



T.C.  
NECMETTİN ERBAKAN  
ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



GÜNEŞ TAKİP SİSTEMİ İLE ÇALIŞAN BİR  
GÜNEŞ OCAĞI TASARIMI  
VE PERFORMANSININ İNCELENMESİ

Mehmet Fatih DOĞRU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Eylül-2023  
KONYA  
Her Hakkı Saklıdır

## TEZ KABUL VE ONAYI

Mehmet Fatih DOĞRU tarafından hazırlanan “GÜNEŞ TAKİP SİSTEMİ İLE ÇALIŞAN BİR GÜNEŞ OCAĞI TASARIMI VE PERFORMANSININ İNCELENMESİ” adlı tez çalışması 19/09/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

### İmza

#### Başkan

Doç. Dr. Mustafa Tahir AKKOYUNLU

.....

#### Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Yılmaz AKGÜNEY

.....

#### Üye

Dr. Öğr. Üyesi Sadık ATA

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun ....../.../20.. gün ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Şerife YURDAGÜL KUMCU  
FBE Müdürü

## TEZ BİLDİRİMİ

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

## DECLARATION PAGE

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

İmza

Mehmet Fatih DOĞRU

Tarih: 19.09.2023

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

## GÜNEŞ TAKİP SİSTEMİ İLE ÇALIŞAN BİR GÜNEŞ OCAĞI TASARIMI VE PERFORMANSININ İNCELENMESİ

Mehmet Fatih DOĞRU

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Yılmaz AKGÜNEY

2023, 96 Sayfa

Jüri

Dr. Öğr. Üyesi Yılmaz AKGÜNEY

Doç. Dr. Mustafa Tahir AKKOYUNLU

Dr. Öğr. Üyesi Sadık ATA

Bu tez çalışmasında, güneşten çokça faydalanma imkânı olan başta Afrika ülkeleri olmak üzere Ortadoğu ülkelerinde ve çok yaygın olmasa da bazı Avrupa ülkelerinde kullanılan noktasal odaklama yapabilen parabolik güneş ocağı tasarımı yapıp performansı deneysel olarak incelenmiştir. Çanak boyutları, 80 cm çapında ve 7 cm derinliğinde olan bu sistem güneşi gün içerisinde herhangi bir zamanda sürekli olarak iki eksenle takip edebilecek şekilde tasarlanmıştır. Çanak iç yüzeyi pleksi ayna denilen çok ince ve esnek altıgen şeklindeki aynalar ile kaplanmıştır. Deneyin yapılacağı yer olan Ankara ili Çankaya ilçesindeki güneş yolu hesabı yapıp tahmini konumlar hesaplanmıştır. Bu sonuçlar ışığında bilgisayar kontrollü Arduino ile sistemin güneşi takip etmesi için en uygun algoritma hesabı yapılmıştır. Tezin amacı çift eksenli noktasal odaklama yapabilen doğrudan ısıyı pişiricide kullanabilen bir güneş takip sisteminin performansını, ortam sıcaklığı, bulutluluk durumu ve rüzgâr gibi dış etkenler etrafında analiz etmektir. 10 Temmuz tarihinden itibaren 30 gün boyunca 07:00-19:40 saatleri arasında aralıksız yapılan 1000 g su kaynatma deneylerinin sonucunda yaz mevsiminde üç aylık ve her gün ortalama 3 kez su kaynatan bir ailenin elektrikli su ısıtıcısı yerine bu tezde tasarlanan sistem kullanırsa 37,8 TL tasarruf edebileceği hesaplanmıştır. Tezde Arduino ile kontrol sistemleri ve mekanik gibi çalışma alanlarına ait birçok teknikten yararlanılmıştır. Hareket sistemi için her iki eksenle de lineer aktüatör motorları kullanılmıştır. Sonuç olarak elde edilen veriler ümit vericidir.

**Anahtar Kelimeler:** Arduino, güneş enerjisi, güneş ocağı, iki eksenli güneş takip sistemi.

## **ABSTRACT**

**MS**

### **DESIGN AND PERFORMANCE OF ANALYSIS OF A SOLAR FURNACE USING A SOLAR TRACKING SYSTEM**

**Mehmet Fatih DOĞRU**

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF  
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY  
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE  
IN ENERGY SYSTEMS ENGINEERING**

**Advisor: Asst. Prof. Dr. Yılmaz AKGÜNEY**

**2023, 96 Pages**

**Jury**

**Asst. Prof. Dr. Yılmaz AKGÜNEY**

**Assoc. Prof. Dr. Mustafa Tahir AKKOYUNLU**

**Asst. Prof. Dr. Sadık ATA**

In this thesis, the design and performance of a parabolic solar cooker with point focusing, which is used by African countries, Middle Eastern countries, and some European countries, although not very common, which have the opportunity to benefit from the sun, has been designed and its performance has been examined. The dish dimensions are 80 cm in diameter and 7 cm deep, and the system is designed to follow the sun continuously on two axes at any time of the day. The inner surface of the dish is covered with very thin and flexible hexagonal mirrors called plexi mirrors. The sun path in the Çankaya district of Ankara province, where the experiment will be carried out, was calculated and estimated locations were calculated. In light of these results, the most appropriate algorithm was calculated for the system to follow the sun with a computer-controlled Arduino. The aim of the thesis is to analyze the performance of a dual-axis point-focusing solar tracking system that can use direct heat in the cooker around external factors such as ambient temperature, cloudiness, and wind. As a result of 1000 g water boiling experiments were carried out continuously between 07:00-19:40 for 30 days starting from 10 July, it was calculated that a family boiling water three times a day for three months in the summer season could save 37,8 TL if they use the system designed in this thesis instead of an electric kettle. In the thesis, many techniques belonging to the fields of study such as Arduino control systems and mechanics were utilized. Linear actuator motors were used on both axes for the motion system. As a result, the data obtained are promising.

**Keywords:** Arduino, solar cooker, solar energy, two axis solar tracking system.

## TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca bana destek olan danıőmanım Dr. Öğretim Üyesi Yılmaz AKGÜNEY hocama, maddi manevi destek olan aileme ve bu süreçte yanımda olan Reyhan İNAN' a teşekkür ediyorum.

Mehmet Fatih DOĞRU  
KONYA-2023



# İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>v</b>
<b>TEŞEKKÜR .....</b>	<b>vi</b>
<b>İÇİNDEKİLER.....</b>	<b>vii</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>ŞEKİLLER VE ÇİZELGELER DİZİMİ.....</b>	<b>x</b>
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1. Güneş Enerjisinin Tarihi.....	2
1.2. Güneş Enerjisi Sistemleri.....	4
1.2.1 Fotovoltaik güneş teknolojisi.....	5
1.2.2 Isıl güneş teknolojileri .....	5
1.3. Güneş Takip Sistemleri.....	9
1.4. Güneş Açılırları .....	11
1.5. Güneşin Konumunun Tahmini Hesabı .....	15
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....</b>	<b>16</b>
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>22</b>
3.1. Materyal .....	22
3.1.1. Konstrüksiyon malzemeleri .....	22
3.1.2. Motor .....	22
3.1.3. Güç kaynağı .....	24
3.1.4. Arduino UNO .....	25
3.1.5. Jumper kablo.....	26
3.1.6. L298N çift motor sürücü kartı .....	26
3.1.7. Breadboard.....	27
3.1.8. Döner tabla.....	27
3.1.9. Pişirme kabı .....	28
3.1.10. Çanak .....	29
3.1.11. Pleksi ayna .....	29
3.1.12. Dijital termometre.....	30
3.1.13. Beher.....	31
3.2. Yöntem.....	32
<b>4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....</b>	<b>39</b>
4.1 Araştırma Sonuçları .....	39
4.2. Tartışma .....	47

4.2. Maliyet Analizi .....	47
<b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>49</b>
5.1. Sonuçlar .....	49
5.2. Öneriler .....	50
<b>6.KAYNAKLAR .....</b>	<b>52</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>57</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>85</b>



## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

<b>A</b>	Akım (Amper)
<b>mA</b>	Akım (miliAmper, A/1000)
<b>g</b>	Ağırlık (Gram)
<b>kg</b>	Ağırlık (Kilogram, 1000 g)
<b>m<sup>2</sup></b>	Alan (Metrekare)
<b>kB</b>	Bellek ölçüm birimi (KiloBayt)
<b>Cos</b>	Cosinüs
<b>δ</b>	Deklinasyon açısı (°)
<b>V</b>	Elektrik gerilimi (Volt)
<b>J</b>	Enerji (Joule)
<b>Φ</b>	Enlem açısı (°)
<b>β</b>	Eğim açısı (°)
<b>N</b>	Güç (Newton)
<b>kW</b>	Güç (KiloWatt)
<b>θ</b>	Güneş geliş açısı (°)
<b>α<sub>s</sub></b>	Güneş yükseklik açısı (°)
<b>γ<sub>s</sub></b>	Güneş azimut açısı (°)
<b>l</b>	Hacim (Litre, m <sup>3</sup> /1000)
<b>ω</b>	Saat açısı (°)
<b>T</b>	Sıcaklık (°C, Kelvin)
<b>Sin</b>	Sinüs
<b>m</b>	Uzunluk (Metre)
<b>mm</b>	Uzunluk (m/1000)
<b>cm</b>	Uzunluk (Santimetre, m/100)
<b>N</b>	Yılın n. günü
<b>%</b>	Yüzde
<b>t</b>	Zaman (Saniye, dakika, saat)
<b>θ<sub>z</sub></b>	Zenit açısı (°)

### Kısaltmalar

<b>CO<sub>2</sub></b>	Karbondioksit
<b>DC</b>	Doğru akım
<b>DIN</b>	Alman Standardizasyon Enstitüsü
<b>GaAS</b>	Galyum Arsenit
<b>IDE</b>	Arduino geliştirme ortamı
<b>ISO</b>	The International Organization for Standardization
<b>LPG</b>	Likit petrol gazı
<b>PCM</b>	Faz değiştirebilen yalıtım malzemesi
<b>SWH</b>	Güneş enerjili su ısıtıcıları (Solar water heating)
<b>STC</b>	Standart test koşulları
<b>TL</b>	Türk lirası
<b>TİM</b>	Bir çeşit yalıtım malzemesi

## ŞEKİLLER VE ÇİZELGELER DİZİMİ

### Şekiller dizimi

Şekil 1. 1. Güneş Enerjisi Toplayıcı Tipleri .....	6
Şekil 1. 2. Parabolik Oluk Toplayıcı Sistemleri .....	7
Şekil 1. 3. Alıcı Kesiti ve Parabolik Oluklu Toplayıcı Sistem .....	8
Şekil 1.4. Güç Kulesi Sistemi .....	8
Şekil 1. 5. Parabolik Çanak Toplayıcı Sistemleri Şematik Gösterimi .....	9
Şekil 1.6. Pasif Güneş Takipçisi).....	10
Şekil 1. 7. Tek Eksenli Takip Sistemleri Dikey Eksen (a) ve Yatay Eksen (b).....	10
Şekil 1. 8. Eğik Eksenli Takip Sistemi (a) Çift Eksenli Takip Sistemi (b).....	11
Şekil 1. 9. Güneş Açılıarı .....	12
Şekil 1. 10. Dünyanın Güneş Etrafındaki Kritik Konumları .....	13
Şekil 1. 11. Deklinasyon Açısının Aylara Göre Değişimi.....	14
Şekil 3.1. Lineer Motor.....	23
Şekil 3.2. Aktüatörün İç Yapısının Temsili Gösterimi .....	23
Şekil 3.3. Sistemde Kullanılan Akü.....	24
Şekil 3.4. Arduino UNO .....	25
Şekil 3. 5. Çift Motor Sürücü Kartı .....	26
Şekil 3.6. Devre Tahtası (Breadboard) .....	27
Şekil 3.7. Döner Tabla .....	28
Şekil 3.8. Pişirme Kabı ve Çanak .....	28
Şekil 3.9 Pişirme kabı ve Çanak .....	29
Şekil 3.10. Pleksi Aynalar.....	29
Şekil 3. 11. Dijital Termometre .....	30
Şekil 3.12. Beher.....	31

Şekil 3. 11. Ankara İli Çankaya İlçesi 28 Temmuz Günü Güneş Yükseklik Açısının Zamanla Değişimi.....	33
Şekil 3. 12. Ankara iline ait farklı aylardaki günlere göre güneşin hareket eğrisi.....	34
Şekil 3. 13. Ankara için aylara göre güneş yolu tahmini konumu.....	34
Şekil 4.1 10 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi.....	39
Şekil 4.2 11 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi.....	40
Şekil 4.3 12 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi.....	40
Şekil 4.4 13 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi.....	41
Şekil 4.6 15 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi.....	41
Şekil 4.12 21 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi.....	42
Şekil 4.13 22 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi.....	42
Şekil 4.14 23 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi.....	43
Şekil 4.15 24 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi.....	43
Şekil 4.18 27 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi.....	44
Şekil 4.19 28 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi.....	44
Şekil 4.23 01 Ağustos deney verileri grafiksel gösterimi.....	45
Şekil 4.24 02 Ağustos deney verileri grafiksel gösterimi.....	45
Şekil 4.28 06 Ağustos deney verileri grafiksel gösterimi.....	46
Şekil 4.30 08 Ağustos deney verileri grafiksel gösterimi.....	46
Şekil 5.1. Ölçüm yapılan günlerdeki elektrikle 1 litre suyu kaynatma maliyeti.....	48
Şekil 4.5 14 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi.....	77
Şekil 4.7 16 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi.....	78
Şekil 4.8 17 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi.....	78
Şekil 4.9 18 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi.....	79
Şekil 4.10 19 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi.....	79
Şekil 4.11 20 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi.....	80
Şekil 4.16 25 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi.....	80
Şekil 4.17 26 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi.....	81

Şekil 4.20 29 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi.....	81
Şekil 4.21 30 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi.....	82
Şekil 4.22 31 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi.....	82
Şekil 4.25 03 Ağustos deney verileri grafiksel gösterimi.....	83
Şekil 4.26 04 Ağustos deney verileri grafiksel gösterimi.....	83
Şekil 4.27 05 Ağustos deney verileri grafiksel gösterimi.....	84
Şekil 4.29 07 Ağustos deney verileri grafiksel gösterimi.....	84

### **Çizelgeler dizimi**

Çizelge 3.1. Ankara ili Çankaya ilçesi için 28 Temmuz günü güneş yükseklik ( $\alpha_s$ ) ve azimut açıları ( $\gamma_s$ ).....	33
Çizelge 3.2. Arduino içerisindeki değişkenler ve özellikleri.....	35
Çizelge 5.1. 1000 g suyu kaynatmak için farklı yöntemlerin maliyet karşılaştırması....	48

## 1. GİRİŞ

Enerjiye sahip olmak ve enerji konusunda kendi ihtiyaçlarını karşılayabilmek hayat kalitesi standartları üzerine olumlu bir etkiye sahiptir. Toplumların, kuruluşların, ailelerin ve hatta bireylerin yaşam mücadelesini uzun süre sorunsuz ve refah içerisinde sürdürebilmesi büyük ölçüde enerjiye hangi şartlarda ne kadar kısa sürelerde erişebilmeleriyle doğru orantılıdır (Lambert, J. G. ve ark., 2014). Enerjinin yönetimi, enerji tasarrufu ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı olmak üzere iki temel ve iç içe geçmiş yöntemle ele alınmalıdır. Bu açıdan ele alınması öncelikle farklı sektörlerin enerji kullanımlarının belirlenmesi ve analiz edilmesi gerekmektedir.

Amerika Birleşik Devletleri Enerji Bilgi İdaresi tarafından yayınlanan rapora göre 2017 yılında konutların enerji tüketim oranı ticari binaların enerji tüketiminin neredeyse iki katı olduğu gösterilmiştir, bu bize binaların küresel ölçüde büyük enerji tüketicileri olduğunu göstermektedir (Administration, U. S. E. I., 2017). Uluslararası Enerji Ajansı'nın dünya enerji istatistiklerine ilişkin en son raporuna göre, 2015 yılında dünyadaki doğalgaz tüketiminin %30'u konutlara tahsis edilmiştir, dünyadaki elektrik enerjisinin %27'sinden fazlası yine konutlar tarafından tüketilmiştir (Agency, I. E., 2017). Bu rapora göre konut binaları, endüstriyel binaların ardından dünya çapında en çok enerji tüketen ikinci sektörü oluşturmaktadır. Bu durum hem bilim dünyasını hem de şirketleri binaların enerji taleplerini azaltmak için var olan çözümleri geliştirmek ve yeni çözüm yöntemleri araştırmaya, bu alanda çalışmalar yapmaya sevk etmiştir.

Yemek pişirmek için kullanılan enerji, konut binalarının enerji taleplerinde önemli bir rol oynamaktadır (Chen, C. R. ve ark., 2008) (Panwar, N. L. ve ark., 2011). Başta Afrika olmak üzere Asya ülkelerinin ve bazı Avrupa ülkelerinin ılıman bölgelerinde bulunan gelişmekte olan ülkelerin konutlarındaki enerji tüketiminin çoğu yemek pişirmekten kaynaklanmaktadır (Narayan, S. ve Doytch N., 2017). Hindistan'da toplam enerjinin yaklaşık %36'sı yemek pişirmek için kullanılmaktadır (Pillai, I. R. ve Banerjee, R., 2009). Sahra Altı Afrika'nın kırsal bölgelerinde yemek pişirmek için kullanılan enerji toplam enerjinin %90 ila %100'ü kadardır (Karekezi, S. ve Kithyoma, W., 2002). Amerika Birleşik Devletleri gibi gelişmiş ülkelerde yemek pişirme, toplam enerji tüketiminin %37-%53'ünü oluşturmaktadır (Subbiah, R. ve ark., 2017). Veriler bize gösteriyor ki alternatif ve temiz enerjiyle pişirme çözümlerinin bulunması küresel enerji tüketimini önemli ölçüde etkileyecektir.

Günümüzde, yenilenebilir enerji teknolojileri sürdürülebilirlik için bir çözüm olarak görülmektedir (Ahmadi, M. H. ve ark., 2017). Bu çözüm yönteminin en büyük çevresel avantajı dünya çapında bir endişe kaynağı olan CO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltmaktır (Rahman, F. A. ve ark., 2017). Yenilenebilir enerji seçenekleri arasında güneş enerjisi oldukça yaygın bir çalışma alanına sahiptir. Güneş enerjili ısıtma sistemleri, petrol türevleri veya biyokütle kaynakları yakılarak elde edilen ısı yerine pişirme işlemlerinde verimli bir şekilde kullanılabilir.

Güneş radyasyonu, bir güneş ocağı kullanılarak yemek pişirmek veya su ısıtmak için kullanılabilir. Güneş enerjisiyle pişirme, temiz üretim için sürdürülebilir bir çözüm olabilir ve aynı zamanda geleneksel enerji kaynaklarına olan talebi azaltabilir. Diğer pişirme cihazları ve bunların gerektirdiği yakıtla karşılaştırıldığında, güneş enerjili ocaklar daha ucuzdur ve birçok durumda iyi bir seçimdir. Dezavantajları arasında sosyal kabul eksikliği, diğer yöntemlere göre daha yavaş pişirme, her zaman kullanılabilir olmaması ve bazı durumlarda başka pişirme cihazlarına ihtiyaç duyulması yer almaktadır (Edmonds, I., 2018) (Iessa, L. ve ark., 2017) (Nkhonjera, L., 2017). Bu çalışmada güneş enerjili ısıtma sistemi olan noktasal odaklamalı parabolik güneş ocağı tasarımı yapılmış, bu tasarımla su kaynatma testleri yapılmış ve sonuçlar tartışılıp değerlendirilmiştir.

### 1.1. Güneş Enerjisinin Tarihi

Güneş enerjisi bu çalışmaların en başında gelmektedir ve yenilenebilir enerji kaynaklarının büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Güneşin bir enerji olarak kullanılması tarihsel açıdan bakıldığında milattan önce 400'lü yıllara dayanıyor, daha sonraları Arşimet yüzlerce cilalanmış içbükey levhayı kullanarak oluşan odak noktasıyla gemi yakma fikrini ortaya atmıştır. Arşimet'ten 1800 yıl sonra, Athanasius Kircher (1601-1680), Arşimet'in öyküsünün herhangi bir bilimsel geçerliliği olup olmadığını görmek için uzaktaki bir odun yığınının ateşe vermek için bazı deneyler yaptı, ancak bulgularına dair hiçbir rapor günümüze ulaşmamıştır (Soteris, A. ve Kalogirou, 2004).

Fransız kimyager Lavoisier (1862), güneş enerjisini damıtma şişelerinin içeriğine yoğunlaştırmak için ayrıntılı destekleyici yapılar üzerine monte edilmiş büyük cam mercekler kullanmıştır (Soteris, A. ve Kalogirou, 2004). Damıtma için güneş enerjisini yoğunlaştırmak üzere gümüş veya alüminyum kaplı cam reflektörlerin kullanımı da Mouchot tarafından tarif edilmiştir. 18. yüzyılda demir, bakır ve diğer metalleri eritebilen güneş fırınları parlatılmış demir, cam mercekler ve aynalardan yapılıyordu. Fırınlar tüm

Avrupa ve Orta Doğu'da kullanılıyordu. Antoine Lavoisier tarafından tasarlanan bir fırın, 1750 °C gibi olağanüstü bir sıcaklığa ulaştı. Fırın, 1,32 m'lik bir mercek artı 0,2 m'lik ikincil bir mercek kullanarak, insanın yüz yıldır ulaştığı maksimum sıcaklık olduğu ortaya çıkan sıcaklığı elde etmiştir (Soteris, A. ve Kalogirou, 2004).

19. yüzyılda, buhar makinelerini çalıştırmak için düşük basınçlı buhar üretimine dayalı olarak güneş enerjisini başka biçimlere dönüştürme girişimleri. August Monchot, 1864 ve 1878 yılları arasında güneş enerjisiyle çalışan birkaç buhar makinesi inşa edip çalıştırarak bu alana öncülük etmiştir (Soteris, A. ve Kalogirou, 2004). Fransız hükümeti tarafından Tours'da inşa edilen birinin değerlendirilmesi, uygulanabilir kabul edilemeyecek kadar pahalı olduğunu göstermiştir. Cezayir'de bir tane daha kurulmuştur. 1875'te Mouchot, kesik koni reflektör şeklinde bir güneş kolektörü tasarımı yaparak kayda değer bir ilerleme kaydetmiştir. Mouchot'un toplayıcısı gümüş kaplı metal plakalardan oluşuyordu ve 5,4 m çapında ve 18,6 m<sup>2</sup> toplama alanına sahipti. Hareketli parçalar 1400 kg ağırlığındaydı (Soteris, A. ve Kalogirou, 2004).

1904'te Portekizli bir rahip olan Peder Himalaya, büyük bir güneş fırını inşa etmiştir. Bu, St Louis World's fuarında sergilenmiştir. Bu fırın yapı olarak oldukça modern görünüyordu (Meinel, A. B. ve Meinel, M. P., 1976).

1912'de Shuman, C.V. Boys, Mısır Meadi'de dünyanın en büyük pompalama tesisini kurmayı üstlenmiştir. Sistem 1913'te faaliyete geçmiştir ve güneş ışığını uzun bir emici tüpe odaklamak için uzun parabolik silindirlere kullanılmıştır. Her bir silindir 62 m uzunluğundaydı ve birkaç silindir sırasının toplam alanı 1200 m<sup>2</sup> idi. Güneş motoru, 5 saatlik bir süre boyunca sürekli olarak 37–45 kW kadar güç geliştirmiştir (Meinel, A. B. ve Meinel, M. P., 1976) ( Kreith, F. ve Kreider, J. F., 1978) ( Kreider, J. F. ve Kreith, F., 1977). Santralin başarısına rağmen, 1915'te I. Dünya Savaşı'nın başlaması ve akaryakıt fiyatlarının ucuzlaması nedeniyle tamamen kapatılmıştır.

Son 50 yılda, mekanik ekipmana güç sağlayan transfer veya çalışma sıvısını ısıtmak için odaklama toplayıcıları kullanılarak bir hayli çeşit tasarlanmış ve inşa edilmiştir. Kullanılan iki ana güneş enerjisi teknolojisi, merkezi alıcılar ve güneş ışığını yoğunlaştırmak için çeşitli nokta ve çizgi odaklı optikler kullanan dağıtılmış alıcılardır. Merkezi alıcı sistemleri, güneş ışınım enerjisini kuleye monte tek bir alıcıya odaklamak için heliostat alanlarını (iki eksenli izleme aynaları) kullanır (SERI., 1987). Dağıtılmış alıcı teknolojisi, parabolik çanakları, Fresnel lensleri, parabolik olukları ve özel çanakları içerir. Parabolik çanaklar güneşi iki eksenle takip eder ve ışıma enerjisini nokta odaklı bir alıcıya odaklamak için aynalar kullanır. Oluklar ve çanaklar, güneş ışığını odak

çizgileri boyunca alıcı tüplere yoğunlaştıran çizgi odaklı izleme reflektörleridir. Alıcı sıcaklıkları, düşük sıcaklık teknelerinde 100 °C'den çanak ve merkezi alıcı sistemlerde 1500 °C'ye kadar değişir (SERI., 1987).

Bir diğer ilgi alanı olan sıcak su ve ev ısıtma 1930'ların ortalarında ortaya çıkmış, ancak 40'ların son yarısında ilgi görmeye başlamıştır. O zamana kadar milyonlarca ev kömürlü kazanlarla ısıtılıyordu. Fikir, suyu ısıtmak ve onu zaten kurulu olan radyatör sistemine beslemektir (Malik, M. A. S. ve ark., 1985).

