

**T.C.**  
**GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ**  
**MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ**  
**ENSTİTÜSÜ**

**GÜNEŞ ENERJİ KAYNAKLI ÇİFT ETKİLİ**  
**ABSORBSİYONLU SOĞUTUCU İLE**  
**SOĞUTMA İŞLEMİNİN VERİMLİLİĞİNİN**  
**HESAPLANMASI**

**Nusret OĞUZ**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**TEZ DANIŞMANI**

**Doç. Dr. Ali ATA**

**GEBZE**  
**2009**

## ÖZET

**TEZİN BAŞLIĞI** : Güneş Enerjisi Kaynaklı Çift Etkili Absorbsiyonlu Soğutucu ile Soğutma İşleminin Verimliliğinin Hesaplanması.

**YAZAR ADI** : Nusret OĞUZ

Bu çalışmanın amacı yenilenebilir enerji kaynaklarının daha fonksiyonlu bir şekilde kullanılabilirliğini göstermektir. Dünyada fosil yakıt kullanımı giderek daha da artmaktadır. Bu durum hem çevrenin daha çok kirlenmesine hem de fosil kaynakların daha hızlı bir şekilde tükenmesine sebep olmaktadır. Bu tehlikenin önüne geçmek için alternatif enerji kaynakları arayışına geçilmelidir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı bu sorunun çözümü için idealdir. Isıtmanın yanında soğutma alanında da güneş enerjisinden faydalanmak mümkündür. Yaz aylarında sıcaklığın artması ile serinleme ihtiyacı da artmaktadır. Serinlik ihtiyacının artmasına sebep olan güneş, aynı zamanda bu sorunun çözümünde de kullanılabilir. Yoğunlaştırma metodu ile yüksek sıcaklıkta su üretilerek absorbsiyonlu soğutma cihazlarında soğutma işlemi yapılabilir. Bu sayede çalışma ve yaşama alanlarında, ofislerde, bürolarda, hastanelerde, yurtlarda, hotellerde serinlik ihtiyacı karşılanabilir.

Parabol ve çanak kolektörler ile güneşten yüksek sıcaklıklı enerji elde ederek güneş enerjisinin sanayi alanında da kullanılması sağlanabilir.

Anahtar kelimeler: Güneş enerjisi, parabol kolektörler, yoğunlaştırmalı sistemler, absorbsiyonlu soğutucular.

## SUMMARY

**THESIS TITLE** : An efficiency calculation of cooling by a solar energy using double effect absorption chiller.

**AUTHOR NAME** : Nusret OĞUZ

The aim of this thesis is to show the usage of the renewable energy resources in a more feasible manner. The consumption of fossil fuels increases more rapidly. It causes more pollution of the environment as well as more rapid exhaustion of fossil fuels. It should be started the research of the alternative energy resources to prevent this danger. The utilization of the renewable energy resources is an ideal solution for this problem. It is possible to take the advantage of the sun for the cooling as well as heating. The cooling needs increase with the increasing air temperature in the summer. The sun which causes the increase of the cooling needs can be used for the solution of this problem at the same time. The cooling operation can be done with using of the absorption chiller devices by the condensation method. So, the cooling needs in the working and living areas such as office, hospital, dorm, hotel can be satisfied.

It can also be provided the usage of the solar energy with parabolic and dish collectors in the industrial areas.

Keywords: Solar energy, parabolic collector, concentration systems, absorption chiller.

## TEŞEKKÜR

Gerek ders aŐamasında gerek alıŐma hayatında geniş bilgi ve tecrübeleriyle bana katkıda bulunan, yüksek lisans yapmama vesile olan ve beni mesleki alanda yönlendiren danışman hocam Doç. Dr. Ali ATA'ya, termodinamik dersini aldığıım ve bu tezi hazırlamamda bana bilfiil yardımcı olan muhterem hocam Prof. Dr. Alaittin HASTAOĞLU'na, ayrıca tecrübeleriyle bana yardımcı olan oda arkadaşım Dr. IŐıl KUTBAY'a teŐekkürü bir borç bilirim.

Maddi ve manevi desteğini her zaman arkamda hissettiğim aileme ve bana moral kaynağı olan oğlum Ahmet Yusuf OĞUZ'a da teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLolar DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. PARABOL KOLLEKTÖRLER	6
2.1. Yoğunlaştırıcı Sistemlerin Özellikleri	11
2.2. Doğrusal Yoğunlaştırıcılar	11
2.3. Noktasal Yoğunlaştırıcılar	12
2.4. Uzun Dönem Performans Değerlendirmesi	12
2.5. İzleme Modülünün Seçimi	13
2.6. Parametrelerinin Optimizasyonu	13
2.7. Boru Boyutlandırması	14
2.8. Kapasite Seçimi	14
2.9. Korozyon	14
2.10. Odaklama Sistemleri ve Önemi	15
3. ABSORBSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMLERİ	17
3.1. Tarihçesi.	17
3.2. Verimliliğin Artırılması	18
3.3. Soğutucu ve Soğurucu Bileşim Özellikleri	20
3.4. Buhar Sıkıştırırmalı Soğutma Sistemleri	23
3.5. Absorbsiyonlu Soğutma Sistemleriyle Mekanik Buhar Sistemlerinin Karşılaştırılması.	24
3.6. Tek Etkili Absorbsiyonlu Soğutucular.	26
3.7. Çift Etkili Absorbsiyonlu Soğutucular.	27
3.8. Li-Br'ün Kristalleşmesi.	31
3.9. Amonyak-Su ile Lityum Bromür-Su Eriyiklerinin Karşılaştırılması.	33

4. GYTE GÜNEŞ ENERJİLİ ABSORBSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMİ	
VERİMLİLİK VE PERFORMANS HESAPLAMASI	36
4.1. Yansıtıcı Yüzey.	36
4.2. Cam Tüp ve Absorber Boru.	37
4.3. Strafor İzolasyonlu Boru.	41
4.4. Kollektör Sahası Verimliliğinin Hesaplanması.	43
4.4.1. Kollektör Sahası Akış Diyagramı.	43
4.4.2. Kollektör Sahası Verimliliğinin Hesaplanması.	47
4.5. Buhar Kazanı.	48
4.5.1. Buhar Kazanı Çalışma Prensibi.	48
4.5.2. Buhar Kazanı Verimliliği.	51
4.6. Çift Etkili Absorpsiyonlu Chiller (Two Stage Steam Chiller).	52
4.6.1. Absorbsiyonlu Soğutucu Çalışma Prensibi.	52
4.6.2. Absorbsiyonlu Soğutucu Verimliliğinin Hesaplanması.	54
4.7. Tüm Sistemin Verimliliği	57
4.8. Soğutma İşlemi Yapılan İdari Bina.	57
4.9. Soğutma Yapılan Binaya Olan Isı Transferleri	58
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	63
KAYNAKLAR	67
ÖZGEÇMİŞ	69

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

W	: Watt	
m	: Metre	
C°	: Celsius	
T	: Sıcaklık	
$\varepsilon$	: Malzeme Işınım Yayıma Oranı	
COP	: Isıl Performans Katsayısı	
$\eta$	: Verimlilik	
$Q_g$	: Absorbsiyonlu Soğutucu Jeneratör Enerjisi	[Watt]
$Q_e$	: Absorbsiyonlu Soğutucu Buharlaştırıcı Enerjisi	[Watt]
F	: Odak Uzaklığı	[mm]
D	: Kollektör Çapı	[mm]
d	: Kollektör Derinliği	[mm]
P	: Basınç	[kPa]
V	: Özgül Hacim	[m <sup>3</sup> / kg]
$V_f$	: Sıvı Fazdaki Özgül Hacim	[m <sup>3</sup> / kg]
$V_g$	: Buhar Fazdaki Özgül Hacim	[m <sup>3</sup> / kg]
$V_{fg}$	: Sıvı-Buhar Fazdaki Özgül Hacim	[m <sup>3</sup> / kg]
h	: Entalpi	[kJ / kg]
$h_f$	: Sıvı Fazdaki Entalpi	[kJ / kg]
$h_g$	: Buhar Fazdaki Entalpi	[kJ / kg]
$h_{fg}$	: Sıvı-Buhar Fazdaki Entalpi	[kJ / kg]

$\sigma$	: Stefan Boltzman Sabiti	$[5,67.10^{-8}(\frac{W}{m^2.K^{\circ 4}})]$
$C_p$	: Özgül Isı	[kj / (kg.K)]
$\dot{m}$	: Birim Zamanda Kütle Akışı	[kg/sn]
A	: Yüzey Alanı	[m <sup>2</sup> ]
$k_t$	: Termal İletim Katsayısı	[W / (m.C°)]
h	: Isı Taşınım Katsayısı	[W / (m <sup>2</sup> .C°)]
$\Delta T$	: Isı farkı	[C°]
$\Delta x$	: Kalınlık	[metre]
Q	: Isı Transferi	[Watt]
R	: Isı Transfer Direnci	[m <sup>2</sup> .C° / W]



## ŞEKİLLER DİZİNİ

<b><u>SEKİL</u></b>	<b><u>SAYFA</u></b>
1.1. Türkiye'nin güneş bölgeleri haritası.	3
1.2. Birim alanına gelen anlık tüm güneş ışınımının değişimi.	4
3.1 Buhar sıkıştırılmalı soğutma çevrimi.	23
3.2. Buhar sıkıştırılmalı ve Absorbsiyonlu soğutma çevriminin karşılaştırılması.	25
3.3. Lityum Bromür – Su Çevrimli Absorbsiyonlu Soğutucu.	26
3.4. Çift etkili soğurmalı soğutma sisteminin şematik görünümü.	29
3.5. Çift Etkili Absorbsiyonlu Soğutucunun Ekipmanları.	30
3.6. Çift Etkili Lityum Bromür – Su Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi Akış Sistemi.	31
3.7. Lityum bromür-su eriyiğinin kristalizasyon sıcaklığının, lityum bromür konsantrasyonuna bağlı olarak değişimi.	33
4.1 Parabolik kollektörün profil yapısı.	36
4.2 Cam tüp ve içerisinde bulunan absorber boru.	37
4.3. Siyah boyalı ve seçici yüzeyli plakalarda güneş ışınımının yutulması ve yayılması.	39
4.4. Kollektör sahasındaki kızgın suyun iletilmesini sağlayan strafor izolasyonlu boru.	41
4.5. Toprak Altı Akışkan İletimini Sağlayan Strafor Yalıtımlı Boru.	41
4.6 Suyun Kollektör Sahasında Dolaşımı (1. Aşama).	43
4.7. Isı Sensörü.	44
4.8. Kollektör Tahrik Sistemi. Makara ve Çelik Halat.	46
4.9. Kollektör verimliliği.	48

4.10. Buhar Kazanı.	50
4.11. Suyun Buhar Kazanı ve Sahada Dolaşımı. (2. Aşama).	50
4.12. Güneş Enerji Tesisinin Tüm Akış Şeması.	53
4.13. Soğutma Yapılan Binanın Şematik Görünümü.	57
4.14. Kızılötesi temassız termometre.	58
5.1. Mevsimlere Göre Güneş Enerjisi ve Soğuk Su Tüketimi Dağılımı.	65

## TABLOLAR DİZİNİ

<b><u>TABLO</u></b>	<b><u>SAYFA</u></b>
1.1. Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli.	2
1.2. Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı.	3
2.1. Termik Güneş Santralleri.	6
2.2. Parabolik ve Düz Kollektörlerin Özellikleri.	16
3.1. İki sistemin teknik karşılaştırılması.	24
3.2. Tek ve Çift Etkili Absorbsiyonlu Soğutucuların Özellikleri.	28
4.1. Farklı toplayıcı tiplerinin uygulama alanları ve çalışma parametreleri	40
4.2. PTC 1800 Parabolik Kollektör Teknik Özellikleri.	42
4.3. Buhar Jeneratörü / Aralsan (ABR-EN 150 4).	49
4.4. Absorbsiyonlu Soğutma Cihazı.	54
4.5. Isı İletim Katsayıları.	58
4.6. Isı Taşınım ve Işınım Katsayıları.	60

# 1. GİRİŞ

Globalleşen dünya ekonomisinde büyüme, gelişme, rekabet ve hızlı nüfus artışı enerji tüketimini artırmış ve yaygın fosil kaynakların kullanımıyla çevre sorunlarında da artma görülmüştür. Yaşam kalitemiz üzerinde son derece olumsuz etkileri bulunan havadaki CO<sub>2</sub> oranı sanayi öncesi dönemde 275 ppm iken günümüzde 375 ppm seviyesine gelmiştir. Fosil kaynakların yaygın kullanımı sonucu oluşan bu olumsuz durumun ana sorumlusu OECD ülkeleri emisyon oranlarını en azından 500 ppm altında tutabilmek için 2007 yılında tüm Avrupa genelinde alınan ortak bir karar ile tüm ülkeler kendi sınırlarında 2020 yılına kadar %20 yenilenebilir enerji hedefi koymuşlardır.

Endüstri, ulaşım, enerji sahalarında kullanılmakta olan enerji kaynaklarının çoğunluğu fosil yakıtlardan temin edilmektedir. Petrolün 40 yıl, doğalgazın 60 yıl, kömürün 200 yıl yetecek kadar kapasitelerinin olması enerji tedarigi sorununu belirtilen zaman sürecinde karşılamaktadır. Fakat bu süreçler içerisinde ve sürecin sonrasında çevre, felaket sinyallerini çalmaktadır. Bu sebepten dolayı ülkeler arasında Kyoto anlaşma gereğine ihtiyaç duyulmuştur. Enerji kaynaklarının sonunun olması ve kullanıldıkça da çevreye zarar vermesinden dolayı alternatif enerji kaynaklarına ağırlık verilmiştir.

Güneş, rüzgar, hidrojen, biyokütle türü yenilenebilir enerji kaynakları doğada bol miktarda mevcut olup, kullanım alanlarının yaygınlaştırılması gerekmektedir.

Yenilenebilir kaynaklar dışında enerji tasarrufu, enerji geri kazanımı gibi yollarla da enerji maliyetleri azaltılabilir. Atık ısı geri kazanımı türü sistemler sanayi kesiminde yaygınlaşan uygulamalardandır.

Güneş enerjisinden fotovoltaik paneller vasıtası ile elektrik üretilebildiği gibi, elektrik harcanarak çalıştırılan bazı cihazlar yine güneşin ısı enerjisi vasıtasıyla aynı işlev yerine getirilebilmektedir. Yaz aylarında fazla olan enerji, güneş enerjisidir. Yine yaz aylarında serinleme ihtiyacı duyulmaktadır. Dolayısı ile serinlemeye sebep olan güneş, serinleme ihtiyacını karşılama amacıyla da kullanılabilir.

Yapılan çalışma, Türkiye'nin güneş enerjisi yönünden zengin olduğunu göstermektedir. Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgesinde güneş enerjisi çalışmalarına ağırlık verilmelidir. Güneş, klasik olarak ısıtma enerjisinde kullanılabildiği gibi absorpsiyonlu sistemlerde soğutmada da kullanılabilir. Bu sayede güneş enerjisi daha fonksiyonel hale gelmiş olacaktır. Güneş enerjisinin hem kullanım alanları artmış olacak hem de buna bağlı olarak da yenilenebilir enerji kaynağı kullanımı yaygınlaştırılmış olacaktır. Soğutma işlemini gerçekleştirmek için kullanılan elektrik ve fosil yakıtlar kullanılmamış olacaktır.

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nde (DMİ) mevcut bulunan 1966–1982 yıllarında ölçülen güneşlenme süresi ve ışınım şiddeti verilerinden yararlanarak EİE tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat) olarak belirlenmiştir. Tablo 1.1.

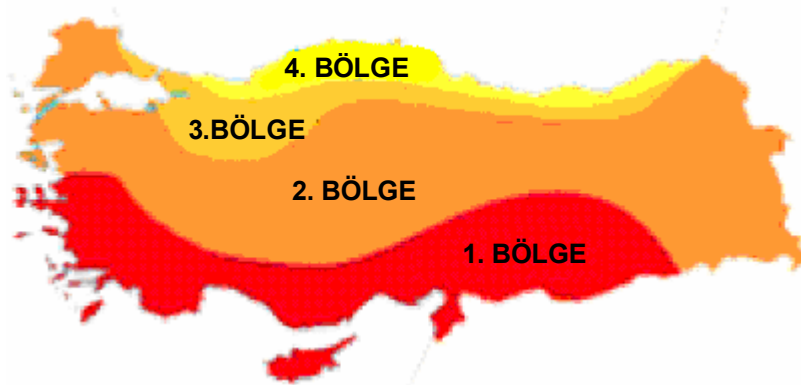
Tablo1.1. Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli

AYLAR	AYLIK TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ (kWh/m <sup>2</sup> -ay)	GÜNEŞLENME SÜRESİ (Saat/ay)
OCAK	51,75	103,0
ŞUBAT	63,27	115,0
MART	96,65	165,0
NİSAN	122,23	197,0
MAYIS	153,86	273,0
HAZİRAN	168,75	325,0
TEMMUZ	175,38	365,0
AĞUSTOS	158,40	343,0
EYLÜL	123,28	280,0
EKİM	89,90	214,0
KASIM	60,82	157,0
ARALIK	46,87	103,0
TOPLAM	1311	2640
ORTALAMA	3,6 kWh/m <sup>2</sup> -gün	7,2 saat/gün

Türkiye, güneş kuşağı içerisinde bulunan bir ülke olarak, gelişen güneş enerjisi teknolojisini fonksiyonel kullanım alanlarında yaygınlaştırmalıdır. Ama maalesef ülkemizde güneş enerjisi bugünkü teknolojik koşullarda olması gereken düzeyde kullanılmamaktadır. Oysa, Türkiye'de coğrafi bölgelere göre önemli oranda güneş enerjisi potansiyeli bulunmakta olup, bu potansiyel bölgeleri karakterize eden bölge değerleri Tablo 1.2. de verilmiştir.

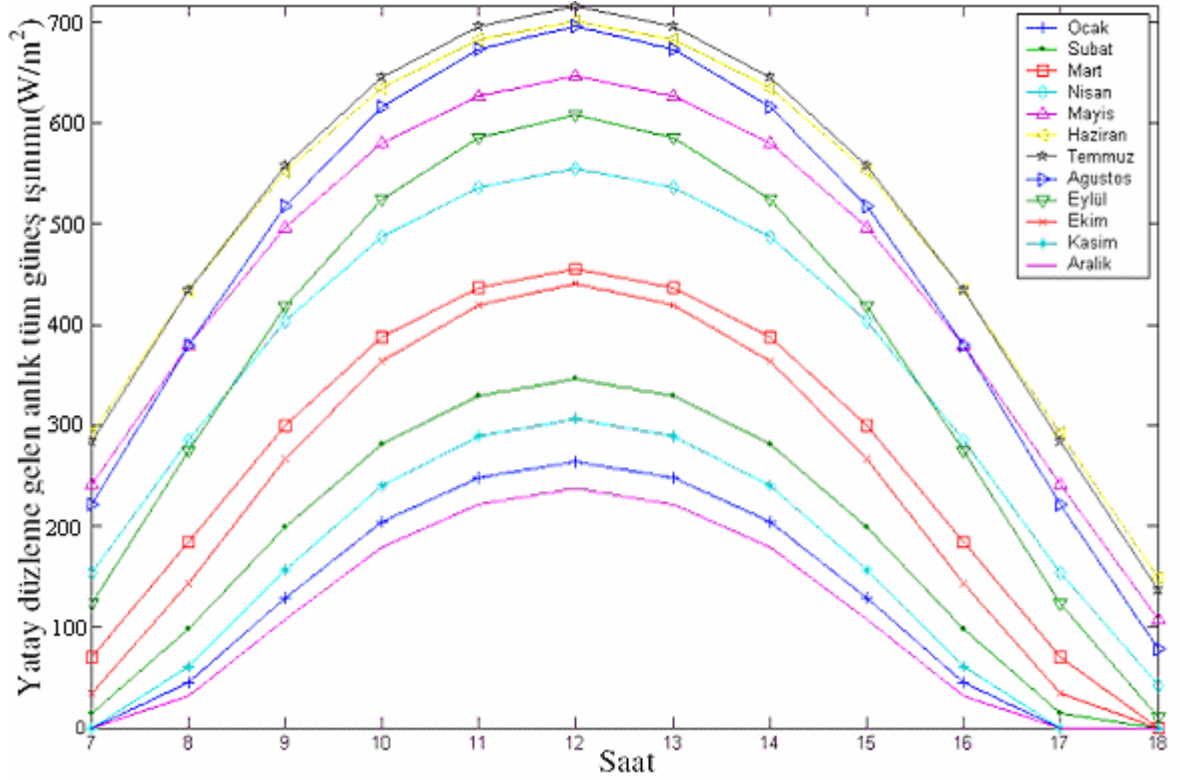
Tablo 1.2. Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı

BÖLGE	TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ (kWh/m <sup>2</sup> -yıl)	GÜNEŞLENME SÜRESİ (Saat/yıl)
G.DOĞU ANADOLU	1460	2993
AKDENİZ	1390	2956
DOĞU ANADOLU	1365	2664
İÇ ANADOLU	1314	2628
EGE	1304	2738
MARMARA	1168	2409
KARADENİZ	1120	1971



Şekil 1.1. Türkiye'nin güneş bölgeleri haritası

Türkiye'de mevcut güneş haritası şekil 1.2.'deki gibi çıkarılmış olup Ege Bölgesinin bir kısmı, Akdeniz Bölgesinin tamamı ve Güney Doğu Anadolu Bölgesinin bir kısmı en fazla güneş alan yerlerdir.



Şekil 1.2. Marmara Bölgesi birim alanına gelen anlık güneş ışınımının değişimi. [15]

Güneş enerjisinin kullanım alanları çok çeşitli olup, amaca göre değişmektedir. Bu enerjinin kullanım amaçları şöyle sıralanabilir:

- \* Konutlarda ve ticarethanelerde ısı ve elektriğe dayalı bir bölüm enerji isteminin karşılanması.
- \* Sanayi enerji isteminin bir bölümünün ısı ve elektriğin birlikte üretimine dayalı entegre güneş enerjisi teknolojisiyle karşılanması.
- \* Kırsal kesimde ve tarımsal teknolojide enerji isteminin olabildiğince karşılanması.
- \* İletişim araçlarında (radyo, TV, telefon), sinyalizasyon ve otomasyonda bir bölüm enerji ihtiyacının karşılanması.
- \* Gündüz ve gece aydınlatmasında güneş enerjisinin kullanılması.
- \* Güneş santralleri ile elektrik üretilmesi.
- \* Bazı taşıma ve ulaştırma araçlarında çalıştırıcı enerji olarak kullanılması.
- \* Askeri ve uzay uygulamaları gibi özel amaçlarla güneş enerjisinin kullanılması.
- \* Su pompalarında.
- \* Trafik sistemi için güç temininde.
- \* Yatlar ve deniz fenerlerinde. [12]

Güneş enerjisinin kullanılabilmesi için öncelikle depolanması gerekir. Bu depolama işlemi ısıl ve elektriksel olmak üzere iki farklı yöntemle yapılmaktadır. Basitlik ve ucuzluk gibi nedenlerle ısıl depolama yöntemi daha çok tercih olunur.

Isıl güneş kolektörleri; düz yüzeyli ve yoğunlaştırmasız, odaklı ve yoğunlaştırmalı, güneş havuzları olmak üzere üç değişik tipe ayrılmaktadır. Düz yüzeyli kolektörler 100 °C'yi aşmayan uygulamalarda kullanılırken, odaklı kolektörlerle 3000 °C düzeyinde uygulamalar yapılabilmektedir. Güneş havuzları ise düşük sıcaklıklarda büyük miktarda ısı depolamaya yarar. En yaygın kullanım alanı bulan düz yüzeyli yoğunlaştırmasız kolektörlerdir. Toplanan ısı enerjisi bir akışkana aktararak, kullanım alanına ya da fiziksel depolama ortamına taşınır. [13]

Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü'nde güneş enerji kaynaklı soğutma uygulama çalışması yapılmıştır. Tesisin çalışmasında, ilk aşamada parabol güneş kolektörleri ile güneş ışınları cam tüp içerisinde bulunan yutucu boru yüzeye odaklanarak yüksek sıcaklık elde edilmiştir. İkinci aşamada, yutucu boru içerisindeki sıvı akışkanın taşımış olduğu ısı enerjisi ile buhar kazanında buhar üretimi gerçekleştirilmiştir. Üçüncü ve son aşamada da buhar kazanında üretilmiş olan buhar, çift etkili LiBr-H<sub>2</sub>O bileşikli absorpsiyonlu soğutucuda enerji kaynağı olarak kullanılarak soğuk su üretilmiştir. Üretilen soğuk su, 1000 m<sup>2</sup> 'lik pilot bölge olarak seçilen kapalı çalışma alanında bulunan büro ve ofislerin yaz mevsiminde soğutulmasında kullanılmıştır. Yaz boyunca güneş enerjisi kaynağı ile çift etkili absorpsiyonlu soğutucu cihazıyla gerçekleştirilen soğutma işleminin tüm verimlilik ve performans ölçümleri yapılmıştır.

