

168434

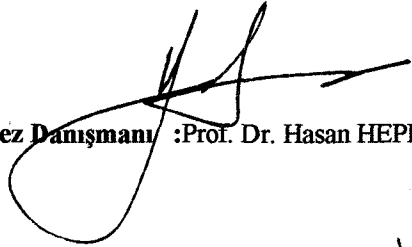
**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GÜNEŞ ENERJİSİ VE BİYOGAZ İLE ABSORBSİYONLU
SOĞUTMA SİSTEMİ**

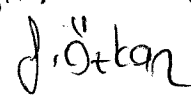
Makina Mühendisi Sedef TOK

**FBE Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Isı Proses Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ


Tez Danışmanı : Prof. Dr. Hasan HEPERKAN

Doc. Dr. Galip Temir


Y. Doç. Dr. Semra Ötken


İSTANBUL, 2005

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ.....	v
KISALTMA LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ	ix
ÖZET	x
ABSTRACT.....	xi
1. GİRİŞ	1
2. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI	3
2.1 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının İncelenmesi	3
2.1.1 Rüzgar Enerjisi.....	3
2.1.2 Jeotermal Enerji	3
2.1.3 Güneş Enerjisi	4
2.1.4 Biyogaz Enerjisi.....	6
2.2 Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları	9
2.3 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanım Biçimleri.....	13
2.3.1 Buhar Sıkıştırma Soğutma Makinaları	13
2.3.2 Ejektörlü Soğutma Makinaları	18
2.3.3 Absorbsiyonlu Soğutma Makinaları	19
3. BİYOGAZ.....	21
3.1 Biyogaz Üretiminin Yararları	21
3.2 Biyogaz Tesislerinin Tasarımı Ve Tasarımda Dikkate Alınması Gereken Parametreler	21
3.2.1 Biyogaz Üretiminde Kullanılan Sistemler	22
3.2.1.1 Kesikli (Batch) Fermantasyon	22
3.2.1.2 Beslemeli - Kesikli Fermantasyon	23
3.2.1.3 Sürekli Fermantasyon	23
3.2.2 Biyogaz Tesisinin Bölümleri	23
3.2.2.1 Fermantör - Sindireç (Organik maddenin doldurulduğu tank depo).....	23
3.2.2.2 Gaz Deposu	24
3.2.2.3 Organik Madde Deposu	24
3.3 Biyogaz Üretiminde Kullanılan Hammaddeler, Biyogaz Verimleri ve Biyogazdaki Metan Gazı Oranları.....	27
3.3.1 Hayvansal Atıklar	27
3.3.2 Bitkisel Artıklar	27

3.3.3	Organik İçerikli Şehir ve Endüstriyel Atıklar	28
3.3.4	Biyogaz Üretiminde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar	28
3.4	Biyogaz Ve Biyogaz Üretimi Yan Ürünlerinin Kullanım Alanları	28
3.4.1	Biyogazın Isıtmada Kullanılması	29
3.4.2	Biyogazın Enerji Amaçlı Kullanılması	29
3.4.3	Biyogazın Motorlarda Kullanımı	29
3.4.4	Yan Ürün Değerlendirme İmkanları	29
3.5	Biyogaz Üretiminin Mikrobiyolojisi	29
3.5.1	Fermantasyon ve Hidroliz	30
3.5.2	Asetik Asidin Oluşumu	30
3.5.3	Metan Gazının Oluşumu	30
3.6	Biyogazın Isıl Kapasitesi	32
4.	GÜNEŞ ENERJİSİ	33
4.1	Güneş Enerjisi Kullanım Alanları	34
4.1.1	Güneş Enerjili Sıcak Su Hazırlama Sistemleri	34
4.1.2	PV Sistemler	35
4.1.3	Güneş Enerjisi ile Soğutma ve İklimlendirme	35
4.2	Güneş Kollektörleri	36
4.2.1	Düz Tip Kollektörler	36
4.2.2	Vakum Tip Kollektörler	37
4.2.3	Parabolik Tip Kollektörler	38
4.2.3.1	Doğrusal Yoğunlaştırıcılar	40
4.2.3.2	Noktasal Yoğunlaştırıcılar	40
4.2.4	Güneş Termal Güç Santrallerinin Tasarım İlkeleri	41
4.2.5	Parabolik Oluk Kollektörlerle Enerji Üretimi	43
5.	ABSORBSİYONLU SİSTEMLERİN İNCELENMESİ	44
5.1	Absorbsiyonlu Sistemlerde Soğutucu-Absorber Çiftlerinde Aranılan Özellikler	44
5.2	LiBr - H ₂ O Absorbsiyonlu Sistemin İncelenmesi	45
5.3	NH ₃ - H ₂ O Absorbsiyonlu Sistemin İncelenmesi	47
5.4	Tersinir Absorbsiyonlu Soğutma Çevriminin Soğutma Tesir Katsayısının Hesaplanması	49
6.	LiBr-H ₂ O ABSORBSİYONLU CHILLER	53
6.1	Sistem Komponentleri	53
6.1.1	Jeneratör	53
6.1.2	Isı Değiştirici	55
6.1.3	Genleşme Valfi	56
6.1.4	Absorber	56
6.1.5	Eriyik Pompası	57
6.1.6	Yoğuşturucu	57
6.1.7	Buharlaştırıcı	58
6.2	LiBr-H ₂ O Absorbsiyonlu Çevriminin Soğutma Tesir Katsayısının Hesaplanması	59
7.	ABSORBSİYONLU CHILLERDE GÜNEŞ ENERJİSİ ve BİYOGAZ İLE ELDE EDİLEN BUHARIN KULLANILMASI	61
7.1	Absorbsiyonlu Soğutma Sisteminin Modellenmesi	61
7.2	Güneş Enerjisi ve Biyogaz Kullanılan Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi	62

8.	BİR TATİL KÖYÜ İÇİN ABSORBSİYONLU SİSTEMLE MEKANİK SIKIŞTIRMALI SOĞUTMA SİSTEMİNİN KARŞILAŞTIRILMASI.....	64
8.1	Tatil Köyündeki Atıklardan Oluşan Biyogaz Miktarı.....	64
8.2	Parabolik Oluk Tip Kollektörden Elde Edilen Isı Enerjisi	65
8.3	Çift Etkili Buharlı Chillerle Tek Etkili Sıcak Sulu Chillerin Karşılaştırılması	68
8.4	Absorbsiyonlu Sistemle Kompresörlü Sistemin Maliyet Analizi	69
8.4.1	Absorbsiyonlu Chiller İle Çalışan Sistem Elemanları	70
8.4.2	Kompresörlü Chiller İle Çalışan Sistem Elemanları.....	71
9.	SONUÇLAR ve ÖNERİLER	73
KAYNAKLAR		75
EKLER.....		76
Ek 6 Yarı kesikli üreteçlerde gıda artıklarının biyogaz verimlilikleri		77
ÖZGEÇMİŞ		79



SİMGE LİSTESİ

A	Yüzey alanı
COP	Soğutma tesir katsayısı
c_p	Çözeltilerin özgül ısısı
d	Çap
σ	Stefan Boltzman sabiti
ΔT_m	Logaritmik sıcaklık farkı
E	Elektrik enerjisi
$\dot{E}$	Enerji
ε	Yansıtma katsayısı
η	Verim
g	Sirkülasyon faktörü
h	Entalpi
Hu	Yakıtın alt ısı değeri
İBG	İşletme ve bakım giderleri
k	Toplam ısı iletim katsayısı
l	Uzunluk
λ	Isı iletim katsayısı
λ'	Dalga boyu
m	Kütle
q	Isı akısı
Q	Isı enerjisi
Q_{buh}	Buharlaşma ısı enerjisi
Q_{id}	Isı değiştiricide transfer olan ısı enerjisi
Q_{yog}	Yoğunlaşma ısı enerjisi
Q_{jen}	Jeneratöre verilen ısı enerjisi
ρ	Yoğunluk
ΣS	Sistem sınırları içerisindeki entropi değişimi
ΣQ_i	Toplam ısı alışverişi
ΣU	Sistem sınırları içerisindeki iç enerji değişimi
ΣW	Toplam iş alışverişi
T	Periyot
T_s	Eleman sıcaklığı
T_{ϕ}	Çevre sıcaklığı
u_m	Ortalama hız
YTM	Yıllık tasarruf miktarı

KISALTMA LİSTESİ

EİEİ	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
MTA	Maden Teknik Arama
DMİ	Devlet Meteoroloji İşleri
UNDP	United Nations Development Programes
SSHS	Sıcak Su Hazırlama Sistemleri



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Güneş Spektrumu	5
Şekil 2.2 Biyogaz üretim tesisi	7
Şekil 2.3 Buhar sıkıştırırmalı soğutma makinası	14
Şekil 2.4 Güneş enerjili tahrikli buhar sıkıştırırmalı soğutma makinası	15
Şekil 2.5 Jeotermal enerjili ayrıştırma sistemi ve iki kademeli türbinden oluşan sistem	16
Şekil 2.7 Ejektörlü soğutma makinası	19
Şekil 2.8 Absorbsiyonlu soğutma makinası.....	20
Şekil 3.1 Mutfak atıkları için yapılmış bir biyogaz tesisi	22
Şekil 3.2 Biyogaz üretim şeması.....	23
Şekil 3.3 Biyogaz tesisi örnekleri	25
Şekil 3.4 Küçük bir biyogaz üretici akış şeması	26
Şekil 3.5 Küçük bir biyogaz üretici.....	26
Şekil 4.1 Düz tip kollektör.....	37
Şekil 4.2 350 MW gücünde parabolik oluk güneş santrali-Kaliforniya	39
Şekil 4.3 Parabolik oluk tip güneş kollektörü	40
Şekil 4.4 Parabolik çanak tip güneş kollektörü.....	41
Şekil 5.1 Sürekli çalışan LiBr-H ₂ O absorpsiyonlu soğutma sistemi	46
Şekil 5.2 LiBr-H ₂ O basınç-sıcaklık-LiBr konsantrasyonu denge diyagramı	47
Şekil 5.3 Sürekli çalışan NH ₃ -H ₂ O absorpsiyonlu soğutma sistemi.....	48
Şekil 5.4 NH ₃ -H ₂ O Basınç-Sıcaklık-LiBr Konsantrasyonu denge diyagramı.....	49
Şekil 5.5 Absorber sıcaklığındaki değişimin sistemin COP değerine etkisi.....	51
Şekil 5.6 Buharlaştırıcı sıcaklığındaki değişimin sistemin COP değerine etkisi.....	51
Şekil 5.7 Yoğuşturucu sıcaklığındaki değişimin sistemin COP değerine etkisi.....	52
Şekil 5.8 Jeneratör sıcaklığındaki değişimin sistemin COP değerine etkisi.....	52
Şekil 6.1 Jeneratördeki ısı ve kütle dengeleri	54
Şekil 6.2 Parelel akımlı zıt yönlü ısı değiştiricisi olarak seçilen jeneratör	54
Şekil 6.3 Jeneratör ve absorber arasına yerleştirilen paralel akımlı zıt yönlü ısı değiştiricisi ..	55
Şekil 6.4 Absorberdeki ısı ve kütle dengeleri	56
Şekil 6.5 Paralel akımlı zıt yönlü ısı değiştiricisi olarak seçilen absorber.....	57
Şekil 6.6 Parelel akımlı zıt yönlü ısı değiştiricisi olarak seçilen yoğuşturucu.....	58
Şekil 6.7 Parelel akımlı zıt yönlü ısı değiştiricisi olarak seçilen buharlaştırıcı	59
Şekil 7.1 Güneş kollektörü ve biyogaz ile elde edilen buharın akış şeması	62
Şekil 7.2 Çift etkili absorbsiyonlu chiller	63

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 Bölgelere göre ortalama rüzgar hızları ve yoğunluğu (EİEİ Genel Müdürlüğü)...10

Çizelge 2.2 Bölgelere göre güneş enerjisi potansiyeli (EİEİ Genel Müdürlüğü) 12

Çizelge 3.1 Bazı maddeler için biyogaz verimleri ve biyogazdaki metan miktarları27



ÖNSÖZ

Dünya nüfusunun hızlı bir şekilde artmaya devam etmesi, sanayileşmenin yeni boyutlar kazanması ve insanoğlunun yaşam standartını yükseltmek istemesi, enerji ihtiyacını hızlı bir şekilde arttırmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları hızla tükenmekte olan fosil yakıtlara alternatif bir enerji oluşturmaktadır.

Bu konu üzerinde çalışmamı sağlayıp bilgi ve tecrübesiyle bana her konuda yardımcı olan hocam Sayın Prof. Dr. Hasan Heperkan'a teşekkür ederim.



ÖZET

Yaz aylarında oteller, hastaneler, alışveriş merkezleri ve kamu binaları için soğutma ciddi bir ihtiyaçtır. Günümüzde soğutma uygulamalarında genellikle elektrik tüketimi fazla olan kompresörlü veya vidalı soğutma grupları kullanılmaktadır. Güneş enerjisi ile işletilen absorpsiyonlu soğutma grupları, soğutma için gerekli enerji ihtiyacını azaltarak, soğutma giderlerini düşürmesinin yanı sıra, CO₂ emisyonlarını da ciddi bir oranda azaltır. Özellikle Akdeniz Bölgesi için uygun olan bu sistemlerde, ihtiyaç duyulan enerjinin büyük kısmı parabolik oluk tip güneş kolektörleri tarafından sağlanırken, geri kalan kısmı buhar kazanları tarafından karşılanacaktır. Buhar kazanında yakıt olarak biyogaz kullanılacaktır. Yakılacak olan biyogaz, mutfak atıklarından elde edilecektir. Sistemden elde edilen ısı, çift etkili absorpsiyonlu soğutma gruplarında, çamaşırhanenin buhar ihtiyacının ve mutfaktaki sıcak su ihtiyacının temini gibi birçok uygulamalarda kullanılabilir. Bu tür uygulamalarda ısıtma ve soğutma yüklerinin büyük bir kısmının güneş enerjisi ile sağlanmasına çalışılmalıdır. Akdeniz Bölgesinin güneş enerjisi yönünden uygun iklim koşulları ve Türkiye'deki düşük üretim maliyetleri dikkate alındığında, ekonomik bir yatırım olmasının yanı sıra, elektrik ve LPG gibi, temel enerji kaynaklarının kullanımını ve CO₂ emisyonlarını önemli oranda azaltır.

Anahtar kelimeler: Güneş enerjisi, biyogaz, absorpsiyonlu soğutma.

ABSTRACT

Hotels, hospitals, shopping centers and other public buildings need air conditioning in the summer time. Usually air conditioning is based on compression cycle refrigerator systems, consuming high amounts of electricity. Alternatively an absorption cooling machine driven by solar collectors not only reduces power demand, which offers a chance for reducing costs for cooling, but also reduces CO₂ emissions. In this concept, which might be suitable for the Mediterranean region especially, a large part of the heat is supplied by parabolic trough collectors, whereas the remaining heat is delivered by an existing steam boiler. Biogas will be used as fuel in steam boiler. That biogas will be obtained from kitchen wastes. The heat drives a double-effect absorption chiller and is used for various applications like laundry supply with steam and hot water for kitchen. In operation the system has to be regulated in a way covering the greatest possible part of cooling and heating load by solar energy. On account of the very good climatic conditions in the Mediterranean and the low production costs of collectors in Turkey, the system is not only promising to be economical, but also it reduces the use of primary energy sources, such as electricity and LPG, and CO₂ emissions.

Keywords: Solar energy, biogas, absorption cooling.



1. GİRİŞ

Gerek sanayileşme gerekse bireylerin daha iyi yaşam istekleri günümüzde enerji tüketimini önemli ölçüde arttırmaktadır. Enerji ihtiyacının karşılanmasında kömür, petrol, doğal gaz gibi yakıtlar öncelikli olarak kullanılmaktadır. Ancak bu yakıtların kullanımında karşımıza iki sorun çıkmaktadır. Birinci sorun bu yakıtların yakın bir gelecekte tükenme olasılığı, diğeri ise sanayileşmenin belli yörelerde yoğunlaşması sonucu büyük oranda fosil yakıtların kullanımından kaynaklanan çevre kirliliğinin artmasıdır. Fosil yakıtların yanması sonucu CO₂, NO_x ve SO_x emisyonları önemli değerlere ulaşmıştır. Özellikle CO₂'in neden olduğu sera etkisi sonucu dünya sıcaklığındaki artışın önümüzdeki 40 yıl içinde 1.5°C ila 4.5°C arasında olacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca SO_x atmosferik olaylarla asit yağmuru olarak yeryüzüne geri dönerek ekolojik dengeleri tümüyle etkilemektedir.

Dünya genelindeki bu iki soruna ek olarak ülkemiz için bir diğer sorun enerji tüketiminin yaklaşık %60'nın yurtdışından karşılanmasıdır. Enerji tasarrufu konusunda ciddi önlemler alınması halinde genel enerji talebinin %20-30 oranında düşürülmesi mümkün olabilecektir. Ancak alınabilecek tüm önlemler artış eğilimini ancak frenleyebilecektir.

Bu sorunların aşılması yeni enerji kaynaklarının araştırılmasını ve mümkün olan sektörde kullanımını gündeme getirmektedir. Bu amaçla güneş, rüzgar, jeotermal, biyokütle gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının değişik sektörlerde uygulanabilmesi için araştırmalar sürdürülmektedir.

Enerjiyi basit olarak iş yapabilme yeteneği olarak tanımlayabiliriz. Termodinamiğin 1. Kanununa göre ise enerji, fiziksel veya kimyasal değişimlerle yaratılamaz ve yok edilemez, sadece bir formdan başka bir forma dönüştürülebilir. Enerjinin, tüketimi gelişmişliğin bir göstergesi kabul edilir. Uluslararası Enerji Ajansı , gelişmekte olan ülkelerin toplam enerji kullanımının 2010 yılında dünya toplamındaki paylarının %27'den %40'a çıkacağını tahmin etmektedir. Enerji tüketimindeki hızlı artış endüstri devrimi ile başlar ve bu artışın durağanlaşması beklenemez. 2000-2100 yılları arasında dünyanın kümülatif enerji tüketiminin en az 82500 EJ olacağı hesaplanmıştır. Dünyanın çıkarılabilir petrol ve doğal gaz rezervleri bu enerjiyi karşılayamamaktadır. Dünya petrol yataklarına ortalama 40 yıl, doğal gaz yataklarına 60 yıl, kömür yataklarına ise 250 yıl ömür biçilmektedir. Bunun yanında sürekli bir artışla fosil yakıt tüketimi, yanma sonucu açığa çıkan gazların sera etkisi nedeniyle küresel ısınmaya ve asit yağmurlarına sebep olup en önemli çevre sorunlarından biri olmuştur. Yanma sonucu açığa çıkıp küresel ısınmaya sebep olan gazlar CO₂ ve N₂O'dir. Karbon küresel

ısınmaya sebep olan gaz emisyonlarından en büyük paya sahip olandır. Endüstri devriminden sonra dünya genelindeki karbon emisyonları %27 oranında artış göstermiş olup günümüzde bu oran %85 civarındadır. N_2O ise bu gaz emisyonlarından %2 paya sahiptir fakat küresel ısınmaya etkisi CO_2 'den 310 kat daha fazladır. Yanma sonucu açığa çıkan gazlardan SO_2 ve NO_x asit yağmurlarına sebep olurlar ve insan sağlığını olumsuz etkilerler. Bu gazlar atmosferdeki etkileşimleri sonucu sülfat ve nitrat partiküllerine dönüşüp rüzgarla çok uzun mesafeler kat edebilir ve solunum yoluyla insanların akciğerlerine girip insan sağlığına zarar verir. Araştırmalar partikül miktarlarının oranındaki artışın, bronşit ve astım hastalıkları ve kalp, akciğer rahatsızlıklarından meydana gelen ölüm oranlarındaki artışta etkili olduğunu göstermektedir. Yeryüzünde dünya nüfusunun sürekli artışı, insanların yaşayabileceği alanların sınırlı olması ve fosil yakıt tüketiminin de bu alanları daha da sınırlayıp yaşamaya elverişli koşulları ortadan kaldırması insanların daha duyarlı olmasını gerekli kılmıştır. 1992 yılında Brezilya'da gerçekleştirilen Rio konferansında Birleşmiş Milletler insan etkilerinden kaynaklanan iklim değişikliklerinin önüne geçilmesi için tüm dünya ülkelerini daha duyarlı olmaya Rio' da imzaya açılan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği sözleşmesini imzalamaya davet etmiştir. 1970 'deki petrol krizinden sonra, gelişmiş ülkelerde yenilenebilir enerji kaynakları kullanımına giderek artan bir şekilde önem verilmeye başlanmıştır. Bazı ülkeler şimdiden ellerindeki yenilenebilir enerji potansiyellerini değerlendirme yönünde önemli adımlar atmışlardır. İtalya'da 2003 yılından sonra endüstriyel tesislere kullandıkları enerji miktarının %2'si kadar bir miktar yenilenebilir enerji üzerine araştırma, kullanma payı ayırması zorunluluğu getirilmesi kararlaştırılmıştır. İsrail'de konutların % 84'ünün sıcak su ihtiyacı güneş enerjisi ile sağlanmakta olup 9 kata kadar olan konutlarda güneş enerjisi ile su ısıtılması zorunluluğu getirilmiştir (Çakmanus, 2001).

Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynaklarının iklimlendirme sistemlerinde kullanılmaları ve absorbsiyonlu sistemler üzerinde durulmaktadır. Parabolik oluk tip kollektörler ile güneş enerjisinden yararlanılarak elde edilen sıcak suyun ısısıyla çalışan absorbsiyonlu soğutma sistemine gereken ısı enerjisi, güneş ışıınının yeterli olmadığı saatlerde biyogaz ve fuel oil tarafından sağlanmaktadır.

2. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

2.1 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının İncelenmesi

2.1.1 Rüzgar Enerjisi

Rüzgar enerjisini çevrime uğramış güneş enerjisi olarak açıklayabiliriz. Rüzgar güneşten gelen enerjinin karaları, denizleri ve atmosferi her yerde özdeş biçimde ısıtmamasından oluşan ve buna bağlı basınç farklarından meydana gelen hava akımlarıdır. Güneş enerjisinin ekvator yakınlarında absorpsiyonu kutuplara göre daha fazladır. Daha hafif ve sıcak olan hava ekvatorundan kutuplara doğru akarken bu havanın yerini kutuplardan dönen ağır hava alır. Dünyanın batıdan doğuya dönüşü nedeniyle kuzeye doğru akan hava doğuya, güneye doğru akan hava batıya sapar. Kuzeye akan hava 30° kuzey paraleline geldiğinde tamamen doğuya dönmüş olur. Bu hava akımlarına batı egemen rüzgarları adı verilir. Bir kısım hava yüksek basıncın etkisiyle güneye akar ve dünyanın dönüşüyle batıya saparak Alize rüzgarlarını oluşturur. 50° kuzey paralelinin üzerindeki kutup gündoğusu rüzgarları da aynı sebeple oluşur. Ekvatorun güneyinde aynı şekilde hava akımları oluşur. Dünyanın bütün yüzeyi güneş ısıasına eşit tepki göstermez. Bir deniz yüksek ısı depolama yeteneğiyle karadan daha yavaş ısınır ve daha yavaş soğur. Bu farklı ısınma ve soğuma hızları deniz ve kara parçalarının nem ve sıcaklıklarıyla beslenmiş büyük hava kütleleri oluşturur. Gündüzleri kara üzerindeki sıcak hava yükselir ve yerini deniz üzerindeki daha soğuk hava alır. Böylece gündüzleri denizden karaya doğru deniz meltemleri adı verilen rüzgarlar, geceleriye karadan denize doğru kara meltemleri adı verilen rüzgarlar oluşur. Deniz Meltemleri 3-8 m/s arası hızla eserken Kara Meltemleri 2-4 m/s arası hızla eserler. Bu rüzgarlara benzer şekilde dağlık bölgelerde Dağ-Vadi Meltemleri adı verilen rüzgarlar oluşur. Gündüzleri serin hava güneş etkisiyle ısınarak vadiden dağa doğru yükselir. Gece ise daha hızlı soğuyan dağ havası vadiye inerken daha sıcak olan havayla yer değiştirir. Fakat bu rüzgarlar deniz kara meltemleri kadar güçlü olmadığından enerji kaynağı olarak yetersiz kalırlar.

Yeryüzünün yerel yüzey yapısına ve düzgün olmayan ısınmasına bağlı olarak bu özellikler zamansal farklılıklar gösterir. Rüzgarın tesirinde etkili olan en önemli özellik rüzgar hızı, coğrafi konum, yüzey yapısı ve yüzeyden olan yükseklikle değişir.

2.1.2 Jeotermal Enerji

Jeotermal enerjiyi en genel anlamda yerküre içindeki depolanan tüm ısı enerjisi olarak tanımlayabiliriz. Isı kaynağı yerkabuğu içine sokulmuş magnetik bir intrüzyon olup 600-900

$^{\circ}\text{C}$ sıcaklığa sahiptir ve genelde 7-15 km arası derinlikte yer alır. Yerkabuğunun içinden yeryüzüne sürekli ısı akımının sebebi yeraltında stabil olmayan mekanik koşullardır. Mantonun 2000 $^{\circ}\text{C}$ ve yerin merkezinin 3600 $^{\circ}\text{C}$ ortalama ısıya sahip olduğu tahmin edilmektedir. Teorik hesaplara göre yerkabuğunun 0-10 km derinlikleri arasında birikmiş ısı enerjisi 426.10^6 EJ ’dür. Bu enerjinin $\%0.1$ ’inin bugünkü mevcut dünya enerji tüketimine göre 1000 yıllık bir enerji kaynağıdır. Günümüzde ise jeotermal enerji dünya enerji sektöründe sadece $\%0.2$ ’lik bir paya sahiptir.

Yerkabuğu 5 büyük ve çok sayıda küçük plakadan oluşmuştur. Bunlar Afrika, Avrasya, Hint-Avustralya, Pasifik, Amerika Plakalarıdır. Bu plakalar hareket halindedir. Kırılıp birbirlerinden ayrılırlar ve çarpışırlar. Plakaların temas yerlerinde ısı yerin derinliklerinden magma kütleleri aracılığıyla yüzeye hızla nakledilir. Plaka sınırları deprem kuşaklarını oluşturur ve yeryüzündeki jeotermal sahaların büyük bir kısmı bu kuşaklarda yer alır.

Yeryüzünün büyük bir kısmı termal alan değildir. Yeryüzünün tüm alanlarını sıcaklık gradyenine göre termal olmayan bölgeler ve termal bölgeler olarak iki grupta toplayabiliriz. Termal olmayan bölgelerde sıcaklık gradyeni $10-40^{\circ}\text{C} / \text{km}$ arasında kalan bölgeler kabul edilir. Termal bölgeleri ise yarıtermal bölgeler ve hipertermal bölgeler olarak kendi arasında ikiye ayırabiliriz. Yarıtermal bölgelerde sıcaklık gradyeni $70-80^{\circ}\text{C} / \text{km}$ aralığındadır, hipertermal bölgelerde sıcaklık gradyenleri bu değerlerin çok üzerinde olur.

Jeotermal sahaları kendi arasında yarıtermal ve hipertermal sahalar olarak ikiye ayırabiliriz. Yarıtermal sahalarda 1-2 km derinliğe kadar ki katmanlardan 100°C sıcaklığa kadar su üretilir. Hipertermal sahalarda ıslak ve kuru sahalardan oluşur ve ikiye ayrılabilir.

