T.C.
DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PARABOLİK ÇANAK TOPLAYICILAR İLE SICAK SU ELDE EDİLMESİ

Muhammed HATİPOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

DİYARBAKIR
Temmuz- 2019

T.C

DİCLE UNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

DİYARBAKIR

Muhammed HATİPOĞLU tarafından yapılan "Parabolik Çanak Toplayıcılar ile Sıcak Su Üretimi" konulu bu çalışma, jürimiz tarafından Makine Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir

Jüri Üyesinin

	Ünvanı	Adı Soyadı
Başkan:	Prof. Dr.	Vedat ORUÇ
Üye :	Doç. Dr.	Atilla G. DEVECİOĞLU
Üye :	Dr. Öğr. Üyesi	Neşe BUDAK ZİYADANOĞULLARI

Tez Savunma Sınavı Tarihi: 01/07/2019

Yukarıdaki bilgilerin doğruluğunu onaylarım.

.../...../2019

Prof.Dr. Sevtap SÜMER EKER

ENSTİTÜ MÜDÜRÜ

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim boyunca gerek derslerimde ve gerekse tez çalışmalarında, bana danışmanlık ederek, beni yönlendiren ve her türlü olanağı sağlayan danışmanım Doç. Dr. Atilla Gencer DEVECİOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım. Çalışmama, MÜHENDİSLİK- 18.006 numaralı projesi ile desteğinden dolayı Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Koordinatörlüğü'ne teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

		Sayfa
TEŞEKKÜR……..…….…….....		I
İÇİNDEKİLER……..……..…….....		II
ÖZET……...……		V
ABSTRACT…….……		VI
ÇİZELGE LİSTESİ…….		VII
ŞEKİL LİSTESİ…….…..……		VIII
1	**GİRİŞ**……...	1
1.1.	Güneş Enerjisi……..…….	2
1.2.	Güneş Sabiti……..	2
1.3.	Türkiye'de Güneş Enerjisi Potansiyeli……..……	3
1.4.	Dünya Yüzeyinde Güneş Işınımları …..……...	6
1.5.	Güneş-Dünya Geometrik İlişkisi……..	7
1.5.1.	Enlem Açısı (φ) ……	7
1.5.2.	Deklinasyon Açısı(δ) ……	8
1.5.3.	Eğim Açısı (β) ……..…….……...	9
1.5.4.	Zenit Açısı (θz) …….……	9
1.5.5.	Güneş Yükseklik Açısı (α) ……..	9
1.5.6.	Güneş Geliş Açısı (θi) …….…….	9
1.5.7.	Yüzey Azimut Açısı (γ) ……..	9
1.5.8.	Güneş Azimut Açısı (γs) ……...……..	9
1.5.9.	Saat Açısı (ω°)……...……..	10
1.6.	Güneş Toplayıcıları (Kolektörleri) ……...……..	10
1.6.1.	Sabit Kolektörler ……...…….	11
1.6.1.1.	Düzlemsel Güneş Kolektörleri…….	11
1.6.1.2.	Sabit Bileşik Parabolik Kolektörler……...…….....	12
1.6.1.3.	Vakumlu Güneş Kolektörleri……	13
1.6.2.	Güneşi Takip Eden Yoğunlaştırıcı Kolektörler…….……	14

1.6.2.1. Parabolik Oluk Güneş Kolektörü……..…… 15
1.6.2.2. Doğrusal Fresnel Yansıtıcısı…….…… 16
1.6.2.3. Heliostat Toplayıcısı…….…… 18
1.6.2.4. Parabolik Çanak Yansıtıcılar……. 19
1.7. Takip Sistemleri…… 20
1.8. Güneş Enerjisi ile Su Isıtma…….……. 20
2 **ÖNCEKİ ÇALIMALAR**…….…….…….. 23
3 **MATERYAL VE METOT**……..…….…….. 29
3.1. Materyal……..…….. 29
3.1.1. Parabolik Çanak Toplayıcı ……..…….. 31
3.1.2. Yapı…….……. 32
3.1.3. Alıcı/Yutucu……...…….…….. 33
3.1.4. Güneş Takip Sistemi……..…….…….. 34
3.1.5. Bilgiler Toplaması ……...…..…….. 36
3.1.5.1. Güneş Radyasyonunun, Azimut ve Zenit Açısının Değerinin…….……. 36
3.1.5.2. Isıl Değerlerin Belirlenmesi.....……...…… 37
3.1.5.3. Hacimsel Debinin Belirlenmesi……...……...……..…… 38
3.2. Metot……..…….. 39
.3.2.1 Yoğunlaştırıcı Güneş Kolektörleriyle İlgili Kullanılan Tanımlar……. 39
3.2.1.1. Geliş Açısı (2θc) …….……. 39
3.2.1.2. Açıklık Alanı (Aa) ……...…… 40
3.2.1.3. Alıcı-Yutucu Alanı (Ar) ……..…….……... 40
3.2.1.4. Optik Yoğunlaştırma Oranı (CRo) ……..…… 40
3.2.1.5. Yoğunlaştırma Oranı (C) …….…….…….. 40
3.2.1.6. Optik Verimi (η0) …… 41
3.2.1.7. Anlık Isıl Verim ……...……... 42
3.2.1.8. Kütlesel Debi…….…… 42
4 **BULGULAR VE TARTIŞMA**……..…….…..... 43
4.1. Yoğunlaştırma Oranı (c) …….……. 43

4.2. Yutucudan Suya Aktarılan Enerji……..……... 43
4.3. Ölçülen Güneş Işınım Değerleri ……..…… 44
4.4. Güneş Zenit ve Yüzey Azimut Açısının Değerleri ……...…….. 45
4.5. Ölçülen Çıkış Sıcaklıkların Miktarları……...……...…… 46
4.6. Giriş ve Çıkış Arasındaki Sıcaklık Farkı……..…….…….. 47
4.7. Kullanılabilir Faydalı Enerji……..…… 48
4.8. Enerji Miktarı Değişimi…….……... 49
4.9. Sistemin Verimi…….……... 51
4.10. Hata Analizi……...…… 53
4.11 Simülasyon……..……..…… 55
4.11.1. Geometri…… 56
4.11.2. Küçük Unsurlara Bölme İşlemi…….…… 58
4.11.3. Sınır Şartlarının Belirlenmesi…… 58
4.11.4. Çözüm…….…….. 59
4.11.5. Sonuç…….…… 60
4.11.6. Deneysel ve Sayısal Sonuçların Karşılaştırılması…….……..... 73
5 **SONUÇLAR**…….……..... 75
6 **KAYNAKLAR**……. 77
ÖZGEÇMİŞ …….. 81

ÖZET

PARABOLİK ÇANAK TOPLAYICILAR İLE SICAK SU ELDE EDİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muhammed HATİPOĞLU

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

2019

Bu çalışma, Diyarbakır'ın iklim koşullarında, güneşi iki eksende takip eden parabolik çanak ayna ile sıcak su hazırlanması hedeflenmiştir. Bu kapsamda 70 cm çapında parabolik aynaya sahip, iki eksende güneşin hareketini takip etmek için biri redüktörlü kayış kasnak mekanizmalı diğeri lineer aktüatörlü motor mekanizması kullanılmıştır. Yutucu olarak, sistemin odak noktasına spiral şeklinde bakır borudan yapılmış bir ısı değiştirici tasarlanmıştır. Çalışma sıvısı olarak su kullanılmıştır. Sisteme şebekeden giren su, yutucuda ısınarak atmosfere terk edilmektedir.

Işınım değerinin çıkış sıcaklığı üstündeki etkisini görmek için deneyler üç farklı günde, saat 10.00 ile 16:30 arasında tekrarlanmıştır. Ayrıca debinin verim üzerindeki etkisini tespit etmek için 0.00187, 0.00217 ve 0.00345 kg/s olarak üç farklı kütlesel debide deneyler tekrarlanmıştır.

Sistem ile 0.5 L suyun sıcaklığı 145 saniyede 10 derece yükseltilmiştir. Su sıcaklığındaki artış debilere göre 8.5 ila 17.6°C arasında değişmektedir. Sistemin ısıl verimleri %32-%39 arasında tespit edilmiştir. 0.00187 kg/s debide, giriş ve çıkış sıcaklıkları arasındaki farkın büyük olmasından dolayı en yüksek yararlı ısıya ulaşılmıştır.

CFD programı ile sistemin modeli oluşturulmuş, sistemdeki çıkış sıcaklıkları, akışkan hızları ve sıcaklık dağılımları modellenmiştir. Program kullanılarak yapılan simülasyonda, su çıkış sıcaklıklarının deneysel sonuçlardan %6 farklı olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Su Isıtma, Parabolik Çanak Güneş Kolektörü, Spiral Yutucu, CFD

ABSTRACT

OBTAINING HOT WATER WITH PARABOLIC DISH COLLECTOR

MSc THESIS

Muhammed HATİPOĞLU

DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF DICLE

2019

In this study the aim is to obtain hot water by use of a parabolic mirror which is capable of tracking sun in two axes. In order to achieve the purpose, two mechanisms containing parabolic mirrors of 70 cm was used. A belt-pulley mechanism and a linear actuator mechanism was used. A heat exchanger made from copper with the shape of a spiral was designed at the focal point of the system as an absorber. As the working fluid water was used. Water coming from the water network is heated in the absorber and leave to the atmosphere.

In order to understand the effect of the irradiation value on the outlet temperature, experiments were repeated at three different days between 10:00 and 16:30 hours. Besides, to determine the effect of the flow rate on efficiency, three experiments with three different mass flow values were conducted which are 0.00187, 0.00217 and 0.00345 kg/s.

With the use of this system 0.5 L water's temperature was increased by 10°C in 145 seconds. An increase of 8.5 to 17.6 °C was observed, which varies with the flow rate. Thermal efficiency of %32-%39 was observed for the system. At the flow rate of 0.00187 kg/s, because the system's inlet and outlet temperatures differ greatly, the maximum useful temperature was achieved.

The model of the system was made by the CFD program the output temperatures, fluid velocities and temperature distributions in the system were simulated. A difference of %6 was seen in the outlet temperatures of the system by comparisons of the simulation results and the experiments.

Keywords: Water Heating, Parabolic Dish Solar Collector, Spiral Absorber, CFD

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge No		Sayfa
Çizelge 1.1.	Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli	4
Çizelge 1.2.	Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı	5
Çizelge 1.3.	Kuzey yarımkürede çeşitli oryantasyonlar için yüzey azimut açısı	9
Çizelge 1.4.	Güneş Enerjisi Kolektörleri	10
Çizelge 3.1.	Kullanılan aynanın özellikleri	32
Çizelge 3.2.	Güneş Radyasyon Ölçüm Cihazının Teknik Özellikleri	36
Çizelge 3.3.	Dijital Termometre Ölçüm Cihazının Teknik Özellikleri	38
Çizelge 4.1.	Deneyler sırasında meydana gelen toplam hata miktarları	54

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil No		Sayfa
Şekil 1.1.	Dış güneş radyasyon değerleri	3
Şekil 1.2.	Türkiye'de toplam güneş radyasyon dağılımı (kWh/m2-yıl)	5
Şekil 1.3.	Gözlemci konumunu dünyaya ve güneşe göre belirleyen bazı açılar	7
Şekil 1.4.	Eğimli yüzey üzerinde ki bazı güneş açıları	7
Şekil 1.5.	(a) Dünyanın güneşle ilgili hareketi. (b) Tropik bölgelerin yeri	8
Şekil 1.6.	Bir düzlemsel güneş kolektörün kesit şeması	11
Şekil 1.7.	Bileşik parabolik güneş kolektörün (a: Kesit şeması; b: Ticari modülü)	12
Şekil 1.8.	Vakumlu güneş kolektör çeşitli kısımlarının gösterimi	14
Şekil 1.9.	Parabolik oluk kolektörünün şematik resmi	15
Şekil 1.10.	Parabolik oluk kolektörünün resmi	16
Şekil 1.11.	Bir doğrusal Fresnel reflektör alanından aydınlatılan bir alıcının şematik diyagramı	17
Şekil 1.12.	Doğrusal Fresnel reflektörlerinin resmi	17
Şekil 1.13.	Merkezi alıcılı güneş kolektör sistemlerinin şematik resmi	18
Şekil 1.14.	Merkezi alıcılı güneş kolektör sistemlerinin resmi	19
Şekil 1.15.	Parabolik bir çanak toplayıcısının şematik	20
Şekil 3.1.	Deney seti düzeneği	30
Şekil 3.2.	Parabolik çanaklı kullanılan kolektör şematik gösterimi	30
Şekil 3.3.	Cam aynanın gösterimi	31
Şekil 3.4.	Cam aynanın şematik resmi	32
Şekil 3.5.	Deneyde kullanılan iki motor ile yapı	33
Şekil 3.6.	Yutucunun şematik gösterimi	34
Şekil 3.7.	Deneyde kullanılan yutucunun resmi	34
Şekil 3.8.	Kontrol kutusu	35
Şekil 3.9.	Kontrol sistemin elemanları (a: kontrol cihazı; b: optik sensör)	35
Şekil 3.10.	Güneş radyasyon ölçüm cihazı	36
Şekil 3.11.	Termokupl	37
Şekil 3.13.	Kızıl ötesi termometre	37
Şekil 3.14.	Rotametre cihazı	38
Şekil 3.15.	Yarım kabul açısı	40
Şekil 4.1.	Ölçülen güneş ışınım miktarı	44
Şekil 4.2.	Ölçülen güneş yükseklik açısının değerleri	45
Şekil 4.3.	Güneş yükseklik açısı ile yüzey azimut açısının değişimi	46

Şekil 4.4.	Ölçülen çıkış sıcaklıkların miktarları	47
Şekil 4.5.	Çıkış ve giriş arasındaki sıcaklık farkları	48
Şekil 4.6.	Suya aktarılan faydalı enerji miktarları	49
Şekil 4.7.	m1 = 0.00187 kg/s debisi için enerji miktarı değişimi	50
Şekil 4.8.	m2= 0.00217 kg/s debisi için enerji miktarı değişimi	50
Şekil 4.9.	m3 = 0.00345 kg/s debisi için enerji miktarı değişimi	51
Şekil 4.10.	Sistemin verimi	52
Şekil 4.11.	Fluid Flow (Fluent) kütüphanesi ve çözümün beş aşaması	56
Şekil 4.12.	Tasarlanan yutucunun şematik gösterimi	57
Şekil 4.13.	Yüzeylerinin çalışmalarının niteliğine göre belirlenmesi	57
Şekil 4.14.	Bölme işleminden sonra yutucunun gösterimi	58
Şekil 4.15.	Yutucuya uygulanan sınır şartlarını belirlemesi	59
Şekil 4.16.	Çözüm aşaması	59
Şekil 4.17.	m1=0.00187 kg/s için: yutucu duvarın ısıl dağılımı	60
Şekil 4.18.	m1=0.00187 kg/s için: yutucudan geçen suyun sıcaklık dağılımı	61
Şekil 4.19.	Yutucu borunun enine kesiti boyunca sıcaklık dağılımının gösterimi	62
Şekil 4.20.	m1=0.00187 kg/s için: yutucu boyunca hız dağılımının gösterimi	63
Şekil 4.21.	Yutucu borunun enine kesitine göre hız dağılımının gösterimi	64
Şekil 4.22.	m2 = 0.00217 kg/s için: yutucu duvarın ısıl dağılımı	65
Şekil 4.23.	m2 =0.00217 kg/s için: yutucudan geçen suyun sıcaklık dağılımı	66
Şekil 4.24.	Yutucu borunun enine kesiti boyunca sıcaklık dağılımının gösterimi	67
Şekil 4.25.	m2 =0.00217 kg/s için: yutucu boyunca hız dağılımının gösterimi	68
Şekil 4.26.	Yutucu borunun enine kesitine göre hız dağılımının gösterimi	68
Şekil 4.27.	m3 = 0.00345 kg/s için: yutucu duvarın ısıl dağılımı	69
Şekil 4.28.	m3 = 0.00345 kg/s için: yutucudan geçen suyun sıcaklık dağılımı	70
Şekil 4.29.	Yutucu borunun enine kesiti boyunca sıcaklık dağılımının gösterimi	71
Şekil 4.30.	m3 = 0.00345 kg/s için: yutucu boyunca hız dağılımının gösterimi	72
Şekil 4.31.	Yutucu borunun enine kesitine göre hız dağılımının gösterimi	72
Şekil 4.32.	Su çıkışının deneysel ve sayısal sıcaklığının karşılaştırmasının grafiği	73

1. GİRİŞ:

Enerji, evrenin temel bir bileşeni ve varoluş biçimlerinden biridir. Her büyümenin ve her gelişmenin ana itici gücüdür. Endüstriyel ve ekonomik sektörlerde ve insan yaşamında kilit unsurdur. Bugün dünyada kullanılan enerjinin çoğu geleneksel ve sürdürülemez, çevreyi kirleten petrol ve türevlerine bağlıdır ve çok fazla zararlı emisyona neden olur. Geleneksel enerjinin (petrol ve türevleri, kömür ve doğal gaz) artan kullanımı, küresel ısınma, ozon tabakası, asit yağmuru ve diğer pek çok çevresel felaket ile sağlık sorunları gibi olumsuz etkilere sahiptir.

Bu bizi gelecek nesiller için sürdürülebilir kalkınma sağlayan alternatif ve temiz enerji kaynakları aramamıza ve çevremizi olumsuz yönde etkilememize neden oldu. Yenilenebilir enerji bunun için en iyi çözümdür, çünkü kalıcı olarak yenilenebilir ve temiz olma potansiyeline sahiptir. Yenilenebilir enerjilere örnek olarak hidroelektrik, biokütle, rüzgâr enerjisi, gelgit enerjisi, jeotermal enerji ve güneş enerjisi verilebilir.

Güneş, enerji alanında önemli bir rol oynar; dünya yüzeyindeki diğer enerjilerin oluşumunun temelini oluşturur ve diğer avantajı, kullanılabilirliği ve temizliğidir. Güneşten gelen radyasyon ve taşıdığı ısı ve ışık, insanın uzun süredir kullandığı enerji kaynağıdır. MÖ 212'de Arşimet Roma filosunu, yansıtıcı aynalar kullanarak güneşi uzaktan açığa çıkararak yaktı. 1888'de Weston, termokupl adı verilen işlemi kullanarak güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmenin bir yolunu buldu. Nikel ile demir gibi iki farklı metal arasında sıcak ve soğuk temas noktaları arasında bir elektrik voltajı üretmiştir.

Genel olarak, kullanılan güneş enerjisi sistemleri iki ana bölüme ayrılır:

- Bunlardan ilki, güneş ışınlarının fotovoltaik hücreler tarafından doğrudan elektriğe dönüştürüldüğü fotovoltaik sistemlerdir.
- İkincisi ise, güneş ışınımının, güneş kolektörleri kullanılarak çalışma akışkanına (hava, su, erimiş tuz, yağ vb.) aktaran güneş enerjisi sistemleridir (Kalogirou 2004).

1.1. Güneş Enerjisi

Güneş, merkezine doğru giderken sıcaklığı artan birkaç katmandan oluşan sıcak yoğun bir gaz küresidir. Enerjinin güneş sistemine yayıldığı en dış katmanın sıcaklığı yaklaşık olarak 5760 K (5487°C) eşdeğer kara cisim sıcaklığındadır. Güneşin çapı 1.39×10^{9} m'dir. Dünyadan ortalama uzaklığı yaklaşık 1.5×10^{11} m'dir (Goswami 2015).

Güneşte üretilen enerji birkaç füzyon reaksiyonundan kaynaklanmaktadır. Güneşten kaynaklanan enerji emisyonu oranı 3.3×10^{23} kW'tır ve bu da 4.3×10^{9} g/s kütlenin enerjiye dönüştürülmesinden kaynaklanmaktadır. Bu toplamın sadece yaklaşık 1.7×10^{14} kW'lık küçük bir kesimi dünyaya ulaşır (Tiwari2016).

Dünya tarafından yakalanan güneş enerjisi miktarı, diğer tüm enerjilerin (karasal nükleer, jeotermal, yerçekimi enerjileri ve ay yerçekimi enerjisi) toplamından 5000 kat daha fazladır. Bu miktarın %30'u uzaya geri yansıtılır. %47'si düşük sıcaklıkta ısıya dönüştürülür. %23'ü biyosferin buharlaşma / çökme döngüsüne verilir. %0.5'in altında bir değer rüzgâr ve dalgaların kinetik enerjisine dönüşür. (Goswami 2015)

Toplam karasal radyasyon, bir yıl boyunca dünya dışı toplamın yalnızca üçte biri kadardır ve bunun%70'i okyanuslara düşer. Ancak, karaya düşen $1.5x10^{17}$ kWh, muazzam bir enerjidir. Bu miktar 2009'da ABD'nin toplam enerji kullanımının yaklaşık 6000 katıdır (Goswami 2015).

1.2. Güneş Sabiti:

Dünyanın güneş etrafındaki hareketinin eliptik yörüngesi nedeniyle, güneş ve dünya arasındaki mesafe sabit değildir. Yıl boyunca değişmektedir ve maksimum değişim%1.7'dir. Bu nedenle dünya üzerindeki mevsimlik güneş ışınımının mevcudiyetinde bir değişiklik olur.

Dünya ile güneş arasındaki ortalama mesafede güneş ışınlarına dik bir düzleme düşen dış güneş radyasyonu (dünya atmosferinin dışında) güneş radyasyonu sabiti I_{sc} olarak adlandırılır (Tiwari 2016). NASA tarafından yapılan ölçümlerde güneş sabitinin değeri 1353 W/m^2 ($\mp$1.6) olarak bulunmuştur. 1367 W/m^2'lik değer birçok referans tarafından da kullanılır (Goswami 2015).

Yılın n günü için, atmosfer dışı güneş radyasyonu güneş ışınlara dik bir düzlemde

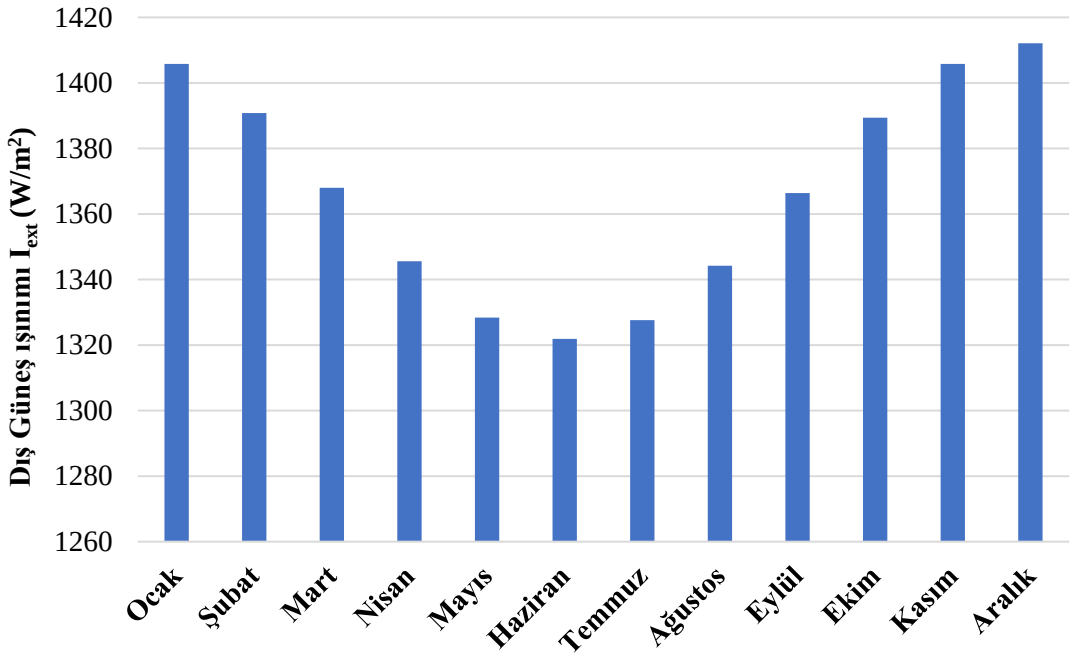
$$I_{ext} = I_{sc}(1 + 0.033 \cos(\frac{360 \,.\, n}{365})$$

ile verilir (Tiwari2016).

22 Haziran 2019 için, n = 173, I_{ext}=1322.49W/m^2

21 Aralık 2019 için, n = 355, I_{ext} = 411.43W/m^2

Her ay için dış güneş radyasyon değerleri, Şekil 1.1.'de gösterildiği gibi belirlenebilir:



Şekil 1.1. Dış güneş radyasyon değerleri (Tiwari2016)

1.3. Türkiye'de Güneş Enerjisi Potansiyeli

Türkiye, Şekil 1.2.'de gösterildiği gibi coğrafi konumu gereği güneş enerjisi potansiyeli açısından oldukça şanslıdır. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE) idaresi tarafından yapılan istatistik çalışmalarına göre, Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük ortalama 7.5 saat), yıllık ortalama toplam gelen güneş ışınım şiddeti 1311 kWh/m²-yıl (günlük ortalama 3.6 kWh/m²-gün) olduğu tespit edilmiştir (Bayrak 2011).

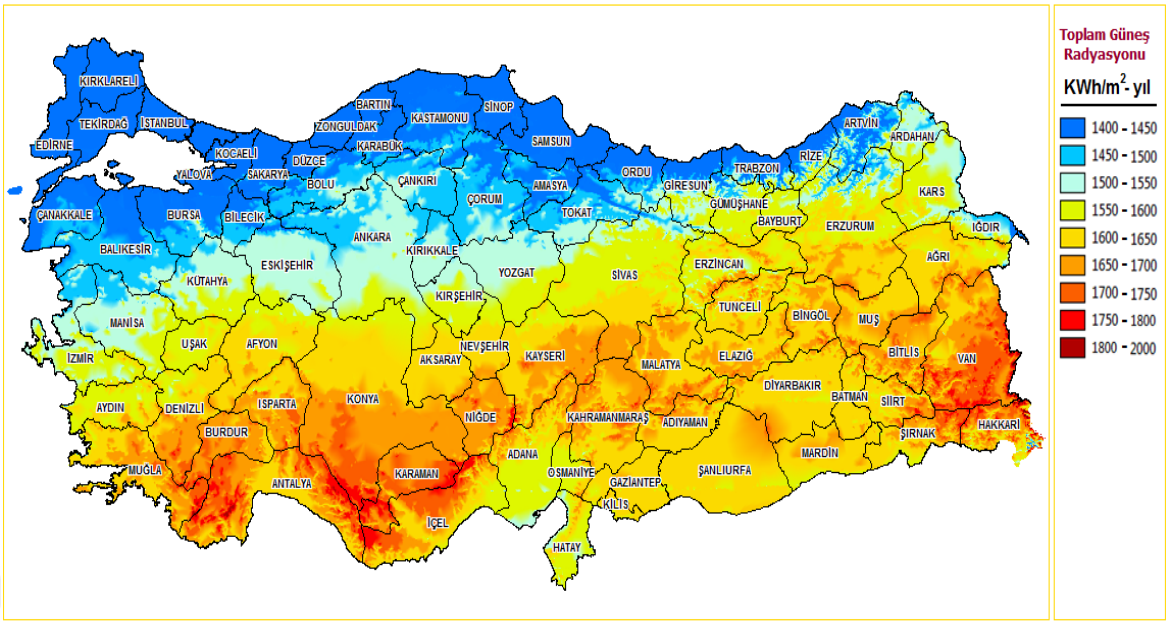
Avrupa Birliği tarafından aday ülkelerin güneş enerjisi ve PV potansiyelinin tespit edildiği çalışmada Türkiye ortalamasının yaklaşık 1500 kWh/m^2 olduğu, uydu

verileri ve Türkiye'nin coğrafik durumu itibariyle belirlenmiştir. Türkiye'nin tüm yüzeyine bir yılda düşen güneş enerjisi miktarı 977.000 TWh'dir. Dolayısıyla Türkiye 80 milyar TEP teorik güneş enerjisi potansiyeline sahip olup, bu değer 2000 yılı birincil enerji tüketiminin 900 katıdır (Kılıç ve ark. 2016).

Türkiye güneş enerji potansiyeli ve güneşlenme süresinin aylara göre dağılımı Çizelge-1.1 de gösterilmiştir.

Çizelge 1.1. Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli (Bayrak 2011)

Aylar	Aylık Toplam Güneş Enerjisi (kWh/m^2-ay)	Güneşlenme Süresi (saat/ay)
Ocak	51.75	103.0
Şubat	63.27	115.0
Mart	96.65	165.0
Nisan	122.23	197.0
Mayıs	153.86	273.0
Haziran	168.75	325.0
Temmuz	175.38	365.0
Ağustos	158.40	343.0
Eylül	123.28	280.0
Ekim	89.90	214.0
Kasım	60.82	157.0
Aralık	46.87	103.0
Toplam	1311	2640
Ortalama	3.6 kWh/m2-gün	7.2 saat/gün



Şekil 1.2. Türkiye'de toplam güneş radyasyon dağılımı (kWh/m2-yıl) (GEPA)

Türkiye'nin güneş enerjisi açısından en avantajlı bölgesi Güney Doğu Anadolu Bölgesi olup bunu Akdeniz Bölgesi izlemektedir. Bölgelere göre güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süresi aşağıdaki Çizelgede verilmektedir.

Çizelge 1.2. Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı (Bayrak 2011)

Bölge	Toplam Güneş Enerjisi (kWh/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	2409
Karadeniz	1120	1971

Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli doğrudan ısı enerjisi kullanımı olarak diğer ülkelere göre iyi durumdadır. Özellikle Akdeniz ve Güney Doğu Anadolu Bölgesinde sıcak su ihtiyacı büyük ölücüde güneşten sağlanmaktadır.

1.4. Dünya Yüzeyinde Güneş Işınımları:

Güneş tarafından üretilen güneş enerjisi, dalga boyu yaklaşık 0.3 μm ila 3 μm arasında değişen elektromanyetik radyasyon şeklinde olur. Dalga boyları 4 μm'den az ise, ultraviyole radyasyona karşılık gelirler. Dalga boyları 0.4 ile 0.7 μm arasında olduğunda, görünür radyasyona karşılık gelirler. Dalga boyları 0.7 μm'den büyükse, kızılötesi radyasyona karşılık gelirler (Goswami 2015).