Amacımız, daha temiz, güvenilir, sağlıklı, ekonomik olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını yaygınlaştırmaktır. Türkiye, coğrafi yapı olarak yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı yönünden çok büyük avantajlara sahiptir. Bu avantajın en iyi şekilde değerlendirilmesi için bir an önce gerekli çalışmalar yapılmalıdır.



## 2. PARABOL KOLLEKTÖRLER

Güneş enerjisinin düz kollektörlerde kullanımı ile elde edilen sıcaklığın düşük olmasından dolayı yoğunlaştırılmalı sistemler gündeme gelmiştir. Bu durumda parabol ve çanak sistemi tasarımlar ortaya çıkmıştır. Yoğunlaştırma oranı yükseldikçe odak bölgesinde ulaşılan sıcaklık değeri de artmaktadır.

Günümüzde uygulanan teknolojiler ile üretilebilecek elektriksel güç, alıcıda oluşan sıcaklık ve gerçekleştirilen yoğunlaştırma oranları Tablo 2.1.'de gösterilmiştir. [5]

Tablo 2.1. Termik Güneş Santralleri

Sistem	Sıcaklık (°C)	Yoğunlaştırma Oranı
Güneş Kulesi	500°C	1500
Çanak	750°C	2000
Parabolik	350°C	30 – 100

Bu durumda güneş ışınlarının konsantre edilmesi ile yüksek ısılar elde etmenin mümkün olduğu görülmüştür. Buna bağlı olarak çanak ve parabolik kollektör sistemler üzerine çalışmalar yapılmış ve yapılmaktadır.

Güneş enerjisinden yararlanarak ısı enerjisi üreten parabolik oluk tipi kollektörler, yüksek sıcaklık uygulamaları için çok uygundur. Ancak ısının devamlı maksimum seviyede olması için yoğunlaştırma işlevinin süreklilik arz etmesi gerekmektedir. Bunun için sisteme güneşi takip etme özelliği ilave edilmelidir. Bu işlem, güneşi takip eden cihazlar vasıtasıyla halledilmektedir. Yüksek verimli sistemleri geliştirmede, uygun dizayn parametrelerinin belirlenmesi için parabolik oluk tipi kollektörlerin optik analizi yanı sıra termodinamik (enerji ve ekserji) analizlerinin de yapılması gerekir.

Güneş ışınımının parabolik oluk tipi yansıtıcıdan yalıtımlı alıcı boruya odaklanması ile yüksek sıcaklığa ulaşmak mümkün olmaktadır. Bu çalışmada parabolik oluk tipi yansıtıcının geometri özellikleri incelenerek, tasarım

parametreleri verilmiş olan parabolik oluk tipi kollektörün profil bağıntıları hesaplanmıştır.

Yoğunlaştıran toplayıcılar içinde en basit olanı ve en yaygın olarak kullanılanı silindirik parabolik toplayıcılardır. Parabolik oluk tipi kollektörler için ısı taşıyıcı akışkan sıcaklığı genellikle 400°C'den daha düşüktür. Silindirik parabolik toplayıcıda yutucu borunun birinci fonksiyonu ısıyı absorbe edip, içinden akan toplayıcı akışkanına transfer etmektir. Bu işlem esnasında yutucu borunun yüzeyi ısınır ve yüzey sıcaklığı çevre sıcaklığının çok üzerinde bir değere ulaşır. Dolayısıyla, yutucu boru yüzey sıcaklığı ile çevre arasındaki sıcaklık farkı, toplanan enerjinin büyük kısmının tekrar çevreye verilmesine neden olur. Bu nedenle yutucu borunun bir saydam örtü ile çevrelenmesi böylece dışarı olan ısı kaybının azaltılması mümkündür. Bu amaç için absorber borunun dış hava şartlarından korunması için cam tüp kullanılmaktadır.

Temiz ve ekonomik bir enerji kaynağı olan güneş enerjisinin en temel ve yaygın kullanımı, konutların sıcak su gereksinimini karşılama amaçlı kullanımıdır. Bu tür düşük sıcaklık uygulamalarında güneş ışınım enerjisinin faydalı ısı enerjisiye dönüştürüldüğü düz güneş enerjisi toplayıcıları kullanılmaktadır. Geniş bir uygulama alanı olan düz toplayıcıların kullanıldığı güneş enerjisi sistemlerinin verimlerinin iyileştirilmesi süregelen araştırmaların odağı olmuştur. Sistem verimini birincil seviyede, güneş ışınımının ısı taşıyıcı akışkana aktarıldığı toplayıcıdaki ısı geçişi etkilemektedir. Bu tür kollektörde de görüldüğü üzere yine yutucu yüzey gündeme gelmektedir. Gelen ışınımın maksimum seviyede tutulması için yüzey yapısının özelliği ön plana çıkmaktadır.

Toplayıcıların basit konstrüksiyonları ekonomikliğin yanı sıra pratik kullanım için birçok avantaja sahiptir. Bir toplayıcı temel olarak; saydam örtü, yutucu plaka, ısı taşıyan akışkanın dolaştığı borular ve yalıtım malzemesinden oluşur. Saydam örtü, ısı radyasyon enerjisi şeklinde üzerine düşen güneş ışınımını geçirir ve yutucu yüzeye iletir. Yutucu yüzey üzerinde bulunan saydam örtü çevreye olan ısı kayıplarını azaltır ve yutucu plakayı dış atmosferik etkilerden korur.

Bunlarla birlikte, cam gibi saydam örtü malzemeleri, güneşten yayılan ısı ışınım enerjisinin büyük bölümünün taşındığı kısa dalga boylu ışınımı geçirirken, yutucu plakadan yayılan uzun dalga boylu ışınımı engelleyerek sera etkisi yapar. Böylece ışınımın yutucu plaka tarafından en yüksek seviyede yutulmasını sağlar.

Toplayıcıda en önemli kısım olan yutucu yüzey, yutma oranı yüksek siyah esaslı boyalarla boyanmış, metal malzemedен oluşur. Yutucu yüzey, üzerine düşen güneş ışınımını absorbe eder ve üzerinde konsantre edilen ısyı borularda dolaşan akışkana iletir. Bu açıdan, yutucu yüzey güneş ışınım enerjisini akışkan iç enerjisine dönüştüren bir enerji dönüşüm sistemi veya bir ısı değiştiricisi olarak da değerlendirilebilir. Isı iletiminin etkin olması için yutucu yüzey, ısı iletim katsayısı yüksek olan paslanmaz çelik, bakır ve alüminyum gibi malzemelerden imal edilir. [8]

Bununla beraber parabol kollektörlerin kapasitelerini artırmak mümkündür. Ayna yüzeyi alanı absorber alanından ne kadar büyük olursa o kadar da yüksek sıcaklık elde edilir. GYTE tesislerinde kullanılan parabolik kollektörlerde ayna yüzeyinin alanı absorber yüzeyi alanının 30 katıdır. Yani yoğunlaştırma oranı 30 olarak geçmektedir.

Californiya'da kullanılan parabolik kollektörlerde bu değer 71 dir. Buna karşılık 2,5 milyon metre karelik güneş alanı ile 354 MW elektrik üretilmektedir. Bundan da anlaşıldığı üzere parabolik kollektörlerle 400°C gibi çok yüksek sıcaklığa ulaşarak buhar türbini aracılığı ile elektrik üretilebilmektedir. [25]

Soğutma ihtiyacı karşılanacak olan turistik bir tesiste yazın saat 10<sup>00</sup> – 17<sup>00</sup> arası dış hava çok sıcak olmasına karşın, insanların havuz, deniz ve açık restoranlarda olması sebebiyle soğutma ihtiyacı azalmaktadır. Bu nedenle bu saatler arasında, öncelikle enerji depolanmalı, hamam, sauna, çamaşırhane ve mutfak gibi bölümlere buhar temin edilerek bu bölümler aktif olarak işletilmelidir. Ayrıca aynı tesiste, ekim ayından sonra soğutma ihtiyacının tamamen bitmesiyle, elde edilen enerji, mutfak ve çamaşırhanede kullanılmalı. Havuz, hamam, sauna ısıtılmasında ve kış aylarında da bunlara ek olarak odaların ısıtılmasında kullanılmalıdır.

Dolayısıyla ilk yatırım maliyeti yüksek olan güneş enerjili sistemlerin, enerji ihtiyacı yüksek olan turistik ve endüstriyel tesislerde, tüm yıl boyunca farklı uygulamalarda yoğun kullanımı, bu sistemleri, işletme giderlerinin çok az olması sebebiyle ekonomik yapacak ve sistemlerin kendilerini amorti etme süresini kısaltacaktır.

Dünyadaki enerji krizi ve diğer enerji hammaddelerinin artan maliyetleri nedeniyle ucuz, temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisi uygulamalarının artması, gerek Türkiye, gerekse dünya açısından önemli ekonomik sonuçlar doğurabilecektir. Günümüzde yüksek sıcaklık güneş enerjisi uygulamalarının ekonomik olabilmesi için genelde parabolik oluk tipi güneş kollektörlerinin kullanılması gerekmektedir. Bu amaçla geliştirilen kollektörlerin aşağıdaki kriterleri sağlaması söz konusudur.

- Verim: Kollektörlerin yansıtıcı yüzey ve soğurucu boru gibi bölümlerinin teknik yönden geliştirilmesi verimi artırır.
- Stabilité: Kollektörler hafif, ancak rüzgar gibi dış etkilere karşı dayanıklı ve dengeli olmalıdır.
- Amortisman: Amortisman maliyeti, yük faktörü, faiz oranı ve yatırım giderlerinin fonksiyonu olup, faiz oranı ve yatırım giderlerinin azalması ve yük faktörünün olabildiğince artırılması amortisman maliyetini düşürür.
- İşletme: Uygulayıcılara işletme yönünden uygulama kolaylıkları sağlamalıdır.

Güneş enerjili sistem yatırımlarının, yapılan analizlerde genelde ekonomik çıkmamasının en önemli nedeni, ilk yatırım maliyetinin diğer alternatif sistemlere göre çok yüksek olması ve yıllık ortalama yük faktörünün düşük olmasıdır. Burada ilk yatırım maliyetini etkileyen en büyük gider kalemini güneş kollektörleri oluşturur. Güneş kollektörleri yakıt ve elektrik giderlerine duyarlıdır. Bu nedenle yakıt ve elektrik tüketiminin hızla arttığı günümüzde, turizm ve tekstil sektöründe olduğu gibi güneş destekli, yükseltilmiş yük faktörlü, tümleşik enerji

uygulamalarının (ısıtma, soğutma, proses, pişirme, yıkama vb. ısı yükleri) artan bir hızla yaygınlaşması beklenmektedir. [7]

Yaz aylarında, yapılardaki soğutma yükünün güneş ışınından kaynaklanması nedeniyle soğutma yükü ve ışın şiddeti aynı fazdadır. Klima uygulamalarında en uygun mühendislik yaklaşımı, soğutma yüküne sebep olan yakıt, maliyetsiz güneş enerjisinin, bu yükün karşılanması için doğrudan kullanılması olmalıdır. Bu yaklaşım, soğutma sistemindeki sıkıştırma işleminin yerine doğrudan güneşsel ısı ekserjisinin kullanıldığı soğurmalı (absorbsiyonlu) soğutma sistemleridir. Performans katsayısı daha yüksek olan çift kademeli soğurmalı soğutma sistemlerinde, daha yüksek ekserjili buhar kullanıldığından, kullanılan buhar debisi tek kademeli sistemlere kıyasla daha düşüktür.

Önümüzdeki yıllarda yüksek verimli güneş kolektörlerinin ülkemizde daha ucuz maliyetlerde üretilmesiyle, güneş destekli çok amaçlı tümleşik enerji sistemlerinin kullanımı, ülkemiz için başlıca döviz getirisi olan turizm, tekstil vb. sektörlerin, dış dünyaya karşı ekonomik ve çevresel yönden rekabet güçlerinin artırılmasında önemli rol oynayacaktır. [6]

Güneş enerjisiyle sıcak su üretmek çok pratiktir ve çok da ekonomiktir. İyi bir güneş enerjisi sisteminin ömrü 20-30 sene kadar olabilmektedir. Diğer enerji kaynaklarına kıyasla güneş enerjisinin ekonomikliğini belirleyen birçok faktör vardır. Bu faktörlerin bir ayağını doğal koşullar oluşturur. Bir başka deyişle bir gün içerisinde belirli bir alana düşen güneş enerjisi miktarı bölgenin yeryüzü üzerindeki enlem değeri, yerel iklim koşulları, yılın hangi mevsiminde bulunduğu ve yerleştirilen güneş panelinin güneşle olan açısı gibi birçok faktöre bağlıdır.

Bu yüzden örneğin yatay bir yüzeye düşen yıllık ortalama ısıtma miktarı Orta Avrupa, Orta Asya ve Kanada'da ortalama 1000 kWh/m<sup>2</sup>, Akdeniz civarındaki bölgelerde 1400 kWh/m<sup>2</sup> ve Afrika'nın Ekvatora yakın bölgeleriyle, Doğu Asya ve Avustralya çöllerinde 2200 kWh/m<sup>2</sup> 'a kadar çıkmaktadır. Kısaca, güneş enerjisi uygulamalarında mevsimsel ve coğrafi faktörlerin hepsi önemli rol oynar.

## 2.1. Yoğunlaştırıcı Sistemlerin Özellikleri

Güneş enerjisi uygulamalarında düzlemsel güneş kolektör sistemlerinin yanı sıra daha yüksek sıcaklıklara ulaşmak için yoğunlaştırıcı kolektör sistemleri kullanılmaktadır. Düzlemsel güneş kolektörleri için kullanılan kavram ve tarifler, yoğunlaştırıcı kolektörler için de geçerlidir. Bununla birlikte yoğunlaştırıcı kolektör teknolojisinin daha karmaşık olması nedeniyle, yeni tariflerin yapılması gereklidir.

Kolektörlerde güneş enerjisinin düştüğü net alana "açıklık alan" ve güneş enerjisinin yutulması için enerjiye dönüştürüldüğü yüzeye "alıcı yüzey" denir. Düzlemsel güneş kolektörlerinde açıklık alanı ile alıcı yüzey alanı birbirine eşittir. Yoğunlaştırıcı kolektörlerde ise güneş enerjisi, alıcı yüzeye gelmeden önce optik olarak yoğunlaştırıldığı için alıcı yüzey, açıklık alanından daha küçük olmaktadır.

Güneş enerjisini yoğunlaştıran kolektörlerde en önemli kavramlardan biri "yoğunlaştırma oranı" dır. Yoğunlaştırma oranı; açıklık alanının alıcı yüzey alanına oranı şeklinde tarif edilir. Yoğunlaştırma oranı, iki boyutlu yoğunlaştırıcılarda (parabolik oluk) 300, üç boyutlu yoğunlaştırıcılarda (parabolik çanak) 40000 mertebesindedir.

Bu tür kolektörlerde güneş enerjisi, yansıtıcı veya ışın kırıcı yüzeyler yardımı ile doğrusal ya da noktasal olarak yoğunlaştırılabilir.

## 2.2. Doğrusal Yoğunlaştırıcılar

Parabolik oluk tipi kolektörler, doğrusal yoğunlaştırma yapan ve kesiti parabolik olan dizilerden oluşur. Oluğun iç kısmındaki yansıtıcı yüzeyler, güneş enerjisini parabolün odağında yer alan ve boydan boya uzanan siyah bir yutucu boruya yansıtır.

Orta derecede sıcaklık isteyen uygulamalarda kullanılan bu sistemlerde, güneş enerjisi bir doğru üzerinde yoğunlaştırılacağından tek boyutlu hareket ile güneşi izlemek yeterlidir.

### 2.3. Noktasal Yoğunlaştırıcılar

İki boyutta güneşi izleyip noktasal yoğunlaştırma yapan ve daha yüksek sıcaklıklara ulaşan bu tür sistemler, parabolik çanak ve merkezi alıcı olmak üzere iki gruba ayrılır.

Parabolik çanak kolektörler iki ekseninde güneşi takip ederek sürekli olarak güneşi odak noktasına yoğunlaştırırlar. Güneş termal güç santrallerinin tasarımında dikkate alınması gereken en önemli parametreler şunlardır;

- Bölge seçimi.
- Güneş enerjisi ve iklim değerlendirmesi.
- Parametrelerin optimizasyonu.

Santralın tesis edileceği ideal bölge seçilirken aşağıdaki kriterler göz önünde bulundurulmalıdır.

- Yıllık yağış miktarının düşük olması.
- Bulutsuz ve sissiz bir atmosfere sahip olması.
- Hava kirliliğinin olmaması.
- Ormanlık ve ağaçlık bölgelerden uzak olması.
- Rüzgar hızının düşük olması.

Santralın tesis edileceği bölgenin, yılda en az 2000 saat güneşlenme süresine ve metrekare başına yıllık 1500 kWh/m<sup>2</sup>'lık bir güneş enerjisi değerine sahip olması gereklidir. Ayrıca, 4 saatlik güneşlenme süresine sahip gün sayısının 150 den az olmaması gereklidir. Yukarıdaki şartları sağlayan bir bölgede santral tasarımı için aşağıdaki çalışmaların yapılması gerekir.

### 2.4. Uzun Dönem Performans Değerlendirmesi

Yoğunlaştırıcı kolektörlerin uzun dönem performans değerlendirmesi için saatlik direkt güneş enerjisi değerleri kullanılır. Bu değerler ölçümlerden elde edilemediği zaman, bir model yardımı ile günlük toplam güneş enerjisi değerlerinden

elde edilmelidir. Coğrafi bölge ve kollektör seçiminin yapılmasında uzun dönem yıllık güneş enerjisi değerlerinden faydalanılır. Bu değerler aynı zamanda ekonomik analiz için de gereklidir.

## 2.5. İzleme Modülünün Seçimi

Doğrusal yoğunlaştırıcı kollektörler, Kuzey-Güney veya Doğu-Batı doğrultusunda yerleştirilebilir. Yön seçilirken, maksimum güneş enerjisinin hangi doğrultuda alındığı göz önünde bulundurularak yerleştirme yapılır. Genelde Kuzey-Güney doğrultusunda yerleştirmekle en iyi sonuç elde edilir.

## 2.6. Parametrelerinin Optimizasyonu

Doğrusal yoğunlaştırma yapan ve ısı transfer akışkanı olarak termal yağ kullanılan sistemlerde çalışma parametrelerinin optimizasyonu için aşağıdaki kriterler dikkate alınmalıdır.

Isı Transfer Yağının Seçimi : Güneş termal güç santralının verimli çalışması büyük ölçüde, uygun ısı transfer akışkanının seçimine bağlıdır. Bu akışkanın dolaştığı sistem parçaları, 0 °C ile 300 °C arasında değişen sıcaklık dalgalanmalarına maruz kalırlar. Bu nedenle güç santrallerinde kullanılan ısı transfer akışkanında aşağıdaki özellikler aranır.

- Yüksek yanma noktası (500 °C'nin üstünde).
- Düşük buharlaşma basıncı.
- Düşük sıcaklıklarda yüksek akışkanlık.
- Yüksek yoğunluk.
- Yüksek sıcaklıklarda (300 °C) sürekli çalışabilme.
- Bu kriterlerin hepsini sağlayan bir yağda ayrıca 0 °C ve 300 °C arasında basınç düşmesinin minimum olması gerekir.

İşletme basıncı; santralin önemli çalışma parametrelerinden biridir. İşletme basıncının maksimum ve minimum değerleri, işletme sıcaklığının maksimum ve



minimum değerleri ile sınırlanır. Bu basıncın alt limiti ısı transfer akışkanının buharlaşmasını engelleyecek bir değerde olmalıdır.

## **2.7. Boru Boyutlandırması**

Sistemdeki sıvının sirkülasyonu için kullanılan boru şebekesi, yutucu borulardan ve esnek hortumlardan oluşur. Kollektörlerdeki yutucu borular sabittir. Fakat kollektörler arasındaki bağlantıyı sağlayan esnek hortumlar hareketli olduğu için uygun olarak boyutlandırılması önem taşır. Boruların çapının artırılması, akışkan hızını ve basıncını düşürür. Hızın düşmesi ile artan ısı kayıpları maliyeti olumsuz yönde etkiler. Bunun için boru çapı belirlenirken, sistem basınç düşüşünün minimum olmasına ve çalışma basıncının işletme maliyetini minimum seviyeye getirmesine dikkat edilmelidir.

## **2.8. Kapasite Seçimi**

Kollektör giriş ve çıkış sıcaklıkları arasındaki fark maksimum olmalıdır. Bu durumu sağlamak için:

Isı transfer akışkanı, kollektör sahasından aldığı enerjiyi mümkün olduğunca buhar üretim sistemine bırakıp, minimum sıcaklıkta geri dönmelidir.

Isı değiştirgeci, buhar üretici gibi ekipmanların verimliliği artırılmalıdır.

## **2.9. Korozyon**

Sistemin ısı kayıpları minimum seviyeye getirilirken prosesin olduğu kısımlar ve kollektörler korozyondan korunmalıdır. Örneğin ekipman içinde yoğunlaşmasına izin verilen buharın, ısı değiştirgecinde ıslak buhar korozyonuna neden olmaması için, süper ısıtıcılarda kızgın buhar haline getirilir. [11]

## 2.10. Odaklama Sistemleri ve Önemi

Güneş ışınımının optik yollarla belirli bir noktaya, eksene veya yüzeye yoğunlaştırılması sonucu güneş enerjisi, yüksek sıcaklıkta ısı enerjisine dönüşür.

Güneş enerjisinden beklenen proses ısısının sıcaklığı 140°C'den yüksek olacaksa, ışınım enerji yoğunluğunun artırılması gereklidir. Bunun için düzlemsel kollektör yerine odaklayıcı kollektörler kullanılmaktadır.

Odaklayıcı kollektörler, optik ve alıcı sistemlerden meydana gelmiştir. Kullanım alanları, genelde konsantrasyon oranları (C) ile belirlenmektedir. Buna göre;

$C < 4$  Düz alıcı + Düz yansıtıcı

$C > 4$  Parabolik yansıtıcılar + Boru veya küresel alıcılar

Yoğunlaştırılan enerjinin faydalı ısıya dönüştürüldüğü alıcılar ise odaklama tekniğine uygun olarak tasarlanırlar. Eksenel odaklamada odak boyunca yerleştirilen soğurucu boru içinden uygun bir akışkan (hava, su, yağ,...vs) geçirilerek ısı alınır. Bu boru üzerinde bulunan cam tüp hem ısı kaçaklarını azaltır, hem de boru yüzeyinin dış etkilerden korunmasını sağlar. Cam tüpün içerisindeki havanın boşaltılması durumunda daha iyi bir ısı yalıtımı sağlanır.

