yerleştirilen eşanjörde dolaştırılarak buharlaştırılması ve türbine sevk edilmesi,

b) Tabandaki tuzlu salamuranın alınıp, çalışma maddesinin depolandığı ortamın içinde dolaştırılması ve çalışma maddesinin türbine sevk edilmesi.

Her iki yöntemin olumlu ve olumsuz yönleri araştırma safhasındadır. Bunlardan (b) yöntemine göre projelendirilen 600 MW_e kapasiteli Salton Denizi TTGH elektrik santralinde kullanılan çevrimler Şekil 22'de görülmektedir. Bu şeklin incelenmesinde: biri evaporatör diğeri kondenser olmak üzere çift çevrim bulunduğu görülmektedir. Evaporatör çevriminde, havuz tabanından alınan sıcak çok tuzlu salamura evaporatörde çalışma maddesini (freon ve NH₃ vb..) buharlaştırmaktadır. Bu buhar türbinde elektrik enerjisi ürettikten sonra, kondensere geçmektedir. Burada, havuzun üstündeki az tuzlu zayıf çözeltiliden çekilen soğuk salamura ile tekrar sıvı fazına dönen organik çalışma maddesi yeniden evaporatöre giderek çevrimi tamamlamaktadır.

Yapılan ön çalışmalar: büyük tesislerde (b) yönteminin aksi halde ise (a) yönteminin uygun olduğunu göstermektedir (11).



Şekil 22. 600 MW_e gücündeki Salton Denizi Projesi
(++ buhar, - sıvı).

BÖLÜM III

GÜNEŞ ENERJİSİ İLE ISITMA VE SOĞUTMA SİSTEMLERİ

3.1 GÜNEŞ ENERJİSİ İLE ISITMA SİSTEMLERİ

Bir uzay parçasının güneş enerjisi ile ısıtılmasında genellikle iki yöntem vardır:

- a) Pasif sistem,
- b) Aktif sistem.

3.1.1 PASİF SİSTEM

Pasif güneş sistemleri, kışın binalar için ısı toplamak ve yazın soğutmak için tabii bir şekilde doğada çalışan bir sistemdir. Sistemin çalışması için hiçbir dış enerjiye gereksinim yoktur. Çoğu pasif güneş enerjili ısıtma dizaynları örneğin güneş kollektör elementi olarak binalarda güneşe bakan pencereler kullanılır ve termal depolama elemanı olarak binaların tamamı kullanılır. Doğal soğutma sistemleri genellikle geceleri binalardan ısıyı çıkarmak için buharlaşmayı veya kızıl ötesi radyasyon kullanır. Pasif sistemlerin bir çok sayıda avantajları vardır:

- 1) Çalışması tabiidir ve bakımı doğaldır.
- 2) Prensipleri basit ve kolaylıkla anlaşılabilir.
- 3) Sistemin maliyeti depolama elemanı toprak seçilirse aktif sistemlerden daha düşüktür.
- 4) Birçok pasif dizaynlar güneş kollektör sistemlerinden daha estetik ve daha çok alıcısı vardır.
- 5) Sistem arızalansa bile yine çalışmaya devam edecektir.

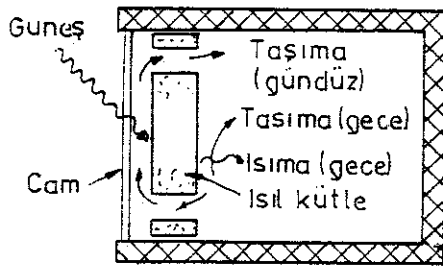
Pasif dizaynın dezavantajı binanın yapısında depolama fonksiyonu ve güneş kollektörüne gerek olmasıdır.

Güneş enerjisini toplamak için yapının mimari özelliklerinden yararlanan ve mekanik sistemler kullanmayan düzenlere pasif sistem denir. Binanın güneşe doğru yönlendirilmesi, cam yüzeylerin optimum şekilde hesaplanması ve yüksek düzeyde yalıtım malzemesi kullanılması

sayesinde pasif sistemler yararlı sonuçlar vermektedir. Pasif sistemlerin çok önemli bir özelliği, aktif sistemler gibi pahalı olmayışı ve binanın konstrüksiyon sorunları içinde çözümlenmek suretiyle ekonomik olmasıdır (14).

a) Trombe Duvarı

Şekil 23 Trombe duvarının çalışma prensibini vermektedir. Bina-
nın güneş alan güney cephesi camdır.



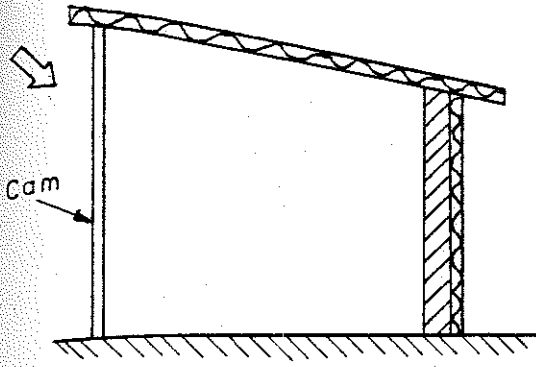
Şekil 23.

Bir hava boşluğu bırakıldıktan sonra Trombe duvarı örülür, bu duvar aynı zamanda enerji deposu görevi de yaptığından kalındır. Duvarın güney tarafı siyaha (bazen de kahve rengine veya koyu yeşile) boyanır. Duvarın alt ve üst tarafında hava mazgalları vardır. Camdan geçen güneş ışınları duvarın koyu yüzeyi üzerine yutulur ve enerjiyi duvara verirler, ısınan yüzeylerle temas halindeki hava enerji alarak yükselir ve sıcak hava olarak üst mazgallardan odaya geçer. Odayı ısıtıp kendisi biraz enerji kaybeden hava Trombe duvarının alt mazgallarından tekrar ön tarafa intikal ederek yeniden ısınma durumuna gelir. Güney cephesinin duvarla örtülmüş olması yaşayanlar bakımından bir sakınca teşkil edeceğinden Trombe duvarına pencere açılması da denenmiştir (14).

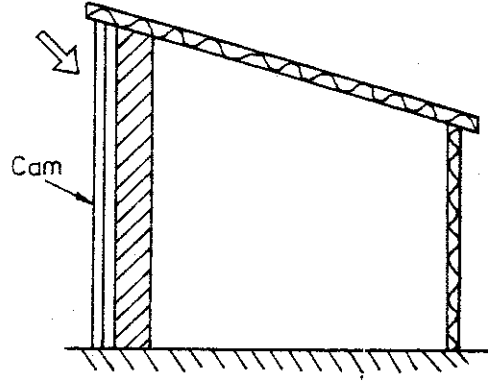
b) Doğrudan Isıtma

Isıtılan bölüm, güneş enerjisi güneşe bakan camdan direkt olarak geçerek ısınır (Şekil 24'de) görülmektedir.

Bu güneş enerjisi binanın birkaç günlük ısı gereksinimini toplar ve fazla enerjiyi binanın katı elementleri (beton, tuğla veya



Şekil 24. Doğrudan ısıtma



Şekil 25. Isı depolama sistemi

döşeme, duvarlar ve çatı) depolar. Bu tür yaklaşımın avantajı basit, sade olmasıdır. Dezavantajı ise direk güneş ışınımı ile dokuma ve diğer malzemelerin bozulması, parlaklığını gidermesidir (15).

c) Isı Depolama Sistemi

Isı depolama duvarındaki yaklaşım Şekil 25'de görüldüğü gibi güneşe bakan camın arka tarafına binada ısı depolama görevini görecek bir malzemenin yerleştirilmesidir. Güneş ısı depolama duvarının üzerine doğacaktır ve günboyu ısıtacaktır. Isı enerjisi depolama elemanından taşınacak ve radyasyon konveksiyon yoluyla binanın diğer bölümlerine iletilecektir (15).

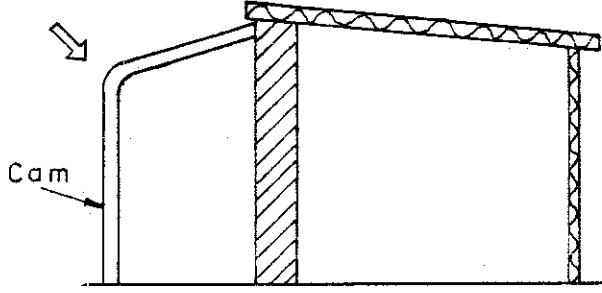
d) Su Sistemi

Isıyı depolama elemanı olarak kullanılan malzeme fıçının, bidonun, şişenin, tübün veya tankın içerdiği sudur.

Termal depolamanın avantajı: bina çevresinin muhafaza içinde olmasıdır. Sıcaklık değişimleri azalır ve duvarın arkasındaki odalar göz kamaşmasından ve direk güneş ışınımının malzemelere zarar vermesinden korunur (15).

e) Sera Sistemi

Şekil 26'da şematik olarak termal depolama ve direk kazanç sisteminin bileşimi olan sera olayını görebiliriz. Sera yapısının özelliği binanın çoğu elementlerinin güneye bakan bölümde olması ve odaların direk güneşle temasta olacak biçimde olmasıdır. Sera ısı depolama duvarı sistemi ile evin oturulacak kısmından ayrılır. Evdeki sıcaklık dalgalanması küçüktür ve bu alan güneş ışınımı, parlaklık ve sıcaklık değişimlerinin fazlasından korunur (15).

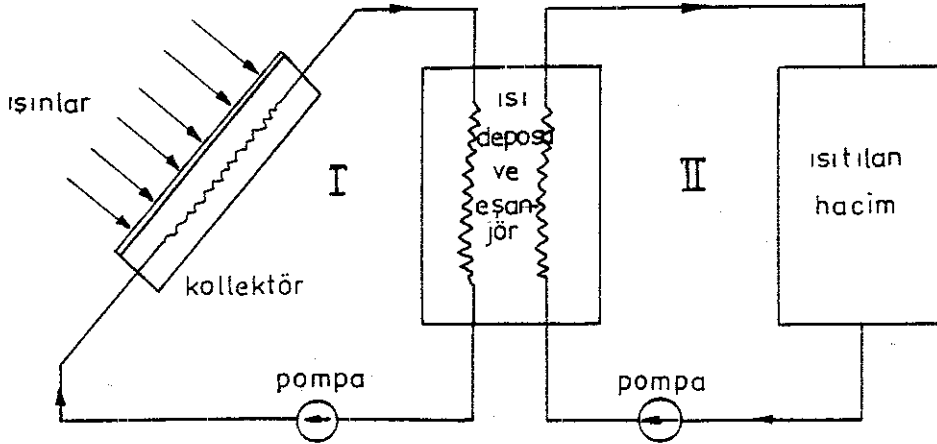


Şekil 26. Sera olayı

3.1.2 AKTİF SİSTEM

Güneş enerjisini toplamak ve insan için yararlı hale getirmek amacı ile düz toplayıcı veya yoğun toplayıcı, ayrıca tulumba, depe, boru şebekesi, pompa, fan ve termostat gibi mekanik araçlar vasıtasıyla kullanılan düzenlere aktif sistem denir (16).

Aktif sistemde birbirinden bağımsız iki kapalı devre olduğu Şekil 27'de görülmektedir.



Şekil 27. Güneş enerjisi aktif ısıtma sistemi

Bunlardan I.devrede dolanan akışkan (genellikle etilen-glikol-su veya propilenglikol-su karışımı) kollektörde ısıtılmakta ve eşanjöre gelerek enerjisini, II.devrede dolaşan ve ısıtılan hacime giden taşıyıcı akışkana (genellikle su) aktarmaktadır. Isıtılan hacmin sıcaklığına bağlı olarak bazen kollektör devresinin yerine sadece ısı deposundan da ısı enerjisi çekilebilir. Bu maksatla 3-yollu vanalar ve termostatlar gibi çeşitli kontrol cihazları kullanılmaktadır. En yaygın aktif sistem uygulamasında düz toplayıcılar kullanılır. Bunlarla ilgili bilgi güneşten ısııl enerji sağlayan sistemlerde anlatılmıştır.

3.2 GÜNEŞ ENERJİSİ İLE SOĞUTMA SİSTEMLERİ

3.2.1 Giriş

Soğutma amacıyla ısıtmanın kullanılmasının tarihi 150 yıllık bir geçmişe sahiptir. Buharların absorbe edilmesi ve sıvının buharlaştırılması ilkelerine dayanan ilk soğutma denemesi 1824 yılında Faraday, amonyak ve gümüşklorid akışkan çiftini kullanarak geliştirmiştir.

1878 yılında Abel Piffé güneş ısıtıcılarından elde ettiği buharı basit bir absorpsiyonlu soğutucuya uygulayarak buz elde etmeyi başarmış ve güneş enerjisini ilk kez soğutma çevrimine uygulamıştır.

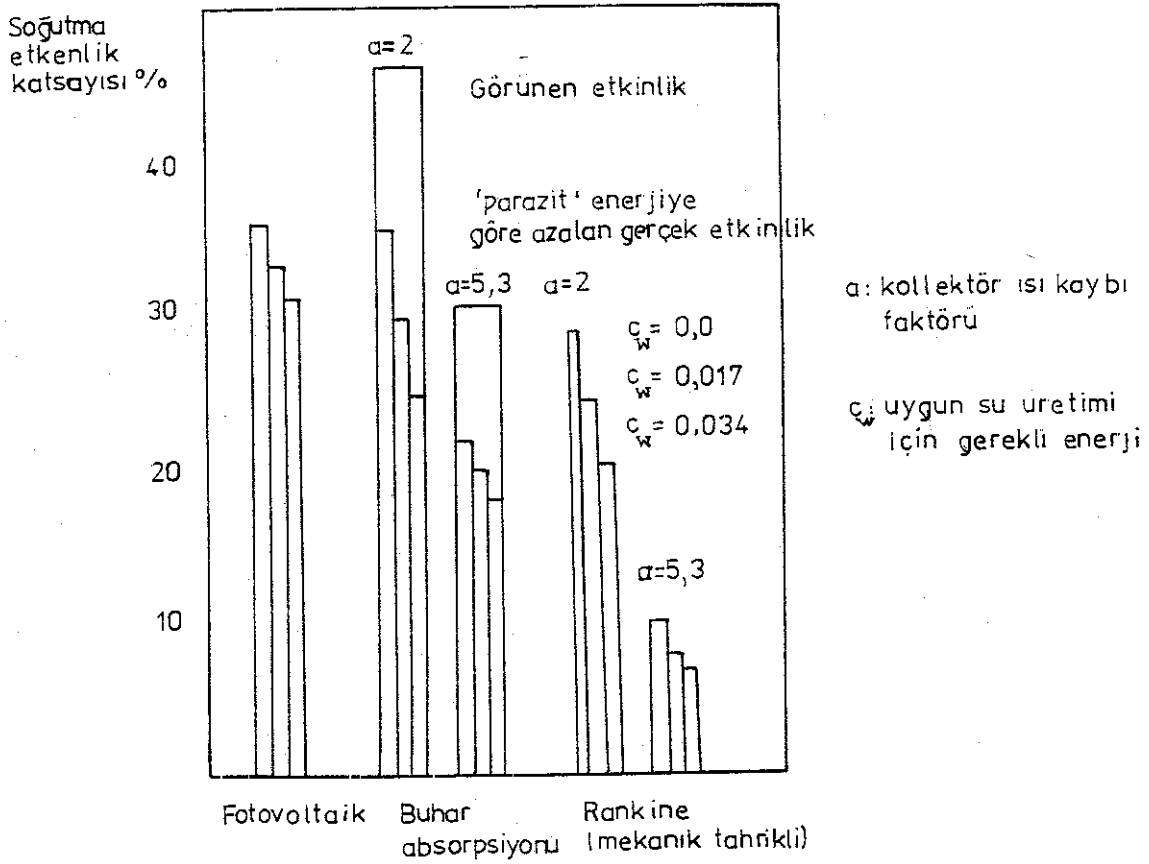
Güneşten elde edilen ısının soğutma için kullanılmasının bir diğer uygulaması buhar püskürtmeli sistemlerdir. İlk uygulaması 1936 yılında, Florida Üniversitesince gerçekleştirilen bu sistemde yoğunlaştırıcı kollektör yardımıyla buhar püskürtücünün çalışmaya başlayacağı yüksek basınçta buhar elde edilmekte, buharın püskürtülmesi suretiyle oluşan buharlaşmayla da soğutma sıvısının sıcaklığı düşürülmektedir.

Buhar püskürtmeli sistemlerde, soğutma etkenliğinin düşük olması ve güneşi takip edecek yoğunlaştırıcı güneş kollektörlerin kullanılmasının zahmetli ve pahalı olduğundan sistem ticari bakış açısından ufak çapta mekan soğutulması için olmaktadır.

Güneşle soğutma uygulamaları için organik gazların uygunluğu birçok deneyde incelenmiş ve metil alkol, aseton, dietilamin malzemeleri için değişik kimyasal ve termodinamik özellikler incelenmiştir.

Alüminyum silikat esaslı bir mineral olan zeolit'in katı taşıyıcı adsorber olarak kullanıldığı adsorpsiyonlu çevrimlerde kullanılmaktadır.

Soğutma çevrimine gerekli gücün mekanik/elektrik biçiminde iletildiği sistemler arasında daha geniş bir uygulaması olan Rankine buhar sıkıştırırmalı soğutma çevrimleri ile elektrik enerjisini fotovoltaik düzeneklerle sağlayan kompresörlü soğutma sistemleri sayılabilir. Her ikisinin çalışma verimi şekilde gösterilmiştir (Şekil 28).



Şekil 28. Değişik sistemlerin etkinliklerinin karşılaştırılması

Uygun iklim koşullarına ve yeterince büyük gece-gündüz sıcaklık farklarından sahip ortamlarda gece serinliğinden yararlanmak ve serinliği depo ederek gündüz boyunca serinletme sağlamak ve özellikle az nemli havalarda açık gökyüzlü gecelerde göğün siyah cisim özelliğinden yararlanarak gece ışınımı yardımıyla belirli derecelerde buharlaşmayla kullanılabilir. Soğutma elde etmek mümkündür.

Gece ışıınıını için gerekli olan tesisler çoğunlukla ısıtma için kullanılan sistemlere benzemekte, çoğu kez aynı elemanlar her iki amaç için kullanılabilir.

Çok kuru ortamlarda serinletme ıslak bez fitillerin kurutulması, veya havadaki nemin çekilerek suyun buharlaştırılması suretiyle soğutma elde edilebilir.

Genel olarak güneş enerjisiyle soğutmada uygulanabilen yöntemleri şöyle sıralayabiliriz:

- Soğutma çevrimine ısı verilen sistemler
 - a) Absorpsiyonlu kapalı soğutma çevrimleri
 - b) Absorpsiyonlu açık soğutma çevrimleri
 - c) Absorpsiyonlu kesikli soğutma çevrimleri
 - d) Adsorpsiyonlu soğutma sistemleri "Zeolit uygulamaları"
- Soğutmanın, mekanik/elektrik enerjisi verilerek uygulandığı sistemler
 - a) Rankine buhar sıkıştırırmalı sistemler
 - b) Fotovoltaik güneş hücreli ve elektrik kompresörlü çevrimler.
- Edilgen soğutma çevrimleri
 - a) Gece ışıınıını uygulamaları

(6).

