



T.C.

**BATMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI TASARIMLARA SAHİP HAVA
AKIŞKANLI GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİNİN
DENEYSEL ANALİZİ**

ABDULLAH ER

YÜKSEK LİSANS

**YENİLENEBİLİR ENERJİ SİSTEMLERİ
ANABİLİM DALI**

**Haziran-2021
BATMAN
Her Hakkı Saklıdır**

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Abdullah ER

03/06/2021

ÖZET

Günümüzde enerji elde etmek için çok farklı çalışmalar yapılmaktadır. Yapılan bu çalışmalar genelde yenilenebilir enerji kaynakları üzerinde olmaktadır. Çünkü yenilenebilir enerji kaynakları hem çevreye zarar vermez hem de sürekli enerji kaynağıdır. Yenilenebilir enerji kaynakları: Rüzgâr enerjisi, Jeotermal enerji, Güneş Enerjisi vb. şeklinde sıralanabilir. Bu kaynaklardan elde edilen enerjinin doğa üzerinde olumsuz bir etkisi yoktur. Bundan dolayı petrol türevli yakıtların atmosfere vermiş olduğu tahribat yenilenebilir enerji sayesinde önlenmiş olacaktır. Bu çalışmada içyapısı farklı şekilde tasarlanan üç farklı havalı güneş kolektörünün kıyaslanması 41° açıda ve 3m/s ile 6,5m/s hava hızında çalıştırılarak deneyler yapılmıştır. Birinci kolektör herhangi bir işlem yapılmamış olup düz plaka sacdan oluşan geleneksel bir havalı güneş kolektörü tipidir. İkinci kolektörde havanın ısı transferini artırmak için atık kola kutuları seri bir şekilde tasarlanarak yerleştirilmiştir. Üçüncü kolektör ise atık kutuların paralel bir şekilde tasarlanmasıyla oluşturulmuştur. Kola kutularından imal edilen kolektörlerimizin ısıyı daha iyi emmesi için siyah mat boya ile boyanmıştır. Boruların altına monte edilen yalıtım malzemesi ise kendisinden yansıyacak olan ışınları borulara vereceği düşünülerek parlak bırakılmıştır, bu sayede birim yüzeye gelecek güneş ışınının daha fazla olacağı düşünülmüştür.

Yapılan deneyler sonucunda düz yüzeyli havalı güneş kolektöründe 6,5m/s kütleli debide en yüksek sıcaklık 88°C olarak elde edilirken, kola kutularından tasarlanan seri bağlantılı havalı güneş kolektörünün en yüksek sıcaklığı 101°C, paralel bağlantılı havalı güneş kolektöründe ise en yüksek sıcaklık 97°C olarak tespit edilmiştir. 20 Ağustos 2021 tarihinde 3m/s kütleli debide düz yüzeyli kolektörde sıcaklık 101°C olarak ölçülmüş, seri kolektörde elde edilen en yüksek sıcaklık 101°C olarak ölçüldü. Paralel bağlantılı kolektörde ise sıcaklık 110°C olarak ölçüldüğü görüldü. 15 Ağustos 2021 tarihinde 6,5m/s kütleli debide yapılan ölçümlerde giriş ve çıkış sıcaklık farklarına bakıldığında ise saat 09:00'da alınan verilerde, düz kolektörde sıcaklık farkının 23°C, paralel kolektörde 33°C ve seri kolektörde sıcaklık farkının 35°C olduğu görüldü. Düz kolektörde maksimum sıcaklık farkının saat 12:20'de 30°C olduğu, paralel kolektörde maksimum sıcaklık farkı saat 12:00'da 56°C olduğu ve seri kolektörde ise maksimum sıcaklık farkı 11:40'da 56°C olduğu görüldü. Saat 16:00'da ise düz kolektörde sıcaklık farkının 27°C, paralel kolektörde 19°C ve seri kolektörde sıcaklık farkının 37°C olduğu gözlemlendi. 20 Ağustos 2021 tarihinde 3m/s hızda yapılan ölçümlerde ise saat 09:00'da yapılan ölçümlerde düz kolektörde sıcaklık farkı 33°C, seri kolektörde sıcaklık farkı 35°C paralel kolektörde oluşan sıcaklık farkı ise 33°C olarak ölçüldü. Düz kolektörde maksimum farkı saat 12:40'da olduğu, paralel kolektörde maksimum sıcaklık farkı saat 11:20'de 68°C olduğu ve seri kolektörde ise maksimum farkın 11:00'da 59°C olduğu görüldü. Saat 16:00'da ise düz kolektörde sıcaklık farkının 33°C, paralel kolektörde 50°C ve seri kolektörde sıcaklık farkının 35°C olduğu gözlemlendi. Elde edilen sonuçlara göre sistem 6,5m/s hızda çalıştırıldığında seri kolektör daha iyi sonuçlar verirken, 3m/s hızda çalıştırıldığında paralel kolektörün daha iyi sonuçlar verdiği görüldü. Yapılan hesaplamalar sonucunda ise 6,5m/s hızda en iyi verimi seri kolektör verirken, 3m/s hızda ise en iyi verimi paralel kolektör vermiştir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Kolektör, Enerji, Kola kutusu, Güneş, Verim, Sıcaklık

ABSTRACT

Nowadays, a lot of different operations are being made to produce energy. These operations are generally performed on renewable energy resources. Because renewable energy sources don't harm the nature and they are everlasting resources. Renewable energy sources can be listed as wind energy, geothermal energy and solar energy etc. The energy produced from these resources has no negative impact on nature. So, the hazard of petroleum-derived sources on atmosphere will be avoided thanks to the use renewable energy sources. In this study, the comparison of three different solar collectors that has different internal structure is made by operating them at 3m/s and 6.5m/s air velocity at 41° degree Celsius. The first collector wasn't touched in anyway and it consisted of a flat sheet metal, which is a conventional solar air collector. The second collector was placed by connecting coke cans in series in order to increase heat transfer of the air. The third collector was designed parallelly with waste cans and placed. Our coke can manufactured solar collectors was painted with matte black paint in order to absorb the heat better. Also, the insulating material mounted under the pipes were left polished in thinking they would reflect sunlight to the pipes and more of the pipe surface would benefit from sunlight.

After experimenting on the solar collectors; At 6,5m/s air velocity for flat surfaced solar air collector the highest acquired temperature was 88°Celsius. For serially connected solar air collector manufactured with coke cans the highest acquired temperature was 101°Celsius and for parallelly connected solar air collector the highest acquired temperature was 97°Celsius. On August 20 at 3m/s air velocity the highest temperature in flat surfaced solar collector was 101°Celsius, the highest temperature in serially connected solar collector was also 101°Celsius and the highest temperature in parallelly connected solar collector was 110°Celsius. When we look at the input and output heat measurements performed at 6,5 m/s air velocity on 20 August 2021, the measurements taken at 9:00 a.m. the heat difference for the flat surfaced collector was 23°Celsius, for parallelly connected solar connector was 33°Celsius and for serially connected solar collector was 35°Celsius. It is observed that the maximum difference in flat surfaced solar collector 30 °Celsius was at 12:20 a.m with 32°Celsius, in parallelly connected solar collector was at 12:00 a.m. with 56°Celsius and in serially connected solar collector was at 11:40 a.m. with 56 °Celsius. At 16:00 p.m. the heat difference in flat surfaced solar collector was 27 °Celsius, in parallelly connected solar collector was 19 °Celsius and in serially connected solar collector was 37 °Celsius. When we look at the input and output heat measurements performed at 3m/s air velocity on 20 August 2021, the measurements taken at 9:00 a.m. the heat difference for the flat surfaced collector was 33°Celsius, for serially connected solar collector was 35°Celsius and for parallelly connected solar connector was 35°Celsius. It is observed that the maximum difference in flat surfaced solar collector was at 12:40 a.m with Celsius, in parallelly connected solar collector was at 11:20 a.m. with 68°Celsius and in serially connected solar collector was at 11:00 a.m. with 59 °Celsius. At 16:00 p.m. the heat difference in flat surfaced solar collector was 33 °Celsius, in parallelly connected solar collector was 50 °Celsius and in serially connected solar collector was 35 °Celsius. According to acquired results when the system works at 6,5m/s air velocity serially connected solar collector gives better results and when the system works at 6,5m/s air velocity parallelly connected solar collector gives better results. According to measurements at 6,5m/s air velocity the most efficient one is serially connected solar collector and at 3m/s air velocity the most efficient one is parallelly connected solar connector

KEY WORDS: Collector, Energy, Coke Can, Solar, Efficiency, Temperature

ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanmasının her aşamasında desteğini benden esirgemeyen, sürekli bana yol gösteren ve kendimi en üst düzeyde geliştirmeme yardımcı olan değerli hocam Dr. Öğretim Üyesi Adem YILMAZ, Murat YILMAZ ve Muhammet Enis YILDIZ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca yapmış olduğumuz bu çalışmada desteklerini esirgemeyen hocam Doç. Dr. Seyfi SEVİK hocama teşekkürlerimi borç bilirim.

Tezimin deney setini hazırlama sürecinde, her türlü zorlukta yanımda olan öğrencilerim Bilal YAVUZ, Nurullah EROL'a çok teşekkür ederim.

ABDULLAH ER
BATMAN-2021

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER DİZİNİ	ix
KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLolar DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2-KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
3. GENEL BİLGİLER	10
3.1. Enerji Sistemleri	10
3.2. Yenilenebilir Enerji Sistemleri	11
3.2.1. Güneş enerjisi	12
3.2.2. Rüzgâr enerjisi	12
3.2.3. Jeotermal enerji	13
3.2.4. Hidroelektrik enerji	14
3.2.5. Biyokütle enerjisi	15
3.3. Güneş Enerjisi	15
3.3.1. Güneş enerjisinin tarihsel gelişimi	16
3.3.2. Güneş enerjisinin kullanım alanları	16
3.3.3. Güneş enerjisinin diğer enerjilere göre üstünlükleri	17
3.3.4. Güneş enerjisinin dezavantajları	17
3.3.5. Türkiye'de güneş enerjisi	17
3.3.6. Güneş enerjisi potansiyeli	18
3.3.7. Batman'da güneş enerjisi	20
4-GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİ	22
4.1. Düzlemsel Güneş Kollektörleri	22
4.2. Vakum Tüplü Güneş Kollektörleri	23
4.3. Parabolik Güneş Kollektörleri	24
4.4. Odaklanabilen (Yoğunlaştırıcı) Güneş Kollektörleri	25
4.5. Güneş Kollektörü	25
4.5.1. Üst örtü	26
4.5.2. Emici plaka	27
4.5.3. Kollektör kasası	29
4.5.4. Isı yalıtımı	30
4.5.5. Güneş kollektörlerinin avantajları	31

4.6. Sıvılı Güneş Kollektörleri.....	31
5. MATERYAL VE METOD	33
5.1. Batman İlinin Güneşlenme Haritası	33
5.2. Teorik Analiz.....	33
5.3. İskele.....	35
5.4. Güneş Kollektörü Yapımında Kullanılan Malzemeler	35
5.5. Deney Düzenekinin Hazırlanması	37
5.6. Ölçüm Aletlerinin Kurulumu.....	41
5.7. Deneylerin Yapılışı	46
5.8. Deney Verilerinin Değerlendirilmesi	49
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	61
7. KAYNAKÇA.....	63
8.ÖZGEÇMİŞ	69

SİMGELER DİZİNİ

T_d	:Dış hava sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
T_g	:Kollektör giriş sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
$T_{\text{ç}}$	:Kollektör çıkış sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
I_T	:Kollektör yüzeyine gelen ışıma miktarı (W/m^2)
η	:Kollektör verimi (%)
V	:Hava hızı (m/s)
$\dot{m}$	:Kollektörden geçen havanın kütleli debisi (kg/s)
ΔT_k	:Kollektörden çıkan ve kollektöre giren havanın sıcaklık farkı
W	:Isınma sistemi için harcanan toplam güç (W)
W_{fan}	:Fan gücü (W)
ϕ_d	:Dış ortam bağıl nem miktarı (%)
ϕ_i	:İç ortam bağıl nem miktarı (%)
Q_u	:Kollektörden alınan kullanılabilir enerji (W)
C_p	:Havanın sabit basınçta özgül ısısı ($\text{kJ}/\text{kg } ^{\circ}\text{C}$)
ρ	:Havanın yoğunluğu (kg/m^3)
A_k	:Kollektör alanı (m^2)
$A_{\text{ç}}$	:Havanın kollektör çıkış kesit alanı (m^2)

KISALTMALAR DİZİNİ

1 TET	:1 Ton Eş Değer Taş Kömürü
1 TEP	:1 Ton Eşdeğer Petrol
DMİ	:Devlet Meteoroloji İşleri
DİKA	:Dicle Kalkınma Ajansı
EİE	:Elektrik İşleri Etüt İdaresi
PV	:Fotovoltaik
MW/m ²	:Metre kare başına MegaWatt
W/m ²	:Metre kare başına Watt
W/mK	: Watt/metre Kelvin
HES	:Hidro Elektrik Santral
C	:Karbon
H	:Hidrojen
O	:Oksijen
N	:Azot
M.Ö.	:Milattan Önce
Fe ₂ O ₃	:Demir Oksit

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Sıcaklık ölçümü yapılan noktalar	5
Şekil 2.2. Deney tesisatının şematik görünümü.....	9
Şekil 3.1. Güneşten yeryüzüne gelen ışıının dağılımı.	10
Şekil 3.2. Dünya da yenilenebilir enerji şeması.....	11
Şekil 3.3. Güneş enerjisinden faydalanmak için yapılmış güneş enerjisi uygulaması.....	12
Şekil 3.4. Rüzgâr enerjisi üretim şeması.....	13
Şekil 3.5. Jeotermal enerji kaynağı.	14
Şekil 3.6. Hidroelektrik santrali akış şeması.....	15
Şekil 3.7. Biokütle enerjisi kullanım alanları	15
Şekil 3.8. Türkiye güneş enerjisi haritası.	18
Şekil 3.9. Batman ili güneş potansiyeli haritası ve pv tipi-alan-üretilebilecek enerji.....	20
Şekil 3.10. Batman ili ve türkiye'nin global ışıının değeri ve güneşlenme süresi.....	21
Şekil 4.1. Havalı güneş kolektörünün kesit ve açılmış görünüşü.	22
Şekil 4.2. Düzlemsel bir güneş kolektörünün çatıya montajı	23
Şekil 4.3. Düzlemsel güneş kolektörünün kullanıma hazır hali	24
Şekil 4.4. Parabolik güneş kolektörünün gösterimi	24
Şekil 4.5. Odaklanabilen güneş kolektörünün gösterimi	25
Şekil 4.6. Güneş kolektörünün detaylı gösterimi	26
Şekil 4.7. Sıvı akışkanlı kolektörün iç yapısı	32
Şekil 5.1. Batman ili toplam güneş radyasyonu haritası.....	33
Şekil 5.2. Yapım aşamasında ki iskeleler	35
Şekil 5.3 Tasarım çalışmaları yapılan kola kutuları.....	36
Şekil 5.4. Kullanıma hazır fanlar	37
Şekil 5.5. Kola kutusu hatlarında sızdırmazlık sağlanırken.....	37
Şekil 5.6. Farklı tasarımlara sahip havalı güneş kolektörleri tasarımı.....	38
Şekil 5.7. Havalı güneş kolektörünün üç boyutlu dizaynının çizimi	39
Şekil 5.8. Kapakları sökülmüş kola kutuları.....	39
Şekil 5.9. Kola kutularının silikon ile birleşimi yapılırken.....	40
Şekil 5.10. Silikon ile birleşimi yapılan kola kutuları	40
Şekil 5.11.Kola kutuları siyah mat boya ile boyanırken	41
Şekil 5.12.Ölçüm noktalarının belirlenmesi	41
Şekil 5.13. Termokuplların montajı.....	42
Şekil 5.14. Termokuplların datalogere montajı	43
Şekil 5.15. Ölçüm cihazları.....	43
Şekil 5.16. Hava akışkanlı güneş kolektörlerinin ölçüm aletleri ile kurulumu.....	45
Şekil 5.17. Ölçüm noktalarının gösterimi.....	47
Şekil 5.18. Düz kolektör 41° 6,5m/s hızda radyasyon değerine göre sıcaklık farkı grafiği.....	48

Şekil 5.24. Seri kollektör 41° 3m/s hızda radyasyon değerlerine göre sıcaklık farkı grafiği	54
Şekil 5.25. Seri, paralel ve düz kollektörün 41° 3m/s hızda radyasyon değerlerine göre sıcaklık farkı grafiği	55
Şekil 5.26. Seri, paralel ve düz kollektörün 41° 6,5m/s hızda radyasyon değerlerine göre giriş-çıkış sıcaklık farkı grafiği	56
Şekil 5.27. Seri, paralel ve düz kollektörün 41° 3m/s hızda radyasyon değerlerine göre giriş-çıkış sıcaklık farkı grafiği	57
Şekil 5.28. Seri, Paralel ve Düz kollektörün 6,5m/s hızda radyasyon değerine göre verim grafiği	58
Şekil 5.29. Seri, Paralel ve Düz kollektörün 3m/s hızda radyasyon değerine göre verim grafiği	60

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 3.1. Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi tablosu.....	19
Tablo 3.2. Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı tablosu	20
Tablo 4.1. Çeşitli örtü malzemelerinin özellikleri	27
Tablo 4.2. Bazı malzemelerin ısı iletkenlik katsayıları.....	28
Tablo 4.2. Bazı yalıtım malzemelerinin özellikleri.....	30
Tablo 5.1. Dataloger teknik özellikleri	30
Tablo 5.2. Ölçüm aletlerinin teknik özellikleri	44
Tablo 5.3. Deney verileri tablosu.....	46

1. GİRİŞ

İnsanlık tarihi incelendiğinde enerjinin her zaman önemli bir rol oynadığı görülmektedir. İnsanlığın kalkınması enerji kaynaklarına ve üretilen enerjinin miktarına bağlıdır. Çünkü bütün sektörler hizmet ve üretim için enerjinin varlığına ihtiyaç duyar. Diğer ülkelere bakıldığında her ülke kendi ihtiyacını karşılayacak enerji miktarına sahip değildir. Bundan dolayı birçok ülke enerji ihtiyacını ithalat yolu ile karşılamak zorunda kalmıştır. Örneğin; Türkiye, doğalgaz ihtiyacını farklı ülkelerden karşıladığı görülmektedir. Bazı ülkeler de ham maddeyi işleyecek altyapıya sahipken, ham maddeye sahip olmayıp bunu başka ülkelerden ithal etmektedir. Başka ülkelerden enerji ithalatı, enerjiyi ithal eden ülkeler için ciddi bir maliyete sebep olmaktadır. Bu durum ülkeler arasında gelişmişlik düzeyleri arasındaki farkında artmasına sebep olup, bu ülkelerin bu alanda diğer ülkelere bağımlı hale getirmektedir. İnsanoğlu sürekli gelişime ihtiyaç duymaktadır. Sürekli gelişim, aynı zamanda sürekli ve daha çok enerji tüketimini de beraberinde getirmiştir.

İnsanlık tarihine bakıldığında, insanların günümüzde enerjiyi daha çok ısınma amaçlı kullandığı görülmektedir ve ilk zamanlar odun gibi yakacaklar kullanılırken daha sonra kömür, benzin, yağ, mazot gibi yakacak türleri kullanıldığı görülmektedir. Petrol türevli yakacaklar beraberinde çevre kirliliğini de getirmektedir. Oluşan çevre kirliliği doğa üzerinde ciddi hasarlara sebep olmakla beraber, canlıların sağlığı üzerinde de ciddi solunum rahatsızlıklarına sebep olmaktadır. Günümüzde ise yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim olduğu görülmektedir. Zaten böyle olması zorunlu bir hal almıştır; çünkü petrol temelli yakacaklar sonsuz varlığa sahip olmayıp önümüzde ki yıllarda tükeneceği öngörülmektedir. Günümüzde enerji sadece konutları ısıtmak için kullanılmayıp üretim, hizmet ve ulaşım sektörlerinde de kullanılmaktadır. Güneş enerjisi yenilenebilir bir enerji kaynağı olmakla beraber hem sürekli enerji üretme imkânı sağlar hem de çevreci bir enerji olup ekosistem üzerinde olumsuz etkileri yoktur. Petrol türevli yakıtlar yakıldıklarında hem çevreyi kirletir hem de atmosfere karbondioksit, karbon mono oksit ve kükürt dioksit bıraktıklarından canlı hayatın üzerinde ciddi sonuçları olmaktadır. Bundan dolayı güneşten gelen sıcaklık ile elde edilecek enerji doğal hayatın üzerinde çok ciddi katkısı olup, çevresel sorunlar en aza indirgenmiş olacaktır. Türkiye başta Akdeniz olmakla beraber Güneydoğu Anadolu, Ege ve Marmara’da ciddi anlamda güneş enerjisi potansiyeli mevcut olmasına rağmen yeterli derecede faydalanılmamaktadır. Türkiye’de güneş enerjisi potansiyeli ile ilgili çalışmalar 1973’ten

sonra başlamış ve zaman içinde hızlanmıştır. 1975 yılı itibari ile güneşten elde edilen enerji ile sıcak su temini elde eden sistemler yaygınlaşmıştır (Kılıç ve Öztürk, 1984). Bundan dolayı kendini sürekli yenileyen güneş enerjisi ile ilgili tasarımların yapılması günümüzde önem arz eder hale gelmiştir. Bu doğrultuda atık kola kutuları kullanılarak farklı tiplerde hava akışkanlı güneş kolektörleri tasarlanarak onların performansı üzerine bir çalışma yapılması düşünülmüştür. Güneş kolektörleri, kolektör içine giren hava; kolektörün içinden geçerken güneşten almış olduğu ısı ile ısınır, ondan sonra basınç farkı ile dışarı çıkar. Her güneş kolektörü aynı tasarıma sahip değildir. Kullanılan malzeme ve tasarım yönüyle farklılık gösterir. Yapılan bu çalışma ile güneş enerjisi potansiyeli yüksek olan ülkemizde, ileriki süreçte ciddi faydalar sağlayacağı düşünülmektedir.