Yoğun toplayıcılarda asal eksenin güneşi izlemesi gerekmektedir. Doğrudan gelen güneş ışınımı odaklanabildiğinden dağınık güneş ışınlarından yararlanılamamaktadır. Eksenel odaklayıcılarda genelde parabolik oluk türü yansıtıcılar kullanılmaktadır. Yansıtıcılar genelde ayna, paslanmaz çelik gibi parlak yüzeylerden oluşmaktadır. Yön olarak kuzey-güney veya doğu-batı doğrultusunda yerleştirilmektedirler. Birbirleri ile seri veya paralel bağlanabilen parabolik oluk toplaçlarda 200°C'nin üzerinde sıcaklıklar elde edilebilmektedir. [26]

Tablo 2.2. Parabolik ve Düz Kollektörlerin Özellikleri. [19]

	Parabolik Kollektör	Düz Kollektör
Çalışma Prensibi	Yoğunlaştırıcı	Yoğunlaştırıcı değil
Toplayıcı İzleme Ekseni	Tek eksenli	Sabit
Kazanılan Güneş Işınımı	Direkt Güneş Işınımı	Küresel Güneş Işınımı
Avantajları	Güneş izleme cihazı kullanılan direkt güneş ışınımı miktarını artırır. Yoğunlaştırmadan dolayı, ısı kayıpları düşüktür.	Küresel güneş ışınımının geniş bir bölgesinde direkt ve yansıtılmış güneş ışınımı kullanılır. Direkt güneş ışınımı değerlerini önemli ölçüde artırır.
Dezavantajları	Yansıtılmış güneş ışınımı kullanılamaz. İzleme cihazları ilave kurulum ve işletme maliyeti gerektirir.	İzleme olmaması toplam güneş ışınımının değerlendirilebilme oranını azaltır. Yüksek sıcaklıklarda çok yüksek ısı kayıplarıyla karşılaşılır.
Sıcaklık	$T > 150^{\circ}$	$T < 120^{\circ}\text{C}$

## 3.ABSORBSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMLERİ

### 3.1. Tarihçesi.

1960'lı yıllara kadar iklimlendirilen ev sayısı oldukça az ve bu teknoloji sadece çok yüksek gelir düzeyine sahip kişiler için bir ayrıcalık iken, 1960'lı yıllardan sonra iklimlendirme bir çok ülkede yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Hatta bazı ülkelerde standart hale gelmiştir. İklimlendirme sistemlerinin yaygınlığı doğrudan, ülkelerin gelişmişlik düzeyiyle paralellik arz etmektedir. Güneş enerjisi yardımıyla soğutma sistemlerinin tarihi 1872 yılına kadar uzanmaktadır. Bu tarihte Paris'te güneş enerjisi kullanılarak buz üreten bir sistem başarıyla çalıştırılmıştır.

Benzer bir sistem sonraki yıllarda Katalanya'da yapılmıştır. 1936'da buhar-jet prensibine göre çalışan bir sistem Florida'da denenmiştir. 1940'lardan önce ise Kathabar ismiyle anılan ve akışkan olarak Li-CI kullanan bir sistem imal edilmiştir. 1950'li yıllarda güneş enerjisi destekli soğutma sistemleri dünyanın bir çok ülkesinde denenmiştir. 1953'de Taşkent'te parabolik bir ayna kullanılarak soğutma sistemi desteklenmiştir. 1956'dan sonra Trombe, bir çok güneş enerjili soğutma sistemini denemiştir. 1958'de ise Avustralya'da bir soğutucu yapılmıştır. Daha sonra 1966 yılında yine Avustralya'da güneş enerjisi destekli soğutma yapan bir güneş evi inşa edilmiştir. 1976'da ABD'de 500 civarında güneş enerjili klima cihazı yapılmıştır. Bu cihazlar çalışma zamanlarının %75-80'i civarında güneş enerjisi tarafından çalıştırılırken, geri kalan zamanlarında elektrik veya fuel-oil ile desteklenmişlerdir. [18].

Ancak o zamanlar buhar sıkıştırırmalı soğutma sistemleri daha cazip olmasından dolayı absorbsiyonlu sistemlere pek rağbet olmamıştır. Absorbsiyonlu soğutma sistemlerinin yatırım maliyetinin fazla olması sebebiyle bu sistemler kullanıcılar tarafından tercih edilmemiştir.

Ancak bugün enerji maliyetlerinin tüm sektörlerde birinci kalem masrafı olarak yer almasından dolayı kompresörlü soğutma sistemlerinin yerine alternatif cihaz arayışları tekrar gündeme gelmiştir. Özellikle endüstri alanında atık ısı enerjisi ortaya çıkan işletmelerde absorbsiyonlu soğutma sistemleri çok cazip hale gelmiştir.

Hem atık ısı değerlendirilmekte hem de atık enerji ile soğutma ihtiyacı karşılanmaktadır.

Yirminci yüzyılın ilk yıllarında absorpsiyonlu soğutma sistemi oldukça rağbet görmüş ve uygulama alanları bulmuştur. 1920'li yıllardan sonra özellikle Amerika, Almanya, İtalya, İngiltere, Belçika, Hollanda, Rusya ve diğer bazı ülkelerde absorpsiyonlu soğutma makinalarının dizaynı ve teknolojisi konusunda çalışmalar ve uygulamalar başarıyla sürdürülmüştür. Bu tarihlerde imal edilmiş olan en büyük absorpsiyonlu soğutma tesisi 4190 kW'lık soğutma kapasitesine sahiptir. 1950'li yıllardan sonra elektriğin ucuza maledilmesi ve değişik boyut ve kapasitedeki kompresörlerin kullanıma geçmesiyle buhar sıkıştırımlı mekanik sistemler öncelik kazanmıştır.

19 y.y.'da birçok kimya ve proses sanayide kullanılan buhar sıkıştırımlı soğutma çevriminin yerini  $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$  çiftli absorpsiyonlu soğutma sistemi aldı.  $\text{H}_2\text{O-LiBr}$  sistemleri 1940 ve 1950 yıllarında su soğutmalı olarak büyük binaların iklimlendirilmesinde ticari olarak kullanılmaya başlandı. Sistemin çalışabilmesi için generatöre verilmesi gereken ısı enerjisi, doğal gaz veya fuel-oil yakıtlarını kullanan kazanlardan elde edilen buhar veya sıcak sudan sağlanmaktaydı. 1970'li yıllarda gerekli ısı enerjisinin sağlanmasında değişik yöntemler arandı ve güneş enerjisi kısa bir sürede kendini gösterdi. [1]

Suyun soğutucu akışkan olarak kullanıldığı adsorpsiyonlu soğutma sistemlerinde, donma tehlikesinden dolayı, üretilen soğutma suyu 0 °C'nin üstünde olmalıdır. Su yerine metanol kullanılarak, daha düşük sıcaklıklara inmek de mümkündür. [22]

Güneş enerjisi yardımıyla soğutmada adsorpsiyonlu sistemlerinin kullanımı, Chernev'in zeolitli sistemler üzerinde çalışmasıyla başlamıştır. [2]

### **3.2. Verimliliğin Artırılması**

Güneş enerjisiyle soğutma, özellikle iklimlendirme, güneş enerjisinin en yüksek olduğu mevsimlerde gereksinim duyulan proseslerdendir. Güneş enerjisi

ülkemizde de gerek potansiyel gerekse uygulama olarak daha çok sıcak su ısıtmada değerlendirilmektedir. Bu sistemlerin ısıtmanın yanında soğutma da yapabilecek şekilde geliştirilmeleri çevre ve enerji tasarrufunda önemli rol oynamaktadır.

Absorbsiyonlu soğutma sistemlerinde akışkan çifti olarak absorbent ve soğutucu akışkan kullanılmaktadır. Soğutma sistemlerinde en uygun ve en çok kullanılan akışkan çifti  $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$  ve  $\text{H}_2\text{O-LiBr}$ 'dir [20]. Sistemin yapısı diğer soğutma sistemlerine göre daha karmaşık ve soğutma performans katsayısı (COP) daha küçüktür; fakat atık enerjilerin değerlendirilmesinde en uygun olanıdır.

Son yıllarda yapılan her ne kadar güneş enerjili soğutma sistemleri üzerine önemli makaleler olsa da içeriği ve konstrüksiyonundaki karmaşıklıklar sebebiyle güneş enerjisi ile soğutma, kullanım ve ticari yararlanma açısından diğer uygulamalar kadar yaygın değildir. Yapılacak çalışmalarla sistem daha uygulanabilir hale getirilebilecektir.

Yakıt maliyetlerinin artması ve kimya sanayiinde olduğu gibi birçok proseste düşük sıcaklıktaki ( $90\text{-}100^\circ\text{C}$ ) ısı enerjileri atmosfere atılmaktaydı. Bu nedenle düşük sıcaklıkla soğutma yükü sağlayabilen absorbsiyonlu sistemlerin kurulması atılan ısıdan soğutma ihtiyacının karşılanması gibi çok büyük bir avantaj sağlamaktadır.

Tek kademeli absorbsiyonlu soğutma çevrimlerinde, yüksek basınçtaki soğutucu akışkan buharı yoğuşturucuda sıvı faza dönüştürüldükten sonra düşük buharlaştırıcı basıncına kısılır. Buharlaştırıcı vasıtasıyla ortamdan ısı çekilerek soğutma yükü sağlanır.  $\text{H}_2\text{O-LiBr}$  akışkan çiftli sistemlerde absorbentte herhangi bir buharlaşma olmadığından basit bir distilasyon yeterli olmaktadır.

Fakat  $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$  akışkan çiftli sistemlerde absorbentin buharlaşabilen bir madde olması daha kompleks bir distilasyon ünitesinin kullanılmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, soğutucu akışkan buharının tam olarak ayrılabilmesi için bu sistemlerde zenginleştirme kolonu kullanılmaktadır. Zenginleştirme kolonun da generatör üstüyle direkt temaslı üst üste akışkan havuzlarından oluşmuş analizör denilen bir kısım bulunur. Zengin çözelti bu tepsilerden aşağı doğru taşarak süzülürken generatörden yükselen buharı soğutur. Böylece soğutucu akışkanla ( $\text{NH}_3$ )

birlikte buharlaşan absorbentin ( $H_2O$ ) yoğuşması sağlanır.  $NH_3-H_2O$ 'lu sistemlerde zenginleştirme kolonunun kullanılması zorunludur. Çünkü; amonyakla beraber suyun buharlaştırıcıya girmesi suyun donmasını ve sistemde istenmeyen durumların oluşmasına neden olur.

Absorbsiyonlu soğutma sistemleri buhar sıkıştırma sistemlerine genel olarak benzemekle beraber bu sistemlerde kompresörün yerini absorber, generatör, genişleme valfi ve solüsyon pompası almaktadır. [1]

### 3.3. Soğutucu ve Soğurucu Bileşim Özellikleri

- Kimyasal çözünürlüğün yüksek olması.
- Çalışma şartlarında sistemde katı fazında olmaması: Sistemin herhangi bir yerinde katılaşma nedeniyle tıkanıklık olduğu takdirde akış duracağından sistem devre dışı kalabilir.
- Isı alış-verişinin fazla olması için ısı transfer katsayısı yüksek olmalıdır.
- Uzun süreli ve sürekli çalışma şartları için akışkan çifti kararlı olmalıdır.
- Buharlaşma gizli ısısının yüksek olması: Çevrimin minimum akışkan debisiyle sağlanabilmesi için.
- Basınç kayıplarını azaltmak için viskozitesinin düşük olması gereklidir. Soğurucu, soğutucu akışkanı kolay absorblayabilmelidir.
- İşletme basıncının normal seviyelerde olması: Yüksek basınç, mukavemet sağlamak için kalın cidarlı donanım ve tesisat gerektirir ki bu durum maliyetin artmasına sebebiyet verecektir. Alçak basınçlar ise sistem içine hava girmesini önleyecek ve kontrol edecek özel ekipmanlarla beraber soğutucu akışkan buharının basınç düşümünü sağlayacak ilave elemanlar gerektirir.

—Korozyon: Sistemin dayanımı, ömrü ve güvenilirliği için korozif etkisi olmamalıdır.

—Emniyet: Patlayıcı, parlayıcı ve zehirli olmamalı, kimyasal olarak reaksiyona girmemelidir.

—Maliyet: Sistemin ucuz olması için kolay elde edilebilir yani kolay bulunabilir olmalıdır.

Amonyak - Su akışkan çiftinin geniş kullanıma sahip olmasının nedeni ise amonyağın kaynama noktasının çok düşük ( $-33,4^{\circ}\text{C}$ ) ve buharlaşma ısısının yüksek ( $1368,168\text{ kJ/kg}$ ) olması ve dolayısıyla soğutma etkisinin çok yüksek olmasıdır. Amonyak buz eritme tesislerinde, buz patinaj sahalarında ve  $+10^{\circ}\text{C}$  ve  $-40^{\circ}\text{C}$  arasında soğutma yapılması istenen soğuk depolama tesislerinde kullanılabilir.

Amonyak zehirli ve keskin kokulu bir gaz olduğundan ideal bir soğutucu akışkan olmaktan uzaktır. Kolay yanmaz, ancak; belirli şartlar meydana gelince yanar ve hava ile karışarak şiddetli bir patlayıcı madde haline gelir. Amonyaklı sistemin çalışma basıncı yüksektir ve daha mukavim elemanlar kullanılmasını gerektirir ki bu da maliyeti artırır.

$\text{LiBr} / \text{H}_2\text{O}$  akışkan çifti: bu akışkan çift diğer çiftlere göre daha avantajlı durumdadır. Başlıca üstünlükleri sıralanırsa:

—Diğer akışkan çiftlerine nazaran daha düşük sıcaklıklarda sistem çalışabilir ve daha yüksek soğutma tesir katsayısı elde edilebilir

—Bu akışkan çiftiyle çalışan sistemlerde soğutucu ile soğurucu akışkanın kaynama sıcaklığının arasında yaklaşık  $540^{\circ}\text{C}$  fark olması sebebiyle kaynatıcı çıkışında soğutucu akışkana soğurucunun karışmasını önlemek için ilave bir rektifikasyon komponentine ihtiyaç duyulmadığından nispeten daha basit elemanlardan meydana gelir ve maliyeti daha düşük olur.



—Eriyik pompası için gerekli olan iş çok azdır. Bu iş,  $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$  çifti ile çalışan sistemin işinin yüzde biri kadardır.

—Soğutucu akışkan yüksek buharlaşma ısısına sahiptir.

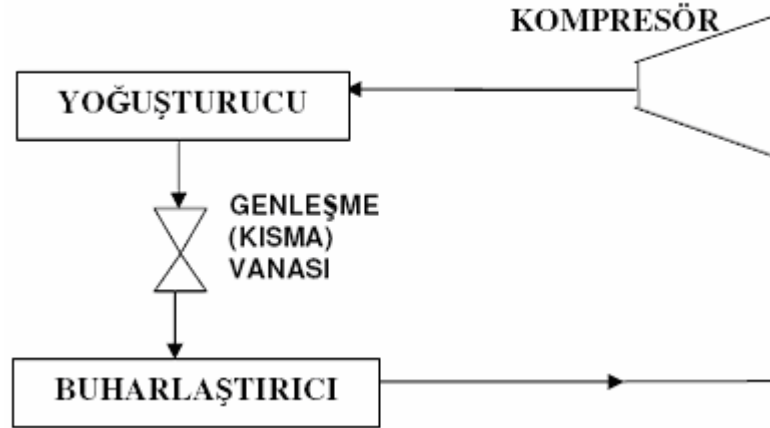
$\text{LiBr / H}_2\text{O}$  çiftli sistemlerde soğutucu akışkan olarak kullanılan akışkan sudur (R718). Buhar sıkıştırılmalı sistemler açısından da şayet su buharının özgül hacmi, kompresör boyutlarını aşırı derecede büyütmemiş olsaydı su, çevreci oluşu ve kolay temin edilmesi nedenlerinden dolayı mükemmel bir soğutucu akışkan olurdu.

Soğutucu akışkan olarak kullanılan suyun alçak sıcaklıklarda buharlaşması ancak çok düşük basınç seviyelerinde meydana gelir.  $0\text{ }^\circ\text{C}$ 'de suyun buharlaşması  $4\text{ mmHg}$  (yaklaşık  $0.0052\text{ atm}$ ) basınç seviyesinde mümkündür. Buna tekabül olarak suyun özgül hacmi  $200\text{ m}^3/\text{kg}$ 'dır. Soğuk üretimi için soğutucu akışkanın çevresindeki ısı enerjisini çekerek buharlaşması gereklidir. Bu nedenle suyla çalışan sistemlerin kaynama noktasının çok düşük olması ve çok düşük basınç altında olması gerekir. Basıncın alçalmasıyla suyun kaynama derecesinin de düşeceği bilinmektedir. Suyun moleküllerinin kohezyonu büyük olduğundan ve kohezyon da sıvı moleküllerin buhar fazına kaçma eğilimleriyle doğru orantılı olduğundan suyun moleküllerinin buhar fazına kaçma eğilimi düşüktür. Ayrıca kohezyon özelliği bir mol maddenin sıvı halden buhar haline geçmesi için absorbladığı ısı miktarının da ölçüsüdür.  $1\text{ mol H}_2\text{O}$  buharlaştığı zaman ( $25\text{ }^\circ\text{C}$  ve  $1\text{ atmosfer}$  basınç altında) yaklaşık  $10520$  kalorilik enerjiyi absorblar. Suyun diğer önemli bir özelliği; normal basınç altında su buharı, kendine tekabül eden sıvı su miktarından  $1700$  kat fazla hacim kaplar. Bu durum, absorberdeki absorpsiyonun yeterli ve sürekli olması için, zayıf çözeltinin absorberden boşaltılması gereğini ortaya koyar.

$\text{LiBr-H}_2\text{O}$  çiftlerinde absorbent olarak  $\text{LiBr}$  tuzu kullanılır.  $\text{LiBr}$  tuzu; sulu çözelti içindeki ve absorberdeki düşük basınçtaki kararlılığı nedeniyle avantajlıdır. Dezavantajları ise; kristalleşme eğilimi, korozif etkileri ve maliyeti olarak sıralanabilir [9].

### 3.4. Buhar Sıkıştırırmalı Soğutma Sistemleri

Buhar sıkıştırırmalı soğutma çevrimi en yaygın uygulanan sistemdir. Sistemin temel elemanları sıkıştırma işinin yapıldığı kompresör, yoğuşmanın gerçekleştiği yoğuşturucu (kondenser), kısılma işleminin gerçekleştiği kısılma vanası ve buharlaşmanın gerçekleştiği buharlaştırıcıdan oluşur.



Şekil 3.1 Buhar sıkıştırırmalı soğutma çevrimi

Buhar sıkıştırırmalı soğutma sisteminde (Şekil 3.1) kompresörde sıkıştırılarak yüksek basınç seviyesine çıkan soğutucu akışkan kızgın buhar fazında yoğuşturucuya ulaşır burada sabit basınçta ısı vererek yoğuşur ve doymuş sıvı fazında kısılma vanasına ulaşır ve burada çok düşük basınca kısılr ve buharlaştırıcıya çevrim alt basıncında ulaşır, burada soğutulan ortamdan ısı çekerek buharlaşır ve doymuş ya da kızgın buhar fazında kompresöre ulaşarak çevrimi tamamlar.

Teorik soğutma çevriminde tersinmezliklerin sıfır olması nedeniyle sisteme verilen iş minimuma, sistem performans katsayısı ise maksimuma çıkar. Gerçek soğutma çevriminde tersinmezliklerden dolayı ekserji kayıpları oluşmakta, aynı soğutma yükünü elde etmek için teorik çevrime kıyasla sisteme daha fazla mekanik enerjinin verilmesi gerekmektedir. Bu nedenle gerçek soğutma çevrimlerinin performans katsayısı daha düşüktür.

Tablo 3.1 İki sistemin teknik karşılaştırılması

	<b>Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi</b>	<b>Buhar sıkıştırırmalı Soğutma Sistemi</b>
COP	1,3	3,5
İlk yatırım maliyeti	Yüksek	Düşük
İşletim Maliyeti	Düşük	Yüksek
Ömür	16-20 Yıl	8
Çevresel Etki	Zararlı etki yok/emisyon yok	CFC etkisi / emisyon artırıcı
Elektrik Tüketimi	İhmal edilecek boyutta	80 kWh

### **3.5. Absorbsiyonlu Soğutma Sistemleriyle Mekanik Buhar Sistemlerinin Karşılaştırılması.**

1. Absorbsiyonlu soğutma sistemlerinde hareketli parçaların az olmasından dolayı sessiz çalışabilmektedirler.

2. Absorbsiyonlu soğutma sistemleri düşük buharlaştırıcı sıcaklıklarında avantajlıdır. Bunun nedeni buhar sıkıştırırmalı sistemdeki kompresördeki sürtünmelerden dolayı güç kayıplarının ve aşırı kızdırma problemleri bu sistemlerde söz konusu değildir.

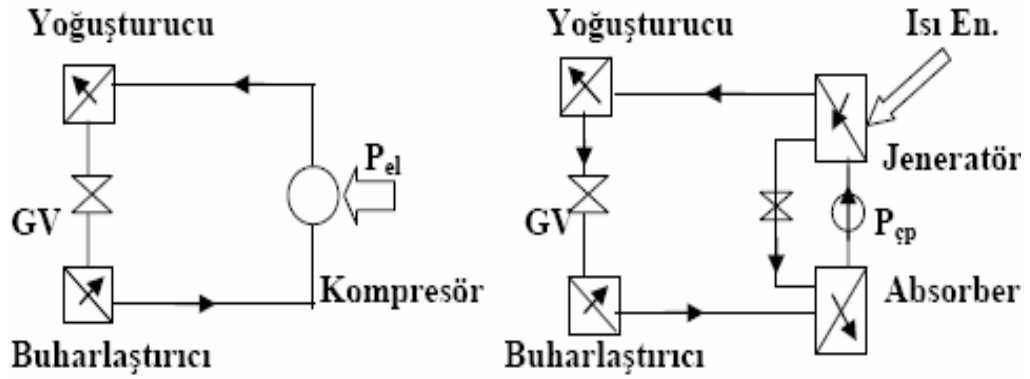
3. Absorbsiyonlu soğutma sistemleri kolay ayarlanabilir, kontrol edilebilir ve uzun ömürlüdür.

4. Absorbsiyonlu soğutma sistemleri % 0-100 arasında değişebilen soğutma yükü sağlayabilir.

5. Sıcaklık değişimleri, genleşme valfindeki küçük değişimlerle korunabilir.

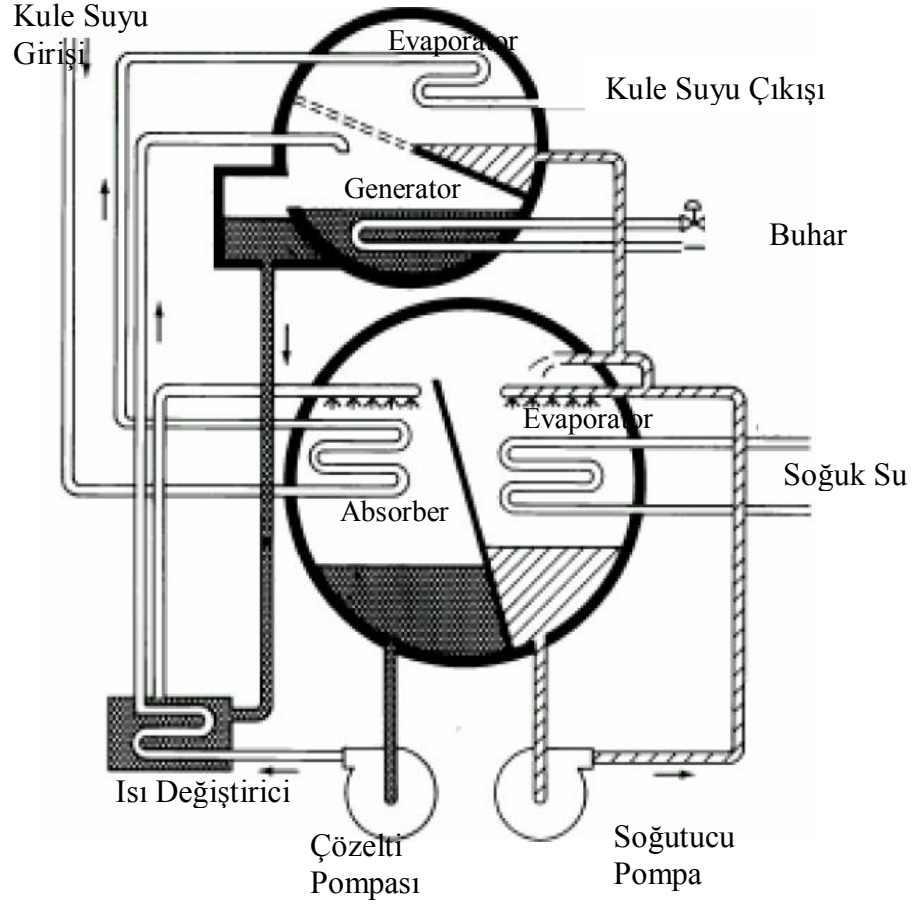
6. Absorbsiyonlu soğutma sistemlerinde buharlaştırıcı basınç ve sıcaklıklarında azalma olduğunda soğutma kapasitesinde çok az bir düşme olur.

