

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DEĞİŞİK YÜZEY GEOMETRİLERİNE SAHİP
HAVALI KOLLEKTÖRLERİN TASARLANMASI VE ISIL
PERFORMANSININ DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI**

Hakan KARAKAYA

Tez Yöneticisi:
Yrd.Doç. Dr. Aydın DURMUŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

ELAZIĞ, 2005

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DEĞİŞİK YÜZEY GEOMETRİLERİNE SAHİP
HAVALI KOLLEKTÖRLERİN TASARLANMASI VE ISIL
PERFORMANSININ DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI**

Hakan KARAKAYA

Yüksek Lisans Tezi
Makine Eğitimi Ana Bilim Dalı

Bu tez, 13.02.2005.... tarihinde aşağıda belirtilen jüri tarafından oybirliği /oyçokluğu ile başarılı / başarısız olarak değerlendirilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Aydın DURMUŞ

Üye: Prof. Dr. Cengiz YILDIZ

Üye: Yrd. Doç. Dr. Celal SARILMAZ

Üye:

Üye:

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 15.10.2005 tarih ve 2005/22-7..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalıőmamda benden yardımlarını esirgemeyen Danışman Hocam Yrd.Doç.Dr. Aydın DURMUŞ'a, Arő. Gör. İrfan KURTBAŐ'a, Arő. Gör. Abdullah AKBULUT'a, Arő. Gör. Fevzi GÜLÇİMEN'e, arkadaőım İlker SUGÖZÜ'ne, Fakültemiz Makine Eğitimi Bölümü ve Metal Eğitimi Bölümü Atelye teknisyenlerine ve bugünlere gelmemde büyük emeği olan Aileme maddi ve manevi desteklerinden dolayı teőekkürlerimi sunarım.

Hakan KARAKAYA



İÇİNDEKİLER

Sayfa No:

TEŞEKKÜR	
İÇİNDEKİLER.....	I
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	III
TABLolar LİSTESİ.....	VI
SİMGELER LİSTESİ.....	VII
ÖZET.....	IX
ABSTRACT.....	X
1.GİRİŞ.....	1
2.LİTERATÜR TARAMASI.....	3
3. ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARI İÇERİSİNDE GÜNEŞ ENERJİSİNİN YERİ VE ÖNEMİ.....	8
3.1.Enerji İhtiyacı İçin Güneş.....	8
3.2.Güneş'in Fiziksel Ve Kimyasal Yapısı.....	8
3.3.Dünyanın Sahip Olduğu Güneş Enerjisi.....	10
3.4.Güneş Işınımının Dünya'ya Ulaşması Ve Doğal Denge.....	12
3.5.Güneş Enerjisi.....	13
3.6.Güneş Enerjisinin Kullanım Alanları.....	14
3.7.Güneş Enerjisi Sistemleri.....	15
3.7.1.Fotovoltaik Üreteçler.....	15
3.7.2.Güneş Havuzları.....	15
3.7.3.Uydu Güç Sistemleri.....	16
3.7.4.İsı Borusu.....	16
3.8.Güneş Açılırları.....	16
3.8.1.Esas Güneş Açılırları.....	16
3.8.1.1.Enlem Açısı.....	17
3.8.1.2.Saat Açısı.....	17
3.8.1.3.Deklinasyon Açısı.....	17
3.8.2.Türetilen Güneş Açılırları.....	17
3.8.2.1.Zenit Açısı.....	17
3.8.2.2.Güneş Yükseklik Açısı.....	17
3.8.2.3.Güneş Azimut Açısı.....	17
3.9.Güneş Ve Dünya'nın Sahip Olduğu Bazı Değerler.....	17
4.GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİ.....	19

4.1.Kollektör Tipleri.....	21
4.1.1.Düzlemsel Kollektörler.....	21
4.1.1.1.Havalı Güneş Kollektörleri.....	24
4.1.1.1.1.Saydam Örtü.....	26
4.1.1.1.2.Yutucu Yüzey.....	29
4.1.1.1.3.Yalıtım.....	39
4.1.1.1.4.Kasa Malzemesi Ve İzolasyonu.....	40
5.DENEY DÜZENEGİNİN TANITILMASI VE DENEYLERİN YAPILIŞI.....	44
5.1. Kollektörler.....	46
5.2.Radyal Fan.....	50
5.3.Ölçüm Elemanları.....	50
5.3.1.Manometre.....	50
5.3.2.Rüzgar Gülü (Akış ölçer).....	51
5.3.3.Isıl çift bağlantıları.....	51
5.3.4.Komitatör (Kanal Seçici).....	51
5.3.5.Termometre.....	51
5.4.Küresel Vana.....	51
5.5.Bağlantı Elemanları.....	52
5.6.Kollektör Sehpaı.....	52
5.7.Deneylerin Yapılışı.....	52
5.8.Deneysel Hesap Yöntemi.....	53
6.EKSERJİ ANALİZİ.....	55
7.BULGULAR VE İRDELEME.....	58
8.SONUÇLAR.....	85
KAYNAKLAR.....	86
ÖZGEÇMİŞ.....	91

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No:

Şekil3.1 Dünya'nın Güneş etrafındaki eliptik yörüngesi.....	10
Şekil3.2 Güneş ışınlarının dağılımı.....	11
Şekil3.3 Güneş ışınlarının doğrudan yayınık olarak yeryüzüne ulaşması.....	12
Şekil3.4 Yeryüzüne ulaşan Güneş ışınımı ve doğal denge.....	13
Şekil4.1 Kollektörlerde ısı analiz giren temel parametreler.....	18
Şekil4.2Düzlemsel bir kollektörün kesiti.....	22
Şekil4.3Değişik havalı kollektör dizaynları.....	25
Şekil4.4 Sulu bir Güneş kollektörü.....	25
Şekil4.5 Düzlemsel bir kollektör.....	26
Şekil 4.6 Saydam örtü olarak ek bir cam kullanılan kollektörde enerji değişimleri.....	27
Şekil4.7 Havalı kollektörlerde kullanılan yutucu yüzey geometrilerinden bazıları.....	31
Şekil4.8 Havalı kollektörde kullanılan iki farklı yutucu plaka.....	32
Şekil4.9 Düz yutucu yüzeyli seri bağlanmış çift camlı havalı kollektör.....	32
Şekil 4.10 Zıt yönlü ve aynı yönlü ik iakışlı havalı kollektör.....	33
Şekil 4.11 Üst üste yutucu plakaları cam olan havalı kollektör.....	33
Şekil 4.12 Yutucu yüzeyi oluklu olan bir havalı kollektör.....	34
Şekil 4.13 Yutucu plaka altındaki kanatların görünüşü.....	35
Şekil 4.14 Yutucu plakası parlak metal olan yüzeyin kızıl ötesi ışınları yansıtması.....	37
Şekil 4.15 Yutucu plakadaki seçici yüzeyin gelen ışığı emmesi ve yansıtması.....	37
Şekil 4.16 Ağaç kasete sahip bir havalı kollektör.....	41
Şekil 4.17 Metal kasete sahip bir havalı kollektör ve kesit görünüşü.....	43
Şekil5.1 Deney düzeneğinin şematik olarak görünüşü.....	44
Şekil 5.2 Deney düzeneğinin önden görünüşü.....	45
Şekil 5.3 Deney düzeneğinin yandan görünüşü.....	45
Şekil 5.4 Deney düzeneğinin arkadan görünüşü.....	46
Şekil 5.5 III. Kollektörün iç yüzeyi (10 cm).....	47
Şekil 5.6 II. Kollektörün iç yüzeyi (15cm).....	47
Şekil 5.7 I. Kollektörün iç yüzeyi (20cm).....	48
Şekil 5.8 Kollektörlerin iç yüzeyindeki spiral kanallar.....	49
Şekil 5.9 Kollektörlerin iç yüzeyindeki spiral kanallar.....	49
Şekil 5.10 Kollektörlerin iç yüzeyindeki spiral kanallar.....	50
Şekil 7.1 I. Kollektörde $m=0,04$ kg/sn için verim, ışınım, zaman grafiği	58

Şekil 7.2 I. Kollektörde $m=0,04$ kg/sn için sıcaklık farkı ışıınım zaman grafiği.....	58
Şekil 7.3 I. Kollektörde $m=0,03$ kg/sn için verim ışıınım zaman grafiği.....	59
Şekil 7.4 I. Kollektörde $m=0,03$ kg/sn için sıcaklık farkı, ışıınım, zaman grafiği.....	59
Şekil 7.5 I. Kollektörde $m=0,02$ kg/sn için verim, ışıınım, zaman grafiği	59
Şekil 7.6 I. Kollektörde $m=0,02$ kg/sn için sıcaklık farkı, ışıınım, zaman grafiği	60
Şekil 7.7 I. Kollektörde $m=0,01$ kg/sn için verim, ışıınım, zaman grafiği.....	61
Şekil 7.8 I. Kollektörde $m=0,01$ kg/sn için sıcaklık farkı, ışıınım, zaman grafiği.....	62
Şekil 7.9 I. Kollektörde dört farklı debi için verim, zaman grafiği.....	63
Şekil 7.10 II. Kollektörde $m=0,04$ kg/sn için verim, ışıınım, zaman grafiği.....	63
Şekil 7.11 II. Kollektörde $m=0,04$ kg/sn için sıcaklık farkı, ışıınım, zaman grafiği.....	64
Şekil 7.12 II. Kollektörde $m=0,03$ kg/sn için verim, ışıınım, zaman grafiği.....	65
Şekil 7.13 II. Kollektörde $m=0,03$ kg/sn için sıcaklık farkı, ışıınım, zaman grafiği.....	65
Şekil 7.14 II. Kollektörde $m=0,02$ kg/sn için verim, ışıınım, zaman grafiği.....	66
Şekil 7.15 II. Kollektörde $m=0,02$ kg/sn için sıcaklık farkı, ışıınım, zaman grafiği.....	66
Şekil 7.16 II. Kollektörde $m=0,01$ kg/sn için verim, ışıınım, zaman grafiği.....	67
Şekil 7.17 II. Kollektörde $m=0,01$ kg/sn için sıcaklık farkı, ışıınım, zaman grafiği.....	67
Şekil 7.18 II. Kollektörde dört farklı debi için verim, zaman grafiği.....	68
Şekil 7.19 III. Kollektörde $m=0,04$ kg/sn için verim, ışıınım, zaman grafiği.....	69
Şekil 7.20 III. Kollektörde $m=0,04$ kg/sn için sıcaklık farkı, ışıınım, zaman grafiği.....	69
Şekil 7.21 III. Kollektörde $m=0,03$ kg/sn için verim, ışıınım, zaman grafiği.....	70
Şekil 7.22 III. Kollektörde $m=0,03$ kg/sn için sıcaklık farkı, ışıınım, zaman grafiği.....	70
Şekil 7.23 III. Kollektörde $m=0,02$ kg/sn için verim, ışıınım, zaman grafiği.....	71
Şekil 7.24 III. Kollektörde $m=0,02$ kg/sn için sıcaklık farkı, ışıınım, zaman grafiği.....	71
Şekil 7.25 III. Kollektörde $m=0,01$ kg/sn için verim, ışıınım, zaman grafiği.....	72
Şekil 7.26 III. Kollektörde $m=0,01$ kg/sn için sıcaklık farkı, ışıınım, zaman grafiği.....	73
Şekil 7.27 III. Kollektörde dört farklı debi için verim, zaman grafiği.....	73
Şekil 7.28 Elde edilen verim eğrilerinin litertürdeki düz bir kollektör ile karşılaştırılması.....	74
Şekil 7.29 Elde edilem verim eğrilerinin farklı düzlemsel kollektörler ile karşılaştırılması.....	75
Şekil 7.30 Elde edilen verim eğrilerinin kanatçıklı bir kollektör ile karşılaştırılması.....	76
Şekil 7.31 I.Kollektör için Reynolds Sayısı ile Basınç Kaybının değişimi.....	76
Şekil 7.32 I. Kollektör için Reynolds Sayısı ile Sürtünme Kayıp Katsayısının değişimi.....	77
Şekil 7.33 I. Kollektör için Reynolds Sayısı ile Nusselt Sayısının değişimi.....	78
Şekil 7.34 II.Kollektör için Reynolds Sayısı ile Basınç Kaybının değişimi.....	78
Şekil 7.35 II. Kollektör için Reynolds Sayısı ile Sürtünme kayıp katsayısının değişimi.....	79
Şekil 7.36 II. Kollektör için Reynolds Sayısı ile Nusselt Sayısının değişimi.....	79

Şekil 7.37 III. Kollektör için Reynolds Sayısı ile Basınç Kaybının değişimi.....	80
Şekil 7.38 III.Kollektör için Reynolds Sayısı ile Sürtünme Kayıp Katsayısının değişimi.....	81
Şekil 7.39 III. Tip Kollektör için Reynolds Sayısı ile Nusselt Sayısının değişimi.....	81
Şekil 7.40 Düzlemsel Kollektör ve farklı üç tip kollektörün basınç kaybı reynolds sayısı Eğrilerinin karşılaştırılması.....	82
Şekil 7.41 Düzlemsel Kollektör ve farklı üç tip kollektörün Reynolds Sayısı ile Sürtünme Kayıp Katsayısının değişim eğrilerinin karşılaştırılması.....	82
Şekil 7.42 Düzlemsel Kollektör ve farklı üç tip kollektörün Reynolds Sayısı ile Nusselt Sayısının değişimi eğrilerinin karşılaştırılması.....	83
Şekil 7.43 Farklı üç tip kollektör için Reynolds sayısı ile Boyutsuz Ekserji Kaybının değişimi eğrilerinin karşılaştırılması.....	84



TABLolar(ÇİZELGELER) LİSTESİ

	Sayfa No:
Tablo 4.1 Yutucu yüzey malzemelerinin soğurma ve yayma katsayıları.....	23
Tablo 4.2 Saydam örtü olarak kullanılan bazı malzemelerin test değerleri.....	29
Tablo 4.3 Yutucu plaka malzemelerinin yutma, neşretme ve kırırma sıcaklığı değerleri.....	36
Tablo 4.4 Değişik malzeme yüzeylerinin Güneş ışınını yutma ve yansıtma oranları.....	38
Tablo 4.5 Kollektörlerde kullanılan değişik yalıtım malzemelerine ait bazı özellikler.....	39
Tablo 4.6 Değişik malzemelere ait boyca uzama yüzdeleri.....	42



SİMGELER LİSTESİ

A	Kolektör yüzey alanı (m^2)
A_h	Kesit alanı (m^2)
C	Akışkanın hızı (m/sn)
c_p	Sabit basınçtaki özgül ısı (j/kgK)
D_H	Hidrolik çap(m)
E	Ekserji
E_D	Boyutsuz Ekserji kaybı
f	Sürtünme Kayıp Katsayısı
h	Entalpi(j/kgK)
K_y	İzolasyon malzemesinin ısı iletim katsayısı
L	Akışkanın akım yolu uzunluğu (m)
\dot{m}	Akışkanın Kütlesel debisi (kg/sn)
Nu	Nusselt Sayısı
P	Basınç(N/m^2)
Re	Reynold Sayısı
h_d	Isıl taşınım katsayısı (W/m^2K)
ε	Yayma Katsayısı
T	Sıcaklık (K)
Q	Faydalı enerji (watt)
ρ	Akışkanın yoğunluğu (kg/m^3)
η	Verim
I	Güneş ışınım şiddeti (W/m^2)
W	İş (joule)
ΔT	Sıcaklık farkı
U	Islak çevre
q	Güneş ışınımı
α	Yutma oranı
ΔP	Basınç farkı
λ	Isıl iletim Katsayısı (W/mK)

μ Dinamik viskozite (pa.sn)

ALT İNDİSLER

i Giriş
o Çıkış
m Ortalama
e Çevre
log Logaritmik fark



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

DEĞİŞİK YÜZEY GEOMETRİLERİNE SAHİP HAVALI KOLLEKTÖRLERİN TASARLANMASI VE ISIL PERFORMANSININ DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI

Hakan KARAKAYA

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Eğitimi Ana Bilim Dalı

2005, Sayfa : 91

Havalı kollektörler için yapılan çalışmalarda tasarlanan değişik yüzey geometrilerine sahip havalı kollektörlerde pasif yöntem kullanarak kollektör ısı performansının artırılması amaçlanmaktadır. Bilindiği gibi ısıtılacak akışkanın akım yolunun uzatılması veya akım yolunda türbülans etkisinin artırılması böylece akışkanın taşınım katsayısının artırılması ile kollektörün ısı performansını artırmaktır. Mevcut havalı güneş kollektörlerinde ısı performansının havanın fiziksel özelliklerinden dolayı düşük seviyededir.

Tasarlanan 3 farklı kollektör için havanın akım yolu artırılarak bunun kollektör verimi üzerindeki etkisi araştırıldı.

Deneyler 2005 yılının Nisan ve Mayıs aylarında havanın açık olduğu günlerde Elazığ ilinde yapıldı. Deneylerden elde edilen sonuçlarla verim, basınç kaybı, sürtünme kayıp katsayısı, Nusselt sayısı, Reynold sayısı ve ekserji kaybı değerleri hesaplanarak literatürle mukayese edildi. Tasarlanan kollektörlerde düz bir havalı kollektöre göre % 31 - 45 oranlarında artış görüldü.

Anahtar Kelimeler: Güneş Enerjisi, Havalı Güneş Kollektörü, Verim, Isıl Performans.

ABSTRACT

Thesis of Master's Degree

HAVING DIFFERENT SURFACE GEOMETERS OF AIR COLLECTORS DESIGN AND INVESTIGATE THE THERMAL PERFORMANCE EXPERIMENTALLY

Hakan KARAKAYA

Firat University

The Institute of Natural Scienses

Mechanical Education Main Scientific Branch

2005, Page : 91

In studies performed for air collectors, thermal performance of the collector is increased using passive method by being designed different surface geometers. As known, Increasing of flow path and the effect of turbulance is the reason for increasing of thermal performance of solar collector. The thermal performance of extant solar collectors is found to be low level because of physical properies of the air.

In this study, three solar collector having different flow path shaped coil channels were designed. The effect of three parameters on the thermal performance of the solar collector was investigated.

The experiments were performed on the days of April and May in 2005. Efficiency of solar collector, pressure loss, friction coefficient, Nusselt number and Exergy loss were obtained by being calculated from experimental data and compared with literature. It was seen that the efficiency of solar collector increased 31-45 % compared to flat plate collector.

Key words: Solar Energy, Solar Air Collector, Efficiency, Thermal performance.

I.GİRİŞ

İnsanlar tarih boyunca çeşitli enerji kaynaklarından faydalanmışlardır. İlk zamanlar enerji ihtiyacını karşılamak için yalnızca odun, kömür ve benzeri yakacaklar kullanılmış fakat daha sonra bunların yerini petrol ve doğal gaz almaya başlamıştır. Günümüzde ise halen kullanılmakta olan enerjinin büyük bir kısmı petrol doğal gaz gibi yakacaklardan, hidrolik ve nükleer enerjiden sağlanmaktadır. Ancak teknolojinin gelişmesiyle sanayi yatırımları ve Dünya nüfusunun artması sebebiyle, enerjiye olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Dünya üzerinde çokça kullanılan petrol, doğal gaz gibi yer altı kaynaklarının yakın gelecekte tükenme ihtimalinin olması ve çevre kirliliğine sebep olmalarıyla yeni enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmuştur.

Şu an insanlar tarafından kullanılan enerjinin % 90'ı petrol, doğal gaz gibi yer altı kaynaklarından karşılanmaktadır. Fakat yer altı enerji kaynaklarının belirli bir rezerve sahip olmasından dolayı kısa bir zaman sürecinde tükenmeye başlayacağı bilinmektedir.

Alternatif bir enerji kaynağı olan hidrolik enerjinin ilk yatırım masraflarının çok yüksek oluşu ve kurulum için uzun süre gerektirmesi bu enerji kaynağının fazla tercih edilmemesine sebep olmuştur. Buna rağmen hali hazırda kullanılan enerjinin hemen hemen %3'ü hidrolik enerjiden sağlanmaktadır.

Varolan enerji kaynaklarından nükleer enerjinin çok ileri teknoloji gerektirmesi, yatırım giderlerinin yüksek oluşu, insan ve çevreye olan zararları bu enerjinin tercih edilmesini sınırlandırmıştır. Nükleer enerjiden elde edilen enerji maliyetinin ucuz olması bu enerjiye olan ilgiyi biraz artırmıştır. Fakat nükleer enerjide kullanılacak yakıt ve radyasyon tehlikesi ile ilgili problemler bu enerjinin kullanılmasında sorun yaratmıştır. Dünya enerjiyi verimli ve tasarruflu bir şekilde kullanmayı amaçlamıştır. Diğer taraftan da alternatif enerji kaynakları bulabilmek için çaba göstermiştir. Enerji kaynaklarının her geçen gün azalması ve enerjiye olan ihtiyacın artması alternatif enerji kaynaklarından biri olan Güneş enerjisinin kullanımını artırmıştır.

Bundan dolayı kendini yenileyebilen, kolayca faydalanma imkanı sağlayan, çevreye karşı herhangi bir zarar teşkil etmeyen, teknolojik bakımdan yüksek maliyet gerektirmeyen en ideal enerji kaynaklarından biri olan Güneş enerjisine olan rağbet artmıştır. Her geçen gün enerji gereksinimi artış göstermektedir [32].

Dünya üzerinde petrol, doğal gaz, kömür gibi yakacakların son zamanlardaki fiyat artışı, gerek ucuz olması ve gerekse çevre kirliliğine sebep olmaması sebebiyle ideal bir enerji kaynağı olan Güneş insanların ilgisini çekmiştir.

Ülkemiz coğrafi konum itibariyle yenilenebilen enerji kaynakları içerisinde Güneş enerjisi bakımından oldukça avantajlıdır. Ülkemizin bir yıl içerisinde Güneş enerjisinden faydalanma miktarı yaklaşık olarak 37000 ton taşkömüründen sağlanan enerji miktarı aynıdır, buna ek olarak ülkemiz bir yılda ortalama 2500 saat Güneş'ten faydalanır. Bu faydalanma her bir metrekare alan için yaklaşık 100 kalorinin üzerinde bir enerji sağlar [58].



2. LİTERATÜR TARAMASI

Güneşli hava ısıtıcıları üzerine çok sayıda çalışma yapılmaktadır. Çalışmalarda sistemin ısı veriminin artırılması yanında maliyetlerinin düşürülmesi temel alınmaktadır. Bu amaçla sistemin üretiminde değişik malzemeler kullanılmaktadır.

D.J. Close 1963 yılında yaptığı çalışmada üç farklı tipte Güneşli hava ısıtıcısı için deneyler yapmıştır. Yapılan deneyler sonucunda havalı ısıtıcıların verimleri yaklaşık % 50 olarak, kollektörde kullanılan akışkanın giriş ve çıkış sıcaklıkları arasındaki fark ise yaklaşık 30°C bulunmuştur [8].

Chiou ve arkadaşları 1965 yılında üç farklı akım modeli oluşturarak Güneşli hava ısıtıcıları için deneyler yapmışlardır. Tek yönlü akım modeli için, kullanılan akışkanın matriks ile cam örtü arasından kollektör içerisine girmesi, matriks içinden geçtikten sonra matriks ve yutucu yüzey arasından geçirilerek ısıtıcıyı terk etmesi sağlanmıştır. Kollektöre gelen Güneş ışınımının matriksde derinliğine absorbe edilmesiyle ve oluşturulan akım modeli sebebiyle matriksin yüzey sıcaklığı normalden biraz daha düşük olur. Bundan dolayı üst ısı kayıpları azalır ve ısıtıcı veriminde artmış olur. Karşıt akımlı tasarımda ise kullanılan akışkanın sistemin alt kısmından girmesi, matriks içinde ve matriksin üst kısmından geçirilerek Güneşli hava ısıtıcısından çıkması sağlanmıştır. Cam örtü ile sıcak hava temas ettiğinden üstten çevreye olan ısı kayıpları tek yönlü akım modeline göre daha fazladır. Bu nedenle karşıt akımlı modeline göre tasarlanmış Güneşli hava ısıtıcısının verimi tek yönlü akım modeline göre tasarlanmış olana göre daha azdır. Çapraz akımlı model için ise gelen Güneş ışınımının yaklaşık %95'ini absorbe edebilecek matriks kalınlığı sebebiyle akış kesit alanı bir hayli küçüktür. Bu model için diğer iki modele göre aynı kütleli akış hızını sağlayan lineer hava hızı maksimum olacağından ısı transfer hızının yeterli olmasına karşın, sürtünme kayıplarının fazla olduğu görülür. Buna ek olarak akış yönündeki hava sıcaklığı artacağından üst kayıplar da artış gösterir [11].

Gupta ve Garg 1967 yılında yaptıkları çalışmalarda dört Güneşli hava ısıtıcısı için deneyler yapmışlardır. İki Güneşli hava ısıtıcısı için oluklu, diğer iki Güneşli hava ısıtıcısı için ise ağ tipi yutucu yüzeyler oluşturmuşlardır. Kullanılan yutucu yüzeylerin üst kısımları siyah boya ile boyanmıştır. Bu çalışmadaki amaç eşit akım hızlarındaki verim değerlerinin karşılaştırılması yerine eşit pompalama güçlerindeki verim değerlerinin tespit edilmesidir. Böylece meydana gelebilecek farklı sürtünme kayıpları sistemde ölçülen ısı verimlerin mukayesesinde gözönünde bulundurulmuştur. Deneyler kış aylarında yapılmıştır. Oluklu yutucu yüzeyin kullanıldığı Güneşli hava ısıtıcıları için akışkanın giriş ve çıkış sıcaklığı arasındaki fark yaklaşık 30°C, verim ise % 60 olarak bulunmuştur. Ağ tipi yutucu yüzeyin

kullanıldığı Güneşli hava ısıtıcıları için akışkan sıcaklığının giriş ve çıkış sıcaklıkları arasındaki fark 20°C ve verimde % 50 olarak tespit edilmiştir [13].

K.Selçuk 1971 yılında yaptığı çalışmada yutucu yüzey olarak cam seçilmesi durumunda Güneşli hava ısıtıcısını teorik ve deneysel olarak araştırmıştır. Büyük hava hızları için (yaklaşık 3000m/h) verim yüzde 75, kullanılan akışkan sıcaklığındaki artış ise 20°C elde edilmiştir. Küçük hızlarda (yaklaşık 1200 m/h) ise verim % 60, sıcaklık artışı da 35°C olarak bulunmuştur. Küçük hızlarda kullanılan akışkan sıcaklığında artışların verimde azalmaya sebep olduğu görülmektedir. Yutucu yüzey olarak cam seçilmesi durumunda ısıl gerilimler artacağından pek uygun değildir. Ayrıca yutucu yüzey sayısı ve yutucu yüzeyler arasındaki mesafede verim üzerinde etkili olmaktadır. Yutucu yüzeyler arası mesafe cam kalınlığına göre seçilmelidir. Örneğin 3 mm kalınlığındaki cam levhalar için 5-7 mm olarak önerilmektedir [18].

I.C.Macedo ve Altemani 1978 yılında yaptıkları çalışmalarda değişik geometrilere sahip yüzeylerde doğal taşınım ilkesine göre çalışan dört farklı Güneşli hava ısıtıcısını incelemiştir. Oluşturulan sistemlerde yutucu yüzey malzemesi olarak siyaha boyalı galvaniz levha, demir yongalarından gözenekli matris, V şeklindeki siyaha boyalı alüminyum ve siyah poliüretan film kullanılmıştır. Tarım endüstrisinde ürünlerin kurutulması işleminde ve hacim ısıtılmasında kullanılması uygun olan bu sistemlerde çalışma akışkan olarak kullanılan havanın akış hızları, sıcaklık değişimleri, verim değerleri tespit edilmiştir [22].

P.W.Niles ve arkadaşları 1978 yılında yaptıkları çalışmada Güneşli hava ısıtıcısını kurutma sisteminin bir elemanı olarak tasarlamıştır. Sistemde kullanılan çalışma akışkanı sıcaklıkları çıkış için 40 °C ile 90 °C arasında ayarlanmıştır. Basınç kaybı ve taşınım ile ısı transfer hızlarının akışkan sıcaklığından bağımsız olarak değişimini tespit etmek için değişik uzunluklardaki Güneşli hava ısıtıcılarını deneye tabi tutmuşlardır [23].

Özil ve Birkebak 1982 yılında yaptıkları çalışmada yapay kürkün yutucu yüzey olarak kullanıldığı gözenekli Güneşli hava ısıtıcısını deneysel olarak incelemiştir. Farklı akış hızları akışkan sıcaklıkları, yutucu yüzeyin sıcaklıkları, ısıl verimi, kollektörde meydana gelen basınç kayıplarının değişimini araştırmışlardır. Kollektördeki ısıl verimin yaklaşık %40-80 arasında olduğunu bulmuşlardır [26].

Çukurova Üniversitesi'nde 1984 yılında yapılan çalışmada Güneşli hava ısıtıcısında yutucu yüzeyden akışkan olarak kullanılan havaya olan ısı transferinin artırılması için bir model geliştirilmiştir. İncelemede alüminyum halkaların dolgu olarak kullanıldığı model ile dolgunsuz olarak kullanıldığı model verim yönünden kıyaslanmıştır. Dolgulu sistem modeli için verimin %30 arttığı tespit edilmiştir. Ek olarak taş ve su ile doldurulmuş dolgulu yatak ile ısıl depolama sistemi oluşturulmuş böylece faydalı enerjinin gerektiğinde kullanılması sağlanmıştır [29].

Bansal ve Uhleman 1984 yılında yaptıkları çalışmalarda emici plaka malzemesi olarak %100 polyesterden imal edilmiş gözenekli siyah tekstil ürünü, geçirgen örtü olarak da PVC kullanmışlardır. Ayrıca farklı olarak 0,6 mm kalınlıktaki siyah PVC levhanın kullanıldığı başka bir Güneşli hava ısıtıcısını da incelemişlerdir. İlk olarak inceledikleri gözenekli Güneşli hava kollektörünün verimini en fazla %60, ikinci sistemin verimini ise aynı şartlarda %45 olarak elde etmişlerdir. Sistemde kullanılan çalışma akışkanının giriş ve çıkış sıcaklıkları sırasıyla 12 °C ile 25 °C olarak bulunmuştur [31].

Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü'nde 1987 yılında yapılan araştırmalarda doğal canlı kürkünün emici plaka olarak kullanıldığı Güneşli hava ısıtıcısı değişik akım hızları ve giriş sıcaklıklarında incelemiştir [34].

A.Esper ve arkadaşları 1989 yılında tarım endüstrisinde kurutma amaçlı düşük maliyetli bir Güneşli hava ısıtıcısı tasarlamışlardır. Farklı akışkan hızlarının etkisi yanında, çeşitli örtü ve emici plaka malzemelerinin sistemin verimi üzerindeki etkisini de incelemişlerdir. Deneyler sonucunda çalışma akışkanı olarak kullanılan havanın giriş ve çıkış sıcaklıkları arasındaki farkın 50 °K 'ne kadar çıktığı tespit edilmiştir. Tünel ve raflı kurutucularla kolayca beraber kullanılacak şekilde tasarlanan Güneşli hava ısıtıcısında hava akışına direnç oldukça düşük seviyededir [39].

