

**GÜNEŞ PANELİ DESTEKLİ  
HAVALI GÜNEŞ KOLLEKTÖRÜNÜN  
PERFORMANS ANALİZİ**

**2015  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ**

**Mahmut DOĞAN**

**GÜNEŞ PANELİ DESTEKLİ  
HAVALI GÜNEŞ KOLLEKTÖRÜNÜN  
PERFORMANS ANALİZİ**

**Mahmut DOĞAN**

**Karabük Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında  
Yüksek Lisans Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK  
Ocak 2015**

Mahmut DOĞAN tarafından hazırlanan “GÜNEŞ PANELİ DESTEKLİ HAVALI GÜNEŞ KOLLEKTÖRÜNÜN PERFORMANS ANALİZİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. İlhan CEYLAN

Tez Danışmanı, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 14/ 01/ 2015

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan :Doç. Dr. Emrah DENİZ (KBÜ)



Üye : Doç. Dr. İlhan CEYLAN(KBÜ)



Üye :Yrd. Doç. Dr. Alper ERGÜN (KBÜ)

...../...../2015

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Mustafa BOZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

Mahmut DOĞAN

## **ÖZET**

**Yüksek Lisans Tezi**

### **GÜNEŞ PANELİ DESTEKLİ HAVALI GÜNEŞ KOLLEKTÖRÜNÜN PERFORMANS ANALİZİ**

**Mahmut DOĞAN**

**Karabük Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı:**

**Doç. Dr. İlhan CEYLAN**

**Ocak 2015, 54 sayfa**

Bu tez çalışmasında güneş paneli destekli havalı bir güneş kollektörü tasarlanarak imal edilmiş ve performansı Karabük ili iklim şartlarında deneysel olarak incelenmiştir. Sistem üzerindeki fanların çalışması için gerekli olan enerji güneş panellerinden karşılanmıştır. Yapılan deneyler sonucunda ortalama kollektör verimi % 43 olarak bulunmuştur. En yüksek üfleme havası sıcaklığı 48 °C iken, yine en yüksek yutucu yüzey sıcaklığı 96 °C olarak elde edilmiştir. Deneyler süresince kollektörden elde edilen ortalama ısı enerjisi 53 W olarak hesaplanmıştır.

**Anahtar Sözcükler :** Güneş enerjisi, havalı güneş kollektörleri.

**Bilim Kodu** : 914.1.038

## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **THE PERFORMANCE ANALYSIS OF SOLAR AIR COLLECTOR BASED WITH SOLAR PANEL**

**Mahmut DOĞAN**

**Karabük University**

**Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**Department of Energy Systems Engineering**

**Thesis Advisor:**

**Assoc. Prof. Dr. İlhan CEYLAN**

**January 2015, 54 pages**

In this thesis study, a solar assisted air collector has been designed and manufactured and investigated its performance in Karabük city experimentally. The required energy to operate fans was provided by solar panels. As a result of the experiments, the average of collector efficiency was found 43 %. The highest blow temperature was 48 °C whereas the highest absorber surface temperature was measured 96 °C. During the experiments the average heat energy obtained from collector was calculated 53 W.

**Keywords** : Solar energy, solar air collectors.

**Science Code** : 914.1.038

## TEŞEKKÜR

Bu alıőmasının tm aőamalarında desteğini esirgemeyen danıőmanım Do. Dr. İlhan CEYLAN'a, lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca ders aldığım btn hocalarıma, Araő. Gr. Musa YILDIRIM'a, tezin yapım aőamasında yardımlarını esirgemeyen Ahmet KO, Servet ESER ve Faruk ERGNER'e, bugnlere gelmemde maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<b><u>Sayfa</u></b>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xii
BÖLÜM 1 .....	1
GİRİŞ .....	1
1.1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	2
BÖLÜM 2.....	6
GÜNEŞ ENERJİSİ .....	6
2.1. TÜRKİYE’DE GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ.....	7
2.2. GÜNEŞ ENERJİSİNİN KULLANIM ALANLARI.....	8
2.2.1. Düşük Sıcaklık Uygulamaları.....	8
2.2.2. Orta Sıcaklık Uygulamaları .....	8
2.2.3. Yüksek Sıcaklık Uygulamaları.....	8
2.3. GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ.....	9
2.3.1. Fotovoltaik Piller .....	9
2.3.2. Güneş Kollektörleri .....	11
2.3.2.1. Düz Yüzeyle Kollektörler.....	11
2.3.2.2. Havalı Güneş Kollektörleri .....	13
BÖLÜM 3 .....	18
MATERYAL .....	18



	<b><u>Sayfa</u></b>
BÖLÜM 4 .....	20
METOD .....	20
4.1. HAVALI GÜNEŞ KOLLEKTÖRÜNÜN PERFORMANSI.....	22
4.2. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRMESİ.....	24
BÖLÜM 5 .....	37
SONUÇ VE ÖNERİLER .....	37
KAYNAKLAR .....	38
EK AÇIKLAMALAR A. SİSTEME AİT İMALAT RESİMLERİ.....	41
EK AÇIKLAMALAR B. GÜNLÜK DENEY SONUÇLARI.....	45
ÖZGEÇMİŞ .....	54

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 2.1. Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA) .....	7
Şekil 2.2. Fotovoltaik pilin yapısı .....	10
Şekil 2.3. Düz yüzeyli kollektör.....	12
Şekil 2.4. Havalı güneş kollektörü .....	13
Şekil 4.1. Tasarlanan kollektör.....	20
Şekil 4.2. Tasarlanan ve imalatı yapılan kollektör .....	21
Şekil 4.3. 20.05.2014 tarihine ait sıcaklık - zaman grafiği .....	25
Şekil 4.4. 21.05.2014 tarihine ait sıcaklık - zaman grafiği .....	25
Şekil 4.5. 22.05.2014 tarihine ait sıcaklık - zaman grafiği .....	26
Şekil 4.6. 23.05.2014 tarihine ait sıcaklık - zaman grafiği .....	26
Şekil 4.7. 24.05.2014 tarihine ait sıcaklık - zaman grafiği .....	27
Şekil 4.8. 25.05.2014 tarihine ait sıcaklık - zaman grafiği .....	27
Şekil 4.9. 26.05.2014 tarihine ait sıcaklık - zaman grafiği .....	28
Şekil 4.10. 27.05.2014 tarihine ait sıcaklık - zaman grafiği .....	28
Şekil 4.11. 20.05.2014 tarine ait zamana bağlı güneş ışıınımı - hava hızı grafiği .....	29
Şekil 4.12. 21.05.2014 tarine ait zamana bağlı güneş ışıınımı - hava hızı grafiği .....	29
Şekil 4.13. 22.05.2014 tarine ait zamana bağlı güneş ışıınımı - hava hızı grafiği .....	30
Şekil 4.14. 23.05.2014 tarine ait zamana bağlı güneş ışıınımı - hava hızı grafiği .....	30
Şekil 4.15. 24.05.2014 tarine ait zamana bağlı güneş ışıınımı - hava hızı grafiği .....	31
Şekil 4.16. 25.05.2014 tarine ait zamana bağlı güneş ışıınımı - hava hızı grafiği .....	31
Şekil 4.17. 26.05.2014 tarine ait zamana bağlı güneş ışıınımı - hava hızı grafiği .....	32
Şekil 4.18. 27.05.2014 tarine ait zamana bağlı güneş ışıınımı - hava hızı grafiği .....	32
Şekil 4.19. 20.05.2014 tarihine ait zamana bağlı faydalı ısı - verim grafiği.....	33
Şekil 4.20. 21.05.2014 tarihine ait zamana bağlı faydalı ısı - verim grafiği.....	33
Şekil 4.21. 22.05.2014 tarihine ait zamana bağlı faydalı ısı - verim grafiği.....	34
Şekil 4.22. 23.05.2014 tarihine ait zamana bağlı faydalı ısı - verim grafiği.....	34
Şekil 4.23. 24.05.2014 tarihine ait zamana bağlı faydalı ısı - verim grafiği.....	35
Şekil 4.24. 25.05.2014 tarihine ait zamana bağlı faydalı ısı - verim grafiği.....	35

## **Sayfa**

Şekil 4.25. 26.05.2014 tarihine ait zamana bağlı faydalı ısı - verim grafiği.....	36
Şekil 4.26. 27.05.2014 tarihine ait zamana bağlı faydalı ısı - verim grafiği.....	36
Şekil EK A.1. Yutucu plaka.....	42
Şekil EK A.2. Yutucu plaka ile geçirgen örtü arasındaki havanın vakumlanması ....	42
Şekil EK A.3. Kollektör kasası .....	43
Şekil EK A.4. Kollektör girişine yerleştirilen fan.....	43
Şekil EK A.5. Kollektör çıkışına yerleştirilen fanlar .....	44
Şekil EK A.6. Fanlar için gerekli enerjiyi üreten güneş panelleri .....	44

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
Çizelge 3.1. Havalı güneş kolektörüne ait bazı özellikler.....	18
Çizelge 4.1. Deneyleerde kullanılan ölçüm aletleri .....	21
Çizelge 4.2. Sistem tasarımında kullanılan diğler malzemeler .....	22
Çizelge EK B.1. 20.05.2014 tarihinde yapılan ölçümler ve verimleri.....	46
Çizelge EK B.2. 21.05.2014 tarihinde yapılan ölçümler ve verimleri.....	47
Çizelge EK B.3. 22.05.2014 tarihinde yapılan ölçümler ve verimleri.....	48
Çizelge EK B.4. 23.05.2014 tarihinde yapılan ölçümler ve verimleri.....	49
Çizelge EK B.5. 24.05.2014 tarihinde yapılan ölçümler ve verimleri.....	50
Çizelge EK B.6. 25.05.2014 tarihinde yapılan ölçümler ve verimleri.....	51
Çizelge EK B.7. 26.05.2014 tarihinde yapılan ölçümler ve verimleri.....	52
Çizelge EK B.8. 27.05.2014 tarihinde yapılan ölçümler ve verimleri.....	53

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

$Q_u$	: Kollektörden alınan kullanılabilir enerji (W)
$A_c$	: Kollektör alanı ( $m^2$ )
$G_T$	: Kollektör yüzeyine dik olarak gelen ışınım miktarı ( $W/m^2$ )
$(\tau\alpha)_{ef}$	: Efektif yutma-geçirme çarpımı
$U_L$	: Kollektörün ısı kayıp katsayısı ( $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ )
$T_y$	: Yutucu yüzeyin ortalama sıcaklığı ( $^\circ C$ )
$T_a$	: Dış hava sıcaklığı ( $^\circ C$ )
$F_R$	: Isı kazanç faktörü
$T_g$	: Havanın kollektöre giriş sıcaklığı ( $^\circ C$ )
$T_\zeta$	: Havanın kollektörden çıkış sıcaklığı ( $^\circ C$ )
$\dot{m}$	: Hava debisi (kg/s)
$c_p$	: Havanın sabit basınçtaki özgül ısısı (J/kgK)
$\eta$	: Verim
$\dot{v}$	: Hacimsel debi ( $m^3/sn$ )
$\rho$	: Havanın yoğunluğu ( $kg/m^3$ )
$A$	: Alan ( $m^2$ )
$v$	: Havanın hızı (m/s)
W	: Watt
V	: Volt
A	: Amper

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Enerji sanayileşmiş toplumların ayrılmaz bir parçasıdır. Günümüzde enerji büyük oranda birincil kaynaklar olarak adlandırılan herhangi bir enerji dönüşümünden henüz geçmemiş kaynaklardan karşılanmaktadır. Petrol, doğal gaz, likit petrol gazı, kömür ve odun belli başlı enerji kaynaklarıdır. Bunlar sınırlıdır ve 35 ile 200 yıl arasında bitecekleri tahmin edilmektedir. Enerji kaynakları azalırken, dünya nüfusunun sürekli artması ve enerji bağımlılığı, enerji açığını sürekli büyütecektir. Temel enerji kaynakları tüketildiğinde insanlık daha uzun ömürlü enerji kaynaklarına dönmek zorunda kalacaktır. Yenilenebilir enerji kaynakları bu yüzden büyük öneme sahiptir [1].

Yenilenebilir enerji kaynağı “Doğanın kendi evrimi içinde bir sonraki gün aynen mevcut olabilen enerji kaynağı” olarak tanımlanmaktadır. Bir başka deyişle, yenilenebilir enerji kaynakları, ulaşılabilirlik (Accessibility), mevcudiyet (Availability), kabul edilebilirlik (Acceptability) özelliklerinin hepsini taşımaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları, hidro, jeotermal, güneş, rüzgar, biyokütle, gel-git ve ve dalga olarak kabul edilir [2].

Güneş enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları arasında büyük öneme sahiptir. Kullanımı için çok yüksek ve özel teknolojiler gerektirmemesi, çevreyle dost ve uzun süreli bir enerji kaynağı olması gelecekteki enerji ihtiyacının karşılanmasında son derece önemlidir.

Tarih öncesi dönemlerden beri güneş, insanların yiyeceklerini kurutma ve saklama özelliğine sahiptir. İnsanlar, her doğal olayın arkasında güneşi motive bir güç olarak görmüşlerdir.

Tarih öncesinde, çoğu insan güneşi ‘Tanrı’ olarak nitelendirmiştir. Mısır’daki çoğu el yazısında, Piramitler en büyük mühendislik başarılarından görülmüş ve bunlar güneşe giden bir merdiven olarak nitelendirilmişlerdir [3].

Günümüzde artan ısınma ve elektrik ihtiyaçları için güneş enerjisinden çeşitli şekillerde faydalanılmaktadır. Güneşten verimli şekilde faydalanmak için birçok sistem geliştirilmiştir. Aktif güneş sistemleri olarak adlandırılan bu sistemlerde, güneş enerjisini istenilen seviyede ısı ve elektrik enerjisine dönüştürmek amacıyla çeşitli mekanik ve elektronik sistemler kullanılmaktadır.

Güneş ışınımını enerjiye dönüştüren sistemler güneş kollektörleri ve fotovoltaik sistemler olarak ikiye ayrılmaktadır [4].

Bu tez çalışmasında havalı düz yüzeyli bir güneş kollektörü tasarlanıp; fanlar için gerekli olan enerjiyi karşılamak üzere güneş panelleri ile desteklenen sistem, imal edilerek deneysel olarak incelenmiştir. Literatürden farklı olarak geçirgen örtü ve yutucu yüzey arasındaki hava vakumlanmış, ısıtılması gereken hava yutucu yüzey arkasında geçirilmiştir. Bu şekilde dış hava sıcaklığı ve güneş ışınımından da faydalı ısı elde edilebilmesi amaçlanmıştır.

## **1.1. LİTERATÜR TARAMASI**

Olgun ve Ayhan, çalışmalarında fındık kurutma işlemi için kabinet ve çadır tipi olarak 2 farklı güneş enerjili kullanmışlardır. Bu iki kurutucuda kurutulan fındıklarla, açık havada doğal yolla yapılan kurutma sonuçlarıyla karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak kullandıkları güneş enerjili kurutucuların, açık havada doğal yolla kurutmadan daha hızlı olduğunu gözlemlemişlerdir [5].

Can ve Eryener, tarafından yapılan çalışmada yüksek nem oranına sahip kabak çekirdeklerinin, güneş enerjisiyle ısıtılmış hava ile kurutulması araştırılmıştır. Deneyler sonucunda kabak çekirdeği kurutmasında, kurutma havası sıcaklığı ve hızının etkili parametreler olduğunu görmüşlerdir. Kurutma havası sıcaklığının ve

hızının artışına bağlı olarak, kabak çekirdeği kuruma hızının arttığını tespit etmişlerdir [6].

Hegazy, yaptığı çalışmada klasik tip kolektörler yerine yutucu yüzeylere sahip güneş kolektörleri geliştirmiştir. Araştırmacı geliştirdiği kolektörleri verim yönünden klasik kolektörlerle karşılaştırmıştır [7].