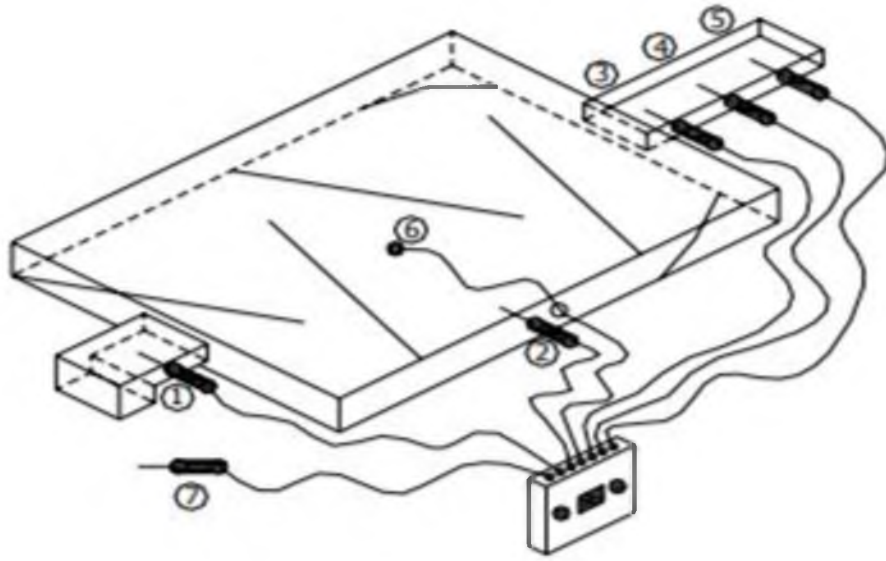
2-KAYNAK ARAŞTIRMASI

Atık kola kutuları ile yapmış oldukları havalı güneş kollektörünü daha önce yapılan çalışmalar ile karşılaştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre kola kutuları ile tasarlanan havalı güneş kollektörünün istenen sonuçları verdiği görülmüştür. Bu sonuçlara göre tasarlanan güneş kollektöründe ulaşılan maksimum verim %74 olarak ölçülmüştür (Alvarez ve ark., 2004). Yapmış oldukları çalışmada, alüminyum kutulardan tasarlanan hava akışkanlı bir güneş kollektörünün deneysel analizini yapmışlardır. Deneyler farklı hava hızlarında, kapalı ve açık şekilde yapılmıştır. Hava akış hızı 15 metreden 45 metreye yükseltildiğinde, verimin %25'ten %63'e kadar çıktığını ortaya koymuşlardır (Sameh ve ark., 2019). Düz bir kollektör ile esnek alüminyum folyo kanallı camlı ve camsız kollektörle karşılaştırılması yapılmış olup tasarımın düz kollektöre göre %15,9–41,2 daha yüksek verimliliğe sahip olduğunu bulunmuştur (Şevik ve Abuşka, 2019). Kanatlı tip havalı güneş kollektörünü hem teorik hem de deneysel olarak incelemişlerdir. Bu inceleme sonucunda üstteki plakanın sıcaklığı alttaki plakanın sıcaklığından yüksek olduğundan veriminin alttaki plakaya göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Ancak sıcaklığın hem alttaki hem de üstteki plakalara kanat eklendiğinde en yüksek yalnız alttaki plakaya kanat ilave edildiğinde en düşük sıcaklık olduğu sonucuna varılmıştır (Garg ve Ark., 1989). Yaptığı çalışmada, bilinen güneş enerjili ısıtma sistemleri (direkt kazanç, trombe duvarı ve farklı sera uygulamaları gibi) ile araştırmacı tarafından önerilen barda (güneş radyasyonundan daha fazla faydalanmak için ısıtılacak mahallin güneşe bakan bir duvarının cam veya cam gibi ışınmı absorbe eden malzemeden yapılan ısıtma sistemi) sistemini karşılaştırmıştır. Bu kapsamda verimi etkileyen ana tasarım parametreleri, bu sistemlerin avantajları ve uygulamalarında karşılaşılan sorunları, farklı bina tipleri ve iklim koşullarına uygulanabilirlikleri incelenmiştir (Givoni, 1991). Güneş enerjisi kullanılarak ısıtılan bir evin performansı araştırmışlardır. Bu güneş evinin performans parametreleri arasındaki ilişkiyi inceleyerek Güneş Evinin güney duvarına güneşli hava ısıtıcısını yerleştirerek evin ısıtılmasında kullanılabileceğini belirlemişlerdir (Choudhury ve ark., 1992). Yaptıkları çalışmalarda boş bir kanalda hava dolaştırmışlar, diğerlerinde ise değişik tasarımlara sahip kanallara sahip üç farklı kollektör ile deneyler yapmışlardır. Bu kollektörler için sıcaklık farkı-zaman ve verim zaman grafikleri çizmişlerdir. Düşük hızlarda çift geçişli ve çift camlı labirentli kollektörün diğerlerine göre hem veriminin hem de sıcaklık farkının daha yüksek olduğu gözlenmiştir (Binark ve Deliçay, 1993). Kollektörün üst yüzeyindeki ısı

kaybını azaltmak ve yutucu plakadan gelen ısı kazancını en üst düzeye çıkarmak için, ters-akışlı ısı değiştiricisi şeklinde, ilave bir örtü kullanarak bir kollektör imal etmiş ve bunun ısı analizini yapmıştır. Ters akışlı hava kanallı kollektörün veriminin, çift saydam örtülü hava akışı siyah yüzeyin yukarısında olan kollektöre göre %18 ve bir saydam örtülü kollektöre göre %25 daha yüksek olduğunu belirlemiştir (Mohammad, 1996). Seçici ve seçici olmayan emici plakalı havalı güneş kollektörlerinin termal performanslarını kıyaslamış. Seçici olmayan emici siyah boyalı bir plakanın kullanımı düşük maliyet ile yüksek verim elde etmesine olanak verdiği tespit edilmiştir (Hachemi, 1999). Geri dönüşümlü düz tabakalı güneş hava ısıtıcısında çift geçişli kanat içindeki bir yutucu yüzeyi hem teorik hem de deneysel olarak incelemişlerdir. Bu metot ile kollektörün verimini ve akış hızını arttırmışlardır. Elde ettikleri sonuçları, tek geçişli hava kollektörü ile karşılaştırmışlardır (Yeh ve ark., 1999). Gözenekli yutucu bir yüzeye sahip olan güneş hava kollektörünün termal performansını incelemiştir. Bu kollektörde havanın giriş ve çıkış yönleri aynı değildir ve yutucu yüzey belli bir açı ile monte edilmiştir. Bu çalışmada kollektörün farklı noktalarında, havanın giriş ve çıkış sıcaklığı, radyasyon değeri ve havanın hızı ölçmekle beraber enerji kazancı, termal verim ve güneş kollektörünün karakteristiksek parametreleri hesap edilmiştir (Albizzati, 2000). Yapmış oldukları çalışmada nemi yüksek kabak çekirdeklerinin güneş enerjisi ile ısıtılmış havada kurutulmasını araştırmışlardır. Deneyler sonucunda buldukları sonuçları değerlendirerek, kabak çekirdeklerinin kurutulmasında, kurutma havasının hızı ve sıcaklığının etkili parametreler olduğunu görmüşlerdir. Bu parametrelere bağlı olarak kurutma hızında artış olduğunun sonucuna varmışlardır (Can ve Eryener, 2000). Yapmış oldukları çalışmada fındık kurutmak için kabinet ve çadır tipi olmak üzere 2 farklı güneş enerjili sistem üzerinde çalışmışlardır. Bu iki sistemde kurutulan fındıklar ile açık havada doğal yolla yapılan kurutma sonuçları ile yapılan kurutma işlemlerini karşılaştırmışlardır. Karşılaştırmalar sonucunda kullandıkları güneş enerjili kurutucuların, açık havada doğal yolla kurutmadan daha hızlı olduğunu tespit etmişlerdir (Olgun ve Ayhan, 2000).

İncir, üzüm, soğan ve domatesin doğal kurutmalı ve güneş enerjili sistem ile kurutma sisteminde kurutulmasıyla kül içeriği, ekşilik, nem, toplam şeker azalımı ve C vitamini gibi bazı kimyasal özellikleri üzerinde çalışmalar yapmışlardır. Yapılan çalışmalar sonucunda Güneş enerjisi ile kurutulan ürünlerin doğal kurutmaya göre incelenen bütün kalite özelliklerinin daha yüksek olduğunu gözlemlemişlerdir (Gallali ve ark., 2000). Çift geçişli hava ısıtmalı güneş kollektörlerinde yutucu yüzey konumunun

ısı verime etkisini, üç tip kollektör ile Elazığ ilinin iklim şartlarına göre incelemişlerdir. 1. tip kollektörde hava siyah yüzeyli levha ile saydam üst örtü arasındaki kanaldan, 2. tip kollektörde siyah levhanın her iki yüzeyinde akmaktadır. 3. tip kollektörde ise alt plaka ile saydam örtü arasındaki kanala saçtan kanallar monte etmişlerdir. Yapmış oldukları deneylerde 3. tip kollektörün diğer kollektörlerden daha verimli olduğunu tespit etmişlerdir. Aynı zamanda Elazığ'da 1998 yılında güneşli günlerinde ölçülen $200-600\text{W/m}^2$ güneş ışınımı değerleriyle, çoğu tarımsal ürünlerin kurutulması için elverişli olan $20-40^\circ\text{C}$ 'lik sıcaklık farkları elde edilebileceğini tespit etmişlerdir. Kollektörde ölçümlerin hangi noktalardan yapıldığı Şekil 2.1'de verilmiştir (İnalı ve ark., 2001).



Şekil 2.1. Sıcaklık ölçümü yapılan noktalar (İnalı ve ark., 2001)

1. Kollektör giriş sıcaklığı (T_g)
2. Kollektör orta nokta sıcaklığı (T_{ort})
3. Kollektör çıkış sıcaklığı ($T_{ç1}$)
4. Kollektör çıkış sıcaklığı ($T_{ç2}$)
5. Kollektör çıkış sıcaklığı ($T_{ç3}$)
6. Kollektör yüzey sıcaklığı ($T_{yüz}$)
7. Dış hava sıcaklığı (T_a)

Kollektör hava hızlarının $0,5\text{m/s}$, $0,75\text{m/s}$, 1m/s , $1,25\text{m/s}$ ve $1,5\text{m/s}$ olduğu durumlarda kurutma deneyleri yapmıştır. Yaptığı kurutma deneylerinde, kurutmada hava hızının kurutma süresini fazla etkilemediğini, yüksek hava hızlarında ise hava debisi artmakla beraber kollektör sıcaklığının düştüğünü tespit etmiştir (Onat, 2002). Çift geçişli hava ısıtılmalı güneş kollektörlerinde yutucu yüzey konumunun ısı verime etkisini

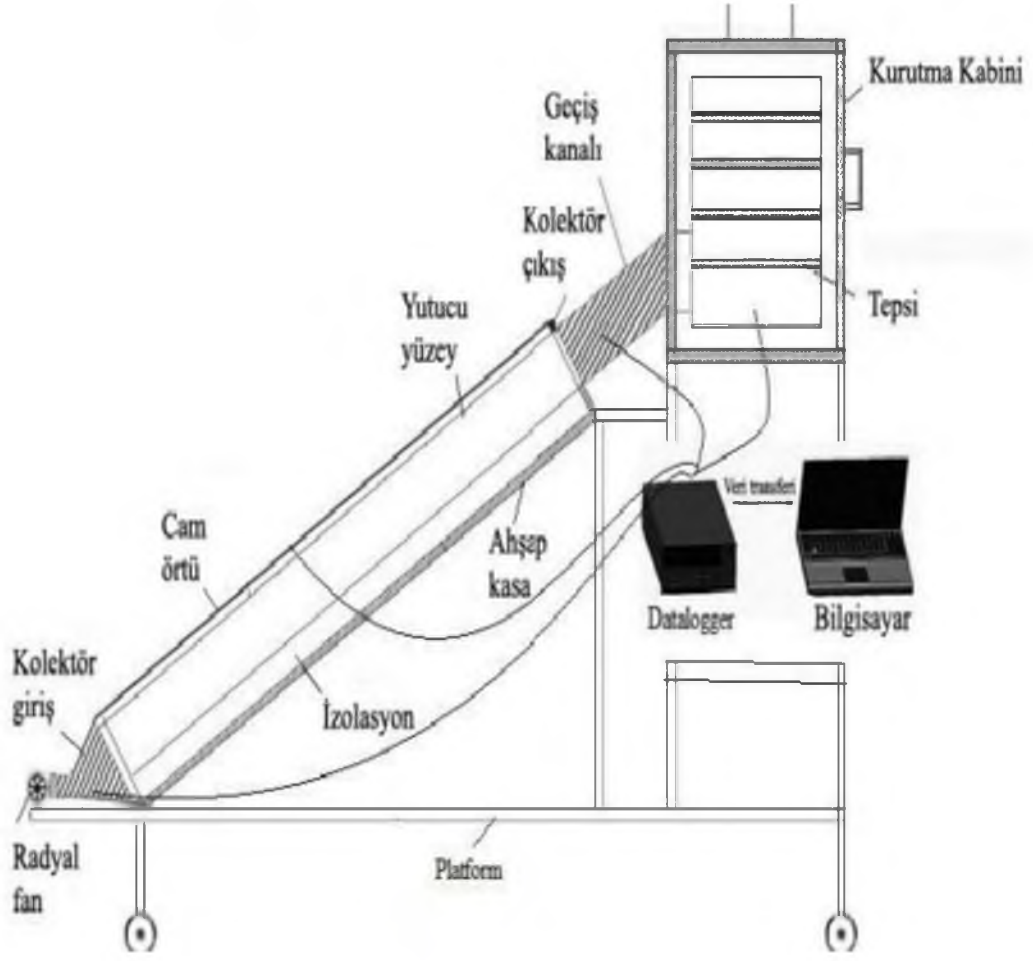
incelemiş olup, çift geçişli hava akış kanalında dolgu malzemesi bulunan yeni dizayn edilmiş bir konik yoğunlaştırıcı hava ısıtıcının termal performansını farklı absorber yüzey kullanımının etkisi araştırmışlardır. Bu amaçla, standart siyah boyalı bakır boru, seçici yüzey ve yapay olarak pürüzlendirilmiş absorber yüzeyleri ayrı ayrı kullanarak, en yüksek termal verim seçici yüzey kullanımı ile elde edildiğini gözlemlemişlerdir (Toğrul ve Pehlivan, 2002). Tasarladıkları kollektörün emici yüzeylerinin hem altına hem de üstüne kanatçıklar ekleyip havanın aktığı kanalı, iki parçaya bölüp çift akış sağlamışlardır. Çalışmada hem deneysel hem de analitik olarak yapılmış ve elde edilen sonuçlar birbirleri ile kıyaslanmıştır. Yapmış oldukları çalışma sonucunda Çift akışlı hava kanalının tek akışlı hava kanalından daha etkin çalıştığı sonucuna varmışlardır (Yeh ve ark., 2002). Yapmış olduğu çalışmada havalı bir kollektör tasarlayarak Diyarbakır ilinin iklim şartlarına göre karpuz çekirdeğinin kurutulması için çalışmalar yapmıştır. Yapılan çalışmalar sonunda elde edilen verileri kıyaslamışlardır. Yapmış oldukları kollektörün içerisindeki elek plakanın konumuna ve kütleli debiye bağlı olarak kollektör veriminin değişmekte olduğunu gözlemlemişlerdir. Kütleli debinin değişimi kuruma süresini önemli oranda etkilediğinin sonucuna varmışlardır (Fidan, 2003). Gıda kurutma işlemi için üç tane tasarım yapmıştır, daha önceki tasarımlardan farklı olarak. Bunlardan ilki güneşten aldığı enerjiyi doğrudan ve birlikte kullanarak değişik biyolojik malzemeleri kurutma işlemi için iki tip mobil güneş kurutucusudur. İkincisi ise hava akışkanlı güneş kollektörü güneş enerjisi ve fotovoltaik sistemin birlikte kullanıldığı, üçüncüsü ise rüzgâr enerjisi ve havalı güneş kollektörünün beraber kullanıldığı kurutma sistemidir (Radivoje, 2003).

Geri dönüşümlü, dairesel alüminyum kutulardan yapılan güneş ışını yutuculu bir yüzeyin kullanıldığı, tek camlı hava kollektörünün verimini test etmişlerdir. Önceden yapılmış teorik sıcaklıklar ile ölçülen değerler ile kıyaslanmıştır. Dairesel kutular kullanılarak oluşturulan hava kollektörün termal verimi daha iyi olduğunu tespit etmişlerdir (Alvarez ve ark., 2004). Güneşsel hava ısıtıcılarında ısı transferini artırmaya yönelik yaptıkları çalışmada yeniden çevrime sokulan düz plaka güneşsel hava ısıtıcısında çift geçişli kanal içinde bir emici plakaya eklenen aracı hem teorik hem de deneysel olarak incelemişlerdir. Isı transferindeki artışı tek geçişli kanallardan veya aynı debili klasik çift geçişli ısıtıcı yerine yeniden çevrime sokulan çift geçişli kanallar kullanılmasıyla elde edilebileceğini göstermişlerdir (Ho ve ark., 2005). Tek geçişli ve çift geçişli farklı çatı tipi güneş kollektörlerinin konutların ısıtılmasında ve

havalandırılmasında kullanılmasını karşılaştırmışlardır. İki geçişli güneş kolektörlerinin, tek geçişli güneş kolektörüne göre daha iyi iç ısı konfor ve enerji tasarrufu sağladığını tespit etmişlerdir (Wang ve ark., 2005). Düz plakalı, kanatçıklı, oyuklu ve V-kıvrımlı güneş hava kolektörlerinin performansını deneysel ve teorik olarak incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre V-kıvrımlı kolektörün veriminin düz tabakalı kolektörlerin verimine göre daha az olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen verilere göre V-kıvrımlı kolektörlerin, düz tabakalı kolektörlere göre hem tek geçişli hem de çift geçişli modeller için sırasıyla %10-15 ve %5-11 daha fazla verime sahip olduğu gözlemlenmiştir (Karim ve ark., 2006). Yaptığı çalışma ile Elâzığ yöresinde üretilen dutları kurutmuş ve kurutmaya etki eden parametreleri hem teorik hem de deneysel olarak araştırmıştır. Hava akışkanlı güneş kolektörü, fan ve kurutma kabininden tasarlanan zorlanmış taşınımli düzenek ile deneyler yapılmıştır. İmal edilen kolektörler üç beş ve yedi kademeli olup, deneyler farklı kurutma havası debilerinde çalıştırılmıştır (Akbulut, 2006). Bir havalı güneş kolektörünün tasarımı, imalatı ve deneysel analizi adlı çalışmada tasarlanıp imal edilen bir havalı güneş kolektörünün ısı performansını, Şanlıurfa iklim şartlarına göre deneysel incelemesini yapmışlardır. 2006 yılında Ocak, Şubat ve Mart aylarında 8 ayrı günde yapılan çalışmalar sonucunda havalı güneş kolektörünün ısı verimini yaklaşık olarak %53 olarak hesaplamışlardır (Bulut ve Durmaz, 2006).

Dört değişik yüzey profiline sahip olan (70° açılı kanatçıklı ve 75° açılı kanatçıklı), tüplü ve düz havalı güneş kolektörlerini kullanarak ürün kurutulmasını deney yaparak incelemiştir. En yüksek kolektör veriminin ve hava sıcaklığı artışının 75° açılı kanatçıklı kolektörde, en düşük verim ve en düşük hava sıcaklık artışının düz kolektörde oluştuğunu gözlemlemiştir (Karslı, 2006). Elazığ'da iç ortam ısıtılması için uygulayacağı bir deney seti hazırlamıştır. Kış aylarında yapılan deneylerden elde edilen veriler ile binaları ısıtmak için havalı güneş kolektörlü sistemin uygunluğunu araştırmışlardır. Yapılan deneyler sonucunda sistemin iç ortam sıcaklığının güneşin ışıyım şiddetine bağlı olarak 5°C ile 25°C arasında artırdığını gözlemlemiştir (Sarsılmaz ve Sugözü., 2006). Tasarladığı labirentli tip hava ısıtmalı güneş kolektörünün verimini üç farklı hava debisinde ve farklı gün ve sıcaklık koşullarında deney yaparak incelemişlerdir. Yaptığı deneyler sonucunda kolektör veriminin yüksek hava hızlarında arttığını gözlemlemiştir (Kırbaş, 2006). Kurmuş oldukları sistemin deney sonuçları incelendiğinde havalı güneş kolektörlerinde yüksek hava hızlarında kolektör veriminin daha yüksek olduğu sonucuna varmışlardır. Farklı gün ve sıcaklıklarda kolektör verimine

etkin olan değişkenlerin incelenmesi sonunda verim; 1,3m/s hava hızı için %73,11 ikincisi 1,4m/s hava hızı için %76,75 üçüncüsü 1,5m/s hava hızı için %82,83 olarak bulunmuştur (Özkaya ve ark., 2007). Havalı güneş kollektörlerinde farklı tip emici plakalar kullanarak performanstaki değişimi tespit etmek için çalışmalar yapmışlardır. Zikzaklı tip emici plakalı kollektörün, düz yüzeyli kollektöre göre ekserji ve enerji miktarlarının, havaya aktarılan ısı miktarının ve veriminin daha iyi olduğunu gözlemlemişlerdir (Gedik ve ark., 2008). 2, 3 ve 4m/s hava akış hızlarında düz yutucu plakalı bir güneşli hava ısıtıcının ekserjik verimini deneysel olarak incelemişlerdir. Çalışmada bir deney seti oluşturulmuş, deney sonuçları sayısal analiz sonuçları ile karşılaştırılmıştır (Alta ve ark., 2015). Tarım ürünlerini kurutmak için yutucu plakaları üç farklı düzlemsel havalı güneş kollektörü planlamıştır. Deneylerde yutucu plaka yüzey geometrisini trapez profil şeklinde yapmıştır. Yaptıkları çalışma şekil 2.2’de verilmiştir. Bu şekilde yapılan kollektör modelleri denenmiştir. Kurutma havasının 0,022, 0,033 ve 0,044kg/s debi değerlerinde deneyler yapılmıştır. Deneylerde havanın giriş-çıkış, yutucu plaka sıcaklıkları, havaya aktarılan hem enerjinin hem de kollektör veriminin anlık değişimleri belirlenmiş olup kıyaslamalar yapılmıştır. Kollektöre giren havanın sıcaklık artışındaki en yüksek değer 0,022kg/s hava debisi için 44°C ile Model 4 kollektörde, en düşük değer ise 0,044kg/s hava debisinde 7°C ile Model 1’de elde edilmiştir. Model 4 kollektörde günlük ortalama sıcaklık artışı değerleri 0,022kg/s, 0,033kg/s ve 0,044 kg/s hava debileri şöyledir; Model1: Model2: 34°C, Model3: 24°C ve Model4: 19°C’dir. Bütün hava debilerinde kollektör veriminin en düşük değeri Model 1’de, en yüksek değeri ise Model 4’te bulunmuştur. En düşük kollektör verimi 0,022 kg/s debide Model 1 için %46, en yüksek kollektör verimi ise 0,044 kg/s debide Model 4 için %68 bulunmuştur. Tüm kollektörler modelleri için hava debilerindeki ortalama ısı verim değerleri şöyledir Model1:0,52, Model2;0,55, Model3;0,60 ve Model4;0,65’dir. (Kılıç, 2018).

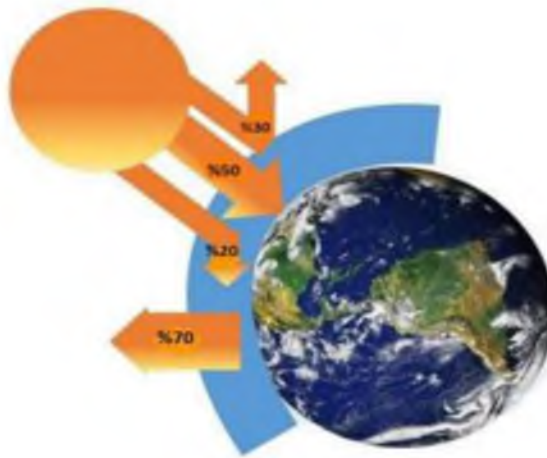


Şekil 2.2. Deney tesisatının şematik görünümü (Kılıç, 2018)

3. GENEL BİLGİLER

3.1. Enerji Sistemleri

İnsanoğlu geçmişten bugüne kadar birçok alanda enerji ihtiyacını petrol türevi yakıtlardan ede ediyordu. Bu durum Petrol türevi yakıt rezervlerinin hızı bir şekilde tükenmesine sebep oldu. Durum böyle olunca sürekli gelişen teknolojiye rağmen petrol türevi yakıtlar gün geçtikçe azalıyor bu durum insanoğlunu yeni enerji kaynaklarını bulmasına yönlendirdi. Yapılan çalışmalar sonucunda insanoğlu yeni enerji kaynakları, yenilenebilir enerji kaynaklarını bulmasını sağladı. Bu enerji kaynakları Güneş enerjisi, Jeotermal enerji, HES, Biokütle, dalga enerjisi vb. dir. Bu kaynaklar içinde bize sınırsız imkân sağlayan güneş enerjisidir. Ancak; insanoğlu bu enerjinin az bir miktarını kullanmaktadır. Güneşteki hidrojen atomunun helyum atomuna füzyonu ile Güneş enerjisi ortaya çıkmaktadır. Güneşten çıkan enerji miktarı termonükleer 62W/m^2 kadardır. Güneşten gelen enerjinin tamamı dünyaya ulaşmaz. Yalnızca 2 miyarda biri ulaşmaktadır. Güneş ışınları dünyaya 150 milyon km'lik mesafeden gelmektedir ve dünyaya ulaşan enerji toplam enerjinin 2 miyarda biri kadardır. Şekil 3.1'de görüldüğü gibi güneş ışınları dünyaya ulaşmadan dağılmaktadır. Dağılma oranları da Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Yeryüzü atmosferi dışında güneş enerjisinin ölçülen ışıınım değeri 1350W/m^2 olarak ölçülmüştür. Ancak yeryüzünün coğrafi dağılışıından dayı değışkenlik gösterir. Bundan dayı yeryüzüne ulaşan güneş enerjisi miktarı $0-1100\text{W/m}^2$ değerleri arasındadır (Adıyaman, 2012).



Şekil 3.1. Güneşten yeryüzüne gelen ışıınım dağılım (Tuncer, 2018).

3.2. Yenilenebilir Enerji Sistemleri

Dünyamızda bulunan enerji kaynaklarından bir tanesi de yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının varlığı fosil yakıtlı enerji kaynaklarının bütün bölgelerde yeterli seviyede bulunmaması ve bir seferlik kullanımı dışında bir kullanılmaya elverişli olmaması, insanları farklı enerji kaynaklarını bulmaya sevk etmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları sürekli kendini yenileyen ve sonsuz kullanıma sahip olması insanları bu alanda daha çok çalışma yapmaya sevk etmiştir. Günümüzde en çok kullanılan yenilenebilir enerji kaynağı güneştir, bunun ardı sıra biokütle hidroelektrik, rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynakları da kullanılmaktadır. Türkiye bu enerji kaynaklarının çoğu için elverişli olmakla beraber özellikle güneş enerjisi potansiyeli oldukça fazladır. Ancak güneş enerjisi dağılımı ülkede homojen bir dağılım göstermemektedir. Türkiye'nin özellikle güney kesimlerinde güneş enerjisi potansiyeli daha yoğundur. Bunun için ülke de yapılacak olan çalışmaların, ülkenin güney kesimlerinde olması daha büyük avantajlar sağlayacaktır. Güneş enerjisinden sonra hidroelektrik, rüzgâr ve jeotermal enerji de ülkemizin belirli yerlerinde yoğunluk kazanmıştır. Şekil 3.2'de yenilenebilir enerji ile sahip olacağımız temiz dünya resmedilmiştir (Adıyaman, 2012).