Güneş enerjili su ısıtıcılarının (SWH) üretimi 60'ların başında başladı. SWH endüstrisi dünyanın birçok ülkesinde çok hızlı bir şekilde genişledi. Çoğu durumda tipik SWH, termosifon tipindedir ve 3 ila 4 m<sup>2</sup> arasında bir soğurucu alana sahip iki düz plakalı güneş kolektörü, 150 ila 180 l arasında kapasiteli bir depolama tankı ve bir soğuk su depolama tankından oluşur. Merkezi ısıtma destekli sıcak su üretimi için bir yardımcı elektrikli dalgıç ısıtıcı ve/veya bir ısı eşanjörü, kışın güneş ışığının düşük olduğu dönemlerde kullanılır. SWH'nin bir diğer önemli türü, kuvvet sirkülasyonu türüdür. Bu sistemde çatıda sadece güneş panelleri görünür, sıcak su boyları kapalı bir bitki odasında bulunur ve sistem boru tesisatı, pompa ve diferansiyel termostat ile tamamlanır. Açık ki, bu ikinci tip esas olarak mimari ve estetik sebeplerden dolayı daha çekicidir, ancak aynı zamanda özellikle küçük boyutlu kurulumlar için daha pahalıdır (Soteris, A. ve Kalogirou, 2004) ( Kalogirou, S., 1997).

Becquerel, selenyumdaki fotovoltajik etkiyi 1839'da keşfetmişti. 1958'de geliştirilen 'yeni' silikon pillerin dönüşüm verimliliği, maliyeti çok yüksek olmasına rağmen (1000 \$/W) %11 idi (Meinel, A. B. ve Meinel, M. P., 1976). 1960'lardaki araştırma, galyum arsenit (GaAS) gibi diğer fotovoltajik malzemelerin keşfiyle sonuçlanmıştır. Bunlar, silikondan daha yüksek sıcaklıklarda çalışabilir, ancak çok daha pahalıdır.

Solar yoğunlaştırıcıların solar damıtmada kullanımı, güneş ışınlarını su içeren bir bakır kazanın üzerine odaklamak için bir yoğunlaştırıcı kullanan Pasteur (1928) tarafından rapor edilmiştir (Meinel, A. B. ve Meinel, M. P., 1976).

## 1.2. Güneş Enerjisi Sistemleri

Güneş enerjisini kullanabilmenin yolu güneş ışınlarını toplayabilmekten geçmektedir. Isıl toplama ve elektriksiz toplama olmak üzere iki değişik yöntemle yapılmaktadır. Isıl toplama yöntemlerinin, düz yüzeyli ve yoğunlaştırmasız, odaklayıcı

ve yoğunlaştırmalı ve güneş havuzları olarak 3 tipi vardır. Elektriksel olarak toplayan fotovoltailer, ışık enerjisinin fotonları fotoelektriksel olarak elektrik enerjisine dönüştürmektedirler (Aygün, E., 1989).

### 1.2.1 Fotovoltaik güneş teknolojisi

Güneş pilleri yüzeylerine düşen ışınları direkt elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletken maddelerdir. Işığın pillere depolanması ve gerektiğinde kullanıma hazır halde tutulması esas alınır (Akova, İ., 2008). Fotovoltaik ilkeye göre çalışırlar, güneşten gelen ışınlar güneş pilinin uçları arasında gerilim oluşturur bu gerilim elektrik enerjisine dönüşür. Bu pillerin verimi %20'ye kadar çıkabilmektedir. İnce film ve kristal silikon adı altında 2 grupta yer alır. Bu pillerin yapımında Kristal Silisyum, Galyum Arsenit, Amorf Silisyum, Kadmiyum Tellürid, Bakır İndiyum Diselenid kullanılmaktadır (Ültanır, 1996) (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), 2014).

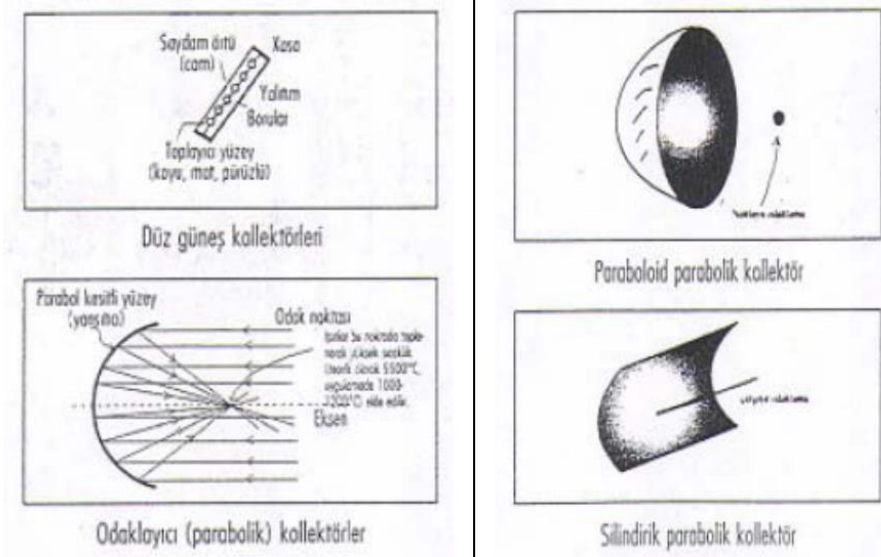
### 1.2.2 Isıl güneş teknolojileri

Bu teknolojik sistemlerin temeli güneş enerjisinden ısı elde etmek olup elde edilen ısı direkt pişirmelerde veya elektrik enerjisi olarak çevrilerek kullanılır.

Güneşli su ısıtıcılarında kullanılan düz yüzeyli ısıl güneş kolektörleri doğrudan gelen güneş ışınlarını değerlendirirler. Kullanıldığı bölgede güneşe doğru güneş açısı hesaplanarak ışınlar dik gelecek biçimde ayarlanır. Güneşi takip etmeyen bu sistemlerin mevsimsel olarak tekrar güneş açısına göre ayarlanması gerekmektedir.

Odaklı ve yoğunlaştırmalı güneş kolektörleri sıcaklık değeri yüksek uygulamalar için tercih edilir. İç bükey kısmı parlatılarak elde edilen bu sistemlerin güneşi takip etmesi gerekir ve 3000 °C'yi aşan sıcaklıklara ulaşabilecek şekilde tasarlanabilir (Ültanır, 1996).

Şekil 1. 1.'de güneş enerjisi toplayıcı tipleri gösterilmiştir.



Şekil 1. 1. Güneş Enerjisi Toplayıcı Tipleri (Şefik, B., 2004)

### 1.2.2.1 Odaklamalı güneş enerjisi sistemleri

Güneş ışınlarını parlak yüzeyleri ve uygun tasarımları sayesinde birleştirip belirli bir bölgeye yansıtarak o bölgenin ısınımsı yükselten sistemlerdir. Odaklayarak ışın demeti oluşturma işlemi malzemenin tasarımına göre farklı şekillerde ısı artışı istenen bölgeye nüfuz ettirilebilir. Bu seçenekler; belirli bir noktaya, bir eksen üzerine, belirli bir eğri boyunca ve bir düzlem üzerine ısıyı aktarabildiğimiz seçeneklerdir. İstenen duruma göre birçok şekilde tasarlanabilecek olan bu yoğunlaştırıcı odaklı toplayıcılar tek bir aynadan oluşabileceği gibi birçokları da yan yana getirilerek ihtiyaca uygun şekilde yaratılabilir. Güneşi kendi yüzeyinde hapsedmeden yansıtabilmesi için parlak veya parlatılmış metaller, çelikler, alüminyumlar, gümüş levhalar, pleksi vb. malzemeler kullanılmalıdır. Yansıtıcılığı aynanın yansıtıcılığına yakın veya eşdeğer olması önemlidir (Öztürk, H., 2008).

### 1.2.2.2 Sabit toplayıcı sistemler

Sabit toplayıcı sistemler tasarlanan sistemin güneşi takip etmediği sistemlerdir. Bu sistemler bakım onarım maliyeti açısından çok avantajlı olduğu için tercih edilse de verimi güneşi takip eden sistemlere göre oldukça düşüktür. Günün en verimli saatleri hesaplanan açıda güneşin tam dik ışın yolladığı kısa bir zaman aralığıdır. Düz panel tipi ve sabit parabolik toplayıcı gibi çeşitleri mevcuttur.

### 1.2.2.3 Güneşi takip eden toplayıcı sistemler

Güneşi takip eden toplayıcı sistemler ilk olarak daha fazla ısı ihtiyacı sorununu çözmek için geliştirilmiş bir yöntemdir. Yansıyan ışınların hepsinin toplayıcı yüzeyine düşmemesi verimlilik açısından olumsuz bir duruma yol açmıştır. Bu sorun toplayıcı yüzeyi arttırılarak giderilmeye çalışıldığında, artan yüzey alanının ısı kaybını arttırması ve artan yüzeyin gölgeleme yaparak gelen ışınları azaltması gibi sorunlar ortaya çıkarmıştır. Güneşi takip eden toplayıcı bir sistem tasarlandığında güneş ışınları odak noktasındaki toplayıcı üzerinde gün içerisinde herhangi bir zamanda yoğun bir şekilde yansıdığından dolayı verim sabit sistemlere göre oldukça iyi değerlere ulaşabildiği görülmüştür.

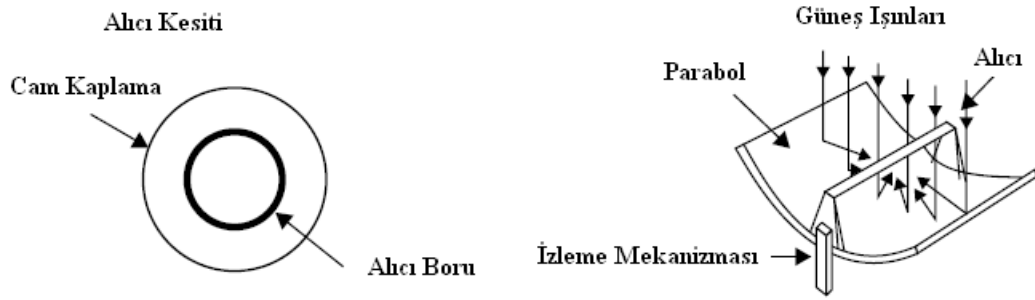
Bu güneş toplayıcıları tasarımlardan başlıcaları aşağıdaki gibidir;

- a. Parabolik Oluk Toplayıcılar
- b. Güç Kulesi Sistemleri
- c. Parabolik Çanak Toplayıcıları

**Parabolik oluk toplayıcı sistemleri:** Yansıtıcı yüzeyi parlatılmış bir malzemenin parabolik şekilde bükülmesiyle tasarlanan bir toplayıcı sistemdir. Güneş ışınları, çizgisel odağına yerleştirilen toplayıcı ve içinde sıvı bulunan ve ısı kaybını azaltmak için dışı cam ile kaplanmış bir boru üzerine aktarılmış olur fakat burada cam kaplama, ışınların boruya iletilmesine engel teşkil edebileceğinden sistem boru ile cam kaplama arası vakumlanarak tasarlanmaktadır. Isınan sıvının enerjisinden buhar jeneratöründe buhar elde etmekte kullanılır. Genellikle seri yan yana eklenen bu toplayıcı tipi tek ekseninde yani doğu-batı doğrultusunda hareket edecek şekilde tasarlanır. Şekil 1.2.'de seri dizili bir örneği gösterilmiştir (Soteris, K., 2009).



Şekil 1. 2. Parabolik Oluk Toplayıcı Sistemleri (Demirci, E., 2007)



Şekil 1.3. Alıcı Kesiti ve Parabolik Oluklu Toplayıcı Sistem (Soteris, K., 2009)

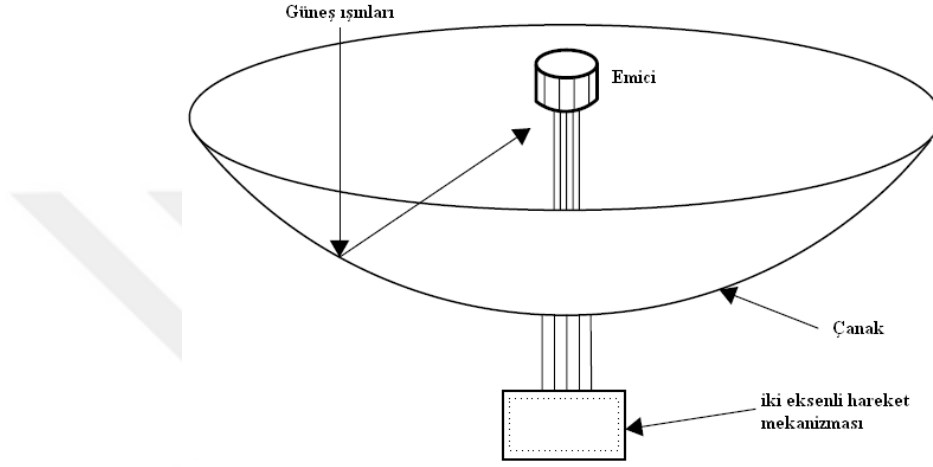
**Güç kulesi sistemleri:** Güneş tarlasına yerleştirilen ve heliostat adı verilen güneşi takip edebilen birçok aynanın hepsinin aynı noktaya odaklanması sonucu enerji elde edilmesi planlanan bir sistem tasarımıdır. Bütün aynaların yansıttığı ışınlar ortak odağa konumlandırılan bir kule tarafından toplanır. Bu enerjiden elde edilen buhar hareketi türbin yardımıyla elektrik enerjisine dönüştürülür. Başlarda su buharı kullanılırken yeni kurulan sistemlerde depolama ve ısı iletimi konusunda avantaj sağlayan erimiş nitrat tuzu kullanılıyor (Kaplan, H. ve ark., 2006).



Şekil 1.4. Güç Kulesi Sistemi (Stoddard, L. ve ark., 2006)

**Parabolik çanak toplayıcı sistemler:** Yansıtıcı yüzeyi aynadan oluşan veya yansıtıcılığı aynaya yakın olacak şekilde parlatılan metaller ve benzeri malzemelerin

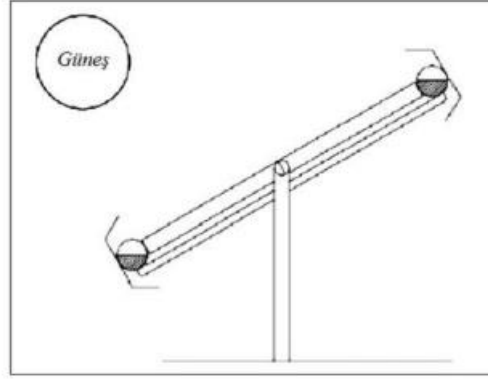
parabolik bir tasarımla bir araya gelerek güneş ışınlarını yoğunlaştırır. Odak noktasına yerleştirilen bir güç dönüştürücü sayesinde ısı enerjisi elde edilir. Bu enerji jeneratör türbinini döndürür ve elektrik elde edilmiş olur. Bu uygulama hava soğutmalıdır yani diğer yöntemlerdeki gibi bir soğutucu akışkana gerek yoktur. Eski tasarımlarda ısı depolama ünitesi kullanılırken yeni çalışmalarda ısı depolama ünitesi kullanılmaz (Soteris, K., 2009).



Şekil 1. 5. Parabolik Çanak Toplayıcı Sistemleri Şematik Gösterimi (Soteris, K., 2009)

### 1.3. Güneş Takip Sistemleri

Güneş takip sistemleri pasif ve aktif takip olmak üzere 2 başlıkta incelenir. Pasif takip sistemlerinin çalışma prensibi genellikle termal genişlemeye sahip Freon gibi maddelere dayanmaktadır. İki maddenin eşit aydınlanmada dengede durma ve birbirine zıt yönlerde hareket etme özellikleri kullanılarak sistem tasarlanır, yani güneş hareketinden kaynaklanan denge bozulmasına maddeler kendilerini eşit uzaklıklara ve dengeye getirene kadar direnç göstereceklerdir.



Şekil 1.6. Pasif Güneş Takipçisi (Soteris, K., 2009)

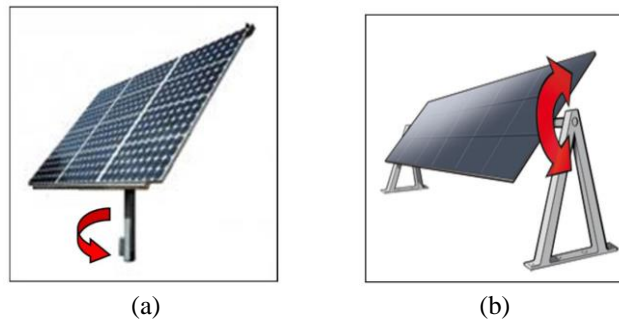
Aktif takip sistemleri üç başlıkta incelenir;

- Mikroişlemci ve elektriksel algılayıcı tabanlı
- Bilgisayarlı tarih ve zamana dayalı
- Çift taraflı güneş pili eklentili

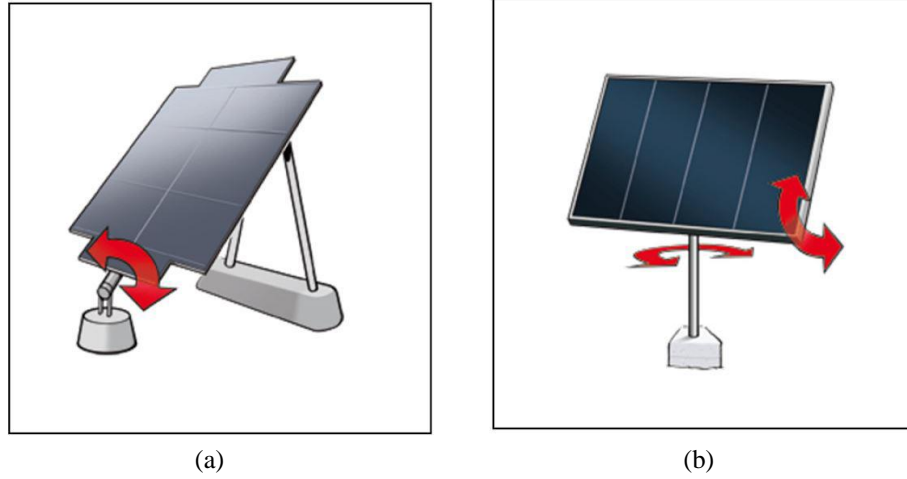
Bunların haricinde bu üç başlığın kombinasyonlarından karma sistemler de bu başlıklara dahil edilebilir.

Bilgisayar kontrollü tarih ve zamana dayalı güneş takip sisteminde daha çok kullanılan iki farklı algoritma bulunur. Bunlardan ilki belirli bir yarıçap üzerinde dairesel olarak hareket ettirmektir. İkincisinde ise güneşin hareketi izlenerek mantık yürütülür ve güneşin herhangi bir zamandaki konumu tahmin edilerek veriler elde edilir, sonrasında sistem bu veriler üzerinden tasarlanır.

Aktif sistemler ayrıca tek eksenli takip sistemi ve çift eksenli takip sistemi başlıklı iki kısımda incelenebilir. Tek eksenli takip sistemleri hareket ettiği doğrultularına göre yatay eksenli takip sistemi, dikey eksenli (Azimut) takip sistemi ve eğik eksenli takip sistemi olmak üzere üç kısımda incelenir.



Şekil 1. 7. Tek Eksenli Takip Sistemleri Dikey Eksen (a) ve Yatay Eksen (b) (Mohammed, S. S. J., 2016)



Şekil 1. 8. Eğik Eksenli Takip Sistemi (a) Çift Eksenli Takip Sistemi (b) (Mohammed, S. S. J., 2016)

Tek eksenli takip sistemlerine örnek olarak parabolik oluk tip toplayıcılar verilebilir. Bu takip sistemlerinin kullanımında güneşin hareketi düzgün hesaplanmaz ise sistem beklenen verimliliğe ulaşamayacaktır. Çünkü bu tip toplayıcı sistemlerin geneli sadece direkt güneş ışınımlarını yoğunlaştırabilmektedirler (Demirpolat, E., 2006).

Çift eksenli takip sistemlerine ise örnek olarak düz plaka tipi güneş toplayıcıları verilebilir. Bu sistemlerin diğer sistemlere göre maliyeti yüksektir, sistem ağırlık merkezi iyi hesaplanmalı ve titreşimler minimuma indirilmelidir, bilgisayar ile kontrol edilebilen bir sisteme ihtiyaç duyar. Bakım onarım masrafları diğer sistemlere göre daha fazladır. Bunlar dezavantajları olarak sayılabilir. Avantajları ise verimliliğin diğer sistemlerden çok daha fazla olması, gün içerisinde güneşten maksimum ışınımları toplayabilmesidir.

Pasif ve aktif takip sistem beraber incelendiğinde pasif takibin avantajları maliyet açısından ucuz olması, verimlilik açısından aktif takip sistemleri ile yarışabilecek konumda olması ve daha basit bir sistem olması sayılabilir. Bunların yanında soğuk havalarda sistemin düzgün çalışmaması da dezavantajı olarak sayılabilir.

#### 1.4. Güneş Açıları

Güneşten dünyamıza gelen ışınlar dünyanın kendi hareketinden ve güneşin etrafındaki hareketinden dolayı açılı bir şekilde yeryüzüne düşer. Bilim insanları eğer güneşin hareketini yani anlık konumunu hesaplayabilirlerse güneşin enerjisini kullanabileceklerini fark etmiştir. Sonrasında yapılan çalışmalar sonucunda güneşin tahmini konumunu belirleyecek hesaplamalar, temel ve ondan türetilen güneş açıları başlıklarında ikiye ayrılır (İlcihan, Z., 2019).



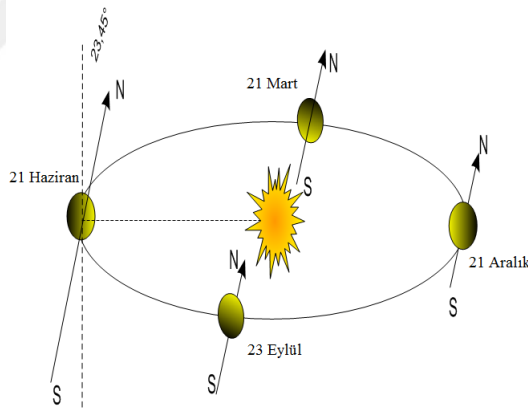
enleminde (Güney Kutbu) keser. Dünya yüzeyindeki herhangi bir konum, bir boylam açısının ve bir enlem açısının kesişmesiyle tanımlanabilir.

**Saat açısı ( $\omega$ ):** Güneş ışınlarının bulunduğu boylam ile dünya üzerindeki belirlenen bir noktanın boylamının açısal farkına denir.

$$\omega = 15 (GS - 12) \quad (1.1)$$

Buradaki 15 sabit sayısı dünyanın güneş etrafındaki hareketinden doğan dönme açısının 24 eş saat dilimine bölünmesi ile bulunmuştur.

**Deklınasyon açısı ( $\delta$ ):** Güneşin dünya ekvatorunun kuzeyindeki veya güneyindeki konumunun açısal mesafesidir. Dünyanın eksenini, dünyanın güneş etrafındaki yörünge düzleminde 23,34° eğimlidir ve dünyanın güneş etrafındaki yıllık yörüngesinde olması, sapma açısının 21 Aralık'ta 23,45° kuzeyden 21 Haziran'da 23,45° güneye kadar değişmesine neden olur.

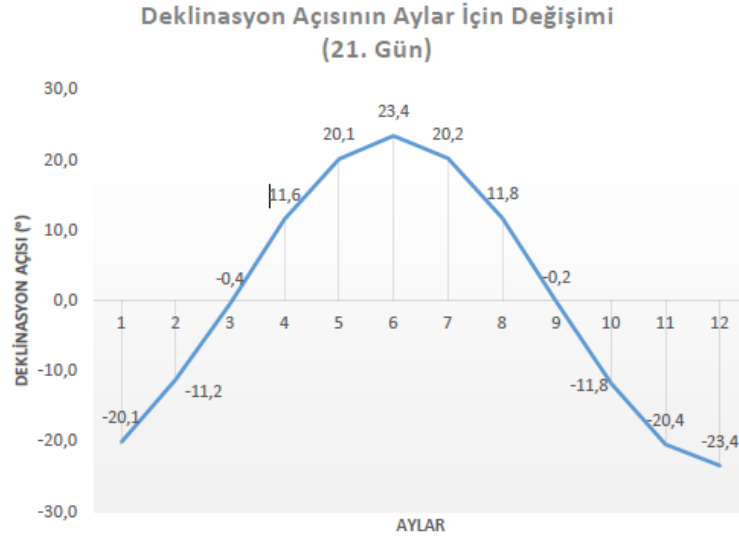


**Şekil 1. 10.** Dünyanın Güneş Etrafındaki Kritik Konumları (Aydın, 2020)

$$\delta = 23,45 \sin \left( \frac{360}{365(N+284)} \right) \quad (1.2)$$

N: yılın N' inci gününü temsil eder.

Cooper deklınasyon açısını yaklaşık olarak bu formülle hesaplamıştır.