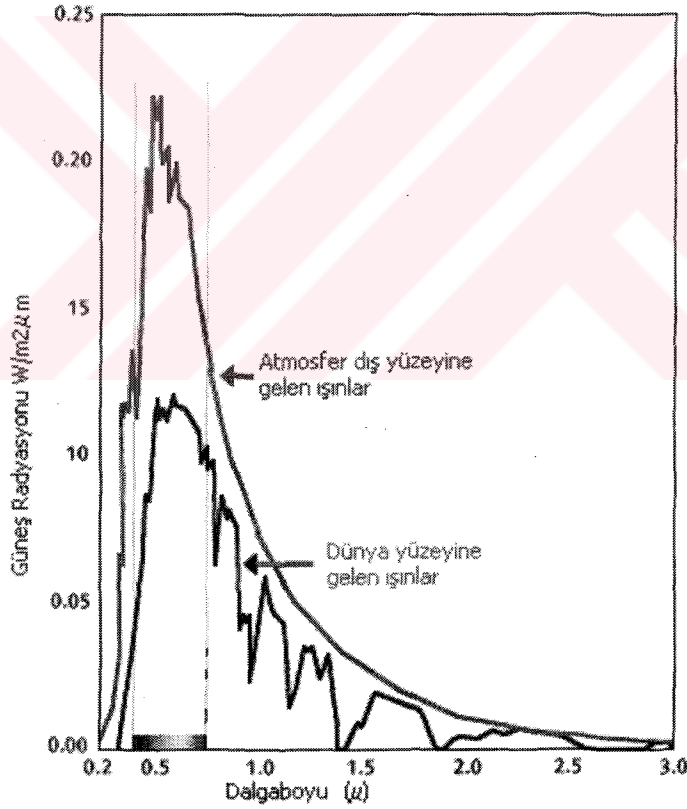
Islak sahalarda sıcaklıkları 100°C ’yi aşan basınçlı su üretme kapasitesine sahip yerlerdir. Sıcak su kuyu içerisinde yükselerek yeryüzüne çıkarken, basınç düşümü sebebiyle bir kısmı buhara dönüşürken büyük bir kısmı kaynar su halinde bulunur. Kuru sahalarda ise doymuş veya kuru buhar üretebilen sahalardır. Islak hipertermal sahalarda suyun hakim olduğu, kuru hipertermal sahalarda buharın hakim olduğu sahalardan oluşur ve ikiye ayrılabilirler.

2.1.3 Güneş Enerjisi

Güneş hidrojen ve helyum gazlarından oluşan orta büyüklükte bir yıldızdır. Sıcaklığı yüzeyde 6000°C olup merkeze doğru artar ve $20.000.000^{\circ}\text{C}$ ’ye ulaşır. Bu yüksek sıcaklık nedeniyle elektronlar atom çekirdeklerinden ayrılır. Bundan dolayı güneşte atom ve molekül değil serbest elektronlar ve atom çekirdekleri bulunur ve hafif elementlerin atom çekirdekleri bir

araya gelerek ağır elementlerin çekirdeklerini oluşturur. Dört hidrojen çekirdeği birleşerek bir helyum çekirdeği oluşturur. Güneşin merkezinde saniyede 564 milyon ton hidrojen 560 milyon ton helyuma dönüşür ve aradaki bu 4 milyon fark ısı ve ışık enerjisi olarak uzaya yayılır ve çeşitli dalga boylarında dünyaya ulaşır. Dünya bu enerjinin sadece milyarda birini alır. Yeryüzüne ulaşan güneş ışınımı miktarı, dünyanın güneş etrafındaki yörüngesine, kendi etrafında dönmesine, atmosferik şartlara, coğrafi faktörlere göre değişir.

Yeryüzündeki birim yatay düzleme gelen güneş ışınımı ortalama $400-800 \text{ W/m}^2$ mertebesindedir. Güneş enerjisi dünyaya gelişinde morötesi, x ve gama ışınlarını ihtiva eder. Güneş ışınları dünya atmosferinden geçerken zararlı olan bu ışınların çoğu ve görülebilir dalga boyundaki ışınların da bir kısmı Şekil 2.1’ de görüldüğü gibi filtrelendir (Kılıç ve Öztürk,1984).



Şekil 2.1 Güneş Spektrumu (Kılıç ve Öztürk,1984)

Stefan Boltzman Kanuna göre, cismin yaydığı enerji o cismin mutlak sıcaklığının dördüncü kuvveti ile orantılıdır. (2.1) eşitliğinde E enerji miktarı (W / m^2), σ Stefan Boltzman Sabiti

($5,76 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$), T sıcak cismin sıcaklığı (K)'dır. Yüzey sıcaklığı 6000 °C olan güneşin, bu kanununa göre çok yüksek değerlerde radyasyon enerjisi yaydığı görülür.

$$\dot{E} = \sigma T^4 \quad (2.1)$$

Wien Kanununa göre de, (2.2) eşitliğinden görüleceği gibi, bir cismin sıcaklığı arttıkça yayılan maximum şiddetteki radyasyon dalga boyu azalır. Wien Kanununa göre güneş enerjisi taşıyan radyasyon dalgaları kısa dalga boyundadır. Güneş radyasyonunun % 99'unun dalga boyu 0,15-0,40 arasında değişir.

$$\lambda'_{\text{max}} = a / T \quad (2.2)$$

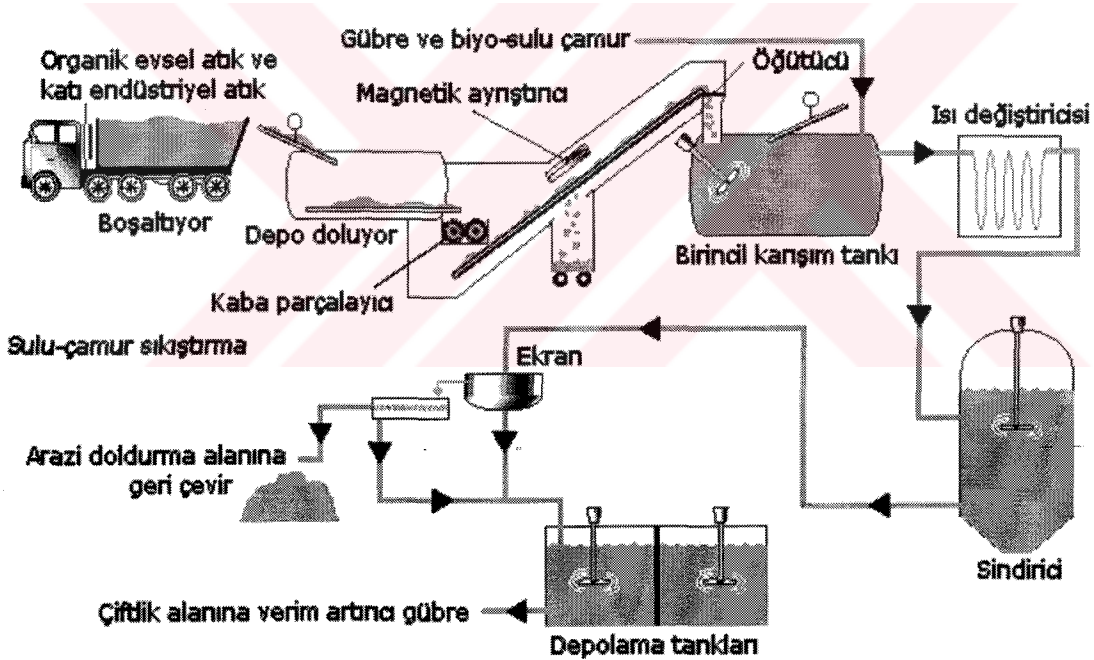
Güneş ışınlarının bir miktarı atmosferi ısıtmak için harcanır ve bir kısmı da bulutlardan yansiyarak tekrar uzaya döner. Güneş ışınları dünyamıza üç farklı şekilde ulaşır. Isıtma sistemleri için bu üç tip radyasyondan en önemlisi direkt radyasyondur. Güneş ışınlarının hiç bir yere çarpmadan dünyadaki bir noktaya gelmeleri direkt radyasyonu oluşturur. İkinci radyasyon şekli difüz radyasyondur. Güneş ışınları atmosferde bulunan su buharı ve partiküllere çarparak dağılmış olarak yeryüzüne ulaşır. Üçüncü tip radyasyon yansıtılmış radyasyondur ve dünyaya ulaşmış güneş ışınlarının parlak yüzeyler tarafından yansıtılması sonucu oluşur.

2.1.4 Biyogaz Enerjisi

Biomass (ya da biyokütle) enerji; yetiştiriciliğe dayalı olduğu için yenilenebilir, çevre dostu, yerli ve yerel bir kaynak olarak önem kazanmaktadır. Biomass enerji kullanımı klasik ve modern olmak üzere iki grupta ele alınır. Klasik biomass enerji konvansiyonel ormanlardan elde olunan yakacak odun, yine yakacak olarak kullanılan bitki ve hayvan artıklarından (özellikle tezekden) oluşmaktadır. Klasik biomass enerji kullanımının temel karakteri ilkelden gelişmişine dek çeşitli yakma araçları ile biomass materyalden enerjinin direkt yanma tekniği ile elde olunmasıdır. Sanayileşmemiş kırsal toplumlarda kullanımı yaygındır. Modern biomass kaynakları enerji ormancılığı ürünleri ile orman ve ağaç endüstrisi atıkları, enerji tarımı ürünleri, tarım kesiminin bitkisel artıkları ve hayvansal atıkları, kentsel atıklar, tarımsal endüstri atıkları biçiminde sıralanır. Söz konusu biomass materyaller alçak ve yüksek biomass yakıt teknikleri ile işlenerek katı, sıvı ve gaz yakıtlara çevrilir. Biomass yakıtlar odun biriketi ve alkolden sentetik ham petrole kadar uzanmaktadır. Biomass yakıt üretmek için piroliz, hidrogazifikasyon, hidrojenasyon, parçalayıcı distilasyon asit hidroliz tekniklerinden yararlanılmaktadır. Biomass yakıtlar ısı ve elektrik üretimi için kullanılabilir. Biomass

yakıtların fosil yakıtlarla karıştırılmış biçimde kullanılmaları da olanaklıdır. Modern biomas yakıtların birim maliyetlerinin ve/veya fiyatlarının fosil yakıt fiyatlarının altında olması gerekir.

Biomas atıklar bitkilerden sağlanırken, tarım kesiminde biomas atıklar daha çok hayvansal yetiştiricilikten elde olunmaktadır. Belediye çöpleri de biomas atıklar kapsamına girmektedir. Biomas atıkların değerlendirilmesi için biogaz tesisleri ile çöp termik santralleri gerekmektedir. Biogaz tesislerinin daha çok kırsal kesim için uygun olmasına karşın, çöp termik santralleri şebeke ile bağlantılı elektrik üretim üniteleridir. Bu arada Kuzey Avrupa ülkelerinde biomas materyalle ve bu arada biogazla çalışan otoproduktör kojenerasyon ünitelerinin kurulduğu görülmektedir. Biogaz Danimarka'da kent ısıtılmasında bile kullanılmaktadır (www.tusiad.org).



Şekil 2.2 Biyogaz üretim tesisi (www.biogas.org.uk)

Biomas materyalin yakma dışında en basit değerlendirmesi anaerobik fermentasyonla biogaz üretimidir. Biogaz, insan faaliyetleri sonucu üretilen organik içerikli çöpler, tarım faaliyetleri sonucu açığa çıkan hayvan dışkıları, pamuk, mısır, buğday gibi bitkilerin sap ve saman artıkları, şeker ve gıda faaliyetleri sonucu üretilen melas, meyve posaları gibi biomas materyalin anaerobik koşullarda, optimal olarak 35 °C mezofilik ve 60 °C termofilik

sıcaklıkta, 6.7-7.6 pH ortamında enzimatik hidroliz, bakterilerle organik aside dönüşme ve metan jenerasyonu işlevlerinden oluşan fermentasyon sonucunda elde olunmaktadır. Biyogaz, organik maddelerin oksijensiz şartlarda biyolojik parçalanması sonucu oluşan metan ve CO₂ gazıdır. Bileşiminde kabaca % 55-70 CH₄ ve % 35-45 CO₂, az miktarda hidrojen ve azot bulunur. Çeşitli organik maddelerin metan ve CO₂'e dönüşümü karışık mikrobiyolojik flora tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu oksijensiz bozunma sonucunda metan gazı dört aşamalı bir işlem sonucunda oluşur.

Hidroliz: Çözünemeyen kompleks organik moleküllerin çözünebilen organik moleküllere enzimler tarafından dönüşümü.

Asetogenesis: Çözünebilen organik moleküllerin asit üreten mikroorganizmalar tarafından alkol ve organik asitlere dönüşümü.

Fermentasyon: Organik asit ve alkollerin, asetik asit, CO₂, ve H₂ 'ye dönüşümleri.

Metanogenesis: Metan üreten bakterilerin H₂, CO₂ ve asetik asidi metana dönüştürmesi.

Farklı çeşitlerden mikroorganizmalar anaerobik koşullar altında organik substratların karbonlarını metabolize ederler. Bu işlem -sindirim veya anaerobik fermentasyon- bir besin zincirini takip eder. Mesela, eğer gübre bu şekilde işlemde geçirilirse, sindirilmiş gübre taze gübreye göre çok daha az kokuyla son ürün olarak elde edilir. Buna ek olarak, bu sindirilmiş gübre nötr pH-derecesine sahiptir ve bitkilere uygulandığındaki yakıcı etkisi ortadan kalkmıştır. Sindirimden sonra azot genellikle organik bağını yitirmiş olur ve amonyak (NH₄) formunda bulunur. Bundan dolayı, bitki tarafından direk olarak özümselebilir. Üretilen biyogazın miktarı başlangıçtaki organik maddenin sadece miktarına değil kalitesine göre de değişir.

Anaerobik sindirim selülozik ve diğer kimyasal olarak işlenmemiş organik artıklardaki mikrobiyal eylemin sonucu olarak hem yakıt (biyogaz), hem de organik gübre (sulu çamur) oluşturur. Bu substratlar çeşitlilik gösteren bakterileri içeren bir seri derecelendirilmiş adımlarla elde edilir. İlk adımda, karmaşık polimerik organik substratlar (proteinler, karbonhidratlar ve yağlar) metanojenik bakteriler tarafından bütirat, propiyonat, laktat ve alkol gibi aslında metanojenik olmayan substratlara çevrilirler. Aketojenik bakterileri içeren ikinci adım esnasında, kalan bileşim metanojenik substratlara çevrilir.

Yine, anaerobik sindirim işleminin her iki açıdan da (sıvılaştırma ve gazlaştırma)

dengelenmesi önemlidir. Eğer metan bakterileri yoksa, sindirim işlemi sadece malzemeyi sıvılaştırma işleminde başarıya ulaşabilir ve malzemeyi orijinal malzemedan daha çirkin hale getirebilir. Diğer taraftan, eğer sıvılaştırma gazlaştırmadan daha hızlı bir oranda gerçekleşirse, asitlerin bileşke birikimi metan bakterilerini ve de biyoçevrim işlemini engelleyebilir.

2.2 Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Türkiye komşularında olduğu gibi yeterli petrol ve doğal gaz rezervine sahip değildir. Türkiye’de kullanılan petrolün %85’i ithal edilmektedir. Türkiye’nin fosil yakıtlardan sahip olduğu en önemli enerji kaynağı düşük kaliteli kömürdür ve bu kömürün yakılmasıyla aşırı miktarda CO₂, SO₂, kül ve partikül emisyonları açığa çıkmaktadır. Bu şartlar altında Türkiye, önemli potansiyele sahip olan yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmelidir.

Alp tektonik kuşağı üzerinde bulunan Türkiye önemli bir jeotermal potansiyele sahiptir. Jeotermal enerjide potansiyel, sahanın ısı kapasitesi ve üretilebilecek akışkan miktarı parametrelerinin bir fonksiyonudur. Türkiye jeotermal potansiyeli bakımından zengin ülkeler arasında yer alıp Avrupa’da 1. ve dünyada 7. Sırada bulunmaktadır. Ülkemizde toplam 600’den fazla sıcak su kaynağı bulunan 170 adet jeotermal saha bulunmaktadır.

Türkiye jeotermal enerjiyle 1960’lı yıllarda U.N.D.P kanadıyla tanıştı. O yıllarda U.N.D.P ve MTA’nın ortak projesi olarak geliştirilen Kızıldere jeotermal sahasında bugün bir elektrik santrali bulunmaktadır. Yetmişli yıllarda MTA jeotermal kaynaklar konusundaki aramalarına yalnız devam ederek, en önemlisi Germencik olmak üzere birçok termal kaynağı ortaya çıkardı. MTA Genel Müdürlüğü’ nün 1962 yılından bugüne kadar açtığı 134500 m derinlikte 336 adet jeotermal amaçlı sondaj ile ülkemizin görünür termal kapasitesi 2917 MWt 'a ulaşmış durumdadır. Bu potansiyelin petrol eşdeğeri 1774700 TEP olup tamamının kullanılması durumunda önemli ölçüde yakıt tasarrufu sağlanacaktır. Kuyu açılmış sahalarda geliştirme çalışmalarının ve potansiyele sahip henüz kuyu açılmamış sahalarda sondaj çalışmalarının yapılması ile potansiyelin büyük ölçüde artacağı beklenmektedir.

Ülkemizdeki jeotermal kaynakların büyük bir çoğunluğu düşük entalpili olduğundan, doğrudan kullanıma daha uygundur. Ülkemizde bilinen elektrik enerjisi elde edilebilecek iki adet (Kızıldere, Germencik) saha bulunmaktadır. Bunlardan Kızıldere halen işletilmektedir, Germencik’te ise henüz bir santral bulunmamaktadır. Doğrudan kullanıma uygun sahalardan ise daha çok Ege Bölgesi ve İç Anadolu Bölgesinde yoğunlaşmış olup tüm ülke geneline yayılmış durumdadır.

Türkiye'nin rüzgar potansiyeli tam olarak belirlenememiş olmasına rağmen 1960 'dan beri bu konuyla ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Rüzgar enerjisinden yararlanmak amacıyla sürdürülen çalışmaların ilkinin potansiyel belirleme çalışmaları oluşturmaktadır. Türkiye'de genel amaçlı rüzgar ölçümleri, diğer meteorolojik ölçümlerle birlikte Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ) tarafından yapılmaktadır. Ülke genelinde rüzgar enerjisi kaynağına dayalı plan ve programların yapılabilmesi, bu kaynağın potansiyelinin belirlenmesi ile mümkündür. Bu amaçla, DMİ' ye ait istasyonların 1970-1980 yılları arasındaki kayıtları değerlendirilmiş ve ülke genelindeki doğal rüzgar enerjisi dağılımı genel olarak belirlenmiştir, ilk aşamada belirlenmiş olan ve rüzgar enerjisi yönünden umut verici yerlerde yapılan etütler ile rüzgardan enerji üretimine elverişli olabilecek bölgelerde "Rüzgar Enerjisi Gözlem İstasyonları" kurulup veri toplanmaya başlanmıştır. EİEİ'nin ölçüm istasyonlarından elde edilen ortalama hızlar, bu bölgelerin bir çoğunun rüzgar enerjisi uygulamaları için elverişli olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmaların ortak bulgularına göre Türkiye'de yerden 10 m yükseklikte yıllık ortalama rüzgar hızı 2,7 m/s, rüzgar gücü yoğunluğu da 24 W/m²'dir. Avrupa topluluğu için hazırlanmış rüzgar haritasından Ege Denizi' nin 10 m yükseklikteki rüzgar hızı 7-8 m/s arasında olduğu ve bunun Türkiye kıyılarına kadar geçerliliğini koruduğu görülmektedir. Ege ve Marmara kıyılarımız rüzgar enerjisince zengin olan yörelerimizdir. DMİ tarafından yapılmış uzun dönem ölçümler, coğrafi bölgelerimize göre 10m yükseklikteki rüzgar hızları ve güç yoğunlukları, EİEİ Genel Müdürlüğü tarafından 1984 yılında açıklanmıştır. Bölgelere göre ortalama rüzgar hızları ve ortalama rüzgar yoğunluğu Çizelge 2.1'de verilmiştir (www.eie.gov.tr).

Çizelge 2.1 Bölgelere göre ortalama rüzgar hızları ve yoğunluğu (EİEİ Genel Müdürlüğü)

Bölgeler	Rüzgar Hızı m/s	Rüzgar Yoğunluğu W/m ²
Akdeniz Bölgesi	2,45	21,36
Doğu Anadolu Bölgesi	2,12	13,19
Ege Bölgesi	2,65	23,47
Güney Doğu Anadolu Bölgesi	2,69	29,33
İç Anadolu Bölgesi	2,46	20,14
Karadeniz Bölgesi	2,38	21,31
Marmara Bölgesi	3,29	51,91

Tablodan da görüldüğü üzere Türkiye genelde rüzgar enerjisi bakımından zengin yöreleri olan bir ülkedir. Türkiye'nin rüzgar enerjisi brüt potansiyeli 400 TWh / yıl, teknik potansiyeli de 120 TWh / yıl olarak hesaplanmıştır.

Ülkemizin henüz bir rüzgar bir rüzgar atlası bulunmamaktadır. EİE, DMİ ve Avrupa Rüzgar Enerjisi Birliği Türkiye Şubesi işbirliği yaparak, rüzgar enerji kaynağının değerlendirilmesine temel oluşturmak, rüzgar enerjisi planlamalarına referans oluşturmak, rüzgar enerji dönüşüm sistemlerine uygun olan yerleri belirlemek amacıyla Türkiye'nin Rüzgar Atlasını hazırlamak amacıyla bir proje çalışmasının hazırlıklarına başlamıştır.

Ülkemiz güneş kuşağı adı verilen ve güneş enerjisince zengin bir bölgede yer almasına karşın güneş enerjisinden yeteri kadar faydalanılamamaktadır. Ülkemizde ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat, yıllık güneş enerjisi ışıyım şiddeti 1311 kWh/m² olarak belirlenmiştir.

Bölgelerimize göre güneş enerjisi potansiyelinin dağılımını incelersek yıllık ortalama güneş ışıyım şiddetinin Güney Doğu Anadolu Bölgesi'nde 1491.2 kWh/m², Akdeniz Bölgesi'nde 1452.7 kWh/m², İç Anadolu Bölgesi'nde 1432.6 kWh/m², Ege Bölgesi'nde 1406.6 kWh/m², Doğu Anadolu Bölgesi'nde 1398.4 kWh/m², Marmara Bölgesi'nde 1144.2 kWh/m² olduğu gözlenmektedir. Yıllık ortalama güneş ışıyım şiddetinin en düşük (1086.3 kWh/m²) olduğu bölgemiz ise Karadeniz Bölgesi'dir.

Güneşlenme süreleri dikkate alındığında Güney Anadolu Bölgesi'nin yılda 3015.8 saat ile en zengin bölgemiz olduğu görülmektedir. Akdeniz Bölgesi'nde 2923.2 saat, Ege Bölgesi'nde 2726.1 saat, İç Anadolu Bölgesi'nde 2711.5 saat güneşlenme süresi görülürken, Doğu Anadolu Bölgesi'nde 2692.5 saat , Marmara Bölgesi'nde 2525.7 saat, Karadeniz Bölgesi'nde ise 1965.9 saat olarak saptanmıştır.

Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından orta zenginlikte bir ülke olmakla birlikte diğer birçok ülkeye göre şanslı konumdadır. DMİ Genel Müdürlüğü tarafından yapılan çalışma sonuçlarına göre ülkemizin yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat ve ışıyım şiddeti 1311 kWh / m² 'dir. Bölgelere göre güneş enerjisi potansiyeli Çizelge 2.2'de görülmektedir (Eğrican, 1999).

Çizelge 2.2 Bölgelere göre güneş enerjisi potansiyeli (EİEİ Genel Müdürlüğü)

	Toplam Güneş Enerjisi KWh / m ² yıl	Yıllık Toplam Güneşlenme Süresi h / yıl
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	1460	2993
Akdeniz Bölgesi	1390	2956
Ege Bölgesi	1304	2738
İç Anadolu Bölgesi	1314	2628
Doğu Anadolu Bölgesi	1365	2664
Marmara Bölgesi	1168	2409
Karadeniz Bölgesi	1120	1971

Biyogaz kullanımı ile ilgili olarak, hayvansal atıklardan biyogaz eldesinde Avrupa'da kırsal kesime verilen önem doğrultusunda birçok küçük ölçekli biyogaz tesisleri kurulmuş olmasına karşın ülkemizde biyogaz konusundaki gelişim yönünde sağlıklı adımlar atılamamıştır. Evsel ve endüstriyel atıklarla ilgili olarak ise, büyük şehir belediyelerinin bütçeleri doğrultusunda uygulamaya çalıştıkları projelerden tam randıman alınamamıştır. Kaynağında ayırma gerçekleşmediğinden çöpler cam, plastik, kağıt gibi niteliklerine göre ayrı olarak depolanamamaktadır.

Daha çok kırsal kesimde kullanılması uygun olan, çok nüfuslu ve altyapısı yetersiz büyük şehirlerde hayata geçirilmesi zaman alacak bir sistemdir. Çıkarılacak yasalarla bu sistemi kırsal kesimde kuracak girişimciler desteklenip, çiftçi ve halk da bilinçlendirilerek kısa sürede ülkemizin en büyük sorunlarından biri olan enerji sıkıntısı ortadan kaldırılabilir. Uzun vadede ise büyük kentlerde uygulamaya sokulacak tesisler, sınırları netleştirilmiş, yaptırımı yüksek, kontrolü kolay olacak şekilde çıkarılacak yasalar ve bilinçlendirilmiş toplumla kendi kendine yetip çevreyi koruyan bir enerji kaynağına ulaşılabilir.

2.3 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanım Biçimleri

Her türlü enerjiyi kaynak olarak kullanabilen soğutma makinaları ısıtma ve soğutma yapmak için kullanılabilirler. Soğutma makinası ısıyı düşük sıcaklıktaki ortamdan alıp, daha yüksek sıcaklıktaki ortama atar. Bu işlemi yapabilmek için de termodinamiğin ikinci kanununa göre bir dış enerjiye ihtiyaç duyar. Soğutma makinaları bir ortamdan ısı çekmek için kullanılırsa soğutma makinası, ortama ısı vermek için kullanılırsa ısı pompası adını alır. Güneş enerjisi ile çalışan bir sistem hem ısıtma hem de soğutma için kullanılırsa ısıtmadakinden bir miktar daha büyük kollektör alanıyla daha ekonomik bir sistem oluşturulabilir. Güneş enerjisi ile ısıtma günümüzde herkes tarafından bilinmesine rağmen soğutma henüz çok yaygın bir kullanım alanı bulamamaktadır. Güneşin bedava olmasının yanı sıra sürekliliğinin olmaması ve enerjisinin düşük seviyede kalması gibi dezavantajları da vardır.

