

**T.C.**  
**MUĞLA ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ENERJİ ANABİLİM DALI**

**MUĞLA ŞARTLARINDA GÜNEŞLİ PİŞİRİCİLERİN ISIL TEST İŞLEMLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**YÜKSEL KARADAĞ**

**HAZİRAN 2007**  
**MUĞLA**

**T.C.**  
**MUĞLA ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ENERJİ ANABİLİM DALI**

**MUĞLA ŞARTLARINDA GÜNEŞLİ PİŞİRİCİLERİN ISIL TEST İŞLEMLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Yüksel KARADAĞ**

**MUĞLA 2007**

## ÖN SÖZ

Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte giderek artan enerji ihtiyacını, sınırlı rezerve sahip olan fosil yakıtların karşılaması orta ve uzun vadede pek mümkün görünmemektedir. Bu durum ülkeleri yeni enerji kaynakları aramaya yöneltmektedir. Güneş enerjisi yeni ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olmasının yanında, çevreyi kirletici artıklarının olmaması, yerel olarak uygulanabilmesi ve karmaşık bir teknoloji gerektirmemesi gibi üstünlükleri nedeniyle son yıllarda üzerinde yoğun çalışmaların yapıldığı bir konu olmuştur.

Bu tez çalışmasında güneş ocakları hakkında detaylı teorik bilgiler verilmiştir. Paraboloid güneş ocağı ile İzmir ve Muğla iklim koşullarında deneyler yapılmış gerekli hesaplamalar yapılmıştır. Ayrıca ısı kutulu bir güneş ocağı imal edilmiş ve Muğla iklim koşullarında test edilmiştir. Gereken hesaplamalar yapılmıştır.

Bu tez çalışmasında yardımlarını esirgemeyen tez danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Asude ELTEZ'e, paraboloid tipteki güneş ocağını imal ederek üniversitemize hediye eden Sayın Prof. Dr. Gazanfer HARZADIN beye, deneyler esnasında yardımcı olan Arş. Gör. Ramazan YILMAZ'a teşekkür ederim.

Yüksel KARADAĞ

MUĞLA

01/06/2007

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa No

ÖNSÖZ .....	I
İÇİNDEKİLER.....	II
ÖZET.....	IV
ABSTRACT.....	V
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VIII
KISALTMALAR VE SEMBOLLER DİZİNİ.....	IX
<b>1.GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ</b> .....	2
2.1 Güneşli Pişirici Çeşitleri.....	5
2.1.1. Odaklayıcı pişiriciler.....	5
2.1.2. Isı kutulu güneşli pişiriciler.....	8
2.1.3. Düzlemsel toplayıcı tipi pişiriciler.....	10
2.2. Isı Kutulu Güneşli Pişiricilere Termodinamik Açından Bakış.....	11
2.2.1. Bir ısı kutulu güneşli pişiricideki ısı kazancı.....	12
2.2.2. Isı kutulu güneşli pişiricilerden ısı kaybı.....	13
2.2.2.1. Yan yüzey ve tabandan ısı kaybı .....	14
2.2.2.2. Örtüden ısı kaybı.....	16
2.2.2.3. Isı kutulu güneşli pişiriciden pişirme kabına ısı transferi..	18
2.2.3. Bir ısı kutulu pişiricide kullanılan yapısal malzemeler.....	20
2.2.4. Buhar bariyeri kullanarak nem direnci.....	21
2.2.5. Namibya'daki malzeme deneyimleri.....	21
2.2.6. Saydam üst örtü ve yansıtıcı kapak malzemeleri ve tasarımı.....	23
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM</b> .....	25
3.1 Paraboloid Güneş Ocağı.....	25
3.2. Isı Kutulu Güneşli Pişirici Performansının Test Edilmesi.....	25
3.2.1. Pişirme gücünün hesaplanması.....	26
3.2.2. Ortalamaların hesaplanması.....	26
3.2.3. Pişirme gücünün standartlaştırılması.....	26

3.2.4. Sıcaklık farkları.....	27
3.2.5. Grafik çizimi ve regresyon eğrisinin elde edilmesi.....	27
3.2.6. Performansın basit ölçümü.....	27
3.2.7. Sonuçların raporlanması.....	28
3.2.8 Soğutma eğrisi analizi.....	29
3.2.9. Isınma eğrisinin analizi.....	31
3.2.10. Performans denklemi.....	31
3.2.11. Sıcaklığın(T) değişimine karşı optik verimlilik faktörünün( $F' \cdot \eta_0$ ) grafiği.....	32
3.2.12. Pişirici performans karakteristik eğrisi.....	33
3.3. Sistem Tasarımı.....	34
3.3.1. Paraboloid güneş ocağının boyutları .....	34
3.3.2. Parabol ve paraboloid.....	38
3.3.2.1. Parabol çizim metodu.....	39
3.4. Güneş Yükseklik Açısının Seçimi ve Güneşli Pişiricinin Çalışma Zamanının Hesaplanması.....	40
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....</b>	<b>41</b>
4.1. Paraboloid Güneş Ocağı Deneyleleri.....	41
4.2. Isı Kutulu Güneş Ocağı Deneyi.....	48
<b>5. SONUÇLAR ve TARTIŞMA.....</b>	<b>53</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>55</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>57</b>

# MUĞLA ŞARTLARINDA GÜNEŞLİ PİŞİRİCİLERİN ISIL TEST İŞLEMLERİ

(Yüksek Lisans Tezi)

YÜKSEL KARADAĞ

MUĞLA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

2007

## ÖZET

Bu çalışmada özellikle gelişmemiş ülkelerde yaygın olarak kullanılan güneşli pişiriciler ve yapılan araştırmalar incelenmiştir. Bu incelemelerden yararlanılarak odak uzaklığı 28.49 cm odak noktasının yerden yüksekliği 73.49 cm ve 1.54 m<sup>2</sup> açıklık alanına sahip bir paraboloid güneş ocağı tasarlanmıştır. Bu pişirici yatay ekseninde döndürülerek güneşi izlemektedir. Deneyler Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde ve Muğla Üniversitesi Mühendislik Fakültesi'nde yapılmıştır. Deney sonuçları her iki bölge için ayrı ayrı değerlendirilmiş, sonuçlar yorumlanmıştır. Ayrıca eni 36 cm, boyu 46.3 cm ve derinliği 18.5 cm olan ısı kutulu güneş ocağı tasarlanmış ve deneyler Muğla Üniversitesi Mühendislik Fakültesi'nde yapılmıştır.

Kolay taşıma, kurma, kullanım açısından özellikle kırsal kesimde bu tip pişiricilerin kullanıma sunulması ve yaygınlaştırılması önerilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Paraboloid güneş ocağı, ısı kutulu güneş ocağı

**Sayfa adedi** : 57

**Tez yöneticisi** : Yrd. Doç. Dr. Asude ELTEZ

**THERMAL ANALYSIS OF SOLAR COOKERS IN  
THE CLIMATE OF MUĞLA**

**(M. Sc. Thesis)**

**YÜKSEL KARADAĞ**

**MUĞLA UNIVERSITY  
INSTITUTE of SCIENCE and TECHNOLOGY**

**2007**

**ABSTRACT**

A paraboloid dish solar cooker has been designed, constructed and tested in Ege University and Muğla University. Stagnation temperature, water heating and cooling tests were conducted in both area. The cooker is made simple, durable and of low cost. The cooker has an aperture area of 1.54 m<sup>2</sup> and a focal length of 0.2849 m and was found to provide an adequate temperature needed for cooking. A box type solar cooker which has dimensions of 36\*46.3\*18.5 cm, has been designed and constructed. This cooker has been tested in Mugla University.