Hacettepe Üniversitesi'nde yapılan bir araştırmada, havalı Güneş kollektöründe emici plaka olarak cam kırıkları, fındık kabuğu, demir talaşı, demir-çelik curufu, kömürleşmiş taşlar kullanılmıştır. Emici plaka olarak seçilen bu malzemeler yüzey alanı 0,5 m² olan aynı şartlardaki beş adet havalı Güneş kollektöründe 20 günlük bir süre için deneyler yapılmıştır. Deney neticeleri verim açısından değerlendirildiğinde, maksimum verim değeri, cam kırıklarından imal edilen emici plakaya sahip kollektörde elde edilmiştir [40].

Hottel ve Woertz 1942 yılında hava ısıtmalı düzlemsel kollektörlerin performansı hakkındaki ilk kapsamlı çalışmaları gerçekleştirdiler. Bu çalışmalar konutların ısıtılması ve kollektördeki enerji dengesinin belirlenmesi üzerine olmuştur [2].

Yeh ve Ting hava ısıtmalı güneş kollektörlerine kanat ekleyerek verimin artacağını bulmuşlardır. Kanat sayısının artmasıyla kollektör veriminde %12'lik bir artış gözlemişlerdir.[42]

Yeh ve Ting 1987 yılında yaptıkları çalışmalarda cam ile yutucu plaka arasına demir talaşı doldurmak suretiyle yutucu yüzeyinin ortasında olduğu normal kollektöre göre kollektör veriminin %38 artış gösterdiğini tespit etmişlerdir [36].

Garg ve Datta, kanatlı tip bir hava ısıtmalı güneş kollektörünü deneysel ve teorik olarak incelemişlerdir. Üstteki plakanın sıcaklığı alttaki plakanın sıcaklığından yüksek olacağından, üstteki plakaya eklenen kanatlarla daha yüksek verim sağlandığı görülmüştür. Sıcaklığın, üstte

ve alttaki plakaların her ikisine kanatlar eklendiğinde en yüksek ve yalnız alttaki plakaya ilave edildiğinde ise en düşük olduğu sonucuna varılmıştır [37].

Parker ve arkadaşları V oluklu yutucu plaka kullanarak hava akışının yutucu yüzeyin altından, hava akışının yutucu yüzeyin üstünden ve hava akışının yutucu yüzeyin altından ve üstünden olduğu üç farklı kollektör için deneyler yapmışlardır. Bu çalışmalarda kollektörlerin ısı performansını ve verimi incelenmiştir [56].

Binark ve Deliçay 1993 yılında yaptıkları çalışmalarda havanın dolaştığı kanalın boş olduğu, diğerlerinde ise değişik şekillerde tasarlanmış kanallara sahip üç farklı kollektörle deneyler yapmışlardır. Kollektörler için sıcaklık farkı- zaman ve verim-zaman grafikleri çizilmiştir. Düşük hızlarda çift geçişli ve çift camlı labirentli kollektörün diğerlerine göre veriminin ve sıcaklık farkının daha yüksek olduğu gözlenmiştir [45].

Yeh ve Lin yaptıkları çalışmalarda hava ısıtılmalı güneş kollektörlerinde birbirine paralel şekilde yerleştirilmiş engellerin kollektör verimi üzerindeki etkisini deneysel ve teorik olarak araştırmışlardır. Engellerin farklı yerlere bırakılmasıyla yapılan deneylerde kollektör merkezine engel bırakıldığında en yüksek verimin elde edildiğini ve engel sayısının artmasıyla verimin arttığını bulmuşlardır [48].

Yeh ve Lin 1996 yılında yaptıkları çalışmalarda hava akışının siyah yüzeyin üstünde olduğu kollektör için kollektör boyutuyla kollektör verimi arasındaki değişimi deneysel ve teorik olarak incelemişlerdir. Yapılan çalışmalarda kollektör boyutunun artmasıyla ortalama %10, hava akışının siyah yüzey üzerinden olduğu kollektörde hava akışının siyah yüzeyin altından olduğu kollektöre göre %18'lik bir verim artışı gözlenmiştir [50].

Tırıs ve Türe, güneş kollektör verimi ve malzeme maliyeti üzerinde değişik kanat biçimlerinin etkilerini araştırmışlardır. Alüminyum düz plakalı bir güneş kollektöründe kullanılan kanatların ısı transfer analizini yapmışlardır. Isı akılarını kanatların tek yüzü için düşünmüşlerdir. Kanat ve kollektör verimleri, kanat tipi ısı kaybı parametresi ve kanat uzunluğunu hesaplayarak ekonomik bir hesap metodunu vermişlerdir [54].

Mohammad, kollektörün üst yüzeyinden olan ısı kaybını azaltmak ve yutucu plakadan sağlanan ısı kazancını maksimum yapmak için, ters-akışlı ısı değiştiricisi şeklinde, ilave bir örtünün kullanıldığı bir kollektör imal ederek, bunun ısı analizini yapmıştır. Ters akışlı hava kanalına sahip kollektörün veriminin, çift saydam örtülü ve hava akışı siyah yüzeyin yukarısında olan kollektöre göre %18 ve bir saydam örtülü kollektöre göre % 25 daha yüksek olduğu belirlenmiştir [51].

Altuntop ve arkadaşları alt kısımdaki bakır levha üzerine siyah mat boyalı emici yüzey ve üzerine değmeyecek şekilde çapraz biçimde iki katlı yerleştirilmiş, yatayla 60⁰ lik açığa

sahip V biçiminde bükülerek oluşturulan siyah mat boyalı sinek telinden ikinci bir emici yüzeyi bulunan matris tip havalı güneş kolektörünü analitik olarak incelemişlerdir [55].

Ertekin ve Bilgili çalışmalarında, hava ısıtmalı güneş kolektörlerini tanıtarak bunların yapımında kullanılan yutucu yüzeyler, geçirgen örtüler, yalıtım malzemeleri ve kasalar hakkında bilgi kayıp katsayıları ile ilgili formüller vermişlerdir [57].

H-M.Yeh ve arkadaşları 2002 yılında yaptıkları çalışmalarda kolektörde absorberın altında ve üstünde kanatçıkların olduğu ve absorberın hem altından hem üstünden hava akışının olduğu 3 farklı debi ve 5 farklı kanatçık büyüklüğü için deneyler yaptılar. Yaptıkları deneyler sonucunda en yüksek verimi % 70 olarak buldular [61].

Paisorn Naphon ve Bancho Kontragool 2003 yılında yaptıkları çalışmalarda 5 farklı düzlemsel kolektörün deneysel olarak ısı transferi karakteristiklerini ve ısı performanslarını incelediler. Bu kolektörlerin birincisinde normal bir havalı kolektörü, ikincisinde iki saydam örtülü(iki camlı) bir havalı kolektör, üçüncüsünde yine iki camlı ve alttaki camın, üstünden hava girişi altından ise hava çıkışı olan bir kolektör, dördüncüsünde absorberın(yutucu yüzeyin) hem altından hem üstünden hava akışı olan bir havalı kolektör, beşincisinde ise absorberın üstünden hava girişi altından ise hava çıkışı olan bir kolektör için deneyler yaptılar. Deneysel sonuçlarda normal kolektör için en düşük, absorberın üstünden hava girişinin altından ise hava çıkışının olduğu beşinci model için ise en yüksek verim bulunmuştur [62].

H.D. Ammari 2003 yılında yaptığı çalışmada hava akışının kolektörün yan yüzeyinden olduğu bir kolektör için ısı performans üzerine deneyler yapmıştır. Dört farklı debi için yapılan deneyler sonucunda 50 lt/sn için ısı verim % 72 olarak bulunmuştur [63].

3. ALTERNATİF ENERJİ KAYNAKLARI İÇERİSİNDE GÜNEŞ ENERJİSİNİN YERİ VE ÖNEMİ

3.1. Enerji İhtiyacı İçin Güneş

Dünya için vazgeçilmez enerji kaynaklarından biri olan Güneş, samanyolu sisteminde yer alan önemli bir gezegendir. Dünyanın nasıl aydınlandığı, yağışlar ile su döngüsünün nasıl olduğu ve fotosentezin nasıl gerçekleştiği düşünülürse Güneş'in Dünya için neden vazgeçilmez olduğu anlaşılır.

3.2. Güneş'in Fiziksel Ve Kimyasal Yapısı

Güneş samanyolu olarak adlandırılan galaksinin yaklaşık yüz milyar yıldızının içerisinde yer alan, en önemli yıldızlardan biridir. Güneş de diğer yıldızlar gibi yapısında bulunan maddelerin birbirlerini çekmeleri ile meydana gelmiştir. Toz bulutu parçacıklarının birbirlerini kütle çekimi ile çekmesinden dolayı meydana gelen yoğunlaşma ve birbirine yaklaşma ve bu yaklaşımla hızlanan parçacıkların enerjisi sonucu Güneş'in iç kısmının sıcaklığı 15-16 milyon dereceye kadar çıkmıştır. Bu sıcaklık ortamında meydana gelen çekirdeksel tepkimelerin neticesinde oluşan ışınımın yaptığı basınç Güneş'in yoğunlaşarak çökmesini engellemiştir. Güneş bu şekilde bugünkü boyutlarına ulaşmıştır.

Güneş 1400000 km'lik çapı ile Dünya çapının yaklaşık 110 katı büyüklüğündedir. Ayrıca Güneş sahip olduğu 2×10^{30} kg'lık kütle ile Dünya'nın hemen hemen 330 katıdır. Güneş de çoğu gezegen gibi kendi eksenini etrafında döner.

Güneş'in iç kısmında özellikle merkezinde (ki buraya korun adı verilir) meydana gelen reaksiyonların çoğu hidrojen çekirdeklerindeki kaynaşma olayıdır. Güneş'in büyük bir kısmını (yaklaşık %90'nını) hidrojen oluşturur. Hidrojen Güneş merkezinde tepkimeler sonucu kaynaşarak helyumu oluşturur ve bunun neticesinde büyük bir enerji açığa çıkar. Oluşan bu reaksiyonlarda dört hidrojen atomu bir helyum oluşturur. Bu reaksiyona fizikte proton-proton döngüsü adı verilir. Bu döngü sonucu açığa çıkan enerji dört proton (hidrojen atomunun çekirdeği) ile helyum atomunun çekirdeği arasındaki kütle farkından meydana gelir. Tepkimeye giren her bir hidrojen atomunun çekirdeği ortalama 10^{12} joulluk bir enerji açığa çıkartır. Güneş'te saniyede $3,8 \times 10^{26}$ joulluk bir toplam enerji kapasitesi mevcuttur. Bu da her bir saniyede 600 milyon hidrojenin Güneş içerisinde tepkimeye girdiğini gösterir. Bu rakam çok yüksek gibi gözüksede Güneş'in %90'lık bir kısmının hidrojen olduğu ve bu hidrojenin

tamamının tükenmesinin tahminlere göre 5 milyar yıl zaman alacağı düşünülürse Güneş'in Dünya için ne kadar önemli bir enerji kaynağı olduğunu görülmektedir [65].

Daha önce bahsettiğimiz proton-proton döngüsü olan kısım Güneş'in merkezinde Güneş yarıçapının % 25'ini ve hacimsel olarak %1'ini kapsar. Bu bölge kütle olarak düşünülürse Güneş'in toplam kütlelerinin % 40'ını, enerji olarak düşünülürse yaklaşık %90'nını oluşturur. Bu bilgiler ışığında enerji üretiminin merkezden yüzeye doğru yayıldığı düşünülür.

Güneşi katman katman olarak düşünürsek merkezden (kordan) sonra 150000 km'lik kalınlığa sahip olan taşınım bölgesi yer alır. Bilim adamlarına göre ısı enerjisinin büyük gaz akımları sayesinde sıcaklığın 2 milyon Kelvin olan iç kısımdan sıcaklığın 20.000 Kelvin olan dış kısma aktarıldığı bölgedir. Bundan dolayı bu bölge taşınım bölgesi olarak adlandırılır[32].

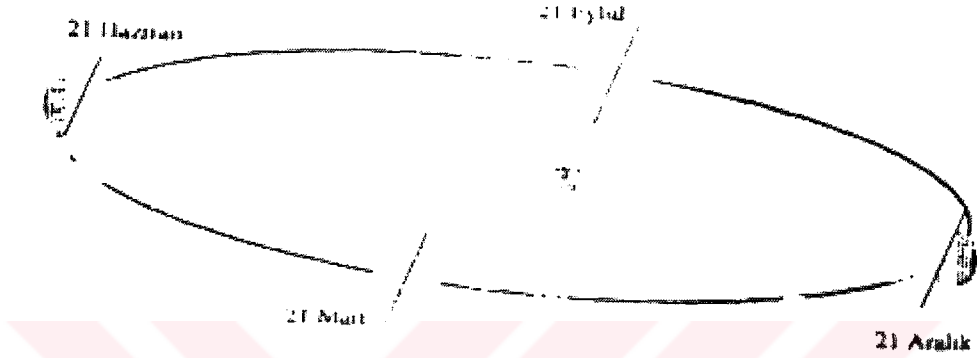
Güneş enerjisinin Dünya'ya ulaşan kısmının yaklaşık 6000 Kelvin ve birkaç yüz kilometre kalınlığa sahip olan Güneş'in dış yüzeyine yakın ışıküre adlı katmandan geldiği sanılmaktadır. Düşük yoğunluktaki iyonlaşmış gazlardan oluşan bu bölge ışığı çok fazla geçirmez. Bu katmanda yer alan atomlar sıcaklıkları sayesinde ışımaya yaparlar ve bu bölgenin ışımasını sağlarlar.

Güneş'in en iç kısmı olan merkezinden en dışına enerjinin ulaşması yaklaşık 1 yıllık bir zaman gerektirir. Güneş'in ışıküre katmanından sonra 3 saydam katmana daha sahiptir. Bunların birincisi yaklaşık birkaç yüz kilometre kalınlığında olan tersleyici katmandır. Bu katman iç katmanlara göre daha düşük sıcaklıklara sahip gazlardan oluşur. Daha sonra tersleyici katmana göre biraz daha kalın olan renkküre katmanı yer alır. Renkküre katmanından sonra ise Güneş tacı olarak adlandırılan bölge gelir. Güneş tacı bölgesinde sıcaklığı çok yüksek fakat yoğunluğu çok düşük gazlar bulunur.

Bu bilgilere rağmen Güneş hakkında çok fazla bilgiye sahip olduğumuz söylenemez. Çünkü bilim adamları Güneş hakkında bazı soruların cevabını halen daha bulamamışlardır. Bilim adamları Güneş'te meydana gelen mıknatısal alanların sebebini ve mıknatısal etkinliğin niye 11 yıllık periyotlarda değiştiğini, Güneş yüzeyinde meydana gelen lekelerde mıknatısal alanın neden yoğunlaştığını sorgulamaktadırlar. Tabii ki teknolojik gelişmeler ışığında Güneş hakkındaki bilgiler gün geçtikçe artacaktır. Artık Güneş hakkında daha fazla bilgi edinmek için çeşitli uydular imal edilmekte ve uzaya fırlatılmaktadır. Bunlardan bazıları 1994 Haziran ayında uzaya gönderilen ABD'nin uydusu Ulyses, 1994 Kasımında uzaya fırlatılan yine ABD uydusu Wind ve 1976 yılında uzaya fırlatılan Helios2 ve 1995 yılı Aralık ayında gönderilen Soho (SOHO=Solar and Heliospheric Observatory) uydusu bunlardan bazılarıdır [32].

3.3. Dünyanın Sahip Olduğu Güneş Enerjisi

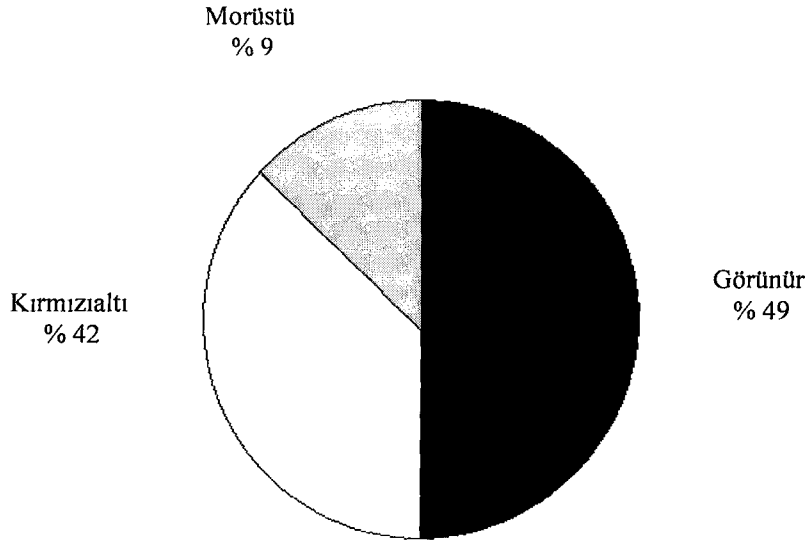
Güneş ile Dünya arasındaki mesafe yaklaşık 150 milyon kilometredir. Dünya yörünge olarak hem Güneş etrafında hemde kendi eksenini etrafında sistematik bir şekilde dönmektedir. Bu dönüş sebebiyle Güneş'ten Dünya'ya ulaşan enerji miktarı, günlük ve yıllık olarak değişim göstermektedir.



Şekil 3.1 Dünya'nın Güneş etrafındaki eliptik yörüngesi

Dünya'nın kendi eksenini etrafında dönüşü bilindiği gibi gece ve gündüzü oluşturur. Gerçekte gündüz ve gecenin varoluşu Güneş enerjisinin değişimindedir. Aynı şekilde Dünya'nın Güneş etrafında dönmesiyle mevsimler oluşur. Güneş'ten ışınlar sayesinde herbir saniye için 4×10^{26} joullük bir enerji Dünya'ya ulaşır. Bu miktar Güneş'in toplam enerjisi gözönüne alındığında çok küçük bir miktardır. Fakat bu küçük miktar bile şu an insanların kullandığı toplam enerjinin yaklaşık 15000 katıdır. Güneş ışınları ortalama 8sn'lik bir zamanda Dünya'ya ulaşır (Işınlar saniyede 300000km ışık hızıyla hareket eder). Güneş değişmez Güneş ışınlarının atmosfere dik olarak geldiği $1m^2$ 'lik alan olarak adlandırılır. Güneş değişmez S olarak tanımlanırsa S değeri $S = 1373 \text{ W/m}^2$ olur. Bu değer her zaman değişmez olarak düşünülebilir. Çünkü Güneş ışınlarının devamlı Dünya atmosferine dik olduğu gözönüne alınır. Yıllık değişim ortalama %3,3'lük küçük bir değerdir [32].

Güneş ışınları Dünya atmosferi üzerine çeşitli dalga boyları halinde gelir. Bu dalga boyu miktarları 0,1-3 μm arasında değişir. Bu ışınlar morötesinden kırmızı altına kadar uzanır. Güneş'ten gelen ışınların miktarları hesaplandığında bu ışınların % 49'unun görünür bölgesinde, %42'sinin kırmızı altı bölgede ve %9'ununda morüstü bölgede olduğu görülür.



Şekil 3.2 Güneş ışınlarının dağılımı

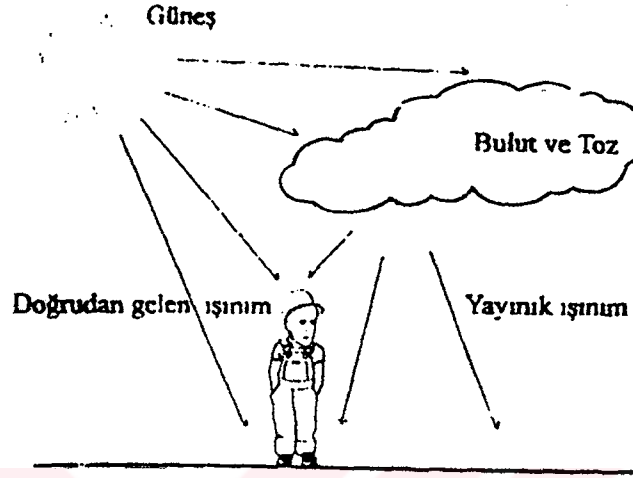
Atmosfere gelen Güneş ışınlarının bir kısmı atmosferde bulunan gaz ve toz parçacıkları tarafından engellenir.

Yerküreden yaklaşık 25 km yukarıda morötesi ışınları engelleyen bir tabaka bulunur. Bu tabakadaki oksijen molekülleri 0,18 μm 'den küçük ışınlar oluştursada, bu bölgedeki oksijen molekülleri reaksiyona girerek (O_3) ozon oluşturur. Bu tabaka Dünya üzerinde yaşayan canlılar için zararlı olabilecek Güneş'ten gelen morötesi ışınların Dünya yüzeyine ulaşmasını engeller. Bundan dolayı ozon tabakası Dünya için önemli bir yer tutar. Güneş'ten gelen diğer ışınların bir kısmı atmosferde bulunan toz ve gaz kütlelerine çarparak Dünya yüzeyine saçılır, bir kısmı ise Dünya yüzeyine ulaşmadan geri döner. Gaz ve toz kütlelerine çarparak saçılan ışınlar gökyüzünün mavi olmasını sağlarlar. Çünkü mavi renkte saçılan ışınların dalga boyları kırmızı renkte saçılana göre daha uzundur.

Su zerrecikleri Güneş ışınlarının tamamının Dünya üzerine ulaşmasını engelleyen bir diğer faktördür. Gökyüzünde bulunan yoğun şekildeki bulutlar gelen ışınların %80'inin geri dönmesini sağlar. Bulut parçalarının Dünya etrafının yaklaşık %50'sini sardığı düşünülürse Güneş enerjisinin önemli bir kısmının bu sebepten dolayı Dünya'ya ulaşmadığı görülür.

Güneş'ten gelen ışınlar saydam bir özellik gösteren atmosfer tarafından Dünya'ya iletilir. Ancak bu ışınların bir kısmı atmosferde bulunan gaz ve toz kütleleri tarafından engellenir. Güneş ışınlarının şiddeti Dünya'ya geliş açısına göre değişir. Atmosfere (havaküreye) dik gelen ışınların şiddeti daha fazla olurken belli bir açıyla atmosfere gelen ışınların şiddeti daha az olur. Çünkü eğimli bir şekilde gelen ışınların izlediği yol arttığından şiddetide azalır.

Güneş ışınlarının bazıları Dünya'ya doğrudan çarpar. Bu ışınlar doğrudan ışınlar denir. Güneş ışınlarının bazıları ise toz ve bulutlara çarparak Dünya'ya saçılmış bir şekilde ulaşır. Bu ışınlar ise yayınık ışınlar adı verilir[32].



Şekil 3.3 Güneş ışınlarının doğrudan yayınık olarak yeryüzüne ulaşması

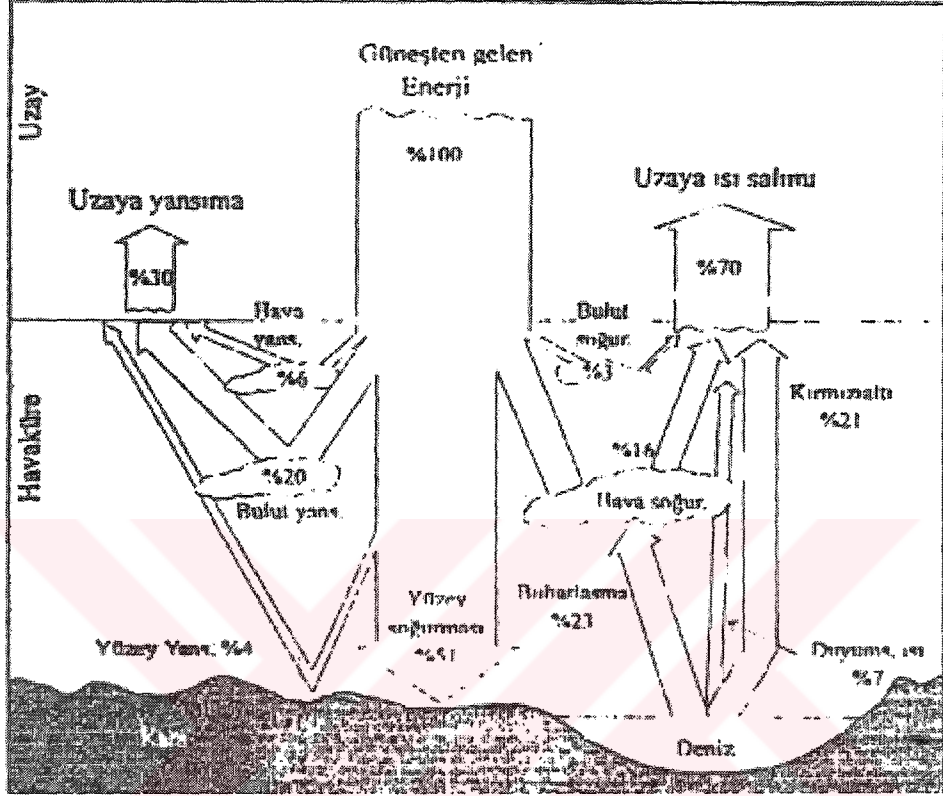
3.4. Güneş Işınımının Dünya'ya Ulaşması Ve Doğal Denge

Güneş'ten gelen ışınların ancak %50'sinin yeryüzüne ulaştığı düşünülür. Yeryüzüne gelen Güneş ışınımının doğal denge açısından önemi büyüktür. Doğal denge açısından önemli olaylardan biri su döngüsünün sağlanmasıdır. Eğer Güneş ışınımının sayesinde buharlaşma gerçekleşmezse yer altı suları kurumaz, kar ve yağmur yağışlarının tümü Dünya üzerinde kalır. Türkiye'nin ortalama yıllık 500 milyar ton miktar su aldığı düşünülürse bu döngünün ne kadar önemli olduğu görülür[32].

Doğal denge için ikinci önemli husus ise fotosentezin gerçekleşmesidir. Fotosentez Dünya'daki canlıların özellikle bitkilerin yaşaması için çok önemli bir husustur. Aynı zamanda doğal denge düşünülürse bitkilerin olmadığı bir ortamda, bitkilerden beslenen hayvanlar ve insanlar yaşamını sürdüremez. Fotosentez olayının gerçekleşmesi için Güneş enerjisinden 40×10^{12} j/sn'lik bir enerji harcanır.

Doğal denge için üçüncü önemli husus ise rüzgarların oluşması, deniz dalgaları ve okyanus akıntılarıdır. Güneş enerjisinin sayesinde havanın bazı bölgeleri diğer bölgelere

nazaran daha sıcak ve daha soğuk olur. Bu bölgelerde oluşan basınç farklılıkları rüzgarların oluşumunu sağlar. Böylece deniz dalgaları ve akıntılar meydana gelir[32].



Şekil 3.4 Yeryüzüne ulaşan Güneş ışınımı ve doğal denge

3.5. Güneş Enerjisi

Güneş yukarıda da anlattığımız gibi Dünya için son derece önemli, vazgeçilmez ve sonsuz bir enerji kaynağıdır. Ayrıca bununla beraber Güneş enerjisi çevreyi kirletmeyen tamamıyla ücretsiz ve tükenmeyen bir enerji kaynağıdır. Türkiye de Güneş enerjisinden faydalanma yönünden oldukça avantajlı konumdadır.

Güneş Enerjisinin Diğer Enerji Kaynaklarına Göre Avantajları:

1. Güneş enerjisi sonsuz düzeyde tükenmeyen bir enerji kaynağıdır.
2. Güneş enerjisi saf bir enerji kaynağıdır. Bünyesinde gaz, duman, toz, karbon, kükürt veya herhangi bir zararlı madde içermez.
3. Dünya üzerindeki bütün ülkeler Güneş enerjisinden yararlanma imkanına sahiptir. Böylece ülkelerin birbirlerine olan enerji bağımlılığı azalacaktır.
4. Güneş enerjisi hiçbir ulaştırma masrafı olmaksızın her yerde mevcuttur.

5. Güneş enerjisi yüksek ve kompleks bir teknoloji gerektirmediğinden bütün ülkelerde kolaylıkla sanayi kuruluşlarında ve evlerde yararlanılır.
6. Güneş enerjisi sistemlerinde meydana gelebilecek arıza enerjinin tümünü etkilemeyeceğinden avantajlıdır.
7. Güneş enerjisinden faydalanma miktarı farklı yerlerde değişim gösterebilir her yerde Güneş enerjisinden yararlanmak mümkündür.
8. İşletme giderleri düşüktür.

Güneş Enerjisinin Diğer Enerji Kaynaklarına Göre Dezavantajlı Yönleri:

1. Güneş enerjisinin yoğunluğu düşüktür ve sürekli değildir.
2. Güneş enerjisinin ilk yatırım giderleri biraz yüksektir.
3. Güneş enerjisinden gelen enerji miktarı bizim kontrolümüz altında değildir.
4. Enerji kullanımının değişik zamanlarda olması enerji kaynaklarının depolanmasını gerektirir. Fakat Güneş enerjisinin depolanmasında birçok problemle karşılaşmaktadır.
5. Özellikle enerji ihtiyacının yüksek olduğu kış aylarında Güneş enerjisinden faydalanma imkanı düşük seviyededir [32].

3.6. Güneş Enerjisinin Kullanım Alanları

Güneş enerjisi genelde ısı enerjisine ve elektrik enerjisine dönüştürülerek kullanılır. Isı enerjisine dönüştürülerek Güneş enerjisi kullanımını sıcaklık derecelerine göre 3 bölüme ayırabiliriz [53].

A) Sıcaklığın 150°C 'den az olduğu durumlar(Düşük sıcaklıklar)

- Binaların ısıtılması ve havalandırılmasında
- Tarım sektöründe kurutma işlemi ve seraların ısıtılmasında
- Evlerde kullanılan suyun ısıtılmasında

B) Sıcaklığın 150°C ile 600°C arasında olduğu durumlarda(Orta Sıcaklıklar)

- Sulama işlemlerinde kullanılan su pompalarında
- Güneş tencereleri ve küçük motorlarda
- Buhar gücüyle elektrik üretimi için jeneratörlerde

C) Sıcaklığın 600°C olduğu durumlarda(Yüksek Sıcaklıklar)

- Güneş fırınlarında
- Maddelerin ayrıştırılmasında
- Elektrik üretiminde
- Seramik yapımında ve cam sanayiinde[33]

3.7.Güneş Enerjisi Sistemleri

Güneş enerjisinden faydalanmak için kurulan sistemler genel olarak aktif sistemler ve pasif sistemler olmak üzere iki kısma ayrılır.

Pasif sistemler sistem kurulduktan sonra Güneş enerjisinin kullanımı için ek bir enerji gerektirmeyen sistemlerdir. Isıyı toplayan duvar sistemleri, seraların ısıtılması için geliştirilen enerji sistemleri örnek olarak verilebilir. Pasif sistemler Güneş enerjisinden yararlanmanın en kolay ve en ucuz yoludur [24].