Bari, Malezya'da herhangi bir pozisyonda farklı işlem periyotları için güneş kolektörlerinin çevre şartlarına uyumunu ve en iyi eğim açısını belirlemek için bir metot tanımlamıştır [8].

Yıldız ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada emici plakanın üstünde ortada ön emici olarak hizmet eden, havanın geçtiği yere diyagonal yerleştirmiş, plakanın üzerine alüminyum yün kaplatılarak değişiklik yapılmış havalı bir güneş ısıtıcısı dizayn ve test etmişlerdir. Geliştirdikleri kolektör etkinliği aynı ölçülere sahip düzlemsel güneş kolektörü ile karşılaştırarak bu iki kolektörün etkinliklerini sabit sıcaklık ve aynı hava hızlarında hesaplamışlardır. Havaya transfer edilen ısının, ön emici yüzeyin kullanıldığı havalı güneş ısıtıcısında oldukça arttığını bulmuşlardır [9].

İnallı ve arkadaşları, tasarladıkları 3 tip havalı güneş kolektörünün verimlerini Elazığ iklim şartlarında deneysel olarak incelemişler. 1. tip kolektörde hava, siyah yüzeyli levha ile saydam üst örtü arasındaki kanaldan, 2. tip kolektörde siyah levhanın her iki yüzeyinde akmaktadır. 3. tip kolektörde ise alt plaka ile saydam örtü arasındaki kanala saçtan kanallar yerleştirmişlerdir. Deneyler sonucunda en verimli kolektör olarak 3. tip kolektör seçmişlerdir. Havalı güneş kolektörü kullanarak 20-40 °C'lik sıcaklık farkları elde edilebileceğini bulmuşlardır [10].

Durmuş ve Kurtbaş, çalışmalarında havalı güneş kolektörü ve dikey konumlu tepsili kurutucu kullanarak Elazığ bölgesinde yetişen kayısıların güneş enerjisi yardımıyla kurutulmasını incelemişlerdir. Tasarladıkları Ondülin yüzey profilli havalı güneş kolektörü ile kayısıları kurutma işlemi sırasında, kayısı yüzey sıcaklığının deneysel olarak tespit edilmesini incelemişlerdir. Deneyler boyunca kayısılar sürekli tartılarak



kütle kaybı tespit edilmiş, kurutulan ürünün renk ve tat değişimlerini sürekli kontrol altında tutmuşlardır [11].

Momin ve arkadaşları, plaka şeklindeki güneş kolektörlerinin emici yüzeylerine V-şekilli kanatçıklar yerleştirmişlerdir. Geliştirdikleri bu kanatlı kolektörleri verim ve basınç kaybı yönünden düz klasik kolektörlerle karşılaştırmışlar ve geliştirdikleri kolektörlerden deneysel bağıntılar elde etmişlerdir [12].

Toğrul ve Pehlivan, çift geçişli hava ısıtmalı güneş kolektörlerinde yutucu yüzey konumunun ısı verime etkisini incelemişler. Bu çalışmada, çift geçişli hava akış kanalında dolgu malzemesi bulunan yeni dizayn edilmiş bir konik yoğunlaştırıcı hava ısıtıcının termal performansına farklı absorber yüzey kullanımının etkisi araştırmışlardır. Bu amaçla, standart siyah boyalı bakır boru, seçici yüzey ve yapay olarak pürüzlendirilmiş absorber yüzeyleri ayrı ayrı kullanarak, en yüksek termal verim seçici yüzey kullanımı ile elde edildiğini görmüşlerdir [13].

Yeh ve arkadaşları, geliştirdikleri kolektörün emici yüzeyinin alt ve üstüne kanatçıklar eklemişlerdir. Araştırmacılar, havanın aktığı kanalı, iki parçaya bölerek çift akış sağlamışlardır. Çalışma hem deneysel hem de analitik olarak yapılmış ve bulgular bir birleri ile kıyaslanmıştır. Çift akışlı hava kanalını tek akışlı hava kanalından daha etkin çalıştığını tespit etmişlerdir [14].

Fidan, çalışmasında yeni bir havalı kolektör tasarlayarak Diyarbakır iklim şartlarında karpuz çekirdeğinin kurutulması araştırmıştır. Çalışmanın sonunda elde edilen verileri karşılaştırmıştır. Tasarlanan kolektörün içerisindeki elek plakanın konumuna ve kütleli debiye bağlı olarak kolektör veriminin değişmekte olduğunu tespit etmiştir. Kütleli debinin değişimi kuruma süresini önemli oranda etkilediğini ortaya koymuştur [15].

Naphon ve Kongtragool, yaptıkları çalışmada havalı güneş ısıtıcılarının performans ve ısı transfer karakteristiklerini nümerik olarak araştırmışlardır [16].

Abu-Hamdeh, yeni bir ince plaka kaplı bir havalı güneş kolektörü geliştirmiş ve ısı kazancını ve ısı etkinliğini araştırmıştır. Yapılan çalışmada geliştirilen kolektörün ısı transferi ve basınç kaybı yönünden düz kolektörle karşılaştırılması yapılmıştır. Çalışmada kolektör içi hava hızı ile kolektör dışı hava hızının kolektör verimine etkisi araştırılmıştır. Araştırmacı çalışmasında çeşitli deneysel bağıntılar vermiştir [17].

Ammari, tek geçişli düzlemsel havalı güneş kolektörünün ısı performansını hesaplamak için matematiksel bir model geliştirmiştir. Hava akışının hacimsel oranının kolektör uzunluğu ve havalı güneş ısıtıcısının ısı performansı üzerindeki etkisini, emici yüzey ve alt tabaka arasındaki boşluk için araştırmıştır. Ayrıca, en genel şekli ile sunduğu havalı güneş ısıtıcılarının bu dizaynının nümerik karşılaştırmasını yapmıştır [18].

Kırbaş, tasarladığı labirentli tip hava ısıtmalı güneş kolektörünün verimini üç değişik hava debisinde farklı gün ve sıcaklık koşullarında deneysel olarak incelemiştir. Yaptığı deneyler sonucunda kolektör veriminin yüksek hava hızlarında arttığını tespit etmiştir [19].

## BÖLÜM 2

### GÜNEŞ ENERJİSİ

Birincil ve yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemlisi olan güneş, gerçekte dünyamızın temel enerji kaynağıdır. Dünyamızın aydınlatılması ve ısıtılmasının yanında, canlıların yaşamasını ve büyümesini, ayrıca bazı enerji kaynaklarının oluşmasını sağlamaktadır. Birincil enerji olarak atmosferi geçip bir yılda yeryüzüne ulaşan güneş enerjisi miktarı dünyada bir yılda kullanılan enerjinin yaklaşık 1500 katıdır [20].

Güneş enerjisi, enerji üretiminde önemli bir yere sahiptir. Yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş çevreye zarar vermemesi ve tükenmez enerji kaynağı olması nedeniyle enerji üretim sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır [21]. Güneş enerjisinin diğer enerji türlerine göre çok sayıda üstünlüğü bulunmaktadır. Bunlar;

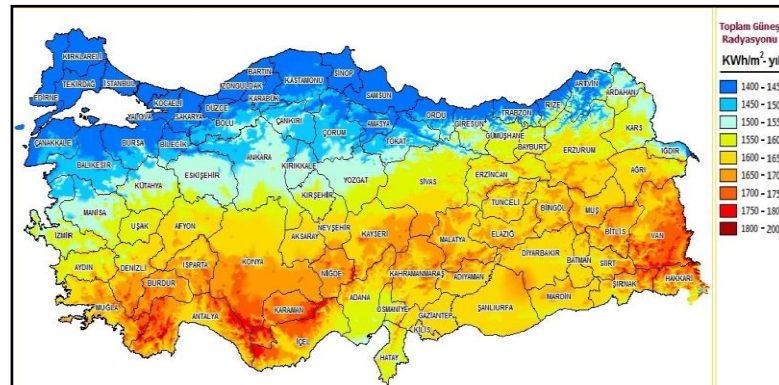
- Bol ve tükenmeyen tek enerji kaynağıdır,
- Temiz enerji türüdür, çevreyi kirletici duman, gaz, karbonmonoksit, kükürt ve radyasyon gibi atıkları yoktur,
- Yerel uygulamalar için elverişlidir. Enerjiye ihtiyaç duyulan hemen hemen her yerde güneş enerjisinden yararlanmak mümkündür,
- Dışa bağımlı olmadığından, doğabilecek ekonomik bunalımlardan bağımsızdır,
- Birçok uygulaması için karmaşık bir teknolojiye gerek duyulmamaktadır,
- İşletme masrafları çok düşüktür.

Güneş enerjisinin yukarıda belirtilen üstünlüklerine rağmen günümüzde uygulamalarının az oluşunun sebepleri de vardır. Bunlar;

- Birim yüzeye gelen güneş ışınımı az olduğundan büyük yüzeylere gerek duyulmaktadır,
- Güneş ışınımı sürekli olmadığından depolama gerekmektedir,
- Enerji ihtiyacının fazla olduğu kış aylarında güneş ışınımı azdır ve geceleri ise hiç yoktur [22].

## 2.1. TÜRKİYE'DE GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ

Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Güneşten dünyaya saniyede yaklaşık olarak 170 milyon MW enerji gelmektedir. Türkiye'nin yıllık enerji üretiminin 100 milyon MW olduğu düşünülürse bir saniyede dünyaya gelen güneş enerjisi, Türkiye'nin enerji üretiminin 1700 katıdır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünde (DMİ) mevcut bulunan 1966-1982 yıllarında ölçülen güneşlenme süresi ve ışınım şiddeti verilerinden yararlanarak Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti 1311 kWh/m<sup>2</sup>-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m<sup>2</sup>) olduğu tespit edilmiştir. Türkiye, 110 gün gibi yüksek bir güneş enerjisi potansiyeline sahiptir ve gerekli yatırımların yapılması halinde Türkiye yılda birim metre karesinden ortalama olarak 1100 kWh'lik güneş enerjisi üretebilir [20-22].



Şekil 2.1. Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA) [22].

Şekil 2.1’de ülkemizin büyük bir bölümünde güneş enerjisinden maksimum oranda istifade edilebileceği net bir biçimde görülebilmektedir.

## **2.2. GÜNEŞ ENERJİSİNİN KULLANIM ALANLARI**

Güneş enerjisi genellikle ısı ve elektrik enerjisine dönüştürülerek kullanılır. Isı enerjisine dönüştürülen güneş enerjisi sıcaklık derecelerine göre 3 bölüme ayrılabilir [23].

### **2.2.1. Düşük Sıcaklık Uygulamaları**

150 °C’den düşük sıcaklıklar gerektiren uygulamalar;

- Binaların ısıtılması ve havalandırılması,
- Tarım sektöründe kurutma ve seraların ısıtılması,
- Evlerde kullanılan suyun ısıtılması.

### **2.2.2. Orta Sıcak Uygulamaları**

150 °C ile 600 °C arası sıcaklıklar gerektiren uygulamalar;

- Sulama işlemlerinde kullanılan su pompaları,
- Güneş tencerelerinde ve küçük motorlar,
- Buhar gücüyle elektrik üretimi için kullanılan jeneratörler.

### **2.2.3. Yüksek Sıcaklık Uygulamaları**

600 °C’den yüksek sıcaklıklar gerektiren uygulamalar;

- Güneş fırınları,
- Maddenin ayrıştırılması,
- Elektrik üretimi,
- Seramik yapımında ve cam sanayi [24].

## **2.3. GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİ**

Güneş enerjisiyle ilgili çok çeşitli teknolojiler geliştirilmiştir. Bu teknolojileri kullanmak için kurulan sistemler genel olarak pasif ve aktif sistemler olarak 2 gruba ayrılır.

Pasif sistemler, sistem kurulduktan sonra güneş enerjisinin kullanımı için ek bir enerji gerektirmeyen sistemlerdir. Isıyı toplayan duvar sistemleri, seraların ısıtılması için geliştirilen sistemler örnek olarak gösterilebilir. Pasif sistemler güneş enerjisinden yararlanmanın en kolay ve ucuz yoludur [25].

Aktif sistemler, amaca göre üretilmiş toplama sistemleri aracılığıyla alınan güneş ışınlarını elektrik ve ısı enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Aktif güneş enerji sistemleri çeşitli mekanik ve elektronik sistemlerin bütünüdür [26].

Güneş ışınlarını enerjiye dönüştüren sistemler fotovoltaik piller ve güneş kollektörleri olarak iki grupta incelenebilir:

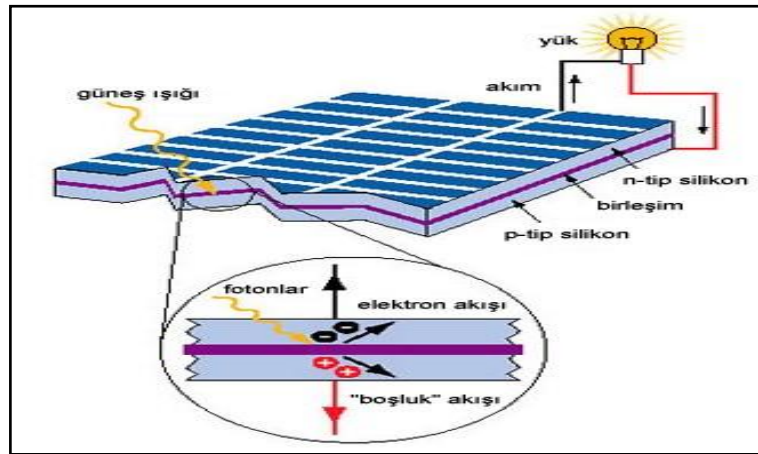
### **2.3.1. Fotovoltaik Piller (Güneş Pilleri)**

Fotovoltaik Piller (Güneş Pilleri): Fotovoltaik piller gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletken sistemlerdir. Binalarda ısıtma ve aydınlatma başta olmak üzere birçok sistemin ihtiyacı olan elektriği sağlamaktadır. Ancak elde edilen enerjiyi depolama özellikleri yoktur. Kullanılmayan enerjinin, bulutlu havalarda ve gece kullanılmak üzere depolandığı aküleri vardır. Modern anlamda ilk güneş pili hücreleri, 1954 yılında uydu alıcılarına elektrik sağlayacak bir güç kaynağı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Daha sonra teknolojiye gelişim, endüstrileşme ve artan taleplere bağlı olarak sokak lambaları, saatler, hesap makineleri ve 1970'lerin başından itibaren de bina yüzeylerinde kullanımları yaygınlaşmıştır [27].

Fotovoltaik akım üretimi özel işlenmiş yarı iletken malzemelerden yapılan kare, dikdörtgen veya daire şeklinde biçimlendirilebilen solar hücrelerle sağlanır.

Fotovoltaik pillerin türleri; yarı iletken absorblayıcı maddelerin türü, ışığı bünyesinden geçirme kapasitesi ve üretim teknolojisi bakımından çok çeşitlidir. Fotovoltaik pil yapımında kullanılan kristalin yapısı özellikle bu türlerin ortaya çıkmasında etkili rol oynar. Fotovoltaik paneller çevreye hiçbir zararlı atık bırakmaması ve direkt olarak güneş ışığını kullanmasından dolayı tercih edilmektedirler [28].

Fotovoltaik modüller: Fotovoltaik hücrelerin birbirlerine paralel, seri ya da karma olarak bağlanmasıyla oluşturulmaktadır. Bu hücreler güneş enerjisini elektrik enerjisine çevirebilecek optiksel ve elektriksel özellikleri bu dönüşüme uygun yarı iletken malzemelerden üretilmektedirler. Hücreler, elektrik enerjisini geçiren, biri pozitif yüklü diğeri ise negatif yüklü iki katmandan oluşmaktadır. Hücre üzerine güneş ışığı düştüğünde ışık enerjisini taşıyan bazı fotonlar bu yarı iletken malzeme tarafından geçirilmektedirler [29]. Şekil 2.2’de fotovoltaik pillerin yapısı görülmektedir.