3.2.2 Absorpsiyonlu Soğutma Çevrimleri

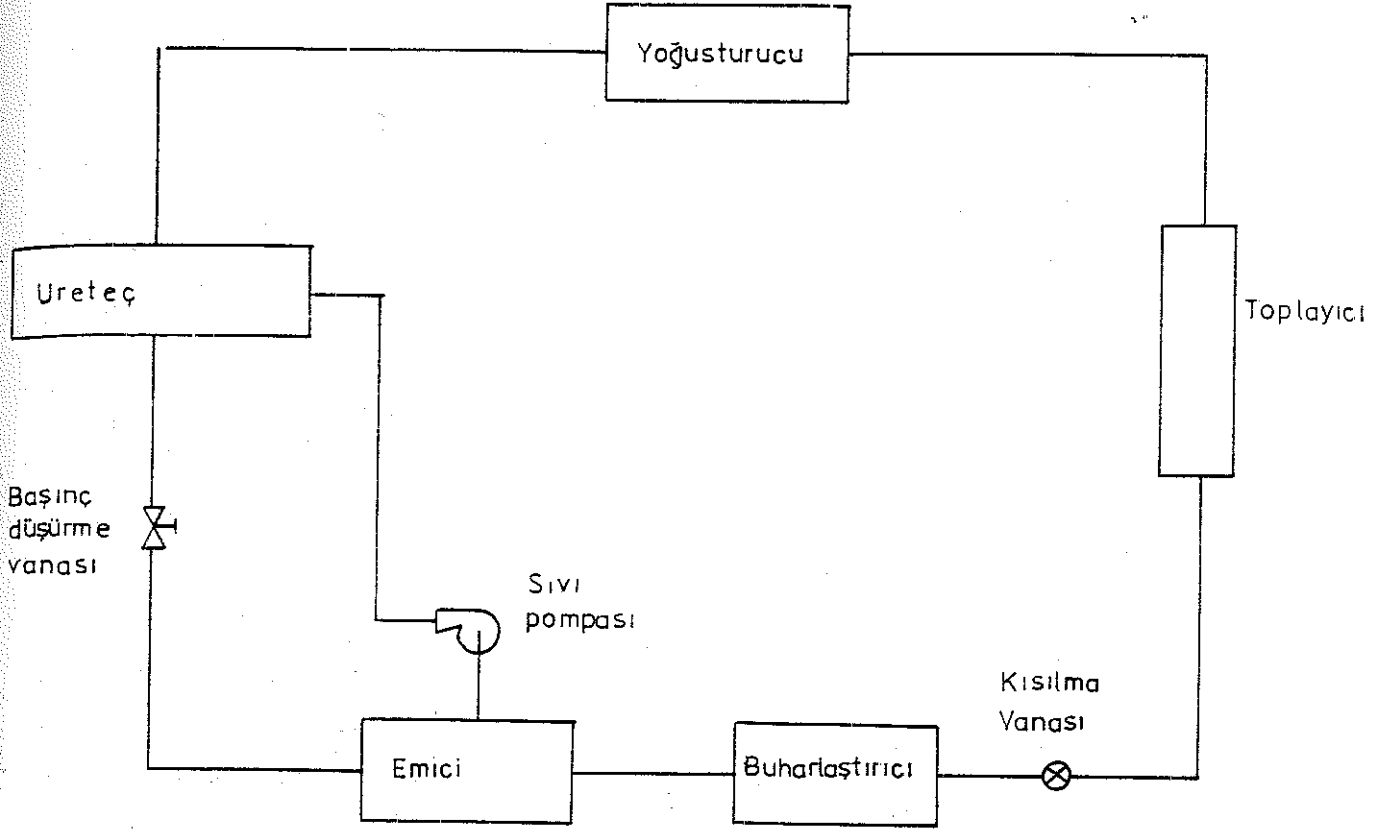
3.2.1.1 Absorpsiyonlu Soğutma Çevrimlerinin Çalışma Prensipleri

Ferdinand Carre tarafından geliştirilmiş olan absorpsiyonlu soğutma çevrimleri yirminci yüzyıl başlarında geniş kullanım sağlamış fakat 1915'de kapalı sistem amonyak kompresörün gelişmesiyle gözden düşmüş ve piyasadan çekilmiştir.

Kompresörün amacı, buharlaştırıcıdan gelen buharı çekmek, sıcaklık ve basınç seviyelerini yükseltmektir. Yoğuşturucuda ise buharlaştırıcıda emilen ısı dışarı atılır.

Absorpsiyonlu çevrimlerde ise soğutucu buharı, buharlaştırıcıdan

soğutucuya yüksek çekimi olan bir sıvı içine emilerek çekilir. Şekil 29' da basit bir absorpsiyonlu soğutma çevrimi görülmektedir.



Şekil 29. Basit absorpsiyonlu soğutma çevrimi

Basit absorpsiyonlu soğutma çevriminde, buhar sıkıştırırmalı çevrimden farklı olarak kompresör yerine emici, üreteç, pompa ve basınç düşürme vanası vardır.

Çok az soğutucu içeren zayıf eriyik, buharlaştırıcıdan gelen soğutucuyu emici içinde soğurur. Soğutucunun soğurulması emicideki basınç düşürerek daha çok soğutucu buharının emiciye çekilmesini sağlar. Genellikle bir çeşit soğutma uygulanarak emicide açığa çıkan yoğuşma ve erime ısıları dışarıya alınır. Kuvvetli eriyik buradan yüksek basınçta olan ve ısının sokulduğu üretece pompa ile sevk edilir.

Isı soğutucuyu buharlaştırır, eriyikten ayırır ve yoğusturucuya gönderir. Soğutucu buradan, eğer varsa, bir toplayıcıya ve oradan da genişleme vanasından geçerek buharlaştırıcıya gönderilir. Üreteçte kalan zayıf eriyik basınç düşürme vanasından geçerek emiciye döner.

Açıklanan bu çevrim ekonomik değildir, ancak bir takım yardımcı parçalar ilavesi ile ekonomik hale getirilebilir. Temel yardımcı elemanlar ayrıştırıcı, analizör ve ısı değiştirgeçleridir.

Üreteçde soğutucunun buharlaşması esnasında bir miktar soğurucuda buharlaşarak basit sistemde saf soğutucu yerine eriyik dolaşmasına yol açabilir. Analizör ve ayrıştırıcı bu soğurucu buharını ayırarak yoğuşturucuya yalnızca saf soğutucunun gitmesini sağlar.

Emici ve üreteç arasındaki ısı değiştirgeci zayıf eriyiğin soğutulmasını ve kuvvetli eriyiğin ısıtılmasını sağlar. Bu işlem emici-deki soğutma ve üreteçteki ısıtma yükünü azaltarak etkin bir tasarruf sağlamaktadır. Bazı durumlarda genişleme vanasına gelen soğutucunun ara soğutulması için sıvı ara soğutucuda kullanılabilir. Şekil 30'da uygulamada kullanılan absorpsiyonlu çevrim görülmektedir.

Güneş enerjisiyle beslenen absorpsiyonlu soğutma makinaları özellikle elektrik enerjisinin zor veya hiç ulaşmadığı kırsal yöreler için çok uygundur (10).

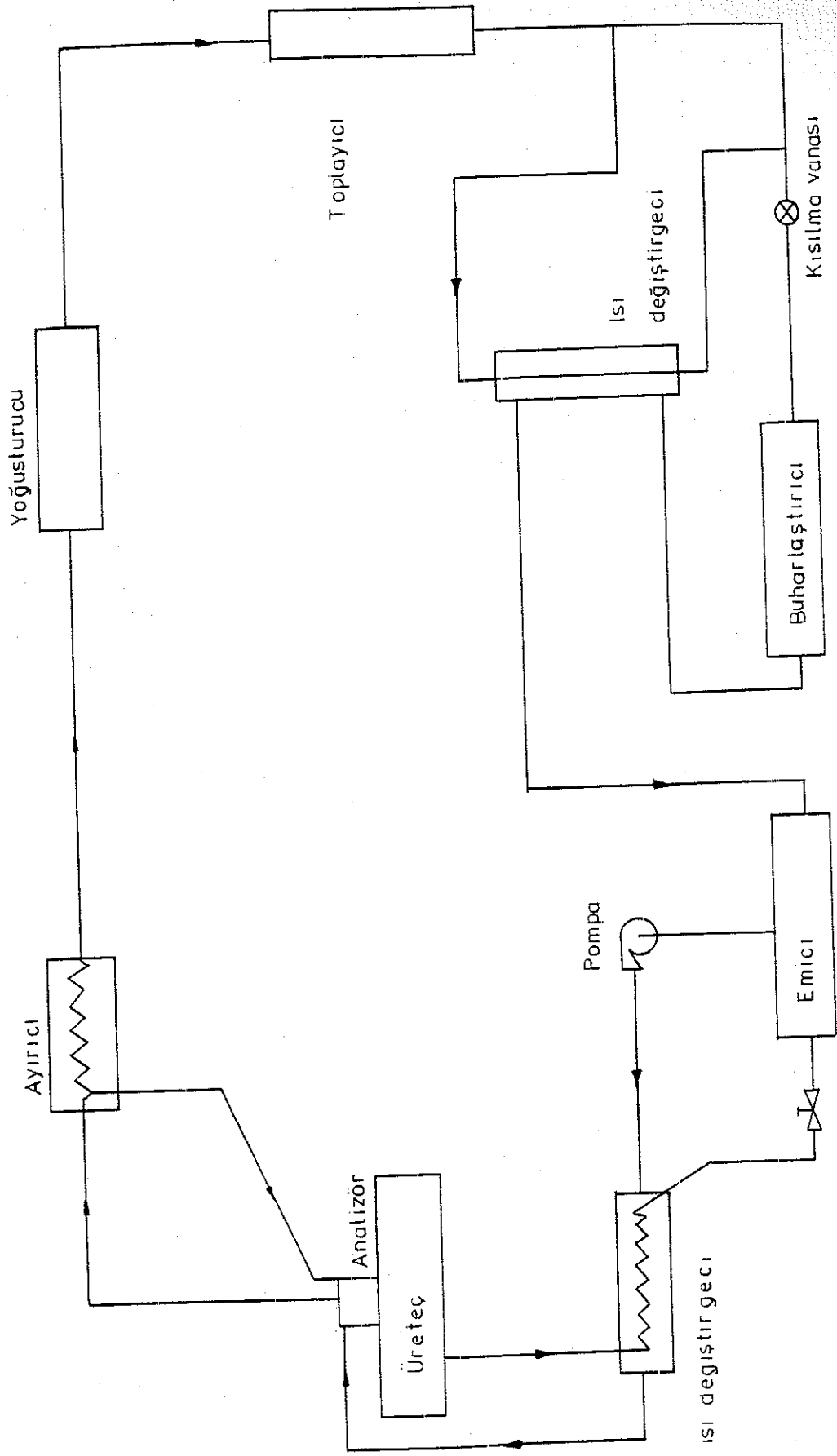
Absorpsiyon sistemlerinin çalışma durumlarına göre: a) Kapalı, b) açık, c) kesikli çevrimli olmak üzere ayırabiliriz. Bunlara kısaca değinelim (10).

Güneş Enerjili Absorpsiyonlu Kapalı Soğutma Çevrimleri

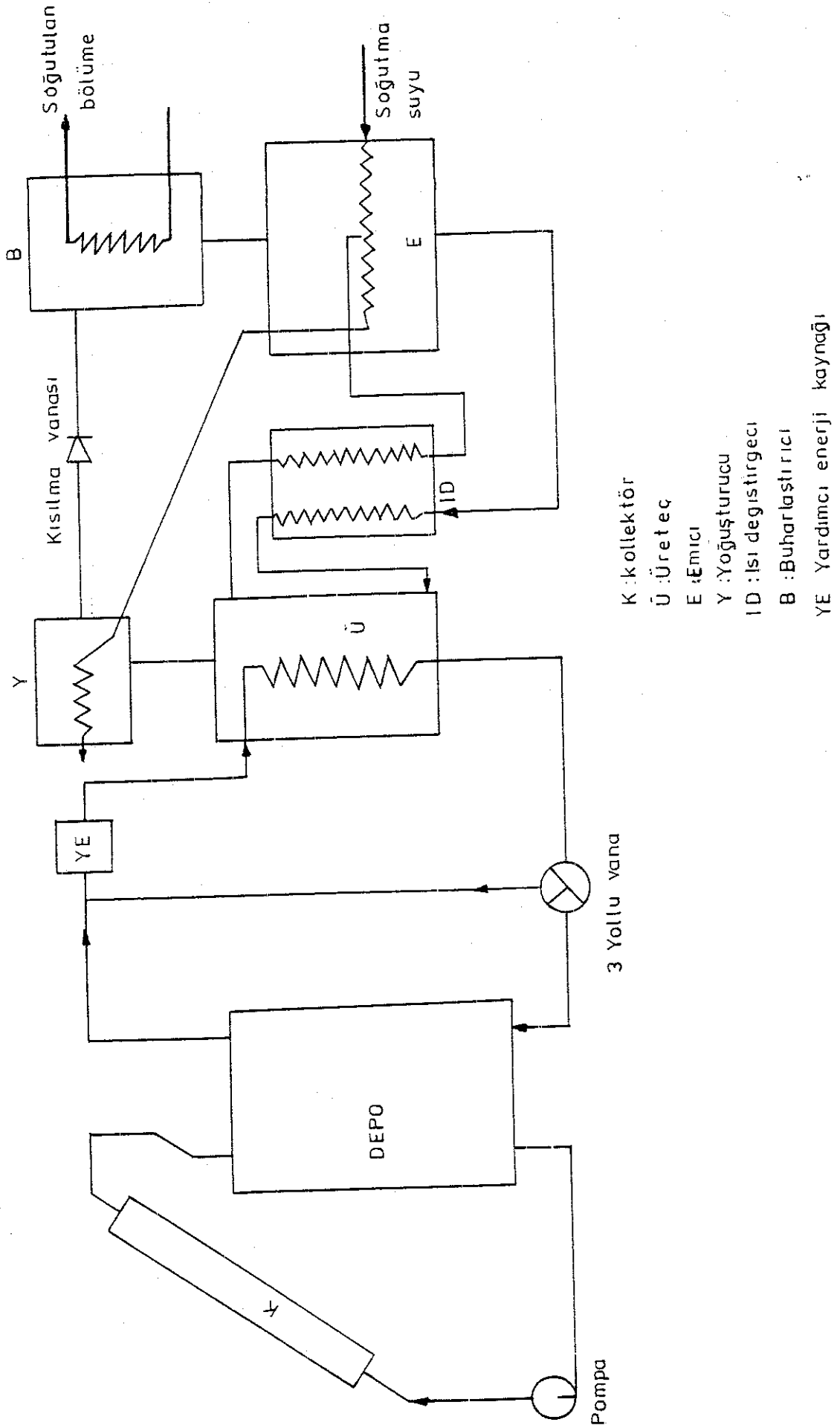
Isı ile çalışan absorpsiyonlu soğutma çevrimleri, güneş enerjisinin üretece uygulanmasıyla çalıştırılabilir. Düzlem kollektörden alınan enerji ve depolama sistemlerinden oluşan yapım şekli günümüzde benimsenmiş bulunmaktadır. Güneş enerjili absorpsiyonlu kapalı bir sistemin şeması şekil 31'de görülmektedir.

Bu sistem, ayrıntıda bir takım farklarla, günümüzde kullanılan güneş enerjili soğutma sistemlerinin temelini oluşturmaktadır. Yani absorpsiyonlu sistemin üretici, kollektör depolama ünitesinden gelen sıcak su ile ısıtılmaktadır.

Emici-üreteç ikilisi termik kompresör diye adlandırılan üniteyi oluşturmakta ve diğer soğutma makinaları arasındaki farkı bu soğutucu



Şekil 30. Uygulamada kullanılan absorpsiyonlu çevrim.



Şekil 31. Güneş enerjili absorpsiyonlu kapalı soğutma çevrimi

akışkan-soğurucu sıvı ikilisinin kullanılmasında kendini göstermektedir.

Tesisatın verimi iki bileşenden oluşmaktadır. Bunlar soğutucu için: buharlaşan soğutucunun çektiği ısı/üretece verilen ısı, güneş kolektörü için ise: üretece verilen ısı/kollektöre düşen güneş ısısı olarak tanımlanmaktadır. Toplam verim ikisinin çarpımı biçimindeki: buharlaşan soğutucunun çektiği ısı/kollektöre düşen güneş ısısı olarak belirlenmektedir.

Absorpsiyonlu sistemlerde, en çok uygulanan akışkan çifti amonyak-su ve su-lityum bromür'dür. Bunların haricinde Amonyak-NaSCN "Sodyum tiyasyonat" da kullanılmaktadır.

Amonyak " NH_3 " düşük kaynama sıcaklığından " -40°C " ve yüksek buharlaşma ısısından dolayı " 1365 kJ/kg " çok uygun bir soğutucudur. Suyun buharlaşma sıcaklığındaki " 100°C " buharlaşma ısısı " 2450 kJ/kg " daha da yüksektir. Diğer bütün akışkanların buharlaşma ısıları belirli ölçüde daha düşüktür.

Amonyak, düşük buharlaşma sıcaklığından dolayı özellikle 0°C nin altındaki soğutmalara elverişli bir soğutucu akışkandır. Buna karşılık amonyağın zehirli bir madde olması ve güçlü bir koku yayması uygulama alanının kısıtlanmasına neden olmuştur.

Su kolay sağlanabilen, ucuz ve toksit olmayan bir malzemedir. Bu açılardan soğurucu olarak kullanılması oldukça uygundur. Ancak amonyak ile su arasındaki yüksek çekim gücünden dolayı ve kaynama sıcaklıkları arasında bulunan 140 derecelik farka rağmen su ile amonyağın birbirinden ayrılmalarını sağlamak güçlük yaratmaktadır.

Güneş enerjisinden yararlanan absorpsiyonlu soğutma çevrimlerinde kullanılan bir diğer akışkan çifti su-lityum bromürdür. Suyun bu uygulamada görevi soğutucu akışkan olarak çevrimi dolaşmak ve yüksek buharlaşma ısısıyla daha yüksek etkinlikte soğutma sağlamaktır. LiBr ise soğurucu akışkan görevi görmektedir.

H_2O -LiBr çiftiyle çalışan absorpsiyonlu çevrimler güneş enerjisi uygulamaları için özellikle uygun niteliklere sahiptir. Üreteçteki buharlaşma için 77°C ile 100°C arasında bir sıcaklığa ihtiyaç duyan bu sistemler düz levha kolektörleri ile elde edilebilen sıcak sular

yardımıyla işletilebilmektedir.