**Şekil 1. 11.** Deklinasyon Açısının Aylara Göre Değişimi

**Zenit açısı ( $\theta_z$ ):** Yatay yüzeye gelen ışınların açısıdır. Gün doğumu ve gün batımında 90 olan bu açı güneş 90° dik bir şekilde yeryüzüne etki ettiği zaman sıfırdır (Karafil, A. ve ark., 2015).

$$\cos \theta_z = \cos \delta \cos \theta \cos w + \sin \delta \cos \theta \quad (1.3)$$

**Güneş yükseklik açısı ( $\alpha$ ):** Güneş ışınlarının yatay düzleme yaptığı açıdır.

$$\alpha = 90 - \theta_z \quad (1.4)$$

**Güneş azimut açısı ( $\gamma_s$ ):** Güney ile görüş hattının yerdeki güneşe olan izdüşümü arasındaki açısal mesafedir. Pozitif bir güneş azimut açısı, güneyin doğusundaki bir konumu gösterir ve negatif bir azimut açısı, güneyin batısını gösterir.

$$\gamma_s = \cos^{-1} [(\sin \theta \cos \theta_z - \sin \delta) / (\cos \theta \sin \theta_z)] \quad (1.5)$$

**Güneş geliş açısı ( $\theta$ ):** Güneş ışınlarının yüzeyin normali ile yapmış olduğu açıdır.

$$\cos \theta = (\cos \theta_z \cos \beta) + (\sin \theta_z \sin \beta \cos (\gamma_s - \gamma)) \quad (1.6)$$

**Eğim açısı ( $\beta$ ):** Hesaplanacak düzlemin yatay düzlemle yaptığı açıdır.

$$0^\circ \leq \beta \leq 180^\circ$$

### 1.5. Güneşin Konumunun Tahmini Hesabı

Güneş azimut açısı ve yükseklik açısının hesaplanabiliyor olması bize güneşin konumunu hesaplayabilmemizde yardımcı olur.

Güneş gün batımında ve gün doğumundayken zenit açısı sıfır olacaktır. Bunu saat açısında;

$$\Omega = 360(t - 12)/24 \quad (1.7)$$

Güneş yükseklik açısı

$$a_s = \cos \theta \cos \delta \cos \beta + \sin \theta \sin \delta \quad (1.8)$$

Güneş azimut açısı

$$\gamma_s = \sin \omega [\cos^{-1} [( \sin \theta \cos \theta_z - \sin \delta ) / ( \cos \theta \sin \theta_z )]] \quad (1.9)$$

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Karabük'teki ortam şartlarında "Yonca Güneş Fırını" denilen fırın düzeneğinde yumurta, makarna, patates, tas kebabı ve köfte gibi çeşitli yemekler pişirilmiştir. Yonca Güneş Fırını, etrafında yansıtıcı alüminyum tabakalar bulunan bir ısı kutusudur. Sıcaklık ölçümü yaparken şu 4 unsur göz önünde bulundurulmuştur; camdaki ışıının şiddeti, taban sıcaklığı, dış ortam ve yemek sıcaklığı. Yapılan deneylerde hava sıcaklığının yanı sıra rüzgâr hızı ve fırına konulan besin farklılıklarının da belirleyici bir etmen olduğu saptanmıştır. İçindeki akışkan miktarı fazla olan besinlerle sistem verimliliği ölçüldüğünde verimliliğin arttığı gözlemlenmiştir. Karabük şartlarının bu tipte fırınların kullanımına olanak verdiği sonucuna varılmıştır (Deniz, E. ve Atik, K., 2008).

Hindistan'da çeşitli pişirme yöntemi alternatiflerinin yaygınlaşmasına dair bir anket yapılmıştır. 30 farklı kriterde incelendiği üzere, 9 çeşit pişirme yönteminde en fazla tercih edilen cihazın sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) olduğu tespit edilmekle beraber kutu tipi güneş ocağı üçüncü sırada yer almıştır (Pohekar, S. D. ve Ramachandran, M., 2004).

Parabolik tip bir güneş ocağıyla yapılan deneylerde düzeneğin enerji ve ekserji verimleri hesaplanmıştır. Güneşten faydalanılabilecek saat aralığı hesaplanmış ve 10:00-14:00 saatleri arası olduğu belirlenmiştir. Bu 4 saatlik aralıkta yapılan ölçümlerde güneş ocağında ısıtılan suyun ortalama sıcaklığının 333 K olduğu gözlemlenmiştir. Ortamın ortalama sıcaklığının tenceredeki suyun ortalama sıcaklığından 31,6 K daha sıcak olduğu tespit edilmiştir (Öztürk, H., 2004).

Filipinler, Çin ve Almanya'da evde kullanmaya uygun üç ayrı güneş ocağı farklı testlere tabii tutulmuş ve verimlilikleri karşılaştırılmıştır. Bu testler, durgun sıcaklık testi, su ısıtma testi ve pişirme testidir. Testler sonucunda fresnel tipteki ocağın pişirmeye daha uygun olduğu saptanmıştır (Patel, N. V. ve Philip, S. K., 2000).

Kahire'de yapılan çalışmalarında paraboloid tipi güneş ocağıyla aynalı tipte ısı kutusunun performansları karşılaştırılmıştır. Yüzeyin renginin de önem teşkil edeceğini düşünüldüğünden, değişken olarak yüzeyin siyaha boyanması da ele alınmıştır. Yapılan testler sonucunda paraboloid tipi güneş ocağının birçok konuda daha verimli olduğu saptanmakla beraber, paraboloid tipi güneş ocağının güneşli havalarda yanında bulutlu

havalarda bile yeterince ısınabildiği ve verim sağlayabildiği de eklenmiştir. Ortamdaki rüzgâr hızının ısı ölçümlerinde yarattığı olumsuz etkiyi azaltmak için, deneye bir de rüzgâr kalkanı yerleştirilmiş ve başarılı sonuç alınmıştır; çok rüzgârlı havalar bile kaynamaya engel olamamıştır (Hosny, Z. ve Ziyen, A., 1998).

Silindirik bir güneş ocağıyla yapılan deney düzeneğinde paraboloidal bloğun topladığı ışınların odak noktasına yansıtıcı bir ayna konulmuş ve böylece noktasal ışık kaynağı suyun yer aldığı kapalı demir tencereye aktarılmıştır. Çeşitli çap oranları deneyerek ve ışınların tencereye ulaştığı bölgenin alanı değiştirilerek bu değerlerin güneş ocağının verimliliğine nasıl yansıdığı da araştırılmıştır (Nyahoro, K. ve ark., 1997).

Güneş fırını, reflektörlü ve reflektörsüz kutu tipi pişiriciler gibi farklı güneş ocağı sistemleri Nijerya'da test edilmiştir. Halk tarafından maliyeti ve tanınmaması dolayısıyla kullanılmayan bu ocakları yerel malzemelerle oluşturularak bu önyargı yıkılmak istenmiştir. Güneşin 14:00'da en çok ve 11:00'da en az ısıttığı ortam koşullarında ortalama sıcaklık 40°C olarak ölçülmüştür. Suyun en yüksek sıcaklığa ulaştığı zaman ise 67 °C ile 15:00 olmuştur. Değişken hava koşullarında dahi verimli bir şekilde çalışabildiği gözlemlenmiştir. Bu ölçüm değerleri ışığında, reflektörlü kutu tipi ocağın uluslararası değerlerle karşılaştırıldığında performansının yeterli ve iyi bir düzeyde olduğu saptanmıştır (Adewole, B. Z. ve ark., 2015).

Yüzeylerin ısı toplayıcı bir parafinle doldurulduğu iki farklı güneş fırınının performansları test edilmiştir. Gün ve gece boyu yapılan parafin sıcaklık ölçümlerinde parafinin daha fazla bulunduğu büyük fırında diğerine göre daha yüksek sıcaklıklar kaydedilmiştir. Parafinin fazla olduğu fırında sıcaklık ortalama 92,8 °C iken parafinin daha az bulunduğu diğer fırında ortalama sıcaklık 80,4 °C olarak ölçülmüştür. Gün içerisindeki en yüksek yüzey sıcaklığı ise 111 °C olmuştur. İlk fırının verimliliği %36,89, ikinci fırının verimliliği ise %30,10 olarak saptanmıştır. Bu verilerden yola çıkılarak, parafin miktarı ve büyüklüğü fazla olan tercih edildiği takdirde, başka kaynaklara gerek duyulmadan verimli bir şekilde farklı amaçlara yönelik olarak güneş fırınlarının kullanılabilmesi belirtilmiştir (Yüksel, N. ve Avcı, A., 2013).

Geleneksel pişirme kabı, kanatlı pişirme kabı ve pişirme kutusu olmak üzere üç farklı tip güneş pişirme düzeneği karşılaştırılmıştır. Kanatlı pişirme kabında kanatların

işlevi, toplanan ısıyı pişirilecek besinin konulduğu kabın üzerine iletmektir. Kanatlı pişirme kabındaki suyun daha hızlı ısındığı ve geleneksel tip pişirme kabına göre yaklaşık 14 dakika daha önce kaynadığı belirtilmiştir (Harmim, A. ve ark., 2008)

Geleneksel ve geliştirilmiş tarzda olmak üzere iki farklı güneş ocağının performansı test edilmiştir. Her iki ocağın da çevresine yansıtıcı plakalar eklenmiş ve güney yönüne doğru yerleştirilmiştir. Geliştirilmiş güneş ocağının arka boyu geleneksel güneş ocağına göre daha uzun dizayn edilmiş ve yansıma plakaları belli bir açıyla yerleştirilmiştir. Buna göre sıcaklık ölçümleri yapılmış ve sonucunda geliştirilmiş tarzda güneş ocağının daha yüksek sıcaklıklara ulaşabilmesi dolayısıyla daha verimli olduğu sonucuna varılmıştır (Mirdha, U. S. ve Dhariwal, S. R., 2008).

Melisa, lavanta, kimyon gibi bir takım farklı bitkilerin uçucu yağlarını elde etmek için güneş enerjisini kullanan ve güneş ışınlarının geldiği yöne doğru dönen bir sistemle damıtma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu sistem birinci reflektörün güneşi takip ederek ona göre yönelmesi ve ikinci reflektörün de birinci reflektörün topladığı ışınları damıtma materyaline yansıtmasıyla çalışır. Bu yöntemle ısıtılan yağın sıcaklığının 23 °C'den 250 °C'ye ivmesiz bir şekilde artarak çıktığı, ardından faz değişimi sebebiyle yoğun bulutların çıktığı gözlemlenmiştir. Birkaç günde bir güneşin açısının değişmesinden dolayı gerekli düzenlemeler yapılmış ve sistemin güneşten aldığı verim tekrar maksimuma çıkartılmıştır (Munir, A. ve Hensel, O., 2007).

Şeffaf yalıtım malzemesi ile kaplanmış çift reflektöre sahip bir güneş kutusu ile yalıtım malzemesi bulunmayan tek reflektörlü güneş kutusu farklı açılardan karşılaştırılmıştır. İki cam arasına yerleştirilen yalıtım malzemesi, soğuk ama güneşli havalarda da verim alabilmeyi sağladığı gözlemlenmiştir. Çift reflektör kullanmanın faydası ise güneş ışınlarının geldiği yönün devamlı değişmesinden dolayı gereken takip şartının insana ihtiyaç olmadan sistemin kendi kendine yapabilmesi olmuştur. Hindistan'da kış mevsiminde yapılan ölçümlere göre; yalıtım malzemesi bulunan güneş kutusundaki verimlilik %30,5, diğer güneş kutusundaki verimlilik ise %24,5 olmuştur. Yalıtım malzemeli bir güneş ocağı kullanılarak sağlanan enerji tasarrufunun yılda 1485,0 MJ yakıt eşdeğeri olduğu belirtilmiştir (Nahar, N. M., 2001).

Basit tip bir güneş kutusu ile silecek ilave edilmiş bir güneş kutusunun performansı karşılaştırılmıştır. Silecekli güneş kutusu, ısınma esnasında oluşan buhar damlacıklarını gidermek için kutunun üst iç yüzeyine yerleştirilmiş ve manuel olarak çalışan bir çubuk mekanizması içermektedir. Öğle saatlerinde 1 kg su ile gerçekleştirilen deneyde, silecekli güneş kutusunun diğer kutuya kıyasla daha hızlı ısındığı ortaya konulmuştur (Saxena, A. ve ark., 2011).

40 mm yalıtım malzemesiyle (TİM) kaplı bir kapağı bulunan güneş kutusuyla yalıtım içermeyen güneş kutusunun karşılaştırıldığı deneyde, TİM'siz kutuda ölçülen sıcaklık 117°C iken, TİM'li kutuda 158°C olmuştur. Verim ise %15,7'den %30,47'ye yükselmiştir. Yalıtım tabakası kalınlığını 40 mm'den 100 mm'ye çıkarmak çok az bir farklılığa yol açmıştır. Hindistan'da kış mevsimi koşullarında 40 mm TİM'li güneş kutusunda birçok yemeği pişirmek için yeterli sıcaklıklar elde edilmiştir (Nahar, N. M. ve ark., 1994).

İçbükey ve normal olmak üzere 2 farklı kapağa sahip güneş ocağı karşılaştırıldığında, içbükey kapağı olan güneş ocağının durgun sıcaklığı diğerine göre %2 ila %7 daha fazlayken; güneş ocağına konulan suların aynı sıcaklığa gelmeleri için gereken sürenin ise %1 ila %13 oranında azaldığı görülmüştür (Gaur, A. ve ark., 1999).

Japonya'da hazırlanan bir deneyde faz değiştiren malzeme (PCM) içeren depolama ünitesine sahip bir güneş kolektörüne dayalı prototip bir güneş ocağının termal performansı incelenmiştir. Sistemde, PCM depolama ünitesi ile enerji toplama ve pişirme üniteleri ayrı parçalarla birleştirilmiştir. Güneş enerjisi, güneşli saatlerde PCM depolama ünitesinde depolanır ve akşam saatlerinde yemek pişirmek için kullanılabilir. Öğlen pişirmenin akşam pişirmeyi etkilemediği gözlemlenmiş ve PCM ısı depolama kullanılarak akşam pişirmenin öğlen pişirmeye göre daha hızlı olduğu bulunmuştur (Sharma, S. D. ve ark., 2005).

Güneş enerjisiyle pişirme sistemi, geçici ısı depolamalı veya depolamasız şekliyle geliştirilmiş ve kurulmuştur. Sistemin iki temel bileşeni, reflektörlü güneş kolektörleri ve bir pişirme ünitesidir. Termal depolamaya ihtiyaç duyulduğunda sisteme içi çakıl dolu bir tank eklenmiştir. Genellikle bir bitkisel yağ olan çalışma sıvısı, bileşenleri birbirine

bağlayan bir bakır borudan dolaşmış ve kapalı alanda da kullanılmaya elverişli hale getirilmiştir (Schwarzer, K. ve Silva, M. E. V., 2003).

Mısır'da dahili PCM termal depolama ve düz tabanlı bir güneş kolektörü içeren, eliptik kesitli bir güneş fırını tasarlanmıştır. Bu tasarımda, toplanan güneş ışığını artırmak için iki adet reflektör eklenmiştir. Sonuç olarak güneş ocağının öğlen, öğleden sonra ve akşam saatlerinde farklı yemek türlerini pişirmek için başarılı bir şekilde kullanılabileceğini, gece ve sabahın erken saatlerinde ise yemekleri ısıtmak veya sıcak tutmak için kullanılabilceğini gösterilmiştir (Hussein, H. M. S. ve ark., 2008).

Çeşitli parabolik güneş ocakları paslanmaz çelik, alüminyum folyo ve mylar bant gibi çeşitli yansıtıcı malzemeler tasarlanmıştır. Ek olarak, çoklu testler bu parabolik güneş ocakları ile yapılmıştır. Ayrıca, bu araştırmada üç farklı sıcaklık biçimi ölçülmüştür: Yoğunlaştırıcı yüzey sıcaklığı, kap sıcaklığı ve su sıcaklığı. Bu araştırma çalışmasının kayda değer başarısı üçüncü tasarım olmuştur. Üçüncü tasarım, yansıtıcı bir malzeme olarak mylar bant ile uygulanmıştır. Haşlanmış pirinç, kızarmış yumurta ve kızarmış patates üçüncü tasarım ile kısa bir süre içerisinde pişmiştir. İlk olarak, ilk prototipi oluşturmak için yansıtıcı malzeme olarak paslanmaz çelik kullanılmıştır. Ayrıca, ilk prototipten 58,2 °C maksimum su sıcaklığı elde edilmiştir. Daha sonra, ikinci prototipte yansıtıcı malzeme olarak alüminyum folyo kullanılmıştır. Ayrıca, ikinci prototipten 74,5 °C maksimum su sıcaklığı elde edilmiştir. Son olarak, üçüncü prototipte yansıtıcı malzeme olarak mylar bant kullanılmıştır. Bununla birlikte, üçüncü prototipten 74,5 °C maksimum su sıcaklığı elde edilmiştir. Ayrıca, ahşapta 239 °C, kâğıtta ise 105,4 °C sıcaklık elde edilmiştir (Ahmed, S. M. M. ve ark., 2020).

Hindistan'da endüstriyel güneş enerjili pişirmenin çeşitli yönleri sunulmuş ve mevcut kaynağın sınırlı bir kullanımı olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca, güneş enerjisi sistemlerinin yerel ihtiyaçlara, yerel nüfusa ve mevcudiyete göre tasarlanması gerektiği sonucuna varılmıştır. Güneş enerjisiyle pişirme sisteminin kurulması için politika ve teşvik tedbirleri de önerilmiştir (Indora, S. ve Kandpal, T. C., 2018).

İran, İtalya, Çin, Tayland ve Avusturalya'da güneşle pişirme teknolojilerinin gelişimi gözden geçirilmiş ve yoğunlaştırılmalı ocakların en verimli olduğu ancak

ekonomik olmadığı tespit edilmiştir. Ocakların iç mekâna yerleştirilmesi ve sosyal kabul görmesi için tasarımı üzerinde çalışılması önerilmiştir (Aramesh, M. ve ark., 2019).

Hindistan’da uygun maliyetli güneş ocaklarının küresel bir incelemesi yapılmış ve düşük maliyetli güneş ocakları için tasarım ve malzemelerin iyileştirilmesine yönelik acil bir ihtiyaç olduğunu göstermiştir (Arunachala, U. C. ve Kundapur, A., 2020).



### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Çift eksen güneş takipli güneş ocağı sistemi tasarımı Catia programında çizilmiş ve sistem için gerekli adımlar hesaplanmıştır. Sistem tasarlandıktan sonra ölçümlerin nasıl yapılacağına karar verilmiştir. Sistemin gölgelenmenin olmadığı veya eser miktarda olduğu Ankara ili Çankaya ilçesi Üniversiteler mahallesi Toplum caddesi üzerindeki açık alana götürülüp ölçümlerin burada yapılacağı planlanmıştır.

#### 3.1. Materyal

Bu tez çalışmasında kullanılan malzemeler; konstrüksiyon için gerekli demir profiller, dönel eksen sağlaması için gerekli mil, dönme hareketi için 2 adet lineer motor, dış ölçüm yapılacağı için güç kaynağı, Arduino UNO, erkek erkek jumper kablo, erkek dişi jumper kablo, dişi dişi jumper kablo, çift motor sürücü kartı, breadboard, Döner tabla, pişirme kabı, çanak ve pleksidir.

##### 3.1.1. Konstrüksiyon malzemeleri

Sistemin sabitlenmesi gereken kısımlarımda kullanılan dört adet 40 x 2 x 4cm, bir adet 40 x 2,5 x 1cm, bir adet 100 x 2,5 x 1cm ve iki adet 50 x 2,5 x 1cm'lik alüminyum profiller kullanılmıştır. Bu boyutlar sistemin rüzgâr karşısında ayakta kalabilmesi için yeterli dayanıklılığa sahiptir.

Çanağın arkasında doğu batı doğrultusundaki serbest hareketini sağlayan 45cm uzunluğunda 8mm çapında demir mil kullanılmıştır.

4 ayaklı bir tezgâh ve 80cm çapında yuvarlak bir tezgâh arasına döner tabla mekanizması yerleştirilmiş ve sistemin kuzey güney doğrultusundaki serbest hareketi yapılabilmesi sağlanmıştır.

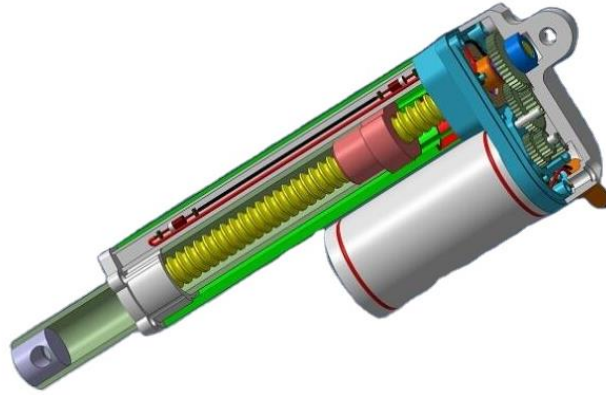
##### 3.1.2. Motor

Doğu batı yönünde dönme hareketi için özellikleri verilen lineer motor kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Lineer Motor

Aktüatör, dairesel yönde hareket eden bir motora dişlilerin modifiye edilmesi sonucu dairesel hareketi doğrusal harekete çeviren komponentlerdir. Sessiz çalışan bu aktüatörler elektrik kontrollü sistemlerde, ağır yüklerde, otomatik kapılarda, robotik çalışmalarda kullanılabilir. Bu aktüatörlerin uç kısımlarında limit switchler bulunduğu için sınıra ulaştığını anlayarak çalışmayı durdururlar ve tersi yönde hareket komutunu beklerler.



Şekil 3.2. Aktüatörün İç Yapısının Temsili Gösterimi

12 V DC 300 mm lineer aktüatör teknik özellikleri:

- Çalışma gerilimi 12V/DC
- Yük kapasiteleri (Tork) 1500N
- Uzunluk 300 mm
- Limit switch özelliği (motor tamamen açıldığında veya kapandığında kendini durdurma özelliği)
- Hız 7 mm/s

12 V DC 500 mm lineer aktüatör teknik özellikleri:

- Çalışma gerilimi 12V/DC
- Yük kapasiteleri (Tork) 1000N
- Uzunluk 500 mm
- Limit switch özelliği (motor tamamen açıldığında veya kapandığında kendini durdurma özelliği)
- Hız 7 mm/s

### 3.1.3. Güç kaynağı

Güç kaynağı olarak iç ortam denemelerinde sistem 5V adaptör kullanılmıştır. Dış ortam ölçümlerinde ise taşınabilir özelliği olduğu için ve gün boyu sistem gereksinimlerini kesintisiz sağladığı için bir enerji depolama aracı olan akü tercih edilmiştir. Akü, elektrik enerjisini kimyasal olarak depolayan bir pil türüdür.



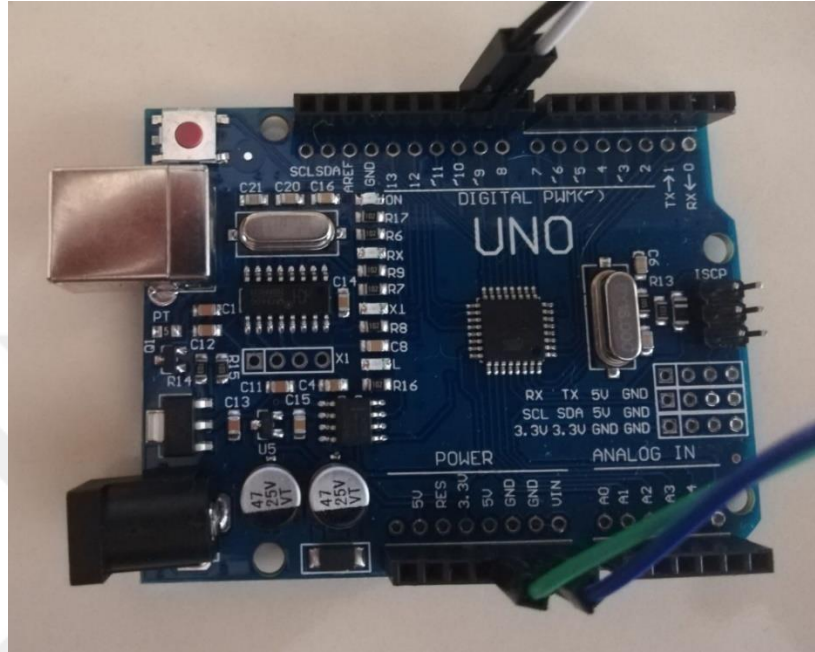
Şekil 3.3. Sistemde Kullanılan Akü

Akü Teknik özellikleri;

- Ölçüler 151 x 65 x 94 mm
- Akım (A) 7 Ah
- Voltaj (V) 12 V

### 3.1.4. Arduino UNO

Arduino aktif takip sistem tasarımlarında kullanılan bilgisayar destekli programlanabilen bir mikrokontrol kartıdır.



Şekil 3.4. Arduino UNO

Arduino UNO teknik özellikleri;

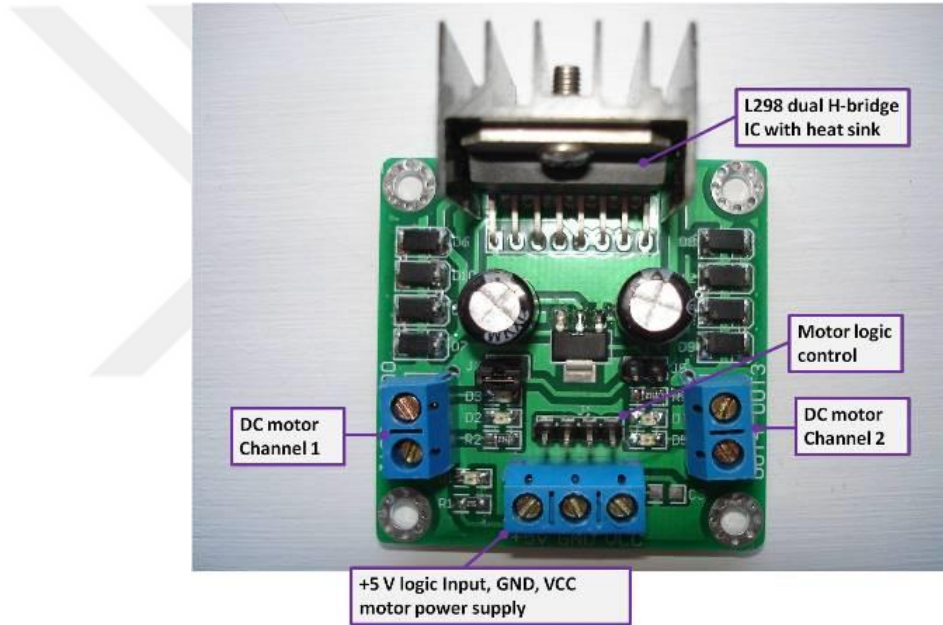
- Mikro denetleyici ATmega328
- Çalışma gerilimi 5V
- Giriş gerilimi (limit) 6-20 V
- Dijital G-Ç Pinleri 14
- Analog giriş pinleri 6
- Her giriş çıkış için akım 40 mA
- 3,3V Çıkış için Akımı 50 mA
- Flash hafıza: 32 KB (ATmega328) 0,5 KB kadarı bootloader
- Ölçüler 68,6 mm x 53,4 mm

### 3.1.5. Jumper kablo

Standart pinlere göre dizayn edilen bu ara bağlantı kabloları farklı uzunluklarda bulunabilir. Projede 30 cm'lik erkek-erkek, 30 cm'lik dişi-dişi ve 30 cm'lik erkek-dişi kablolar kullanılmıştır.