Güneş'in toplam enerji üretimi 3.8×10^{20} MW'tır (Goswami 2015). Dünya, aşağıdakilerden dolayı yayılan toplam radyasyonun yalnızca (1.8×10^{11}kW) küçük bir kısmını yakalar:

- Dünya sadece güneşin bir kısmının enerjisine maruz kalır ve diğer kısımların enerjisinin geri kalanı uzayda dağılır.
- Dünya kendi kutup ekseni etrafında her gün bir kez döner, böylece dünya yüzeyindeki herhangi bir kolektör sadece yarım gün boyunca yayılan enerjiyi alabilir.
- Dünyanın yüzeyini çevreleyen ince atmosfer kabuğunun durumu üçüncü nedendir. Dünyanın atmosferi güneş enerjisinde %30'luk bir düşüşe neden olur.
- Hava koşulları güneş radyasyonun dünya yüzeyine ulaşmasına engel olabilir. Ancak difüz güneş ışınımı dünya yüzeyine ulaşabilir.

Bununla birlikte, dünyaya düşen 30 dakikalık güneş ışınımının bir yıl boyunca küresel enerji talebine eşdeğer olduğu tahmin edilmektedir (Kalogirou 2004).

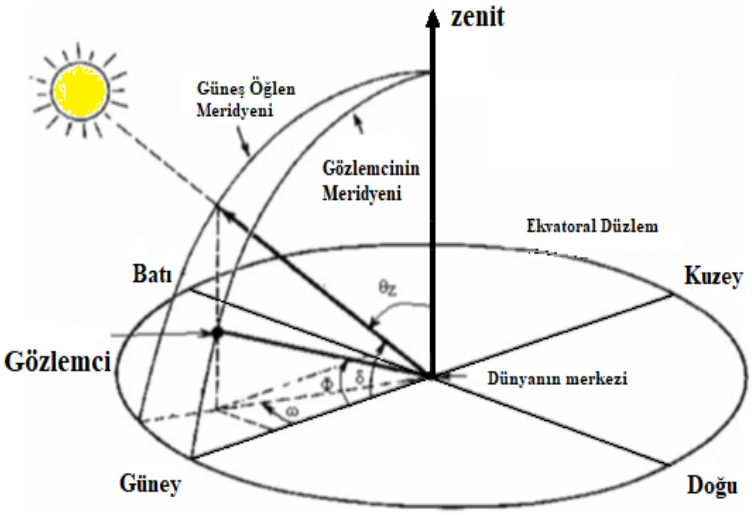
Güneş ışınımı atmosferden geçtiğinde, bir kısmı uzaya geri yansır. Bir kısmı hava ve su buharı tarafından emilir. Bir kısmı da hava molekülleri, su buharı, itici gazlar ve toz parçacıkları tarafından dağıtılır (Kalogirou 2004).

Güneş ışınımının yerkürenin yüzeyine, yönünde bir değişiklik olmadan ulaşan kısmına direkt güneş ışınımı denir. Gökyüzünden yerkürenin yüzeyine ulaşan dağıtılmış ışınıma difüz (yayılı) ışınım denir (Goswami 2015).

1.5. Güneş-Dünya Geometrik İlişkisi

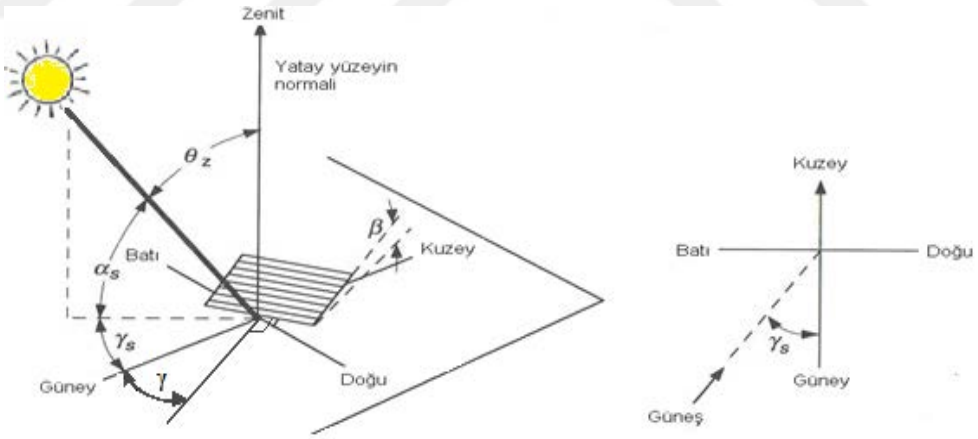
Herhangi bir zamanda, dünyaya göre sabit veya hareketli olan herhangi bir oryantasyon düzlemi ile direkt güneş ışınımı arasındaki geometrik ilişkiler birkaç açı

kullanılarak ifade edilebilir (Benford ve Bock, 1939). Yani güneşin o düzleme göre konumu tanımlanabilir. Açıların bazıları Şekil 1.3'de gösterilmiştir (Beckman 2013).



Şekil 1.3. Gözlemci konumunu dünyaya ve güneşe göre belirleyen bazı açılar (Tiwari2016)

Güneş enerjisi sistemleri için eğik yüzeylere ihtiyaç duyulur. Eğimli yüzey üzerine gelen güneş ışınımı ve açılar Şekil 1.4 de verilmiştir.



Şekil 1.4. Eğimli yüzey üzerinde ki bazı güneş açıları (Beckman 2013)

1.5.1. Enlem Açısı (φ):

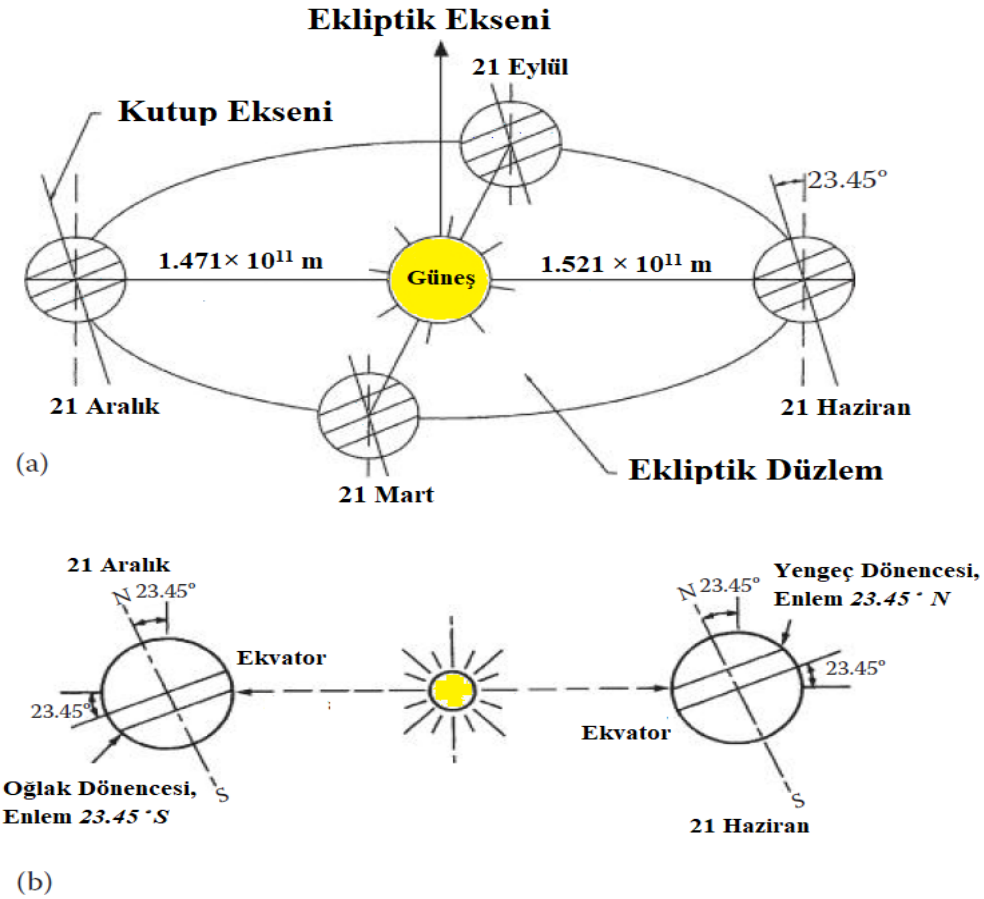
Dünya yüzeyindeki bir gözlemcinin (konum) enlemi, Şekil 1.3'de gösterildiği gibi Dünya merkeziden gözlemciye ulaşan radyal çizgi ile bu çizginin ekvator

düzlemine izdüşümü arasındaki açıdır. Kuzey yarımküredeki bir gözlemci için enlem pozitif, güney yarımkürede ise negatiftir. Enlem açısı $-90^{\circ} \leq \varphi \leq 90^{\circ}$ arasındadır.

1.5.2. Deklinasyon Açısı(δ):

Şekil 1.3 'de gösterildiği gibi, güneşten dünyanın merkezine ulaşan çizgi (güneş'ten gelen direkt ışınların yönünü de belirleyen) ile bu çizginin Ekvator düzlemine izdüşümü arasındaki açıdır. Deklinasyon açısı dünyanın kendi eksen etrafında dönmesi nedeniyledir. Şekil 1.5'de dünyanın kendi kutup ekseni etrafındaki hareketi sırasında oluşan deklinasyon açısının değerleri ($-23.45^{\circ} \leq \delta \leq 23.45^{\circ}$) gösterilmektedir. Deklinasyon açısı Cooper (1969) tarafında verilen aşağıdaki denklemden bulunabilir:

$$\delta = 23.45 \sin\left[\frac{360}{365}(284 + n)\right]$$



Şekil 1.5. (a) Dünyanın güneşle ilgili hareketi. (b) Tropik bölgelerin yeri

1.5.3. Eğim Açısı (β):

Söz konusu yüzeyin düzlemi ile yatay arasındaki açıdır. Değeri $0^\circ \leq \beta \leq 180^\circ$ arasındadır.

1.5.4. Zenit Açısı (θ_z):

Güneş ışınları ile yatay düzleme dik olan çizgi arasındaki açıdır.

1.5.5. Güneş Yükseklik Açısı (α):

Yatay düzlem ile Güneşe doğru olan çizgi arasındaki açıdır. Yani zenit açısının tamamlayıcısı.

$$\alpha = 90 - \theta_z$$

1.5.6. Güneş Geliş Açısı (θ_i):

Bir yüzeye gelen ışın ile o yüzeyin üzerine normal çizgi arasındaki açıdır.

1.5.7. Yüzey Azimut Açısı (γ):

Yatay düzlemde, güneye doğru giden çizgi ile eğimli yüzeye normal izdüşümü arasındaki açıdır. γ tam güneye dönük ise sıfırdır. Doğuya doğru negatiftir ve batıya doğru pozitiftir. Değeri $-180^\circ \leq \gamma \leq 180^\circ$ arasındadır. Bazı oryantasyonlar için γ değerleri Çizelge 1.3'te verilmiştir.

Çizelge 1.3. Kuzey yarımkürede çeşitli oryantasyonlar için yüzey azimut açısı (γ)

Yüzey yönü	γ (°)
Güneye doğru eğimli	0
Kuzeye doğru eğimli	180
Doğuya doğru eğimli	–90
Batıya doğru eğimli	+90
Güneydoğuya doğru eğimli	–45
Güneybatıya doğru eğimli	+45

1.5.8. Güneş Azimut Açısı (γ_s):

Yatay düzlemde direkt ışın izdüşümü ile güneye doğru giden çizgi arasındaki açıdır. Bu açı, güneyden doğuya gidildikçe negatif, güneyden batıya gidildikçe pozitiftir.

1.5.9. Saat Açısı (ω°):

Dünya'nın kendi ekseni etrafındasaatte15°dönmesi nedeniyle güneşin yerel meridyenin doğusundaki veya batısındaki açısal yer değiştirmesi olarak tanımlanabilir. Sabahleyin negatif, öğleden sonra da pozitiftir.

1.6. Güneş Toplayıcıları (Kolektörleri):

Herhangi bir güneş sisteminin ana bileşeni, gelen güneş ışığını emen, ısıya dönüştüren ve bu ısıyı kolektörden akan bir sıvıya (genellikle hava, su veya yağ) aktaran özel bir ısı eşanjörü olan güneş kolektörüdür.

Temel olarak güneş enerjisi toplama yöntemine göre iki tip güneş enerjisi toplayıcısı vardır: düzlemsel veya yoğunlaştırıcı olmayan güneş kolektörü ve yoğunlaştırıcı olan güneş kolektörüdür. Yoğunlaştırıcı olmayan güneş kolektörü, güneş ışınlarını yakalamak ve absorbe etmek için aynı alana sahiptir; halbuki yoğunlaştırıcı olan ve aynı zamanda güneşi takip eden güneş kolektörü, genellikle güneş ışınlarını yakalamak ve daha küçük bir yutucu alana odaklamak için yansıtıcı içbükey yüzeylere sahiptir. Böylece radyasyon akışını arttırırken yoğunlaştırıcı olmayan kolektörlerden daha yüksek bir sıcaklık elde edilebilir. Ayrıca, güneş enerjisi toplayıcıları temel olarak hareketleri, (sabit, tek eksenli izleme ve iki eksenli izleme) ve çalışma sıcaklığıyla ayırt edilir. Çizelge 1.4'te kapsamlı bir liste gösterilmektedir.

Çizelge 1.4. Güneş Enerjisi Kolektörleri (Kalogirou 2004)

Hareket Tipi	Kolektör Tipi	Emici Tipi	Yoğunlaştırma Oranı	Sıcaklık Aralığı (°C)
Sabit	Düz güneş kolektörleri	Düz	1	30-80
	Vakumlu güneş kolektörleri	Düz	1	50-200
	Bileşik parabolik kolektörleri	Borulu	1-5	60-240
Tek Eksenli İzleme	Doğrusal Fresnel reflektörü	Borulu	10-40	60-250
	Parabolik oluk kolektörü	Borulu	15-45	60-300
	Silindirik oluk kolektörü	Borulu	10-50	60-300
İki Eksenli İzleme	Parabolik çanak reflektörü	Noktalı	100-1000	100-500
	Heliostat kolektörü	Noktalı	100-1500	150-2000

1.6.1. Sabit Kolektörler:

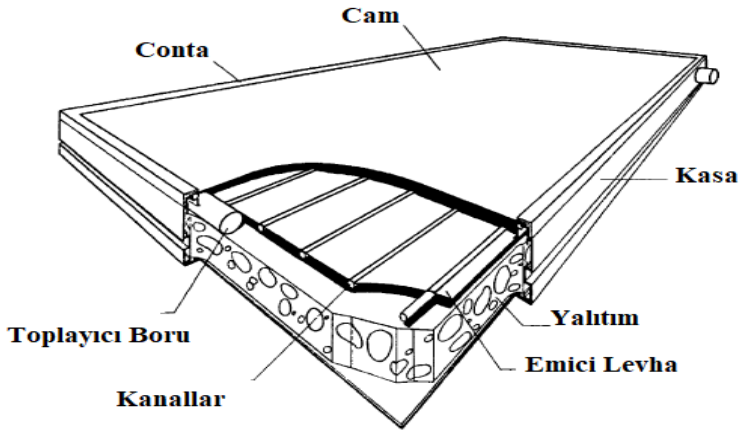
Bu kolektörler kalıcı olarak sabittir ve güneşi takip etmezler. Üç tip kolektör bu kategoriye girer:

- Düzlemsel güneş kolektörleri
- Sabit bileşik parabolik kolektörler
- Vakumlu güneş kolektörleri

1.6.1.1. Düzlemsel Güneş Kolektörleri

Tipik bir düzlemsel güneş kolektörü, Şekil1.6'de gösterilmektedir. Güneş ışınımı şeffaf bir yüzeyden geçip koyu renkli-emici yüzeye çarptığında, Güneş enerjisinin çoğu emici levha tarafından emilir. Daha sonra depolama veya kullanım için taşınacak olan çalışma akışkanına (su, hava) aktarılır. Genellikle düzlemsel güneş kolektörü kalıcı bir şekilde sabitlenir ve güneşin izlenmesi gerekmez.

Emici levhanın alt tarafı ve yan tarafı, iletim kayıplarını azaltmak için iyi yalıtılmıştır. Sıvı tüpleri emici levhaya kaynaklanabilir veya levhanın ayrılmaz bir parçası olabilir. Sıvı tüpleri her iki ucunda da geniş çaplı toplayıcı borularla bağlanır. Yutucu levha ile cam arasındaki durgun hava tabakası, yutucu levhadan taşınım kayıplarını azaltmak için kullanılır. Bununla birlikte, cam güneş tarafından gönderilen kısa dalga boylu termal ışınıma karşı şeffaf olduğu için kolektörün radyasyon kayıplarını azaltır. Genellikle düzlemsel güneş kolektörü 100°C'ye kadar düşük sıcaklıklı uygulamalar için kullanılır. Ancak vakum yalıtımı kullanan bazı yeni kolektör tipleri biraz daha yüksek değerler elde edebilir (Kalogirou 2004).



Şekil 1.6. Bir düzlemsel güneş kolektörün kesit şeması (Kalogirou 2004)

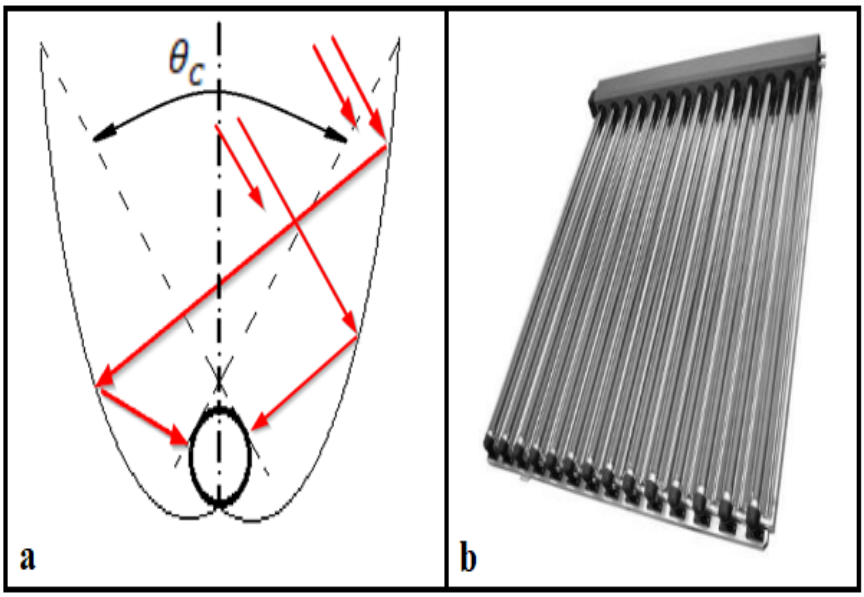
1.6.1.2. Sabit Bileşik Parabolik Kolektörler

Yutucu yüzey üzerine güneş ışınımı düşmeyen kolektörlerdir. Bu yoğunlaştırıcılar, güneşten gelen tüm ışınımları (direkt ve difüz) yutucu üzerine geniş sınırlar içerisinde yansıtma yeteneğine sahiptir.

Şekil 1.7'de gösterildiği gibi, çoklu iç yansımaları kullanarak, kolektör geliş açısı(θ_C) içindeki açıklığa giren herhangi bir radyasyon kolektörün altındaki emici yüzeye doğru yolunu bulur. Bileşik parabolik yoğunlaştırıcılar, nispeten geniş açılardan gelen radyasyonu yansıtabilirler.

Yoğunlaştırıcıyı değişen güneş yönüne uyacak şekilde hareket ettirme gerekliliği, Şekil 1.7-a'da gösterildiği gibi, birbirine bakan parabolik şekli iki bölümden oluşturulan oluk kullanılarak azaltılabilir. Yoğunlaştırıcının geliş açısına bağlı olarak, yoğunlaştırıcı sabit veya güneşi takip eder şekilde olabilir.

Emiciler çeşitli konfigürasyonlarda olabilir. Genellikle iki ana tip emici kullanırlar; boru tipi ve kanatlı boru tipi, Şekil 1.7'de, vakumlu bir boru şeklindeki emiciyi kullanan ticari bir sabit bileşik parabolik kolektörler modülü gösterilmiştir (Kalogirou 2004).



Şekil 1.7. Bileşik parabolik güneş kolektörün a) Kesit şeması; b) Ticari modülü

1.6.1.3. Vakumlu Güneş Kolektörleri:

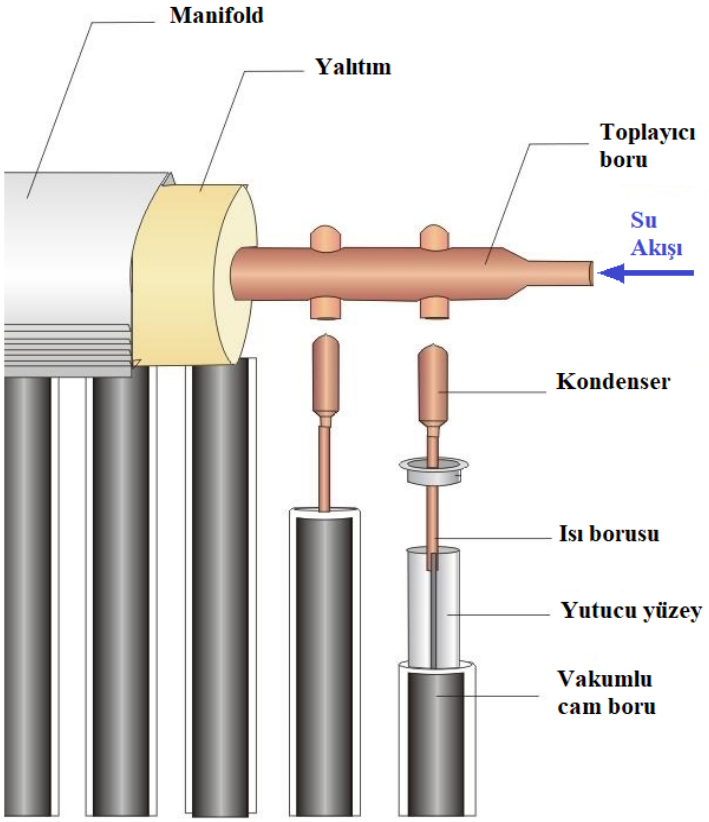
Güneşli ve sıcak iklimlerde kullanılmak üzere geleneksel basit düzlemsel güneş kolektörleri geliştirilmiştir. Bununla birlikte, soğuk, bulutlu ve rüzgârlı günlerde koşullar olumsuz olduğunda, faydaları büyük ölçüde azalır. Bu güneş kolektörleri, Şekil 1.8'de gösterildiği gibi, vakumla kapatılmış bir cam tüpün içerisinde bir bakır ısıl borusundan oluşur. Vakumlu cam, taşınım ve iletim kayıplarını azaltır, bu yüzden vakumlu kolektörler düzlemsel güneş kolektöründen daha yüksek sıcaklıklarda çalışabilir.

Düzlemsel güneş kolektörleri gibi hem direkt hem de difüz ışınımı toplayabilir. Ancak düşük geliş açılarında verimleri daha yüksektir. Bu etki, vakumlu güneş kolektörlerine günlük performansta düzlemsel güneş kolektörlerine göre bir avantaj sağlama eğilimindedir.

Vakumlu güneş kolektörlerinde, ısıyı yüksek verimle aktarmak için sıvı-buhar faz değiştirici malzemeleri kullanılır. Bu kolektörler, vakumla cam tüpün içerisine yerleştirilmiş bir ısı borusuna (yüksek verimli bir termal iletken) sahiptir. Sızdırmaz bir bakır boru olan ısı borusu daha sonra, cam boruyu dolduran siyah bir bakır yüzeye (yutucu yüzey) tutturulur. Her ısı borusunun üstünde bulunan çıkıntı, kondenseri oluşturan ısı borusuna bağlı bir metal uçtur.

Isı borusu buharlaşma-yoğunlaşma çevrimine giren az miktarda bir sıvı (örneğin metanol) içerir. Bu çevrimde güneş ısısı, sıvıyı buharlaştırır. Bu buhar, yoğunlaştırıldığı ve gizli ısısını serbest bıraktığı ısı yutucu bölgesine gider. Yoğunlaşmış sıvı güneş kolektörüne geri döner ve işlem tekrarlanır.

Bu tüpler monte edildiğinde, Şekil 1.8'de gösterildiği gibi, metal uçlar bir ısı eşanjörü (manifold) ile bağlanır. Su veya glikol manifoldun içinden akar ve ısıyı tüplerden alır (Kalogirou 2004).



Şekil 1.8. Vakumlu güneş kolektör çeşitli kısımlarının gösterimi

1.6.2. Güneşi Takip Eden Yoğunlaştırıcı Kolektörler:

Enerji verme sıcaklıkları, ısı kayıplarının meydana geldiği alanı azaltarak arttırılabilir. Nispeten küçük bir toplama alanında büyük miktarda güneş ışınımı yoğunlaştırılırsa, düzlemsel güneş kolektörü ile elde edilebileceklerin çok üzerindeki sıcaklıklara ulaşılabilir. Bu özellik yoğunlaştırıcı kolektörler kullanılarak sağlanabilir.

Yansıtılan veya kırılan ışık bir odak bölgesine yoğunlaştırarak, hedef alıcıdaki enerji akışını arttırır.

Yoğunlaştırıcı kolektörler sadece güneş ışınımının direkt bileşenini kullanabilir, halbuki difüz bileşen yoğunlaştırılmaz. Yoğunlaştırma, ayna veya lens kullanılarak güneş ışımasının yansıması veya kırılmasıyla elde edilebilir.

Yoğunlaştırıcılar yansıtıcı veya ışık kırıcı, silindirik veya parabolik ve sürekli veya parçalı olmak üzere ayrılmış olabilir. Alıcılar dışbükey, düz, silindirik veya içbükey olabilir ve camla kaplanmış veya kaplanmamış olabilir.

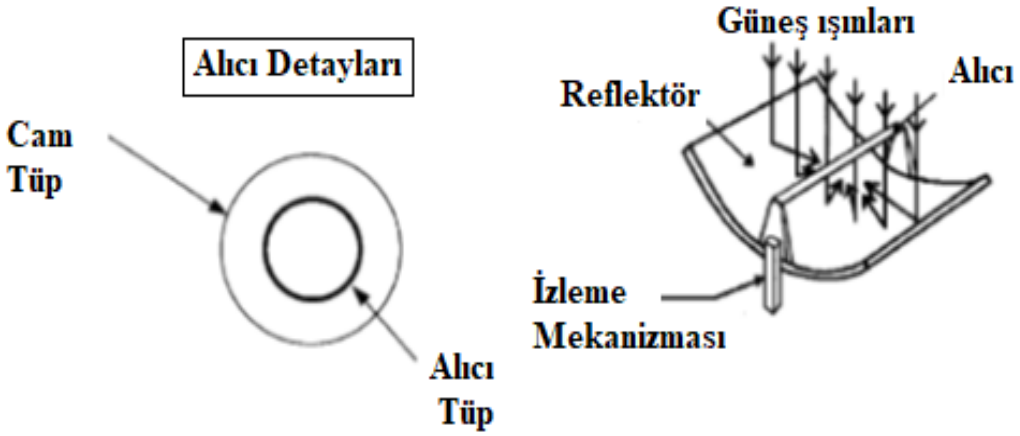
Yukarıdaki çizelge 1.4'te gösterildiği gibi, yoğunlaştırma oranları, yani açıklık alanının alıcı/yutucu alana oranı, birkaç kattan,10000'ekadar yüksek değerlere değişebilir (Kalogirou 2004).

Güneşin gökyüzündeki görünür hareketi nedeniyle, yoğunlaştırıcılar güneşin günlük hareketini takip etmelidir, bu kategoriye giren kolektörler şunlardır:

- Parabolik oluk kolektörler
- Parabolik çanak kolektörler
- Doğrusal Fresnel yansıtıcılar
- Merkezi alıcılar.

1.6.2.1. Parabolik Oluk Güneş Kolektörü

Parabolik oluk güneş kolektörleri, Şekil 1.9'da gösterildiği gibi bir yansıtıcı malzeme tabakasını parabolik bir şekle bükerek yapılır. Isı kayıplarını azaltmak için cam bir boru ile kaplı metal siyah bir tüp, alıcının odak çizgisine yerleştirilir. Parabol yansıtıcı güneşe doğru yönelmiş olduğunda, yansıtıcıya gelen paralel ışınlar alıcı tüp üzerine yansıtılır. Güneş tek eksende izlenmesi yeterlidir. Bu nedenle uzun kolektör modülleri üretilir. Parabolik oluk güneş kolektörleri 50 ila 400^{o}C arasındaki sıcaklıklarda etkili bir şekilde ısı üretebilir (Kalogirou 2004).