Şekil 2.2. Fotovoltaik pilin yapısı.

### 2.3.2. Güneş Kollektörleri

Güneş kolektörleri, güneş radyasyonunu alıp bir akışkan (sıvı ya da hava) bünyesine geçiren birer ısı değiştirici (eşanjör) dirler. Üç grupta sınıflandırılırlar.

Birinci grup düz yüzeyli kolektörler olup güneş ışığını odaklamazlar. Genellikle sabit çalışırlar ve akışkan sıcaklıkları 90 °C'nin altındadır. İkinci grup odaklamalı kolektörlerdir. Güneş ışınlarını sürekli olarak bir odak noktasında toplarlar. Sadece direkt radyasyondan faydalanırlar. Yüksek sıcaklık temin edebilirler. Bunların arasında hem düz yüzeyli hem de odaklamalı kolektörlerin özelliklerini taşıyan kolektörler üçüncü grubu oluşturur. Odaklamalı kolektörler kadar yüksek sıcaklık sağlayamazlar. Ancak sıcaklık yine de bir hayli yüksektir (175 °C kadar). Her grubun uygulama alanları farklıdır. Isıtma ve soğutma uygulamalarında düz yüzeyli kolektörler yaygın olarak kullanılırlar.

Bir kolektörün verimliliği topladığı kullanılabilir enerji miktarının, üzerine düşen enerji miktarına oranı olarak tanımlanır. Verimli bir kolektör aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır.

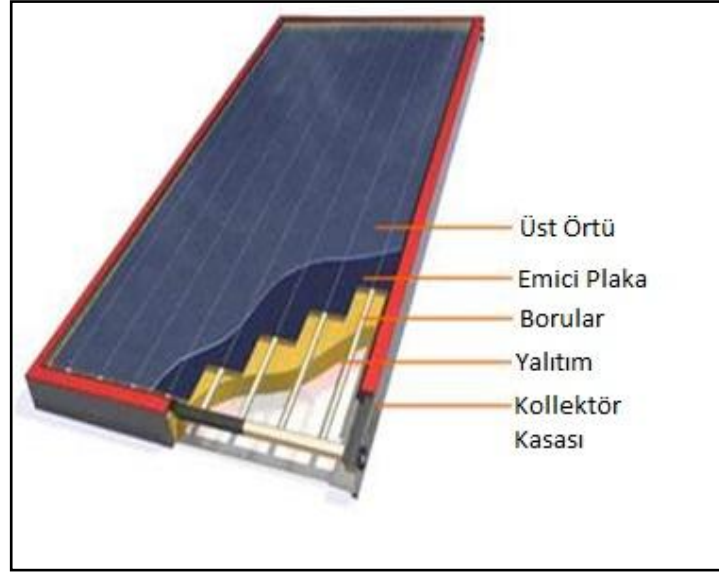
- Üzerine düşen güneş enerjisi miktarının çoğunu absorbe edebilmelidir,
- Kolektörlerden çevreye olan ısı kayıpları en az düzeyde olmalıdır,
- Absorbe ettiği enerjiyi içindeki ısı taşıyıcı akışkana yüksek bir verimlilikle geçirebilmelidir [29].

### **2.3.2.1. Düz Yüzeyli Kolektörler**

Düz yüzeyli kolektörlerde ısı taşıyıcı akışkan olarak hava ve sıvı kullanılabilir. Isı taşıyıcı akışkana göre isimlendirilirse, düz yüzeyli kolektörler hava ve sıvılı tip olmak üzere iki grupta incelenebilirler. Her iki tip kolektör değişik bir teknoloji ve kullanma amacı gerektirir.

Konutların, küçük ticari binaların ısıtılmasında ve kurutma işlemlerinde havalı kolektörlerin kullanımı artarken, sıvılı kolektörler de büyük binaların ısıtılmasında, endüstriyel ısıtma işlemlerinde ve güneşli soğutmada kullanılmaktadır. Şekil 2.3'de düz yüzeyli kolektörü oluşturan parçalar gösterilmektedir.





Şekil 2.3. Düz yüzeyli kollektör.

Aynı ölçülerde hava ve sıvı kolektörlerini yan yana koyarak, standart bir akış rejiminde, aynı miktarda güneş enerjisi almaları sağlanırsa sıvılı kollektörler daha fazla enerji toplar ve daha verimli olur. Bunun sebebi havalı kolektörlerin daha fazla ısı kaybetmesi ve suyun  $c_p$  değerinin daha yüksek olmasıdır. Havalı kollektörün emici plakasının sıcaklığı daha yüksek olacağından çevreye olan ısı kaybı da artar. Suyun ısı taşımadaki verimliliği daha yüksek olduğundan, sıvılı kolektörlerde emici plakanın sıcaklığı içindeki ısı taşıyıcı akışkandan sadece birkaç derece yüksektir. Hava iyi bir ısı taşıyıcı değildir. Bu nedenle hava kolektörlerinin emici plaka sıcaklığı içlerinde dolaşan hava sıcaklığından  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  daha fazla olabilmektedir. Emici plakanın sıcak olması daha fazla ısı kaybına neden olmakta ve dolayısıyla verim düşmektedir.

### 2.3.2.2. Havalı Güneş Kollektörleri

Havalı güneş kollektörleri akışkan olarak kullanılan hava ile güneş enerjisini ısı enerjisine dönüştüren sistemler olarak bilinir. Kollektöre gelen güneş enerjisini bir kısmı yutucu yüzey tarafından yutularak akışkan olan havaya aktarılırken bir kısım enerji kayıp olarak dış ortama transfer olur. Kollektör üzerine gelen güneş enerjisinin bir kısmı da kollektörün ısı kapasitesi için harcanır.

Havalı güneş kolektörleri daha çok tarım ve orman endüstrisinde kurutma amaçlı, bina ve hacim ısıtılmasında kullanılır. Şekil 2.4'te havalı güneş kolektörü görülmektedir.



Şekil 2.4. Havalı güneş kolektörü.

Genel olarak havalı kolektörler dört ana kısımdan oluşur:

a. 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 malzemesi, geçirgenlik oranının yüksek olduğu, yutma ve yansıtma oranlarının minimum olduğu bir malzemeden seçilmelidir. Kollektör örtüsü olarak genellikle cam veya plastik şeffaf malzemeler kullanılır.

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 ortamdan etkilenmemesi ve uzun süre kullanıma açık

olması camın avantajlı yönleridir. 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 her iki yüzeyi, yansıtmayı önleyici malzemelerle kaplanabilir. Ayrıca camın mukavemetini arttırmak, kırılgenliğini azaltmak için temperleme işlemi yapılır.

#### b. Yutucu Yüzey

Kollektörün verimi yutucu yüzey malzemesinde kullanılan malzemenin çeşidine ve geometrisine direk bağlıdır. Yutucu yüzey için uygulanan yüzey kaplaması ile kollektör verimi doğrudan ilişkilidir. Yutucu yüzey için en ideali siyah mat boyanın kullanılmasıdır. İdeal bir yutucu yüzeyin su özelliklere sahip olması beklenir.

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

Havalı kollektörlerde yutucu yüzey ile kollektörde 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. Aynı zamanda havanın debi olarak miktarı arttırılırsa ısı transferi de arttırılmış olur.

Havalı kollektörler için akışkan geçişi yutucu yüzey ile cam arasından olmamalıdır. Bu durumda ısı kayıpların artması söz konusudur. Havalı kollektörlerde verimin arttırılması için aşağıdaki özelliklere dikkat edilmesi gerekir.

- Havalı kollektörlerde, özellikle güneşi gören yutucu yüzey, saydam örtü gibi malzemeler pürüzsüz olmalıdır,
- Kollektörlerde kullanılan havanın geniş yüzeylere temas etmesi sağlanmalıdır,
- Hava, yutucu yüzeyin altından geçmeli, oluşan hava hacmi ise yutucu yüzeyin üst kısmında olmalıdır,

- Yutucu yüzeyde (emici plaka) kullanılan malzemenin metal olması tercih edilir [30].

### c. Yalıtım

Kollektörde cam yünü, taş yünü, poliüretan köpük veya levha sıkça kullanılan yalıtım malzemeleridir.

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.

### d. Kasa Malzemesi ve İzolasyonu

Kollektörlerde genellikle 1 mm kalınlığında sac veya galvanizli sac kasa malzemesi olarak kullanılır. Kollektör kasalarında ağaç malzeme de çok kullanılmaktadır. Fakat ağaç malzeme aşırı sıcaklara karşı dayanıklı değildir. Metal kasa, ağaca göre daha sağlam ve ısıya dayanıklıdır. Metallerde yalıtım sağlanırsa ısı kayıpları önlenir ve alüminyum kullanılarak ağırlık sorunu da giderilmiş olur.

Kollektördeki en sıcak bölge olan emici plakanın soğuk olan dış ortam ile bağlantısının kesilmesi için araya poliüretan köpük ve cam yünü gibi malzemeler yalıtkan malzeme olarak kullanılabilir.

Kollektörde kullanılan malzemeler için dikkat edilmesi gereken hususlardan biri de ısı genleşmesidir. Özellikle saydam örtü olarak kullanılan camın ısı genleşmesi dikkate alınmazsa ısı genleşmeden dolayı kenarlarının kendi kendine kırıldığı görülür. Kollektörde kasa yapımında dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Kasanın kollektörü güvenli bir şekilde taşınması sağlanmalı, emici plaka ile kasa 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.

### Havalı Kollektörlerin Dezavantaj ve Avantajları

Bu tip toplayıcıların konstrüksiyonunda üç önemli etken vardır;

- Isı taşınım katsayısı düşük olduğundan ısı transfer yüzeyinin geniş tutulması gerekir. Örneğin bir boru levha düzeneği düşünülmez,
- Havalı toplayıcılarda basınç düşüktür, mukavemet açısından sulu toplayıcılarda gösterilen özene gerek yoktur,
- Hava korozyon değildir.

### Dezavantajları

- Havanın ısı taşınım katsayısı düşüktür. Bu nedenle kollektör boyutları büyüktür,
- Doğrudan doğruya hava ile hacim ısıtması yapabilmek için büyük depo hacimlerine gereksinim vardır,
- Isınmış havanın bir yerden başka bir yere nakledilebilmesi geniş kesitli hava kanallarına gereksinim gösterirler,
- Kullanma suyu için mutlaka bir ısı eşanjörü gerekir,
- Kanallarda akan hava duyulabilir derecede ses yapabilir.

### Avantajları

- Havalı güneş kollektörlerinde birden fazla yutucu yüzey kullanılabilir,
- Sıvılı kollektörlerde, yutucu yüzeyde absorbe edilen enerji çalışma akışkanına, geçtiği borulardan iletimle transfer edildiğinden, akış kanalı ile yutucu yüzey arasındaki bağlantının, ısı iletiminin yeterli düzeyde gerçekleşmesi için çok iyi olması gerekir. Havalı tiplerde ise akışkan ve yutucu yüzey doğrudan temas ettiğinden bu tür hassas bağlantı sorunlarıyla karşılaşmaz,
- Özel hiç bir önlem alınmasa dahi donma tehlikesi yoktur,
- Toplayıcı bünyesinde korozyon, kimyasal kirlenme (kireç taşı), bağlama sorunları yoktur,
- Kaynama, aşırı ısınma söz konusu değildir,

- Çok küçük sızıntı ve kaçaklar problem yaratmaz,
- Havalı kollektörlerde tesisat masrafı sıvılı düzlemsel toplayıcılara göre daha azdır,
- Havalı ısıtıcılar ağırlık bakımında sıvılı ısıtıcılara göre daha hafiftirler,
- İyi bir düzenleme ile hacim ısıtmada kullanılan sistem, yazın serinletmede de kullanılabilir [31].

## BÖLÜM 3

### MATERYAL

Deney sistemi genel olarak bir güneş toplayıcısını oluşturan yutucu plaka, geçirgen örtü, kasa ve yardımcı birimlerden oluşmaktadır. Sistemde kullanılan malzemeler Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Havalı güneş kollektörüne ait bazı özellikler.

Kollektör Boyutları	100 x 20 x 50 cm
Kollektör Kasası	Ahşap
Yutucu Plaka	0,4 cm’lik Alüminyum
Geçirgen Örtü	Çift Cam
İzolasyon Malzemesi	0,8 cm’lik Strapor

Tasarlanan kollektörün boyutları 100 x 20 x 50 cm’dir. Kollektör kasası ahşap malzemeden yapılmıştır. Yutucu plaka olarak 0,4 cm’lik mat siyah boya ile boyanmış alüminyum levha kullanılmıştır. Geçirgen örtü olarak güneş enerjisinden maksimum oranda faydalanmak için özel üretilen ısıcam kullanılmıştır. Güneşten gelen ışınları yaklaşık % 80’lik oranda içeri alan bu camın tercih sebebi güneş ışınlarının yutucu plakaya çarptıktan sonra tekrar yansımaları önlemesi ve bu sayede maksimum ısınma sağlıyor olmasıdır. Isı kayıplarını önlemek amacıyla kasanın alt ve yan kısımlarına 0,8 cm kalınlığında strafor konulmuştur.

Tasarlanan sistemin en büyük özelliklerinden birisi geçirgen örtü ile yutucu plaka arasındaki havanın vakumlanmasıdır. Bu sayede geçirgen örtü ile yutucu plaka arasındaki ısı iletiminin maksimum oranda olması planlanmıştır. Kollektör girişine yerleştirilen fan ile hava akışının belli hız ve debide olması sağlanmıştır.

Sistem Karabük ilinin enlemi olan yatayla 40° açı yapacak şekilde ayarlanmıştır. Böylece deneysel sistemden bütün bir yıl faydalanabilmesi sağlanabilecektir.

Tasarlanan havalı güneş kollektörünün imalatı için ilk olarak 0,4 cm'lik alüminyum plaka siyah mat boya ile boyanmıştır.

Yutucu plaka boyanıp hazırlandıktan sonra çift camlı geçirgen örtünün altına konularak kenarları izolasyon malzemesi ile kapatılarak 0 bar basınca kadar vakum yapılmıştır.

Yutucu plaka ile geçirgen örtü arasındaki hava vakumlandıktan sonra içerisine strafor konulan kollektör kasasına yerleştirilmiştir.

Kollektörün giriş ve çıkışına yerleştirilen fanlar ve bu fanların çalışması için gerekli olan enerjiyi karşılayacak 10 W'lık bir güneş paneli sisteme yerleştirilerek tasarlanan havalı güneş kollektörünün imalatı tamamlanmıştır.

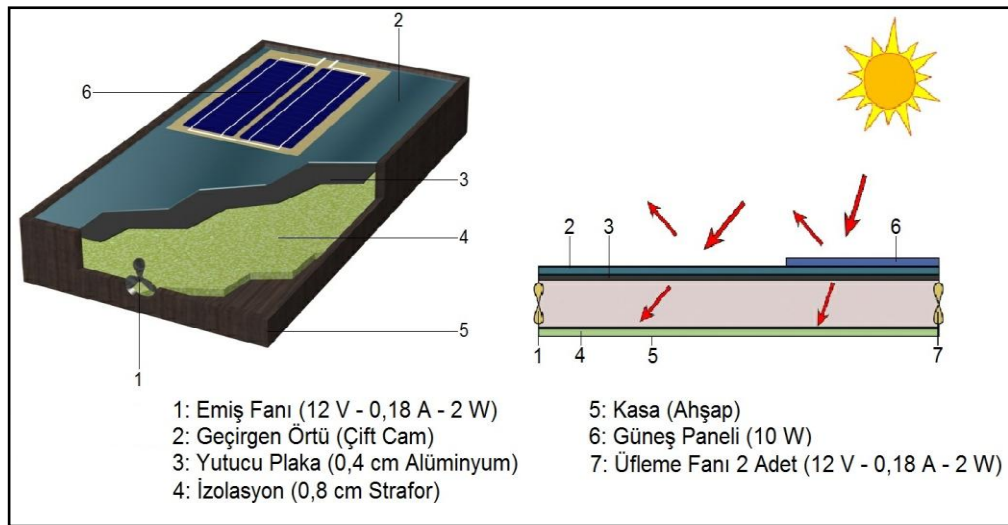
Sistemin imalatına ait resimler aşağıda gösterilmiştir. (Çizelge EK A.1, Çizelge EK A.2, Çizelge EK A.3, Çizelge EK A.4, Çizelge EK A.5, Çizelge EK A.6).