7. Absorbsiyonlu soğutma sistemlerinde hızlı bir soğutma yükü sağlanır.
8. Absorbsiyonlu soğutma sistemlerinde buhar sıkıştırmalı sistemlerinde kullanılan elektrik enerjisinin % 2-9 kullanılmaktadır.
9. Absorbsiyonlu soğutma sistemlerinin farklı elemanlarının küçük bir alana yerleştirme gerekliliğinde simetrik olarak yerleştirmeyeyle etkili bir çalışma sağlanabilmektedir.
10. İlk yatırım maliyetlerinin yüksek olmasına rağmen bakım gerektirmemesi ve arızalanmanın az olması sistemi avantajlı kılmaktadır.



Şekil 3.2. Buhar sıkıştırmalı ve Absorbsiyonlu soğutma çevriminin karşılaştırılması. [1]

### 3.6. Tek Etkili Absorbsiyonlu Soğutucular.



Şekil 3.3. Lityum Bromür – Su Çevrimli Absorbsiyonlu Soğutucu.

Şekil 3.3.'de ticari olarak bulunabilecek, tek etkili indirekt yakma sistemli tek kademeli sıvı soğutucu görülmektedir.

Büyük kapasiteli tek etkili absorpsiyonlu soğutma cihazlarının ARI (Air Conditioning and Refrigeration Institute) deneme koşullarında soğutma etkinliği katsayısı (COP) 0,7 – 0,8 değerlerindedir. [1]

### 3.7. Çift Etkili Absorbsiyonlu Soğutucular.

Günümüzde yaygın olan güneşten soğuk su üretmede genel olarak absorbsiyonlu soğutucular kullanılır. Performans katsayısı (COP) ısıdan soğutma enerjisine, enerji dönüştürme niteliğini belirler. Çoğunlukla tek etkili absorbsiyonlu soğutucular kullanılır. Bunların çalışma sıcaklıkları sınırlıdır ( $<100$  °C). COP değerleri düşüktür ( $<0,7$ ).

Çift etkili absorbsiyonlu soğutucular, güneş ısısını daha verimli olarak soğutma enerjisine dönüştürür. Bu sayede daha yüksek COP değerleri sağlarlar. Bu nedenle  $110^{\circ}\text{C}$ 'den daha fazla sıcaklık gerektiren çift etkili absorbsiyonlu soğutucularda kuru buhar kullanılmaktadır. Çift etkili absorbsiyonlu soğutucunun buhar girişinde separatör adı verilen bir buhar filtresi ile enerji kaynağından gelen yüksek sıcaklıklı buharın içerisinde bulunan konsense sıvılar burada tutulmaktadır. Bu sayede çift etkili absorbsiyonlu soğutucunun HTG (yüksek sıcaklıklı generatör) kısmına sadece kuru buhar gitmesi sağlanmaktadır.

Bu işlemin yapılmasının sebebi çift etkili absorbsiyonlu soğutucuların sadece buharla çalışıyor olmasıdır. COP değeri 1,4'den 1,5'e kadar değişmektedir. Ortalama COP değerinin 1,4 olduğu varsayılmıştır. Çift etkili sistem, tek etkili sisteme göre daha verimli olup, amortisman süresi de daha kısadır. Ancak, enerji kaynağı olarak buhar gerektirdiği için çift etkili absorbsiyonlu soğutucu buhar kullanan ve atıl buhar enerjisi olan tesisler için ideal bir cihazdır. Mevcut atıl buharın burada kullanılması ile hem buhar değerlendirilmiş olmakta hem de soğutma hizmeti için ayrıca fazladan bir enerji harcanmamış olmaktadır.

Buradaki en önemli noktalar, yüksek soğutma etkinlik katsayısına sahip çift etkili soğurmalı soğutma makinelerinin kullanımı ile, hem destek sistemi yakıt tüketiminin düşmesi, hem de kollektör alanının önemli oranda azalmasıdır. Bu şekilde sistemin, hem ilk yatırım maliyeti azaltılacak, hem de işletme giderleri konvansiyonel sistemlere göre çok az olan güneş enerjili soğurmalı soğutma sisteminin amortisman süresi kısaltılarak, yaygınlaşması sağlanacaktır. Konvansiyonel sistemlerle, verim ve fiyatlar yönünden yapılan karşılaştırmalar sonucunda, parabolik oluk tipi güneş kollektörleri ile çift etkili soğurmalı soğutma

gruplarının birlikte kullanıldığı güneş destekli soğutma sistemlerinin, 100 kW üzerindeki soğutma yükleri için ekonomik olabileceği beklenmektedir. Türkiye'deki düşük üretim maliyetleri ve seçici yüzeyle boru, cam kılıf, yansıtıcı yüzey gibi ilk etapta yurt dışından ithal edilecek malzemelerin, zamanla yurt içinde üretilmesi ile, sistem fiyatını belirleyen en önemli maliyetlerden, güneş kollektörünün üretim maliyeti düşecek, bu da sistemin amortisman süresini daha da kısaltacaktır. Çift etkili soğurmalı sistemlerin tüm çalışma süreci içerisinde genellikle % 50 ile % 80 kısmi yük altında çalıştığı bilindiğinden, bu sistemlerin ortalama COP'si 1,4 civarında kabul edilmektedir. [10]

Tablo 3.2. Tek ve Çift Etkili Absorbsiyonlu Soğutucuların Özellikleri

	<b>Tek Etkili</b>	<b>Çift Etkili</b>
Isıtma Sıcaklığı	< 100°C	>110°C
Akışkan	Su	Kuru Buhar
COP	0,4 - 0,7	1,2 - 1,5

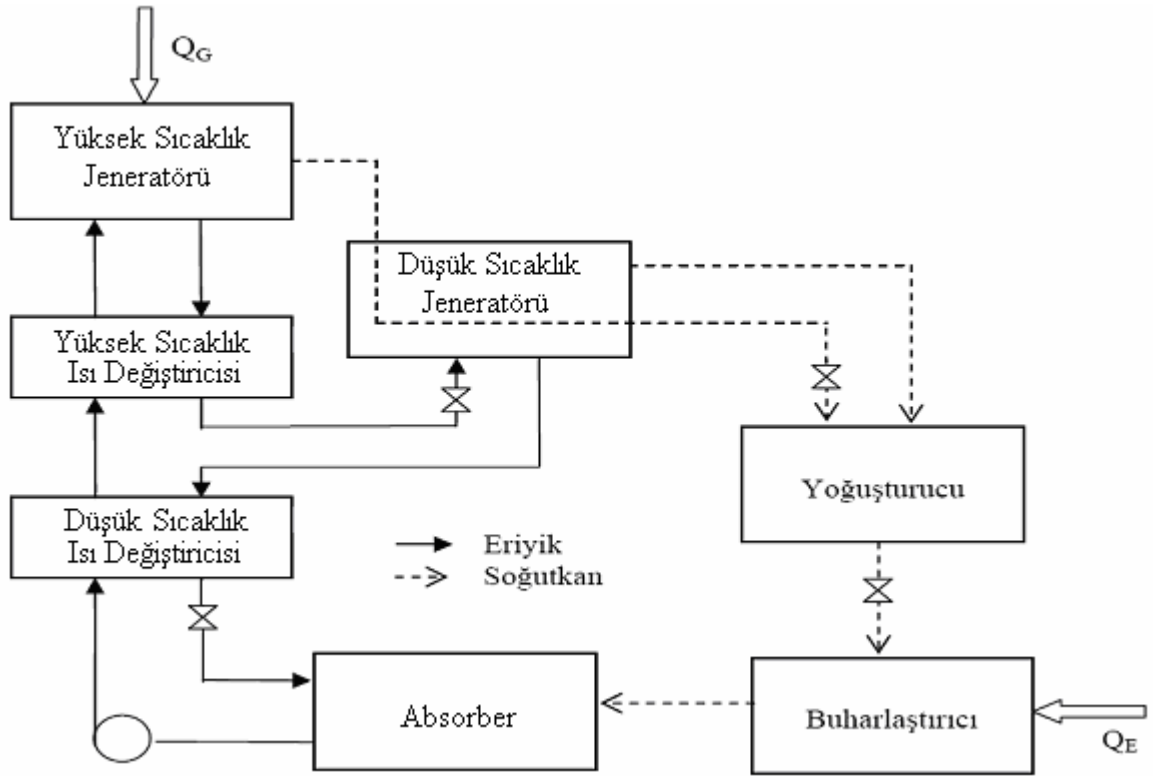
Çift etkili absorpsiyon çevrimi beş sıcaklık ve üç basınç düzeyine sahip bir sistemdir. Sistemdeki üç basınç bölgesi (i) evaporatör ve absorberdeki düşük basınç, evaporatör sıcaklığıyla belirlenir, (ii) kondenser ve ikinci kademe kaynatıcıdaki orta düzey basınç, kondenser sıcaklığıyla belirlenir ve (iii) ilk kademe kaynatıcıdaki yüksek basınç, ikinci kademe kaynatıcı sıcaklığıyla belirlenir.

Sistem operasyonunda, LiBr – H<sub>2</sub>O zengin eriyiği absorberden ilk kademe güneş enerjisi veya atık ısı destekli kaynatıcıya pompalanır. Burada, LiBr – H<sub>2</sub>O eriyiğinden gelen soğutucu buharı kaynatarak bitirmek üzere daha yüksek bir ısıda ısıtılır. İlk kaynatıcıdan gelen su buharı, ikinci kademe kaynatıcıda yüksek basınçta yoğunlaştırılır. Yoğuşma ısı, sıcaklığı ve basıncı sırasıyla eriyik ısı eşanjörü ve basınç düşürme valfi ile indirgindikten sonra, kaynatıcıdan gelen soğutucu buhar, kondensere geçer ve kondensasyon ısını atmosferde verir. Dolayısıyla, kondenserden çıkan toplam sıvı soğutucu miktarı ilk ve ikinci kademe kaynatıcılardan gelen soğutucu miktarının toplamıdır. Kondenserden çıkan sıvı soğutucu, evaporatöre doğru devam eder ve burada düşük basınçta buharlaştırılır. Bu esnada buharlaştırma ısını soğutulmak üzere dışarıdan gelen suya salar. Bu soğuk buharlar daha sonra ikinci aşama kaynatıcıdan gelen fakir eriyik içinde eriyik ısı eşanjörü aracılığıyla

çözülür ve absorpsiyon ısı absorberde atılır. Daha sonra zengin eriyik kaynatıcıda pompalanır ve döngü tamamlanmış olur [24].

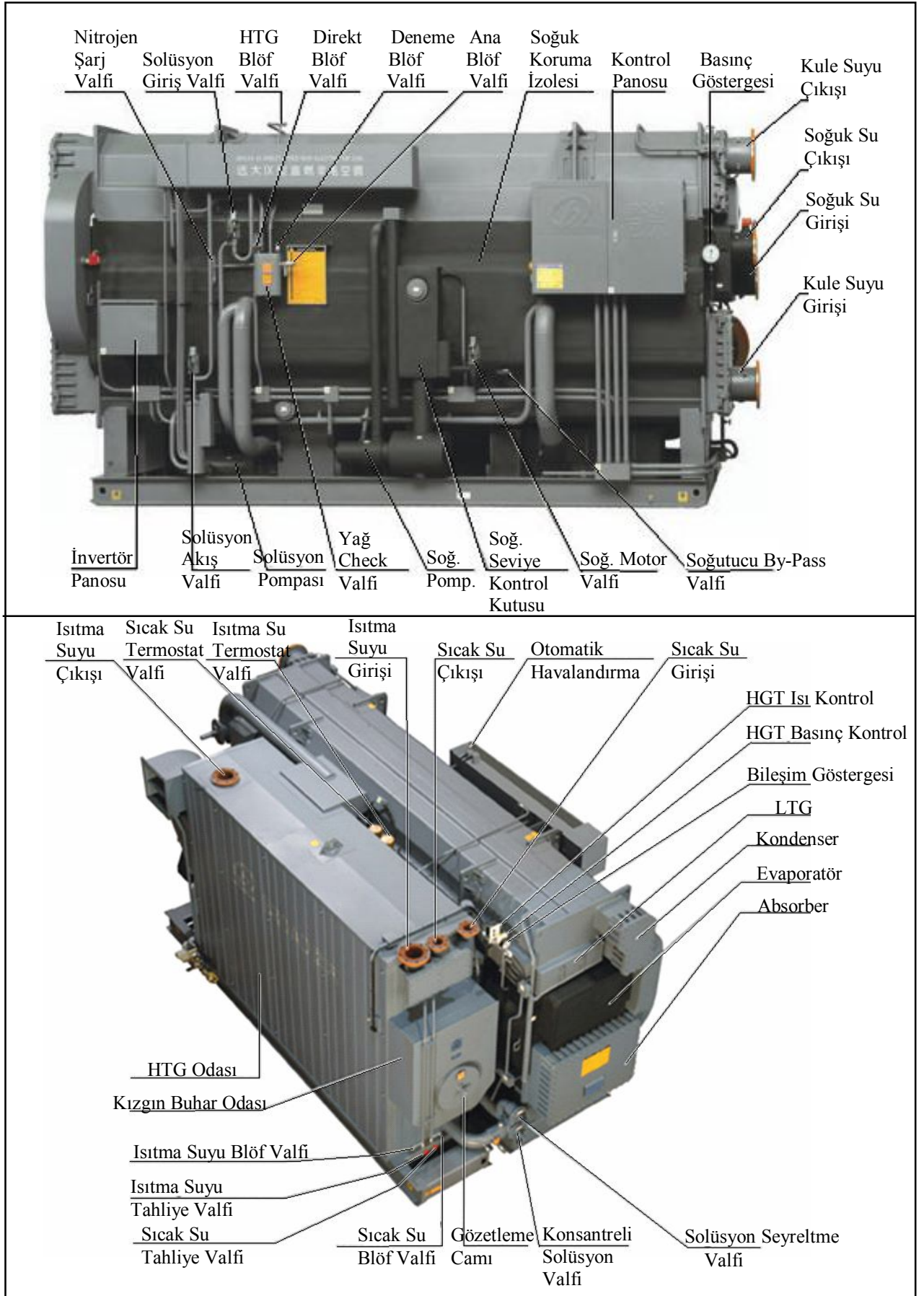
Düz kolektörlerle elde edilen sıcaklıklar  $80\text{--}100^\circ\text{C}$  ile sınırlıdır. Bu sıcaklık aralığında tek etkili sistemlerin çalışması mümkün olmaktadır. Ancak parabolik oluk tipi kolektörlerde çizgisel odaklanma sayesinde sıcaklık  $180\text{--}200^\circ\text{C}$  seviyelerine ulaşabilir. Bu sıcaklık aralığında ise çift etkili sistemlerin çalıştırılması daha ekonomik sonuç vermektedir.

Absorberden yani soğurucudan çıkan çözelti şekil 3.4.'te de görüldüğü üzere sırasıyla düşük sıcaklık ısı değiştiricisi, yüksek sıcaklık ısı değiştiricisi, yüksek sıcaklık jeneratörü, yüksek sıcaklık ısı değiştiricisi, düşük sıcaklık jeneratörü ve buradan da yoğuşturucu tankı üzerinden buharlaştırıcıdan geçer ve absorbere ulaşır. Böylece çevrim tamamlanmış olur.

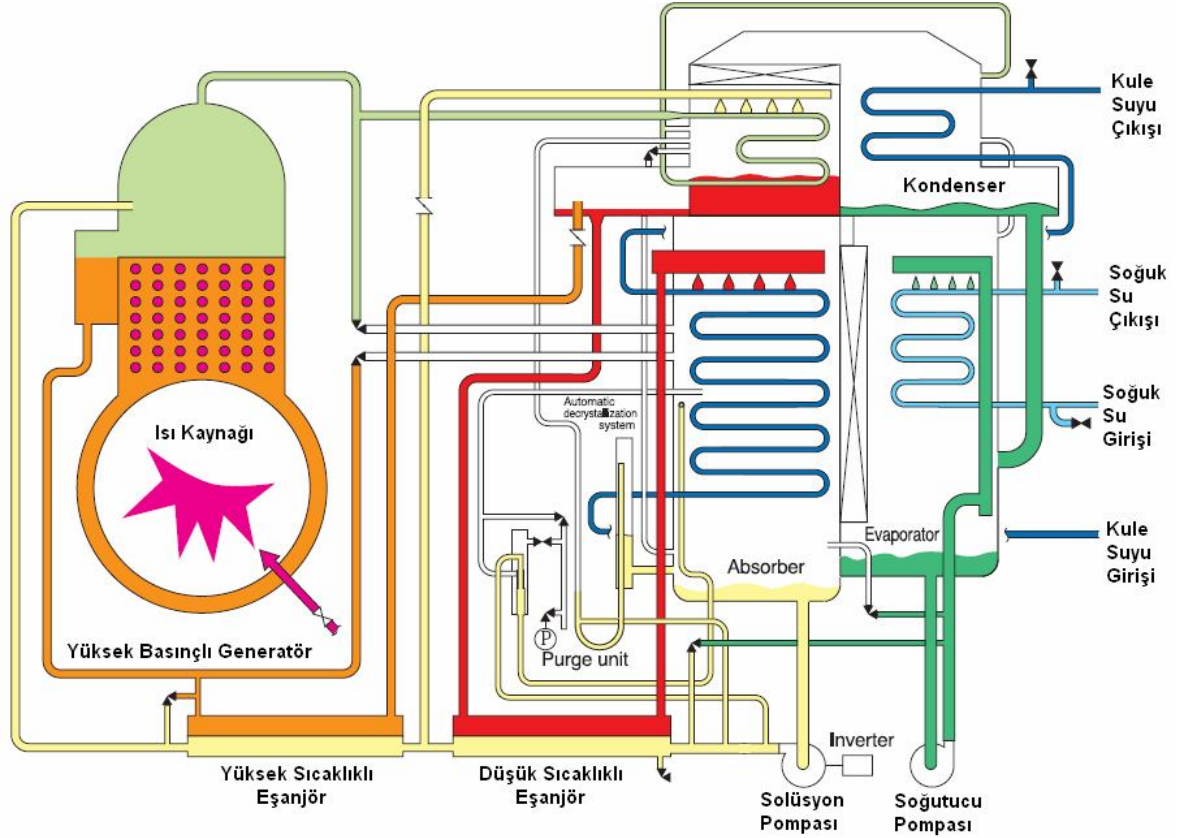


Şekil 3.4. Çift etkili soğurmalı soğutma sisteminin şematik görünümü





Şekil 3.5. Çift Etkili Absorbsiyonlu Soğutucunun Ekipmanları



Şekil 3.6. Çift Etkili Lityum Bromur – Su Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi Akış Sistemi

### 3.8. Li-Br'ün Kristalleşmesi

LiBr- H<sub>2</sub>O akışkan çiftiyle çalışan bir sistemde dikkat edilmesi gereken bazı konular vardır. Bunlar; su soğutucu akışkan olduğundan dolayı buharlaştırıcı sıcaklığı, suyun donma noktası ile sınırlanmıştır.

LiBr saf haldeyken kristal yapıya sahip oluşu sonucu çevrimde tıkanma nedeniyle akış durabilir. Kristalizasyon, çevrimin çalışma şartlarını sınırlar. Tuzların çoğu gibi LiBr de suda çözülebilir. Lityum Bromürün su ile yaptığı bileşimin belirli bir yoğunlaşma değerinde belirli bir minimum eriyik sıcaklığı vardır. Bu minimum sıcaklığın altında tuz eriyikten ayrılmaya başlar. Yani katı hale gelir ve kristalleşme olur. [27].

Kristalleşme ihtimalinin en fazla olduğu yer eriyik ısı eşanjörüdür. Burada zengin eriyik, kristalleşme sıcaklığına kadar inebilir. Bu durumda kristal haldeki tuz,

ısı eşanjörünün borularına yerleşir ve boruları tıkararak cihazın çalışması için gerekli olan akışı durdurur, sistem çalışmaz hale gelir.

Kristalizasyon olayının temel üç nedeni vardır;

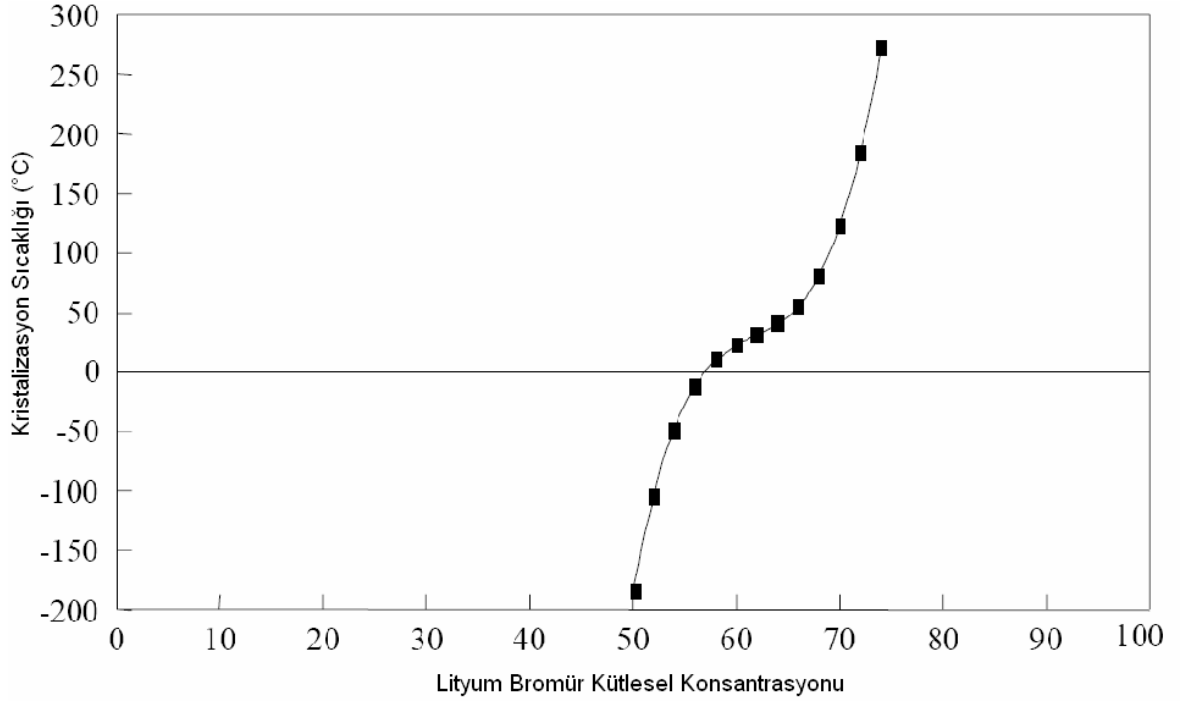
1- Pompalama sisteminde güç düşümü olduğunda, otomatik dekrizasyon sistemi çalışmaması halinde kristalizasyon olur.

2- Soğutma suyu sıcaklığında ani bir düşüş kristalizasyona yol açar.

3- Hava sızıntıları etkisi de önemli bir rol oynar, hava sızıntılarının neden olduğu hava kabarcıkları absorberde basıncın artışına neden olur. Bu artış buharlaştırıcı kapasitesini sınırlar ve buharlaştırıcının soğutma suyu sıcaklığını yükseltir. Buharlaştırıcıdaki bu sıcaklık yükselişi otomatik olarak kaynatıcıyı da etkiler ve daha fazla ısı yükünün kaynatıcıya verilmesini sağlar. Böylece kaynatıcıda daha fazla Lityum Bromür yüzdeli eriyiğin kalmasını sağlar, çünkü soğutucu akışkan daha yüksek sıcaklık nedeniyle yoğuşturucuya gitmiştir. Artık absorberde daha az bir ısı yükü vardır bu nedenle absorberi terk eden fakir eriyiğin sıcaklığı düşer ve eşanjörde zengin çözeltinin sıcaklığını düşürerek kristalleşmeye neden olur.