Şekil 1.9. Parabolik oluk kolektörünün şematik gösterimi (Kalogirou 2004)

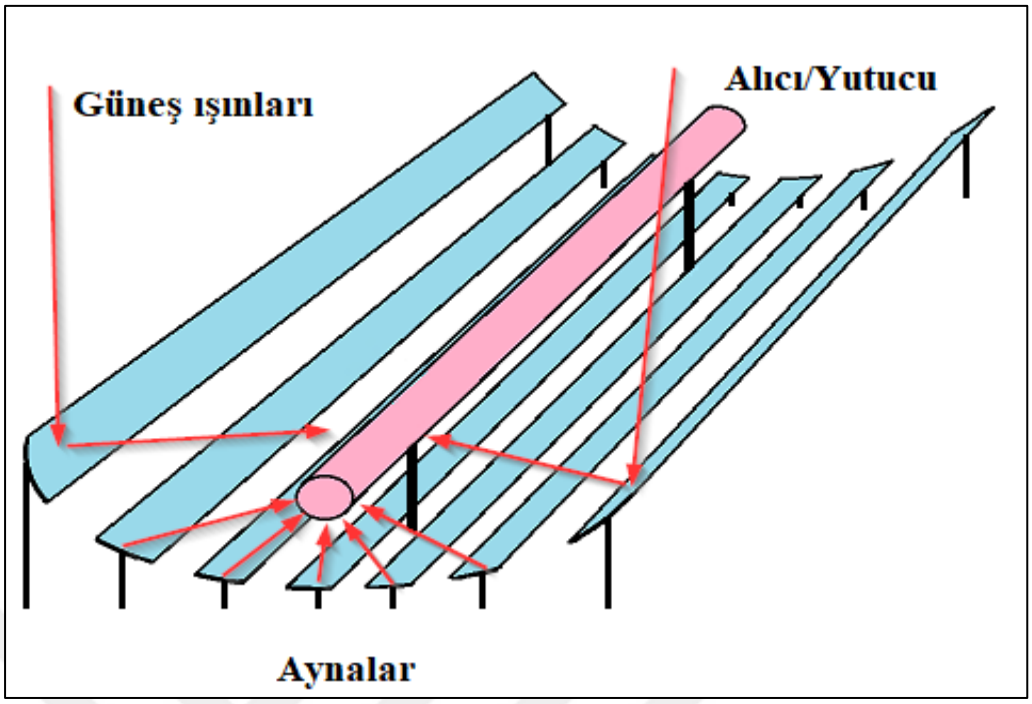


Şekil 1.10. Parabolik oluk kolektörü (Sky Fuel 2014)

1.6.2.2. Doğrusal Fresnel Yansıtıcısı

Fresnel yansıtıcı teknolojisi, Şekil 1.11'degösterildiği gibi ışığı bir kuleye monte edilmiş sabit bir alıcıya odaklayan bir dizi doğrusal ayna şeridinden oluşur. Fresnel yansıtıcısı, parçalanmış bir parabolik oluk yansıtıcısı olarak düşünülebilir. Ancak parabolik olukların aksine parabolik şekilde olması gerekmez. Büyük emiciler oluşturulabilir ve emicinin hareket etmesi gerekmez.Bu tür sistemin en büyük avantajı parabolik cam yansıtıcılara kıyasla daha ucuz olan düz veya elastik eğimli yansıtıcılar kullanmasıdır.

Fresnel yansıtıcısı, teknolojisindeki zorluk, yan yana bulunan yansıtıcılar arasında gölgelenmenin önlenmesi,yansıtıcısılar arasında daha fazla boşluk bırakılmasına neden olmasıdır. Emici kulelerin yüksekliğini artırarak, kaplama azaltılabilir, ancak bu maliyeti arttırır (Kalogirou 2004).



Şekil 1.11. Bir doğrusal Fresnel reflektör alanından aydınlatılan bir alıcının şematik gösterimi



Şekil 1.12. Doğrusal Fresnel reflektörleri (Meyers 2016)

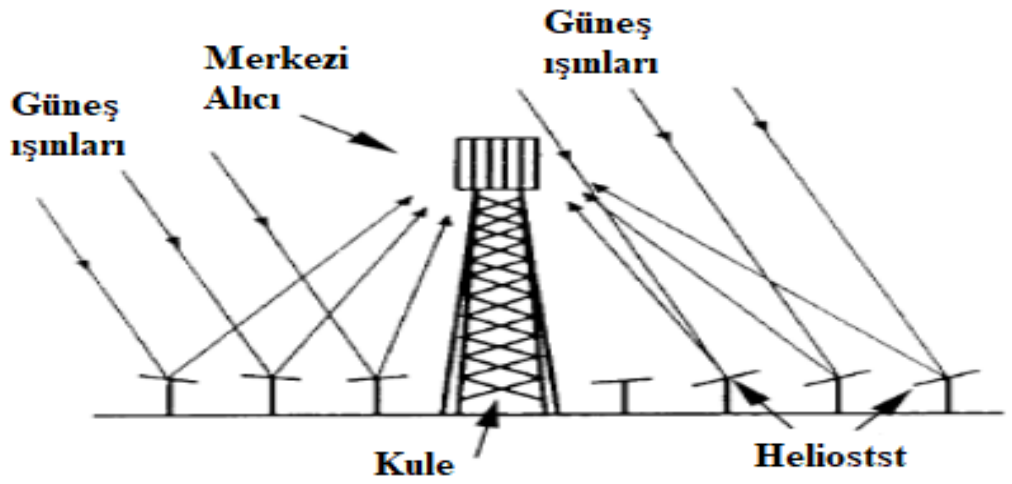
1.6.2.3. Heliostat Toplayıcısı

Aşırı yüksek radyant enerji girişleri için, Şekil 1.13'te gösterildiği gibi direkt güneş ışınımını ortak bir hedefe yansıtmak için çok sayıda düz ayna veya heliostat kullanılabilir.

Heliostatlar üzerinde hafif içbükey şekilli ayna parçaları kullanarak, yüksek sıcaklıkta ve basınçta buhar üretmek için büyük miktarda termal enerjiyi bir buhar eşanjörüne gönderir. Buna heliostat alanı veya merkezi alıcı kolektörü denir.

Alıcı tarafından emilen konsantre ısı enerjisi depolanabilen ve daha sonra güç üretmek için kullanılabilen bir dolaşım sıvısına aktarılır.

Genellikle 300'den 2000'e kadar yoğunlaştırma oranlarına ulaşırlar ve bu nedenle enerji toplamada oldukça etkilidirler (Kalogirou 2004).



Şekil 1.13. Merkezi alıcılı güneş kolektör sistemlerinin şematik gösterimi (Kalogirou 2004)



Şekil 1.14. Merkezi alıcılı güneş kolektör sistemleri (Seville 2011)

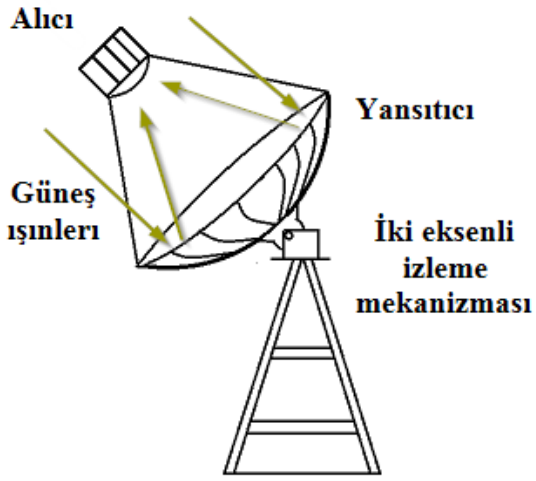
1.6.2.4. Parabolik Çanak Yansıtıcılar

Şekil 1.15'te şematik olarak gösterilen bir parabolik çanak yansıtıcı, güneşi iki eksende takip eden ve güneş enerjisini çanağın odak noktasında bulunan bir alıcıya yoğunlaştıran noktasal odaklı bir kolektördür. Bu tipteki yansıtıcılar güneş ışınlarını termal alıcıya yansıtmak için güneşi sürekli olarak takip etmelidir.

Alıcı, güneş enerjisini yutar ve içerisinde dolaşan sıvıya ısı enerjisini aktarır. Sonra ısı enerji doğrudan alıcıya bağlı bir jeneratör kullanılarak elektriğe dönüştürülebilir ya da borularla merkezi bir güç dönüşüm sistemine taşınabilir. Parabolik çanak sistemleri, 1500^{o}C'nin üstündeki sıcaklıklara ulaşabilir (Kalogirou 2004).

Parabolik çanakların birkaç önemli avantajı vardır:

- Küçük bir emici alana sahip olduğu için, daha az radyasyon kaybı vardır.
- Her zaman güneşi takip ettiği için, tüm kolektör sistemlerinin en verimli olanıdır.
- Tipik olarak 600-2000 aralığında yoğunlaştırma oranlarına sahiptir ve bu nedenle ısı enerjisi emme ve güç dönüşüm sistemlerinde oldukça verimlidirler.



Şekil 1.15. Parabolik bir çanak toplayıcısının şematik gösterimi

1.7. Takip Sistemleri:

Karmaşıktan çok basite kadar değişen çeşitli takip mekanizmaları önerilmiştir. Takip sistemleri mekanik ya da elektrikli-elektronik sistemler olmak üzere iki kategoriye ayrılabilir. Elektronik sistemler genellikle gelişmiş güvenilirlik ve takip doğruluğu gösterir. Bu sistemler, aşağıdakilere de bölünebilir:

- Motorları çalıştıran mekanizmalar, güneş ışığının yoğunluğunu tespit eden sensörler aracılığıyla elektronik olarak kontrol edilir.
- Alıcı/yutucu üzerindeki güneş akısını ölçen sensörlerden sağlanan geri besleme ile bilgisayar kontrollü motorları kullanan mekanizmalar (Kalogirou 2004).

1.8. Güneş Enerjisi ile Su Isıtma

Güneş enerjisi uygulamaları, genellikle güneş termal uygulamaları, güneş fotovoltaik uygulamaları ve güneş fotosentezi olarak sınıflandırılır. Aşağıda en başarılı güneş enerjisi uygulamalarından bazıları:

- Binaların ısıtılması.
- Damıtma sistemleri
- Kurutma
- Pişirme
- Elektrik enerjisi üretimi.
- Su Isıtma
- Sera

Günümüzde, güneş enerjisini ısıya dönüştürme süreci, güneş ışınımı kullanarak sıcak su toplamak için çok başarılı ve ucuz hale gelmiştir. Restoranlar, kafeler, oteller, hastaneler, pansiyonlar ve yurtlar gibi ticari sektörlerde güneş enerjili su ısıtma sistemleri kullanılmaktadır. Benzer bir şekilde, gıda endüstrisi ve termik santraller gibi endüstriyel sektörlerde de su ısıtma sistemleri kullanılmaktadır.

Güneş enerjili su ısıtma önemli miktarda elektrik ya da diğer geleneksel yakıtlardan tasarruf sağlar. Enerji talebinde azalmaya yol açar ve karbondioksit emisyonunu önleyen güvenilir bir uygulamadır. Evsel güneş enerjili su ısıtma sistemi, bir evde su ısıtması için yıllık olarak gerekli enerjinin %60'ına yakınını sağlayabilir (Dintchev, 2006).

Güneş enerjili su ısıtıcıları genellikle iki kategoriye ayrılır: yoğunlaştırıcı tip ve yoğunlaştırıcı olmayan tip. Düzlemsel kolektörler ve vakum tüplü kolektörler, en yaygın şekilde kullanılan yoğunlaştırıcı olmayan güneş enerjili su ısıtıcılarıdır. Yoğunlaştırıcı olan ısıtıcılar ise güneş enerjisini toplayıcı yüzeyine yoğunlaştırmaya ve onu bir nokta veya hat üzerindeki odağa toplamak için düz, parabolik veya içbükey yansıtıcıların kullanımına dayanmaktadır.

2. ÖNCEKİ ÇALIMALAR:

Önceki literatürün gözden geçirilmesi daha etkili bir araştırma yapmak için önemli bir adımdır. Bu çalışmada, yılın farklı günlerinde güneş ışınımının değerlerine bağlı olarak suyu belirli bir sıcaklığa ısıtan parabolik yansıtıcı kullanma fikrine dayanan bir güneş enerji sistemi tasarlanıp inşa edileceği için, önceki araştırmalarda kullanılan yöntemler, aletler ve teknikler incelenecektir. Bu çalışmalar, çanak ve yutucu tasarımı, optik verimi, rüzgâr yükü hesabı, malzeme kullanımı vb. ile ilgili tasarımın iyileştirilmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Kaushika ve Reddy (2000), parabolik çanak teknolojisinin tasarımı ve malzeme yeniliklerini içeren düşük maliyetli bir güneş enerjili buhar üretim sistemi geliştirilmiş ve performans özelliklerini incelemişlerdir. Yoğunlaştırıcı, bir uydu iletişim çanağının alüminyum çerçevesine yerleştirilmiş, gümüş renkli polimer yansıtıcıdan yapılmış, optik derin bir çanaktır. Küre şekilli alıcılar kullanılmıştır. Sistemin performans analizleri, güneş enerjisinin buhar haline dönüştürmesinin verimliliğinin 450°C'de %70'e ulaştığını göstermiştir.

Taebeom Seo ve ark. (2003), Parabolik çanak toplayıcı sisteminde kullanılan alıcılardan kaynaklanan ısı kayıpları sayısal olarak incelenmiştir. Parabolik çanak toplayıcının yansıtıcısı, çanağın yüzeyi üzerinde yerleştirilmiş kare aynalardan oluşmuştur. İncelenen alıcılar, konik ve küre şekilleriyle iki farklı türe sahiptir. Eğer aynaların boyutu 200 mm × 200 mm'yi aşarsa, alıcıdan kaçan güneş ışınlarının hızla arttığı fark edilmiştir. Yutucu verimliliği ve termal kapasite testi, 200 mm × 200 mm'lik aynaların, daha fazla ısı kaybına uğramadan nispeten iyi performans gösterdiğini anlaşılmıştır. Konik şekilli alıcının yüksek sıcaklıklarda daha iyi performans gösterdiği, küre alıcının ise düşük sıcaklıklar daha faydalı olduğunu ortaya koymuştur.

Kalogirou (2004), çeşitli güneş termal toplayıcıları ve uygulamalarına dair bir inceleme yapmıştır. Bu incelemede, düz levha, birleşik parabolik, vakumlu boru, parabolik oluk, Fresnel lens, parabolik çanak ve helyostat toplayıcıları dahil olmak üzere farklı toplayıcı tiplerinin bir tanımı sunulmuştur. Bu toplayıcılar üzerinde optik, termal ve termodinamik olarak bir analiz yapılmıştır. Bunların performanslarını değerlendirmek için kullanılan yöntemler de sunulmuştur. Buna ek olarak, su ısıtma, soğutma, dondurma işlemi, endüstriyel ısıl süreç, tuzdan arındırma, termik güç

sistemleri, güneş fırınları ve kimya uygulamaları için kullanılan toplayıcılar belirlenmiştir.

Parabolik çanak yoğunlaştırıcılar sürekli olarak doğu-batı ve kuzey-güney yönünde güneşi takip sistemlerine ihtiyaç duyarlar. Shanmugam ve Christraj (2005) çalışmalarında, doğu-batı yönünde takip etmeksizin sadece kuzey-güney yönünde güneşi aralıklı olarak takip etmenin yöntemi araştırmışlardır. Kuzey-güney doğrultusunda takip sıklığı, yükseklik açısındaki değişim ile toplayıcı emicisinin ebadı arasındaki ilişki belirlenmiştir. Bilgileri ayrıntılı olarak hesaplamak için Visual Basic dilinde bir bilgisayar programı yazılmıştır. Bu çalışmada sistemin, güneşi kuzey-güney yönünde sürekli takip etmesinin gerekmediği sonucuna varılmıştır.

Vardanyan ve Gagiyan (2008), tomografik ve vektörel yöntemleri geliştirilerek parabolik çanak toplayıcının konsantrasyon alanlarını hesaplanmışlardır. Formüle edilmiş önceki yöntemler kullanılarak rastgele şekle sahip yutucu yüzeyi üzerindeki enerji dağılımı hesaplanmış ayrıca çalışmada üç hesaplama örneği sunulmuştur.

Shuai ve ark. (2008), Monte Carlo yöntemi kullanılarak parabolik çanak toplayıcı/ yutucu sistemlerinin radyasyon performansı tahmin etmişlerdir. Sunshape'in etkisi (Güneş yoğunluğunun güneş yönüne yakın açısal dağılımı [eissa2014]) ve yutucu yüzeyinin eğiminin hatası incelenmiştir. Küre alıcıların ideal şeklini elde etmek için beş farklı küre alıcının üstüne üniform radyasyon akışının dağılımı incelenmiştir. Sonuçlar, küre alıcısının şeklinin (ters armut şekli) üniform radyasyon akışının en iyi geometrik dağılımına sahip olduğunu göstermiştir.

Burgessve ark. (2009), ANU 500 m^2 parabolik çanak toplayıcısı kullanılarak doğrudan buhar üretmek için bir deneme yapılmıştır. ANU 500 m^2 çanağı, seri üretim ve en düşük enerji üretim maliyeti için tasarlanmış yeni bir modeldi. ANU 500 m^2, yüksek kalitede bir optiğe sahip ve 2200'in üzerinde bir yoğunlaştırma oranına sahip olduğu bir çanaktı. Deneyler 8 saate kadar sürekli olarak sürdürülmüş, ayrıca hem alıcının tasarım şartları altında (500°C, 4.5 MPa) hem de düşük sıcaklıklar ve basınç şartları altında da gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, yarı kararlı durum dönemlerinde yutucu dönüşüm verimliliğinin %90'ın üzerinde olduğunu göstermiş.

Folaranmi (2009), parabolik çanakla buhar üreticisinin tasarımı, imalatı ve testi incelenmiştir. Su buharı elde etmek için yansıtıcının odak noktasında bulunan bir metal kutu emici kullanılmıştır. Ayrıca, güneş enerjisinin iyi toplamasını sağlamak için

sistemin tabanı üzerinde manuel olarak çalıştığı bir güneş takip sistemi kullanılmıştı. Güneşli ve bulutsuz olmayan günlerde test sonuçları ortalama olarak 200°C'nin üzerinde çıkmıştır.

Wang ve Siddiqui (2010), çalışma sıvısı olarak argon gazı kullanarak parabolik çanak toplayıcı sisteminin üç boyutlu bir modelini oluşturmuşlardır. Ayrıca sistemin termal performansını da simüle etmişlerdir. Çalışma gazının ve yutucu duvarının sıcaklık dağılımları belirlenmiştir. Açıklık boyutunun, güneş alıcısının giriş / çıkış konfigürasyonunun ve parabolik çanağın kenar açısının etkisi de incelenmiştir.

Wu ve ark. (2010), termik güç sisteminde kullanılmış parabolik çanak toplayıcının küre alıcısından konveksiyonla ısı kaybını incelenmişlerdir. Bu çalışmada hem konveksiyonla ısı kaybı mekanizması üzerinde hem de şimdiye kadar kabul edilmiş çeşitli şekillerdeki küre alıcılar üzerinde deneysel ve sayısal olarak bir inceleme yapılmıştır. Ek olarak ısı kayıplarını ve rüzgâr efektlerini tahmin etmek için Nusselt sayının bağıntıları geliştirilmiştir.

Mohammed (2012), parabolik çanak toplayıcısı kullanılarak ev için su ısıtma sistemi tasarlayıp ve geliştirilmiştir. Bu sistemle günde 40 litre suyun 100^{o}C'ye kadar ısıtılabildiği gözlemlenmiştir. İki doğrusal aktüatör kullanılarak otomatik bir güneş takip sistemi kurulmuştur. Kuzey-güney ve doğu-batı yönlerinde elektronik kontrol devresi kullanılarak otomatik olarak kontrol edilmiştir. Isıl verim %52-%56 olarak elde edilmişti.

Ngo ve ark. (2012), parabolik çanak toplayıcısı kullanarak düşük güç uygulamalarından elde edilebilen enerjiyi değerlendirmek üzere enerji analizi ve optimizasyonunu incelenmişlerdir. Parabolik çanak güneş toplayıcısının geliştirilmesi için enerji analizi uygulanmış ve güneş radyasyonunun enerjik içeriği dikkate alınarak parametrelerin ayrıntılı analizi sağlanmıştır. MATLAB programı kullanılarak ekserji verimliliği türetilmiştir. Parabolik çanak toplayıcısı üzerine ekserji kayıplarının dağılımı grafiksel olarak tespit edilmiştir.

Mohamed ve ark. (2012), elektronik devre kullanarak otomatik bir güneş takip sistemi oluşturmuşlardır. Bu incelemede iki sensor kullanılmıştır. Sensörlerin birisi doğu-batı yönünde diğeri ise kuzey-güney yönündedir. Su ısıtma uygulamaların yanı sıra buhar üretimi için 1.6 m çapa sahip parabolik çanak toplayıcı tasarlanıp imal edilmiştir. Isıl verimlilik öğlen saatlerinde %30 ye kadar ulaşmıştır.

Eswaramoorthy ve ark. (2013), güneş enerjisinden temiz enerji üretmek için bir termoelektrik jeneratörü kullanarak küçük bir parabolik çanak toplayıcı üzerinde deneysel bir çalışma yapmıştır. Parabolik çanak toplayıcı, parlatılmış bir alüminyum sac ile kaplanılmış bir uydu çanak anten kullanılarak imal edilmiştir. Termoelektrik jeneratör parabolik çanak toplayıcının odak noktasına, soğutma suyu ile yutucu plakanın arasına yerleştirilmiştir. Yutucu plakanın sıcaklığı, güç çıkışı ve dönüşüm verimliliği gibi çeşitli işletme parametreleri incelenmiştir.

Mahdi ve Bellel (2014), orta ve yüksek sıcaklık uygulamaları için küresel toplayıcı kullanarak güneş toplama sisteminin optik ve termal performansı incelemiştir. Sistem, su ile doldurulmuş silindirik bir alıcı, takip sistemi ve R=0.9 m çaplı küresel yansıtıcıdan oluşmuştur. 350°C'ye kadar geniş bir sıcaklık aralığı için ısıl verim %60-%70 olarak elde edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları, ısı gerektiren sistemlerde küresel yansıtıcı kullanılmasının mümkün olduğununu göstermektedir.

Sharma ve ark. (2015), deneysel testler yoluyla, performans analizinin yanı sıra optik ve ısıl modelleme yaparak, düşük maliyetli bir takip sistemli parabolik çanak toplayıcının tasarımı gerçekleştirmişlerdir. Parabolik çanak toplayıcı kullanılarak spiral alıcının geometrisindeki değişikliklerin çıkış sıcaklığına etkisi incelenmiştir. İki tip yutucu kullanılmıştır, birincisi sıfır aralıklı helisel sarımlı alıcı, ikincisi aralıklı helisel sarımlı siyah kaplamalı alıcıdır. İkinci tip yutucu ile elde edilen maksimum sıcaklık, sıfır aralıklı ilk tip alıcıdan yaklaşık %43 daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

Pavlović ve ark. (2016), spiral yutucu kullanan, parabolik bir çanak yoğunlaştırıcısının optik ve termal analizi yapılmıştır. Parabolik çanak yansıtıcı çapı 3.8 m, odak mesafesi ise 2.26 m'dir. Bu reflektör, on bir adet ikizkenar yamuk şeklinde yansıtıcı yapraklardan oluşmuştur. Polimetil metakrilat maddeden yapılan yapraklar gümüş bir ayna tabakasıyla kaplanmıştır. Bu toplayıcı "SolidWorks" ticari program vasıtasıyla tasarlanmış ve bu programda bulunan "Flow Simulation Studio" bölümü ile optik ve termal olarak benzetim yapılmıştır. Termal verimi su giriş sıcaklığına göre %4 ila %15 arasında değişirken, enerji verimi yaklaşık olarak %65 bulunmuştur. Ayrıca emici üzerindeki sıcaklık dağılımı, ısı akısı ve emicinin basınç düşüşü gibi diğer önemli parametreler incelenmiştir.

Prado ve ark. (2016), parabolik çanak yoğunlaştırıcı kullanarak suyun tuzdan arındırarak en az iki kişinin günlük ihtiyaçlarını karşılayabilecek temiz su

sağlanmışlardır. Suyu tuzdan arındırmak için bir çanak yoğunlaştırıcı kurulmuş; performans analizi yapılmış ve özellikleri saptanmıştır. Deneyler, çalışma sıvısına %0-4'lük konsantrasyonlu deniz tuzu ihtiva eden çözeltinin yarı-sürekli olarak eklemesi ile gerçekleştirilmiştir.

Thirunavukkarasu ve Cheralathan (2016), düşük ve orta sıcaklık uygulamaları için parabolik çanak yoğunlaştırıcının alıcılarının alanında yapılan tüm araştırma ve geliştirme çalışmalarını incelemişlerdir. Bu çalışmada, şimdiye kadar kabul edilmiş çeşitli yutucu tiplerinin farklı ısı kayıpları, enerji ve ekserji faktörleri deneysel ve sayısal olarak hesaplanmıştır.

Hijazi ve ark. (2016), doğrudan elektrik üretmek için düşük maliyetli bir parabolik çanak toplayıcı tasarlamışlardır. Bu amaçla, çanağın doğru boyutlarına ulaşmak için bilgisayar programı kullanılarak rüzgâr etkisi ve çanağın ağırlığının etkisi altında oluşan gerilmeler incelenmiştir.

Azzouzi ve ark. (2017), silindirik küresel alıcının toplam ısı kaybını ve termal verimini etkileyen çeşitli parametrelerle, deneysel ve analitik olarak incelenmişlerdir. Bu incelemede, yutucu eğim açısının, alıcıda dolaşan su debisinin, güneş yoğunlaştırma oranının ve küresel alıcının derinliğinin açıklık çapı (L/D) oranına etkisi incelenmiştir. Tüm eğim açılarında, L/D arttıkça ısıl verimin azaldığı bulunmuştur.

Coventry ve Andraka (2017), takip sistemleri, CSP sistemleri ve ayna tasarımı gibi CSP sistemlerin özelliklerini incelemiştir. Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi uygulamaları için parabolik çanak tasarımında kullanılan teknolojileri kapsamlı bir şekilde incelemişlerdir. Bu incelemede, enerji üretim seçeneklerinin kısa bir özeti, CSP sistemlerinde kullanılan depolama ve melezleme seçenekleri ile ilgili irdeleme yapılmıştır.

Pavlovicve ark. (2017), spiral bir emici kullanan hafif, basit ve düşük maliyete sahip bir parabolik çanak toplayıcıyı incelenmiştir. Çalışma sıvısı olarak su kullanılmıştır. Çalışmada hacimsel debi, giriş ve çıkış sıcaklıkları, ortam sıcaklığı, hava hızı ve güneş ışınım değerleri ölçülmüştür. Deneysel sonuçlar, üç çalışma sıvısının (su, termal yağ ve hava) çeşitli işletme koşullarında değerlendirildiği "EES" de geliştirilen bir sayısal modelin geçerliliğini doğrulamak için kullanılmıştır. Termal analizlere göre, suyun düşük sıcaklık uygulamaları için en uygun çalışma sıvısı olduğu gösterilmiştir. Termal yağın yüksek sıcaklık uygulamaları için uygun çalışma sıvısı olduğu

belirtilmiştir. Ekserjitik analizlere göre, havanın düşük sıcaklık uygulamaları için en uygun olduğu gösterilmiş fakat daha yüksek sıcaklık uygulamaları için termal yağınuygun olduğu belirtilmiştir.

Stefanovicve ark. (2018), spiral emici kullanarak yenilikçi bir parabolik çanak toplayıcı ve detaylı bir parametrik analiz yapılmışlardır. Optimum çalışma koşulları belirlenmiştir. EES' programı ile geliştirilen termal bir model vasıtasıyla deneysel sonuçlar doğrulanmıştır.

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, güneşin elle izlenmesi nedeniyle oluşan termal kayıpların yanı sıra, parabolik çanağın elle yapılması işleminden kaynaklanan hatalardan, termal verim kuvvetle etkilenir. Çalışmaların çoğu, yüksek sıcaklıkta su buharı üreterek veya bir Stirling motoru kullanarak, elektrik üretiminde parabolik çanak güneş kolektörünün kullanılmasıyla ilgilidir.

Bu çalışmada, parabolik bir çanak ile sıcak su üreten bir güneş kolektörünün tasarımı yapılacaktır. Çalışmada kullanılan çanak 0.70 metre çapında bir aynadır. Bu sistem ile suyu Diyarbakır şehrinin çevre koşullarında mümkün olan en yüksek sıcaklığa ısıtmayı amaçlanmıştır. Çalışmada üç farklı su debisinde deneyler yapılmış ve debi değişiminin çıkış sıcaklığına ve verime etkisi araştırılmıştır.