Aktif sistemlerinde ise sistem kurulduktan sonra Güneş enerjisini kullanmak için ek bir enerji gerektiren sistemlerdir.

Farklı sistemlerde kullanılan kollektörler sıcaklık derecelerine göre sınıflandırılabilir.

- a) Düşük seviyedeki sıcaklık uygulamaları (20-150°C)
- b) Orta seviyedeki sıcaklık uygulamaları (150-600°C)
- c) Yüksek seviyedeki sıcaklık uygulamaları (600°C-)

Düşük seviyedeki sıcaklık uygulamalarında genel düzlemsel kollektörleri kullanılır. Orta seviyedeki sıcaklık uygulamalarında gelen Güneş ışınının yansıtma veya kırma yoluyla bir nokta üzerine toplandığı odaklı toplayıcılar sıkça kullanılır. Bu uygulamalar sanayide kullanılan sıcak su ve buhar temini, soğutma ve ısıtma sistemlerinde tercih edilir. Bu sistemler için Güneş'in devamlı olarak takip edilmesi gerektirmektedir. Yüksek seviyeli sıcaklık uygulamalarında ise heliostat olarak adlandırılan devamlı Güneş'i izleyen ve Güneş ışınlarını bir nokta üzerinde toplayan bir sistem kullanılır. Yüksek seviyeli sıcaklık uygulamaları elektrik üretiminde ve sıcak buhar üretiminde kullanılır. Yoğunlaştırma sistemleri ve parabolik kollektörlerde bu grup içerisine alınabilir [41].

Bu uygulamalar haricinde fotovoltaik üreteçler, Güneş havuzları, uydu güç sistemleri ısı borusu teknolojileride aktif sistemler arasında bulunur.

3.7.1.Fotovoltaik Üreteçler

Fotovoltaik kollektörler Güneş enerjisini elektrik enerjisi ve ısı enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Bu sistemlerin çalışma prensibi şöyledir. Çok elektron bulunan (n tipi) yarı iletken ile çok boşluk bulunan (p tipi) yarı iletken yan yana geldiği zaman bir kristal oluşur ve elektronların boşluklara girmesiyle doğru akım meydana gelir[38].

3.7.2. Güneş Havuzları

Bu sistemler iki metre ve daha fazla derinliğe sahip olan sulu kolektörlerdir. Havuzda bulunan tuz yoğunluğu ile gelen Güneş ışınımı ısıya dönüştürülür ve havuzun derin kısmında yaklaşık 90°C 'lik bir sıcaklığa ulaşır [30].

3.7.3. Uydu Güç Sistemleri

Güneş enerjisinin kullanımı azaltan gece gündüz süreci ve meteorolojik koşullardan kaçmak ve Güneş enerjisinden sürekli faydalanabilmek için geliştirilmiş sistemlerdir. Bu sistemler Dünya yörüngesine yerleştirilen Güneş uyduları ile sağlanır [24].

3.7.4. Isı Borusu

Bu sistemde tüp içerisinde bulunan akışkan tüpün bir ucundan ısıtılarak buharlaştırılır ve öteki ucundan soğutularak yoğunlaştırılması sağlanır. Yoğuşan akışkanın tekrar buharlaştırıcıya gelmesi prensibine göre çalışır [35].

Bu sistemden başka emici 2 yüzeye sahip düzlemsel Güneş kolektörleride kullanılır. Bu metotta düzlemsel Güneş kolektörü ve yoğunlaştırma birlikte kullanılır. Bu sistemdeki verim oldukça yüksektir. Bu sistem Güneş evlerinin yapılmasında, evlerde sıcak su ihtiyacının karşılanmasında sıkça kullanılır. Genel olarak güneş kolektörü performansına etki eden faktörler kolektör yapısı ve dizaynı, iklim şartlarına göre kolektör konumu, kolektör çalışma stili olarak bilinir [47].

3.8. Güneş Açıları

Dünya üzerindeki herhangi bir yere göre Güneş'in konumu belirlemek için ekvator çizgisi referans olarak alınır. Ve bu referansa göre çeşitli açılar belirlenir.

3.8.1. Esas Güneş Açıları

Dünya üzerindeki herhangi bir noktanın Güneş'e göre konumu o noktanın enlemine, saat açısına ve Güneş deklinasyon açısına bağlıdır. Bu açılar bilinirse o noktanın Dünya üzerindeki yeri tayin edilebilir.

3.8.1.1. Enlem Açısı

Belirlenen noktayı Dünya merkezi ile birleştiren doğrunun ekvator çizgisine yaptığı açıdır. Ekvatorun kuzeyine (+) simgesi ile güneye ise (-) simgesi ile ölçülür. Bu ölçüm kuzey kutbu için ($+90^\circ$), güney kutbu için (-90°) olur.

3.8.1.2. Saat Açısı

Belirlenen noktanın boylamı ile Güneş'le Dünya merkezi arasındaki doğrunun açısız olarak ölçümüdür.

3.8.1.3. Deklinasyon Açısı

Güneş'ten gelen ışınlar ile ekvator çizgisi arasındaki açıdır. Bu açı Dünya'nın dönme eksenini ile yörünge düzleminin normali arasında $23^\circ 27'$ lık açıdan kaynaklanır [58].

3.8.2. Türetilen Güneş Açıları

3.8.2.1. Zenit Açısı

Güneş ışınları ile yatay düzleme dik olan doğru arasındaki açıdır. Güneş ışınları yatay düzleme dik geldiğinde bu açı Güneş'in doğu ve batı kısmında 90° ölçülür.

3.8.2.2 Güneş Yükseklik Açısı

Güneş ışınları ile yatay düzlem arasındaki açıdır.

3.8.2.3. Güneş Azimut Açısı

Güneş ışınlarının Dünya'nın kuzeyine göre saat ibrelerinin istikametinde değişimini belirleyen açıdır [28].

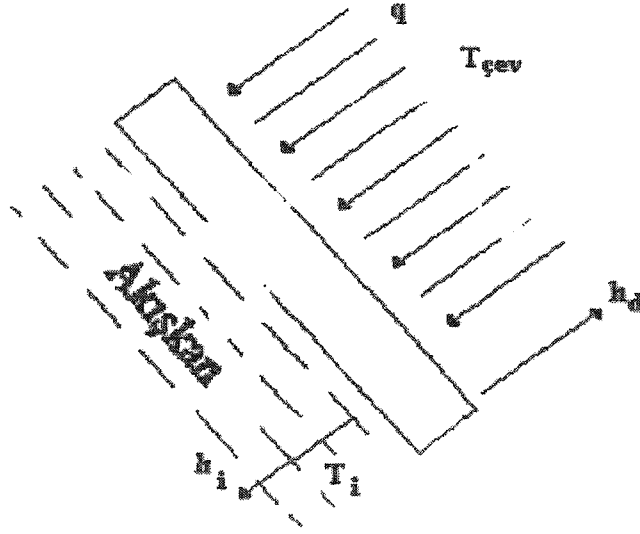
3.9. Güneş Ve Dünya'nın Sahip Olduğu Bazı Değerler

- Güneş'in çapı	1,39196x10 ⁶ km
- Güneş'in kütlesi	1,989x 10 ³⁰ kg
- Güneş'in hacmi	1,421x10 ²⁷ m ³
- Güneş'in ortalama yoğunluğu	1409 kg/m ³
- Güneş kütlesinin Dünya kütlesine oranı	332488
- Güneş'in efektif siyah cisim kalınlığı	5762°K
- Güneş'in yaklaşık kütlelesel birleşimi	%75H ₂ ,%24,25He
- Dünya'nın yaklaşık kütlelesel bileşimi	%0,75AğırElem.
- Dünya'nın Güneş'e olan uzaklığı	1,49585x10 ⁸ km
- Dünya'nın ekvatorial yarıçapı	6378,17 km
- Dünya'nın kutupsal yarıçapı	6356,79 km
- Dünya'nın kütlesi	5,977 x10 ²⁴ kg
- Dünya'nın hacmi	1,08322x10 ²¹ m ³
- Dünya'nın ortalama yoğunluğu	5517 kg/m ³ [32]

4.GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİ

Güneş enerjisini kullanarak akışkan sıcaklığının artmasını amaçlayan sistemlere Güneş kollektörü(toplayıcıları) adı verilir. Bu sistem basit bir şekilde düşünülürse bir yüzeye düşen Güneş ışınlarının bir kısmı yüzey tarafından yutulur. Bu yutulan enerji ile akışkana iletim ve taşınım yoluyla ısı geçişi sağlanır. Aynı zamanda dış yüzeyden çevreye yüzeydeki sıcaklık ve ısı taşınım katsayısına bağlı olarak ısı transferi olur. İşte bu yutulan ışınım ile çevreye bırakılan ısı kaybı arasındaki fark yararlı Güneş enerjisidir ve bu enerji akışkanın ısıtılması için kullanılır.

Herhengi bir kap içerisine konulan su Güneş ortamına bırakılırsa Şekil 4.1’de belirtilen değişkenlere bağlı olarak sıcaklığı artar. Belirli bir süre zarfında kaba gelen Güneş ışınımı (q), yutma oranı (α) olursa; kap yüzeyi ($\alpha \times q$) miktarı kadar ışınımı yutar. Daha sonra kaptaki yüzey sıcaklığı (T_y), kabın ortam ile arasındaki ısı taşınım katsayısı (h_d) ve ışınımına bağlı olarak ısı transferi olur. Bu ısı transferi miktarı kayıp olarak bilinir. Güneş ışınlarının yutulan kısmından kayıp olarak ortama bırakılan ısı çıkartıldıktan sonra geri kalan kısmı; kap yüzeyinin ısı iletim katsayısına (k), kap kalınlığına(δ), kabın iç yüzeysıcaklığına, suyun ilk sıcaklığına ve su ile kabın iç yüzeyi arasındaki ısı taşınım katsayısına bağlı olarak suyun ısınmasını sağlayan, faydalı enerji elde edidir. Kollektör için verim ise kollektörün elde ettiği kullanılabilir enerjinin toplam kollektör üzerine gelen Güneş enerjisine oranı olarak bilinir.



Şekil 4.1 Kollektörlerde ısı analize giren temel parametreler

Güneş enerjisinden daha fazla yararlı enerji elde edebilmek için toplayıcının yutuculuğunun artırılması, ısı kayıpların azaltılması, akışkana olan ısı transferinin artması gerekmektedir. Yararlı enerjinin artırılması için yutucu yüzey malzemesinin iyi seçilmesi gerekir. İç yüzey sıcaklığı ile akışkan sıcaklığı arasındaki fark artırılarak ısı geçişinin iyileştirilmesi sağlanır.

Dış yüzeyden kaynaklanan kayıplar yüzey ve ortam arasındaki sıcaklık farkı ile ısı taşınım katsayısına (h_d) bağlıdır. Isıl taşınım katsayısının artması ortamdaki havanın rüzgarlı olması veya yüzey sıcaklığının artması ile artış gösterir. Bu sebepten dolayı dış yüzeyde olan hava hareketinin azaltılması amacıyla Güneş ışınlarını geçiren saydam bir örtü kullanılması gerekir. Bu işlem ısı kaybını azaltması için önemlidir. Ayrıca ısıtılacak olan akışkanın Güneş ışınımını almayan kısmından kayıpların olmaması için yalıtım yapılır ve bütün kısımların dış etkilerden korunması için bir kılıf içerisine alınır [28].

Güneş ışınımının yoğunlaştırılması için odaklı toplayıcılar kullanılabilir. Bu toplayıcılarda sıcaklık artacağından ısı kayıpları azaltmak için tedbir alınmalıdır. İstenilen akışkan sıcaklığına göre düz toplayıcılar yada odaklı toplayıcılar kullanılır. Genel olarak akışkan sıcaklığının $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'nin altında olması isteniyorsa düz tolayıcılar, $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'nin üstünde olması gerekiyorsa odaklı toplayıcılar kullanılır. Odaklı toplayıcılarda daha yüksek sıcaklıklara ulaşılabilmesine rağmen düz toplayıcıların avantajları daha fazladır.

- Taşınımları daha kolaydır.
- Yayılı ışınımından da yararlanılır.

- Tesisatın konulacağı zeminin oluşturulması daha basittir.
- Tesisat elemanları azdır ve hareketli kısımları yoktur.
- Daha dayanıklı ve uzun ömürlüdür.
- Taşınmaları kolaydır.
- İşletim giderleri daha düşüktür.

gibi özellikler düz toplayıcıların bazı avantajlı yönleridir. Kollektör (toplayıcılar) kullanılan akışkanın türüne göre sıvılı ve gazlı toplayıcılar olmak üzere 2'ye ayrılabilir. Sıvılı kollektörlerde akışkan olarak genelde su(veya antifrizli su), gazlı kollektörlerde ise genelde hava kullanılır. Kollektör verimi olarak kıyaslandığında sulu kollektörlerin havalı kollektörlere göre daha verimli oldukları görülür.

Ayrıca sulu kollektörlerin imal edilmesi ve maliyeti havalı kollektörlere göre daha elverişlidir. Buna karşılık sıvıdaki donma riski, korozyon ve sızdırmazlık tehlikesi gibi problemler sıvılı kollektörlerin dezavantajlarıdır. Havalı kollektörler ise sıvılı kollektörlere göre daha uzun ömürlü, ağırlık olarak daha hafif, verimi daha düzenli ve hacim ısıtmasına elverişlidir. Ayrıca havalı kollektörlerde donma, korozyon gibi problemler olmamaktadır. Fakat havalı kollektörlerin imal edilmesi daha zordur. Ayrıca sızdırmazlık ve tozlanma problemleri mevcuttur [28].

Kısacası verimli bir kollektörün aşağıdaki özelliklere sahip olması gerekir;

- 1) Güneşten gelen ışınım miktarının çoğunu absorbe etmelidir.
- 2) Kollektörden ortama olan ısı kayıpları düşük seviyede olmalıdır.
- 3) Absorbe ettiği enerjiyi içerdeki akışkana iyi bir şekilde aktarmalıdır.
- 4) Güneş ışınlarına dik olmalıdır.
- 5)Yutucu yüzey alanı artırılmalıdır.
- 6) Yutucu yüzey pürüzlülüğü fazla olmalıdır.

Kollektörlerin uzun ömürlü olmaları için;

- 1) Aşırı soğuk iklim şartlarına karşı dayanıklı olmaları,
- 2) Gün içinde oluşabilecek sıcaklık farklarından dolayı oluşacak iç gerilmelerden etkilenmemeleri,
- 3) Güneş ışınlarındaki devamlı mor ötesi ışınlardan etkilenmemeleri,
- 4) Korozyon ve sızdırmazlık problemlerini içermemeleri,

Maliyetinin düşük, kurulumlarının basit olmaları için;

- 1) Kompleks bir teknoloji ihtiva etmemeli ve yerli kolay bulunabilen malzemelerden oluşması,
- 2) Hafif ve mukavemeti yüksek olmalı,
- 3) Bağlantılarının kolayca yapılması,

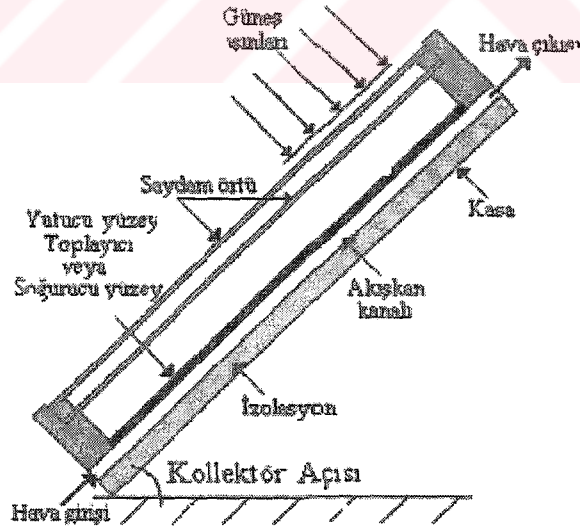
- 4) Çabuk bozulmamalı,
- 5) Güvenli olmaları (Akışkanın donma veya kaynama riskinin bulunmaması), gerekmektedir [33].

4.1. Kollektör Tipleri

İçerisinde kullanılan akışkana göre havalı ve sıvılı kollektör olmak üzere ikiye ayırdığımız kollektörleri tiplerine göre de düzlemsel, odaklamalı, hem odaklamalı hem düzlemsel olmak üzere üç gruba ayırabiliriz. Fakat biz sadece konumuzla ilgili olarak düzlemsel kollektörleri inceleyeceğiz [49].

4.1.1. Düzlemsel Kollektörler

Genel olarak Güneş ışınımının düştüğü alan ile kollektör yutucu yüzeyinin alanı birbirine eşit olduğu kollektör tiplerine düzlemsel kollektörler denir. Bu kollektörler düşük sıcaklıklarda çalışırlar. Düzlemsel toplayıcılar genel olarak yutucu yüzey, kullanılacak olan akışkanın geçeceği boru ve kanallar, saydam bir örtü (genellikle cam kullanılır) ve yalıtkan malzemeden oluşurlar.



Şekil 4.2 Düzlemsel bir kollektörün kesiti

Düzlemsel kolektörler Güneş enerjisini faydalı bir enerjiye dönüştüren ısı eşanjörleri olarak düşünülebilir. Isı eşanjöründen tek farkı Güneş enerjisinin sürekli bir enerji kaynağı olmaması ve ısı transferi miktarının daha fazla olmasıdır.

Düzlemsel bir kolektör için en önemli kısımlardan biri yutucu yüzeyde kullanılan malzemedir. Çünkü kolektör üzerine gelen Güneş ışınımını yutucu yüzey ısı enerjisine çevirerek boru ve kanallar içindeki akışkana iletir. Bu yüzden kullanılacak olan yutucu yüzey malzemesinin Güneş ışınımını çok iyi absorbe etmesi istenir. Gerçekte gelen Güneş ışınımının hepsini absorbe edebilen bir yutucu yüzey malzemesi yoktur. Gelen Güneş ışınımının bir kısmı malzeme tarafından absorbe edilirken bir kısmı geri yansıtılır. Teoride siyah mat yüzey absorbe etme özelliği en yüksek olarak bilinir. Düzlemsel kolektörlerde absorbe (yutma) katsayısı $\alpha = 0,9$ olmaktadır. Kolektöre gelen enerjinin bir kısmı kayıp enerjidir, bir kısmı faydalı enerjidir, diğer bir kısmı kolektörde bulunan depolama sistemiyle depolanan enerjidir [12].

Düzlemsel kolektörler için kayıp enerjinin en az miktarda tutulması gerekir. İletim yoluyla kaybolan enerjiyi önlemek için yutucu yüzeyin arkası yalıtkan bir malzeme ile kaplanır. Taşınımdan doğan kayıp enerjiyi önlemek için yutucu yüzey ile saydam örtü arasında birkaç cm'lik bir mesafe bırakılarak hava boşluğu oluşturulur. Radyasyondan (ışımadan) oluşan kayıp enerjinin engellenmesi için yutucu yüzeyde seçici bir yüzey oluşturulur. Böylece gelen Güneş ışınımının bir kısmı yutulurken kızıl ötesi ışınların yutulması engellenir. Seçici yüzey normal bir siyah yüzeyden daha çok ısınır. Isınan yüzey daha fazla ışınım yapar. Fakat saydam bir örtü olarak kullanılan cam kızıl ötesi ışınlarla karşı geçirimsiz olduğundan yutucu yüzeyin ısınmasından dolayı oluşacak olan radyasyonun (ışınımın) dışarı çıkmasını engelleyerek ısı kaybının azalmasını sağlar.

Tablo 4.1 Yutucu yüzey malzemelerinin soğurma ve yayma katsayıları[5,6]

Yüzey Tipi	Güneş Radyasyonu için Soğurma Katsayısı(α)	80 °C' deki Yayma Katsayısı(ϵ)
Bakır Üzerinde Bakır Oksit	0,76	0,20
Bakır Üzerinde Nikel Oksit	0,70	0,15
Alüminyum Üzerinde Bakır Oksit	0,93	0,11

Oluşturulan seçici yüzey için yutma (soğurma) katsayısının $\alpha = 0,9$ ve yayma katsayısının $\epsilon = 0,1$ olduğu durum en avantajlı durumdur.

Kollektörün verimini artırmak için yutucu yüzey ile saydam örtü arasındaki hava alınarak iletim ve taşınım yoluyla oluşan kayıplar engellenir.

Kollektör için diğer önemli bir durum yutucu yüzey tarafından yutulan enerjinin mümkün olduğunca tamamının kollektörde kullanılacak akışkana aktarılmasıdır. Kollektörün Güneş'e karşı konumu da önemlidir. Kollektörün yutucu yüzeyine gelen Güneş ışınlarının daima dik bir açıda gelmesi istenir. Güneş ışınlarının yeryüzüne geliş açıları yıl içinde değişiklik gösterdiğinden kollektörün kullanıldığı mevsim ve kollektörün Güneş'e çevrilmesi düşünülebilir. Fakat kollektörün Güneş'e göre çevrilmesi ek bir masraf olacağından düşünülmez. Bunun için tüm yıl boyunca kullanılan kollektörler enlem açısıyla eşit bir eğimle, kollektör sadece yaz mevsiminde kullanılacaksa enlem açısından 10° daha az bir eğimle, kollektör sadece kış aylarında kullanılacaksa enlem açısından 10° fazla bir eğimle düşünülmelidir [33].

4.1.1.1.Havalı Güneş Kollektörleri

Havalı Güneş kollektörleri akışkan olarak kullanılan hava ile Güneş enerjisini ısı enerjisine dönüştüren sistemler olarak bilinir. Kollektöre gelen Güneş enerjisinin bir kısmı yutucu yüzey tarafından yutulurken akışkan olan havaya aktarılırken bir kısım enerjide kayıp olarak dış ortama transfer olur. Kollektör üzerine gelen Güneş enerjisinin bir kısmı da kollektörün ısı kapasitesi için harcanır. Kollektörden elde edilen faydalı ısı enerjisi kollektörde kullanılan akışkanın giriş ve çıkış entalpi değerleri arasındaki fark olarak hesaplanabilir. Havalı Güneş kollektörleri daha çok tarım ve orman endüstrisinde kurutma amaçlı, bina ısıtılmasında ve hacim ısıtılmasında kullanılır.

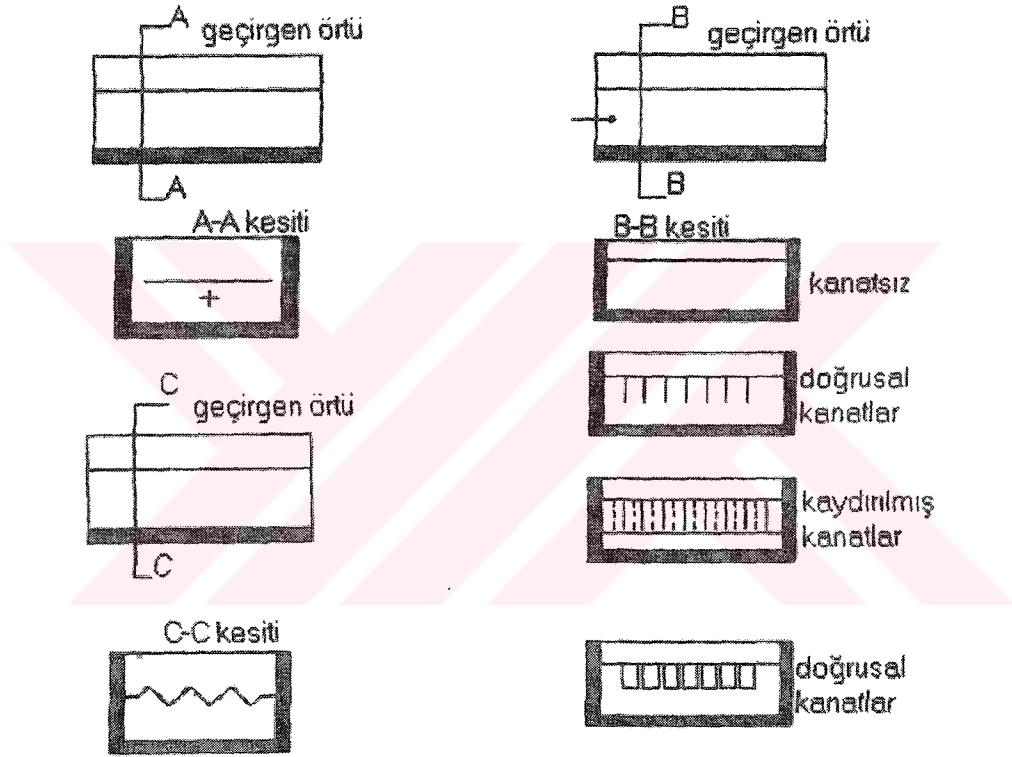
Havalı Güneş kollektörleri farklı şekillerde imal edilmektedir. Yutucu yüzey kanatçıklı metal levhalar, V şeklindeki metallere, düz metallere, sentetik ve doğal kürkler şeklinde tasarlanabilir (Şekil 4.3). Havalı kollektörde bir tane yutucu yüzey kullanılabileceği gibi birden fazlada yutucu yüzey kullanmak mümkündür. Kollektör üzerine metal ve plastik elek şeklinde ikinci bir yüzey yerleştirilmesi yöntemi de kullanılmaktadır.

Havalı Güneş kollektörlerinde saydam örtü olarak kullanılan malzemenin kollektör üzerine gelen Güneş ışınımını yüksek oranda geçirmesi, kızıl ötesi ışınları geçirmemesi istenir.

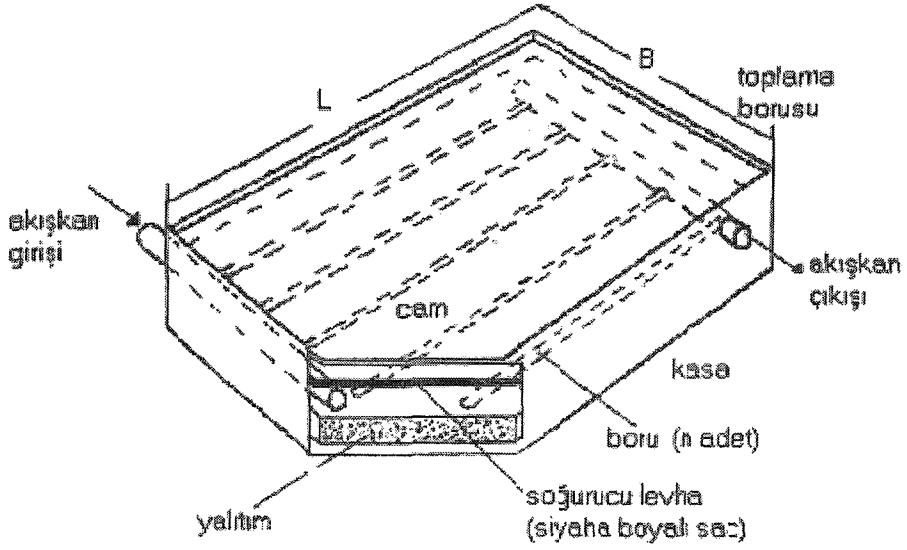
Havalı Güneş kolektörlerinde yutucu yüzeyden akışkana olan ısı transferinin artması için yutucu yüzey alanının artırılması gerekmektedir. Ayrıca yutucu yüzey pürüzlülüğünde ısı transferinin artmasına neden olur. Fakat pürüzlülük basınç kayıpları ve fan gücünün artmasını sağlar. Bu da istenmeyen bir durumdur.

Genel olarak havalı kolektörler dört ana kısımdan oluşur.

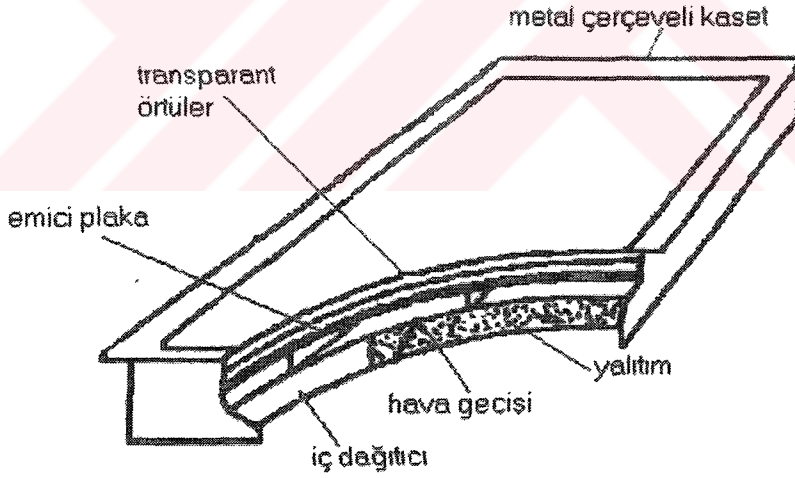
- 1) Saydam örtü
- 2) Yutucu yüzey
- 3) Yalıtım
- 4) Kasa



Şekil 4.3 Değişik havalı kolektör dizaynları[25]



Şekil 4.4 Sulu bir Güneş kolektörü[25]



Şekil 4.5 Düzlemsel bir kolektör[25]

4.1.1.1.1. Saydam Örtü

Kollektörde taşınım ile oluşan ısı kaybının engellenmesini ve ayrıca yutucu yüzeyin yağmur, dolu, toz gibi dış etkenlerden korunmasını sağlayan elemandır. Saydam örtünün gelen Güneş ışınlarını iyi geçirmesi, kızıl ötesi ışınları az geçirmesi istenir. Saydam örtü

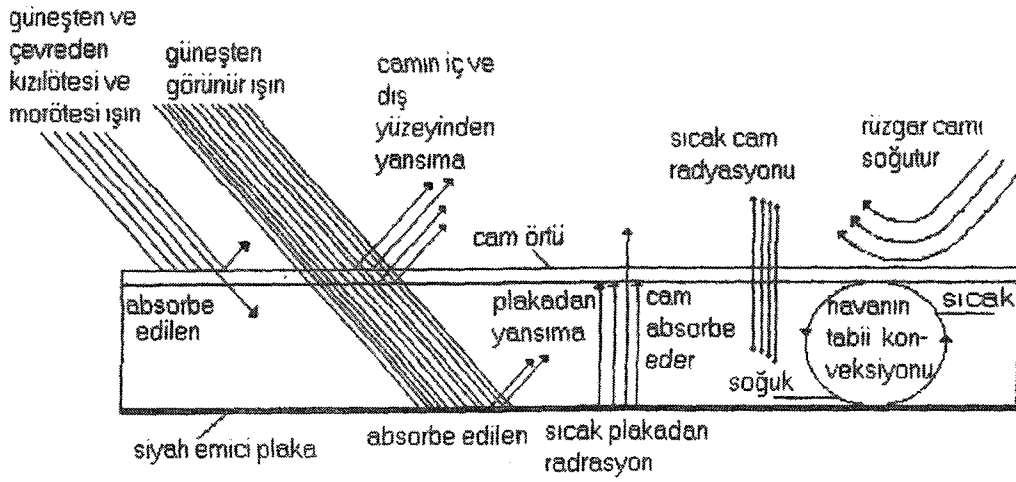
malzemesinin geçirgenlik oranının yüksek olduğu, yutma ve yansıtma oranlarının minimum olduğu bir malzemedan seçilmelidir. Kollektör örtüsü olarak genellikle cam veya plastik şeffaf malzemeler kullanılır. Cam, optik ve mekanik kararlılık olarak diğer malzemelere göre daha uygundur. Örtü olarak kullanılan malzemeler dayanıklı ve elastik olmalarına karşın çizilmeye ve dış ortama karşı dirençleri azdır.