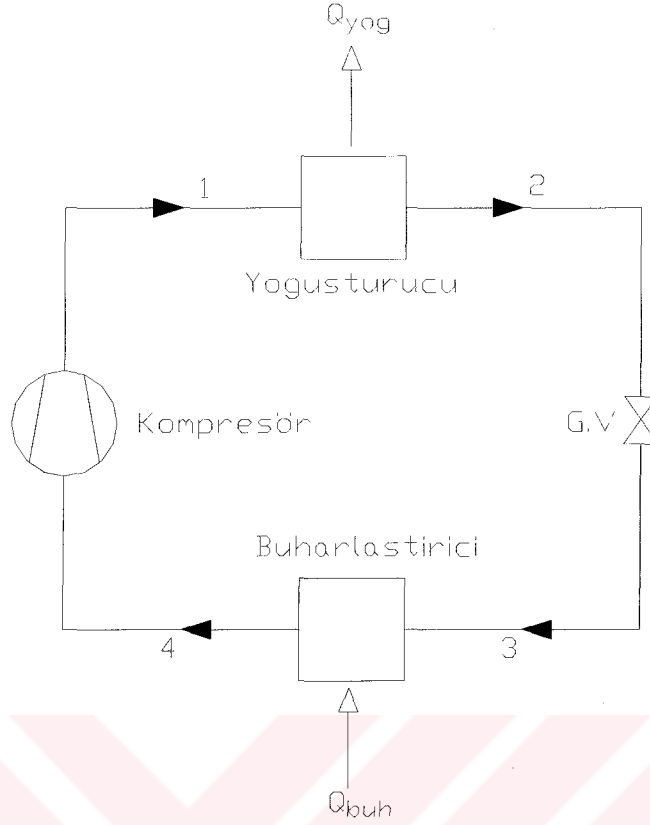
Soğutma makinalarının genel çalışma prensibi soğutma işini yapan akışkanın ısıyı soğutulacak ortamdan mümkün olduğunca düşük basınçlıyken alıp mümkün olan en yüksek basınçta dış ortama atmasıdır. Çalışma sıcaklıklarında kullanılan akışkanların faz değişimine uğraması akışkanın duyulur ve gizli ısılarından faydalanılmasını sağlayacağından daha etkili olur. Soğutma makinalarını günümüzdeki kullanım şekillerine göre üçe ayırabiliriz.

- Buhar Sıkıştırılmalı Soğutma Makinaları
- Ejektörlü Soğutma Makinaları
- Absorbsiyonlu Soğutma Makinaları

2.3.1 Buhar Sıkıştırılmalı Soğutma Makinaları

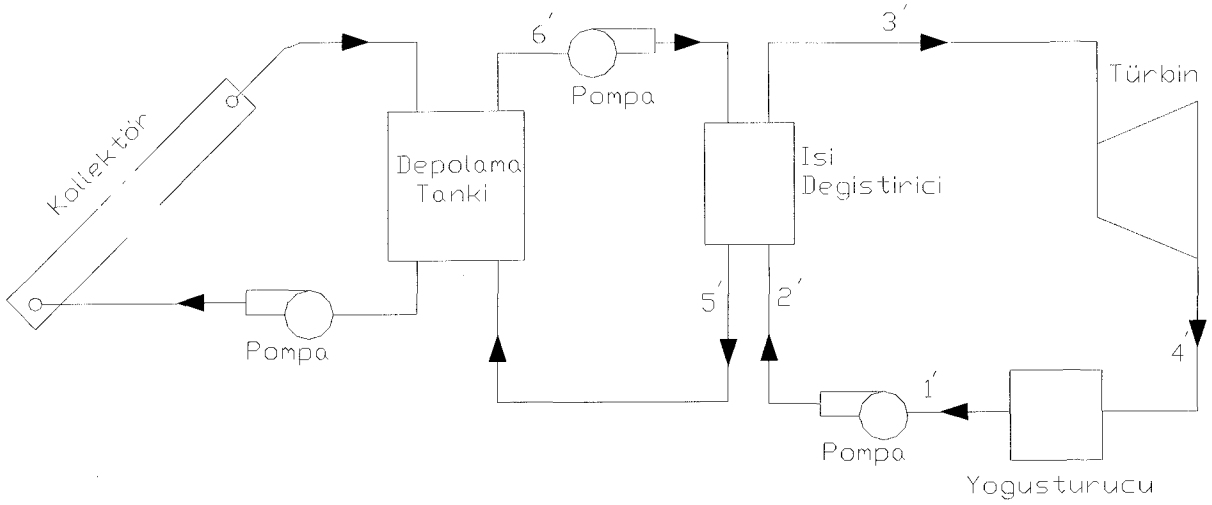
Buhar sıkıştırılmalı soğutma makinalarında kompresörden çıkan soğutucu akışkan buharı yoğuşturucuda yoğuşarak dışarı ısı atar. Yoğuşturucudan tamamen yoğuşmuş olarak ayrılan soğutucu akışkan daha düşük basınçta çalışan buharlaştırıcıya girmeden önce genişleme vanasından geçirilerek basıncı düşürülür. Basıncı düşürülen akışkan buharlaştırıcıya gelir ve burada gerekli soğutma yükünü ortamdan çekerek buharlaşır ve tekrar kompresöre dönerek Şekil 4.1' de görüleceği üzere çevrimi tamamlar.

Kompresör genellikle elektrikle enerjisiyle tahrik edilir. Kompresörün tahrik edilmesi için gerekli olan bu enerji güneş, jeotermal veya rüzgar enerjileri yoluyla elde edilebilir.



Şekil 2.3 Buhar sıkıştırırmalı soğutma makinası

Kollektörle ısıtılan akışkan bir ısı değiştiricisinde ısıtıcı akışkan görevini görüp diğer akışkanı (su, freon) buharlaştırır ve bu buhar bir türbine gönderilerek üretilen güçle soğutma sisteminin kompresörü tahrik edilir (Şekil 2.3). Tamamen mekanik olan güneş enerjisinden faydalanılan sistemlerde termik verim çok düşüktür. Termik verimi yükseltmek için çevrime yüksek sıcaklıkta ısı verilmelidir ancak düz güneş kollektörleriyle ulaşılabilecek sıcaklıklar sınırlıdır. Bu durumda, ya düz kollektörlerle birlikte yardımcı yakıt kullanımı yada odaklayıcı kollektör kullanımı yoluna gidilebilir. İlk yol çok daha ekonomik bir sistem oluşturmamızı sağlar. Yapılan araştırmalara göre türbine gönderilecek buharın yardımcı bir yakıt kullanılarak kızdırılması sistemin verimini iki katına kadar çıkarabilir.



Şekil 2.4 Güneş enerjili tahrikli buhar sıkıştırma soğutma makinası

Şekil 2.3 ve Şekil 2.4’de görülen her iki kapalı çevrimde de termodinamiğin 1.kanunundan (2.3) çevrim boyunca verilen ısı enerjileri toplamı kadar dışarı iş alınabilir. 1.kanunun kompresör için (2.3) ve türbin için (2.4) uygulanır. Türbinin kazandığı enerji (2.4) kompresör tarafından kullanılır. Bu denklemlerden faydalanarak soğutma tesir katsayısı (COP) bulunur (2.5).

$$\Sigma Q = \Sigma W \quad (2.1)$$

$$Q_{yog} - Q_{buh} = W_k \quad (2.2)$$

$$Q_{id} - Q_{yog} = W_t \quad (2.3)$$

$$W_t = - W_k \quad (2.4)$$

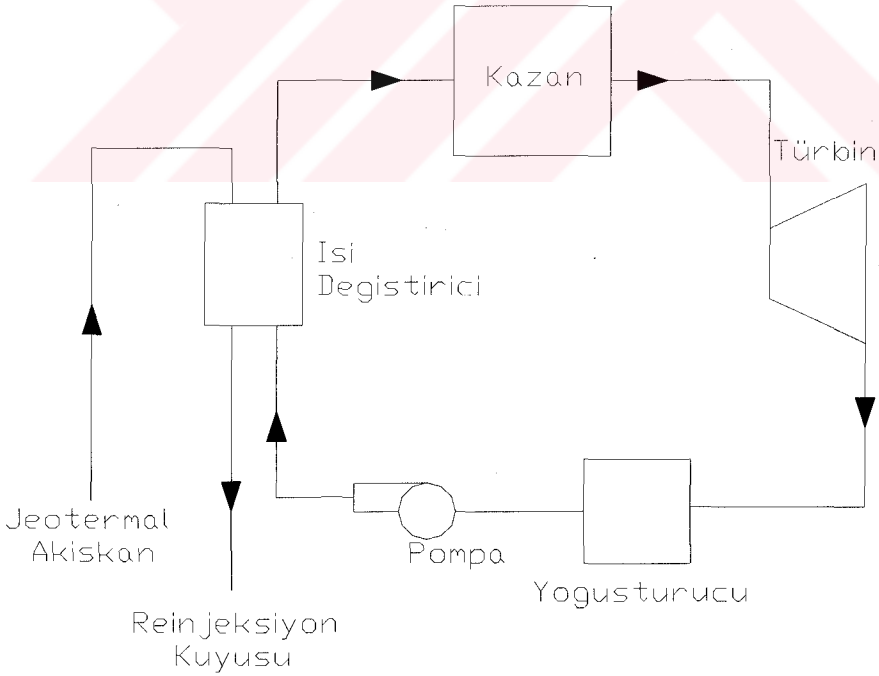
$$COP = Q_{buh} / W_k = h_4 - h_3 / h_3' - h_4' \quad (2.5)$$

Kompresörün tahrik edilmesi için jeotermal enerjiden yararlanılabilir. Fakat Jeotermal santral kurulmasından çok önce kaynağın aranması ve geliştirilmesi çalışmalarının yapılması gerekir. Kaynağın aranması ile işletmeye geçilmesi arasındaki minimum zaman 5-6 yıl kadardır. Bu çalışmalarda aşamalardan keşif ve ön fizibilite çalışması 1-2 yıl, fizibilite çalışması 2-3 yıl, geliştirme çalışması 2-3 yıl kadar bir süreç gerektirmektedir. Bu sebepten dolayı jeotermal enerjinin kullanılabilmesi için bazı koşulların oluşması gerekir. Eğer depolanmış ısı miktarı ve fiziksel büyüklüğü yeterliyse ve depolanma yeri yeryüzüne yakınsa, bir sistem kurulup sıcak su veya buhar üretilir. Jeotermal enerjinin kullanım şekli tamamen enerjinin

Hem fosil yakıt hem de jeotermal enerjinin birlikte kullanıldığı hibrit çevrim ile elektrik elde edilmesi (Şekil 2.6) sistemin verimini önemli ölçüde artırır. Bu sistemde jeotermal akışkan çalışma akışkanının ön ısıtılmasında kullanılır. Isıtılan çalışma akışkanına fosil yakıtla ısı verilerek elde edilen buhar türbinde genişleşerek elektrik enerjisi üretir.

Jeotermal enerjinin elektrik enerjisine dönüşümünde elde edilen verimlilik akışkan sıcaklığına bağlı olarak %5-15 aralığında değişir. Doğrudan kullanımda ise bu değer %40-60 aralığında değişir.

Kompresörü tahrik etmek için rüzgar enerjisinden de faydalanılabilir. Rüzgarın taşıdığı kinetik enerjiyi toplayıp diğer enerji türlerine çeviren makinalara rüzgar makinaları adı verilir. Tipik bir rüzgar makinası rotor (kanatlar, göbek), hız yükseltici, jeneratör, kontrol sistemi ve kule elemanlarından oluşur. Rüzgar makinası rüzgardan aldığı enerjiyle soğutma makinası kompresörünü tahrik edip buhar sıkıştırmalı mekanik çevrim gerçekleştirilebilir. Rüzgar makinaları çeşitli kriterlere göre sınıflandırılabilir. En anlamlı bulunan sınıflandırma rotor ekseninin yeryüzüne göre konumunu dikkate alan sınıflandırmadır. Buna göre rüzgar makinalarını yatay eksenli ve dikey eksenli olmak üzere ikiye ayırabiliriz.



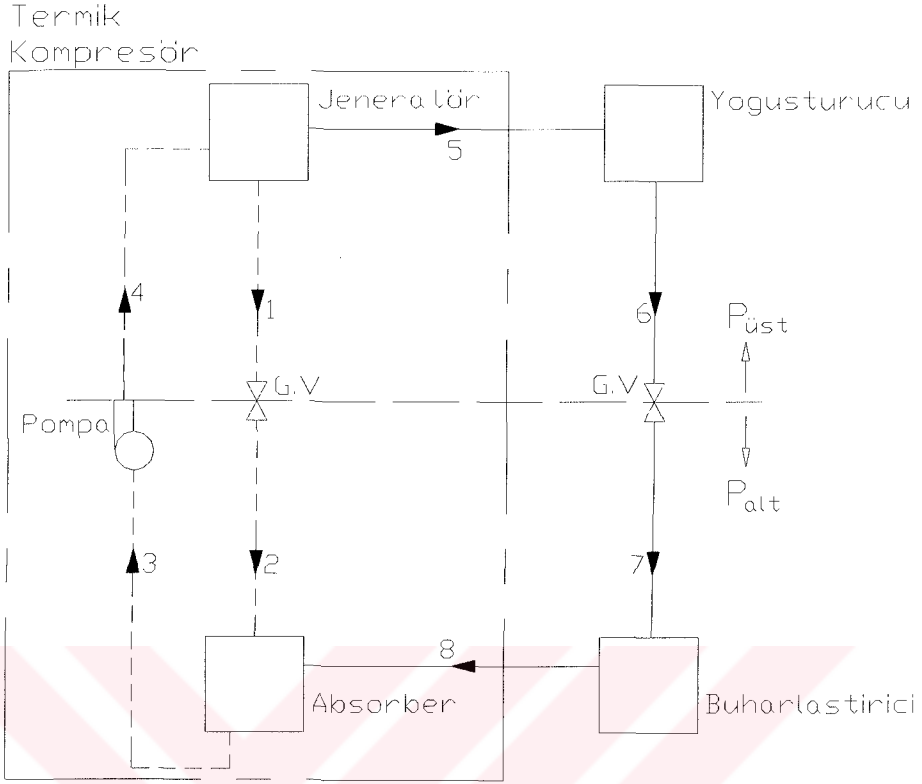
Şekil 2.6 Hem fosil yakıt hem de jeotermal enerjinin birlikte kullanıldığı hibrit çevrimle enerji elde edilmesi

Yatay eksenli rüzgar makinalarının rotorları, maksimum enerjiyi tutabilmek için rüzgar akışına dik olarak dururlar. Rüzgarı önden alan sistemlerde kılavuz kuyruk vasıtasıyla, rotor rüzgara karşı yönlendirilir. Kanatlardaki kaldırma kuvvetleri rotorun dönmesini sağlar. Dikey eksenli soğutma makinalarının rüzgarı her yönden kabul edebilme üstünlüklerine karşın ilk harekete geçişleri güvenilir değildir. Dikey eksenli rüzgar makinalarının bazılarının verimlerinin düşük olması ve bazılarının da ilk hareke geçişlerindeki güçlükler nedeniyle, yatay eksenli rüzgar makinaları ülkemiz rüzgar koşullarına daha uygundur.

2.3.2 Ejektörlü Soğutma Makinaları

Bu sistemler küçük soğutma yükleri için kullanılabilecek alternatif sistemlerdir. Bu sistemlerde soğutucu akışkan sıvı fazda yüksek basınçta jeneröre gelir ve burada ısı alarak buharlaşır. Jeneröre dışarıdan verilecek bu ısıyı güneş enerjisi veya jeotermal enerjiden sağlayabiliriz. Soğutma devresinden gelen soğutucu akışkan buharının vakum etkisiyle emilebilmesi için jeneratörden gelen buhar lülede genişletilir. Soğutma devresinden ve jeneratörden gelen buhar karışır. Bu karışım difüzörden geçirilip basıncı artırılarak yoğunlaştırucuya gönderilir. Burada yoğunlaşan karışımın bir kısmı genişleme valfinden geçirilerek buharlaştırıcıya diğer kısmı ise basıncı artırılıp jeneratöre gönderilir. Buharlaştırıcıya gelen akışkan ortamdan ısı alıp buharlaşır ve tekrar difüzöre gider (Şekil 2.7).

Bu sistemlerdeki basınçlar atmosfer basıncından düşük olduğundan sızıntılar medana gelir. Aynı zamanda yoğunlaştırucudan $Q_{buh} + Q_{jen}$ kadar ısı atılması gerektiğinden çok fazla soğutma suyuna ihtiyaç duyulur (Uyarel ve Öz, 1997).



Şekil 2.8 Absorbsiyonlu soğutma makinası

Absorbsiyon olayı soğutucu akışkan ile absorbent madde molekülleri arasındaki birleşme eğilimi nedeniyle olur. Absorberde belirli oran sınırları içerisinde karışmış olan soğutucu akışkan absorbent eriyiği, bir pompa vasıtasıyla basınçlandırılarak jeneratöre gönderilir. Jeneratörde absorbent eriyik ile soğutucu akışkan birbirinden ayrılır. Jeneratörden buharlaşarak yoğusturucuya giden soğutucu akışkan buharı burada yoğunlaşarak ısıyı dışarı atar. Yoğusturucudan tamamen yoğunlaşarak çıkan soğutucu akışkan bir genişleme vanasından geçerek buharlastırıcıya gider. Buharlastırıcıda ortamdan ısı çekilerek ortamı soğutup absorbere geri döner. Jeneratörden gelen eriyik buharlastırıcıdan gelen soğutucu akışkanı yutar ve bu işlem esnasında da ısı açığa çıkar.

Absorbsiyon olayının iyi bir şekilde gerçekleşmesi için açığa çıkan ısıнын absorberden dışarı atılması gerekir. Açığa çıkan ısıнын absorberden çekilmesi için soğutma suyu kullanılabilir. Soğutma kulesi vasıtasıyla elde edilen soğutma suyu önce absorberden daha sonrada yoğusturucudan geçip tekrar soğutma kulesine döner (Uyarel ve Öz, 1997).

3. BİYOGAZ

Biyogaz; organik bazlı atık ve artıkların oksijensiz ortamda (anaeorobik) fermentasyonu sonucu ortaya çıkan renksiz, kokusuz, havadan hafif, parlak mavi bir alevle yanan ve bileşimininde organik maddelerin bileşimine bağlı olarak yaklaşık; % 40-70 metan, % 30-60 karbondioksit, % 0-3 hidrojen sülfür ile çok az miktarda azot ve hidrojen bulunan bir gaz karışımıdır.

3.1 Biyogaz Üretiminin Yararları

Hayvansal ve bitkisel organik atık/artık maddeler, çoğunlukla ya doğrudan doğruya yakılmakta veya tarım topraklarına gübre olarak verilmektedir. Bu tür atıkların özellikle yakılarak ısı üretiminde kullanılması daha yaygın olarak görülmektedir. Bu şekilde istenilen özellikte ısı üretilmediği gibi, ısı üretiminden sonra atıkların gübre olarak kullanılması da mümkün olmamaktadır. Biyogaz teknolojisi ise organik kökenli atık/artık maddelerden hem enerji eldesine hem de atıkların toprağa kazandırılmasına imkan vermektedir.

Genel olarak biyogaz; ucuz, çevre dostu bir enerji ve gübre kaynağıdır. Atık geri kazanımı sağlar. Biyogaz üretimi sonucu hayvan gübresinde bulunabilecek yabancı ot tohumları çimlenme özelliğini kaybeder. Biyogaz üretimi sonucunda hayvan gübresinin kokusu hissedilmeyecek ölçüde yok olmaktadır. Hayvan gübrelerinden kaynaklanan insan sağlığını ve yeraltı sularını tehdit eden hastalık etmenlerinin büyük oranda etkinliğinin kaybolmasını sağlamaktadır. Biyogaz üretiminden sonra atıklar yok olmamakta üstelik çok daha değerli bir organik gübre haline dönüşmektedir.

3.2 Biyogaz Tesislerinin Tasarımı Ve Tasarımda Dikkate Alınması Gereken Parametreler

Biyogaz tesisleri planlanan amaca göre farklı teknolojiler kullanılarak inşaa edilmektedirler. Biyogaz tesisleri kapasite olarak;

- Aile tipi (6 -12 m³ kapasiteli)
- Çiftlik tipi (50 -100 -150- m³ kapasiteli)
- Köy tipi (100-200 m³ kapasiteli)
- Sanayi ölçekli tes. (1000 - 10 000 m³ kapasiteli)

şeklinde sınıflandırılmaktadır.

Aile tipi biyogaz tesisleri özellikle Çin'de çok yaygın bir şekilde kullanım yerlerine yakın

yerlerde kullanılmaktadır. Aile tipi biyogaz tesisleri dışındaki diğer tesislerin çoğunda biyogazın oluştuğu ortamın (fermantör) ısıtılması optimum biyogaz üretimi için gerekli olmaktadır. Biyogaz üretiminde ortam sıcaklığının 35 °C civarında olması istenir. Biyogaz tesislerinde ısı kontrolünün sağlanması amacıyla güneş enerjisinden yararlanılabileceği gibi en pratik ve yaygın kullanılan sistem, tesisin içine yerleştirilen sıcak sulu serpantinlerden yararlanmaktadır.



Şekil 3.1 Mutfak atıkları için yapılmış bir biyogaz tesisi (www.dae.gov.in)

3.2.1 Biyogaz Üretiminde Kullanılan Sistemler

Biyogaz üretiminde kullanılan sistemler genel olarak üç ayrı grupta toplanmaktadır.

3.2.1.1 Kesikli (Batch) Fermantasyon

Tesisin fermentörü (üretim tankı) hayvansal ve/veya bitkisel atıklar ile doldurulmakta ve alıkoyma - bekletme süresi kadar bekletilerek biyogazın oluşumu tamamlanmaktadır. Kullanılan organik maddeye ve sistem sıcaklığına bağlı olarak bekleme süresi değişmektedir. Bu süre sonunda tesisin fermentörü (reaktörü) tamamen boşaltılmakta ve yeniden doldurulmaktadır.

3.2.1.2 Beslemeli - Kesikli Fermantasyon

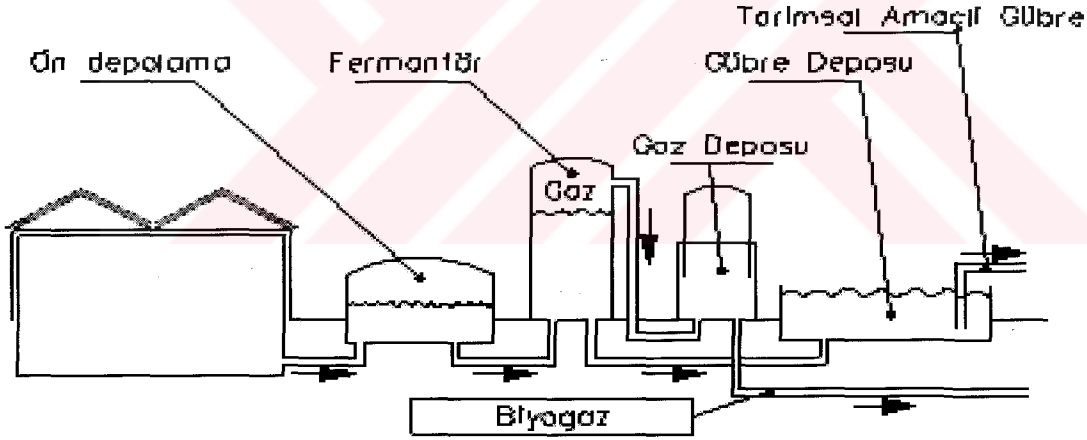
Burada fermentör başlangıçta belirli oranda organik madde ile doldurulmakta ve geri kalan hacim fermentasyon süresine bölünerek günlük miktarlarla tamamlanmaktadır. Belirli fermentasyon süresi sonunda fermentör tamamen boşaltılarak yeniden doldurulmaktadır.

3.2.1.3 Sürekli Fermantasyon

Bu fermentasyon biçiminde fermentörden gaz çıkışı başladığında günlük olarak besleme yapılır. Sisteme aktarılan karışım kadar gazı alınmış çökelti sistemden dışarıya alınır. Organik madde fermentöre her gün belirli miktarlarda verilmekte, alıkoyma süresi kadar bekletilmekte ve aynı oranlarda fermente olmuş materyal günlük olarak fermentörden alınmaktadır. Böylece günlük beslemelerle sürekli biyogaz üretimi sağlanmaktadır.

3.2.2 Biyogaz Tesisinin Bölümleri

Modern bir biyogaz tesisinde üç ana bölüm yer almaktadır. Bunlar fermentör, gaz deposu ve organik madde deposudur.



Şekil 3.2 Biyogaz üretim şeması (www.eie.gov.tr)

3.2.2.1 Fermantör - Sindireç (Organik maddenin doldurulduğu tank depo)

Bu kısım hava almayacak şekilde tasarlanan ve içerisinde bir karıştırıcı olan tanktır. Ayrıca tankın içerisine bir ısıtıcı yerleştirilmelidir. Biyogazın üretilmesi için fermentör içerisindeki organik madde bulamacının sıcaklığı 35°C'den az olmamalıdır. Fermantör sıcaklığı düşüktüğü gaz üretimi de düşmektedir. Ayrıca yine içeriye hava almayacak şekilde fermentörün bir organik madde giriş ağız birde çıkış ağız yerleştirilmelidir.

3.2.2.2 Gaz Deposu

Büyük kapasiteli tesislerde oluşan biyogazı, bir yerde toplamak ve gaz basıncının sabit kalmasını sağlamak için kullanılan depodur. Fermantör üzerinden alınan gaz bir boru ile bu depoya taşınır. Buradan da kullanıma gönderilir. Kullanım fazlası depoda kalır.

3.2.2.3 Organik Madde Deposu

Biyogazın üretilmesi için fermantöre alınacak organik maddenin kuru maddesinin %8'i geçmemesi gerekir. Bunun anlamı, sıgır gübresi kullanılacaksa gübrenin bire bir oranında su ile karıştırılması demektir. Bu madde fermantasyon süresi sonunda fermantörden aynı şekilde çıkacaktır. Akışkan durumuna gelmiş olan bu bulamaç halindeki gübrenin depolanması için betondan yapılmış havuz şeklinde bir gübre deposuna ihtiyaç vardır.

Bu anlatılan 3 ana organın yanısıra biyogaz üretim sisteminde; hammadde depolama tankı, gaz boruları-valfleri ve bağlantı ekipmanları, ısıtma sistemleri, pompalar, karıştırıcılar, ısı transfer elemanları, ayırma ve filtrasyon elemanları da kullanılmaktadır.

Karıştırıcılar biyogaz üretiminde çok önemli bir rolü üstlenirler. Kısaca; metanojenlerin ürettiği metabolitlerin dağıtılması, taze hammaddenin bakteri popülasyonuna homojen olarak karışması, çökelmelere ve heterojeniteye engel olunması, homojen sıcaklık dağılımının sağlanması, bir bakteri popülasyonunun fermantör içinde iyice dağılması, fermantör içinde heterojen ölü bölgelerin oluşmaması için karıştırıcılar kullanılır. Bu doğrultuda uygun bir karıştırma elemanının seçimi önem kazanmaktadır. Modern biyogaz tesislerinde, daldırılmalı motorlara bağlı mekanik marine tip karıştırıcılar, hidrolik karıştırma sağlayan pompalama sistemleri veya gaz enjeksiyonuyla oluşan pnömatik karıştırma sistemleri kullanılır.

Mezofolik ve termofilik sıcaklıkların çevresel olarak sağlanamadığı, özellikle sıcaklığın korunması gereken biyogaz tesislerinde ısı transfer elemanları büyük önem taşırlar. Plakalı ısı değiştiriciler, shell-tube ısı değiştiriciler yanında kapalı devre ısı pompaları, güneş enerjili ısıtıcılar kullanılmaktadır.