### 3.1.6. L298N çift motor sürücü kartı

DC motorları veya step motoru sürmek için kullanılır. Ekstra bir devre kurmamız gerekmez, Motor sürücü olarak H Bridge entegresi vardır.



Şekil 3. 5. Çift Motor Sürücü Kartı

L298N çift motor sürücü özellikleri

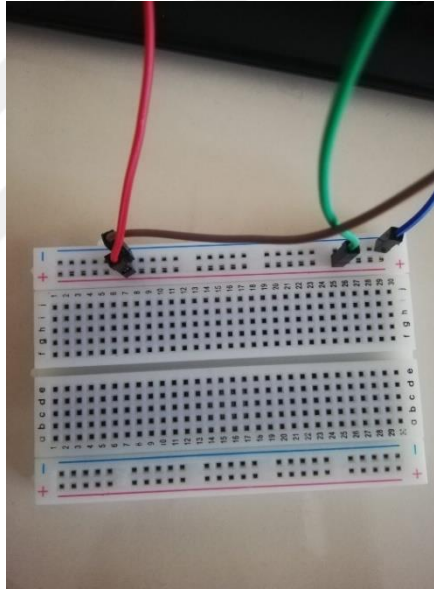
- Ölçüler 55mm x 49mm x 33mm
- Ağırlık 39g
- Ledli yön gösterme
- Maksimum güç dağıtma 20 W
- Lojik sinyal giriş oranı : Düşük- $0.3 V \leq 1,5 V$ ,  
Yüksek sinyal giriş oranı :  $2,3V \leq V_{in} \leq V_{ss}$
- Lojik seviyeli güç 0 – 36 mA
- Lojik seviyeli güç  $V_{ss} 5V- 7V$

- Anlık akım yükselmesi (maksimum) 3A
- Ortalama Akım 2A
- Çalışma aralığı: 5V-35V
- Driver: L298N dual H köprülü dc motor kontrol

### 3.1.7. Breadboard

Birçok elektrik projelerinde kullanılabilen devre tahtası adı verilen bir bağlantı elemanıdır.

Projede üstte ve altta birer sıra halinde toplamda iki adet güç hattı ve 270 adet bağlantı noktası bulunan bir breadboard seçilmiştir.



Şekil 3.6. Devre Tahtası (Breadboard)

### 3.1.8. Döner tabla

Döner tabla mekanizması 2 ayrı plağın aralıklı olarak birbirine monte edilmesiyle oluşturulmuş ve kullanılacak uygulamada alt ve üst kısımların farklı yönlerde serbestçe hareket etmesine yardımcı olan bir elemandır.



Şekil 3.7. Döner Tabla

### 3.1.9. Pişirme kabı

Gelen güneş ışınları içbükey çanakta yansıyor ve pişirme kabında yoğunlaşır. Projede toplam kapasitesi 1,6 l olan ince metalden yapılmış ısı geçirgenliği iyi olan Şekil 3.8. ve 3.9.'daki pişirme kabı kullanılmıştır. Isı geçirgenliğinin iyi olması bulutlanmalar gölgelenmeler sırasında ısı kaybına yol açtığı için dezavantaj gibi gözükse de sistemin çift eksenli oluşu ve pişirme kabının sistemin odağında oluşu göz önünde bulundurulduğunda bulutlanmalar sırasında ısını belli sıcaklık derecelerine kadar koruyabildiği için çabuk ısınabilmesi adına bir avantaj sağladığı görülmüştür.



Şekil 3.8. Pişirme Kabı ve Çanak

### 3.1.10. Çanak

Bu tez çalışmasında 80 cm çapında bir içbükey metal malzeme kullanılmıştır. Şekil 3.8. ve 3.9.'daki çanak sistemde kullanılan anaktır. Derinliği 7 cm'dir.



Şekil 3.9 Pişirme kabı ve anak

### 3.1.11. Pleksi ayna

Yansıtma kabiliyeti ayna ile aynı olan bu malzeme esnek oluşuyla rahatlıkla içbükey kaplaması yapılabil-diği için bu tez çalışmasında tercih edilmiştir.



Şekil 3.10. Pleksi Aynalar

### 3.1.12. Dijital termometre

Deney sırasında ısınan suyun sıcaklığını ölçmek için dijital göstergeli su geçirmez probu olan şekil 3. 11.'deki UNI-T UT-320D Mini Probu Sıcaklık Ölçer cihazı kullanılmıştır.



Şekil 3. 11. Dijital Termometre

UNI-T UT-320D Mini Probu Sıcaklık Ölçer teknik özellikleri;

- Ölçüm aralığı -50 ile 1300°C arası
- Ölçüm kanalı T1, T2
- Tepki süresi 2,5 t/s
- Çözünürlük 0,1 °C
- Maksimum değer ölçümü: Maksimum/minimum/ ortalama

- Çalışma sıcaklığı 0-40 °C
- Çalışma nemi (bağıl) <80% RH
- Düşme testi 1m

UNI-T UT-320D Mini Probu Sıcaklık Ölçer ana özellikleri;

- 1m damla geçirmez,
- 4 kez/s örnekleme oranı,
- Maksimum/minimum/ortalama verilerini tutma
- Veri tutma
- LCD arka ışık
- Geniş aralık yüksek doğruluk
- K/J termokupl prob seçimi
- CE Sertifikası
- Aynı anda 2 farklı sıcaklık ölçebilme

### 3.1.13. Beher

Su kaynatma deneyinde kaynatılacak su miktarının belirlenmesinde ve sonrasında azalan su miktarının belirlenmesinde Şekil 3.12. 'deki İSO 3819 ve DIN12331'e uygun yüksek kalite standartlarını sağlayan ve ısıya dayanıklı borosilikat 3.3 camdan üretilen beher kullanılmıştır.



Şekil 3.12. Beher

### 3.2. Yöntem

Güneşli pişiriciler konusunda ASAE tarafından kabul edilen güneşli pişirici performans test standartlarında deneylerin yapılışı, terminolojiler, test protokolü ve hesap yöntemleri belirtilmiştir (ASAE X580, 2001).

Bu standartlara göre test yapılan enlem ve testin yapıldığı tarih belirtilmelidir ve bunun yanında ölçüm aralıkları 20 şer dakikayı aşmayacak şekilde ölçümler yapıp rapor edilmelidir.

Bu tez çalışmasında güneşi takip edebilen içbükey bir yansıtıcı tasarlanmış ve bu tasarımın odak noktasına pişirme kabı yerleştirilmiştir. Tezin amacı gün içerisinde kesintisiz bir şekilde güneş ışınlarını toplayıp kap üzerinde odaklayarak güneşten gelen enerjiyi maksimum düzeyde kullanmaya çalışmaktır.

İlk olarak sistemin asıl araştırmak istediği kısım içbükey bir aynanın performansı olduğu için buna uygun bir takip sistemi olan çift eksenli güneş takip sistemi uygulanması uygun görülmüştür.

İç bükey aynaların odak noktası hesabı,

$$F = D^2 / 16h \quad (3.1)$$

F : Odak noktası,

D : Çap ve

h : Derinlik olmak üzere

Formülü kullanılarak;

$$F = 80 \times 80 / (16 \times 7)$$

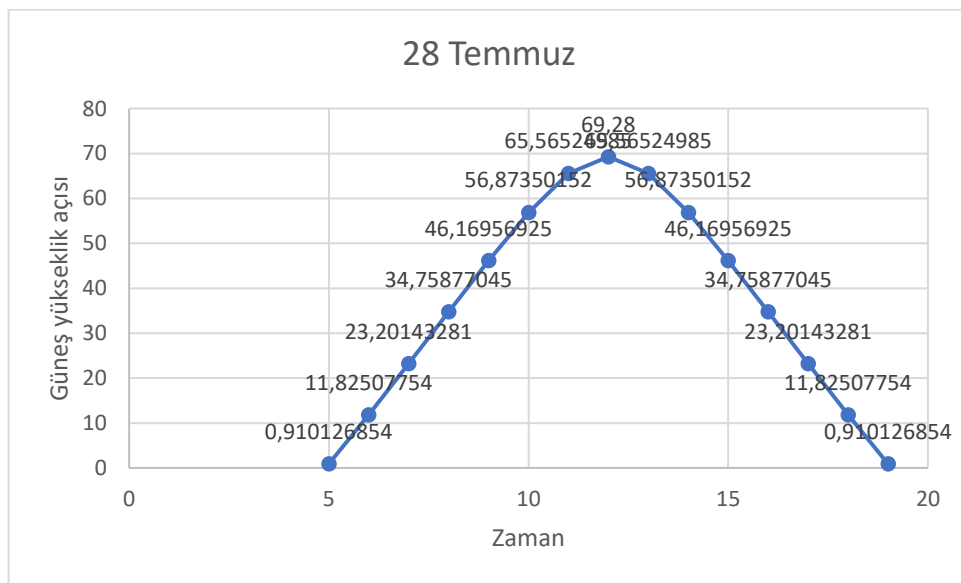
F=57,14 cm olarak bulunmuştur.

Pişirme kabımın tam alt veya yan kısmına gelmesi istenen bu noktaya göre ölçümler yapılmış ve sistem bu odak noktası etrafında şekillenerek tasarlanmıştır.

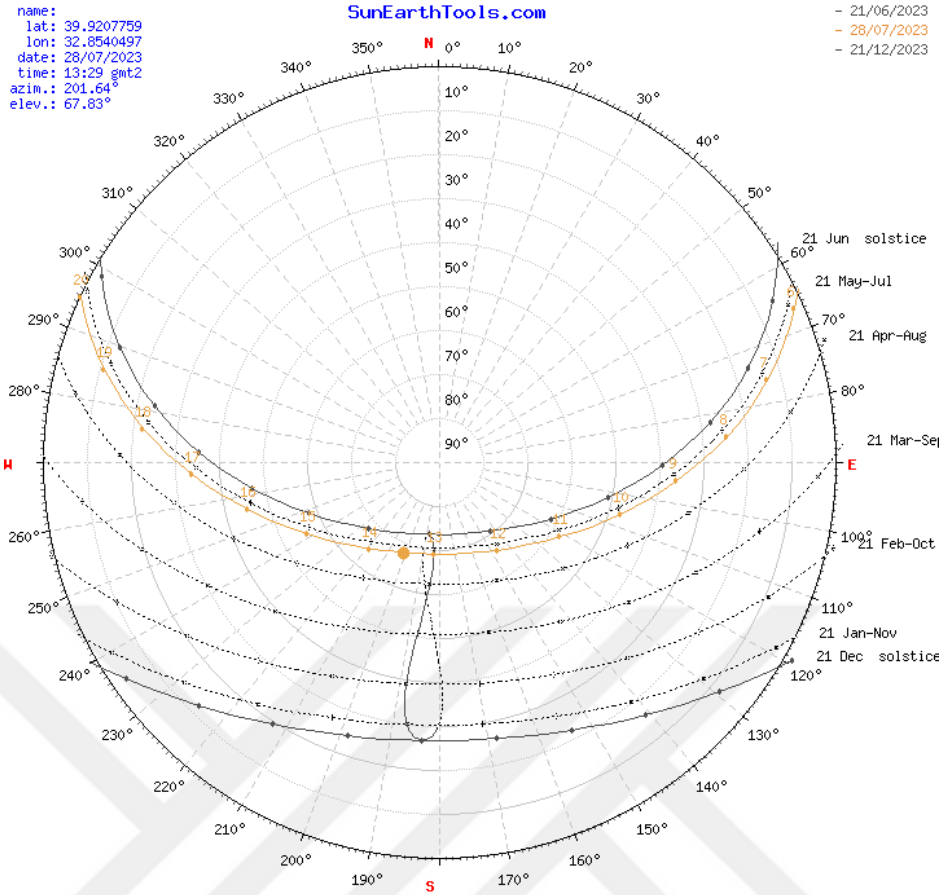
Daha sonra ölçümlerin yapılacağı Temmuz-Ağustos ayı için tahmini güneş yolu hesabı güneş azimut açısı ve güneş yükseklik açısı hesapları yardımıyla tahmini bir yol çizilmiştir. Burada 1.7, 1.8 ve 1.9 formülleri kullanılarak ve ölçümün yapıldığı Ankara'nın Çankaya ilçesinin enlem açısı: 39,51 ve boylamı: 32,55 bilgileri kullanılarak veriler elde edilmiştir ve bu veriler doğrultusunda güneşin Temmuz-Ağustos ayları için tahmini yolu hesaplanmıştır. Ayrıca şekil 3.12. ve şekil 3.13.'den faydalanılmıştır. Çizelge 3.1.'deki veriler ve şekil 3.11.'deki güneş yolu temmuz ayınının 28. gününün verileridir.

**Çizelge 3.1.** Ankara ili Çankaya ilçesi için 28 Temmuz günü güneş yükseklik ( $\alpha_s$ ) ve azimut açıları ( $\gamma_s$ )

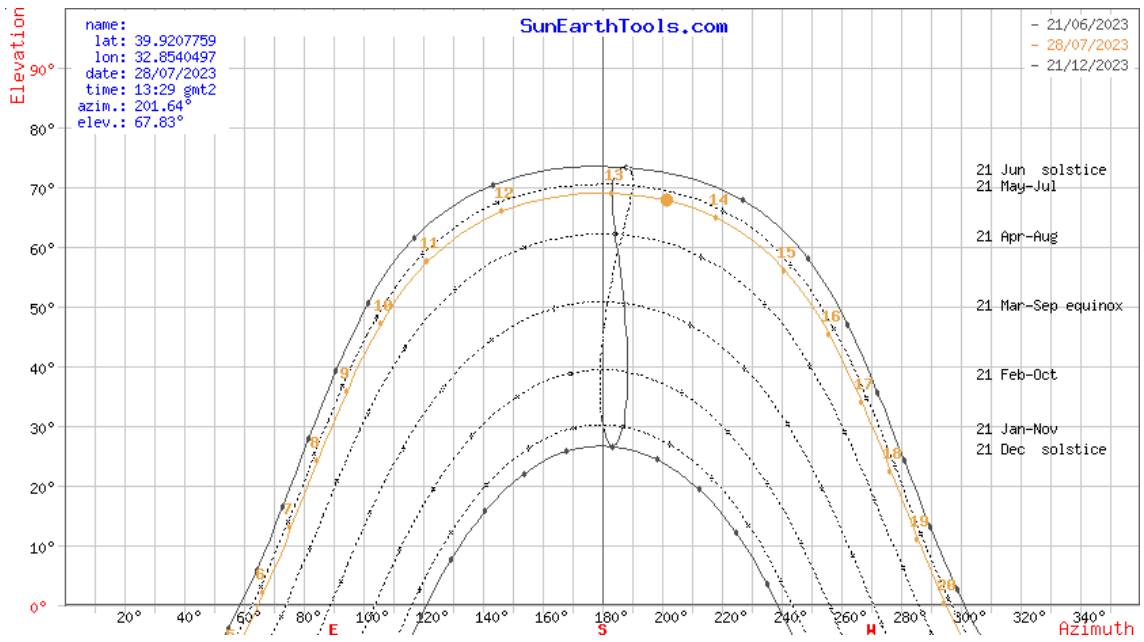
T(saat)	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00
Saat açısı (°)	-105	-90	-75	-60	-45	-30	-15	0
Güneş yükseklik açısı (°)	0,91	11,82	23,19	34,75	46,16	56,85	65,54	69,26
Güneş azimut açısı (°)	-109,9	-104,7	-81,34	-74,76	-53,15	-30,02	-9,42	0
T(saat)	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	
Saat açısı (°)	15	30	45	60	75	90	105	
Güneş yükseklik açısı (°)	65,54	56,85	46,16	34,75	23,19	11,82	0,91	
Güneş azimut açısı (°)	9,42	30,02	53,15	74,76	81,34	104,7	109,9	



**Şekil 3. 11.** Ankara İli Çankaya İlçesi 28 Temmuz Günü Güneş Yükseklik Açısının Zamanla Değişimi



Şekil 3. 12. Ankara iline ait farklı aylardaki günlere göre güneşin hareket eğrisi (----- ile gösterilen çizgi 28 Temmuz 2023) (<http://www.sunearthtools.com>, 2023)



Şekil 3. 13. Ankara için aylara göre güneş yolu tahmini konumu (----- ile gösterilen çizgi 28 Temmuz 2023) (<http://www.sunearthtools.com>, 2023)

Güneş yolunun tahmini konumu hesaplandıktan sonra Arduino yardımıyla motorlara istenilen saatte istenilen konumda olması için aşağıdaki kod yazılmıştır. Sistem sabah saat 07:00 dan akşam saat 19:40 a kadar güneşi takip etmiş ve her 20 dakikaya bir ölçümler yapılmıştır. Su kaynadığı zaman pişirme kabındaki sıcak su sistemden alınıp yerine tekrar kaynatılmak üzere sıcaklığı yaklaşık ortam sıcaklığına yakın olan yeni su pişirme kabı da soğutulduktan sonra yeni deney düzeneğiyle aralıksız ölçümler yapılmıştır.

Motor A için yükseklik açısı başlangıcı saat 7 için  $0^\circ$  alındığı durum için;

Maksimum yükseklik açısı (gün ortası) = 68,9

Motor A maksimum uzunluk = 300 mm,

$68,9 / 300 = 0,23$

Bu hesap bize her  $0,23^\circ$  için 1mm ilerlemesi gerektiğini söyler ve her 20 dakika arasındaki açı farkı hesaplanıp, her bir değer 0,23 e bölüldüğünde motor A'nın kaç mm ilerlemesi gerektiğini bize söyler. Motor A'nın hızı 7 mm/s'dir. Bu yüzden bulduğumuz son değerleri de 7 mm/s'ye böldüğümde Motor A'nın kaç saniye hareket etmesi gerektiğinin bilgisine ulaşmış oluruz.

Arduino programını açtığımız zaman ilk karşılaşacağımız 2 fonksiyon setup ve loop fonksiyonlarıdır. Setup fonksiyonu kod çalışmaya başladığında ilk çalışan fonksiyondur, diğer fonksiyonlar Setup fonksiyonundan sonra gerçekleşir. Bu bölüm genel olarak ayarların yapıldığı bölümdür, örneğin başlangıç değeri ataması gibi tek seferlik yapılması gereken işlemler burada belirtilmelidir. Loop fonksiyonumuz ise Setup fonksiyonundan sonra çalışan fonksiyondur ve sistemin ana fonksiyonlarından birisidir. Burada yapılmasını istediğimiz işlemler kodlanır. Program çalıştığı sürece Loop fonksiyonu içerisindeki işlemler tekrarlanır (<http://www.sefik.net>, 2023).

Arduino içerisindeki değişkenlerin bir tablosu Çizelge 3. 2. 'de verilmiştir.

**Çizelge 3.2.** Arduino içerisindeki değişkenler ve özellikleri (<http://www.sefik.net>, 2023)

Veri tipi	Boyut (Bayt)	Kullanıldığı aralık	İçerik
İnt	2	-32768 <--> 32768	Tam sayılar
Unsigned int	2	0 <--> 65535	Pozitif tam sayılar
Long	4	-2147483648 <--> 2147483647	Çok büyük tam sayılar
Unsigned long	4	0 <--> 4294967295	Çok büyük pozitif tam sayılar
Char	1	Tek bir karakter	Tek bir karakter
Byte	1	0 <--> 255	Sıfır ile 255 arası tam sayılar
Float	4	-3,4028235E+38 <--> 3,4028235E+38	Ondalık sayılar
Double	4	-3,4028235E+38 <--> 3,4028235E+38	Ondalık sayılar
Boolean	1	True (1), False (0)	Mantık 1 veya 0

Arduino programında değişken tanımlaması yapılırken izelge 3.2.’ ye dikkat edilmesi ve buradaki değerlere göre yazılması gerekir. Değişken tanımlanırken önce veri tipi sonra değişken adı yazılmalıdır. Değer ataması tanımlama sırasında veya sonrasında yapılabilir.

Değişkenleri isimlendirirken dikkat edilmesi gereken kurallar:

- Değişkenlerin ilk karakterleri rakam olamaz
- Değişkenlerin adlarında Türkçe karakterler kullanılmaz
- Büyük ve küçük harf duyarlıdır
- Değişken isimleri birden fazla kelime olduğu zaman kelimelerin arasında boşluk olamaz. Bu tür değişkenleri ya kelimeleri birleştirerek ya da kelimeler arasına “\_” konularak isimlendirilir
- Değişkenlerin isimleri özel karakterler içeremez
- Programlama dili için tanımlanmış anahtar kelimeler değişken ismi olarak kullanılmaz.

Arduino programında kodların yanına yapılması gereken açıklamalar yazmak istiyorsak bu kısımları /\* ile \*/ işaretleri arasında yazılmalıdır, tek satırdan oluşuyor ise açıklamamız // işareti kullanılabilir. Arduino’da değişken tanımlanırken ilk önce veri tipi sonrasında değişken adı yazılmalıdır, bu değişkene tanımlama sırasında veya sonrasında değer atanabilir. Arduino kartı üzerindeki pinleri giriş veya çıkış olarak tanımlayabiliriz. Burada giriş pinlerini sensör, dğme vb. elemanlar için kullanabiliriz, çıkış olarak tanımladığımız pinler ise LED, motor sürücüler vb. elemanlar için kullanabiliriz. Bu kısmı setup fonksiyonu içerisine yazmamız gerekir. Bu giriş çıkış pinleri; pinMode fonksiyonu ile tanımlanır. Örneğin; pinMode(değer1,değer2). Burada 1. değer pin numarasını 2. Değer ise giriş veya çıkış bilgisini bize verir. Giriş için INPUT, ıkış için ise OUTPUT değeri yazılır. Arduino digitalWrite fonksiyonu çıkış olarak pine enerji vermek veya kesmek için kullanılır, bu konut pine HIGH ve LOW gibi sadece 2 komut verebilirken analogWrite komutu ile 0-255 arasında bir değer gönderilebilir. Bu fonksiyonu Arduino üzerinde sadece 3, 5, 6, 9, 10 ve 11 numaralı PWM dediğimiz ve kart üzerinde ~ simgesi bulunan pinlerle kullanabiliriz (<http://www.Sefik.net>, 2023).

Arduino Processing/Wiring dilinin bir uygulamasını içeren geliştirilebilir fiziksel bir programlama platformudur. Arduino kartlarının donanımında bir adet Atmel AVR

mikrodenetleyici ve programlama ve diğer devrelere bağlantı için gerekli yan elemanlar bulunur. Her Arduino kartında en azından bir 5 voltluk regüle entegresi ve bir 16 MHz kristal osilatör vardır. Arduino kartlarında programlama için harici bir programlayıcıya ihtiyaç duyulmaz bunun nedeni ise kartın sahip olduğu mikrodenetleyicide bootloader programı halihazırda yazılıdır. Arduino genel olarak Arduino geliştirme ortamı (IDE), Arduinobootloader, Arduino kütüphaneleri, Arduino üzerindeki mikrodenetleyici programlayan yazılım ve derleyiciden oluşur. Arduino yazılımı bir geliştirme ortamı ve kütüphanelerden oluşur. IDE, Java dilinde yazılmıştır, kütüphaneler ise C ve C++ dillerinde yazılmıştır.

Arduino'nun tercih edilmesindeki en büyük faktör mikrodenetleyici konusunda detaylı bilgi sahibi olmayanlarında programlama yapabilmelerini sağlayan Arduino kütüphaneleridir. Arduino kütüphaneleri, program içerisinde "libraries" klasörü altında bulunmaktadır. Bunun yanında birçok forum sitesinde birçok kullanıcıyla etkileşime girilebilmesi ve bilgi alışverişi yapılabilmesi de Arduino'nun çok tercih edilmesinde etkilidir. Tercih edilmesindeki bir diğer etmen ise farklı ihtiyaçlara çözüm olabilmesi adına tasarlanmış çeşitli kartlar ve modüllerin de mevcut olmasıdır. Çok sık tercih edilen iki modeli Arduino UNO ve Arduino MEGA'dır. Bu tezde tasarlanan proje fazlaca karmaşık ve hafıza istemeyen bir yazılıma sahip olduğu için daha basit bir yapısı olmasına rağmen yeterli pin sayısına ve hafızaya sahip olan Uno modeli tercih edilmiştir.