Şekil 3.2. Dünya da yenilenebilir enerji şeması (URL1,2021)

3.2.1. Güneş enerjisi

Dünyamızın temel enerji kaynağı olan Güneş hem yenilenebilir hem de birincil enerji kaynağıdır. Güneş dünyamızın hem ısıtılmasında hem aydınlatılması hem de canlıların yaşamasını ve büyümesini sağlamaktadır. Güneşin dünyaya ulaştırdığı enerji miktarı dünya da bir yılda kullanılan enerjinin yaklaşık 1500 katıdır. Güneşten gelen bu enerjiden faydalanılması durumunda, günümüzde kullanılan fosil türevli enerjiye ihtiyaç kalmayacağından, dünyamız daha temiz ve yaşanılır bir dünya olacaktır. Bundan dolayı güneş enerjisinden daha fazla faydalanılması gerekmektedir. Şekil 3.3’de güneş enerjisinden faydalanmak için yapılmış bir çalışma verilmiştir. Bu tür çalışmaların çoğaltılması dünya için çok iyi sonuçlar doğuracağı şüphesizdir.

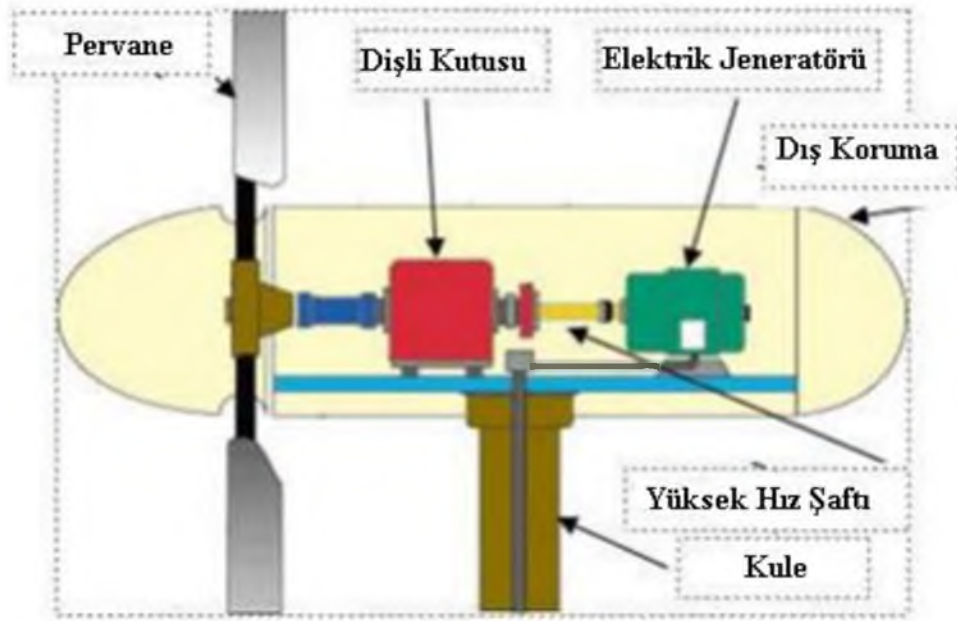


Şekil 3.3. Güneş enerjisinden faydalanmak için yapılmış güneş enerjisi uygulaması (URL2,2021)

3.2.2. Rüzgâr Enerjisi

Atmosfer de bulunan hava kütlesi ısınırsa yoğunluğu azalacağından yükselme hareketi yapar. Yükselen havanın yerine aynı hacim de soğuk hava yerleşir. Bu şekilde hava kütlelerinin yer değiştirmesine rüzgâr adı verilir. Farklı bir şekilde tanımlayacak olursak iki basınç bölgesi arasında oluşan basınç farkından dolayı yüksek basınç merkezinden alçak basınç merkezine doğru hareket eden hava akımına rüzgâr denir. Rüzgârlar yüksek basınç alanlarından alçak basınç alanlarına akarken hem dünyanın kendi eksenini etrafında dönmesi hem de yeryüzü şekillerine göre hızı ve akışı şekillenir. Rüzgârların özellikleri hem yere coğrafi farklılıklar hem de yeryüzünün farklı derecelerde ısınmasından dolayı zaman ve mekân olarak değişkenlik gösterebilir. Rüzgârın iki

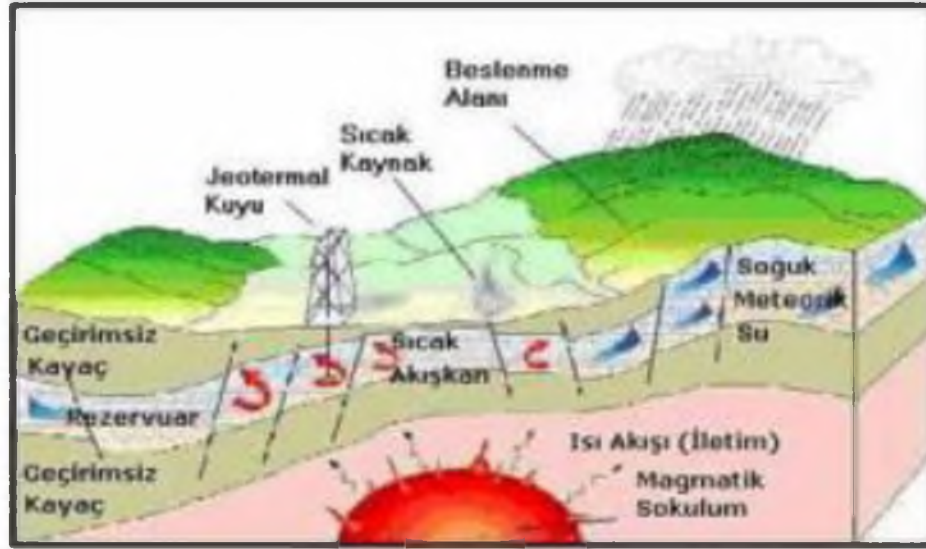
parametresi vardır; biri hız diğeri yöndür. Rüzgârdan elektrik enerjisi üretebilmemiz için yüksek yerlere dağ, tepe vb. rüzgâr türbinleri monte edilmelidir. Rüzgâr türbinleri esen rüzgârın yönüne göre konum alabilme kabiliyetine sahiptir. Bu sayede elektrik enerjisi üretebilme imkânı artmaktadır. Şekil 3.4’de rüzgâr enerjisi üretim şeması verilmiştir.



Şekil 3.4. Rüzgâr enerjisi üretim şeması (Adıyaman, 2012)

3.2.3 Jeotermal Enerji

Jeotermal enerjinin ismi Yunan dilinden gelmektedir. Yunaca’da *geo* (yeryüzü) ve *therme* (Isı) kelimelerinden gelmektedir. Jeotermal kaynak jeolojik yapıya bağlı bir şekilde yer kabuğundaki ısıнын etkisiyle sıcaklığı sürekli atmosferik ve bölgesel olarak yıllık ortalama üzerinde olmaktadır. Çevresinde ki sulara göre daha fazla gaz ve erimiş madde içerebilen doğal bir şekilde çıkan ya da çıkarılan gaz, su ve buhar ile geliştirilen sistemler tarafından yer altına gönderilerek yer kabuğu ve kızgın kayalardan elde edilen ısı ile ısıtılarak buhar, su ve gazların elde edildiği yerdir. Buradan da anlaşılacağı gibi jeotermal enerji kaynağını yerin altından alan enerjidir. Bu enerji yaklaşık 4 milyar yıl önce yüksek dereceli sıcaklıkta doğal bir şekilde bir araya gelmiş gaz ve tozlardan oluşmaktadır. Jeotermal enerji kaynağının şeması şekil 3.5’de gösterilmiştir. (Millî Eğitim Bakanlığı, 2012)



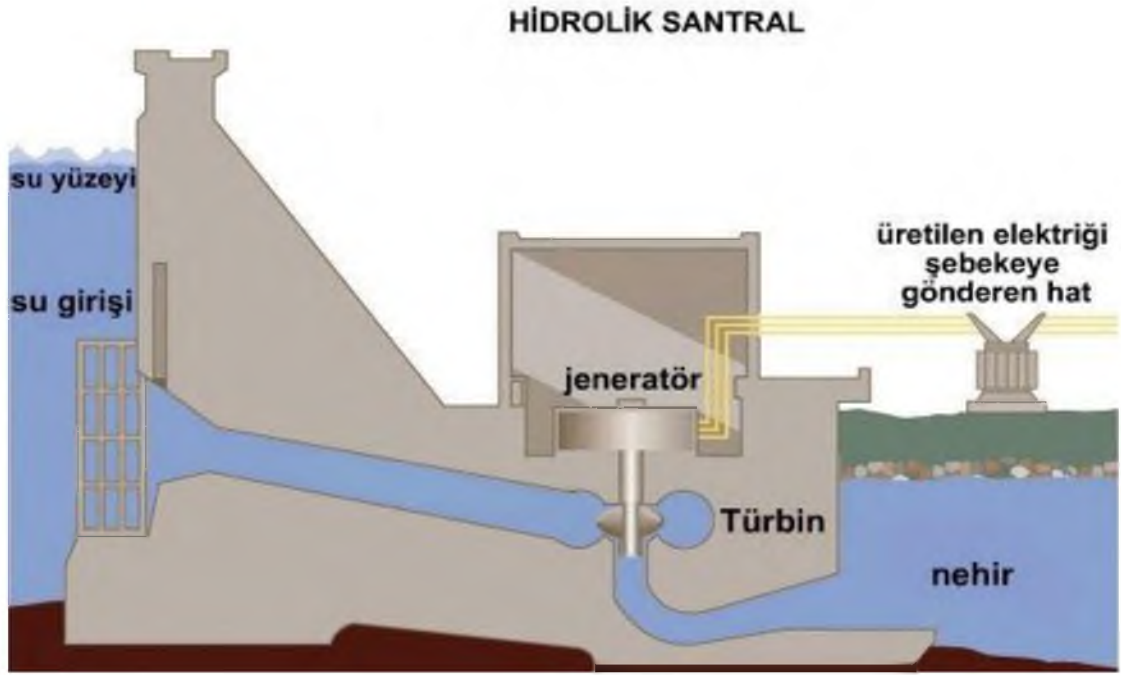
Şekil 3.5. Jeotermal enerji kaynağı (URL3, 2021)

3.2.4 Hidroelektrik Enerji

Akan suyun gücünü elektrığe dönüştüren santrallere hidroelektrik santral denir. Suyun akış hızı suyun içinde ki enerji miktarını gösterir. Büyük nehirler de akan su bünyesinde büyük enerji barındırır. Eğer suyu yüksek bir yerden akıtılır ise yüksek bir enerji elde edilebilir. Bu saye de türbinlere doğru akan su elektrik enerjisini üreten pervane kollarının dönmesini sağlar. Jeneratörlere bağlı olan türbinler mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürür. Şekil 3.6’de hidroelektrik santralinin akış şeması verilmiştir.

Hidroelektrik santraller;

- Sera gazı emisyonu yaratmıyor olması
- Yerli imkânlar ile inşaatının yapılabilmesi
- Yakıt giderlerinin olmaması ve ömrünün uzun olması
- İstihdam imkânı yaratması
- İşletme ve bakım giderlerinin düşük olması
- Kırsal kesimlerde hem ekonomik hem de sosyal yapıyı canlandırmaları yönünden önemli yenilenebilir enerji kaynağıdır (Doğan, 2011).



Şekil 3.6. Hidroelektrik santrali akış şeması (Doğan, 2011).

3.2.5. Biyokütle Enerjisi

Biyokütlenin yapısında Karbon (C), Hidrojen (H), Oksijen(O), Azot(N) ve ağır metal içeren atomlar ve daha küçük oranlarda alkali toprak bulunur. Biyokütlenin ana bileşenleri karbonhidrat bileşikler olan hayvansal veya bitkisel kökenli tüm doğal maddelerdir. Dolayısı ile bu kaynaklardan elde edilen enerjiye biokütle enerjisi olarak tanımlanır. Biyokütle enerjisinin kullanım alanları ısı, elektrik ve ulaşım amaçlı kullanılmakla beraber, daha çok ulaşım amaçlı kullanılan biyoyakıt üretilir. Biyokütle kullanım alanlarının şeması şekil 3.7’de verilmiştir (URL7, 2021).



Şekil 3.7. Biokütle enerjisi kullanım alanları (URL7, 2021)

3.3. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi hem bitkiler hem de canlılar için temel yaşam kaynağıdır. Fosil yakıtlı kaynakların ilerde tükenecek olması ve insanoğlunun bunun farkında olması, insanoğlunu farklı enerji kaynaklarına yönlendirmiştir. Bu enerji kaynaklarından biri de

sürekli olan güneş enerjisidir. Gerekli çalışmaların yapılması halinde güneş enerjisi sürekli bir kullanıma sahip olacaktır. Ülkemizde güneş enerjisi ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Ancak bu çalışmaların özellikle güneşin yoğun olduğu bölgelerde verimin daha yüksek olacağını sağlar. Ülkemiz de güneşin en yoğun olduğu yerler; Akdeniz, Doğu Anadolu ve Güney Doğu Anadolu bölgesidir bu bölgelerde yapılacak güneş enerjisi uygulamaları hem ülke ekonomisine katkı sağlar hem de bölgelerin enerji ihtiyacını karşılamakla beraber bölgelerin kalkınması için olanak sağlar.

3.3.1. Güneş enerjisinin tarihsel gelişimi

İnsanlar güneş enerjisinden çok eskilerden beri faydalanmaktadır. İnsanlar güneşi ısınma, aydınlanma ve topraktan verim alma vb. gibi çok farklı amaçlar ile kullanmaktadır. Güneş enerjisinin bilinçli bir şekilde kullanımı M.Ö. 400'lü yıllara dayandığı söylenebilir. Sokrates evlerin güneşi gören cephelere inşa etmeyi önererek ışıktan faydalanmayı amaçlamıştır. Galile 1600'lü yıllarda merceği bularak güneşin kullanımına farklı bir boyut kazandırmıştır. Belidor 1725 yılında güneş enerjisi ile çalışan su pompası icat ederek, güneş enerjisi ile çalışan bir araç üretmiştir. 1860'lı yıllarda Fransa da buhar üretim makinesi tasarlanmıştır. Mohuchok, yapmış olduğu bu çalışmada parabolik aynalardan faydalanmıştır. Mohuchok, aynı zamanda güneş ocakları ve güneş pompaları üzerinde çalışmıştır. Petrol krizinin oluşması ile güneş enerjisine olan ilgi artmıştır. İnsanlar bu krizden sonra güneş enerjisinde faydalanma yoluna gitmiş ve bu yolda çeşitli çalışmalar yapmıştır (URL8, 2021).

3.3.2. Güneş enerjisinin kullanım alanları

Güneş enerjisinin birçok kullanım alanı vardır. Bunlardan bazıları aşağıda verildiği gibidir.

- Sıcak su elde etmede
- Mahallerin ısıtılmasında
- Elektrik enerjisi üretiminde
- Ürünlerin kurutulmasında
- Buhar üretiminde
- Tuz üretimi ve deniz suyunun arıtılmasında
- Tarım

Güneşin kullanım alanlarına bakıldığında hayatımızın hemen hemen her alanına etki edildiği görülmektedir. Yapılan çalışmalar ile gelecekte güneş enerjisinden daha fazla faydalanacağı öngörülmektedir.

3.3.3. Güneş enerjisinin diğer enerjilere göre üstünlükleri

Sonsuz bir enerji kaynağı olan Güneşin diğer enerji türlerine göre üstünlükleri aşağıda verildiği gibidir.

- Hem bol hem de tükenmeyen tek enerji kaynağıdır.
- Uygulamalarının çoğu detaylı teknoloji içermez
- Diğer birçok enerji kaynağı gibi dışa bağımlı değil yereldir.
- Kendi sistemini kuran her ülke kendi milli enerjisini üretir hale gelir. Bu sayede dışa bağımlılığı azaltır.
- İşletme masrafları diğer enerji kaynakları ile karşılaştırıldığında çok düşüktür.
- Güneş enerjisi temiz bir enerji kaynağıdır. Çevreye kirleticisi duman, karbon monoksit, kükürt ve gaz gibi atıkları atmaz.
- Enerji elde etmek için büyük yüzeylere ihtiyaç duymaz. Çünkü güneşten gelen ışınlamı azdır.

3.3.4. Güneş enerjisinin dezavantajları

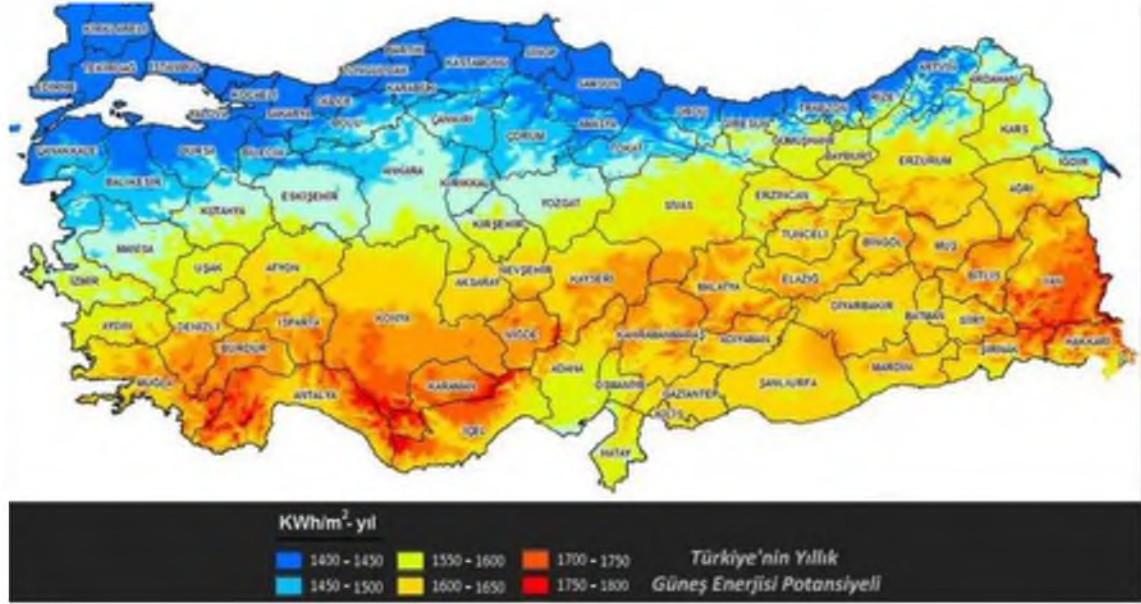
Güneşten elde edilen enerji iklimlere bağılı olarak değışkenlik gösterir. Buda güneş enerjisinin diğer enerji türlerine göre dezavantajı olarak kabul edilir.

- Sürekli güneş enerjisi olmadığından depolama gereklidir. Buda ek maliyet getirir
- Enerji ihtiyacına en fazla kışın ihtiyaç duyulurken kışın güneş enerjisinden çok az faydalanılır; çünkü güneşi görme süresi çok azdır (Kılıç ve Öztürk, 1984).

3.3.5. Türkiye'de güneş enerjisi

Dört mevsimin yaşandığı ülkemizde güneş enerjisinden faydalanma açısından, coğrafi konum olarak avantajlı bir konuma sahiptir. Özellikle ülkemizin güneyi güneş enerjisinden faydalanma açısından çok avantajlı bir konuma sahiptir. Bundan dolayı yenilenebilir enerji çerçevesinde güneş enerjisi ile çalışan sistemler de ülkemizde yeterli alt yapıya ulaşılması durumunda, ülkemizin enerji bakımından diğer ülkelere bağımlılığı azalmakla beraber ekonomik olarak ciddi avantajlar sağlayacaktır. Şekil 3.8'de Türkiye

güneş enerjisi haritası incelendiğinde Türkiye'nin özellikle Güneyi ve doğu Anadolu bölgelerinde ciddi bir enerji potansiyeli olduğu görünmektedir. Özellikle ülkemizin bu bölgelerinde yapılacak güneş enerjisi çalışmaları, hem ülkemizin mevcut enerji açığını giderir hem de bölge de ciddi anlamda enerji üretmesini sağlar. Üretilecek bu enerji ile bu iki bölgemizin sosyoekonomik olarak kalkınmasını sağlayacaktır.



Şekil 3.8. Türkiye güneş enerjisi haritası (URL9, 2021).

3.3.6. Güneş enerjisi potansiyeli

Gelişmekte olan Türkiye de hızlı nüfus artışı, hayat standartlarının yükselmesi ve şehirleşme gibi sebeplerden dolayı enerji tüketimi hızla artmaktadır. Türkiye çeşitli enerji kaynaklarına sahiptir. Buna rağmen 1993 yılında 27 milyon TEP'lik enerjiyi üretmiş olmasına rağmen 61 milyon TEP'lik enerjiyi tüketen bir ülke olmuştur. Oluşan bu açığı gidermek için Taş kömürü, petrol ve doğalgaz ithal edilmektedir. Artan nüfus oranından dolayı Türkiye de enerji açığı her yıl artmaktadır. Geçmiş yıllara bakıldığında enerji açığındaki fark 1980 yılında 15 milyon TEP iken 1993 yılında bu fark 34 milyon TEP'e yükselmiştir. Bugünkü mevcut şartlarda güneş enerjisinin en kolay kullanıldığı, en ekonomik olduğu sistemler sıcak su elde etmek için kullanılan sistemlerdir. 21000 TEP'lik enerjinin 1989 yılında tüketilen enerjinin tamamı konutlarda sıcak su elde etmek için Güneş enerjisini kullanarak dört mevsimde de konutlarda sıcak su elde edilebilir. Tabi güneşten elde edilen enerji bölgeden bölgeye güneşten gelen ışınlama göre farklılık gösterecektir. Bu durumda güneyde kalan illerimiz için büyük bir avantajdır. Türkiye konumu itibari ile güneşten elde edebileceği enerji bakımından birçok ülkeye göre daha

avantajı bir duruma sahiptir. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünde (DMI) 1966-1982 yıllarında elde edilen bilgilere göre hem güneşlenme süresi hem de ışıyım şiddeti ölçümlerinde EİE'nin yapmış olduğu çalışmaya göre Türkiye'de yıllık ortalama güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat) ortalama ışıyım şiddeti toplam 1311kW/m²-yıl (günlük toplam 3,6kW/m²) olduğu saptanmıştır. Aylara göre Türkiye'nin ortalama güneş enerjisi tablosu Tablo3.1'de verilmiştir (URL10, 2021).

Tablo.3.1. Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi tablosu

AYLAR	Aylar Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m ² -Ay)	Güneşlenme Süresi
OCAK	51,75	103,0
ŞUBAT	63,27	115,0
MART	96,65	165,0
NİSAN	122,23	197,0
MAYIS	153,86	273,0
HAZİRAN	168,65	325,0
TEMMUZ	175,38	365,0
AĞUSTOS	158,40	343,0
EYLÜL	123,28	280,0
EKİM	89,90	214,0
KASIM	60,82	157,0
ARALIK	46,87	103,0
TOPLAM	1311	2640
ORTALAMA	3,6kWh/m²-gün	7,2 saat/gün

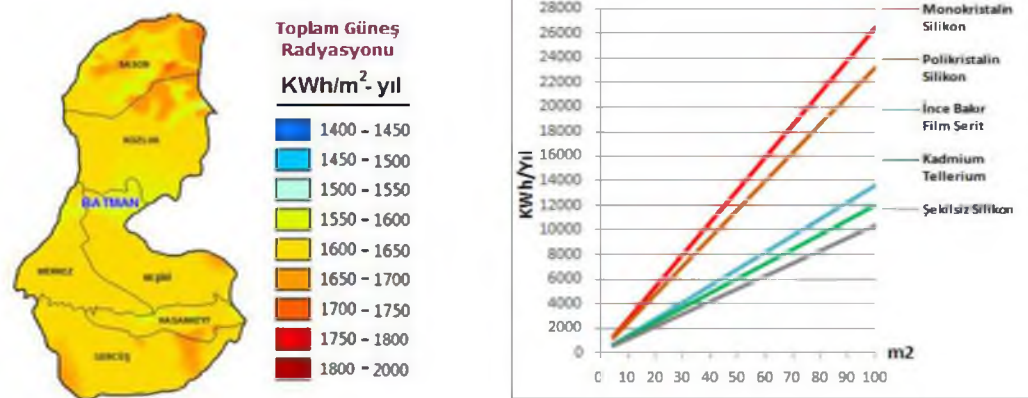
Yukardaki verilere göre Türkiye'nin en çok yaz mevsiminde güneş enerjisinden faydalanabileceği görülürken, en az kış mevsiminde güneş enerjisinden yararlanabileceği anlaşılmaktadır. Ay bazında bakıldığında ise güneş enerjisinden en fazla temmuz ayında, en az ise ocak ayında yararlanabileceği Tablo 3.2'de Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı tablosu görülmektedir.