Elde edilen biyogazın kalorifik değerinin artırılması ve korozif özelliğinin giderilmesinde, çevre-insan sağlığı üzerindeki potansiyel zararlarının azaltılması oldukça önemlidir. Ayrıca biyogaz bileşimindeki sülfür oranının %0,05 den daha aşağılara çekilmesi istenir. Bu amaçla fiziksel absorpsyonu sağlayacak katı ve sıvılar, membran ayırıcıları ve farklı kimyasallar kullanılır. Biyogaz içindeki olası su moleküllerinin tutulmasında ise silika jel, alümina veya moleküler elekler kullanılır. Korozif sülfür ve karbondioksit tutulması için demiroksit

kullanımı yaygındır.

Bu modern ileri teknoloji uygulamaların dışında uzun yıllardır kullanılan sistemler de mevcuttur. Kırsal kesimler için önerilen ve kısıtlı yerel imkanlarla yapılıp kullanılmakta olan bu tür sistemler çok değişik tipte olup genel olarak üç kısımda tanımlanmaktadır;

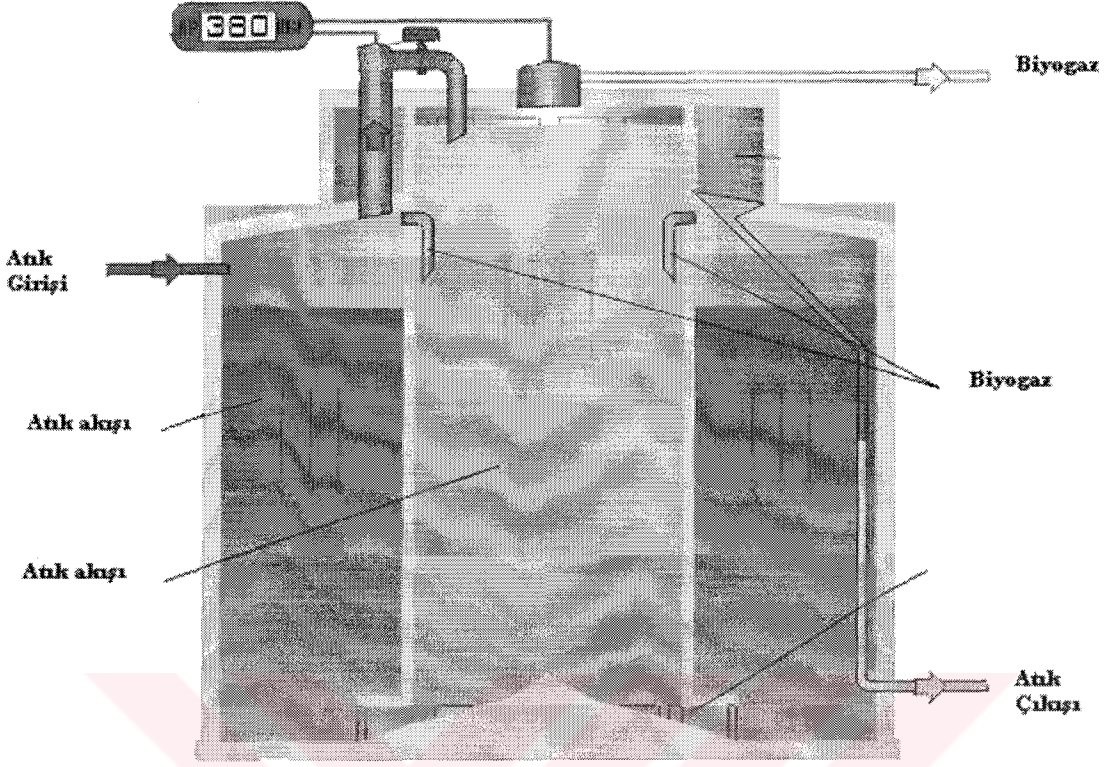
- Hareketli kubbeli biyogaz tesisleri
- Sabit kubbeli biyogaz tesisleri
- Balonlu biyogaz tesisleri



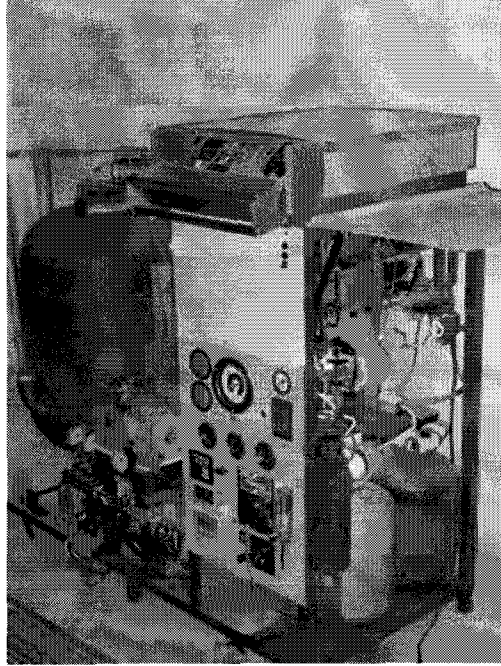
Şekil 3.3 Biyogaz tesisi örnekleri (www.eie.gov.tr)

Toprak altına gömülen ve tuğla-beton bir yapıdan oluşan bu tip biyogaz tesisleri fermantörün iyi izolasyonunun sağlanması durumunda kırsal kesimler için ideal bir biyogaz tesisidir. Tesis tasarımında aşağıdaki parametreler dikkate alınmalıdır;

- Uygun hammadde miktarı
- Hammaddenin cinsi ve özellikleri
- Isıtma ihtiyaçları
- Karıştırma ihtiyaçları
- Kullanılacak malzeme ve ekipmanların cinsi
- Tesisin kurulacağı yerin seçimi
- Tesis inşaatı ve tesisin yalıtımı
- Tesisin ısıtılması ve işletme koşulları
- Biyogazın depolanması ve dağıtımı
- Biyogazın taşınması, tesisten çıkan biyogübrenin depolanması, tarlaya taşınması ve dağıtımı
- Biyogaz kullanım araçlarının belirlenmesi



Şekil 3.4 Küçük bir biyogaz üretici akış şeması (www.gantep.edu.tr)



Şekil 3.5 Küçük bir biyogaz üretici

3.3 Biyogaz Üretiminde Kullanılan Hammaddeler, Biyogaz Verimleri ve Biyogazdaki Metan Gazı Oranları

Biyogaz üretimi için organik içerikli maddeler kullanılmaktadır. Bunlar; hayvansal atıklar, bitkisel atıklar ,organik içerikli konut ve endüstriyel atıklardır.

3.3.1 Hayvansal Atıklar

Sığır, at, koyun, tavuk gibi hayvanların dışkıları, mezbahane atıkları ve hayvansal ürünlerin işlenmesi sırasında ortaya çıkan Atıklar özellikle kırsal kesimler için önerilen biyogaz tesislerinde kullanılmaktadır.

Çizelge 3.1 Bazı maddeler için biyogaz verimleri ve biyogazdaki metan miktarları

KAYNAK	BİYOGAZ VERİMİ (Litre/kg)	METAN ORANI
Sığır Gübresi	90-310	65
Kanatlı Gübresi	310-620	60
Domuz Gübresi	340-550	65-70
Buğday samanı	200-300	50-60
Çavdar samanı	200-300	59
Arpa samanı	290-310	59
Mısır sapları ve artıkları	380-460	59
Keten & Kenevir	360	59
Çimen	280-550	70
Sebze Artıkları	330-360	Değişken
Ziraat atıkları	310-430	60-70
Yerfıstığı kabuğu	365	-
Dökülmüş ağaç yaprakları	210-290	58
Algler	420-500	63
Atık su çamuru	310-800	65-80

3.3.2 Bitkisel Artıklar

İnce kıyılmış sap, saman, anız ve mısır artıkları, şeker pancarı yaprakları ve çimen artıkları gibi bitkilerin işlenmeyen kısımları ile bitkisel ürünlerin işlenmesi sırasında ortaya çıkan atıklardır.Bitkisel artıkların kullanıldığı biyogaz tesislerinin işletilmesi sırasında proses kontrolü büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle kırsal kesimlerde bitkisel artıklardan biyogaz eldesi önerilmemektedir.

3.3.3 Organik İçerikli Şehir ve Endüstriyel Atıklar

Kanalizasyon ve dip çamurları, kağıt sanayi ve gıda sanayi atıkları, çözünmüş organik madde derişimi yüksek endüstriyel ve evsel atık sular biyogaz üretiminde kullanılmaktadır. Bu atıklar özellikle belediyeler ve büyük sanayi tesisleri tarafından yüksek teknoloji kullanılarak tesis edilen biyogaz üretim merkezlerinde kullanılan atıklardır.

3.3.4 Biyogaz Üretiminde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Biyogaz üretiminde temel olarak aşağıda sıralanan hususlara dikkat etmek gerekmektedir.

Bunlar;

Fermantörde (üretim tankı-sindireç) kesinlikle oksijen bulunmamalıdır.

Antibiyotik almış hayvansal atıklar üretim tankına alınmamalıdır.

Deterjanlı organik atıklar üretim tankına alınmamalıdır.

Ortamda yeni bakteri oluşturulması ve büyümesi için yeterli miktarda azot bulunmalıdır.

Üretim tankında asitlik 7,0 - 7,6 arasında olmalıdır.

Metan bakterileri için substratta (S) sirke asidi cinsinden organik asit konsantrasyonu 500 - 1500 mg/litre civarında olmalıdır.

Fermantör sıcaklığı 35 °C veya 56 °C de sabit tutulmalıdır.

Üretim tankına ışık girmemeli ve ortam karanlık olmalıdır.

Üretim tankında minimum %50, optimum %90 oranında su olmalıdır.

Ortamda kükürt miktarı 200 mg/Litre den fazla olmamalıdır.

Ortamda metan bakterilerinin beslenmesine yetecek kadar organik madde parçalanmış-öğütülmüş olarak bulunmalıdır.

3.4 Biyogaz Ve Biyogaz Üretimi Yan Ürünlerinin Kullanım Alanları

Biyogaz, çok yönlü bir enerji kaynağı olarak doğrudan ısıtma ve aydınlatma amacıyla kullanıldığı gibi, elektrik enerjisine ve mekanik enerjiye çevrilerek kullanımı da mümkün olmaktadır. Ayrıca biyogaz üretimi sonucu ortaya çıkan yan ürünler de çeşitli amaçlarla kullanılabilir.

3.4.1 Biyogazın Isıtmada Kullanılması

Biyogazın yanma özelliği bileşiminde bulunan metan gazından ileri gelmektedir. Biyogaz hava ile 1/7 oranında karıştığı zaman tam yanma gerçekleşir. Isıtma amacıyla gaz yakıtlarla çalışan fırın ve ocaklardan yararlanılabileceği gibi termosifon ve şofbenlerde biyogazla çalıştırılarak kullanılabilir. Biyogaz, sıvılaştırılmış petrol gazı ile çalışan sobaların meme çaplarında basınç ayarlaması yapılarak kolaylıkla kullanılabilir. Biyogaz sobalarda kullanıldığında bünyesinde bulunan hidrojen sülfür gazının yanmadan ortama yayılmasını önlemek üzere bir baca sistemi gerekli olmaktadır. Bu nedenle, daha sağlıklı bir ısınma için kalorifer sistemleri tercih edilmektedir.

3.4.2 Biyogazın Enerji Amaçlı Kullanılması

Biyogaz hem doğrudan yanma hem de elektrik enerjisine çevrilerek aydınlatmada kullanılabilir. Biyogazın doğrudan aydınlatmada kullanımında sıvılaştırılmış petrol gazları ile çalışan lambalardan yararlanılmaktadır. Bu sistemde aydınlatma alevini arttırmak üzere amiyant gömlek ve cam fanus kullanılmaktadır. Cam fanus ışığı sabitleştirdiği gibi çıkan ısıyı geri vererek alevin daha fazla olmasını sağlamaktadır.

3.4.3 Biyogazın Motorlarda Kullanımı

Biyogaz, benzinle çalışan motorlarda hiçbir katkı maddesine gerek kalmadan doğrudan kullanılabilir. Biyogazın içeriğindeki metan gazı saflaştırılarak da kullanılabilir. Dizel motorlarda kullanılması durumunda belirli oranlarda (% 18-20) motorin ile karıştırılması gerekmektedir.

3.4.4 Yan Ürün Değerlendirme İmkanları

Biyogaz üretimi sonucu sıvı formda fermente organik gübre elde edilmektedir. Elde edilen gübre tarlaya sıvı olarak uygulanabilir, granül haline getirilebilir ve/veya beton-toprak havuzlarda doğal kurumaya bırakılabilir. Fermantasyon sonucu elde edilen organik gübrenin temel avantajı anaerobik fermantasyon sonucunda patojen mikroorganizmaların büyük bir bölümünün yok olmasıdır. Bu özellik kullanılacak olan organik gübrenin yaklaşık %10 daha verimli olmasını sağlar.

3.5 Biyogaz Üretiminin Mikrobiyolojisi

Biyogaz organik maddelerin oksijensiz şartlarda biyolojik parçalanması (anaerobik fermantasyon) sonucu oluşan ağırlıklı olarak metan ve karbondioksit gazıdır. Çeşitli organik

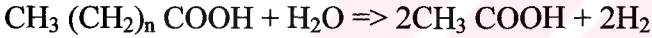
maddelerin metan ve karbondioksit dönüşümü karışık mikrobiyolojik flora tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu oksijensiz bozunma sonucunda metan gazı üç aşamalı bir işlem sonucunda oluşur. Oksijensiz bozunmanın (anaerobik fermentasyon) bu üç aşaması aşağıdaki gibi sıralanır.

3.5.1 Fermentasyon ve Hidroliz

Bu aşamada fermentative ve hydrolytic bakteriler olarak isimlendirilen bakteriler organik maddenin üç temel ögesi olan karbonhidratları ($C_6H_{10}O_5$)_n, proteinleri ($6C\ 2NH_3\ 3H_2O$) ve yağları ($C_{50}H_{90}O_6$) parçalayarak CO_2 , asetik asit ve büyük bir kısmını da çözülebilir uçucu organik maddelere dönüştürürler. Bu son gruptaki uçucu organik maddelerin büyük bir bölümünün uçucu yağ asitleri olması nedeniyle, bu aşamaya uçucu yağ asitlerinin [$CH_3(CH_2)_nCOOH$] oluşum aşaması adı da verilir.

3.5.2 Asetik Asidin Oluşumu

Bu aşamada, birinci aşama sonucunda açığa çıkan ve uçucu yağ asitlerini asetik aside dönüştüren asetogenik (asit oluşturan) bakteri grupları devreye girmekte ve bir kısım asetogenik bakteriler uçucu yağ asitlerini asetik asit ve hidrojene dönüştürmektedir.

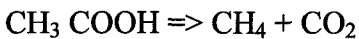
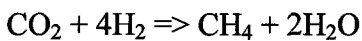


Diğer bir kısım asetogenik bakteri grubu ise açığa çıkan karbondioksit ve hidrojeni kullanarak asetik asit oluşturmaktadır. Ancak bu ikinci yolla oluşan asetik asit miktarı, birinciye oranla daha azdır.



3.5.3 Metan Gazının Oluşumu

Anaerobik fermentasyonun bu son aşamasında metan oluşturan bakteri grupları devreye girmekte, ve bir kısım metan oluşturan bakteriler CO_2 ve H_2 'yi kullanarak metan (CH_4) ve suyu (H_2O) açığa çıkarırlarken, öteki bir grup metan oluşturan bakteriler ise ikinci aşama sonucunda açığa çıkan asetik asidi kullanarak CH_4 ve CO_2 oluşturmaktadırlar.



Ancak bu aşamada birinci yolla oluşan metan miktarı, ikinci yolla elde edilen metan miktarından daha azdır. Üretilen tüm metanın %30'u birinci yolla %70'i ikinci yolla

yapılmaktadır.

Bu üç aşamada üç değişik bakteri grubu etkinlik göstermektedir. Anaerobik fermantasyonda bekletme süresine, atık su ve atık organik maddelerin türüne, ortamın PH ile içerdikleri iyonlara ve bunlara bağımlı olarak oluşan mikroorganizmalar topluluğunun yapısına göre üç değişik sıcaklık bölgesi mevcuttur. Anaerobik fermantasyonun üçüncü aşamasında devreye giren ve metan oluşumunu sağlayan metan bakterileri, fermantasyon ortamının sıcaklığına göre üç gruba ayrılır. Bunlar;

- Psychrophilic (Sakrofilik) Bakteriler Optimum faaliyet sıcaklığı: 5-25 °C
- Mezophilic (Mezofilik) Bakteriler Optimum faaliyet sıcaklığı: 25-38 °C
- Thermophilic (Termofilik) Bakteriler Optimum faaliyet sıcaklığı: 50-60 °C

Sakrofilik bakteriler deniz ve göl diplerindeki tortullar ile bataklıklar, termofilik bakteriler ise yüksek sıcaklıklardaki volkanik ve jeotermal bataklıklar içerisinde yaşamaktadırlar. Bu üç bakteri grubu ile yapılan fermantasyonda, sakrofilik, mezofilik ve termofilik fermantasyon ile aynı adı almaktadır. Bu bakteri gruplarından 1. ve 3. grupta yer alan sakrofilik ve termofilik bakteriler sığır gübresi içerisinde yaşamamaktadır. Sığır gübresinde mezofilik bakteriler bulunmaktadır. Biyogaz tesisinde sığır gübresi kullanılması durumunda mezofilik fermantasyon uygulanır.

Biyogaz üretimi oldukça önemli bir biyolojik süreçtir. Bu nedenle tüm şartların eksiksiz sağlanmasının gerekliliği aksi durumda verimli gaz üretiminin olmayacağı açıktır.

Bugün, kurulan bir çok biyogaz tesisinin kullanım dışı kaldığı bilinmektedir. Tüm şartların uygun olduğu durumlar içerisinde kurulması gereken bölgeler için en uygun biyogaz tesis tipi seçilmelidir. Üretilen biyogazın kontentindeki metan gazı üretiminin başarısı bir faktörün etkisi altındadır. Bunlar;

- Ortam sıcaklığı
- Hammaddenin cinsi ve miktarı
- Ortam asitliği (PH)
- Partikül büyüklüğü
- Fermantasyon süresi
- Karbon azot oranı (C/N)
- Tesis tipi
- Kuru madde miktarı

Ortam sıcaklığı, metan gazı oluşumunda en önemli etmendir. Bu nedenle sıcak bölgelerde

tesisin başarısı daha yüksek olmaktadır. Metan oluşturan bakteriler ani sıcaklık değişimlerinden, gündüz-gece sıcaklık farklılıklarından çok çabuk etkilenmektedir. Anaerobik bakterilerin en önemli besin maddeleri karbon ve azottur. Mikroorganizma karbonu enerji kaynağı olarak kullanırken azotu yeni hücrelerin oluşturulmasında yapı malzemesi olarak değerlendirir. Karbon azota nazaran 25-30 kat daha fazla kullanılır. İdeal karbon/azot oranı 30/1 dir.

3.6 Biyogazın Isıl Kapasitesi

1 m³ biyogazın sağladığı ısı miktarı 4700-5700 kcal/m³'dür. 1 m³ biyogazın ısı enerjisi aşağıdaki yakıtların enerjisine eşdeğerdir (www.eie.gov.tr).

- 0,62 litre gazyağı
- 1,46 kg odun kömürü
- 3,47 kg odun
- 0,43 kg bütan gazı
- 12,3 kg tezek
- 4,70 kWh elektrik enerjisi
- 0,66 litre motorin
- 0,75 litre benzin
- 0,25 m³ propan

4. GÜNEŞ ENERJİSİ

Güneş ısıma enerjisi dünyanın ekolojik dengesinin sürekliliğini sağlayan güneşsel ısı, fotosentez, hidrolik, rüzgar, dalga, biyokütle vb. yenilenebilen tüm temiz enerji türlerini oluşturur. Güneş ısıma enerjisi gece gündüz nedeniyle kesikli, ışın açısal ve atmosferik koşullar nedeniyle de çok düşük ekserjilidir. Bu nedenle güneş enerjisi doğal biçimiyle, sınırlı düz kollektör uygulamaları dışında yaygın olarak kullanılamamaktadır. Güneş ısıma enerjisinin yaygın biçimde kullanılabilir hale getirilebilmesi için, yüksek sıcaklıklarda iş akışkanı üretebilen yoğunlaştırıcı tür güneş kollektörlerine gereksinim vardır. Orta ve yüksek sıcaklık uygulamalarında (100-300 °C) çizgisel odaklamalı güneşi doğu-batı yönünde tek eksende takip eden ışın yoğunlaştırıcı sistemler, noktasal odaklamalı sistemlere kıyasla daha ekonomik olmaktadır. Bu nedenle ticari yönden pazarlanabilir ve sürekli kullanılabilir, yüksek verimli, düşük yatırım maliyetli, hafif yoğunlaştırıcı güneş kollektörlerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Güneş enerjisi uygulamalarını düşük sıcaklık (20-100°C), orta sıcaklık (100-300°C) ve yüksek sıcaklık (>300°C) olmak üzere üç grupta toplayabiliriz. En yaygın uygulamalardan bazıları aşağıda verilmektedir.

Düşük Sıcaklık Uygulamaları

- Kullanım sıcak suyu eldesi
- Konut ısıtılması-soğutulması
- Sera ısıtılması
- Tarım ürünlerinin kurutulması
- Yüzme havuzu ısıtılması
- Güneş ocakları ve fırınları
- Deniz suyundan tatlı su eldesi
- Tuz üretimi
- Sulama
- Toprak solarizasyonu
- PV sistemler

Orta Sıcaklık Uygulamaları

- Endüstriyel kullanım için buhar üretimi
- Büyük ısıtma-soğutma sistemleri

Yüksek Sıcaklık Uygulamaları

- Güneş fırınları

Güneş mimarisine uygun tasarımlarda bina ısıtılmasında aktif ve pasif ısıtma teknikleri uygulanmaktadır. Aktif sistemlerde ısıнын yani güneş enerjisinin toplanması ve ısıtılacak hacimlere iletilmesi mekanik elemanlar yardımıyla gerçekleştirilir. Güneş enerjisi toplayıcı devresindeki çalışma akışkanı yardımıyla ısı, depolama ünitesine ve ısıtılacak ortama aktarılır. Çalışma akışkanı olarak kullanılan su veya havanın sistemde dolaşımı pompa, fan gibi cihazlar yardımıyla sağlanır. Pasif ısıtma sisteminde ise güneş enerjisinin toplanması ve ısıtılacak ortama iletilmesinde mekanik elemanlar gerekli değildir. Bu sistemde güneş enerjisinin toplanması için binanın güney cephesinde yeterli büyüklükte geçirgen yüzey ve ısıнын absorpsiyonu, depolanması ve dağıtımı için de ısıl kütle kullanılır. Temel prensipleri verilen pasif ısıtma sistemlerini direkt kazanç, indirekt kazanç ve ayrılmış kazanç olmak üzere üç grupta incelemek mümkündür. Direkt kazanç yönteminde güneş enerjisi binamızın güney cephesine yerleştirilmiş cam alandan yaşam hacmine gelir. Güney penceresi güneşin izlediği mevsimsel yörünge nedeniyle kışın maksimum güneş enerjisi girişini, yazın ise minimum güneş enerjisi geçişini sağlar. Burada yaşam hacmi toplayıcı işlevini yerine getirir. Gelen güneş enerjisinin bir kısmı hacmin ısıtılmasında kullanılırken, kalanı da hacmi oluşturan elemanlar tarafından absorbe edilir.

4.1 Güneş Enerjisi Kullanım Alanları

4.1.1 Güneş Enerjili Sıcak Su Hazırlama Sistemleri

Ticari olarak en uygun kullanımı olan güneş enerjisi uygulamalarından biri olan güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemleri (SSHS) kollektör, ısı transfer akışkanı, depo, bağlantı elemanları ve diğer yardımcı donanımlarda oluşur. Tek veya iki depolama tanklı direkt/ indirekt güneş enerjili SSHSi geri boşaltmalı güneş enerjili SSHS, çalışma akışkanı soğutkan olan sistemler, pasif faz değişimli SSHS gibi tasarımlar geliştirilmiş uygulamaya alınmıştır.

Ülkemizde güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemleri ile ilgili olarak Nisan 1994 tarihli TS 3680 numaralı Güneş Enerjisi Toplayıcıları-Düz ve Aralık 1994 tarihli TS 3817 numaralı Güneş Enerjisi-Su Isıtma Sistemlerinin Yapım Tesis ve İşletme Kuralları isimli iki standart bulunmaktadır. Ancak bu standartlara uyulması zorunlu olmadığından sektör olumsuz etkilenmektedir. Güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerinde her geçen gün yeni teknolojiler uygulamaya alınmasına karşın ülkemizde bu gelişmeler yeterli düzeyde izlenememektedir.

Güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerinde su kolaylıkla bulunabilmesi, ucuz olması ve özelliklerinin uygun olması nedeniyle en yaygın kullanılan ısı transfer akışkanıdır. Ancak

donma noktasının düşük olması önemli bir sorundur. Bu sorun yeni sistem tasarımlar veya antifriz çözeltilerinin kullanımıyla aşılabilmektedir. Propilen glikol-su, etilen glikol-su, etil alkol-su, silikon yağları, mineral yağları ülkemizde önerilen diğer çalışma akışkanlarıdır.

4.1.2 PV Sistemler

Deniz fenerleri, iletişim sistemleri, park, bahçe, otoyol aydınlatması, trafik sinyalizasyonu, ulusal elektrik şebekesinin ulaşmadığı kırsal yörelerdeki elektrik gereksiniminin karşılanması, tarımsal amaçlı sulama için PV sistemlerinin kullanımı mümkündür.

4.1.3 Güneş Enerjisi ile Soğutma ve İklimlendirme

Gerek iklimlendirme gerekse gıda maddeleri, ilaç gibi ürünlerin bozulmadan saklanabilmesi için gerekli soğutmanın eldesinde güneş enerjisinden yararlanmak mümkündür. Genelde soğutma gereksiniminin olduğu dönem, güneş ışınlamı şiddetinin en yüksek olduğu yaz aylarına rastlamaktadır. Sıcak iklim bölgelerinde soğutma amaçlı elektrik tüketimi toplam elektrik tüketiminin yaklaşık %40'ını oluşturmaktadır.

Güneş enerjisi kolektörlerinde geçirgen (transparet) yalıtım malzemelerinin kullanımı sistem verimliliğinin artırılmasında önemli bir etkidir. Düz kolektörde bal peteği yapısındaki geçirgen örtü malzemelerinin kullanımı sonucu toplayıcı sıcaklığının 60°C ile 120°C arasına hatta yüksek sıcaklıklara ulaşması mümkündür.

Ülkemizdeki zorlanmış dolaşimli güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemlerinde gömlekli veya serpantinli boyler, doğal dolaşimli sistemlerde ise sıcak ve soğuk su depolarından oluşan iki depolu uygulamalar yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu amaçla geliştirilen sıcak su hazırlama ve ısınma amaçlı sistemde ise sıcak su deposunda ısının istenilen bölgeye aktarılması için depo içinde yönlendirmeler yapılmıştır. Konik olarak imal edilen deponun altında bulunan ısı değiştiriciye kolektörden gelen sıcak su verilerek depoda suyun en soğuk olduğu bölgede ısı transferinin gerçekleşmesi sağlanır. Burada alınan ısı deponun daha üst bölgesindeki ikinci ısı değiştiricisi yardımıyla hacim ısıtma amaçlı kullanıma sunulur. Üçüncü ısı değiştirici ise kullanım suyunun ısıtılmasını sağlamaktadır. Depo yapısı nedeniyle sıcaklık tabakalaşması sağlanabilmektedir.