Kollektördeki saydam örtü olarak kullanılan malzemenin üzerine gelen yük dayanımına göre de seçilmesi istenir. Özellikle kışın çok fazla kar yağan bölgelerde üzerinde biriken kar taşıyabilmesi veya dolu yağışına karşın dayanıklı olması hesaba katılmalıdır. Kar birikmesine karşın kollektör eğim açısı normale göre biraz daha artırılmalıdır.

Örtü malzemesinin kalınlığı, kırılma indisi ve azaltma katsayısı, yansıma, yutma, geçirgenlik değerlerini etkiler. Kollektör üzerine gelen Güneş ışınımının bir kısmı yansır, bir kısmı yutulur, büyük bir kısmında geçirilir.

Güneş kollektöründeki saydam örtü zaman zaman kullanılmayabilir. Dış ortamdaki sıcaklığın yüksek olduğu yaz aylarında saydam örtünün kullanılmadığı görülür. Buna örnek olarak yüzme havuzu kollektörü gösterilebilir. Dış ortamının sıcaklığı düştüğünde ise ısı enerjisinin artırılması için örtü malzemesi kullanılmalıdır. Saydam örtü ısı kayıpları için önemlidir. Saydam örtü görünür ışınları geçirmeli, infratüj (kırmızı ötesi) ışınları geçirmeme özelliğine sahip olmalıdır. İyi bir geçirgenliğe sahip olarak gelen Güneş ışınlarını yutucu yüzeye geçiren saydam örtü, emici plakadan gelen kırmızı ötesi ışınları geri yansıtarak kayıpların azalmasını sağlarlar. Aynı zamanda saydam örtü emici plakanın dış ortamdaki yağmur veya rüzgara bağlı olarak soğumasını önlerler [32].

Şu an saydam örtü olarak en fazla cam kullanılmaktadır. Kolay ve ucuz bir şekilde temin edilebilmesi, görünür ışınları geçirmesi, yutucu yüzeyden olan ışımda gelen ışınları dışarı bırakmaması, dış ortamdaki etkilenmemesi ve uzun süre kullanıma açık olması camın avantajlı yönleridir.



Şekil 4.6 Saydam örtü olarak tek bir cam kullanılan kolektörde enerji değişimleri

Örnek olarak 3mm kalınlığındaki cam saydam örtü olarak kullanılırsa üzerine gelen görünen Güneş ışınlarının % 82-90 'ını geçirdiği, %8-10'unu ise geriye yansıttığı görülür. Camın ışığı yansıtmasının sebebi içerisinde bulunan (Fe_2O_3) demir oksitinin bir miktar Güneş ışığını absorbe etmesindedir. Bu yüzden camda bulunan demir oranının artması absorbe edilen Güneş ışığının artmasına sebep olur. Fazla demir ihtiva eden camın rengi yeşil olur. Camın kalitesi ve içerdiği demir miktarının az olması kolektörün verimini artırır. 3mm kalınlığındaki kaliteli düşük oranda demir içeren bir cam Güneş ışığının yalnızca %4-5 'ini yansıtır. Bünyesinde hiç demir bulunmayan su rengindeki cam ise %1-2 oranında ışığı yansıtır.

Örtü malzemesinin geçirgenlik durumu Güneş ışınlarının kolektöre geliş açısı ile değişir. Kolektöre gelen Güneş ışınlarının eğik olması camdan geçen ışın miktarını azaltırken absorbe edilen ışın miktarını artırır. Bu nedenle en ideal durum camın Güneş ışınlarına dik konumda olmasıdır.

Geçirgenlik özelliğini etkileyen özelliklerden biriside kullanılan saydam örtünün sayısıdır. Kolektörde kullanılan örtü malzemesinin sayısının artması ısı kayıpları azaltırken kolektörün içine alabileceği Güneş ışığını azaltır. Hangi sıcaklık olursa olsun, örtü malzemesinin gelen ışın miktarını azaltması kolektör verimini düşürür. Soğuk ülkelerde ve yüksek sıcaklık elde edilmesi gereken durumlarda üç adet saydam örtü malzemesi kullanılabilir. Yüzey işlemlerinden en faydalı olanı camın asit banyosundan geçirilmesidir. Bu işlemle normal bir cama göre %6-7 geçirgenlik, %10-15 verim artışı görülür.

Saydam örtü olarak kullanılan normal cam yutucu yüzeyin yaydığı kızıl ötesi ışınların hepsini geriye göndermez. Bu ışınların bir kısmını absorbe eder. Bunu engellemek için camın

heriki yüzeyi yansıtmayı önleyici malzemelerle kaplanabilir. Ayrıca camın mukavemetini artırmak, kırılma eğilimini azaltmak için temperleme işlemi yapılır. Ancak temperlenmiş olan cam genişleme ve büzülmeleere karşı dayanıklı olmayacağından kırılabilir. Temperlenmiş camın kesilmesi çok zordur. Bu yüzden cam tam ölçülerine göre sipariş verilmelidir [32].

Saydam örtü olarak kullanılan malzeme kollektöre iyi bir şekilde bağlanmalı, ayrıca sızdırmaz olmalıdır. Sızdırmazlığı sağlamak için kullanılan malzemelerin dış ortamın özelliklerine karşı (yağmur, sıcaklık, vb.) dayanıklı olması gerekir. Eğer sızdırmazlık sağlanamazsa hem ısı kaybı olur hemde cam altında buharlaşmalar oluşur.

Eğer birden fazla saydam örtü malzemesi kullanılırsa iki örtü arasındaki mesafe 1-2,5 cm olmalıdır. Eğer bu mesafe yakın olursa aradaki hava iletimle, uzak olursa taşınım ile ısı kaybı meydana gelir.

Tablo 4.2 Saydam örtü olarak kullanılan bazı malzemelerin test değerleri[4, 15, 19, 20 21]

Test	Polyester	Polikarbonat	Güçlendirilmiş Plastikler	Cam	Düşük Demirli Cam	Su Beyazı Cam
Geçirgenlik	85	82-89	77-90	85	87	85-91
Maksimum İşletme sıcaklığı (°C)	100	120-135	95	210	120	210
Gerilme Direnci Mpa(10 ⁶ N/m ²)	166	66	104-117	11• 44*	11• 44*	11• 44*
Isıl Genişleme Katsayısı	27	68	32-40	8,9	9	8,7-15
Elastisite Modülü Mpa(10 ⁶ N/m ²)	3800	2380	7600	72,500	72,500	72,500
Kalınlık(mm)	0,025	3,2	1,0	3,2	3,2	3,2
Maksimum Yükleme	0,34	37	14	78	78	78
Ömür(Yıl)	4	-	7-20	-	-	30'dan çok

(•)Tavlınmış

(*) Temperlenmiş

4.1.1.1.2. Yutucu Yüzey

Bir Güneş kolektörü için en önemli kısımlarından biridir. Kolektörün verimi yutucu yüzey malzemesinde kullanılan malzemenin çeşidine ve geometrisine direk bağlıdır. Yutucu yüzey sıvılı Güneş kolektörleri için bakır, aliminyum, paslanmaz çelik vb. malzemelerle imal edilebilir. Akışkan kanalları roll band, ekstrüzyon, presleme vb. işlemler ile yutucu yüzeyin içine, üstüne veya altına yerleştirilebilir.

Yutucu yüzey için uygulanan yüzey kaplaması ile kolektör verimi doğrudan ilişkilidir. Yutucu yüzeyin kaplamasının amacı üzerine gelen Güneş enerjisinin mümkün olduğu kadar fazla miktarını yutması ve ısı enerjisine dönüştürmesidir. Yutucu yüzey için en ideali siyah mat boyanın kullanılmasıdır. Ayrıca seçici yüzey kaplamalarında kullanılabilir. Yutucu yüzey için kullanılan siyah mat boya Güneş ışınımını soğurma (emme) miktarı civarındadır. Ancak yayıcılık oranında yaklaşık %85-92'dir. Siyah boya olarak genellikle akrilik, epoksi, polyester gibi boya malzemeleri kullanılır [17].

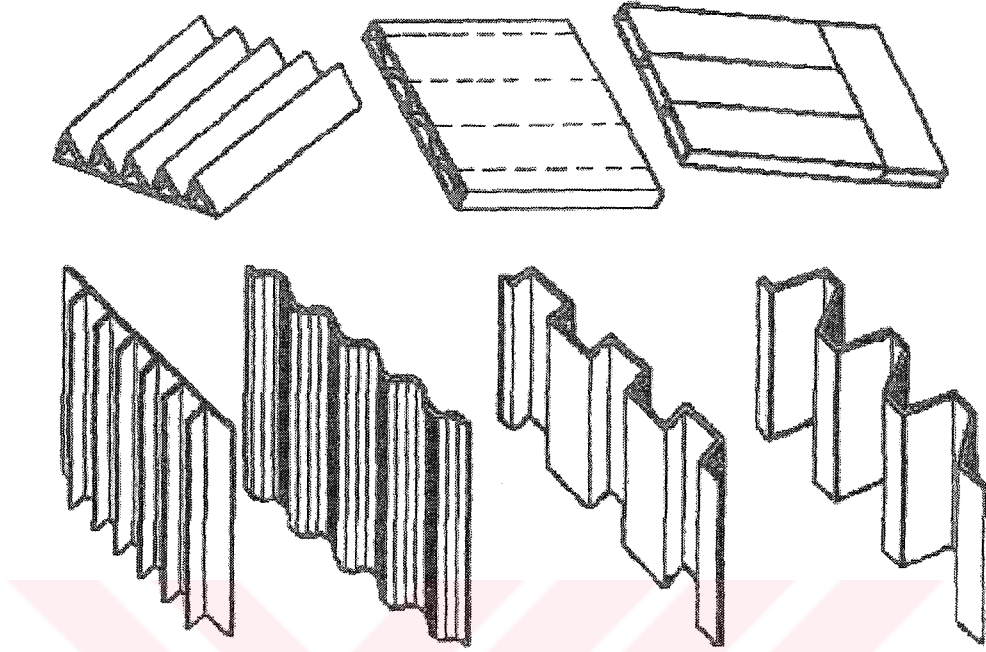
Yutucu yüzeyin kaplanması için alternatif olarak seçici yüzeylerde kullanılabilir. Bu yüzeyler kısa dalga boylu ışınları hemen hemen hepsini yutar; fakat uzun dalga boylu ışınlarının yayıcılığını minimum seviyeye düşürülür. Bu şekilde yutucu yüzey sıcaklığı artar ve kolektörde kullanılan akışkana daha fazla ısı iletilmesi sağlanır. Seçici yüzeyler için sıcaklığın yükselmesi durumunda daha az ışınım yadıklarından kolektör verimi yüksektir. Seçici yüzeylerin oluşturulması için sputtering, kimyasal buhar depozisyonu, metal spreyi, kimyasal oksidasyon ve elektroliz gibi çeşitli yöntemler kullanılır. Bu yöntemler içinde elektroliz kolay uygulanması ucuz olmasından dolayı diğerlerine göre daha fazla kullanılır [27].

İdeal bir yutucu yüzeyin şu özelliklere sahip olması beklenir.

- 1) Yutucu yüzeye gelen görünür ışınlar (kısa dalga boyundaki ışınlar) yutma oranı büyük, fakat yansıtma oranı çok küçük olmalıdır.
- 2) Sıcaklığa karşı dayanıklı olmalıdır.
- 3) Dış ortama karşı uzun zaman sonra bile rengini korumalı veya soyulmamalı.
- 4) İstenildiğinde kolay bir şekilde temizlenmelidir.

Havalı kolektörlerde yutucu yüzey ile kolektörde kullanılan akışkan arasında taşınım ile ısı transferi düşük olduğundan kullanılan yutucu yüzey malzemesinin ısı transfer alanı büyük tutulmalıdır. Bu özellik sebebiyle yutulan ışınım miktarı artar.

Yutucu yüzey için bakır, aliminyum, paslanmaz çelik siyah boya ile boyanarak veya kaplama işlemi uygulanarak kullanılmaktadır. Çeşitli yutucu yüzey geometrileri Şekil 4.7'de görülmektedir.



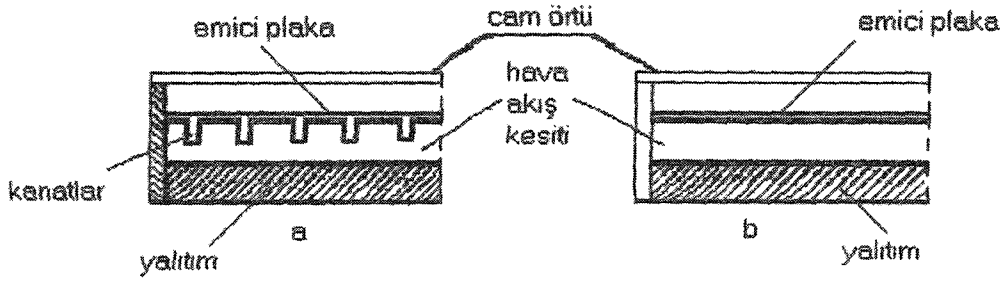
Şekil 4.7 Havalı kollektörlerde kullanılan yutucu yüzey geometrilerinden bazıları [43]

Yutucu yüzey için kullanılacak boya pürüzsüz ve ısıya karşı dayanıklı olması gerekir. Boyalar genelde sliikon içerdiklerinden dolayı en fazla 40°C 'lik ısıya dayanıklıdır.

Güneş enerjisini ısı enerjisine dönüştüren, ısı enerjisini kullanılacak olan akışkana ileten yutucu yüzeyin tasarlanmasında birçok etken rol oynar. Kollektör için seçilen akışkan ile yutucu yüzey arasında doğrudan bir ilişki vardır.

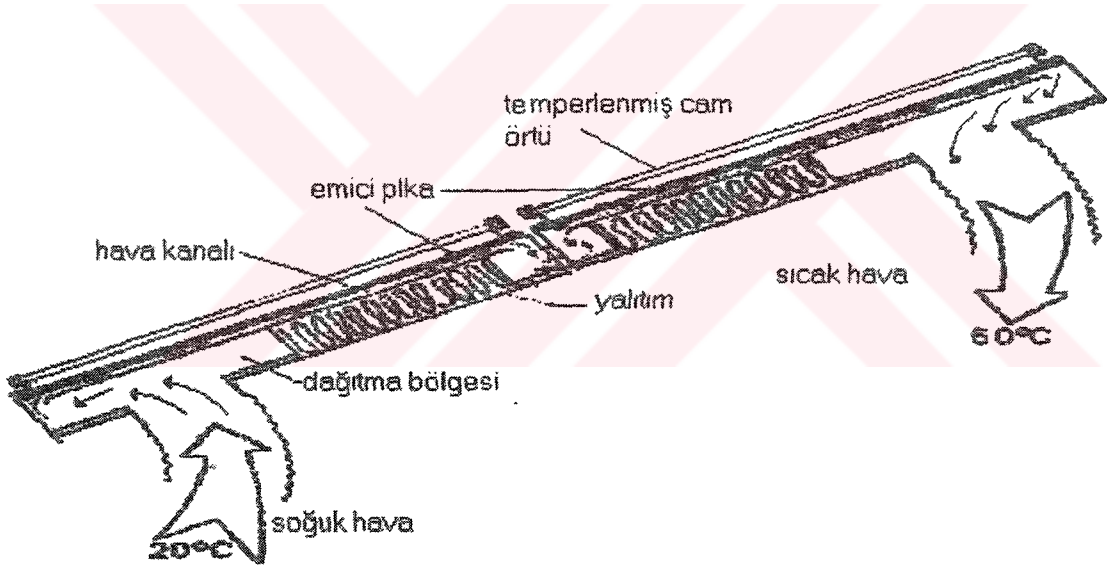
Akışkan olarak hava seçilirse havanın yutucu yüzey için korozyon etkisi yoktur. Fakat akışkan olarak su kullanılırsa böyle bir durum söz konusu olur. Ayrıca akışkan olarak hava kullanılması durumunda sızıntının pek fazla zararı olmaz. Yalnız su için böyle değildir. Fakat akışkan olarak hava suya nazaran pek iyi bir taşıyıcı değildir. Bu yüzden havalı kollektörde kullanılan yutucu yüzeyde ısı transferini artırmak için kanatlar kullanılır. Aynı zamanda havanın debi olarak miktarı artırılırsa ısı transferide artırılmış olur. Yalnız havalı kollektörlerin performansı sıvılı kollektöre göre düşüktür.

Yutucu yüzeyin kanatlı ve kanatsız durumları Şekil 4.8'de gösterilmiştir. Yutucu yüzeyin kanatlı olması kanatsız olana göre daha verimlidir. Kanatın üstte olması radyasyonu artırır. Yutucu yüzeyin altında kanatlar ve kanatların altında akışkan kanalları ve onun altındada yalıtım bulunur.



Şekil 4.8 Havalı kollektörde kullanılan iki farklı yutucu plaka

Havalı kollektörler için akışkan geçişi yutucu yüzey ile cam arasından olmamalıdır. Bu durumda ısı kayıpların artması söz konusudur. Ayrıca yutucu yüzey üzerinde bulunan toz parçacıklarında yutucu yüzeyin veriminin düşmesine sebep olur. Akışkan akışının yutucu yüzeyin altından olduğu birbirine seri bağlanmış iki havalı kollektör Şekil 4.9'da gösterilmiştir.

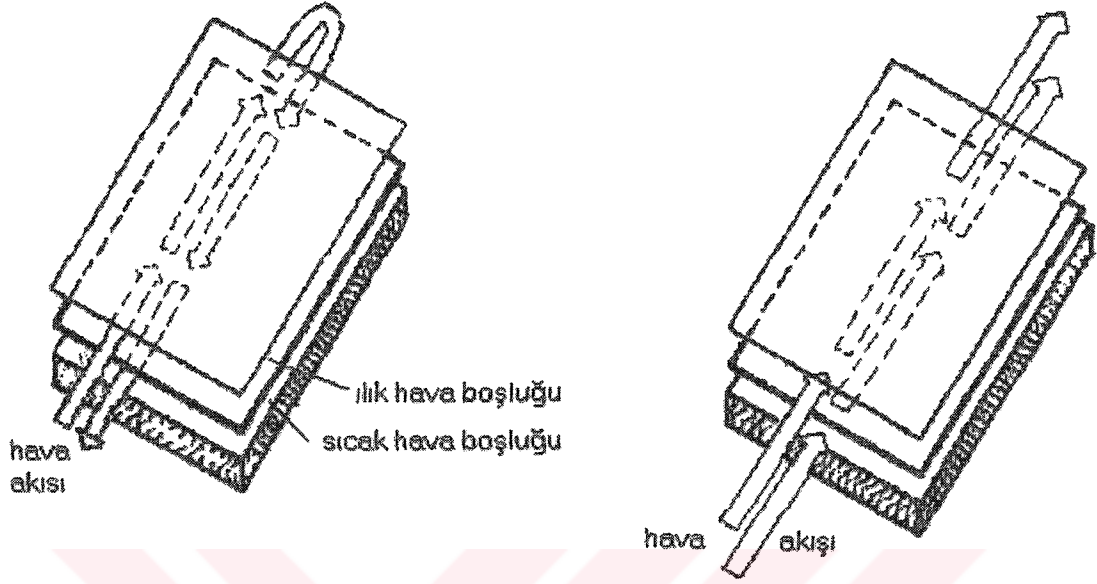


Şekil 4.9 Düz yutucu yüzeyli seri bağlanmış çift camlı havalı kollektör [32]

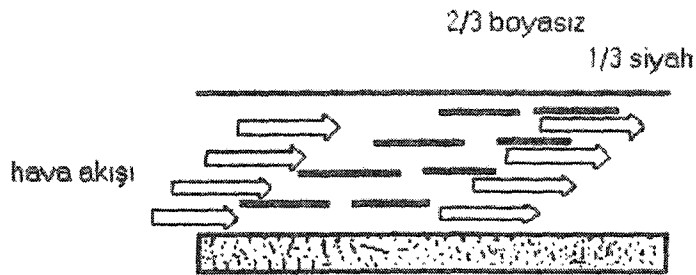
Zıt yönlü hava akışına sahip düzlemsel kollektörlerde hava girişi yutucu yüzeyin üstünden olurken hava çıkışı yutucu yüzeyin altından olur. Hava akışının zıt yönlü olduğu kollektörde hava için filtre kullanılması gerekir ve camında zaman zaman temizlenmesi gerekir.

Hava akışının aynı yönlü olması durumunda ise hava geçişi yutucu yüzeyin altından üstünden olur. Yutucu yüzey üzerindeki havanın alt yüzeyinde toz birikmesine sebep olur. Bu yüzden zıt yönlü hava akışlı kollektörlerde olduğu gibi havanın filtrelenmesi ve camında zaman

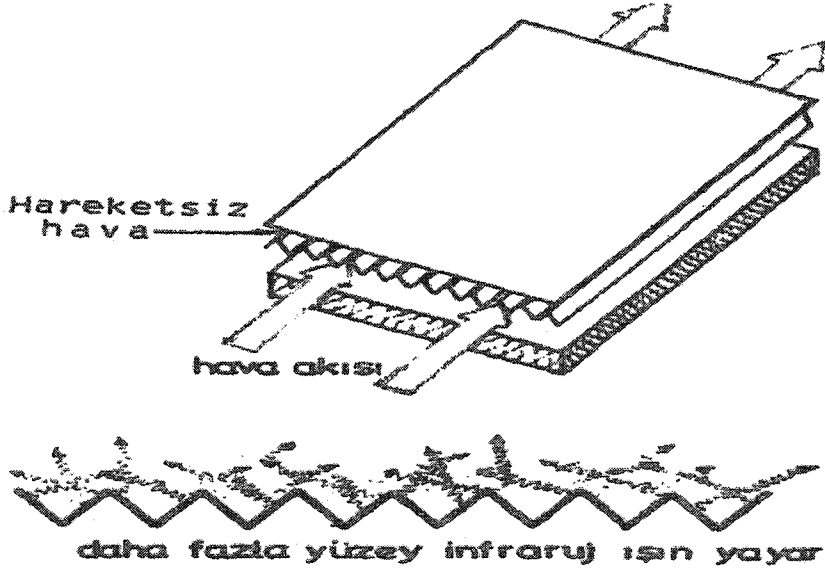
zaman temizlenmesi gerekir. Zıt yönlü ve aynı yönlü akışına sahip havalı kollektörler Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'da gösterilmektedir.



Saydam örtü olarak birden fazla cam kullanılması durumunda ise hava akışı camın altından ve üstünden olur. Bu kollektörün tasarımı aynı yönlü hava akışına sahip kollektörlere benzer. Fakat bu tip kollektörlerde verim yüksek olmasına rağmen imal edilmesi zor, maliyeti yüksek ve hacimlidir. Birden fazla camın kullanıldığı kollektör Şekil 4.10'da gösterilmektedir.



Kanatlı yutucu yüzeyler olduğu gibi V oluklu yutucu yüzeylerde havalı kollektörlerde kullanılır. V oluklu yutucu yüzeylerin (emici plakaların) yapımı kanatlı emici plakalara göre daha kolaydır. Fakat V oluklu emici plakalarda yüzey alanının artmasından dolayı inraruj(radyasyon) ışınlar (kızıl ötesi) artar. Bu da kayıpları artırdığından dolayı verimi düşürür.



Şekil 4.12 Yutucu yüzeyi oluklu olan bir havalı kollektör

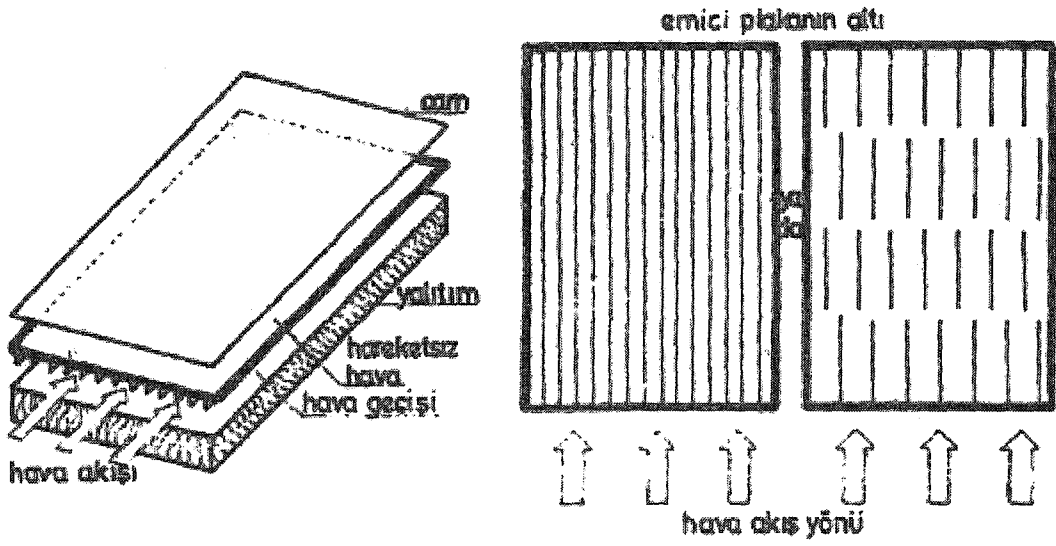
Havalı kollektörlerde verimin artırılması için aşağıdaki özelliklere dikkat edilmesi gerekir.

- Havalı kollektörlerde özellikle Güneş'i gören yutucu yüzey saydam örtü gibi malzemeler pürüzsüz olmalıdır.
- Kollektörlerde kullanılan havanın geniş yüzeylere temas etmesi sağlanmalıdır.
- Hava, yutucu yüzeyin altından geçmeli, ölü hava hacmi ise yutucu yüzeyin üst kısmında olmalıdır.
- Yutucu yüzeyde (emici plaka) kullanılan malzemenin metal olması tercih edilir. Alüminyum yada galvanizli sac kullanılabilir.

Yukarıda saydığımız hususları açıklarsak;

Yutucu yüzey ve saydam örtü gibi Güneş'i gören kısımların pürüzsüz olması havaya olan ısı aktarımını artırdığından önemlidir.

Kullanılan kanatların doğrultusunun hava akışına paralel olması gerekir. Böylece hava akışına karşı direnç göstermezler. Havanın yutucu yüzeyin altından akması yutucu yüzeyin üstünde ve camdaki tozlanmayı önlemiş olur. Sıydam örtü ile yutucu plaka arasında oluşan ölü hava yalıtım görevi yapar. Ayrıca kullanılan kanatlar arasındaki mesafe en az 2,5cm olmalıdır. Emici plakanın altındaki kanatların durumu Şekil 4.12'de gösterilmiştir.



Şekil 4.13 Yutucu plaka altındaki kanatların görünüşü

Hava akışının daha fazla yüzeyde olması ısı transfer yüzey alanını artıracığından havaya geçen ısı transferini artırır. Kanatlı plakalar düz plakalara göre daha fazla yüzey alanına sahip olduğundan daha verimlidir. Oluklu plakalarda ise ısı transfer yüzeyi artar fakat üst yüzeyin kızıl ötesi ışınlar yaymasından dolayı ısı kayıpları oluşur.

Kollektördeki hava akışının türbülanslı olması yutucu plakadan ısının daha verimli bir şekilde alınmasını sağlar. Fakat türbülanslı hava akışını zorlaştıracığından sistemde hava sirkülasyonu için fan kullanılmasını gerektirir.

Hava akışının yutucu yüzeyin altından olması ve yutucu yüzeyin üstünde ölü hava hacmi oluşturulması kollektörün bakımını kolaylaştırır. Oluşturulan ölü hava hacmi yalıtım görevi yaparak yutucu yüzeyin cam tarafından soğutulmasını önler.

Verimin artırılması için yutucu yüzey malzemesinin seçimi de önemlidir. Bu malzemenin metallere seçilmesi ısı iletiminin daha kolay olması, havanın metallere korozyon etkisinin bulunmaması, emici plakada sıcaklık farkı oluşturmaması bakımından daha avantajlıdır. Emici plaka malzemelerinin değerleri Tablo 4.3'de verilmiştir.

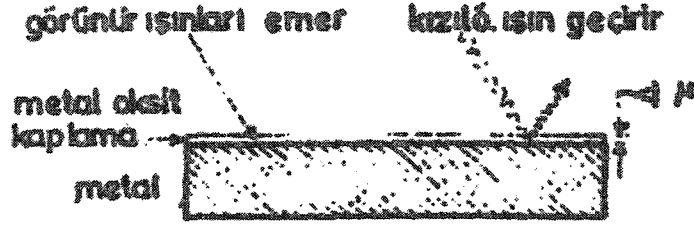
Tablo 4.3 Yutucu plaka malzemelerinin yutma, neşretme ve kırılma sıcaklığı değerleri[1, 3, 4, 7,9]

Malzemenin özelliği	Yutma	Neşretme	Kırılma Sıcaklığı	Yorumlar
Siyah Krom	0,87	0,1	-	-
Alkyd Emay	0,9	0,9	-	Yüksek sıcaklıklarda dayanıklılığı sınırlı
Siyah Akrilik Boya	0,92-0,97	0,84-0,90	350	Slikon esaslı 10 μ kalınlıklar için neşretmeye sahip
Siyah inorganik Boya	0,89-0,96	0,86-0,93		
Siyah slikon Boya	0,86-0,94	0,83-0,93		
Pbs/slikon Boya	0,94	0,4		
Düz Slikon Boya	0,95-0,98	0,89-0,97	200	Yüksek sıcaklıkta bozulmaz
Seramik Emay	0,9	0,5		
Siyah Çinko	0,9	0,1		
Aliminyum	0,93	0,11		
Bakır Oksit				
Bakır Üzerine Siyah Bakır	0,85-0,90	0,08-0,12	450	Rutubette oksitlenir
Nikel Üzerine Siyah Nikel	0,93	0,06	450	Yüksek sıcaklıklarda rutubetten etkilenmez
Çelik Üzerine Siyah Demir	0,90	0,10	-	-
Siyah Emaylanmış Çelik Üzerine Kalaydioksit	0,92	0,13	350	Mekanik kimyasal mukavemeti iyi
Nikel Üzerine Ni-Zn-S	0,96	0,97	200	-
Nikel Üzerine Siyah Krom	0,92-0,94	0,07-0,12	450	Yüksek sıcaklıkta bozulmaz

Metaller haricinde yutucu yüzeyin cam ve plastik malzemelerden yapıldığıda olmuştur. Bu tip kollektörler genelde tekstil sanayinde sıkça kullanılmaktadır.