Arduino ile yapılan güneş takip sistemlerinde genellikle ışık sensörleri kullanılmaktadır. Bunun tercih edilmesindeki sebeplerin en başında daha basit bir program koduna ihtiyaç duyulması ve beraberinde güneşin konumu hesabını yapmanıza gerek kalmaması gelir. Işık sensörü kullanılan sistemler kısa süreli deneylerde oldukça başarılıdır, daha doğrusu güneşi takip ederken güneşin konumunun yanında bulutlanma gibi diğer bir etmen olan bulutluluk durumu kontrol edilebildiğinde yani bulutlu olmayan havalarda yapılan deneylerde performansı yüksektir. Bu tezde Işık sensörü kullanılmamasının sebebi ise tasarlanan sistemin tam gün performansının ölçülmek istenmesidir. Tam gün yapılan bu gibi sistemlerde ışık sensörü kullanılırsa bulutluluk durumlarında sistem hangi yöne gideceğini bilemez ve kararsız bir yapıda motorlardan hareket ister. Bu kararsız yapı motorların düzensiz çalışmasına ve motorların düzensiz çalışması da sistemde titreşimin oluşmasına neden olur. Bu gibi sistemlerde böyle titreşimler istenmeyen durumlardır, çünkü sistemin ağırlık binen kritik konumlarını zamanla yorar ve malzemenin beklenenden erken yıpranmasına sebep olur. Bu da sistemin ömrünü büyük oranda azaltır. Böyle bir sıkıntı yaşanmaması adına

hesaplanabilir konuma sahip olan güneşe göre konumsal program kodu yazmak sonra oluşabilecek birçok sorunu ortadan kaldırır. Bütün bu sebeplerden dolayı sistemde ışık sensörü kullanılmamıştır.

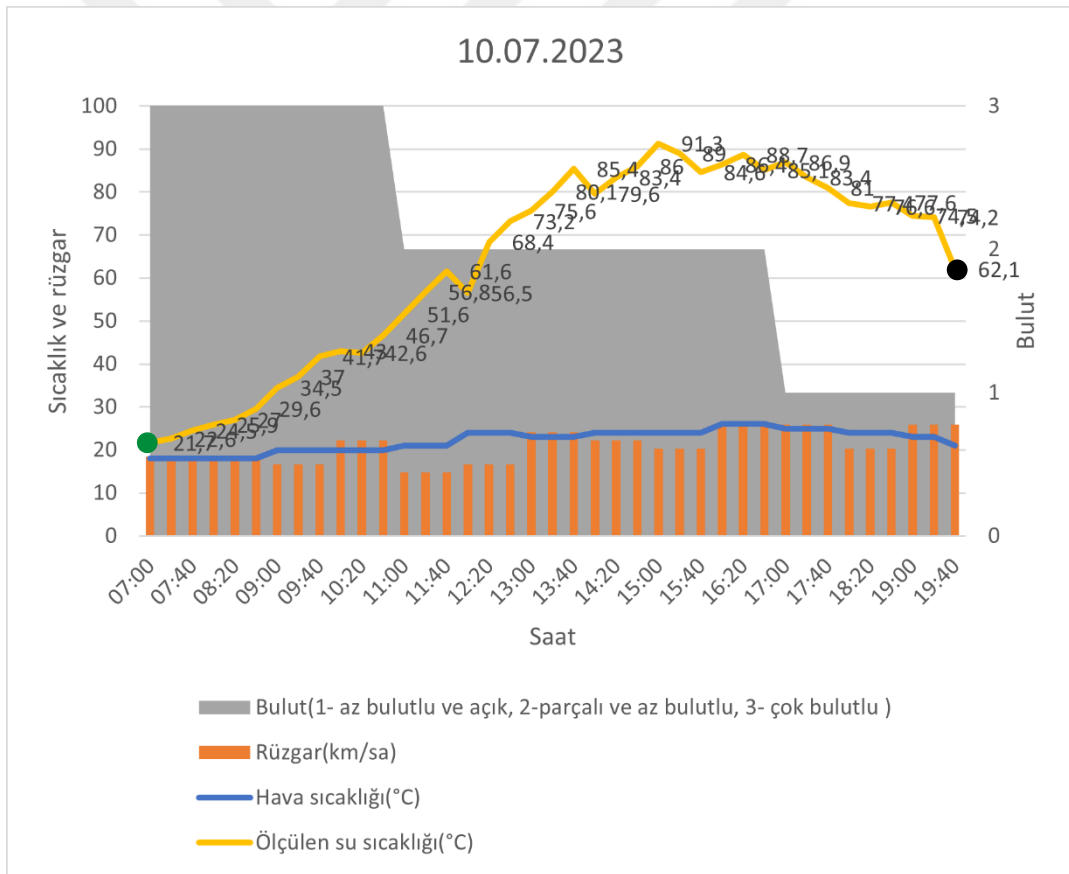
Gerekli hesaplamalar ve yukarıdaki kurallar çerçevesinde bu tezde tasarlanan sistemde kullanılan Arduino kodunun tamamı EK-1’de yer almaktadır.



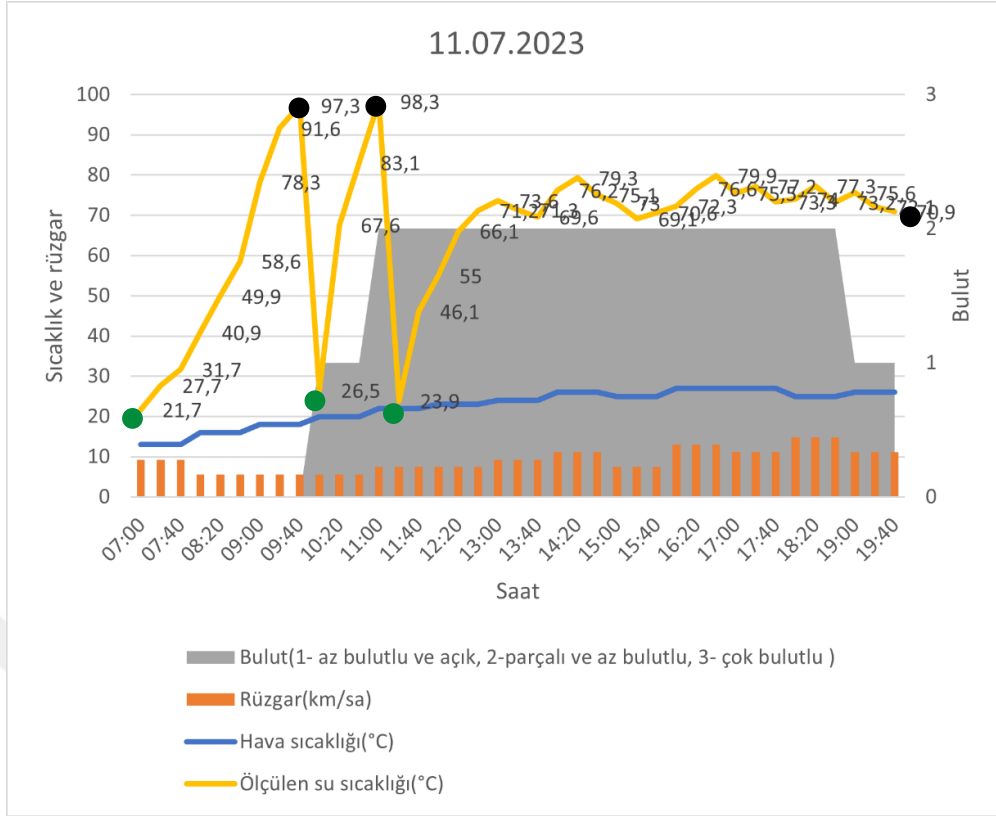
## 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

### 4.1 Araştırma Sonuçları

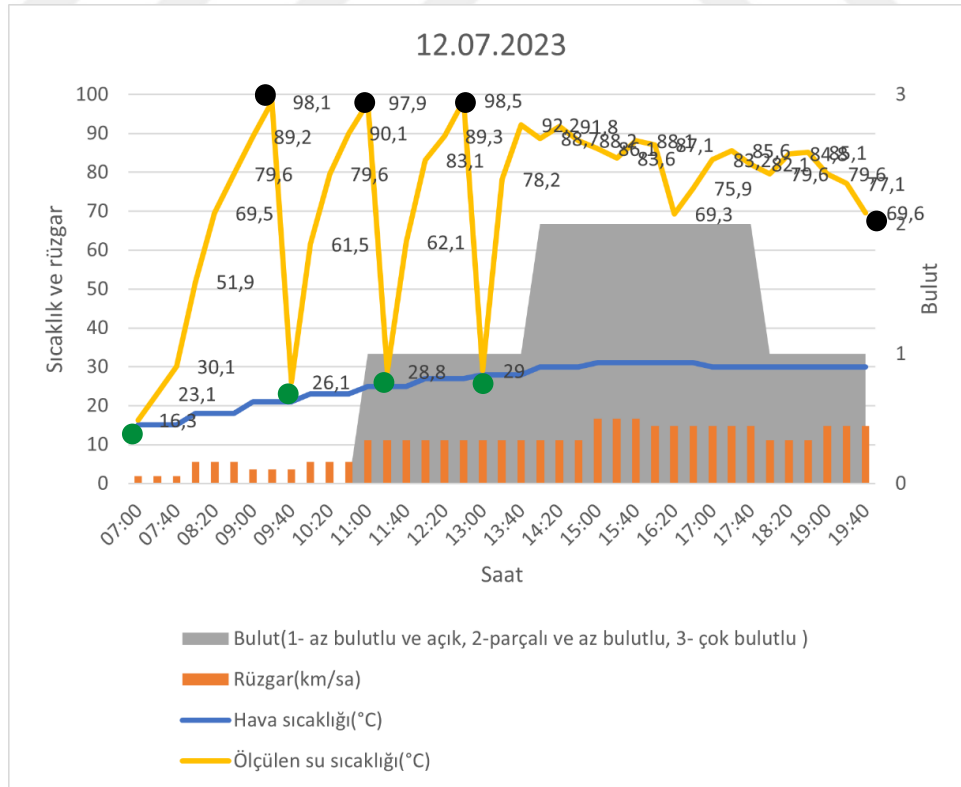
10 Temmuz-8 Ağustos tarih aralığında 1000g su kaynatma deneyi yapılmış ve deney sonuçları aşağıda paylaşılmıştır. Grafiklerdeki sarı renk ile gösterilen değerler her 20 dakikadaki ölçülen su sıcaklığı yani deney sonuçlarıdır. Diğer veriler yani rüzgâr, hava sıcaklığı ve bulutluluk durumu verileri Etimesgut Hava Üssü kaynaklı olup weatherspark internet sitesinden alınmıştır (<http://tr.www.weatherspark.com>, 2023). Belirli günler seçilip burada gösterilmiştir. Diğer deney yapılan günlere ait deney sonuçları EK-2' de verilmiştir. Her bir grafikte ölçülen su sıcaklığı kaynama noktasına ulaşıldıktan sonra deney düzeneğindeki su boşaltılıp tekrar yeni bir deney düzeneği hazırlanmıştır. Pişirme kabı soğutma ve deney hazırlıkları için iki deney arasındaki geçen zaman maksimum 5 dakikadır.



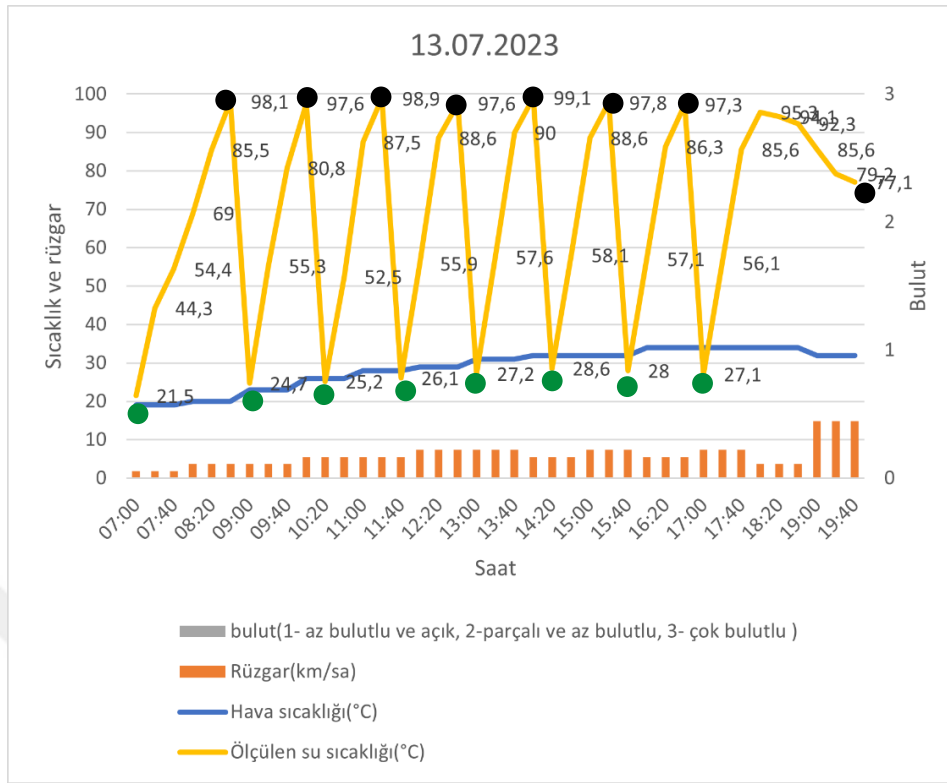
**Şekil 4.1** 10 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi ( ● ile gösterilen nokta deney başlangıcını ve ● ile gösterilen nokta deney sonunu gösterir)



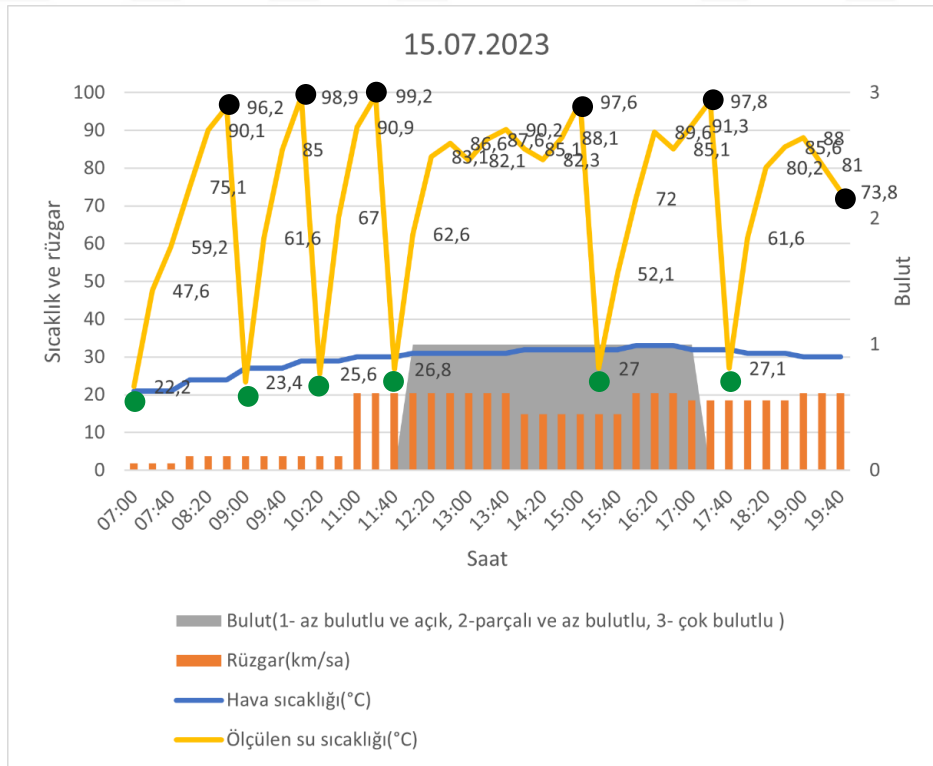
**Şekil 4.2** 11 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi ( ● ile gösterilen nokta deney başlangıcını ve ● ile gösterilen nokta deney sonunu gösterir)



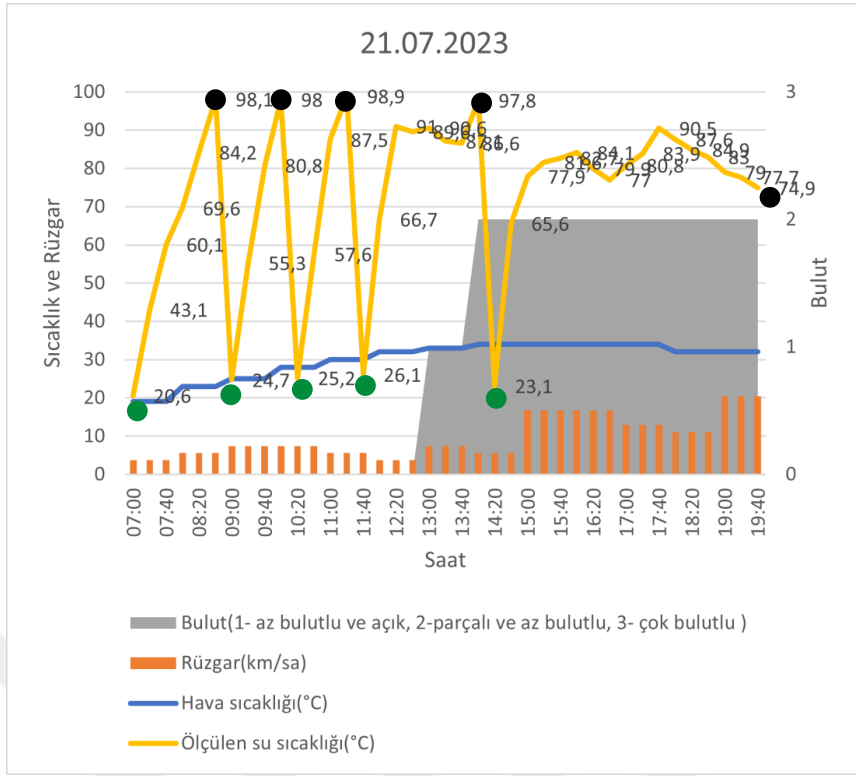
**Şekil 4.3** 12 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi ( ● ile gösterilen nokta deney başlangıcını ve ● ile gösterilen nokta deney sonunu gösterir)



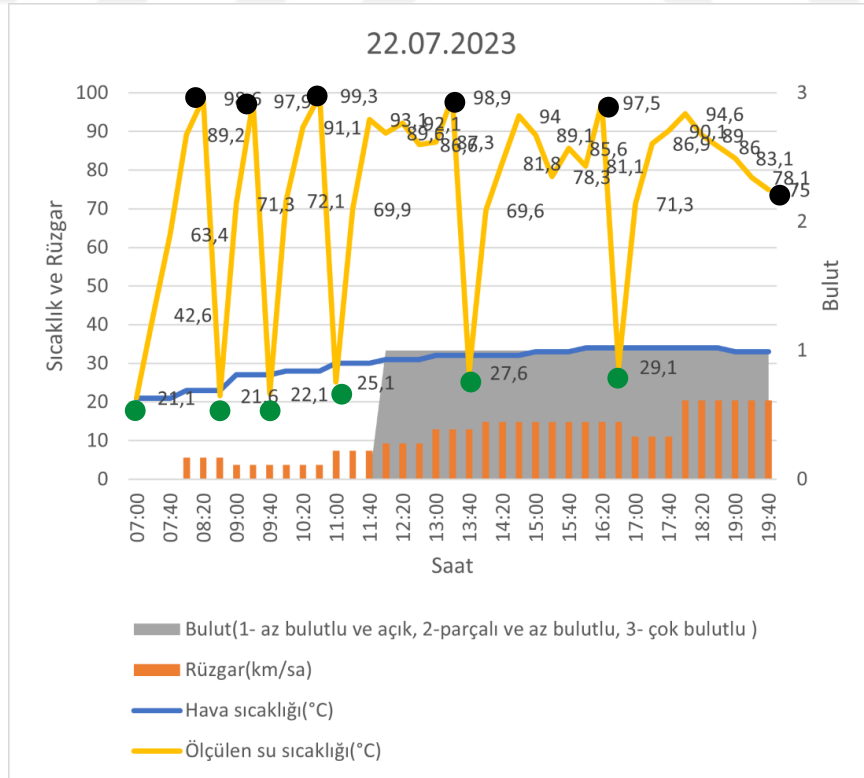
**Şekil 4.4** 13 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi ( ● ile gösterilen nokta deney başlangıcını ve ● ile gösterilen nokta deney sonunu gösterir)



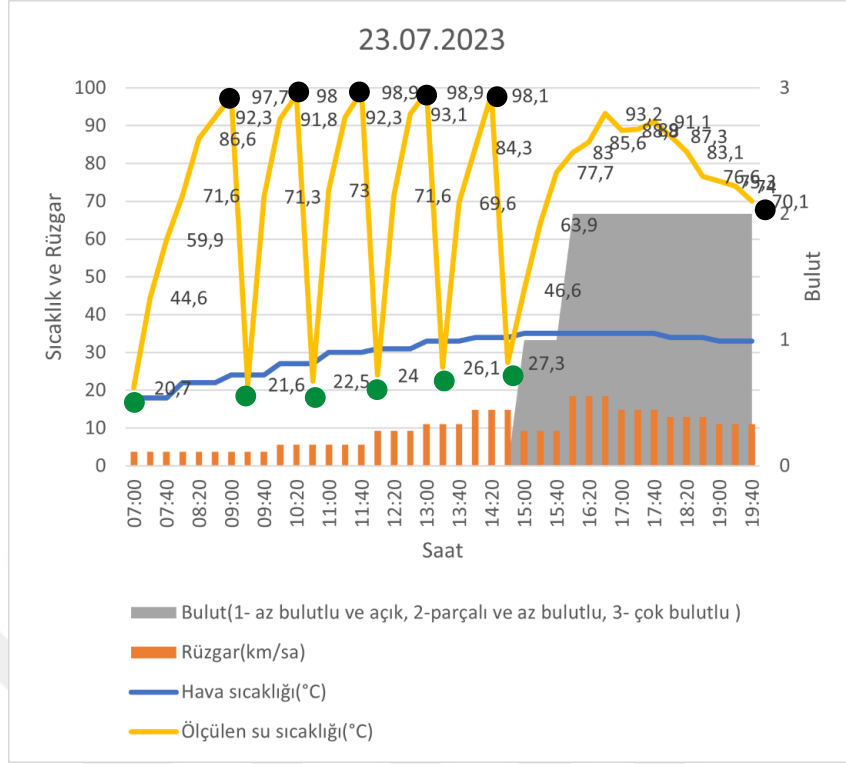
**Şekil 4.6** 15 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi ( ● ile gösterilen nokta deney başlangıcını ve ● ile gösterilen nokta deney sonunu gösterir)



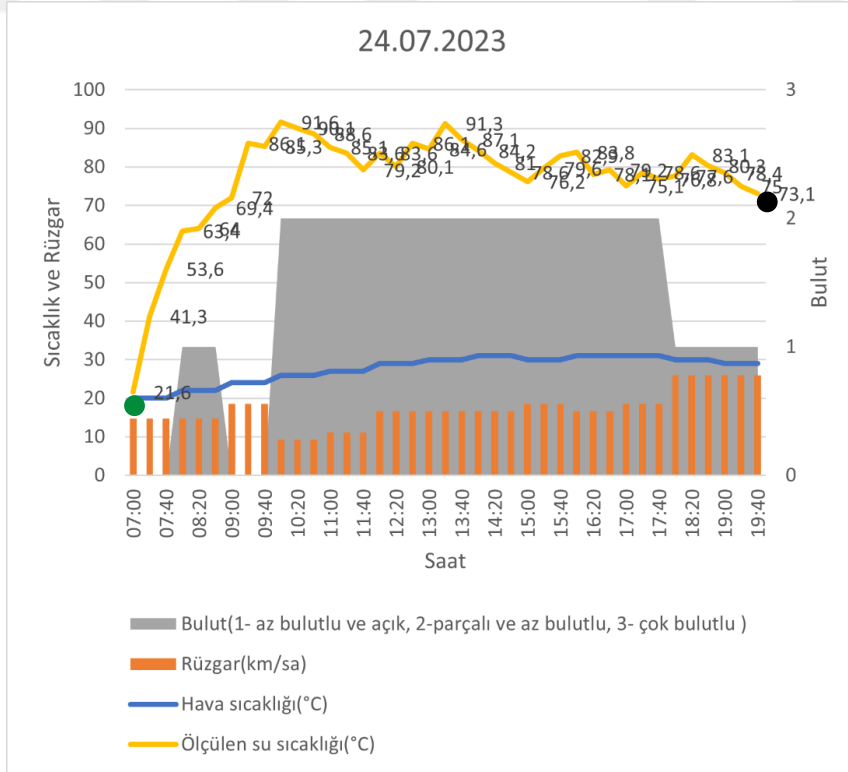
Şekil 4.12 21 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi (● ile gösterilen nokta deney başlangıcını ve ● ile gösterilen nokta deney sonunu gösterir)