Geliştirilen bir diğer su deposunun iç kısmında konik yapıda kullanım sıcak suyu hazırlama amaçlı bir iç depo bulunmakta ve soğuksu girişleri ile soğuk su çıkışları teğetsel olarak gerçekleştirilmektedir.

4.2 Güneş Kollektörleri

Elektromagnetik radyasyon yoluyla dünyaya ulaşan güneş ışınlarının ısıtma soğutma proseslerinde kullanılabilmesi için enerjinin ısıya dönüştürülmesi gerekir. Güneş enerjili sistemlerde en önemli elaman, güneş radyasyonunu faydalı enerjiye dönüştüren güneş kollektörleridir.

4.2.1 Düz Tip Kollektörler

Güneş enerjisini toplayan ve bir akışkana ısı olarak aktaran çeşitli tür ve biçimlerdeki aygıtlardır. En çok evlerde sıcak su ısıtma amacıyla kullanılmaktadır. Ulaştıkları sıcaklık 70°C civarındadır. Düzlemsel güneş kollektörleri, üstten alta doğru, camdan yapılan üst örtü, cam ile absorban plaka arasında yeterince boşluk, metal veya plastik absorban plaka, arka ve yan yalıtım ve bu bölümleri içine alan bir kasadan oluşmuştur. Absorban plakanın yüzeyi genellikle koyu renkte olup bazen seçiciliği artıran bir madde ile kaplanır. Kollektörler, yörenin enlemine bağlı olarak güneşi maksimum alacak şekilde, sabit bir açıyla yerleştirilirler. Güneş kollektörleri güneş ışınımını emici plaka ile yutarlar. Radyasyonu absorbe eden emici plakanın sıcaklığı yükselir ve ısı sıvı yada gaz akışkanlarla ısıya ihtiyaç duyulan ortama taşınır. Kollektör plakası sıcaklığı çevre sıcaklığından yüksek olduğundan kollektörden çevreye ısı kaybı olur ve bundan dolayı kollektörden % 100 verim elde edilemez. Güneş kollektörlerinin dizaynı düz yüzeyli ve yoğunlaştırmalı olmak üzere iki grupta yapılmaktadır. Düz yüzeyli kollektörler her üç radyasyondan yararlanabilirler. Yoğunlaştırmalı kollektörler ise belirli bir yüzeye düşen direkt güneş radyasyonunu daha küçük emici alanına yoğunlaştırarak verirler. Yoğunlaştırmalı kollektörler sadece direkt radyasyonu kullanabildikleri için, güneşi sürekli izlemeleri sağlanmalıdır. Kollektörler, ısı taşıyıcı akışkan cinsine göre de sıvılı ve gazlı kollektörler olarak ikiye ayrılırlar. Sıvılı kollektörlerde daha çok su, gazlı kollektörlerde de hava dolaşmaktadır. Sıvılı kollektörlerin verimi havalı kollektörlere göre daha yüksek, yapımı daha kolay ve ucuzdur. Toplanan enerjinin depolanması için daha düşük hacimli depo yeterli olur.

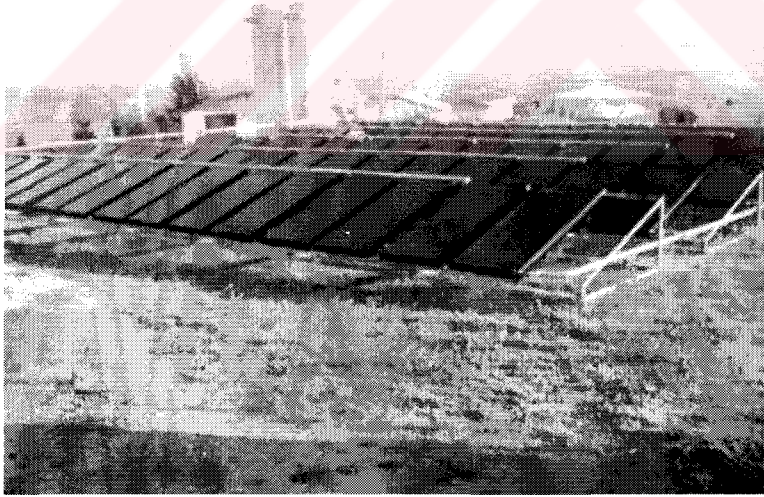
Basit bir düz yüzeyli kollektör beş ana kısımdan meydana gelir. Bunlar ; güneş radyasyonunu geçiren ve üstten ısı kaybını önleyen bir veya daha çok saydam örtü, enerjiyi toplayan emici plaka, ısı taşıyıcı akışkanın dolaştığı borular, ısı yalıtım malzemesi ve bu kısımları birarada tutan kasadır.

Güneş kollektörlerinden en verimli şekilde faydalanmak için, kollektörden çevreye olan ısı kayıplarının minimuma çekilmesi, emici plaka yutuculuğunun artırılması, plakadan

akışkana ısı geçişinin iyileştirilmesi gerekir.

Çevreye olan ısı kayıplarının azaltılması için üst yüzeye güneş ışımasını geçiren ve taşınımı olan ısı kaybını minimuma indiren saydam bir örtü konulur. Işınmıdan faydalanamayan alt ve yan yüzeyler ısı geçişine karşı yalıtılır. Düz toplayıcılarda, saydam örtü olarak genellikle camlar kullanılır. Camlar, dalgaboyu $0.3\ \mu\text{m}$ ile $3\ \mu\text{m}$ arasında olan güneş ışımasının büyük kısmını geçirirken emici plaka tarafından yansıtılan uzun dalgaboylu ışınmı geçirmezler. Camların toplam geçirme oranı bileşimindeki demir-oksit miktarı arttıkça azaldığından demir-oksit miktarı %0.05 'den düşük olan camlar kullanılır.

Emici plakanın, güneş ışınmını yutma oranı büyük ve uzun dalga boylu ışın yansıtıcılığı düşük olmalıdır. Işınmı yutarak ısınan emici plaka bu ısıyı temas halinde olduğu boruların içerisindeki akışkana iyi bir şekilde iletebilmesi için ısı iletim katsayısının yüksek ve ısı geçişinin hızlı olabilmesi için de plakanın ince olması gerekir. Emici plaka malzesi olarak bakır, alimünyum, çelik ve paslanmaz çelik gibi metaller kullanılır. Kollektörlerin güneş görmeyen alt ve yan yüzeylerinden olan ısı kaybının azaltılması için poliüretan köpük veya cam yünü gibi yalıtım malzemeleri kullanılır.



Şekil 4.1 Düz tip kollektör

4.2.2 Vakum Tip Kollektörler

Bu sistemlerde, vakumlu cam borular ve gerekirse absorban yüzeyine gelen enerjiyi artırmak için metal ya da cam yansıtıcılar kullanılır. Bunların çıkışları daha yüksek sıcaklıkta olduğu için ($100-120^{\circ}\text{C}$), düzlemsel kollektörlerin kullanıldığı yerlerde ve ayrıca yiyecek dondurma, bina soğutma gibi daha geniş bir yelpazede kullanılabilirler.

4.2.3 Parabolik Tip Kollektörler

Güneş enerjisi uygulamalarında düzlemsel güneş kollektör sistemlerinin yanı sıra daha yüksek sıcaklıklara ulaşmak için yoğunlaştırıcı kollektör sistemleri kullanılmaktadır. Düzlemsel güneş kollektörleri için kullanılan kavram ve tarifler, yoğunlaştırıcı kollektörler için de geçerlidir. Bununla birlikte yoğunlaştırıcı kollektör teknolojisinin daha karmaşıktır.

100-300 °C arasındaki orta sıcaklık uygulamalarında, güneş ışınımının yansıtılarak veya kırılarak bir noktaya veya eksene yoğunlaştırıldığı odaklı toplayıcılar kullanılır. Sanayi için gerekli sıcak su veya buharın temini, büyük soğutma ve ısıtma sistemleri, odaklı toplayıcıların uygulama alanlarından bazılarıdır. Bu uygulamalarda genellikle güneşi takip eden mekanizmalara ihtiyaç vardır.

Orta sıcaklık uygulamalarında kullanılan parabolik oluk tipi ışın yoğunlaştırıcılarda, odak çizgisi boyunca konumlandırılan soğurucu boru içerisinden geçen iş akışkanı, soğurulan ışınım enerjisini alarak akışkan sıcaklığının yükselmesini sağlar. Parabolik yüzeye kaplanan yüksek ışın yansıtma değerli yansıtıcı yüzeyden yansıyan ışın, boru çevresindeki cam örtüden geçerek soğurucu boru üzerine düşer. Bu ışınların büyük bir bölümü emiciliği yüksek, yansıtıcılığı düşük ışıma özelliğindeki seçici yüzey kaplı boru tarafından emilerek, güneşsel ısı olarak iş akışkanına aktarılırken, kalan bölümü de borudan yansıyarak camdan dış ortama kaçar. Burada cam kılıfın en önemli görevi, dış hava sıcaklığına oranla sıcaklığı çok yüksek olan emici boru yüzeyinden çevreye olan ısı transferi kayıplarını azaltmaktır.

Kollektörlerde güneş enerjisinin düştüğü net alana "açıklık alanı" ve güneş enerjisinin yutularak ısı enerjisine dönüştürüldüğü yüzeye "alıcı yüzey" denir. Düzlemsel güneş kollektörlerinde açıklık alanı ile alıcı yüzey alanı birbirine eşittir. Yoğunlaştırıcı kollektörlerde ise güneş enerjisi, alıcı yüzeye gelmeden önce optik olarak yoğunlaştırıldığı için alıcı yüzey, açıklık alanından daha küçük olmaktadır.

Parabolik oluk tipi güneş kollektöründe, emici boru üzerinde ideal odaklama güneşten gelen direkt ışınların, kollektör açıklık alanı normali ile çakışması durumunda oluşur. Bunun için kollektör sisteminin güneşi iki ekseninde takip etmesi gerekir. Güneşin iki ekseninde izlenmesinin karmaşık ve pahalı olması nedeniyle, özellikle 100-300 °C arasındaki orta sıcaklık uygulamalarında tek ekseninde, doğu-batı yönünde güneş izlenmesi ekonomik yönden uygun olmaktadır.

Güneş enerjisini yoğunlaştıran kollektörlerde en önemli kavramlardan biri "yoğunlaştırma oranı" dır. Yoğunlaştırma oranı; açıklık alanının alıcı yüzey alanına oranı şeklinde tarif edilir.

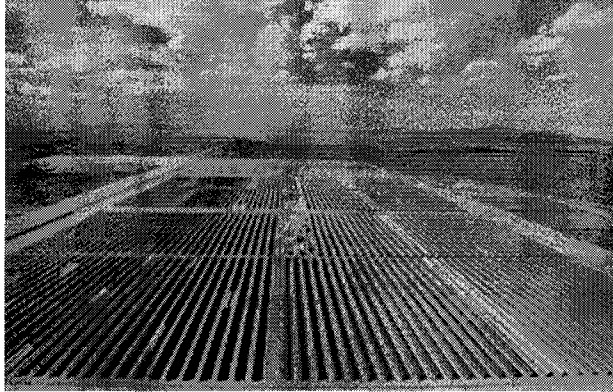
Bu tür kollektörlerde güneş enerjisi, yansıtıcı veya ışın kırıcı yüzeyler yardımı ile doğrusal ya da noktasal olarak yoğunlaştırılabilir.

Bugüne kadar güneş enerjisi ile elektrik üretiminde başlıca iki sistem kullanılmıştır. Birincisi, güneş enerjisini direkt olarak elektrik enerjisine dönüştüren fotovoltaiik sistemlerdir. Fakat geçen 20 yıl içerisinde fotovoltaiik sistem uygulamalarının artışına rağmen, teknolojinin karmaşıklığı ve maliyetinin yüksek oluşu, geniş çapta elektrik üretimi için yetersiz olduğunu ortaya çıkarmıştır. İkinci seçenek ise, güneş enerjisinin yoğunlaştırıcı sistemler kullanılarak odaklanması sonucunda elde edilen kızgın buhardan, konvansiyonel yöntemlerle elektrik üretimidir.

Güneş termal güç santralleri, birincil enerji kaynağı olarak güneş enerjisini kullanan elektrik üretim sistemleridir. Bu sistemler temelde aynı yöntemle çalışmakla birlikte, güneş enerjisini toplama yöntemleri, yani kullanılan kollektörler bakımından farklılık gösterirler.

Toplama elemanı olarak parabolik oluk kollektörlerin kullanıldığı güç santrallerinde, çalışma sıvısı kollektörlerin odaklarına yerleştirilmiş olan absorban boru içerisinde dolaştırılır. Daha sonra, ısınan bu sıvıdan eşanjörler yardımı ile kızgın buhar elde edilir.

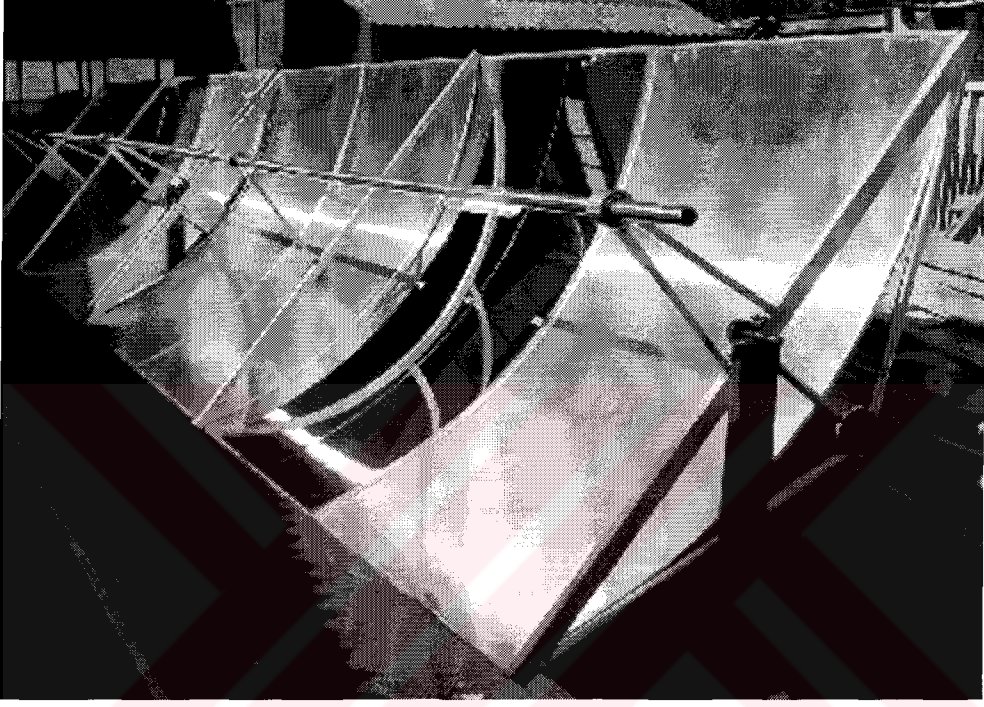
Parabolik çanak kollektörler kullanılan sistemlerde de ya aynı yöntem kullanılır ya da merkeze yerleştirilen bir motor (stirling) yardımı ile direkt olarak elektrik üretilir. Merkezi alıcılı sistemlerde ise, güneş ışınları düzlemsel aynalar (heliostat) yardımı ile alıcı denilen ısı eşanjörüne yansıtılır. Alıcıda ısıtılan çalışma sıvısından konvansiyonel yollarla elektrik elde edilir.



Şekil 4.2 350 MW gücünde parabolik oluk güneş santrali-Kaliforniya (www.eie.gov.tr)

4.2.3.1 Doğrusal Yoğunlaştırıcılar

Parabolik oluk kollektörler, 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 absorban boruya yansıtır. Orta derecede sıcaklık isteyen uygulamalarda kullanılan bu sistemlerde, güneş enerjisi bir doğru üzerinde yoğunlaştırılacağından tek boyutlu hareket ile güneşi izlemek yeterlidir.



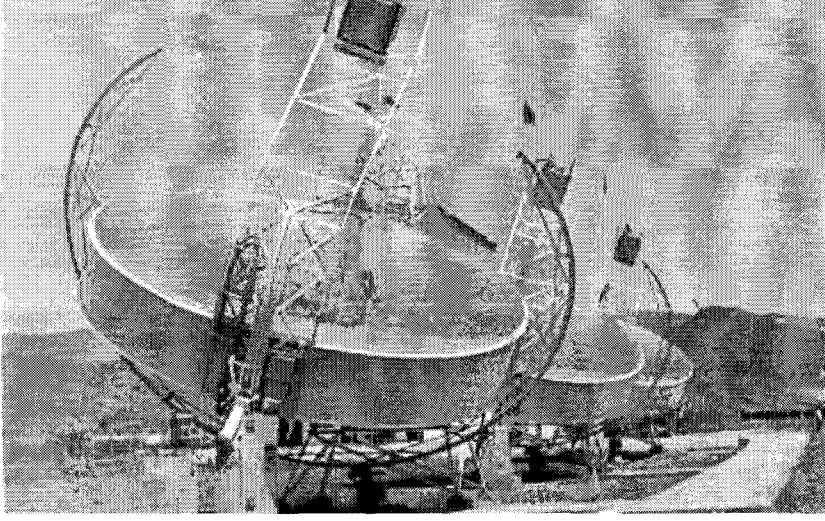
Şekil 4.3 Parabolik oluk tip güneş kollektörü

4.2.3.2 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 kollektörler iki ekseninde güneşi takip ederek sürekli olarak güneşi odak noktasına yoğunlaştırırlar.

Merkezi alıcı sistemde, tek tek odaklama yapan ve heliostat adı verilen düzlemsel aynalardan oluşan bir alan, güneş enerjisini, bir kule üzerine monte edilmiş ve alıcı denilen ısı eşanjörüne yansıtır. Heliostatlar bilgisayar tarafından kontrol edilerek, alıcının devamlı güneş alması sağlanır.



Şekil 4.4 Parabolik çanak tip güneş kollektörü (www.eie.gov.tr)

4.2.4 Güneş Termal Güç Santrallerinin Tasarım İlkeleri

Güneş termal güç santrallerinin tasarımında dikkate alınması gereken önemli parametreler şunlardır;

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

Santralin 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

Santralin tesis edileceği bölgenin, yılda en az 2000 saat güneşlenme süresine ve metrekare başına yıllık 1500 kWh'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.

Yoğunlaştırıcı kollektörlerin 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.

Doğrusal yoğunlaştırıcı kollektörler, kuzey-güney veya doğu-batı doğrultusunda yerleştirilebilir. Yön seçilirken, maksimum güneş enerjisinin hangi doğrultuda alındığı göz önünde bulundurularak yerleştirme yapılır.

Doğrusal yoğunlaştırma yapan sistemlerde çalışma parametrelerinin optimizasyonu için aşağıdaki kriterler dikkate alınmalıdır.

Güneş termal güç santralinin 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'ın 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.

Sistemdeki sıvının sirkülasyonu için kullanılan boru şebekesi, absorban borulardan ve esnek hortumlardan oluşur. Kollektörlerdeki absorban 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.

Kollektör giriş ve çıkış sıcaklıkları arasındaki fark maksimum olmalıdır. Bu durumu sağlamak için ısı transfer akışkanı, güneş tarlasından aldığı enerjiyi mümkün olduğunca buhar üretim sistemine bırakıp, minimum sıcaklıkta geri dönmelidir.

Sistemin ısı kayıplarını minimum seviyeye getirirken prosesin olduğu kısımlar ve kollektörler korozyondan korunmalıdır.

4.2.5 Parabolik Oluk Kollektörlerle Enerji Üretimi

Parabolik oluk kollektörlü güç santralleri, güneş tarlası, buhar ve elektrik üretim sistemlerinden oluşur. Bu santrallerde proses ısısı için, doğrusal yoğunlaştırma yapılarak, güneş enerjisinden 300°C'nin üzerinde sıcaklık elde edilir ve ısı transfer akışkanı olarak yüksek sıcaklıklara dayanıklı termal yağ kullanılır.

Güneş tarlası; bağımsız üniteler şeklinde birbirine paralel bağlanmış parabolik oluk kollektör gruplarından oluşan alandır. Bu üniteler, gelen güneş enerjisini 4 mm kalınlığında ve yüksek yansıtma oranına (% 94) sahip aynalar vasıtasıyla, odakta bulunan alıcı boru üzerine yansıtırlar. Parabolik oluk kollektörler grupları yatay eksen boyunca dönmelerini engellemeyen metal yapılarla desteklenmiştir. Sistemde aynaların güneşi izlemesini sağlayan bir sensör bulunur.

Isı toplama elemanı; cam tüp, yüzeyi yaklaşık % 97 lik bir absorbtiviteye sahip çelik alıcı boru ve cam-metal birleştiricilerden oluşur. Alıcı boru üzerinde meydana gelen yüksek sıcaklık nedeniyle oluşan ısı kayıplarını azaltmak için, cam tüp ile alıcı boru arasındaki hava vakumlanmıştır. Bu boşluk basıncı yaklaşık 0.1 atm dir. Isıya dayanıklı cam tüp, yüksek bir geçirgenliğe ve radyasyon kayıplarını en aza indirmek için antireflektif bir yapıya sahiptir. Sıcaklık nedeniyle meydana gelen genleşmelerin etkilerini gidermek için körüklü cam-metal birleştiriciler kullanılmaktadır.

Güneş tarlası kontrol sistemi; genel kontrol sistemi ve her kollektör grubunda bulunan lokal kontrol ünitelerinden oluşur. Genel kontrol sistemi güneşlenme durumunu izler ve buna göre sistemi tamamen ya da kısmen açar ya da kapatır. Bu işlem, lokal kontrol üniteleriyle iletişim içinde yapılır. Lokal kontrol üniteleri, her kollektör grubunu ayrı ayrı kontrol ederek güneşin takip edilmesini sağlarlar.

Güneş enerjili güç santrallerinde, güneş enerjisinin yetersiz kaldığı durumlarda, kesintisiz elektrik üretimini sağlamak için ilave ısıtıcılar kullanılır. Petrolle ya da doğal gazla çalışan ilave ısıtıcılar, aynı sıcaklık ve basınçta buhar üretirler.

5. ABSORBSİYONLU SİSTEMLERİN İNCELENMESİ

Soğutma için ısı enerjisinin kullanıldığı absorbsiyonlu soğutma sistemleri 1850 li yıllarda bulunmasına rağmen önemsenmemiş fakat günümüzde enerji tasarrufu sağlama nedeniyle tekrar önem kazanmaya başlamıştır. Ucuz enerji dönemi şartlarında tasarlanmış soğutma sistemleri ve tesislerinin günümüzün pahalı enerji dönemi koşullarına uyarlanması sırasında absorbsiyonlu çevrimler geniş bir uygulama alanı ile cazip bir seçenek haline gelmiştir.

Absorbsiyon yöntemiyle çalışan soğutma çevrimlerinde birincil enerji olarak buhar veya sıcak su kullanılmaktadır. Bu sistemler özellikle ısı kaynağının bol ve ucuz olduğu yerlerde verimli ve ekonomik olmaktadır. Dolayısıyla güneş enerjisi, jeotermal enerji, atık ısı olan yerlerde absorbsiyonlu soğutma sistemleri ekonomik olarak kullanılmaktadır.

Absorbsiyonlu soğutma sistemi prensip olarak mekanik sıkıştırımlı soğutma çevrimine benzer. Absorbsiyonlu sistemlerde iki farklı akışkan dolaşır. Bunlardan biri sistemin her yerinde dolaşan soğutucu akışkandır. Bu akışkan mekanik sıkıştırımlıda ki gibi evaporatörde buharlaşarak soğutma yükünün ortamdan çekilmesini sağlar. Diğer akışkan soğurucu akışkan olup çevrimin belirli kısmında soğutucu akışkanı taşır. Sistem çevrimde dolaşan soğutucu akışkanın sistem alt basıncında bu çözücü içinden tekrar buharlaştırılması prensibiyle çalışır.

5.1 Absorbsiyonlu Sistemlerde Soğutucu-Absorber Çiftlerinde Aranan Özellikler

Devrede dolaşan soğutucu akışkan ve absorberin sirkülasyon miktarının düşük tutulabilmesi için soğutucu akışkanın yüksek gizli buharlaşma ısısına sahip olması gerekir. Sistemdeki akışkanların yıllarca görev yapabilmeleri ve zamanla özelliklerini kaybetmemeleri için kullanılan akışkanların olabildiğince kararlı olmaları istenir. İki akışkanın birbirlerinden kolaylıkla ayrılabilmeleri için, soğutucu akışkan absorbere göre daha kolay buharlaşabilmelidir.

Absorber absorbsiyon durumunda soğutucu akışkanla kuvvetli bir birleşme eğiliminde olmalıdır. Çalışma şartlarında soğutucu akışkan-absorber çifti katı fazda bulunmamalıdır. Herhangi bir yerde katılaşma olması burada akışın durarak cihazın devre dışı kalmasına sebep olur.

Sistemdeki işletme basınçları normal seviyede olmalıdır. Yüksek basınçlar kalın cidarlı

cihazlar ve yüksek enerjiyi, alçak basınçlarsa büyük hacimli cihazlar ve basınç düşümü için özel cihazları gerektirir. Maliyetleri düşük olmalıdır.

Absorbsiyonlu sistemlerde kullanılan soğutucu-absorbent çiftleri aşağıda belirtilmektedir.

- Su-lityum bromid
- Amonyak-su
- Amonyak-çeşitli tuzlar
- Amonyak-çeşitli organik çözücüler
- Alkoller-çeşitli tuzlar

$\text{LiBr} - \text{H}_2\text{O}$ ve $\text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$ çiftleri soğutucu akışkan- absorber çiftleri en çok kullanılanlarıdır. $\text{LiBr} - \text{H}_2\text{O}$ çifti büyük buharlaşma gizli ısısına sahiptir. Yüksek birleşme eğilimine ve kararlılığa sahiptir, bundan dolayı $\text{LiBr} - \text{H}_2\text{O}$ çifti $\text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$ çifti gibi bir rektifikasyon kolonuna ihtiyaç göstermez. Belirli sıcaklık aralığında daha yüksek soğutma tesir katsayısına sahip olur.