## BÖLÜM 4

### METOD

Güneş ışınları 2 numara ile gösterilen geçirgen örtüden geçerek siyah mat boya ile boyanmış 3 numaralı yutucu plaka çarpmaktadır. Geçirgen örtü olarak kullanılan çift camın, gelen güneş ışınlarını minimum seviyede geri yansıtması özelliğinden dolayı yutucu plaka maksimum oranda ısınmaktadır. Geçirgen örtü ile yutucu plaka arasında yapılan vakum ile ısı kayıpları en aza indirilmiştir. 1 numara ile gösterilen fan, dış havayı sistemin içine almakta ve güneş ışınlarının ısıtmış olduğu yutucu plakaya çarptırmaktadır. Yutucu plaka üzerindeki sıcaklıktan dolayı ısınan hava, kollektörün çıkışına yerleştirilmiş ve 7 numara ile gösterilmiş fanlar ile tekrar dışarı üflenmektedir. Fanlar için gerekli olan enerji 6 numaralı güneş panelleri ile karşılanmaktadır. 5 numara ile gösterilen kollektör kasasının alt ve yan kısımlarına, 4 numarada gösterilmiş yalıtım malzemesi yerleştirilerek dış ortam ile kollektör içerisindeki ısı transferi en aza indirilmiştir. Tasarlanan kollektör Şekil 4.1’de, imalatı yapılmış hali ise Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Tasarlanan kollektör.



Şekil 4.2. Tasarım ve imalatı yapılan kolektör.

Deneyler 20-27 Mayıs 2014 tarihleri arasında sekiz gün boyunca 10:00 ile 16:00 saatleri arasında her 20 dakikada bir ölçüm değerleri alınarak yapılmıştır. Deneyler boyunca kullanılan ölçüm aletleri ve özellikleri Çizelge 4.1’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.1. Deneylerde kullanılan ölçüm aletleri.

<b>Cihaz ve Markası</b>	<b>Özellikleri ve Modeli</b>
Sıcaklık ölçüm cihazı AZ INSTRUMENT	4 kanallı ve virgülden sonra iki basamağa kadar okuma yapabilen 88598 modeli
Solar Metre (Güneş ışınımı ölçüm cihazı) PCE	Tam sayı olarak okuma yapan SPM1 modeli
Anemometre (Hava hızı ölçüm cihazı) DELTA OHM	0 ile 40 m/sn hızları arasında ölçüm yapabilen 0,01 hassasiyetli HD 2303.0 modeli

Sistemde kullanılan diğer malzemeler ve özellikleri Çizelge 4.2’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.2. Sistem tasarımında kullanılan diğer malzemeler.

Malzeme	Özellikleri
Güneş Pili	10 W
3 Adet DC Fan	12 V
	0,18 A
	2 W
Kollektör	0.5 m <sup>2</sup>

8 gün boyunca yapılan ölçümlerde, kollektör giriş havası sıcaklığı, kollektör çıkış havası sıcaklığı, yutucu yüzey sıcaklığı, üfleme hava hızı ve güneş radyasyonu her 20 dakikada bir ölçülerek veriler kaydedilmiştir.

Deneylede ölçülen değerler çizelgeler halinde aşağıda gösterilmiştir (Çizelge EK B.1, Çizelge EK B.2, Çizelge EK B.3, Çizelge EK B.4, Çizelge EK B.5, Çizelge EK B.6, Çizelge EK B.7, Çizelge EK B.8).

#### 4.1. HAVALI GÜNEŞ KOLLEKTÖRÜNÜN PERFORMANSI

Havalı güneş kollektörünün tamamı bir açık sistem olarak ele alınıp enerji dengesi, sürekli rejim şartlarında şu şekilde ifade edilir;

$$Q_u = A_c [G_T (\tau\alpha)_{ef} - U_L (T_y - T_a)] \quad (4.1)$$

Burada;

$Q_u$ : Kollektörden alınan kullanılabilir enerji (W)

$A_c$ : Kollektör alanı (m<sup>2</sup>)

$G_T$ : Kollektör yüzeyine dik olarak gelen ışınım miktarı (W/m<sup>2</sup>)

$(\tau\alpha)_{ef}$  : Efektif yutma-geçirme çarpımı

$U_L$ : Kollektörün ısı kayıp katsayısı (W/m<sup>2</sup> °C)

$T_y$ : Yutucu yüzeyin ortalama sıcaklığı (°C)

$T_a$ : Dış hava sıcaklığı (°C)

Sürekli rejim şartlarında kollektör içerisindeki yutucu plakalarda ısı depolanmaz. Eş. (4.1)'de görüldüğü gibi, çalışma sıcaklığının artması ısı kayıplarının artmasına ve bu da toplanan enerji miktarının azalmasına neden olur. Bu da toplayıcıdan daha az kullanılabilir enerji alımına sebep olur.  $F_R$  ısı kazanç faktörü gerçekte kollektörden alınan faydalı enerjinin, yutucu plakaların yüzey sıcaklığının her noktada ortalama hava sıcaklığına eşit olması halinde (ideal durum) toplanacak olan faydalı enerjiye oranıdır. Bu tanımın yapılmasındaki temel amaç kollektör performansı hakkında detaylı bilgi edinmek ve ortalama yüzey sıcaklığı tanımı ihtiyacını ortadan kaldırmaktır.  $F_R$  ısı kazanç faktörü dikkate alınarak Eş. (4.1)

$$Q_u = A_C F_R \left[ G_T (\tau\alpha)_{ef} - U_L \left( \frac{T_g + T_\zeta}{2} \right) \right] \quad (4.2)$$

şeklinde yazılabilir. Burada;

$T_g$  : havanın kollektöre giriş sıcaklığı (°C)

$T_\zeta$  : Havanın kollektörden çıkış sıcaklığı (°C)'dir. Faydalı enerji akışkanın giriş ve çıkış sıcaklığına bağlı olarak

$$Q_u = \dot{m} c_p (T_\zeta - T_g) \quad (4.3)$$

şeklinde de yazılabilir. Burada;

$\dot{m}$  : Havanın kütleli debisi (kg/s)

$c_p$  : Havanın sabit basınçtaki özgül ısı (J/kgK)'dir.

Eşitlik (4.3)'teki havanın kütleli debisi

$$\dot{m} = \dot{v} \rho \quad (4.4)$$

şeklinde yazılır. Eşitlikteki hacimsel debi ifadesi

$$\dot{v} = A v \quad (4.5)$$

şeklinde ifade edilir. Eşitliklerdeki;

$\dot{v}$  : Hacimsel debi (m<sup>3</sup>/sn)

$\rho$  : Havanın yoğunluğu (kg/m<sup>3</sup>)

$A$  : Alan (m<sup>2</sup>)

$v$  : Havanın hızı (m/s)'dir.

Kollektörün en önemli özelliği verimidir. Verim kollektörden toplanan kullanılabilir enerjinin, aynı sürede kollektör yüzeyine dik olarak gelen güneş enerjisine oranı olarak tarif edilir.

$$\eta = \frac{Q_u / A_c}{G_T} \quad (4.5)$$

Eş. (4.2) dikkate alınarak verim ifadesini veren Eş. (4.6)

$$\eta = F_R [ (\tau\alpha)_{ef} - U_L ( \Delta_T / G_T ) ] \quad (4.6)$$

şeklinde yazılır. Eş. (4.3) dikkate alınmak suretiyle Eş. (4.7)'deki verim ifadesi

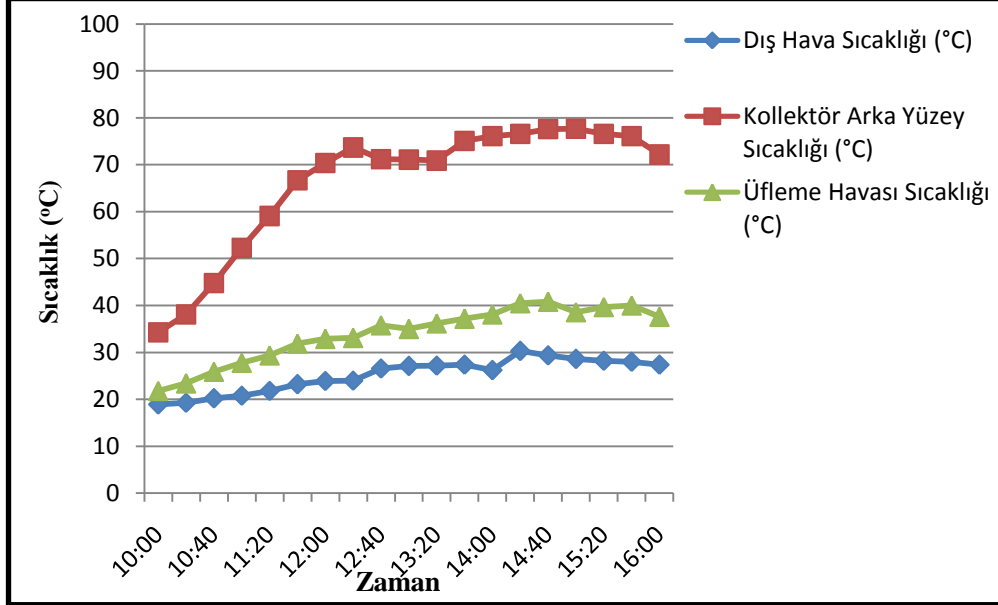
$$\eta = \frac{m c_p ( T_{\zeta} - T_g )}{G_T A_c} \quad (4.8)$$

biçiminde de ifade edilebilir. Burada,  $\eta$  verimi göstermektedir [32].

## 4.2. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRMELESİ

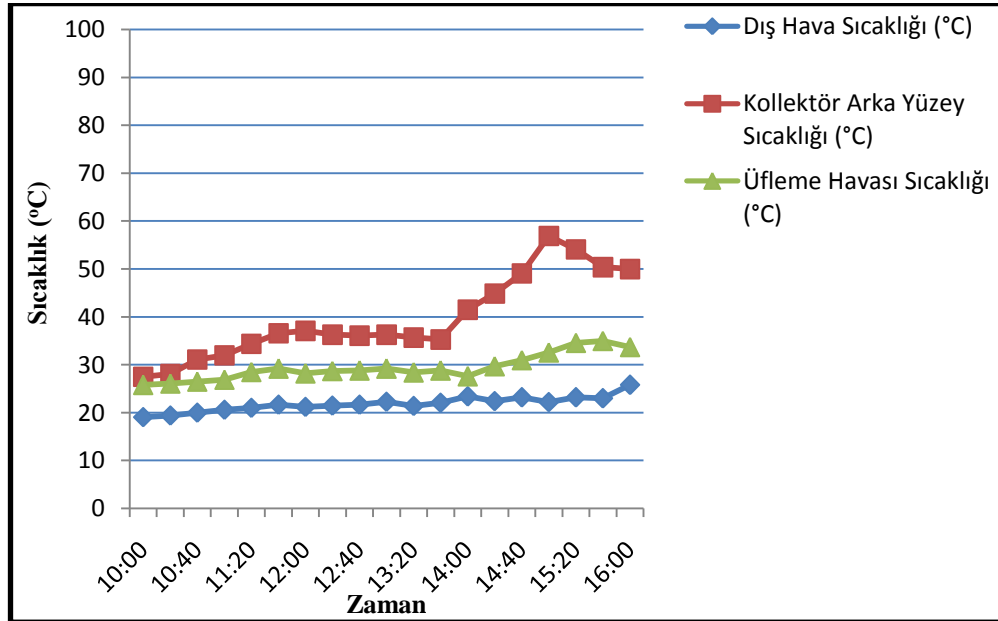
8 gün boyunca yapılan deneylere ait sıcaklık-zaman grafikleri aşağıda gösterilmiştir (Şekil 4.3, Şekil 4.4, Şekil 4.5, Şekil 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.8, Şekil 4.9 Şekil 4.10). Şekil 4.3 - 4.10 incelendiğinde en yüksek panel arkası sıcaklığı 96,4 °C olarak ölçülmüştür. Buna bağlı olarak en yüksek üfleme havası sıcaklığı ise 48,4 °C olarak ölçülmüştür. Dış hava sıcaklığı ile üfleme havası sıcaklığı arasındaki sıcaklık farkı en yüksek 19,4 °C olarak bulunmuştur. Üfleme sıcaklığı ile dış hava sıcaklığı arasındaki

ortalama sıcaklık farkı ise 11,8 °C olarak bulunmuştur. Şekil 4.3'te 20.05.2014 tarihinde yapılan deneylere ait sıcaklık - zaman grafiği görülmektedir.



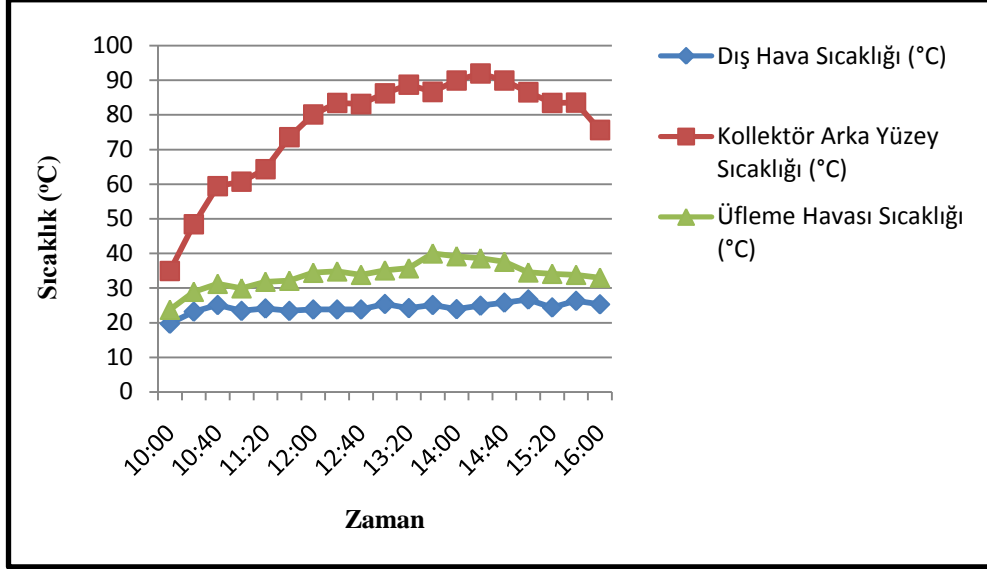
Şekil 4.3. 20.05.2014 tarihine ait sıcaklık - zaman grafiği.

Şekil 4.4'te 21.05.2014 tarihinde yapılan deneylere ait sıcaklık - zaman grafiği görülmektedir.