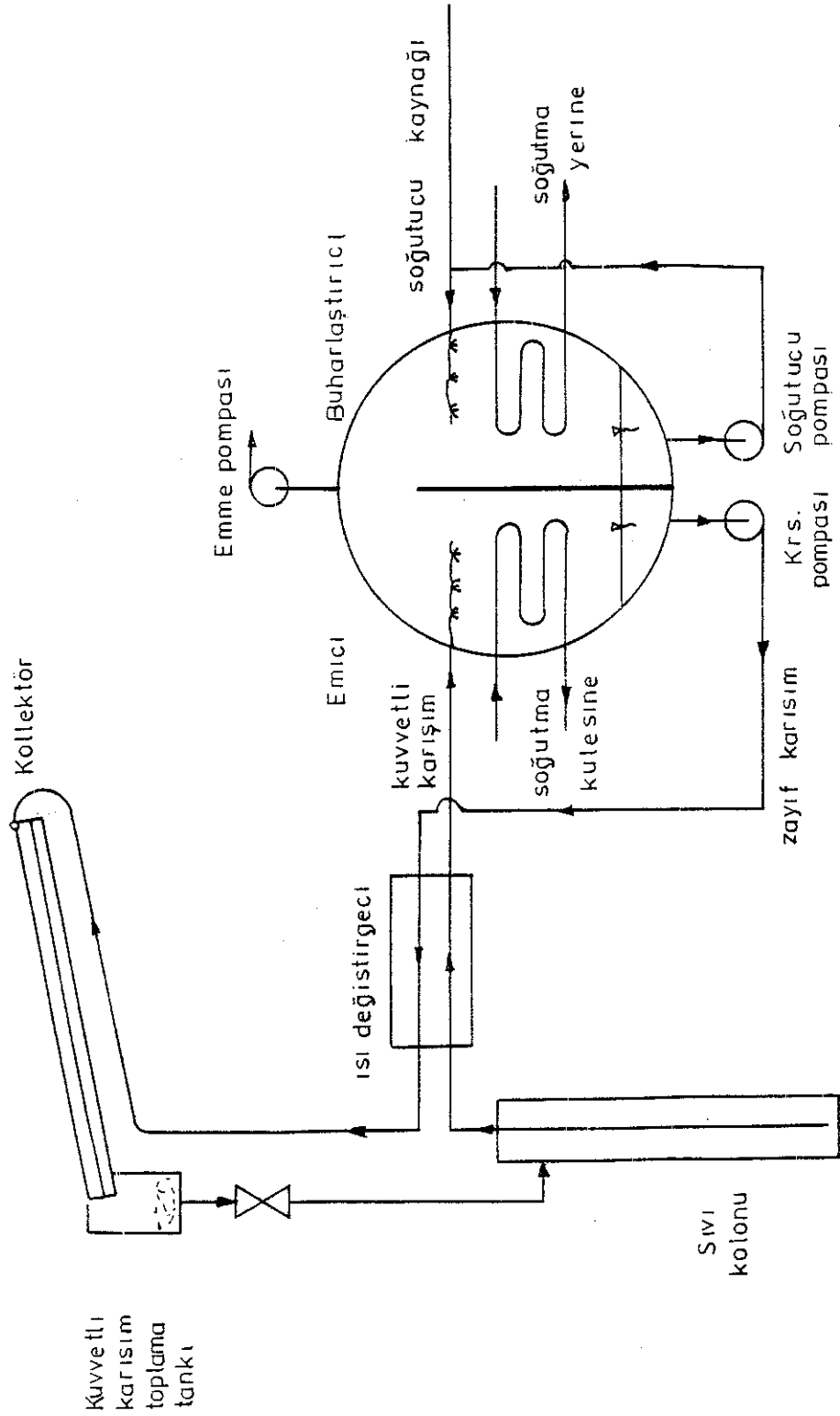
Ancak çevrim çiftinin sistem elemanları üzerinde korozif etkide bulunması ve korozyon reaksiyonlarından dolayı ortaya çıkan hidrojen gazının, sistemin basıncını yükseltmesi ve böylece soğutma etkinliğini düşürmesi önemli bir olumsuz özelliktir.

LiBr-H₂O karışımı çevre sıcaklığının yüksek olduğu yerlerde tercih edilmelidir. Etkenliğin büyüklüğü ve fiyatının ucuzluğu nedeni ile bu akışkan sıcak iklimlerdeki güneş enerjili soğutma sistemleri için uygundur. Öte yandan amonyak-su sistemi, bütün iklim koşullarına uygun olduğundan daha genel kullanılabilir.

Güneş Enerjili Absorpsiyonlu Açık Soğutma Çevrimleri

Güneş enerjisi ile soğutmada kullanılacak bir diğer sistem de sürekli açık çevrimdir. Bu konu üzerinde bilhassa S.S.C.B. araştırmacıları çalışmaktadır. Açık çevrimde, kapalı çevrimdeki yoğunlaştırıcunun aksine, zayıf eriyikteki soğutucu atmosfere kaydedilerek, yeniden üretilir. Soğutma, soğutucunun yoğunlaştırıcudan gelmesi ile değil, hariçi bir kaynaktan tekrar tekrar elde edilerek buharlaştırıcıya gelmesi ile sağlanır. Açık çevrimde yoğunlaştırıcıya gerek yoktur. Öte yandan sürekli bir soğutucu kaynağı bulunmalıdır. Soğutucunun su olduğu hallerde bu durum önemli israfa yol açmaz.

Açık çevrim absorpsiyonlu soğutucunun prensip şeması Şekil 32' de görülmektedir. Zayıf eriyik atmosfere açık olan güneş kolektöründe ısıtılarak konsantrasyonu yükseltilir. Burada oluşan kuvvetli karışım kolektörü terkederek bir sıvı sütununun içinden geçer. Bu işlemin amacı atmosfer basıncındaki kuvvetli karışımın düşük basınç seviyesine etkin biçimde düşürülmesidir. Kuvvetli eriyik buradan sonra bir ısı değiştirgecinden geçerek emiciye gider. Emicide, kuvvetli eriyik düşük basınç seviyesini koruyarak, buharlaştırıcıdan gelen suyu soğutur. Su soğutucu eriyiğin soğurma ısısı bir soğutma kulesi çevrimi ile dışarı atılır. Buharlaştırıcıda dış kaynaktan alınan su, soğutma ortamından alınan ısı ile düşük basınçta buharlaşır. Oluşan zayıf eriyik emiciden, ısı değiştirgecinden geçerek, bir pompa ile yeniden atmosfer basıncına yükseltilip kolektöre gönderilir ve çevrim böylece



Şekil 32. Absorpsiyonlu açık çevrim.

devam eder. Emme pompası atmosfere açılan eriyiğin havasının giderilmesi için gereklidir.

Açık Sistem İle Kapalı Sistemin Karşılaştırılması

Açık sistem soğutucunun kapalı sisteme göre üç belirgin üstünlüğü vardır:

1. Kollektörün basitliği: Açık çevrimde kullanılacak güneş kollektörü, sadece eriyiğin üzerinden film halinde çıkacağı eğik bir düzlemsel yüzeyden oluşmaktadır. Seçici yüzeyler sıvı kanalları gerekmemektedir. Öte yandan kapalı çevrimlerde, güneş enerjisini depolanmış ısı enerjisine minimum kayıpla dönüştürebilmek için oldukça pahalı kollektörler kullanmak gerekmektedir.

2. Termodinamik etkenliğin iyiliği: Kapalı bir sistemde üreteç sıcaklığı, zayıf eriyiğin su buhar basıncı yağışturuçdaki suyun doyma basıncını aşacak noktada olmalıdır. Açık sistemde ise zayıf eriyiğin buhar basıncının atmosfer basıncını aşması yeterlidir. Bu nedenle çok daha düşük üreteç sıcaklıkları gerekmektedir.

3. Güneş enerjisine uygulanma kolaylığı: Açık sistemde kollektör ve üreteç aynı parça olduğundan gerekli parça sayısı azalmıştır. Açık sistemde depolama kaybı yoktur, sadece taşıma sırasındaki pompalama kayıpları vardır.

Açık çevrim absorpsiyonlu soğutma sistemlerinde ortaya çıkan sorunlar ise şunlardır:

1. Yardımcı enerji gerekleri: Eriyik pompalarına ilaveten sürekli olarak bir emme pompalarına ilaveten sürekli olarak bir emme pompası çalışması zorunluluğu gerekli enerjiyi arttırmaktadır.

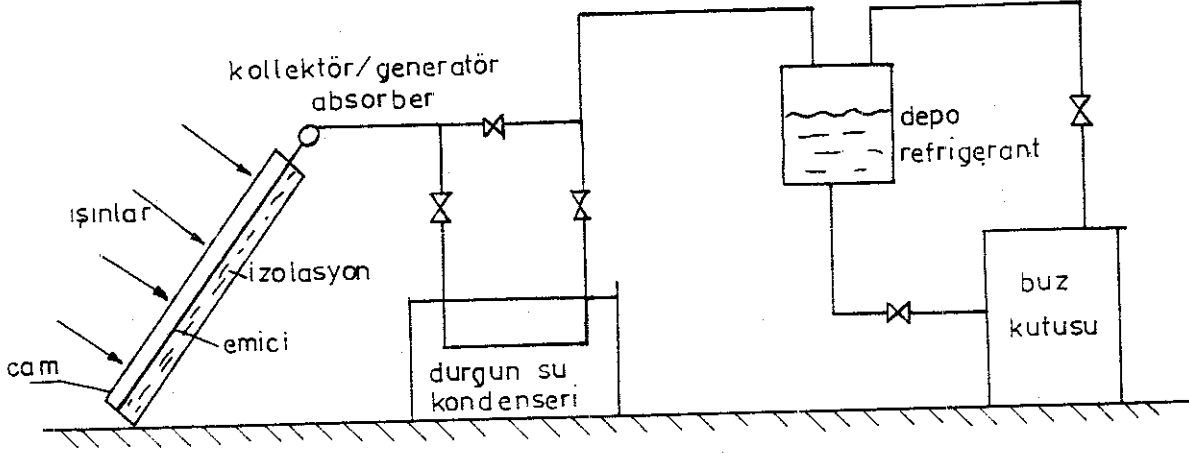
2. Kusursuz soğutucu bulmak: Pek çok yerde musluk suyu kullanılması, erimiş minerallerin buharlaştırıcıyı bozacağından sakıncalı olabilir.

3. Eriyiğe karışan yabancı partiküller: Toz veya kimyasal maddeler havadan, soğutucu-soğurucu karışımına kollektörde karışabilir. Sistem bu maddeleri elimine edecek yapıda olmalıdır.

4. Yağmur, eriyiği sulandırmamalıdır. Sistem yağmur suyunu hissetmeli ve karışımdan izole etmelidir (17).

Kesikli Absorpsiyon Sistemi

Güneş enerjisiyle çalışan kesikli absorpsiyon sistemi Şekil 33' de görülmektedir.



Şekil 33. Kesikli absorpsiyon sistemi şeması (6).

Şekil 33'de görülen sistemde hergün 1 çevrim tamamlanmaktadır. Sabahleyin kolektördeki emici (absorbent) maksimum miktarda soğutucu (refrigerant) ihtiva etmektedir; günboyu güneş enerjisiyle alınan kolektör/generatör/absorber ünitesinde soğutucu buharı oluşmaktadır. Kondenserde yoğuşan bu buhar sıvı fazında depoda toplanmaktadır. Güneş battıktan sonra soğuyan kolektör/generatör/absorberde absorpsiyon işlemi başlamaktadır. Sistemde basıncı düştüğü için yoğuşma yerinde buharlaşma olmakta ve çevrim tamamlanmaktadır (6).

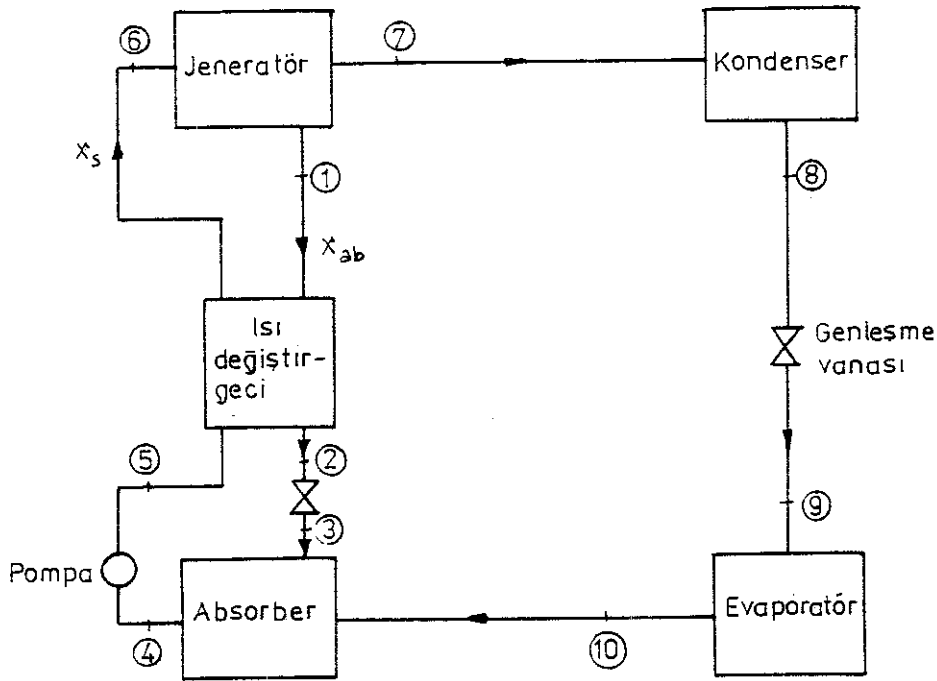
3.2.2.2 Absorpsiyonlu Soğutucunun Modellenmesi

Güneş enerjisi ile çalışan absorpsiyonlu soğutucu için iki çalışma modeli vardır. Birincisi, soğutucuyu dizayn koşullarında çalıştırmak ve eğer güneş enerjisi veya depodaki enerji, dizayn koşullarında çalışmaya uygun değilse, yardımcı enerji kullanmaktır. Bu durumda kolektörden elde edilen enerji yeterli olmalıdır veya depo, jeneratörü ısı depolayan akışkanın, dizayn edilen giriş sıcaklığını karşılayacak bir sıcaklıkta olmalıdır. Bu arada, soğu üretiminde yararsız olan düşük sıcaklıklarda, gelen enerji depo edilmelidir. Eğer soğutucu

böyle çalıştırılacaksa, evaporatörde sabit ısı transferi sabit performans katsayısı, sabit enerji girdisi kabulleriyle soğutucunun dizaynı yeterlidir.

İkinci model ise, düşük sıcaklıkta, akışkana ısı transfer edip depolayarak, absorpsiyonlu soğutucuyu, tam kapasiteden daha düşük kapasitede çalıştırmaktır. Bu koşullarda, absorber ve kondenserdeki soğutma suyu sıcaklığı ve jeneratöre gelen sıcak suyun sıcaklığı ile bir kapasite bulunur.

Absorpsiyonlu soğutucunun modellenmesi için her bir kısım için, enerji ve kütle denge denklemleri bulunmalıdır.



Şekil 34. Absorpsiyonlu soğutma sistemi.

1. Kütle Denge Denklemleri

Absorbant ve soğutucu için debileri bulmak için, jeneratördeki toplam madde dengesi: (Su-LiBr)

$$\dot{m}_6 = \dot{m}_1 + \dot{m}_7 \quad (3.1)$$

LiBr dengesi

$$\dot{m}_6 \cdot x_s = \dot{m}_1 \cdot x_{ab} \quad (3.2)$$

x_{ab} → fakir eriyikteki LiBr konsantrasyonu kg/kg çözelti

x_s → zengin eriyikteki LiBr konsantrasyonu kg/kg çözelti

\dot{m}_6 yerine $\dot{m}_1 + \dot{m}_7$ yazılırsa,

$$\dot{m}_1 \cdot x_s + \dot{m}_7 \cdot x_s = \dot{m}_1 x_{ab} \quad (3.3)$$

Kondensere giden akışkan, saf soğutkan olduğuna göre, \dot{m}_7 ile \dot{m}_s aynıdır.

$$\frac{\dot{m}_1}{\dot{m}_7} = \frac{x_s}{x_{ab} - x_s} = \frac{\dot{m}_{ab}}{\dot{m}_s} \quad (3.4)$$

\dot{m}_{ab} → absorbent debisi (kg/h)

\dot{m}_s → soğutkan debisi (kg/h)

Zengin eriyiğin debisinin, soğutkan debisine oranı ise,

$$\frac{\dot{m}_z}{\dot{m}_s} = \frac{\dot{m}_{ab} + \dot{m}_s}{\dot{m}_s} \quad (3.5)$$

2. Enerji Denge Denklemleri

Isı değiştirgecinde,

$$\dot{m}_z h_5 + \dot{m}_{ab} h_1 = \dot{m}_{ab} h_2 + \dot{m}_z h_6 \quad (3.6)$$

Soğutkan giriş debisi, evaporatördeki enerji denge denkleminde elde edilir.

$$q_{soğutucu} = \dot{m}_s (h_9 - h_{10}) \quad (3.7)$$

$$\dot{m}_s = \frac{q_{soğutucu}}{h_9 - h_{10}} \quad (3.8)$$

Jeneratörde depolanması gereken ısı

$$q_{jen.} = \dot{m}_s h_7 + \dot{m}_{ab} h_1 - \dot{m}_z h_6 \quad (3.9)$$

Isı değiştirgecinde, fakir eriyikten zengin eriyiğe ısı transferi:

$$q_{1,d} = \dot{m}_{ab}(h_1 - h_2) \quad (3.10)$$

Kondenserde transfer edilen ısı:

$$q_{kon.} = \dot{m}_s (h_7 - h_8) \quad (3.11)$$

Absorberde transfer edilen ısı, tüm sistem için ısı dengesinden bulunabilir.

$$Q_A = \dot{q}_{kon.} - \dot{q}_{jen.} - \dot{q}_{soğutucu} \quad (3.12)$$

Sistem için performans katsayısı:

$$\eta = \frac{\dot{q}_{soğutucu}}{\dot{q}_{jen.}} \quad (3.13)$$

Büyük ticari birimlerde daha yüksek absorber sıcaklıklarında çalışılırken, daha yüksek konsantrasyonlu akışkan kullanılabilir ve böylece ısı değiştirgecinin maliyeti düşürülebilir (19).

3.2.2.3 Adsorpsiyonlu Soğutma Sistemleri "Zeolit Uygulamaları"

Sıvı içine gaz soğurmalı (adsorpsiyonlu) soğutma uygulamaları daha çok maliyeti ucuz ısıların elde edebileceği durumlarda ticari ve geniş kapsamlı iklimlendirme amaçları için kullanılmaktadır.

Kullanılacak ısıнын sıcaklığı 100+200°C arasında değişiyor ve yoğuşturucu su ile 25°C'nin altına soğutulabiliyorsa bu tür çevrimlerin soğutma etkenlik katsayıları %80+85 arasında bulunmaktadır.

Düz levha güneş kolektörleri ancak 90°C'nin altındaki sıcaklıklarda sıcak su sunabilmekte ve ticari uygulamalarda daha çok kullanılan hava-soğutmalı yoğuşturucularda, hava sıcaklığın 50°C olduğu durumlarda ancak 40°C'ye kadar bir soğutma sağlanabilmektedir. Bu koşullarda adsorpsiyonlu çevrimlerin etkenlikleri büyük ölçüde düşmektedir.

Buna karşın katı bir taşıyıcı-emici malzeme ile çalışan soğurucu sistemlerde, ki bunlara adsorpsiyonlu çevrimler denilmektedir, karşılıklı termodinamik özellikler ve deney sonuçlarına göre, adsorpsiyonlu

sistemlere nazaran daha etkin ve daha geniş uygulama olanaklarına sahip soğutma çevrimlerinin gerçekleştirilebileceği görülmüştür.

Adsorpsiyon, belirli bir buhar halindeki akışkanların katı bir malzeme ile temasta bulduklarında bu malzemenin adhesiv "tutucu" kuvvetleri tarafından bağlanması olayına denilmektedir.

Adsorbe edilen madde, örneğin su buharı, sadece yüzey kuvvetleri tarafından tutulmaktadır. Olayda herhangi bir kimyasal tepkime meydana gelmez. Adsorbe edilen soğutucu akışkanın katı malzemeden kurtulması yine ancak ısı verilmesiyle mümkündür ki bu olayda "desorpsiyon" denilmektedir.

Yapılan deney ve araştırma sonuçlarına göre iklimlendirme amaçları için çok uygun özellikler taşıyan bir adsorbe edici malzeme "Zeolit" olarak adlandırılan minerallerdir.

Zeolitler alüminyum-silikat bazında mineraller olup ilginç özellikleri ile ilk defa 1756 yılında İsveç'li bir madenci olan Baron von Cronstedt tarafından incelenmiş ve tanıtılmıştır.

Tabiatta 40 değişik zeolit minerali bulunmaktadır; ayrıca yapay olarak 100'den fazla değişik zeolit çeşidini de üretmek mümkündür.