Tablo 3.2. Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı tablosu

BÖLGE	Toplam Güneş Enerjisi(kW/m ² -Yıl)	Güneşlenme Süresi (Saat/Yıl)
Güney Doğu Anadolu	1460	2993
Akdeniz	1390	2956
Doğu Anadolu	1365	2664
İç Anadolu	1314	2628
Ege	1304	2738
Marmara	1168	2709
Karadeniz	1120	1971

3.3.7. Batman'da güneş enerjisi

Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesinde bulunan Batman ili iklim özelliğinden dolayı yıl içinde güneşli gün sayısı fazladır. Bu da güneş enerjisinin kullanımını elverişli hale getirmektedir. Kurulumu fazla maliyet gerektirmeyen güneş enerjili sistemler, bu sebepten dolayı bölgede ciddi avantajlar sağlamaktadır. Daha çok sıcak su elde etmek için güneş enerjisinden faydalanılmaktadır. Bundan dolayı apartmanların çatılarına bakıldığında kurulmuş güneş kolektörleri görülmektedir. Kırsal yerleşim birimi olan Batman da (DİKA, 2014)'e göre Batman'da 347 güneş kolektörü kurulmuştur. Şekil 3.9'da Batman ilinde Güneş potansiyeli haritası ve PV tipi – alan üretebilecek Enerji (kWh-Yıl) gösterilmiştir (URL10, 2021).

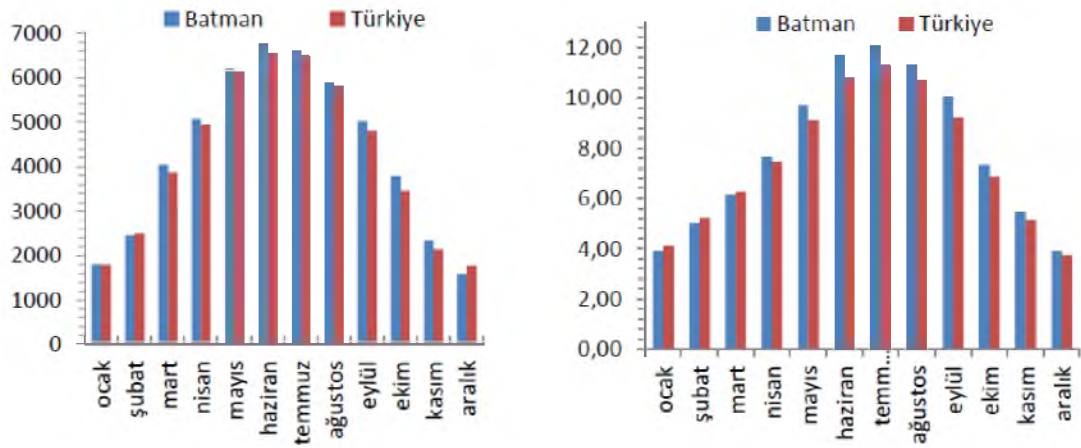


Şekil 3.9 Batman ili güneş potansiyeli haritası ve PV tipi-alan-üretebilecek enerji (URL10, 2021).

Şekil 3.10'da ise hem Türkiye hem de Batman için Global Işınım değerleri (kWh/m²-gün) ve güneşlenme süreleri (saat) olarak verilmiştir. Grafiğe bakıldığında

Batman’da en yüksek global güneşlenme ve radyasyon sürelerinin Haziran ve Temmuz aylarında olduğu görülmektedir (Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, 2021). Sonuç olarak Batman ilinin sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli Türkiye ortalaması üzerinde olduğu görülmektedir. Bu durum da Batman ilinde Güneş enerjisi ile ilgili yapılacak olan yatırımların ciddi anlamda avantaj sağlayacağı sonucuna varırmaktadır.

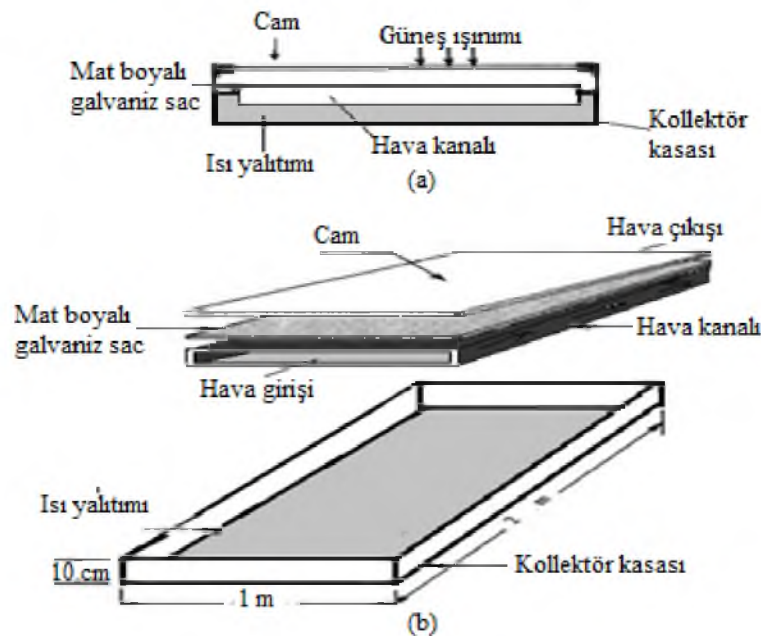
Batman İli Güneş Potansiyeli Haritası ve PV Tipi-Alan-Üretililebilecek Enerji



Şekil 3.10. Batman ili ve Türkiye’nin global ışıınım değeri ve güneşlenme süresi (URL10, 2021).

4-GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİ

Havalı Güneş kollektörleri güneşten aldıkları enerjiyi mahal ısıtılması için kullanan basit araçlardan biridir. Yapıları genel olarak şu bileşenlerden oluşur. Kollektörün kesit ve açılımı Şekil 4.1’de verilmiştir. Cam, Plastik geçirgen örtü, Emici plaka, plakaya entegre edilmiş ya da altına monte edilmiş borular ya da kanalar, yalıtım malzemesi ve kasadan oluşur. Bu kollektörlerdeki en önemli eleman Emici plakadır. Çünkü bu eleman güneşten gelen ışınları yutup ısınma havasına aktarır (Kırbaş, 2006). Havalı kollektörler hem mahal ısıtılmasında hem de ürün kurutma gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Havalı Güneş kollektörlerinin önemli faktörlerinden biri de kullanımda ekonomik kontrolü sağlamasıdır. Güneş enerjisi ile çalışan kurutma sistemlerinde havalı kollektörler önemli yer tutmaktadır. Yeni tasarımlarda en iyi performans tespit edilmeye çalışılacaktır (Karim ve Hawlader, 2006). Günümüzde yapılan çalışmaların çoğu havalı güneş kollektörlerinin akış ve ısı transferi karakteristiklerini belirlemeye yöneliktir. Yapılan bu çalışmalarda düz plaka tipli havalı güneş kollektörünün kullanımı yaygındır. Yapılan çalışmalar sonucunda havanın akışı emici plakanın hem üstünde hem altında hem de her iki tarafında olabileceği tespit edilmiştir (Karim ve Hawlader, 2006).



Şekil 4.1. Havalı güneş kollektörünün kesit ve açılmış görünüşü (Karim ve Hawlader, 2006).

4.1. Düzlemsel Güneş Kollektörleri

Güneş enerjisinin toplandığı akışkana ısı enerjisini aktaran farklı biçimlerde imal edilen kollektörlerdir. Bu akışkan sıvı veya hava olabilir. Bu kollektörler daha çok

konutlarda sıcak su ısıtılmasında, yüzme havuzları ve sanayi de kullanılmaktadır. Montajı yapılmış düzlemsel bir güneş kolektörünün şekli Şekil 4.2. düzlemsel bir güneş kolektörünün çatıya montajı aşağıda verilmiştir. Yapısal olarak basit bir yapıya sahiptirler. Yapılarında genel olarak; Kolektör kasası, yutucu yüzey, saydam örtü ve ısı yalıtımıdır (Altunsoy, 2019).



Şekil 4.2. Düzlemsel bir güneş kolektörleri (Altunsoy, 2019).

4.2. Vakum Tüplü Güneş Kolektörleri

Yapı olarak dış kısım geçirgenliği yüksek cam boru içerisinde eksenel olması durumunda üzeri seçici malzeme veya madeni boru ile kaplanmış cam borudan oluşur. Düzlemsel güneş kolektörlerine göre daha pahalı olan bu kolektörler, bu kolektörlere göre daha verimli çalışır. Bu kolektörler de iç boru ile dış buru arasında ki hava çekilerek kayıplar azaltılarak kolektörün verimi artırılır. Montajı yapılmış vakum tüplü güneş kolektörü Şekil 4.3’de verilmiştir (Altunsoy, 2019).



Şekil 4.3. Vakum tüplü güneş kollektörünün kullanıma hazır hali (URL4, 2021).

4.3. Parabolik Güneş Kollektörleri

Güneşten gelen ışınları sistemin odak noktasına, yani emici boru da toplayan kollektör tipidir. Yapı olarak Şekil 4.4’de gösterildiği gibidir. Akışkana geçen ısı güneşten gelen ışınları üzerinde toplayan emici boru sayesinde olur. Güneşin açısına göre hareket eden bir yapıya sahiptir. Diğer kollektörlere göre bu özelliği gösteren tek güneş kollektörüdür. Bu kollektörler ile elektrik, sıcak hava ve buhar üretimi yapılır (Altunsoy, 2019).



Şekil 4.4. Parabolik güneş kollektörünün gösterimi (URL5,2021).

4.4. Odaklanabilen (Yoğunlaştırıcı) Güneş Kollektörleri

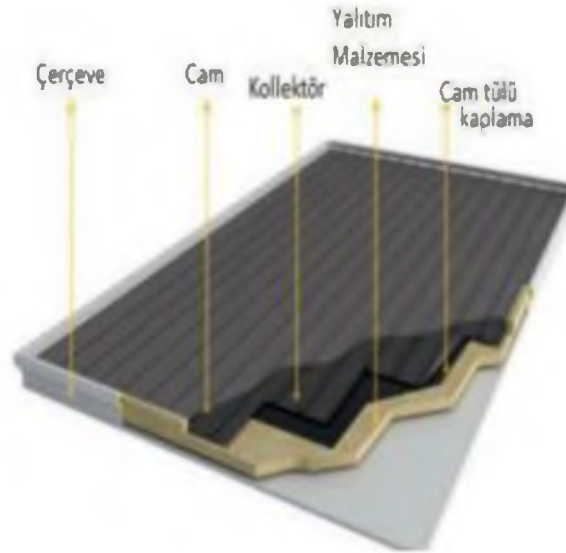
Bu kollektör türleri güneş enerjisi uygulamalarında daha sıcak hava şartlarında yüksek sıcaklık elde etmek için kullanılan güneş kollektörleridir. Kollektörün yapısı şekil 4.5’de gösterildiği gibidir. Bu kollektörler güneşten gelen ışınları yansıtan ışın kırıcı yüzeyler sayesinde noktasal ya da doğrusal yoğunlaştırır. Bu sayede açığa çıkarılan ısı yüksek değerlere ulaştırabilir. Doğrusal kollektörler de absorban boru kullanılırken, noktasal kollektörler de güneşi takip eden ve güneşten gelen ışınları odaklama bölgesinde yoğunlaştırır (Kelek, 1996).



Şekil 4.5. Odaklanabilen güneş kollektörünün gösterimi (URL5, 2021).

4.5. Güneş Kollektörü

Güneşten aldığı ışınlar sayesinde içinde ki akışkanı ısıtan kollektöre güneş kollektörü denir. Güneş kollektörleri hem içinde taşıdığı akışkana göre hem de şekline ve konumuna göre isim alabilen kollektörlerdir. Güneş kollektörleri hem suyu ısıtma da hem de havayı ısıtmada rahatça kullanılabilen ve kurulum maliyeti fazla olmayan kollektörlerdir. Sıvı akışkanlı kollektörler daha çok kullanma suyu ve ısınma suyu üretme amacı ile imal edilirken hava akışkanlı kollektörler ise daha çok mahal ısıtılmasında ve ürün kurutmak amacı ile imal edilirler. Aşağıdaki şekilde bir güneş kollektörünün kesiti ve bölümleri verilmiştir. Şekil 4.6’da Güneş kollektörünün detaylı gösterimi verilmiştir.



Şekil 4.6. Güneş kollektörünün detaylı gösterimi (Tuncer, 2018).

4.5.1. Üst örtü

Görevi güneşten aldığı enerjiyi içeri alıp ısı kaybını azaltmaktır. Örtü, gelen ışığın büyük bir kısmını geçirip çevreye taşınım ile ısı transferi geçmesini sağlamaktır. Saydam örtü hem ucuz hem de kolay temin edilebilmeli. Kızılötesi ve Mor ışıklardan etkilenmemesi gerekir. Yüksek sıcaklığa dayanabilmeli işçiliği kolay olmalı ve çevresel etkiler (Taş, dolu vs.) karşı dayanıklı olmalıdır. Saydam örtünün amacı, güneş ışınımını içeri alıp, çevreye olan ısı kaybını azaltmaktır. Örtüler, gelen ışınımın büyük bir kısmını geçiren buna karşılık çevreye taşınım ile ısı transferini ve yutucu yüzeyin yaydığı uzun dalga boylu ışınım kayıplarını en aza indiren levha veya film türünde malzemelerdir. Saydam örtü, ucuz olmalı, kolay temin edilebilmeli, mor ve kızılötesi ışınlardan etkilenmemeli, yüksek sıcaklıklara dayanabilmeli, kolay işlenebilmeli ve çevreden gelen etkileri (dolu, taş, vs.) karşı dayanıklı olmalıdır. Ayrıca, gelen kısa dalga boylu ışınları geçirme oranı büyük, yutucu yüzeyden neşredilen uzun dalga boylu ışınları geçirme (dışarı verme) oranı küçük olmalıdır (Kelek, 1996). Kollektörün üstündeki geçirgen örtü 3-4mm'lik camdan yapılmalıdır. Üst örtü Ultraviyole ışınlarına karşı yeterli geçirgenlikte yapılmış olmakla beraber geçirgenliği zamanla çok azalmamalıdır (Bilgili, 1998). Örtü malzemesi ısı kayıplarını engeller. Bu da örtünün en büyük avantajıdır. Güneşten gelen görülebilir ışınlar yutucu plakaya geçer, yutucu plakadan gelen radyasyonu orda absorbe ederek bir kısmını tekrar yutucu plaka üzerinden yansıtır. Örtü malzemesi rüzgâra ve konveksiyona karşı yutucu plakanın soğumasını önleyerek ısı kaybını büyük ölçüde engeller. Cam üzerine gelen ışığın %85-90'nını geçirir. Geriye kalan kısmı ise geçiş

esnasında cam tarafından emilir. Cam tarafından emilen ışık miktarı, camın emdiği demir oksit (Fe_2O_3) oranına bağlıdır. Emilen demir oranının artması emilen ışık miktarını da artırır. Örtü malzemesinin en önemli avantajı kollektörün ısı kayıplarını azaltmasıdır. Cam üzerine gelen güneş ışınlarının görülebilir olanları yutucu plakaya geçerler, yutucu plakadan olan radyasyonu dışarıya bırakmayarak bir kısmını tekrar yutucu plaka üzerine yansıtırlar. Örtü malzemesi, rüzgâr ve tabii konveksiyonla yutucu plakanın soğumasını önleyerek ısı kayıplarını önemli ölçüde düşürürler. Cam üzerine düşen güneş ışığının %85-90'ını geçirir. Geriye kalan kısmı ışığın camdan geçişi sırasında cam tarafından absorbe edilir. Absorbe edilen ışık miktarı camın ihtiva ettiği demir oksit (Fe_2O_3) oranına bağlıdır. Demir oranının artmasıyla absorbe edilen ışık miktarı da artar.

Tablo 4.1.Çeşitli örtü malzemelerinin özellikleri (Tırıs ve Varol, 1994).

Malzeme (mm)	Standart kalınlık (mm)	Güneş ışını geçirgenliği (%)	Fe_2O_3 (%)
Pencere camı	4	85	0,081
Düşük demirli cam	3	87	0,080
Su beyazı camı	3	90	0,016
Polyester katkılı fiberglas	1	87	...
Fleksiglas(Akrilik)	3	89	...

Farklı malzemelere ait özellikler tablo 4.1'de verilmiştir. Saydam plastikler camlara göre daha dayanıklı ve elastığı özelliğe sahiptirler. Ancak hava koşullarına ve aşınmaya karşı daha düşük dirence sahiptirler (Kelek, 1996). Plastik örtüler camlara göre kısa dalga boylu güneş ışınımını geçirme oranı daha fazladır. Buna rağmen çoğu plastik örtüler uzun dalga boylu ışınimleri da geçirirler, geçirilen bu ışınimler yutucu yüzeyden yansıyan ışınimlardır. Teflona benzeyen plastik malzemeler yüksek sıcaklığa dayanır ancak pahalıdır. Kollektördeki saydam örtü sayıca arttığında kollektördeki ısı kaybı azalır, bu da kollektördeki çıkış sıcaklığının yüksek olmasını sağlamakla beraber, kollektörün alabileceği güneş ışını azalır. Buda kollektör veriminin düşmesine sebep olur (Kelek, 1996).

4.5.2. Emici plaka

Isı dönüşüm işlemi, Güneş ışınlarının emici plaka tarafından yutularak gerçekleşir. Dönüşen ısı sistemde dolaşan akışkana iletilir. Emici plaka altta ve üstte birer manifold ile beraber bu manifoldların arasına yerleştirilmiş borular ve yutucu plakadan oluşur. Yutucu plaka ışınları yutmak amacı ile siyaha boyanmalıdır. Borunun ışını yutma

katsayısı yüksek ve dalga boyu uzun olan, uzun dalga boylu radyasyonu tutma katsayısı düşük olmalıdır. Tablo 4.2’de bazı malzemelerin ısı iletkenlik katsayıları yutucu plakanın güneş ışınlamını tutma oranının yüksek olmakla beraber uzun dalga ışınlamını yaymasının düşük olması gerekmektedir. Güneşten gelen ışınları yutarak ısınan plakanın malzemeleri ısı iletkenliği yüksek malzemeden seçilmelidir. Havalı güneş kollektörlerinde çalışma akışkanı ile yutucu yüzey arasında taşınım ile ısı transferi düşük olduğundan yutucu yüzey olarak seçilen malzemelerin ısı transfer hacmi yüksek olmalıdır. Böylece ısı transferi alanı büyüyeceğinden akışkana geçen enerji miktarı artar. Bu sayede elde edilen verim artar (Domaniç ve ark., 1982). Emici plaka, borular ve hava kanalı gerekli iletimin sağlanması için temas halinde olmalıdır. Bundan dolayı akışkan borularında ve kanatlarda bir bütünü teşkil edecek şekilde tasarlanmalıdır. Bu sayede iyi bir iletim sağlanır. Eğer kollektör tasarımında bakır ve sac kullanılacak olur ise problem çıkmaması için sık bir şekilde lehim ve kaynak yapılmalıdır.

Tablo 4.2. Bazı malzemelerin ısı iletkenlik katsayıları (Domaniç ve ark., 1982).

Malzeme	Isı İletkenlik Katsayısı (W/mK)	Malzeme	Isı İletim Katsayısı (W/mK)
Bakır	376	Kırmızı Tuğla	0,0015
Alüminyum	205	Polietilen	0,30-0,44
Paslanmaz Çelik	24	Polipropilen	0,20
Fleksiglas	0,20	Polvinli	0,16
Demir	72,7	Nikel	58,5
Çinko	112	Krom	86
Kalay	64	Kurşun	35
Altın	314		

Kollektörlerdeki yutucu plakalar yapısında kullanılan malzemelerin yapısına bağlı olarak üzerlerine gelen ışığın bir kısmını yutarken bir kısmını da yansıtırlar. İyi bir kollektör üzerine gelen ışınları iyi bir şekilde yutup içindeki akışkana iletmekle beraber, çevresel etkenlere karşı dayanıklı olması beklenir. Bununla beraber kollektörün bakımı kolay ve az masraflı olmalıdır.

4.5.3. Kollektör kasası

Havalı güneş kollektörlerinde kollektör kasası sistemin bir parçası olarak görevini yerine getirir. Kollektörden beklenen görevini en iyi şekilde görevini yerine getirmesidir. Düz yüzeyli kollektör kasası, bir yüzünde penceresi olan, kapalı bir kutu olarak düşünülebilir. Bu tanımlama her zaman doğru olmayabilir. Aktif güneşli sistemlerde, bir sistemin ısıtılmasında, kollektörler sistemin birer elemanı olarak görev yaparlar. Cam yerine plastikler kullanılabilir. Kollektörler silindir ya da başka şekilde olabilirler. Kollektörlerin şekli ne olursa olsun güneş ışınlarını verimli bir şekilde toplamaları istenir. Bu maksatla cam örtülü kapalı kutular uygun ve ekonomik olmaktadır. Cam güneş ışınlarını iyi bir şekilde geçiren ve etkilenmeyen bir malzemedir. Camın kollektöre montajı da kolay ve basit bir şekilde gerçekleştirilebilir. Kollektör kasetlerinin yapımında alüminyum, paslanmaz çelik, galvanizli çelik, siyah çelik, ahşap ve plastik gibi malzemeler ağaç, metal ve plastik kullanılmaktadır. Ağaç kasetlerinin yapımı ve montajı kolaydır. Ek sakıncası aşırı sıcaklıklardan etkilenmesidir. Metal, sağlam ve ateşe dayanıklıdır. Ancak ağır, pahalı ve iyi bir ısı iletken olması dezavantajdır. Buna rağmen birçok bakımdan ağaçtan daha uygundur. Emici plaka ile yalıtıldığı takdirde ısı kaybı önlenir. Ağırlığın azaltılması Al plaka kullanılarak sağlanabilir. Kollektör kasetlerinin yapımında plastik malzeme de kullanılabilir. Plastiklerin bazı türleri yüksek sıcaklığa dayanıklıdır ve metaller kadar sağlamdır. Kollektör yapımında kullanılan malzemelerin ısı genleşmeleri dikkate alınmadan boyutlandırılmaları bazı zararlı sonuçlar doğurur. Bilhassa camın uzaması dikkate alınmazsa, çevresindeki yerinde kendi kendine kırılır. Düz yüzeyli kollektörlerin kasesinin yapımı çok zor değildir. Değişik tasarım biçimleri mümkündür. Ancak aşağıda belirtilen hususlar, kasanın yapımında dikkate alınmalıdır.

- 1- Kasa, kollektörü sağlam bir şekilde taşınmalı, emici plaka ile kasa arasında yalıtım uygulanmalıdır.
- 2- Isıl genleşmelerin olacağı bağlantı yerlerinde su ve hava sızdırmayan conta bulunmalı, cam sağlam olarak tespit edilmeli, alt ve üstüne conta konulmalıdır.
- 3- Temizliği için, emici plakaya kolayca ulaşılabilmesi, kırılan cam pratik şekilde değiştirilebilmelidir.

4.5.4. Isı yalıtımı

Kollektörün en sıcak bölümü emici pakadır. Emici plakanın sıcaklığı dış çevreye karşı korunmalıdır. Bundan dolayı hem kurulumunun yapıldığı yer rüzgâra karşı korunmalı hem de iyi bir şekilde yalıtılmalıdır. Yalıtımda kullanılan malzemeler dış etkenlere (Rüzgâr, yağmur, sıcaklık vs.) karşı dayanıklı olmalıdır. Kollektörün iç kısmında kullanılan yalıtım malzemeleri ise özellikle sıcaklığa karşı dayanıklı olmalıdır. Özellikle istenilen dayanma sıcaklığı 175-200°C'dir. Kollektörlerin en sıcak olan parçası emici plaka, yalıtılarak daha soğuk olan dış çevreyle teması kesilmelidir. Yalıtım amacıyla kullanılacak malzemede bazı özellikler aranır. Örneğin polistiren köpük yalıtım malzemesi olarak kullanılamaz. Düşük sıcaklıkta erir ve yanabilir. Bazı poliüretan köpükler, cam yünü vb. yalıtkanlar bu amaçla kullanılabilir. Kollektörlerin iç kısımlarında kullanılacak bütün malzemeler 175-200°C'ye kadar sıcaklıktan zarar görmemelidir. Kasa kollektörü sağlam bir şekilde taşınmalı, yutucu plaka ile kasa arasında yalıtım uygulanmalıdır. Kasanın yan yüzeyleri ve arkasında olan ısı kayıplarını minimuma indirmek için absorban plaka ile kasa arası uygun bir yalıtım maddesi ile yalıtılmalıdır. Kasanın yan yüzeyleri ve arkasında sırasıyla 20-50mm ve 50-100mm kalınlığında cam yünü veya buna eşdeğer yalıtım sağlayacak kalınlıkta yalıtkan kullanılmalıdır (Domaniç ve ark., 1982).