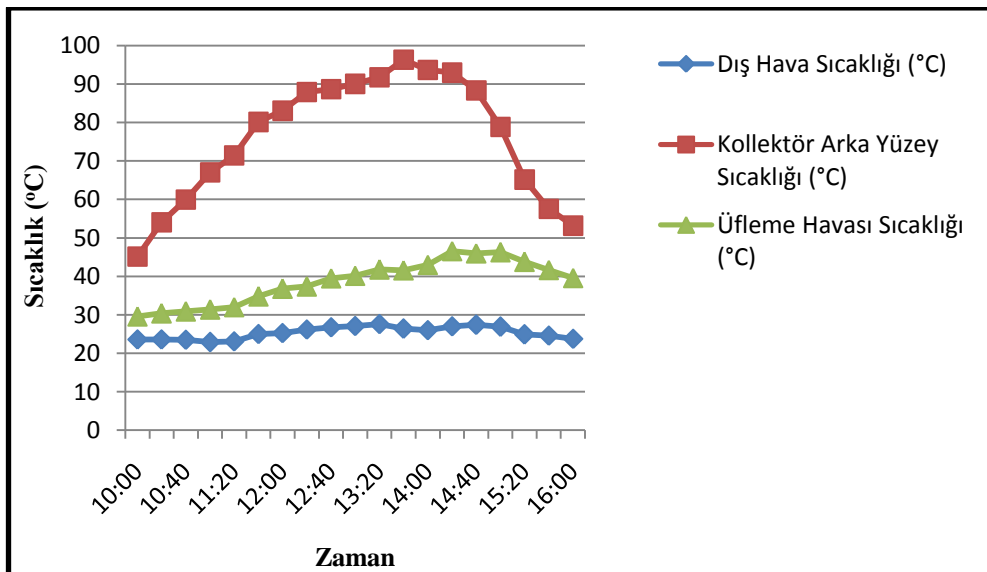
Şekil 4.4. 21.05.2014 tarihine ait sıcaklık - zaman grafiği.

Şekil 4.5'te 22.05.2014 tarihinde yapılan deneylere ait sıcaklık - zaman grafiği görülmektedir.



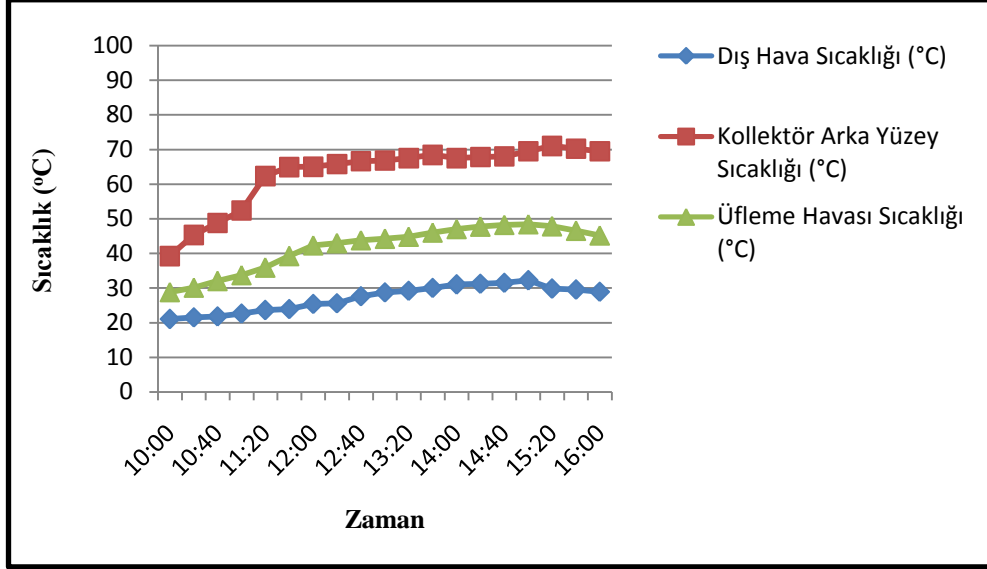
Şekil 4.5. 22.05.2014 tarihine ait sıcaklık - zaman grafiği.

Şekil 4.6'da 23.05.2014 tarihinde yapılan deneylere ait sıcaklık - zaman grafiği görülmektedir.



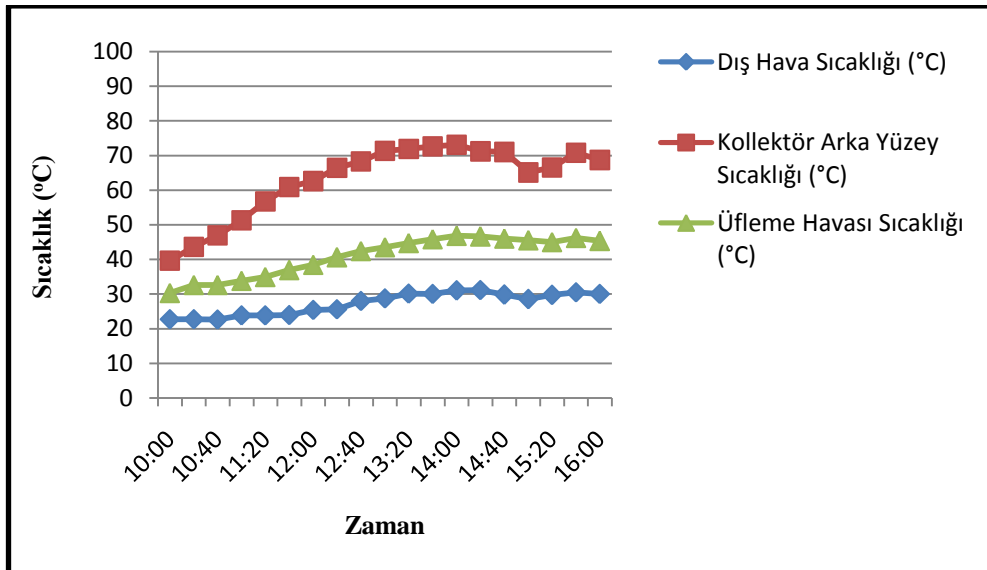
Şekil 4.6. 23.05.2014 tarihine ait sıcaklık - zaman grafiği.

Şekil 4.7’de 24.05.2014 tarihinde yapılan deneylere ait sıcaklık - zaman grafiği görülmektedir.



Şekil 4.7. 24.05.2014 tarihine ait sıcaklık - zaman grafiği.

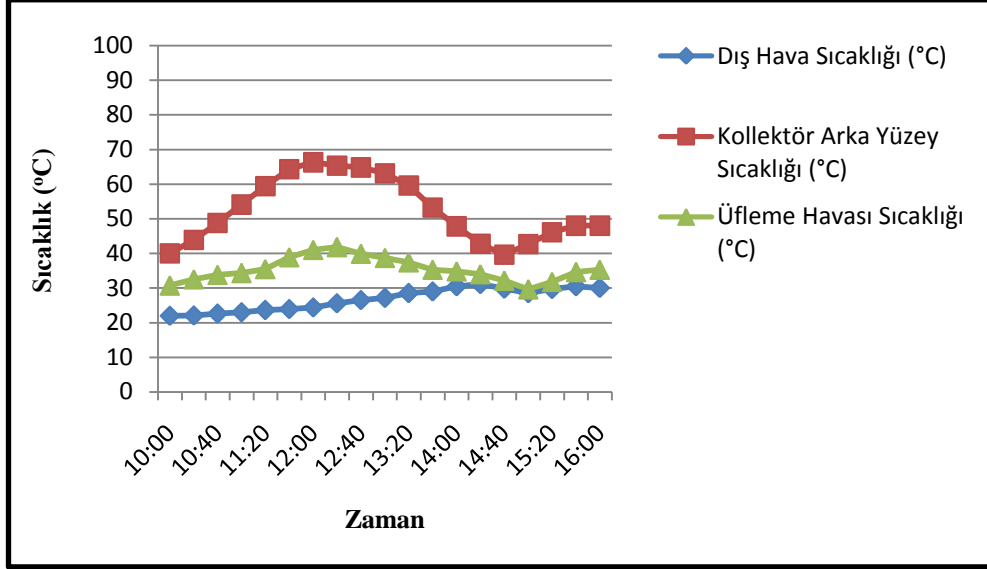
Şekil 4.8’de 25.05.2014 tarihinde yapılan deneylere ait sıcaklık-zaman grafiği görülmektedir.



Şekil 4.8. 25.05.2014 tarihine ait sıcaklık - zaman grafiği.

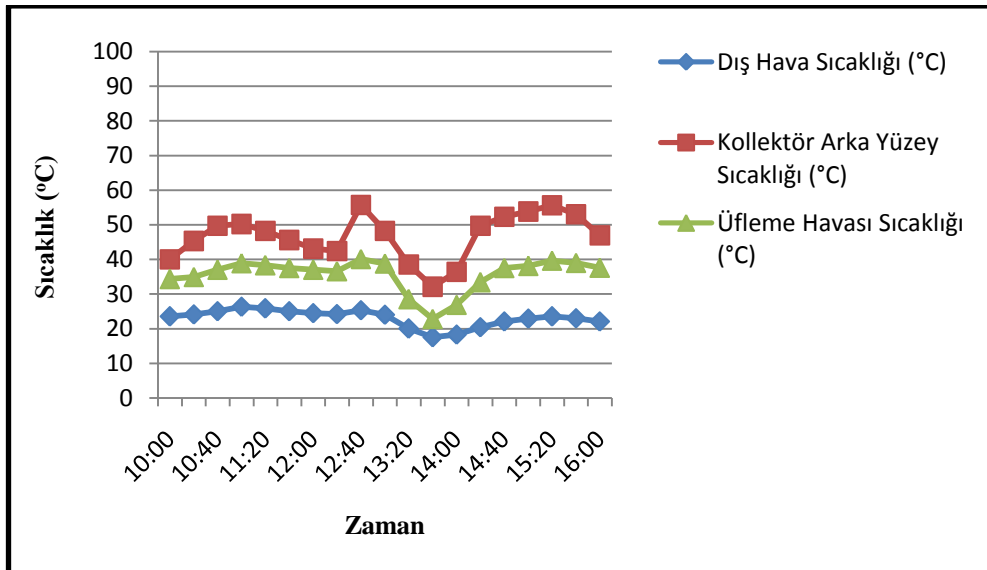


Şekil 4.9’da 26.05.2014 tarihinde yapılan deneylere ait sıcaklık - zaman grafiği görülmektedir.



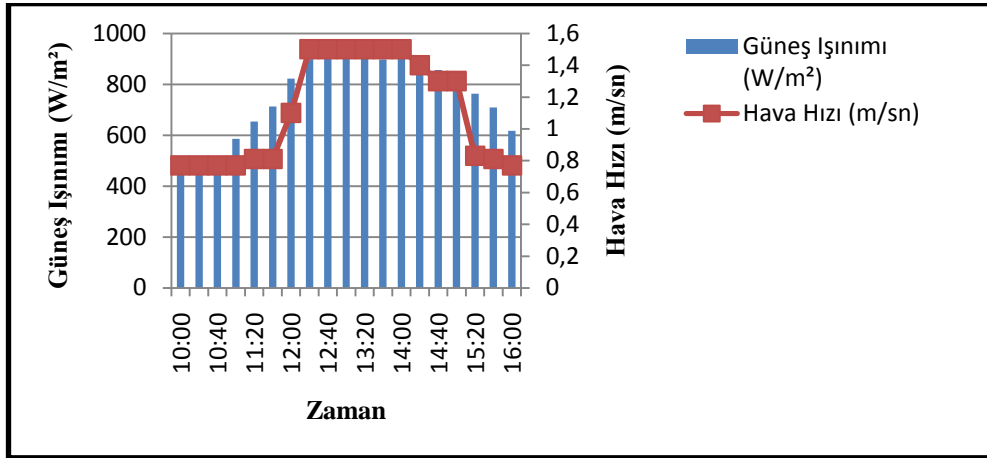
Şekil 4.9. 26.05.2014 tarihine ait sıcaklık - zaman grafiği.

Şekil 4.10’da 23.05.2014 tarihinde yapılan deneylere ait sıcaklık - zaman grafiği görülmektedir.



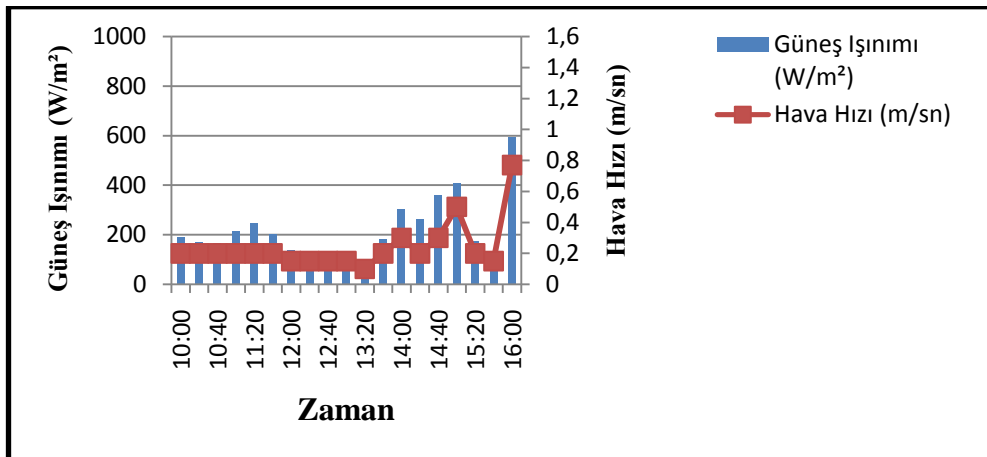
Şekil 4.10. 27.05.2014 tarihine ait sıcaklık - zaman grafiği.

Deneysel süresince ölçülen güneş ışınımı ile üfleme hava hızları aşağıdaki grafiklerde gösterilmektedir (Şekil 4.11, Şekil 4.12, Şekil 4.13, Şekil 4.14 Şekil 4.15, Şekil 4.16, Şekil 4.17, Şekil 4.18). Güneş panelleri ile destekli fanların debisi ve aynı zamanda havanın hızı güneş ışımına bağlı olarak artmıştır. Bu durum Şekil 4.11 - 4.18'de görülmektedir. Şekil 4.11'de 20.05.2014 tarine ait zamana bağlı güneş ışınımı - hava hızı grafiği görülmektedir.



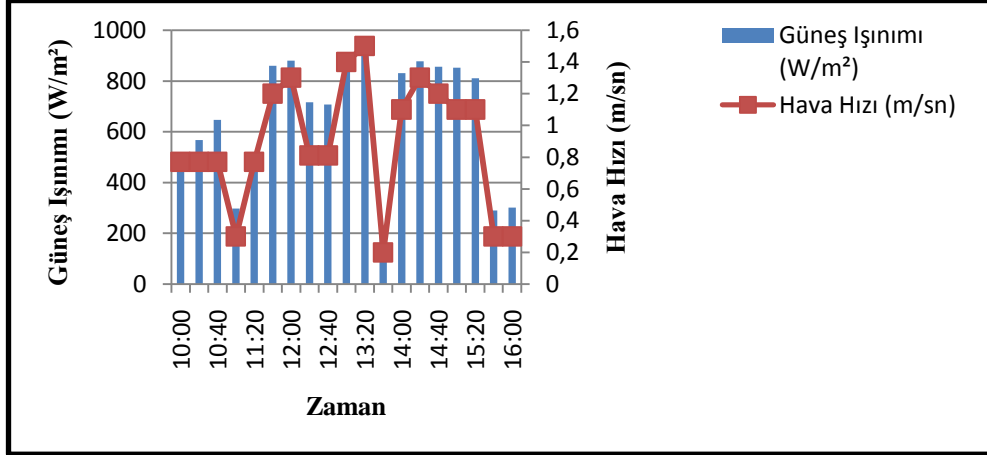
Şekil 4.11. 20.05.2014 tarine ait zamana bağlı güneş ışınımı - hava hızı grafiği.

Şekil 4.12'de 21.05.2014 tarine ait zamana bağlı güneş ışınımı - hava hızı grafiği görülmektedir.