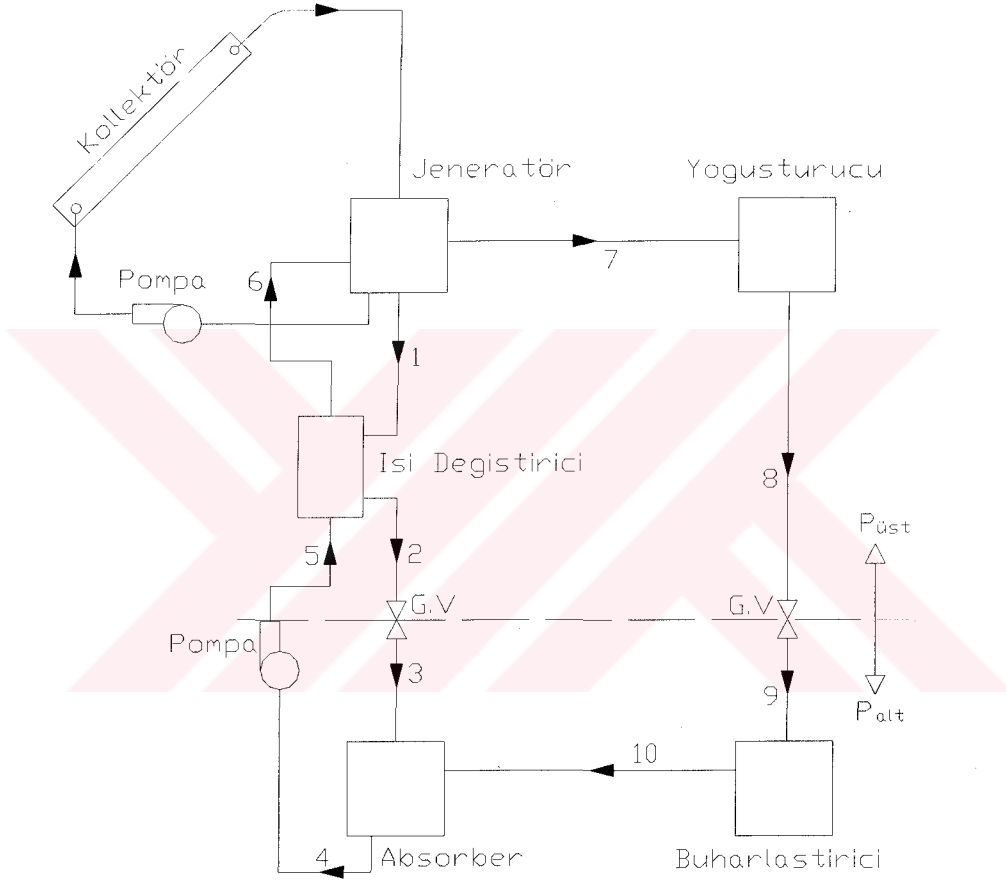
$\text{LiBr} - \text{H}_2\text{O}$ çiftinin iki istenmeyen özelliği vardır. Bunlar absorberde yüksek LiBr konsantrasyonu ve yüksek buharlaşma sıcaklığıdır. Çalışma sıcaklıkları içerisinde LiBr konsantrasyonunun %68'in üzerinde olması durumunda kristalleşme olayı meydana gelmektedir. Bunun önüne geçmek için jeneratör içinde yüksek sıcaklıklardan sakınıp rejenere edilmiş absorber içinde istenilen miktarda soğutucu akışkan bırakılmalıdır. Suyun donma noktası sıcaklığının yüksek olması dolayısıyla buharlaştırıcı 4°C sıcaklığın altında çalışmadığından düşük sıcaklıklardaki soğutma için kullanılamaz. Bu özellikleri çevrimin çalışma sıcaklıklarını sınırlar (Genceli,1996).

5.2 $\text{LiBr} - \text{H}_2\text{O}$ Absorbsiyonlu Sistemin İncelenmesi

Bu sistemde su soğutucu akışkan, LiBr ise absorbent olarak görev yapar. Jeneratör ve yoğusturucu yüksek basınçta, absorber ve buharlaştırıcı alçak basınçta çalışırlar.

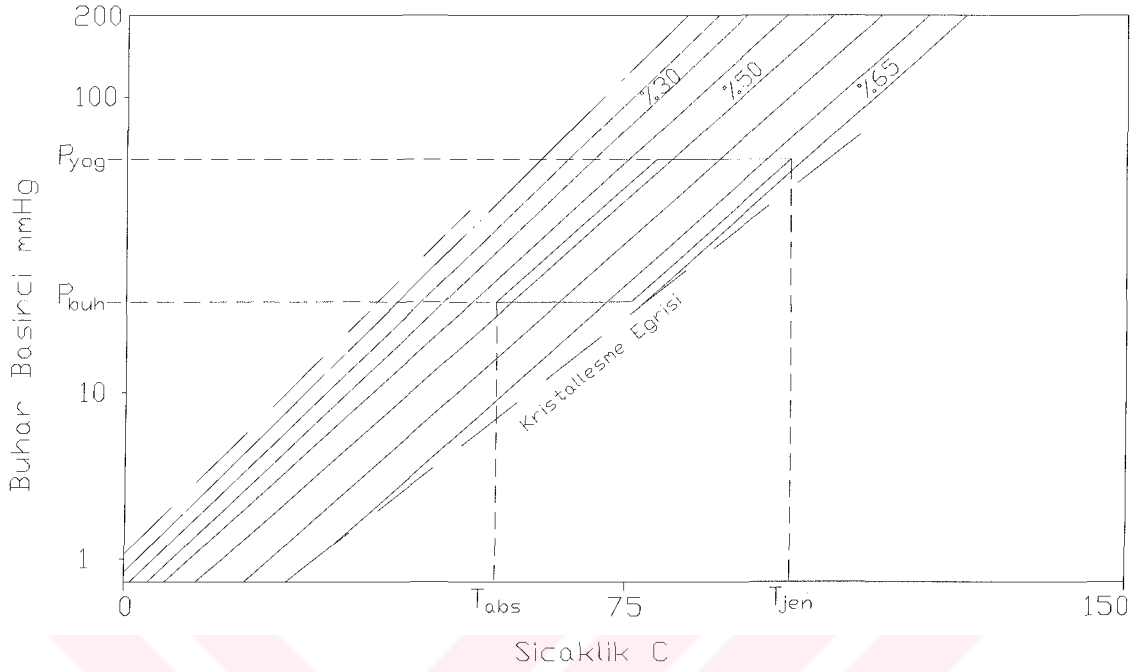
Sıcak ve yüksek derişiklikteki (1) ile gösterilen $\text{LiBr}-\text{H}_2\text{O}$ eriyiği yoğusturucu basıncında jeneratörden çıkar. Bu eriyik, absorberden gelen seyreltik eriyik tarafından bir ısı değıştiricisinde soğutularak genleşme valfine gelir. Basıncı buharlaştırıcı basıncına düşerek absorbere girer. Absorber içerisinde buharlaştırıcıdan gelen suyu absorbe eder. Sıcaklığı ve derişikliği düşmüş olan eriyik bir eriyik pompasıyla basınçlandırılır. Basıncı yoğusturucu basıncına yükselen eriyik ısı değıştiricisinde yüksek derişiklikteki eriyik tarafından ısıtılıp jeneratöre gider. Sıcak ve seyreltik olarak jeneratöre giren eriyik, burada ısı ilavesiyle

ayrıştırılır. Su buharı (7) noktasında jeneratörden ayrılır. Sıcak ve yüksek basınçta yoğunlaştırıcıya giren su buharı tamamen yoğunlaşarak yoğunlaştırıcıyı terk eder. Sıcak su bir genişleme valfinden geçirilip düşük basınçta buharlaştırıcıya gönderilir. Buharlaştırıcıda soğutulacak ortamdan çekilen ısıyla buharlaşır ve ortamın bu sayede soğuması sağlanır. Soğuk ve düşük basınçtaki su buharı absorbere geri döner ve bu şekilde çevrim tamamlanmış olur (Dağsöz, 1981).



Şekil 5.1 Sürekli çalışan LiBr-H₂O absorpsiyonlu soğutma sistemi

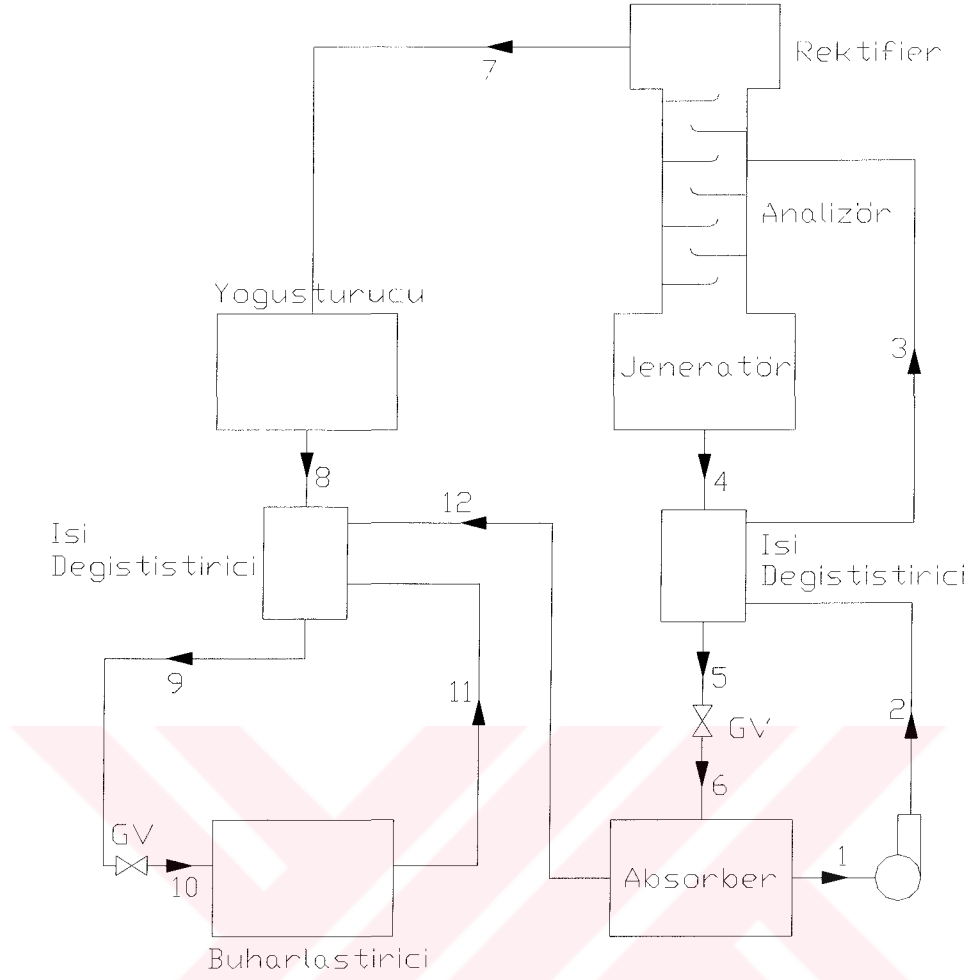
LiBr-H₂O sisteminde Basınç - Sıcaklık - LiBr Konsantrasyonu denge diyagramı (Şekil 5.2) ve bu diyagramda çevrimin idealize edilmiş çalışması görülmektedir.



Şekil 5.2 LiBr-H₂O basınç-sıcaklık-LiBr konsantrasyonu denge diy.(Uyarel ve Öz, 1997).

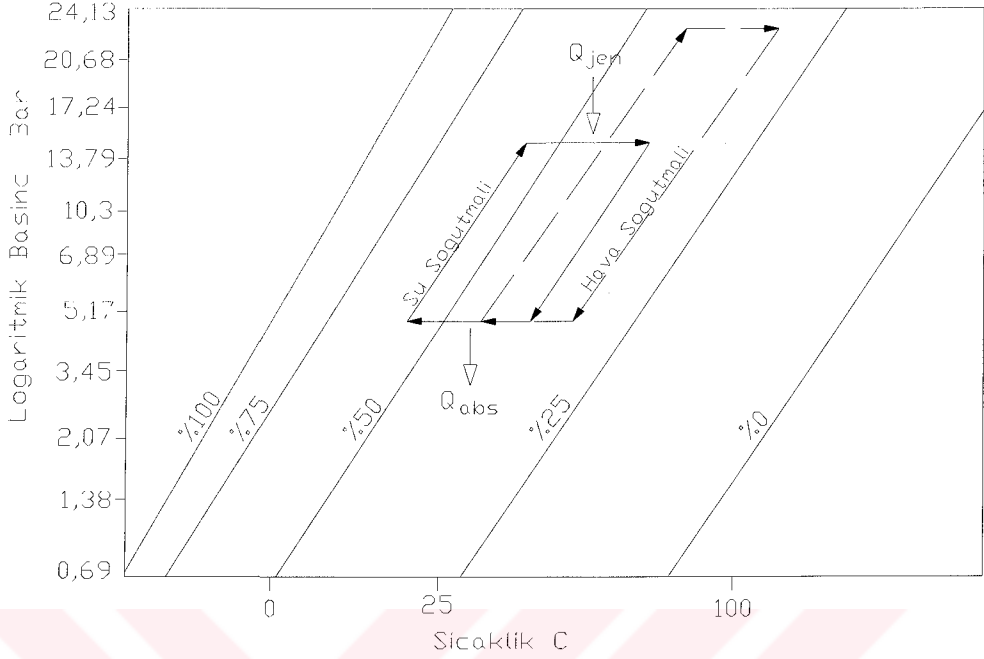
5.3 NH₃ - H₂O Absorbsiyonlu Sistemin İncelenmesi

NH₃ - H₂O absorpsiyonlu sistemi Şekil 5.3'den görüleceği üzere LiBr-H₂O su sistemine göre daha karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu sistemlerde LiBr-H₂O sistemine benzerdir ancak bu sistemlerde ek olarak bir rektifikasyon kolonu bulunur. Rektifikasyon kolonunun jeneratör üzerinde direkt temaslı ısı değiştiricisi olarak bir seri üst üste tepsilerden oluşan analizör bölümü vardır. Absorberden çıkan zengin eriyik bir ısı değiştiricisinden geçerek analizöre gelir ve bu tepsilerden aşağıya doğru süzülürken jeneratörden yükselen buharı soğutur. Jeneratörde, absorbent akışkan olan suda, soğutucu akışkan NH₃ gibi kısmen buharlaşır. Bu kullanılan direkt temaslı ısı değiştiricisi olarak kullanılan analizör jeneratörden yükselen buhar içerisindeki su buharının büyük bir kısmının yoğunlaşarak jeneratöre geri dönmesini sağlar. Bu ek sistem amonyakla beraber suyunda buharlaştırıcıya girmesi ve orada donarak akışı durdurması risklerinin önüne geçmek için gereklidir (Uyarel ve Öz, 1997).



Şekil 5.3 Sürekli çalışan $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ absorpsiyonlu soğutma sistemi

Analizörden ayrılan amonyak buharının rektifierda bir miktar daha ısısı çekilerek yoğusturucuya gönderilir. Yoğusturucuda tamamen yoğuşan buhar bir ısı değıştiricisinde buharlastırıcıdan gelen soğuk NH_3 buharı tarafından soğutularak genleşme valfine gelir. Burada basıncı düşürüldükten sonra buharlastırıcıya girer ve alçak basınçta soğutulmak istenen ortamın ısısını çekerek buharlaşır. Buharlastırıcıdan çıkan akışkan ısı değıştiricisinden geçerek absorbere girer. Amonyak burada jeneratörden ısı değıştiricisinden ve genleşme valfinden geçerek gelen soğutucu akışkanla biraraya gelir ve eriyik pompası tarafından ısı değıştiricisinden geçerek analizöre basılır ve bu şekilde çevrim tamamlanır. Sistemin çalışma sınırları Şekil 5.4'de Basıncı-Sıcaklık-Konsantrasyon diyagramında gösterilmiştir.



Şekil 5.4 NH₃-H₂O Basınç-Sıcaklık-NH₃ Konsantrasyonu denge diy. (Uyarel ve Öz, 1997).

5.4 Tersinir Absorbsiyonlu Soğutma Çevriminin Soğutma Tesir Katsayısının Hesaplanması

İki sıcaklık değeri arasında ters Carnot çevrimi gibi tersinir olarak çalışan çevrimin soğutma tesir katsayısı en yüksek değerdedir. Absorbsiyonlu soğutma sistemini, ters Carnot çevrimi olarak düşünersek termodinamiğin birinci ve ikinci kanunlarına göre soğutma tesir katsayısını hesaplarız.

Termodinamiğin birinci kanunu;

$$\Sigma U = \Sigma Q_i + \Sigma W \quad (5.1)$$

(5.1) eşitliğinde, ΣU sistem sınırları içerisindeki iç enerji değişimi, ΣQ_i toplam ısı alışverişi, ΣW toplam iş alışverişini verir.

Termodinamiğin ikinci kanunu;

$$\Sigma S = \Sigma Q_i / T_i + K_y / T_o \quad (5.2)$$

(5.2) eşitliğinde, ΣS sistem sınırları içerisindeki entropi değişimini, K_y kayıp işi, T_i eleman

sıcaklığını, T_o çevre sıcaklığını verir.

Absorbsiyonlu soğutma sisteminde olay kapalı bir çevrim boyunca gerçekleştiğinden,

$\Delta U = 0$, $\Sigma S = 0$ olup pompa işi ihmal edilip ($W = 0$), ideal absorbsiyonlu sisteme termodinamiğin birinci kanunu uygulanıp (5.3), ikinci kanunu uygulanıp (5.4) eşitlikleri çıkarılır.

$$Q_{jen} + Q_{buh} + Q_{yoğ} + Q_{abs} = 0$$

$$Q_{jen} / T_{jen} + Q_{buh} / T_{buh} + Q_{yoğ} / T_{yoğ} + Q_{abs} / T_o = 0 \quad (5.4)$$

Absorbsiyonlu soğutma çevriminde soğutma tesir katsayısı ;

$$COP = Q_{buh} / Q_{jen}$$

Çevrim için kayıp işin sıfır olduğu düşünülerek (5.3) ve (5.4) eşitlikleri aşağıdaki şekilde düzenlenip (5.6) ve (5.7) eşitlikleri çıkarılır.

$$x = Q_{buh} / Q_{jen} , y = Q_{abs} / Q_{jen} , z = Q_{yoğ} / Q_{jen}$$

$$a = T_{jen} / T_{buh} , b = T_{jen} / T_{abs} , c = T_{jen} / T_{yoğ}$$

$$1 + x + y + z = 0 \quad (5.6)$$

$$1 + a x + b y + c z = 0 \quad (5.7)$$

Tersinir Carnot çevrimi için ;

$$Q_{buh} / T_{buh} = - Q_{yoğ} / T_{yoğ} \quad (5.8)$$

Bu eşitliklerden (5.8) eşitliğindeki değerleri (5.3) eşitliğinde yerine koyup sadeleştirmeye gidersek, (5.7) eşitliğinden (5.9) eşitliği çıkarılır.

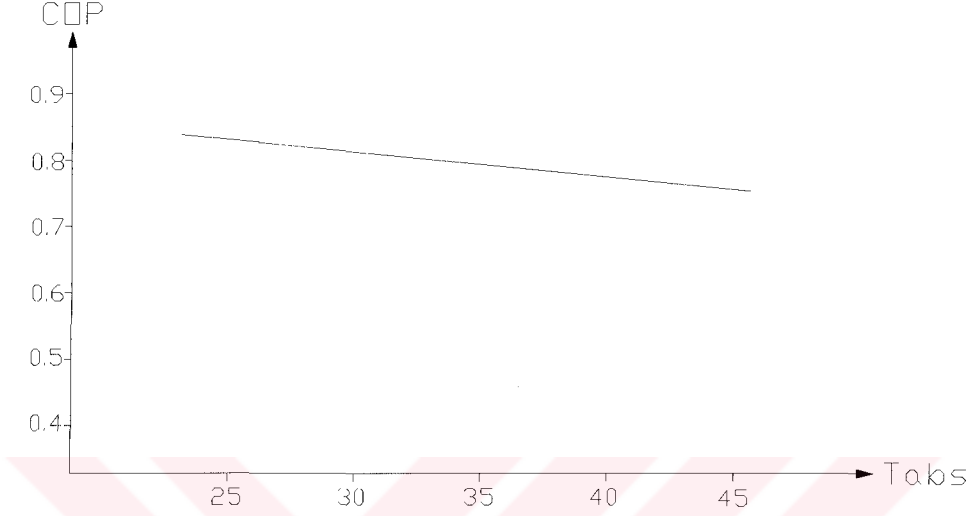
$$1 + 0 + by + 0 = 0 \quad (5.9)$$

Bu eşitliklerden (5.6), (5.7) ve (5.9) eşitliklerini kullanarak x 'i (COP) çözmek istersek (5.10) ve (5.11) eşitliklerine ulaşırız.

$$x = c [(b-1) / b(a-c)] \quad (5.10)$$

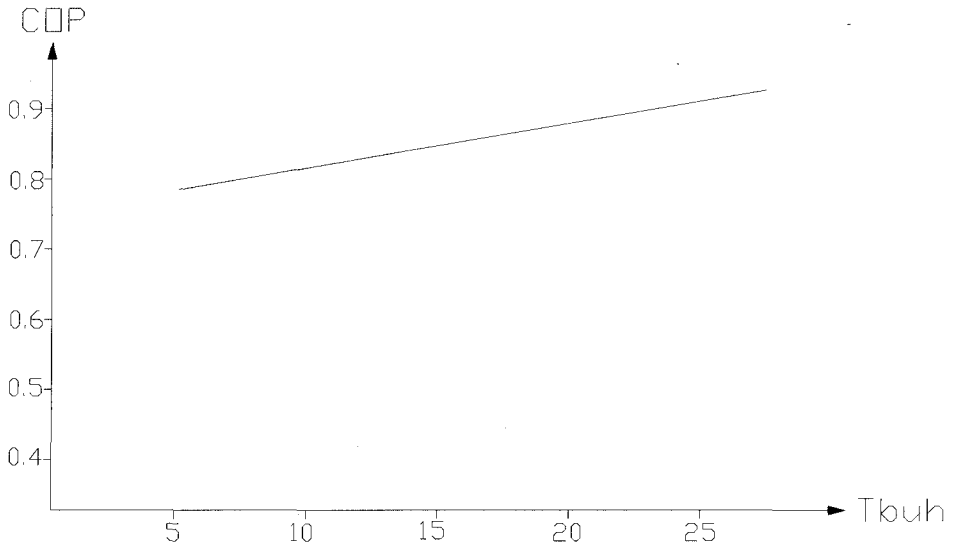
$$COP = T_{buh} / T_{jen} [(T_{jen} - T_{abs}) / (T_{yoğ} - T_{buh})] \quad (5.11)$$

Bu sonuçlara göre sıcaklıkların COP değeri üzerindeki etkileri inceleyebiliriz. Absorber sıcaklığı arttıkça , soğutma tesir katsayısında bir azalma görülür. 60 °C jeneratör sıcaklığı , 10 °C buharlaştırıcı sıcaklığına karşılık absorber sıcaklığı artınca soğutma tesir katsayısında Şekil 5.5’de görüldüğü üzere bir düşüş meydana gelir.



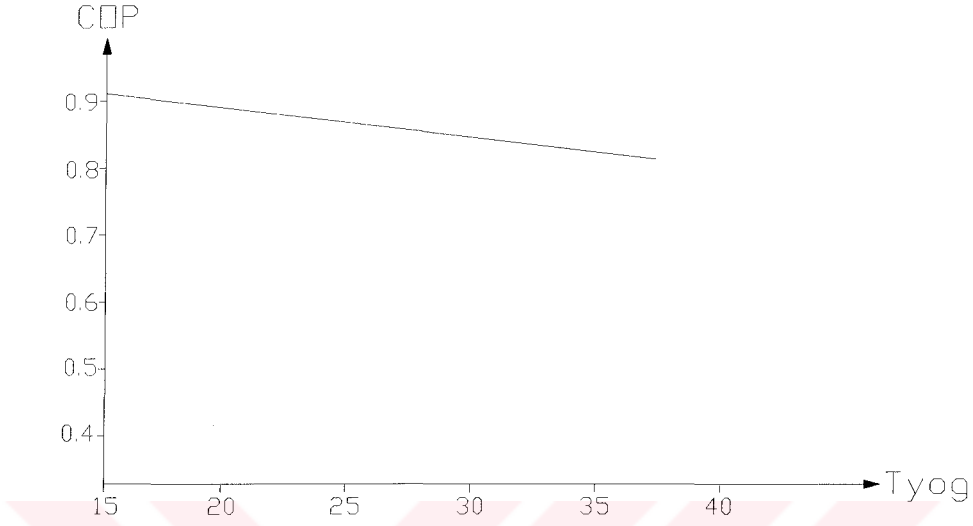
Şekil 5.5 Absorber sıcaklığındaki değişimin sistemin COP değerine etkisi

Buharlaştırıcı sıcaklığındaki artış soğutma tesir katsayısında lineer bir artışa sebep olur. 30 °C absorber sıcaklığı, 40°C yoğuşturucu sıcaklığı, 75°C jeneratör sıcaklığında buharlaştırıcı sıcaklığının yükselmesiyle ile soğutma tesir katsayısındaki artış Şekil 5.6'de gösterilmektedir.



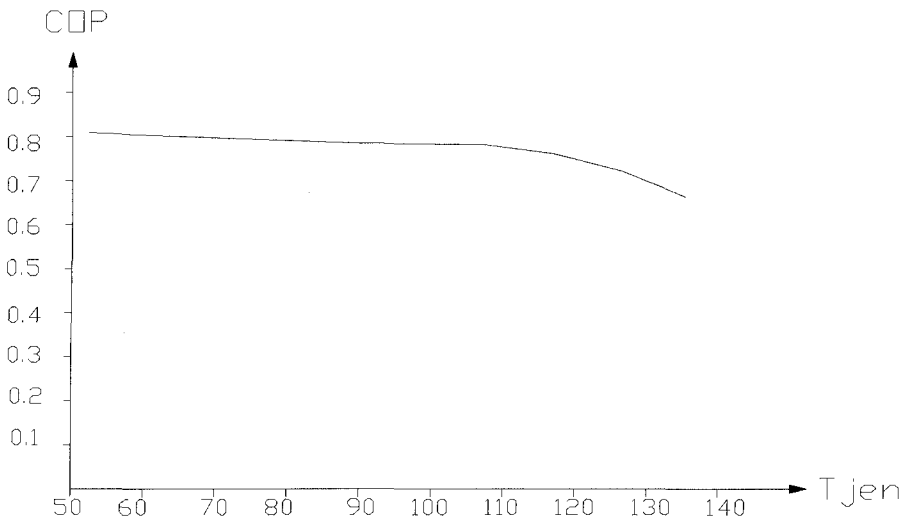
Şekil 5.6 Buharlaştırıcı sıcaklığındaki değişimin sistemin COP değerine etkisi

Yoğuşturucu sıcaklığı artış soğutma tesir katsayısında bir düşüşe sebep olur. 60 °C jeneratör sıcaklığı , 10 °C buharlaştırıcı sıcaklığına karşılık yoğuşturucu sıcaklığındaki artışın soğutma tesir katsayısına etkisi Şekil 5.7'de gösterilmektedir.



Şekil 5.7 Yoğuşturucu sıcaklığındaki değişimin sistemin COP değerine etkisi

Genel olarak jeneratör sıcaklığı 50 °C altında olursa sistem çalışmaz. 25 °C absorber ve 30 °C yoğuşturucu sıcaklığına karşılık jeneratör sıcaklığındaki artışın soğutma tesir katsayısına etkisi Şekil 5.8'da gösterilmiştir.



Şekil 5.8 Jeneratör sıcaklığındaki değişimin sistemin COP değerine etkisi

6. LiBr-H₂O ABSORBSİYONLU CHILLER

Bir sistemin genel olarak modellenmesi sistem komponentlerinin teker teker modellenmesi yoluyla yapılabilir. Bu bölümde her komponente ait ısı yükü , kütle ve enerjinin korunumu yasalarından faydalanarak çıkartılacaktır.