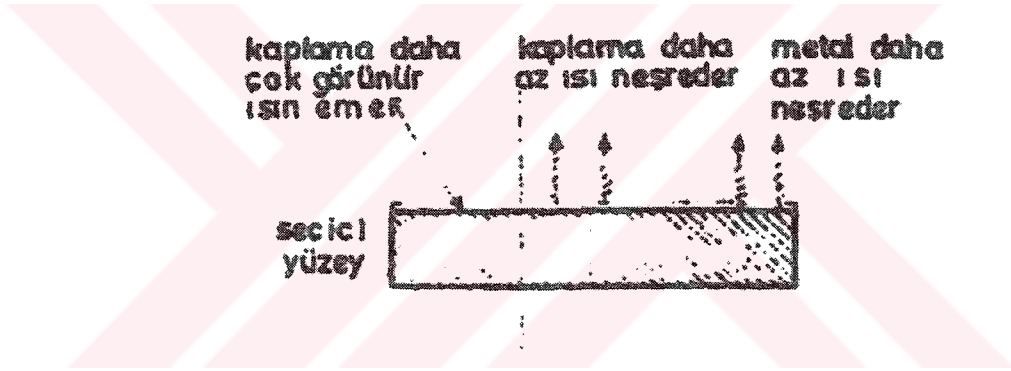
Yutucu plaka için kollektörde önemli olan özellikle gelen Güneş ışığını emerek ısı enerjisine dönüştürmesidir. Yutucu plakada parlak metal üzerine ince bir metal oksit kaplaması

görünür ışınları emerek kızıl ötesi (infraruj) ışınlarıda yayar. Böyle bir emici plaka Şekil 4.14'de görülmektedir.



Şekil 4.14 Yutucu plakası parlak metal olan yüzeyin kızıl ötesi ışınları yansıtması

Seçici yüzeylerde ise görünür ışınlar emilirken, kızıl ötesi ışınların yayılması oldukça azdır. Seçici yüzey Şekil 4.15 'de gösterilmektedir.



Şekil 4.15 Yutucu plakadaki seçici yüzeyin gelen ışığı emmesi ve yansıtması

Yutucu yüzey malzemelerine göre yutma (α) ve yayma (ϵ) değerleri Tablo 5.3'de verilmiştir.

Tablo 4.4 Değişik malzeme yüzeylerinin Güneş ışınıni yutma ve yansıtma oranları [27,44]

Yutucu Yüzey	α	ϵ	α / ϵ
Magnezyum Karbonat	0,025-0,04	0,79	0,03-0,05
Beyaz Sıva	0,07	0,91	0,08
Kar(taze yağmış)	0,13	0,82	0,16
Beyaz Boya	0,20	0,91	0,22
Beyaz Kağıt	0,25-0,28	0,95	0,26-0,29
Buz	0,31	0,96	0,32
Yeşil Yağlı Boya	0,50	0,90	0,56
Kırmızı Tuğla	0,55	0,92	0,60
Parlatılmış Mermer	0,50-0,60	0,90	0,61
Pürüzlü Beton	0,60	0,97	0,62
Yeşil Çim	0,67	0,88	0,68
Kuru Çim	0,68	0,90	0,76
Meyve Bahçeleri	0,70	0,90	0,78
Çöl	0,75	0,90	0,83
Sürülmüş Tarla	0,75-0,80	0,90	0,83-0,89
Meşe Ormanı	0,82	0,90	0,96
Çamlık Arazi	0,86	0,90	0,96
Gri Boya	0,75	0,95	0,79
Kırmızı Yağlı Boya	0,74	0,90	0,82
Amyant	0,81	0,96	0,84
Kuru Tuz	0,82	0,90	0,95
Su	0,94	0,95-0,96	0,98
Siyah Boya,Cilalı	0,90	0,90	1,00
İs	0,98	0,95	1,03
Siyah Boya Mat	0,94-0,98	0,88	1,07-1,11
Grafit	0,78	0,41	1,90
Alüminyum	0,15	0,05	3,00
Krom	0,49	0,08	6,13
Parlatılmış Çinko	0,46	0,02	23,0
Galvanizli Çelik,Temiz	0,65	0,13	5,00
Galvanizli Çelik,Oksitlenmiş	0,80	0,28	1,86

4.1.1.1.3. Yalıtım

Kollektörlerde cam yünü, taş yünü, poliüretan köpük veya levha sıkça kullanılan yalıtım malzemeleridir. Yalnız cam yünü ve taş yününün içerdiği mineral bağlayıcı yünlerden çıkan gaz akımlarının saydam örtüye birikebileceği gözönüne alınmalıdır. Yalıtım kalınlığı cam yünü için kasa yan yüzeylerinde 20-50 mm aradaki yüzeylerde 50-100 mm olmalıdır. Poliüretan köpük için kalınlık minimum 9,5 cm olmalıdır. Emici plaka ile altındaki yalıtım arasında 1-2 cm boşluk bırakılarak yalıtım üzerine alüminyum folyo sarılması kızıl ötesi ışınların plakaya dönüşü ve sızdırmazlık açısından önemlidir. Kollektörlerde yalıtım için kullanılan yalıtım malzemelerinin değerleri Tablo 4.5’de verilmiştir.

Tablo 4.5 Kollektörlerde kullanılan değişik yalıtım malzemelerine ait bazı özellikler[4, 7, 10, 14]

Yalıtım Malzemesi	Yutucu Yüzey Malzemesi	Yutucu Yüzey	η_0	U_{eff}
Cam Yünü	Alüminyum	Seçici Yüzey ($\alpha=96, \epsilon=10$)	0,726	4,04
Styropor Kaya yünü	Alüminyum	Seçici Yüzey ($\alpha=90, \epsilon=13$)	0,758	4,62
Cam Yünü	Alüminyum	Seçici Yüzey ($\alpha=93, \epsilon=13$)	0,727	4,78
Cam Yünü Poliüretan	Bakır	Seçici Yüzey ($\alpha=95, \epsilon=10$)	0,758	5,02
Poliüretan	Bakır	Seçici Yüzey ($\alpha=96, \epsilon=12$)	0,780	6,12
Cam Yünü	Alüminyum Bakır	Seçici Yüzey ($\alpha=95, \epsilon=35$)	0,781	6,25
Cam Yünü	Alüminyum Bakır	Seçici Yüzey ($\alpha=96, \epsilon=93$)	0,718	5,86
Cam Yünü	Alüminyum	Seçici Yüzey ($\alpha=96, \epsilon=93$)	0,809	6,68
Cam Yünü	Bakır	Seçici Yüzey ($\alpha=96, \epsilon=95$)	0,757	6,85
Cam Yünü	Alüminyum	Seçici Yüzey ($\alpha=96, \epsilon=95$)	0,828	9,01
Cam Yünü	Bakır	Seçici Yüzey ($\alpha=96, \epsilon=93$)	0,704	9,14

4.1.1.1.4. Kasa Malzemesi Ve İzolasyonu

Kollektörlerde alt ve yan kısımlar olmak üzere ısı kayıpları mevcuttur. Isıl kayıpları önlemek için bu kısımlara ısı iletim katsayısı küçük olan malzemeler yerleştirilerek yalıtım sağlanır. Ancak yalıtım için kullanılan malzemelerin zamanla bozulmaması, yüksek sıcaklıklara karşı dayanıklılık göstermesi, içerdiği maddelerin sıcaklıkla buharlaşmaması istenir. Genelde yalıtım malzemesi olarak cam yünü ve strafor malzemeleri kullanılır. Diğer yandan asbest, cam yünü gibi kullanılan izolasyon malzemeleri havaya zararlı gazlar yaydığından dolayı insan sağlığı için sakıncalıdır.

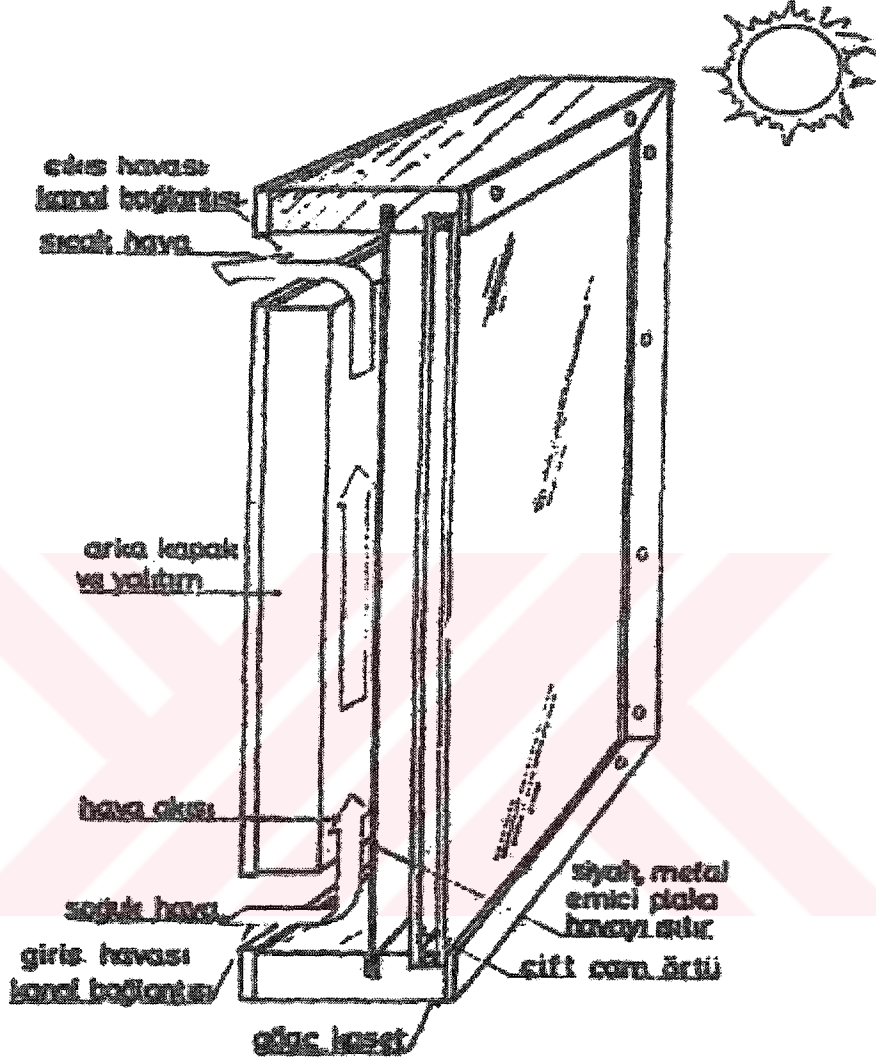
Yalıtım malzemesi ile yutucu levha arasında hava boşluğu bırakılması yada yalıtım malzemesi üzerine aliminyum folyo kaplanması ısı kayıpları azaltır ve yalıtım malzemesinin yüksek sıcaklıklara çıkmasını engeller. Yalıtım malzemesi seçerken malzemenin yanma ve genleşme özellikleride hesaba katılmalıdır. Yalıtım malzemesinin kalınlığı emici plakanın sıcaklığı ile ortam sıcaklık farkına bağlı olarak seçilir. Eğer emici plaka sıcaklığı çok yüksek olursa izolasyon kalınlığıda artırılmalı ve izolasyon malzemesinin ısı iletim katsayısı $0,5 \text{ W/mK}$ 'den küçük olmalıdır. İzolasyon malzemesinin ısı iletim katsayısına K_y (W/mK), kalınlığına ise L_y (m) dersek $K_y/L_y < 0,5$ olmalıdır. Ayrıca cam yünü ve strafor için $L_y > 7\text{cm}$ olmalıdır. İzolasyon kalınlığının artması ısı iletimini düşürür. Ancak yutucu yüzey kalınlığı, ağırlığı ve maliyeti artar [32].

Kollektörlerde genellikle 1 mm kalınlığında sac veya galvanizli sac kasa malzemesi olarak kullanılır. Bunların haricinde aliminyum, plastik, polyester, ve keresteden imal edilen kasalarda mevcuttur. Kasanın kollektörde istenen özelliklerinden biri mukavemetli olmasıdır ve buna görede boyutlandırılması gerekir. Taşıyıcılık, koruyuculuk, ısı yalıtımı, güzel görünüm kasaların görevleri arasında sayılabilir.

Kollektör kasalarında ağaç malzemede çok kullanılmaktadır. Ağaç malzemenin yapımı ve montajı kolaydır. Fakat ağaç malzeme aşırı sıcaklıklara karşı dayanıklı değildir. Ayrıca ağaç tam kurumamış ise sıcaklığa maruz kaldıktan sonra şekil değişikliğine uğrar ve çatlaklar oluşur. Aynı zamanda ağaç ile kollektörün en sıcak elemanı olan yutucu plaka doğrudan temas halinde olmamalıdır. Ağaç malzemeli kasaya sahip bir havalı kollektör Şekil 4.16'da gösterilmektedir. Metal kasa ağaca göre daha sağlam ve ısıya dayanıklıdır. Ancak metallerin iyi bir iletken olması, ağır olmaları ve maliyetlerinin yüksek oluşu dezavantajları olarak sayılabilir. Ancak metal kasalar ağaç kasalardan daha fazla tercih edilirler. Metallerde yalıtım sağlanırsa ısı kayıpları önlenir ve aliminyum kullanılarak ağırlık sorunu da giderilmiş olur.

Kollektördeki en sıcak bölge olan emici plakanın soğuk olan dış ortam ile bağlantısının kesilmesi için araya yalıtım malzemesi yerleştirilmelidir. Fakat yalıtım malzemesi yüksek

sıcaklıklardan zarar görmeyen bir malzemeden seçilmelidir. Poliüretan köpükler ve cam yünü gibi malzemeler yalıtkan malzeme olarak kullanılabilir.



Şekil 4.16 Ağaç kasete sahip bir havalı kollektör

Kollektörde kullanılan malzemeler için dikkat edilmesi gereken hususlardan biride ısı genleşmedir. Özellikle saydam örtü olarak kullanılan camın ısı genleşmesi dikkate alınmazsa ısı genleşmeden dolayı kenarlarının kendi kendine kırıldığı görülür. Malzemelerin ısı genleşme değerleri Tablo 4.5 'de verilmiştir. Bu tabloya dikkatli bakılırsa ağacın camdan daha az genleştiği, plastiğin ise camdan on kat daha fazla genleştiği görülür.

Tablo 4.6 Değişik malzemelere ait boyca uzama yüzdeleri[19]

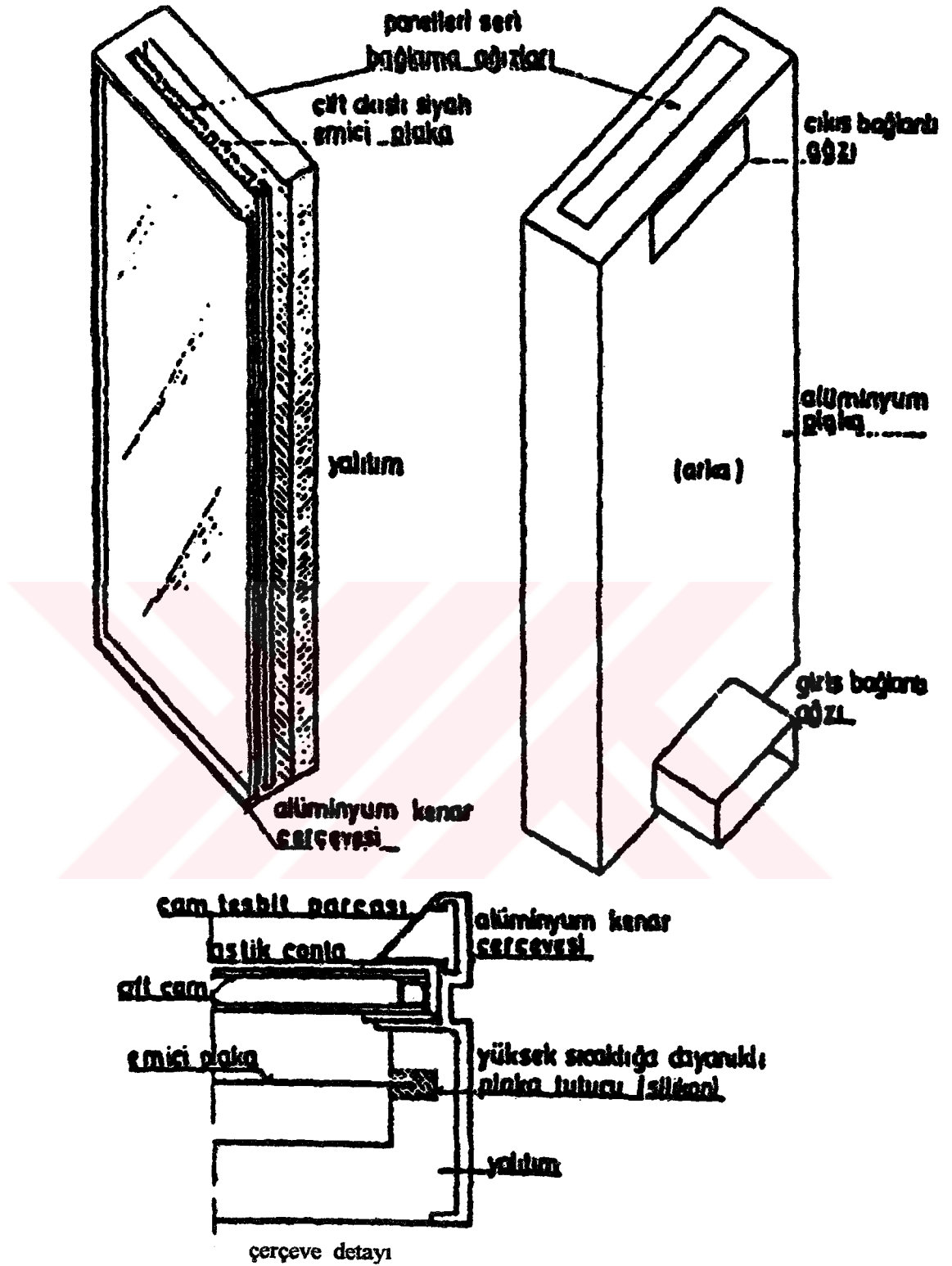
Malzeme	Boyca Uzama (%)*
Alüminyum	0,43
Prinç	0,33
Beton	0,20
Bakır	0,23
Cam	0,14
Demir-Çelik	0,18
Plastik	0,80-3,3
Lastik	1,3-2,2
Ağaç(Lif Boyunca)	0,05-0,11
Ağaç (Enine)	0,55-0,80

(*) Sıcaklığın 150 °C' ye çıktığı durumda malzemenin boyca uzama yüzdesi

Düzlemsel kollektörlerde kasaların yapımı çok zor değildir. Ancak değişik konstrüksiyonlarda yapılabilir. Kollektörde kasa (kaset) yapımında dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Kasetin kollektörü güvenli bir şekilde taşınması sağlanmalı, emici plaka ile kaset arasında yalıtım yapılmalıdır.
- Isıl genleşmelerin olabileceği yerlerde sızdırmazlığı sağlamak amacıyla contalar kullanılmalıdır(Özellikle camın altına ve üstüne conta konulmalı).
- Yutucu plakanın temizlenmesi için camın kolayca çıkarılması sağlanmalıdır.
- Su ve havanın sızdırmazlığının sağlanması için bağlantı noktalarında macun kullanılmalıdır.

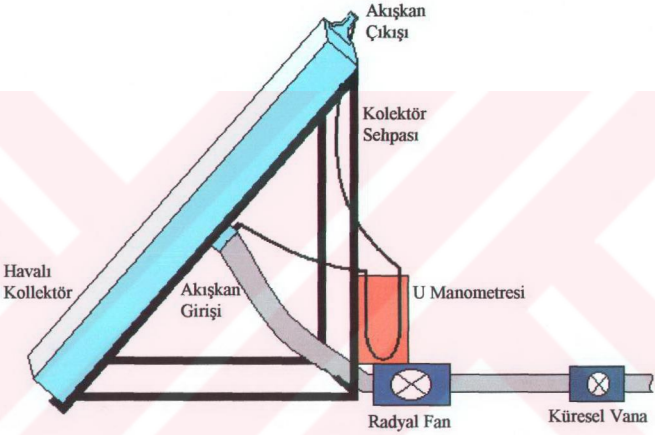
Metal kasetli bir havalı kollektör Şekil 4.17'de görülmektedir.



Şekil 4.17 Metal kasete sahip bir havalı kollektör ve kesit görünüşü

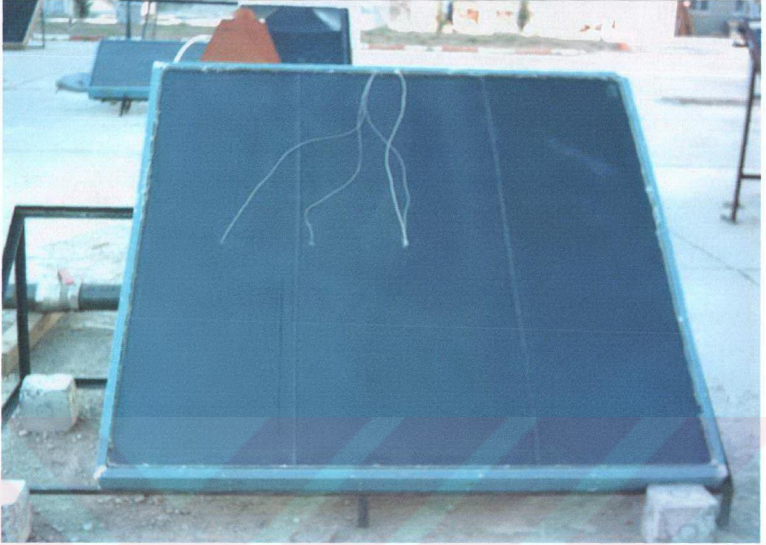
5. DENEY DÜZENEĞİNİN TANITILMASI VE DENEYLERİN YAPILIŞI

DeneY düzeneği özel olarak tasarlanmış kollektör, küresel vana, radyal fan, kollektör sehpaşı,vana ile fan arasındaki bağlantıyı sağlamak için metal borular, fanla kollektör arasında sızdırmaz bir şekilde bağlantıyı sağlayabilmek için izolasyonlu özel çelik boru, manometre, rüzgar gülü, sıcaklık ölçmek için termo-couple (ısıl çift) ile kullanılabilen termometre, T tipi ısıl çift, ısıl çiftlerin bağlandığı komitatörden oluşmaktadır. Şekil 5.1.'de deneY düzeneği şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.1 DeneY düzeneğinin şematik olarak görünüşü

Şekil 5.2, Şekil 5.3, Şekil 5.4'de deneY düzeneğinin ön, yan ve arkadan görünüşleri verilmiştir.



Şekil 5.2 Deneý düzeneđinin önden görünüşü



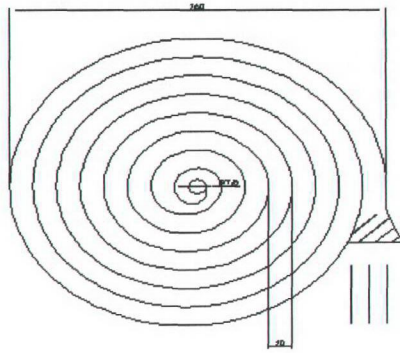
Şekil 5.3 Deneý düzeneđinin yandan görünüşü



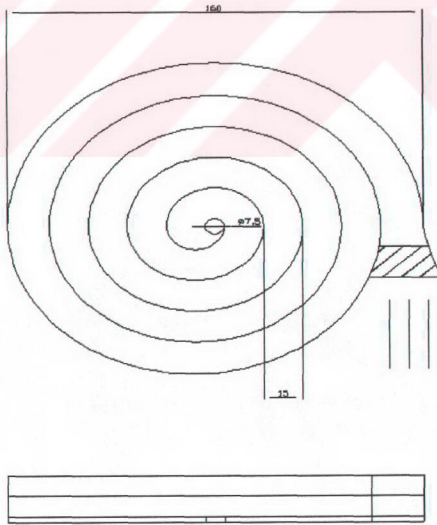
Şekil 5.4 Deney düzeneğinin arkadan görünüşü

5.1. Kollektörler

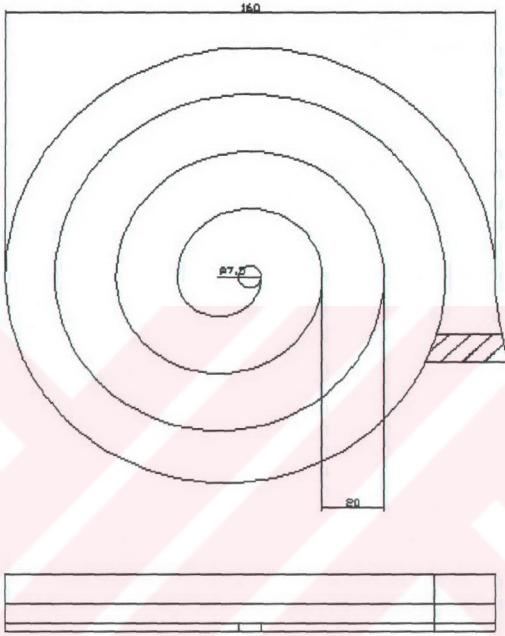
Deneylerde özel olarak tasarlanmış 3 adet kollektör kullanılmıştır. Bu kollektörler 1,6 x 1,6 m yüzey alanına sahip olup, saydam örtü olarak 5mm'lik cam kullanılmıştır. Kollektörlerde hava akışı siyah yüzeyin altından olmaktadır. Kollektöre hava girişi merkezinden, hava çıkışı ise üst köşesinden olmaktadır. Kollektör giriş ve çıkış çapı 75 mm olarak yapılmıştır. Hava akış yolu spiral dönmeli kanal şeklinde tasarlanmıştır. Spiral kanalın aralığı I. Kollektör için 20 cm, II. Kollektör için 15cm, III. Kollektör için 10cm olarak belirlenmiştir. Şekil 5.5, Şekil 5.6, Şekil 5.7 'de bu aralıklar şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.5 III. Kollektörün iç yüzeyi (10 cm)

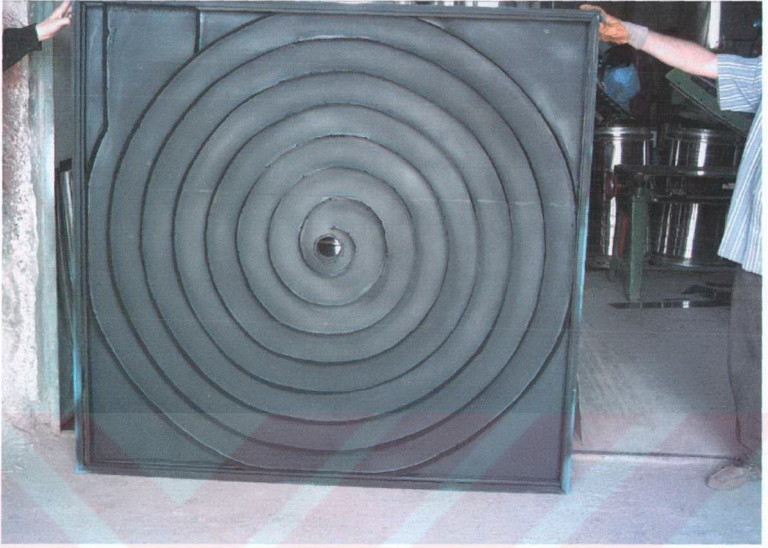


Şekil 5.6 II. Kollektörün iç yüzeyi (15cm)

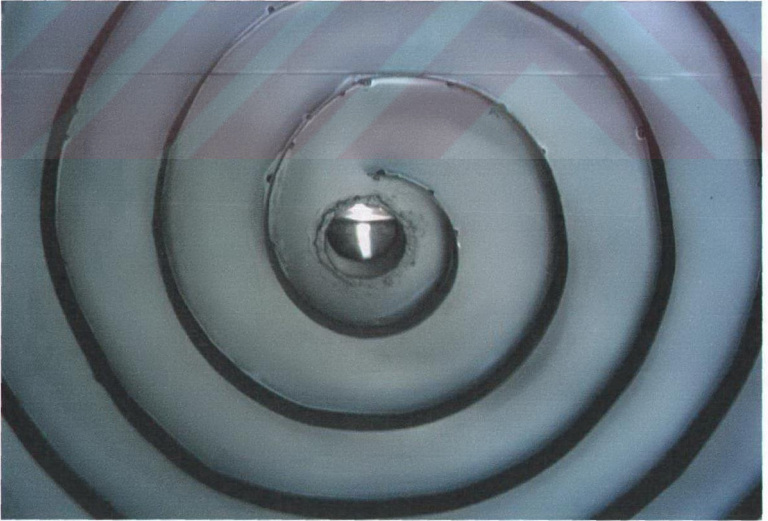


Şekil 5.7 I. Kollektörün iç yüzeyi (20cm)

Ayrıca kollektörlerin iç yüzeylerindeki spiral kanalların fotoğrafları Şekil 5.8, Şekil 5.9 ve Şekil 5.10'da verilmiştir.



Şekil 5.8 Kollektörlerin iç yüzeyindeki spiral kanallar



Şekil 5.9 Kollektörlerin iç yüzeyindeki spiral kanallar



Şekil 5.10 Kollektörlerin iç yüzeyindeki spiral kanallar

Spiral dönmeli kanalların oluşturulmasında 2mm' lik sac kullanılmıştır. Tasarlanan kollektörlerle ısıl performansın artırılması amaçlanmıştır.

5.2. Radyal Fan

Radyal fan $1700 \text{ m}^3/\text{h}$ ve $0,5 \text{ kW}$ özelliklere sahiptir. Radyal fan dışarıdan sipariş edilerek hazır olarak alınmıştır. Fan çıkışında hava sızdırmazlığını ve borunun daha rahat bağlanabilmesini sağlamak için lüle şeklinde metal bir parça takılmıştır.

5.3. Ölçüm Elemanları

5.3.1 Manometre

Manometre kollektör giriş ve çıkışı arasındaki basınç farkının ölçülmesi için kullanılmıştır. Manometre camdan oluşturulmuş U şeklindeki şeffaf boru, kollektör giriş ve çıkışı ile U borusu arasındaki bağlantıyı sağlayan ince,şeffaf plastik borular ve kollektör giriş

ve çıkışına sabitlenmiş basınç prizlerinden oluşmaktadır. Lastik borunun U borusuna ve basınç prizine bağlandığı yerlerde sızdırmazlık contası kullanılarak sızdırmaz olması sağlanmıştır. U borusunda akışkan olarak su kullanılmıştır.

5.3.2. Rüzgar Gülü(Akış ölçer)

Rüzgar gülü kollektöre giren ve çıkan havanın hızını ölçmek için kullanılmıştır. Kollektördeki havanın giriş ve çıkış hızı debinin hesaplanmasında kullanılmıştır. Rüzgar gülü ft/dak cinsinden ölçüm yapmaktadır. Rüzgar gülünün kollektör giriş ve çıkışına tutulmasıyla ölçüm yapılmıştır.