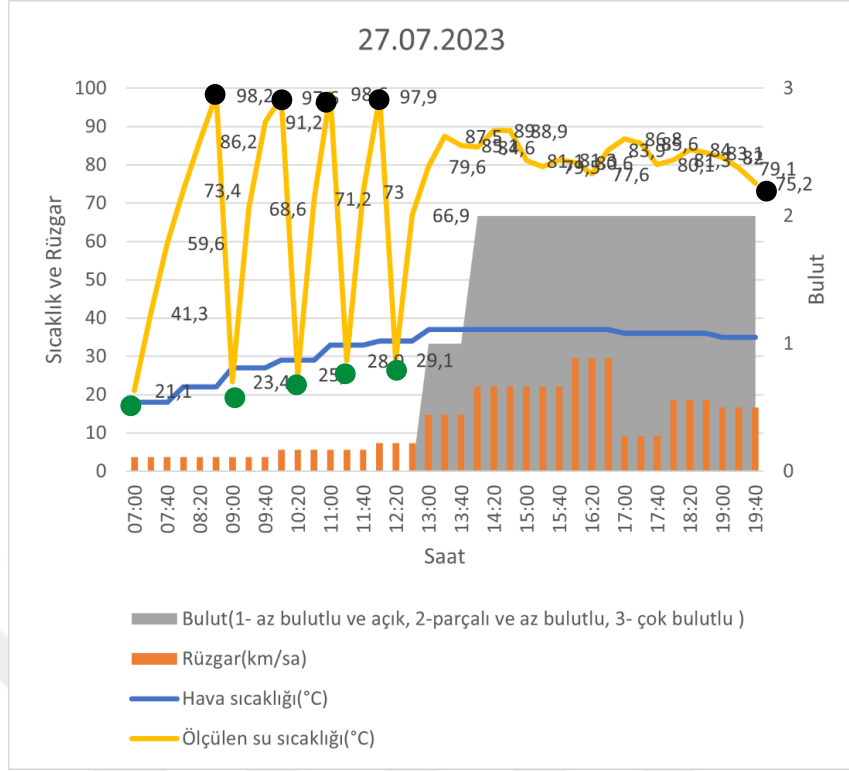
Şekil 4.13 22 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi (● ile gösterilen nokta deney başlangıcını ve ● ile gösterilen nokta deney sonunu gösterir)



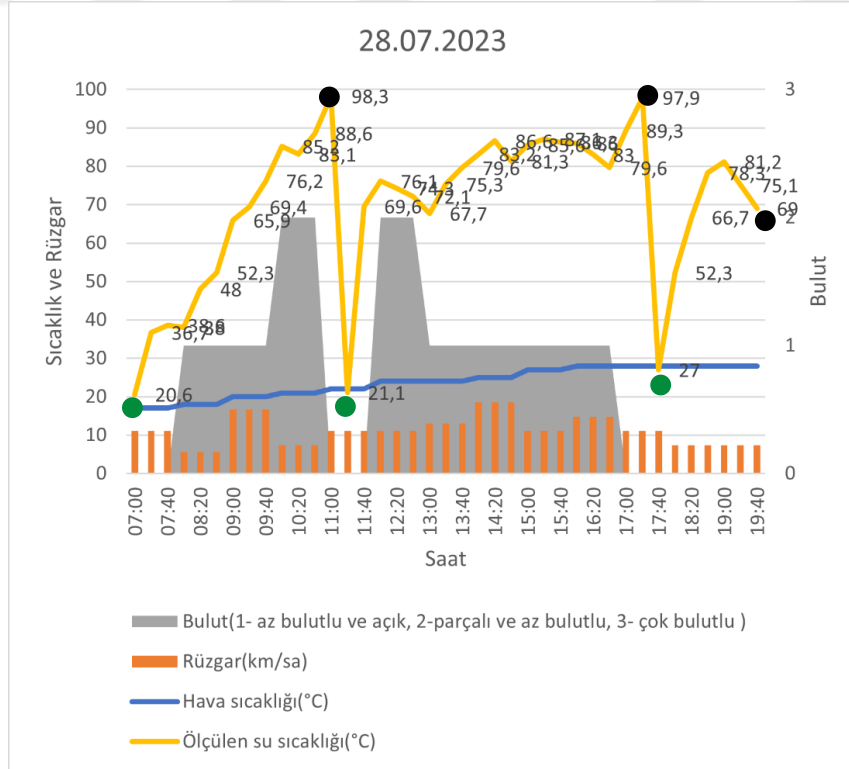
Şekil 4.14 23 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi ( ● ile gösterilen nokta deney başlangıcını ve ● ile gösterilen nokta deney sonunu gösterir)



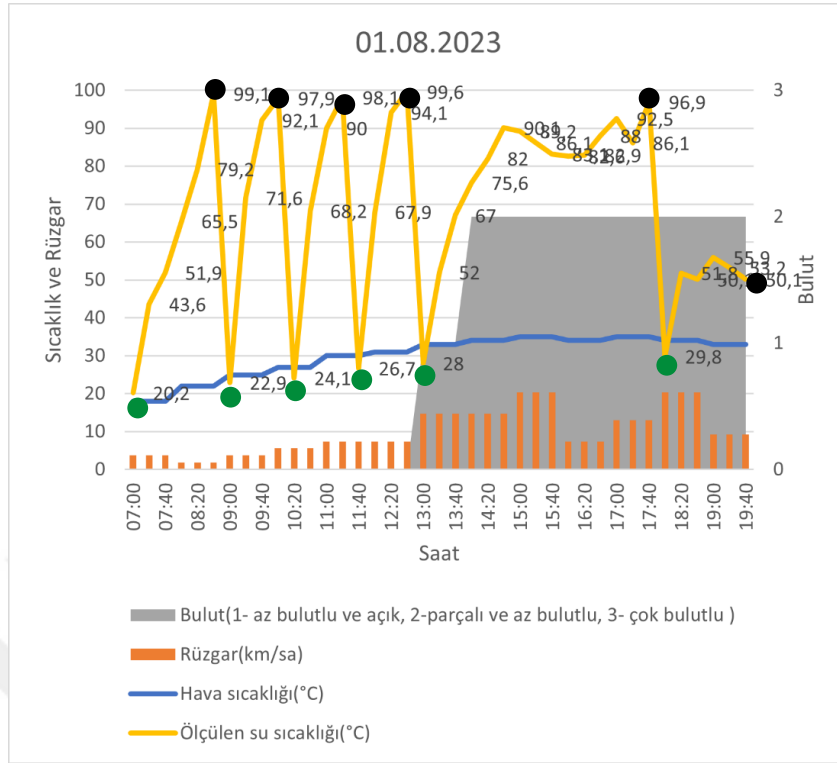
Şekil 4.15 24 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi ( ● ile gösterilen nokta deney başlangıcını ve ● ile gösterilen nokta deney sonunu gösterir)



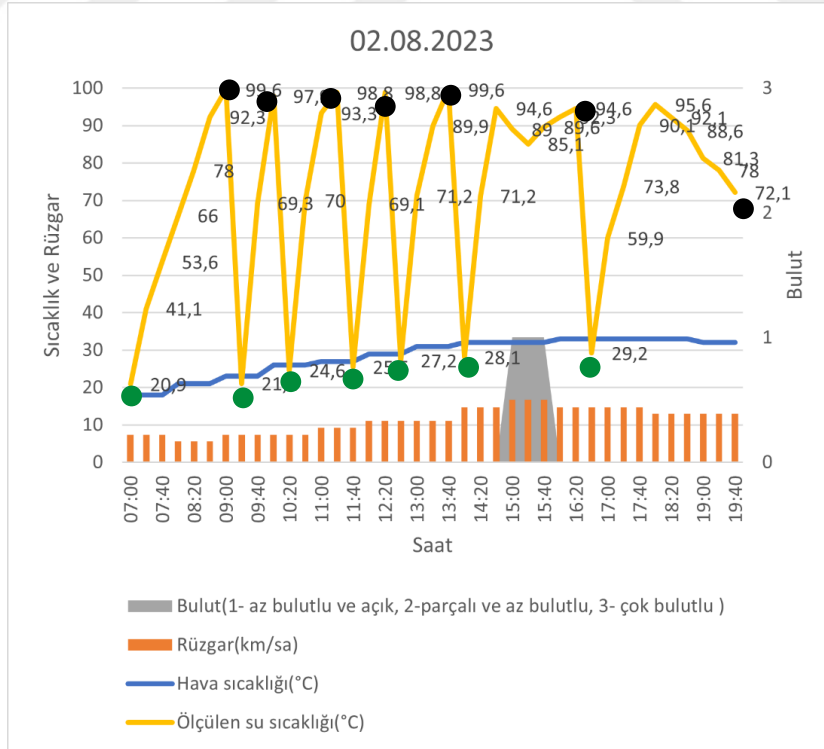
Şekil 4.18 27 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi (● ile gösterilen nokta deney başlangıcını ve ● ile gösterilen nokta deney sonunu gösterir)



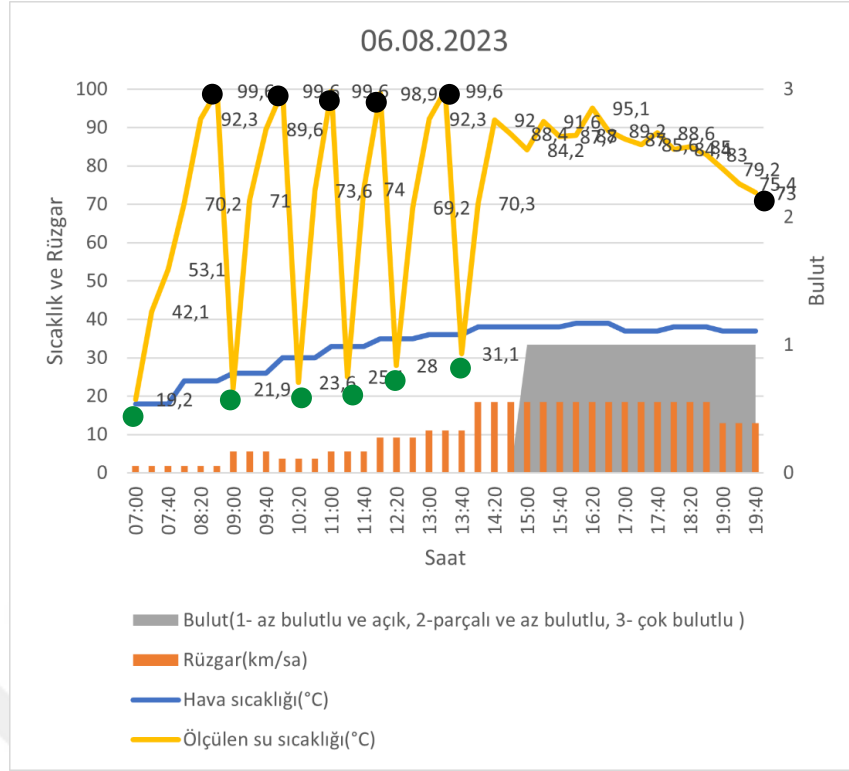
Şekil 4.19 28 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi (● ile gösterilen nokta deney başlangıcını ve ● ile gösterilen nokta deney sonunu gösterir)



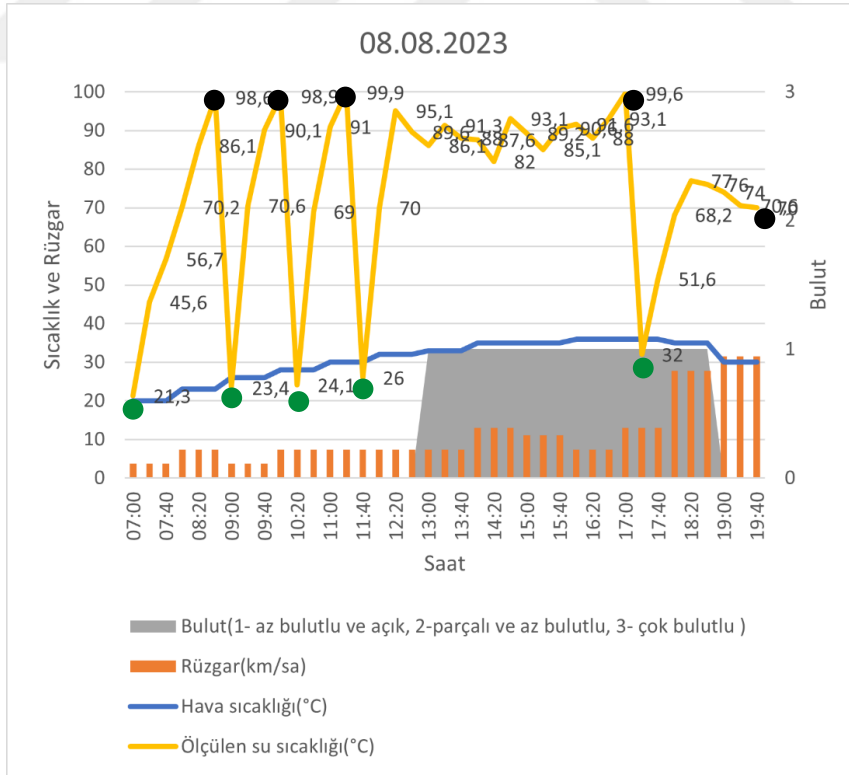
**Şekil 4.23** 01 Ağustos deney verileri grafiksel gösterimi ( ● ile gösterilen nokta deney başlangıcını ve ● ile gösterilen nokta deney sonunu gösterir)



**Şekil 4.24** 02 Ağustos deney verileri grafiksel gösterimi ( ● ile gösterilen nokta deney başlangıcını ve ● ile gösterilen nokta deney sonunu gösterir)



**Şekil 4.28** 06 Ağustos deney verileri grafiksel gösterimi ( ● ile gösterilen nokta deney başlangıcını ve ● ile gösterilen nokta deney sonunu gösterir)



**Şekil 4.30** 08 Ağustos deney verileri grafiksel gösterimi ( ● ile gösterilen nokta deney başlangıcını ve ● ile gösterilen nokta deney sonunu gösterir)

## 4.2. Tartışma

Sonuçlar incelendiğinde 30 günlük periyod içerisinde 163 defa su kaynatılmıştır, bu da ortalama günde 5-6 defa su kaynatılabildiğini göstermektedir. Her deneyin 20. dakikasındaki ilk ölçümleri incelediğimizde ise minimum 1,2 °C'lik bir artış gözlemlenirken maksimum ise 46,7 °C'lik bir artış gözlemlenmiştir. İlk 20 dakikalık zaman diliminde ulaşılabilen en yüksek su sıcaklığı derecesi 26 Temmuz da 76,1 °C olarak not alınmıştır. 20. Dakikadaki sıcaklık değerlerinin 1 aylık ortalaması ise 62,68 °C olarak hesaplanmıştır. En hızlı kaynayan su süresi ise yaklaşık 45 dakika ile 26 Temmuz günü ölçülmüştür. Uygun şartlar çerçevesindeki zaman dilimlerini spesifik olarak seçip su kaynatma ortalama süresi hesaplandığında 114 başarılı ve maksimum 1 saat 10 dakikada kaynayan deneyleri ele aldığımızda 52 dakikadır.

## 4.2. Maliyet Analizi

1 litre suyun sıcaklığını yaklaşık 20 °C'den kaynama noktasına getirebilmek için gerekli enerji miktarı;

$$Q = m c \Delta T \quad (5.1)$$

m : kütle (g)

c : öz ısı değeri (J/g°C)

1000 x 4,18 x 80 = 334000 Joule'dür.

334000 Joule = 0,09278 kWh

1 m<sup>3</sup> doğal gaz = 10,64 kWh

0,092278 kWh = 0,00872 m<sup>3</sup>

1 m<sup>3</sup> doğal gazın fiyatı Başkentgaz firmasına göre 5,83 TL'dir.

0,00872 m<sup>3</sup> doğalgaz = 0,051 TL'dir.

Enerji Piyasası Denetleme Kurulunun resmî sitesinden maliyet hesabı Şekil 5.1.'deki gibidir.

**Elektrik Fatura Hesaplama**

**İlk Okuma Tarihi:**

**Son Okuma Tarihi:**

**Tarife Tanımı:**  ▼

---

**Tüketim Miktarı:**  kWh

---

**Hesapla**

İlk Okuma Tarihi: 10/07/2023  
 Son Okuma Tarihi: 08/08/2023  
 Tüketim Miktarı 0,09 kWh

**Hesaplanan Tutar\*: 0,14 TL (±10 Krş)\*\***

Şekil 5.1. Ölçüm yapılan günlerdeki elektrikle 1 litre suyu kaynatma maliyeti

Çizelge 5.1. 1000gram suyu kaynatmak için farklı yöntemlerin maliyet karşılaştırması

Ocak Türü	Deney (g su)	Kaynama süresi (dk)	Maliyet (TL)
Tasarlanan Güneş Ocağı	1000	52	-
Doğal Gaz	1000	14	0,051
Elektrikli Isıtıcı	1000	5	0,14

Elektrikli ısıtıcı yerine güneş radyasyonunu kullanmak; günde 3 defa su kaynatan bir aileye 1 aylık bu süre boyunca 12,6 TL tasarruf sağlayabilecektir. Bu tezde kullanılan sistem için harcanan tutar yaklaşık 6500 TL'dir (Çanak, pleksi aynalar, konstrüksiyon, elektronik aksam, motorlar ve ekstralar). Bu sistemin harcanan tutarı telafi etmesi yaklaşık 40 yıldır.

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 5.1. Sonuçlar

Deney sonuçları değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Suyun kaynamasına etki eden faktörlerin literatürde;
  1. Ortam sıcaklığı
  2. Gelen ışın miktarının kesintiye uğramaması (Bulutluluk durumu, uçak, kuş vb. gölgelenmeler)
  3. Rüzgâr hızı
  4. Çanak yüzeyi temizliği
  5. Güneşin konumu
 Olduğu görülmektedir.
- Bu tez çalışmasında ortam sıcaklığının ve rüzgâr hızının etkileri hissedilmemiştir. Bunların yanında bulutlanma faktörü ve temizlik faktörünün suyun kaynamasına etkisinin çok daha fazla olduğu deneyimlenmiştir. Eğer bu 5 faktör arasında bir sıralama yapılması gerekirse bu sıralama; 2- Bulutluluk durumu, 5- Güneşin konumu, 4- Çanak yüzeyi temizliği şeklindedir. 1 ve 3'ün etkileri tam olarak hissedilmediği için sıralama içerisinde konulması doğru bulunmamıştır.
- Yapılan deneyler sonucunda suyun en optimum şartlar sağlanmadığında 45 dakikada kaynatılabildiği gözlemlenmiştir.
- Deney sonuçlarına bakıldığında suyun kaynamadığı zamanlarda bile ilk 20 dakika sıcaklığının ortalama 62,68 °C olduğu gözlemlenmiştir, bu da tasarlanan sistemin insanların kaynamış su ihtiyacının dışındaki sıcak su ihtiyaçlarını karşılayabileceğini göstermiştir.
- Sistem güneşi takip edebildiği için gün boyu gelen ışınlar pişirme kabına aktarabildiği için bu hali hazırda ısınan suyu gün boyu fazla ısı kaybetmeden muhafaza edilebildiği görülmüştür.
- Bu sistemin daha çok kırsal kesimlerde ihtiyacın karşılanabilmesi adına kullanılması doğru bulunmuştur. Bu tezde tasarlanan sistemin şehir yaşamı için uygun olmadığı düşünülmektedir.

## 5.2. Öneriler

- Bu çalışmanın özellikle yaz aylarında olmak üzere tüm yıl boyunca deneyler yapılarak tam yıl performansı ölçülebilir.
- Bu sistemin kendini amorti etme süresi oldukça fazladır bu yüzden sistem maliyet açısından geliştirilebilir, seri üretim ile maliyet azaltılabilir.
- Dışarı kendi haline çalışmaya bırakılan düzeneklerin yansıtıcı yüzeyi temizliği için inovatif fikirler ortaya atılabilir.
- Sıcak su ihtiyacının düşük olduğu alanlarda, ihtiyaç duyulan sisteme entegre edilebilir.
- Aynı sistemin farklı takip yöntemleriyle performansları ölçülüp karşılaştırma yapılabilir.
- Tam gün yapılan bu tezdeki gibi deneylerde gün içerisindeki bulutluluk durumunda sistemin düzgün çalışabilmesi için sensör kullanılmamalı ve güneşin konumu hesaplanıp buna göre algoritma oluşturulmalıdır. Bu sayede sistemin ışık almaması durumlarında sensörlü sistemlerdeki gibi titreşimlerin önüne geçilebilir. Bu da tasarlanan sistemin ömrünü uzatır.
- Arduino çok popüler bir yazılım programı olduğu için arduino yazılımı yaparken bir sorun ile karşılaşıldığında diğer arduino kullanıcılarıyla internet ortamında rahat ve hızlı etkileşime geçilebilir ve çözüm yolları tartışılabilir.
- Arduino, yeni kullanıcılar için kolay bir kullanıcı arayüzüne sahip olduğu için ve geniş bir kütüphanesi olduğu için akademik faaliyetler içerisinde kullanıma uygundur.
- Hemen hemen her sisteme uygun bir Arduino modeli bulunduğu için yapılan çalışmalara kolayca entegre edilebilir.
- Güneş, konumu rahatça hesaplanabilen bir gök cismi olduğu için sensör kullanmak yerine konum hesabı yapılarak bu tezdeki gibi bir algoritma yazmak kullanıcıları oluşabilecek anlık gölgelenmelerde yaşanılacak birçok sıkıntıdan kurtarabilir.

Bu sıkıntılardan bazıları aşağıda verilmiştir.

- I. Anlık olarak sisteme art arda farklı sinyaller gönderildiği için mikrodenetleyici kartın ömrünü azaltması
- II. Motorun art arda gelen farklı komutları yerine getirmeye çalışırken anlık olarak sistemi ileri geri hareket ettireceğinden dolayı yaşanan titreşimler
- III. Anlık hareket değişiminden dolayı sistemin mesnet yerlerinin yorulması
- IV. Gölgeleme durumlarında oluşacak bu anlık hareket değişimlerinden pişirme kabında yaşanacak sallanma hareketinden dolayı odağın kayması.



## 6.KAYNAKLAR

- Adewole, B. Z., Popoola, O. T. and Asere, A. A., 2015, "Thermal performance of a reflector based solar box cooker implemented in ile-ife" *International Journal of Energy Engineering* 5 (5), 95-101.
- Administration, U. S. E. I., 2017, *International Energy Outlook EIA*, Washington.
- Agency, I. E., 2017, *World Energy Statistics*, IEA, Paris.
- Ahmadi, M. H., Ahmadi, M. A., Sadaghiani, M. S., Ghazvini, M., Shahriar, S. and Alhuyi Nazari, M., 2017, Ground source heat pump carbon emissions and ground-source heat pump systems for heating and cooling of buildings: A Review, *Environmental Progress & Sustainable Energy*.
- Ahmed, S. M. M., et al., 2020, *Solar Energy* 205, 230-240,
- Akova, İ., 2008, *Yenilenebilir enerji kaynakları*, (1. Basım), Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Aramesh, M., Ghalebani, M., Kasaeian, A., Zamani, H., Lorenzini, G., Mahian, O., et al., 2019, A review of recent advances in solar cooking technology. *Renew Energy*; 140,419–35.
- Arunachala, U. C. and Kundapur, A., 2020, Cost-effective solar cookers: a global review. *Sol Energy*;207, 903–16.
- ASAE X580, 2001, *Testing and Reporting Solar Cooker Performance*.
- Aydın, M., 2020, Türkiye koşullarında güneş panelleri için optimum sabit ve ayarlanabilir açıların belirlenmesi üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Aygün, E., 1989, "Güneş enerjisi nedir? Nasıl faydalanılır?", *Bilim ve Teknik*, 257, 22-23.
- Chen, C. R., Sharma, A., Tyagi, S. K. and Buddhi, D., 2008, Numerical heat transfer studies of PCMs used in a box-type solar cooker, *Renew. Energy* 33 (5), 1121-1129.
- Demirci, E., Şenlik, İ. ve Atalay, T., 2007, Hidroelektrik enerji üretimi için bir uygulama çalışması, IV. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, 31 Ekim- 2 Kasım, Gaziantep.
- Demirpolat, E., 2006, "Vakum borulu parabolik oluk tip güneş toplayıcılarının sıcak su üretiminde kullanılabilirliğinin araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Deniz, E. ve Atik, K., 2008, "Kutu tipi güneş enerjili pişirme sistemlerinin Karabük şartlarında kullanılabilirliğinin deneysel olarak incelenmesi", *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 11 (2), 40-43.

- Edmonds, I., 2018, Low cost realisation of a high temperature solar cooker, *Renew. Energy* 121, 94-101.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), 2014, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM), (2014a). [http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g\\_enj\\_tekno.aspx](http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx) [Ziyaret Tarihi: 25 Ocak 2014].
- Gaur, A., Singh, O. P., Singh, S. K. and Pandey, G. N., 1999, Performance study of solar cooker with modified utensil. *Renew Energy* 18:12, 1–9.
- Harmim, A., Boukar, M. and Amar, M., 2008, “Experimental study of a double exposure solar cooker with finned cooking vessel”, *Solar energy*, 82, 287–289.
- Hosny, Z. and Ziyen, A., 1998, “Experimental investigation of tracking paraboloid and box solar cookers under Egyptian environment”, *Applied Thermal Engineering* v.18, 1375 – 1394.
- Hussein, H. M. S., El-Ghetany, H. H. and Nada, S. A., 2008, Experimental investigation of novel indirect solar cooker with indoor PCM thermal storage and cooking unit. *Energy Convers Manag* 49:22, 37–46
- Iessa, L., Vries, Y., Swinkels, De C., Smits, M. and Butijn, C., 2017, What’s cooking? Unverified assumptions, overlooking of local needs and pro-solution biases in the solar cooking literature, *Energy Res. Soc. Sci.* 28, 98-108.
- Indora, S. and Kandpal, T. C., 2018, Institutional cooking with solar energy: a review. *Renew Sustain Energy Rev*; 84,131–54.
- İlcihan, Z., 2019, Koordinat tabanlı güneş takip sistemi tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, Bitlis Eren Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kalogirou, S., 1997, Solar water heating in Cyprus. Current status of technology and problems. *Renewable Energy* 10, 107–12.
- Kaplan, H., Üçüncü, O., Saka, F., Kankal, M. ve Yüksek, Ö., 2006, Türkiye’nin küçük ölçekli hidroelektrik enerji potansiyeli ve doğu karadeniz bölgesi örneği, VI. Ulusal Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu 2009 – Diyarbakır 254 Temiz E.
- Karafil, A., Ozbay, H., Kesler, M. and Parmaksiz, H., 2015, calculation of optimum fixed tilt angle of pv panels depending on solar angles and comparison of the results with experimental study conducted in summer in Bilecik, Turkey. 2015 9th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO).
- Karekezi, S. and Kithyoma, W., 2002, Renewable energy strategies for rural Africa: Is a PV-led renewable energy strategy the right approach for providing modern energy to the rural poor of sub-Saharan Africa? *Energy Policy* 30 (11-12), 1071-1086.
- Kreider, J. F. and Kreith, F., 1977, *Solar heating and cooling*. New York: McGraw-Hill.