Tablo 4.3. Bazı yalıtım malzemelerinin özellikleri (Domaniç ve ark., 1982).

Yalıtım Malzemesi	Isı İletim Katsayısı (W/m ² K)	Çalışma Sıcaklığı (°C)	Yoğunluğu (kg/m ³)
Cam Yünü	0,032	250-500	15-20
Taş Yünü	0,036-0,055	650-1050	
Polyester Köpük	0,029	70-80	20
Poliüretan Köpük	0,023	104	35
PVC	0,35	100-103	40-80
Kalsiyum silikat	0,055	650	
Perlit	0,048	820	
Fenolik Köpük	0,033	135	
Gözenekli Plastik	0,04	100	

Absorban plaka sıcaklığı, kollektörün boş kalması durumunda 150°C'ye kadar ısınması nedeniyle kullanılacak olan yalıtım malzemesinin sıcak yalıtım malzemesi olması gerekmektedir. Isı iletim katsayıları düşük ve soğuk yalıtım malzemesi olarak

bilinen poliüretan kökenli yalıtım malzemeleri tek başına kullanılmamalıdır. Bu tür yalıtım malzemeleri, absorban plakaya bakan tarafı sıcak yalıtım malzemesi ile takviye edilerek kullanılmalıdır. Bazı yalıtım malzemelerinin özellikleri tablo 4.3’de verilmiştir (Domaniç ve ark., 1982).

4.5.5. Güneş kolektörlerinin avantajları

Havalı güneş kolektörlerinin diğer kolektörlere göre avantajları aşağıdaki gibidir.

- Havalı Güneş kolektörlerinde birden fazla yutucu yüzey kullanılabilir. Yutucu yüzey arttıkça güneş ışınlamından daha fazla faydalı ısı elde edilir. Dolayısıyla kolektör çıkış sıcaklığı artar. Kolektörden ısı kayıpları azalır.

- Sıvılı kolektörlerde, 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 hiçbir önlem alınmasa dahi donma tehlikesi yoktur. Kaynama, aşırı ısınma söz konusu değildir.

- Toplayıcı bünyesinde korozyon, kimyasal kirlenme (kireç taşı), bağlama sorunları yoktur.

- Çok küçük sızıntı ve kaçaklar problem yaratmaz.

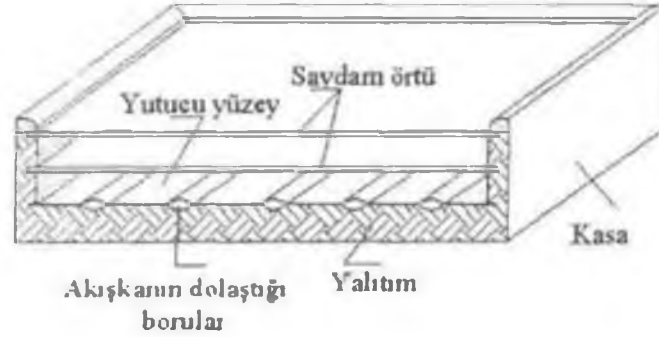
- Havalı kolektörlerde masraflar sıvılı düzlemsel toplayıcılara göre daha azdır.

- Havalı ısıtıcılar ağırlıkça sıvılıya göre daha hafiftir.

4.6. Sıvılı Güneş Kolektörleri

Kolektörler üzerlerine gelen güneş ışınlarını ısı enerjisine çevirecek şekilde toplayan düzeneklerdir. Kolektörlerin üzerleri yutucu yüzeyle kaplanmış kanallardan oluşur. Sıvı akışkanlı bir kolektörün içyapısı ve parçaları aşağıda ki şekil 4.7’de

verilmiştir. Kollektörün en önemli elemanı güneş ışınlarını absorbe eden akışkanın geçtiği kanallar ve yüzey yutucudur. Kollektörün diğer elemanları ise; kasa, yalıtkan malzemeleri ve geçirgen üst örtüdür.



Şekil 4.7. Sıvı akışkanlı kollektörün içyapısı (İpek, 2001).

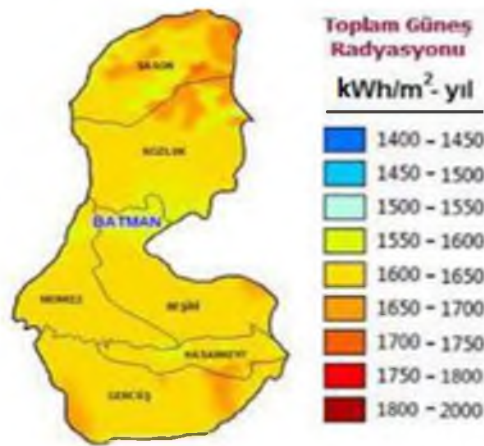
Sıvı akışkanlı kollektörün performansını etkileyen faktörler;

- Borulardan geçen akışkan miktarı eşit olmalıdır.
- Sıvı akışkanı emici plakanın ön yüzünde oluk ve yüzey artırıcı şekiller olmalıdır.
- Korozyona karşı gerekli önemler alınmalıdır. En iyi malzeme paslanmaz çeliktir bunu için
- Kollektör boruları yutucu plakanın parçası şeklinde yapılır ise ısı ısıtıcı akışkana daha rahat iletilir. Bu sayede verim artar (İpek, 2001).

5. MATERİYAL VE METOD

5.1. Batman İlinin Güneşlenme Haritası

Batman ilinin güneşlenme haritasına bakıldığında özellikle Hasankeyf, Sason ve Kozluk ilçelerinin radyasyon değerlerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bundan dolayı bu ilçelerde kurulacak hava akışkanlı güneş kolektörlerinin daha yüksek verime sahip olacağı öngörülmektedir. Şekil 5.1. Batman ili toplam güneş radyasyonu haritası $\text{kWh/m}^2\text{-yıl}$ olarak detaylı bir şekilde verilmiştir.



Şekil 5.1. Batman ili toplam güneş radyasyonu haritası (URL12, 202).

Batman ili coğrafi olarak, daha çok dağlık bir bölgede yer almaktadır. Şehrin kuzeyinde güneydoğu Torosları bulunur. Kozluk ve Sason ilçeleri bu şehrin kuzeyinde ki dağlık bölgelerde kurulmuştur. Güney Muş dağları Kozluk ve Sason ilçelerini tamamen kaplamaktadır. Bu bölgede bulunan dağlar yükseklikleri şu şekildedir. Sason Dağı (Aydınlık Dağı, 2973m), Zupser Tepe (2721m), Tanrıdağı Tepe (2044m) dir.(URL11, 2021)

5.2. Teorik Analiz

Farklı kolektörlerle yapılan deneylerde elde edilen veriler kullanılarak, her bir kolektörde elde edilen ısı verim değerleri karşılaştırılıp, deneyi yapılan kolektörler arasında, hangi kolektörün daha iyi sonucu vereceği deneyler ile ortaya konulmuştur. Elde edilen veriler ile ısı verim hesabının yapılabilmesi için, ilk olarak havanın kütleli debisinin hesaplanması gerekmektedir. Kütleli debiyi hesaplamak için eşitlik 5.1'den yararlanılır (Yıldız ve ark., 2002).

Denklemden geçen ifadeler;

$$\dot{m} = q \cdot A_c \cdot V \quad (5.1)$$

$\dot{m}$: Kütlesel debi (kg/s)

q : Havanın yoğunluğu (kg/m³)

A_c : Kollektör çıkış kesit alanı (0,0314 m²)

V : Hava akış hızı (3m/s, 6,5m/s)

ifade etmektedir.

Elde edilen kütlesel debi değerleri ve Termokupl yardımıyla ölçülmüş olan giriş ve çıkış sıcaklık değerleri kullanılarak havaya aktarılan enerji hesaplanır. Havaya aktarılan enerji denklem 5.2 ile hesaplanır (Yıldız ve ark., 2002).

$$Q = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T \quad (5.2)$$

Denklemden geçen ifadeler;

Q : Havaya aktarılan enerji (kWh)

$\dot{m}$: Kütlesel debi (kg/s)

c_p : Özgül ısı (kJ/kg °C)

T_c : Kollektörün çıkış sıcaklığı (°C)

T_g : Kollektörün giriş sıcaklığı (°C)

ifade etmektedir.

Kollektörlerin ısı verimi, 5.3 numaralı denklem ile hesaplanmıştır. Denkleme göre ısı verim, havaya aktarılan enerjinin kollektör yüzeyine düşen ışıyım miktarına oranını ifade etmektedir (Yıldız ve ark., 2002).

$$\eta = \frac{Q}{I_T A_k} \quad (5.3)$$

Denklemden geçen ifadeler;

Q : Havaya aktarılan enerji (kWh)

A_k : Kollektör yüzey alanı (m²)

I_T : Işıyım şiddeti (W/m²)

η : Kollektörün ısı verimi ifade etmektedir.

5.3. İskele

Tasarımı yapılacak olan kollektörlerimizin, sabitlenmesi gerekiyordu. Bu sebepten dolayı kollektörlerin ağırlığını taşıyacak şekilde iskeleler yapmaya karar verildi. İskeleler profilden yapılmaya karar verdikten sonra, gerekli malzeme temini yapıldı. Kesim ve tasarım işlemlerinden sonra Şekil 5.2.'de görüldüğü gibi kaynaklı birleştirme işlemi yapıldı. Bütün işlemler bittikten sonra kollektörlere dayanıklılık testi yapıldı. Herhangi bir sıkıntı olmadığı görülünce, kollektörleri monte edip testler yapıldı.



Şekil 5.2. Yapım aşamasındaki iskeleler

5.4. Güneş Kollektörü Yapımında Kullanılan Malzemeler

Hava akışkanlı güneş kollektörlerinin yapımında kullanılan malzemeler şöyledir;

- Güneş Kollektörü
- Kola kutusu
- Isıya dayanıklı silikon
- Yalıtım malzemesi
- Siyah mat boya
- PVC boru
- Sıcak silikon
- Tek katlı cam

Sistemin yapımında kola kutularının seçilme sebebi, özellikle çevreye olumsuz etki yapacak olan boş kola kutularını geri dönüşüme kazandırıp, daha temiz bir çevre oluşmasını sağlamakla beraber, kola kutularını topluma fayda sağlayacak şekilde bir sistemin tasarımında kullanmayı amaç edinmiştir. Bu doğrultuda yeterli sayıda kola kutusu toplandı ve bu kutular üzerinde gerekli işlemler yapıldıktan sonra montajı yapıldı. Bu sayede hem çevrede oluşabilecek kirlilik önlendi hem de atıl durumda olan kola kutuları insanlara faydalı olacak bir sistemin parçası haline geldi. Şekil 5.3.'de görüldüğü gibi yapılan çalışma sonucunda yapısı itibari ile ısı iletkenlik katsayısı yüksek olan kola kutuları ile güzel sonuçlar vereceği öngörüldü.

Fanlar olduğu gibi kollektörlere monte edilemezdi. Bu sebepten dolayı fanların sisteme monte edilebilmesi için uygun davlumbazlar yapıldı. Bu sayede kollektörlere rahat bir şekilde monte edilebilir duruma getirildi. Şekil 5.4.'de görüldüğü gibi fanlarımız sistemde kullanılabilir durumdadır. Şekil 5.5.'de görüldüğü gibi kola kutuları kollektörün içine monte edilmiş ve sızdırmazlığı sağlanarak, kullanıma hazır hale getirilmiştir.



Şekil 5.3. Tasarım çalışmaları yapılan kola kutuları



Şekil 5.4. Kullanıma hazır fanlar

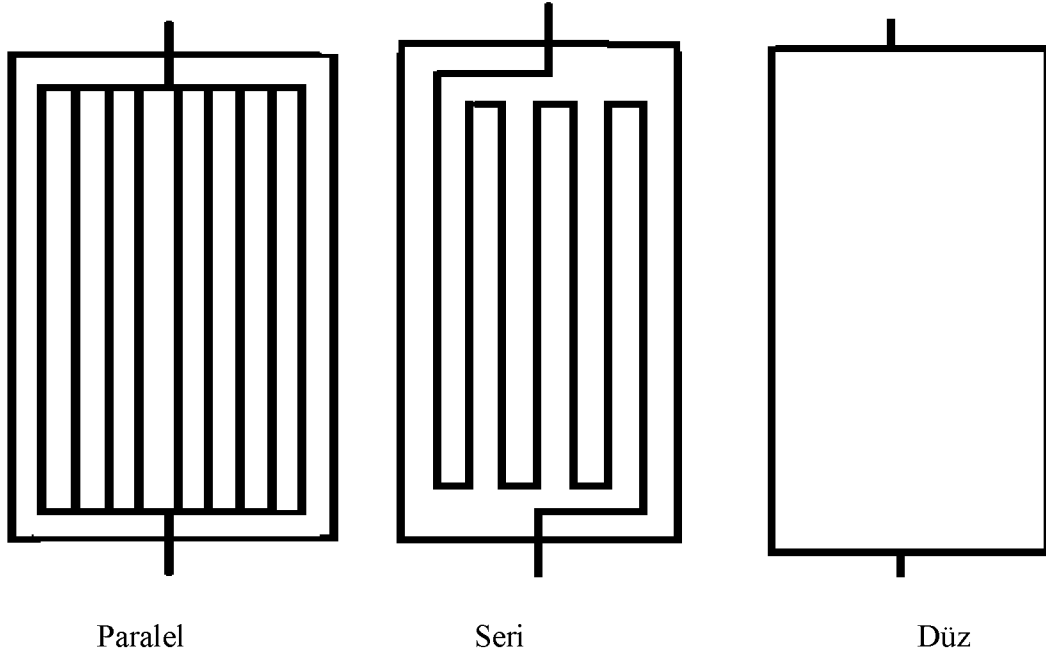


Şekil 5.5. Kola kutusu hatlarında sızdırmazlık sağlanırken

5.5. Deney Düzenəğinin Hazırlanması

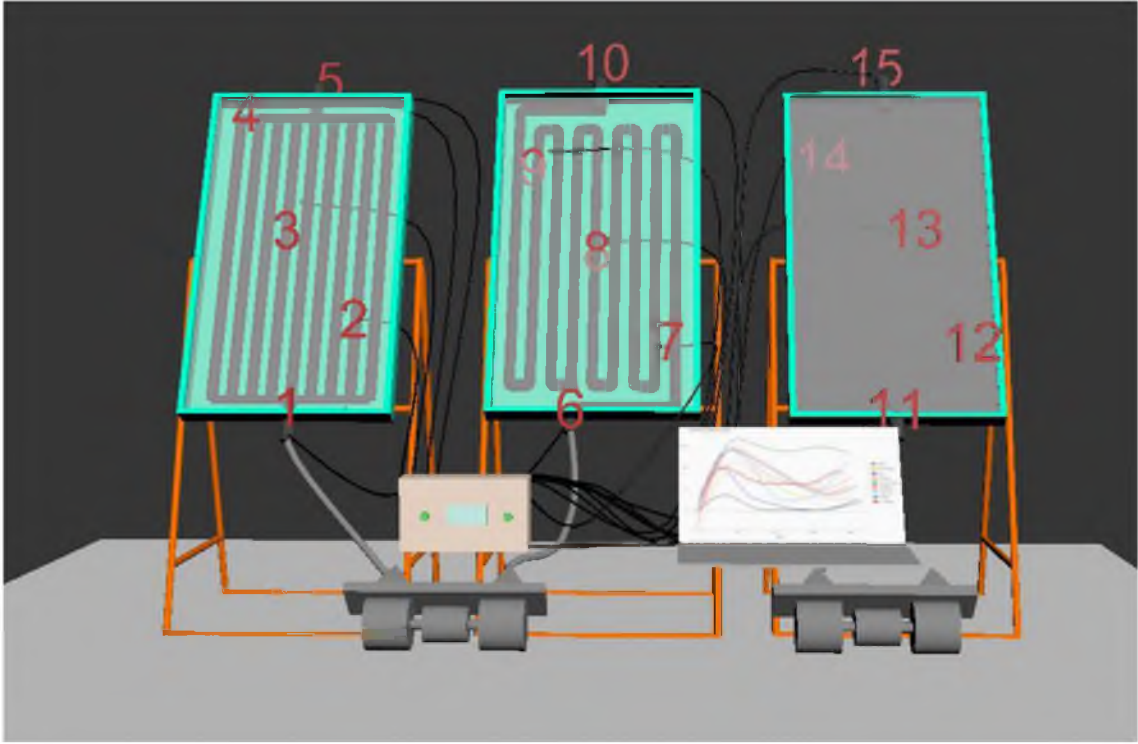
Bu çalışmada farklı tasarımlara sahip 3 farklı güneş kollektörünün kıyaslaması yapılarak, en verimli kollektörün tespiti yapılacaktır. Bu çalışma teste tabi olduğundan, bir deney düzeneğine ihtiyaç vardı. Deneyler dış ortamda yapılacağından yapılan deney

setinin hava muhalefetine dayanıklı olması gerekir. Bu doğrultuda kollektörlere dayanıklı üç tane deney düzeneği tasarlandı. Deney düzeneğinin tasarımı bittikten sonra, kollektörlerin tasarımına başlandı. Kollektörler, seri paralel ve düz olarak üç şekilde tasarlandı. Daha sonra bu kollektörler oluşabilecek ısı kaybına karşı yalıtıldı. Şekil 5.6’da görüldüğü gibi paralel ve seri kollektörlerin tasarımında kola kutuları kullanıldı, düz kollektörün yapımında ise performans karşılaştırması için düz plaka sac kullanıldı.



Şekil 5.6. Farklı tasarımlara sahip havalı Güneş kollektörleri tasarımı

Kollektörlerde kullanılan kola kutuları gelişigüzel bir şekilde bırakılmadı. Önce bir dizi işlem den geçirilmesi gerekiyordu. Kola kutularının alt ve üst kapakları şekil 5.8’de ki gibi öncelikli olarak söküldü. Ardından ısıya dayanıklı silikon ile önce dörderli olarak, sonra bir hattı oluşturacak şekilde birleştirildi. (Şekil 5.9 ve Şekil 5.10) kutuların birleştirme işlemleri bittikten sonra, ısıyı daha iyi absorbe edebilmek için siyah mat boya ile boyandı. Bu işlemler bittikten sonra kollektörler seri ve paralel bağlanacak şekilde PVC plastik boru bağlantı malzemelerinin yardımı ile bağlantıları Şekilde 5.7’de görüldüğü gibi birleştirme işlemleri yapıldı.



Şekil 5.7. Havalı Güneş kolektörlerinin üç boyutlu tasarımın çizimi



Şekil 5.8. Kapakları sökülmüş kola kutuları



Şekil 5.9. Kola kutularının silikon ile birleşimi yapılırken



Şekil 5.10. Silikon ile birleşimi yapılan kola kutuları



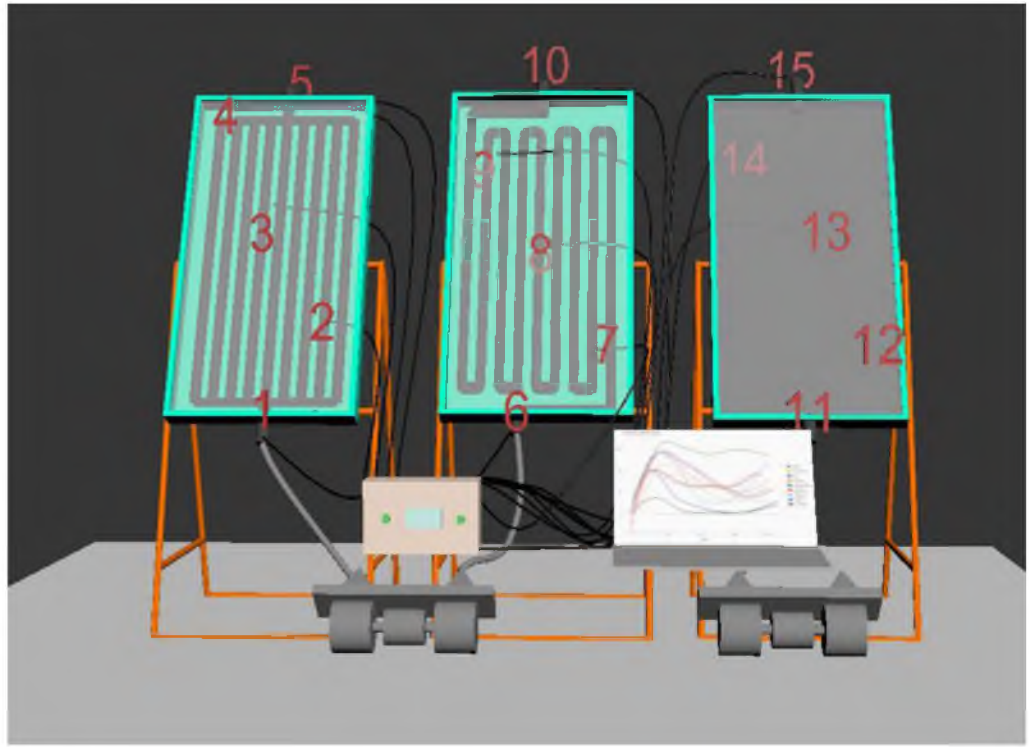
Şekil 5.11. Kola kutuları siyah mat boya ile boyanırken

Bağlantılar yapıldıktan sonra kola kutuları ile yapılan boruların içinden fanlar yardımı ile hava geçirildi. Kollektörlerin içindeki her kanaldan geçen hava debisinin farklı olduğu gözlemlendi. Bu istenen bir durum değildi. Kanallardan eşit hava geçilmesini sağlamak amacı ile her kanalın içine farklı miktarda bulaşık teli konuldu ve anemometre yardımı ile debiler eşitleninceye kadar deney yapıldı. Kola kutuları ile yapılan kanallardan geçen hava debileri eşitlendikten sonra ölçüm yapılacak noktalar belirlendi. Ölçüm noktaları Şekil 5,7’deki gibi belirlendikten sonra ısıdan etkilenmeyecek şekilde monte edildi. Sistemin camları monte edildikten sonra, fanlar da Şekil 5,7’deki gibi monte edildi ve belirlenen noktalardan farklı günlerde gün boyu ölçümler alındı.

5.6. Ölçüm Aletlerinin Kurulumu

Kollektörlerin tasarımı bittikten sonra camlar takılmadan önce, kollektörlerde ölçüm noktaları belirlendi ve termokupllar belirlenen noktalara monte edildi. Şekil 5.12 ‘de Termokuplların montajı ısıya dayanıklı silikon ve bant yardımı ile yapıldı. Eğer termokuplların montajı bu şekilde yapılmasaydı yüksek sıcaklıklarda termokupl yapışkanı yüksek sıcaklık da özelliğini kaybeder ve termokupl istenen ölçümü yapamazdı. Bundan dolayı tasarım esnasında bu hassasiyet göz önünde bulunduruldu. Kollektörlerin camları kollektörlere monte edildikten sonra camların montajı yapıldı ve sistem kapalı bir hale getirildi. Bu aşamadan sonra termokuplların datalogera bağlanması

için soketlerin montajı yapıldı ve Termokupllar datalogere bağlandı. Şekil 5.14’de ki gibi sistem kurulup termokupllar datalogere bağlandıktan sonra dataloger bilgisayara bağlandı ve verilerin alınması için bilgisayarda ölçüm noktalarına göre program düzenlendi. Bu sayede kollektörlerin içinde belirlenen noktalarda istenen veriler alındı. Kollektörlerin çıkış noktalarında hava hızını ölçmek için anemometre kullanıldı. Anemometre ile hem dış hava hızını hem de dış hava hızı ölçüldü. Bu ölçümler 20 dakikalık aralıklar ile gün boyu yapıldı. Hava hızının yanında radyasyon ölçme cihazı ile 20 dakikalık aralıklar ile kollektörlerin açısına göre gün boyu radyasyon ölçümü de yapıldı. Deney sonuçlarını alırken kullanılan dataloger’in teknik özellikleri Tablo 5.1’de verilmiştir.