5.3.3. Isıl Çift Bağlantıları

Isıl çift olarak T tipi termo-couple kullanılmıştır. Isıl çiftin biri bakır diğeri constant telden oluşmaktadır. Bu tellerin kalınlığı yaklaşık 0,2 mm'dir. T tipi ısı çifti 600 °C'ye kadar ölçüm yapabilmesine karşın yaygın olarak -200 °C ile 300 °C aralığındaki ölçümler için kullanılır. Dency düzeneğinde kollektör girişinde, kollektör çıkışında, cam yüzeyinde, dış ortamda ve üç adet yutucu yüzeyde olmak üzere yedi farklı noktadan ısı çifti yardımıyla sıcaklık ölçümü yapılmıştır.

5.3.4.Komitatör(Kanal Seçici)

Isıl çiftlerin constant uçları birleştirilerek tek bir uc haline getirildi, bakır uçları ise komitatörün herbir kanalına bir uç gelecek şekilde lehimlendi. Komitatörden bir bakır, bir constant uç çıkarılarak termometreye bağlandı. Oniki girişli tek çıkışlı olan komitatörün düğmesinin çevrilmesiyle herbir sıcaklık termometreden okundu.

5.3.5. Termometre

Isıl çiftlerle uyumlu olarak ölçüm yapabilen özel bir termometre kullanıldı.

5.4.Küresel Vana

Küresel vananın her iki tarafına metal borular sızdırmaz bir şekilde takılarak, bir ucu açık havaya bırakılmış, bir ucu ise fana bağlanmıştır. Deneylerde 4" lık küresel vana

kullanılmıştır. Küresel vana kollektöre giren hava debisini sabitlemek için kullanılmıştır. Küresel vana yardımıyla 0,01kg/sn, 0,02 kg/sn, 0,03kg/sn, 0,04kg/sn olmak üzere dört farklı debide ölçüm yapılmıştır.

5.5. Bağlantı Elemanları

Küresel vana ile fan arasında ve vana ile dış ortam arasında 100mm çapında metal borular kullanılmıştır. Küresel vana ile fan arasındaki 100mm lik borunun çapı bağlantı elemanları yardımıyla 75mm' ye düşürülmüştür. Küresel vana çıkışındaki metal boru ve fan, fan ve kollektör girişi arasındaki bağlantı esneklik özelliğine sahip 82 mm çapındaki özel izolasyonlu çelik borularla sağlandı.

5.6. Kollektör Sehpa

Kollektör sehpa olarak yatayla 37^o lik bir açığa sahip olan metal bir sehpa kullanıldı. Literatürden kollektör için optimum açının 37^o olduğu saptandığından kollektör sehpa bu açıda yapılmıştır.

5.7. Deneylerin Yapılışı

Deneyler Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü Atelyelerinin arkasındaki boş alanda yapılmıştır. Deneyler Nisan ve Mayıs tarihleri aylarında havanın yeteri kadar açık olduğu günlerde yapılmış, saat 8-17 saatleri arasında her yarım saatte bir periyodik olarak ölçüm alınmıştır. Deneyler esnasında yutucu plaka üzerindeki 3 noktadan, kollektör girişinden, kollektör çıkışından, cam yüzeyinden, dış ortamdan sıcaklık değerleri alınmıştır. Ayrıca rüzgar gülü yardımıyla kollektör giriş-çıkış hızları, manometre yardımıyla giriş-çıkış arasındaki basınç farkı tespit edilmiştir. Herbir kollektör için farklı günlerde hergün farklı debide olmak üzere dörder gün deney yapılmıştır.

Deneylerle ilgili bulunan sonuçlarla ilgili grafikler bulgular ve irdeleme kısmında çizilmiştir. Bu grafikler verim-ışınım-zaman, sıcaklık farkı-ışınım-zaman ve verim-zaman değişimi için çizilmiştir. Ayrıca deneylerde ölçülen basınç kaybı, teorik olarak hesaplanan basınç kayıplarıyla karşılaştırılarak Reynolds sayısı- Basınç kaybı, Reynold sayısı-Sürtünme kayıp katsayısı ve Reynolds sayısı-Nusselt sayısı değişimleri ile ilgili grafiklerde çizilmiştir. Yapılan ekserji analizi ile ilgili olarak Boyutsuz ekserji kaybının Reynold sayısı ile değişimi için elde edilen grafikte sunulmuştur.

5.8. Deneysel Hesap Yöntemi

Deneysel Elazığ'da 2005 yılının Nisan ve mayıs aylarında havanın yeterince açık olduğu günlerde saat 8-17 arasında yapılmıştır. Her bir kolektör için $\dot{m} = 0,01$ kg/sn, $\dot{m} = 0,02$ kg/sn, $\dot{m} = 0,03$ kg/sn, $\dot{m} = 0,04$ kg/sn olmak üzere dört farklı kütleli debi için deneyler gerçekleştirilmiştir.

Kolektörlerde ρ ve c_p değerleri ortalama sıcaklık kullanılarak havanın fiziksel özellikleri tablolarından seçilmiştir. Kolektör giriş sıcaklığı T_g , kolektör çıkış sıcaklığı T_c olarak tanımlanırsa ortalama sıcaklık (T_m);

$$T_m = \frac{T_c + T_g}{2} \quad (5.1)$$

olarak bulunmuştur.

Kolektörde elde edilen faydalı enerji ise

$$Q = \dot{m} c_p (T_c - T_g) \quad (5.2)$$

formülü ile hesaplanır [28].

Bu denklemde;

Q = Faydalı enerji (watt)

c_p = Sabit basınçtaki özgül ısı (j/kgK)

\dot{m} = Kütleli debi (kg/sn)

olarak tanımlanır.

Kütleli debi ise;

$$\dot{m} = \rho \cdot A \cdot C \quad (5.3)$$

formülü ile hesaplanır.

Bu formülde

ρ = Akışkanın yoğunluğu (kg/m³)

A = Akışkanın aktığı kanalın kesit alanı (m²)

$C =$ Akışkanın hızı (m/sn)

Olarak düşünülmalıdır.

Bu denklemlerde ρ ve c_p ortalama sıcaklık (T_m) için tablodan A kolektörün imal şartlarına göre, Akışkan hızı ise rüzgar gülünden ölçülen ft/dak cinsinden değerin m/sn'ye çevrilmesiyle bulunmuştur.

Faydalı enerji (Q) kullanılarak kolektör için anlık verim;

$$\eta = \frac{Q}{I \cdot A} \quad (5.4)$$

formülünden hesaplanarak bulunmuştur.

Bu formülde

$\eta =$ Verim(-)

$Q =$ Faydalı enerji (watt)

$A =$ Kolektör yüzey alanı (m^2)

$I =$ Güneş ışınım şiddeti (W/m^2)

Denklemlerde kullanılan ışınım değerleri meteorolojiden alınmıştır. Deney sonuçlarının değerlendirilmesinde kullanılan diğer formüller Ekserji Analizi ile birlikte verilmiştir.

6.EKSERJİ ANALİZİ

Teorik olarak ekserji çevre şartları ile dengede olan tersinir bir işlem sonucunda elde edilen maksimum işin ortalaması olarak tanımlanır. Bu tanıma göre ekserjiyi hesaplamak için çevre şartlarının bilinmesi gerekir [60].

Sürekli akışlı sürekli açık bir sistem için ekserji dengesi aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$\sum E_i - \sum E_0 + \sum E_{\text{Üretilen}} = 0 \quad (6.1)$$

Kayıp iş maksimum iş ile gerçek iş arasındaki fark olarak tanımlanabilir.

$$W_{\text{kayna}} = W_{\text{maksimum}} - W_{\text{gerçek}} = E \quad (6.2)$$

Bu ifade ekserji kaybı eşitliğidir. Sonuç olarak açık sistemlerde ekserji kaybı;

$$E = \sum \dot{m}_i (h_i - T_e S_e) - \sum \dot{m}_0 (h_0 - T_e S_0) + \sum Q \left(1 - \frac{T_e}{T_s} \right) - W \quad (6.3)$$

Denklem 6.3. kollektörde ekserji dengesini verir. Bu denklem yazılırken kollektör için tek girişli ve tek çıkışlı, ideal akışkan olarak hava, sürekli bir akış kabulleri yapılırak [52],

$$E = \dot{m}(e_i - e_0) + E_R \quad (6.4)$$

yazılabilir.

Burada;

$$e_i = (h_i - T_e S_i) - (h_e - T_e S_e) \quad (6.5)$$

$$e_0 = (h_0 - T_e S_0) - (h_e - T_e S_e) \quad (6.6)$$

Bu denklemler denklem 6.4' de yerine konulursa;

$$E = \dot{m}((h_i - h_0) - T_e(S_0 - S_i)) + IA \left(1 - \frac{T_e}{T_s} \right) \quad (6.7)$$

olarak bulunur [64].

Entalpi ve entropi değişimi;

$$\Delta h = C_p \Delta T \quad (6.8)$$

$$\Delta S = C_p \ln \left(\frac{T_0}{T_i} \right) - R \ln \left(\frac{P_0}{P_i} \right) \quad (6.9)$$

yazılır. Bu denklemler 6.7 eşitliğinde yerine yazılırsa;

$$E = -\dot{m} C_p \Delta T + \dot{m} C_p T_e \ln \left(\frac{T_0}{T_i} \right) - \dot{m} R T_e \ln \frac{P_0}{P_i} + IA \left(1 - \frac{T_e}{T_s} \right) \quad (6.10)$$

elde edilir.

Boyutsuz ekserji kaybı ise aşağıdaki gibi yazılır [64].

$$E_D = \frac{E}{Q} = \frac{T_e}{\Delta T} \ln \left(\frac{T_0/T_i}{(P_0/P_i)^k} \right) + \frac{1}{\eta} \left(1 - \frac{T_e}{T_s} \right) - 1 \quad (6.11)$$

Yaygın olarak güneşli ısıtma sistemlerinin verimi kolektör verimine bağlıdır. Deneysel yöntemler tamamen sıvı ve gaz akışkanların kolektör içinde aktığı uygulamalardan oluşur. Bizim çalışmamızdaki deneylerde akışkanın kütleli debisinin, kolektöre giriş ve çıkış sıcaklıklarının, kolektör giriş ve çıkışındaki basınç farkının anlık olarak ölçülmesinden ibarettir. Buna ek olarak meteorolojiden alınan ışınlam değerleri eklenmiştir [52].

Kolektör için ısı verim faydalı enerjinin kolektör yüzey alanına düşen güneş ışınlam miktarına oranı olarak tanımlanır.

$$\eta = \frac{Q}{IA} \quad (6.12)$$

Kolektör veriminin hesaplanmasında kullanılan faydalı enerji (Q);

$$Q = \dot{m} C_p (T_0 - T_i) \quad (6.13)$$

olarak hesaplanabilir.

Havali kolektörler (Düzlem plakalı güneşli hava ısıtıcısı) üzerine gelen güneş ışınlamını yutucu yüzey tarafından taşınım yoluyla akışkana ısı olarak aktaran adyabatik bir ısı değiştiricisidir [59]. Bu tanıma göre ısı transferi, Nusselt sayısındaki terimlerden elde edilebilir.

$$Nu = \frac{\alpha D_H}{\lambda} \quad (6.14)$$

Bu denklemde D_H hidrolik çap olarak tanımlanır.

$$D_H = \frac{4A_h}{U} \quad (6.15)$$

Nusselt sayısında (denklem 6.14) A_h kesit alanı (m^2), U ıslak çevre, α akışkanın ısı taşınım katsayısı ($W/m^2 K$), λ (W/mK) akışkanın ısı iletim katsayısıdır.

Tam gelişmiş bir akış için bir yüzeyi ısıtılmış diğer yüzeyi ilave edilmiş 2 plaka arasındaki teorik Nusselt sayısı Kays ve Crawford'a göre aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır [46].

$$Nu = 0,0158 Re^{0,8} \quad (6.16)$$

Taşınımla olan ısı transferi miktarı için (Q);

$$Q = \alpha A \Delta T_{\log} \quad (6.17)$$

formülü kullanılır. Burada ΔT_{\log} , yutucu yüzey sıcaklığı ile akışkan sıcaklığının arasındaki logaritmik sıcaklık farkı olarak tanımlanır. 6.17. denklemi hesaplanırsa 6.13 denkleminin eşit olduğu görülür.

Daha sonra Reynold sayısı akışkan hızına bağlı olarak aşağıdaki gibi yazılır.

$$Re = \frac{\rho C D_H}{\mu} \quad (6.18)$$

Kollektör çıkışında ölçülen akışkan hızı yardımıyla bulunan kütleli debiyle kollektörün herhangi bir kesit alanı için hız bulunabilir.

$$\dot{m} = \rho A_k C \quad (6.19)$$

Dinamik viskozite, yoğunluk, özgül ısı kapasitesi değerleri ortalama sıcaklık farkı ile bulunabilir.

Kollektör için giriş ve çıkış arasındaki basınç kaybı aşağıdaki formülle bulunabilir.

$$\Delta P = f \frac{L}{D_{ef}} \frac{(C_{ort})^2}{2} \rho \quad (N/m^2) \quad (6.20)$$

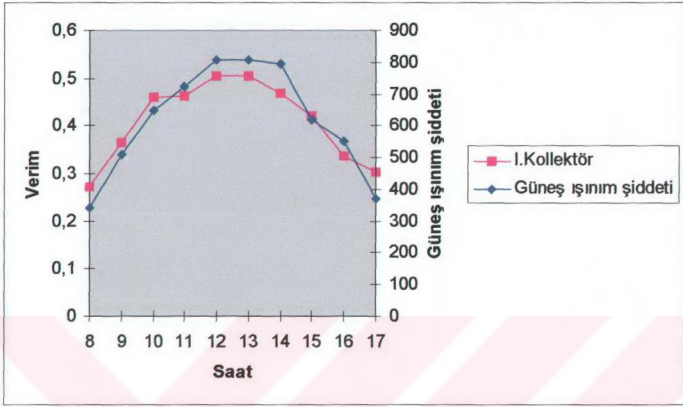
Bu denklemde f sürtünme kayıp katsayısı olarak tanımlanır. Deneylerde ölçülen basınç kaybı değeri ile f değeri formülden bulunabilir.

Teorik olarak f sürtünme kayıp katsayısı ise Pethukhov tarafından geliştirilen aşağıdaki formül ile bulunabilir [16].

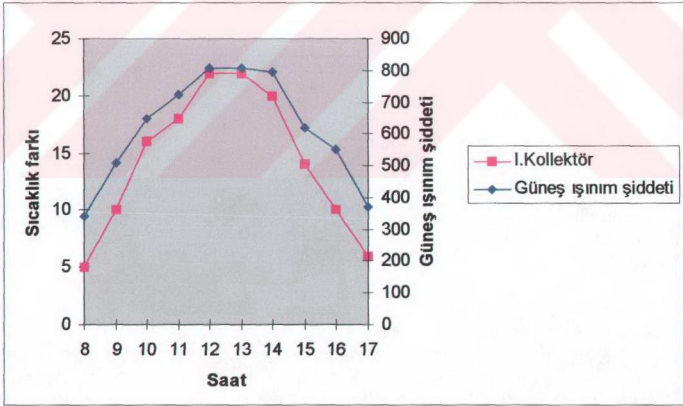
$$f = (0,79 \ln Re - 1,64)^{-2} \quad (6.21)$$

Bu formül bizim çalışmamızda teorik olarak sürtünme kayıp katsayısı hesaplanırken kullanılmıştır.

7.BULGULAR VE İRDELEME



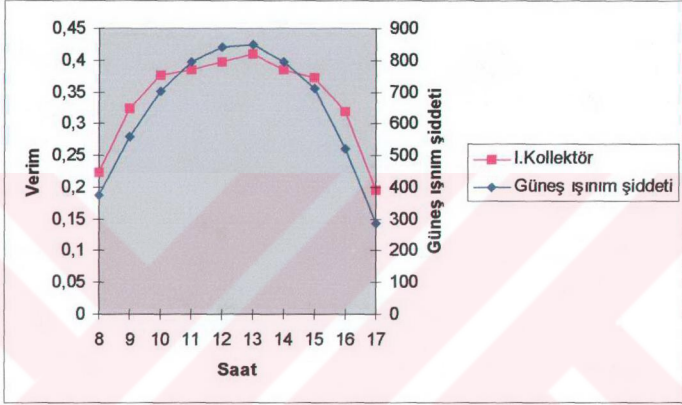
Şekil 7.1 I. Kollektörde $m=0,04$ kg/sn için verim, ışınım, zaman grafiği



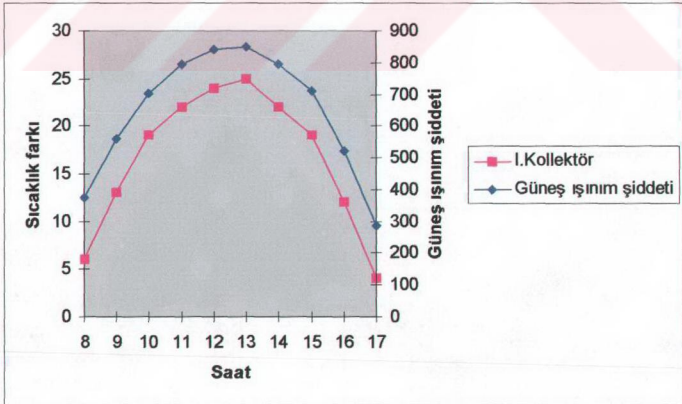
Şekil 7.2 I. Kollektörde $m=0,04$ kg/sn için sıcaklık farkı ışınım zaman grafiği

I. Kollektörde $m=0,04$ kg/sn için deneyler 20 Nisanda yapılmıştır. Gün içerisinde hava sıcaklığının 15°C - 21°C arasında değiştiği, havanın gün boyu rüzgarlı, öğleden sonra havanın bulutlu olduğu gözlenmiştir. I. Kollektörde $m=0,04$ kg/sn için yapılan deneylerde en yüksek

verim 12 ve 13 saatlerinde 0.50 olarak, en düşük verim ise saat 8'de 0.27 olarak bulunmuştur. Yine en yüksek sıcaklık farkı 12 ve 13 saatlerinde 22 °C, en düşük sıcaklık farkı ise saat 8'de 5 °C olarak ölçülmüştür. Gün içerisindeki ışınım değeri 12 ve 13 saatlerinde 808.56 W/m², en düşük ışınım ise saat 8'de 341.334 W/m² olarak ölçülmüştür. I. Kollektörde m=0,04 kg/sn için verim-ışınım-zaman grafiği Şekil 7.1'de, sıcaklık farkı-ışınım-zaman grafiği ise Şekil 7.2'de gösterilmiştir.

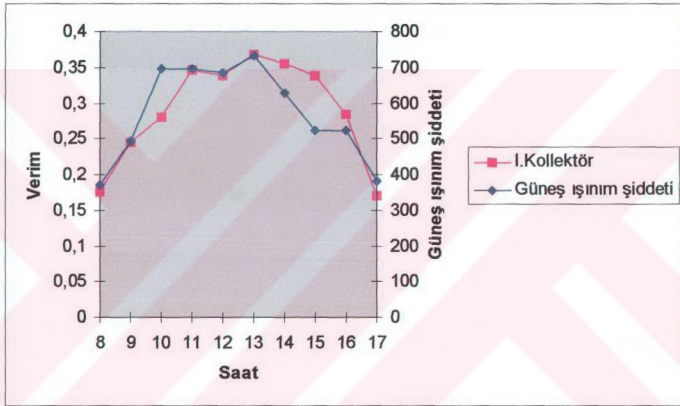


Şekil 7.3 I. Kollektörde m=0,03 kg/sn için verim ışınım zaman grafiği



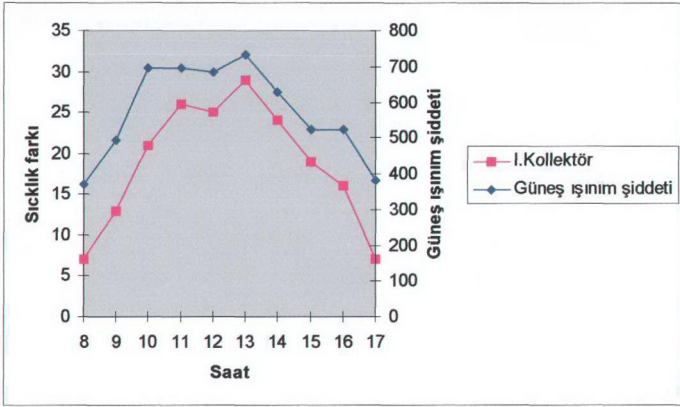
Şekil 7.4 I. Kollektörde m=0,03 kg/sn için sıcaklık farkı, ışınım, zaman grafiği

I. Kollektörde $m=0,03$ kg/sn için yapılan deneyler 27 Nisan tarihinde yapılmıştır. Gün içerisinde hava sıcaklığının 15°C - 23°C arasında değiştiği, sabah havanın açık ve hafif rüzgarlı, öğleden sonra ise havanın rüzgarlı olduğu gözlenmiştir. I. Kollektörde $m=0,03$ kg/sn için yapılan deneylerde en yüksek verim saat 13'de 0.40, en düşük verim ise saat 17'de 0.22 olarak bulunmuştur. Yapılan ölçümlerde en yüksek sıcaklık farkı saat 13'de 25°C olurken en küçük sıcaklık farkı ise saat 17'de 4°C olarak ölçülmüştür. Gün içerisindeki ışıınım değeri en yüksek saat 13'de 849.852 W/m^2 olurken en küçük ışıınım değeri saat 17'de 285.606 W/m^2 olarak ölçülmüştür. I. Kollektörde $m=0,04$ kg/sn için verim-ışıınım-zaman grafiği Şekil 7.3'de, sıcaklık farkı-ışıınım-zaman grafiği ise Şekil 7.4'de gösterilmiştir.

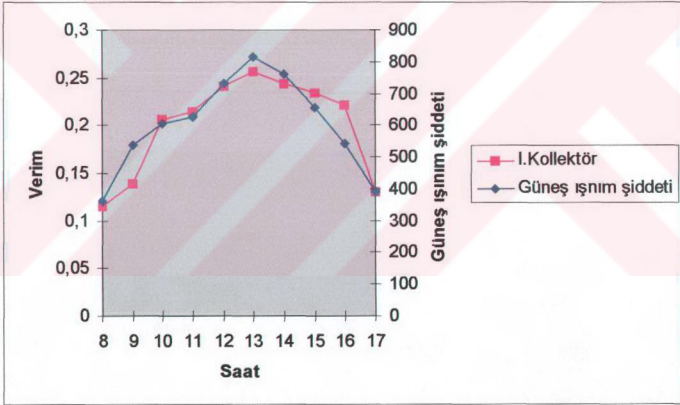


Şekil 7.5 I. Kollektörde $m=0,02$ kg/sn için verim, ışıınım, zaman grafiği

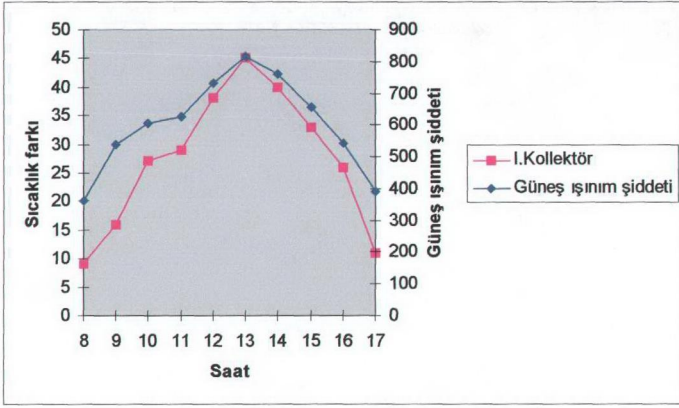
I. Kollektörde $m=0,02$ kg/sn için yapılan deneyler 26 Nisan tarihinde yapılmıştır. Gün içerisinde hava sıcaklığının 18°C - 21°C arasında değiştiği, havanın sabah az bulutlu ve hafif rüzgarlı, öğleden sonra ise havanın açık ve rüzgarlı olduğu gözlenmiştir. I. Kollektörde $m=0,02$ kg/sn için yapılan deneylerde en yüksek verim saat 13'de 0.36, en düşük verim ise saat 8'de 0.17 olarak bulunmuştur. Yine en yüksek sıcaklık farkı saat 13'de 29°C , en düşük sıcaklık farkı saat 8'de 7°C olarak gözlenmiştir. Gün içerisindeki ışıınım değeri en yüksek saat 13'de 731.43 W/m^2 en düşük ışıınım değeri saat 8'de 369.198 W/m^2 olarak ölçülmüştür. I. Kollektörde $m=0,02$ kg/sn için verim-ışıınım-zaman grafiği Şekil 7.5'de, sıcaklık farkı-ışıınım-zaman grafiği Şekil 7.6'da verilmiştir.



Şekil 7.6 I. Kollektörde $m=0,02$ kg/sn için sıcaklık farkı, ışınım, zaman grafiği



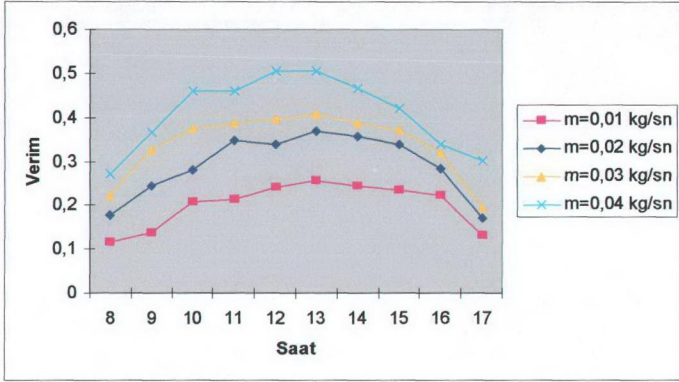
Şekil 7.7 I. Kollektörde $m=0,01$ kg/sn için verim, ışınım, zaman grafiği



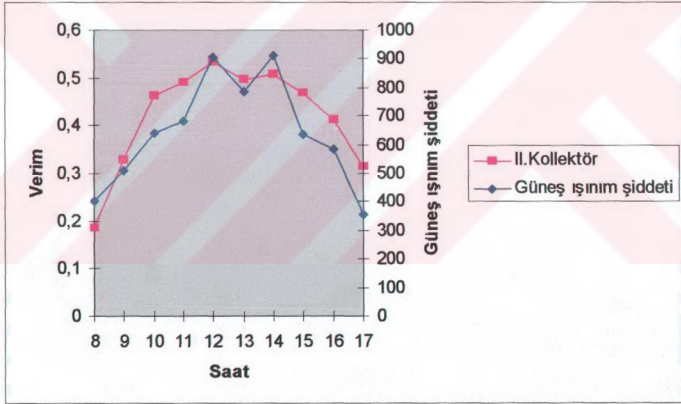
Şekil 7.8 I. Kollektörde $m=0,01$ kg/sn için sıcaklık farkı, ışınım, zaman grafiği

I. Kollektörde $m= 0,01$ kg/sn için yapılan deneyler 21 Nisan tarihinde yapılmıştır. Gün içerisindeki hava sıcaklığı 16°C - 24°C arasında değiştiği, havanın sabah az bulutlu ve hafif rüzgarlı, öğleden sonra açık ve rüzgarlı olduğu gözlenmiştir. I. Kollektörde $m= 0,01$ kg/sn için yapılan deneylerde en yüksek verim saat 13'de 0.25, en düşük verim saat 8'de 0.11 olarak bulunmuştur. Yapılan ölçümlerde en yüksek sıcaklık farkı saat 13'de 45°C , en düşük sıcaklık farkı ise saat 8'de 9°C olarak ölçülmüştür. Gün içerisinde en yüksek ışınım değeri saat 13'de 815.022 W/m^2 , en düşük sıcaklık farkı ise saat 8'de 362.232 W/m^2 olarak ölçülmüştür. I. Kollektörde $m= 0,01$ kg/sn için verim-ışınım-zaman grafiği Şekil 7.7'de, sıcaklık farkı-ışınım-zaman Şekil 7.8'de gösterilmiştir.

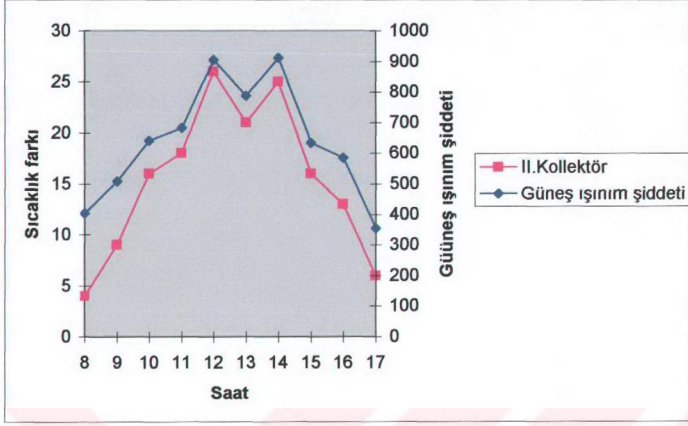
I. Kollektörde $m=0,01$ kg/sn, $m=0,02$ kg/sn, $m=0,03$ kg/sn, $m=0,04$ kg/sn olmak üzere dört farklı debi için verim-zaman grafiği Şekil 7.9'da gösterilmiştir. Grafikte görüleceği gibi debinin artmasıyla verim artışı gözlenmiştir. Denklem 5.4'deki verim formülündende görüleceği gibi kütesel debinin (m) artmasıyla ısı transferi(Q) artar vade dolayısıyla verimde artmış olur. Böylece teoriyle deneysel sonuçların uyumlu olduğu görülür.