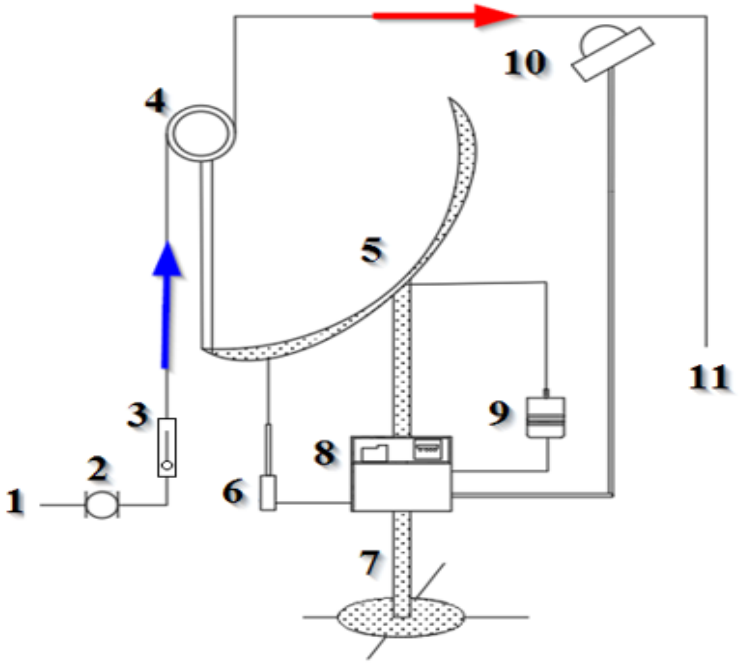
3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Bu çalışmada, içbükey bir yansıtıcı ayna ile parabolik çanak yoğunlaştırıcının küçük bir modeli üretilmiştir. Bu sayede küçük bir alandan daha fazla enerjinin suya aktarılması hedeflenmiştir. Bu amaç için güneşi iki eksende takip eden bir motor mekanizması sisteme eklenmiştir. Motorlar ışığa duyarlı optik sensörden gelen sinyallere göre sistemin güneşi takip etmesini sağlar. Doğu- batı doğrultusunda redüktörlü motor kayış kasnaklı bir motor kullanılırken, kuzey-güney doğrultusu için lineer aktüatör tercih edilmiştir. Deney seti düzeneği Şekil 3.1'de, sistemin şematik gösterimi Şekil 3.2'de verilmiştir. Sistem profil ayakların üzerine yerleştirilmiş gövde, parabolik çanağın doğu-batı doğrultusunda hareketini sağlayan bilyalı yatak sistemi ve kuzey-güney doğrultuda hareketi için metal kanaldan oluşmuştur. Parabolik ayna, metal taşıyıcıya, yapıştırılmış alüminyum profiller ile cıvata ile birleştirilmiştir. Parabolik ayna ile birlikte hareket eden odak taşıyıcısı galvanizdir. Odak taşıyıcının serbest ucuna yutucu monte edilmiştir. Yutucu 6.2 mm içi çapına sahip spiral bakır borudur. Bakır spiralin dış çapı 70 mm dir. Dış ortam şartlarından etkilenmemesi için 75 mm cam borunun içine yerleştirilmiştir. Parabolik aynanın arka kısmına aynı düzlemde olacak şekilde piranometre ve ışık sensörü yerleştirilmiştir. Sistemin taşıyıcı kısmında kontrol panosu ve 12 volt akü bulunmaktadır. Sistem ile açık devre prensibine göre, yeniden ısıtma yapmadan mümkün olan en yüksek su sıcaklığa ulaşılması hedeflenmiştir. Çalışma sıvısı sudur. Su sisteme rota metre vasıtasıyla üç farklı debide gönderilmiştir. Dijital sıcaklık ölçerler ile suyun sisteme giriş ve çıkış sıcaklıkları ölçülmüştür. Kızıl ötesi termometre odak noktası sıcaklıkları ölçülmüştür. Deneyler, Diyarbakır Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi kampüsünde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.1. Deney seti düzeneği



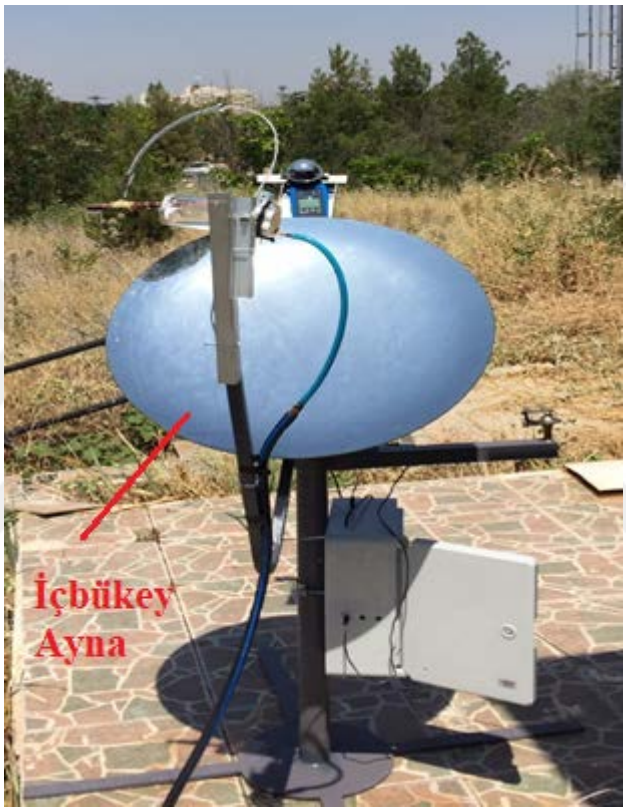
1 Su girişi
2 Musluk
3 Rotametre cihazı
4 Spiral alıcı
5 Cam ayna
6 Lineer motor
7 yapı
8 Kontrol kutusu
9 Dönme motor
10 optik sensör
11 Su çıkışı

Şekil 3.2. Parabolik çanaklı kullanılan kolektör şematik gösterimi

3.1.1. Parabolik Çanak Toplayıcı:

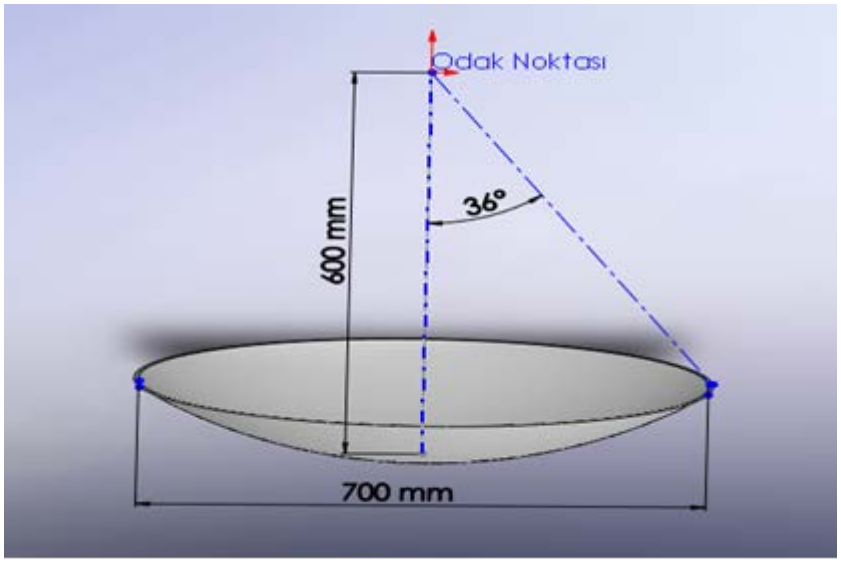
Güneş radyasyonundan mümkün olduğunca çok yararlanabilmek için güneş ışınlarını konsantre bir güneş kolektörüne ihtiyaç duyulur. Bu nedenle sistemde parabolik çanak toplayıcı kullanılmıştır.

Deney sisteminde şekil 3.3'te görülen için içbükey bir ayna kullanılmıştır.



Şekil 3.3. Cam aynanın gösterimi

Sistemde kullanılan aynanın ebatları şekil 3.4'teki gibidir. Aynanın özellikleri çizelge 3.1'de verilmiştir:



Şekil 3.4. Cam aynanın şematik resmi

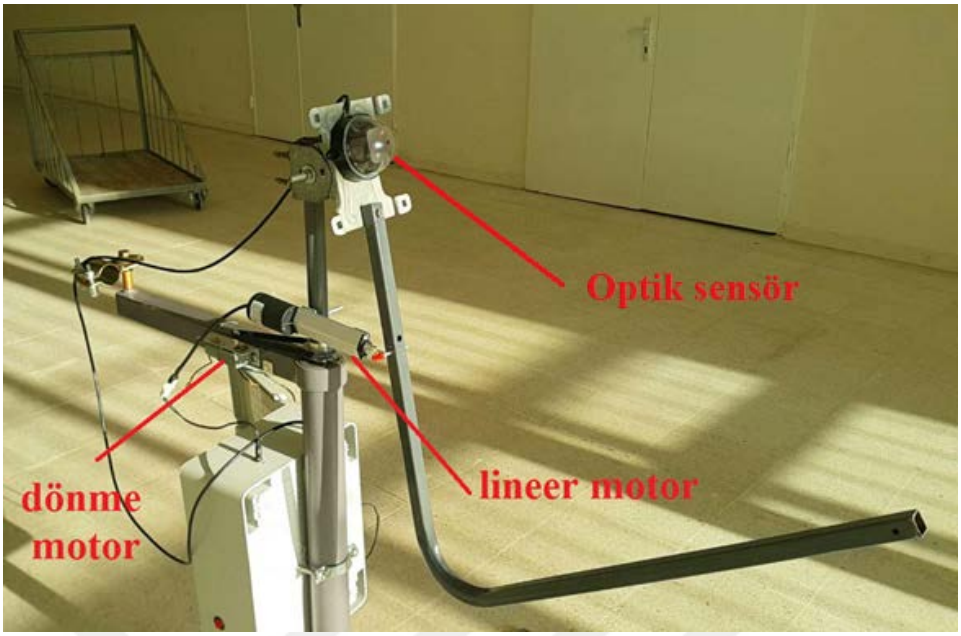
Çizelge 3.1. Kullanılan aynanın özellikleri

Açıklık çapı	700 mm
Çanak alanı	0.385 m^2
Ayna kalınlığı	7 mm
Odak uzaklığı	600 mm
Kenar açısı (rim)	36°

3.1.2. Yapı:

Sistem sabit ve hareketli iki kısımdan oluşan basit bir yapıda imal edilmiştir. Şekil 3.5'te görüldüğü gibi, yansıtıcının ağırlığını taşıma için sabit kısım kullanılmıştır. Hareketli kısım ise, dönme hareketi ve dikey hareket için kullanılmıştır.

Şekil 3.5'te gösterildiği gibi, sistemin kontrolü için iki adet DC motor kullanıldı: doğu-batı yönünde dönme hareketi sağlamak için nispeten büyük tork ve küçük açısal hıza sahip bir motor tercih edilmiştir. Motorun hareketi bir kayış kasnak ile dönme eksenine aktarılmıştır. İkinci motor, dikey hareketi sağlamak için küçük bir doğrusal hıza sahip lineer bir motordur.



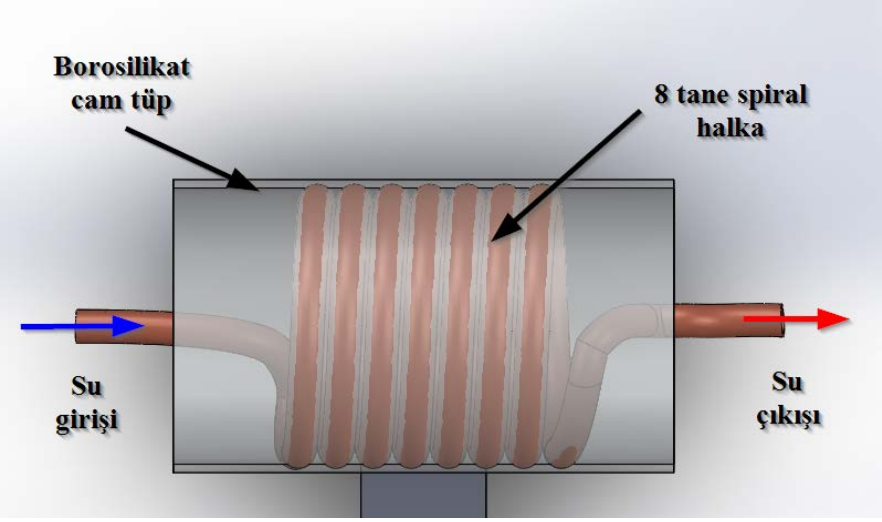
Şekil 3.5. Deneyde kullanılan iki motor ile yapı

3.1.3. Alıcı/Yutucu:

Bir yutucunun temel özelliği, yansıtılan güneş enerjisinin maksimum miktarını emmesi ve minimum kayıplarla onu çalışma akışkanına ısı olarak aktarmasıdır.

Bu amacı gerçekleştirmek için geleneksel bir yutucu kullanılmıştır. Yutucu Şekil 3.6'da gösterildiği gibi, spiral şeklinde 8 halka olarak sarılmış bakır borudur. Halkanın dış çapı yaklaşık 70 mm'dir. Giriş ve çıkış arasındaki su sıcaklığındaki değişimi belirlemek için spiral borunun başına ve sonuna iki adet termokupl yerleştirilmiştir.

Rüzgârın etkisini azaltmak için, Şekil 3.7'de gösterildiği gibi yutucu, yüksek sıcaklığa karşı dayanıklı bir cam tüp (bor silikat cam) içerisine yerleştirilmiştir. Yutucu, yapının hareketli kısmına tutturulmuş bir taşıma kolu ile aynanın odak noktasına sabitlenmiştir.



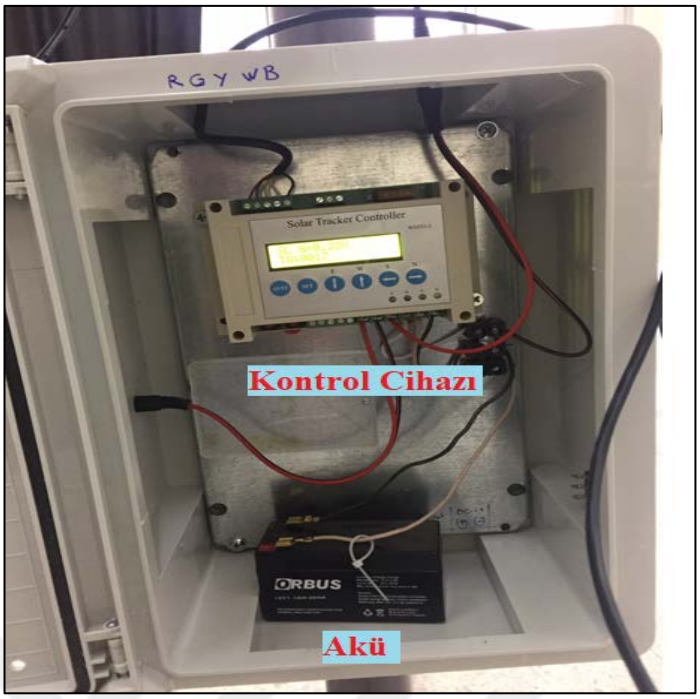
Şekil 3.6. Yutucunun şematik gösterimi



Şekil 3.7. Deneyde kullanılan yutucunun resmi

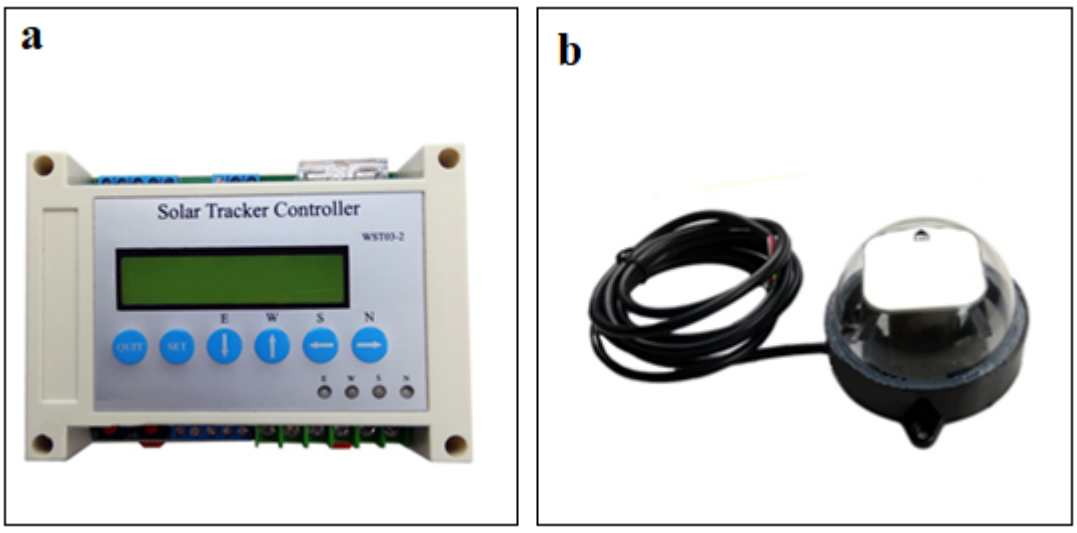
3.1.4. Güneş Takip Sistemi:

Şekil 3.8'de gösterildiği gibi, Sisteme güneşi iki eksende takip eden bir cihaz takılmıştır. Takip sistemi, güneşi Doğu-Batı ve Kuzey-Güney doğrultusunda izlemektedir. Bu sistem fotovoltaik güneş sistemlerinin çalışması içinde kullanılabilen bir kontrol sistemidir.



Şekil 3.8. Kontrol kutusu

Bu sistem Şekil 3.9'deki gibi bir kontrol cihazı ve optik sensörden oluşur. Kontrol panelinin üzerinde, motor güç çıkışları, ışık sensörü girişi ve ana güç girişi vardır. Optik sensör güneşten gelen ışık miktarını tespit edip ve bu miktara göre kontrol cihazına bir sinyal gönderir. Bu sinyal önceden programlanmış bir referans miktarı ile karşılaştırılıp duruma göre motorlara akım sağlamaktadır.



Şekil 3.9. Kontrol sistemin elemanları a) kontrol cihazı; b) optik sensör

3.1.5. Bilgilerin Toplaması:

3.1.5.1. Güneş Radyasyonunun, Azimut ve Zenit Açısının Değerinin Belirlenmesi:

Aynanın açıklığına gelen direkt güneş ışınımının değerini belirlemek için bir piranometre kullanılmıştır. Şekil 3.10'daki cihaz aynı zamanda azimut ve zenit açıları ile ortam havasını ölçmek için termometreye sahiptir. Piranometre açıklık seviyesine paralel bir seviyede sabitlenmiştir. Güneş radyasyon ölçüm cihazının özellikleri Çizelge 3.2'de verilmiştir:



Şekil 3.10. Güneş radyasyon ölçüm cihazı

Çizelge 3.2. Güneş Radyasyon Ölçüm Cihazının Teknik Özellikleri

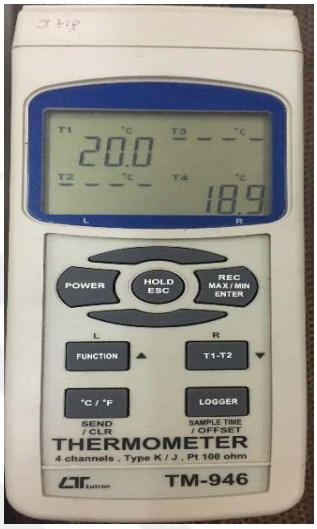
Işınım:		Pusula kerterizi:	
Ekran aralığı:	0- 1500 W / m2	Ekran aralığı:	0° to 360°
Ölçüm aralığı:	100- 1250 W / m2	Ölçüm aralığı:	0° to 360°
Doğruluk	±1 W / m2	Doğruluk	±1°
Sıcaklık:		Eğim ölçer:	
Ekran aralığı:	-30°C to +125°C	Ekran aralığı:	0° to 90°
Ölçüm aralığı:	-30°C to +125°C	Ölçüm aralığı:	0° to 90°
Doğruluk	±1°	Doğruluk	±1°

3.1.5.2. Isıl Değerlerin Belirlenmesi:

Çalışmada su sıcaklığını ölçmek için Şekil 3.11'deki gibi iki ısıl çift (termokupl) kullanılmıştır. Bu sensörler yutucunun girişine ve çıkışına yerleştirilmiştir. Sıcaklık değerini okumak için, sensörler şekil 3.12'deki dijital termometreye bağlanmıştır. Odak noktasının sıcaklığını belirlemek için şekil 3.13'teki kızıl ötesi termometre kullanılmıştır. Ölçüm cihazlarına ait özelikler ve doğruluk oranları çizelge 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.11. Termokupl



Şekil 3.12. Dijital termometre



Şekil 3.13. Kızıl ötesi termometre

Çizelge 3.3. Dijital Termometre Ölçüm Cihazının Teknik özellikleri

Ölçüm aralığı	K tipi	-100 ile 1300 ºC
	J tipi:	-100 ile 1200 ºC
Doğruluk		± 0.1 ºC / ºF

3.1.5.3. Hacimsel Debinin Belirlenmesi:

Rotametre cihazı kullanılarak suyun hacimsel debisi tespit edildi. Camdan yapılan düşey yönde incelen konik, şeffaf bir tüpten oluşur. İçinde serbestçe yüzebilen bir şamandıra vardır (Şekil 3.14). Su konik tüp içinde akarken, şamandıra tüp içerisinde kendi ağırlığı, direnç kuvveti ve kaldırma kuvvetinin birbirini dengelediği ve üzerindeki toplam kuvvetin sıfır olduğu bir seviyede asılı kalır. Şamandıranın ağırlığı ile üzerine etki eden kaldırma kuvveti sabittir, ancak direnç kuvveti su hızı ile değişir. Şamandıranın konumunun, konik şeffaf tüpün dış yüzündeki dereceli akış ölçeğiyle karşılaştırılması ile debi kolayca okunur.



Şekil 3.14. Rotametre cihazı

3.2. Metot

Bir mühendislik işlemi deneysel (test etme ve ölçüm alma) veya analitik (analiz veya hesaplamalarla) olarak incelenebilir. Analitik yaklaşım (sayısal yaklaşım dahil), hızlı ve ucuz olması avantajına sahiptir. Ancak elde edilen sonuçlar, analizde yapılan varsayımların, yaklaşımların ve idealleştirmelerin doğruluğuna tabidir. Deneysel yaklaşım ise, fiili fiziksel sistemle başa çıkmamız avantajına sahiptir ve istenen miktar deneysel hata sınırları dahilinde ölçülerek belirlenir. Mühendislik çalışmalarında, incelenen seçeneklerin sadece birkaç taneye düşürülmesi ve ardından bulguların deneysel olarak doğrulanması daha ekonomik bir yoldur.

Çalışmada güneşi iki eksende takip eden parabolik çanak ile sıcak su elde edilmesi için deneyler yapılacaktır. Yukarıda gösterilen ölçüm cihazları yardımıyla, sistemin çeşitli parametreleri ölçülecektir. Üç farklı su debisi değeri için, parabolik çanağa gelen güneş ışınım miktarı, yutucuya giren ve çıkan su sıcaklığı ve odak noktasının sıcaklığı belirlenecek. Daha sonra, termodinamiğin birinci kanuna göre suya aktırılan ısı miktarı hesaplanacaktır. Bu çalışmanın sonunda, sistemin ısıl verimi belirlenecektir.

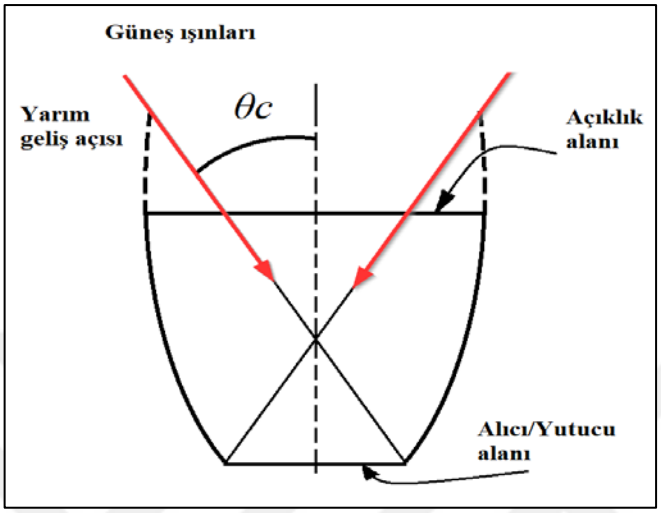
3.2.1. Yoğunlaştırıcı Güneş Kolektörleriyle İlgili Kullanılan Tanımlar

Parabolik toplayıcıların termal hesaplamalarında kullanılan parametreler ve terimler listelenecek, toplanan faydalı enerjinin belirlenmesi için gerekli olan bağıntılar ve parabolik toplayıcıların performansını etkileyen çeşitli yapısal parametreler sağlanacaktır.

3.2.1.1. Geliş Açısı (2θc):

Şekil 3.15'de gösterildiği gibi, gelen güneş ışınımı yolunun açıklık düzleminin normalinden sapabileceği ve yansıma sonrası alıcı/yutucuya ulaşabileceği sınırlayıcı bir açıdır. Yarım geliş açısı terimi, ışınımın bir yoğunlaştırıcı alıcısı tarafından kabul edildiği (görüldüğü) açısal bölgenin yarısının kapsamını ifade eder. Bu açı, güneşi takip etmek zorunda kalmadan ışınımın yutucu tarafından toplanabileceği açısal alanı tanımlar (Tiwari 2016).

Pratik kabul açıları güneş diskine karşılık gelen minimum yaklaşık 1/2° ila 180°arasında değişir. Daha büyük kabul açıları için güneş yoğunlaştırıcıları mevsimsel olarak hareket ettirilirken, daha küçük kabul açıları için güneşi izlemek için güneş yoğunlaştırıcılarının sürekli olarak hareket ettirilmesi gerekir (Tiwari 2016).



Şekil 3.15. Yarım kabul açısı

3.2.1.2. Açıklık Alanı (Aa):

Şekil 3.15'de gösterildiği gibi, güneş ışını yakalayıp yutan, güneş yoğunlaştırıcısının önündeki alandır (Tiwari 2016).

3.2.1.3. Alıcı-Yutucu Alanı (Ar):

Konsantre güneş ışınını alan toplam alandır. Bu alan sisteme faydalı termal enerji sağlar (Tiwari 2016).

3.2.1.4. Optik Yoğunlaştırma Oranı (CRo):

Alıcıdaki güneş ışınımının I_r açıklıktaki güneş ışınımına I_a oranıdır (Tiwari 2016).

$$CR_o = I_r/I_a$$

3.2.1.5. Yoğunlaştırma Oranı (C):

Açıklık alanının alıcı-yutucu alanına oranıdır (Tiwari 2016).

$$C = A_a/A_r$$

Yoğunlaştırıcı olmayan güneş kolektörleri için, C =1, yoğunlaştırıcı olan güneş kolektörleri ise için, C her zaman birden daha büyüktür. (Kalogirou 2004)

Güneşi tek eksende takip eden kolektör için mümkün olan maksimum yoğunlaştırma oranı:

$$C_{max} = \frac{1}{\sin(\theta_c)}$$

olarak verilir (Tiwari 2016).

İki eksenli izleme kolektöründe ise:

$$C_{max} = \frac{1}{\sin^2(\theta_c)}$$

olarak verilir (Tiwari 2016).

Burada:

θ_c: yarım kabul açısıdır.

3.2.1.6. Optik Verimi (η0):

Yutucu tarafından emilen enerjinin, kolektörün açıklığından gelen enerjiye oranıdır. Optik verimi, söz konusu malzemelerin optik özelliklerine, kolektörün geometrisine ve kolektörün yapısından kaynaklanan çeşitli kusurlara bağlıdır.

Matematiksel olarak şöyle ifade edilir (Tiwari 2016):

$$\eta_o = \frac{\dot{q_u}}{(\tau\alpha)I_a}$$

Burada:

$\dot{q_u}$: Alıcı/yutucudan alınan kullanılabilir enerji (W/m^2)

I_a: kolektörün açıklığına gelen güneş ışınım miktarı(W/m^2)

$(\tau\alpha)$: yutma-geçirme çarpımı

Yukarıdaki denklem, ayna yüzeyinin şeklinin, farklı kayıpların (yansıma, iletme ve emme), yutucu tarafından gölgelenme ve güneş ışını geliş açısının etkisini içerir.

3.2.1.7. Anlık Isıl Verim:

Alıcı/yutucudan alınan faydalı enerjinin, kolektörün açıklığına dik olarak gelen güneş enerjisine oranı olarak tarif edilir (Tiwari 2016):

$$\eta_i = \frac{\dot{Q}_u}{A_a I_a} = \frac{\dot{m} c_p \Delta T}{A_a I_a}$$

$\dot{Q}_u$: Kolektörden alınan faydalı enerji(W)

I_a: Kolektörün açıklığına gelen güneş ışınım miktarı(W/m^2)

A_a: Yutucu alanı (m^2)

$\dot{m}$: Yutucudan geçen akışkanın kütlesel debisi (kg/s)

c_p: Akışkanın sabit basınçta özgül ısısı (kJ/kg.K)

ΔT: Yutucudan çıkan ve yutucuya giren akışkanın sıcaklık farkı (°C).

3.2.1.8. Kütlesel Debi

$$\dot{m} = \rho \dot{V} = \rho v A_k$$

İle hesaplanır. Yukarıdaki denklemde;

ρ : Suyun yoğunluğu (kg/m^3)

$\dot{V}$: Suyun hacimsel debisi (m^3/s)

v: Su akış hızı(m/s)

A_k : Yutucu borunun kesit alanı (m^2)

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Deneysel çalışma, 16-18 Temmuz 2018 tarihleri arasında üç gün boyunca yapılan deneylerden elde edilen sonuçları ve analizleri ele almaktadır. Sonuçlar her gün saat 10:00 ila 16:30 arasında yarım saatte bir kayıt edilmiştir. Çalışmada şebeke suyu kullanılmıştır. Yutucuda toplanan enerjiyi belirlemek için, suyun hacimsel debisi, odak noktasındaki sıcaklık ve suyun yutucuya giriş-çıkış sıcaklığı kaydedilmiştir. Güneşten gelen ışınım miktarını ölçmek için bir piranometre kullanılmıştır. Böylece güneşten elde edilen enerji girdisi hesaplanmıştır. Bu bilgilerle sistemin genel verimi belirlenmiştir.

4.1. Yoğunlaştırma Oranı (c):

Açıklık alanının yutucu alanına oranıdır.

$$C = A_a / A_r$$

$$A_a = \frac{\pi {D_a}^2}{4} \cong 0.385\ (m^2)$$

$$A_r = \frac{\pi {d_r}^2}{4} \cong 0.00071\ (m^2)$$

Buradan açıklık oranı,

C=545 bulunur.

4.2. Yutucudan Suya Aktarılan Enerji

Yutucuda suya aktarılan enerji miktarı,

$$Q_u = \dot{m} \times C_p \times (T_ç - T_g) \quad (W)$$

İfadesiyle hesaplanır. Burada;

$\dot{m}$: Yutucudan geçen suyun kütlesel debisi (kg/s)

c_p: Suyun sabit basınçta özgül ısısı (kJ/kgK)

$T_ç$, T_g: çıkış ve giriş su sıcaklığı (°C)

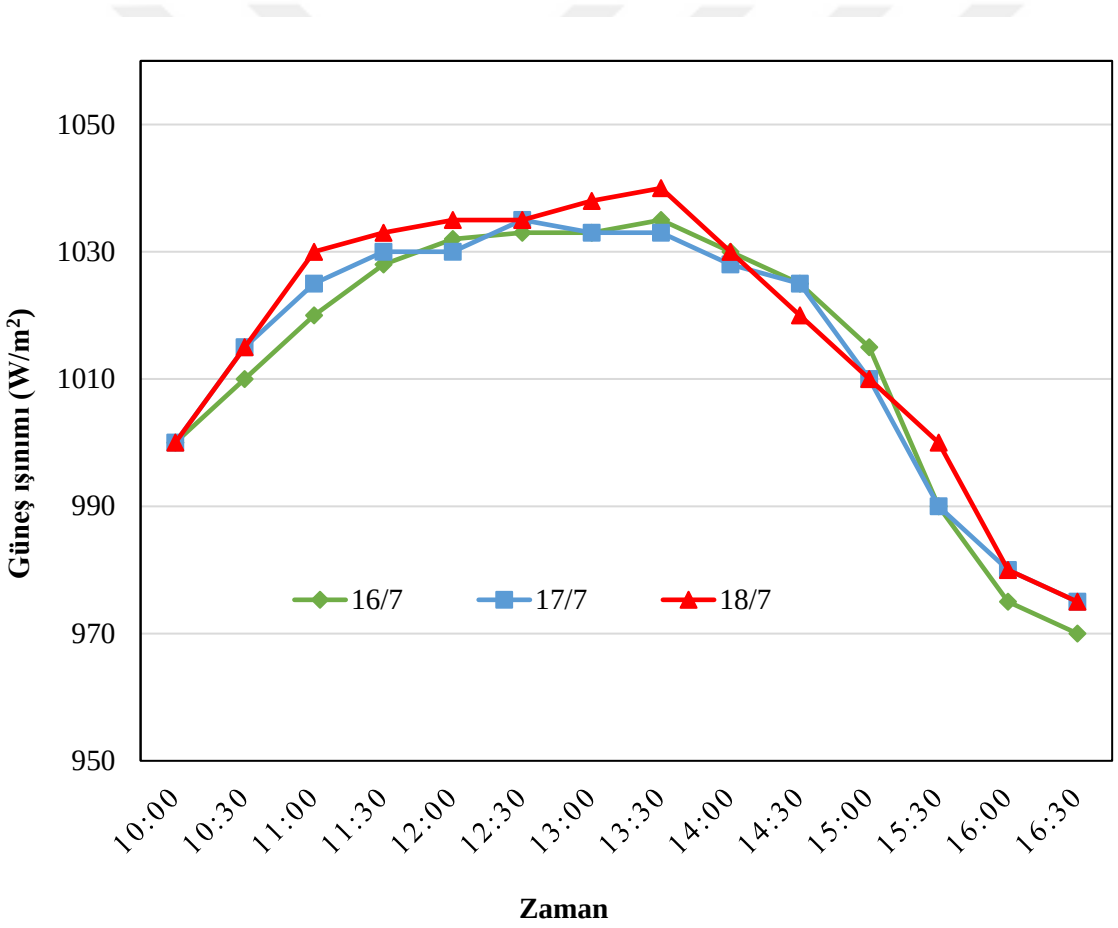
olarak tanımlanır.