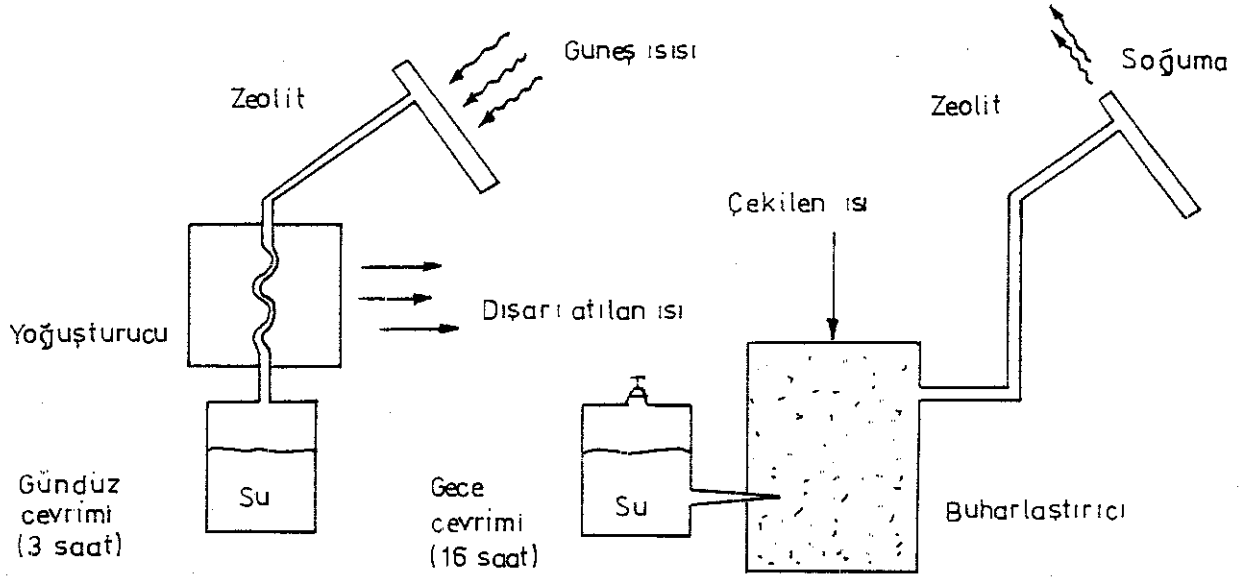
Malzeme, çok küçük gözenekli bir kristal yapıya sahiptir ve bu gözenekler kendi aralarında çapları 4 ile 10 Angstrom ($1\text{\AA}=10^{-10}\text{ m}$) arasında değişen açıklıklarla bağlantılıdır. Boşlukların büyük yüzeylere sahip olmalarından ötürü ($8+10.10^5\text{ m}^2/\text{kg}$) adsorbe edici özellikleride yüksek değerdedir.

Zeolit mineralleri sahip oldukları son derece non-lineer adsorpsiyon isotermleri ile güneş enerjisine dayalı iklimlendirme çevrimleri için oldukça uygun olup, ortam ısıtılması, soğutulması ve buz üretimi için oluşturulan sistemlerde yüksek çevrim verimlerine ulaşabildiğini göstermişlerdir.

Adsorber olarak kullanılan zeolitler geniş bir aralıkta çok çeşitli soğutucu gazlarla çalışabilmekte, su buharı, amonyak ve freon gazlarında gösterdiği çekme özellikleri ve oranları hemen hemen sabit kalmaktadır. Örneğin emme oranı tüm gazlar için ağırlıkça %30 mertebesinde-dir.

Buharlaştırma ısısı diğerlerine göre çok yüksek olan su buharı, zeolitli adsorpsiyonlu çevrimler için, en yüksek etkinliği sağlamak ve en az zeolit miktarını kullanmak açısından en uygun soğutucu akışkan niteliğini taşımaktadır.

Şekil 35'de şematik olarak güneş enerjisine dayalı bir zeolit soğutma çevriminin işleyiş ilkelerini göstermektedir.



Şekil 35. Zeolit-su sistemli adsorpsiyon çevriminin gündüz ve gece evreleri (6).

Zeolit hava geçirmez bir muhafaza içine yerleştirilir ve dış ortamdan tümüyle tecrit edilir. Bu muhafaza işlem sırasında güneş ışınına maruz bırakılır. Şekil 35'de sol tarafta gösterilen gün çevrimi boyunca zeolit ve muhafazası en fazla 120°C sıcaklığına kadar ısıtılmaktadır. 40°C sıcaklıkta su buharı zeolitten ayrılmaya başlar ve kısmi basıncı bu işlem süresince artar. Basınç yoğuşturucu sıcaklığın belirlediği değere eriştiğinde örneğin 40°C sıcaklıkta basınç mertebesi $7,35\text{ kPa}$ olmaktadır, buhar yoğuşmaya başlamaktadır. Yoğuşma sırasında ısı dışarıya verilir ve yoğuşan sıvı bir tank içinde depolanır.

Gece çevrimi boyunca, şekilde sağ tarafta zeolit taşınımıyla meydana gelen ısı kaybı ile dış ortam sıcaklığına kadar soğutulmaktadır. Soğuma sonucu mineral, düşük basınçta dahi su buharını adsorbe edebilecek duruma gelmektedir. Depolama tankındaki sıvı haldeki su buharlaştırıcıya çekilmekte ve burada soğutulacak çevrede ısı çekerek

buharlaşmaktadır.

Kısmi basınç 0,7 kPa değerinde sabit tutulabildiği zaman buharlaştırıcı içindeki su 2°C de kaynıyacaktır. Çevrim içinde zeolitin görevi, buharlaştırıcı tarafından meydana getirilen su buharını adsorbe etmek ve böylece su buharının kısmi basıncını 0,7 kPa'dan düşük tutmak ve adsorpsiyon sırasında ortaya çıkan ısıyı dış ortama, yani atmosfere vermektir.

Gece çevrimin sonunda zeolit 0,7 kPa basınçta adsorbe edebileceği olduğu gibi, hava ile temastan uzak tutulmalıdır. Bu amaçla zeolit, dikkatlice hava sızmalarına karşın tecrit edilmiş metal paneller içine yerleştirilir.

Bu paneller en fazla güneş ışınımı yutabilmeleri için siyaha boyanmış olup basit bir boru tesisatı ile yoğunlaştırucu, su depolama tankı ve buharlaştırıcıya bağlanmaktadır.

Zeolit su ile doldurulduktan sonra tüm sistemin içinden gazlar çekilir ve basınç düzenlemesi yapıldıktan sonra sızdırmaz bir biçimde yalıtılır.

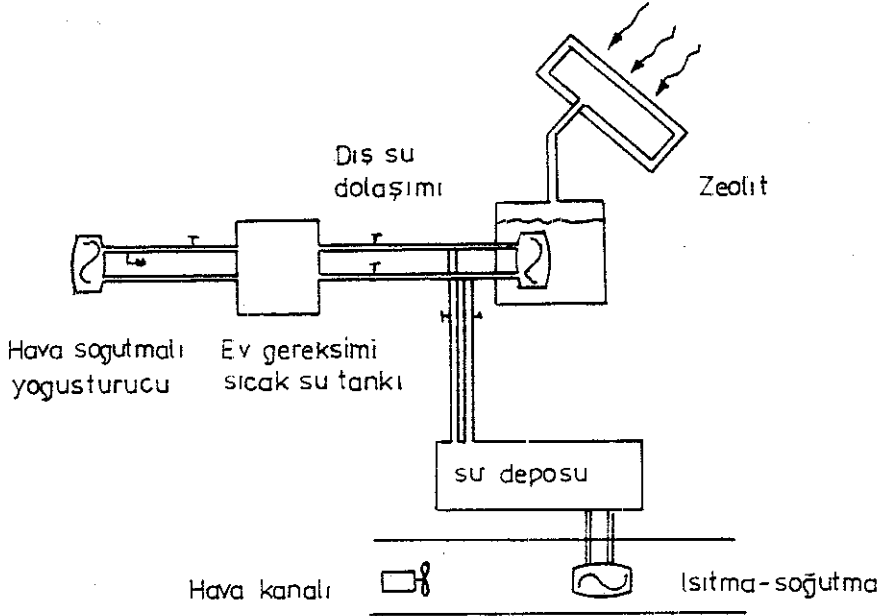
Zeolitli sistemlerin bir diğer önemli üstünlüğü, herhangi bir dış güce gerek duymadan ve hiçbir hareketli parça içermeden etkin soğutma ve/veya buz üretiminde bulunabilmesi. Bu işlem için sadece uygun tarzda hazırlanmış bir düzenek ile güneş ışınımına gerek duyulmaktadır.

Zeolit çevrimlerin hem ısı girdisi hemde çıktısı bulunduğundan bu çevrimleri kolaylıkla, küçük düzenlemeler ve yönlendirme elemanları yardımıyla, hem ısıtma hem de soğutma işlemlerinde kullanmak mümkündür.

Bu türden bir uygulama her iki işlem için gerekli ayrı ayrı tesislerin maliyetinden daha az bir masrafla gerçekleştirilebileceğinden sistemin yatırım masrafının amortisman süreleri kısılacak, dolayısıyla kullanıcı için uygulamanın çekiciliği arttırılmış olacaktır.

Sistemin herhangi bir işletme masrafı bulunmaması ve korozyon bozulmalar dışında herhangi bir aşınma meydana gelmiyor olması sistemin diğer önemli üstünlükleridir.

Aşağıdaki şekilde hem ısıtma hem de soğutma sağlayan komple bir güneş enerjisine dayalı zeolitli adsorpsiyon çevrimin uygulaması görülmektedir.



Şekil 36. Zeolitli bir adsorpsiyon sisteminin hem ısıtma hem soğutma için kullanılması.

Bu sistemde yoğusturucu ve buharlaştırıcı tek bir birimde toplanmış ve bu birimin soğutulması dışarıya bağlı bir su dolaşımına bağlanmıştır.

Gündüz boyunca güneşin ısıttığı zeolit panellerinden gelen su buharı bu birim içinde yoğuşmakta ve bundan dolayı ortaya çıkan ısı dış su dolaşımı ile uzaklaştırılmaktadır.

Bu ısı bir yandan, kış ayları boyuncada mekan ısıtması amacı ile kullanılırken, evin sıcak su gereksinimini karşılamak üzere kullanılır.

Isıtma mevsimi boyunca gündüzleri toplanan ısı, sıcak su olarak depo edilmekte ve gece boyunca dolaştırılarak ısıtma sağlanmaktadır.

Gece boyunca yoğusturucu-buharlaştırıcı biriminde su, bir önceki durumda yoğuştuğu yüzeylerde bu kez buharlaşmakta ve soğuk zeolit

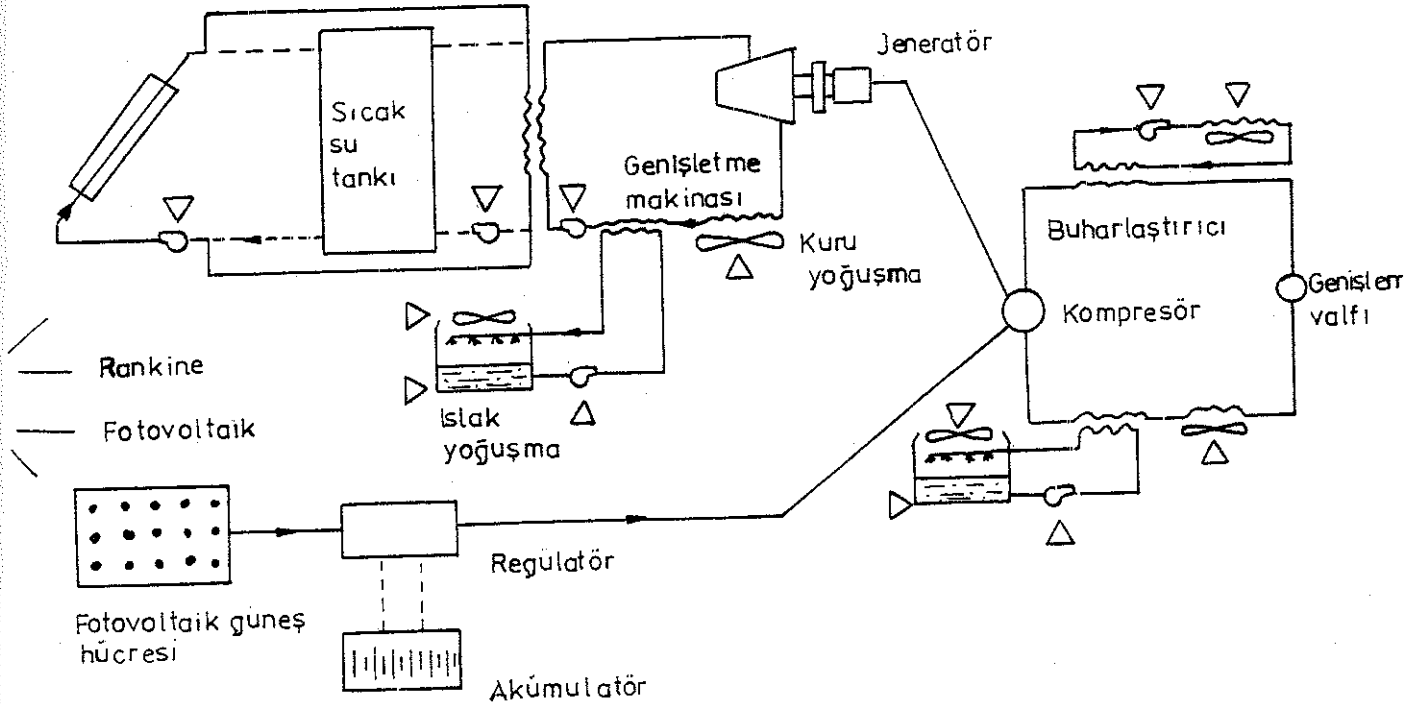
yüzeyi üzerinde buhar bağlanmaktadır.

Dış su dolaşımı buharlaşma için gerekli ısıyı sağlar ve aynı zamanda iklimlendirme amaçları için kullanılabilen soğuk suyu üretir.

Soğutulan su yaz mevsiminde sıcak suyun kış süresince ısıtma amacıyla depolandığı aynı tank içinde tutulabilmektedir. Bu mevsimdeki çalışma düzeninden diğerine geçişi basit valf düzenlemeleri ile sağlamak mümkündür.

Zeolit malzemesinin kolay elde edilebilir, hatta endüstriyel uygulamalarda kolayca üretilebilir olduğu ve tesisat yapımının çok fazla bir maliyet gerektirmediği düşünülür ve paket birimlerin seri üretimi ve düzenli montaj işleri gerçekleştirilebildiği varsayılırsa zeolitli adsorpsiyon çevrimlerin mekan tipi iklimlendirme hizmetleri için son derece uygun niteliklere sahip olduğu ve gelecekte de bu konuda daha önemli gelişmeler ve daha yaygın uygulama olanaklarının ortaya çıkacağı rahatlıkla ileri sürülebilir.

3.2.3 Soğutmanın Mekanik/Elektrik Enerjisi Verilerek Uygulandığı Sistemler



Şekil 37. Rankine çevrimli soğutma sistemleri ile fotovoltaik düzenli sistemlerin karşılaştırılması.

Rankine Buhar Sıkıştırılmalı Sistemler

Doğrudan soğutma çevrimine verilen gücün mekanik/elektrik biçiminde olan soğutma sistemlerinden biri de, buhar sıkıştırma için gerekli kompresör işinin bir Rankine ısı makinası çevrimiyle sağlandığı düzeneklerdir.

Bu tür uygulamalarda kombine 2 çevrim yan yana çalışmakta, güç çevriminden çıktı olarak elde edilen mekanik enerji ya doğrudan veyahut türbin-jeneratör grubu yardımıyla elektrik enerjisine dönüştürülmek suretiyle soğutma çevriminde bulunan sıkıştırma elemanına uygulanmaktadır.

Isı makinası çevriminde yüksek entalpiddeki buhar bir genişleme makinasında genişletilerek ısı enerjisinin mekanik enerjiye çevrilmesi sağlanır. Daha sonra düşük basınçtaki buhar yoğunlaşarak düşük sıcaklıktaki ortalama ısı verir ve bir sıkıştırma işleminden sonra yüksek sıcaklıktaki ortamdaki ısı çekerek genişlemek üzere türbin ve pistonlu bir tesisata vararak çevrimi tamamlar.

Güneş enerjili uygulamalarda Rankine çevrimindeki akışkanın buharlaşmasını sağlamak üzere yoğunlaştırıcı kollektörler veya heliostat toplayıcılarla, yüksek sıcaklık değerlerinde güneş ısı toplama ve sıkıştırılan akışkana iletilmektedir.

Fotovoltaik Güneş Hücreli ve Elektrik Kompresörlü Çevrimler

Bu tip uygulamalarda, soğutma sistemi sıvı buharlaşmalı soğutma makinası çevrimlerine göre çalışmaktadır.

Akışkanın üst basınç seviyesine sıkıştırılması bir elektrik kompresörü tarafından gerçekleştirildiğinde, bu elektrik enerjisinin sağlanması gerekmektedir.

Fotovoltaik dönüşüm ile bu elektrik enerjisini güneş ışınımından dolaysız yollardan hiç bir ara dönüşüm işlemine gerek duymadan elde etmek mümkündür.

Fotovoltaik etki, bir yarı iletken devre elemanının aydınlatılmasıyla ortaya çıkan bir elektrik akımı olarak gözlenebilmelidir.

Yeterli enerjiye sahip ışık, pozitif P-tabakası negatif N tabakası ve her ikisi arasında bulunan PN-fonksiyonlu bir yarı iletken üzerine düş-tüğünde, elektronlar daha yüksek bir enerji seviyesine çıkararak serbest kalır, yani iletim için gerekli enerjiye erişerek bağlı buldukları elektroda doğru hareket ederler. Devreye bağlı bir elektrik iletkeni "tel" üzerinden elektronlar boş kalan pozitif yükü "delikler" ile birleşmek üzere diğer elektroda doğru akarlar.

P-N fonksiyonunda bulunan gerilim engeli, elektronların ve pozitif deliklerin doğrudan ve ani olarak bir araya gelmelerini önler.

Elektronlar iletken tel üzerinden hareket etmeye ve böylece yararlı elektrik gücü yaratmaya zorlanırlar.

Elde edilen elektrik akımı ve gerilim değerleri, birçok hücrenin paralel veya seri bağlanmasıyla istenen şekilde düzenlenebilir.

Fotovoltaik hücreler için uygun yarı iletken malzemelerden en geniş uygulama sahasına sahip olan Silisyumdur.

Silisyum dışında özellikle Selenyum, Kadmiyum Sülfür, Kadmiyum Telleryum, Germanyum ve Galyum Arsen ile çalışmalar sürdürülmekte ve bir yandan dönüşüm verimi arttırılmaya çalışırken öte yandan yapım maliyetleri uygun düzeylere düşürülmeye çalışılmaktadır.

Genel bir ilke olarak fazla sayıda enerji dönüşümlerinden kaçınmak gerektiği ve elektrik gibi yüksek değerlikte bir enerjinin daha düşük düzeyde ısı uygulamalar için kullanılmasının da bir tür savurganlık olduğu kabul edilirse, fotovoltaik güneş hücreleri ile yapılacak soğutma uygulamalarının mühendislik açısından pek savunulamayacağını söylemek gerek.

Buna rağmen iki amaçlı hücrelerle, yani hem fotovoltaik dönüşümlü güneş hücresiyle ve hem de ısı toplayıcı kollektörün birlikte, entegre bir birim olarak kullanıldığı "hibrid" hücre tipleriyle hem güneş enerjisinden daha fazla yararlanmak hem de cırtak tesisin maliyetini azaltarak alternatif teknolojik uygulamaların rekabet gücünü arttırmak ileriye yönelik olumlu bir adım olarak değerlendirilmektedir

Güneş pillerini sonuç olarak bir değerlendirme yaparsak;

- 1) Güneş pilleri, güneş enerjisini elektrik enerjisine direkt olarak çevirebilen yarı iletkenlerdir.
- 2) Yüksek mertebeden ağırlık/güç oranına sahiptirler.
- 3) Yüksek sıcaklık gerektirmedikleri için ışığı toplayıcı sistemlere ihtiyaç duymazlar.
- 4) Gerekli yerlere yerleştirildiklerinde enerji iletimi ve dağıtımını gerekmeyebilir.
- 5) Ömürleri teorik olarak sonsuz kabul edilebilir.
- 6) Yanma söz konusu olmadığı için hava kirliliği söz konusu değildir.
- 7) Verimleri yapıldıkları malzemeye bağlı olarak %6 ile % 22 arasında değişir (18).