Kristalleşme olduğu zaman ısı eşanjörünün absorbere dönüş borusu tıkanığından zengin eriyik absorbere geri dönemez. Böylece kaynatıcıda eriyik seviyesi yükselir. Bu eriyik bir by-pass borusu vasıtasıyla absorbere gönderilebilir. Absorberdeki eriyiğe böyle bir ilave yapıldığında absorberin sıcaklığı yükselecektir. Sulandırılmış eriyik tekrar kaynatıcıya gönderilmek üzere ısı eşanjörüne pompalanır. Fakir eriyiğin sıcaklığı bu işlemler neticesinde yüksek olduğundan eşanjör borularını ısıtır ve tıkalı olan zengin eriyik dönüş borusunun tekrar açılmasını sağlar. Kaynatıcıdaki eriyik seviyesi düşer ve sistem tekrar normal hale gelmiş olur. Bu işleme otomatik dekrizasyon denir. Yoğuşturucu ve absorberin soğutma suları aynı anda kesilirse kristalleşme önlenemez veya LiBr eriyiğine çeşitli oranlarda tuzlar katılarak önlenemez. [14].

Şekil 3.7.'de, lityum bromür-su eriyiğinin kristalizasyon sıcaklığının, lityum bromür konsantrasyonuna bağlı olarak değişimini göstermektedir.



Şekil 3.7.Lityum bromür-su eriyiğinin kıristalizasyon sıcaklığının,lityum bromür konsantrasyonuna bağılı olarak değişimi.

### 3.9. Amonyak-Su ile Lityum Bromür-Su Eriyiklerinin Karşılaştırılması

Absorbsiyonlu sistemlerin performansları kullandıkları soğutucu akışkan-yutucu çifti özellikleriyle direkt ilişkilidir.

Ucuzluk, ısı ve kütle transfer karakteristikleri, termodinamik özellikleri ve zehirli olup olmaması dikkate alındığında, lityum bromür-su çifti absorbsiyonlu sistemler için en yaygın çiftlerden biridir. İnorganik yutucular için, su belki de en akılcı soğutucu akışkan olmaktadır. Zira amonyak kullanıldığında sistem basıncı aşırı yüksek olmaktadır. Su, yüksek buharlaşma gizli ısısına sahip olmasının yanında ucuz ve zehirsiz olup, patlayıcı özelliği yoktur. Suyun soğutucu akışkan olarak kullanılmasındaki ana dezavantaj, sıcaklık limitinin sorun olması ve basınçların atmosfer basıncının altına düşme riskinin olmasıdır. Lityum bromürün su içinde yaklaşık %70 ağırlık oranına kadar çözünmesi birçok avantaj doğurmaktadır. Sabit konsantrasyon doğrularının eğimlerinin yüksek olması da bir başka avantajdır. Diğer

bir önemli avantaj da kaynatıcı çıkışında su buharının lityum bromür içermemesi dolayısıyla ekstra bir ayırıcı ekipmana gerek duyulmamasıdır.

Amonyak-su eriyiği, soğutucu akışkan-soğurucu çiftlerinden istenen özelliklerin bazılarını mükemmel bir şekilde sağlarken, bazılarını sağlamakta zorluk çekmektedir. Yutucu akışkan olarak kullanılan su, amonyak buharına karşı meyilli olup, bu ikili geniş bir çalışma aralığında birbirleri içinde çok güzel çözünürler. [17].

Lityum bromür-su çifti absorpsiyonlu sistemler için çok uygun bir çift olmasına rağmen, bazı dezavantajlara da sahiptir. Bunların bazıları; korozyon, yüksek viskozite, lityum bromürün su içinde çözünmesindeki limit ve uygulamada çıkılabilecek maksimum sıcaklık limiti olarak belirtilebilir.

Her ikisi de kararlı olup birçok malzeme ile uyumlu olarak kullanılabilirler. Unutulmaması gereken, bakır ve bakır alaşımlarının herhangi bir amonyak kullanan sistem için uygun olmadığıdır. Soğutucu akışkan olarak kullanılan amonyak, yüksek gizli ısıya sahiptir. Fakat zehirlidir ve çalışma basıncı oldukça yüksektir.

Amonyak-su eriyiği kullanan sistemin ana dezavantajı, suyun kolay buharlaşabilir olması dolayısıyla, evaporatoru terkeden amonyak buharının genellikle bir miktar su buharı içermesidir. Bu sebeple, amonyak-su eriyiği kullanan absorpsiyonlu sistemlerde, yoğuşturucuya saf amonyak gitmesini sağlamak amacıyla, amonyağın içerdiği su buharını ayırmak için kaynatıcı çıkışına bir ayırıcı yerleştirilmelidir. Bu ayırıcı genellikle kaynatıcının üst kısmına monte edilmiş bir distilasyon kolonudur.

Amonyak-su eriyiği kullanan absorpsiyonlu sistemler, yüksek sıcaklık uygulamaları için pek uygun değildir. Zira sıcaklık yükseldikçe absorberdeki basınç yükseleceğinden buna bağlı olarak pompalama maliyeti de yüksek olacaktır. Kaynatıcı çıkışına ayırıcı montajı sistemi daha karmaşık yapar ve ilk yatırım maliyetini arttırır.

Lityum bromür-su eriyiği kullanan soğutucu sistemi, konsantrasyonu değiştirerek yük değişimlerinde gerekli ihtiyacı sağlayabilmektedir. Fakat düşük çalışma basıncı sebebiyle, sisteme hava girmesi söz konusudur. [17]

Kristalizasyona engel olmak için konsantrasyon oranının kontrolü gerekse de bu tür sistemler pek arıza göstermezler ve çalıştırılması oldukça basittir.

Soğurmalı sistemlerde genellikle konsantrasyon soğutucu akışkana göre olmasına rağmen lityum bromür-su çifti kullanan sistemlerde konsantrasyon lityum bromüre göre verilmektedir. Bu durum, amonyak-su çifti kullanan sistemde zengin eriyik olarak isimlendirilen eriyiğin, lityum bromür-su çifti kullanan sistemlerde fakir eriyik olarak isimlendirilmesi sonucunu doğurur. Amonyak-su çifti kullanan sistemde zenginlik, soğutucu akışkan olan amonyak konsantrasyonuna göre belirlenirken, lityum bromür-su çifti kullanan sistemlerde zenginlik, soğurucu akışkan olan lityum bromür konsantrasyonuna göre belirlenir.

Absorbsiyonlu sistemin performansı kullandığı soğutucu akışkan-soğurucu çifti özellikleriyle direkt ilişkilidir. Absorbsiyonlu çevrim, amonyağın soğutucu akışkan olarak kullanıldığı amonyak-su çifti ve suyun soğutucu akışkan olarak kullanıldığı lityum bromür-su çiftini yaygın olarak kullanmaktadır. Bu çalışma, lityum bromür-su çifti kullanan absorbsiyonlu sistemin, amonyak-su çifti kullanan sisteme göre daha iyi bir performans gösterdiği sonucuna varmıştır.

Amonyak-su eriyiği soğutucu akışkan-soğurucu çiftlerinden istenen özelliklerin bazılarını mükemmel bir şekilde sağlarken, bazılarını sağlamakta zorluk çekmektedir. Yutucu akışkan olarak kullanılan su, amonyak buharına karşı meyilli olup, bu ikili geniş bir çalışma aralığında birbirleri içinde çok kolay çözünürler.

Amonyak, kokusundan dolayı kaçağı çok kolay tespit edilir ancak su kaçağının tespiti zordur.

LiBr-H<sub>2</sub>O eriyiği kullanan sistemlerde, LiBr'ün kristal yapıya geçme riski vardır. Kristalizasyonun önlenmesi için özel tertibat gerekir. Amonyak-Su çözeltisi kullanan sistemlerde kristalizasyon tehlikesi yoktur.

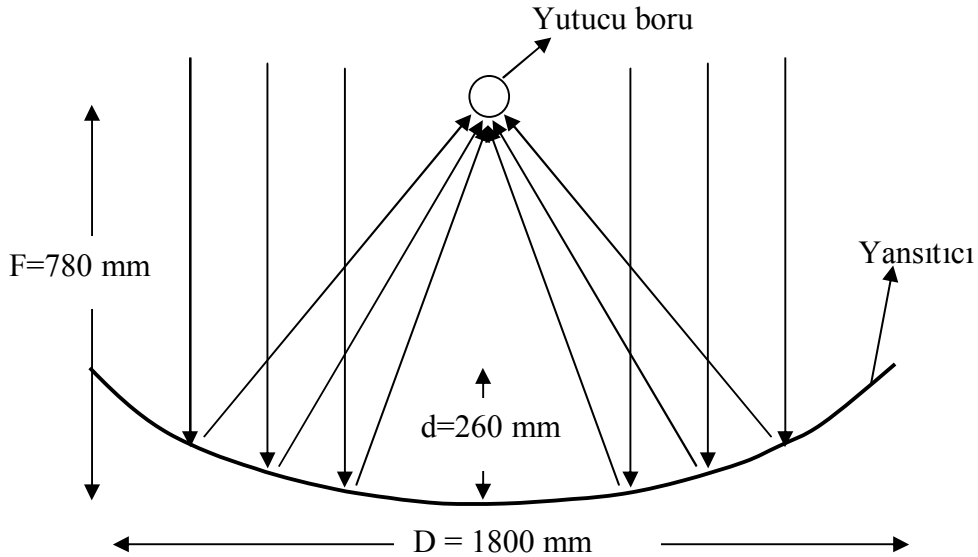
İlave olarak, amonyağın kolay buharlaşabilir, zehirli ve yanıcı olması dolayısıyla taşınması ve depolanması özen ve dikkat gerektirir. [17].

## 4. GYTE GÜNEŞ ENERJİLİ ABSORBSİYONLU SOĞUTMA SİSTEMİ VERİMLİLİK VE PERFORMANS HESAPLAMASI

### 4.1. Yansıtıcı Yüzey

Güneş enerjisinin odaklama işleminin yapıldığı ve ilk enerji üretme işleminin başladığı parabolik kollektörler 36 adet olup her biri 1,8 m x 5 m ebatlarındadır. Toplam güneş alanı 324m<sup>2</sup> dir. Parabolik kollektörler, güneşi otomatik olarak takip etme özelliğine sahiptir. Kullanılan kollektörler piyasada ve üretici firma tarafından PTC 1800 olarak adlandırılmaktadır.

Ayna görevi gören yansıtıcı levhalar 0,5 mm alüminyum malzemeden imal edilmiştir. Alüminyum levhanın sırt yüzü ham malzeme olup yansıtıcı iç yüzeyi kaplama işlemi yapılarak ayna görevi görmektedir. Ayna levhası alüminyum olduğu gibi stabilizeyi sağlayan kontrüksiyon sistemi de alüminyum malzemeden yapılmıştır. Açık alanda çalışma olması nedeni ile paslanma problemi yaşanmaması için alüminyum ağırlıklı malzemeler kullanılmıştır..



Şekil 4.1 Parabolik kollektörün profil yapısı.

Şekil 4.1.'de profil ölçüleri çizilmiş olan Parabolik kollektörün ölçüm değerleri ile profil detayları arasında şu şekilde bir bağıntı vardır.

F = Odak uzaklığı

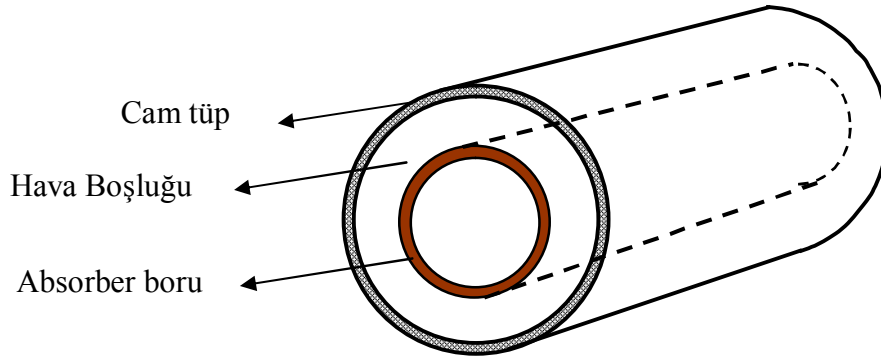
D = Parabol çapı.

d = Parabolik kollektörün derinliği

Profildeki ölçülerinin herbiri  $F = \frac{D^2}{16.d}$  bağıntısı ile istenildiğinde farklı

ölçülerde de kollektör imal etmek mümkündür. Bu ölçülere göre yoğunlaştırma oranı yani ayna alanının absorber alanına oranı 30'dır. Bu ölçülerde istenilen değişiklikleri yaparak yoğunlaştırma oranını artırılabilir. Böylece daha fazla sıcaklık elde etmek mümkün olabilir.

## 4.2. Cam Tüp ve Absorber Boru



Şekil 4.2 Cam tüp ve içerisinde bulunan absorber boru.

Yansıtıcı parabolik kollektörlerin odak bölgesinde cam tüp ve cam tüp içerisinde de absorber boru bulunmaktadır. Aynadan yansiyarak gelen güneş ışınları absorber boru üzerinde odaklanmaktadır.

Cam tüp, dış çapı 65 mm olup cidar kalınlığı 2,2 mm'dir. Görevi, absorber boruyu atmosfer şartlarından, rüzgardan ve soğuktan korumaktır. Temperlenmiş camdan yapılmış olan cam tüp darbelere ve sıcaklığa karşı dayanıklı olma özelliğine sahiptir. 2550 mm uzunluktaki cam tüpler arka arkaya getirilerek fincan adı verilen



ara parçalarla birbirlerine ekleme metoduyla absorber boruyu baştan sona dış ortamdan korumaktadır.

Absorber boru, ısının toplandığı ve enerjinin taşındığı bölgedir. Paslanmaz çelikten imal edilmiş olan absorber boru 38 mm çapında olup, absorber borunun et kalınlığı 1,25 mm'dir. Dış yüzeyi mat seçici siyah renkli olması özelliği ile üzerine odaklanan ışınlar ile oluşan yüzeyde yüksek ısıyı boru içerisindeki akışkan sıvıya iletir. Cam tüp de boru yüzeyindeki ısının dışarı gitmesi önler.

Güneş enerjisinden en basit ve en yaygın yararlanma yöntemi, düzlemsel güneş toplayıcıları yardımıyla gelen güneş enerjisinin su, hava veya herhangi bir akışkana iletilmesidir. Düzlemsel güneş toplayıcıları genel olarak; saydam örtü, güneş ışınımını toplayan yutucu yüzey, yüzeye entegre edilmiş taşıyıcı borular, yalıtım malzemesi ve kasadan ibarettir. Bu tip toplayıcıların verimini arttıran en önemli parametre, güneş ışınlarını ısı enerjisine dönüştüren ve bu ısıyı akışkana aktaran yutucu yüzeydir. Yutucu yüzeyde yapılan seçici yüzeyli kaplama ile toplayıcı veriminde önemli artışlar sağlanmaktadır. Düzlemsel güneş toplayıcıları, güneş ışınımını ısı enerjisine dönüştüren en basit ve en yaygın olarak kullanılan araçlardan birisidir.

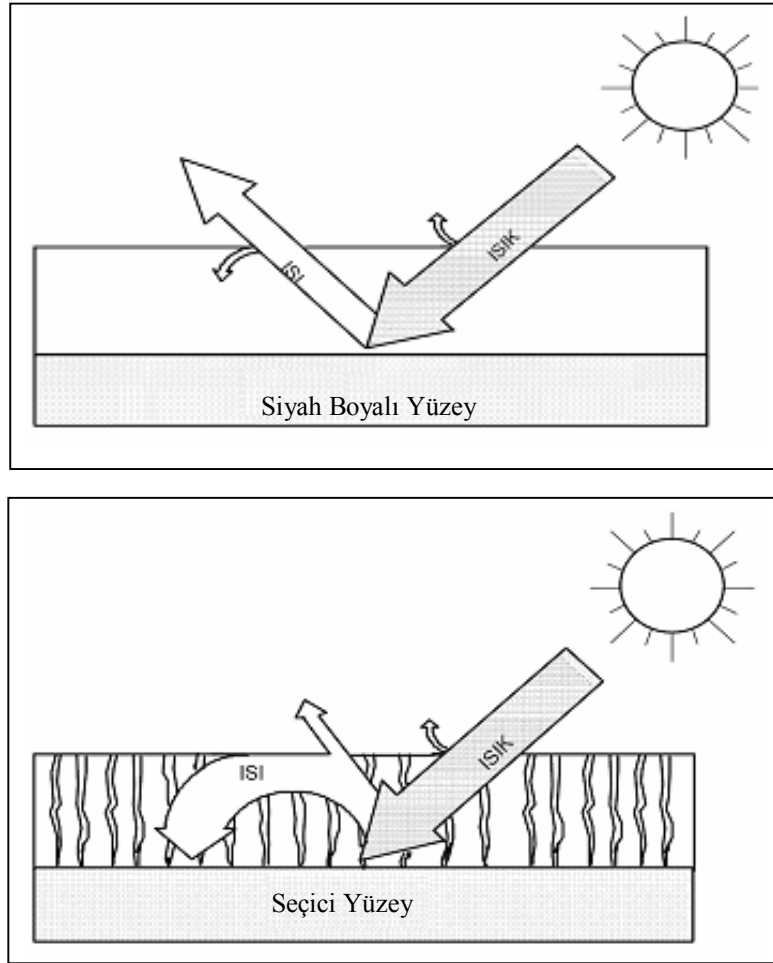
Toplayıcı verimi; yutucu yüzey kaplamasına, geometrisine ve yüzey için seçilen malzemenin özelliğine bağlı olarak değişir. Bu yüzeyin imalinde bakır, alüminyum, paslanmaz çelik, saç, plastik gibi malzemeler kullanılır. Yutucu yüzey kaplamalarının başlıca görevi güneş ışınımını mümkün olduğu kadar yutması ve ısıya dönüştürmesidir. Yutucu yüzey üzerinde seçici siyah mat boya kaplaması kullanılmıştır. Şekil 4.3.'te siyah boyalı ve seçici yüzeyli plakada güneş ışınımının yutulması ve yayılması arasındaki fark görülmektedir. Yutucu yüzey siyah mat boya ile boyandığında yüzeyin güneş ışınımını yutma oranı %90-98, uzun dalga boylu ışınımı yayma oranı ise %85-92 arasındadır. Yani yüzey yuttuğu ışınımın büyük kısmını geriye vermektedir. Seçici yüzeyli kaplamalarda temel amaç, kısa dalga boylu ışınımın tamamına yakın kısmının yutulması buna karşılık uzun dalga boylu ışınım yayıcılığının en aza indirilmesidir. Böylece plaka sıcaklığı daha fazla artırılarak akışkana daha fazla ısı iletimi sağlanır. Seçici yüzeyler; sıcaklık yükselmesinde daha az ışınım yayarlar, dolayısıyla toplayıcı verimi yüksektir.

Yüksek verimli toplayıcıların imalatında en önemli faktör; toplayıcının temelini oluşturan yutucu plakaların güneşten gelen radyasyonu yutmasıdır. Buna karşılık ısınan yutucu yüzeyin enerjiyi geriye yaymamasıdır. İsviçre standardına göre yutucu plakaların optik özellikleri üç sınıfa ayrılmaktadır.

Seçici kaplamalar :  $0.0 \leq \text{yayma katsayısı} \leq 0.20$ ,  $\text{yutma katsayısı} > 0.9$

Yarı seçici kaplamalar:  $0.15 \leq \text{yayma katsayısı} \leq 0.20$ ,  $\text{yutma katsayısı} > 0.9$

Seçici olmayan kaplamalar:  $0.5 \leq \text{yayma katsayısı} \leq 1.00$ ,  $\text{yutma katsayısı} > 0.9$



Şekil 4.3. Siyah boyalı ve seçici yüzeyli plakalarda güneş ışınımının yutulması ve ısı ışınlarının yayılması.

Seçici yüzeylerin hazırlanmasında sputtering, kimyasal buhar depozisyonu, metal spreyi, kimyasal oksidasyon ve elektroliz gibi çeşitli teknikler kullanılır. Dünyada seçici yüzey kaplaması olarak iki tür kaplama ticari olarak

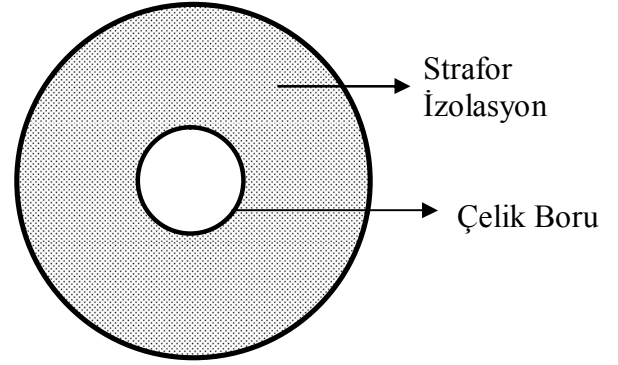
kullanılmaktadır. Alüminyumun anodik oksidasyonu ile oluşturulan poröz yüzeye nikel oksit ile yapılan renklendirme ve bakır üzerine nikel kaplanmış yüzeye siyah krom ile renklendirir. [4]

Tablo 4.1. Farklı toplayıcı tiplerinin uygulama alanları ve çalışma parametreleri. [21]

Kollektör Tipi	Verim ( $\eta_0$ )	Isı Kayıp Katsayısı ( $W/m^2.K$ )	Çalışma Sıcaklığı ( $C^\circ$ )	Kullanım Alanı
Basit Yutucu Yüzey	0,90	20	15 – 25	Yüzme Havuzu
Düzlemsel Güneş Kollektörü	0,80	6	15 – 40	Sıcak Su
Seçici Yüzeyle Güneş Kollektörü	0,80	4	15 – 40 40 – 70	Sıcak Su Yardımcı Isıtıcı
Seçici Yüzeyle, Geçirgen Filmlili Düzlemsel Güneş Kollektörü	0,75	3	15 – 40 60 – 90	Sıcak Su Yardımcı Isıtıcı
Seçici Yüzeyle Vakum Tüplü Kollektör	0,65	2	60 – 90 80 – 130	Yardımcı Isıtıcı Proses Isısı
Vakum Tüplü Parabolik Yansıtıcılı Kollektör	0,60	1	60 – 90 100–200	Yardımcı Isıtıcı Proses Isısı

### 4.3. Strafor İzolasyonlu Boru

Kızgın suyun kollektör dizilerinin kendi aralarında ve buhar kazanına iletilmesinde toprak altındaki rutubete ve ısı kaybına karşı en iyi, strafor izolasyonlu boru korumaktadır. Strafor izolasyonlu borunun dış çapı 140 mm olup, straforun ısı iletim katsayısı  $0,035 \text{ W / (m.C}^\circ\text{)}$ 'dir [23]. Bu sayede strafor içerisinden geçen sıcak suyun ısı izolasyonu sağlanmış olur.



Şekil 4.4. Kollektör sahasındaki kızgın suyun iletilmesini sağlayan strafor izolasyonlu boru şeması.

Kollektör sahasında 119 metre strafor izolasyonlu boru kullanılmıştır. Bunun 110 metresi toprak altında, 9 metresi toprak üzerindedir.