- Kreith, F. and Kreider, J. F., 1978, Principles of solar engineering. New York: McGraw-Hill.
- Lambert, J. G., Hall, C. A. S., Balogh, S., Gupta, A. and Arnold, M., 2014, Energy, EROI and quality of life, *Energy Policy* 64, 153-167.
- Malik, M. A. S., Tiwari, G. N., Kumar, A. and Sodha, M. S., 1985, Solar distillation. New York: Pergamon Press.
- Meinel, A. B. and Meinel, M. P., 1976, Applied solar energy: an introduction. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Mirdha, U. S. and Dhariwal, S. R., 2008, “Design optimization of solar cooker”, *Renewable energy.*, (33), 530–544.
- Mohammed, S. S. J., 2016, Design dual axis sun power tracking system using arduino. Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü yıl Üniversitesi, Doğa ve Uygulamalı Bilimler Enstitüsü.
- Munir, A. and Hensel, O., 2007, “Development of a solar distillation system for essential oils extraction from herbs” Conference on International Agricultural Research for Development., A University of Kassel- Witzenhausen and University of Göttingen.
- Nahar, N. M., Marshall, R. H. and Brinkworth, B. J., 1994, Studies on a hot box solar cooker with transparent insulation materials. *Energy Convers Manag* 35:7, 87–91.
- Nahar, N. M., 2001, “Design, development and testing of a double reflector hot box solar cooker with a transparent insulation material”., *Renewable Energy*, 23 (2), 167–179.
- Narayan, S. and Doytch, N., 2017, An investigation of renewable and non-renewable energy consumption and economic growth nexus using industrial and residential energy consumption, *Energy Econ.* 68, 160-176.
- Nkhonjera, L., Bello-Ochende, T., John, G. and King’onde, C. K., 2017, A review of thermal energy storage designs, heat storage materials and cooking performance of solar cookers with heat storage, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 75, 157-167.
- NREL, 2023, <https://www.nrel.gov/> [Ziyaret Tarihi: 10 Temmuz 2023].
- Nyahoro, K., Johnson, P. and Edwards, J., 1997, “Simulated performance of thermal storage in a solar cooker”. *Solar energy*, 59 (1–3), 11–17.
- Öztürk, H., 2004, “Experimental determination of energy and exergy efficiency of the solar parabolic-cooker”, *Solar Energy*, 77, 67–71.
- Öztürk, H., 2008, “Güneş enerjisi ve uygulamaları”, Birsen Yayınevi, İstanbul. 194-195.

- Patel, N. V. and Philip, S. K., 2000, "Performance evaluation of three solar concentrating cookers", *Renewable Energy*, 20, 347–355.
- Panwar, N. L., Kaushik, S. C. and Kothari, S., 2011, Role of renewable energy sources in environmental protection: a review, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 15 (3), 1513-1524.
- Pillai, I. R. and Banerjee, R., 2009, Renewable energy in India: status and potential, *Energy* 34 (8), 970-980.
- Pohekar, S. D. and Ramachandran, M., 2004, "Multi-criteria evaluation of cooking energy alternatives for promoting parabolic solar cooker in India", *Renewable Energy*, 29 (9), 1449-1460.
- Rahman, F. A., Aziz, M. M. A., Saidur, R., Bakar, W. A., Hainin, M. R., Putrajaya, R. and Hassan, N. A., 2017, Pollution to solution: capture and sequestration of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and its utilization as a renewable energy source for a sustainable future, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 71, 112-126.
- Saxena, A., Varun, Pandey, S. P. and Srivastav, G., 2011, A thermodynamic review on solar box type cookers. *Renew Sust Energy Rev* 15:33, 01–18.
- Schwarzer, K. and Silva, M. E. V., 2003, Solar cooking system with or without heat storage for families and institutions. *Sol Energy* 75, 35–41.
- SERI., 1987, *Power from the Sun: principles of high temperature solar thermal technology*.
- Sharma, S. D., Iwata, T., Kitano, H. and Sagara, K., 2005, Thermal performance of a solar cooker based on an evacuated tube solar collector with a PCM storage unit. *Sol Energy* 78:4, 16–26.
- Soteris, A. and Kalogirou, 2004, "Solar thermal collectors and applications", *Progress in Energy and Combustion Science*, Elsevier, 30, 231-295.
- Soteris, K., 2009, "Solar energy engineering: processes and systems", *Library of Congress Cataloging-in-Publication Data*, :756, United States of America.
- Stoddard, L., Abiecunas, J. and O'Connell, R., 2006, Economic, energy, and environmental benefits of concentrating solar power in California, April NREL
- Subbiah, R., Pal, A., Nordberg, E. K., Marathe, A. and Marathe, M. V., 2017, Energy demand model for residential sector: a first principles approach, *IEEE Trans. Sustain. Energy* 8 (3), 1215-1224.
- Şefik, B., 2004, "Alternatif enerji sistemleri", *Mimar ve Mühendis Dergisi*, Sayı: 33, Nisan-Mayıs-Haziran, 56-58.
- Ültanır, 1996, M.Ö., "21. Yüzyılın eşğinde güneş enerjisi", *Bilim ve Teknik*, Sayı: 340, 50-55.

Yüksel, N. ve Avcı, A.,2013, “Gizli ısı depolamalı kutu tipi iki güneş fırınının deneysel olarak karşılaştırması” Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 18, Sayı 1.

<http://www.sunearthtools.com> [Ziyaret Tarihi: 28 Temmuz 2023].

<http://tr.www.weatherspark.com> [Ziyaret Tarihi: 10 Temmuz 2023].

<https://sefik.net> [Ziyaret Tarihi: 22 Temmuz 2023].



**EKLER****EK-1** Arduino program kodu

```
byte Speed = 0; // Intialize Varaible for the speed of the motor (0-255);
int in1 = 10; //connect Arduino pin 10 to IBT-2 pin in1
int in2 = 11; //connect Arduino pin 11 to IBT-2 pin in2
int in3 = 5; //connect Arduino pin 5 to IBT-2 pin in3
int in4 = 6; //connect Arduino pin 6 to IBT-2 pin in4

void setup() {
pinMode(10, OUTPUT); // Configure pin 10 as an Output
pinMode(11, OUTPUT); // Configure pin 11 as an Output
pinMode(5, OUTPUT); // Configure pin 5 as an Output
pinMode(6, OUTPUT); // Configure pin 6 as an Output
}

void loop() {
// Extend Actuator at Full Speed
Speed = 255;

//07:00
analogWrite(in1, 0);
analogWrite(in2, Speed);

delay(2300);

analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, Speed);

delay(1000);

analogWrite(in1, 0);
```

```
analogWrite(in2, 0);
analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, 0);

delay(1200000);
//07:20
analogWrite(in1, 0);
analogWrite(in2, Speed);

delay(2330);

analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, Speed);

delay(1000);

analogWrite(in1, 0);
analogWrite(in2, 0);
analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, 0);

delay(1200000);
//07:40
analogWrite(in1, 0);
analogWrite(in2, Speed);

delay(2360);

analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, Speed);

delay(1000);

analogWrite(in1, 0);
```

```
analogWrite(in2, 0);
analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, 0);

delay(1200000);
//08:00
analogWrite(in1, 0);
analogWrite(in2, Speed);

delay(2380);

analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, Speed);

delay(1000);

analogWrite(in1, 0);
analogWrite(in2, 0);
analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, 0);

delay(1200000);
//08:20
analogWrite(in1, 0);
analogWrite(in2, Speed);

delay(2380);

analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, Speed);

delay(1000);

analogWrite(in1, 0);
```

```
analogWrite(in2, 0);
analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, 0);

delay(1200000);
//08:40
analogWrite(in1, 0);
analogWrite(in2, Speed);

delay(2380);

analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, Speed);

delay(1000);

analogWrite(in1, 0);
analogWrite(in2, 0);
analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, 0);

delay(1200000);
//09:00
analogWrite(in1, 0);
analogWrite(in2, Speed);

delay(2380);

analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, Speed);

delay(1100);

analogWrite(in1, 0);
```

```
analogWrite(in2, 0);
analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, 0);

delay(1200000);
//09:20
analogWrite(in1, 0);
analogWrite(in2, Speed);

delay(2350);

analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, Speed);

delay(1200);

analogWrite(in1, 0);
analogWrite(in2, 0);
analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, 0);

delay(1200000);
//09:40
analogWrite(in1, 0);
analogWrite(in2, Speed);

delay(2320);

analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, Speed);

delay(1300);

analogWrite(in1, 0);
```

```
analogWrite(in2, 0);
analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, 0);

delay(1200000);
//10:00
analogWrite(in1, 0);
analogWrite(in2, Speed);

delay(2280);

analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, Speed);

delay(1400);

analogWrite(in1, 0);
analogWrite(in2, 0);
analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, 0);

delay(1200000);
//10:20
analogWrite(in1, 0);
analogWrite(in2, Speed);

delay(2230);

analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, Speed);

delay(1600);

analogWrite(in1, 0);
```

```
analogWrite(in2, 0);
analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, 0);

delay(1200000);
//10:40
analogWrite(in1, 0);
analogWrite(in2, Speed);

delay(2130);

analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, Speed);

delay(1780);

analogWrite(in1, 0);
analogWrite(in2, 0);
analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, 0);

delay(1200000);
//11:00
analogWrite(in1, 0);
analogWrite(in2, Speed);

delay(2010);

analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, Speed);

delay(2060);

analogWrite(in1, 0);
```

```
analogWrite(in2, 0);
analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, 0);

delay(1200000);
//11:20
analogWrite(in1, 0);
analogWrite(in2, Speed);

delay(1850);

analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, Speed);

delay(2410);

analogWrite(in1, 0);
analogWrite(in2, 0);
analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, 0);

delay(1200000);
//11:40
analogWrite(in1, 0);
analogWrite(in2, Speed);

delay(1610);

analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, Speed);

delay(2850);

analogWrite(in1, 0);
```

```
analogWrite(in2, 0);
analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, 0);

delay(1200000);
//12:00
analogWrite(in1, 0);
analogWrite(in2, Speed);

delay(1310);

analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, Speed);

delay(3330);

analogWrite(in1, 0);
analogWrite(in2, 0);
analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, 0);

delay(1200000);
//12:20
analogWrite(in1, 0);
analogWrite(in2, Speed);

delay(1000);

analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, Speed);

delay(3800);

analogWrite(in1, 0);
```

```
analogWrite(in2, 0);
analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, 0);

delay(1200000);
//12:40
analogWrite(in1, 0);
analogWrite(in2, Speed);

delay(0);

analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, Speed);

delay(4140);

analogWrite(in1, 0);
analogWrite(in2, 0);
analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, 0);

delay(1200000);
//13:00
analogWrite(in1, 0);
analogWrite(in2, Speed);

delay(0);

analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, Speed);

delay(4220);

analogWrite(in1, 0);
```

```
analogWrite(in2, 0);
analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, 0);

delay(1200000);
//13:20
analogWrite(in1, 0);
analogWrite(in2, Speed);

delay(0);

analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, Speed);

delay(4000);

analogWrite(in1, 0);
analogWrite(in2, 0);
analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, 0);

delay(1200000);
//13:40
analogWrite(in1, Speed);
analogWrite(in2, 0);

delay(1000);

analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, Speed);

delay(3580);

analogWrite(in1, 0);
```

```
analogWrite(in2, 0);
analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, 0);

delay(1200000);
//14:00
analogWrite(in1, Speed);
analogWrite(in2, 0);

delay(1470);

analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, Speed);

delay(3090);

analogWrite(in1, 0);
analogWrite(in2, 0);
analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, 0);

delay(1200000);
//14:20
analogWrite(in1, Speed);
analogWrite(in2, 0);

delay(1740);

analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, Speed);

delay(2620);

analogWrite(in1, 0);
```

```
analogWrite(in2, 0);
analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, 0);

delay(1200000);
//14:40
analogWrite(in1, Speed);
analogWrite(in2, 0);

delay(1930);

analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, Speed);

delay(2230);

analogWrite(in1, 0);
analogWrite(in2, 0);
analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, 0);

delay(1200000);
//15:00
analogWrite(in1, Speed);
analogWrite(in2, 0);

delay(2080);

analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, Speed);

delay(1910);

analogWrite(in1, 0);
```

```
analogWrite(in2, 0);
analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, 0);

delay(1200000);
//15:20
analogWrite(in1, Speed);
analogWrite(in2, 0);

delay(2180);

analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, Speed);

delay(1670);

analogWrite(in1, 0);
analogWrite(in2, 0);
analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, 0);

delay(1200000);
//15:40
analogWrite(in1, Speed);
analogWrite(in2, 0);

delay(2250);

analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, Speed);

delay(1480);

analogWrite(in1, 0);
```

```
analogWrite(in2, 0);
analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, 0);

delay(1200000);
//16:00
analogWrite(in1, Speed);
analogWrite(in2, 0);

delay(2310);

analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, Speed);

delay(1340);

analogWrite(in1, 0);
analogWrite(in2, 0);
analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, 0);

delay(1200000);
//16:20
analogWrite(in1, Speed);
analogWrite(in2, 0);

delay(2340);

analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, Speed);

delay(1230);

analogWrite(in1, 0);
```

```
analogWrite(in2, 0);
analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, 0);

delay(1200000);
//16:40
analogWrite(in1, Speed);
analogWrite(in2, 0);

delay(2360);

analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, Speed);

delay(1410);

analogWrite(in1, 0);
analogWrite(in2, 0);
analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, 0);

delay(1200000);
//17:00
analogWrite(in1, Speed);
analogWrite(in2, 0);

delay(2380);

analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, Speed);

delay(1100);

analogWrite(in1, 0);
```

```
analogWrite(in2, 0);
analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, 0);

delay(1200000);
//17:20
analogWrite(in1, Speed);
analogWrite(in2, 0);

delay(2380);

analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, Speed);

delay(1000);

analogWrite(in1, 0);
analogWrite(in2, 0);
analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, 0);

delay(1200000);
//17:40
analogWrite(in1, Speed);
analogWrite(in2, 0);

delay(2370);

analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, Speed);

delay(1000);

analogWrite(in1, 0);
```

```
analogWrite(in2, 0);
analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, 0);

delay(1200000);
//18:00
analogWrite(in1, Speed);
analogWrite(in2, 0);

delay(2360);

analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, Speed);

delay(1000);

analogWrite(in1, 0);
analogWrite(in2, 0);
analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, 0);

delay(1200000);
//18:20
analogWrite(in1, Speed);
analogWrite(in2, 0);

delay(2340);

analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, Speed);

delay(1000);

analogWrite(in1, 0);
```

```
analogWrite(in2, 0);
analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, 0);

delay(1200000);
//18:40
analogWrite(in1, Speed);
analogWrite(in2, 0);

delay(2320);

analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, Speed);

delay(1000);

analogWrite(in1, 0);
analogWrite(in2, 0);
analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, 0);

delay(1200000);
//19:00
analogWrite(in1, Speed);
analogWrite(in2, 0);

delay(2300);

analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, Speed);

delay(1000);

analogWrite(in1, 0);
```

```
analogWrite(in2, 0);
analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, 0);

delay(1200000);
//19:20
analogWrite(in1, Speed);
analogWrite(in2, 0);

delay(2250);

analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, Speed);

delay(1000);

analogWrite(in1, 0);
analogWrite(in2, 0);
analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, 0);

delay(1200000);
//19:40
analogWrite(in1, Speed);
analogWrite(in2, 0);

delay(2200);

analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, Speed);

delay(1000);

analogWrite(in1, 0);
```

```

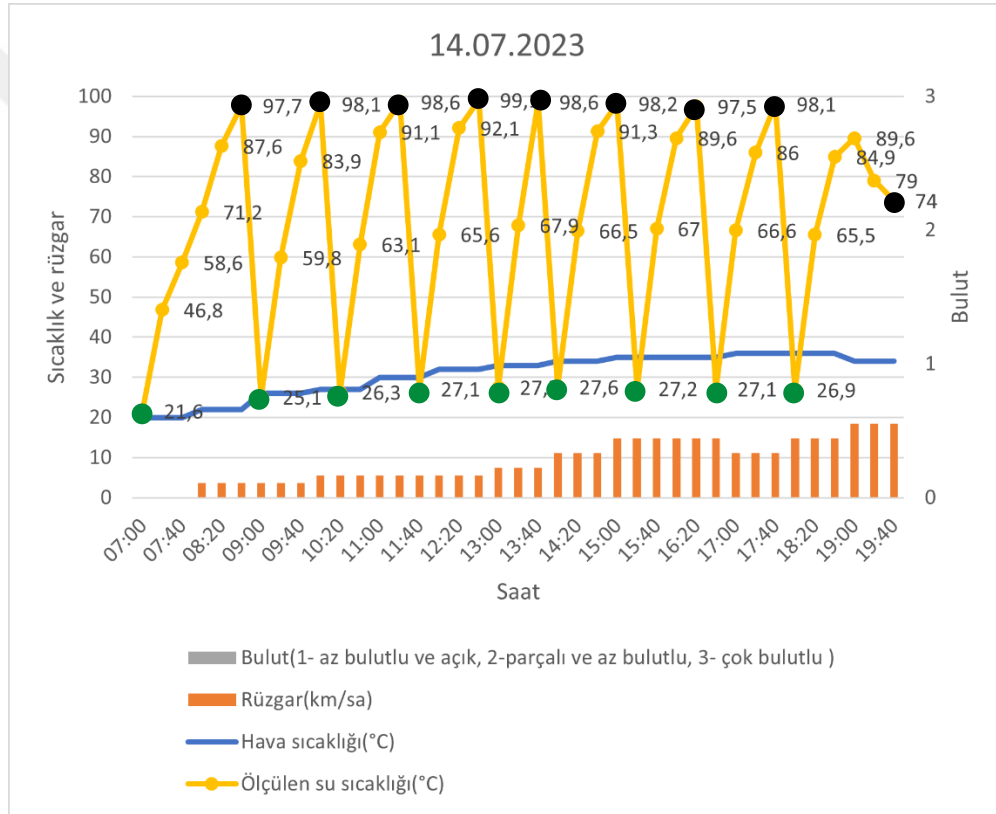
analogWrite(in2, 0);
analogWrite(in3, 0);
analogWrite(in4, 0);

delay(1200000);

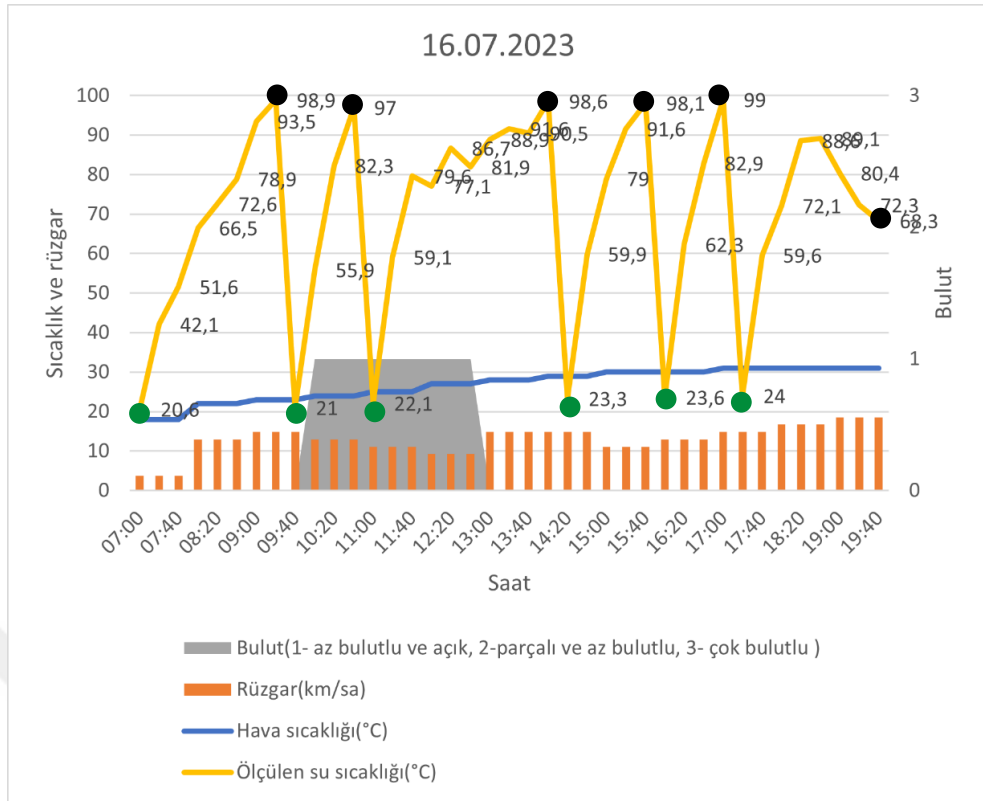
}

```

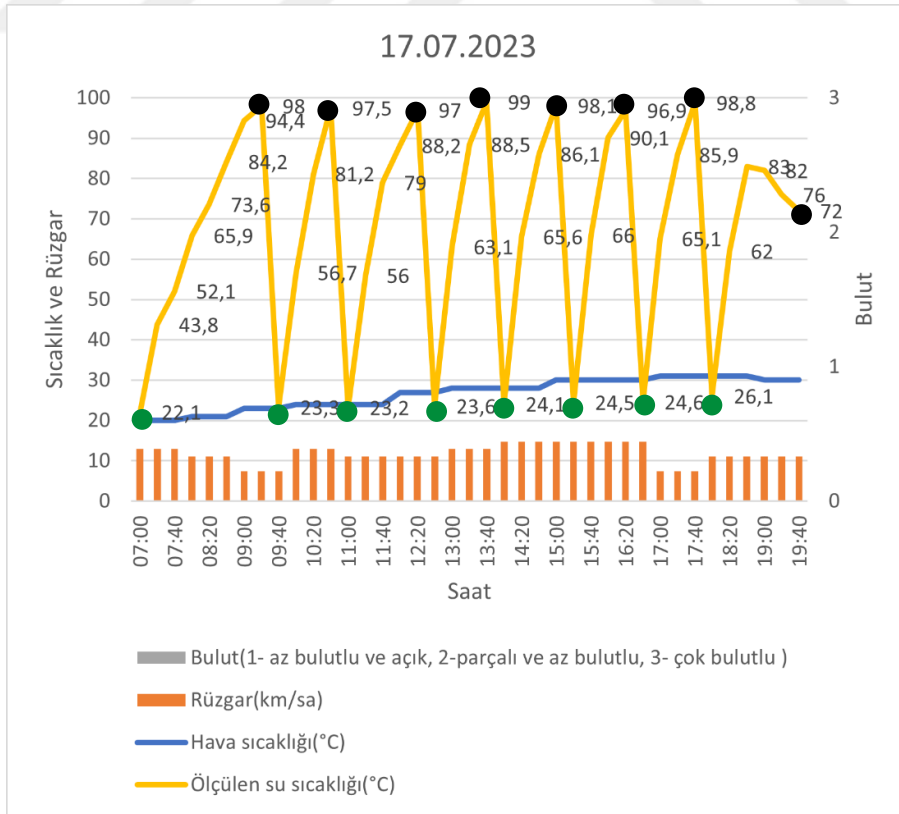
### EK-2 Deney yapılan diğer günler



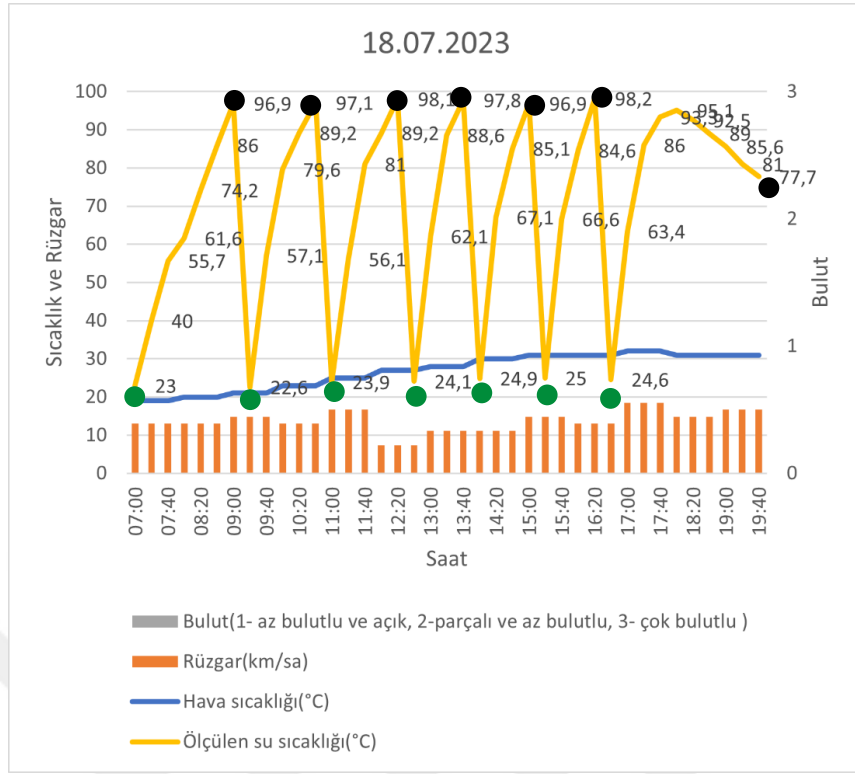
Şekil 4.5 14 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi ( ● ile gösterilen nokta deney başlangıcını ve ● ile gösterilen nokta deney sonunu gösterir)