3.2.4 Edilgen Soğutma Çevrimi "Gece Işınımı Uygulaması"

Güneş enerjisi kullanımında olduğu gibi, gece ışınımı yönteminde de önemli kısıtlılıklar söz konusudur.

Bunlar, düşük enerji yoğunluğu, kullanım süreleri ve yararlanma olanakları konusundaki belirsizlikler ve çalışma boyunca belirli ve belirsiz ara verme durumları olarak özetlenebilir.

Ancak uygulama deneyimleri göstermiştir ki, en olumsuz koşullarda bile sözkonusu yöntemde bunları yüksek bağıl nem oranları, kapalı gökyüzü durumları ve düşük yükseklik değerleri olarak saymak gereklidir.

Uygun korunma ve önleme yöntemleri ile etkin mekan iklimlendirme sonuçları elde etmek olanakları vardır.

Gece ışınımı, gece boyunca soğutma akışkanının siyah göğe açık bir radyatörden geçirilerek soğutulması ve gündüz boyunca da soğutulacak mekan içinde dolaştırılıp istenen serinletmenin sağlanması olarak tanımlanabilir.

Bazı değişik uygulamalarda soğutma ışı nım ve buharlaştırma iş-
lemlerinin aynı anda uygulanmasıyla sağlanır. Özerk koşullar sözkonusu
olduğu durumlarda da soğutma ilkbahar ayları boyunca uygulanır ve bu dö-
nemde depo edilen soğuk akışkan yaz ayları boyunca serinletme amacıyla
kullanılır.

Yeryüzünden siyah gökyüzüne doğru ısı l ışı nım atmosferik özellik-
lerden dolayı daha çok kızıl ötesi alanda 9-13 m dalga boylarında mey-
dana gelmektedir ki, bu aralığa genel bir terim olarak atmosfer pence-
resi denilmektedir.

Özellikle düşük nemli açık gecelerde ısı l ışı nım ile meydana gelen
soğuma etkisi çok belirgindir ve donma sıcaklığının çok üstünde buzlaş-
ma oluşmakta ve kırağı olarak kendisini göstermektedir.

Bu amaç için kullanılan radyatör, ısı tma araçları için kullanı-
lan dü z levha kollektörlerine benzemekte olup, düşük sıcaklıktaki ortam-
larda bile yüksek soğutucu yeteneği olan seçici yayma özelliğine sahip
malzemeyle kaplanmış yüzeylere sahip bulunmaktadır (11).

3.3 GÜNEŞ ENERJİSİNİN DEPOLANMASI

Güneş ışı nımını bir gün boyunca sürekli gelmez. Geceleri hiç gel-
mediği gibi gündüzleri de saatlik farklılık gösterir. Havanın kapalı
olduğu durumlarda ise çoğu kez yeterli miktarda değildir. Oysa enerji
tüketimi sürekli dir. Hatta güneş ışı nımının olmadığı veya çok az oldu-
ęu zamanlarda, enerji tüketimi daha da fazladır. Depolama yapılmadığı
takdirde güneş enerjisinden sadece güneş ışı nımını olduğu saatlerde fay-
dalanılır ve fazla enerji atılırken, güneş ışı nımının olmadığı zamanlar-
da yardımcı enerji kaynağından faydalanılır.

Genel olarak enerji depolama şekilleri;

- a) Kimyasal enerji depolama (termokimyasal, elektrokimyasal)
- b) Mekanik enerji depolama (hidroelektrik, volan v.s)
- c) Elektrik enerji depolama (magnetik alanla)
- c) Isıl enerji depolama (hissedilir ısı, gizli ısı)

olarak gruplandırılabilir.

Kimyasal Enerji Depolama: Enerjinin kimyasal olarak depolanması termokimyasal ve elektrokimyasal şekilde gerçekleştirilir. Termokimyasal enerji depolama, enerjiden endotermik reaksiyonlarla alkol, metan veya hidrojen gibi yakıtların üretilmesidir. Enerji ihtiyacının olduğu yerde ve zamanda, bu ürünlerden ekzotermik reaksiyonlarla enerjileri geri çekilir. Enerjinin bataryalarla depolanması elektrokimyasal depolamadır. Elektrik enerjisi bataryaya doğru akım olarak girer, kimyasal enerjiye dönüşür, boşaltma sırasında yeniden doğru akıma çevrilir. İki tip batarya mevcuttur. Birinci tipleri tersinmezdir, yeniden doldurulamazlar. İkinci tipleri tersinirdir yeniden doldurmak mümkündür.

Mekanik Enerji Depolama: Fazla enerji mekanik enerjiye ve sonrada kinetik veya potansiyel enerjiye dönüştürülerek depolanır. Maksada göre bir pompa ile suya manometrik yükseklik kazandırılır veya bir kompresörle hava sıkıştırılarak basıncı artırılır veya bir volanla kinetik enerji depolanabilir. Mesela, güneş enerjisinden yararlanılarak bir pompanın çalıştırılması ve suyun yüksek seviyeye pompalanması, ışınım enerjisinin mekanik enerjiye ve sonra da potansiyel enerjiye dönüştürülerek depolanmasıdır.

Elektrik Enerjisi Depolama: Elektrik enerjisinin diğer bir enerji şekline dönüştürülmeden depolanmasıdır. Elektromagnetik sargıdan elektrik akımı geçirilerek magnetik alanda depolanır. Sargıdaki direnç nedeniyle güç kayıpları olduğundan, bobin sargılarının süper iletken (niobyum, titanyum, kurşun gibi) malzemelerden olması ve dirençlerinin giderilmesi gerekmektedir. Sargılar mutlak sıcaklığa yakın, çok düşük sıcaklığa kadar soğutulduğunda direnç kayıpları sifira inmektedir.

Isıl Enerji Depolama: Konutlardaki ve endüstrideki, güneş enerjili sıcak su ve ısıtma sistemlerinde daha çok bu yöntem kullanılmaktadır.

Faz değıştiren bir sistemde, kimyasal değışme yoksa, termodinamiğin birinci kanununa göre sabit basınçta ısıl enerji depolama:

$$q_d = \int_{T_1}^{T_e} c_k dT + h_{ks} + \int_{T_e}^{T_2} c_s dT \quad (3.14)$$

şeklinde yazılabilir. Burada c_k ve c_s sırası ile katı ve sıvının sabit basınçtaki özgül ısıları, T_e , erime sıcaklığı ve h_{ks} , erime gizli ısıdır. Yukarıdaki denkleme göre, ısıl enerji;

- a) maddenin ısı kapasitesiyle sıcaklığı artarak
- b) maddenin erime ısıyla sabit sıcaklıkta

depolanmaktadır. Isının, maddenin ısı kapasitesi dolayısıyla depolanmasına "hissedilir ısı depolaması", erime ısıyla depolanmasına da "gizli ısı depolaması" denilmektedir. Gizli ısı depolaması faz değişimiyle olmaktadır. Bu arada, buharlaşma ısı ve gazlarda hissedilir ısı depolaması da düşünülebilir, fakat sabit basınçta hacim çok arttığından veya sabit hacimde basınç çok arttığından tercih edilmezler.

Depolama elemanı olarak;

- a) Su
- b) Kaya ve çakıltaşı
- e) Eriyebilir tuzlar kullanılabilir.

Su ucuz olması, ısı depolama özelliği, fiziksel, kimyasal termodinamik özellikleriyle tercih edilen bir depolama elemanıdır.

Havalı ısıtma sistemlerinde ve seralarda güneş enerjisinin depolanması, daha ziyade çakıl taşları ile yapılır. Çakıl taşları ucuzdur ve kolay temin edilebilir. Alevlenme ve toksitlenme özellikleri yoktur. Taşların birbirine temas yüzeyi küçük olduğundan taşlar arasında iletimle ısı geçişi küçük, dolayısıyla depo kenarlarından çevresine ısı kaybı azdır. Çakıl taşlarının ısı enerjisi depolamasındaki bu avantajlarının yanında bazı dezavantajları da bulmaktadır. Hacim özgül ısıları küçük olduğundan belirli bir miktardaki ısı enerjisinin depolanabilmesi için suya göre daha büyük hacim gerekmektedir. Ayrıca çakıl taşları arasında havanın dolaştırılabilmesi için gerekli güç, su ile depolamada suyun dolaştırılabilmesi için gerekli güçten daha fazladır.

Faz değiştiren maddelerle belli bir miktardaki ısının depolanabilmesi için gerekli hacim, aynı ısyı su ve çakıl taşlarıyla depolamak için gerekli hacimden çok küçüktür. Diğer bir avantajıda, depodan ısı çekilmesi sırasında depo sıcaklığının yaklaşık sabit kalmasıdır. Fakat çakıl taşı ve suya göre çok daha pahalıdır.

Sıvı-buhar faz değişiminde, sabit basınçta hacim çok arttığından veya sabit hacimde basınç çok arttığından ısı depolamasında fazla tercih edilmez. Bu tür ısı depolamasına daha ziyade soğutma sistemlerinde rastlanmaktadır ve çift depo kullanılmaktadır. Madde, deponun birisinde sıvı fazında diğerinde buhar fazında bulunur (19).

IV.BÖLÜM

ANTALYA İLİ İLE İLGİLİ UYGULAMALAR

4.1 GENEL BİLGİLER

Isıtılması ve soğutulması istenen yer olarak, serbest bölgede, 200 kişi kapasiteli ve taban alanı 800 m^2 olan sekiz dairesel beş katlı bir lojman seçilmiştir. Lojman katlarının ilk iki katları sosyal hizmetler bölümü için ayrılmıştır. Diğer üç kat ise oturlan bölümdür. Kat planı Ek 4'de verilmiştir.

4.2 ISI HESAPLARI

Projede belirtilen ortamın konfor koşullarına soğutulması ve ısıtılması için soğutma yükü ve ısı kaybı hesapları yılın en sıcak ve en soğuk ayı dikkate alınarak örnek proje üzerinden yapılmıştır. Ek 1'de ısı kayıp hesaplarına örnek verilmiştir. En sıcak ay Temmuz, en soğuk ay ise Aralık'tır. Kollektör alanı ise bu aylara göre esas alınmıştır. Emniyetli olması açısından toplam soğutma yükü $186030 \text{ W}(=160000 \text{ kcal/h})$, ısı kaybı $290660 \text{ W}(=250000 \text{ kcal/h})$ alınmıştır.

4.3 SICAK SU İHTİYACI İÇİN GEREKLİ KOLLEKTÖR HESABI

Antalya'da 200 kişilik lojmanın sıcak su ihtiyacını karşılayacak kollektör yüzey hesabı: Kollektörler tam güneye yöneliktir.

Toplayıcının yatayla yaptığı açı amprik olarak

$$S = \text{Enlem} - 20^\circ = 37^\circ - 20^\circ = 17^\circ \text{ bulunur (21).}$$

Yatay düzleme gelen toplam güneş ışınımı Tablo 3' den $Q_t = 233.4 \text{ W/m}^2$ ($=4817 \text{ kcal/m}^2 \text{ gün}$) alınır.

Eğik toplayıcı düzlemi için dönüşüm faktörü 37° enlem için tablo 4'den

$$R = (1.056 - 1.060) / 2 = 1.058 \text{ bulunur.}$$

Eğik toplayıcı düzlemine gelen toplam ışı nım ortalaması:

$$Q_t \text{ eğik} = Q_t \text{ yatay} \times R = 233.4 \times 1.058 \\ = 247 \text{ W/m}^2 \quad (=5096 \text{ kcal/m}^2 \text{ gün})$$

Kullanım yerindeki suyun faydalı ısısı:

$$Q_{\text{fay}} = Q_t \text{ eğik} \cdot \eta_{\text{topl.}} \cdot \eta_m \cdot \eta_e \quad (\text{Eşanjör yok, } \eta_e=1)$$

η_m - toplayıcı dışında boru donanımı ve depolamanın verimidir. Küçük tesisatlarda 0.40 + 0.66 büyük tesisatlarda 0.50 + 0.80 alınabilir. $\eta_m = 0.50$ seçilmiştir (21) .

$$\eta_{\text{topl.}} = 0.65 \quad (\text{Tablo 5'den})$$

$$Q_{\text{fay.}} = 247 \times 0.65 \times 0.50 = 80.275 \text{ W/m}^2$$

Sıcak su ihtiyacı için gerekli ısı miktarının bulunması:

$$Q_{\text{gerekli}} = m \cdot c \cdot (T_w - T_s)$$

m- Hazırlanacak sıcak su miktarı (Tablo 6'dan 100 lt/gün kişi
(=1.16 . 10⁻⁶ m³/s kişi)

$$m = 200 \times 1.16 \cdot 10^{-6} = 0.232 \text{ kg/s.}$$

$$c = 4186 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$$

T_w - Isıtılması istenen suyun sıcaklığı, 318^oK (= 45^oC)

T_s - Şebeke suyu sıcaklığı

$$T_s = 26.5 - 5 = 21.3 \text{ } ^\circ\text{C} = 294.45 \text{ } ^\circ\text{K} \quad (\text{Tablo 7'den})$$

$$Q_{\text{gerekli}} = 0.232 \times 4186 (318-294,45) = 22870.63 \text{ W}$$

Gerekli toplayıcı yüzey alanı:

$$F_k = Q_{\text{gerekli}} / Q_{\text{faydalı}}$$

$$F_k = 22870.63 / 80.275 = 284.9 \sim 285 \text{ m}^2$$

Sıcak su deposu hacmi:

$$V = \beta_1 \cdot F_k \quad (\beta_1 = 0.06 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ (21)})$$

$$V = 0.06 \times 285 = 17.1 \text{ m}^3$$

Sirkülasyon pompası debisi:

$$G = \beta_2 \cdot F_k \quad (\beta_2 = 1.67 \cdot 10^{-5} \text{ m/s (21)})$$

$$G = 1.67 \cdot 10^{-5} \times 285 = 4.75 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Tablo 3. Yatay düzleme gelen toplam güneş ışınımı Q_{yatay} kcal/m² gün ortalama değerleri (1962-1980)

İstasyonu	Enlemi	Haz.Tem.	Ekim-Mart	Bütün Yıl
		Ağus.		
Adana	36° 59'	4890	2103	3255
Ankara	39° 57'	4793	1867	3085
Antalya	36° 53'	4817	2163	3279
Bursa	40° 11'	4313	1598	2696
Diyarbakır	37° 55'	5267	2142	3432
Erzurum	39° 55'	4757	2020	3178
İst.(Florya)	40° 59'	4480	1570	2774
Gaziantep	37° 05'	5053	2218	3407
İzmir	38° 24'	4717	1912	3089
Kayseri	38° 43'	4733	1972	3116
Konya	37° 52'	4613	2038	3122
Trabzon	41° 00'	3477	2560	2385

Tablo 4. Enleme, mevsime ve toplayıcı eğim açısına göre R faktörleri (21).

Enlemi	Mevsimi	ψ (°)	S			
			15°	30°	45°	60°
36°	Haz-Ağus.	19.12	1.056	1.039	0.952	0.800
	Ekim-Mart	51.43	1.293	1.496	1.597	1.589
	Bütün yıl	36.00	1.154	1.229	1.221	1.129
38°	Haz-Ağus.	20.00	1.060	1.059	0.964	0.815
	Ekim-Mart	51.87	1.296	1.503	1.608	1.603
	Bütün yıl	38.00	1.168	1.257	1.260	1.177
40°	Haz.-Ağus.	22.84	1.075	1.077	1.005	0,865
	Ekim-Mart	53,44	1.315	1.540	1.661	1.668
	Bütün yıl	40.00	1.183	1.286	1.301	1.227

Tablo 5. 55°C lik su hazırlayan seçici yüzeyle toplayıcıların verimleri.

Toplayıcı Türü	Tek tabaka camlı seçici yüzeyle yutucu levhalı	Çift tabaka camlı seçici yüzeyle yutucu levhalı
Haziran-Temmuz - Ağustos	0.65	0.60
Ekim - Mart	0.25	0.35
Bütün yıl	0.40	0.45

Tablo 6. Sıcak su ihtiyacı

I. Konutlarda	
a. Fakir ailelerde	40-60 lt/gün kişi başına
b. Orta halli ailelerde	60-100 lt/gün kişi başına
c. Zengin ailelerde	100-150 lt/gün kişi başına
II. Otel-Pansiyon ve Misafirhanelerde	
a. Ortalama değer	100 lt/gün kişi başına
b. Lüks oteller için	200 lt/gün kişi başına
III. Atölye ve Endüstri Tesislerinde	
a. Ortalama değer	50 lt/gün kişi başına
b. Lavabolarda	30 lt/gün kişi başına
c. Küvetli duşlarda	80 lt/gün kişi başına
d. Açık duşlarda	50 lt/gün kişi başına

Tablo 7. 1,0 m derinlikteki toprak sıcaklıkları (1962-1980)
Ortalamaları °C

İstasyonu	Haziran-Temmuz		Bütün yıl
	Ağustos	Ekim-Mart	
Adana	-26,7	17.9	21.2
Ankara	20.6	11.0	14.6
Antalya	26.3	17.4	20.5
Bursa	23.7	12.3	16.5
Diyarbakır	24.9	15.2	18.7
Erzurum	14.5	5.3	8.5
İst. (Florya)	21.3	13.1	16.0
İzmir	29.0	16.2	20.9
Gaziantep	23.2	13.5	16.9
Kayseri	20.8	10.6	14.3
Konya	19.8	10.8	14.1
Trabzon	20.2	13.0	15.6

Yaz sezonu dikkate alınarak hesaplanan kollektör yüzeyinin diğer sezonlarda ne kadar takviye enerji gerektireceği aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 8.

Sezon	$Q_{ger.}$ (W)	Q_{fay} (W/m ²)	F_k (m ²)	F'_k (m ²)	Güneşten yararlanma (%)	Gerekli takviye enerji (%)
Haz-Ağus.	22870	80.275	285	285	100	-
Ekim-Mart.	31588.8	16.61	1901.5	285	15	85
Bütün yıl	28584.9	36.6	781.25	285	36.5	63.5

4.4 GÜNEŞ ENERJİSİ ŞİDDETİNİN VE KOLLEKTÖRDE TOPLANAN FAYDALI ENERJİNİN BULUNMASI

Güneş enerji şiddetinin, kollektörde toplanan faydalı enerjinin, kollektör verimini ve kollektör alanını bulduran bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Bu programda saatlik enerji miktarının toplanmasıyla günlük enerji şiddeti Bölüm (1.4), (2.1.1.3)'de verilen denklemler kullanılarak bulunmuştur. Bilgisayar programı sonucunda optimum kollektör alanı belirlenmiştir. Bilgisayar program ve çıktıları Ek 2'de verilmiştir ve programda kullanılan meteorolojik veriler Ek 3'de verilmiştir.

Faydalı enerjinin bulunmasında kollektör olarak düzlem kollektör kullanıldığı düşünülmüştür. Alt tabaka alüminyum, kaplama bakır oksit olmak üzere seçici yüzeyli, iki cam örtülü (2x1) m boyutlu kollektör seçilmiştir.

4.5 ABSORBSİYONLU SOĞUTUCUNUN TASARIMI

Sistem, maksimum ısı yüküne göre dizayn edilmelidir. Gerekli soğutma yükü 186030 W, sıcak su için gerekli ısı miktarı 22970 W'dır. Buna göre toplam ısı yükü 208900 W'dır.

1 ton soğu = 3.516 kW olduğuna göre $Q_T = 59.41 \sim 60$ ton soğu gerekmektedir.