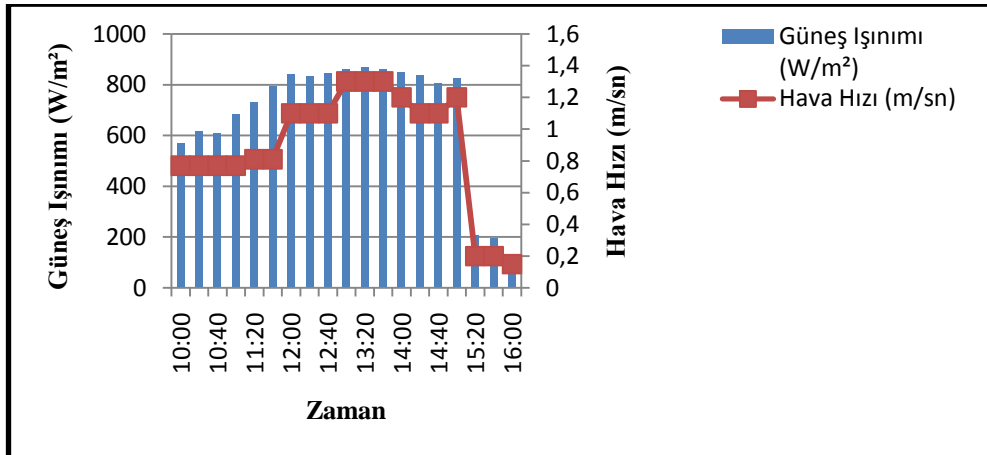
Şekil 4.12. 21.05.2014 tarine ait zamana bağlı güneş ışınımı - hava hızı grafiği.

Şekil 4.13'de 22.05.2014 tarine ait zamana bağlı güneş ışınımı - hava hızı grafiği görülmektedir.



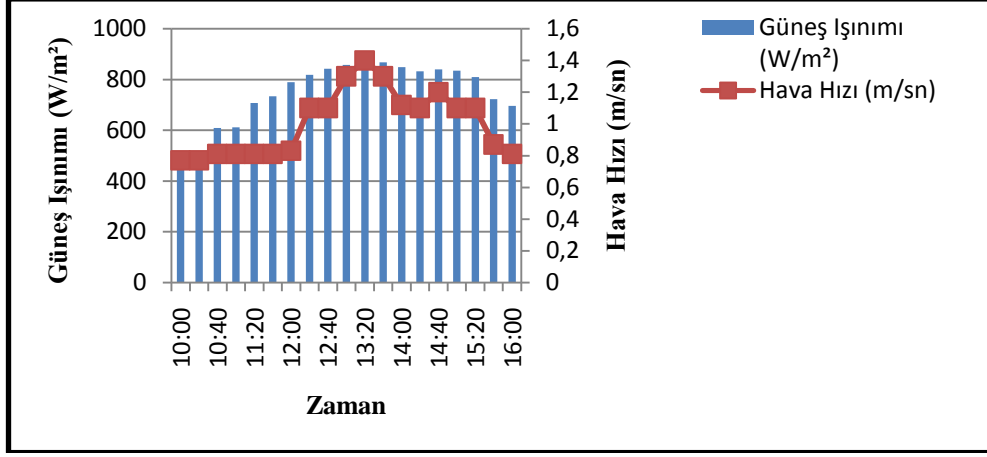
Şekil 4.13. 22.05.2014 tarine ait zamana bağlı güneş ışınımı - hava hızı grafiği.

Şekil 4.14'de 23.05.2014 tarine ait zamana bağlı güneş ışınımı - hava hızı grafiği görülmektedir.



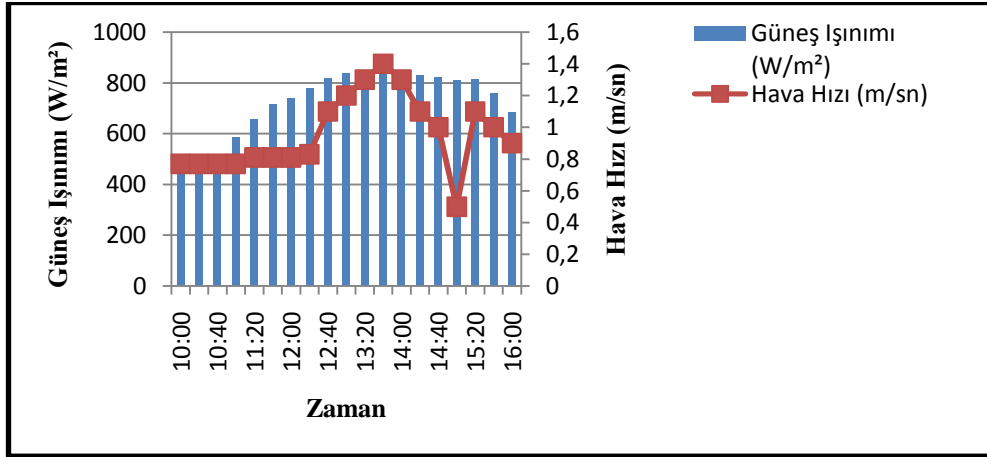
Şekil 4.14. 23.05.2014 tarine ait zamana bağlı güneş ışınımı - hava hızı grafiği.

Şekil 4.15'de 24.05.2014 tarine ait zamana bağlı güneş ışınımı - hava hızı grafiği görülmektedir.



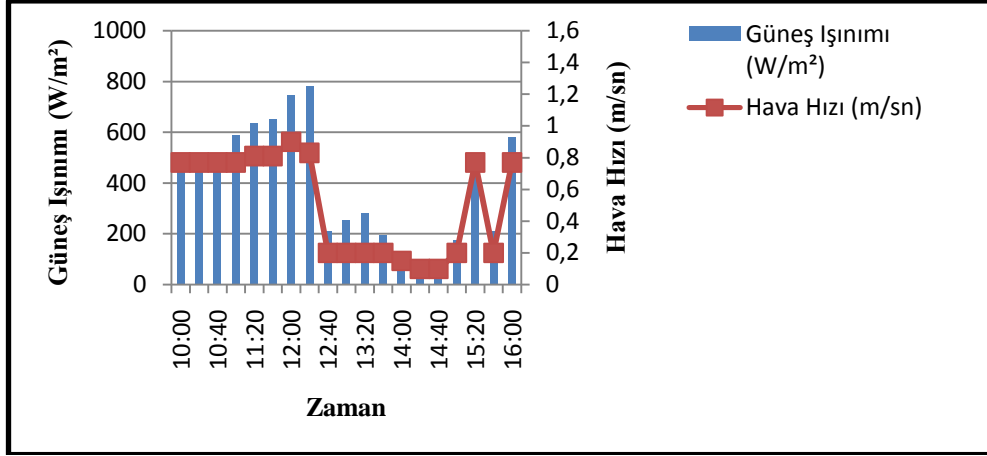
Şekil 4.15. 24.05.2014 tarine ait zamana bağlı güneş ışınımı - hava hızı grafiği.

Şekil 4.16'da 25.05.2014 tarine ait zamana bağlı güneş ışınımı - hava hızı grafiği görülmektedir.



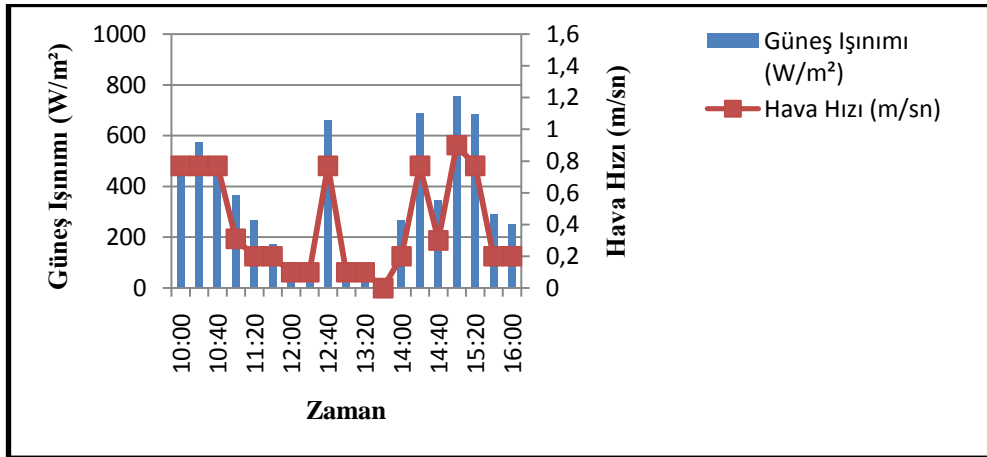
Şekil 4.16. 25.05.2014 tarine ait zamana bağlı güneş ışınımı - hava hızı grafiği.

Şekil 4.17'de 26.05.2014 tarine ait zamana bağlı güneş ışınımı - hava hızı grafiği görülmektedir.



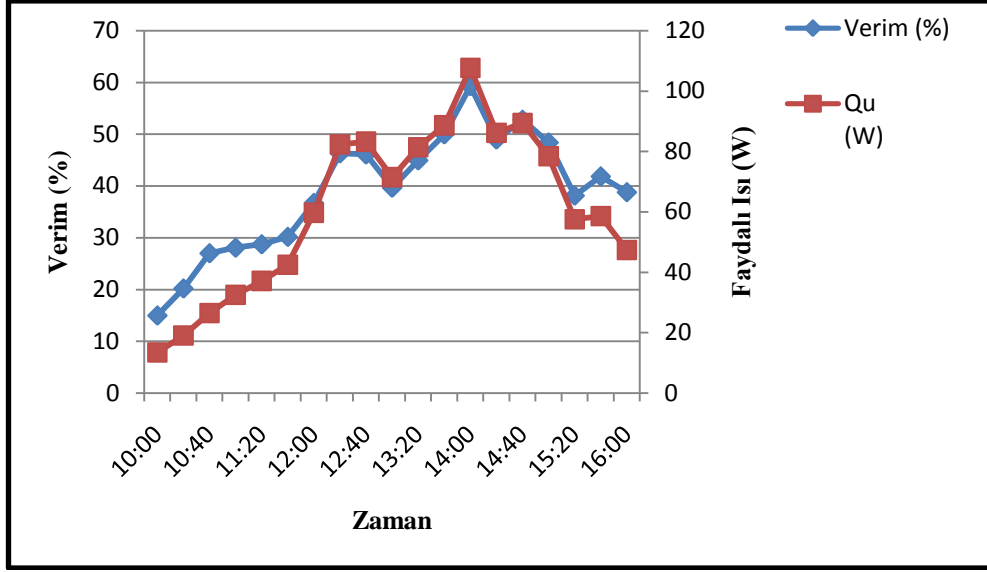
Şekil 4.17. 26.05.2014 tarine ait zamana bağlı güneş ışınımı - hava hızı grafiği.

Şekil 4.18'de 27.05.2014 tarine ait zamana bağlı güneş ışınımı - hava hızı grafiği görülmektedir.



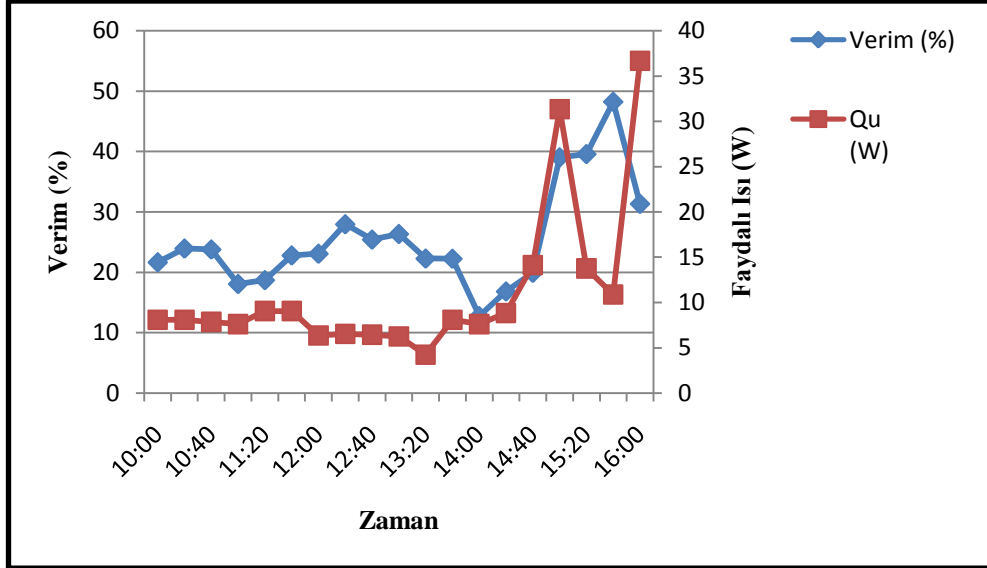
Şekil 4.18. 27.05.2014 tarine ait zamana bağlı güneş ışınımı - hava hızı grafiği.

Eşitlik 4.6'dan faydalanılarak Şekil 4.19 - 4.26'daki grafikler oluşturulmuştur. Grafikler incelendiğinde elde edilen faydalı ısıya bağlı olarak verimin arttığı görülmektedir. En yüksek kollektör verimi % 86,49 olarak bulunmuştur. Deneyler süresince elde edilen ortalama verim ise % 43,49 olarak hesaplanmıştır. Şekil 4.19'da 20.05.2014 tarine ait zamana bağlı faydalı ısı - verim grafiği görülmektedir.



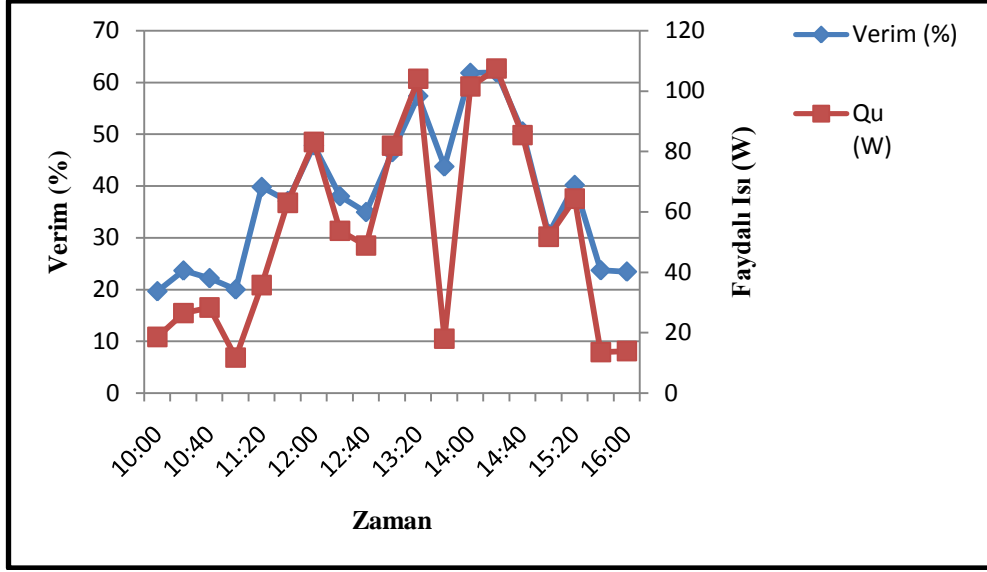
Şekil 4.19. 20.05.2014 tarihine ait zamana bağlı faydalı ısı - verim grafiği.

Şekil 4.20'de 21.05.2014 tarine ait zamana bağlı faydalı ısı - verim grafiği görülmektedir.



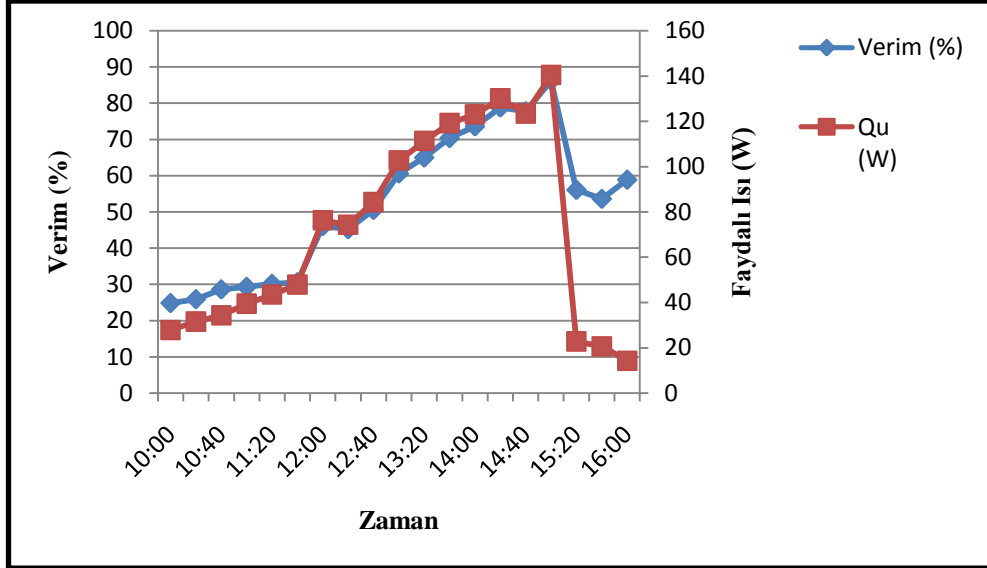
Şekil 4.20. 21.05.2014 tarihine ait zamana bağlı faydalı ısı - verim grafiği.