The energy required for cooking in the rural area represents a considerable demand of energy. Simple, inexpensive and reliable solar cookers can provide a low cost practical solution for such problems.

**Keywords:** Paraboloid solar cooker, box type solar cooker

**Pages** : 57

**Adviser** : Yrd. Doç. Dr. Asude ELTEZ

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil No</u>	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 Kabin yerleştirildiği odak bölgesinde direkt ışınları yoğunlaştıran parabolik düzlem tipi yansıtıcı odaklayıcı bir güneşli pişirici.....	7
Şekil 2.2 Parabolik tip güneşli pişirici.....	7
Şekil 2.3. “Minimum” kutulu güneşli pişirici.....	9
Şekil 2.4. “Basit Kapaklı” Pişirici.....	9
Şekil 2.5“Heaven’s Flame” pişiricisi.....	9
Şekil 2.6. Katlanabilir kutulu güneşli pişirici.....	9
Şekil 2.7. Güneş Tavasası pişirici.....	9
Şekil 2.8. Su pastörize edici güneşli pişirici.....	9
Şekil 2.9. İzleyicili Kutulu Pişirici.....	9
Şekil 2.10. Pizza Kutusundan Pişirici.....	10
Şekil 2.11. Dış Lastikten Pişirici.....	10
Şekil 2.12. Düzlemsel toplayıcı tipi bir pişirici ile pişirme kabının iç kapalı ortamlarda kullanılabilmesi.....	11
Şekil 2.13. Bir kutulu güneşli pişiricinin pişirme kabıyla birlikte kesiti.....	12
Şekil 2.14. Sera etkisi.....	13
Şekil 2.15. Verilen güneş akısının birkaç değeri için, yan yüzey direncinin bir fonksiyonu olarak ısı kutusunun sıcaklığı.....	15
Şekil 2.16. Test yan yüzeylerinin deneysel direnç değerleri .....	16
Şekil 2.17. Üst ısı kayıp katsayıları( $N_c=1$ ).....	17
Şekil 2.18. Üst ısı kayıp katsayıları ( $N_c=2$ ).....	18
Şekil 2.19. Yutucu yüzey kalınlığının pişirme zamanı üzerindeki etkisi.....	19
Şekil 2.20. Kutulu güneşli pişirici testi, sıcaklıklar.....	22
Şekil 2.21. Kutulu güneşli pişirici testi, güneş ışıması.....	23
Şekil.3.1. Paraboloid Güneş Ocağı.....	25
Şekil 3.2. Sıcaklık farklarına karşı standartlaştırılmış pişirme gücü eğrisi.....	27
Şekil 3.3. Isınma ve Soğuma Eğrileri.....	29

Şekil 3.4. Soğutma eğrisinin $\tau_0$ elde etmek için doğrusallaştırılması.....	31
Şekil 3.5 . $F^* \cdot \eta_0$ 'nun ortalama değerini elde etmek için kullanılan grafik.....	33
Şekil 3.6. Performans karakteristik eğrisi.....	33
Şekil 3.7. Gün doğuşu ve batışında odak noktası.....	35
Şekil 3.8. Öğle üzeri odak noktası.....	35
Şekil 3.9. Parabolik/küresel tip bir güneşli pişiricinin çalışma prensibi.....	36
Şekil 3.10. Güneşli pişiricinin toplayıcı açısı.....	36
Şekil 3.11. Konveks ve konkav parabolik.....	37
Şekil 3.12. Yansıtıcı yüzeyin yapısı.....	37
Şekil 3.13. Üçlü yay çizimi.....	38
Şekil 3.14. Parabolun geometrik ifadesi.....	38
Şekil 3.15. Koordinat sisteminde parabol çizimi.....	39
Şekil 4.1. 09.06.2003 tarihinde yapılan deney sonuçlarına göre elde edilen ısıtma-soğuma grafiği.....	42
Şekil 4.2. 09.06.2003 tarihinde yapılan deney sonuçlarına göre elde edilen pişirici performans karakteristik eğrisi.....	43
Şekil 4.3. Muğla Üniversitesinde test edilen paraboloid güneş ocağı.....	44
Şekil 4.4. 23 Şubat 2006 tarihinde Muğla'da Deneyi Yapılan Güneş Ocağının ısıtma-soğuma grafiği.....	46
Şekil 4.5. Güneş Ocaklarının Performans Karakteristik Eğrileri.....	47
Şekil 4.6. Güneş Ocaklarının Su Isıtma Testi Sonuçları.....	47
Şekil 4.7. Muğla Üniversitesi 4 Ağustos 2006 tarihli deney ısıtma-soğuma grafiği.....	48
Şekil 4.8. Isı Kutulu Güneş Ocağı.....	49
Şekil.4.9. Isı Kutulu Güneş Ocağı ile deneyin yapılışı.....	50
Şekil 4.10. Sıcaklık farklarına göre pişirme gücü grafiği.....	50
Şekil 4.11. Sıcaklık farklarına karşı standartlaştırılmış pişirme gücü grafiği.....	51

**ÇİZELGELER DİZİNİ**

<b><u>Çizelge No</u></b>	<b><u>Sayfa No</u></b>
Çizelge 2.1. Pişirme amaçlı bazı yakıtlar ve alt ısı değerleri.....	3
Çizelge 2.2. Temas direnci, yayma katsayısı ve yalıtımın pişirme zamanı üzerindeki etkisi.....	20
Çizelge 2.3. Potansiyel yansıtıcı malzemeler ve normal speküler yansıtma.....	24
Çizelge 3.1. Dört enlem bölgesi ve dört mevsim için çalışma zamanları.....	40
Çizelge 4.1. Deneylelerdeki kabuller.....	45
Çizelge 4.2. Deneylelerde ölçülen ve hesaplanan değerler.....	45
Çizelge 4.3. Deneylelerde Hesaplanan Sonuçlar.....	46
Çizelge 4.4. Güneşli pişiricilerin özellikleri ve üstünlükleri.....	51

**KISALTMA VE SEMBOLLER DİZİNİ**

$A_a$ = Parabolik yansıtıcının açıklık alanı

$A_r$ = Enerji toplanan alan( alıcı alanı )

$C$ = Konsantrasyon oranı

$C_w$ = Suyun özgül ısı kapasitesi

$F$ = Parabolun odak noktası

$f = |OF| = 1/2 P$ , Parabolun odak uzunluğu

$F'$ = Isı değişim verimliliği faktörü

$F_R$ = Gerçek ısı kazancı/Mümkün olan en büyük ısı kazancı

$h$ = Güneş yükseklik açısı

$I_b$ = Açıklık alanına gelen direk ışınım

$I_i$  = Ortalama aralık ışınım şiddeti

$M$ = Isıtılacak akışkanın kütlesi

$(M \cdot C)_w$ = Su ve kabın kütle \*özgül ısıları

$N_c$  = Cam örtü sayısı

$P_i$  = Pişirme gücü

$P_s$  = Standartlaştırılmış pişirme gücü

$Q$ = Parabolun tepe noktası

$q''$ = Isı akısı

$Q_u$ = Gerçek faydalı enerji kazancı

$R$  = Isıl direnç

$R_c$  = Taşınım direnci

$R_{rad}$  = Işıma direnci

$S$ = Açıklık birim alanında yutulan ışınım

$T_a$  = Dış ortam sıcaklığı

$T_{AM}=12-X$  = Sabah pişirmeye başlama zamanı

$T_d$ = Sıcaklık farkı

$T_f$ = Akışkan sıcaklığı

$T_{PM}=X$ = Öğleden sonra pişirmeyi durdurma zamanı

$T_{pm}$ =Yutucu levhanın ortalama sıcaklığı

$T_w$  = Pişirme kabındaki suyun sıcaklığı

$T_1$ = Başlangıç su sıcaklığı

$T_2$ = Son su sıcaklığı

$U_L$ = Tüm ısı kayıp faktörü(alıcı yüzeyden çevre havasına)