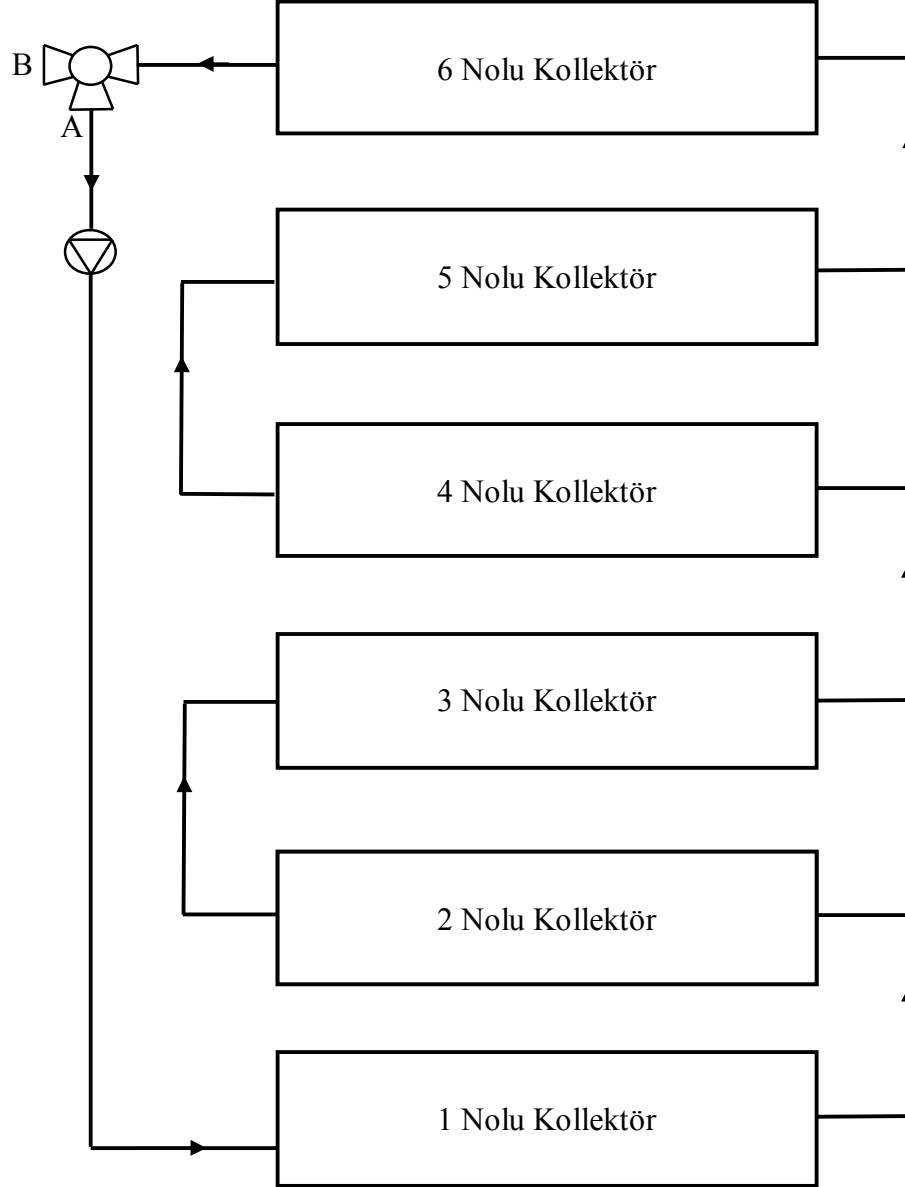
Şekil 4.5. Toprak Altı Akışkan İletimini Sağlayan Strafor Yalıtımlı Boru

Çelik boru etrafında bulunan strafor tabakası, çelik borudan geçen akışkanın taşıdığı ısıyı bünyesinde koruyarak akışkanın ısını koruyarak iletilmesini sağlar. Straforun sıcaklık dayanımı  $300^\circ\text{C}$ 'dir. Straforun etrafını saran polietilen muhafaza ile strafor toprak altı şartlarından korunmaktadır. Bu sayede akışkanın ısı kaybı minimize edilerek ısı yalıtımı gerçekleştirilmektedir.

<b>Tablo 4.2. PTC 1800 Parabolik Kollektör Teknik Özellikleri</b>		
Modül Özellikleri	Boy	5090 mm
	Genişlik	1800 mm
	Yükseklik	260 mm
	Odak Mesafesi	780 mm
	Destek Yapı	Al-Profil ve 0,8 mm Al Levha
	Yansıtıcı	0,5 mm Al Kaplama
	Açıklık Açısı	60°C
	Kollektör Alanı	9 m <sup>2</sup>
	Kollektör Sayısı	36 adet
Absorber Boru	Malzeme	Paslanmaz Çelik
	Kaplama	Seçici Yüzey
	Dış Çap	38 mm
	Cidar Kalınlığı	1,25 mm
Cam Tüp	Dış Çap	65 mm
	Cidar Kalınlığı	2,2 mm

## 4.4. Kollektör Sahası Verimliliğinin Hesaplanması

### 4.4.1. Kollektör Sahası Akış Diyagramı



Şekil 4.6 Suyun Kollektör Sahasında Dolaşımı (1. Aşama)

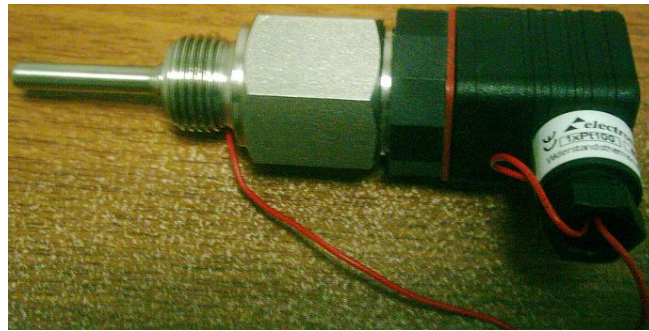
Kollektör sisteminde şekil 4.6.'da görüldüğü üzere dolaşım sistemi seri bağlı olarak gerçekleştirilmektedir. Akışkan, kollektör sahasında ilerledikçe ısı da artmaktadır. En son çıkış noktası 6 nolu kollektör çıkışıdır. Dolayısı ile akışkanın en sıcak olduğu yer de bu bölgedir.

Kolektör ebatları 1,8 x 5 metre olup bir kollektör 9 m<sup>2</sup>'dir. Yanyana 6 adet kollektör dizilmiştir. Ortada hareket sistemini sağlayan çelik halat bulunmaktadır. Çelik halatın 3 kollektör sağında, 3 kollektör solunda olmak üzere bir sırada 6 kollektör montajı yapılmıştır. Aynı hizada 6 kollektör ve toplam 6 kollektör dizisi bulunmaktadır. 36 kollektör ile güneşten gelen ışınlar yansıtılarak güneşten ısı enerjisi gerçekleştirilmektedir.

Merkezde buluna çelik halattan sağa ve sola doğru ne kadar çok açılma olursa kollektör sırasında özellikle uç noktadaki salınım ve gevşeme de o kadar çok olmaktadır. Bu durum uç noktalarda burkulma momentinin artmasına dolayısı ile odak kaçıklığına sebep olmaktadır. Kollektörün ağırlık merkezi iyi bir şekilde hesaplanmalı ve dönme eksenini, ağırlık merkez noktasına getirilmelidir. Aksi takdirde daha fazla burkulma oluşmaktadır.

Güneş enerjili parabol kollektör alanında suyun dolaşımında çeşitli aşamalar vardır. Güneş enerji tesisinin ilk devreye girmesi suyun 1. aşama dediğimiz kollektör alanında dolaşımı ile başlar. Burada amaç ilk önce kollektör alanındaki suyun ısıtılmasıdır. 6 nolu kollektör çıkışında bir ısı sensörü bulunmaktadır. Şekil 4.7'de görülen ısı sensörünün bir kaç görevi vardır. Aşağıda belirtilen ısı sensörü işlevleri tamamen otomatik olarak gerçekleştirilmektedir. Bunlar;

1. Kollektör alanında dolaşan suyun 6 nolu kollektör çıkışındaki sıcaklığı 120°C'den az ise su, üç yollu ventilde "A" yönünü takip eder.



Şekil 4.7. Isı Sensörü

2. Kollektör alanında dolaşan suyun sıcaklığı 6 nolu kollektör çıkışında sıcaklık  $140^{\circ}\text{C}$ 'ye ulaştığında kollektör alanındaki su sıcaklığı kullanılabilir sıcaklığa ulaşmış demektir. Yani güneşten elde edilen enerji ile ısıtılan su bir sonraki aşama olan 2 nolu aşamada kullanılmak üzere üç yollu ventilin yönü "B" istikametine döndürülür.

3. Isı sensörünün bir diğer görevi emniyet açısından tertip edilmiştir. Gerek kollektör alanında olsun gerekse makina odasında olsun tesiste kullanılan tüm ekipmanların belli bir sıcaklık dayanım noktaları vardır. Burada kullanılan tüm ventil, pompa, boru, dirsek, conta, salmastra gibi ekipmanların herbiri maksimum  $200^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar dayanıklıdır. Bundan dolayı kollektör alanında en son çıkıştaki suyun sıcaklığı  $185^{\circ}\text{C}$ 'ye ulaşması halinde ısı sensöründen gelen komutu ile tüm kollektörler açılarını bulunduğu pozisyondan  $10^{\circ}$  batı yönüne çevirmektedir. Sıcaklık, üst limit değere ulaştığında ısı emniyetini sağlamak için aynalar odaktan sapmaktadırlar. Bu durumda kolektörler, güneşi absorber boruya odaklamamaktadır. Bu olay, defocus olayının gerçekleşmesi olarak tanımlanmaktadır. Bu esnada kollektör alanındaki su, çevrimine devam etmektedir. Bu sayede yüksek enerji yüklenmiş olan suyun sirkülasyonunun devam etmesi ile enerjinin fazlası alınmaktadır.

4. Kollektör sahasındaki suyun sıcaklığı üst limit sıcaklık olan  $185^{\circ}\text{C}$ 'yi geçtiğinde kollektörler defocus konumuna geçer ve suyun sıcaklığı  $160^{\circ}\text{C}$ 'ye düşünceye kadar kollektörler defocus konumunda çalışır. Bu arada her ne kadar zaman geçmiş olsa da kollektörler güneşi  $10^{\circ}$  açı farkı ile takip etmeye devam etmektedir. Ancak güneş hareket ettikçe kollektörler de güneşin hareket ettiği kadar mesafe kateder. Aradaki  $10^{\circ}$ 'lik açı kesinlikle değişmez. Bu sayede kollektör sahasında dolaşan suyun sıcaklığı 6 nolu kollektör çıkışında  $160^{\circ}\text{C}$  olduğunda kollektörler kolaylıkla tekrar eski çalışır konumuna geçmektedir.

6 nolu kollektör çıkışının en son çıkış yeri olarak planlanmasının sebebi makina odasına en yakın olmasından kaynaklanmaktadır. Bu bölge makina odasına en yakın olduğu için elde edilen sıcak su, daha fazla ısı kaybına maruz kalmadan en kısa yol takip edilerek kullanım aşamasına geçilmektedir.



Kollektörlerin hareket mekanizması kollektör alanının ortasında bulunan bir motor vasıtasıyla gerçekleşmektedir. 6 sıralı olan kollektör dizisindeki tüm kollektörler merkezden makaralar aracılığı ile şekil 4.8.'de görüldüğü gibi birbirlerine çelik halat ile bağlıdır. Güneş doğudan batıya doğru hareket ettikçe motor da makina odasındaki kontrol panosundan almış olduğu komut ile güneşi  $1^\circ$  açı hassasiyeti ile takip etmektedir.



Şekil 4.8. Kollektör Tahrik Sistemi. Makara ve Çelik Halat.

Çelik halat ile hareket sisteminin bir takım avantajları olduğu gibi dezavantajları da vardır. Çelik halat ile hareket ve kumanda kontrolü kolay olmaktadır. Tek bir motor ve tahrik sistemi ile tüm kollektörler kontrol edilebilmektedir. Ancak çelik halat, kollektörler arasında uzama göstermesinden dolayı kollektörler arası odak bakış açısı farklılığı ortaya çıkmaktadır. Bu problemin önlenmesi için halatın boşlukları alınmadan önce gerekli uzama payları ayarlanarak halatlar gerdirilmeli ve kilitlenmelidir. Aksi takdirde kollektörler arası ortak odaklama işlemi gerçekleştirilememektedir. Bu da odak bölgesindeki absorber borudan geçen akışkanın ısınması gerçekleştirilemediği gibi akışkan, odaklanmanın olmadığı yerden geçerken soğumaya maruz kalmaktadır.

#### 4.4.2. Kollektör Sahası Verimliliğinin Hesaplanması

Yapılan test çalışmaları esnasında hava şartlarının değişmesinden dolayı güneşten farklı seviyelerde enerji alınmıştır. Gün içinde güneşten gelen enerjinin ortalama  $600 \text{ Watt} / \text{m}^2$  olduğu görülmüştür. Ayrıca sistem, güneşin  $600 \text{ Watt} / \text{m}^2$  olduğu durumda kararlı hale gelmektedir. Bu yüzden verimlilik hesaplamalarında güneşten gelen enerji değeri  $600 \text{ Watt} / \text{m}^2$  olarak alınmıştır.

Kollektör sahasında, odak bölgesinde 192 metre absorber boru ve kollektörler arası ile makina odası – kollektör alanı arasında 119 metre boru olup makina odasından kollektör alanına gidiş ve dönüş tesisat hattı toplamı 311 metredir. Süre olarak da 15 dakikada bir tur tamamlanmaktadır.

Güneşten gelen ışık şiddeti	:	$600 \text{ W} / \text{m}^2$	
Kollektör alanı	:	$324 \text{ m}^2$	
Güneşten kollektör sahasına gelen enerji	:	$600 \cdot 324 = 194400 \text{ W}$	(4.1.)
Kollektör alanı 1 tur su dolaşım miktarı	:	$1000 \text{ kg}$	
Kollektör alanı 1 tur su dolaşımı süresi	:	$15 \text{ dk} = 900 \text{ sn}$	

Kollektör alanında elde edilen enerji miktarı:

$$Q_1 = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T = \left( \frac{1000 \text{ kg}}{900 \text{ sn}} \right) \cdot \left( 4,184 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{C}^\circ} \right) \cdot (145 - 125) (\text{C}^\circ) = 93 \frac{\text{kJ}}{\text{sn}}$$

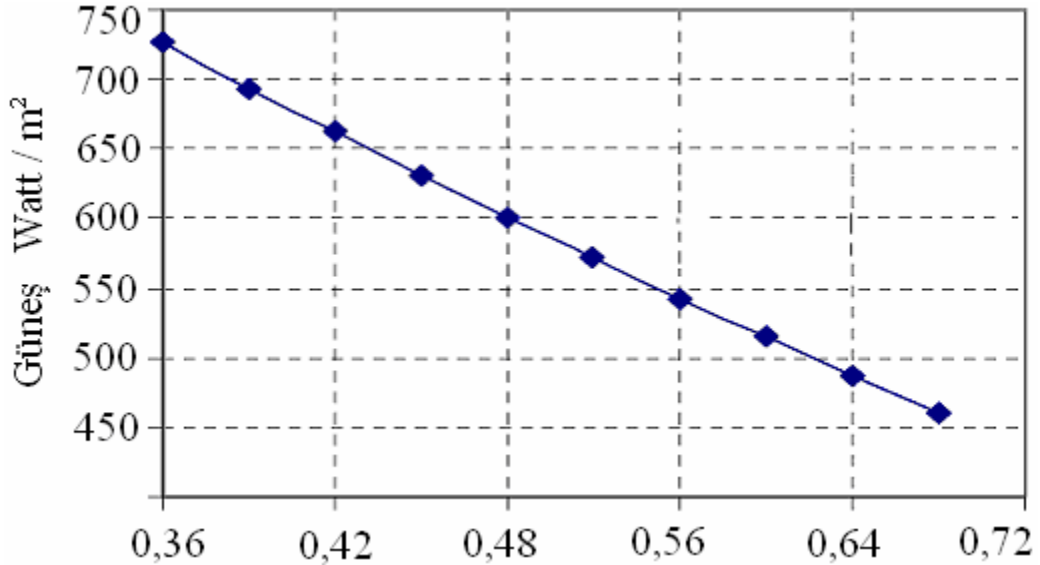
$$Q_2 = \dot{m} \cdot (h_{f@145^\circ\text{C}} - h_{f@125^\circ\text{C}}) = \left( \frac{1000 \text{ kg}}{900 \text{ sn}} \right) \cdot (610,64 - 525,07) \left( \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right) = 95,1 \frac{\text{kJ}}{\text{sn}}$$

Elde edilen ortalama enerji	:	$\frac{Q_1 + Q_2}{2} = \frac{93 + 95,1}{2} = 94 \text{ kW}$	(4.2.)
-----------------------------	---	---	--------

Kollektörlerin verimliliği :

$$\eta = \frac{\text{Elde edilen enerji}}{\text{Gelen Enerji}} = \frac{94 \text{ kW}}{194,4 \text{ kW}} \cdot 100 = \% 48,4$$

Bu durumda kollektörlerden % 48,4 verim elde edilmektedir. Güneşten gelen enerji arttıkça ısı yükselmekte fakat verimlilik düşmektedir. Sebebi de gelen enerji arttıkça ısı artmakta ve boru tesisatında  $\Delta T$  artmaktadır. Buna bağlı olarak da kayıplar artmaktadır. O yüzden şekil 4.9.'de görüldüğü gibi ters orantılı bir grafik ortaya çıkmaktadır. Güneş enerjisinin az olduğu durumlarda ısı fazla yüksek olmadığından  $\Delta T$  farkı da az olmaktadır. Bu durumda sistemden dışarıya ısı transferi az olduğu için kayıp da az olmaktadır. Yüksek enerji esnasında verimlilik oranı düşük ama elde edilen sıcaklık daha fazladır.



Şekil 4.9. Kollektör verimliliği

## 4.5. Buhar Kazanı

### 4.5.1. Buhar Kazanı Çalışma Prensibi

Sistemde yerli imalat olan Aralsan marka buhar kazanı kullanılmaktadır. Buhar üretme görevi olması nedeniyle buhar generatörü olarak da adlandırılmaktadır. Aralsan Buhar Kazanının bu tesisteki görevi kollektör sahasından gelen kızgın sudan almış olduğu ısı enerjisi ile buhar üretmektir. Kızgın suyun buhar kazanına gelmesi

ile tesis çalışma prensibi olarak 2. aşamaya geçmiş demektir. Sahadaki su sıcaklığı 140 °C'yi geçtiğinde 6 nolu kollektörün çıkışında bulunan ısı sensörü, üç yollu ventili “B” yönüne çevirerek sahadaki suyu buhar kazanına yönlendirmektedir. Böylece kızgın su, kendi bünyesinde taşımış olduğu enerjinin bir kısmını buhar kazanı içerisinde bulunan serpantin şeklinde dizilmiş borulardan geçerken haznedeki suya bırakmaktadır. Bu sayede absorpsiyonlu soğutucunun kullanacak olduğu kuru buhar üretilmektedir. Üretilen buharın belli standartlarda olması gerekmektedir. Sıcaklık 144 °C, basınç 4 bardan fazla olmamalıdır. Aksi takdirde absorpsiyonlu soğutucunun içerisinde bulunan bir takım ekipmanlar zarar görebilir.

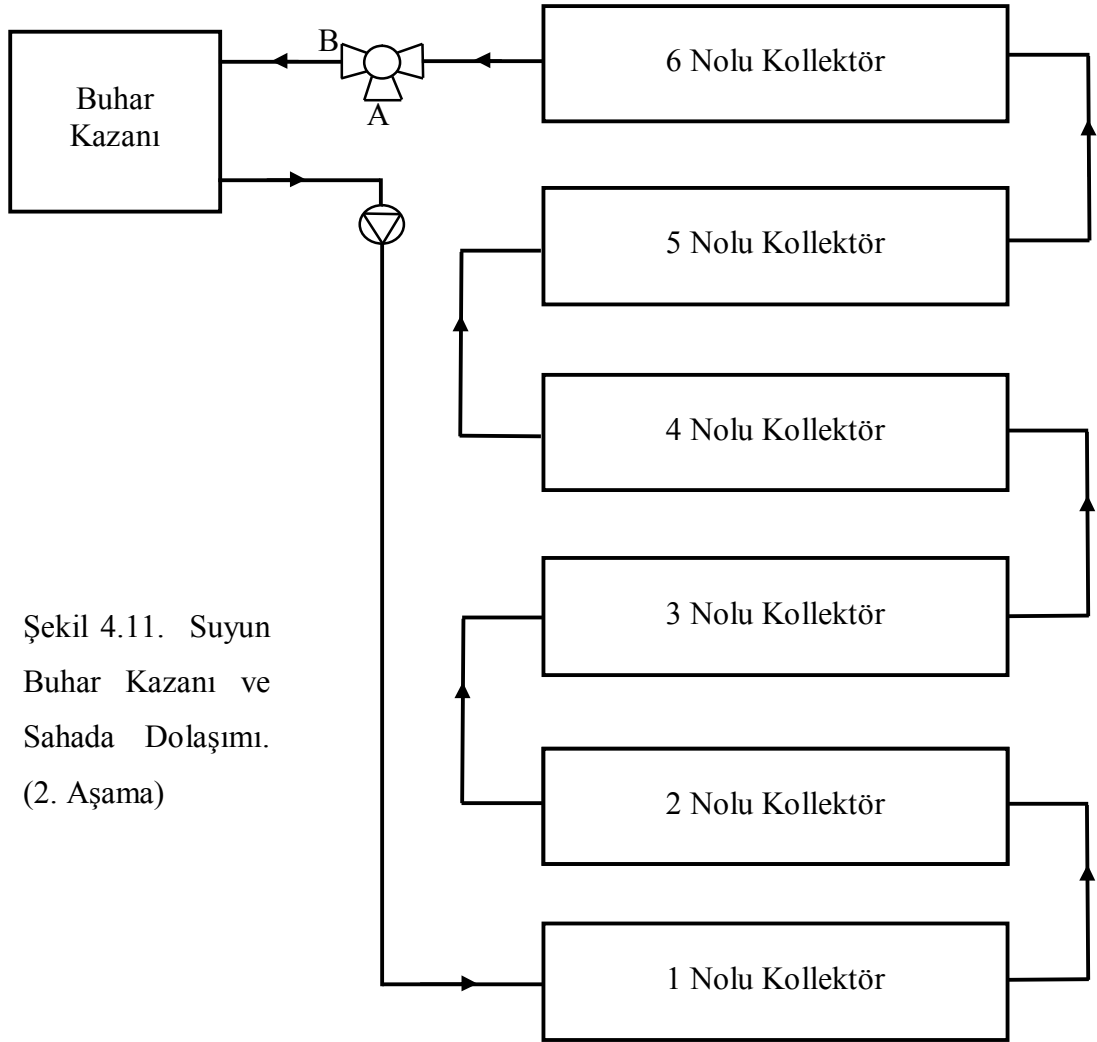
Buhar kazanı, haznesindeki suyu buhar olarak absorpsiyonlu soğutucuya gönderirken haznesinde bulunan su azalmaktadır. Yapılan ölçümler neticesinde buhar sarfiyatının 0,03 kg / sn olduğu tespit edilmiştir. Kazanda bulunan bir seviye kontrol tertibatı ile haznedeki su seviyesi düştükçe bir pompa vasıtası ile seviye, otomatik olarak tamamlanmaktadır. Şebekeden gelen su, yumuşatmadan geçerek sisteme dahil edilmektedir. Su yumuşatma işlemi ile buhardan dolayı sistemde iç hatlarda kireçlenme oluşumunun önüne geçilmektedir.

Tablo 4.3. BUHAR JENERATÖRÜ / ARALSAN (ABR-EN 150 4)

Buhar kapasitesi	150 kg/h
Isıl kapasite	86400 kcal/h (105 kW)
Doymuş Buhar sıcaklığı	151 °C
İşletim basıncı	4.0 Bar
Dizayn basıncı	16.0 Bar
Test basıncı	24.0 Bar



Şekil 4.10. Buhar Kazanı



Şekil 4.11. Suyun  
Buhar Kazanı ve  
Sahada Dolaşımı.  
(2. Aşama)

Buhar kazanında hareketli parça pek yoktur. Gelen suyun sıcaklığını kendi üzerine çekerek ısı enerjisini kendi bünyesinde toplar. Buharın absorpsiyonlu soğutucuya verilmesi manuel olarak yapılmaktadır. Sıcaklık yaklaşık olarak 130°C'ye ulaştığında absorpsiyonlu soğutucuya giden vana açılır. Sıcaklık daha sonra düşmeye başlar. Nihayetinde 120°C'de sabit olarak kalmaktadır.

Buhar kazanı üzerinde de kendi emniyetini sağlayan bir takım özellikler mevcuttur. Kazandaki suyun sıcaklığı 165°C'ye ulaşması halinde kazan kollektör alanından gelen sıcak suyu by-pass eder. Kendi içerisinde yeterince sıcaklık olduğu için gelen sıcak suyu kazan içine almadan tekrar kollektör sahasına geri gönderir. Bu durum sadece kazan suyu yeteri kadar ısındığı halde buharı absorpsiyonlu soğutucuya verilmemesi durumunda gerçekleşmektedir.