Şekil 7.9 I. Kollektörde dört farklı debi için verim, zaman grafiği



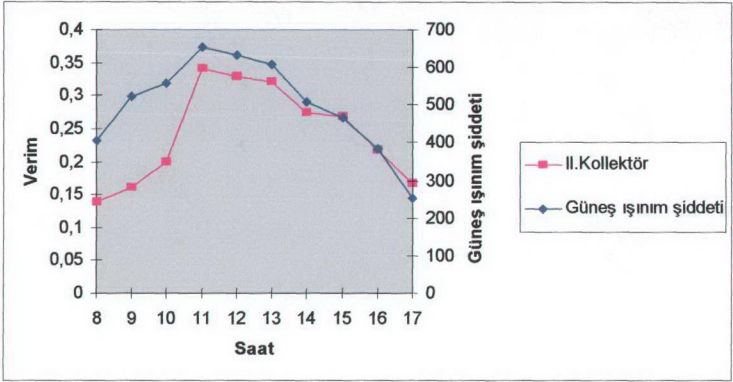
Şekil 7.10 II. Kollektörde $m=0,04$ kg/sn için verim, ışınım, zaman grafiği



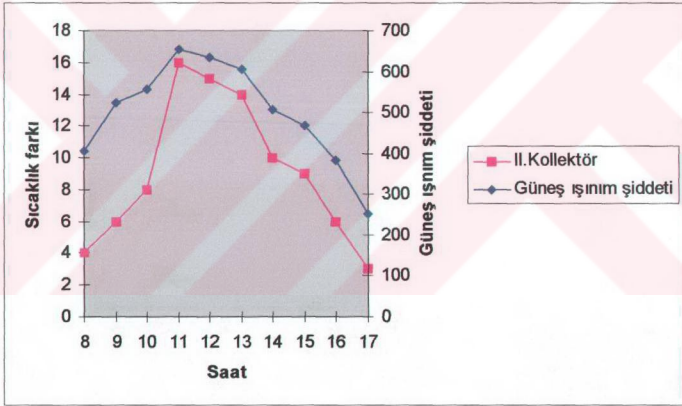
Şekil 7.11 II. Kollektörde $m=0,04$ kg/sn için sıcaklık farkı, ışınım, zaman grafiği

II. Kollektörde $m=0,04$ kg/sn için yapılan deneyler 29 Nisan tarihinde yapılmıştır. Gün içerisinde hava sıcaklığının 11°C - 19°C arasında değiştiği, sabah havanın açık öğleden sonra ise bulutlu ve rüzgarlı olduğu gözlenmiştir. II. Kollektörde $m=0,04$ kg/sn için yapılan deneylerde en yüksek sıcaklık için saat 12'de 0.53, en düşük verim ise saat 8'de 0.18 olarak bulunmuştur. Ve yine en yüksek sıcaklık farkı saat 12'de 26°C , en düşük sıcaklık farkı ise saat 8'de 4°C olarak ölçülmüştür. Gün içerisinde en yüksek ışınım değeri saat 12'de 905.68 W/m^2 , en küçük ışınım değerinin saat 8'de 355 W/m^2 olarak ölçülmüştür. II. Kollektörde $m=0,04$ kg/sn için verim-ışınım-zaman grafiği Şekil 7.10'da, sıcaklık farkı-ışınım-zaman grafiği Şekil 7.11'de gösterilmektedir.

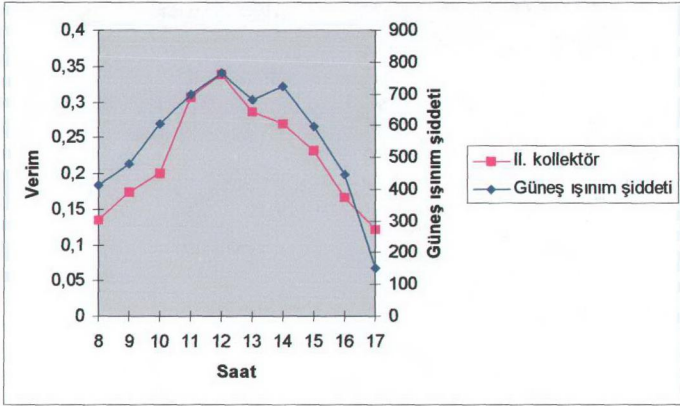
II. Kollektörde $m=0,03$ kg/sn için yapılan deneyler 30 Nisan tarihinde yapılmıştır. Gün içerisinde hava sıcaklığının 14°C - 21°C arasında değiştiği, havanın kapalı ve rüzgarlı olduğu gözlenmiştir. II. Kollektörde $m=0,03$ kg/sn için yapılan deneylerde en yüksek verim saat 11'de 0.42, en küçük verim saat 8'de 0.16 olarak bulunmuştur. Yapılan ölçümlerde en büyük sıcaklık farkı saat 11'de 16°C , en küçük sıcaklık farkı saat 17'de 3°C olarak gözlenmiştir. Gün içerisindeki en yüksek ışınım değeri saat 11'de 654.804 W/m^2 , en küçük ışınım değeri saat 17'de 250.776 W/m^2 olarak ölçülmüştür. Havanın kapalı olduğundan dolayı ışınım ve verim değerleri düşüktür. II. Kollektörde $m=0,03$ kg/sn için verim-ışınım-zaman grafiği Şekil 7.12'de, sıcaklık farkı-ışınım-zaman grafiği Şekil 7.13'de verilmiştir.



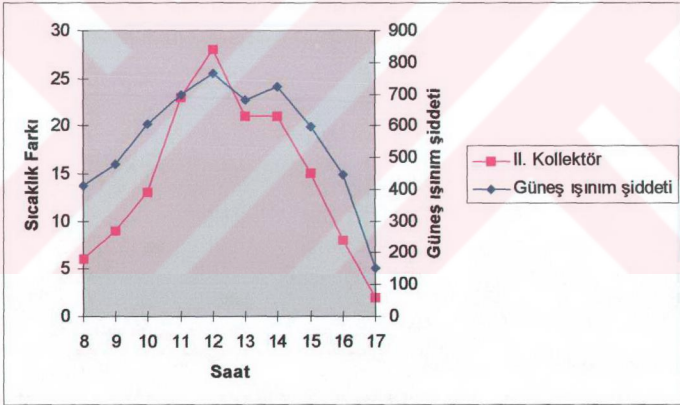
Şekil 7.12 II. Kolektörde $m=0,03$ kg/sn için verim, ışınım, zaman grafiği



Şekil 7.13 II. Kolektörde $m=0,03$ kg/sn için sıcaklık farkı, ışınım, zaman grafiği



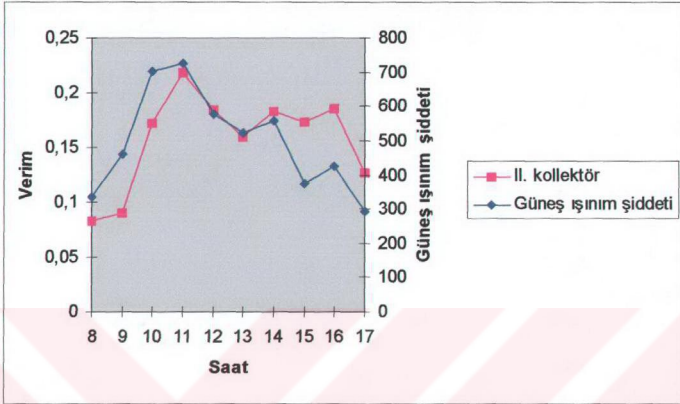
Şekil 7.14 II. Kollektörde $m=0,02$ kg/sn için verim, ışınım, zaman grafiği



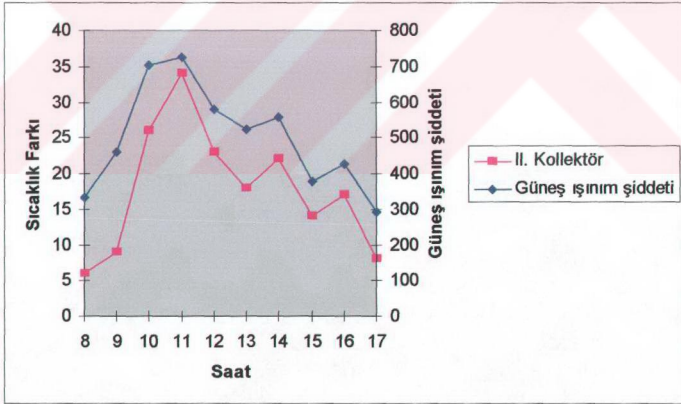
Şekil 7.15 II. Kollektörde $m=0,02$ kg/sn için sıcaklık farkı, ışınım, zaman grafiği

II. Kollektörde $m=0,02$ kg/sn için deneyler 1 Mayıs tarihinde yapılmıştır. Gün içerisinde hava sıcaklığı 11 °C - 19 °C arasında değiştiği, havanın bulutlu ve rüzgarlı olduğu gözlenmiştir. II. Kollektörde $m=0,02$ kg/sn için deneylerde en yüksek verim saat 12'de 0.33 en küçük verim ise saat 17'de 0.13 olarak bulunmuştur. Ve yine en yüksek sıcaklık farkı saat 12'de 28 °C, en küçük sıcaklık farkı ise saat 17'de 2 °C olarak gözlenmiştir. Gün içerisinde en yüksek ışınım değeri saat 12'de 766.26 W/m², en küçük ışınım değeri ise 153.252 W/m² olarak

ölçülmüştür. II. Kollektörde $m=0,02$ kg/sn için verim-ışınım-zaman grafiği Şekil 7.14'de, sıcaklık farkı-ışınım-zaman grafiği Şekil 7.15'de verilmiştir.



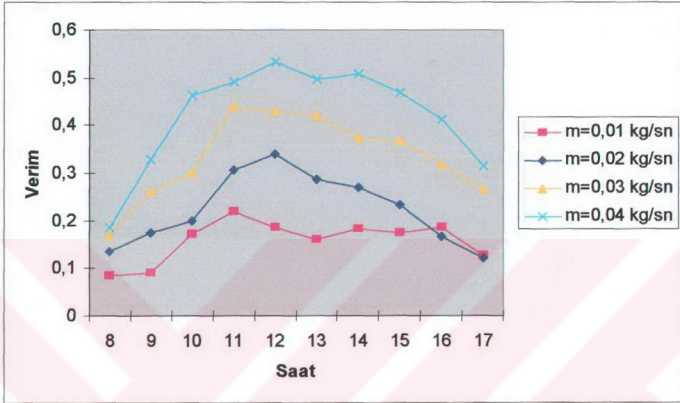
Şekil 7.16 II. Kollektörde $m=0,01$ kg/sn için verim, ışıınım, zaman grafiği



Şekil 7.17 II. Kollektörde $m=0,01$ kg/sn için sıcaklık farkı, ışıınım, zaman grafiği

II. Kollektörde $m=0,01$ kg/sn için deneyler 3 Mayıs tarihinde yapıldı. Gün içerisinde hava sıcaklığının 10°C - 15°C arasında değiştiği, havanın parçalı bulutlu ve rüzgarlı olduğu gözlemlenmiştir. II. Kollektörde $m=0,01$ kg/sn için yapılan deneylerde en yüksek verim saat 11'de

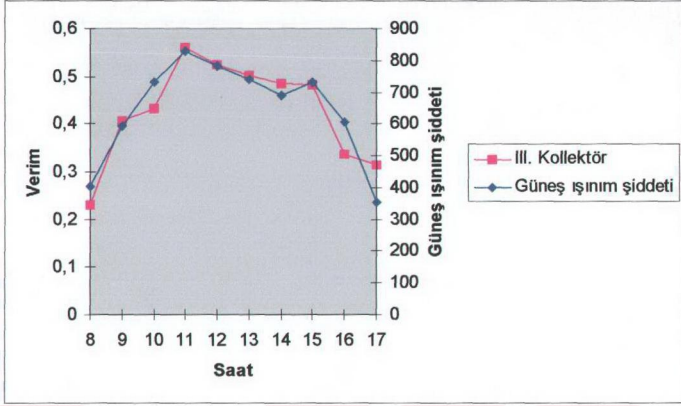
0.21, en küçük verim saat 8'de 0.08 olarak bulunmuştur. Ve yine en büyük sıcaklık farkı saat 11'de 34 °C, en küçük sıcaklık farkı ise saat 8'de 6 °C olarak gözlenmiştir. Gün içerisinde en yüksek ışıının saat 11'de 724.464 W/m², en küçük ışıının değeri ise saat 17'de 292.572 W/m² olarak ölçülmüştür. II. Kollektörde m=0,01 kg/sn için verim-ışıının-zaman grafiği Şekil 7.16'da, sıcaklık farkı- ışıının-zaman grafiği Şekil 7.17'de gösterilmiştir.



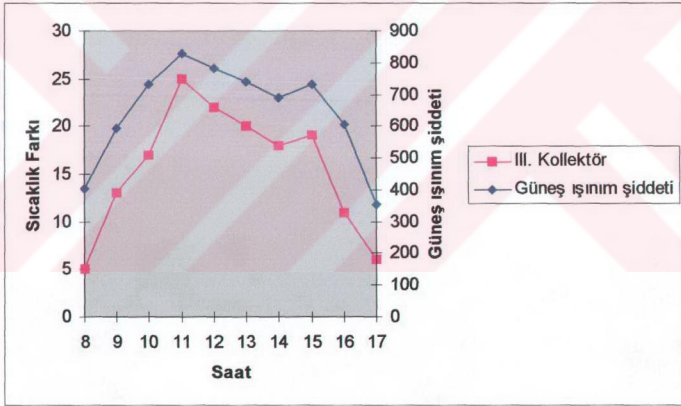
Şekil 7.18 II. Kollektörde dört farklı debi için verim, zaman grafiği

II. Kollektörde m=0,01 kg/sn, m=0,02 kg/sn, m=0,03 kg/sn, m=0,04 kg/sn olmak üzere dört farklı debi için verim-zaman grafiği Şekil 7.18'de gösterilmiştir. Grafikte görüleceği gibi debinin artmasıyla verim artışı gözlenmiştir. Denklem 5.4'deki verim formülündende görüleceği gibi kütleli debinin (m) artmasıyla ısı transferi(Q) artar vede dolayısıyla verimde artmış olur. Böylece teoriyle deneysel sonuçların uyumlu olduğu görülür.

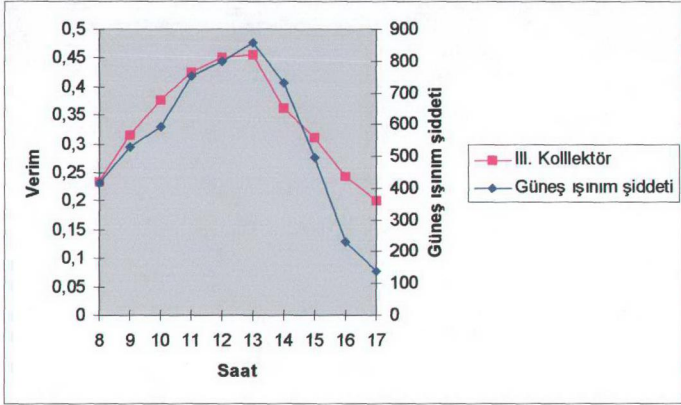
III. Kollektörde m= 0,04 kg/sn için deneyler 5 Mayıs tarihinde yapılmıştır. Gün içerisinde hava sıcaklığı 10 °C -18 °C arasında değiştirdiği, havanın sabah açık ve rüzgarlı, öğleden sonra ise az bulutlu olduğu gözlenmiştir. III. Kollektörde m=0,04 için yapılan deneylerde en yüksek verim saat 11'de 0.55, en küçük verim ise saat 8'de 0.22 olarak bulunmuştur. Yapılan ölçümlerde en büyük sıcaklık farkı saat 11'de 25 °C, en küçük sıcaklık farkı ise saat 8'de 5 °C olarak ölçülmüştür. Gün içerisinde en yüksek ışıının değeri 828.954 W/m², en küçük ışıının değeri ise 355.266 W/m² olarak ölçülmüştür. III. Kollektörde m=0,04 kg/sn için verim-ışıının-zaman grafiği Şekil 7.19'da, sıcaklık farkı-ışıının-zaman grafiği Şekil 7.20'de verilmiştir.



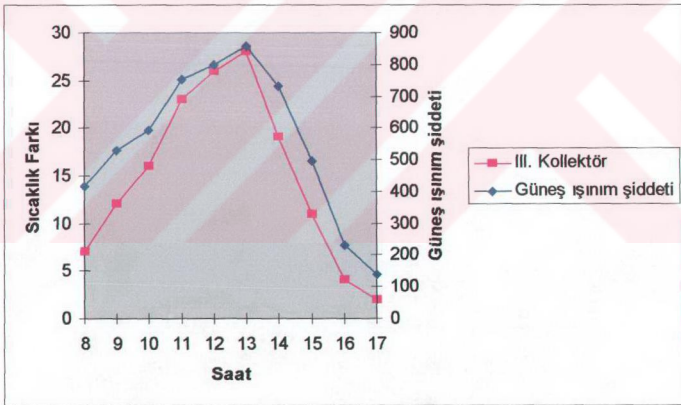
Şekil 7.19 III. Kollektörde $m=0,04$ kg/sn için verim, ışınım, zaman grafiği



Şekil 7.20 III. Kollektörde $m=0,04$ kg/sn için sıcaklık farkı, ışınım, zaman grafiği



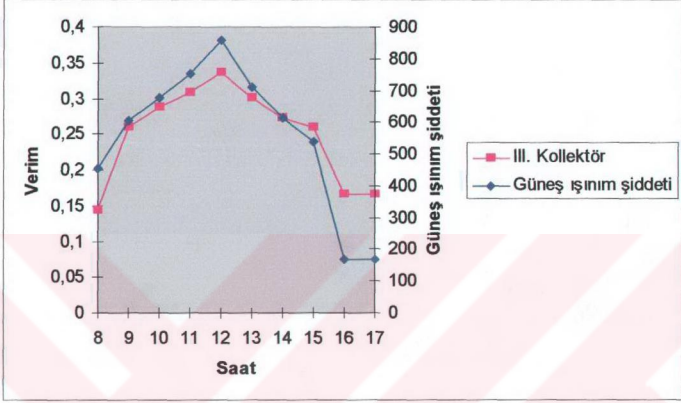
Şekil 7.21 III. Kollektörde $m=0,03$ kg/sn için verim, ışınım, zaman grafiği



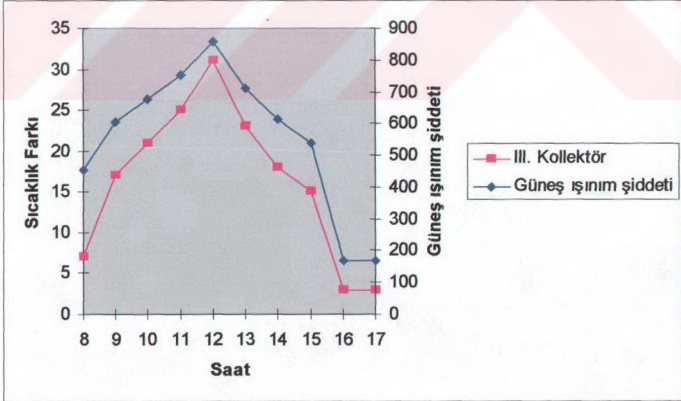
Şekil 7.22 III. Kollektörde $m=0,03$ kg/sn için sıcaklık farkı, ışınım, zaman grafiği

III. Kollektörde $m=0,03$ kg/sn için deneyler 6 Mayıs tarihinde yapılmıştır. Gün içerisinde hava sıcaklığı 14°C - 22°C arasında değiştiği, havanın sabah az bulutlu, öğleden sonra ise parçalı bulutlu olduğu gözlenmiştir. III. Kollektörde $m=0,03$ kg/sn için yapılan deneylerde en yüksek verim saat 13'de 0,45, en küçük verim ise saat 8'de 0,23 olarak bulunmuştur. Yapılan deneylerde en büyük sıcaklık farkı saat 13'de 28°C , en küçük sıcaklık

farkı ise saat 17'de 2 °C olarak bulunmuştur. Gün içerisinde en yüksek ışıınım değeri 856.818 W/m² olurken en küçük ışıınım değeri saat 17'de 139.32 W/m² olarak ölçülmüştür. III. Kollektörde m=0,03 kg/sn için verim-ışıınım-zaman grafiği Şekil 7.21'de, sıcaklık farkı-ışıınım-zaman grafiği Şekil 7.22'de verilmiştir.

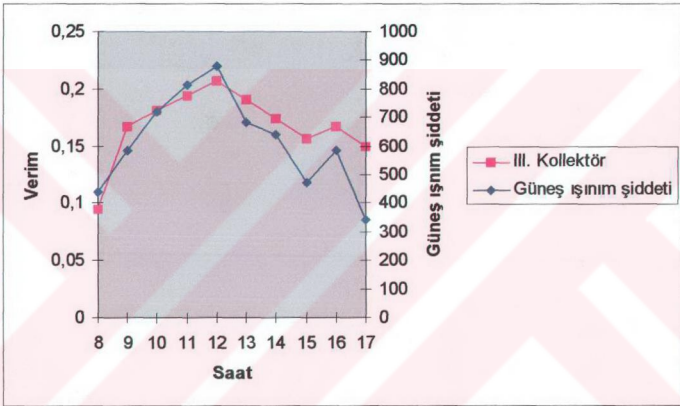


Şekil 7.23 III. Kollektörde m=0,02 kg/sn için verim, ışıınım, zaman grafiği



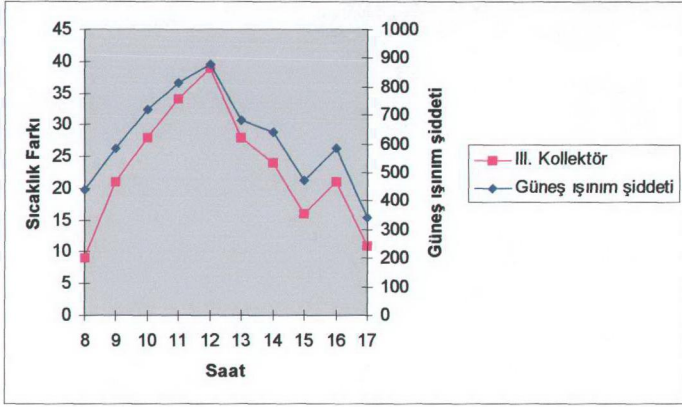
Şekil 7.24 III. Kollektörde m=0,02 kg/sn için sıcaklık farkı, ışıınım, zaman grafiği

III. Kollektörde $m=0,02$ kg/sn için deneyler 7 Mayıs tarihinde yapılmıştır. Gün içerisinde hava sıcaklığının 17°C - 25°C arasında değiştiği, havanın sabah açık ve sakin, öğleden sonra ise bulutlu ve hafif rüzgarlı olduğu gözlenmiştir. III. Kollektörde $m=0,02$ kg/sn için yapılan deneylerde en yüksek verim saat 12'de 0.33, en küçük verim saat 8'de 0.14 olarak bulunmuştur. Ve yine en büyük sıcaklık farkı saat 12'de 31°C , en küçük sıcaklık farkı ise saat 16 ve 17'de 3°C olarak gözlenmiştir. Gün içerisinde en yüksek ışınım değeri saat 12'de $856,818\text{W/m}^2$, en küçük ışınım değeri ise saat 16ve 17'de $167,184\text{ W/m}^2$ olarak ölçülmüştür. III. Kollektörde $m=0,02$ kg/sn için verim-ışınım-zaman grafiği Şekil 7.23'de, sıcaklık farkı-ışınım-zaman grafiği Şekil 7.24'de gösterilmiştir.

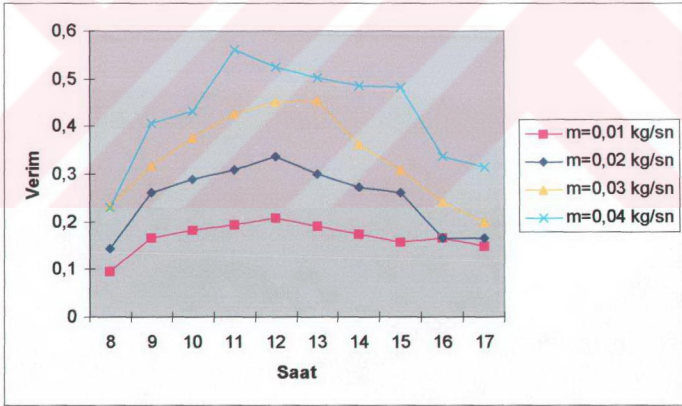


Şekil 7.25 III. Kollektörde $m=0,01$ kg/sn için verim, ışınım, zaman grafiği

III. Kollektörde $m=0,01$ kg/sn için deneyler 9 Mayıs tarihinde yapılmıştır. Gün içerisinde hava sıcaklığının 15°C - 23°C arasında değiştiği, havanın sabah az bulutlu ve rüzgarlı, öğleden sonra ise bulutlu olduğu gözlenmiştir. III. Kollektörde $m=0,01$ kg/sn için yapılan deneylerde en yüksek verim saat 12'de 0.20, en küçük verim ise saat 8'de 0.09 olarak bulunmuştur. En büyük sıcaklık farkı saat 12'de 39°C , en küçük sıcaklık farkı ise saat 8'de 9°C olarak ölçülmüştür. Gün içerisindeki en yüksek ışınım değeri saat 17'de $877,716\text{ W/m}^2$ olduğu, en küçük ışınım değerinin ise saat 8'de $341,334\text{ W/m}^2$ olarak ölçülmüştür. III. Kollektörde $m=0,01$ kg/sn için verim-ışınım-zaman grafiği Şekil 7.25'de, sıcaklık farkı-ışınım-zaman grafiği Şekil 7.26'da verilmiştir.



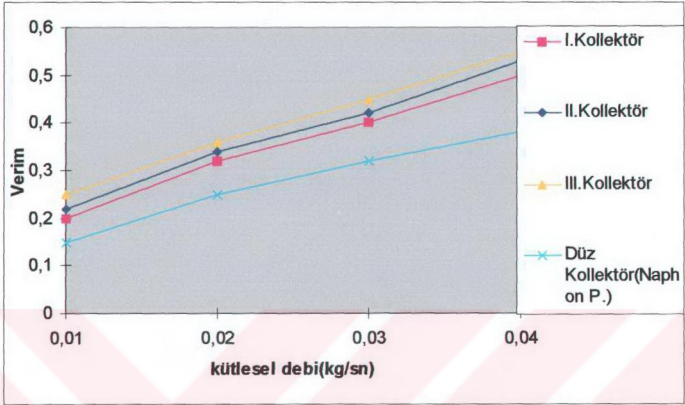
Şekil 7.26 III. Kollektörde $m=0,01$ kg/sn için sıcaklık farkı, ışınım, zaman grafiği



Şekil 7.27 III. Kollektörde dört farklı debi için verim, zaman grafiği

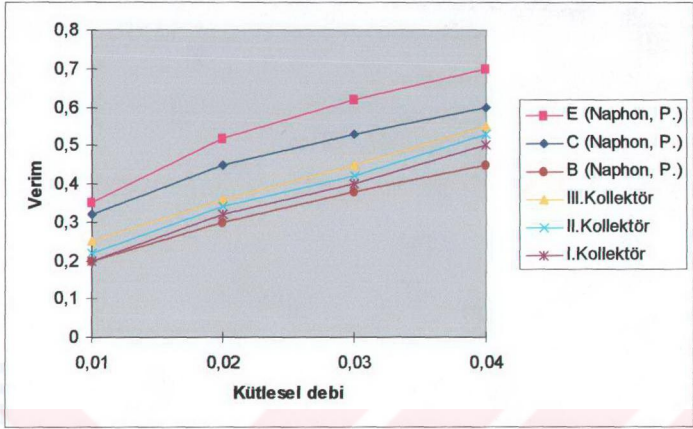
III.Kollektörde $m=0,01$ kg/sn, $m=0,02$ kg/sn, $m=0,03$ kg/sn, $m=0,04$ kg/sn olmak üzere dört farklı debi için verim-zaman grafiği Şekil 7.27'de gösterilmiştir. Grafikte görüleceği gibi debinin artmasıyla verim artışı gözlenmiştir. Denklem 5.4'deki verim formülündende

görülebceği gibi kütleel debinin (m) artmasıyla ısı transferi(Q) artar vede dolayısıyla verimde artmış olur. Böylece teoriye deneysel sonuçların uyumlu olduğu görölr.



Şekil 7.28 Elde edilen verim eğrilerinin literatürdeki düz bir kollektör ile karşılaştırılması

Şekil 7.28'de tasarlanmış olduğumuz üç farklı tip kollektör ve literatürde yer alan yaklaşık aynı yüzey alanına sahip düzlemsel bir havalı kollektör için Naphon P.'nin yapmış olduğu deney sonuçları için verim değerleri karşılaştırılmıştır. Tasarlanmış olduğumuz 3 farklı kollektöründe düzlemsel bir kollektöre göre daha verimli olduğu görölmüştür. Naphon P. Düz bir kollektör için verim değerini en düşük 0.15, en yüksek 0.38 bulurken, tasarlanmış olduğumuz kollektörlerin en düşük veriminin 0.25, en yüksek veriminin ise 0.55 olduğu bulunmuştur.



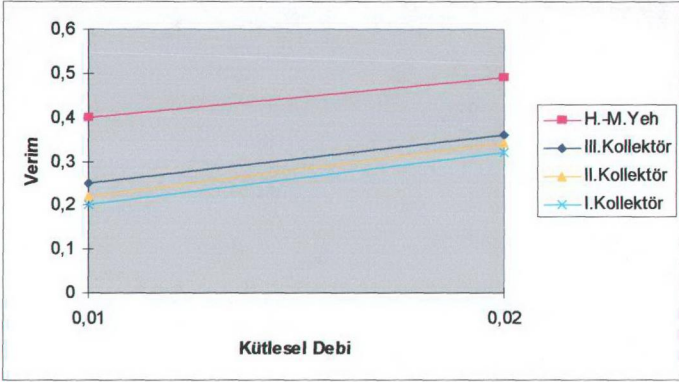
Şekil 7.29 Elde edilem verim eğrilerinin farklı düzlemsel kolektörler ile karşılaştırılması

Naphon, P. akışkan girişinin yutucu yüzeyin üstünden olduğu ve hava çıkışının yutucu yüzeyin altından olduğu havalı bir kolektör için (E, Naphon, P.) yapmış olduğu deneylerde verim değerini en yüksek 0.70 olarak bulurken en düşük ise 0.35 olarak bulmuştur.

Naphon, P. çift cam kullanılmış ve hava giriş çıkışının yutucu yüzeyin üstünden olduğu havalı bir kolektör için (B, Naphon, P.) yapmış olduğu deneylerde verim değerini en yüksek 0.45 olarak bulurken en düşük ise 0.2 olarak bulmuştur.

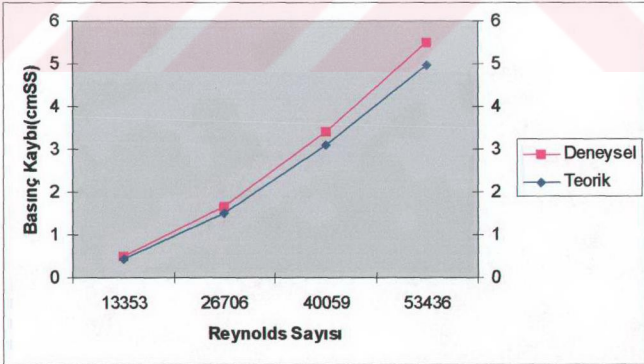
Naphon, P. çift cam kullanılmış ve akışkan girişinin alttaki camın üstünden akışkan çıkışının ise alttaki camın altından olduğu havalı bir kolektör için yapmış olduğu deneylerde verim değerini en yüksek 0.60 olarak bulurken en düşük verim değerini ise 0.32 olarak bulmuştur.

Şekil 7.29'da Naphon, P.'nin tasarlamış olduğu E, B ve C tipi kolektörler için yaptığı deney sonuçları ile tasarladığımız kolektörlerin deney sonuçları verim açısından karşılaştırılmıştır. Tasarlamış olduğumuz kolektörlerin verim açısından B kolektöründen iyi E ve C kolektöründen ise düşük seviyede olduğu görülmüştür.