$1/U_L$ = Absorber yüzey ve dış hava arasındaki ısı transfer direnci

$1/U_o$ = Akışkan ile dış hava arasındaki ısı transfer direnci

$U_t$ = Üst ısı kayıp katsayısı

$V$ = Rüzgar hızı

$\eta_o$ = Optik verimlilik

$\tau$ = Zaman

$\Phi$ =Güneşli pişiricinin yerleştirildiği bölgenin enlem derecesi

$\delta$ =Deklinasyon

## 1.GİRİŞ

Güneş ocakları, güneş enerjisi ile çalışan ve pişirme amaçlı kullanılan sistemlerdir. Yakıtsız, ekonomik, çevre dostu, yerli, ithal enerji kaynaklarına alternatif, orman tahribatlarını önlemeye yardımcı, kırsal bölgelerin sosyo-ekonomik kalkınmasına destek olmaları bu ocaklar üzerinde araştırmaların yaygınlaşmalarına neden olmuştur.

Günümüzde mevcut enerji türlerinin maliyetlerinin sürekli artma eğilimi göstermesi ve giderek tükenme noktalarına yaklaşmış olması, ülkeleri yeni enerji kaynakları aramaya yöneltmektedir. Yeni enerji kaynaklarının başında güneş enerjisi gelmektedir. Temiz enerji oluşu, tükenme ihtimalinin olmaması güneş enerjisi ile ilgili araştırmaların yaygınlaşmasına neden olmaktadır.

Güneş enerjisinin pişirme amaçlı kullanımına yönelik yapılan araştırmalar sonucu geliştirilen çok sayıda güneşli pişirici modeli mevcuttur (Murthy ve Norasolah, 1985).

Bu pişirici modellerinin bazıları Hindistan gibi gelişmekte olan ülkelere ticari olarak üretim potansiyeline sahiptir. Geliştirilen bir pişiricinin yaygın bir kullanıma ulaşabilmesi için aşağıda belirtilen bazı özelliklere sahip olması gerekir:

- Geleneksel pişirme sistemlerine göre avantajlara sahip olması ve yerine geçebilmesi.
- Kullanım kolaylığı.
- Küçük boyutlarda üretilebilmesi.
- Yerel malzeme ve teknik elemanlarla yapılabilmesi.
- Yaşam biçimi ve alışkanlıklarla uyumlu olması.
- Bakım ve onarımının kolaylıkla yapılabilmesi.

Ülkemizde güneşli pişiriciler, yerleşiminin uygun olduğı kırsal yörelerde, yazları kullanılan sahil bölgelerinde geliştirilecek modellerle kullanılma potansiyeline sahiptir. Ancak günümüzde mevcut geleneksel sistemlerin yaygınlığı ve güneşli pişirme üniteleri konusunda ticari bir üretim söz konusu olmadığından kullanım yok denilecek düzeydedir. Yapılacak çalışmalar ve geliştirilecek toplumca kabul edilebilir modellerin üretime yansıtılmasıyla bu kullanım özendirilebilecektir.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Tüm toplumlarda birincil enerji ihtiyaçlarından biri de yiyeceklerin pişirilmesidir. Et, balık, sebze, yumurta, unlu besinler gibi tarımsal ürünlerin çoğu çeşitli türlerde ısıtım işlemler sonucu tüketilebilir hale getirilirler (Nahar ve Gupta, 1991).

H. H. Öztürk (2004), Prof. Dr. Gazanfer Harzadın tarafından tasarlanıp üretilen parabolik güneşli bir pişiricinin deneyleri sonucunda enerji ve ekzerji analizlerini gerçekleştirmiştir.

M. Esen (2004), M. Esen ve ark.(2005) tarafından ısı borulu toplayıcı kullanan güneş enerjili bir pişirici deneysel olarak test edilmiştir. Deneysel çeşitli soğutucu akışkanlar kullanılarak pişiricinin performans değerlendirilmesi yapılmıştır.

A. V. Sonune, S. K. Philip (2003) fresnel tipte bir güneş ocağını tasarlayıp imal ederek test ederek, çeşitli yiyeceklerin, çeşitli miktarlarda pişirme sürelerini saptamışlardır.

E. Sharaf (2002), yeni, ekonomik, konik bir güneşli pişirici tasarlayıp imal etmiş ve deneysel çalışmaları sonucunda güneş ocağının ısı performansını elde etmiştir.

P. Purohit ve ark.(2002), Hindistan'da pişirme amaçlı yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı konusunda araştırma yaparak bazı tahminler elde etmişlerdir. Kırsal kesimde ısı kutulu güneş ocaklarının kullanımı ile ilgili bir nomograf elde etmişlerdir.

N. V. Patel ve S. K. Philip (2000), Filipinler, Çin ve Almanya'da geliştirilmiş olan biri paraboloid, diğer ikisi fresnel tipinde üç ayrı tip güneş ocağını ısı performans ve verimliliklerini elde etmek amacıyla test etmişlerdir.

H. Suharta ve arkadaşları (2001), Endonezya'da kullanıcıları tarafından tasarlanıp geliştirilmiş olan güneşli pişirici fırınının test ve deneylerini yaparak performans eğrilerini elde etmişlerdir.

Hosny Z. Ve Abou-Ziyan (1998), Mısır iklim ve çevre şartlarında güneşi izleyen paraboloid tipte ve ısı kutulu tipte iki ayrı güneş ocağının deneysel çalışmalarını yaparak birbirleriyle kıyaslamışlardır.

D. Buddhi ve L. K. Sahoo (1997), ısı depolayan ısı kutulu bir tip güneş ocağını deneysel olarak araştırmışlar, bu pişiricinin güneş olmayan saatlerde de kullanılabilirliğini ortaya koymuşlardır.

P. Kariuki Nyahoro ve arkadaşları (1997), ısı depolayan ve odaklı tipte bir güneş ocağının deneylerini yaparak ocağın ısı depolamasının simülasyonlu performansını elde etmişlerdir.

S. D. Pohekar ve M. Ramachandran (2004; 2005; 2006), yaptıkları üç ayrı çalışmada parabolik güneşli pişiricilerin ve diğer geleneksel tip pişiricilerin Hindistan'da evsel kullanımını çok kriterli değerlendirme yöntemleri kullanarak ortaya koymuşlardır.

Güneş ışınlarını parabolik olarak yoğunlaştıran bu tür güneş ocakları dünyanın çeşitli yerlerinde yemek pişirmek için kullanılmaktadır. EİE'de deneme amaçlı imal edilen güneş ocağı 750 °C sıcaklığa ulaşmaktadır.

Kullanılan pişirme teknikleri kültüre, geleneklere bağlı olarak yöreden yöreye değişiklik göstermektedir. En yaygın pişirme teknikleri kaynama, buğulama, kızartma, fırında pişirme, fırında kızartma olarak sıralanabilir (Nahar ve Gupta, 1991).

Çizelge 2.1'de pişirme amaçlı kullanılan bazı yakıtlar ve alt ısı değerleri verilmiştir.