4.3. Ölçülen Güneş Işınım Değerleri:

Şekil 4.1'de, temmuz ayının üç günü sabah 10:00'dan akşam16:30'a kadar ölçülen güneş ışınım değerlerini gösterilmektedir. Ölçümler belirtilen zaman aralığında her yarım saatte bir kayıt edilmiştir.

Şekil 4.1'de gösterildiği gibi, 18/7 günü güneş ışınım değerleri saat 10:00'da, 1000 W/m^2'den başlar ve saat 13:30'de maksimum değer olan 1040 W/m^2 değerine ulaşır. Saat 16:00 dan sonra ışının değerinde %5 azalma meydana gelmiştir.

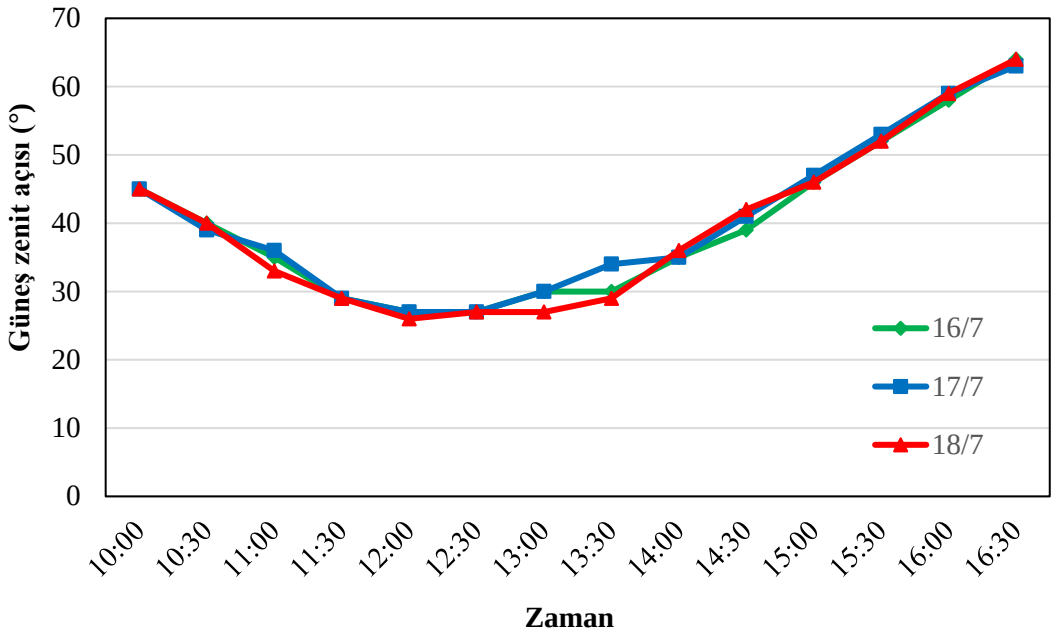
Ölçüm yapılan diğer günlerde, ışınım değerlerinde benzer sonuçlar elde edilmiştir. Ölçüm değerleri arasında ±15W/m^2 ile farklılık tespit edilmiştir.



Şekil 4.1. Ölçülen güneş ışınım miktarı

4.4. Güneş Zenit ve Yüzey Azimut Açısının Değerleri:

Şekil 4.2'de, ölçüm zaman aralığında güneş zenit açısındaki değişimin grafiği gösterilmektedir. Şekilde gösterildiği gibi, öğlen saatlerine doğru güneş zenit açısı küçülmektedir. Saat 13:30 dan sonra, güneş zenit açısı gün batımına doğru güneşin dikeyden sapması nedeniyle artmaktadır.

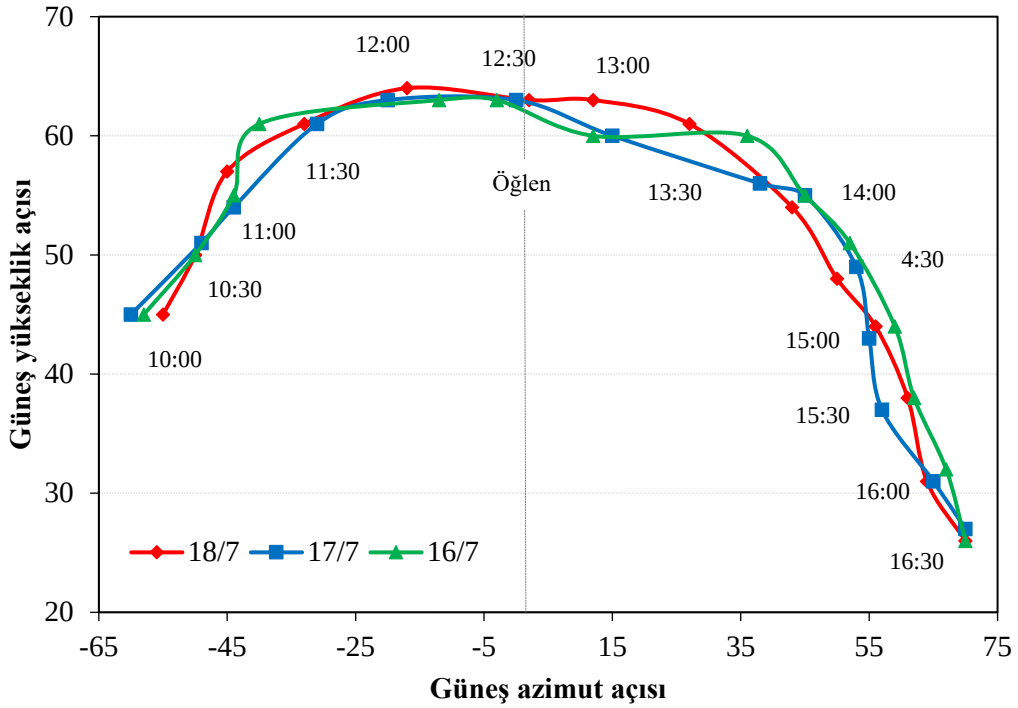


Şekil 4.2. Ölçülen güneş zenit açısının değerleri

Şekil 4.3'te güneş yükseklik açısı ile güneş azimut açısı arasındaki değişim görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi, yüzey azimut açısı sabah saatlerinde negatif öğlen sıfır civarı olmaktadır. Bu anda yansıtıcı yüzey tamamen güneye dönüktür. Daha sonra güneş batıya doğru ilerlerken azimut açı değeri pozitif olmaktadır. Bu grafikte;

Güneş yükseklik açısı + güneş zenit açısı =90°

olarak tanımlanmıştır (Kalogirou 2004). Görüldüğü gibi güneş zenit açısının azalmasıyla, güneş yükseklik açısı artmaktadır. Sistemin güneşi iki eksende takip etmesi sayesinde güneş geliş açısının olabildiğince dik gelmesi sağlanmıştır.



Şekil 4.3. Güneş yükseklik açısı ile yüzey azimut açısının değişimi

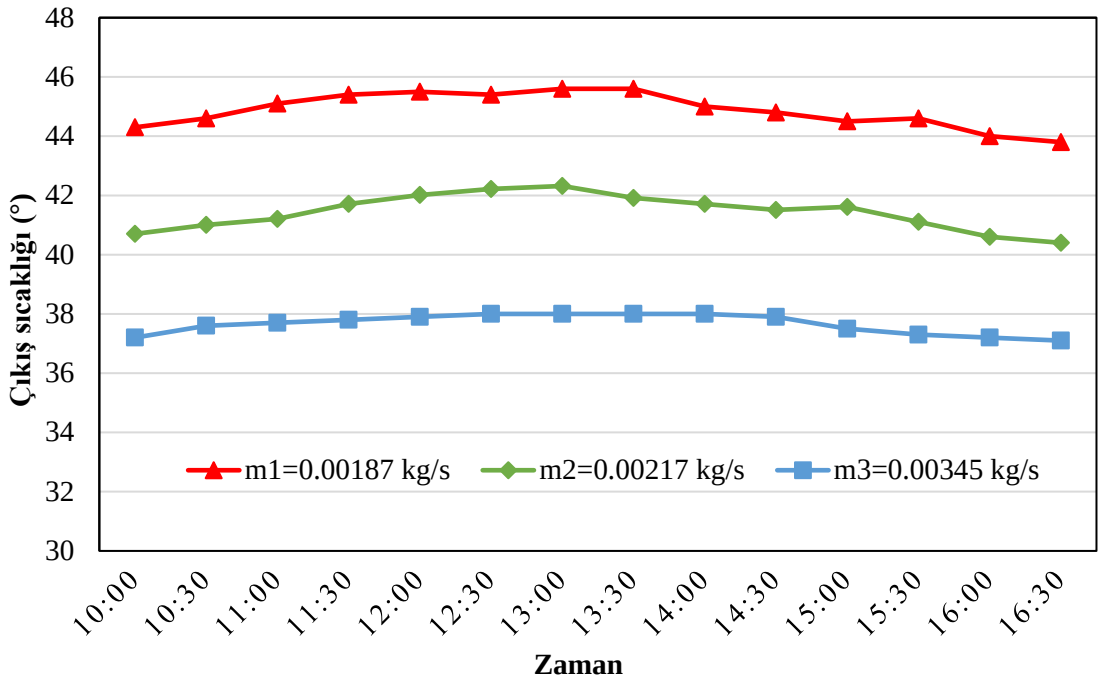
4.5. Ölçülen Çıkış Sıcaklıkların Miktarları

Şekil 4.4'de, üç farklı su debi değeri için çıkış sıcaklığının zamana göre değişimi gösterilmektedir.

Şekilde gösterildiği gibi, sabit bir su debi değerinde, çıkış sıcaklığı kademeli olarak maksimum değerine yükselir. Bu değer güneş ışımasının maksimum değerine tekabül etmektedir. Daha sonra su sıcaklığı bir miktar azalmaya başlar.

Sabit su debisi değeri için, çıkış sıcaklığındaki değişiklik yaklaşık olarak 1.3 ila 1.8°C arasındadır. Su debisi arttıkça çıkış sıcaklığı da düşmektedir.

Bu deneyde ulaşılan çıkış sıcaklığının maksimum değeri, m = 0.00187 kg/s'lik debide 45.5°C'dir.



Şekil 4.4. Ölçülen çıkış sıcaklıkların miktarları

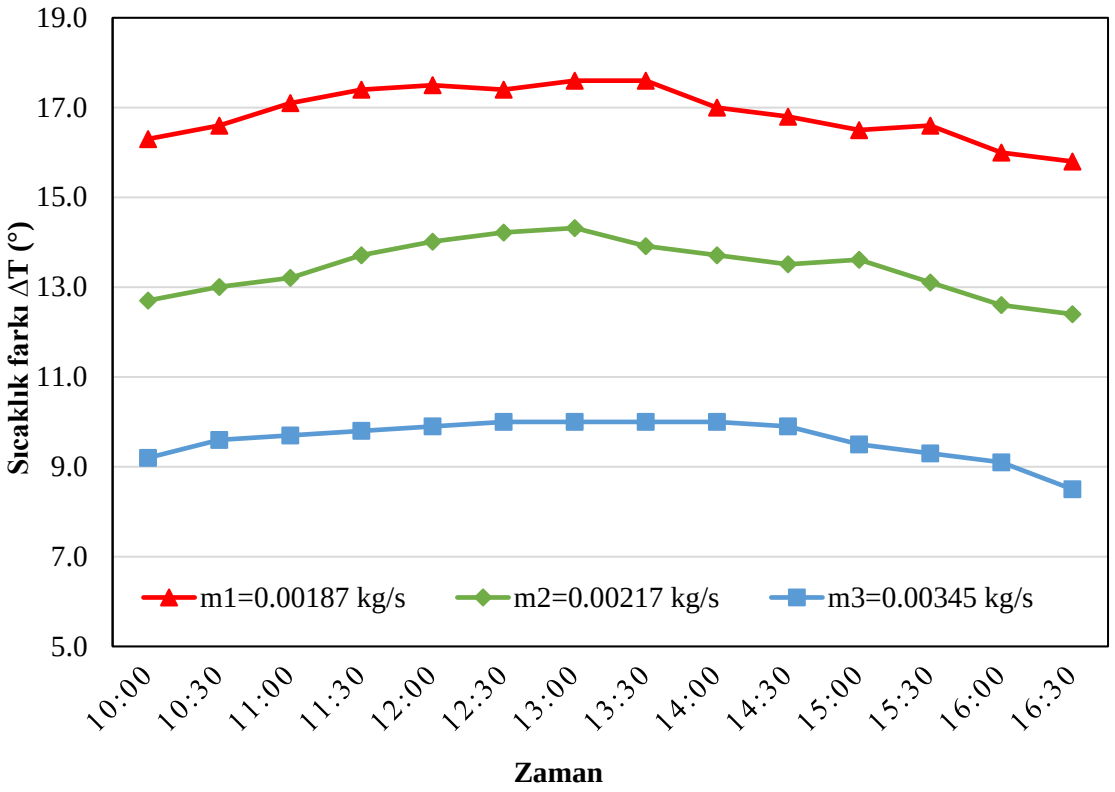
4.6. Giriş ve Çıkış Arasındaki Sıcaklık Farkı

Şekil 4.5'de, üç farklı su debisi için giriş ve çıkış sıcaklıkları arasındaki fark görülmektedir.

Şekilde görüldüğü gibi, su debisinin artmasıyla giriş ve çıkış sıcaklığı arasındaki fark azalmaktadır. Güneş ışınım değerindeki azalma ile azalmaktadır. Yüksek güneş ışınım değerlerinde maksimum değere ulaşır.

m_1 = 0.00178 kg/s için giriş ve çıkış arasındaki ortalama sıcaklık değişimi 16.9°C, m_2= 0.00217 kg/s için13.4°Cdir. m_3 = 0.0345 kg/s için 9.6°C olarak en küçük değeri almıştır.

m_3 = 0.00345 kg/s olduğunda, giriş ve çıkış arasındaki sıcaklık farkı 1.5°Cyi geçmemektedir. m_1= 0.00178 kg/s için, giriş ve çıkış arasındaki sıcaklık farkı 2°C civarıdır.



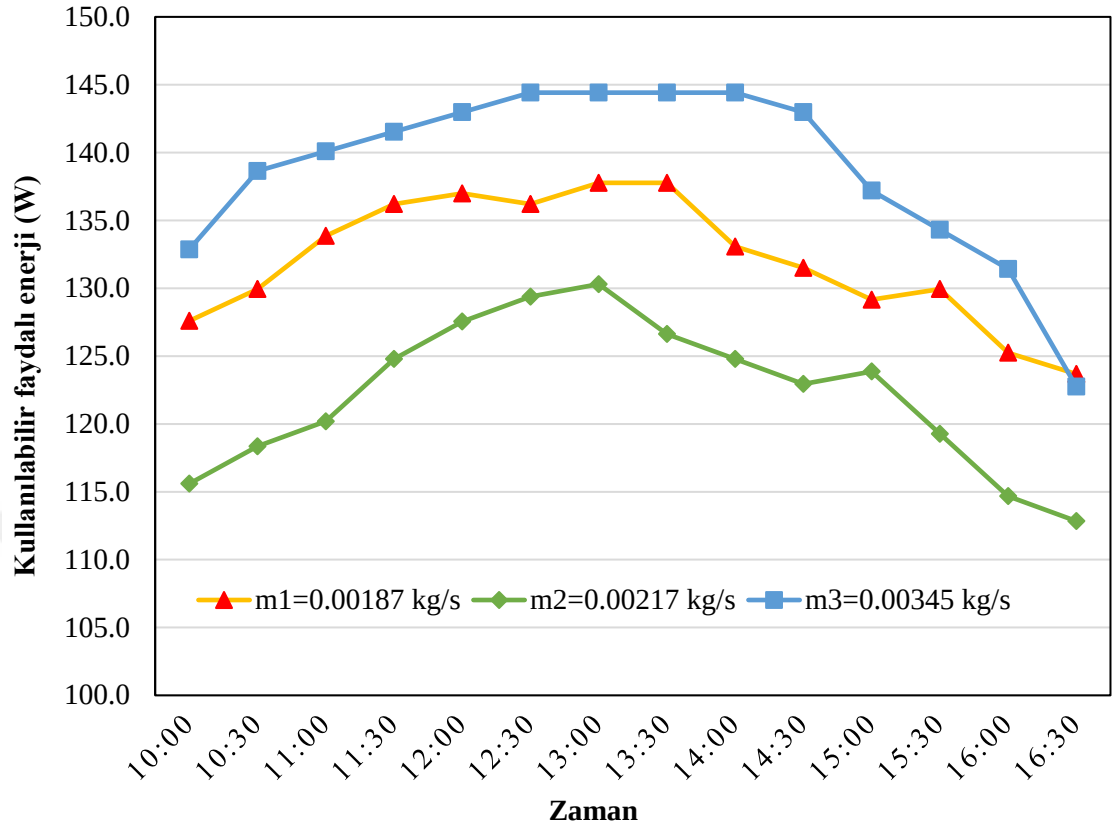
Şekil 4.5. Çıkış ve giriş arasındaki sıcaklık farkları

4.7. Kullanılabilir Faydalı Enerji

Şekil 4.6'da suya aktarılan faydalı termal enerjinin değerleri (Q_u) gösterilmiştir. Görüldüğü gibi, aktarılan enerjinin değeri, debi değerlerinin artmasıyla ayrıca enerji giriş ve çıkış arasındaki sıcaklık farkı (ΔT) arttıkça da artar.

m_1 = 0.00187 kg/s için suya aktarılan faydalı ortalama termal enerji değeri 132.1 W, m_3 = 0.00345 kg/s için ise 138.7 W ve m_2 = 0.00217 kg/s için 122 W'tır.

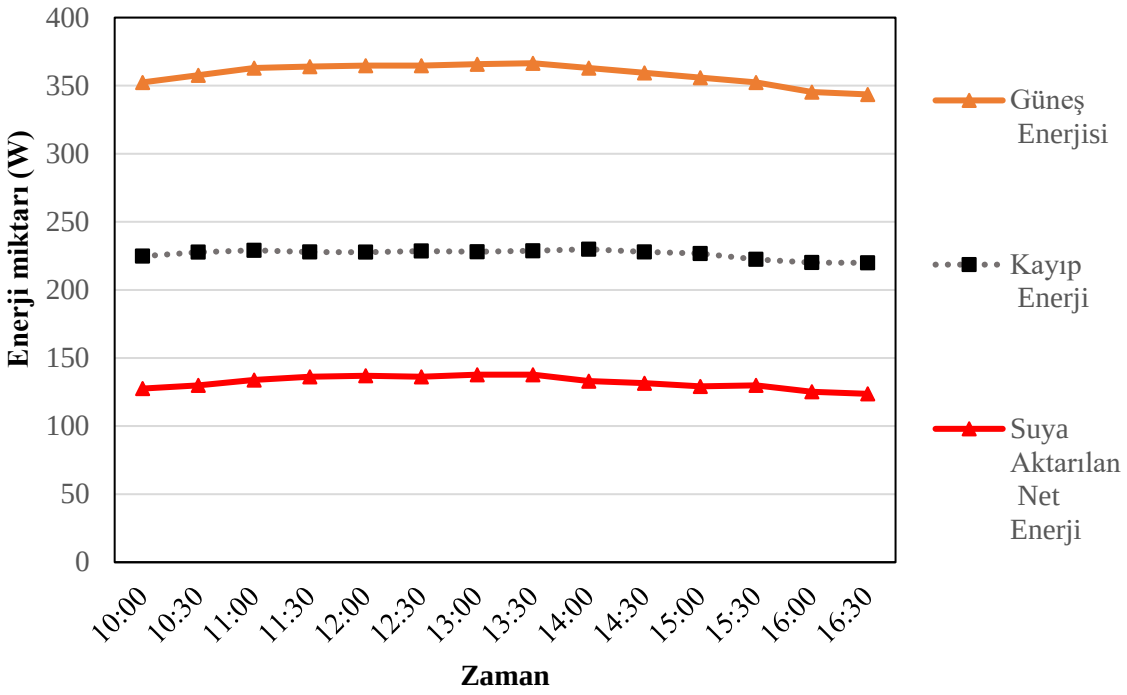
m_1 = 0.00187 kg/s için ortalama sıcaklık değişimi m_3 = 0.00345 kg/s'dekinden daha büyük olmasına rağmen, m_3 = 0.00345 kg/s için suya aktarılan faydalı enerji en büyüktür çünkü suyun kütlesel debisindeki artış giriş ve çıkış arasındaki sıcaklık farkındaki artıştan daha büyüktür.



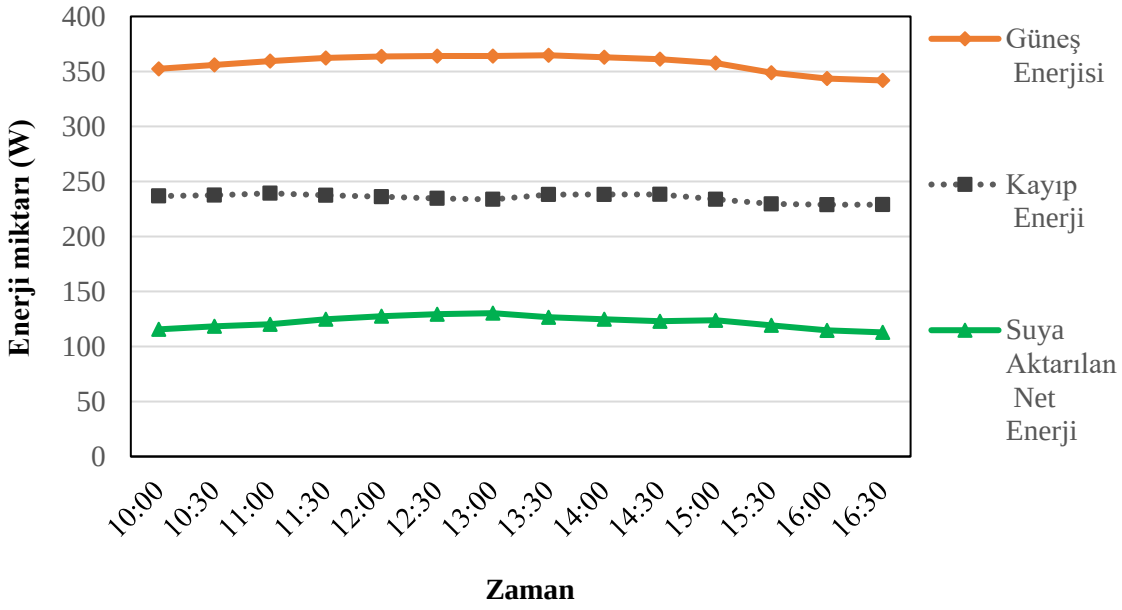
Şekil 4.6. Suya aktarılan faydalı enerji miktarları

4.8. Enerji Miktarı Değişimi

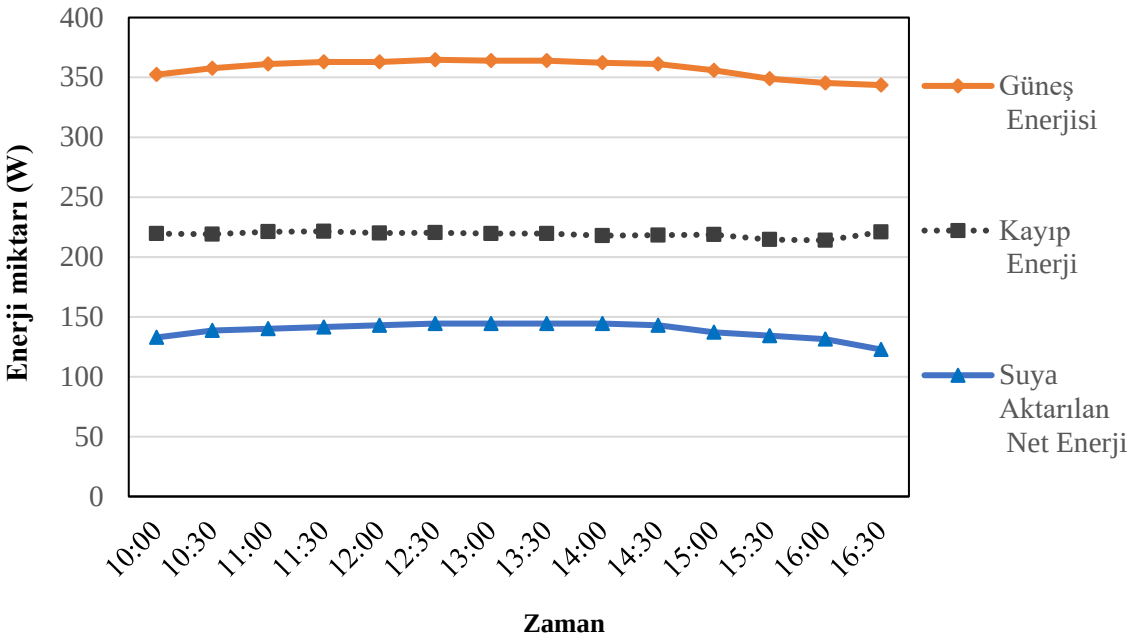
Şekil 4.7 ve Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'de çalışılan üç farklı debi için hesaplanan enerji miktarının değişim grafiği gösterilmiştir. m_3 = 0.00345 kg/s debisi için ısıl kayıplarının diğer ikisine göre en düşük olduğu, bu durumda aktarılan net enerji miktarının en büyük olduğu gösterilmektedir. Genel olarak, suya geçen faydalı ısı enerjisi oranı %37 kadardır ve geri kalanı ise ısıl kayıplardır.



Şekil 4.7. m_1 = 0.00187 kg/s debisi için enerji miktarı değişimi



Şekil 4.8. m_2= 0.00217 kg/s debisi için enerji miktarı değişimi

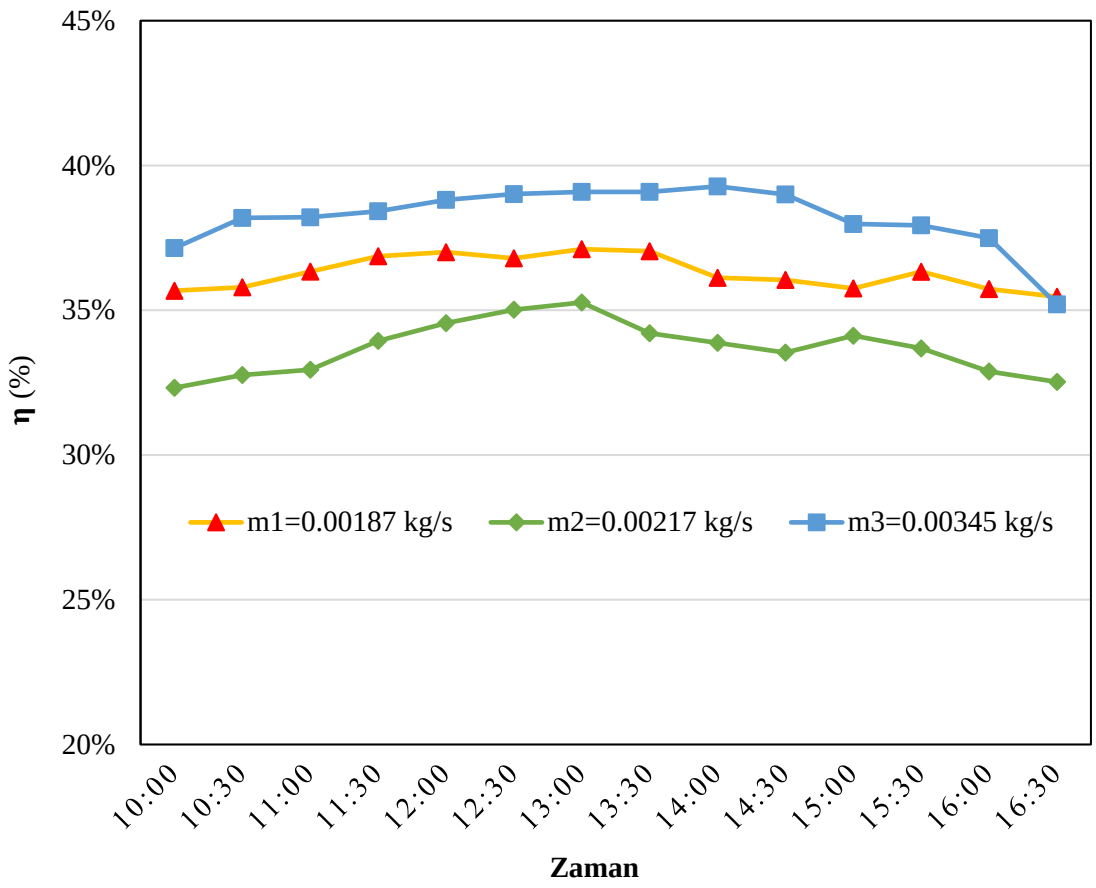


Şekil 4.9. m_3 = 0.00345 kg/s debisi için enerji miktarı değişimi

4.9. Sistemin Verimi

Faydalı enerjinin yansıtıcıya ulaşan toplam enerjiye oranı olan sistemin verimi şekil 4.10'de gösterilmektedir.