Şekil 5.12. Ölçüm noktalarının belirlenmesi

Şekil 5.12’de de görüldüğü gibi 3 farklı yüzeye sahip olan kollektör tasarımı gerçekleştirildi. En başta kollektör içerisinde havanın geçeceği bölmeler kola kutuları kullanılarak paralel bir hava akışı sağlandı. Ortadaki kollektör de ise hava akışı yine kola kutuları kullanılarak seri bir şekilde hava akışı sağlanmış oldu. 3. Kollektör ise herhangi bir malzeme kullanılmadan kollektör içerisine giren hava düz yüzeyi yalayarak yukarıdan çıkmak sureti ile hava akışını sağlamaktadır. Kollektörlerin hemen altına kollektör içerisinde hava akımını sağlama üzere fanlar yerleştirildi ve hortumlar sayesinde kollektöre hava girişi gerçekleşti. Sıcaklık ölçümlerini yapabilmek için k tipi termokupllar seçildi. Bu termokupllar şekil 5.13’de görüldüğü gibi kollektör içerisinde hava kanallarının üzerine monte edildi.



Şekil 5.13. Termokuplların montajı



Şekil 5.14. Termokuplların datalogere montajı

Termokupllar kollektör içerisine yerleştirildiği gibi kollektör camının dışa bakan yüzeyine de sıcaklık ölçümü için yerleştirildi. Ayrıca dış sıcaklığı ölçebilmek için dış ortama da bir tane termokupl yerleştirildi. Kollektörlerin hava giriş ve çıkışlarındaki sıcaklıkları ölçebilmek için her bir kollektörün hem girişine hem de çıkışına boru içerisine birer adet termokupl yerleştirildi. Yerleştirilen termokupllar toplanarak datalogera bağlantıları yapıldı. Dataloger ise bağlantı elemanı ile bilgisayara bağlantısı yapıldı böylelikle datalogera gelen sinyaller ihtiyaç duyulan bilgilere dönüştürülerek bilgisayara aktarımı yapıldı. Datalogera uyumlu bir program sayesinde tüm veriler istenilen sürede bilgisayara kaydı yapılmış oldu. Bu dataloger aşağıdaki tabloda da teknik bilgileri verilmiş olup 32 kanaldan bilgi girişine izin vermektedir. şekil 5.15’de deney düzeneğinde kullanılan ölçüm aletlerinin resimleri verilmiştir. Radyasyon lmleri bir solar metre yardımı ile ölçülmüştür. Kollektörlere giren hava hızları ise kanal giriş çıkışlarına tutulan anemometre yardımı ile veriler elde edilmiştir.

Tablo 5.1. Dataloger teknik zellikleri

Doğruluk sınıfı	0,5
Gösterge Ayırımı	1/9999
Gösterge	9 Digit LED (16mm)
A/S evirim	16 bit
S/A evirim	12 bit
Giriş Seçme Aralığı	0,2-9,9 saniye / Kanal
Gösterge Tarama Aralığı	1-99 Saniye / Kanal
Gürültü Bastırması	120 dB 50 Hz’de
Çalışma Ortam Sıcaklığı	-10...55°C
T/C Ortam Sıc. Kom	0... 50 °C
Set Ayarları	Set değeri limitleri içinde
Kontak Formları	Alt (LO) veya st (HI)
Sabit Bant	0-9999 EU
Çalışma Gerilimi	85-265 V AC/ 85-375 DC 20-60 V AC 20-85 V
Güç Sarfı	Max. 7 W
Kontak Kapasitesi	NA Kontak 250 V AC 5 A
Giriş İşareti	T/C, R/T, mA, mV, V
l Elemanı	Termokupl Rezistans Termometre
Bellek	EEPROM max. 10 ⁵ yazma
AĞırlık	650 Gr



a) Dataloger



b) Radyasyon ölçüm cihazı



c) Anemometre



d) Termokupl

Şekil 5.15. Ölçüm cihazları

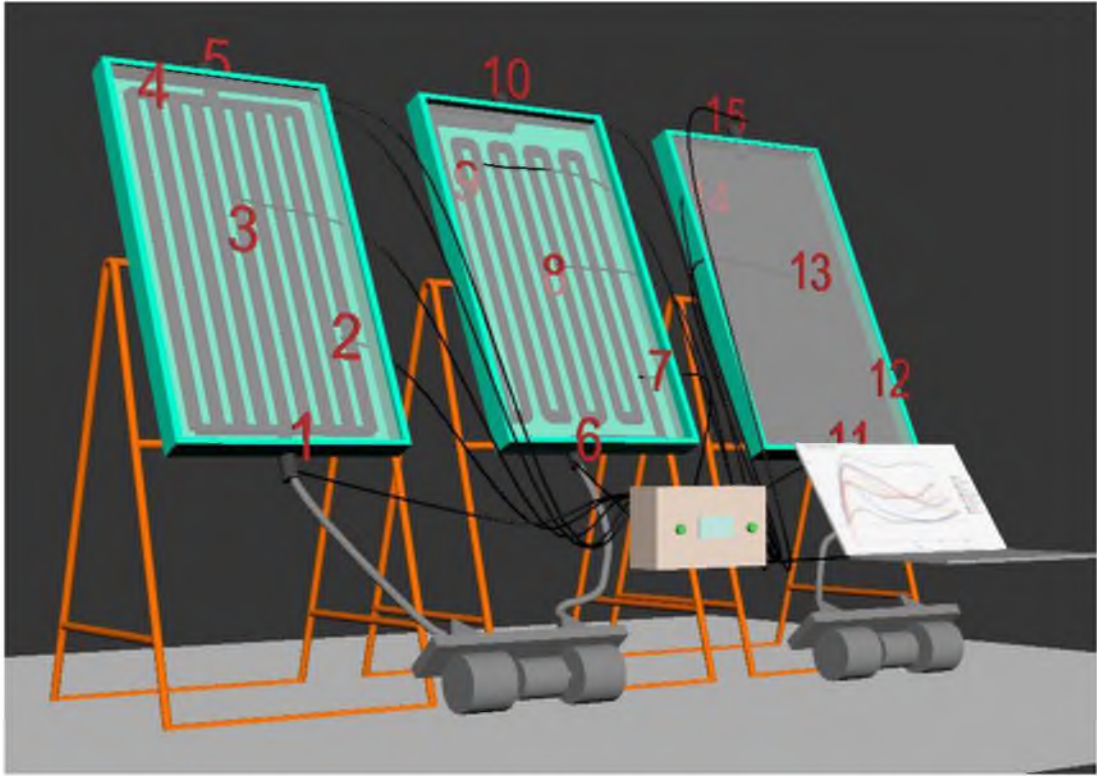
Deney setinde kullanılan ölçüm aletlerinin teknik özellikleri, ölçüm aralıkları, hassasiyetleri ve hata miktarları Tablo 5.2’de tablo halinde verilmiştir. Ortam sıcaklığı ve nemi, kollektörün gerekli sıcaklıkları, hava hızları ve radyasyon gibi hesaplamalarda ihtiyaç duyulan gerekli verilerin toplanması bu yardımcı elemanlar sayesinde olmuştur.

Tablo 5.2. Ölçüm aletlerinin teknik özellikleri

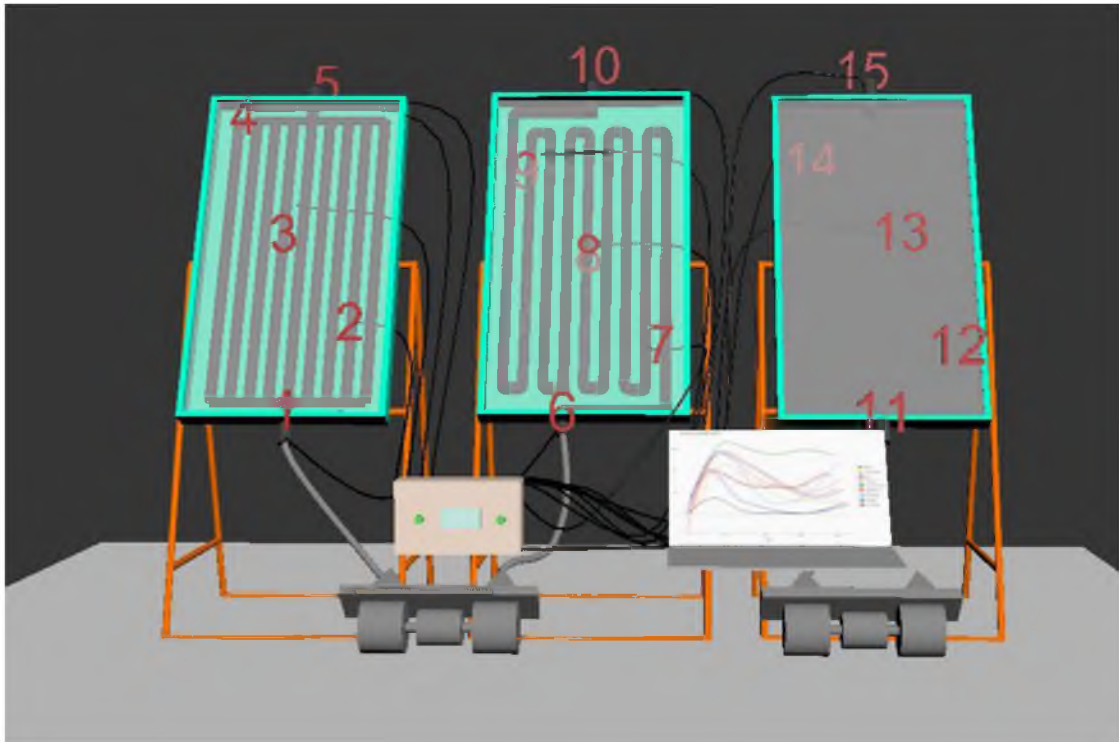
Ekipmanlar	Özellikleri	Ölçüm Aralığı	Hassasiyet	Toplam Hata
Sıcaklık ve nem ölçüm cihazı	NTC sensör	%5-95 RH 0-50°C	± %3 ±0,5°C	±%3,16 ±0,756°C
Sıcaklık sensörü	10mV/ °C	-55 ~+150°C	±0,1°C	±0,304°C
Hız ve sıcaklık cihazı	NTC sensör	-20~+70°C 0-20m/s	±0,01m/s ±0,1°C	±0,1009m/s ±0,173°C
Solar metre	0,3-1.1 mikron spektrum	0-1200 W/m ²	±%3	±%3,04
Sıcaklık ölçüm cihazı	32 kanatlı elektronik J tipi	0, 400°C	±0,1°C	±0,287°C

5.7. Deneylerin Yapılışı

Sistemin kurulumu bittikten sonra deney aşamasına geçildi. Batman ilinin iklim şartları göz önünde bulundurularak, deneyler 41° derecede ve 6,5m/s ve 3m/s kütleli debide olmak üzere birer gün yapıldı. Her deney gün boyu yapıldı ve 20 dakikada bir veri alındı. Alınan verilerin tamamı daha sonra değerlendirilmek üzere kayıt altına alındı. Deneyimizin yapılabilmesi için açının hatasız yapılması gerekiyordu, bundan dolayı bilgisayardan alınan açölçer çıktıları istenilen açıda makas ile kesip kollektörlerin üzerine yapıştırıldı. Daha sonra yapılmak istenen testi için açölçer yardımı ile kollektörler 41° ye getirildi. Üç kollektörün açısı bu şekilde ayarladıktan sonra, ölçüm yapacak olan dataloger bağlantıları (Şekil 5.16 ve Şekil 5.17) olduğu gibi üç kollektörden ölçüm alacak şekilde yapıldı. Yirmi dakika ara ile ölçümler kayıt altına alındı. Ölçümler önce bilgisayar yardımı ile üç kollektörden istenilen noktalardan alındıktan sonra, solar metre ile eş zamanlı olarak radyasyon ölçümleri kaydedildi. Daha sonra üç kollektörün çıkış noktasından anemometre ile hava hızları ölçülüp kayıt altına alındı. Bu işlemler sabah saat 08:00’den akşam 17:00’a kadar sürdü. Bu sayede üç kollektörlerimiz arasında sağlıklı kıyaslama yapabilecek veriler elde edildi.



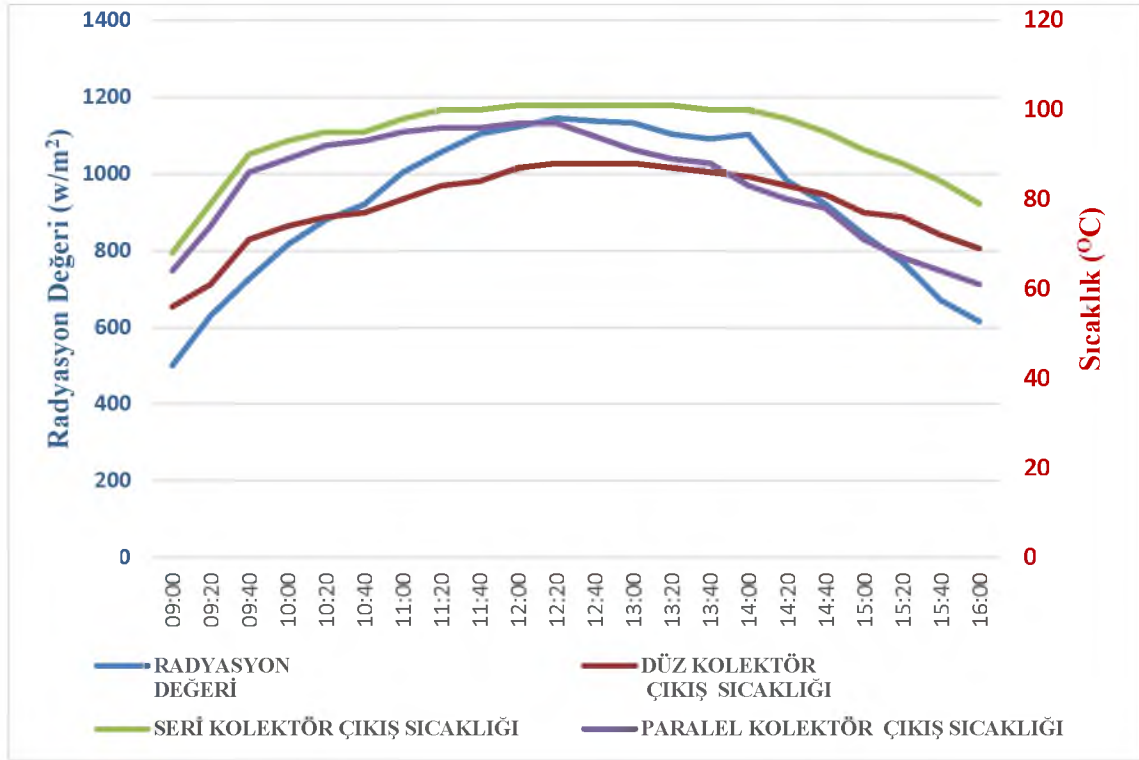
Şekil 5.16. Hava akışkanlı güneş kollektörlerinin ölçüm aletleri ile kurulumu.



Şekil 5.17. Ölçüm noktalarının gösterimi

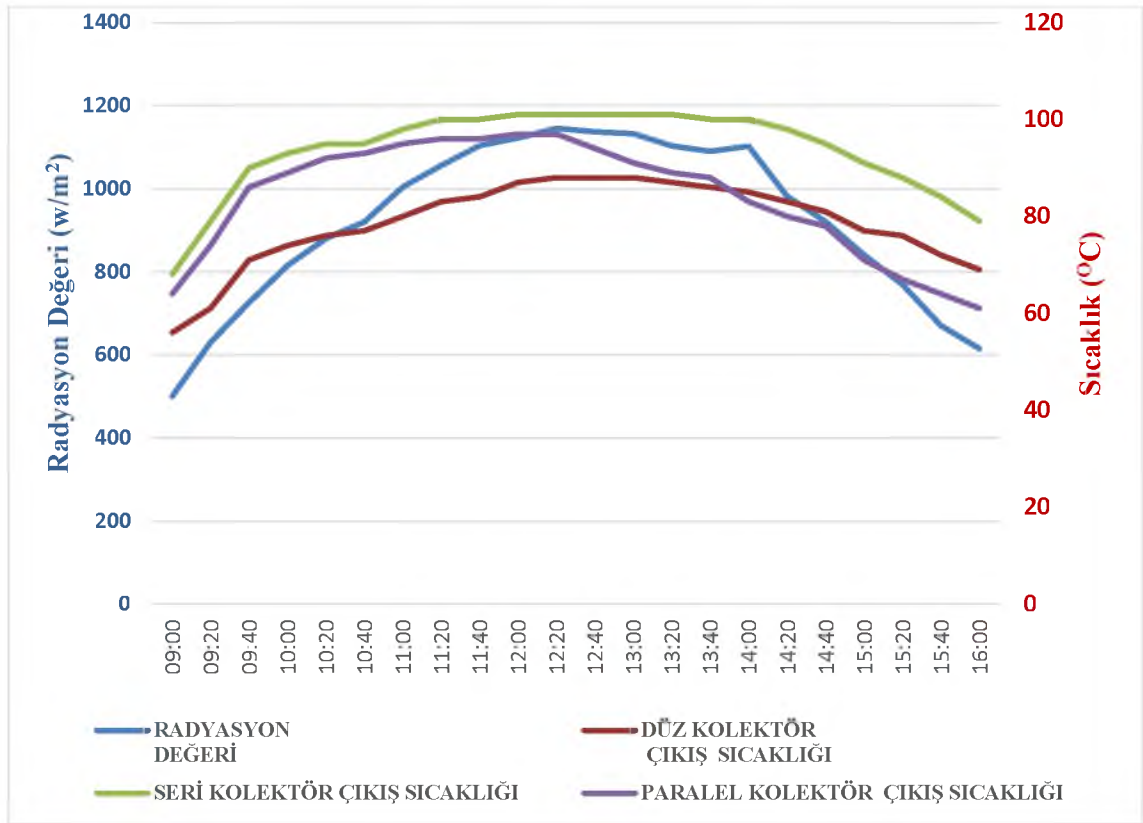
5.8. Deney Verilerinin Değerlendirilmesi

15 Ağustos 2021 tarihinde radyasyon değerleri, düz kolektör, seri kolektör ve paralel kolektörün hava çıkış sıcaklıkları ve bu elde edilen sıcaklıkların kıyaslanması aşağıdaki şekillerde verilmiştir.



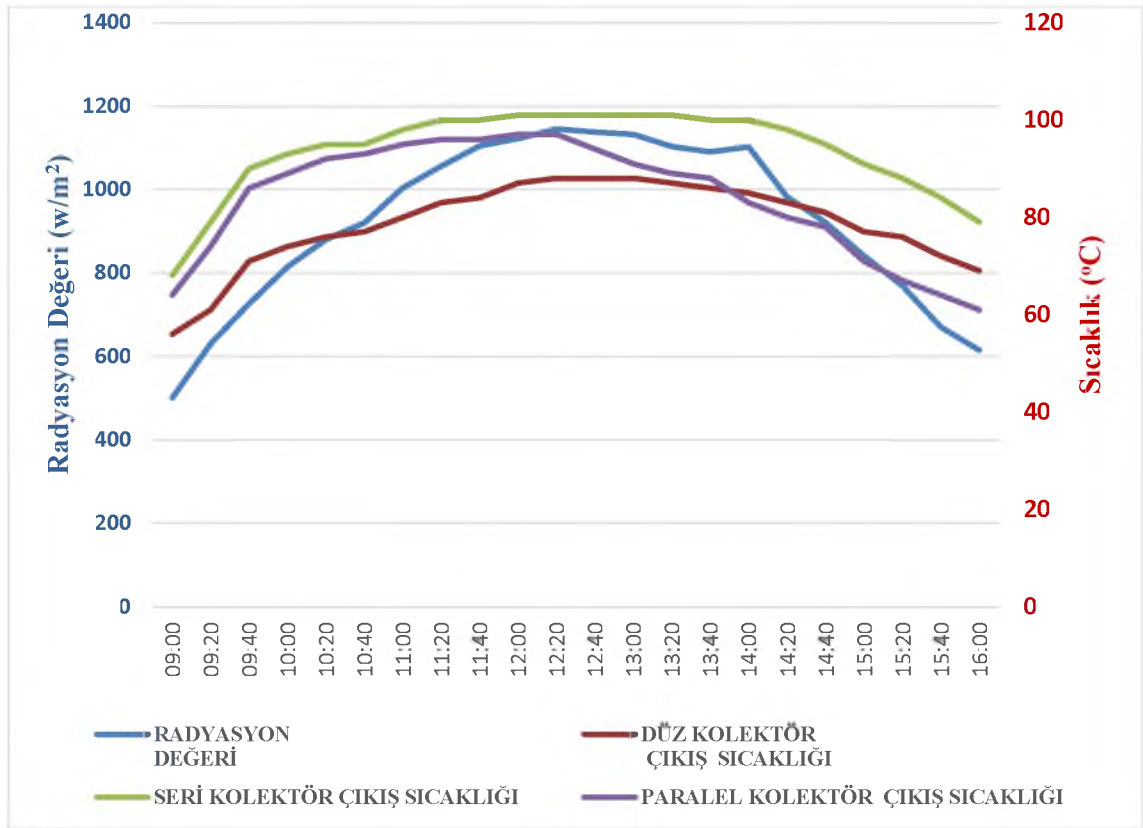
Şekil 5.18. Düz kolektör 41° ve 6,5 m/s hızda Radyasyon değerine göre sıcaklık farkı grafiği

15 Ağustos 2021 tarihinde deney düzeneğinden alınan verilere göre radyasyon değeri 500W/m^2 değerinde başlamış olup, saat 12:20'de maksimum seviye olan 1145W/m^2 çıkmış ve akşam saat 16:00'da 615W/m^2 değerine düşmüştür. Kolektörümüzde sabah saat 9:00'da giriş sıcaklığı 33°C , yüzey sıcaklığı 73°C , çıkış sıcaklığı ise 64°C olarak ölçülmüştür. Bu değerler saat 13:00'de giriş sıcaklığı 44°C , yüzey sıcaklığı 118°C , çıkış sıcaklığı ise 91°C olarak ölçüldükten sonra saat 16:00'da giriş sıcaklığı 42°C , yüzey sıcaklığı 87°C ve çıkış sıcaklığı 61°C olarak ölçülmüştür. Ölçülen değerlere göre kolektörden maksimum verimin gün ortasında alındığı görülmektedir.



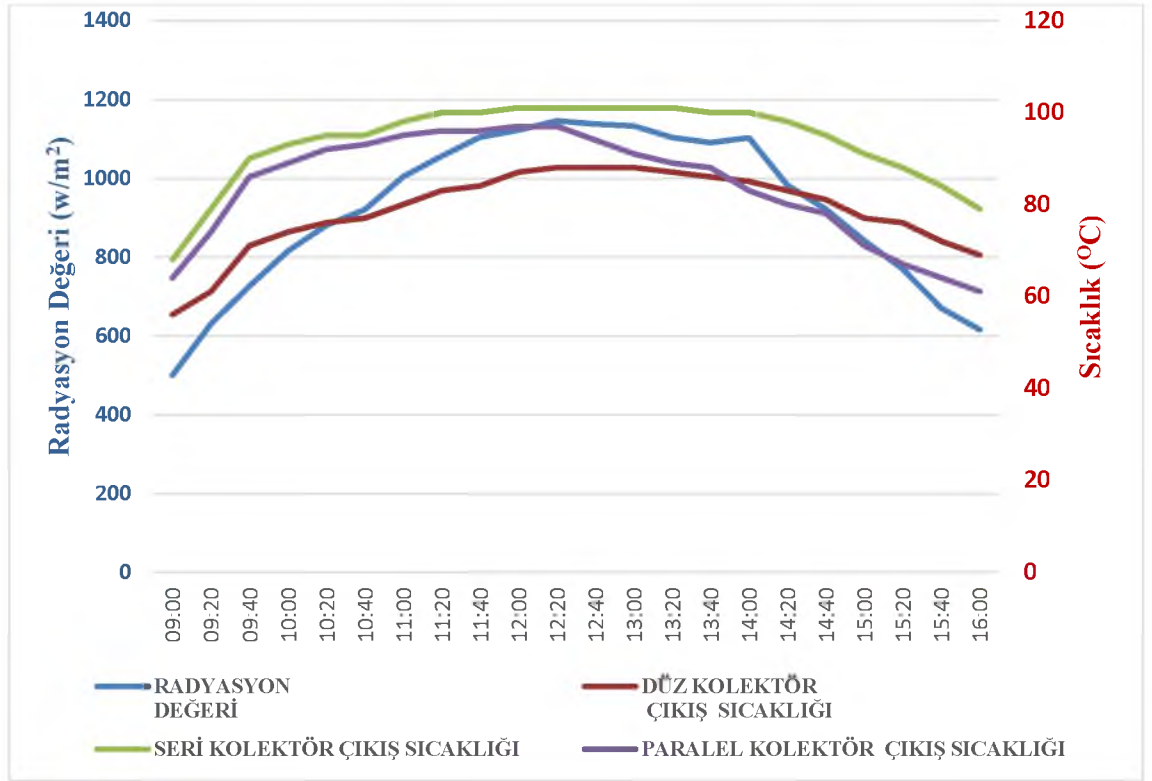
Şekil 5.19. Seri kolektör 41° ve 6,5m/s hızda radyasyon değerlerine göre sıcaklık farkı grafiği

15 Ağustos 2021 tarihinde deney düzeneğinden alınan verilere göre radyasyon değeri 500W/m^2 değerinde başlamış olup, saat 12:20 de maksimum seviye olan 1145W/m^2 ulaşmış olup akşam saat 16:00 da 615W/m^2 değerine düşmüştür. Kolektörümüzde sabah saat 09:00 da giriş sıcaklığı 33°C , yüzey sıcaklığı 68°C , çıkış sıcaklığı 73°C olarak ölçülmüştür. Bu değerler saat 12:00'de giriş sıcaklığı 41°C , yüzey sıcaklığı 107°C , çıkış sıcaklığı ise 101°C olarak ölçüldükten sonra saat 16.00'da giriş sıcaklığı 42°C , yüzey sıcaklığı 89°C ve çıkış sıcaklığı 79°C olarak ölçülmüştür. Ölçülen değerlere göre kolektörden maksimum verimi saat 12:00 ve 13:00'de alındığı görülmektedir.