*Çizelge 2.1. Pişirme amaçlı bazı yakıtlar ve alt ısı değerleri.*

Yakıt cinsi	Alt ısı değeri	
	kcal/kg	kJ/kg
Kurutulmuş hayvan gübresi (Tezek)	2200	9211
Kuru odun	4800	20097
Kuru mangal kömürü	8000	33494
Kok kömürü	7200	63639
Kerosen	10000	41868
Doğal gaz	11740	49153
L.P.G (kcal/m <sup>3</sup> ve kJ/m <sup>3</sup> )	23000	96296
Hava gazı (kcal/m <sup>3</sup> ve kJ/m <sup>3</sup> )	4200	17585
Elektrik (kcal/kWh ve kJ/kWh)	860	3600

Pişirmede kullanılabilen kaynakların her biri farklı pişirme verimleri gösterirler. Örneğin kurutulmuş hayvan gübresinin yanma ısı değeri 2200 kcal/kg mertebesindedir. Hindistan'da bu kaynağın etkinliği 844 kcal/kg gibi çok düşük değerde bulunmuştur. Gıda maddelerinin çoğunda yüksek oranda su vardır. Pişirme sıcaklığına kadar ısıtmak için her 1 °C için ve gramı başına 1 cal gereklidir. Yiyecek ve kaba enerji girişi arttırılırsa pişirme sıcaklığına daha hızlı ulaşılır. Pişirme işleminin önemli bir parçası olan suyun buharlaşması ihmal edilirse ekmek pişirme gibi pişme hızı ısıtma hızından pratik olarak bağımsızdır ve hızı ısı kayıplara eşit alınarak sıcaklık belirli değerde tutulur. Bu da farklı ısıtma periyotları süresi nedeniyle değişik ısıtma kapasitelerine sahip pişiricilerde eşit miktardaki yiyeceklerin pişmesi için gerekli sürelerin farklılığını da açıklar. Düşük veya yüksek ısıtma kapasiteli pişiricilerde pişme için gerekli sürelerde büyük fark gözlenmez.

Pişirme işleminde en fazla enerji tüketimi yiyeckte mevcut suyun buharlaştırılması içindir. Ayrıca kaptan ve fırın yüzeylerinden taşınım kayıpları da önemlidir. Eğer enerji kaynağı sınırlı kapasitede ise fırın yüzeylerinin yalıtımı kap üzerinde kapak kullanarak bu kayıpların kontrolü gereklidir. Eğer yiyecek su kaynama sıcaklığında pişiriliyor ve kap içeriğinin 453.6 gramının 464.5 cm<sup>2</sup> yüzey alanı varsa, kaynayan yiyeceğe bir saatte enerji girişinin dağılımı mevcut suyun dörtte biri buharlaşıyor ve kaptan 6814 kJ/m<sup>2</sup> (1627.5 kcal/m<sup>2</sup>) ısı kaybı oluşuyorsa şöyledir:

Isıtılan malzemeyi kaynama sıcaklığına getirmek	%20
Kaptan taşınım kayıpları	%45
Suyun buharlaşması	%35

Kabul edilen koşullardaki değişiklik bu dağılımı değiştirmekle birlikte, uzun süreli pişirme işlemlerinde verilen enerjinin çoğu israf edilir.

Enerji kaynağından pişirme kabına ısı transferinde sorun güneşli pişirici etkinliğini arttırmaktır. Kaynama oluşuna kadar pişirme kabında ısı transfer katsayısı sıvının nispeten durgun olması nedeniyle düşüktür. Çoğu kez pişirme işleminde yanma gözlenir. Bundan dolayı yalnız ısı transferini arttırmak değil yanmayı ve sistem içinde bazı noktaların fazla ısınmasını önlemek için karıştırmak gereklidir. Bu görüş taneli ürünlerin hazırlanması için doğrudur.

Piştirme kabına ısı transfer mekanizması, piştirme kabı şekli, boyutları ve diğer birçok faktör güneşli piştirme aygıtlarının tasarımı üzerinde etkilidir.

Elektrikli veya gazlı bir sistem piştirmede kullanılıyorsa yaklaşık 1 kW'lık kapasite yeterlidir ve 1 lt su yaklaşık 10 dk'da kaynama noktasına gelir. Fırında kızartma ve fırında piştirme için uygun fırınlar yaklaşık 2 kW'lık kapasiteye sahiptirler. Bu yüzden mevcut sistemlerle kıyaslanabilir olması için güneşli sistem piştirme ortamına kabaca 1 kW enerji sağlamalıdır. Eğer bu sağlanmazsa daha uzun piştirme süresi gerekebilir veya bir defada daha az madde piştirilebilir. Kabaca 2 m<sup>2</sup> ve %50 verimli toplayıcı karşılaştırılabilir (normal) piştirme hızlarına ulaşabilmek için gereklidir.

## 2.1 Güneşli Piştirici Çeşitleri

Güneşli piştiriciler pilav, sebze, et, kek vb. gibi yiyeceklerin piştirilmesinde kullanılırlar (Buddhi ve Sahoo, 1997). Çok sayıda güneşli piştirici çeşidi bulunmaktadır. Bunlar başlıca iki ana gruba ayrılabilir. Birincisi güneş enerjisinin piştirme kabı üzerindeki bir reflektör ile toplanması temeline dayanan odaklayıcı veya toplayıcı tip güneşli piştiriciler, diğeri odaklanma ile sera özelliğinin birleşik etkisine dayanan ısı kutulu güneşli piştiricilerdir (El-Sebaai, 1997). Daha çok gelişmekte olan ülkelerdeki araştırmacılar tarafından geliştirilen modeller ticari olarak da kullanım potansiyeli bulmuştur. Ayrıca kamplarda ve pikniklerde kullanılmak üzere katlanabilir, yansıtıcı, kolay taşınabilir yapıda güneş ocakları geliştirilmektedir(Anonim a). Geliştirilen bu güneşli piştirici tipleri aşağıda alt bölümlerde belirtilen şekilde sınıflandırılabilir.

### 2.1.1. Odaklayıcı piştiriciler

Bu tip piştiricide noktasal odaklamadan yararlanır. Gelen güneş radyasyonu piştirme kabı üzerine odaklanır. Bu sistemde odaklama özelliği nedeniyle 150 °C ile 400 °C arasında sıcaklıklara ulaşabildiğinden hemen hemen her tür malzeme piştirilebilir(Atan, 1995).

Piştirme kabı, odaklanan radyasyonun çoğu kap tabanına gelecek şekilde yerleştirilir. Bu sistem geleneksel piştirme yöntemleri ile benzerlik gösterir. Ulaşılan yüksek sıcaklıklar nedeniyle aşırı ısınma ve yiyeceklerin yanma tehlikesi vardır(Atan, 1995).