Gösterildiği gibi, sistemin verimi ısıl enerjinin değeri ile ilgilidir. Kullanılabilir ısıl enerji arttıkça sistemin verimi artar. m_3 = 0.00345 kg/s için ortalama sistem verimi yaklaşık %38 iken m_1 = 0.00178 kg/s için yaklaşık %36 ve m_2 = 0.0217 kg/s için yaklaşık%34'dır. Genel olarak tüm debiler için benzer eğimler görülmüş olup, öğle saatlerinde verimler en yüksek değerine ulaşmıştır.



Şekil 4.10. Sistemin verimi

Küçük ebatlı bir yansıtıcı kullanılmasına rağmen, literatürde sunulan sonuçlarla karşılaştırıldığında sistemin verimi kabul edilebilir. Literatürdeki deneyler, çevre koşullarındaki farklılıklara ek olarak, yansıtıcı ve emme cihazının tasarımı açısından farklıydı. Elde edilen verimlerin çoğu %30 ila %50 aralığındadır. Yansıtıcının boyutları sistemin verimi üzerinde önemli bir etkiye sahip değildir, ancak istenen çıkış sıcaklığı değerlerini etkilemede önemli bir rol oynamaktadır. Her sistem, üzerinde en yüksek sistem verimine sahip olan su debi için ideal bir değere sahiptir.

4.10. Hata Analizi

Deneysel çalışmalarda, elde edilen sonuçlar kadar önemli bir başka nokta; ölçülen değerlerin doruluğudur. Doruluğu etkileyen en önemli etken ise, deneyler sırasında farklı nedenlerden ortaya çakabilecek hatalardır. Literatürde belirtilen standartlara uygun olarak kurulan bir deney düzeneğinde yapılan deneyler sonucunda elde edilen verilerde, hata üç farklı şekilde ortaya çakabilir. Bunlar; kişilerden kaynaklanan (dikkatsizlik, tecrübesizlik, cihazlarının yanlış seçilmesi ve/veya ölçme sistemlerinin yanlış dizaynı), sabit ve sistematik olan (tekrarlı okumalarda görülen) ve rastgele hatalardır (cihazın ısınması, elektrik geriliminin değişmesi). Hata analizi; sabit ve rastgele hataları belirleyerek bu hataların deneysel sonuçlar üzerindeki etkilerinin tespit edilmesidir.

Deneysel çalışmada güneş ışınım miktarı ölçümünden kaynaklanan hatalar; güneş ışınım ölçüm cihazının hassasiyetinden kaynaklanan hata (± 1 W/m^2) ve okuma hatası (± 1 W/m^2) olarak göz önüne alınmıştır (Holman 1994). Sıcaklık ölçümünden kaynaklanan hatalar; termokupl ve dijital termometre ölçüm cihazının hassasiyetinden kaynaklanan, su giriş, su çıkış, yutucu yüzey sıcaklığının ve çevre sıcaklığının ölçülmesinde yapılan hatalardır. Bu hata miktarları ortalama ± 0.1 ^{o}C kabul edilmiştir.

Deneysel bulguların analizi için belirsizlik analizi adı verilen hassas bir yöntem kullanılmaktadır. Bu yönteme göre, sistemde ölçülmesi gereken büyüklük, R ve bu büyüklüğe etki eden n adet bağımsız değişkenler ise x_1, x_2, x_3....., x_n olmaktadır.Bu durumda;

$$R=R\ (x_1, x_2, x_3, ...x_n)$$

olarak yazılmaktadır (Holman 1994).

Her bir bağımsız değişkene ait hata oranları ise w_1, w_2, w_3.....w_n ve R büyüklüğünün hata oranı $w_R$ise;

$$W_R = \left[\left(\frac{\partial R}{\partial x_1} w_1\right)^2 + \left(\frac{\partial R}{\partial x_2} w_2\right)^2 + \cdots \left(\frac{\partial R}{\partial x_n} w_n\right)^2\right]^{1/2}$$

şeklinde yazılmaktadır.

Güneş ışınım miktarı ölçümünden kaynaklanabilecek toplam hata;

$$w_{ış} = [w_1^2 + w_2^2]^{1/2} = [1^2 + 1^2]^{1/2} = \pm 1.41 \ W/m^2$$

olarak hesaplanmıştır.

Yukardaki denklemde;

w1 : güneş ışınım ölçüm cihazının hassasiyetinden kaynaklanan hata (W/m^2)

w_2: okuma hatası (W/m^2)

Deneyler sırasında meydana gelen toplam hata miktarları Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Deneyler sırasında meydana gelen toplam hata miktarları

Hata Oluşturan Parametreler	Toplam Hata
Güneş ışınım miktarının ölçülmesinde yapılabilecek toplam hata ($W_{IŞ}$)	± 1.41 W/m^2
Yutucu girişinde sıcaklığın ölçülmesinde yapılabilecek toplam hata (W_{GS})	± 0.142 C°
Yutucu çıkışında sıcaklığın ölçülmesinde yapılabilecek toplam hata ($W_{ÇS}$)	± 0.142 C°
Yutucu yüzey sıcaklığının ölçülmesinde yapılabilecek toplam hata (W_{YS})	± 0.142 C°
Çevre ya da deney ortamı sıcaklığının ölçülmesinde yapılabilecek toplam hata ($W_{ÇS}$)	± 0.142 C°

4.11. Simülasyon

ANSYS, mühendislik alanında kullanılan bir simülasyon yazılımıdır. Ürünlerin tasarım aşamasından sonra kullanılır ve prototip üretilmeden önce, sanal ortamda test imkânı verir. Parçaların ve parça montajlarının 3 boyutlu simülasyonları yardımıyla, ürünün mukavemet, mekanik, titreşim, termal gibi yönlerden incelenmesini sağlayarak tasarımı geliştirmeye yardımcı olur.

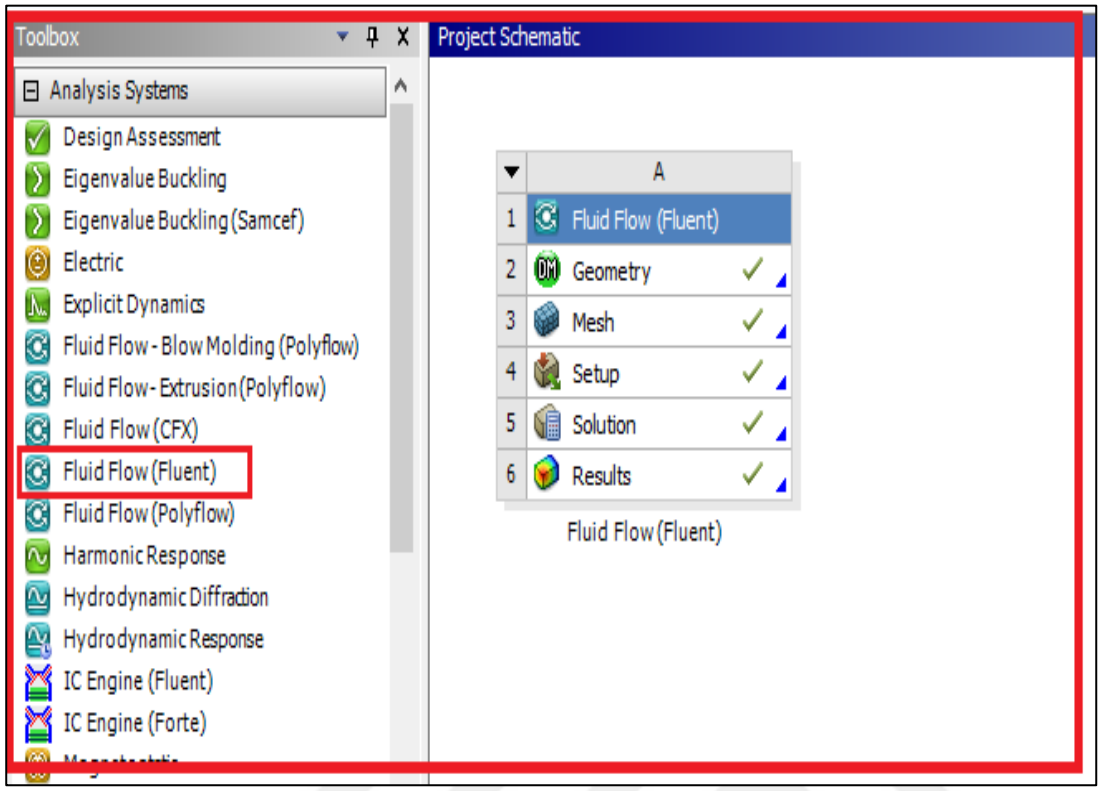
ANSYS sonlu elemanlar yöntemine dayanan bir yazılımdır. İncelenecek olan parçayı birçok küçük elemana bölerek işlemlerini sürdürür. Sonlu elemanlar yöntemi, adi veya kısmi diferansiyel denklemlerin cümlesini çözmek için sayısal bir yöntemdir ve çalışılan ortamı birkaç parçaya veya elemana bölme fikrine dayanır. Tüm kısmi veya toplam diferansiyel denklem grubunun yönettiği sürekli ortamın davranışı, parçaların veya elemanların sayısal çözümlerinin doğrudan toplanmasından çıkarılabilir.

Fluent yazılımı, endüstriyel uygulamalar için akış, türbülans, ısı transferi ve reaksiyonları modellemek için gereken geniş, fiziksel modelleme yeteneklerini içerir. Bunlar uçak kanadı üzerindeki hava akışından fırında yanmaya, kabarcık kolonlarından petrol platformlarına, kan akışından yarı iletken imalatına ve temiz oda tasarımından atık su arıtma tesislerine kadar uzanır.

Çalışmada kullanılan ANSYS 17.0'deki ANSYS Fluent kütüphanesinin yardımıyla, spiral yutucu boyunca sıcaklık ve hız dağılımındaki değişiklikler incelenmiştir.

ANSYS ortamında ve ANSYS Fluent kütüphanesini çağırdıktan sonra, üç farklı su debisi değeri için üç farklı simülasyon yapılmıştır.

“Fluid Flow (Fluent)” kütüphanesini Şekil 4.11 'de gösterildiği gibi çağırdıktan sonra, “Results” bölümünde bulunan simülasyon sonucuna ulaşmak için izlenecek üç aşama vardır:



Şekil 4.11. Fluid Flow (Fluent) kütüphanesi ve çözümün beş aşaması

4.11.1. Geometri:

Geometri platformu içinde bulunan araçlar yardımıyla çalışılan sistem geometrisi tasarlanıp belirlenebilir veya başka bir tasarım programından getirilebilir. Çalışmada kullanılan yutucuya benzer bir sarmal, Şekil 4.12'de gösterildiği gibi, aşağıdaki özelliklere göre Solidworks programı yardımıyla tasarlanmıştır:

Emicinin halkaların sayısı: 8 halka.

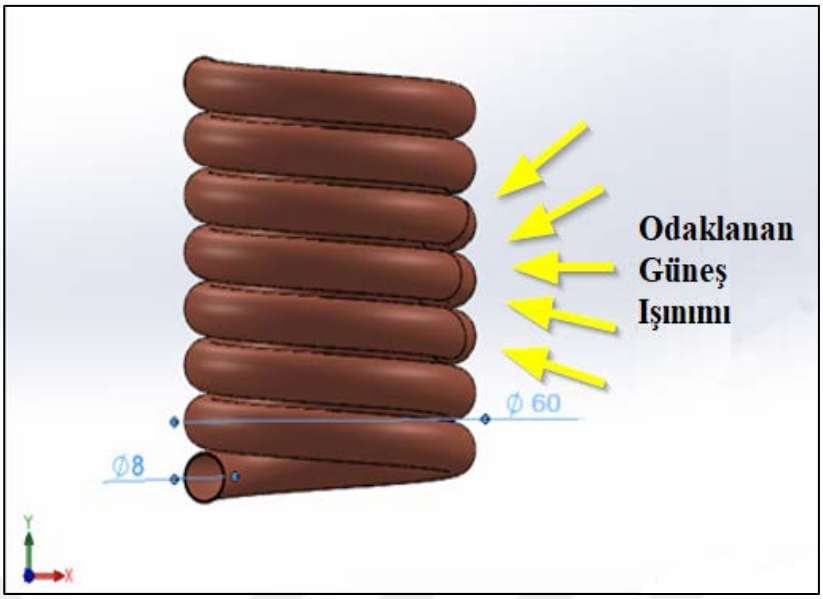
Halkanın dış çapı: 60 mm

Halkanın iç çapı: 44 mm

Bakır borunun dış çapı: 8 mm

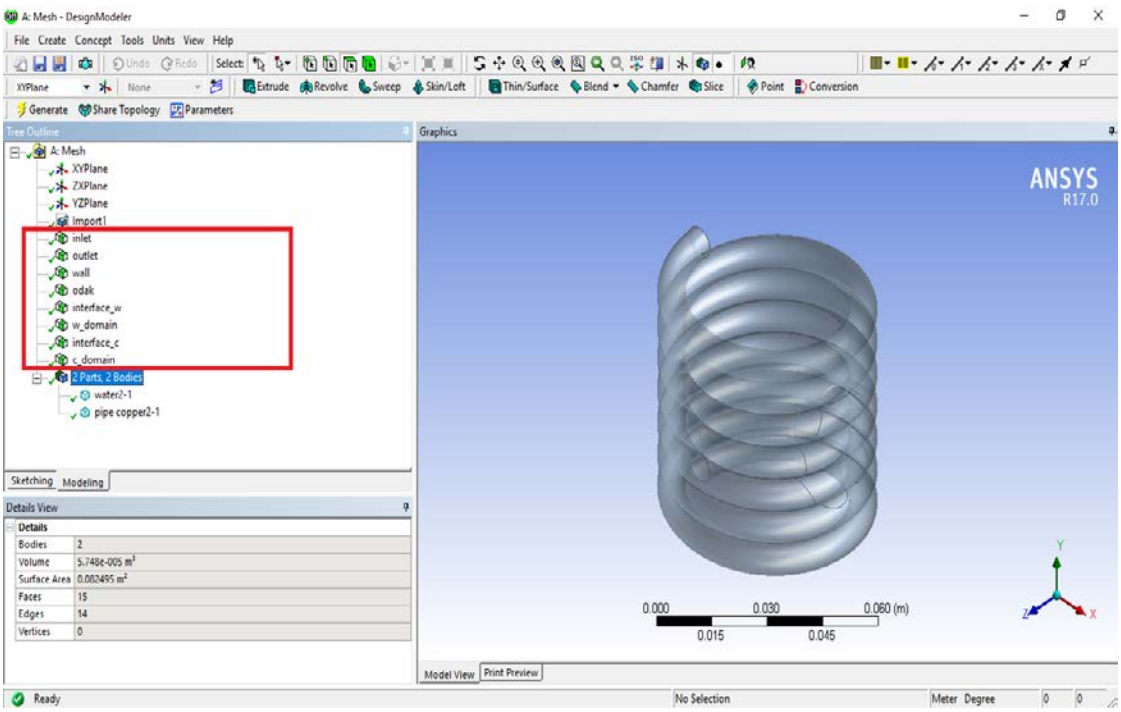
Bakır borunun iç çapı: 7mm

Ve (*. SLDASM) formatı kullanılarak ANSYS programına aktarıldı



Şekil 4.12. Tasarlanan yutucunun şematik gösterimi

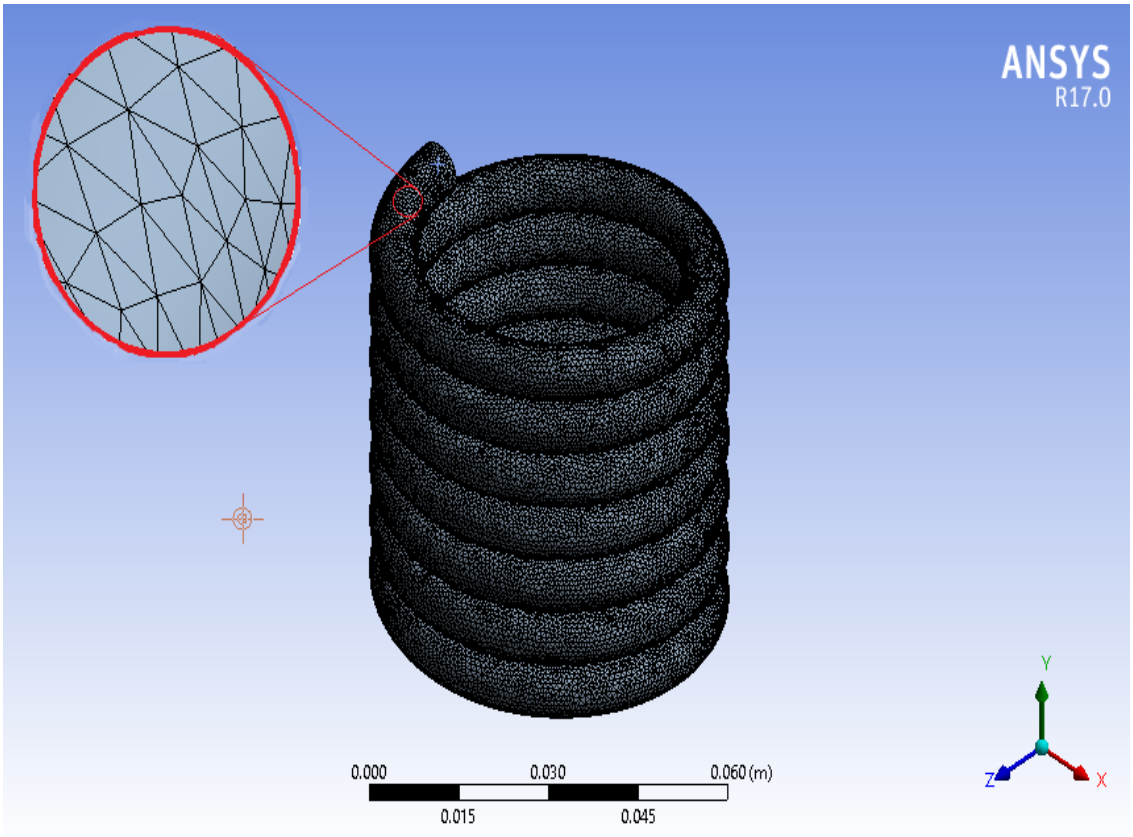
Şekil 4.13 'te gösterildiği gibi, yutucuyu çevreleyen ortamla ısı alışverişi yapan yüzeyler, borunun giriş-çıkışını oluşturan yüzeyler ve ışınıma maruz kalan duvarı temsil eden yüzeyler tanımlanmıştır.



Şekil 4.13. Yüzeylerinin çalışmalarının niteliğine göre belirlenmesi

4.11.2. Küçük Unsurlara Bölme İşlemi:

Şekil 4.14 'te gösterildiği gibi, çalışılan sistem küçük elemanlara ayrılmış ve sonlu elemanlar yöntemiyle çözümlenmiştir.



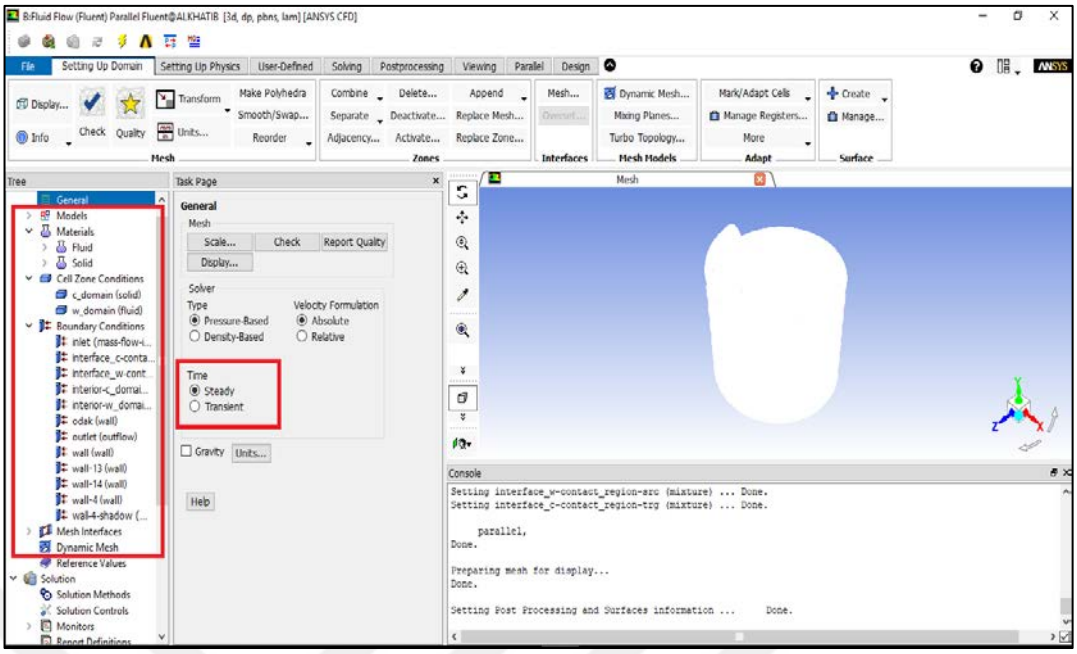
Şekil 4.14. Bölme işleminden sonra yutucunun gösterimi

4.11.3. Sınır Şartlarının Belirlenmesi:

Şekil 4.15'te gösterildiği gibi deneyde kullanılan malzemeler ve sisteme uygulanan sınır koşulları belirlenmiştir. Sınır koşullarında, giriş sıcaklıkları, akışkanın debi değerleri ve uygulanan ilk basınçları değerleri girilmiştir.

Bu çalışma için sınır şartları şöyledir:

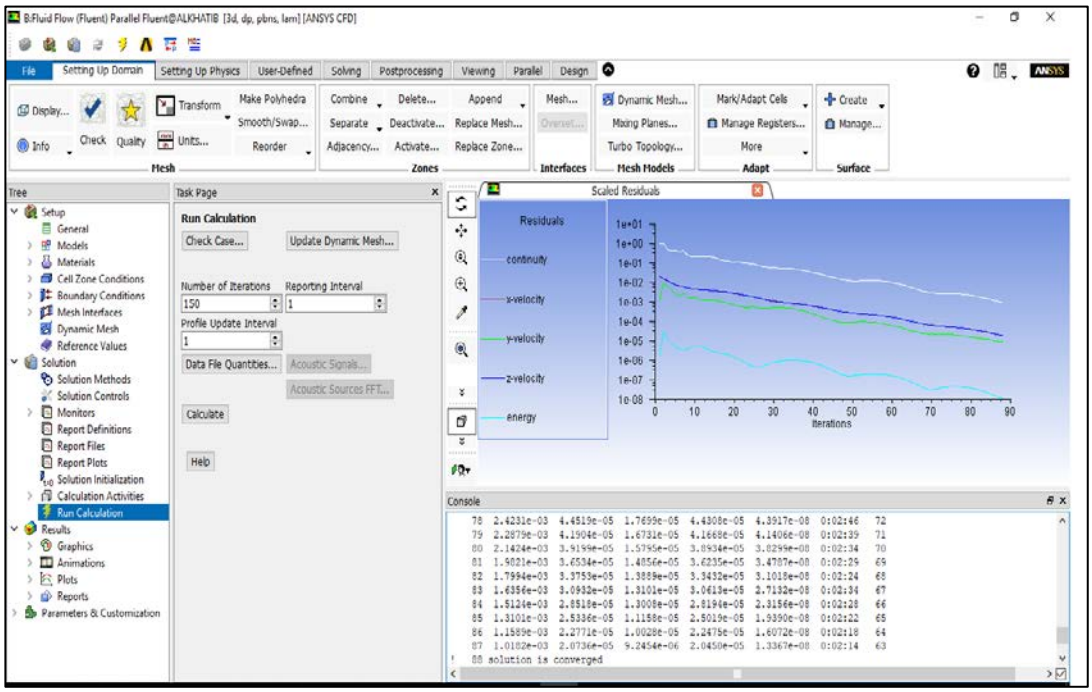
Girişte üç farklı su debisi değeri dikkate alındığında: m_1=0.00187 kg/s, m_2= 0.00217 kg/s, m_3 = 0.00345 kg/s;bir metrekare başına güneş ışınım miktarı: 1000 W/m^2; Ortam hava sıcaklığı: 32°C; Girişteki su sıcaklığı: 28°C.



Şekil 4.15. Yutucuya uygulanan sınır şartlarını belirlemesi

4.11.4. Çözüm:

Sayısal işlem, bileşenin boyutuna ve yapılan mesh doğruluğuna bağlı olarak birkaç saat sürebilen bilgisayar tarafından gerçekleştirilir.



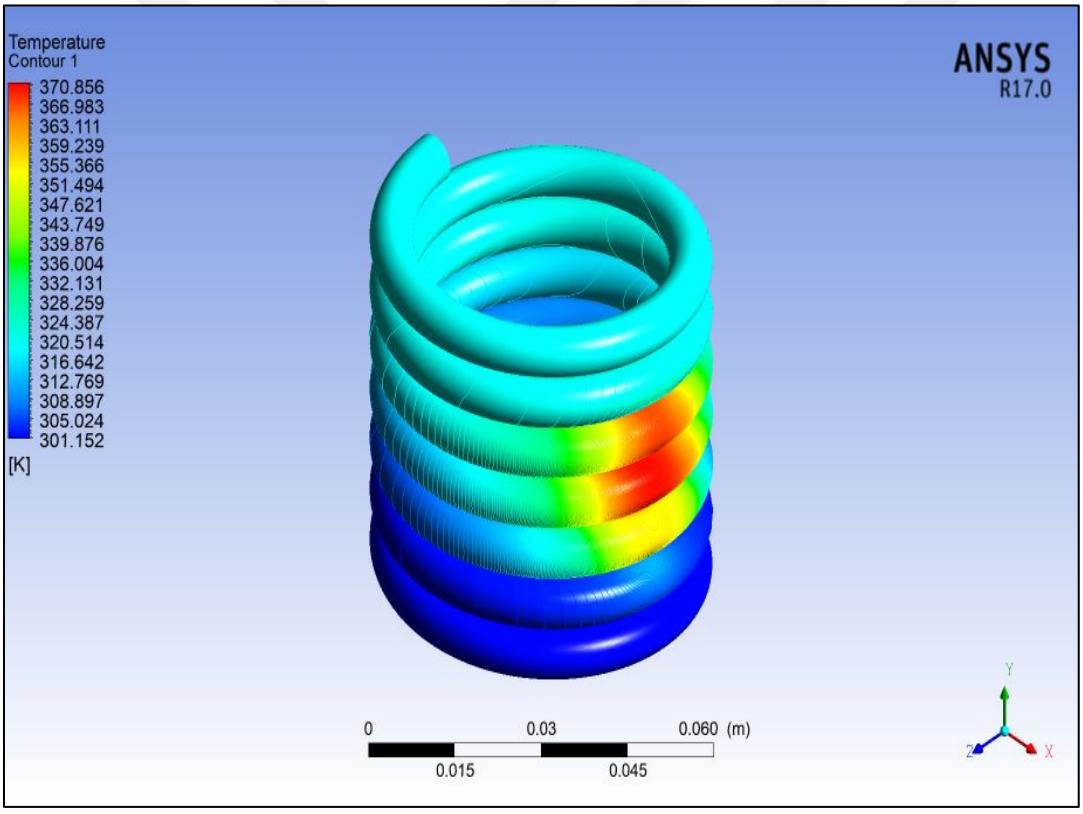
Şekil 4.16. Çözüm aşaması

4.11.5. Sonuç:

4.11.5.1. m_1=0.00187 kg/s için:

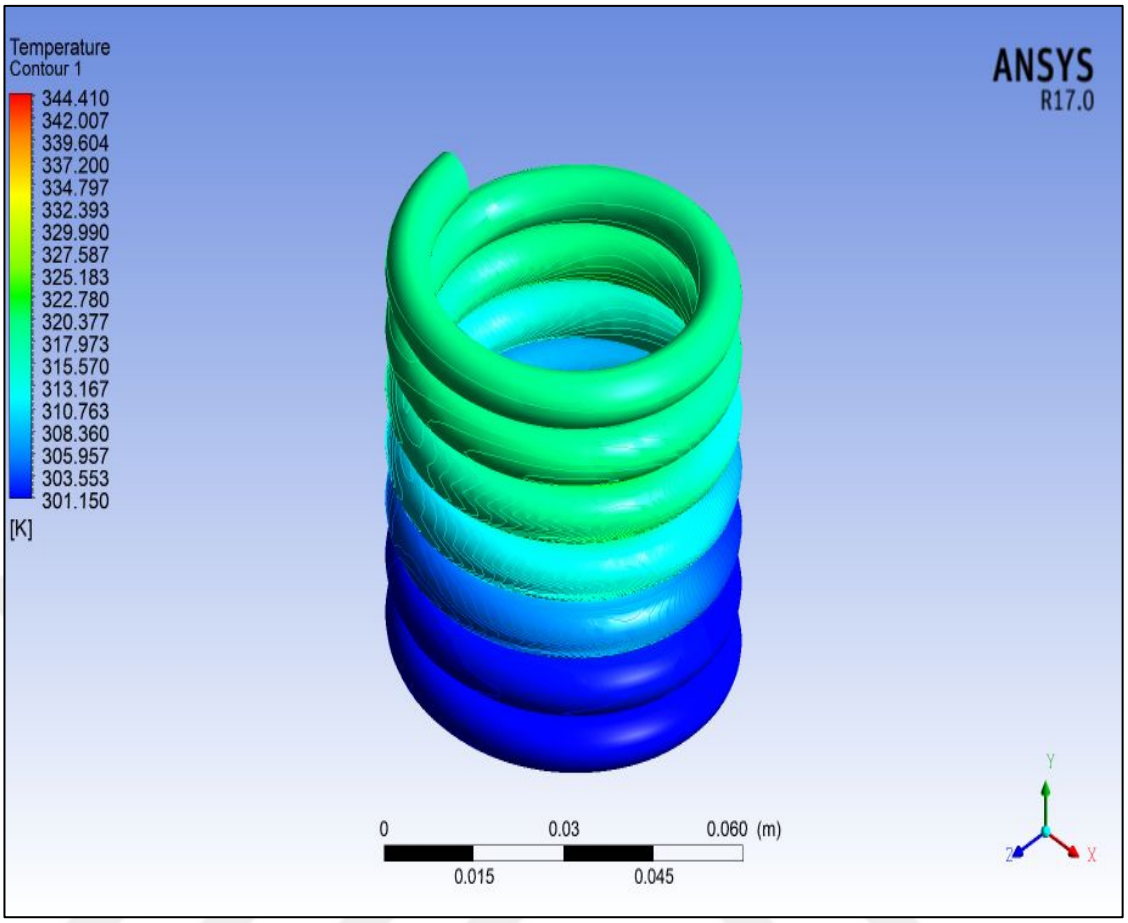
Parabolik çanak yansıtıcıda toplanan güneş ışınımını yutucu bakır duvarının üzerinde noktasal olarak yoğunlaştırdıktan sonra, duvarın sıcaklığı yavaş yavaş yükselmeye başlar. Isı, sıcaklığı yükselen bakır boru malzemeden iletim ve taşınım yolu ile suya aktarılır. Böylece suyun sıcaklığı yükselmeye başlar.