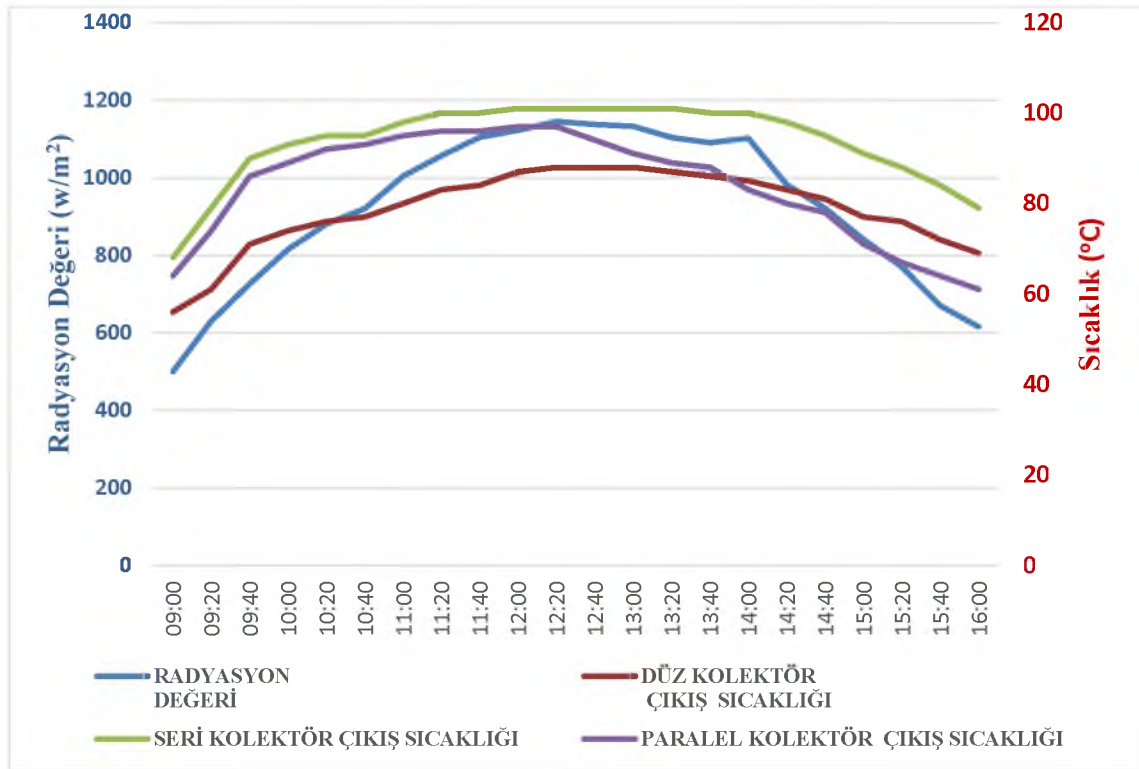
Şekil 5.20. Paralel kolektör 41° ve 6,5m/s hızda radyasyon değerlerine göre sıcaklık farkı grafiği

15 Ağustos 2021 tarihinde deney düzeneğinden alınan verilere göre radyasyon değeri 500W/m^2 değerinde başlamış olup, saat 12:20’de maksimum seviye olan 1145W/m^2 çıkmış ve akşam saat 16:00 da 615W/m^2 değerine düşmüştür. Kolektörümüzde sabah saat 9:00’da giriş sıcaklığı 33°C , yüzey sıcaklığı 71°C , çıkış sıcaklığı 64°C olarak ölçülmüştür. Bu değerler saat 12:00’da giriş sıcaklığı 44°C , yüzey sıcaklığı 104°C , çıkış sıcaklığı ise 97°C olarak ölçüldükten sonra saat 16:00’da giriş sıcaklığı 42°C , yüzey sıcaklığı 86°C ve çıkış sıcaklığı 61°C olarak ölçülmüştür. Ölçülen değerlere göre kolektörden maksimum verimi saat 12:00 ve 12.20’de alındığı görülmektedir.



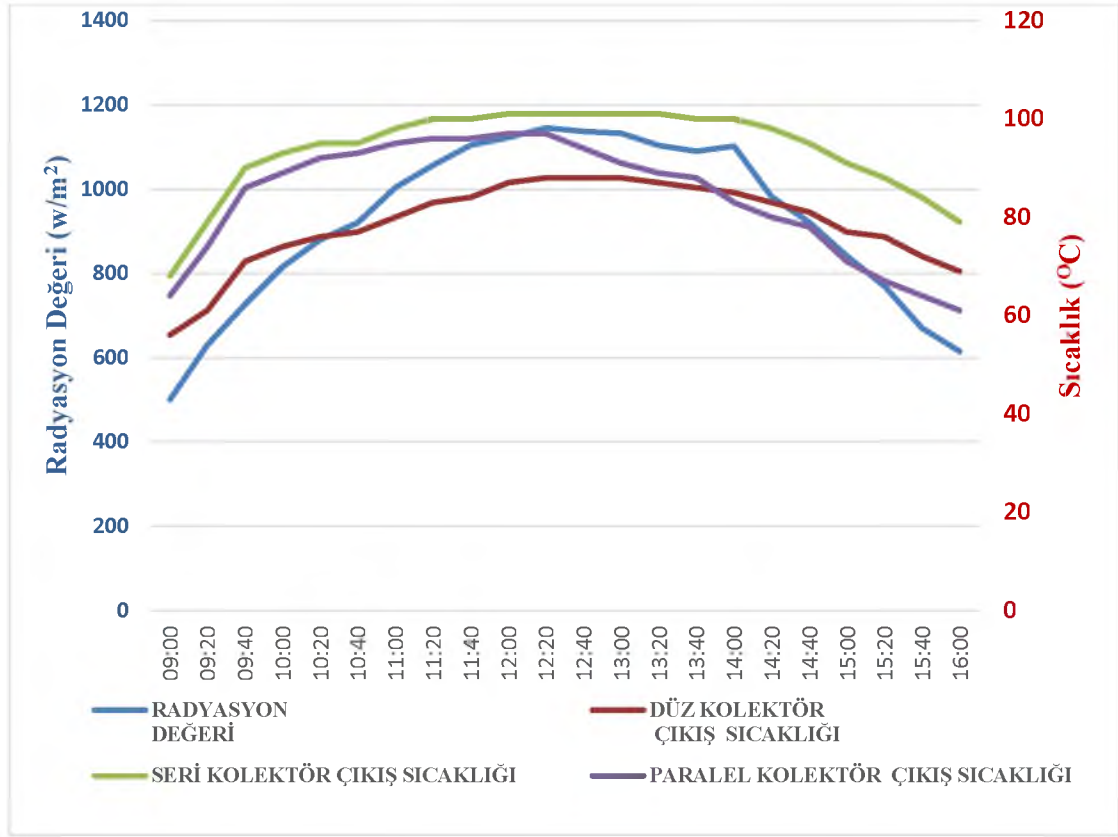
Şekil 5.21. Düz, Seril ve Paralel kolektörün 41° ve 6,5m/s hızda radyasyon değerlerine göre sıcaklık farkı grafiği

15 Ağustos 2021 tarihinde günü deney düzeneğinden alınan verilere göre radyasyon değeri $500\text{W}/\text{m}^2$ değerinde başlamış olup, saat 12:20'de maksimum seviye olan $1145\text{W}/\text{m}^2$ çıkmış ve akşam saat 16.00'da $615\text{W}/\text{m}^2$ değerine düşmüştür. Bu deneyde üç kolektör aynı giriş sıcaklığı ve aynı hava hızında kıyaslandı. Saat 9:00'da düz kolektörde hava çıkış sıcaklığı 56°C , paralel kolektörde hava çıkış sıcaklığı 64°C ve seri kolektörde hava çıkış sıcaklığı 68°C olarak ölçüldü. Saat 12:20'de üç kolektör de maksimum değerlere çıktı. Bu saatte alınan veriler; düz kolektörde 87°C , paralel kolektörde 97°C ve seri kolektörde 101°C olarak ölçüldü. Saat 16:00'da ise düz kolektör 69°C , paralel kolektör 61°C ve seri kolektörde ise 84°C olarak ölçüldü. Bu değerlere göre en verimli kolektörün seri kolektör olduğu anlaşılmaktadır.



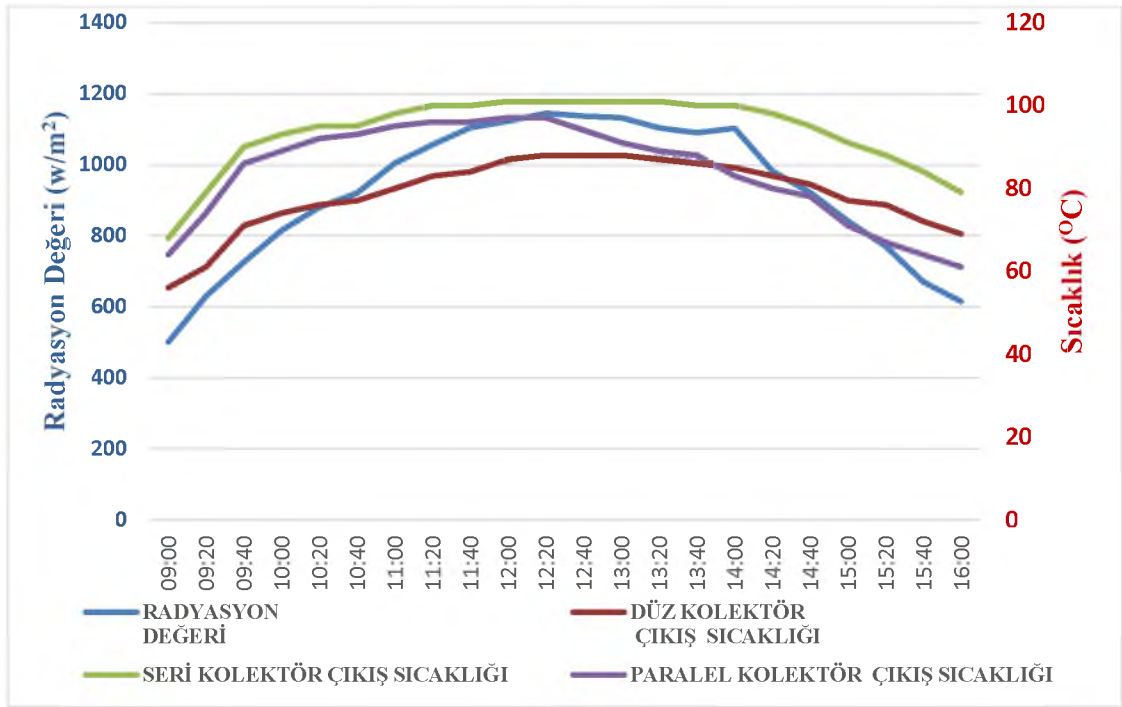
Şekil 5.22. Düz kolektörün 41° ve 3 m/s hızda radyasyon değerlerine göre sıcaklık farkı grafiği

20 Ağustos 2021 tarihinde deney düzeneğinden alınan verilere göre radyasyon değeri 485W/m^2 değerinde başlamış olup, saat 12:40'de maksimum seviye olan 1147W/m^2 çıkmış ve akşam saat 16:00'da 617W/m^2 değerine düşmüştür. Kolektörde sabah saat 09:00'da giriş sıcaklığı 31°C , yüzey sıcaklığı 76°C , çıkış sıcaklığı 64°C olarak ölçülmüştür. Bu değerler saat 12:40'da giriş sıcaklığı 44°C , yüzey sıcaklığı 127°C , çıkış sıcaklığı ise 99°C olarak ölçüldükten sonra saat 16:00'da giriş sıcaklığı 46°C , yüzey sıcaklığı 99°C ve çıkış sıcaklığı 80°C olarak ölçülmüştür. Ölçülen değerlere göre kolektörden maksimum verimi saat 13:20'de alındığı görülmektedir.



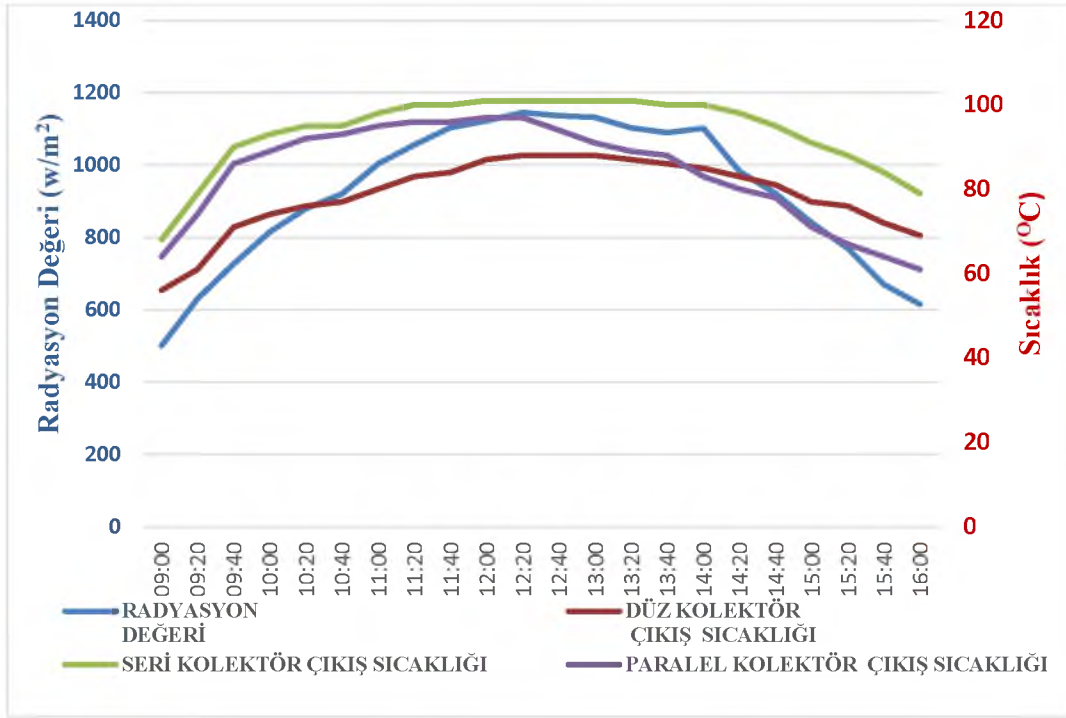
Şekil 5.23. Paralel kollektör 41° ve 3 m/s hızda radyasyon değerlerine göre sıcaklık farkı grafiği

20 Ağustos 2021 tarihinde deney düzeneğinde alınan verilere göre radyasyon değeri 485W/m² değerinde başlamış olup, saat 12:40'de maksimum seviye olan 1147W/m² çıkmış ve akşam saat 16:00'da 617W/m² değerine düşmüştür. Kollektörde sabah saat 09:00'da giriş sıcaklığı 31°C, yüzey sıcaklığı 72°C, çıkış sıcaklığı 64°C olarak ölçülmüştür. Bu değerler saat 12:40'da giriş sıcaklığı 44°C, yüzey sıcaklığı 113°C, çıkış sıcaklığı ise 108°C olarak ölçüldükten sonra saat 16.00'da giriş sıcaklığı 46°C, yüzey sıcaklığı 96°C ve çıkış sıcaklığı 97°C olarak ölçülmüştür. Ölçülen değerlere göre kollektörden maksimum verimi saat 13:40'da alındığı görülmektedir.



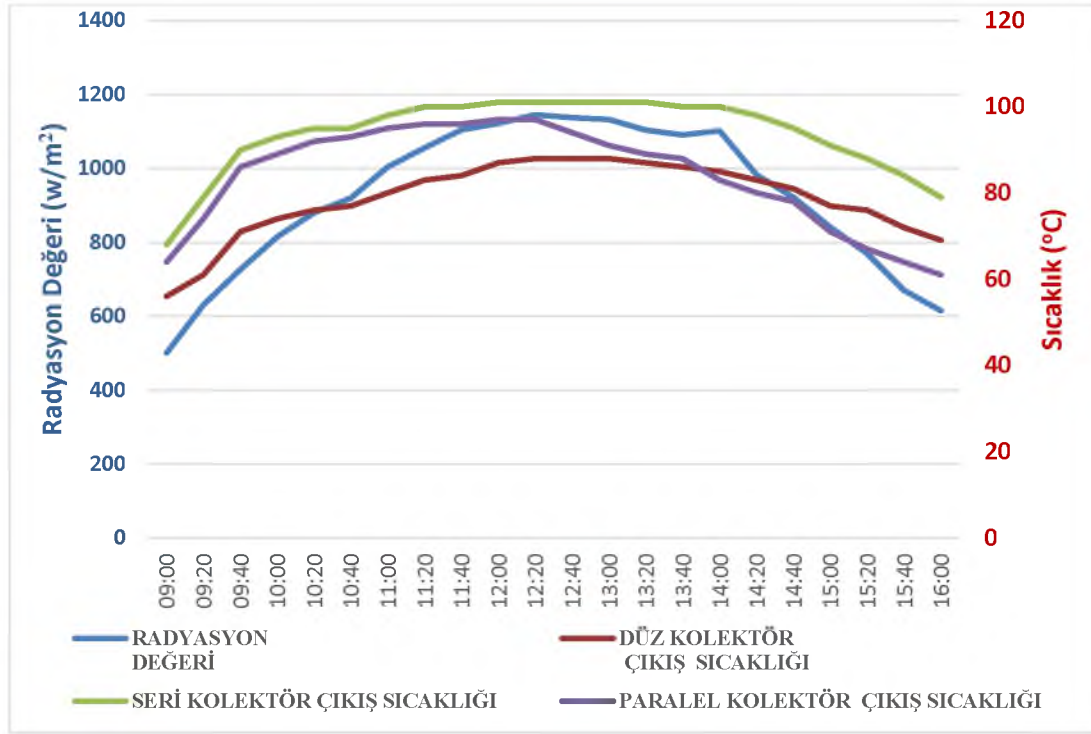
Şekil 5.24. Seri kolektör 41° ve 3 m/s hızda radyasyon değerlerine göre sıcaklık farkı grafiği

20 Ağustos 2021 tarihinde deney düzeneğinden alınan verilere göre radyasyon değeri 485 W/m^2 değerinde başlamış olup, saat 12:40'da maksimum seviye olan 1147 W/m^2 çıkmış ve akşam saat 16:00'da 617 W/m^2 değerine düşmüştür. Kolektörümüzde sabah saat 09:00'da giriş sıcaklığı 31°C , yüzey sıcaklığı 65°C , çıkış sıcaklığı 66°C olarak ölçülmüştür. Bu değerler saat 12:40'da giriş sıcaklığı 44°C , yüzey sıcaklığı 102°C , çıkış sıcaklığı ise 100°C olarak ölçüldükten sonra saat 16:00'da giriş sıcaklığı 46°C , yüzey sıcaklığı 84°C ve çıkış sıcaklığı 82°C olarak ölçülmüştür. Ölçülen değerlere göre kolektörden maksimum verimi saat 13.40'da alındığı görülmektedir.



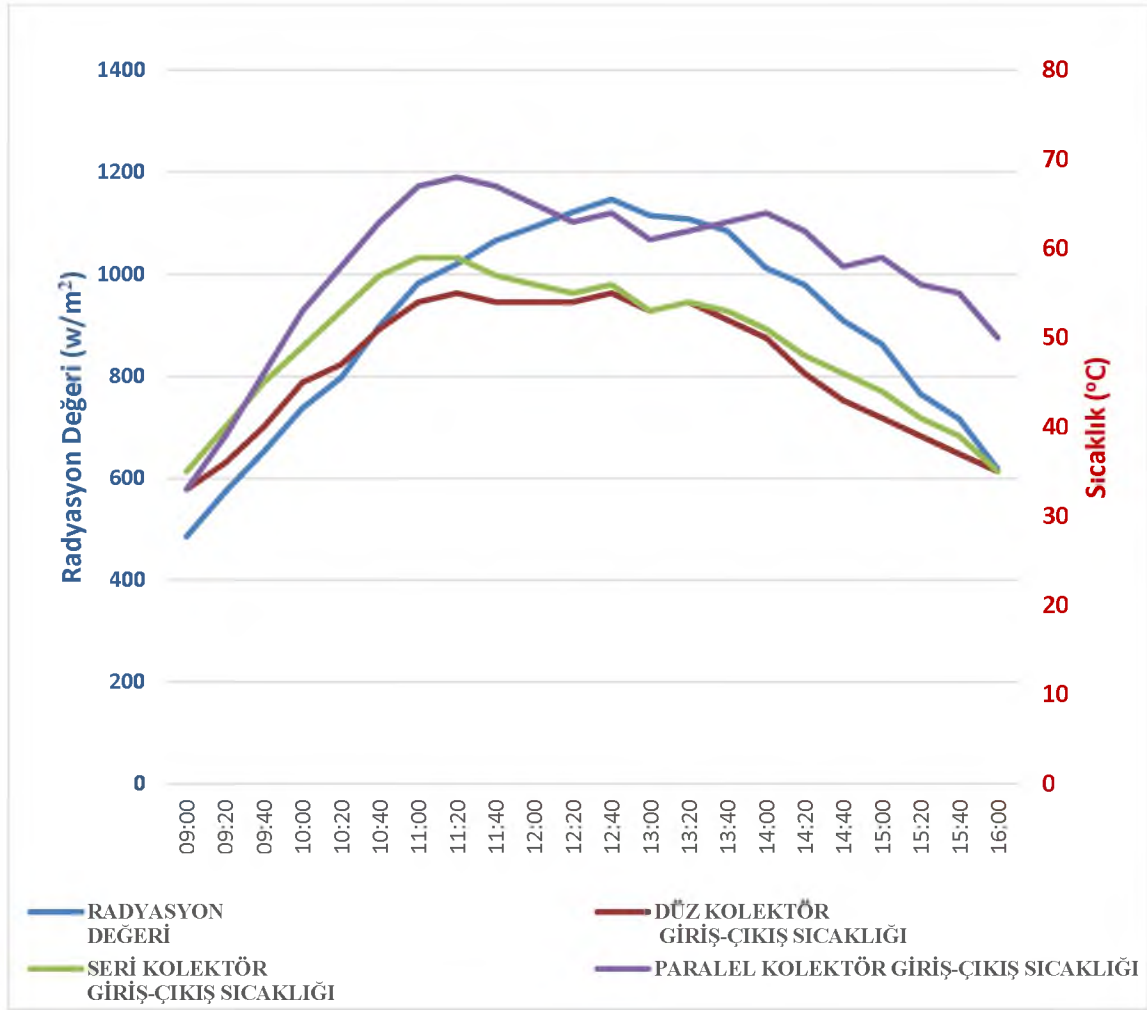
Şekil 5.25. Seri, paralel ve düz kolektörün 41° ve 3m/s hızda radyasyon değerlerine göre sıcaklık farkı grafiği

20 Ağustos 2021 tarihinde deney düzeneğinden alınan verilere göre radyasyon değeri 485W/m^2 değerinde başlamış olup, saat 12:40'da maksimum seviye olan 1147W/m^2 çıkmış ve akşam saat 16:00'da 617W/m^2 değerine düşmüştür. Bu deneyde üç kolektörü aynı giriş sıcaklığı ve aynı hava hızlarında kıyaslanması yapıldı. Saat 09:00 da düz kolektörde hava çıkış sıcaklığı 64°C , paralel kolektörde hava çıkış sıcaklığı 64°C ve seri kolektörde hava çıkış sıcaklığı 66°C olarak ölçüldü. Seri ve düz kolektör saat 13:20' de paralel kolektör ise saat 13:40'da üç maksimum değerlerine çıktı. Bu saatlerde alınan veriler; düz kolektörde 101°C , paralel kolektörde 110°C ve seri kolektörde 101°C olarak ölçüldü. Saat 16:00'da ise düz kolektör 80°C , paralel kolektör 97°C ve seri kolektörde ise 82°C olarak ölçüldü. Bu değerlere göre en verimli kolektörün paralel kolektör olduğu anlaşılmaktadır.