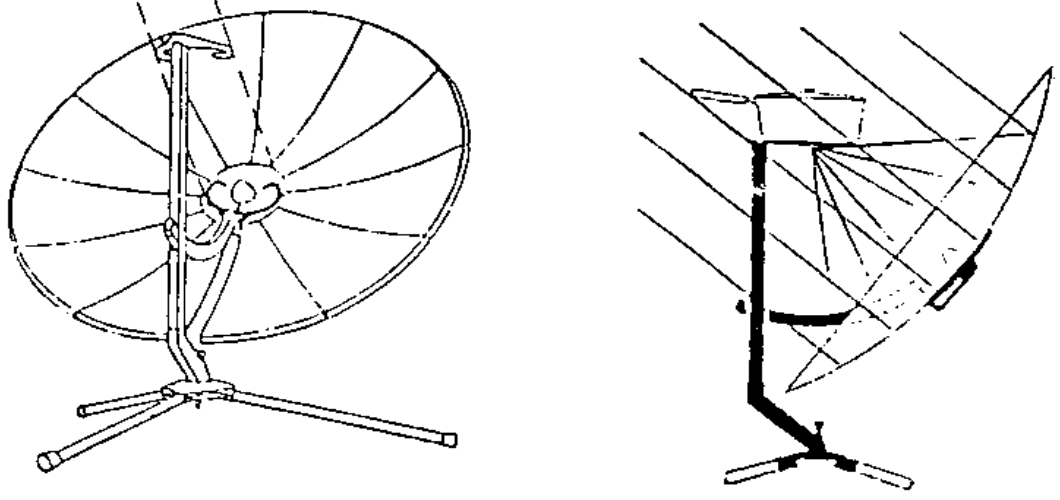
Bu tip piştiricilerde noktasal odaklama yapıldığından direkt güneş ışınlarına gerek duyulur. Bulutsuz güneşli günler çalışma için uygundur. Sistem üzerine gölge düşmesi veya havanın bulutlanması durumunda piştirme kabına enerji akışı kesilir. Gölgelemeden sonra sistemin güneşli andaki koşullara dönmesi için gerekli süre gölgelenme zamanı, piştirme kabı boyutları, rüzgar gibi faktörlere bağlıdır. Ancak bu süre kısa gölgelenme periyotları için sistemde ulaşılan yüksek sıcaklıklar nedeniyle uzun değildir. Bu tip sistemler belirli sürelerle (10–20 dakika) güneşi izlemek için ayarlanmalıdır(Atan, 1995).

Derince olan iç bükey odaklayıcı piştiriciler daha az sıklıkla ayarlanma gerektirir. Bununla beraber odaklayıcı içine piştirme kabının yerleştirilmesi nedeniyle uygunsuz çalışma koşulunu oluşturabilir(Atan, 1995).

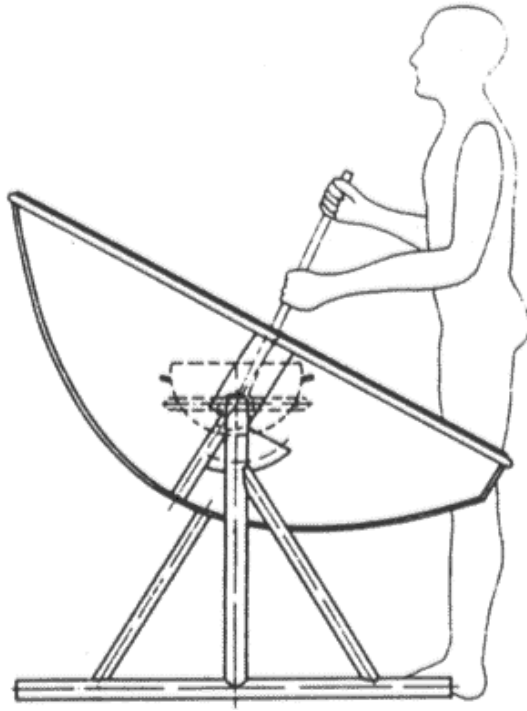
Bu piştiriciler diğer piştirici tiplerine göre birçok üstünlüğe sahiptir. Örneğin yüksek piştirme sıcaklıklarına ulaşabilme ve daha hızlı piştirme olanağına sahiptirler. Ayrıca her türlü besinin piştirilebilmesine uygundur. Bu piştiricilerin istenmeyen özellikleri ise piştirme işleminin izlenmesi için sistemin sık sık kontrolünün gerekli olması, uygun, dayanıklı, kolay bulunabilen yansıtıcı malzemenin bulunmamasıdır. Yansıyan ışınının piştirme işlemini yapanlar ve çocuklar için yakıcı bir tehlike oluşturmasıdır. Ayrıca belirtilmelidir ki bu tip piştiriciler seri üretilmedikçe özel imalat durumunda diğer birçok güneşli piştiriciden çok pahalı sistemlerdir(Atan, 1995).

Bu piştiricide piştirme işlemi güneşin bulunduğu dış ortamda açıkça yapılması gereklidir(Atan, 1995).

Şekil 2.1’de bu tür bir piştirici örneği görülmektedir (Anonim b). Bu piştiricilerin değişik modelleri ilgili kaynaklardan bulunabilir (Alward, 1982).



*Şekil 2.1 Kabin yerleştirildiği odak bölgesinde direkt ışınları yoğunlaştıran parabolik düzlem tipi yansıtıcı odaklayıcı bir güneşli pişirici.*



*Şekil 2.2 Parabolik tip güneşli pişirici*

### 2.1.2. Isı kutulu güneşli pişiriciler

Isı kutulu güneşli pişirici, birkaç tabakalı cam veya diğer geçirgen örtülü yalıtılmış bir kaptan imal edilmiştir. Bu tip pişiricide sera etkisinden yararlanır. Burada geçirgen örtü kısa dalga boylu güneş ışınımının geçişine izin verirken, ısı kutulu pişiricinin iç yüzeyinin yaydığı uzun dalga boylu ışınım için geçirgen değildir. Ayrıca pişirme hacmi üzerine gelen güneş ışınımını arttırmak için yansıtıcı yüzeyler kullanılabilir. Ancak ısı kutulu pişiriciler sabit aygıtlardır. Bunun için yansıtıcı yüzey kullanımı sınırlıdır (Atan, 1995).

Isı kutulu pişiricilerin gerek imalatı gerekse çalıştırılmaları oldukça basittir. Genel olarak güneşi izleyecek şekilde imal edilmediklerinden, pişirme hacminde ulaşılabilecek ortalama sıcaklıklar yüksek değildir. Pişirme sıcaklığı düşük olduğundan, pişirme işlemi yavaş olur. Bu özellik bazı yiyecek tipleri için avantajlı olurken, tüm ihtiyaçlar için uygun değildir. Güneşli pişiricilerin çalışma özelliklerine hava koşullarının etkisi büyüktür. Pişirme odası sıcaklıkları genellikle, yiyeceklerin pişmesi için gerekli değerin çok yakınında olması nedeniyle havanın bulutlanması veya herhangi bir nedenle sistem üzerine gölge düşmesi durumunda sıcaklık gereken değerin altına düşebilir. Bu durumda gerekli pişirme süresi uzar (Atan, 1995).

Isı kutulu pişiriciler düşük sıcaklıklarda kullanıldıklarından sterilizasyon için gerekli sıcaklıklara bazı hallerde ulaşılmaz. Sterilizasyon için pişirme kabı ve içindekilerin sıcaklıklarını birkaç dakika süresince kaynama noktasına çıkarmak yeterlidir. Çoğu yiyecek maddeleri 60–70 °C gibi düşük sıcaklıklarda pişmeye başlar. Bu sıcaklıklarda ısı kutulu pişiricilerde kolaylıkla ulaşılan değerlerdir. Bazı yiyecek maddeleri ise 50 °C' de dahi pişmeye başlar. Böyle düşük sıcaklıklarda pişirilen malzemeye ısı transfer hızı oldukça düşüktür. Yiyeceklerin bozulmasına neden olan mikroorganizmalar bu sıcaklıkta faaliyetlerini sürdürmezler ancak sıcaklık 50 °C'nin altına inerse faal hale gelirler (Atan, 1995).

Bu tip pişiricide de pişirme işleminin güneşin bulunduğu dış ortamda açıkça yapılması gereklidir. Değişik araştırmacılar tarafından geliştirilen bazı ısı kutulu pişiriciler Şekil 2.3, Şekil 2.4, Şekil 2.5, Şekil 2.6, Şekil 2.7, Şekil 2.8, Şekil 2.9, Şekil 2.10, Şekil 2.11'de gösterilmektedir.