Şekil 4.21'de 22.05.2014 tarine ait zamana bağlı faydalı ısı - verim grafiği görülmektedir.



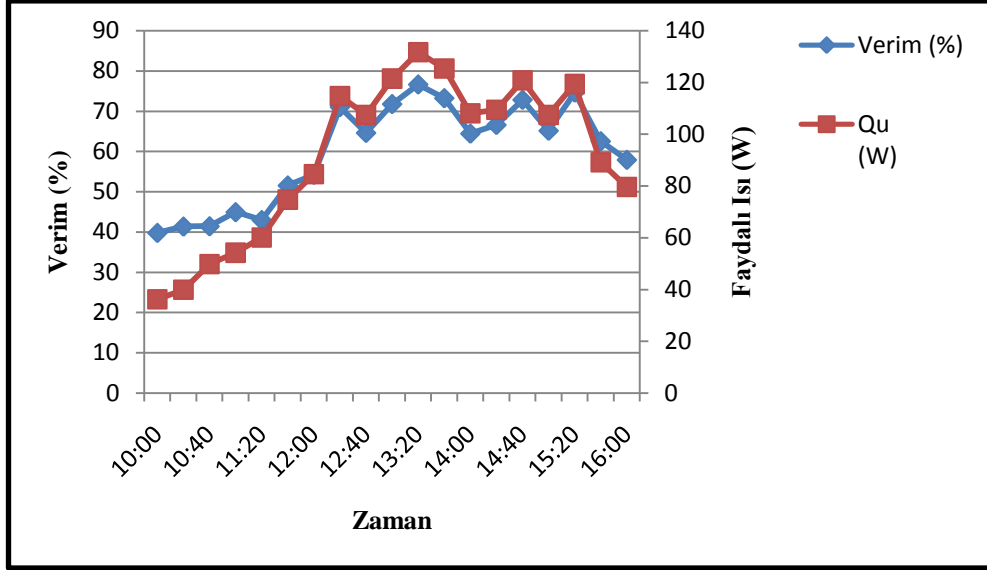
Şekil 4.21. 22.05.2014 tarihine ait zamana bağlı faydalı ısı - verim grafiği.

Şekil 4.22'de 23.05.2014 tarine ait zamana bağlı faydalı ısı - verim grafiği görülmektedir.



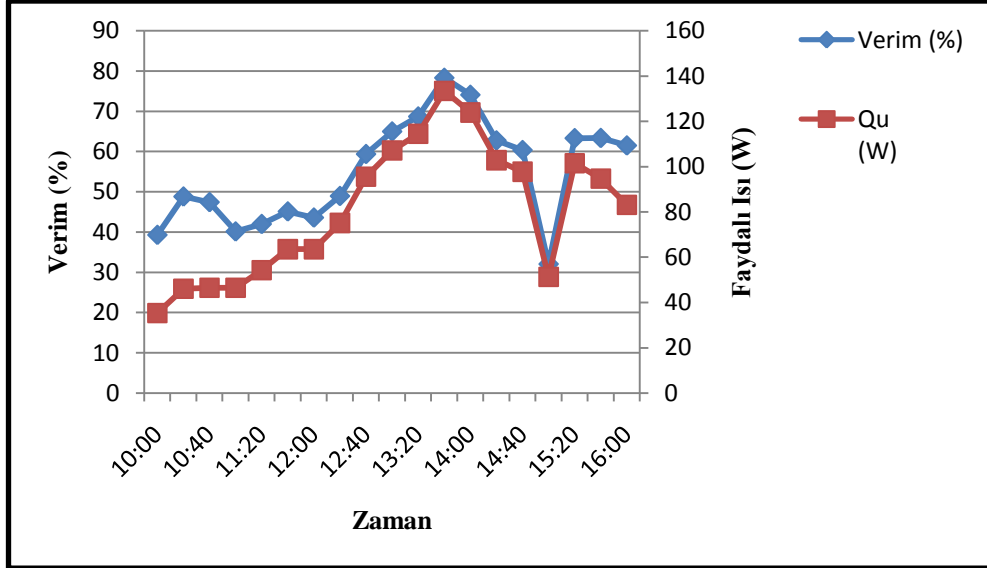
Şekil 4.22. 23.05.2014 tarihine ait zamana bağlı faydalı ısı - verim grafiği.

Şekil 4.23'de 24.05.2014 tarine ait zamana bağlı faydalı ısı - verim grafiği görülmektedir.



Şekil 4.23. 24.05.2014 tarihine ait zamana bağlı faydalı ısı - verim grafiği.

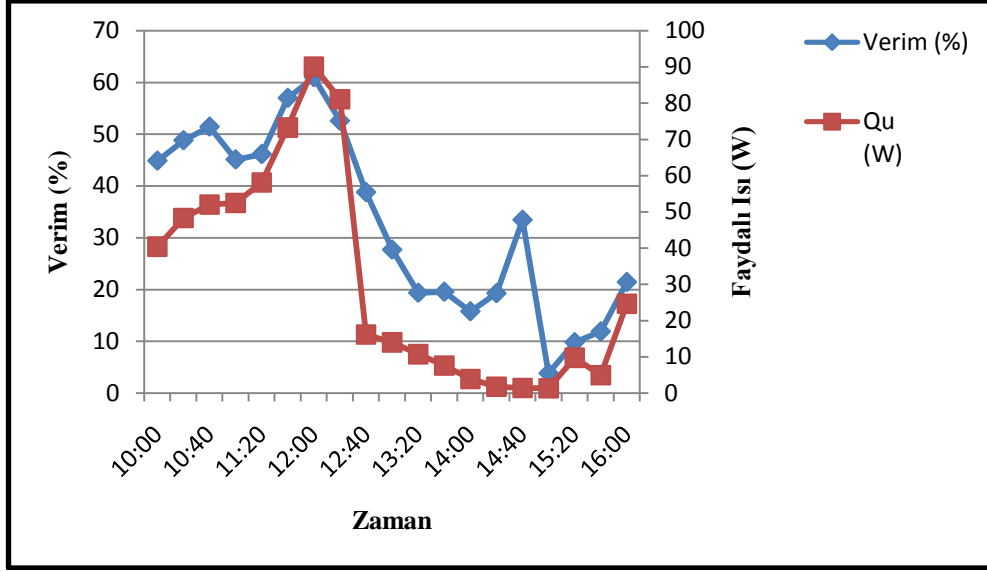
Şekil 4.24'te 25.05.2014 tarine ait zamana bağlı faydalı ısı - verim grafiği görülmektedir.



Şekil 4.24. 25.05.2014 tarihine ait zamana bağlı faydalı ısı - verim grafiği.

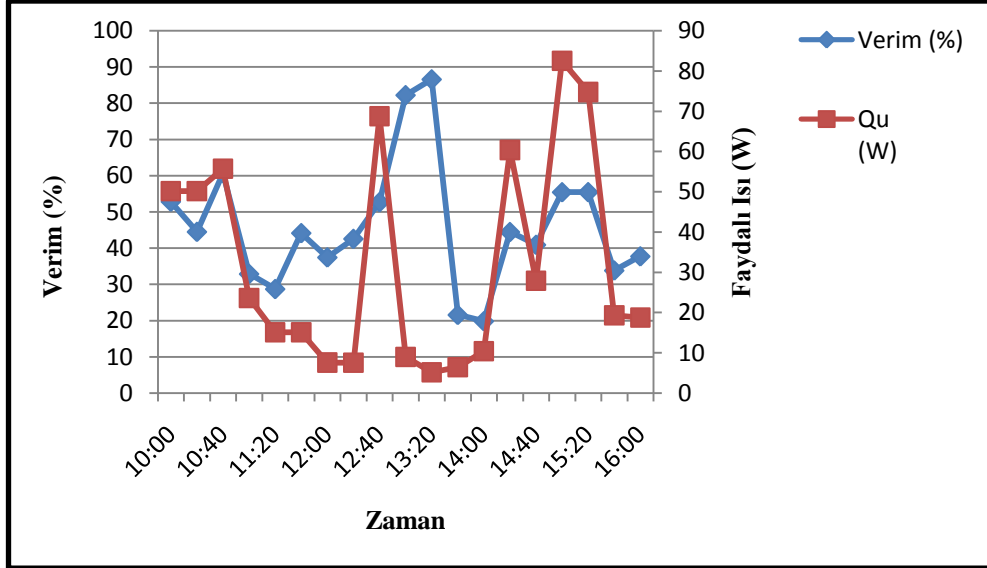
Şekil 4.25'de 26.05.2014 tarine ait zamana bağlı faydalı ısı - verim grafiği görülmektedir.





Şekil 4.25. 26.05.2014 tarihine ait zamana bağlı faydalı ısı - verim grafiği.

Şekil 4.26'da 27.05.2014 tarine ait zamana bağlı faydalı ısı - verim grafiği görülmektedir.



Şekil 4.26. 27.05.2014 tarihine ait zamana bağlı faydalı ısı - verim grafiği.

## BÖLÜM 5

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan bu tez çalışması sonrasında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Farklı günlerde yapılan deneyler sonucunda sistemdeki fanları çalıştıracak enerjinin aynı sistem üzerine yerleştirilen güneş panelleriyle karşılanabildiği görülmüştür.
- Yutucu plaka ile geçirgen örtü arasındaki havanın vakumlanması kollektörde güneş ışımına bağlı olarak meydana gelebilecek ani sıcaklık değişimlerini engellemiştir.
- Deneyler sonrasında ortalama dış hava sıcaklığı 24,3 °C olarak ölçülmüştür. Buna bağlı ortalama üfleme havası sıcaklığı 36,1 °C olarak bulunmuştur. Buradan sıcaklık farkı 11,8 °C olarak elde edilmiştir.
- Deneyler süresince elde edilen ortalama sistem verimi % 43 olarak bulunmuştur. Sistemden elde edilen ortalama faydalı ısı ise 52 W olarak hesaplanmıştır.

Elde edilen deneysel tecrübeler ışığında aşağıdakiler önerilebilir.

- Yutucu yüzey ile üfleme havası sıcaklığı arasında önemli sayılabilecek bir fark meydana gelmiştir. Bu durumun önlenmesi için yutucu yüzey arkasında havanın temas ettiği yüzeyin artırılması önerilir.
- Güneş panelinin geçirgenliği yüksek bir panel olarak seçilmesi önerilir. Bu durumda kollektör daha az gölgelenecektir.
- Sistemin hem emiş hem de üfleme kısmında çift fan kullanılması önerilir. Bu durumda kollektör ortalama yüzey sıcaklığı düşeceğinden sistemden elde edilen faydalı ısı da artacaktır.

## KAYNAKLAR

1. Kılıç, A. ve Öztürk, A., “Güneş ışınımı ve düz toplayıcılar”, *Segem*, Ankara (1984).
2. Özkaya, S. Y., “Yenilenebilir enerji kaynakları”, *Uluslar Arası Ekonomik Sorunlar – T.C. Dışişleri Bakanlığı*, Ankara, 14: 15-21 (2004).
3. Anderson, B., “Solar Energy: Fundamental in Building Design”, *McGraw Hill*, New York (1977).
4. Ersoy, N., “Pasif ve aktif güneş sistemleri”, *Biltek*, Ankara, 34: 6-8 (2011).
5. Olgun, H. ve Ayhan, T., “Güneş enerjisi yardımıyla fındık kurutulması”, *12. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi*, ULIBTK’99: 35-39, Sakarya (2000).
6. Can, A., ve Eryener, D., “Güneş enerjisi ile ısıtılmış hava yardımıyla kabak çekirdeği kurutulmasının teorik ve deneysel araştırılması”, *12. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi*, ULIBTK’99: 29-34, Sakarya (2000).
7. Hegazy, A. A., “Thermohydraulic performance of air heating solar collectors with variable width, flat absorber plates”, *Energy Conversion and Management*, 41: 1361-1378 (2000).
8. Bari, S., “Optimum slope angle and orientation of solar collectors for different periods of possible utilization”, *Energy Conversion and Management*, 41: 855-860 (2000).
9. Yıldız, O., Ertekin, C. and Uzun, H., “Mathematical modeling of thin layer solar drying of sultana grapes”, *Energy*, 26: 457-465 (2001).
10. İnallı, M., Uçar, A., ve Tanyıldızı, V., “Çift geçişli hava ısıtmalı güneş kollektörlerinde yutucu yüzey konumunun ısı verime etkisi”, *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 13 (1): 421-426, Elazığ (2001).
11. Durmuş, A., ve Kurtbaş, İ., “Yeni tasarlanan havalı kollektör yardımı ile Elazığ yöresi kayısılarının kurutulmasında kayısı yüzey sıcaklığının tespiti”, *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 21 (1): 9-17, Elazığ (2001).
12. Momin, E. A., Saini, J. S., and Solanki, S. C., “Heat transfer and friction in solar air heater duct with V-shaped rib roughness on absorber plate”, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 45: 3383-3396 (2002).

13. Toğrul, İ. T., ve Pehlivan, D., “Konik yoğunlaştırmalı bir güneş enerjili hava ısıtıcının verimine farklı absorber yüzey kullanımının etkisi”, *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 22 (2): 47-53 (2002).
14. Yeh, H.-M., Ho, C.-D., and Hou, J.-Z., “Collector efficiency of double-flow solar air heaters with fins attached”, *Energy*, 27: 715-727 (2002).
15. Fidan, F., “Yeni bir havalı güneş kollektörü yardımıyla Diyarbakır yöresi karpuz çekirdeklerinin kurutulması”, Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ (2003).
16. Naphon, P., and Kongtragool, B., “Theoretical study on heat transfer characteristics and performance of the flat-plate solar air heaters”, *Int. Comm. Heat and Mass Transfer*, 30: 1125-1136 (2003).
17. Abu-Hamdeh, H. N., “Simulation study of solar air heater”, *Solar Energy*, 74: 309-317 (2003).
18. Ammari, H. D., “A mathematical model of thermal performance of a solar air heater with slats”, *Renewable Energy*, 28: 1597-1615 (2003).
19. Kırbaş, İ., “Havalı güneş kollektörünün performansının deneysel olarak incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (2006).
20. Bekar, D., “Ekolojik Mimarlıkta aktif enerji sistemlerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (2007).
21. Kılıç, A., ve Öztürk, A., “Güneş Enerjisi”, *Kipař Dağıtımçılık*, İstanbul (1983).
22. İnternet: Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, “Yenilenebilir Enerji”, <http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/gunes.aspx> (2014).
23. Sen, Z., “Türkiye’nin temiz enerji imkânları”, *Mimar ve Mühendis Dergisi*, 33: 6-12 (2004).
24. Türkiye Çevre Vakfı, “Türkiye’nin Çevre Sorunları 2003”, *Türkiye Çevre Vakfı*, Ankara (2003).
25. Çiçek, N., “Güneş kaynaklı düşük sıcaklık uygulama sistemlerinin irdelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta (1996).
26. Atagündüz, G., “Güneş Enerjisinin Temelleri ve Uygulamaları”, *Ege Üniversitesi Yayınları*, İzmir (1987).
27. Kılıç, A., “Güneş Enerjisi”, *E.İ.E. Bülteni*, Ankara (1981).