Başlangıçta, m_1 = 0.00187 kg/s durumu için bir simülasyon yapılacaktır. Çözümleme sonunda, boru duvarının ısıl dağılımı, boru duvarına bitişik su tabakasının ısıl dağılımı, giriş ve çıkış arasındaki su sıcaklık değişiminin dağılımları tespit edilmiştir. Ayrıca yutucu boyunca suyun hız dağılımı da tespit edilmiştir.



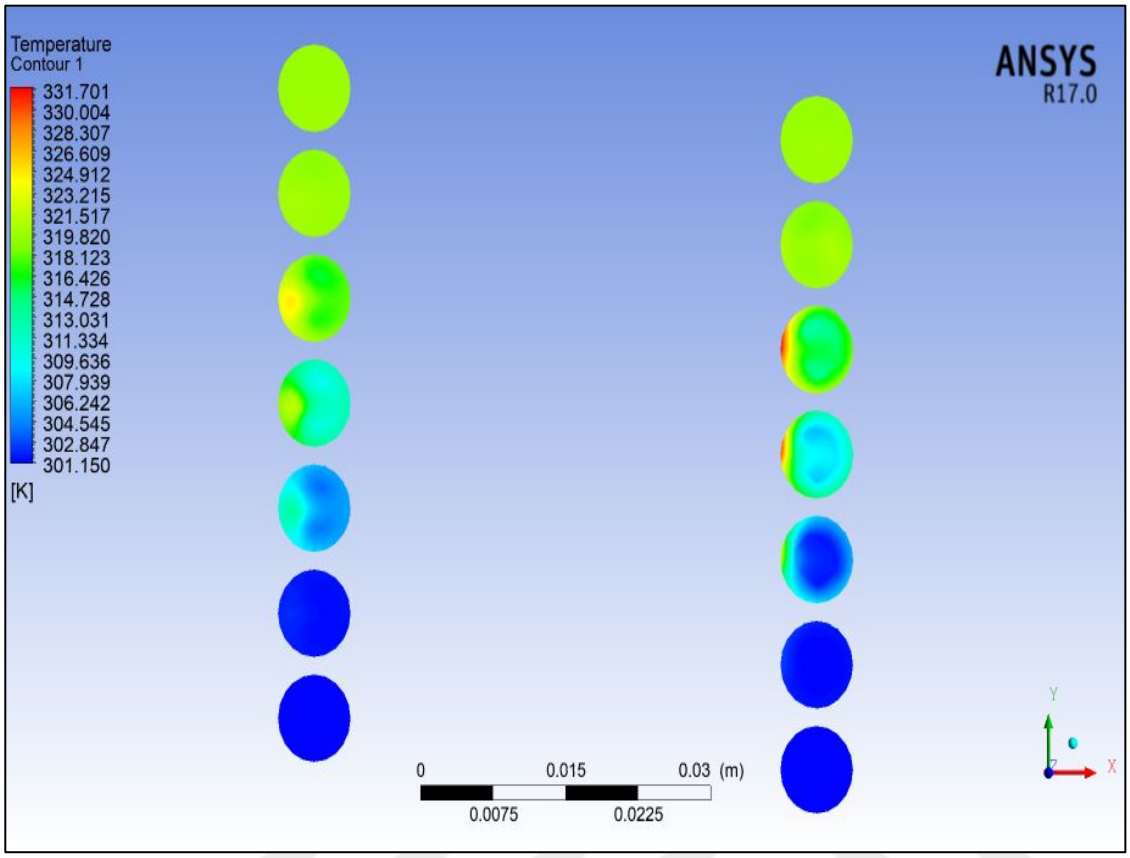
Şekil 4.17. m_1=0.00187 kg/s için: yutucu duvarın ısıl dağılımı

Şekil 4.17'de, yutucu duvarının ısıl dağılımı görülmektedir. Isıl enerji, boru duvarının sıcaklığının en yüksek değere çıktığı konsantrasyon noktası alanında yoğunlaşır. Daha sonra borunun içindeki su akışı nedeniyle düşmeye başlar.



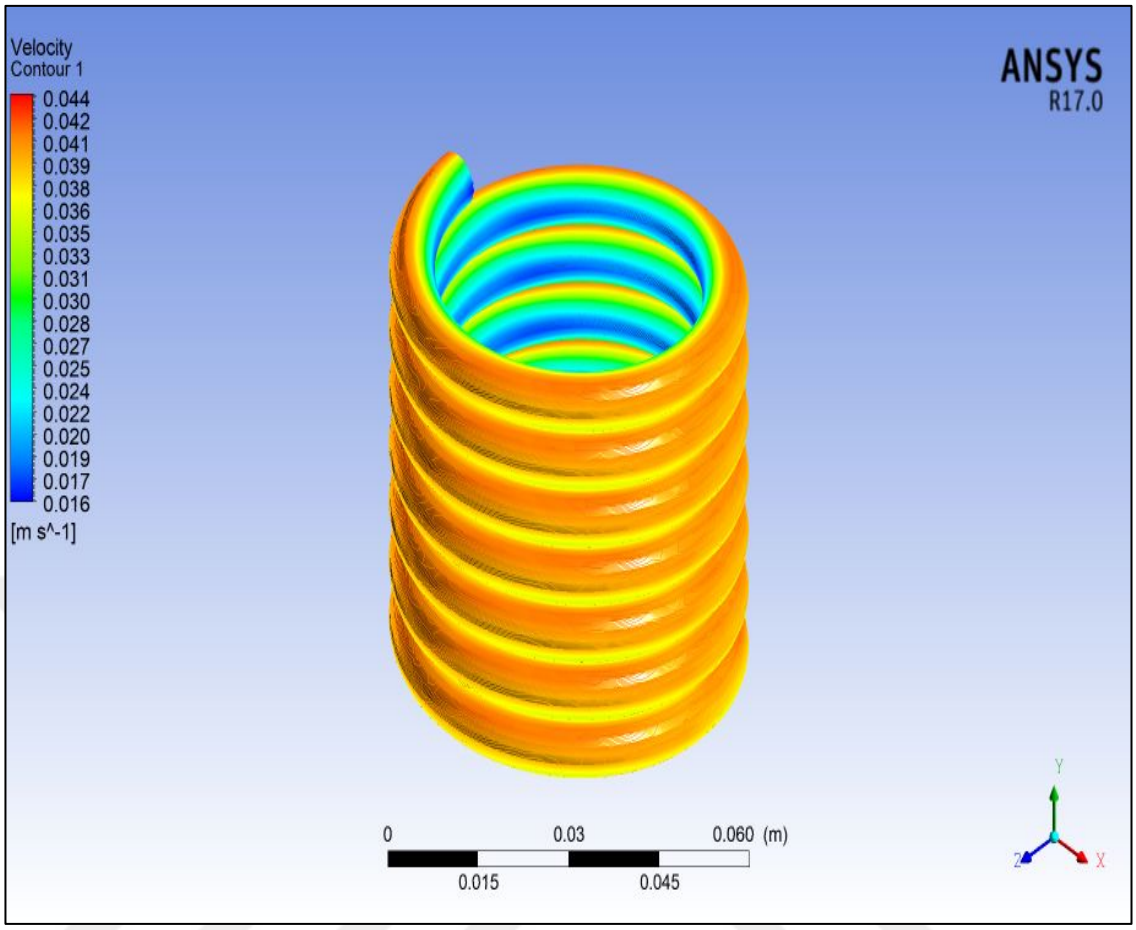
Şekil 4.18. m_1=0.00187 kg/s için: yutucudan geçen suyun sıcaklık dağılımı

Şekil 4.18 'de yutucu temasının bir sonucu olarak boru duvarına bitişik su tabakasının ısıl dağılımı görülmektedir. Şekilden görüldüğü gibi, çıkışta 45°C'ye ulaşana kadar, su odak noktası alanından geçtikçe su sıcaklığı kademeli olarak artmaktadır.



Şekil 4.19. Yutucu borunun enine kesiti boyunca sıcaklık dağılımının gösterimi

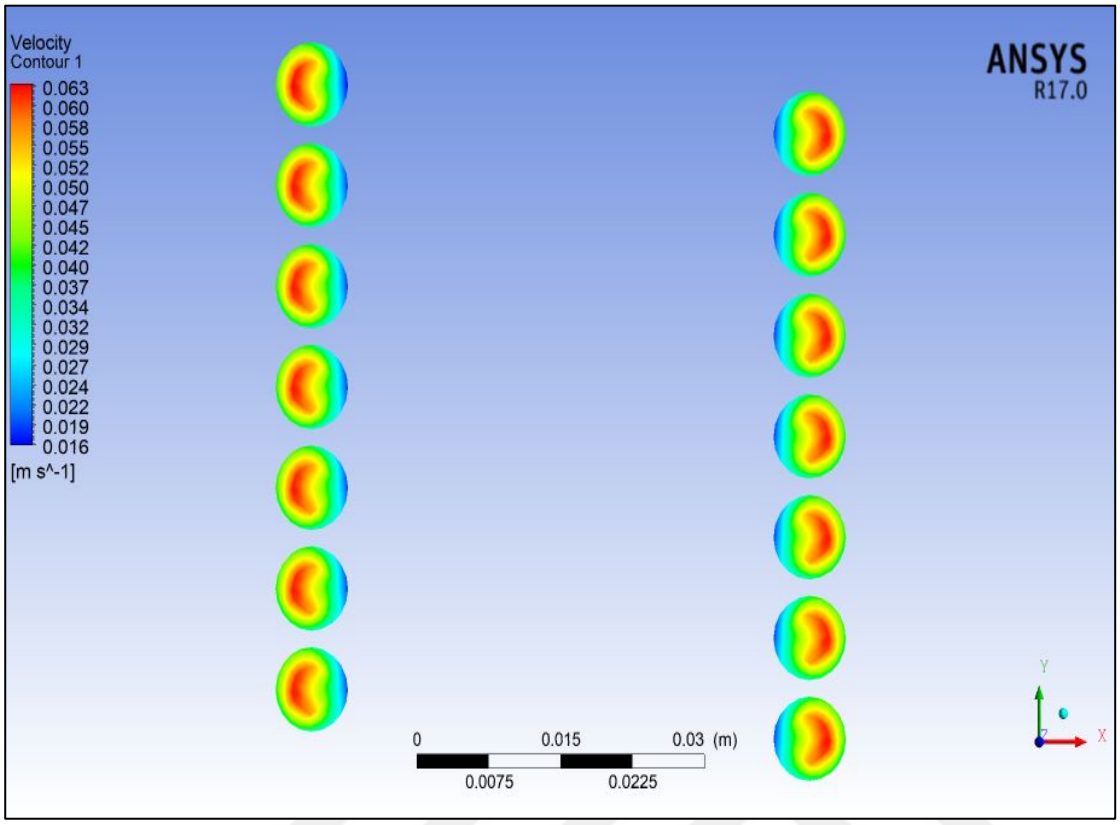
Şekil 4.19 'de, yutucu borunun enine kesiti boyunca sıcaklık dağılımı görülmektedir. Grafikte, yüksek sıcaklık bölgesi, odak noktası alanının arka bölümünde yer almaktadır. Bu bölgedeki sıcaklık artışının nedeni, aynı alanın dış kısmına göre düşük akış hızına meydana gelmesidir.



Şekil 4.20. m_1=0.00187 kg/s için: yutucu boyunca hız dağılımının gösterimi

Şekil 4.20 'de yutucu boyunca hız dağılımının gösterimi sağlanmaktadır. Yutucu borunun dış duvarlarındaki hızın, iç duvarlardaki hızdan daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum teğetsel hızın, dönme merkezinden uzaklaştıkça artmasıyla açıklanır.

.

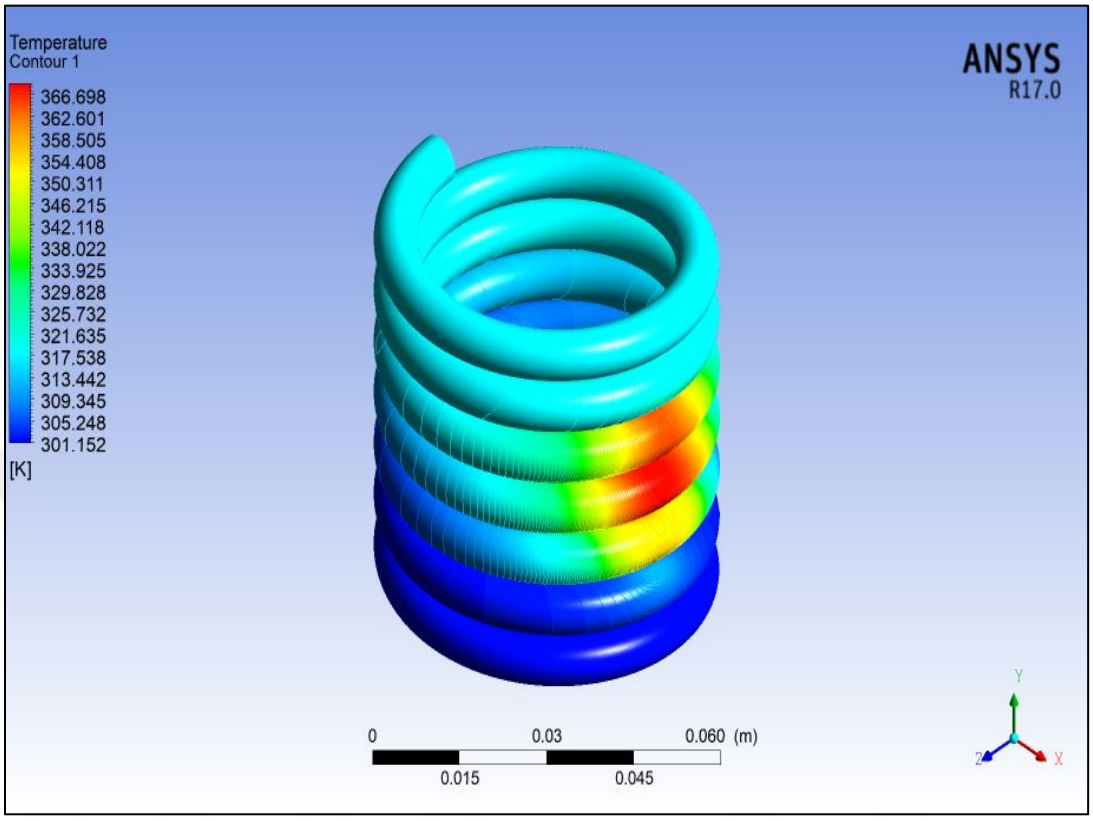


Şekil 4.21. Yutucu borunun enine kesitine göre hız dağılımının gösterimi

Şekil 4.21 'de yutucu borunun enine kesitindeki hız dağılımı gösterilmektedir. Cidarlara yakın yerlerde hız düşük borunun ortasında daha yüksektir. Kesitsel artış miktarının%58 olduğu tespit edilmektedir. Çıkıştaki ortalama hız yaklaşık 0.05 m/s'dir ve bu değer deneysel hesaplamalarla tutarlıdır.

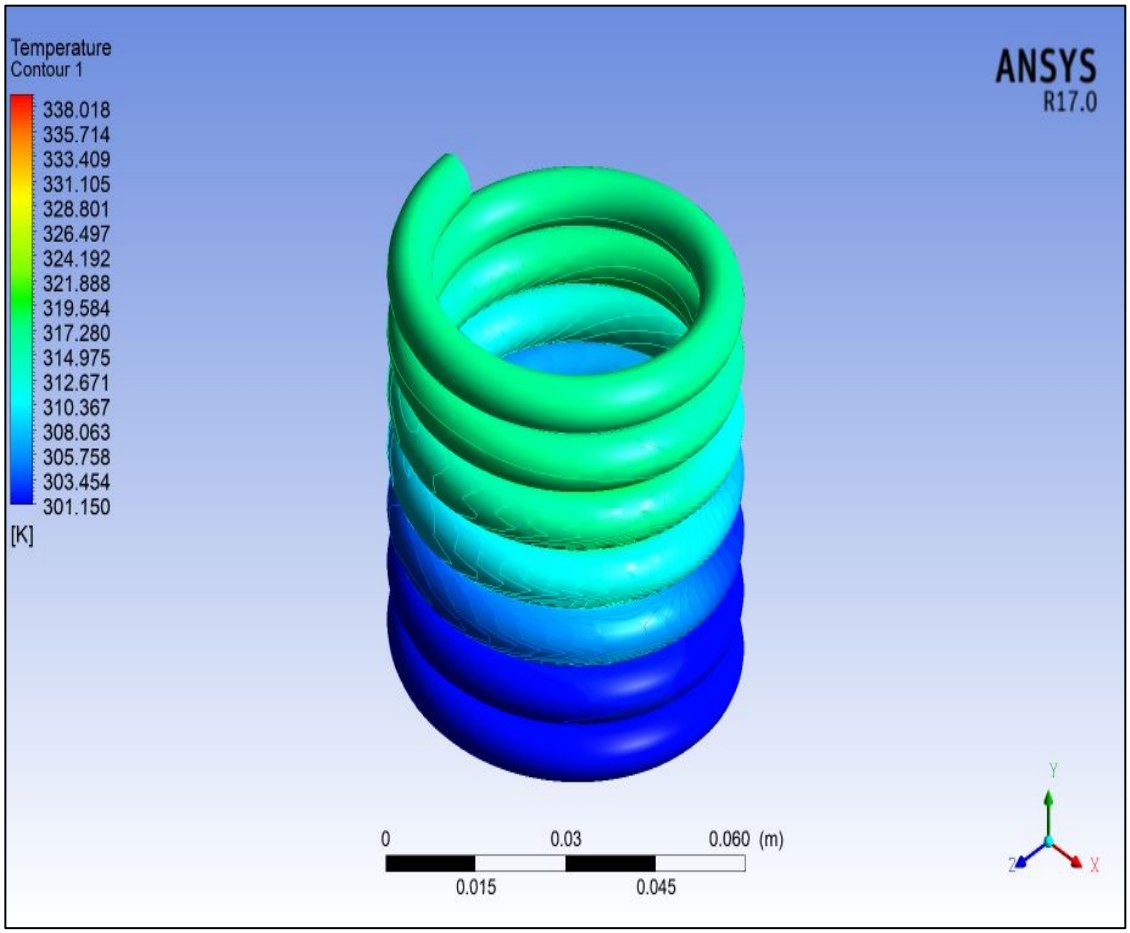
m_2 = 0.00217 kg/s durumu için ve m_3 = 0.00345kg/s durumu için aşağıda resimler gösterilecektir. Üç durumun fiziksel açıklaması benzerdir. m_2= 0.00217 kg/s durumunda çıkışta ortalama sıcaklık 43°C iken, m_3= 0.00345 kg/s durumunda 38°C'dir. m_2= 0.00217 kg/s durumu için çıkıştaki ortalama hız 0.058 m/s, m_3= 0.00345 kg/s durumunda ise 0.085 m/s'dir. Bu sonuçlar, deneysel değerlere göre %6 artış olduğu ölçülen sonuçlara karşılık gelir.

4.11.5.2. m2= 0.00217 kg/s için:



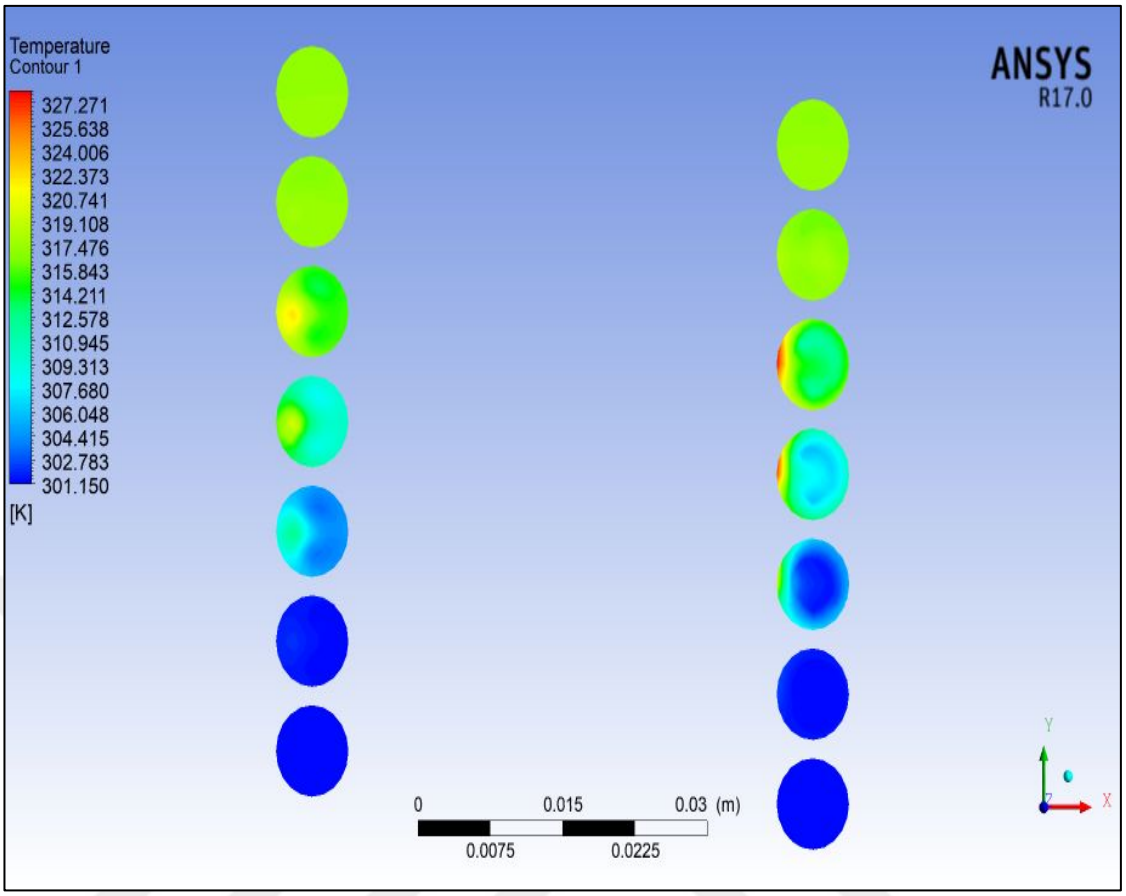
Şekil 4.22. m2 = 0.00217 kg/s için: yutucu duvarın ısıl dağılımı

Şekil 4.22'de, yutucu duvarının ısıl dağılımı görülmektedir. Isıl enerji, boru duvarının sıcaklığının en yüksek değere çıktığı "konsantrasyon noktası" alanında yoğunlaşır. Daha sonra borunun içindeki su akışı nedeniyle düşmeye başlar. Ayrıca şekilde gösterildiği gibi, konsantrasyon noktasının sıcaklığı, borudaki suyun akış hızının artması nedeniyle m_1 = 0.00187 kg/s'den biraz düşmüştür.



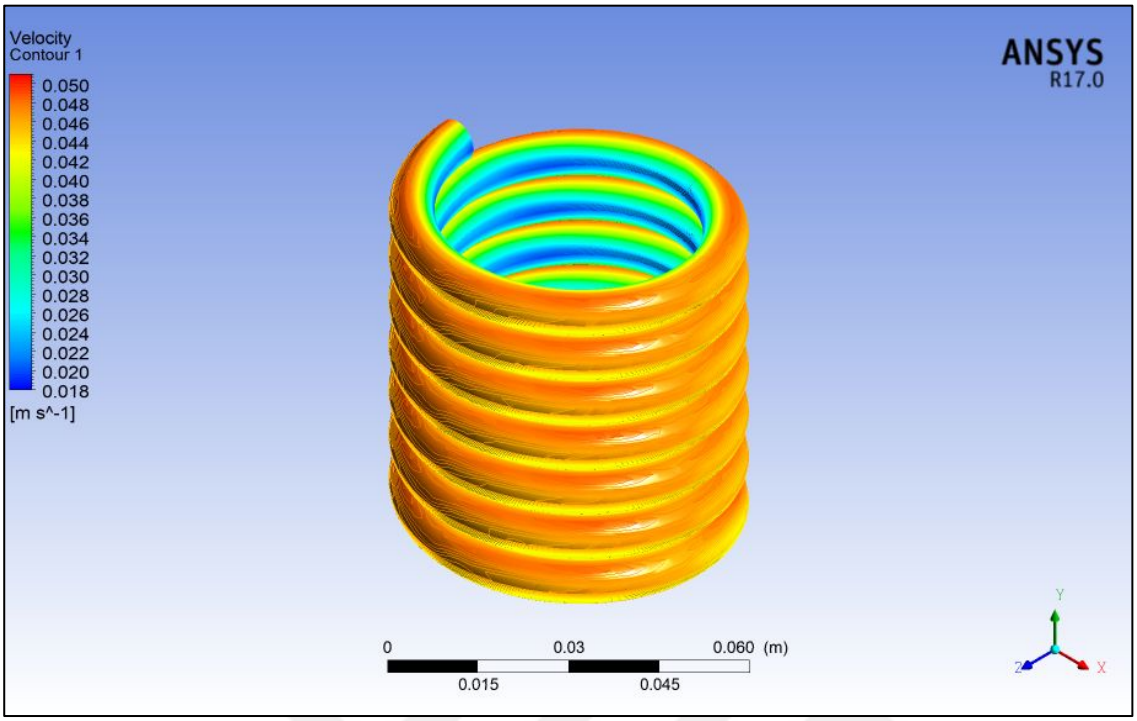
Şekil 4.23. m_2 =0.00217 kg/s için: yutucudan geçen suyun sıcaklık dağılımı

Şekil 4.23 'de yutucu temasının bir sonucu olarak boru duvarına bitişik su tabakasının ısıl dağılımı görülmektedir. Şekilden görüldüğü gibi, çıkışta 43°C'ye ulaşana kadar, su odak noktası alanından geçtikçe su sıcaklığı kademeli olarak artmaktadır.



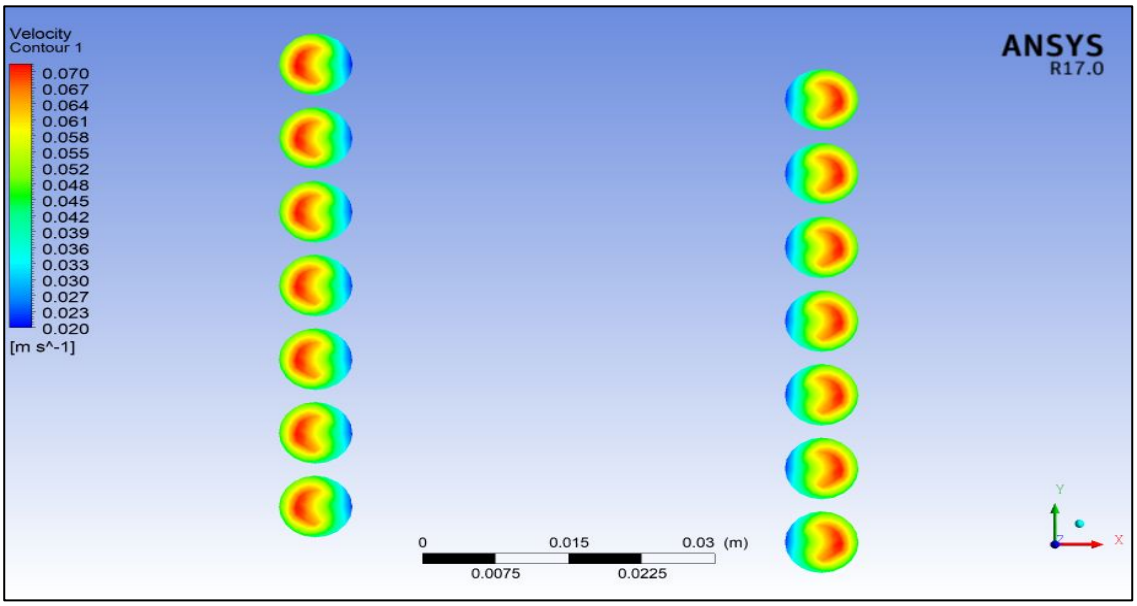
Şekil 4.24. Yutucu borunun enine kesiti boyunca sıcaklık dağılımının gösterimi

Şekil 4.24'te, m_1 = 0.00187 kg/s durumuna benzer şekilde yutucu borunun enine kesiti boyunca sıcaklık dağılımı görülmektedir. Grafikte gösterildiği gibi, çıkış sıcaklığı suyun akış hızının artması nedeniyle düşmüştür.