**Şekil 2.3**  
“Minimum” kutulu güneşli pişirici



**Şekil 2.4**



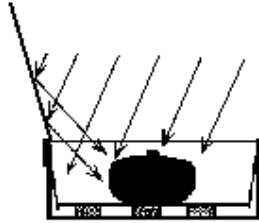
**Şekil 2.5**  
“Heaven's Flame” pişiricisi



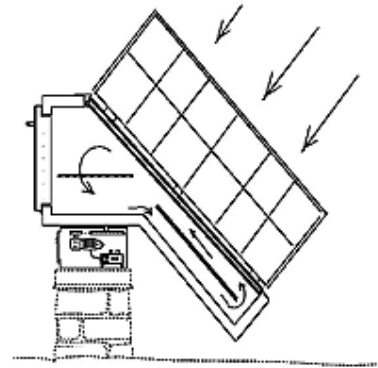
**Şekil 2.6** Katlanabilir kutulu güneşli pişirici



**Şekil 2.7** Güneş Tavası



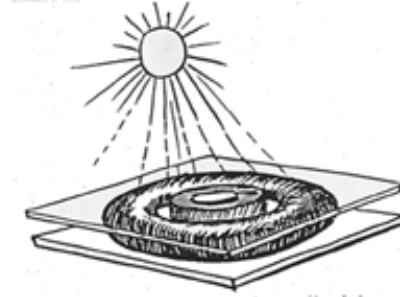
**Şekil 2.8** Su pastörize edici güneşli pişirici



**Şekil 2.9** İzleyicili Kutulu Pişirici



Şekil 2.10 Pizza Kutusundan Pişirici



Şekil 2.11 Dış Lastikten Pişirici

### 2.1.3. Düzlemsel toplayıcı tipi pişiriciler

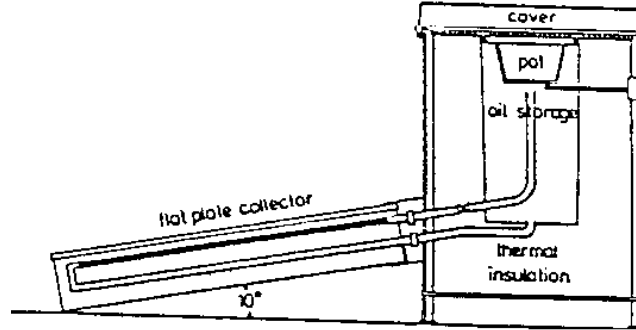
Düzlemsel toplayıcı tipi pişiriciler suyu ısıtmak için düzlemsel toplayıcı içerirler. Bir veya daha fazla akış kanalı içeren toplayıcı bulunan enlem derecesine uygun eğimde yerleştirilir. Toplayıcı üst kısmında akışkan kanalı içinde yiyeceklerin pişirildiği kabın yerleştirildiği yalıtılmış pişirici hacmi ile bağlantılıdır (Atan, 1995).

Yalıtılmış pişirici ve akış kanalındaki su kapalı bir sistem oluşturur. Toplayıcıdaki su ısınarak buhar haline dönüşür. Toplayıcıdaki buhar, yalıtılmış pişiriciye yükselir ve daha soğuk yüzeylerde (örneğin pişirme kabı ve pişirici hacim yüzeyleri) yoğunlaşır. Yoğuşan akışkan tekrar ısınmak üzere toplayıcıya döner. Böyle kapalı sistemlerde, suyu buharlaştırmak nispeten kolaydır (Atan, 1995).

Buharın yoğunlaşma gizli ısıyı temel olarak pişirme kabından iletimle yiyeceklere transfer edilir. Kaynayan suyun ve buharın sıcaklığı 100 °C dir. Pişirme kabı malzemelerinin iç ve dış yüzeyleri arasında ısı transferi gerçekleştirecek sıcaklık farkı gereklidir. Pişirme kabının iç sıcaklığı genellikle 100 °C'nin birkaç derece altındadır. Bu nedenle pişirme kabındaki su ve yiyecek maddesi kaynama noktasına kadar ısınmaz ve pişirme hızı düşüktür. Bu tür pişiriciler sebze, çorba gibi uzun süreli ve yavaş pişirilen yiyecek maddeleri için uygundur (Atan, 1995).

Düzlemsel toplayıcı tipi pişiriciler direkt ve difuz ışınlama ile çalışabilirler. Ayrıca az bulutlu anlarda da sistemden yararlanılabilir. Bu tip pişiricilerde güneşi izlemek üzere toplayıcı yönelimi periyodik olarak yapılmalıdır. Isı kutulu pişiriciler gibi düzlemsel toplayıcı tipi pişiriciler düşük sıcaklıklarda çalışan sistemlerdir. Pişirme

işlemi kapalı bir hacimde, ev içinde gerçekleştirilebilir (Atan, 1995). Bu tip pişirici örneği Şekil 2.12 'de gösterilmektedir.



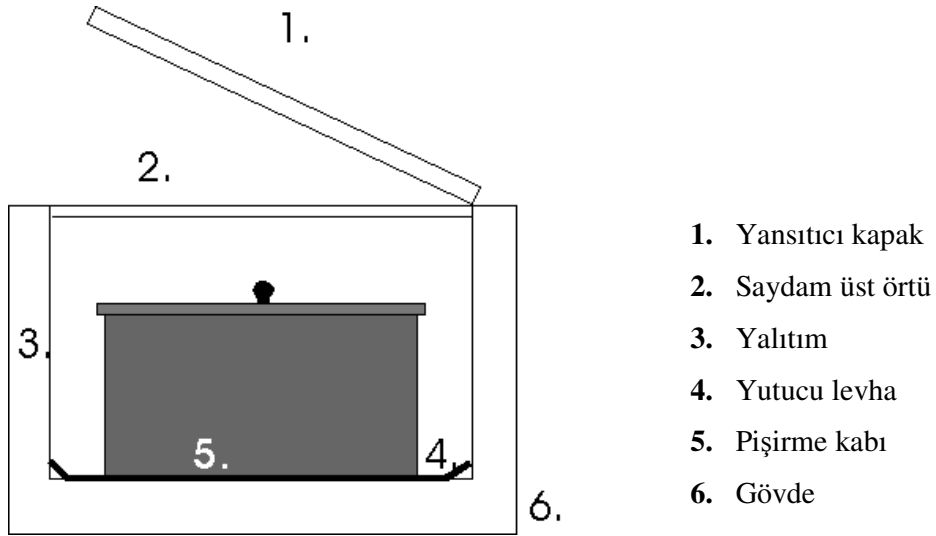
*Şekil 2.12. Düzlemsel toplayıcı tipi bir pişirici ile pişirme kabının iç kapalı ortamlarda kullanılabilmesi.*

## 2.2. Isı Kutulu Güneşli Pişiricilere Termodinamik Açından Bakış

Tipik bir kutulu güneşli pişirici, aralarında yalıtım olan iki kutu, içteki kutunun tabanındaki bir siyah yutucu yüzey, bir saydam üst örtü ve enerjiyi sağlayan bir yansıtıcı kapaktan oluşur (Şekil 2.13). Kullanılan yüzlerce farklı tasarımda kutulu güneşli pişirici bulunmaktadır. Bunlar boyut, malzeme, yalıtım ve kullanılan parçalarında değişiklik gösterilirler (Grup, 1995).