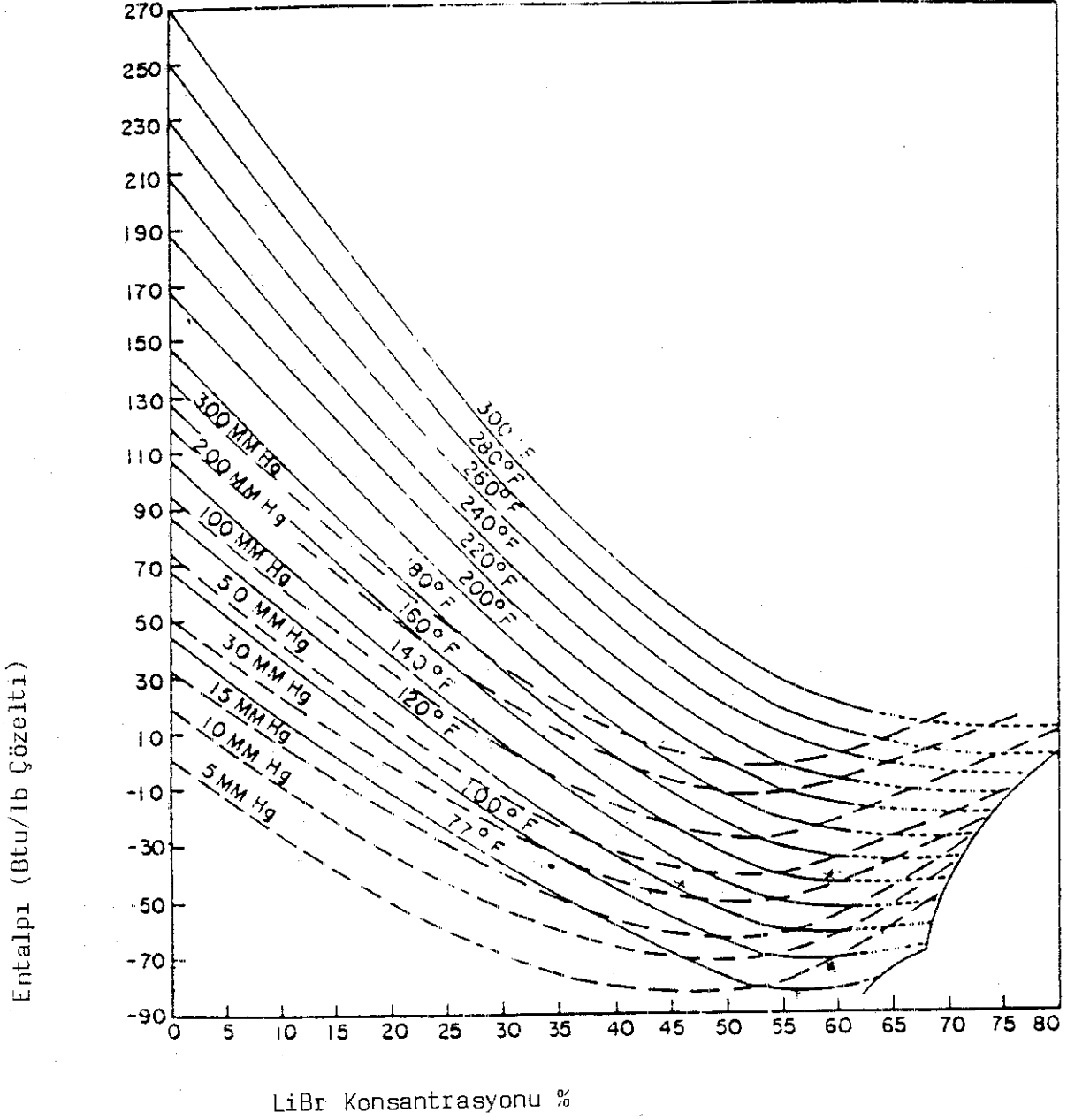
Makina aşağıdaki koşullara göre dizayn edilecektir;

1. Makina 60 ton soğu temin edecektir.
2. Evaporatör sıcaklığı 7.2°C , absorber çıkış sıcaklığı 25°C ve kondenser sıcaklığı 32°C olacaktır.
3. Isı değiştirgecinde minimum sıcaklık farkı $\Delta T_{\min} = 5^{\circ}\text{C}$ olacaktır.
4. Jeneratör, düzlem kollektörlerle ısıtılacaktır ve soğutkanın buharlaşması için 74°C 'ta tutulacaktır.
5. Evaporatör basıncı 1.02 kPa, kondenser basıncı 4.79 kPa olacaktır.
6. Çevrimdeki belirlenmiş noktalarda belirlenmiş sıcaklıklarda soğutkan ve absorbent fazları dengededir.
7. Genleşme valfi hariç ısı değiştirgecindeki basınç azalmaları ihmal edilecektir.
8. Evaporatör ve kondenser basınçları, soğutkanın buharlaşma basıncına eşittir. Örneğin su için, buhar tablolarından bulunur.
9. LiBr-H₂O karışımı için entalpi değerleri Şekil 38'den alınacaktır.

Önce çevrimin her noktası için termodinamik özellikleri gösteren bir tablo hazırlanmıştır.

Durum	Sıcaklık $^{\circ}\text{C}$	Basınç kPa	LiBr kons. %	Akış kg/kgsu	Entalpi kJ/kg
1	74	4.79	60	14	-93
2	30	4.79	60	14	-163
3	30	1.02	60	14	-163
4	25	1.02	56	15	-167
5	25	4.79	56	15	-167
6	50	4.79	56	15	-101.6
7	74	4.79	0	1	2603
8	32	4.79	0	1	134
9	7.2	1.02	0	1	134
10	7.2	1.02	0	1	2474

Absorbsiyonlu soğutucunun modeli Şekil 34'de verilmiştir.



Şekil 38. LiBr-H₂O birleşimi için entalpi-konsantrasyon diyagramı

7 ve 10 noktalarındaki entalpiler şu formülle hesaplanmıştır.

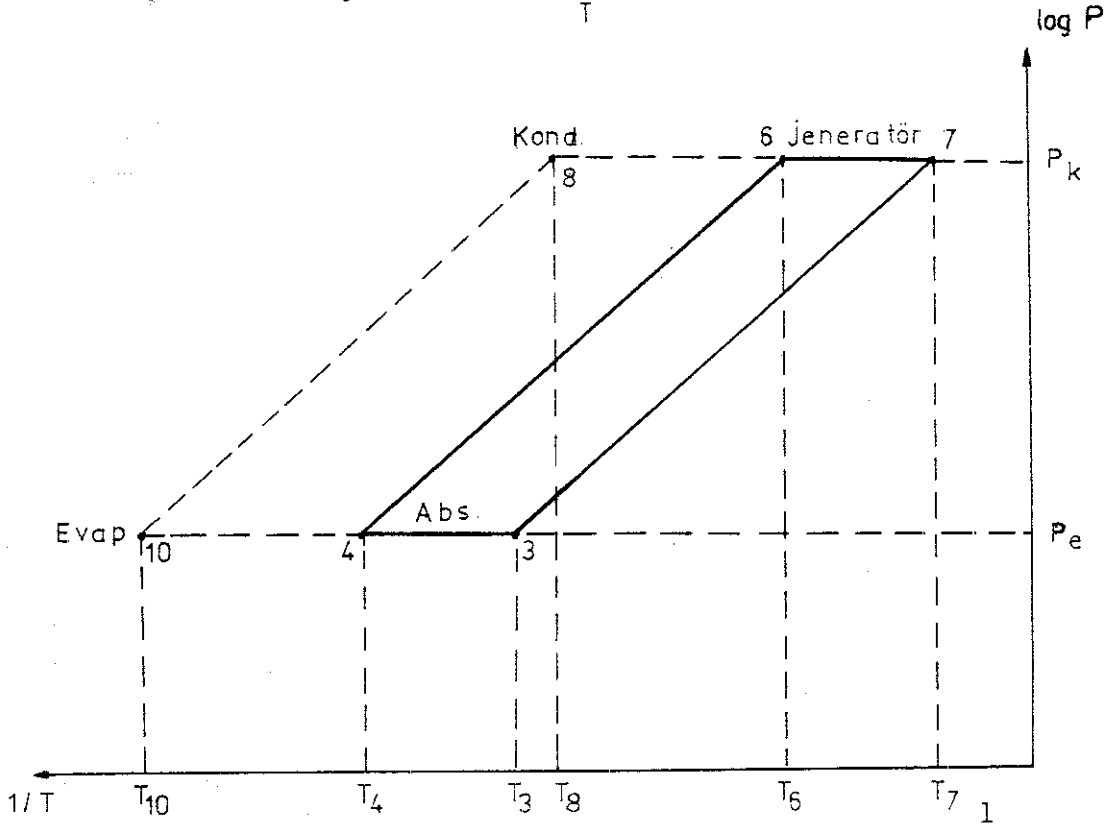
$$h_{vg} = 2463 + 1.89 \cdot t$$

t °C olarak buharlaşma sıcaklığıdır.

$$h_7 = 2463 + 1.89 \times 74 = 2603 \text{ kJ/kg}$$

$$h_{10} = 2463 + 1.89 \times 7.2 = 2476 \text{ kJ/kg}$$

Şekil 39'da çevrim log P- $\frac{1}{T}$ diyagramında gösterilmiştir.



Şekil 39. Absorbsiyonlu soğutma çevriminin log P- $\frac{1}{T}$ diyagramında gösterilişi.

Kütle denge denklemleri,

$$\frac{\dot{m}_{ab}}{\dot{m}_s} = \frac{0.56}{0.60-0.56} = 14$$

$$\frac{\dot{m}_z}{\dot{m}_s} = \frac{\dot{m}_{ab} + \dot{m}_s}{\dot{m}_s} = 14 + 1 = 15$$

Enerji denge denklemleri;

Isı değiştirgecinde

$$h_6 = h_5 + \left(\frac{\dot{m}_{ab}}{\dot{m}_z} (h_1 - h_2) \right)$$

$$h_6 = -167 + \left(\frac{14}{15} (-93 - (-163)) \right) = -101.6 \text{ kJ/kg}$$

(6) noktasındaki sıcaklık, h_6 entalpisi ve bu noktadaki basınca karşılık diyagramdan 50°C olarak okunur.

Soğutucu akış debisi (3.8) denkleminde elde edilir.

$$q_{\text{soğutucu}} = 208.9 \text{ kW}$$

$$\dot{m}_s = \frac{208.9}{2464 - 134} = 0.0896 \text{ kg/s}$$

Absorbent debisi;

$$\dot{m}_{\text{ab}} = \frac{\dot{m}_{\text{ab}}}{\dot{m}_s} \cdot \dot{m}_s = 14 \times 0.0896 = 1.255 \text{ kg/s}$$

Zengin eriyiğin debisi:

$$\dot{m}_z = \dot{m}_{\text{ab}} + \dot{m}_s = 1.255 + 0.0896 = 1.345 \text{ kg/s}$$

Jeneratörde depolanması gereken ısı (3.9) denkleminde;

$$q_{\text{jen}} = (0.0896 \times 2603) + (1.255 \times (-93)) - (1.345 \times (-101.6))$$

$$q_{\text{jen}} = 253.1658 \text{ kW}$$

Isı değiştirgecinde fakir eriyikten zengin eriyiğe verilen ısı

(3.10) denkleminde

$$q_{1.d} = 1.255(-93 - (-163)) = 87.85 \text{ kW}$$

Kondenserden çekilen ısı (3.11) denkleminde

$$q_{\text{kon}} = 0.0896 (2603 - 134) = 221.22 \text{ kW}$$

Absorberden çekilen ısı (3.12) denkleminde:

$$q_A = 221.22 - 253.1658 - 208.9 = -240.8458 \text{ kW}$$

Sistemin verimi (3.13) denkleminde;

$$\eta = \frac{q_{\text{soğutucu}}}{q_{\text{jeneratör}}} = \frac{108.9}{253.1659} = 0.82$$

Sonuç olarak;

Çıkarılan ısı (kW)

Absorberde, -250.8458

Kondenserde -221.22

-462.0658

Verilen Isı (kW)

Jeneratörde: 253.1658

Evaporatörde: 208.9

462.0658

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Antalya'da uygulanması düşünülen örnek proje için güneş enerjisinden yararlanarak planlanan ısıtma ve soğutma sisteminde ulaşılan sonuçlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

Isıtma sistemi için, Ekim'den Mart ayına kadar olan altı aylık periyot içerisinde en fazla ısıya (290 660 W) ihtiyaç olunan ay Aralık'tır. Şekil 40'da bu ayda yardımcı enerjiye gerek duymadan istenen ısı ihtiyacının 6500 m²'lik kollektörlerle karşılanabileceği görülmektedir. Şubat, Mart, Nisan aylarında ise 2000-2500 m² kollektörlerle ısı ihtiyacı karşılanmaktadır, Aralık ve Ocak aylarındaki verimin % 40 olduğu görülmektedir. Bununla birlikte sıcak su ihtiyacının karşılanabilmesi için 1901 m²'lik kollektör ilavesi gerekeceğinden Aralık ayına göre toplam kollektör alanı 8401 m² olmaktadır.

Soğutma sistemi için, Mayıs'tan Eylül ayına kadar olan beş aylık periyot içerisinde en fazla soğutma yüküne (186030 W) ihtiyaç Temmuz ayındadır. Şekil 41'den anlaşıldığı gibi Temmuz ayı için 1280 m² kollektör alanı gerekmektedir. Mayıs-Haziran-Temmuz aylarına ait kollektör alanı ile verim eğrisi çizilmiştir. Ağustos ve Eylül aylarına ait eğriler ise diğerleri ile çakışık olduğundan gösterilmemiştir.

Soğutmanın yanında sıcak su ihtiyacının karşılanabilmesi için yaz sezonu için 285 m²'lik ilave kollektör gerekmektedir. Bu durumda Tablo 8'den görüleceği üzere yaz sezonundaki sıcak su ihtiyacı için hesaplanan değer bütün yıl ortalaması olarak ihtiyacın % 37'sini yalnız kış ayları ortalaması olarak da ihtiyacın % 15'ini karşılamaktadır.

Isıtma ve soğutma sistemlerinin ekonomiklik hesapları yapıldığında ısıtma ve soğutma sistemlerinin amorti süreleri çok uzundur (55,25 yıl gibi mertebelerdedir). Ancak sıcak su hazırlama sistemi için amorti süresi 5 yıl mertebesinde dir. Sıcak su hazırlama sistemi dışında yalnız ısıtma ve soğutma sistemi düşünüldüğü zaman sistem ekonomik olmamaktadır. Isıtma ve soğutma sistemi birlikte düşünülürse sistem ekonomiklik kazanabilecektir.

Temmuz ve Aralık ayları kriter seçilerek Şekil 42'de bir karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda düşünülen projeye göre soğutma sistemi esas alınarak dizayn yapılmıştır. Temmuz ayında soğutma yükünü karşılayabilen kollektör alanı Aralık ayındaki ısı ihtiyacının ancak % 20'sini karşılayabilmektedir.

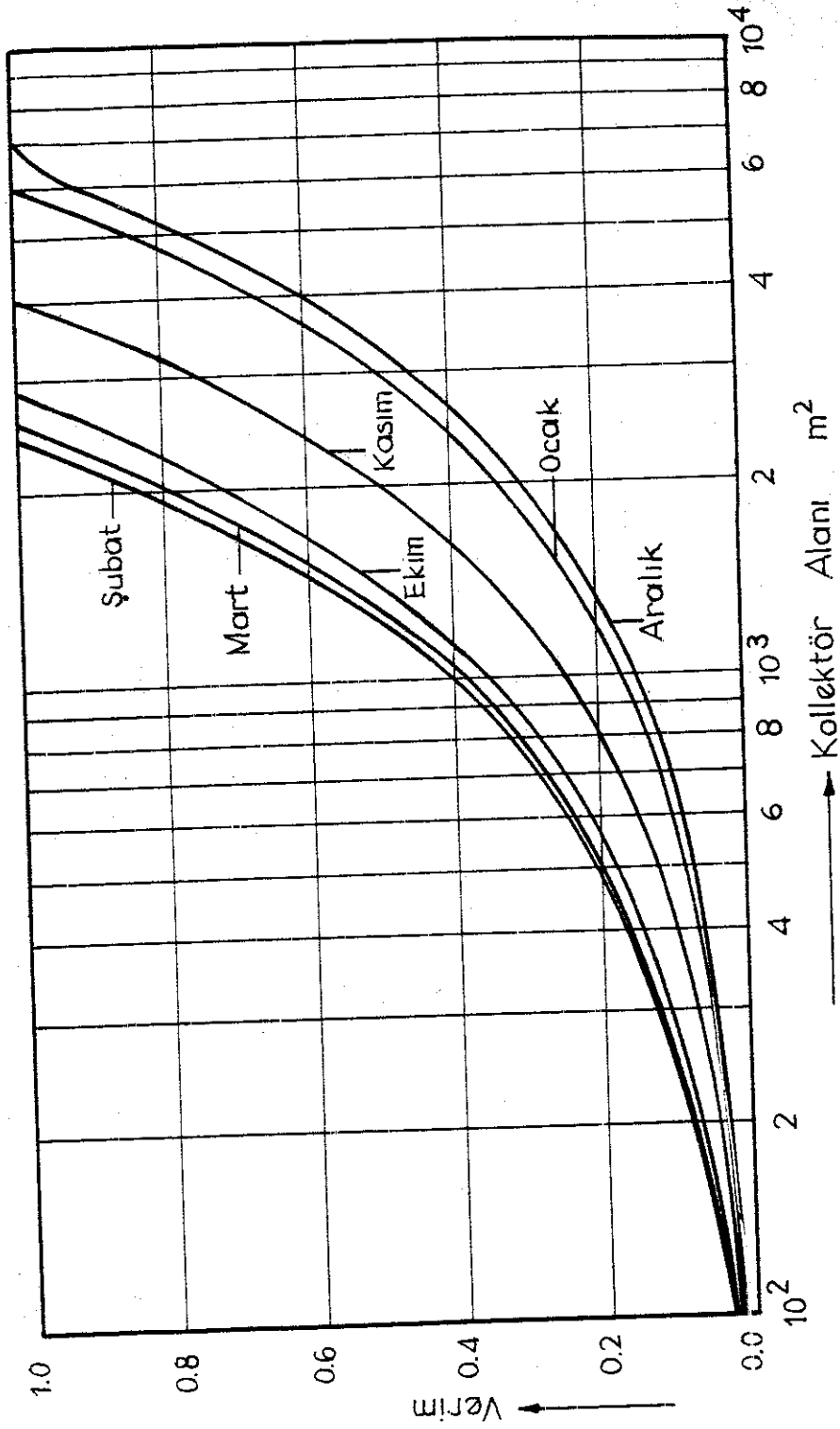
Soğutma sistemi için absorpsiyonlu soğutma sistemi ve soğutkan-absorbent çiftleri içinde $H_2O-LiBr$ çifti maliyeti ve mükemmel veriminden dolayı seçilmiştir. Sistemde, $7.2^{\circ}C$ evaporatör ve $74^{\circ}C$ jeneratör sıcaklığı alındığında sistem verimi % 82 olarak hesaplanmıştır. Şüphesiz bu verim değeri uygulamada kayıplar nedeniyle daha küçük olmaktadır.