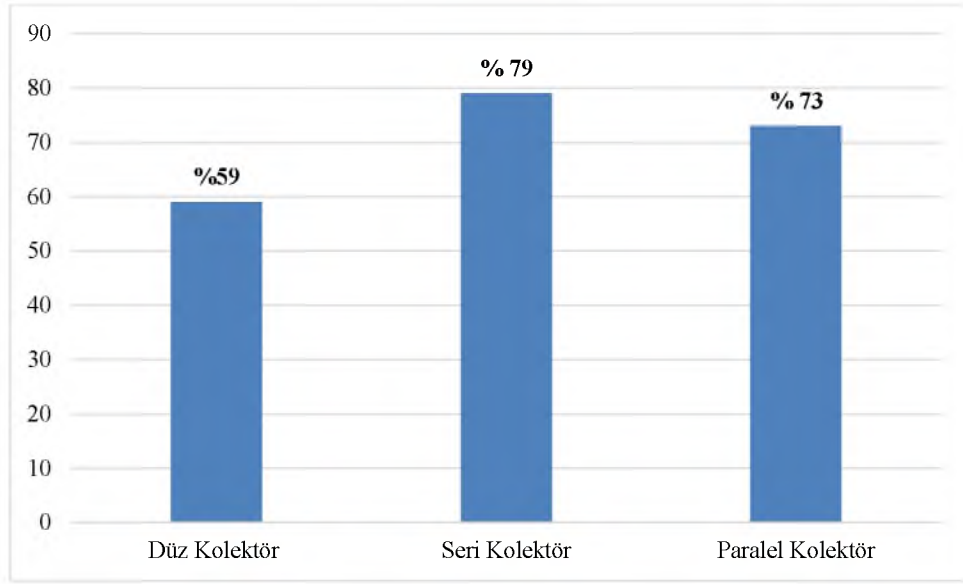
Şekil 5.26. Seri, paralel ve düz kolektörün 41° ve 6,5m/s hızda radyasyon değerlerine göre giriş-çıkış sıcaklık farkı grafiği

20 Ağustos 2021 tarihinde deney düzeneğinden alınan verilere göre radyasyon değeri 485 W/m^2 değerinde başlamış olup, saat 12:40'da maksimum seviye olan 1147 W/m^2 çıkmış ve akşam saat 16:00 da 617 W/m^2 değerine düşmüştür. Bu deneyde üç kolektör aynı giriş sıcaklığı ve aynı hava hızlarında kıyaslanması yapıldı. Bu grafikte diğer grafiklerden farklı olarak, giriş ve çıkış sıcaklıkları arasındaki farklara bakılarak kıyaslanması yapıldı. Saat 9:00'da alınan verilerde, düz kolektörde sıcaklık farkının 23°C , paralel kolektörde 33°C ve seri kolektörde sıcaklık farkının 35°C olduğu görüldü. Düz kolektörde maksimum farkın saat 12:20'de olduğu, paralel kolektörde maksimum farka saat 12:00'da 56°C olduğu ve seri kolektörde ise maksimum farkın 11:40'da 56°C olduğu görüldü. Saat 16:00'da ise düz kolektörde sıcaklık farkının 27°C , paralel kolektörde 19°C ve seri kolektörde sıcaklık farkının 37°C olduğu gözlemlendi. Elde edilen değerlere göre en verimli kolektörün seri kolektör olduğu anlaşılmaktadır.



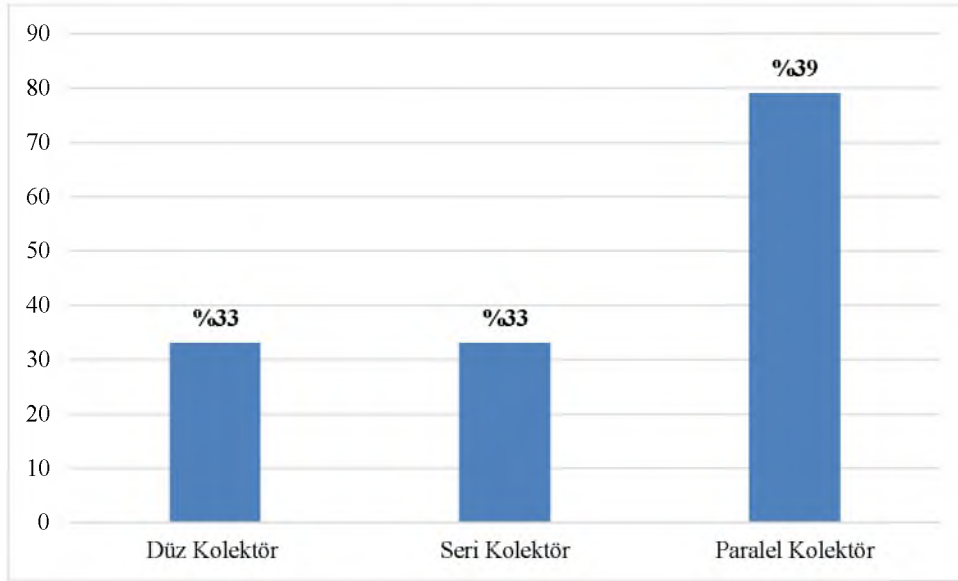
Şekil 5.27. Seri, paralel ve düz kolektörün 41° ve 3 m/s hızda radyasyon değerlerine göre giriş-çıkış sıcaklık farkı grafiği.

20 Ağustos 2021 tarihinde deney düzeneğinden alınan verilere göre radyasyon değeri 485W/m² değerinde başlamış olup, saat 12:40'da maksimum seviye olan 1147W/m² çıkmış ve akşam saat 16:00'da 617W/m² değerine düşmüştür. Saat 09:00'da yapılan ölçümlerde düz kolektörde sıcaklık farkı 33°C, seri kolektörde sıcaklık farkı 35°C paralel kolektörde oluşan sıcaklık farkı ise 33°C olarak ölçüldü. Düz kolektörde maksimum farkın saat 12:40'da olduğu, paralel kolektörde maksimum farka saat 11:20'da 68°C olduğu ve seri kolektörde ise maksimum farkın 11:00'da 59°C olduğu görüldü. Saat 16:00'da ise düz kolektörde sıcaklık farkının 33°C, paralel kolektörde 50°C ve seri kolektörde sıcaklık farkının 35°C olduğu gözlemlendi. Elde edilen değerlere göre en verimli kolektörün paralel kolektör olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 5.28. Seri, paralel ve düz kollektörün 6,5m/s hızda radyasyon değerlerine göre verim grafiği

15 Ağustos 2021 tarihinde deney düzeneklerinden alınan verilere göre verim şekil 5.28’de olduğu gibidir. Grafiğe göre en iyi verimi seri kollektör verirken en düşük verimi düz kollektör vermiştir. Hava hızı yüksek bir sistem tasarlanacak olur ise bu durumda tasarlanması gereken kollektör, seri kollektör olmalıdır. Bu durumda en iyi verim alınmış olur. Seri kollektörde hava kollektör içinde daha fazla gezdiğinden, emici yüzeye ve kola kutularından daha fazla temas sağlar. Bu sayede daha fazla ısı üretir ve daha fazla verim sağlar.



Şekil 5.29. Seri, paralel ve düz kolektörün 3 m/s hızda radyasyon değerlerine göre verim grafiği

20 Ağustos 2021 tarihinde deney düzeneklerinden alınan verilere göre verim şekil 5.29’da olduğu gibidir. Grafiğe göre en iyi verimi paralel kolektör verirken en düşük verimi düz kolektör vermiştir. Hava hızı çok yüksek olmayan bir sistem tasarlanacak olur ise bu durumda tasarlanması gereken kolektör, paralel kolektör olmalıdır. Bu durumda en iyi verim alınmış olur. Paralel kolektörde hava kolektör içinde fazla gezemediğinden, emici yüzeye ve kola kutularından fazla temas sağlayamaz. Bundan dolayı kısa zamanda maksimum verim alınmalıdır. Bu düşünceye en uygun kolektör, seri kolektördür.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan deneyler farklı günlerde ve farklı hızlarda gün boyunca yapıldı. Elde edilen veriler sonradan değerlendirmek üzere kayıt altına alındı. Deneyler, 3m/s ve 6,5m/s hava hızlarında yapılmıştır. Elde edilen verilere göre; düz yüzeyli havalı güneş kollektöründe 6,5m/s kütleli debide en yüksek 88°C sıcaklık elde edilirken, kola kutularından tasarlanan seri bağlantılı havalı güneş kollektörünün en yüksek sıcaklığı 101°C, paralel bağlantılı havalı güneş kollektöründe ise en yüksek sıcaklık 97°C olarak tespit edilmiştir. Başka bir gün için 3m/s hava hızında düz yüzeyli kollektörde sıcaklık 101°C olarak ölçülmüş, seri kollektörde elde edilen en yüksek sıcaklık değeri 101°C olarak ölçüldü, paralel bağlantılı kollektörde ise sıcaklık 110°C olarak ölçülmüştür. 15 Ağustos 2021 6,5m/s kütleli debide yapılan ölçümlerde giriş ve çıkış sıcaklık farklarına bakıldığında ise Saat 09:00'da alınan verilerde, düz kollektörde sıcaklık farkının 23°C, paralel kollektörde 33°C ve seri kollektörde sıcaklık farkının 35°C olduğu görüldü. Düz kollektörde maksimum sıcaklık farkının saat 12:20'de olduğu, paralel kollektörde maksimum sıcaklık farkı saat 12:00'da 56°C olduğu ve seri kollektörde ise maksimum sıcaklık farkının 11:40'da 56°C olduğu görüldü. Saat 16:00'da ise düz kollektörde sıcaklık farkının 27°C, paralel kollektörde 19°C ve seri kollektörde sıcaklık farkının 37°C olduğu gözlemlendi. 20 Ağustos 2021 tarihinde, 3m/s hızda yapılan ölçümlerde ise saat 9:00'da yapılan ölçümlerde düz kollektörde sıcaklık farkı 33°C, seri kollektörde sıcaklık farkı 35°C paralel kollektörde oluşan sıcaklık farkı ise 33°C olarak ölçüldü. Düz kollektörde maksimum farkın saat 12:40'da olduğu, paralel kollektörde maksimum farkı saat 11:20'da 68°C olduğu ve seri kollektörde ise maksimum farkın 11:00'da 59°C olduğu görüldü. Saat 16:00'da ise düz kollektörde sıcaklık farkının 33°C, paralel kollektörde 50°C ve seri kollektörde sıcaklık farkının 35°C olduğu görüldü. Elde edilen sonuçlara göre sistem 6,5m/s hava hızında çalıştırıldığında seri kollektör daha iyi sonuçlar verirken, 3m/s hava hızında çalıştırıldığında paralel kollektörün daha iyi sonuçlar verdiği görüldü. Yapılan hesaplamalar sonucunda ise elde edilen verimler, 6,5m/s hava hızında seri kollektörde %79, paralel kollektörde elde edilen verim %73 ve düz kollektörde elde edilen verim ise %59 şeklinde gerçekleşti. 3m/s hava hızında elde edilen verimler ise paralel kollektörde %39 seri ve düz kollektörlerde ise %33 şeklinde gerçekleşti. Farklı tasarımlara sahip olan kollektörlerin farklı hava hızlarında farklı sonuçlar verdiği için düşük hava hızlarında paralel kollektör, yüksek hava hızlarında ise seri kollektörün kullanılması gerektiği gözlemlendi.

Deney çalışmaları yapılırken farklı problemler ile karşılaşıldı. Bu tür problemler ile karşılaşmamak için iyi bir planlama ve doğru malzeme seçimi yapılmalı. Problemler ile karşılaşılmanın sebebi deney setlerinde çok yüksek sıcaklıklara ulaşılmasıydı. Çok yüksek sıcaklıklara ulaşıldığında hem kullanılan silikon hem de kullanılan bantlar görevlerini görmeyip çözülmeye başladı. Bu durum sistemde hava kaçağı olmasına ve termokupl ile ölçüm alınan noktalarda ölçüm alınmasına engel oldu. Bundan dolayı yüksek sıcaklıklara dayanıklı silikon ve bant kullanarak problemler çözüldü. Bu problemler çözüldükten sonra deney setlerinden yüksek sıcaklıklar ve sıcaklık farkları elde edildi.

Yapılan çalışmayı geliştirmek için şunlar yapılabilir;

- Kollektör içerisine paralel dizayn edilen boruların dizaynı farklı şekilde yapılabilir.
- Kollektör içindeki boruların dışından hava geçirilerek deneyler yapılabilir.
- Kola kutularının içerisine çeşitli malzemeler eklenerek ısı transferi artışı sağlanabilir.
- Kola kutularının sayısı artırılarak daha çok yüzey alanı elde edilebilir.
- Emici yüzey siyah mat boya ile boyanıp, kollektör içindeki sıcaklık artırılabilir.

7. KAYNAKÇA

- Abujnah, Y. S., Bannani, F. K. ve Gallali, Y. M., 2000, Preservation of fruits and vegetables using solar dryers. a comparative study for solar and natural drying of grapes, figs, tomatoes and onions. IV. temperature, *Renewable Energy*, 19, 203-212.
- Adıyaman Ç., 2012, Türkiye'nin yenilenebilir enerji politikaları, Yüksek Lisans Tezi, *Niğde Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Niğde, 180.
- Akbulut, A., 2006, Elazığ yöresinde yetişen dutların yeni geliştirilen havalı kollektörler yardımıyla kurutulması ve kurutma parametrelerinin elde edilmesi, Doktora Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elâzığ, .
- Albizatti, E. D., 2000, Solar collector for air heater. *International Solar Energy Society*, 22: 663-666.
- Alta, Z. D., Çağlayan, N., Ertekin, C. ve Ezan, M. A., 2015, Thermal analysis of a solar air heater for drying purposes, *CIGR Journal Special Issue*, 193-199.
- Altunsoy, A., 2019, Farklı akış modellerine sahip havalı güneş kollektörlerinin ısı performans analizi, Yüksek Lisans Tezi, *Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, Konya,64.
- Alvarez, G., Arce, J., Lira, L. and Heras, M.R., 2004, Thermal performance of an air solar collector with an absorber plate made of recyclable aluminium cans, *Solar Energy*, 77, (1), 107-113.
- Ayhan, T. ve Olgun, H., 2000, Güneş enerjisi yardımıyla fındık kurutulması, *12. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi*, ULIBTK'99 2000, Sakarya, 35-39.
- Bilgili, M.E., 1998, Hava Isıtmalı güneş kollektörlerinde ısı verimin tahmini üzerine bir araştırma, Yüksek Lisans Tezi, *Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Antalya, 108.
- Binark, K. ve Deliçay, Ş., 1993, Hava ısıtmalı güneş kollektörleri dizaynı, *Isı Bilimi Tekniği 9. Ulusal Kongresi*, Elâzığ, 204-212.
- Bulut, H., Durmaz, A.F., 2006, *1. Ulusal güneş ve hidrojen enerjisi kongresi*, ESOGÜ, Eskişehir.

- Can, A. ve Eryener, D., 2000, Güneş enerjisi ile ısıtılmış hava yardımıyla kabak çekirdeği kurutulmasının teorik ve deneysel araştırılması, *12. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi*, ULIBTK'99, Sakarya, 29-34.
- Choudury, C., Garg, H. P., Zaid, Z. H., 1992, Performance prediction of a solar heated house, *Energy Conversion and Management*, 33 (4), 263-273.
- Dai, Y.J., Zhai, X.Q, Wang R.Z., 2005, Comparison of heating and natural ventilation in a solar house induced by two roof solar collectors, *Applied Thermal Engineering*, 25, 741-757.
- Doğan, İ., 2011, Güneş enerjisi uygulamaları, Enerji ve tabi kaynaklar bakanlığı ile ilgili kuruluşlarının amaç ve faaliyetleri, *Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı*, Ankara.
- Domaniç, F., Edik, E. ve Zengin, N., 1982, Modern üniversite fiziği, *Çağlayan Basımevi*, İstanbul.
- Gallali, Y. M., Abujnah, Y. S. ve Bannani, F. K., 2000, Preservation of fruits andvegetables using solar dryer: A comparative study of natural and solar drying,*Renewable Energy*, 19 ,203-212.
- Garg, H.P., Datta, G. ve Ashok K. B., 1989, Performance studies on a finned-air heater, *Energy*, 14, (2), 87-92
- Fidan, F., 2004, Yeni bir havalı güneş kollektörü yardımıyla Diyarbakır yöresi karpuz çekirdeklerinin kurutulması, Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elâzığ, 54.
- Gedik, E., Keçebaş, A. ve Öz, E.S., 2008, Havalı güneş kollektörlerinde farklı tip emici plakaların performansa olan etkisi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23 (4), Ankara, 777-784.
- Givoni, B., 1991, Characteristics, design implications and applicability of passive solar heating systems for buildings, *Solar Energy*, 47(6), 425-435.
- Hachemi, A., 1999. "Technical note Comparative study on the thermal performances of solar air heater collectors with selective and nonselective absorber-plate," *Renewable Energy*, Elsevier, 17(1), 103-112.

- Ho, C. D., Yeh, H. M. and Wang, R.C., 2005, Heattransfer enhancement in double- pass flat-plate solar air heaters with recycle, *Energy*, 30, 2796–2817.
- Hou, J.Z, Ho, C.D and Yeh, H.M., 1999, The improvement of collector efficiency İn solar air heaters By simultaneously air flow over and under the absorbing plate, *Energy*, 24: 857-871.
- İnalı, M., Tanyıldızı, V. ve Uçar, A., 2001, Çift geçişli hava ısıtmalı güneş kollektörlerinde yutucu yüzey konumunun ısı verime etkisi, *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri*, Elâzığ, 421-426.
- İncili, V., Kırbaş, İ. ve Özkaya, M. G., 2007, Havalı güneş kollektörünün performansının deneysel olarak incelenmesi, *Politeknik Dergisi*, 10 (3), Ankara, 253-256.
- İpek, B., 2001, Yeni tasarlanan havalı kollektör yardımıyla Elazığ yöresi kayısılarının kurutulmasında, kayısı yüzey sıcaklığının tespit, Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ, 50.
- Karim, M. A., Hawlader, M. N. A., 2004, Development of solar air collectors for drying applications, *Energy conversion and management*, 45, (3), 329-344.
- Karim, M.A., and Hawlader, M.N.A., 2006, Performance investigation of flat plate, v-corrugated and finned air collectors, *Energy*, 31, (4), 452-470.
- Karlı, K., 2006, Performance analysis of new-design solar air collectors for drying applications, *Renewable Energy*, 32, (10), 1645-1660.
- Kelek, N. Ü., 1996, Hava ısıtıcılı optimum güneş kollektörü dizaynı, Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kayseri, 65.
- Kılıç, A. ve Öztürk, A., 1984, Güneş ışıını ve düz toplayıcılar, *Sınai Eğitim ve Geliştirme Merkezi Genel Müdürlüğü*, Ankara.
- Kılıç, A., 2018, Yeni bir havalı güneş kollektörü geliştirilmesi, performans analizi ve tarım ürünlerinin kurutulmasında uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Kılıç, A., Öztürk, A., 1983, Güneş enerjisi, *Kıpaş Dağıtımıcılık*, İstanbul.
- Kırbaş, İ., 2006, Havalı güneş kollektörünün performansının deneysel olarak incelenmesi, Y. Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 61.

- Millî Eğitim Bakanlığı, 2012, Yenilenebilir enerji teknolojiler, yenilenebilir enerji kaynakları ve önemi, *Milli Eğitim Bakanlığı*, Ankara.
- Mohammad, A. A., 1996, Counter-current solar air heater, *Trabzon International Energy And Environment Symposium*, Trabzon.
- Olgun, H. ve Ayhan, T., 2000, Güneş enerjisi yardımıyla fındık kurutulması, *12. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi*, ULIBTK, 99, 35-39, Sakarya
- Onat, A., 2002, Havalı güneş kollektörü sistemi ile kurutulması, Doktora Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*, 195.
- Özkaya, M. G., Kırbaş, İ. ve İncilli, V. , 2007. Havalı Güneş Kollektörünün Performansının Deneysel Olarak İncelenmesi, *Politeknik*, Ankara, 10,(3), 253-256.
- Radivoje, M. T., 2003, Small capacity mobile dryers for drying biological materials, *Drying Technology*, 21, 1137-1150.
- Kishk, S. S., ElGamal, R. A. and ElMasry, G. M., 2019, Effectiveness of recyclable aluminum cans in fabricating an efficient solar collector for drying agricultural products, *Renewable Energy*, 133, 307-316
- Sameh S. Kishk, Ramadan A. ElGamal, Gamal M. ElMasry., 2019, Effectiveness of recyclable aluminum cans in fabricating an efficient solar collector for drying agricultural products, *Renewable Energy*, 316
- Sarsılmaz, C. ve Sugözü, İ., 2006, Havalı güneş kollektörü ile iç ortam ısıtılmasının deneysel olarak araştırılması. *Fırat Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi* Elâzığ. 18, (2), 257-265.
- Şevik, S ve Abuşka, M., 2019, Thermal performance of flexible air duct using a new absorber construction in a solar air collector, *Applied Thermal Engineering*, 146, (5), 123-134.
- Tırıs, Ç. ve Varol, S., 1994, Güneş enerjisi termal uygulamaları, *TÜBİTAK MAM, Enerji Sistemleri Bölümü*, Kocaeli.
- Toğrul, İ. ve Pehlivan, T. D., 2002, Konik yoğunlaştırılmalı bir güneş enerjili hava ısıtıcının verimine farklı absorber yüzey kullanımının etkisi, *Isı Bilimi ve Tekniği*, 22, (2), 47-53.

Tuncer, Z., 2018, Yeni geliştirilen havalı güneş kolektörünün enerji ve ekserji parametrelerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Diyarbakır, 86.

URL1, Yenilenebilir enerji kaynakları nelerdir, Web Adresi: <https://www.enerjiportali.com/yenilenebilir-enerji-kaynaklari-nelerdir/>, [5 Nisan 2021]

URL2, Güneş enerjisi kullanımı için beş önemli neden. Web Adresi: <https://ekolojist.net/gunes-enerjisi-kullanimi-icin-5-onemli-neden/>, [5 Nisan 2021]

URL3, Jeotermal enerji nedir, Web Adresi: <https://www.tesisat.org/jeotermal-enerji-nedir.html/>, [5 Nisan 2021]

URL4, İzmir güneş enerji sistemleri, İzmir Buca güneş enerji sistemleri, Web Adresi: <http://izmirfirmabilgileri.com/izmir-gunes-enerji-sistemleriizmir-buca-gunesenerji-sistemleri/>, [7 Nisan 2021]

URL5, Bren ileri teknoloji enerji, Web Adresi: <http://bren.com.tr/parabolik-gunes-kollektoru/>, [7 Nisan 2021]

URL6, Güneş enerjisinin avantajları ve dezavantajları, Web Adresi: <https://www.afaenerji.com/blog/2019/09/13/artilari-ve-eksileri-ile-gunes-enerjisi/>, [6 Nisan 2021]

URL7, Enerji Portalı, Biyokütle enerjisi nedir, Web adresi: <https://www.enerjiportali.com/biyokutle-enerjisi-nedir/>, [01 Mayıs 2021]

URL8, Ekolojist, 2021, Tarihsel süreçte güneş enerjisi, web adresi: <https://ekolojist.net/tarihsel-surecte-gunes-enerjisi/>, [5 Nisan 2021]

- URL9, Power Enerji, 2021, Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyel Haritası Bölge İl Güneşlenme Süreleri, <https://www.powerenerji.com/turkiye-gunes-enerjisi-potansiyel-haritasi-bolge-il-guneslenme-sureleri.html>, [1 Nisan 2021]
- URL10, Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Güneş, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, 2021, Alınan yer:<https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-gunes>, [01 Mayıs 2021]
- URL11, Türkçe bilgi, Batman coğrafi bilgiler, web adresi:
https://www.turkcebilgi.com/batman_co%C4%9Fraf%C4%B1_bilgiler#post, [9 Nisan 2021]
- URL12, Batman ilinin güneşlenme profilinin araştırılması, web adresi:
<https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/390305>
- Yeh, H. M., Ho, C. D., and Hou, J. Z., 1999, Collector efficiency of double-flow solar air heaters with fins attached, *Energy*, 27, 715-727.
- Yıldız, C., Toğrul, İ.T., Sarsılmaz, C. ve Pehlivan, D., 2002, Thermal efficiency of an air solar collector with extended absorption surface and increased convection, *International Communication in Heat and Mass Transfer*, 29, (6), 831-840.