Belirli şartlar altında neyin çalışıp, neyin çalışmayacağına, neyin önemli, neyin önemsiz olduğuna dair genelleştirmeler kolay kolay yapılamaz. Bunu profesyonel olmayan insanların sadece sağduyu ile anlaması zordur. Bunun sebebi de kutu, yalıtım, saydam örtü ve yansıtıcı malzemede olduğu gibi yiyecekler, arz derecesi, ay, saat ve pişirme zamanı gibi seçimler arasında da birçok değişkenin bulunmasıdır (Pejack, 1991).

Bu çalışmada kutulu güneşli pişiricilerin olası bütün termodinamik faktörlerini kapsamak amaçlanmamıştır (çok sayıda bulunmaları ve güçlüklerinden ötürü). Maksat okuyucuya işleyen bir kutulu güneşli pişiricinin tasarımında bazı yol göstericiler sunmaktır. Termodinamiğin kanunları, tasarımına ve kullanılan malzemeye bakmadan her zaman bir kutulu güneşli pişiricinin fonksiyonunu belirler.



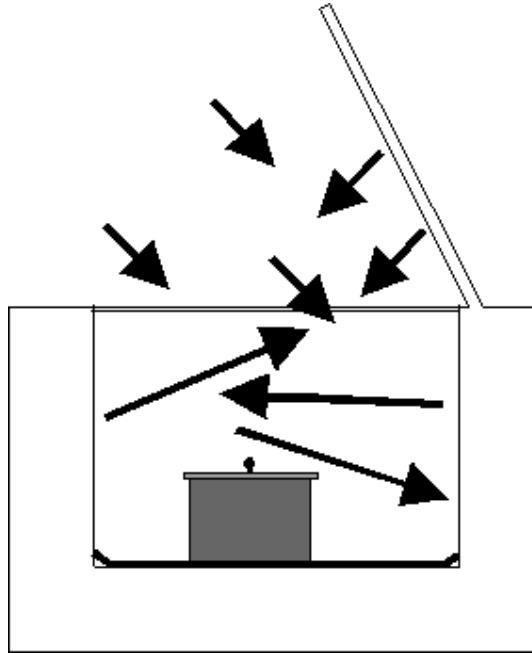
*Şekil 2.13. Bir kutulu güneşli pişiricinin pişirme kabıyla birlikte kesiti.*

Bu çalışmada ele alınacaklar, bir kutulu güneşli pişiricideki ısı kazancı, kutudan ısı kaybı, kutulu güneşli pişiriciden pişirme kabına ısı transferi, kutunun yapı malzemeleri, yansıtıcı kapak ve üst saydam örtünün tasarımı ve malzemeleri ile pişirme odasının hacmidir.

### **2.2.1. Bir ısı kutulu güneşli pişiricideki ısı kazancı**

Termodinamik açıdan bir kutulu güneşli pişiricinin görevi güneş ısını içinde tutmak ve pişirme kabına mümkün olduğunca verimli bir şekilde ısıyı transfer etmektir. Saydam bir kapakla yalıtımlı kutunun içinde tutulan ısı Şekil 2.14’de gösterilen sera etkisi temeline dayanır.

Şekil 2.14 bir kutulu güneşli pişiricinin içerisindeki sera etkisini gösteriyor. Saydam üst örtüden pişiriciye giren ışık enerjisi (kısa dalga enerjisi) siyah metal taban düzlemi tarafından soğurulur. Kısa dalga ışık enerjisi sonra daha uzun dalga boylu ısı enerjisine dönüştürülür ve iç kısımdaki malzemelerden ışın yayar. Işıyan ısı enerjisinin büyük kısmı pişiricinin içinde tutulur ve daha uzun dalga boyundan dolayı çoğunlukla dışarıya geri ışmaz. Saydam örtü ışıyan ışının büyük kısmını tutmasına rağmen, bir kısmı kapaktan kaçar.



**Şekil 2.14.** Sera etkisi. (Kısa dalga boylu güneş ışığı, ısı kutulu güneşli pişiricideki siyah yüzeylerce soğurular ve ısınan yüzey uzun dalga boylu ışınım yayar.)

### 2.2.2. Isı kutulu güneşli pişiricilerden ısı kaybı

Bir kutulu güneşli pişiriciden ısı kaybı iletim, taşınım ve ışınmadan oluşur. Isının, yutucu yüzey, cam, hava, yalıtım ve gövdeden geçerek kutu dışındaki havaya geçmesiyle iletimle ısı kaybı gerçekleşir.

Sıcak havanın düşük yoğunluktan dolayı yükselme eğilimi vardır. Eğer üst kapak veya yan kapı civarında çatlak veya yapı hataları varsa, sıcak hava kutu dışına geçer ve dışarıdaki daha soğuk hava girer. Bu pişirici içindeki sıcaklığı düşürür.

Üçüncü ısı kayıp mekanizması ışınmadır. Mutlak sıfırın üzerindeki sıcaklıklarda tüm cisimler ısı ışınımına yayarlar. Pişirici içindeki sıcak pişirme kabı tarafından yapılan ışınmının çoğu alüminyum tabakadan, metal taban düzlemi ve camdan geri yansır. Saydam üst kapak uzun dalgalı ışınmın çoğunu tutar fakat bir kısmı camdan kaçır

Ana ısı kayıp mekanizmaları yan yüzey ve tabandan iletim, örtüden taşınım ve ışınmadır (Pejack, 1991).

### 2.2.2.1. Yan yüzey ve tabandan ısı kaybı

Yan yüzey ve tabandan ısı kaybı (pişiricinin zemini yan yüzeyleriyle aynı düşünülür) iletim, taşınım ve ışıınımdan oluşur.

Yan yüzeyden iletim yan yüzeylerin ısıl direnci arttırılarak azaltılabilir. Isıl direnç yapıya ve kullanılan yalıtım malzemelerine bağlı olarak önemli şekilde değişir. Isı kutulu güneşli pişiricilerin çalışma sıcaklığında ısıl direnç şöyle tanımlanabilir.

$$q'' = (T_1 - T_2) / R \quad (1)$$

$q''$ , ısı akısı ( $W/m^2$ ) ve  $R$ , ( $m^2W/^\circ C$ ) birimiyle ısıl direnç  $T_1$  ve  $T_2$  iç ve dış yüzey sıcaklıkları (Kelvin) dir.

Ampirik bir denklem (Incropera ve Dewite, 1985, denk.9.38) 5.0 cm kalınlıklı yan yüzey (arasında sadece hava ile)  $T_1=368 K(95^\circ C)$  ve  $T_2=298K(25^\circ C)$  için  $0.39 m^2^\circ C/W$ 'lık bir ısıl direnç bulunur. Yan yüzeyin iki katına 10cm 'ye arttırılması, dirençte ( $R$ ) sadece %6 lık bir artış sağlar.

İnce paralel bir düzlem levha veya yansıtıcı levha koyulması yan yüzeyler arasındaki iletim akımlarına engel olur(hem de ışıınımi azaltır). Ampirik bir denklem (Incropera ve Dewitt, 1985, denk. 9.40) bir paralel levha kullanıldığında  $0.66 m^2^\circ C/W$ 'lık bir direnç verir. Teorik olarak, birçok levhanın konulması baştanbaşa direncin  $2.0 m^2^\circ C/W$ 'a yaklaşmasına, fakat birbirine dokunan levhaların iletim direncinin düşük olmasına neden olurdu.

Yan yüzeyler arasındaki boşluktan ısı akısının ışıınıım elemanı aşağıdaki denklemle verilir;

$$q''_{r} = (T_1^4 - T_2^4) \quad (2)$$

Yan yüzeylerin yayma katsayısı ve Boltzmann sabiti  $5.67 \times 10^{-8} W/m^2K^4$  tir. Yayma katsayısı yan yüzey malzemesinin bir özelliğidir ve cilalı metaller için 0.1'in altı değerlerden, tahta, kağıt vb. için 0.8–0.9'a kadar değişir.