Şekil 4.25. m_2 =0.00217 kg/s için: yutucu boyunca hız dağılımının gösterimi

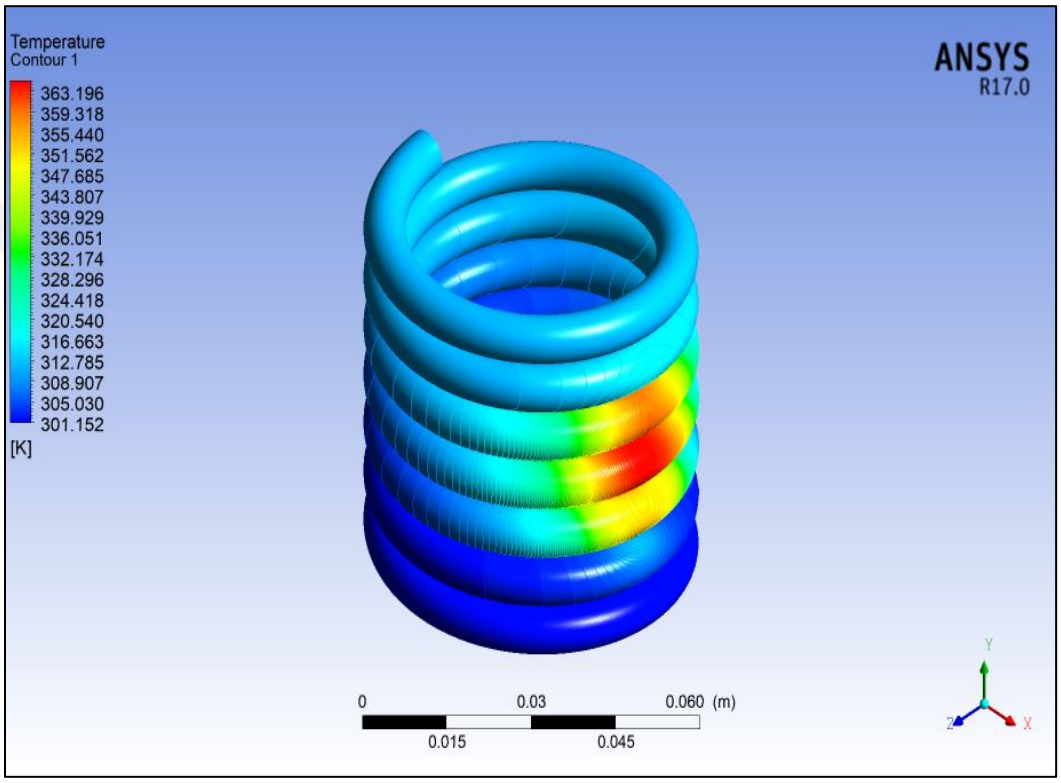
Şekil 4.25'te yutucu boyunca hız dağılımının gösterimi sağlanmaktadır. Şekilde gösterildiği gibi, m_2= 0.0217 kg/s durumdaki hız, m_1 = 0.00187 kg/s olması durumunda hız üzerinden %16 artar.



Şekil 4.26. Yutucu borunun enine kesitine göre hız dağılımının gösterimi

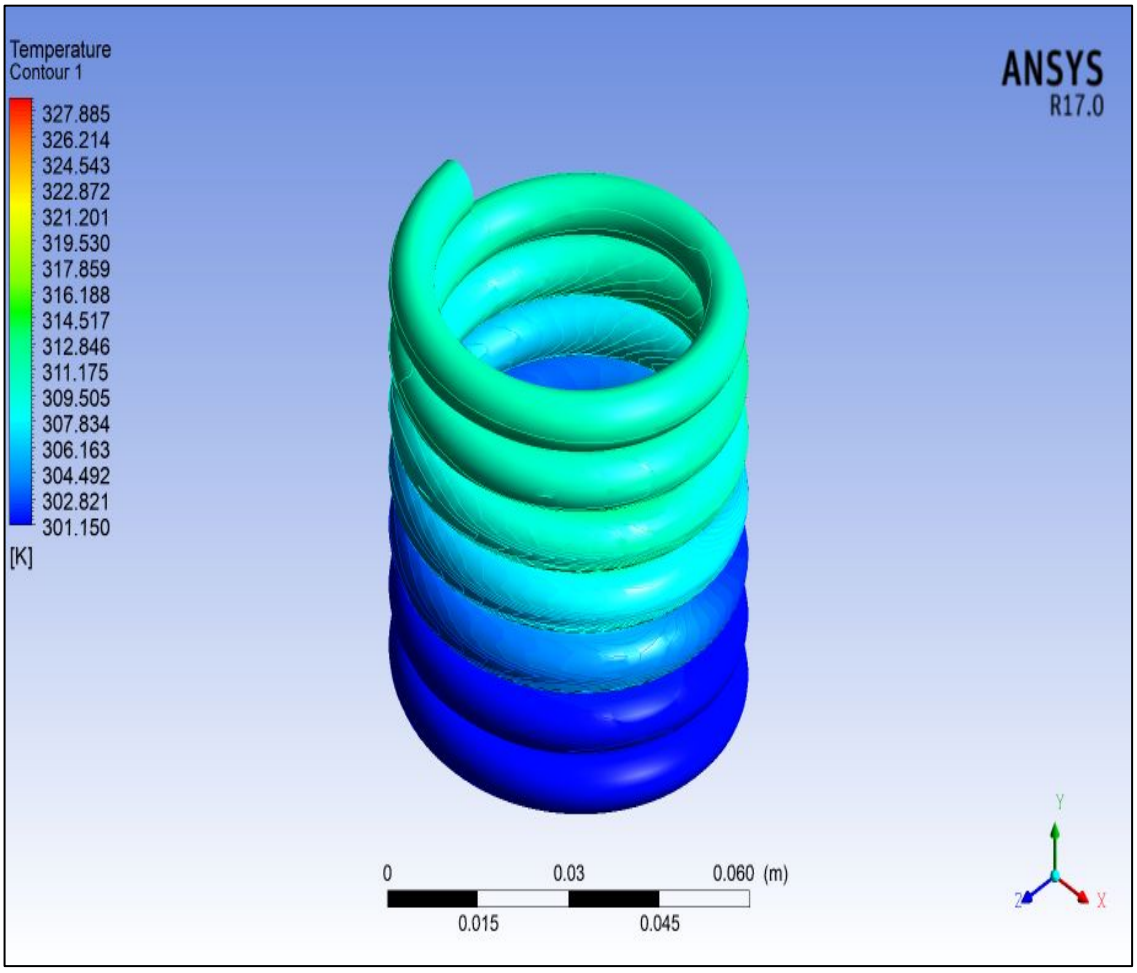
Şekil 4.26'da, m_1 = 0.00187 kg/s durumuna benzer şekilde yutucu borunun enine kesitindeki hız dağılımı gösterilmektedir. Kesitsel artış miktarının%55 olduğu tespit edilmektedir. Çıkıştaki ortalama hız yaklaşık 0.058 m/s dir

4.11.5.3. m3= 0.00345 kg/s için:



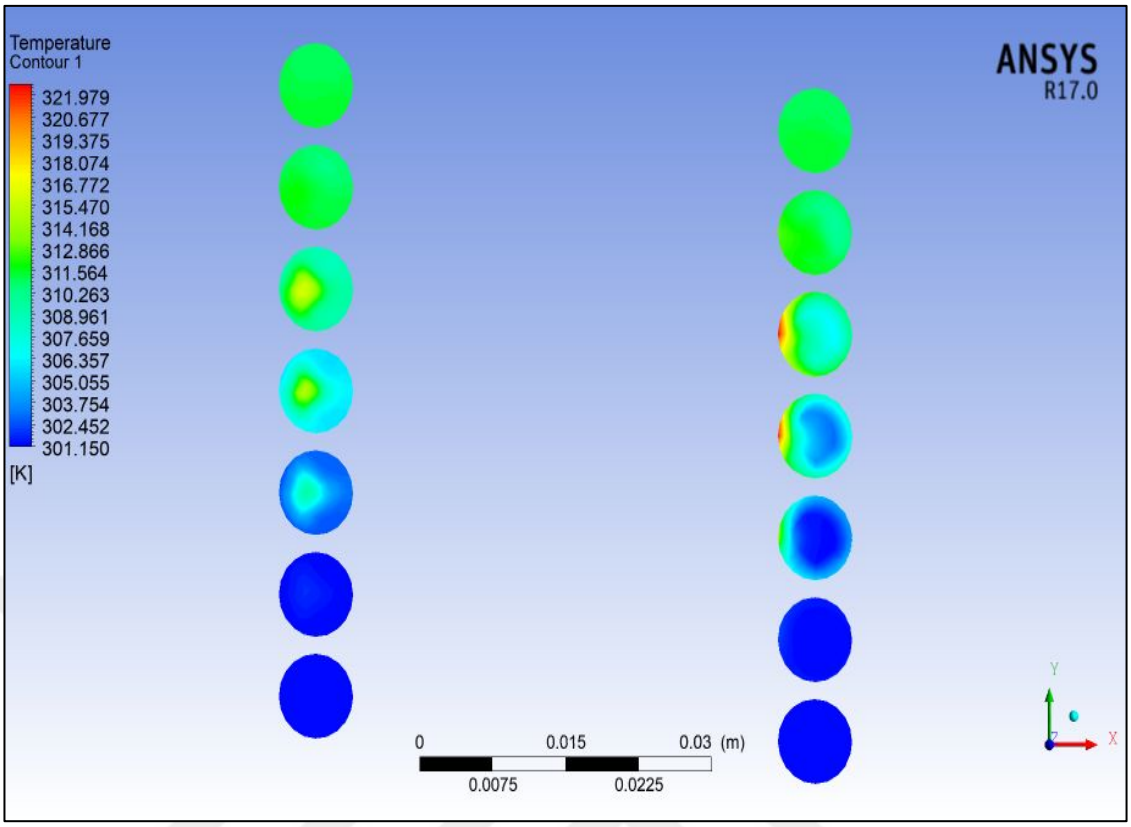
Şekil 4.27. m_3 = 0.00345 kg/s için: yutucu duvarın ısıl dağılımı

Şekil 4.27'de, yukardaki iki duruma benzer şekilde yutucu duvarının ısıl dağılımı görülmektedir. Isıl enerji, boru duvarının sıcaklığının en yüksek değere çıktığı "konsantrasyon noktası" alanında yoğunlaşır. Daha sonra borunun içindeki su akışı nedeniyle düşmeye başlar. Ayrıca konsantrasyon noktasının sıcaklığı, borudaki suyun akış hızının artması nedeniyle yukardaki iki durumdan düşmüştür.



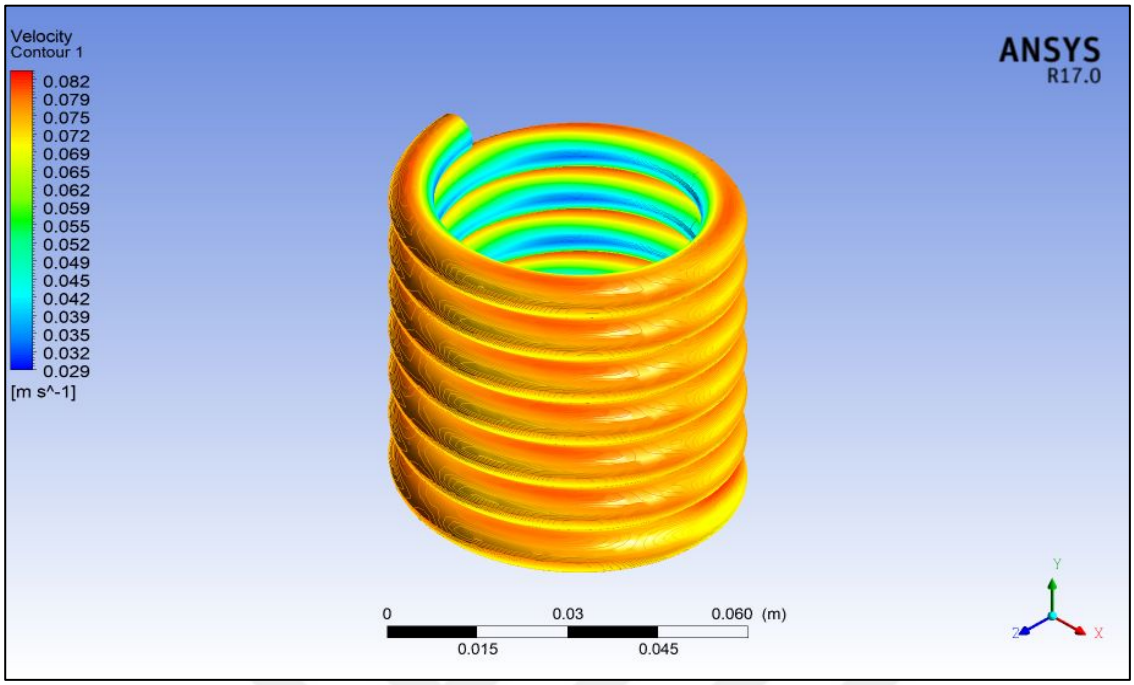
Şekil 4.28. m_3 = 0.00345 kg/s için: yutucudan geçen suyun sıcaklık dağılımı

Şekil 4.28 'de yutucu temasının bir sonucu olarak boru duvarına bitişik su tabakasının ısıl dağılımı görülmektedir. Şekilden görüldüğü gibi, çıkışta 38°C'ye ulaşana kadar, su odak noktası alanından geçtikçe su sıcaklığı kademeli olarak artmaktadır. Belirtildiği gibi, su akış hızındaki birinci durumdan %85 ve ikinci durumdan %58 olan bir artış, çıkış sıcaklığını ilk duruma kıyasla %15 ve ikinci duruma kıyasla %9 oranında azaltmıştır.



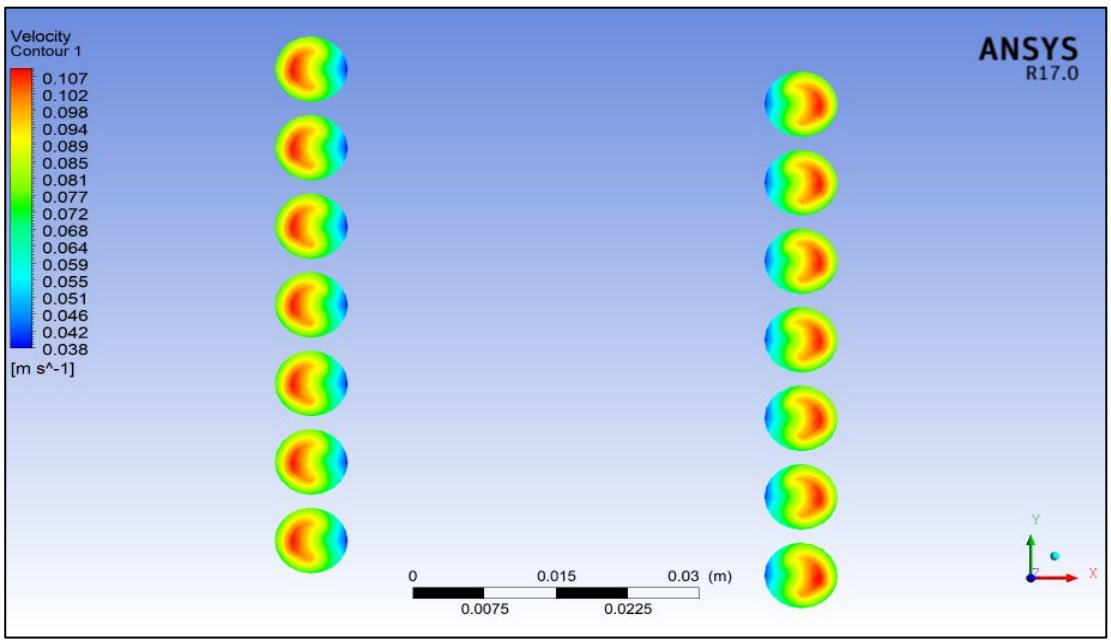
Şekil 4.29. Yutucu borunun enine kesiti boyunca sıcaklık dağılımının gösterimi

Şekil 4.29 'da yukardaki iki duruma benzer şekilde yutucu borunun enine kesiti boyunca sıcaklık dağılımı görülmektedir. Grafikte gösterildiği gibi, çıkış sıcaklığı suyun akış hızının artması nedeniyle düşmüştür.



Şekil 4.30. m_3 = 0.00345 kg/s için: yutucu boyunca hız dağılımının gösterimi

Şekil 4.30'de yutucu boyunca hız dağılımının gösterimi sağlanmaktadır. Şekilde gösterildiği gibi, m_3 = 0.0345 kg/s hız dağılımı yukarıdaki iki durumdan daha yüksektir.

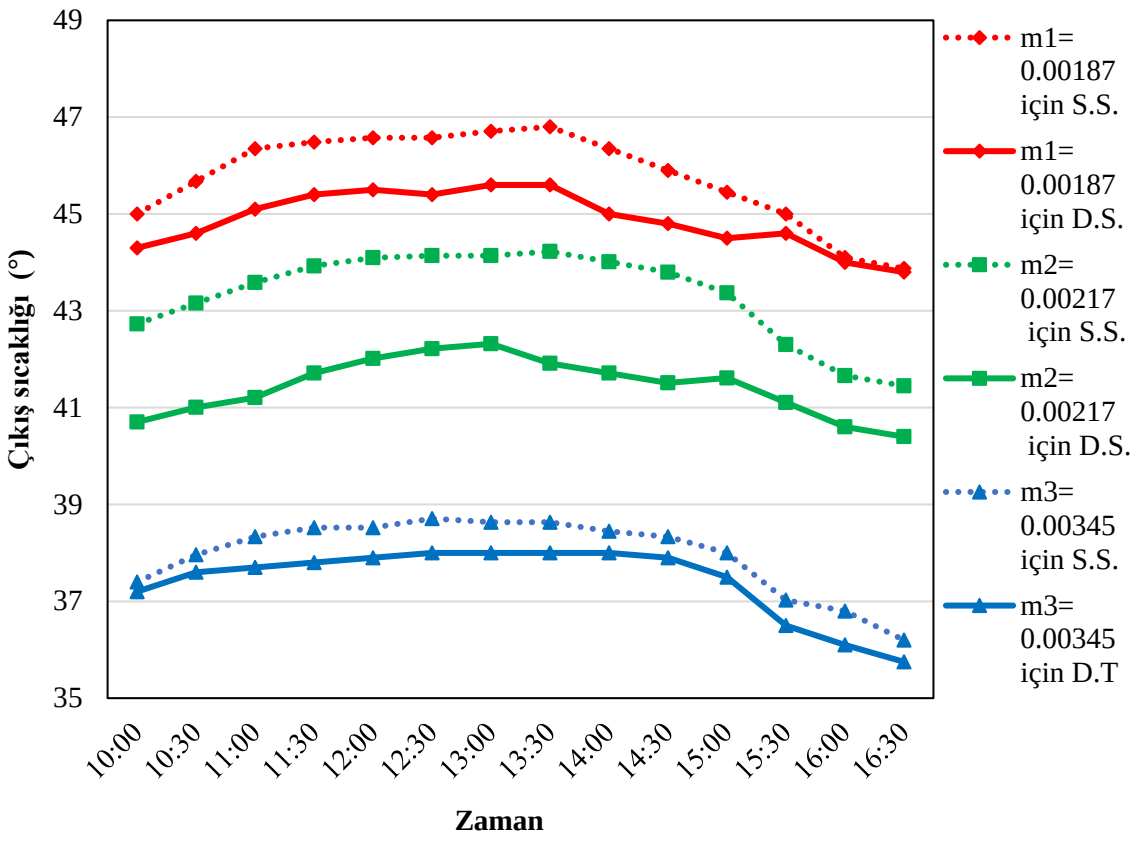


Şekil 4.31. Yutucu borunun enine kesitine göre hız dağılımının gösterimi

Şekil 4.31'de, m_3= 0.00345 kg/s için yutucu borunun enine kesitindeki hız dağılımı gösterilmektedir. Çıkıştaki ortalama hız sırasıyla birinci ve ikinci durumlarda %85 ve %58 daha yüksek olan yaklaşık 0.092 m/s'dir

4.11.6. Deneysel ve Sayısal Sonuçların Karşılaştırılması

Su çıkışının deneysel ve sayısal hesaplama sonucu sıcaklığının karşılaştırması, Şekil 4.32'de gösterilmiştir. Deney süresince alınan güneş ışınım değerleri için simülasyonda hesaplamalar yapılmıştır. Şekilde gösterildiği gibi, deneysel olarak ölçülen değerler ve simülasyondan ortaya çıkan değerler uyumludur. Sonuçlar arasında yaklaşık %6'lık bir fark vardır.



Şekil 4.32. Su çıkışının deneysel ve sayısal sıcaklığının karşılaştırmasının grafiği

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, parabolik çanak ile sıcak su üretilmesi amaçlanmıştır. Parabolik çanak yansıtıcı, 0.35 m^2'lik nispeten küçük boyutlu bir aynadır. Sistemde su açık devre prensibine göre akmaktadır. 0.00178, 0.00345 ve 0.00218 kg/s olmak üzere üç farklı su debisi için sistemden su çıkış sıcaklığı ve sistem verimleri tespit edilmiştir. Ansys ile sistemin modeli oluşturulmuş ve sayısal çözümleme yapılmıştır.

Sonuçlar aşağıdaki gibidir:

m_1 = 0.00187 kg/s durumunda, suya aktarılan ısı miktarı 123 ila 138 W arasında değişmektedir. Giriş ve çıkış arasındaki sıcaklık farkı 15.8 ila 17.6°C arasındadır. m_2 = 0.00217 kg/s durumunda, suya aktarılan ısı miktarı 112 ila 130W arasında değişmiş, giriş ve çıkış arasındaki sıcaklık farkı 12.4 ila 14.3°C arasındadır. m_3 = 0.00345 kg/s durumunda, suya aktarılan ısı miktarı 129 ila 144.8 W arasında değişmektedir. Bu debi için giriş ve çıkış arasındaki sıcaklık farkı 8.5 ila 10°C arasındadır.

Bu çalışmanın sonuçları aşağıdaki noktalarda özetlenebilir:

1. 970 ila 1040 (W/m^2) güneş ışınımı sağlayan çevresel koşullar altında, güneşi iki eksende takip eden parabolik çanak yansıtıcıyla ortalama 130 W ısıl güç sağlanmıştır.
2. Bu cihaz sayesinde, 0.5 L suyun sıcaklığı, açık devre prensibi dahilinde 145 s'de 10°C arttırılmıştır.
3. Sistemin ısıl verimleri %32-%39 arasında tespit edilmiştir.
4. Minimum debide, giriş ve çıkış arasındaki sıcaklık farkı daha büyük olmasına rağmen, en büyük debide suya aktarılan ısı miktarı en fazla olarak tespit edilmiştir.
5. ANSYS programı kullanılarak yapılan simülasyonda, su çıkış sıcaklıkları deneysel sonuçlardan %6 farklı olduğu tespit edilmiştir.
6. Çıkış sıcaklıkları debilere göre 8.5 ila 17.6 °C artmıştır.

6. KAYNAKLAR

Azzouzi, D., Boumeddane, B., Abene, A. 2017. Experimental and analytical thermal analysis of cylindrical cavity receiver for solar dish. Renewable energy, 106, 111-121.

Burgess, G., Lovegrove, K., Mackie, S., Zapata, J., Pye, J. 2011. Direct steam generation using the SG4 500 m2 paraboloidal dish concentrator. In Proceedings of the 17th Solar PACES Conference, Granada, Spain, Sept (pp. 15-18).

Coventry, J., Andraka, C. 2017. Dish systems for CSP. Solar Energy, 152, 140-170.

Dintchev, O. D. 2006. Solar water heating as a mechanism to reduce domestic electrical energy consumption and its contribution towards South African maximum demand. In Domestic Use of Energy International Conference-April 2006.

Eswaramoorthy, M., Shanmugam, S., Veerappan, A. R. 2013. Experimental study on solar parabolic dish thermoelectric generator. International Journal of Energy Engineering, 3(3), 62.

Folaranmi, J. 2009. Design, construction and testing of a parabolic solar steam generator. Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies, 14, 115-133.

Hijazi, H., Mokhiamar, O., Elsamni, O. 2016. Mechanical design of a low cost parabolic solar dish concentrator. Alexandria Engineering Journal, 55(1), 1-11.

Holman, J.P., 1994. Experimental Methods for Engineers, Int. ed. McGraw-Hill Book Co., Singapore.

Kalogirou, S. A. 2004. Solar thermal collectors and applications. Progress in energy and combustion science, 30(3), 231-295.

Kaushika, N. D., Reddy, K. S. 2000. Performance of a low cost solar paraboloidal dish steam generating system. Energy conversion and management, 41(7), 713-726.

Kiliç, H., Gümüş, B., Yilmaz, M. 2016. Diyarbakır ili için güneş enerjisi verilerinin meteorolojik standartlarda ölçülmesi ve analizi. EMO Bilimsel Dergi, 5(10), 15-19.

Mahdi, K., Bellel, N. 2014. Development of a spherical solar collector with a cylindrical receiver. Energy Procedia, 52, 438-448.

Manav S., Jaykumar V., Nitesh B., Niranjan S., Vijay.C. G. 2015, Design, fabrication and analysis of helical coil receiver with varying pitch for solar parabolic dish concentrator. International Journal on Theoretical and Applied Research in Mechanical Engineering (IJTARME), vol. 4, no.2, pp. 2319-3182.

Mohamed, F. M., Jassim, A. S., Mahmood, Y. H., Ahmed, M. A. 2012. Design and study of portable solar dish concentrator. International Journal of Recent Research and Review, 3, 52-59.

Mohammed, I. L. 2012. Design and development of a parabolic dish solar water heater. Int J Eng Res Appl, 2(1), 822-30.

Ngo, L., Bello-Ochende, T., Meyer, J. P. 2012. Exergetic analysis and optimisation of a parabolic dish collector for low power application. In Proceedings of the postgraduate symposium.

Pavlović, S. R., Bellos, E. A., Stefanović, V. P., Tzivanidis, C., Stamenković, Z. M. (2016). Design, simulation, and optimization of a solar dish collector with spiral-coil thermal absorber. Thermal science, 20(4).

Pavlovic, S., Bellos, E., Le Roux, W. G., Stefanovic, V., Tzivanidis, C. 2017. Experimental investigation and parametric analysis of a solar thermal dish collector with spiral absorber. Applied Thermal Engineering, 121, 126-135.

Prado, G. O., Vieira, L. G. M., Damasceno, J. J. R. 2016. Solar dish concentrator for desalting water. Solar Energy, 136, 659-667.

Seo, T., Ryu, S., Kang, Y. 2003. Heat losses from the receivers of a multifaceted parabolic solar energy collecting system. KSME International Journal, 17(8), 1185-1195.

Shanmugam, S., Christraj, W. 2005. The tracking of the sun for solar paraboloidal dish concentrators. Transactions of the ASME-N-Journal of Solar Energy Engineering, 127(1), 156-160.

Shuai, Y., Xia, X. L., Tan, H. P. 2008. Radiation performance of dish solar concentrator/cavity receiver systems. Solar Energy, 82(1), 13-21.

Stefanovic, V. P., Pavlovic, S. R., Bellos, E., Tzivanidis, C. 2018. A detailed parametric analysis of a solar dish collector. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 25, 99-110.

Thirunavukkarasu,V Cheralathan, M 2016, 'Receivers of Solar Parabolic Dish Collector System for Low and Medium Temperature Applications: A Review' , I J C T A, 9(37) , pp. 333-344 .

Vardanyan, A. V., Gagiyan, L. A. 2008. Methods for calculating the concentration fields of mirror solar collectors. Applied Solar Energy, 44(1), 35-38.

Wang, M., Siddiqui, K. 2010. The impact of geometrical parameters on the thermal performance of a solar receiver of dish-type concentrated solar energy system. Renewable Energy, 35(11), 2501-2513.

Wu, S. Y., Xiao, L., Cao, Y., Li, Y. R. 2010. Convection heat loss from cavity receiver in parabolic dish solar thermal power system: A review. Solar Energy, 84(8), 1342-1355.

Meyers G. 2016. Understandıng concentrated solar power technology. Erisim: [https://planetsave.com/2016/02/08/understanding-concentrated-solar-power-technology/]. Erisim Tarihi:05.20.2019

Seville. 2011. Solar energy even at night. Erişim: [https://elpais.com/diario/2011/10/05/sociedad/1317765606_850215.html]. Erişim Tarihi: 05.20.2019.

Skyfuel. 2014. Concentrated solar power skyfuel completes efficiency testing of the skytrough DSP collector. Erişim: [http://helioscsp.com/concentrated-solar-power-skyfuel-completes-efficiency-testing-of-the-skytrough-dsp-collector/]. Erişim Tarihi: 05.20.2019.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı: Muhammad HATİPOĞLU

Doğum Yeri: Suriye /ŞAM

Doğum Tarihi: 06.06.1988

Medeni Hali: Bekar

Yabancı Dili: İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl):

Lise: Javdat Elhaşimi Lisesi (Şam, Suriye) /2006.

Lisans: Şam Üniversitesi, Makine Mühendisliği/2011

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl:

Elektrik Üretimi Genel Kurulumu: Makine Mühendisi (2012-2015), Şam /Suriye.

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEZ İNTİHAL FORMU

ÖĞRENCİ BİLGİLERİ	
ADI VE SOYADI	Muhammed HATİPOĞLU
ÖĞRENCİ NO	15818006
EĞİTİM – ÖĞRETİM YILI	2018-2019
YARIYIL	☐ Güz ☒ Bahar
ANABİLİM DALI	
PROGRAM	Yüksek Lisans / Doktora
TEZ KONUSU	Parabolik Çanak Toplayıcılar ile Sıcak Su Elde Edilmesi
İNTİHAL RAPORU BİLGİLERİ	
RAPOR TÜRÜ	Tez Savunma Sınavı Sonrası
SAYFA SAYISI	92
BENZERLİK ORANI	%17
RAPORLAMA TARİHİ	10/07/ 2019

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın kapak sayfası, giriş, ana bölümler, sonuç ve tartışma kısımlarından oluşan toplam 92(doksan iki) sayfalık kısmına ilişkin, 10/07/2019 tarihinde ~~şahsım~~/tez danışmanım tarafından *Turnitin* adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 17 'dir.

Uygulanan filtrelemeler:

☐ Kabul/Onay sayfaları hariç,
☐ Kaynakça hariç
☒ ~~Alıntılar hariç~~/dâhil
☐ Diğer

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Programlarda Tez Çalışması İntihal Raporu Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edilmesi durumunda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Muhammed HATİPOĞLU

(İMZA/10/07/2019)

.....	.....
Doç.Dr. Atilla G. DEVECİOĞLU	**Prof.Dr. Vedat ORUÇ**
10/07/2019	10/07/2019

Formdaki bilgiler bilgisayar ortamında doldurulmalıdır. El yazısı ile doldurulan formlar geçersiz sayılmaktadır.