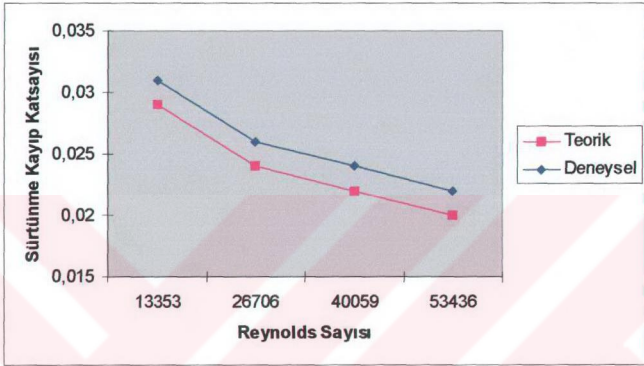
Şekil 7.30 Elde edilen verim eğrilerinin kanatçıklı bir kollektör ile karşılaştırılması

Şekil 7.30'da H.-M. Yeh ' in tasarlanmış olduğu yutucu yüzey altında kanatçıkları olan bir kollektör için yaptığı deney sonuçları ile bizim tasarlanmış olduğumuz kollektörlerin deney sonuçları verim açısından karşılaştırıldığında bizim tasarlanmış olduğumuz kollektörlerin verim açısından H.-M. Yeh ' in tasarlanmış olduğu kollektördem daha düşük seviyede olduğu görülmüştür.



Şekil 7.31 I.Kollektör için Reynolds Sayısı ile Basınç Kaybının değişimi

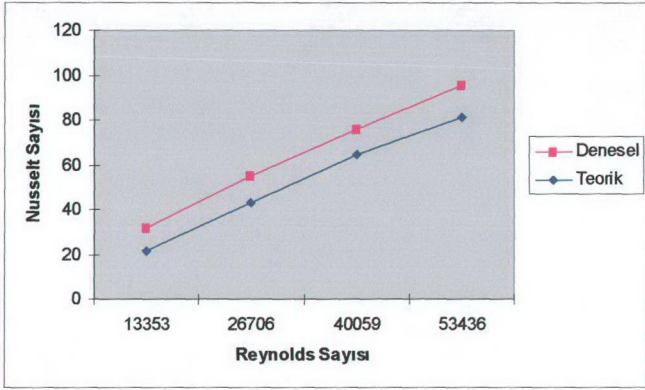
I. Tip Kollektör için Reynolds Sayısı 13353-53436 değerleri arasında değişmektedir. Reynolds Sayısı ile Basınç Kaybı değişiminin teorik ve deneysel eğrileri Şekil 7.31'de verilmiştir. Grafiğe göre teorik olarak Basınç Kaybının 0,4cmSS - 4,9 cmSS değerleri arasında değiştiği, deneysel olarak ise 0,5-5,5 cmSS değerleri arasında değiştiği görülmektedir.



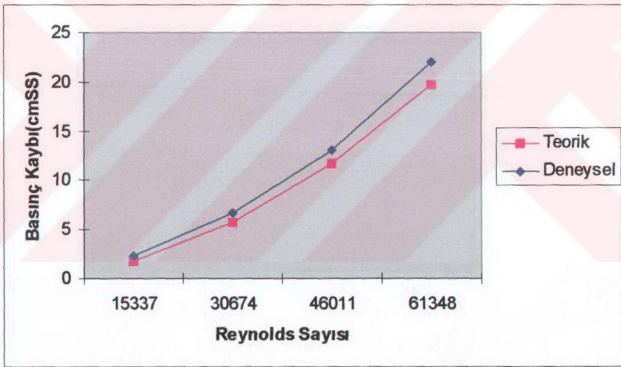
Şekil 7.32 I. Kollektör için Reynolds Sayısı ile Sürtünme Kayıp Katsayısının değişimi

I. Tip Kollektör için Reynolds Sayısı ile Sürtünme Kayıp Katsayısı değişiminin teorik ve deneysel eğrileri Şekil 7.32'de verilmiştir. Grafiğe göre Sürtünme Kayıp Katsayısının teorik olarak 0,02- 0,029 değerleri arasında değiştiği, deneysel olarak ise 0,022-0,031 değerleri arasında değiştiği görülmektedir.

I. Kollektör için Reynolds Sayısı ile Nusselt Sayısının değişiminin teorik ve deneysel eğrileri Şekil 7.33'de verilmiştir. Grafiğe göre Nusselt Sayısının teorik olarak 31,5-95,7 değerleri arasında değiştiği, deneysel olarak ise 21-81 değerleri arasında değiştiği görülmektedir.

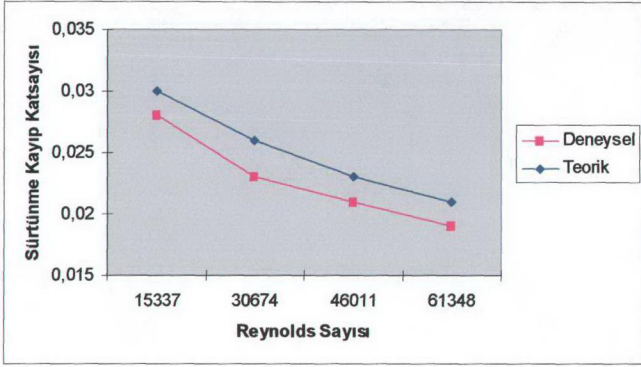


Şekil 7.33 I. Kollektör için Reynolds Sayısı ile Nusselt Sayısının değişimi



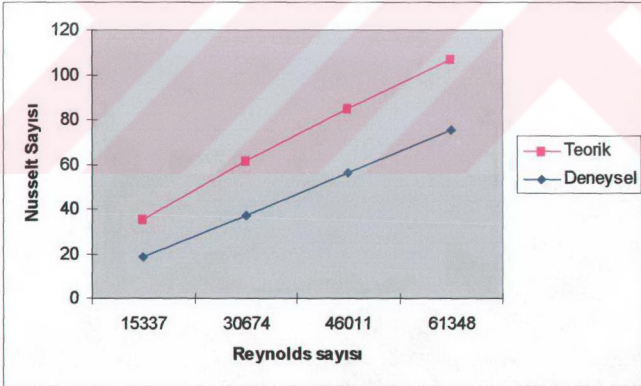
Şekil 7.34 II.Kollektör için Reynolds Sayısı ile Basınç Kaybının değişimi

II. Kollektör için Reynolds Sayısının 15337-61348 arasında değiştiği görülmüştür. Reynolds Sayısı ile Basınç Kaybı değişiminin teorik ve deneysel eğrileri Şekil 7.34' de verilmiştir. Grafığe göre Basınç Kaybının teorik olarak 1,7cmSS-19,6cmSS değerleri arasında değiştiği, deneysel olarak 2,3 cmSS- 22cmSS değerleri arasında değiştiği görülmektedir.



Şekil 7.35 II. Kollektör için Reynolds Sayısı ile Sürtünme kayıp katsayısının değişimi

II. Kollektör için Reynolds Sayısı ile Sürtünme Kayıp Katsayısı değişiminin deneysel ve teorik eğrileri Şekil 7.35’ de verilmiştir. Grafığe göre teorik olarak Sürtünme Kayıp Katsayısının 0,019- 0,028 değerleri arasında değiştiği , deneysel olarak ise 0,021-0,03 değerleri arasında değiştiği görülmektedir.



Şekil 7.36 II. Kollektör için Reynolds Sayısı ile Nusselt Sayısının değişimi

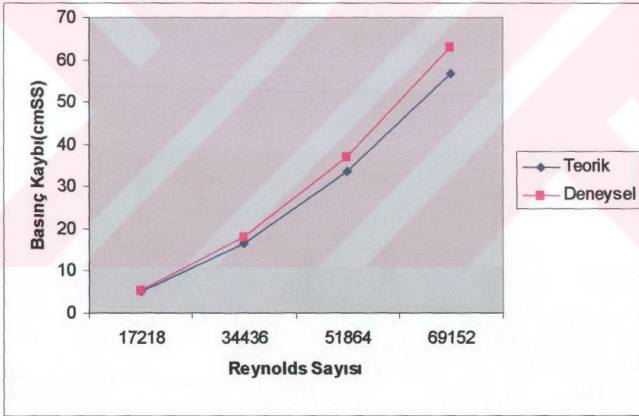
II. Kollektör için Reynolds Sayısı ile Nusselt Sayısı değişiminin teorik ve deneysel eğrileri Şekil 7.36’da verilmiştir. Grafığe göre Nusselt Sayısının teorik olarak 35,2-106,8

değerleri arasında değiştiği, deneysel olarak ise 18,7-75 değerleri arasında değiştiği görülmektedir.

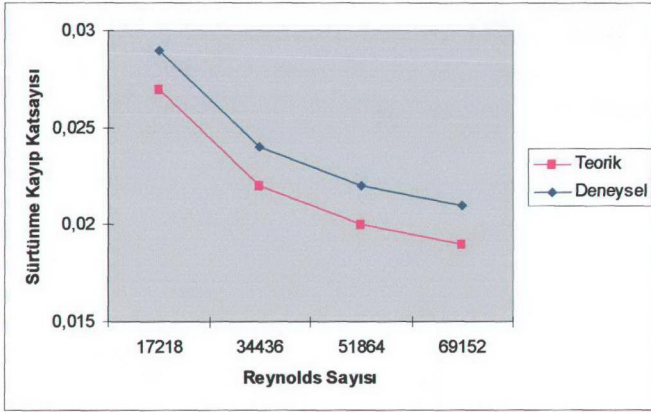
III. Kollektör için Reynolds Sayısının 17218-69152 değerleri arasında değiştiği görülmüştür. Reynolds Sayısı ile Basınç Kaybı değişiminin teorik ve deneysel eğrileri Şekil 7.37’de verilmiştir. Grafiğe göre Basınç Kaybının teorik olarak 5 cmSS – 5,67 cmSS değerleri arasında değiştiği, deneysel olarak ise 6 cmSS- 6,3 cmSS değerleri arasında değiştiği görülmektedir.

III. Kollektör için Reynolds Sayısı ile Sürtünme Kayıp Katsayısı değişiminin teorik ve deneysel eğrileri Şekil 7.38’de verilmiştir. Grafiğe göre Sürtünme Kayıp Katsayısının teorik olarak 0,019 – 0,027 değerleri arasında değiştiği, deneysel olarak ise 0,021-0,029 değerleri arasında değiştiği görülmektedir.

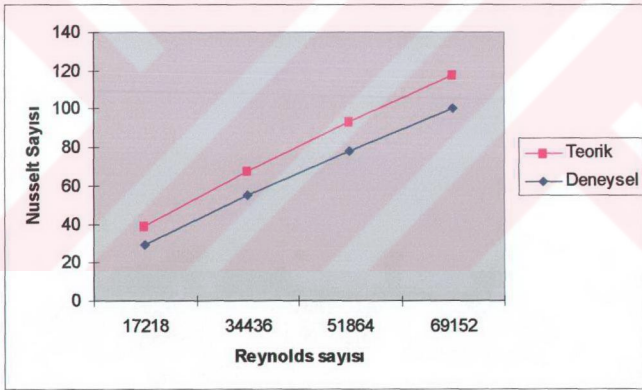
III. Kollektör için Reynolds Sayısı ile Nusselt Sayısı değişiminin teorik ve deneysel eğrileri Şekil 7.39’da verilmiştir. Grafiğe göre Nusselt Sayısının teorik olarak 38-117 değerleri arasında değiştiği, deneysel olarak ise 29-100 değerleri arasında değiştiği görülmektedir.



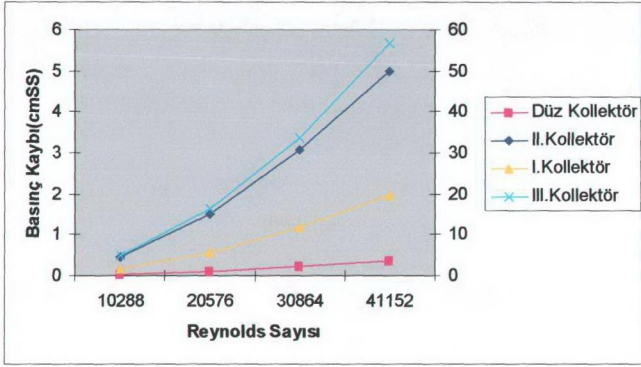
Şekil 7.37 III. Kollektör için Reynolds Sayısı ile Basınç Kaybının değişimi



Şekil 7.38 III.Kollektör için Reynolds Sayısı ile Sürtünme Kayıp Katsayısının değişimi

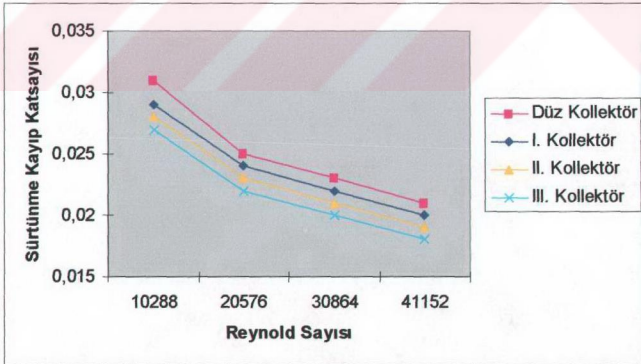


Şekil 7.39 III. Tip Kollektör için Reynolds Sayısı ile Nusselt Sayısının değişimi



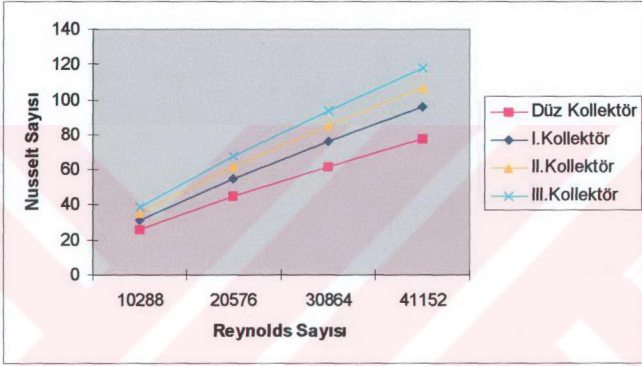
Şekil 7.40 Düzlemsel Kollektör ve farklı üç tip kollektörün Basınç kaybı Reynolds sayısı eğrilerinin karşılaştırılması

Şekil 7.40'da aynı yüzey alanına sahip normal düzlemsel bir havalı kollektör ve tasarladığımız üç farklı tip havalı kollektörün reynolds Sayısı ile Basınç Kaybının değişim eğrileri teorik olarak karşılaştırılmıştır. Grafikte anlaşılacağı gibi en uzun akış yoluna sahip olan III. Tip havalı kollektörde basınç kaybının en yüksek ve sırasıyla II. Tip havalı kollektör, I. Tip kollektör ve son olarak akım yolunun en kısa olduğu Düz kollektörde ise en küçük basınç kaybının olduğu bulunmuştur.



Şekil 7.41 Düzlemsel Kollektör ve farklı üç tip kollektörün Reynolds Sayısı ile Sürtünme Kayıp Katsayısının değişimi eğrilerinin karşılaştırılması

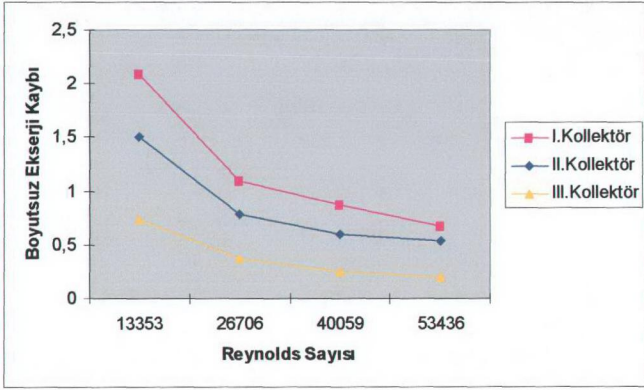
Şekil 7.41’de aynı yüzey alanına sahip normal düzlemsel bir havalı Kollektör ile tasarladığımız üç farklı tip kollektör için Reynolds Sayısı ile Sürtünme Kayıp Katsayısının değişim eğrileri teorik olarak karşılaştırılmıştır. $f = (0,79 \ln Re - 1,64)^{-2}$ formülü ile hesaplanan teorik Sürtünme Kayıp Katsayısı değerinin en büyük Reynolds sayısı için en küçük değere ulaşacağı görülür. Bu nedenle en düşük Reynolds Sayısına Sahip Düz Kollektörün en yüksek Sürtünme Kayıp Katsayısına sahip olur. Sırasıyla I. Tip Kollektör, II. Tip Kollektör ve son olarak en yüksek Reynolds Sayısına sahip III. Tip Kollektör için en küçük Sürtünme Kayıp katsayısına ulaşılır.



Şekil 7.42 Düzlemsel Kollektör ve farklı üç tip kollektörün Reynolds Sayısı ile Nusselt Sayısının değişimi eğrilerinin karşılaştırılması

Şekil 7.42’de aynı yüzey alanına sahip normal düzlemsel bir havalı kollektör ve tasarladığımız üç tip havalı kollektör için Reynolds Sayısı ile Nusselt Sayısının değişim eğrileri teorik olarak karşılaştırılmıştır. Hesaplanan değerlerle III. Tip Kollektörde en yüksek Nusselt Sayısına ve Düz kollektörde en düşük Nusselt Sayısına ulaşılmıştır.

Şekil 7.43’de tasarladığımız üç farklı tip havalı kollektörün Reynolds Sayısı ile Boyutsuz Ekserji Kaybı değişiminin eğrileri deneysel olarak karşılaştırılmıştır. Denklem 6.11’e göre hesaplanan değerlerle Ekserji Kaybının en yüksek değerine I. Tip Kollektörde, Ekserji Kaybının en küçük değerine ise III. tip kollektörde rastlanmıştır.



Şekil 7.43 Farklı üç tip kolektör için Reynolds sayısı ile Boyutsuz Ekserji Kaybının değişimi eğrilerinin karşılaştırılması

8. SONUÇLAR

Bu çalışmada 1,6x1,6 m² yüzey alanına sahip bir absorberin alt kısmına 0,07 m yüksekliğinde spiral şeklinde bir kanal oluşturularak akım yolunun kollektör verimine etkisi araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, akım kanalının eşdeğer çapının küçülmesi ısıtılacak akışkanın kollektör içerisinde daha fazla yol almasına neden olmaktadır. Bu durum havanın giriş ve çıkış sıcaklıkları arasındaki farkı artırmaktadır. Ayrıca akım kanalının eşdeğer çapının küçülmesi havanın kanal içerisindeki hızını artırmaktadır. Bilindiği gibi akışkan hızının artması ile akışkanın taşınım katsayısı dolayısıyla ısı transferi artar. Kanalın spiral şeklinde olması ise hava molekülleri üzerinde merkezkaç kuvvetlerine neden olmakta böylece sınır tabakanın oluşmasına engel olmaktadır.

Bilindiği gibi sınır tabaka durumunda katı cisim cidarında hız sıfır olmakta ve sınır tabaka yüksekliği boyunca artarak maksimum hıza ulaşmaktadır. Bu durum ısı sınır tabakanın oluşumuna engel olmuştur. Kollektör içerisindeki spiral kanalların genişliği ile kollektör verimi arasında ters orantı olduğu görülmüştür. Bunun yanında spiral kanalların eşdeğer çapının azalması ile kollektördeki basınç kaybı artmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Kokoropulos, P., Salem, E., Daniels, F., 1959, Selective Radiation Coatings-Preparation and High Temperature Stability, *Solar Energy*, 3, 19, 4.
2. Hottel, H. C. And Woertz, B.B., 1942, Performance Of Flat-Plate Solar Heat Collectors *Trans, Asme*, 64, 91-104.
3. Hottel, H. C., Unger, T. A., 1959, The properties of copper oxide-aluminum Selective Black Surface Absorber of Solar Energy, *Solar Energy*, 3, 10, 3.
4. Edwards, D. K., Nelson, K. E., Roddick, R. D. and Gier, J. T., 1960, Basic Studies on the use and control of Solar Energy, Report no. 60-93, Dept. Of eng., uni. Of Calif.
5. Gubareff, G. G., Janssen E. and Torborg, R. H., 1960, Thermal Radiation Properties Survey, Minneapolis Honeywell Regulator Company, Minneapolis, MN.
6. Close, D. J., Flat Plate Solar Absorbers, 1962, The Production and Testing of a Selective Surface for Copper Absorber Plates, Report E. D., 7. Eng. Sect., Commonwealth Scientific and industrial Research Organization, Melbourne, Australia.
7. Williams, D. A., Lappin, T. A., Duffie, J. A., 1963, Selective Radiation Properties of Particulate Coatings, *Trans. ASME, J. Enr. Power*, 85 A, 213.
8. Close D.J., 1963, Solar Air Heaters For Flow Temperature Applications, *Solar Energy*, 7, 3, 117-124.
9. Tabor, H., Harris, J., Weinberger, H. and Doron, B., 1964, Further studies on selective Black Coatings, *Proceedings UN Conference on New Sources of Energy*, 4, 618.
10. Schmidt, R. N., Park, K.C., Janssen E., 1964, High Temperature Solar Absorber Coatings, Part II, Tech, Doc, Report no ML-TDR-64-250 from Honeywell Research Center to Air Force Material Laboratory.
11. Chiou J.P., El Wakil M.M., Duffie J.A., 1965, A Slit And Expanded Aluminum Foil Matrix Solar Collector, *Solar Energy*, 9, 2, 73-80.
12. Kadayıfçılar, S. Ve Yavuzcan G, 1965, Güneş Enerjisinin Toplanması Ve Depolanması.
13. Gupta C. L., Garg H. P., 1967, Performance Studies On Solar Air Heaters, *Solar Energy*, 11, 1, 25-31.
14. Tabor, H., 1967, Selective Surfaces for Solar Collectors, *Low Temperature Engineering Applications of Solar Energy*, ASHRAE, New York.

15. Mallory, J. F., 1969, Thermal insulation, Van Nostrand Reinhold, New York.
16. Pethukhov BS, 1970, Heat transfer and friction in turbulent pipe flow with variable physical properties, Academic Press, New York.
17. Dağsöz, A.K., 1971, Teknikte Sıcaklık Ölçülmesi, İ.T.Ü. Makine Fakültesi.
18. Selçuk K., 1971, Thermal And Economic Analysis Of The Overlapped Glass Plate Solar Air Heaters, Solar Energy, 13, 2, 165-191.
19. Touloikian, Y. S., and C. Y. Ho, Eds., 1972, Thermophysical Properties of Matter, Vol. 1, Thermal Radiative Properties of Metallic Solids, Vol.7, Thermal Radiative Properties of Metallic Solids, Vol.8, Thermal Radiative Properties of Nonmetallic Solids, Vol.9, Thermal Radiative Properties of Coatings, Plenum Press, New York,.
20. Schmidt, R. N., 1974, Honeywell Corp.
21. Kreith, F. And S. F. Kreider, 1978, Principles of Solar Energy, Hemisphere Publishing, New York.
22. Macedo I.C., Altemani C.A.C., 1978, Experimental Evaluation Of Natural Convection Solar Air Heaters, 20, 367-369.
23. Niles P.W., Carnegie E.J., Pohl J.G., Cherne J.M, 1978, Design And Performance Of An Air Collector For Industrial Crop Dehydration, Solar Energy, 20, 19-23.
24. Kılıç, A., 1981, Güneş Enerjisi, E.İ.E. Bülteni, Ankara, 147s.
25. Taneş Y. ve Savaş L., 1982, Güneş Enerjisi Toplayıcıları, K.A.T.Ü, Makine.
26. Özil E, Birkebak, R.C., 1982, Experimental Study Of A Solar Collector With a Fiber Bed As An Absorbing Medium, Tübitak, Marmara Bilimsel Ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü.
27. Kutscher, C.F. And Christensen, C. B., 1982, Unglazed Transpired Solar Collectors, American Solar Energy Society, Newyork.
28. Kılıç, A., Öztürk, A., 1983, Güneş Enerjisi, Kipaş Dağıtımcılık, İstanbul.
29. Demirel Y., Kunç Ş., 1984, Eşkut E., Yeni Bir Havalı Güneş Toplayıcı Modeli, Güneş Enerjisi Konferansı, 1-18.
30. Özek, N., 1985, Bir Tuzlu Güneş Havuzu Tasarımı Ve Yapımı, Doktora Tezi, Gazi Üni. Fen Bilimleri Ens., 85s.
31. Bansal N.K, Uhlemann R., 1984, Development And Testing Of Low Cost Solar Energy Collectors For Heating Air, Solar Energy, 33, 2, 197-208.
32. Uyarel A, Y., Öz, E.S., 1987, Güneş Enerjisi Ve Uygulamaları, Ankara, 239s.
33. Atagündüz G., 1987, Güneş Enerjisinin Temelleri Ve Uygulamaları Ege Üni. Yayınları, İzmir.

34. Atagündüz G., Özbalta N., 1987, Experimental Investigations On Air Collector With Goatskin For Drying Purpose, Ises Solar World Congress.
35. Khraim,G., 1987, Güneşli Isı Borusunun Teorik Ve Deneysel Analizi, Y.Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Ens., 66s.
36. Yeh, H., Ting C., 1987, Efficiency of Solar Air Heaters Packed With iron Fillings, Energy, 13, 7, 543-547.
37. Garg, H. P. And Datta, G., 1988, Performance Studies On A Finned-Air Heater, Energy, 14, 2, 87-92.
38. Ergönen, N., 1989, Güneş Enerjisi İle Isıtma Ve Soğutma Sistemleri, Y.Lisans Tezi, Antalya Üni. Fen Bilimleri Ens., 107s.
39. Esper, A., Lutz, K., Mühlbauer, W., 1989, Development And Testing Of Plastic Film Solar Air Heaters, Solar And Wind Tecnology,6, 3, 189-195.
40. Alibaş, K, Baycık, H., 1989, Çeşitli Atık Maddelerin Güneş Kollektöründe Kullanılabilme Olanakları, Mühendis Ve Makina,30, 348, 21-24.
41. Yılmaz, R., 1989, Parabolik Yansıtıcı Güneş Kollektörleri İmal Ve Testi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üni. Fen Bilimleri Ens..
42. Yeh, H., Ting, C., 1990, Efficiency of Solar Air Heaters With Baffles, Energy, 167, 983-987.
43. Norton, B. and Hobday, R. A., 1992, Thermosyphoning Air Panels American Solar Energy Society , New York.
44. Sukhatme, S.P., 1992, Principles Of Thermal Collection And Storage, Indian Institute Of Tecnology.
45. Binark, K., Deliçay, Ş., 1993, Hava Isıtmalı Güneş Kollektörleri Dizayını.Isı Bilimi Tekniği 9. Ulusal Kongresi, Elazığ, S.204-212.
46. Kays WM., Crawford M. E., 1993 Convective heat and mass transfer,3rd ed., McGraw-Hill, New York.
47. Zamfir, E. And Badescu V., 1994, Different Strategies Operation Of Flat-Plate Solar Collectors, Energy, 19, 12, 1245-1254.
48. Yeh, H., Lin,T., 1995, Efficiency İmprovement Of Flat Plate Solar Air Heaters Energy, 21, 6, 435-443.
49. Kılıç, A., Öztürk, A., 1995, Havalı Kolektörlerde Güneş Enerjisinin Depolanması, İTÜ Makine, İstanbul.
50. Yeh, H.Lin, T., 1996, The Effect Of Collector Aspect Ratio On The Collector Efficiency Of Upward- Type Flat-Plate Solar Air Heaters, Energy, 21, 10, 843-850.

51. Mohammad, A. A., 1996, Counter-Current Solar Air Heater. Proceedings Of The First Trabzon International Energy And Environment Symposium.
52. YorgancıoğluH., 1996, Second low optimization –cooled flat-plate solar collectors, MS tesis, Mechanical Engineering Department, METU.
53. Çiçek, N., 1996, Güneş Kaynaklı Düşük Sıcaklık Uygulama Sistemlerinin İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üni. Fen Bilimleri Ens..
54. Tırıs, M., Tırıs, Ç., Erdallı, Y., 1997, Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri, Marmara Araştırma Merkezi Enerji Sistemleri Ve Çevre Araştırma Enstitüsü, İst..
55. Altıntop, N., Demiral, D., Çınar, G., 1997, Matrix Tip Düzlemsel Havalı Güneş Kollektörlerin Analitik Ve Deneysel İncelenmesi.Ulıbtk'97 11.Ulusal Isı Bilimi Ve Tekniği Kongresi, Edirne, 992-1001s.
56. Parker, B. F. Lindley, M. R., Colliver, D. G., Murphy, W. E., 1998, Thermal Performance Of Three Solar Air Heaters, Solar Energy, 13, 7, 543-547.
57. Ertekin, C., Bilgili, E., 1998, Güneş Enerjili Hava Isıtıcılarında Isıl Verim 5. Ulusal Soğutma Ve İklimlendirme Tekniği Kongresi, Adana, 237-248s.
58. Karaman, S, 1998, Güneş Enerjili Uygun Sıcaklık Sulu Sistemin Seçimi, Atatürk Üni. Erzurum.
59. Yıldız C., Togrul I. C., Sarsilmaz C., Pehlivan D., 2002, Thermal efficiency of an air solar collector with extended absorption surface and increased convection, Int. Comm. Heat and Mass Transfer, 29, 831-840.
60. Durmus A., 2002, Heat Transfer and exergy loss in a concentric heat exchanger with snail entrance, İnt. Comm. Heat and Mass Transfer, 29, 303-312.
61. H-M.Yeh, C-D.Ho, J-Z. Hou, 2002, Collector Efficiency of Double-Flow Solar Air Heaters with Fins Attached, Energy, 27, 715-727.
62. Paisorn N, Bancho K., 2003, Theoretical Study On Heat Transfer Characteristics And Performance Of The Flat-Plate Solar Air Heaters, İnt. Comm. Heat Mass Transfer, 30, 8, 1125-1136.
63. Ammari, H.D., 2003, A mathematical Model Of Thermal Performance Of A Solar Air Heater With Slats, Renewable Energy, 28, 1597-1615.
64. Kurtbas, İ., Durmus A., 2004, Efficiency and Exergy Analysis of a new Solar Air Heater, Renewable Energy, 29, 1489-1501.



ÖZGEÇMİŞ

Hakan KARAKAYA 1979 yılında Adıyaman ilinin Çelikhan ilçesinde doğdu. İlkokulu Bursa ilinde, ortaokulu ve liseyi Elazığ'da tamamladıktan sonra 1998-1999 eğitim- öğretim yılında Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü Talaşlı Üretim Öğretmenliği programına kayıt yaptırdı. Üniversite eğitimini 2002 yılında başarı ile tamamladıktan sonra aynı yıl içerisinde Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü Enerji Ana Bilim dalında yüksek lisans öğrenimine başladı. Halen yüksek lisans öğrenimine devam etmektedir.