28. Yüksek, İ. ve Esin, T., “Yenilenebilir Enerji kaynaklarının yapılarda kullanım olanakları”, *5. Uluslar Arası İleri Teknolojiler Sempozyumu*, Karabük (2009).
29. Moral, U. E., “Güneş pillerinin yapı kabuk elemanları ile bütünleşmelerine yönelik bir araştırma”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (2006).
30. Çelebi, G., “Bina düşey kabuğunda fotovoltaik panellerin kullanım ilkeleri”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 17 (3): 20-24 (2002).
31. Eke, R., ve Oktik, Ş., “Güneş-elektrik dönüşümleri ve fotovoltaik güç sistemleri”, *Enerji Kaynakları Sempozyumu*, Çanakkale, 136-143 (2000).
32. Turgut, O., “Güneş enerjisinden aktif olarak yararlanan dikey jaluzili pencere tasarımı ve deneysel olarak incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara (1995).

**EK AÇIKLAMALAR A.**

**SİSTEME AİT İMALAT RESİMLERİ**



Şekil EK A.1. Yutucu plaka.



Şekil EK A.2. Yutucu plaka ile geçirgen örtü arasındaki havanın vakumlanması.



Şekil EK A.3. Kollektör kasası.

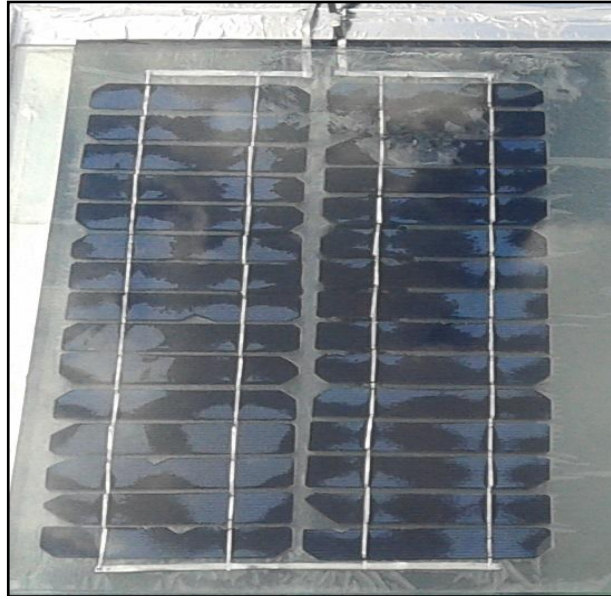


Şekil EK A.4. Kollektör girişine yerleştirilen fan.





Şekil EK A.5. Kollektör çıkışına yerleştirilen fanlar



Şekil EK A.6. Fanlar için gerekli enerjiyi üreten güneş panelleri.

**EK AÇIKLAMALAR B.**

**GÜNLÜK DENEY SONUÇLARI**

Çizelge EK B.1. 20.05.2014 tarihinde yapılan ölçümler ve verimleri.

Saat	Dış Hava Sıcaklığı (°C)	Kollektör Arka Yüzey Sıcaklığı (°C)	Üfleme Havası Sıcaklığı (°C)	Güneş Işınımı (W/m <sup>2</sup> )	Hava Hızı (m/sn)	Verim (%)
10:00	18,9	34,3	21,8	455	0,77	14,98
10:20	19,3	38,1	23,4	477	0,77	20,20
10:40	20,2	44,8	25,9	496	0,77	27,01
11:00	20,8	52,3	27,8	586	0,77	28,08
11:20	21,8	59,1	29,4	654	0,81	28,73
11:40	23,2	66,7	31,9	713	0,81	30,17
12:00	23,9	70,4	32,9	823	1,1	36,72
12:20	24	73,7	33,1	900	1,5	46,30
12:40	26,6	71,2	35,8	914	1,5	46,09
13:00	27,1	71,1	35	912	1,5	39,66
13:20	27,2	70,9	36,2	917	1,5	44,94
13:40	27,4	75,1	37,2	898	1,5	49,97
14:00	26,2	76,1	38,1	919	1,5	59,29
14:20	30,3	76,6	40,5	890	1,4	48,98
14:40	29,4	77,6	40,8	857	1,3	52,79
15:00	28,6	77,7	38,6	820	1,3	48,39
15:20	28,2	76,6	39,7	764	0,83	38,14
15:40	28	76,1	40	709	0,81	41,85
16:00	27,4	72,2	37,6	618	0,77	38,79

Çizelge EK B.2. 21.05.2014 tarihinde yapılan ölçümler ve verimleri.

Saat	Dış Hava Sıcaklığı (°C)	Kollektör Arka Yüzey Sıcaklığı (°C)	Üfleme Hava Sıcaklığı (°C)	Güneş Işınımı (W/m <sup>2</sup> )	Hava Hızı (m/sn)	Verim (%)
10:00	19,1	27,5	25,8	189	0,2	21,64
10:20	19,4	28,1	26,1	171	0,2	23,92
10:40	20	31,1	26,5	167	0,2	23,76
11:00	20,6	32	26,9	213	0,2	18,06
11:20	21	34,4	28,5	245	0,2	18,69
11:40	21,7	36,6	29,2	201	0,2	22,78
12:00	21,2	37,1	28,2	139	0,15	23,06
12:20	21,5	36,3	28,7	118	0,15	27,94
12:40	21,7	36,1	28,8	128	0,15	25,40
13:00	22,3	36,3	29,2	120	0,15	26,33
13:20	21,4	35,7	28,4	96	0,1	22,26
13:40	22,1	35,3	28,8	184	0,2	22,23
14:00	23,4	41,5	27,6	302	0,3	12,74
14:20	22,4	44,9	29,7	265	0,2	16,82
14:40	23,2	49,1	31	359	0,3	19,90
15:00	22,2	56,9	32,6	407	0,5	39,00
15:20	23,2	54,1	34,6	176	0,2	39,54
15:40	23	50,4	35	114	0,15	48,20
16:00	25,8	50	33,7	593	0,77	31,31

Çizelge EK B.3. 22.05.2014 tarihinde yapılan ölçümler ve verimleri.

Saat	Dış Hava Sıcaklığı (°C)	Kollektör Arka Yüzey Sıcaklığı (°C)	Üfleme Hava Sıcaklığı (°C)	Güneş Işınımı (W/m <sup>2</sup> )	Hava Hızı (m/sn)	Verim (%)
10:00	19,7	34,9	23,7	479	0,77	19,63
10:20	23,2	48,4	28,9	567	0,77	23,63
10:40	25,1	59,4	31,2	647	0,77	22,16
11:00	23,4	60,7	29,9	298	0,3	19,97
11:20	24,1	64,3	31,8	455	0,77	39,78
11:40	23,4	73,5	32,1	860	1,1	33,97
12:00	23,8	80,1	34,4	880	1,3	47,80
12:20	23,8	83,4	34,8	716	0,81	37,99
12:40	23,8	83,1	33,8	708	0,81	34,92
13:00	25,4	86,2	35,1	892	1,4	46,47
13:20	24,2	88,7	35,7	918	1,5	57,36
13:40	25,1	86,6	40	208	0,2	43,73
14:00	23,9	89,9	39,2	831	1,1	61,82
14:20	24,9	91,9	38,6	878	1,1	52,39
14:40	25,8	89,9	37,6	856	1,1	46,29
15:00	26,7	86,5	34,5	853	1,1	30,70
15:20	24,4	83,4	34,1	811	1,1	40,16
15:40	26,3	83,5	33,8	290	0,3	23,68
16:00	25,3	75,6	33	301	0,3	23,43

Çizelge EK B.4. 23.05.2014 tarihinde yapılan ölçümler ve verimleri.

Saat	Dış Hava Sıcaklığı (°C)	Kollektör Arka Yüzey Sıcaklığı (°C)	Üfleme Hava Sıcaklığı (°C)	Güneş Işınımı (W/m <sup>2</sup> )	Hava Hızı (m/sn)	Verim (%)
10:00	23,6	45,2	29,6	569	0,77	24,79
10:20	23,6	54,1	30,4	618	0,77	25,86
10:40	23,5	60	30,9	609	0,77	28,56
11:00	22,9	67,1	31,4	683	0,77	29,25
11:20	23,1	71,5	32	731	0,81	30,10
11:40	25	80,2	34,8	794	0,81	30,52
12:00	25,3	83,1	36,8	839	1,1	46,02
12:20	26,2	88	37,4	833	1,1	45,15
12:40	26,8	88,7	39,5	845	1,1	50,47
13:00	27,1	90,1	40,2	859	1,1	51,21
13:20	27,6	91,8	41,8	868	1,3	64,92
13:40	26,4	96,4	41,6	858	1,3	70,30
14:00	26	93,7	43	847	1,1	67,39
14:20	27	93	46,6	836	1,1	78,72
14:40	27,4	88,4	46	804	1,1	77,68
15:00	26,9	78,9	46,3	825	1,1	78,96
15:20	24,9	65,2	43,8	206	0,2	56,01
15:40	24,6	57,6	41,7	195	0,2	53,54
16:00	23,8	53,2	39,6	123	0,15	58,82

Çizelge EK B.5. 24.05.2014 tarihinde yapılan ölçümler ve verimleri.

Saat	Dış Hava Sıcaklığı (°C)	Kollektör Arka Yüzey Sıcaklığı (°C)	Üfleme Havası Sıcaklığı (°C)	Güneş Işınımı (W/m <sup>2</sup> )	Hava Hızı (m/sn)	Verim (%)
10:00	21	39,2	28,8	461	0,77	39,77
10:20	21,5	45,3	30,1	489	0,77	41,34
10:40	21,8	48,8	32	609	0,81	41,41
11:00	22,6	52,4	33,7	611	0,81	44,92
11:20	23,6	62,3	35,9	708	0,81	42,96
11:40	23,9	64,9	39,2	734	0,81	51,54
12:00	25,4	65	42,3	790	0,83	54,20
12:20	25,6	65,8	42,9	818	1,1	71,01
12:40	27,6	66,6	43,8	842	1,15	67,54
13:00	28,7	66,8	44,2	857	1,3	71,77
13:20	29,2	67,5	44,8	870	1,35	73,89
13:40	30	68,4	46	867	1,35	76,05
14:00	31	67,5	47	849	1,15	66,16
14:20	31,2	67,8	47,7	832	1,1	66,59
14:40	31,5	68	48,2	840	1,15	69,79
15:00	32,2	69,5	48,4	835	1,1	65,15
15:20	29,8	71	47,8	810	1,1	74,62
15:40	29,5	70,2	46,5	722	0,87	62,53
16:00	28,9	69,5	45,2	696	0,81	57,91

Çizelge EK B.6. 25.05.2014 tarihinde yapılan ölçümler ve verimleri.

Saat	Dış Hava Sıcaklığı (°C)	Kollektör Arka Yüzey Sıcaklığı (°C)	Üfleme Hava Sıcaklığı (°C)	Güneş Işınımı (W/m <sup>2</sup> )	Hava Hızı (m/sn)	Verim (%)
10:00	22,7	39,6	30,3	455	0,77	39,26
10:20	22,7	43,6	32,6	477	0,77	48,78
10:40	22,6	46,9	32,6	496	0,77	47,39
11:00	23,8	51,3	33,8	586	0,77	40,11
11:20	23,8	56,7	34,9	654	0,81	41,97
11:40	23,9	60,9	36,9	713	0,81	45,08
12:00	25,4	62,6	38,4	738	0,81	43,55
12:20	25,6	66,4	40,6	777	0,83	48,91
12:40	28	68,3	42,4	815	1,1	59,33
13:00	28,7	71,3	43,5	835	1,1	59,52
13:20	30,1	71,9	44,7	844	1,1	58,09
13:40	30	72,6	45,8	863	1,3	72,65
14:00	31	73,1	46,8	847	1,1	62,64
14:20	31,1	71,2	46,6	830	1,1	62,71
14:40	29,8	71	46	820	0,5	30,15
15:00	28,5	65,1	45,5	810	0,5	32,03
15:20	29,7	66,5	45	812	1,1	63,27
15:40	30,5	70,8	46,2	757	1	63,31
16:00	30	68,7	45,3	684	0,9	61,45



Çizelge EK B.7. 26.05.2014 tarihinde yapılan ölçümler ve verimleri.

Saat	Dış Hava Sıcaklığı (°C)	Kollektör Arka Yüzey Sıcaklığı (°C)	Üfleme Hava Sıcaklığı (°C)	Güneş Işınımı (W/m <sup>2</sup> )	Hava Hızı (m/sn)	Verim (%)
10:00	22	40	30,7	456	0,77	44,84
10:20	22,1	43,9	32,5	501	0,77	48,79
10:40	22,6	48,8	33,8	512	0,77	51,42
11:00	23	54,1	34,3	589	0,77	45,09
11:20	23,6	59,4	35,5	638	0,81	46,12
11:40	23,9	64,3	38,9	651	0,81	56,97
12:00	24,4	66,3	41	748	0,81	54,87
12:20	25,6	65,3	41,8	781	0,83	52,55
12:40	26,5	64,8	39,9	211	0,2	38,77
13:00	27,1	63,1	38,7	256	0,2	27,66
13:20	28,5	59,6	37,4	281	0,2	19,34
13:40	29	53,2	35,3	197	0,2	19,52
14:00	30,5	47,8	34,8	125	0,15	15,75
14:20	31,1	42,8	34	46	0,1	19,24
14:40	29,8	39,6	32,1	21	0,1	33,43
15:00	28,5	42,7	29,6	177	0,2	3,79
15:20	29,7	46,1	31,8	505	0,77	9,77
15:40	30,5	48	34,6	211	0,2	11,86
16:00	30	48	35,3	582	0,77	21,40

Çizelge EK B.8. 27.05.2014 tarihinde yapılan ölçümler ve verimleri.

Saat	Dış Hava Sıcaklığı (°C)	Kollektör Arka Yüzey Sıcaklığı (°C)	Üfleme Havası Sıcaklığı (°C)	Güneş Işınımı (W/m <sup>2</sup> )	Hava Hızı (m/sn)	Verim (%)
10:00	23,5	40	34,3	481	0,77	52,78
10:20	24,1	45,3	34,9	571	0,77	44,46
10:40	25	49,7	37	465	0,77	60,66
11:00	26,3	50,2	38,9	363	0,31	32,85
11:20	25,8	48,2	38,3	266	0,2	28,69
11:40	25	45,6	37,5	173	0,2	44,11
12:00	24,5	43,1	37	102	0,1	37,41
12:20	24,2	42,4	36,6	89	0,1	42,53
12:40	25,3	55,7	40,1	661	0,77	52,63
13:00	24	48,2	38,8	55	0,1	82,14
13:20	20	38,5	28,5	30	0,1	86,49
13:40	17,5	32,1	22,8	10	0	0,00
14:00	18,3	36,4	26,9	265	0,2	19,81
14:20	20,4	49,7	33,4	688	0,77	44,41
14:40	22,1	52,3	37,5	345	0,3	40,88
15:00	22,9	53,8	38,1	754	0,83	51,08
15:20	23,5	55,6	39,6	683	0,77	55,41
15:40	23	53	39	289	0,2	33,80
16:00	22,1	46,9	37,6	251	0,2	37,70

## **ÖZGEÇMİŞ**

Mahmut DOĞAN 1988 yılında Kayseri’de doğdu. İlk ve orta öğretimini aynı şehirde tamamlayarak 2008 yılında Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Tesisat Öğretmenliği Bölümü’nde öğrenime başlayıp 2012 yılında mezun oldu. Aynı yıl Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda başlamış olduğu yüksek lisans eğitimine halen devam etmektedir.

### **ADRES BİLGİLERİ**

Adres : Beyazşehir Mah. 835. Sk. No:13/15  
Kocasinan / KAYSERİ  
Tel : (542) 378 2582  
E-posta : mdogan1864@gmail.com