6.1 Sistem Komponentleri

- Jeneratör
- Isı değiştirici
- Genleşme valfi
- Absorber
- Eriyik pompası
- Yoğuşturucu
- Buharlaştırıcı

6.1.1 Jeneratör

Jeneratöre absorberden çıkan LiBr bakımından fakir eriyik ısı değiştiricisinden geçerek gelir. Burada kollektörden gelen ısı ile soğutucu akışkan ve absorber birbirlerinden ayrılır.Buharlařan su yoğuşturucuya gider. LiBr bakımından zenginleşen eriyikte absorbere geri döner.

Kütlenin korunumu yasasına göre (6.1) ve (6.2) eşitlikleri çıkarılır.

$$m_f = m_{H_2O} + m_z \quad (6.1)$$

$$m_f x_f = m_z x_z \quad (6.2)$$

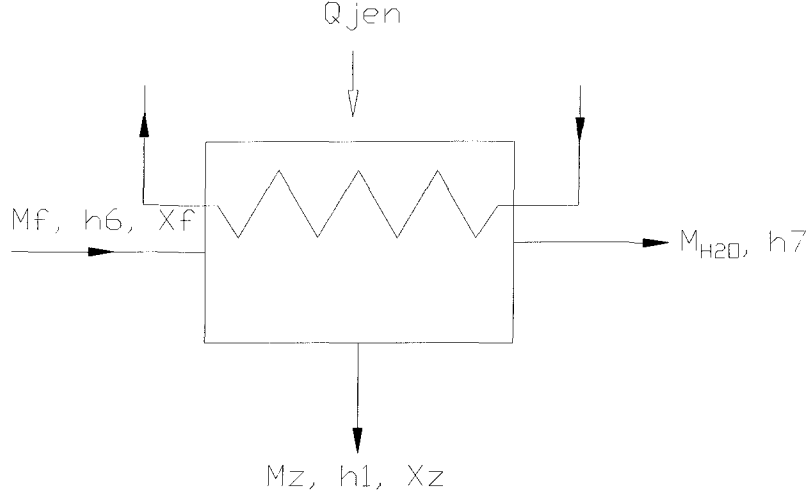
Enerjinin korunumu yasasına göre (6.3), (6.4), (6.5) ve (6.6) eşitlikleri çıkarılır.

$$Q - W = \sum m_{\dot{c}} h_{\dot{c}} - \sum m_{\dot{g}} h_{\dot{g}} \quad (6.3)$$

$$Q_{jen} = m_z h_1 + m_{H_2O} h_7 - m_f h_6 \quad (6.4)$$

$$Q_{jen} = m_f h_1 - m_{H_2O} h_1 + m_{H_2O} h_7 - m_f h_6 \quad (6.5)$$

$$Q_{jen} = m_f (h_1 - h_6) + m_{H_2O} (h_7 - h_1) \quad (6.6)$$

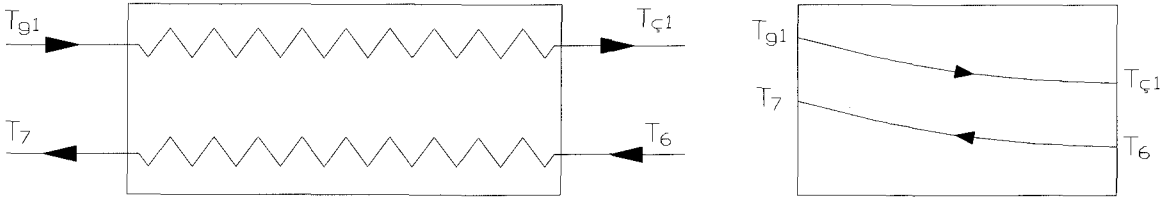


Şekil 6.1 Jeneratördeki ısı ve kütle dengeleri

Buharlaştırılacak 1 kg su için gerekli olan ısı miktarı (6.7) eşitliğinden bulunur.

$$q_{jen} = (h_7 - h_1) + (m_f / m_{H2O}) (h_1 - h_6) \quad (6.7)$$

Jeneratör paralel akımlı zıt yönlü bir ısı değiştiricisi (Şekil 6.2) olarak kabul edildi. Isıtıcı olarak kullanılan sıcak su boru içerisinden akmakta ve soğutucu akışkan olan suyun buharlaşarak eriyikten ayrılması boru dışında gerçekleşmektedir.



Şekil 6.2 Paralel akımlı zıt yönlü ısı değiştiricisi olarak seçilen jeneratör

Bu şartlarda jeneratörün ihtiyacı olan ısı transfer alanı (A) logaritmik sıcaklık farkı methoduyla (6.8), (6.9), (6.10) ve (6.11) eşitlikleriyle ve jeneratöre gereken sıcak su debisi (6.12)

eşitliğiyle hesaplanır.

$$\Delta T_g = T_{g1} - T_7 \quad (6.8)$$

$$\Delta T_{\phi} = T_{\phi1} - T_6 \quad (6.9)$$

$$\Delta T_m = (\Delta T_g - \Delta T_{\phi}) / \ln (\Delta T_g / \Delta T_{\phi}) \quad (6.10)$$

$$Q_{jen} = K \Delta T_m \quad (6.11)$$

$$Q_{jen} = c_{ps} m_s (T_{g1} - T_{\phi1}) \quad (6.12)$$

6.1.2 Isı Değiştirici

Jeneratörle absorber arasına yerleştirilen ve absorberden gelen LiBr bakımından fakir eriyiğin ön ısıtılmasında ısı değiştirici jeneratör ve absorber ısı yüklerini önemli ölçüde azaltır.

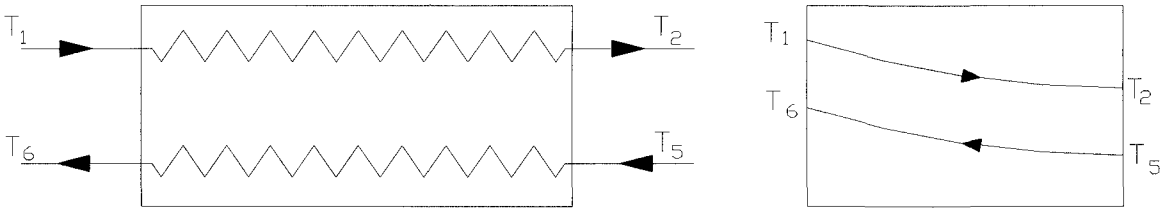
Enerjinin korunumu yasasına göre (6.13) eşitliği çıkarılır.

$$m_z (h_2 - h_1) = m_f (h_5 - h_6) \quad (6.13)$$

Isı değiştiricisi borular içinden zengin eriyik, borular dışındansa fakir eriyiğin geçtiği zıt yönlü paralel akımlı bir ısı değiştiricisi olarak (Şekil 6.3) kabul edildi.

$$\Delta T_g = T_1 - T_2 \quad (6.14)$$

$$\Delta T_{\phi} = T_6 - T_5 \quad (6.15)$$



Şekil 6.3 Jeneratör ve absorber arasına yerleştirilen paralel akımlı zıt yönlü ısı değiştiricisi

$$\Delta T_m = (\Delta T_g - \Delta T_{\phi}) / \ln (\Delta T_g / \Delta T_{\phi}) \quad (6.16)$$

$$Q_{id} = K A \Delta T_m \quad (6.17)$$

6.1.3 Genleşme Valfi

Isı değıştirci ile absorber arasına yerleştirilen genleşme vanasında entalpi ve konsantrasyon sabit kalıp basınç sistem alt basınç seviyesine kadar düşürülür. Bu sistemlerde genelde iyice izole edilmiş termostatik genleşme vanaları kullanılır.

6.1.4 Absorber

Buharlaştıracıdan gelen soğurucu akışkan absorberde zengin eriyik tarafından yutulup eriyik pompası vasıtasıyla jeneratöre geri basılır. Bu işlem esnasında büyük miktarda ısı açığa çıkar. Yutma işleminin iyi bir şekilde gerçekleşmesi için açığa çıkan bu ısının dışarı atılması gerekir.

Kütlenin korunumu yasasına göre (6.18) eşitliği çıkarılır.

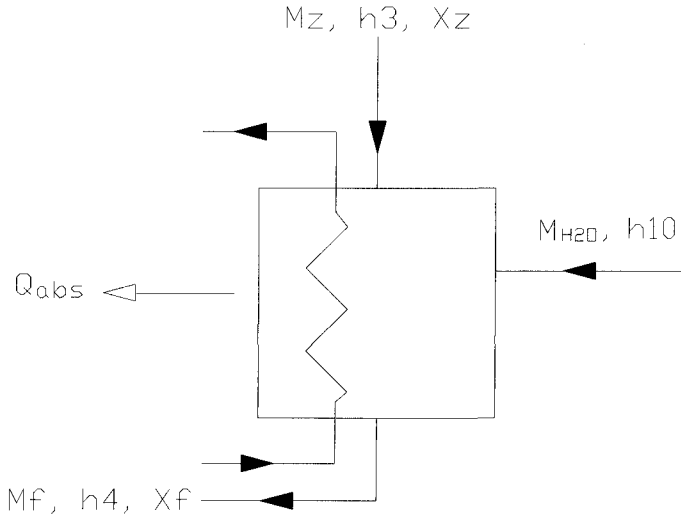
$$m_{H_2O} + m_z = m_f \quad (6.18)$$

Enerjinin korunumu yasasına göre (6.19), (6.20) ve (6.21) eşitlikleri çıkarılır.

$$Q_{abs} = m_f h_4 - m_{H_2O} h_{10} - m_z h_3 \quad (6.19)$$

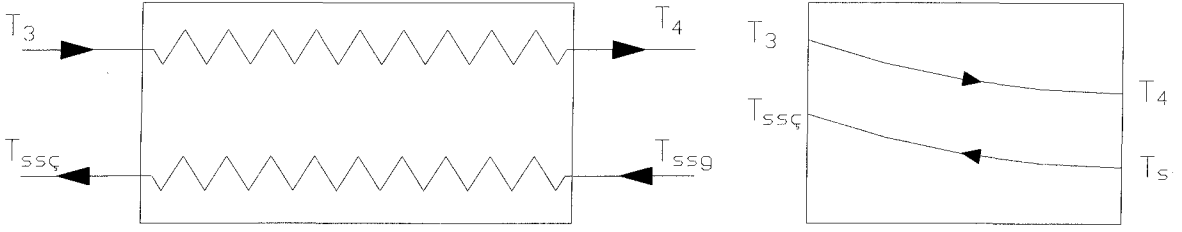
$$Q_{abs} = m_f h_4 - m_{H_2O} h_{10} - m_f h_3 + m_{H_2O} h_3 \quad (6.20)$$

$$Q_{abs} = m_f (h_4 - h_3) + m_{H_2O} (h_3 - h_{10}) \quad (6.21)$$



Şekil 6.4 Absorberdeki ısı ve kütle dengeleri

Absorber paralel akımlı zıt yönlü bir ısı değıştircisi olarak (Şekil 6.5) kabul edildi. Borular içerisinde soğutma suyu, boruların dışından da eriyiğın aktığı kabul edildi. Bu şartlarda absorberin ihtiyacı olan ısı transfer alanı (A) logaritmik sıcaklık farkı metoduyla (6.22), (6.23), (6.24) ve (6.25) eşitlikleriyle ve absorbere gönderilmesi gereken soğutma suyu debisi (6.26) eşitliğiyle hesaplanır.



Şekil 6.5 Paralel akımlı zıt yönlü ısı değıştircisi olarak seçilen absorber

$$\Delta T_g = T_3 - T_{ssç} \quad (6.22)$$

$$\Delta T_ç = T_4 - T_{ssg} \quad (6.23)$$

$$\Delta T_m = (\Delta T_g - \Delta T_ç) / \ln (\Delta T_g / \Delta T_ç) \quad (6.24)$$

$$Q_{abs} = K A \Delta T_m \quad (6.25)$$

$$Q_{abs} = c_{ps} m_s (T_{ssç} - T_{ssg}) \quad (6.26)$$

6.1.5 Eriyik Pompası

Eriyik pompası absorberden gelen LiBr bakımından fakir eriyiğı jeneratöre basar. Bu iş için gerekli olan enerji miktarı (6.27) eşitliğiyle hesaplanır.

$$W = m_z (h_4 - h_5) \quad (6.27)$$

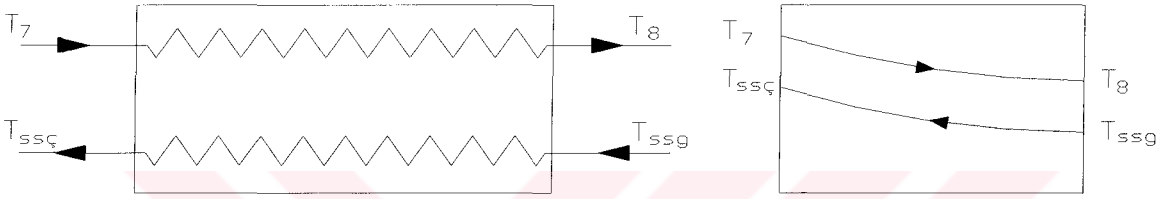
6.1.6 Yoğuşturucu

Jeneratörden buharlaşarak ayrılan soğutucu akışkan üst basınç seviyesinde çalışan yoğuşturucuda tamamen yoğuşur. Bu işlem esnasında açığa çıkan ısı miktarı (6.28) eşitliğiyle

hesaplanır.

$$Q_{\text{yoğ}} = m_{\text{H}_2\text{O}} (h_8 - h_7) \quad (6.28)$$

Yoğuşturucunun paralel akımlı zıt yönlü bir ısı değiştiricisi olarak (Şekil 6.6) kabul edildi. Borular içerisinde soğutma suyu, boruların dışından da eriyiğin aktığı kabul edildi. Bu şartlarda yoğuşturucunun ihtiyacı olan ısı transfer alanı (A) logaritmik sıcaklık farkı metoduyla (6.29), (6.30), (6.31) ve (6.32) eşitlikleriyle ve yoğuşturucuya gönderilmesi gereken soğutma suyu debisi (6.33) eşitliğiyle hesaplanır.



Şekil 6.6 Paralel akımlı zıt yönlü ısı değiştiricisi olarak seçilen yoğuşturucu

$$\Delta T_g = T_7 - T_{ssç} \quad (6.29)$$

$$\Delta T_ç = T_8 - T_{ssg} \quad (6.30)$$

$$\Delta T_m = (\Delta T_g - \Delta T_ç) / \ln (\Delta T_g / \Delta T_ç) \quad (6.31)$$

$$Q_{\text{yoğ}} = K A \Delta T_m \quad (6.32)$$

$$Q_{\text{buh}} = c_{ps} m_s (T_{sg} - T_{sç}) \quad (6.33)$$

6.1.7 Buharlaştırıcı

Yoğuşturucudan gelip genişleme vanasında alt basınca düşürülen soğutucu akışkan buharlaştırıcıda tamamen buharlaştırılıp absorbere gönderilir.

Soğutucu akışkanın buharlaşması için gerekli ısı miktarı (6.34) eşitliğiyle bulunur.

$$Q_{\text{buh}} = m_{\text{H}_2\text{O}} (h_{10} - h_9) \quad (6.34)$$

Buharlaştırıcı paralel akımlı zıt yönlü bir ısı değıştircisi olarak (Şekil 6.7) kabul edildi. Boru içerisinde su buharı, boru dışından ise soğutulacak olan su akar. Bu şartlarda buharlaştıracının ihtiyacı olan ısı transfer alanı (A) logaritmik sıcaklık farkı metoduyla (6.35), (6.36), (6.37) ve (6.38) eşitlikleriyle ve buharlaştıracıya gönderilmesi gereken soğutulacak su debisi (6.39) eşitliğiyle hesaplanır.

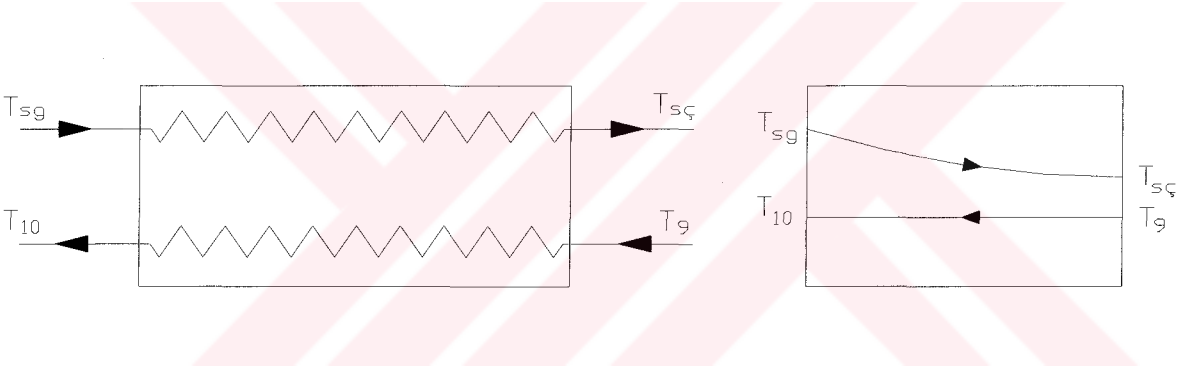
$$\Delta T_g = T_{sg} - T_{10} \quad (6.35)$$

$$\Delta T_{\phi} = T_{s\phi} - T_9 \quad (6.36)$$

$$\Delta T_m = (\Delta T_g - \Delta T_{\phi}) / \ln (\Delta T_g / \Delta T_{\phi}) \quad (6.37)$$

$$Q_{buh} = K A \Delta T_m \quad (6.38)$$

$$Q_{buh} = c_{ps} m_s (T_{sg} - T_{s\phi}) \quad (6.39)$$



Şekil 6.7 Paralel akımlı zıt yönlü ısı değıştircisi olarak seçilen buharlaştıracı

6.2 LiBr-H₂O Absorbsiyonlu Çevriminin Soğutma Tesir Katsayısının Hesaplanması

Burada (6.43) eşitliğinden dolaşım oranını , (6.44) eşitliğinden de buharlaşma gizli ısısı, (6.45) eşitliğinden de soğutma tesir katsayısı bulunur.

$$COP = Q_{buh} / Q_{jen} \quad (6.40)$$

$$Q_{jen} = m_f (h_1 - h_6) + m_{H2O} (h_7 - h_1) \quad (6.41)$$

$$Q_{buh} = m_{H2O} (h_{10} - h_9) \quad (6.42)$$

$$(h_{10} - h_9) = h_{fg} \quad (6.43)$$

$$m_f / m_{H2O} = g \quad (6.44)$$

$$COP = h_{fg} / [(h_7 - h_1) + g (h_1 - h_6)] \quad (6.45)$$

Bu eşitliklerden soğutma tesir katsayısının soğutucu akışkanın buharlaşma gizli ısısına (h_{fg}) ve dolaşım oranına (g) bağlı olduğu görülür. Buharlaşma gizli ısısının yüksek olması soğutma tesir katsayısını olumlu yönde etkiler. Dolaşım oranının artması ise soğutma tesir katsayısının düşmesine sebep olur (Koeppel, 1994).

7. ABSORBSİYONLU CHILLERDE GÜNEŞ ENERJİSİ ve BİYOGAZ İLE ELDE EDİLEN BUHARIN KULLANILMASI

7.1 Absorbsiyonlu Soğutma Sisteminin Modellenmesi

Absorbsiyonlu soğutma sistemi, jeneratörüne sağlanan ısı enerjisi ile çalışır. Bu sistemde, güneş enerjisi ve biyogazdan elde edilen buhar ile jeneratöre enerji sağlanacaktır. Güneş enerjisi ve biyogazın yeterli olmadığı durumlarda fuel oil, lpg veya doğalgaz ile sistemin sürekliliği sağlanacaktır.

Enerji toplayıcı olarak kullanılan düz güneş kolektörlerinde, elde edilen su sıcaklığı en iyi teknolojiler kullanılsa bile 110-120 °C ile sınırlı kalmakta ve ancak COP değeri düşük tek etkili absorbsiyonlu soğutma grupları çalıştırılabilmektedir.

Sistemin ekonomik olması için tüm sistem performansının yükseltilmesi gerekli olup ısı depolama yapılması, ısı kayıplarının azaltılması, kolektör alanlarının doğru boyutlandırılması gereklidir. Güneş enerjisi sistemlerinin işletme giderleri diğer sistemlere göre az olmasına rağmen COP değeri düşük cihazlarla istenilen soğutma ihtiyacının karşılamak için büyük kapasiteli cihazlar seçilmeli ve bu da güneş kolektörü miktarının yani ilk yatırım maliyetinin artmasına sebep olmaktadır.

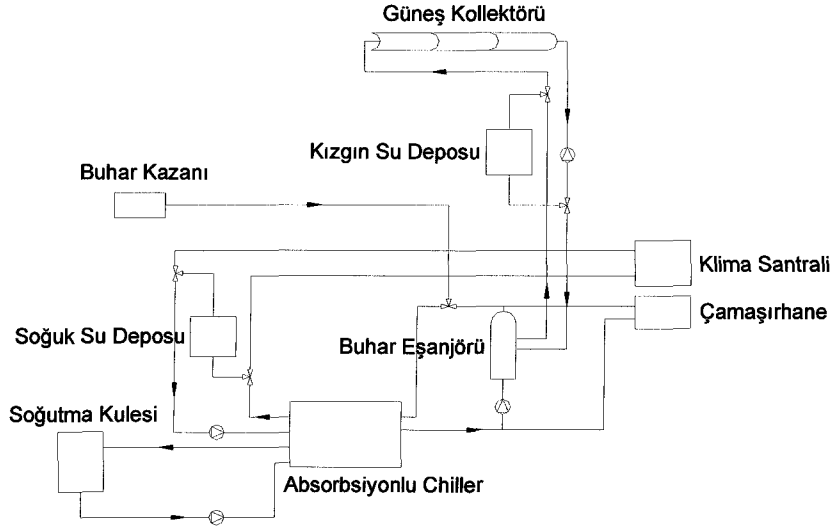
Dolayısıyla sistemi ekonomik yapabilmek için öncelikle COP değeri yüksek olan çift etkili absorbsiyonlu soğutma grupları kullanılmalıdır. Ancak çift etkili absorbsiyonlu soğutma gruplarının jeneratörüne sağlanan ısı girdisinin yüksek sıcaklıkta ve basınçta (4-8 atm) buhar olması gerekmektedir. Örnek olarak 4 atm’de doymuş buhar sıcaklığının 143 °C’de olması, bu sıcaklıkta buharı üretmek için daha yüksek sıcaklıkta buhar veya kızgın su gerekmektedir. Buhar veya kızgın su üretmek için yoğunlaştırıcı güneş kolektörlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Vakum tüplü kolektörler ise parabolik oluk tipi kolektörlerle kıyaslandığında çok pahalı olması sebebiyle kullanılmamaktadır.

Kollektörden gelecek olan faydalı ısı enerjisi (7.1) eşitliği ile hesaplanır.

$$Q_{\text{faydalı}} = Q_{\text{ışınım}} - k (T_s - T_{\text{ç}}) - \epsilon \sigma (T_s^4 - T_{\text{ç}}^4) \quad (7.1)$$

Kollektör sisteminde sirküle olacak suyun debisi, suyun ve buharın sistemdeki elemanlara giriş-çıkış sıcaklıkları (7.2) eşitliğiyle hesaplanır.

$$Q = m (h_2 - h_1) \quad (7.2)$$



Şekil 7.1 Güneş kolektörü ve biyogaz ile elde edilen buharın akış şeması

7.2 Güneş Enerjisi ve Biyogaz Kullanılan Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi

Bu sistemde kullanacağımız parabolik oluk tip güneş kolektörleri ile 12 atm, 180 °C kızgın su elde edilebilmektedir. Bu kızgın su ile, absorbsiyonlu soğutma sisteminin ihtiyacı olan buhar sağlanabilir. Uygun kızgın su ve buhar debileri ile, kızgın su devresinin yaklaşık 180/155 °C, buhar devresinin ise 143/95 °C olarak çalışabileceği görülmüştür.

Bu kolektörler, özel geliştirilen bilgisayar yazılımı ve fotosellerden oluşan güneşi takip sistemi ile kontrol edilen, bir motor redüktör grubu ile gün boyu 270 ° açısal hareket yaparak güneşi takip edecektir. Böylece kolektörün siyah krom seçici yüzey kaplanmış CrNi borusunun, gün boyunca güneş ışınlarını dik olarak alması sağlanarak sistemin performansı arttırılacaktır.

Bu sistemde, ortalama 1,4 COP değerine sahip çift etkili soğurmalı soğutma grubunun çalıştırılması için gerekli olan ısı, 144 °C, 4 atm özelliklerinde buhar ile karşılanacaktır. Bu özellikte buharın üretileceği jeneratörün ısıtıcı akışkanı olarak, parabolik oluk tipi güneş kolektörlerinden elde edilen 180 °C, 12 atm özelliklerindeki kızgın su kullanılacaktır. Bu nedenle parabolik oluk tipi kolektörler 12 atm, 180 °C / 155 °C giriş - çıkış sıcaklıklarında

8. BİR TATİL KÖYÜ İÇİN ABSORBSİYONLU SİSTEMLE MEKANİK SIKIŞTIRMALI SOĞUTMA SİSTEMİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Absorbsiyonlu chiller ile kompresörlü chiller kullanımının karşılaştırılması için Antalya'da herşey dahil sistemiyle hizmet veren bir tatil köyü seçildi. Herşey dahil sistemi olduğu için normal bir otelle kıyaslandığında daha fazla çöp çıkaran tatil köyü 1.200 kişi kapasitelidir. Tatil köyü için gereken toplam soğutma kapasitesi 1.400.000 kcal/h 'dir. Bu proje için seçtiğimiz absorbsiyonlu chillerde soğutucu-absorbent çifti olarak H₂O-LiBr kullanılmaktadır.

8.1 Tatil Köyündeki Atıklardan Oluşan Biyogaz Miktarı

Mutfak atıkları ve herşey dahil sistemindeki yemek atıkları ile beraber bir kişi için günde yaklaşık olarak 1,5 kg organik atık oluşmaktadır. Tatil köyünde bir günde çıkan çöp miktarı;

$$1,5 \text{ kg/kişi} \times 1.200 \text{ kişi} = 1.800 \text{ kg/gün} \quad (8.1)$$

olarak bulunur. Tatil köyündeki diğer organik atıkların da günde yaklaşık 125 kg olduğu kabul edilirse toplam ;

$$1.800 \text{ kg/gün} + 200 \text{ kg/gün} = 2.000 \text{ kg/gün} \quad (8.2)$$

organik atık oluşmaktadır.

1 kg yemek atığından ortalama 0,3 m³ biyogaz elde edilmektedir. Toplam biyogaz miktarı (8.3) eşitliğiyle hesaplanır.

$$0,3 \text{ m}^3/\text{kg} \times 2.000 \text{ kg} = 600 \text{ m}^3/\text{gün} \quad (8.3)$$

$$600 \text{ m}^3/\text{gün} = 600/24 \text{ m}^3/\text{h} = 25 \text{ m}^3/\text{h} \quad (8.4)$$

1 m³ biyogazın ortalama ısı değeri 20.930 kJ'dir.