Bu sonuçların ışığında güneş enerjisi ile ısıtma ve soğutma konusundaki çalışmalar için aşağıdaki öneriler yapılabilir:

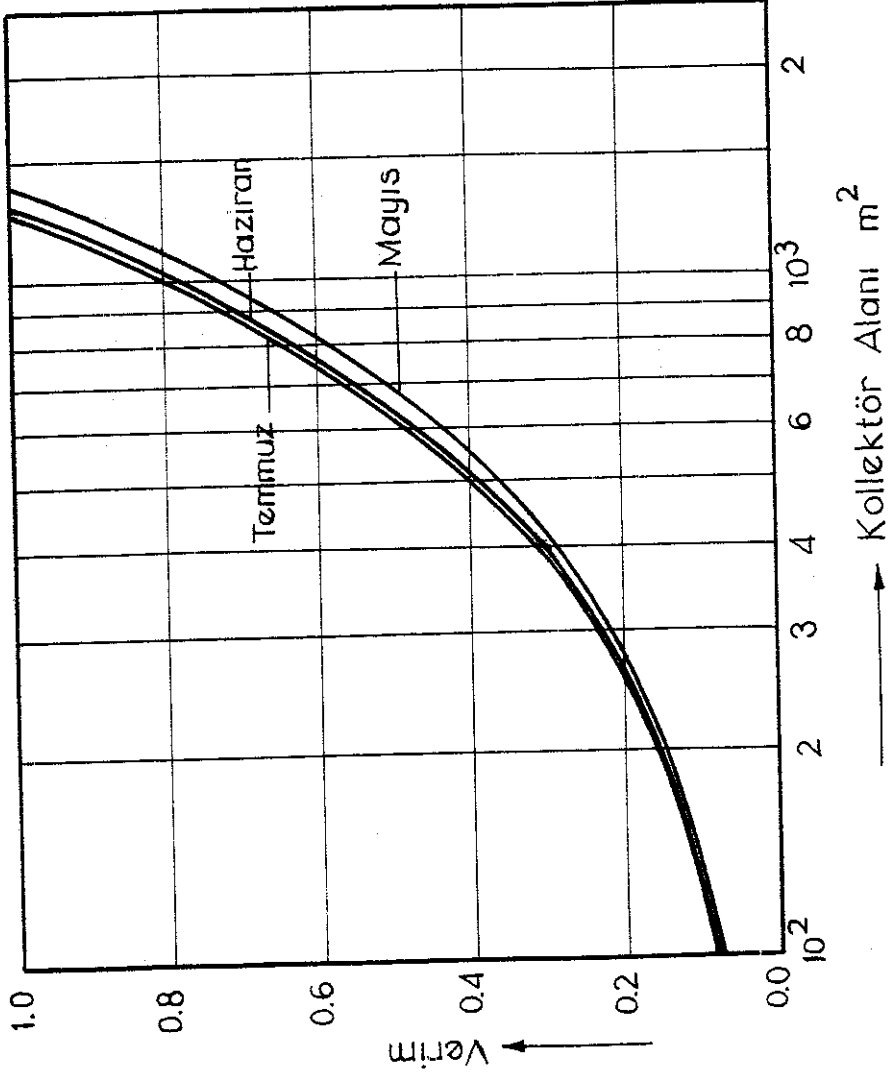
Güneş enerjisinden sadece bina ısıtma ve soğutmasında yararlanmak maksadıyla tesis kurma ekonomik olmamakla beraber, her ikisini bütünleyen bir tesis kurma çalışması yapılmalıdır. Araştırmalar sürdürülerek tesis maliyetlerinin düşürülmesine çalışılmalıdır. Enerji gereksinimine duyulan istek, teknolojinin yayılması ve seri imalat sonucunda maliyet düşeceğinden güneş enerjisinden yararlanan sistemler daha yaygın duruma gelebilecektir.

Bununla birlikte düz toplayıcıların yerini güneş havuzu (problemleri giderilerek) alırsa önemli bir yer tasarrufu sağlanacak ve yatırım maliyeti önemli ölçüde düşecektir. Örneğin, yapılan hesaplara göre, $1280 m^2$ kollektör alanı yerine 1.8 m derinliğinde $335 m^2$ 'lik yüzey alanı olan bir güneş havuzu gerekecektir (11,13).

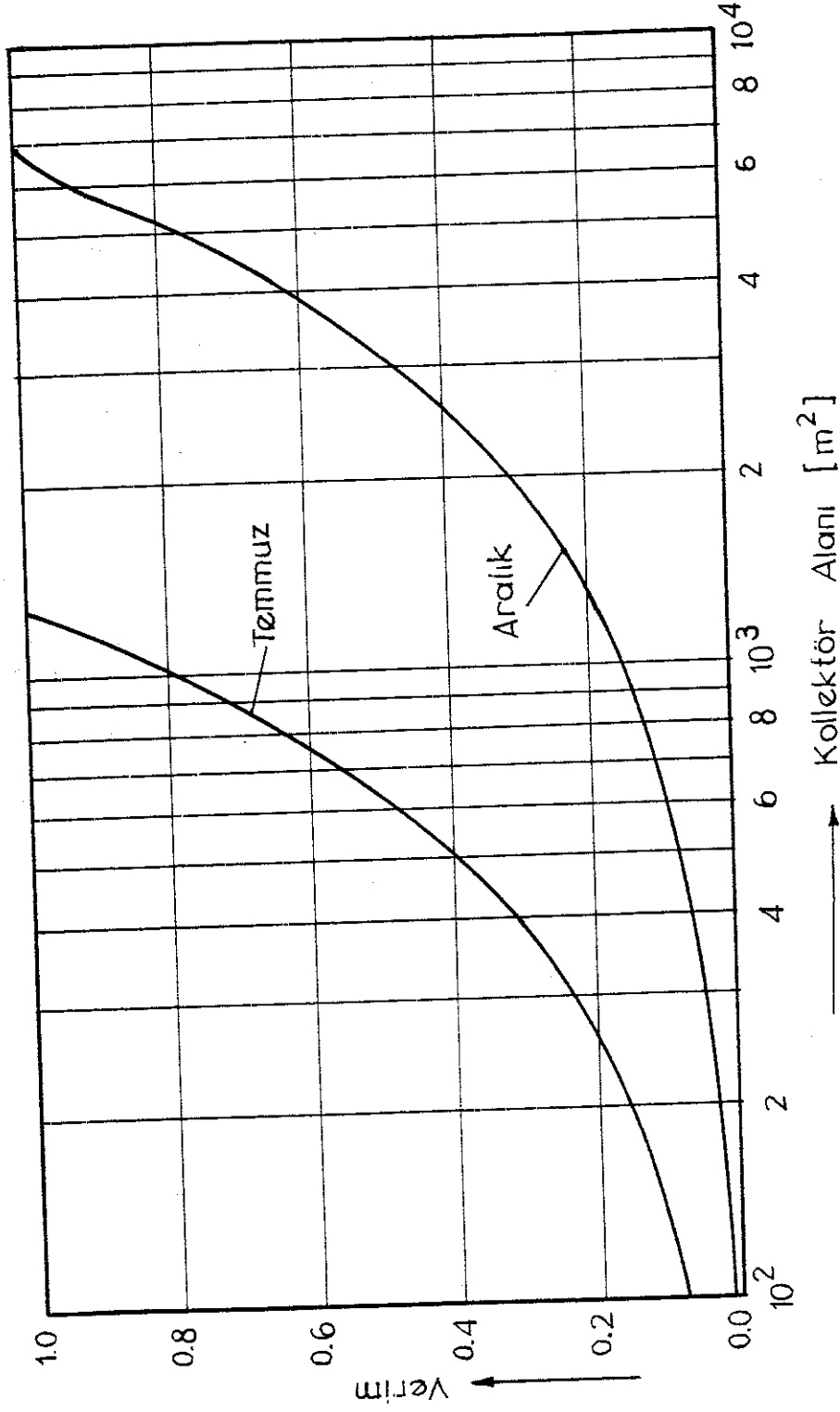
Böylece, bundan sonra yapılacak çalışmalarda güneş enerjisinden yararlanarak dizayn edilen sistemler ülke ekonomisine enerji açısından daha büyük katkılarda bulunabilecektir.



Şekil 40. Isıtma sistemi için aylara göre kollektör alanı ile verim arasındaki karşılaştırma



Şekil 41. Soğutma sistemi için aylara göre kollektör alanı ile verim arasındaki karşılaştırma



Şekil 42. Kritik iki ayın soğutma ve ısıtma sistemi için karşılaştırılması

KAYNAKLAR

1. KILIÇ, A ve ÖZTÜRK, A., Güneş Enerjisi, Kipaş Dağıtımçılık, İstanbul, 1983.
2. ÇETİNÇELİK, M., Güneş Enerjisi Geleceğin Yakıtı mıdır?, İTÜ, 1989.
3. ÇINGİ, E., Güneş Işınımı, Y.Ü.Fizik Bölümü.
4. DERİŞ, Neşe Türkiye Güneş Enerjisi Araştırma Vakfı Güneş Enerjisi Teknolojisi Eğitim Kursu Notu, 1988.
5. TÜBİTAK Müh.Araştırma Grubu, Proje, No:503, Bir İlkokul Binasının Güneş Enerjisinden Faydalanılarak Isıtılması.
6. İTÜ Bitirme Tezi, Güneş Enerjisine Dayalı Soğutma Sistemleri ve Adana'daki Bir Eve Uygulanması.
7. DAĞSÖZ, A.K., "Güneş Kollektörlerinin İmalatında ve Montajlarında Dikkat Edilecek Hususlar" adlı yayını, İTÜ, 1988.
8. KILIÇ, A., Güneş Enerjili Sıcak Su Sistemleri, İTÜ, 1989.
9. KREIDER, F.and KREITH, F., Solar Energy Handbook, 1981.
10. KÜLÜNK, H. ve EYİCE, S., Yeni Enerji Kaynakları, İstanbul, 1983.
11. KÜLÜNK, H., Tuz Tabakalı Güneş Havuzları ve Enerji Üretimi, Yıldız Üniversitesi.
12. GÖKTUN, S., Güneş Enerjisinin Depolanması, İTÜ, 1983.
13. ÖZEK, N., Bir Tuzlu Güneş Havuzu Tasarımı ve Yapımı, Doktora Tezi, 1985.
14. DERİŞ, N., Pasif Sistem, İTÜ, 1988.
15. BALCOMB, J.DOUGLAS, Passive Solar Energy Systems for Buildings, Colifornia.
16. DERİŞ, N., Aktif Sistem, İTÜ, 1989.
17. İTÜ Yük.Lisans Tezi, Güneş Enerjisi ile Soğutma.
18. ÖREN, D., Güneş Pilleri, Yıldız Üniversitesi.
19. AKKAYA, B., Güneş Enerjisi ile Soğutma Sistemleri, Eskişehir, 1985.
20. ERCİN, D., Güneş Enerjisinden Faydalanarak Doğal Zeolitlerin Kullanımıyla Soğutmanın Sağlanması, Yük.Lisans Tezi, 1984.
21. ARINÇ, Ü.D., Prof.Y.Müh., Güneşli Su Isıtıcılarının Projelendirilmesi, Yıldız Üniversitesi, 1989.

EK 1.

ISI TRANSFERİ KATSAYILARININ HESABI

Ön Bilgiler

İl	: Antalya
Kat Durumu	: Alt zemin, üst zemin+3 normal kat
Kullanım Amacı	: Konut + Sosyal Hizmetler
İşletme Durumu	: I. İşletme rejimi
Bina Durumu	: Serbest
İnşaat Düzeni	: Bitişik
Dış hava Sıcaklığı	: +3
Bölge Durumu	: Rüzgârlı

Isı Geçirme Katsayıları:

Binada kullanılan yapı elemanlarının ısı geçirme katsayıları TMMOB'nun 85 nolu yayını ile TS 825'e uygun olarak alınmış ve aşağıda gösterilmiştir.

Yapı Elemanı	$k(kcal/m^2h^{\circ}C)$
DD 19 cm delikli tuğla	1.50
ID 29 cm delikli tuğla	1.02
ID 19 cm delikli tuğla	1.32
ID 9 cm delikli tuğla	1.86
TA 12 b.a. betonu, 20 cm perlit	0.70
KOL 30 cm b.a. betonu, iç	1.91
KOL 30 cm b.a. betonu, dış	2.40
KİR 20 cm b.a. betonu, dış	2.80
KİR 20 cm b.a. betonu, iç	2.14
BP 20 cm b.a. betonu, dış	2.80
DÖ 12 cm b.a. betonu, mozaik kaplı, ara kat	1.83
DÖ 12 cm b.a. betonu, 20 cm perlit	0.68-0.70
DÖ 10 cm grabeton, 10 cm cüruf, 15 cm blokaj	1.14-1.20
TP ahşap, tek cam	4.50
TP metal, tek cam, tepe penceresi	5.00
IK ahşap	2.00
IP ahşap	3.00

Sıcaklık Dereceleri1. Isıtılmamış mahaller

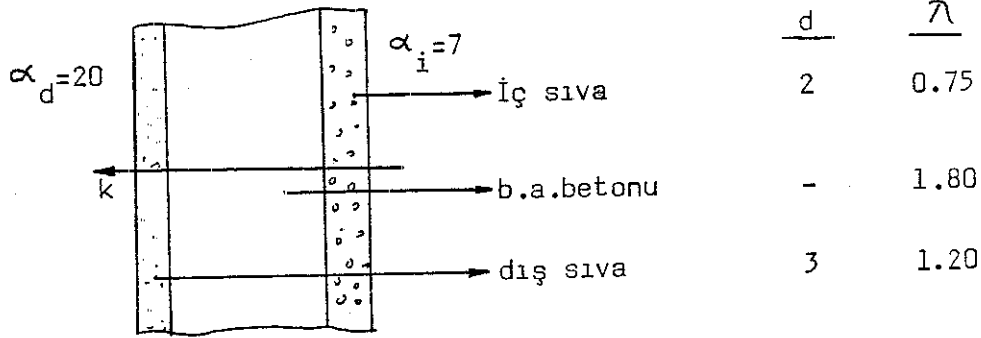
	$^{\circ}\text{C}$
Çatı arası	-
Işıklık	9
Dış duvara bitişik toprak	-
Döşeme altındaki toprak	9
Isı merkezi	18

2. Isıtılan Mahaller

Salon	22
Banyo	26
Yemekhane, kafeterya vs.	20
Lavabo, WC, hol vs.	18

Kol,

Kir (....cm b.a. betonu, dış)



Kir

Kol (20 cm b.a. betonu, dış)

$$k = \frac{1}{\frac{1}{7} + \frac{0,02}{0,75} + \frac{0,20}{1,80} + \frac{0,03}{1,20} + \frac{1}{20}} = 2,8 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^{\circ}\text{C} \quad (=3,25 \text{ W/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C})$$

Kol

Kir (25 cm b.a. betonu, dış)

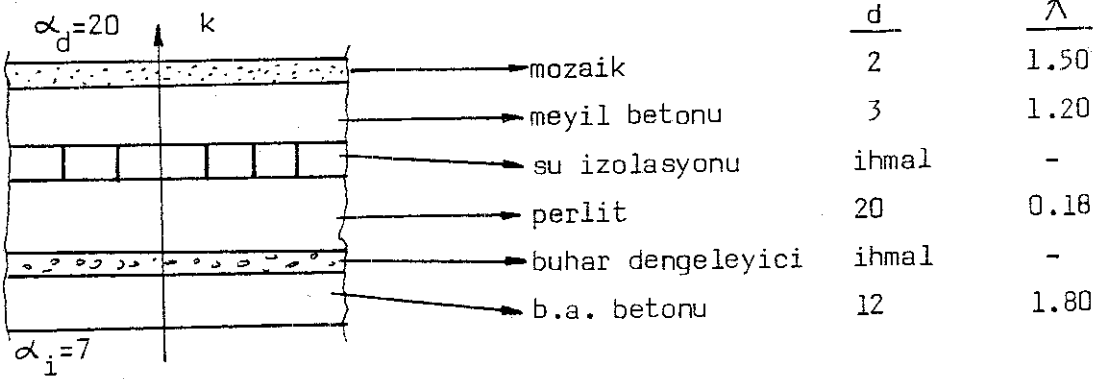
$$k = \frac{1}{\frac{1}{7} + \frac{0,02}{0,75} + \frac{0,25}{1,80} + \frac{0,03}{1,20} + \frac{1}{20}} = 2,6 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^{\circ}\text{C} \quad (3,02 \text{ W/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C})$$

Kol

Kir (30 cm b.a. betonu, dış)

$$k = \frac{1}{\frac{1}{7} + \frac{0.02}{0.75} + \frac{0.30}{1.80} + \frac{0.03}{1.20} + \frac{1}{20}} = 2.4 \text{ kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C} \quad (=2.79 \text{ W/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C})$$

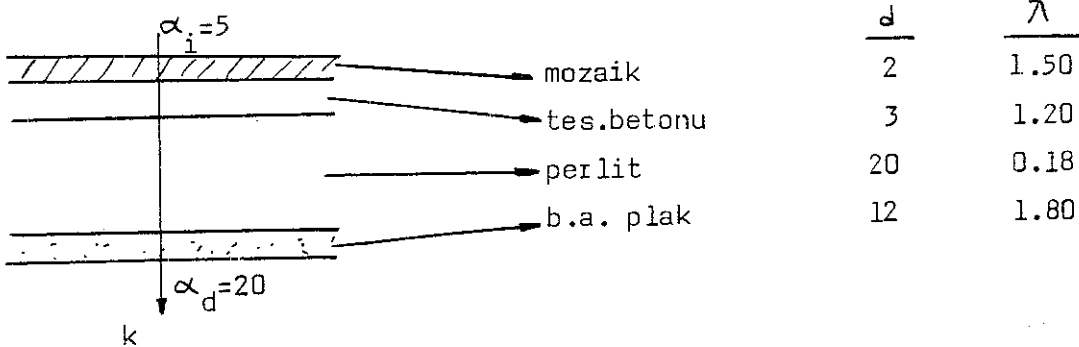
TERAS



$$\frac{1}{\lambda} = \frac{0.02}{1.50} + \frac{0.03}{1.20} + \frac{0.20}{0.18} + \frac{0.12}{1.80} = 1.21$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{7} + 1.21 + \frac{1}{20}} = 0.70 \text{ kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C} \quad (=0.814 \text{ W/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C})$$

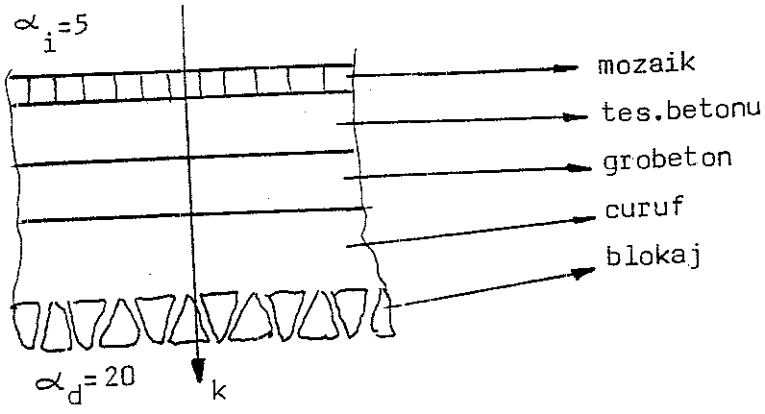
AÇIK GEÇİTLER ÜZERİNDEKİ DÜŞEME



$$\frac{1}{\lambda} = \frac{0.02}{1.5} + \frac{0.03}{1.20} + \frac{0.20}{0.19} + \frac{0.12}{1.80} = 1.21$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{5} + 1.21 + \frac{1}{20}} = 0.69 \text{ kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C} \quad (=0.80 \text{ W/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C})$$

ZEMİNE OTURAN DÖŞEME



d	λ
2	1.50
3	1.50
10	1.50
10	0.20
15	0,20

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{0.02}{1.50} + \frac{0.03}{1.50} + \frac{0.10}{1.5} + \frac{0.10}{0.20} + \frac{0.15}{0.20} = 0.67$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{5} + 0,67 + \frac{1}{\infty}} = 1.14 \text{ kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C} (=1.325 \text{ W/m}^2\text{C})$$

ISI KAYBI HESABI													Sayfa			
Tesisin Adı :													Kat			
													Tarih			
Yapı Bileşeni			Alan Hesabı				Isı Kaybı Hesabı				Zamlar		G _h = Q _h + Q _s Toplam Isı İhtiyacı			
İşaret	Yön	Kalınlık	Uzunluk	Yükseklik veya Genişlik	Toplam Alan A ₀	Miktar	Çıkarılan Alan	Hesaba Girilen Alan A	Isı İletim Katsayısı	Sıcaklık Farkı Δt	Zamsız Isı Kaybı Q ₀	Z ₀ Birleşik		Miktar Yüksekliği	Fı Yön	N Toplam
		cm	m	m	m ²	Ad	m ²	m ²	W/m ² C x 1/1,163	°C	W x $\frac{1}{1,163}$	%	%	%	1+%	W x $\frac{1}{1,163}$
			3.01 ANTRE 1 (19 ⁰ C)													
TA		12	2.20	3.50	7.70	1	-	7.70	0.70	15	81					
TA		12	2.35	1.10	3.24	1	-	3.24	0.70	15	34					
ID		29	.50	2.30	1.40	1	-	1.40	1.02	3	13					
											129	7	+0	1.07	137	
			302 WC (19 ⁰ C)													
IP		0	.50	.60	.30	1	-	.30	3.00	9	8					
ID		13	1.00	2.80	2.80	1	3	2.50	1.32	9	30					
TA		12	1.00	1.80	1.80	1	-	1.80	0.70	15	18					
											57	7	+0	1.07	61	
			303 BANYO (26 ⁰ C)													
IP		0	.50	0.60	.30	1	-	.30	3.00	17	15					
ID		9	.60	2.80	1.68	1	3	1.38	1.86	17	44					
ID		9	1.80	2.80	5.04	1	-	5.04	1.86	8	75					
IK		0	.80	2.20	1.76	1	-	1.76	2.00	8	28					
ID		9	1.70	2.80	4.76	1	1.76	3.00	1.86	8	45					
ID		9	2.40	2.80	6.72	1	-	6.72	1.86	6	75					
KIR		20	1.70	2.60	1.02	1	-	1.02	2.14	4	8					
ID		18	1.70	2.80	4.76	1	1.02	3.74	1.34	4	20					
TA		12	2.40	1.70	4.08	1	-	4.08	0.70	23	68					
											377	7	+0	1.07	403	

EK 2. METEOROLOJİK VERİLER

Yatay düzleme gelen aylık ortalama, tüm (Q MJ/m²-gün), direkt (Q_d , MJ/m²-gün) atmosfer dışı ışınım (Q_u , MJ/m²-gün) ve izafi güneşlenme süresi (t/t_0) değerleriyle, Antalya'nın enlem (e , drc) ve yükseklikleri (Z , m).