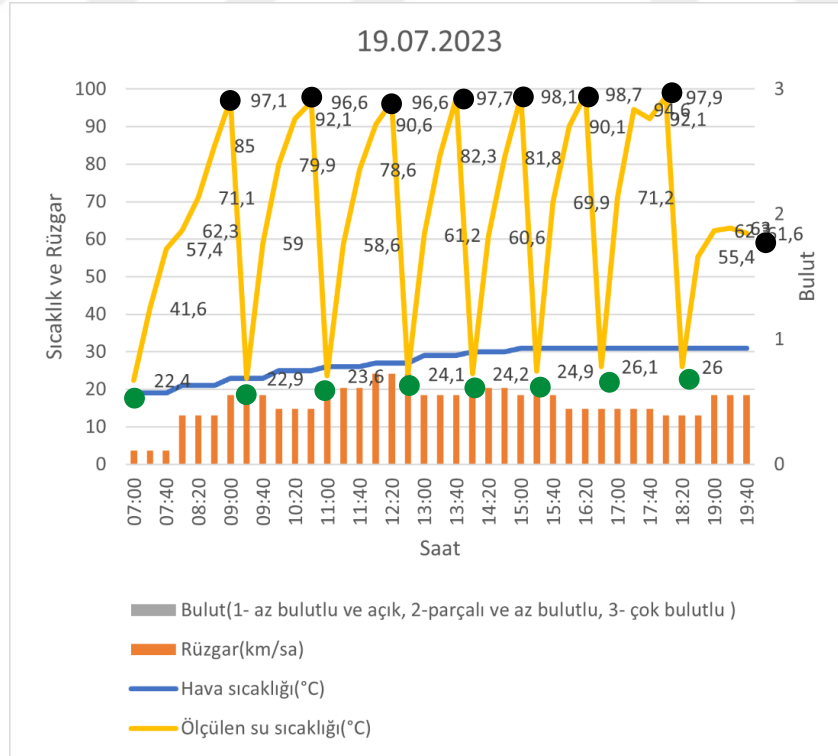
**Şekil 4.7** 16 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi ( ● ile gösterilen nokta deney başlangıcını ve ● ile gösterilen nokta deney sonunu gösterir)



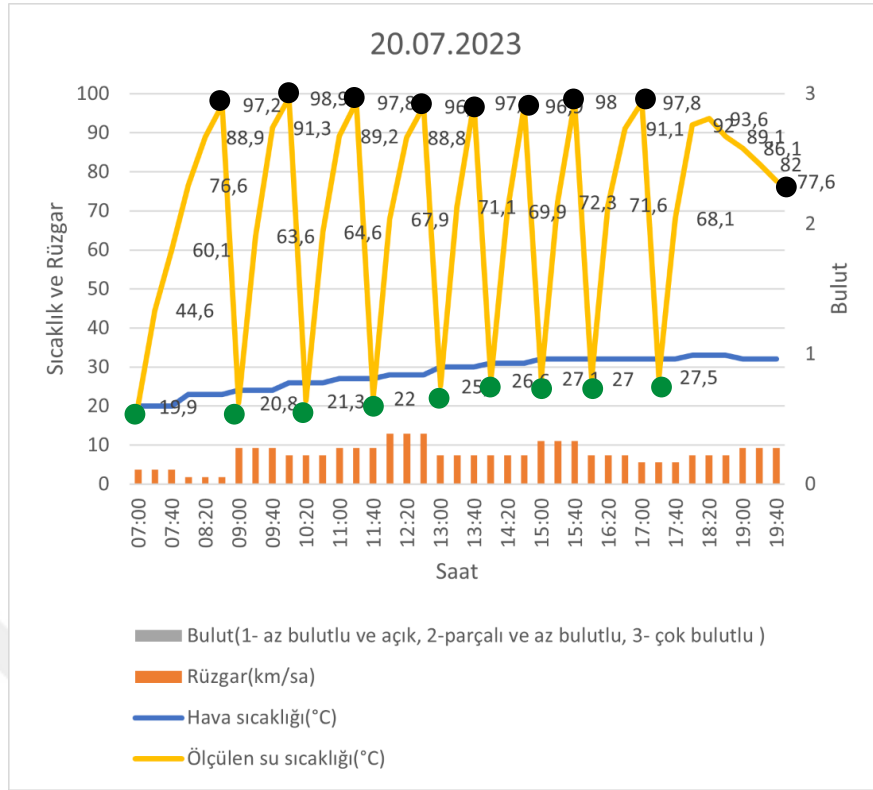
**Şekil 4.8** 17 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi ( ● ile gösterilen nokta deney başlangıcını ve ● ile gösterilen nokta deney sonunu gösterir)



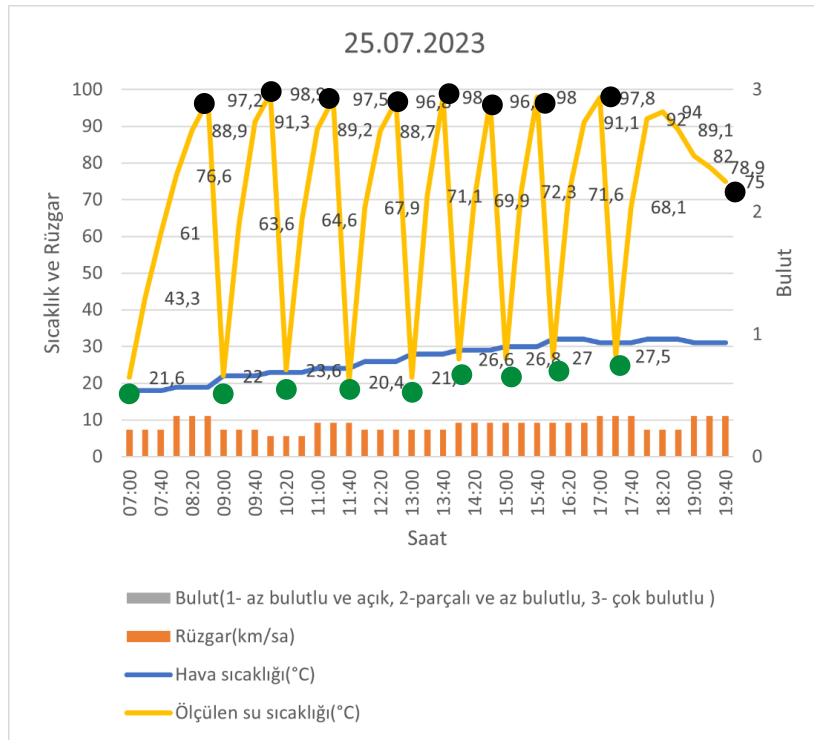
**Şekil 4.9** 18 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi ( ● ile gösterilen nokta deney başlangıcını ve ● ile gösterilen nokta deney sonunu gösterir)



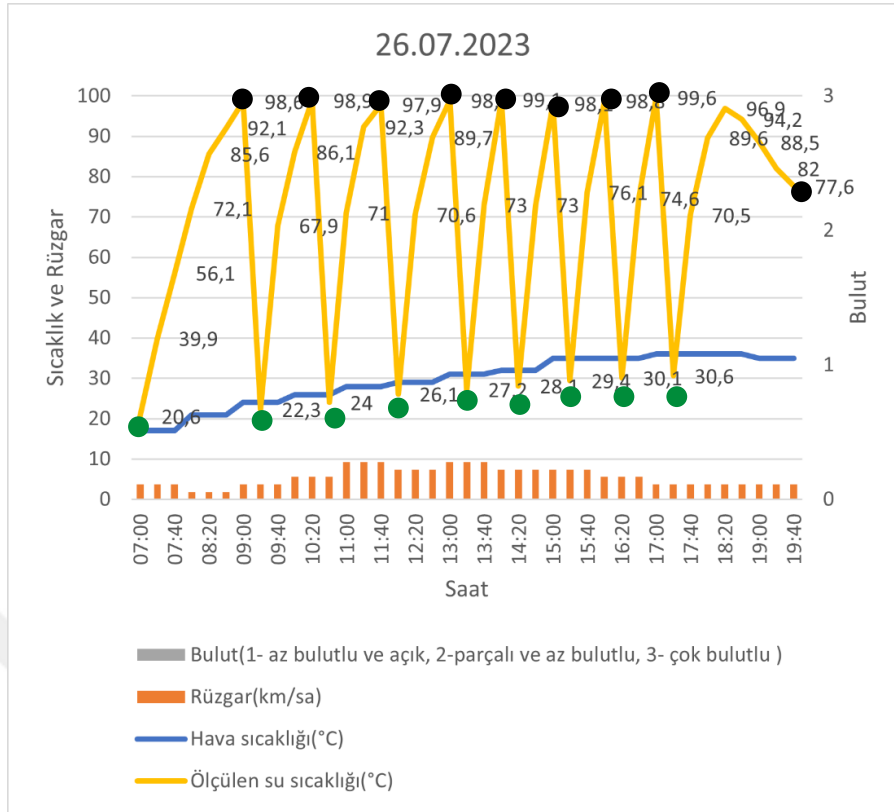
**Şekil 4.10** 19 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi ( ● ile gösterilen nokta deney başlangıcını ve ● ile gösterilen nokta deney sonunu gösterir)



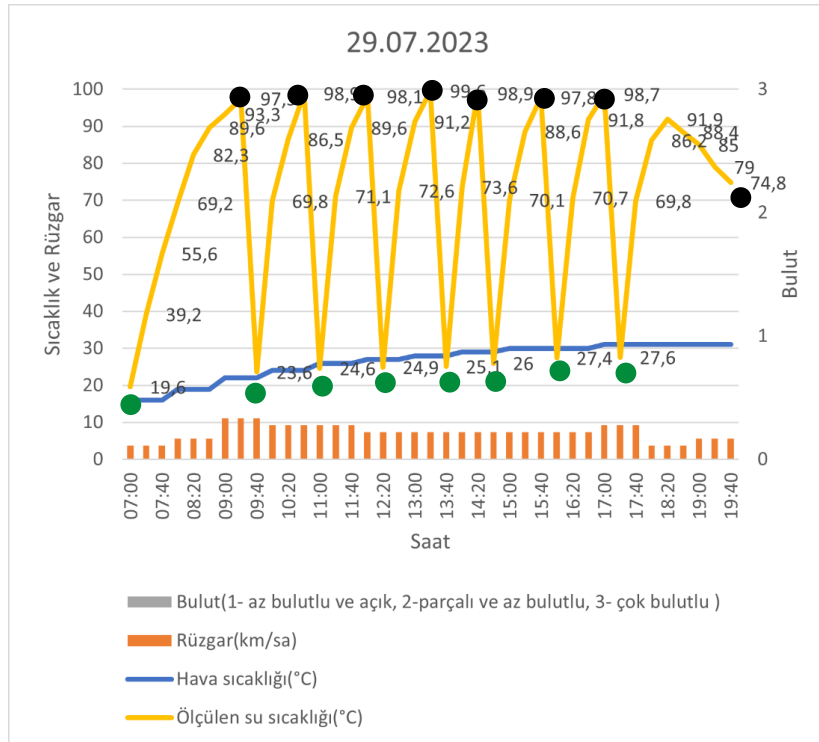
Şekil 4.11 20 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi ( ● ile gösterilen nokta deney başlangıcını ve ● ile gösterilen nokta deney sonunu gösterir)



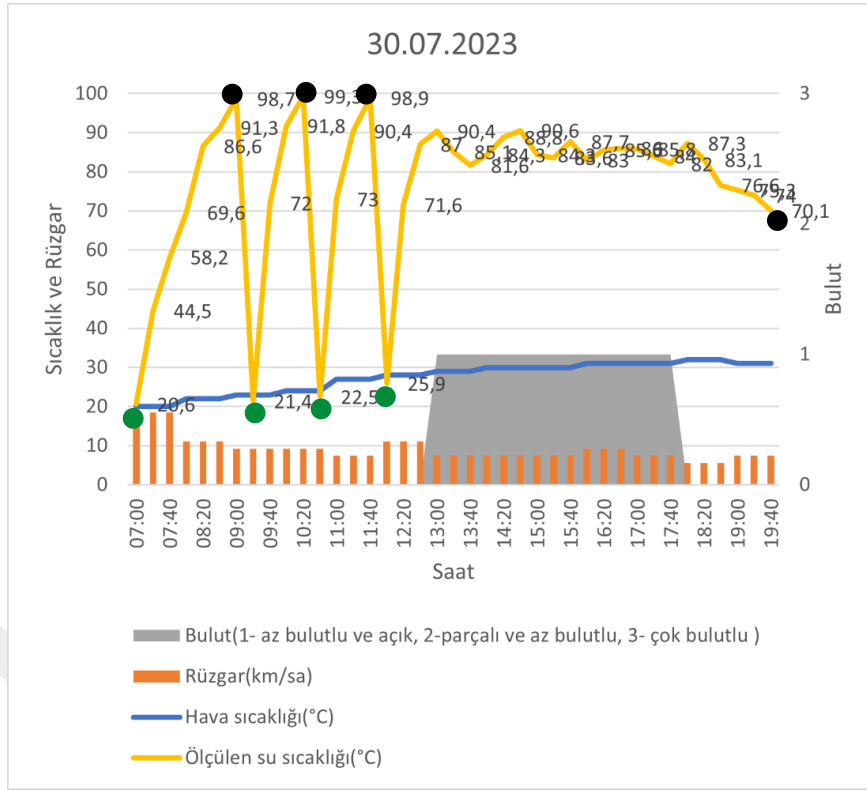
Şekil 4.16 25 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi ( ● ile gösterilen nokta deney başlangıcını ve ● ile gösterilen nokta deney sonunu gösterir)



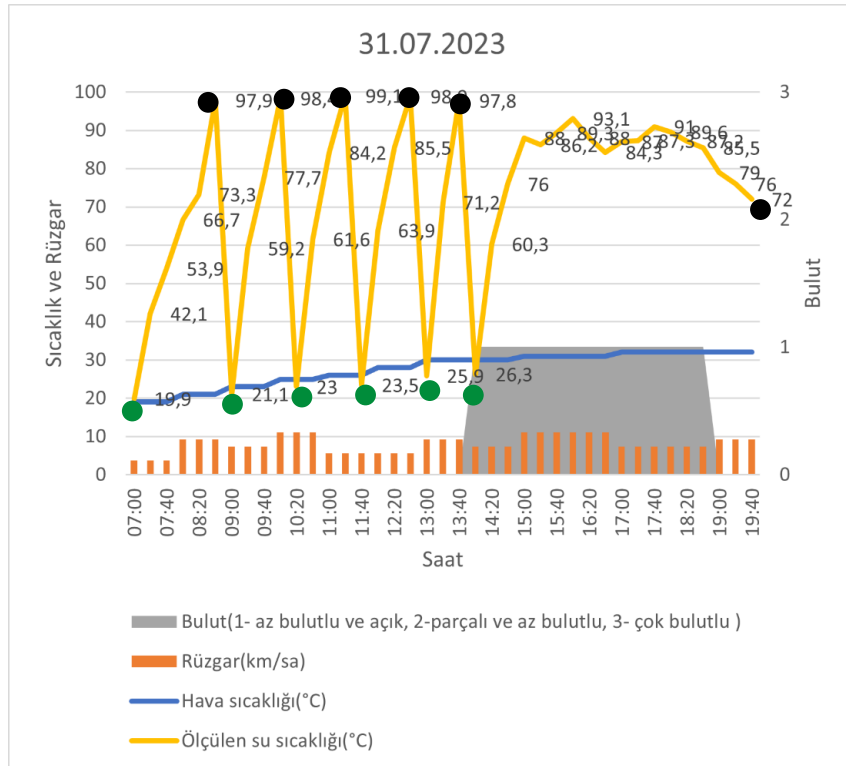
**Şekil 4.17** 26 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi ( ● ile gösterilen nokta deney başlangıcını ve ● ile gösterilen nokta deney sonunu gösterir)



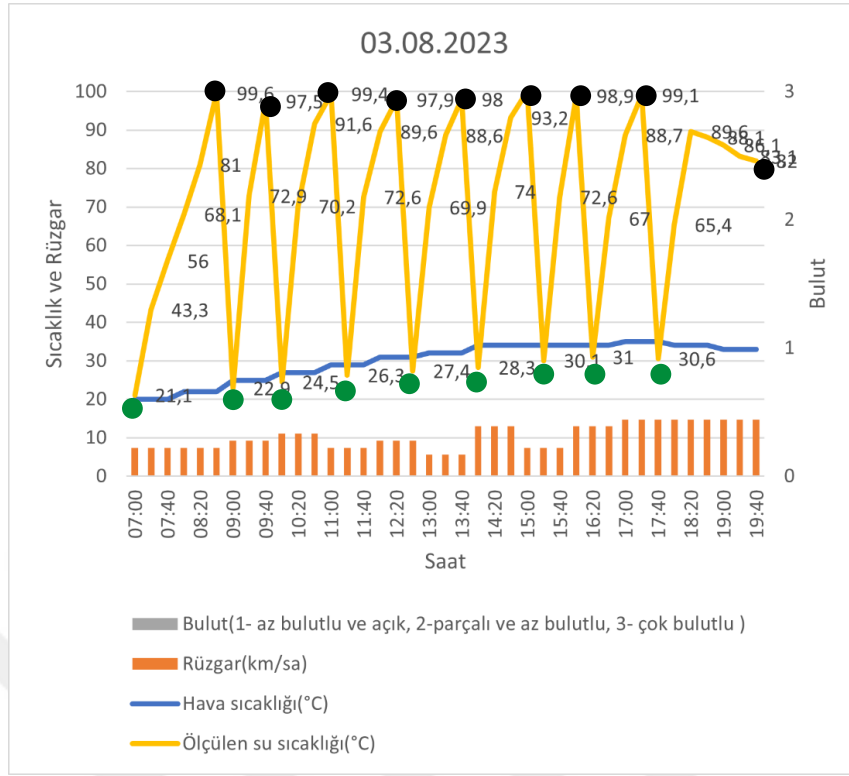
**Şekil 4.20** 29 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi ( ● ile gösterilen nokta deney başlangıcını ve ● ile gösterilen nokta deney sonunu gösterir)



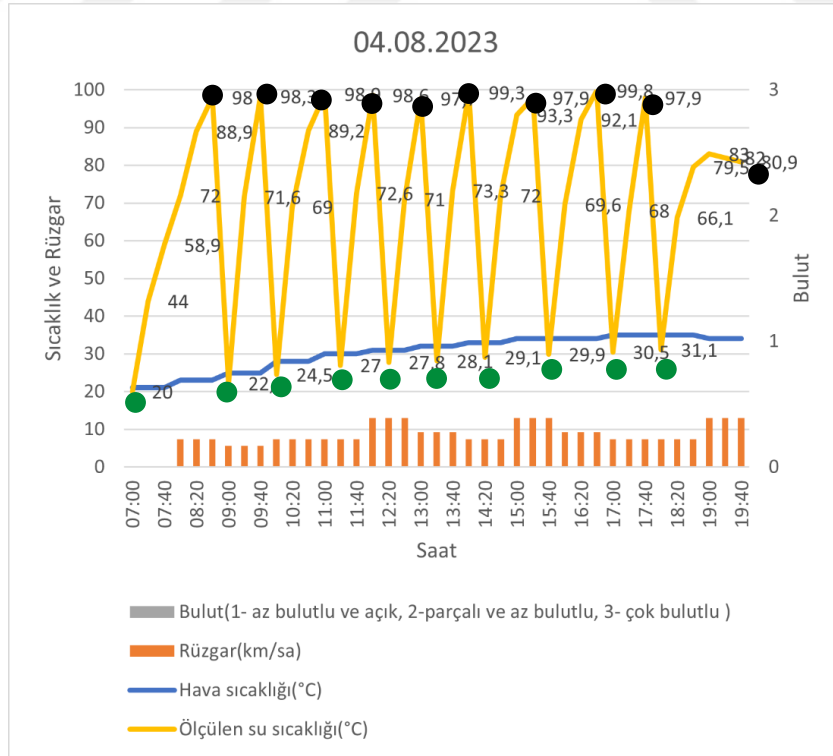
**Şekil 4.21** 30 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi ( ● ile gösterilen nokta deney başlangıcını ve ● ile gösterilen nokta deney sonunu gösterir)



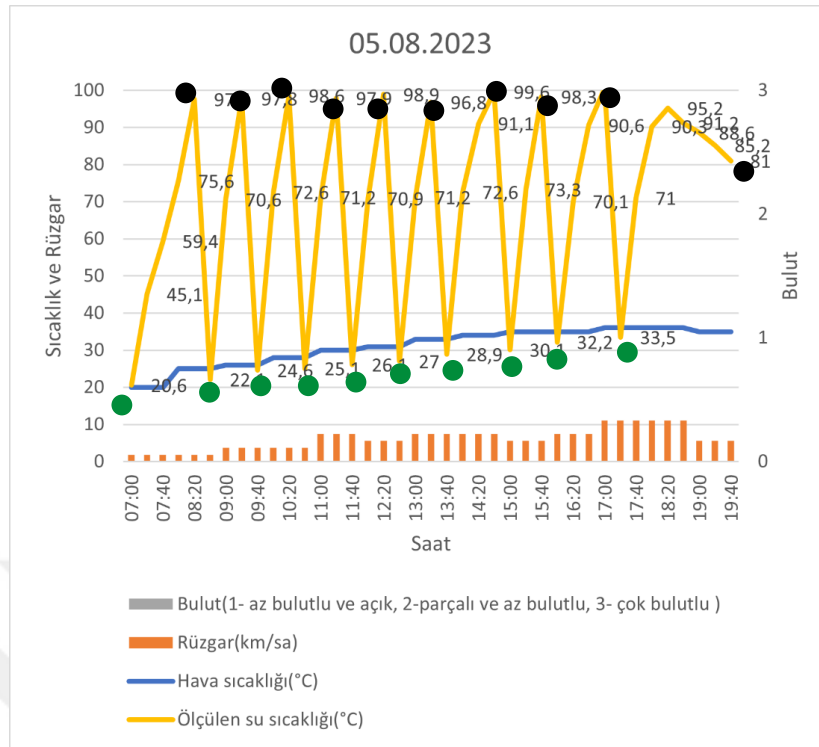
**Şekil 4.22** 31 Temmuz deney verileri grafiksel gösterimi ( ● ile gösterilen nokta deney başlangıcını ve ● ile gösterilen nokta deney sonunu gösterir)



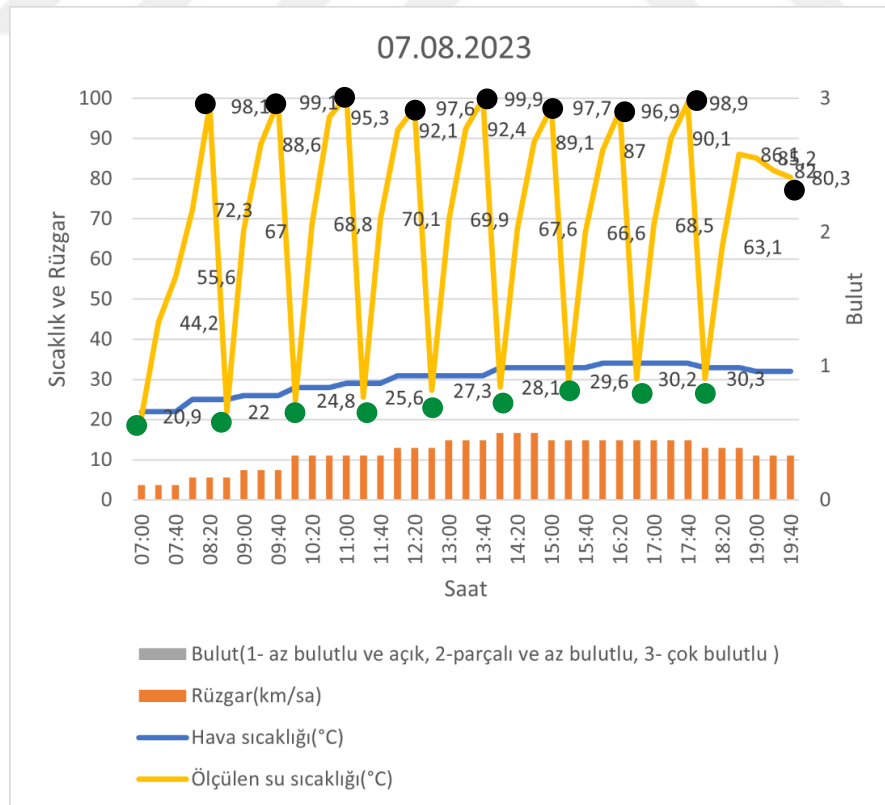
**Şekil 4.25** 03 Ağustos deney verileri grafiksel gösterimi ( ● ile gösterilen nokta deney başlangıcını ve ● ile gösterilen nokta deneyin sonunu gösterir)



**Şekil 4.26** 04 Ağustos deney verileri grafiksel gösterimi ( ● ile gösterilen nokta deney başlangıcını ve ● ile gösterilen nokta deneyin sonunu gösterir)



Şekil 4.27 05 Ağustos deney verileri grafiksel gösterimi ( ● ile gösterilen nokta deney başlangıcını ve ● ile gösterilen nokta deney sonunu gösterir)



Şekil 4.29 07 Ağustos deney verileri grafiksel gösterimi ( ● ile gösterilen nokta deney başlangıcını ve ● ile gösterilen nokta deney sonunu gösterir)