Tatil köyündeki organik atıklardan elde edilen ısı enerjisi (8.5) eşitliğiyle bulunur.

$$25 \text{ m}^3/\text{h} \times 20.930 \text{ kJ/m}^3 = 523.250 \text{ kJ/h} = 145,3 \text{ kW} \quad (8.5)$$

Sistemde güneş kollektöründen gelen buhar yetmediği zaman devreye girecek olan kazanın kapasitesi, absorbsiyonlu chillerin %100'e yakın verimle çalışması için, 8 atm 2.250 kg/h üretecek şekilde seçilmiştir.

Sistemdeki kayıplar nedeniyle, kazan hesabı yapılırken ihtiyaç duyulan buhar kapasitesi yaklaşık %10 arttırılarak hesaplama yapılmalıdır.

$$8 + 8 \times 0,1 = 8,8 \text{ atm} \quad (8.6)$$

$$8,8 \text{ atm} = 8,8 \times 1,0194 \text{ bar} = 8,97 \text{ bar} \approx 9 \text{ bar}$$

Sistem için gerekli olan ısı enerjisi miktarı (8.7) eşitliğiyle bulunur.

$$9 \text{ bar doymuş buharın entalpisi ; } h_2 = 2772,1 \text{ kJ/kg}$$

$$1 \text{ bar doymuş suyun entalpisi ; } h_1 = 417,51 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_1 = m_{\text{buhar}} (h_2 - h_1) \quad (8.7)$$

$$Q_1 = 2250 (2772,1 - 417,51)$$

$$Q_1 = 5.176.327 \text{ kJ/h} = 1437,8 \text{ kW}$$

Buhar kazanı için gerekli biyogaz miktarı (8.8) eşitliğiyle hesaplanır.

η : Kazan verimi

H_u : Yakıtın alt ısı değeri

$$m = Q_1 / \eta H_u \quad (8.8)$$

$$m = 5176327 / (0,9 \times 20930)$$

$$m = 275 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$600 \text{ m}^3/\text{gün} / 275 \text{ m}^3/\text{h} = 2,18 \text{ h/gün}$$

8.2 Parabolik Oluk Tip Kollektörden Elde Edilen Isı Enerjisi

Sistemdeki kızgın su kollektör borusunun içinden geçerken ısınmakta, ısı enerjisini absorbsiyonlu chillerde kaybedip tekrar kollektöre dönmektedir. Kollektör boruları siyah seçici yüzeyle kaplı olduklarından üzerlerine gelen güneş ışıınının bir kısmını ortama geri verirler. Suyu ısıtacak olan faydalı ısı enerjisi (7.1) eşitliğiyle hesaplanır.

$$q_{\text{faydalı}} = q_{\text{ışınım}} - k (T_s - T_{\text{ç}}) - \varepsilon \sigma (T_s^4 - T_{\text{ç}}^4)$$

$$q_{\text{taşınım}} = k (T_s - T_{\text{ç}})$$

$$q_{\text{ışınım}} = \varepsilon \sigma (T_s^4 - T_{\text{ç}}^4)$$

Absorber boru sıcaklığı, dış ortam sıcaklığından fazla olduğu için ortama taşınım ve ışıınımla ısı kaybı olmaktadır. Absorber borudan dış ortama taşınım ile olan ısı transferini hesaplamak

için, kollektörde kullanılması gereken optimum boru çapını ve boru uzunluğunu bulmamız gerekmektedir.

Parabolik oluk tip kollektörle, boru yüzeyinde düzgün dağılımlı bir ısıtma sağlandığını kabul edersek, akışkana olan ısı akısının boru boyunca sabit olduğu varsayılabilir.

Meteoroloji istasyonundan Antalya için alınan saatlik ışıınım değerlerinden faydalanılarak kollektör tarafından absorbe edilen güneş enerjisi miktarı bulunur. Antalya için güneş ışıınım değeri ; $1692 \text{ kJ/hm}^2 = 0,47 \text{ kW/m}^2$ dir.

Parabolik oluk tip güneş kollektörü ile 187°C , 12 bar basınçta kızgın su elde edilmektedir. Buhar eşanjörüne giden kızgın su, kollektöre 155°C , 5,4 bar basınçta dönmektedir. Buhar eşanjöründen 2.250 kg/h 152°C , 5 bar buhar elde edilmektedir. Kollektör ve eşanjör hattındaki su debisi (7.2) eşitliğiyle hesaplanır.

5 bar doymuş buharın entalpisi ; $h_2 = 2747,5 \text{ kJ/kg}$

1 bar doymuş suyun entalpisi ; $h_1 = 417,51 \text{ kJ/kg}$

$$Q_2 = m_{\text{buhar}}(h_2 - h_1) \quad (8.9)$$

$$Q_2 = 2250 (2747,5 - 417,51)$$

$$Q_2 = 5.242.500 \text{ kJ/h} = 1456,2 \text{ kW}$$

12 bar doymuş suyun entalpisi ; $h_2' = 798,43 \text{ kJ/kg}$

5,4 bar doymuş suyun entalpisi ; $h_1' = 652,76 \text{ kJ/kg}$

$$Q_3 = m_{\text{su}} (h_2' - h_1') \quad (8.10)$$

$$Q_3 = m_{\text{su}} (798,43 - 652,76)$$

$$Q_3 = 5.242.500 \text{ kJ/h}$$

$$m_{\text{su}} = 35.988,8 \text{ kg/h}$$

$$m_{\text{su}} = 9,99 \text{ kg/s}$$

Sabit kesit alanlı boruda, sürekli akış için ortalama hız değeri kabul edilecek hesaplar buna göre yapılmıştır.

$$m_{\text{su}} = \rho u_m A \quad (8.11)$$

Su debisi ve su hızına göre boru çapı tayin etme tablosundan, boru çapı $D_1 = 90$ mm olarak seçilmiştir. Seçilen çapa göre su hızı bulunarak kontrol yapılmış olur.

$$\rho_{su} = 917 \text{ kg/m}^3$$

$$A_1 = \pi D_1^2 / 4$$

$$u_m = m_{su} / (\rho_{su} A_1)$$

$$u_m = 9,99 / (917 \times \pi \times 0,09^2 / 4)$$

$$u_m = 1,71 \text{ m/s}$$

$u_m = 1,71 \text{ m/s}$ su hızı için uygun bir değer olduğundan seçtiğimiz boru çapı doğrudur.

Aynı şekilde buhar boruları için çap tayin etme tablosundan $D_2 = 100$ mm olarak seçilmiştir.

Seçilen çapa göre buhar hızı aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$\rho_{buhar} = 3,02 \text{ kg/m}^3$$

$$A_2 = \pi D_2^2 / 4$$

$$m_{buhar} = 2.250 \text{ kg/h}$$

$$m_{buhar} = 0,625 \text{ kg/s}$$

$$u_m = m_{buhar} / (\rho_{buhar} A_2)$$

$$u_m = 0,625 / (3,02 \times \pi \times 0,1^2 / 4)$$

$$u_m = 26,36 \text{ m/s}$$

$u_m = 26,36 \text{ m/s}$ buhar hızı için uygun bir değer olduğundan seçtiğimiz boru çapı doğrudur.

k : Cr-Ni borunun ve yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısı

Boru üzerinde yalıtım malzemesi olarak $l_{cam} = 60$ mm kalınlığında cam bulunmaktadır.

$$\lambda_{cam} : 0,14 \text{ kJ/hmK}$$

$D_1 = 90$ mm olarak seçtiğimiz su borusunun kalınlığı $l_{boru} = 10\text{mm}$ 'dir.

$$\lambda_{boru} : 61,19 \text{ kJ/hmK}$$

$$1/k = (l_{boru} / \lambda_{boru}) + (l_{cam} / \lambda_{cam})$$

(8.12)

$$1/k = (0,01/ 61,19) + (0,06 / 0,14)$$

$$k = 2,34 \text{ kJ} / \text{hm}^2\text{K} = 0,00065 \text{ kW/m}^2\text{K}$$

$$Q_{\text{faydalı}} = 1692 \times 15 - 2,34 \times (160-40) - 0,9 \times 20,7 \times 10^{-8} [(160+273)^4 - (40+273)^4]$$

$$Q_{\text{faydalı}} = 24.596 \text{ kJ} / \text{hm}^2 = 6,83 \text{ kW/m}^2$$

$$Q = A_{\text{boru}} \times Q_{\text{faydalı}} \quad (8.13)$$

$$5.242.500 = A_{\text{boru}} \times 24.596$$

$$A_{\text{boru}} = 213 \text{ m}^2$$

8.3 Çift Etkili Buharlı Chillerle Tek Etkili Sıcak Sulu Chillerin Karşılaştırılması

$$\text{COP}_1 = \text{Soğutma etkisi/ Sisteme eklenen ısı} \quad (8.14)$$

Seçilen buharlı chillerin soğutma kapasitesi, katalogtan $6.329.232 \text{ kJ/h} = 1758,12 \text{ kW}$ olarak bulunmuştur.

$$\text{COP}_1 = 6.329.232 / 5.242.500$$

$$\text{COP}_1 = 1,2$$

Buharlı absorpsiyonlu chiller yerine, sıcak sulu absorpsiyonlu chiller kullanılırsa, COP değeri daha düşük olmaktadır.

Seçilen sıcak sulu sistem $95^\circ\text{C} - 80^\circ\text{C}$ giriş – çıkış sıcaklıklarında, $70,1 \text{ m}^3/\text{h}$ sıcak su ile çalışmaktadır. Bu chillerden iki adet kullanılırsa toplam soğutma yükü karşılanabilmektedir. Bir adet sıcak sulu chillere verilmesi gereken ısı enerjisi aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$95^\circ\text{C} \text{ suyun entalpisi ; } h_2 = 398,3 \text{ kJ/kg}$$

$$80^\circ\text{C} \text{ suyun entalpisi ; } h_1 = 335,63 \text{ kcal/kg}$$

$$\rho_{\text{su}} = 970 \text{ kg/m}^3$$

$$m_{\text{su}} = 70,1 \times 970$$

$$m_{\text{su}} = 67.997 \text{ kg/h}$$

$$Q = m_{\text{su}} (h_2 - h_1)$$

$$Q = 67997 \times (398,3 - 335,63)$$

$$Q = 4.261.372 \text{ kJ/h}$$

$$Q_{\text{toplam}} = 2 \times 4.261.372$$

$$Q_{\text{toplam}} = 8.522.744 \text{ kJ/h} = 2367,4 \text{ kW}$$

Seçilen sıcak sulu chillerin soğutma kapasitesi, katalogtan $6.379.865 \text{ kJ/h} = 1772,2 \text{ kW}$ olarak bulunmuştur.

$$\text{COP}_2 = \text{Soğutma etkisi} / \text{Sisteme eklenen ısı}$$

$$\text{COP}_2 = 6.379.865 / 8.522.744$$

$$\text{COP}_2 = 0,75$$

Görüldüğü gibi çift etkili soğutma sisteminin, soğutma tesir katsayısı tek etkili sistemden daha fazladır. Yatırım maliyeti olarak da sıcak sulu sistemden iki adet gerektiğinden, soğutma için çift etkili buharlı absorpsiyonlu chiller kullanılmalıdır.

8.4 Absorpsiyonlu Sistemle Kompresörlü Sistemin Maliyet Analizi

Tatil köyünde esas soğutma ihtiyacının olduğu saatler 18:00-10:00 arasındaki 16 saatlik periyottur. Günün kalan 8 saatinde ihtiyaç olan soğutma yükünün 242.500 kJ/h ısı enerjisiyle karşılanacağını kabul edersek, geriye kalan ısı depolanır. (8.12) eşitliğiyle depolanan ısı enerjisi hesaplanır.

$$Q_{\text{güneş}} = 8\text{h} \times (5.242.500 - 242.500) = 40.000.000 \text{ kJ} \quad (8.12)$$

16 saatlik periyotta ihtiyaç duyulan ısı enerjisi (8.13) ile hesaplanır.

$$Q_{\text{ihtiyaç}} = 16\text{h} \times 5.176.327 \text{ kJ/h} = 82.821.232 \text{ kJ} \quad (8.13)$$

Buhar kazanında biyogaz yakılmasıyla elde edilen ısı enerjisi (8.14) eşitliğiyle hesaplanır.

$$Q_{\text{biyogaz}} = 2,18 \text{ h} \times 5.176.237 \text{ kJ/h} = 11.284.196 \text{ kJ} \quad (8.14)$$

Biyogaz ve güneş enerjisinden elde edilen ısı enerjilerini, ihtiyaç duyulan ısı enerjisinden çıkararak, buhar kazanı için gereken ek yakıt miktarı bulunur. (8.15)

$$Q_{\text{fuel oil}} = Q_{\text{ihtiyaç}} - Q_{\text{güneş}} - Q_{\text{biyogaz}} \quad (8.15)$$

$$Q_{\text{fuel oil}} = 82.821.232 - 40.000.000 - 11.284.196$$

$$Q_{\text{fuel oil}} = 31.537.036 \text{ kJ/h} = 8760,3 \text{ kW}$$

Bir günde kullanılması gereken fuel oil aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$\eta_{\text{fuel oil}}$: Kazan verimi = 0,8

$Hu_{\text{fuel oil}}$: Yakıtın alt ısı değeri = 41.860 kJ/kg

$$m = Q / \eta Hu$$

$$m = 31.537.036 / (0,8 \times 41.860)$$

$$m = 942 \text{ kg}$$

Tatil köyünün soğutma ihtiyacı için gereken enerjiyi sadece güneş ile karşılamak istersek, gerekli olan kollektör alanı aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$Q_{\text{ihtiyaç}} = 82.821.232 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{ihtiyaç}} = Q_{\text{güneş}}$$

$$Q_{\text{güneş}} = 8h \times (Q - 242.500)$$

$$82.821.232 = 8Q - 242.500$$

$$Q = 11.132.966 \text{ kJ/h} = 3092,5 \text{ kW}$$

$$Q = A_{\text{boru2}} \times Q_{\text{faydalı}}$$

$$11.132.966 = A_{\text{boru2}} \times 24.596$$

$$A_{\text{boru2}} = 453 \text{ m}^2$$

İlk bulduğumuz güneş kollektörü boru alanı $A_{\text{boru1}} = 213 \text{ m}^2$ için gerekli olan boş alan, tatil köyü yemekhane ve kapalı alan çatıları ile sağlanabilmektedir. Ama sadece güneş enerjisi kullanarak ısı elde edersek $A_{\text{boru2}} = 453 \text{ m}^2$ alana ihtiyacımız olacaktır ve bu alan çatı ile sağlanamamaktadır. Bunun için açık alanlara da kollektör koymamız gerekmektedir. Bu şekilde hem borulama mesafesi artacak, hem de tatil köyünde istenmeyen bir açık alan kaybı olacaktır.

8.4.1 Absorbsiyonlu Chiller İle Çalışan Sistem Elemanları

Absorbsiyonlu Chiller : 125.000 € (Century / Dizaynteknik)

Güneş Kollektörü : 75.000 € (Solitem)

Biyogaz Tesisi : 30.000 € (Akua)

Buhar Kazanı : 130.000 € (Isısan)

Buhar Eşanjörü : 25.000 € (Borçem)

Kızgın Su Deposu : 2.500 €

Soğuk Su Deposu : 2.500 €

Soğutma Kulesi : 25.000 € (Aldağ)

Buhar ve Su Tesisatı : 15.000 €

TTM1: Toplam tesis maliyeti : 430.000 €

Günde yaklaşık $E_{\text{toplam1}} = 250$ €/gün fuel oil maliyeti ve absorpsiyonlu chiller için elektrik tüketimi olmaktadır.

8.4.2 Kompresörlü Chiller İle Çalışan Sistem Elemanları

Kompresörlü Chiller : 70.000 € (Century / Dizaynteknik)

Soğuk Su deposu : 2.500 €

Su Tesisatı : 5.000 €

TTM2 : Toplam tesis maliyeti : 77.500 €

Günde yaklaşık 8.000 kw/gün elektrik tüketimi olmaktadır.

$$1 \text{ kW} = 0,069 \text{ €}$$

$$E_{\text{toplam2}} = 0,069 \times 8000 = 552 \text{ €/gün}$$

İki sistem arasındaki günlük işletme maliyeti farkı,

$$E = E_{\text{toplam2}} - E_{\text{toplam1}}$$

$$E = 552 - 250 = 302 \text{ €/gün}$$

İki sistem arasındaki yatırım maliyeti farkı,

$$T = \text{TTM1} - \text{TTM2}$$

$$T = 430.000 - 77.500 = 352.500 \text{ €}$$

İki sistem arasındaki yıllık işletme ve bakım giderleri farkı,

$$\dot{I}BG = \dot{I}BG1 - \dot{I}BG2$$

$$\dot{I}BG = 2.500 - 2.000 = 500 \text{ € / yıl}$$

Tatil köyünün Nisan-Ekim sezonu boyunca faaliyette olduğu kabul edilirse, tesis yılda yaklaşık 210 gün çalışmaktadır.

$$\dot{I}BG = 500 / 210 = 2,4 \text{ €/gün}$$

Absorbsiyonlu chillerin yatırım maliyetini amorti etme süresi ;

$$T / E = 352.500 / (302+2,4) = 1158 \text{ gün}$$

$$1158 \text{ gün} / 210 \text{ gün/yıl} = 5,5 \text{ yıl}$$

Tatil köyü absorbsiyonlu chiller ile yapılan tesisin yatırım maliyetini 5,5 yılda amorti edecek ve daha sonraki yıllarda da elektrik tüketimi azaldığı için işletme maliyetleri azalacaktır.

Absorbsiyonlu sistem tesisi yatırım maliyetini amorti ettikten sonra her yıl tasarruf sağlanmış olacaktır. İki sistem arasındaki yıllık işletme maliyetleri farkı aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$E = 552 - 250 = 302 \text{ €/gün}$$

$$E = 302 \times 210 = 63.420 \text{ € / yıl}$$

$$\dot{I}BG = 2.500 - 2.000 = 500 \text{ € / yıl}$$

$$YTM = E + \dot{I}BG$$

$$YTM = 63.420 + 500$$

$$YTM = 63.920 \text{ € / yıl}$$

9. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Yeryüzünde insanların yaşaması için elverişli olan alanlar kullanılmakta olan petrol, kömür, doğalgaz ve nükleer enerji kaynaklarından dolayı zamanla ortadan kalkmaktadır. Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş, rüzgar ve jeotermal enerji potansiyeli bakımından diğer birçok ülkeye göre şanslı konumdadır. Yenilenebilir enerji kaynakları açısından yüksek potansiyellere sahip olan ülkemizin hem dışa bağımlılığının azaltılması hem de gelecek nesillerin sağlıklı ortamlarda yaşayabilmesi için mevcut yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına hız verilip, bu kaynakların en iyi şekilde değerlendirilmesi yoluna gidilmelidir.

Soğutma için ısı enerjisinin kullanıldığı absorpsiyonlu soğutma sistemleriyle, günümüzün pahalı enerji ile çalışan sistemleri karşılaştırıldığında absorpsiyonlu sistemler geniş bir uygulama alanı ile cazip bir seçenek haline gelmiştir. Absorpsiyon yöntemiyle çalışan soğutma çevrimlerinde birincil enerji olarak buhar veya sıcak su kullanılmaktadır. Bu sistemler özellikle ısı kaynağının bol ve ucuz olduğu yerlerde verimli ve ekonomik olmaktadır. Dolayısıyla güneş enerjisi, biyogaz enerjisi ve atık ısı olan yerlerde absorpsiyonlu soğutma sistemleri ekonomik olarak kullanılmaktadır. Güneşli günlerin 300 günden fazla olduğu Akdeniz Bölgesindeki oteller ve buhar ihtiyacı olan endüstriyel tesislerde, güneş enerjisi ile soğutma uygulamaları ekonomik olacaktır. Akdeniz Bölgesindeki tatil köylerinin çoğu herşey dahil sistemi ile hizmet vermektedir. Bunun sonucu olarak bu tesislerde ortaya çıkan günlük çöp miktarları da diğer tesislere göre çok fazla olmaktadır. Tatil köylerinde çöp toplama zamanına kadar, bu çöplerin sağlıklı ve kokusuz bir şekilde saklanması gerekmektedir. Bunun için soğuk depolar kullanılmaktadır. Çöplerden biyogaz elde edilmesiyle, soğuk odadan dolayısıyla soğutma cihazının günlük elektrik tüketiminden de tasarruf edilmiş olunacaktır.

Güneş Kuşağı içinde yer alan ülkemizin, DMİ Genel Müdürlüğü'nde mevcut bulunan güneş enerjisi ile ilgili kayıtların değerlendirilmesi sonucu, yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat ve ışıyım şiddeti değeri de $1311 \text{ kWh} / \text{m}^2$ bulunmuştur ve bu değerler birçok Avrupa ülkesinin üzerindedir. Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerine bir yıl boyunca gelen güneş ışıyım şiddeti diğer bölgelerimizden daha fazla, Ege, Doğu Anadolu Güneydoğu Anadolu ve İç Anadolu bölgelerinin güneş ışıyım şiddetleri de bu bölgelere yakın değerdedir. Bu bölgelerde güneş enerjisinden en üst seviyede faydalanma yoluna gidilmelidir.

Özellikle kırsal kesimlerde kurulacak küçük ölçekli biyogaz tesisleri ile hayvan dışkılarından,

büyük şehirlerde ise çöp termik santralleri kurularak biyogaz eldesi sağlanmalıdır.

Bütün yenilenebilir enerji verileri toplanıp kullanıcılara sunulmalı, yenilenebilir enerji teknolojilerinin sadece dışarıdan satın alma yoluyla kullanımı yerine araştırma geliştirme çalışmalarına hız verilip ilk yatırım maliyetlerinin düşürülmesi yoluna gidilmelidir. Devlet bu kaynakların kullanımında öncü rolü üstlenip özel kuruluşlara destek olmalı ve özel kuruluşların bütçelerinden yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı yada araştırma çalışmaları için belli bir miktar pay ayırmaları zorunluluğu getirilmelidir.



KAYNAKLAR

- ASHRAE Fundamentals Handbook, (1996), Termodinamik ve Soğutma Çevrimleri (Çev., O. Genceli), Tesisat Mühendisleri Derneği Yayınlar:2, İstanbul.
- Çakmanus, İ., (2001), "Türkiye'nin Enerji Problemleri ve Çözüm Önerileri", Mühendis ve Makine, Ocak 2001, 492: 29-34.
- Çengel, Y.A. ve Boles, M.A., (1996), Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik (Çev., T. Derbentli), Literatür, İstanbul.
- Dewitt, D.P. ve Incropera, F.P., (2001), Isı Ve Kütle Geçişinin Temelleri (Çev., T. Derbentli), Literatür, İstanbul.
- Dağsöz, A.K., (1981), Soğutma Tekniği, Kipaş, İstanbul.
- Eğrican, N.,(1999),"Yenilenebilir Enerji Kaynakları", Sürdürülebilir Enerji Teknolojilerindeki Gelişmeler ve Türkiye'deki Uygulamaları Konferansı Bildiriler Kitabı, 3-4 Nis. 1999,İstanbul.
- Kılıç, A.ve Öztürk, A., (1984), Güneş Işınımı ve Düz Toplayıcılar, Segem, Ankara.
- Koeppel, E.A., (1994), The Modeling, Performance and Optimal Control of Absorption Chillers, Master of Science, University of Wisconsin-Madison.
- Küçükçalı, R., (2000), Buhar Tesisatı, Isısan Çalışmaları No.252, İstanbul.
- Lokurlu, A., (2004), "Güneş Enerjisi İle Buhar Üretimi Ve Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi Uygulaması", Tesisat Dergisi,102:106-110.
- Üyarel, A.Y. ve Öz, E.S., (1997), Güneş Enerjisi ve Uygulamaları, Birsan Yayınevi, Ankara.
- Ünlü, C., (2003), Buhar Tesisatları Ve Buhar Cihazları El Kitabı, InterValf, İstanbul.

INTERNET KAYNAKLARI

- [1]www.eie.gov.tr
- [2]www.biogas.org.uk
- [3]www.biyogaz.com
- [4]www.dae.gov.in
- [5]www.gantep.edu.tr
- [6]www.solitem.com.tr
- [7]www.tusiad.org.tr

EKLER (CD içinde verilmiştir)

- Ek 1 Century absorbsiyonlu chiller katalođu
- Ek 2 Isısan buhar kazanı kataloğu
- Ek 3 Aldağ soğutma kulesi katalođu
- Ek 4 Doymuş su ve su buharının termofiziksel  zellikleri
- Ek 5 Buhar boruları çap tayin etme tablosu
- Ek 6 Yarı kesikli üreteçlerde gıda artıklarının biyogaz verimlilikleri



Ek 6 Yarı kesikli üreteçlerde gıda artıklarının biyogaz verimlilikleri

Gıda artığı	HRT (gün)	T (°C)	Giren				Çıkan				Metan	
			PH	TK	KOİ	UKM	PH	TK	KOİ	UKM	%	Verim
Saman ve inek gübresi	15						6.98	53.2	30.2	44.4	31.1	0.42
	10	35	5.72	78	102.8	66	6.72	45.9	32.1	38.5	37.4	0.73
	8						6.98	52.6	28.8	40.8	40.0	0.88
Peynir altı suyu, Sığır gübresi ve tavuk artığı	10	40	-	6	-	-	-	-	-	-	62.0	2.2
Palm yağı	6-7	50						62.0	57.0		70.0	
Buğday samanı	15						7.3	48	20.0	21.0	31.2	0.49
	10	55	7.2	50	59.33	35.32	7.3	49.1	26.0	21.3	33.7	0.42
	8						7.3	48.7	29.8	21.8	25	0.45
Ayçiçek artıklar	15						7.0	18.48	17.08	10.54	62	0.18
	10	55	6.8	20	21.32	13.54	6.9	18.34	17.25	9.10	58	0.28
	8						6.9	17.29	16.9	10.24	48	0.37
Meyve ve sebze	24						7.1	-	-	341*	61.2	0.82
	16	30	-	40	-	94.3	7.1	-	-	610*	51.1	1.09
	8						4.6	-	-	6430*	22	0.62
Bisküvi ve çukolata	40	20					6.7	-	-	480*	57	1.45
	30	to	6.5	100		195*	5.3	-	-	9200*	42	0.78
	20	40					4.8	-	-	-	-	-
Zeytinyağı	44.8						7.4	-	1.6	-	-	0.25
değirmen suyu	22.4	-	5.0	37.6	40	28	7.3	-	2.4	-	-	0.47
	11.2						7.4	-	3.5	-	-	0.87
Zeytin küspesi	10		-	10	182.5	-	6.79	4.84	148.5	-	79	0.38
	20	37	-	10	182.5	-	7.85	4.08	101.3	-	82	0.55
	30		-	10	182.5	-	7.65	6.49	86.5	-	84	0.39
	40		-	10	182.5	-	7.82	6.78	82.9	-	83	0.32

- TK: Toplam katı kg/m^3
 - KOİ: Kimyasal oksijen ihtiyacı, kg/m^3
 - UKM: Uçucu katı madde miktarı kg/m^3
 - HRT: Alıkoyma süresi (gün)
- *Uçucu yağ asidi (UYA mg/lt)
- **Verim (m^3 metan/ m^3 üreteç hacmi.gün)



ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 04.08.1980

Doğum yeri İstanbul

Lise 1994-1997 Özel Üsküdar Fen Lisesi

Lisans 1997-2001 Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fak.
Makine Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2001-2005 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Müh. Anabilim Dalı, Isı Proses Programı