#### 4.5.2. Buhar Kazanı Verimliliği

Buhar Kazanına Gelen Enerji, denklem (4.2.): 94 kW

Suyun 120°C'de buharlaşma enerjisi : 2202,1  $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

Üretilen Buhar :

$$Q = \dot{m} \cdot h_{fg@120^\circ\text{C}} = (0,03 \frac{\text{kg}}{\text{sn}}) \cdot (2202,1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}) = 66,1 \text{ kW} \quad (4.3.)$$

Buhar kazanında 0,03 kg / sn debi ile buhar üretilmesi sonucu buhar kazanının üretmiş olduğu enerji, denklem (4.3.)'de görüldüğü gibi absorpsiyonlu soğutucuya gönderilen buharın buharlaşma enerjisinden yola çıkarak hesaplanmaktadır.

Buhar Kazanı Verimliliği :

$$\eta = \frac{\text{Üretilen Enerji}}{\text{Gelen Enerji}} = \frac{66,1 \text{ kW}}{94 \text{ kW}} \cdot 100 = \% 70,3$$

## 4.6. Çift Etkili Absorpsiyonlu Soğutucu

### 4.6.1. Absorpsiyonlu Soğutucu Çalışma Prensibi

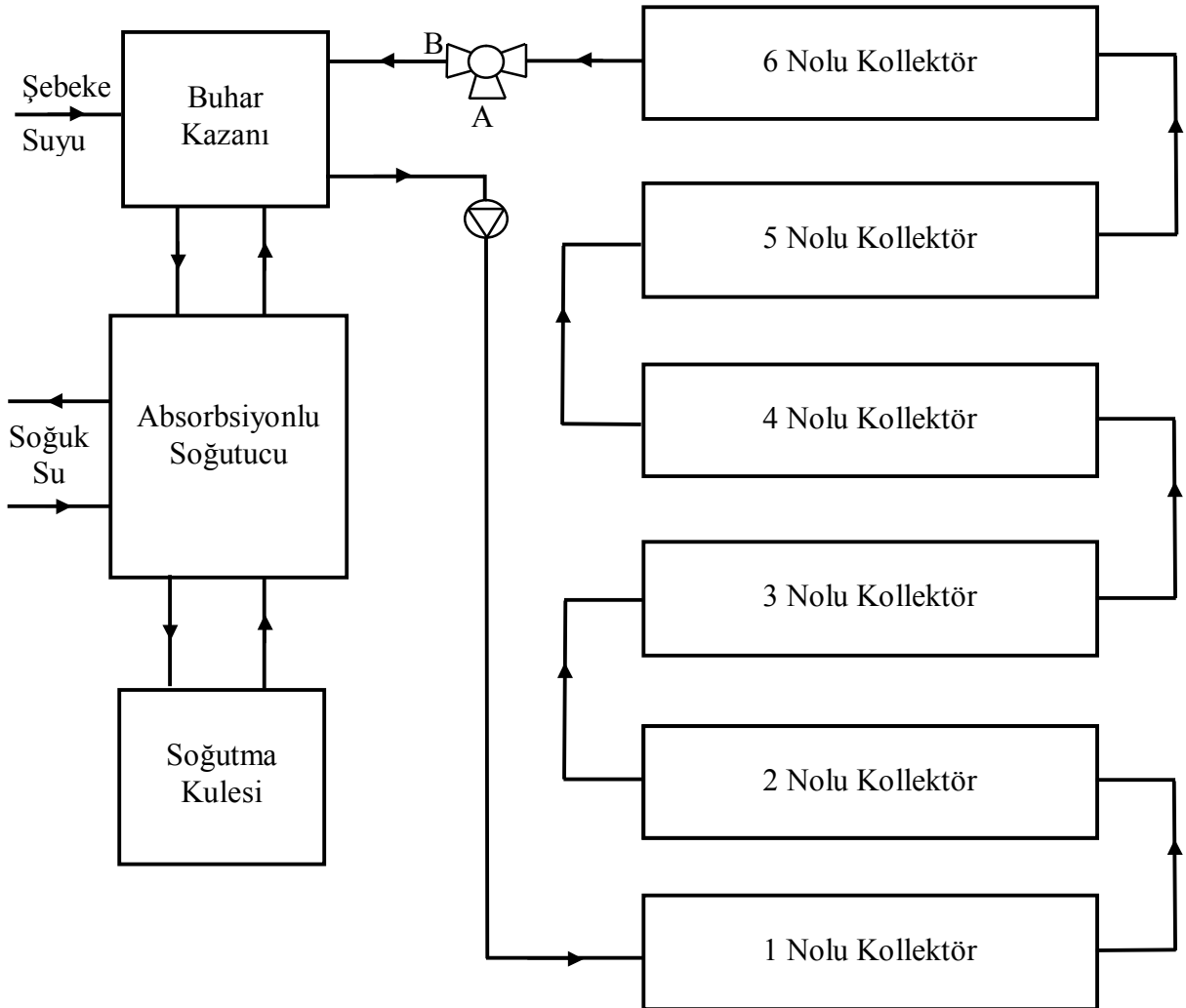
Buhar kazanının absorpsiyonlu soğutucuya sıcak su göndermeye başlaması ile 3. aşamaya yani son aşamaya geçilmiş olmaktadır. Absorpsiyonlu soğutucu cihazına buhar kazanından gelen buharın ısı enerjisi ile soğutma işlemi başlatılmaktadır. Soğutmanın yapılabilmesi için üretilcek olan buharın en az 110°C olması gerekmektedir. Buhar basıncı 4 bar'dan fazla olmamalıdır. Buhar kazanından gelen buharın kuru buhar olması gerekmektedir. Gelen buharın sıcaklığı her ne kadar 100°C'dan fazla olsa da yine de buharın tesisatta nakli esnasında bir miktar kondense oluşması mümkündür. Özellikle absorpsiyonlu soğutucuyu ilk devreye alırken buhar kazanı ile absorpsiyonlu soğutucu arasındaki tesisatın soğuk olmasından dolayı kondense oluşma ihtimali çok daha fazladır. Çift etkili absorpsiyonlu soğutucu cihazlarında çalışma sistemi gereği kuru buhar kullanılmaktadır. Tek etkili absorpsiyonlu soğutucu cihazlarında böyle bir şart yoktur. Tek etkili absorpsiyonlu soğutucu cihazlarının 70 – 90°C sıcak su ile de çalışma imkanı vardır.

Absorpsiyonlu soğutma sisteminde buhar kazanından gelen buhar, bir separatörden geçer. Burada buhar içerisinde bulunan kondense ayrıştırılmaktadır. Böylece absorpsiyonlu soğutucunun jeneratörüne kuru buhar gitmesi sağlanmış olmaktadır. Yüksek sıcaklıklı jeneratörde buhar, Lityum Bromür – Su bileşimini ısıtmaktadır. Yüksek ısıyı gören bileşim içerisindeki su, buharlaşarak düşük sıcaklıklı jeneratöre geçmektedir. Çift etkili ile tek etkili absorpsiyonlu soğutucunun farkı da buradadır. Tek etkili absorpsiyonlu soğutucularda tek jeneratör vardır. Çift etkili ise iki jeneratör bulunmaktadır. Bu yüzden mevcut ısı iki kere kullanılmaktadır. Bu da verimi artırmaktadır. Çünkü daha fazla soğutma suyu üretilmektedir.

Kondensere gelen saf su burada soğutma işlemine tabi tutulur. Soğutma işlemi kule suyu ile yapılmaktadır. Kondenserde saf su, ısını kule suyuna verdikten sonra genişleme valfinden geçirilir. Bu esnada soğuk su üretilmiş olmaktadır. Soğuk su, evaporatör kısmında bulunan serpantin su borularının üzerine dökülerek borulardaki suyun ısını çekmektedir. Serpantin borular içerisindeki ısı alınan su, ofis ve büroları soğutmada kullanılan sudur. Böylece insanların bulunduğu

ortamlardaki üfleyici fanlara gelen soğuk su radyatör peteğinden geçerken üfleme fanı ile gözenekler arasından geçen hava, ısıasını soğuk suya vermekte suyun serinliğini de ortama vermektedir. Bu sayede klima işlevi gerçekleştirilmektedir.

Günümüzde kullanılan absorpsiyonlu soğutucu cihazları çoğunlukla atıl buharı olan fabrikalarda kullanılmaktadır. Bu sayede atıl ısıyı eşanjörle soğutmak için sermaye ve enerji harcanmamaktadır. Bunun yanında atıl ısı, absorpsiyonlu soğutmada kullanılarak bir yandan da soğutma ihtiyacı karşılanmış olmaktadır.



Şekil 4.12. Güneş Enerji Tesisinin Tüm Akış Şeması.



Genel anlamda absorpsiyonlu soğutucu cihazları toplu yaşam yerlerinde kullanımı gayet idealdir. Hotel, pansiyon, hastane, yurt, alışveriş merkezleri gibi toplu yaşam yerlerinde soğutma ihtiyacı çok önemli bir ihtiyaçtır. Bu ortamlarının soğutulması sağlandığı gibi banyo, mutfak ve çamaşırhanelerde sıcak su ihtiyacının da karşılanması mümkündür. Bu türlü yerlerde absorpsiyonlu soğutucu cihazlarının çalıştırılmasında enerji kaynağı olarak doğalgaz, lpg kimi yerlerde de fuel-oil kullanılmaktadır.

Absorpsiyonlu soğutucu cihazları normal klimalar karşısında daha ekonomiktir. GYTE tesislerinde olduğu gibi ısı kaynağı olarak sadece güneş enerjisi kullanılması ile daha ekonomik olmaktadır. Bunun yanında yenilenebilir enerji kullanımı ile çevreye saygılı üretim gerçekleştiriminin ayrı bir özelliği vardır.

Tablo 4.4. ABSORBSİYONLU SOĞUTMA CİHAZI

Soğutma kapasitesi	116 kW
Soğuk Su Debi	20 m <sup>3</sup> /h
Soğuk Su Giriş-Çıkış Sıcaklığı	12 °C - 7 °C
Kule Suyu Debi	27 m <sup>3</sup> /h
Kule Suyu Giriş-Çıkış Sıcaklığı	35 °C - 29,4 °C
Azami buhar tüketimi	131 kg / h
Kullanılan Elektrik Gücü	1,5 kW

#### 4.6.2. Absorpsiyonlu Soğutucu Verimliliğinin Hesaplanması

Çift Etkili Absorpsiyonlu Soğutma cihazı teorik olarak 116 kw soğutma yükü üretmektedir. Bu işlem esnasında 7°C sıcaklığında soğuk su üretilmektedir. Üretilen soğuk su, yaşam ve çalışma alanlarındaki ısıyı çektikten sonra 12°C olarak soğutucuya geri gelmektedir. Burada geri dönen su tekrar soğutularak, 7°C'ye getirilmektedir. Sonra ofis ve bürolarda tekrar fanlarda kullanılmaktadır. Ortam soğutma işlemi bu şekilde sürdürülmektedir.

2008 yılının yaz mevsiminde yapılan çalışma sonuçlarına göre absorpsiyonlu soğutucunun verimlilik ve performans ölçümü şu şekilde yapılmıştır.

Yapılan ölçümler neticesinde, absorpsiyonlu soğutucunun suyu ortalama 7,5°C'ye kadar soğuttuğu görülmüştür. Çalışma alanlarında kullanılan soğuk suyun geri dönüşü de ortalama 12 °C olarak gerçekleşmiştir. Soğuk suyun devir daimi 20 m<sup>3</sup>/h debilik bir pompa ile yapılmaktadır. Kule suyu 27 m<sup>3</sup>/h debi ile 29 – 35°C sıcaklıkları arasında çalışma göstermiştir. Buhar kazanından gelen 120 °C'lik buharın soğutucu absorber çıkışında 75 °C kondense olarak 0,03 kg / sn debi ile çıktığı tespit edilmiştir. Buhar kazanından gönderilen buharın miktarını ölçme imkanı olmadığı için çıkan kondensenin ölçümü yapılarak debi hesaplanmıştır.

Bu verilere göre soğutma yükü hesabı entalpi ve ısı farkı yöntemleri ile ayrı ayrı hesaplanıp ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

Buhar kazanından gelen 120°C sıcaklığındaki 0,03 kg / sn debideki buharın gizli ve hissedilir ısıları beraber toplanarak gelen enerji hesaplaması yapılır.

Absorpsiyonlu Soğutucu Jeneratöre Gelen Enerji :

$$Q_g = \dot{m} \cdot h_{fg@120^\circ\text{C}} (\text{gizli ısı}) + \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T (\text{hissedilir ısı})$$

$$Q_g = (0,03 \frac{\text{kg}}{\text{sn}}) \cdot (2202,1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}) + (0,03 \frac{\text{kg}}{\text{sn}}) \cdot (120 - 75) (^\circ\text{C}) \cdot (4,184 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{C}^\circ})$$

$$Q_g = 71,7 \text{ kW}$$

Absorpsiyonlu Soğutucuda Üretilen Soğutma :

$$Q_{e1} = \dot{m} \cdot C_p \cdot (T_{\text{gelen}} - T_{\text{giden}}) = (\frac{20000 \text{ kg}}{3600 \text{ sn}}) \cdot (4,184 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{C}^\circ}) \cdot (12 - 7,5) (^\circ\text{C}) = 104,6 \text{ kW}$$

$$Q_{e2} = \dot{m} \cdot (h_{12^\circ\text{C}} - h_{7,5^\circ\text{C}}) = (\frac{20000 \text{ kg}}{3600 \text{ sn}}) \cdot (50,4 - 31,5) (\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}) = 105 \text{ kW}$$

$$Q_{\text{ortalama}} = \frac{Q_{e1} + Q_{e2}}{2} = \frac{104,6 + 105}{2} = 104,8 \text{ kW} \quad (4.4.)$$

Soğutma işi için harcanan elektrik sarfiyatı

Absorpsiyonlu Soğutucu : 1,5 kW

Soğuk Su Pompası : 1,5 kW

Kule Suyu Pompası : 2,0 kW

Toplam Güç : 5,0 kW

$$\text{Absorbsiyonlu Soğutucu COP değeri} \quad : \text{COP} = \frac{Q_e}{Q_g + W} = \frac{104,8 \text{ kW}}{(71,7 + 5) \text{ kW}} = 1,37$$

COP hesaplarında genelde W değeri ihmal edilmektedir. Ancak burada sonucu fark edilir derecede etkilediğinden dolayı ihmal edilmemiş, hesaplama dahil edilmiştir.

Absorbsiyonlu soğutucuda enerji dengesi:

$$\text{Buhar (hissedilir ısı)} + \text{Buhar (gizli ısı)} + \text{Soğuk Su} + \text{Kule Suyu} + Q = 0$$

$$\dot{m}_{\text{buhar}} \cdot C_p \cdot \Delta T_{\text{buhar}} + \dot{m}_{\text{buhar}} \cdot h_{fg@120^\circ\text{C}} + \dot{m}_{\text{soğuk su}} \cdot C_p \cdot \Delta T + \dot{m}_{\text{kule suyu}} \cdot C_p \cdot \Delta T + Q = 0$$

$$\begin{aligned} & (0,03 \frac{\text{kg}}{\text{sn}}) \cdot (4,184 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}) \cdot (120 - 75)(^\circ\text{C}) + (0,03 \frac{\text{kg}}{\text{sn}}) \cdot (2202,1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}) + \\ & (\frac{20000}{3600} \frac{\text{kg}}{\text{sn}}) \cdot (4,184 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}) \cdot (12,5 - 7,5)(^\circ\text{C}) + (\frac{27000}{3600} \frac{\text{kg}}{\text{sn}}) \cdot (4,184 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}) \cdot (29 - 35)(^\circ\text{C}) + Q = 0 \\ & Q = 0,3 \text{ kW} \end{aligned}$$

Denklem sonucu absorbsiyonlu soğutucu sistemine çeşitli su giriş çıkışlarından sonra bir miktar da dışardan ısı girişi olduğu ortaya çıkmıştır. Bunun sebebi de makina odasının çalışma esnasında sıcaklığının 40°C civarında olup absorbsiyonlu soğutucu cihazının sıcaklığından fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Bu durumda makina odasından absorbsiyonlu soğutucuya 0,3 kW ısı geçişi olduğu anlaşılmaktadır. Absorbsiyonlu ısıtıcının ortalama sıcaklığı ile makina odası sıcaklık farkını hesaplırsak:

$$\begin{aligned} T_{\text{chiller}} &= \frac{\dot{m}_{\text{buhar}} \cdot T_{\text{buhar çıkış}} + \dot{m}_{\text{kule suyu}} \cdot T_{\text{kule çıkış}} + \dot{m}_{\text{soğuk su}} \cdot T_{\text{soğuk su çıkış}}}{\dot{m}_{\text{buhar}} + \dot{m}_{\text{kule suyu}} + \dot{m}_{\text{soğuk su}}} \\ T_{\text{chiller}} &= \frac{(0,03 \frac{\text{kg}}{\text{sn}}) \cdot (75^\circ\text{C}) + (\frac{27000}{3600} \frac{\text{kg}}{\text{sn}}) \cdot (35^\circ\text{C}) + (\frac{20000}{3600} \frac{\text{kg}}{\text{sn}}) \cdot (7,5^\circ\text{C})}{(0,03 \frac{\text{kg}}{\text{sn}}) + (\frac{27000}{3600} \frac{\text{kg}}{\text{sn}}) + (\frac{20000}{3600} \frac{\text{kg}}{\text{sn}})} = 23,4^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\Delta T = T_{\text{oda}} - T_{\text{chiller}} = (40^\circ\text{C}) - (23,4^\circ\text{C}) = 16,6^\circ\text{C}$$

Görüldüğü üzere absorbsiyonlu soğutucunun ortalama sıcaklığı 23,4°C, içinde bulunduğu makina odası ile sıcaklık farkı 16,6°C olduğu hesaplanmıştır.

#### 4.7. Tüm Sistemin Verimliliği

Güneş enerji kaynaklı çift kademeli absorpsiyonlu soğutma cihazı ile yapılan soğutma işleminde toplam verimliliği hesaplamak için; enerji kaynağı olan güneşten gelen enerji miktarına karşılık, son aşamada elde edilen soğutma işlemi miktarı arasındaki orana bakılır. Bu durumda;

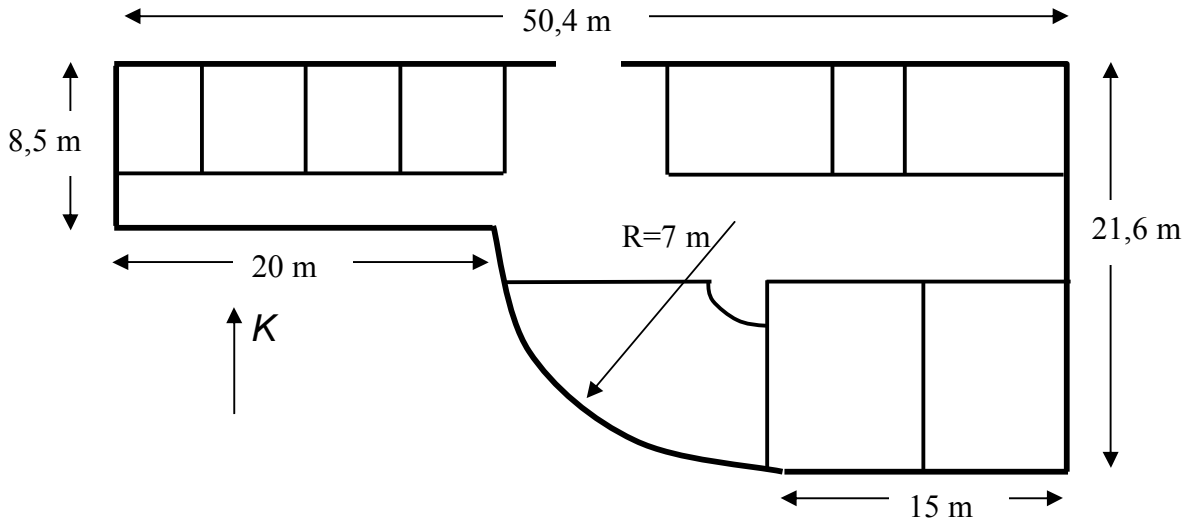
Güneşten gelen enerji denklem (4.1.) : 194,4 kW

Elde edilen soğutma miktarı denklem (4.4.) : 104,8 kW

$$\eta_{\text{sistem}} = \frac{\text{Faydalı Enerji}}{\text{Gelen Enerji}} = \frac{104,8 \text{ kW}}{194,4 \text{ kW}} \cdot 100 = \% 53,91$$

tüm sistemin verimliliği % 53,91 olduğu görülmektedir.

#### 4.8. Soğutma İşlemi Yapılan İdari Bina



Şekil 4.13. Soğutma Yapılan Binanın Şematik Görünümü

Soğutma işlemi gerçekleştirilen idari bina içerisinde fan coiller vasıtasıyla soğutma işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu işlem için 17 adet fan kullanılmaktadır. İdari binada şu an itibariyle yaklaşık olarak 1000 m<sup>2</sup> kapalı alan soğutulmaktadır. İlave edilecek olan fan coiller ile soğutma alanı artırılacaktır.



Şekil 4.14. Kızılötesi temassız termometre.

Isı transferi hesaplarında mevcut sıcaklık değerleri şekil 4.13.'te görülen termometre ile ölçülmüştür.

#### 4.9. Soğutma Yapılan Binaya Olan Isı Transferleri

Soğutma işlemi yapılan binanın şematik görünümü şekil 4.13'te görüldüğü gibidir. Binanın dış duvarları straforla izolasyonu yapılmış olup ısı geçişleri hesaplarında yapılan mantolama işlemi dikkate alınmıştır. Dış duvarlara yapılan izolasyon işlemi ile ısı geçişlerinde önemli derecede azalma olmuştur.

Binanın güneş gören ve görmeyen tüm cam ve duvar alanları ölçülmüş olup ısı transfer hesaplamalarında ayrı ayrı işlemleri yapılmıştır.

Tablo 4.5. Isı İletim Katsayıları. [3], [16], [23].

	<b>Isı İletim Katsayısı (W/m.°C)</b>	<b>Kalınlık (m)</b>
Pencere Camı	1,4	0,003
Hava	0,026	0,006
Vitrin Camı	1,4	0,006
Strafor	0,035	0,04
Tuğla	0,72	0,2

### Güneş Bakan Pencere Camları

$$R_{\text{çift cam}} = \sum \frac{\Delta x}{k_t} = \frac{\Delta x_{\text{cam}}}{k_t(\text{cam})} + \frac{\Delta x_{\text{hava}}}{k_t(\text{hava})} + \frac{\Delta x_{\text{cam}}}{k_t(\text{cam})}$$

$$R_{\text{çift cam}} = \left( \frac{0,003}{1,4} \frac{\text{m}}{\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}} \right) + \left( \frac{0,006}{0,026} \frac{\text{m}}{\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}} \right) + \left( \frac{0,003}{1,4} \frac{\text{m}}{\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}} \right) = 0,235 \frac{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

Toplam Güneş Bakan Pencere Alanı = 16 m<sup>2</sup>

$$\text{Isı İletimi Pencere Camı : } Q_1 = \frac{\Delta T \cdot A}{R_{\text{çift cam}}} = \frac{(32 - 26)(^\circ\text{C}) \cdot (16 \text{ m}^2)}{(0,235 \frac{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{W}})} = 408,5 \text{ W}$$

Güneşin pencerelere bakış açısı ortalama 60° alınmıştır.

Isı Işınımı Pencere Camı :

$$Q_2 = W \cdot A = (600 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}) \cdot (16 \text{ m}^2) \cdot (\sin 60) = 8313,6 \text{ W}$$

Toplam Güneş Bakan Vitrin Camlı Cephe Alanı = 22 m<sup>2</sup>.

Soğutma işlemi yapılan binanın güneyi 4 adet 234 x 224 cm ebadında 22 m<sup>2</sup> alan cam cephelidir.