	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUS.	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARAL.	ORT.
ANTALYA 0	7.8	10.7	14.6	18.6	22.1	23.8	23.1	20.9	17.5	12.8	9.3	7.1	15.7
E= 36.5	4.0	5.8	8.4	11.1	14.0	15.5	14.9	13.4	11.2	7.7	5.3	3.6	9.6
Z= 42	17.2	22.3	28.7	35.1	39.5	41.2	40.3	36.8	31.0	24.1	18.3	15.7	29.2
T/TO	0.53	0.54	0.57	0.62	0.73	0.82	0.86	0.88	0.83	0.74	0.70	0.55	0.70

101

Antalya için aylık ortalama, çevre sıcaklığı ($T_{\text{çev}}$, °C), şebeke suyu sıcaklığı (T_s , °C), maksimum ve minimum sıcaklıklar farkı ($\Delta T=DT$, °C), sıcak su için derece-gün (SUG= SS-DG, °C-gün/yıl, esas alınan sıcaklık $T_k=60^\circ\text{C}$) ve ısıtma için derece-gün (DG=IS-DG, C-gün/ay, °C-gün/yıl, esas alınan sıcaklık $T_{iç}=20^\circ\text{C}$) değerleri

ANTALYA T-ÇEV	10.1	10.7	12.8	16.4	20.5	25.0	28.2	28.1	24.9	20.3	15.6	11.9	18.7
DT	8.6	9.0	9.5	9.6	9.2	10.4	10.8	10.9	11.2	10.9	10.7	8.7	10.0
T-SU	13.8	12.7	13.9	16.1	19.5	23.5	26.8	28.5	27.8	25.2	21.5	17.0	20.5
SS-DG	1432	1324	1429	1316	1265	1095	1029	976	965	1078	1155	1333	14591
IS-DG	306	260	223	0	0	0	0	0	0	0	131	251	1173

Akdeniz Üniversitesi

Rektörlük Kütüphanesi

Demirbaşı No. 4946

Ek-3: Bilgisayar Programı ve Çıktılar

REM FAYDALI ENERJİNİN SAPTANMASI

PI = 3.141592654#

A = PI / 180

E = 36.5

S = 30

DIM q(5), H(5), D(5), T(5), RT(25, 20), RY(25, 20), Y(25, 20), Z(25, 20)

DIM RD(25, 20), R(25, 20), IE(25, 20)

DIM N2(25, 20), TC(25, 20), TO(5), DT(5), T1(25, 20)

DIM K(25, 20), M(25, 20)

DIM S(25, 20), TY(25, 20), QF(25, 20)

DIM Q1(5)

FOR I = 1 TO 5: READ Q1(I): q(I) = Q1(I) * 1000000! / 3600: NEXT I

FOR I = 1 TO 5: READ H1(I): H(I) = (Q1(I) - H1(I)) * 1000000! / 3600: NEXT I

FOR I = 1 TO 5: READ D(I): NEXT I

FOR I = 1 TO 5: READ T(I): NEXT I

FOR I = 1 TO 5: READ TO(I): NEXT I

FOR I = 1 TO 5: READ DT(I): NEXT I

FOR I = 1 TO 5: PRINT USING " *** *****.## *****.## "; I; q(I); H(I): NEXT I

FOR I = 1 TO 5

FOR J = 8 TO 17

H1 = 15 * (J + .5 - 12)

X = (15 / 2) * T(I)

F = EXP(-4 * (1 - ABS(H1) / X) ^ 2)

RY(I, J) = (PI / 24) * ((COS(A * H1) - COS(A * X)) / (SIN(A * X) - (PI / 180) * X * COS(A * X)))

RT(I, J) = (PI / (4 * T(I))) * (COS(A * 90 * H1 / X) + (2 / SQR(PI)) * (1 - F))

Y(I, J) = RY(I, J) * H(I)

Z(I, J) = RT(I, J) * q(I)

B = Z(I, J) - Y(I, J)

YU = COS(A * D(I)) * COS(A * E) * COS(A * H1) + SIN(A * D(I)) * SIN(A * E)

R1 = COS(A * (E - S)) * COS(A * D(I)) * COS(A * H1) + SIN(A * (E - S)) * SIN(A * D(I))

RD(I, J) = R1 / YU

R(I, J) = RD(I, J) * B / Z(I, J) + Y(I, J) / Z(I, J) * (1 + COS(A * S)) / 2 + .2 / 2 * (1 - COS(A * S))

IE(I, J) = R(I, J) * Z(I, J)

N1 = .79 - .09 * (1 - B * RD(I, J) / (Z(I, J) * R(I, J)) * (2 - 1 / R1))

N2(I, J) = N1 + .05

TC(I, J) = TO(I) + (DT(I) / 2) * COS(A * (180 / T(I)) * (J + .5 - 14))

NEXT J

NEXT I

EPSL = .1: EPSS = .98

SIGMA = 5.67E-08

v = 0: HTL = 5.7 + 3.8 * v

SOS = 2: F = (1 - .04 * HTD + .0005 * HTD * HTD) * (1 + .091 * SOS)

c = 250 * (1 - .0044 * (S - 90))

FOR I = 1 TO 5

FOR J = 8 TO 17

T1(I, J) = TC(I, J) + 1

GERI:

c2 = ((T1(I, J) - TC(I, J)) / (SOS + F)) ^ .33

C3 = (c / (T1(I, J) + 273)) * c2

C4 = 1 / (SOS / C3 + 1 / HTD)

```

C5 = SIGMA * (T1(I, J) + TC(I, J) + 546) * ((T1(I, J) + 273) ^ 2 + (TC(I, J) + 273) ^
2)
K1 = C4 + C5 / ((EPSL + .05 * SOS * (1 - EPSL)) ^ (-1) + (2 * SOS + F - 1) / EPSS -
SOS)
K(I, J) = K1 + .34
H = SQR(K(I, J) / (204 * .0015))
C6 = H * .12 / 2
NK = (EXP(C6) - EXP(-C6)) / (EXP(C6) + EXP(-C6)) / C6
L1 = 1 / K(I, J) / (.015 + .12 * NK)
L2 = 1 / (PI * .015 * 300)
FV = 1 / K(I, J) / ((.015 + .12) * (L1 + L2))
L4 = .01 * 4184.3 / K(I, J)
FT = L4 * (1 - EXP(-FV / L4))
S(I, J) = N2(I, J) * IE(I, J)
L5 = (.015 + .12 * NK) / (.015 + .12)
TY(I, J) = 60 - (60 - TC(I, J) - S(I, J) / K(I, J)) * (1 - (FT / FV) * L5)
IF ABS(TY(I, J) - T1(I, J)) (= 1 THEN QF(I, J) = FT * (S(I, J) - K(I, J)) * (60 - TC(I,
J)): GOTO DONGU
T1(I, J) = TY(I, J) + 1: GOTO GERI
DONGU:
NEXT J
NEXT I
DATA 22.1,23.8,23.1,20.9,17.5
DATA 14,15.5,14.9,13.4,11.2
DATA 18.79,23.08,21.18,13.45,2.22
DATA 13.95,14.45,14.22,13.36,12.21
DATA 20.5,25.0,28.2,28.1,24.9
DATA 9.2,10.4,10.8,10.9,11.2
REM KOLEKTOR ALAN HESABI
DIM QFR(5)
DIM QT(5), G1(5, 2000), F(5, 2000), QYAR(2000), qfay(2000), v(2000), c(2000),
ch(2000), cse(2000), c1(2000), c2(2000), ctop(2000)
QFR(1) = QF1: QFR(2) = QF2: QFR(3) = QF3: QFR(4) = QF4: QFR(5) = QF5
P = 1000
FOR I = 1 TO 5: QT(I) = 250000 * 4.1855 * 24: NEXT I
FOR I = 1 TO 5
FOR J = 10 TO 2000 STEP 10
G1(I, J) = QT(I) - QFR(I) * (J + P)
IF G1(I, J) < 0 THEN G1(I, J) = 0
F(I, J) = (QT(I) - G1(I, J)) / QT(I)
NEXT J
NEXT I
END

```

EGIK YUZEY UZERINE GELEN SAATLIK ISINIM (W/M²)

SAAT	EKIM	KASIM	ARALIK	OCAK	SUBAT	MART
8.5	325.551	238.877	168.329	188.870	268.956	408.389
9.5	488.625	403.179	316.744	337.531	419.422	560.252
10.5	595.183	511.629	415.649	436.054	517.770	657.347
11.5	645.840	561.487	460.184	480.878	563.957	703.945
12.5	645.840	561.487	460.184	480.878	563.957	703.945
13.5	595.183	511.629	415.649	436.054	517.770	657.347
14.5	488.625	403.179	316.744	337.531	419.422	560.252
15.5	325.551	238.877	168.329	188.870	268.956	408.389
16.5	143.544	70.024	24.389	40.347	104.975	230.228
17.5	7.967	-32.412	-50.911	-43.377	-9.931	-13.884

EFEKTIF YUTMA - GECIRME CARPIMI

SAAT	EKIM	KASIM	ARALIK	OCAK	SUBAT	MART
8.5	0.766	0.758	0.753	0.755	0.763	0.764
9.5	0.793	0.787	0.782	0.784	0.789	0.791
10.5	0.805	0.801	0.796	0.797	0.801	0.803
11.5	0.810	0.806	0.801	0.802	0.806	0.808
12.5	0.810	0.806	0.801	0.802	0.806	0.808
13.5	0.805	0.801	0.796	0.797	0.801	0.803
14.5	0.793	0.787	0.782	0.784	0.789	0.791
15.5	0.766	0.758	0.753	0.755	0.763	0.764
16.5	0.706	0.691	0.704	0.701	0.706	0.698
17.5	0.196	0.597	0.528	0.539	0.664	-1.076

CEVRE SICAKLIGI

SAAT	EKIM	KASIM	ARALIK	OCAK	SUBAT	MART
8.5	20.331	14.799	10.872	9.278	10.502	13.281
9.5	21.860	16.467	12.293	10.650	11.811	14.512
10.5	23.263	18.050	13.671	11.966	13.026	15.621
11.5	24.428	19.395	14.860	13.091	14.041	16.529
12.5	25.261	20.371	15.731	13.912	14.771	17.174
13.5	25.695	20.885	16.191	14.345	15.152	17.508
14.5	25.695	20.885	16.191	14.345	15.152	17.508
15.5	25.261	20.371	15.731	13.912	14.771	17.174
16.5	24.428	19.395	14.860	13.091	14.041	16.529
17.5	23.263	18.050	13.671	11.966	13.026	15.621

KAYIP KATSAYISI

SAAT	EKIM	KASIM	ARALIK	OCAK	SUBAT	MART
8.5	2.210	2.210	2.209	2.212	2.218	2.226
9.5	2.224	2.223	2.220	2.224	2.230	2.239
10.5	2.234	2.232	2.229	2.231	2.238	2.248
11.5	2.237	2.235	2.231	2.235	2.241	2.251
12.5	2.236	2.234	2.230	2.234	2.240	2.251
13.5	2.230	2.228	2.225	2.229	2.235	2.245
14.5	2.218	2.217	2.216	2.220	2.216	2.226
15.5	2.201	2.200	2.202	2.207	2.213	2.222
16.5	2.189	2.187	2.191	2.185	2.190	2.198
17.5	2.172	2.181	2.188	2.191	2.191	2.192

LEVHA SICAKLIGI

SAAT	EKIM	KASIM	ARALIK	OCAK	SUBAT	MART
8.5	61.291	61.202	61.252	61.452	61.422	62.122
9.5	64.471	63.251	62.095	62.297	63.209	65.041
10.5	65.868	64.571	63.362	63.551	64.572	66.322
11.5	66.554	65.348	63.959	64.152	65.192	67.052
12.5	66.582	65.381	63.989	64.178	65.214	67.075
13.5	65.951	64.767	63.447	63.631	64.644	66.387
14.5	64.600	63.410	62.226	62.411	63.412	65.142
15.5	62.558	61.387	60.432	60.605	61.552	63.206
16.5	60.350	59.402	58.791	58.896	59.602	60.959
17.5	58.943	58.361	58.104	58.098	58.380	58.784

FAYDALI ENERJİ

SAAT	EKIM	KASIM	ARALIK	OCAK	SUBAT	MART
8.5	153.290	76.918	17.223	22.924	90.201	197.105
9.5	286.547	209.997	124.271	146.567	211.477	323.050
10.5	376.087	299.332	215.486	227.581	292.043	405.226
11.5	420.049	342.751	253.749	266.002	320.614	445.822
12.5	421.966	344.872	255.632	267.777	324.134	447.024
13.5	381.365	305.545	220.932	232.721	297.644	409.329
14.5	294.877	218.357	142.677	154.532	218.590	326.545
15.5	163.947	98.922	27.564	38.780	99.450	225.515
16.5	22.429	-38.302	-77.472	-70.780	-25.825	51.468
17.5	-74.205	-105.032	-121.552	-121.309	-123.812	-17.243

EGIK YUZEY UZERINE GELEN SAATLIK ISINIM (W/M²)

SAAT	MAYIS	HAZIRAN	TEMMUZ	AGUSTOS	EYLUL
8.5	462.067	478.919	472.990	456.863	417.232
9.5	594.582	607.815	604.037	600.269	577.314
10.5	681.142	692.133	689.712	693.861	681.694
11.5	724.761	734.882	733.033	740.638	732.805
12.5	724.761	734.882	733.033	740.638	732.805
13.5	681.142	692.133	689.712	693.861	681.694
14.5	594.582	607.815	604.037	600.269	577.314
15.5	462.067	478.919	472.990	456.863	417.232
16.5	295.983	315.702	307.811	279.791	227.183
17.5	129.473	147.264	139.529	109.181	61.881

EFEKTIF YUTMA - GECIRME CARPIMI

SAAT	MAYIS	HAZIRAN	TEMMUZ	AGUSTOS	EYLUL
8.5	0.770	0.769	0.770	0.772	0.772
9.5	0.792	0.791	0.792	0.794	0.796
10.5	0.803	0.802	0.802	0.805	0.808
11.5	0.807	0.807	0.807	0.810	0.813
12.5	0.807	0.807	0.807	0.810	0.813
13.5	0.803	0.802	0.802	0.805	0.808
14.5	0.792	0.791	0.792	0.794	0.796
15.5	0.770	0.769	0.770	0.772	0.772
16.5	0.723	0.722	0.722	0.722	0.717
17.5	0.591	0.591	0.591	0.574	0.522

CEVRE SICAKLIGI

SAAT	MAYIS	HAZIRAN	TEMMUZ	AGUSTOS	EYLUL
8.5	22.000	26.905	30.080	29.593	25.768
9.5	22.933	27.904	31.144	30.773	27.147
10.5	23.744	28.766	32.064	31.806	28.379
11.5	24.390	29.451	32.797	32.635	29.381
12.5	24.840	29.926	33.306	33.214	30.088
13.5	25.071	30.169	33.567	33.512	30.454
14.5	25.071	30.169	33.567	33.512	30.454
15.5	24.840	29.926	33.306	33.214	30.088
16.5	24.390	29.451	32.797	32.635	29.381
17.5	23.744	28.766	32.064	31.806	28.379

KAYIP KATSAYISI

SAAT	MAYIS	HAZIRAN	TEMMUZ	AGUSTOS	EYLUL
8.5	2.220	2.213	2.206	2.205	2.209
9.5	2.233	2.226	2.219	2.220	2.225
10.5	2.241	2.234	2.228	2.229	2.234
11.5	2.245	2.238	2.231	2.233	2.239
12.5	2.244	2.237	2.230	2.232	2.237
13.5	2.239	2.232	2.224	2.225	2.231
14.5	2.230	2.222	2.214	2.214	2.218
15.5	2.216	2.207	2.198	2.196	2.200
16.5	2.198	2.188	2.178	2.175	2.179
17.5	2.181	2.170	2.158	2.156	2.163

LEVHA SICAKLIGI

SAAT	MAYIS	HAZIRAN	TEMMUZ	AGUSTOS	EYLUL
8.5	64.013	64.362	64.406	64.221	63.642
9.5	65.736	66.051	66.122	66.089	65.713
10.5	66.877	67.170	67.259	67.329	67.093
11.5	67.461	67.746	67.844	67.960	67.785
12.5	67.476	67.762	67.861	67.980	67.809
13.5	66.922	67.218	67.310	67.387	67.163
14.5	65.808	66.128	66.204	66.182	65.825
15.5	64.109	64.464	64.516	64.343	63.788
16.5	62.007	62.382	62.413	62.108	61.421
17.5	59.962	60.286	60.327	60.028	59.466

FAYDALI ENERJİ

SAAT	MAYIS	HAZIRAN	TEMMUZ	AGUSTOS	EYLUL
8.5	257.199	279.589	282.458	270.565	233.424
9.5	367.628	387.803	392.381	390.295	366.166
10.5	440.758	459.532	465.260	469.735	454.562
11.5	478.166	496.453	502.721	510.205	498.907
12.5	479.150	497.494	503.838	511.476	500.456
13.5	443.655	462.602	468.551	473.472	459.102
14.5	372.283	392.747	397.672	396.276	373.375
15.5	263.361	286.154	289.468	278.430	242.793
16.5	128.660	152.685	154.693	135.133	91.089
17.5	-2.432	18.322	20.989	1.783	-34.230

ÖZGEÇMİŞ

Nurcan ERGÖNEN, 16.07.1965 yılında Isparta'da doğdu. İlk ve Orta öğrenimini Isparta'da tamamladı. 1982 yılında Isparta Ş.A.İ.K. Lisesi'nden mezun oldu. Aynı yıl girdiği Akdeniz Üniversitesi Isparta Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünden 1987 yılı Şubat ayında mezun oldu.

1987-1988 öğretim yılında Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Bölümü Isı ve Proses Anabilim Dalında Master öğrenimine başladı.

1988 yılında Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Bölümüne Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. Halen aynı fakülte-
de Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.

Akdeniz Üniversitesi
Rektörlüğü
Deminbaş No: 4946