Isı iletimi Vitrin Camı :

$$Q_3 = \frac{k_t \cdot A \cdot \Delta T}{\Delta x} = \frac{(1,4 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}) \cdot (22 \text{ m}^2) \cdot (29 - 26)^\circ\text{C}}{(0,006 \text{ m})} = 15400 \text{ W}$$

$$\text{Isı Işınımı Vitrin Camı : } Q_4 = W \cdot A = (600 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}) \cdot (22 \text{ m}^2) \cdot (\sin 60) = 11431,2 \text{ W}$$

### Güneş Gören Duvar Cephesi

$$R_{\text{duvar}} = \sum \frac{\Delta x}{k_t} = \frac{\Delta x_{\text{duvar}}}{k_t(\text{duvar})} + \frac{\Delta x_{\text{strafor}}}{k_t(\text{strafor})} = \left( \frac{0,2}{0,72} \frac{\text{m}}{\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}} \right) + \left( \frac{0,04}{0,035} \frac{\text{m}}{\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}} \right) = 1,42 \frac{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

Toplam Güneşe Bakan Duvar Alanı = 143,9 m<sup>2</sup>

$$\text{Isı İletimi Duvar} : Q_5 = \frac{\Delta T \cdot A}{R_{\text{duvar}}} = \frac{(37 - 25)(^{\circ}\text{C}) \cdot (143,9 \text{ m}^2)}{(1,42 \frac{\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}{\text{W}})} = 1216,8 \text{ W}$$

Güneş Görmeyen Toplam Cam Alanı = 48 m<sup>2</sup>

$$\text{Isı İletimi Cam Gölge} : Q_6 = \frac{\Delta T \cdot A}{R_{\text{Çift Cam}}} = \frac{(27 - 25)(^{\circ}\text{C}) \cdot (48 \text{ m}^2)}{(0,235 \frac{\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}{\text{W}})} = 408,5 \text{ W}$$

Güneş Görmeyen Toplam Duvar Alanı = 233,75 m<sup>2</sup>

$$\text{Isı İletimi Duvar Gölge} : Q_7 = \frac{\Delta T \cdot A}{R_{\text{duvar}}} = \frac{(34 - 25)(^{\circ}\text{C}) \cdot (233,75 \text{ m}^2)}{(1,42 \frac{\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}{\text{W}})} = 1481,5 \text{ W}$$

Tablo 4.6. Isı Taşınım ve Işınım Katsayıları. [3], [16]

	<b>Isı Taşınım Katsayısı (W/m<sup>2</sup> .°C)</b>	<b>Işınım Yayma Katsayısı</b>
İnsan Derisi	6	0,95
Plastik	5	0,85
Flouresan	3	0,20

İnsanlar Isı Taşınımı : İnsanlardan olan ısı transferi hesaplamalarında ortalama bir insan vücudunun alanı 1,6 m<sup>2</sup> olarak alınmıştır [3].

$$Q_8 = h \cdot A \cdot (T_s - T_f) = (6 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}) \cdot (1,6 \text{ m}^2) \cdot (36,5 - 25)(^{\circ}\text{C}) = 110,4 \text{ W}$$

$$Q_8 = (110,4 \text{ W}) \cdot (20 \text{ kişi}) = 2208 \text{ W}$$

İnsanlar Isı Işınımı :

$$Q_9 = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot (T_{\text{yüzey}}^4 - T_{\text{çevre}}^4)$$

$$Q_9 = 0,95 \cdot (5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4}) \cdot (1,6 \text{ m}^2) \cdot [(309,5)^4 - (298)^4] \text{ } ^\circ\text{K}^4$$

$$Q_9 = 111,14 \text{ W}$$

$$Q_9 = (111,14 \text{ W}) \cdot (20 \text{ kişi}) = 2222,9 \text{ W}$$

Biyolojik sistemlerin termodinamikle ilgili yönlerine göre hareketli dans eden bir insan çevreye 600 W ısı enerji vermektedir [3]. Soğutma yapılan binada bulunan insanlar daha az hareket ettiklerinden dolayı bir kişi  $(110,4 + 111,14) = 221,54 \text{ W}$  ısı enerjisi vermektedir.

Bilgisayarlar Isı Taşınımı :

$$Q_{10} = h \cdot A \cdot (T_s - T_f) = (5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{C}}) \cdot (0,25 \text{ m}^2) \cdot (48 - 25) \text{ } ^\circ\text{C} = 28,75 \text{ W}$$

$$Q_{10} = (28,75 \text{ W}) \cdot (15 \text{ adet}) = 431,25 \text{ W}$$

Bilgisayarlar Isı Işınımı :

$$Q_{11} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot (T_{\text{yüzey}}^4 - T_{\text{çevre}}^4)$$

$$Q_{11} = 0,85 \cdot (5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4}) \cdot (0,25 \text{ m}^2) \cdot [(321)^4 - (298)^4] \text{ } ^\circ\text{K}^4$$

$$Q_{11} = 32,9 \text{ W}$$

$$Q_{11} = (32,9 \text{ W}) \cdot (15 \text{ adet}) = 493,6 \text{ W}$$

Flouresan Isı Taşınımı :

$$Q_{12} = h \cdot A \cdot (T_s - T_f) = (3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{C}}) \cdot (0,04 \text{ m}^2) \cdot (42 - 25) \text{ } ^\circ\text{C} = 2 \text{ W}$$

$$Q_{12} = (2 \text{ W}) \cdot (72 \text{ adet}) = 144 \text{ W}$$

Flouresan Isı Işınımı :

$$Q_{13} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot (T_{\text{yüzey}}^4 - T_{\text{çevre}}^4)$$

$$Q_{13} = 0,2 \cdot (5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4}) \cdot (0,04 \text{ m}^2) \cdot [(315)^4 - (298)^4] \text{ } ^\circ\text{K}^4$$

$$Q_{13} = 0,89 \text{ W}$$

$$Q_{13} = (0,89 \text{ W}) \cdot (72 \text{ adet}) = 64,1 \text{ W}$$

Kapıdan Isı Girişi :



$$Q_{14} = \frac{\Delta T \cdot A}{R_{\text{çift cam}}} = \frac{(32 - 26)(^{\circ}\text{C}) \cdot (14,4 \text{ m}^2)}{(0,235 \frac{\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}{\text{W}})} = 367,7 \text{ W}$$

Koridordaki Elektron Mikroskobu Soğutucu Cihazının Koridora Verdiği Isı :

$$Q_{15} = 3000 \text{ W}$$

Toplam Isı Girişi

$$Q_{\text{Toplam}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9 + Q_{10} + Q_{11} + Q_{12} + Q_{13} + Q_{14} + Q_{15}$$

$$Q_{\text{Toplam}} = 408,5 + 8313,6 + 15400 + 11431,2 + 1216,8 + 408,5 + 1481,5 + 2208 + 2222,9 + 431,25 + 493,6 + 144 + 64,1 + 367,7 + 3000$$

$$Q_{\text{Toplam}} = 47588 \text{ W} = 47,6 \text{ kW}$$

Soğutma alanı  $1000 \text{ m}^2$ , tavan yüksekliği  $3,5 \text{ m}$  olup soğutma hacmi  $3500 \text{ m}^3$  olmaktadır. Bu durumda ortamdaki havanın kütlesi :

$$m = \frac{P \cdot V}{R \cdot T} = \frac{(98 \text{ kpa}) \cdot (3500 \text{ m}^3)}{(0,287 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}) \cdot (298 \text{ K})} = 4010,5 \text{ kg}$$

Soğutulan ortamın  $35 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 'den  $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye ne kadar zamanda geleceğini hesaplırsak;

$$Q = m \cdot C_v \cdot \Delta T$$

$$(104,8 \frac{\text{kJ}}{\text{sn}}) \cdot (t \text{ sn}) - (47,6 \frac{\text{kJ}}{\text{sn}}) \cdot (t \text{ sn}) = (4010,5 \text{ kg}) \cdot (0,718 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}}) \cdot (35 - 25) \text{ K}$$

$$t = 503,4 \text{ sn} = 8,4 \text{ dk}$$

Görüldüğü üzere soğutma yapılacak olan idari binaya  $Q_{\text{Toplam}} = 47,6 \text{ kW}$  'lık ısı girişi olmakla beraber  $8,4 \text{ dk}$ 'da ortam soğutması gerçekleştirilmektedir. Absorbsiyonlu soğutucu tarafından  $104,8 \text{ kW}$ 'lık soğutma yapılmaktadır. Bu durumda GYTE'de kullanılan çift etkili absorbsiyonlu soğutucu cihazının daha fazla alanı soğutma imkanı olduğu anlaşılmıştır. Bu imkanı değerlendirmek için soğutma işlemi yapılmayan ofis ve bürolara da fan montajı yapılacaktır.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada iki ana ekipman üzerinde durulmuştur. Parabolik kollektörler ve absorpsiyonlu soğutma cihazı. Bu iki ekipman yine kendi dallarında iki konuyu beraberinde getirmektedir.

Öncelikle parabolik kollektörler ve onun beraberinde getirmiş olduğu yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisi.

Bilindiği üzere dünya ekonomisi enerji kaynaklarına bağımlı olarak hareket etmektedir. Evde, işyerinde, fabrikada, ulaşımda, teknolojiye, savunma alanında bir çok alanda enerji ortak noktadır. Dünya, şu anda fosil kaynaklara bel bağlamış durumdadır. Yıllar geçtikçe fosil yakıt kullanımının katlanarak arttığı gözlenmiştir. Nüfusun artması, geçimin tarımdan sanayiye kayması, ulaşım araçlarının çoğalması gibi sebeplerden dolayı enerjiye olan ihtiyaç devamlı artmıştır. Artan enerji ihtiyacının karşılanması için sürekli fosil yakıtlara başvurulmuştur.

Fosil yakıtların enerji seviyelerinin yüksek olması ve elde edilmesinin kolay olmasından dolayı hep bu kaynaklar tercih edilmiştir. Başka kaynaklar aramaya da gerek duyulmamıştır. Tüm dünyanın, tüketimde aynı enerji kaynakları üzerine yoğunlaşması ile enerji kaynaklarını sağlayan hammaddelerde talep patlaması olmuştur.

Daha düne kadar pek konusu olmayan fosil yakıtların kullanımının getirdiği problemler bugün kendini göstermeye başlamıştır. Dünyanın dengesi bozulmakta, iklimler değişmekte, kutuplar erimektedir. Atmosfer, artık eski atmosfer değil. Zaman geçtikçe durum daha da kötüye gitmektedir. Fosil yakıtlar kullanıldıkça telafisi mümkün olmayan zararlarına şahit olmaktayız.

Bir diğer yaklaşan tehlike ise fosil kaynakların kullanılması ile sonsuz zannedilen, biteceği düşünülmemeyen kaynakların bitmesine dair geri sayımın başlamış olması. Yukarıda da belirttiğimiz gibi dünya her sektörde enerjiye bağımlı ve enerjide de fosil yakıtlara bağımlıdır. Bu durum, problemi daha çok çözülmez hale

getirmektedir. Fosil yakıtların tüketiminin her geçen yıl katlanarak artması, beklenen sonu daha da çabuk yaklaştırmaktadır.

Bu durumda ortaya şöyle bir sahne çıkmaktadır. Dünya, fosil yakıtları kullandıkça hem fosil yakıtlar tükenmekte hem de yaşam kalitesi düşmektedir. Her tüketim birimi, maliyetin düşük olması nedeniyle mevcut kaynakların kullanımını tercih etmektedir. Rekabetin getirdiği mücadeleden dolayı kimse de bundan vazgeçmeye benzemiyor. Ama şu unutulmamalıdır ki biz fosil yakıtları bırakmazsak gün gelecek fosil yakıtlar, yılların geçmesi ile tüketimin ve ihtiyacın maksimum olduğu bir anda bizi bırakacaktır.

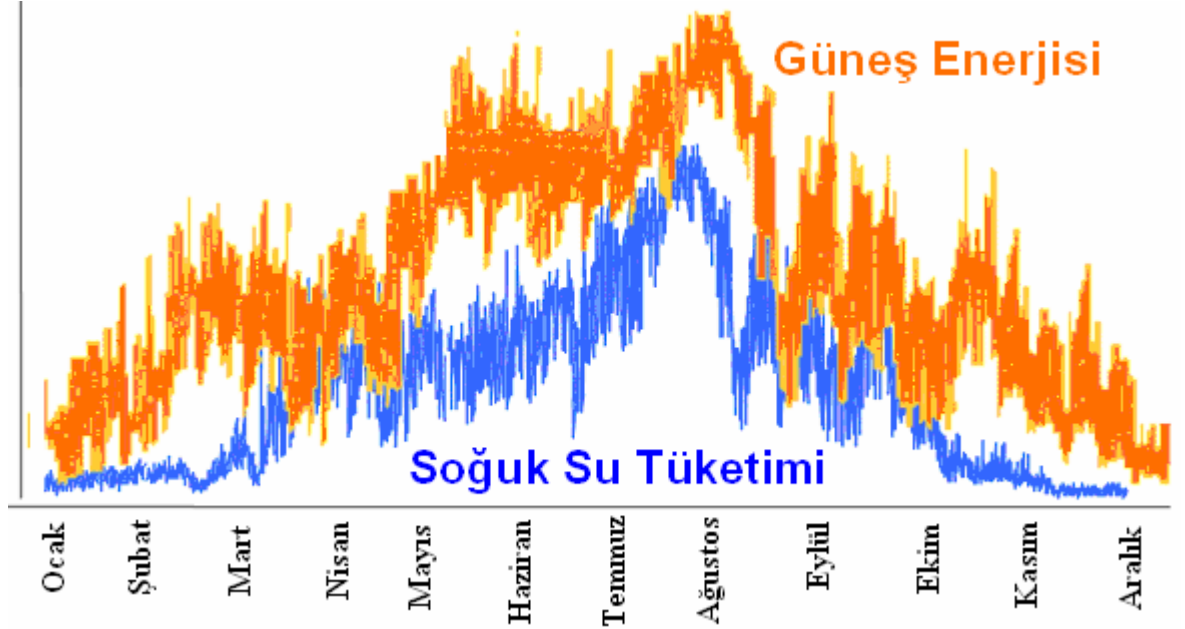
Alternatif enerji kaynakları belki verimliliği düşük, belki biraz pahalı ama; unutulmamalıdır ki, hem temiz, hem sonsuz, hem de işletimi çok ucuz olan kaynaklardır. En yaygın olan temiz ve yenilenebilir alternatif kaynaklar güneş, rüzgar, hidrojen, biomass, hidro kaynaklı enerjilerdir.

Konumuz itibariyle güneş enerjisinin kullanım alanlarının yaygınlaştırılması yönünde her türlü çalışmalar yapılmalıdır. Güneş enerjisinin daha farklı amaçlarda kullanımı için yüzeysel kullanımlarının yanında yoğunlaştırılmalı kullanım yöntemleri de cazip hale getirilmelidir. Bu sayede güneşin şiddeti artırılarak daha fazla kapasitede enerji elde etmek mümkün olacaktır.

Dünyanın en fazla bulunan ve her yerde bulunan enerji kaynağı güneştir. Türkiye güneş enerjisi kaynağı yönünden ekvator ülkeleri kadar avantajlı olmasa da bulunduğu konum itibariyle bir çok Avrupa ülkesinden avantajlıdır. Ancak, bu kadar avantajlı konumda olmasına rağmen Türkiyenin, mevcut dünya güneş teknolojisi seviyesine göre sahip olduğu güneş enerjisi avantajını değerlendirdiği söylenemez.

Güneş enerjisiyle, ısıtma ve elektrik elde etme işleminin yanında çok daha farklı alanlarda da üretim yapmak mümkündür. Bilindiği üzere yaz mevsiminde serinleme ihtiyacı doğmaktadır. Evlerde ve işyerlerinde serinleme ihtiyacı klimalar vasıtasıyla giderilmektedir. Ağırlıklı olarak şehir merkezlerinde kullanılan klimaların çalıştırılması ile elektrik sarfiyatı aniden artmaktadır. Bu da beraberinde enerji ihtiyacını karşılama problemini doğurmaktadır. Belli bir takım standart ihtiyaçlara

göre kurulan trafo ve elektrik dağıtım alt yapı sistemleri yüksek elektrik enerjisi harcayan klimaların yoğun bir şekilde çalışması ile elektrik üretim ve dağıtım sistemlerinde zorluklar yaşanmaktadır.



Şekil 5.1. Mevsimlere Göre Güneş Enerjisi ve Soğuk Su Tüketimi Dağılımı.

Serinleme ihtiyacına güneş sebep olduğu gibi serinleme ihtiyacını da güneşten karşılamak mümkündür. Şekil 5.1.'de görüldüğü üzere yıl içinde aylara göre güneş enerjisinin değişimi ile soğuk su tüketiminin dağılımı gözükmemektedir. Dikkat edilirse her ikisi de birbiri ile benzerlik göstermektedir.

Bu durumda yaz aylarında artan soğuk su ve serinleme ihtiyacını yine yaz aylarında artan güneş enerjisinden sağlamak en mantıklısıdır. Bu sayede hem elektrik sarfiyatında artma olmayacak hem de güneş enerjisi çok daha farklı alanlarda kullanılarak güneş enerjisi kullanımı daha fonksiyonel hale getirilmiş olacaktır. Bunun yanında serinleme ihtiyacı da karşılanmış olacaktır.

Bizim yaptığımız çalışmada güneş enerjisinin bol olduğu yaz aylarında artan serinleme ihtiyacı yine güneş enerjisi ile karşılanmıştır. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü'nde kurulan parabolik güneş kolektörleri ile güneşten elde edilen 145°C yüksek sıcaklıklı su ile buhar kazanında çift etkili absorpsiyonlu soğutucu için buhar üretilerek soğutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Yapılan uygulamalı çalışmada

parabolik güneş kolektörlerinin, buhar kazanının ve absorpsiyonlu soğutucunun tüm verimlilik ve performans ölçümleri yapılmıştır.

Güneş enerjisinden ısıtma ve soğutma ihtiyacını karşılama ile yenilenebilir enerji kullanım alanlarını artırmanın yanında çevreye hiç bir zarar vermeden enerji üretimi yapılmış olmaktadır. Ayrıca bu işlem için güneş enerjisi kullanımının yoğunlaştırma yöntemi kullanılmaktadır. Bu bir adım kabul edilerek bundan sonraki çalışmalarda güneş ışınlarını yoğunlaştırarak kullanma üzerine daha farklı çalışmalar yapmak mümkün olabilir. Bire bir güneş enerji kullanımı ile düz kolektörlerde 60 – 100°C sıcaklıklı sıcak su elde etmenin yanında yoğunlaştırmalı parabol kolektörlerde 300 °C, çanak tipi kolektörlerde 1000°C sıcaklık elde etmek mümkündür. Bu durumda yüksek sıcaklıkta ve yüksek basınçta kızgın su elde edilebilmektedir.

Yüksek sıcaklık ve yüksek basınç ile buhar türbinleri vasıtasıyla elektrik üretimi gerçekleştirilebilmektedir. Amacımız güneş enerjisini konsantre ederek yüksek enerji seviyesine çıkarmaktır. Bu sayede sanayi alanında da güneş enerjisinin kullanımını mümkün olacaktır.

Daha temiz, daha ucuz, farklı farklı enerji kaynakları kullanımı ile yenilenebilir enerji kaynaklarını yaygınlaştırma alanında çalışmalar yaparak fosil yakıt kullanmadan enerji ihtiyacı karşılanmış olacaktır.

## KAYNAKLAR

- [1] AKDEMİR Ö. ve GÜNGÖR A.,(2001). “Absorbsiyonlu Soğutma Sistemleri; Verimlerinin Artırmak İçin Geliştirilen Çevrimler”, V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi.
- [2] BOUBAKRI A., (2003), "A New conception of an adsorptive solar powered ice maker", Renewable Energy,
- [3] ÇENGEL Y. ve BOLES M., (1996). “Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik”.
- [4] ÇETİNER C., KARADAĞ R., HİLALİ İ. (2006). "Silindirik Bir Toplayıcıda Gölgelemenin Verime Olumsuz Etkisi" GAP V. Mühendislik Kongresi, Şanlıurfa.
- [5] CHARLES S., (2007). “Parabolic Troughs”, Energy Information Administration, Electric Power Annual, Form EIA-860, Annual Electric Generator Report database.
- [6] ÇOLAK L., (2003). “Güneşi Takip Eden Parabolik Oluk Tipi Güneş Kollektörlerinin Matematiksel Modellenmesi Tasarımı ve Teknik Optimizasyonu”, Doktora Tezi, Ankara.
- [7] ÇOLAK L., ve DURMAZ A., (2005). “Güneş Kollektörü Uygulamaları ile İlgili Ekonomik Analizler”. VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Sayfa 549 - 557.
- [8] DOĞU Y., ÇALIŞKAN N., ÇEKEL N. (2006). “Düz Güneş Enerjisi Toplayıcılarında Yutucu Plakada Oluşan Isı Transferinin Parametrik Analizi”. Mühendis ve Makina, Cilt:47 Sayı:555.
- [9] DONATE M. et. al. (2006). “Thermodynamic evaluation of new absorbent mixtures of lithium bromide and organic salts for absorption refrigeration machines”, International Journal of Refrigeration.
- [10] DURMAZ A., (2004). “Güneşi Takip eden Parabolik Oluk Tipi Güneş Kollektörleri ile Buhar Üretimi ve Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi Uygulaması”. Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayfa 70-80.
- [11] EİE, (2002). “Yoğunlaştırıcı Güneş Enerjisi Sistemleri”, Güneş Enerjisi ve Teknolojileri Çalışmaları.
- [12] ELMASLAR B. (2000). “Güneş Enerjisi”, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli.
- [13] ELTEZ M., (2003), “Güneş Enerjisi Kullanımında Isıl Odaklama Teknolojileri ve Uygulama Örnekleri”, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, No E/2003/321, Sayfa 1-13
- [14] FLORIDES G. A., S. A. Kalogirou (2003). “Design and construction of a LiBr–water absorption machine”, Energy Conversion and Management, 44, 2483–2508

- [15] GÜNDÜZ A. (2007). “Bilecik İlinde Güneş Enerjisi Destekli Isı Pompasıyla Sıcak Su Üretiminin Performansı”, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.
- [16] INCROPERA F. ve WITT D., (2001). “Isı ve Kütle Geçişinin Temelleri”.
- [17] KUREM E. ve HORUZ İ., (2004). “Soğurmalı Isı Yükselticilerinde Amonyak – Su ile Lityum Bromür – Su Eriyiklerinin Karşılaştırılması”. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 9, Sayı 2
- [18] LAMP P. and ZIEGLER F., (1998), "European research on solar-assisted air conditioning", Int. J. Refrigeration, Vol. 21, No. 4, pp.89-99.
- [19] LOKURLU A., (2005). “Parabolik Toplayıcı Sistemlerin Uygulaması.” Tesisat Dergisi, Sayı 118. Sayfa 142 – 148.
- [20] MANSOORI G.A., PATEL V., (1979), “Thermodynamic basis for the choice of working fluids for solar absorption cooling systems”, Solar Energy, 22:483-491.
- [21] MARKO A., BRAUN P. (1994). “Thermal use of solar energy in buildings”, Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems; Freiburg, Germany.
- [22] OERTEL K., (1997). "Realization of user's requirements in case of cold storage with solar adsorption techniques", FVS Workshop on Solar Sorption Cooling", Stuttgart.
- [23] ÖZKAYA M., (2003). “Isı İletim Katsayısının Plaka Metodu İle Ölçülmesi”. Teknoloji, Yıl:6, Sayı:1-2, Sayfa: 45-50, Ankara.
- [24] RAVIKUMAR T.S., L. Suganthi and A., Samuel (1998).“Exergy Analysis of Solar Asisted Double Effect Absorption Refrigeration System”, Renewable Energy, 14, 55–59
- [25] RICKER C., (1989). “Bright Source Energy Files First Solar Energy AFC in California”, Bright Source Energy.
- [26] SYED A., MAIDMENT G.G., MISSENDEN J.F., TOZER R.M., (2001), "A review of solar assisted cooling techniques", 2. International Heat Powered Cycles Conference, Paris.
- [27] ŞENCAN A.(2006).“ LiBr + 3 LiNO + LiCl + 2 LiCl/H O ile Çalışan Çift Etkili Bir Soğurmalı Soğutma Sisteminin Analizi İçin Farklı Bir Yaklaşım”, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi Cilt 21, No 3, 467–472.

## ÖZGEÇMİŞ

Nusret OĞUZ, 1974 doğumludur. İlköğretimini Keşan'da, Ortaokul ve Liseyi Kırklareli'de tamamladı. 1997'de Yıldız Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümünden mezun oldu.

1997 – 2003 arası Zonguldak Seka Kağıt Fabrikasında İşletme Mühendisi ve İşletme Şefi olarak görev yaptı.

2004 yılından beri Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsünde görev yapmakta olup aynı zamanda Makina Mühendisliği Bölümünde Yüksek Lisansını tamamlamaktadır.