Toplam yan yüzey direnci paralel olarak toplayarak;

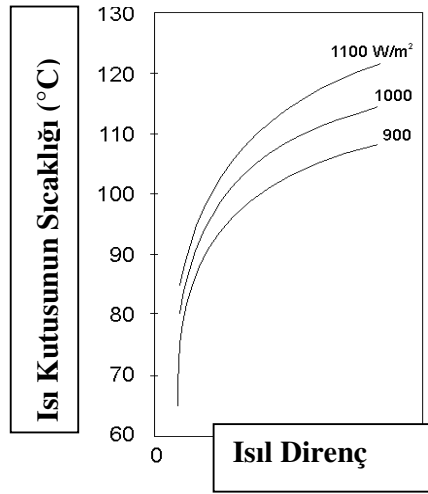
$$R = R_{rad} R_c / (R_{rad} + R_c) \quad (3)$$

$R_{rad}$  ışıınıım direnci ve  $R_c$  taşınım direncidir.

Nispi ışıınıım ısı kaybı (kağıt için 0.9 yayma katsayısını ve duvar boşluğu 5 cm.'yi kullanarak) taşınım ile ısı kaybından üç kat daha fazladır. Bu yüzden yan

yüzeylerden ışınmı azaltmak önemlidir. Bu yan yüzeylerin yayma katsayısı düşürülerek yapılabilir. Örneğin, yan yüzeyleri mutfakta kullanılan alüminyum folyo ( $\epsilon=0.05$ ) ile kaplamak. Diğer bir yol ise yan yüzeyler arasında paralel hatlar (ışınma kabuğu) koymaktır. Yeterli bir pişirici işlemi için kesin bir ısı direnç seviyesine ihtiyaç duyulur. Pejack (1991) bir karton pişirici ile  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' deki ve üstündeki pişirme işlemi için  $1\text{ m}^2\text{ }^{\circ}\text{C/W}$ 'lık veya daha fazla bir ısı dirence ihtiyaç duyulup duyulmayacağını ampirik olarak ölçtü (Şekil 2.15).

Test işleminde Pejack (1991) oluklu kartonu bir kutu malzemesi olarak kullandı. Kartonun kalınlığı 4.3 mm, cm başına kıvrımları  $1\frac{1}{4}$  ve yoğunluğu  $0.87\text{ kg/m}^3$  tür. Pişiricinin iç boyutları  $30\times 40\times 60\text{ cm}$ . idi.

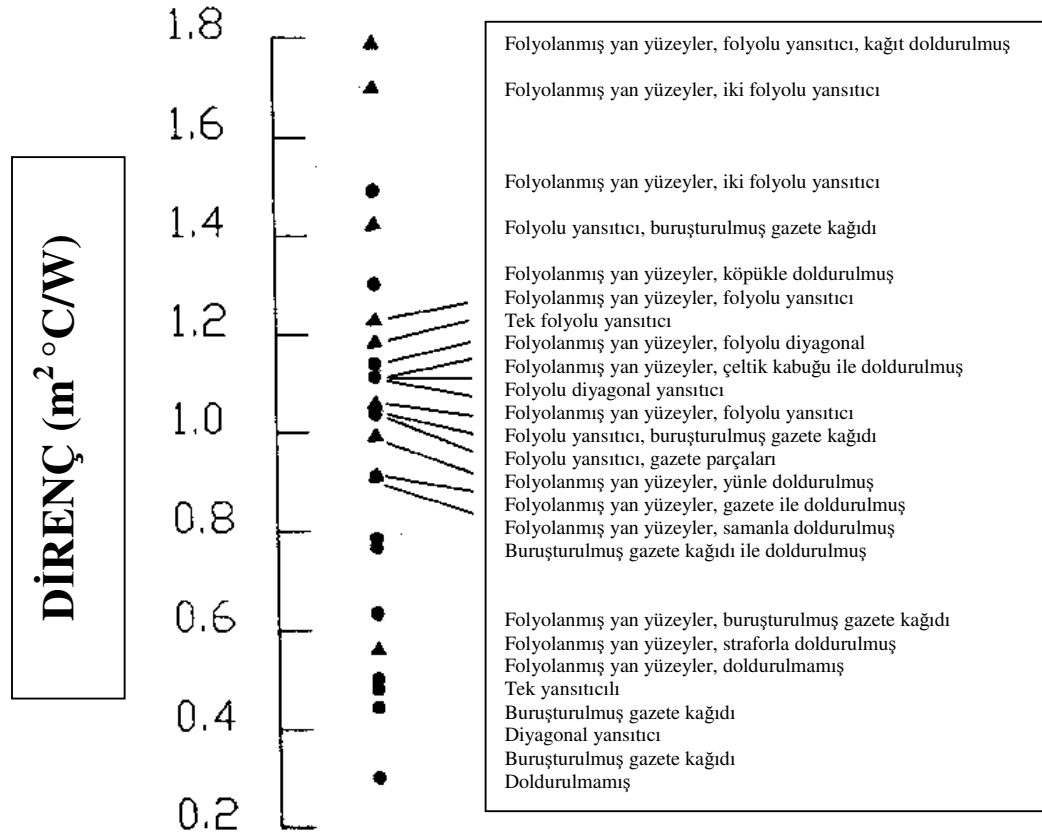


**Şekil 2.15.** Verilen güneş akısının birkaç değeri için, yan yüzey direncinin bir fonksiyonu olarak ısı kutusunun sıcaklığı (Pejack, 1991).

Şekil 2.16 farklı yalıtım malzemeleri için ısı kutusunun yan yüzeylerinin deneysel sonuçlarını göstermektedir. Görebileceğimiz gibi  $1\text{ m}^2\text{ }^{\circ}\text{C/W}$ 'lık seviyeye ulaşmak için birkaç yol bulunmaktadır.

Pratikte yeterli bir ısı direnç, yan yüzeyler arasında folyolanmış yansıtıcı levhalar koyarak veya yan yüzeyleri folyolayarak ve aralarına biraz yalıtım malzemesi ekleyerek elde edilir. Bunların hepsini birlikte kullanmak maksimum direnci getirir. Isı kayıplarını önlemek için kullanılan malzemeler karton, alüminyum folyo ve

gazete kağıdı (veya diğer benzer yalıtım malzemeleri) gibi gelişmekte olan ülkelerde kolayca bulunabilen, nispeten düşük maliyetli ve kullanımları kolay malzemelerdir.



Şekil 2.16. Test yan yüzeylerinin deneysel direnç değerleri (çember ve üçgenler 5 ve 10 cm yan yüzey boşluklarını temsil ediyor) (Pejack, 1991).

#### 2.2.2.2. Örtüden ısı kaybı

Örtüden ısı kaybı örtüden taşınım, örtü dışına tekrar ışıma ile taban, kenar ve köşeler gibi kanallardan olur. Üst ısı kayıplarının tahmini, tepsi şeklindeki yutucu levha ve ısı transferinin taşınım ve ışıma şekilleri birbirine bağlı oldukları için, kompleks bir problemdir.

Channiwala ve Doshi (1989) üst ısı kaybı bağıntısını deneysel olarak belirlediler. Pişiricinin sıcaklıklarını 12 termokupl ile ölçtüler, pişiricinin çeşitli yerlerine kurdukları ölçümleri üç aşamada yaptılar:

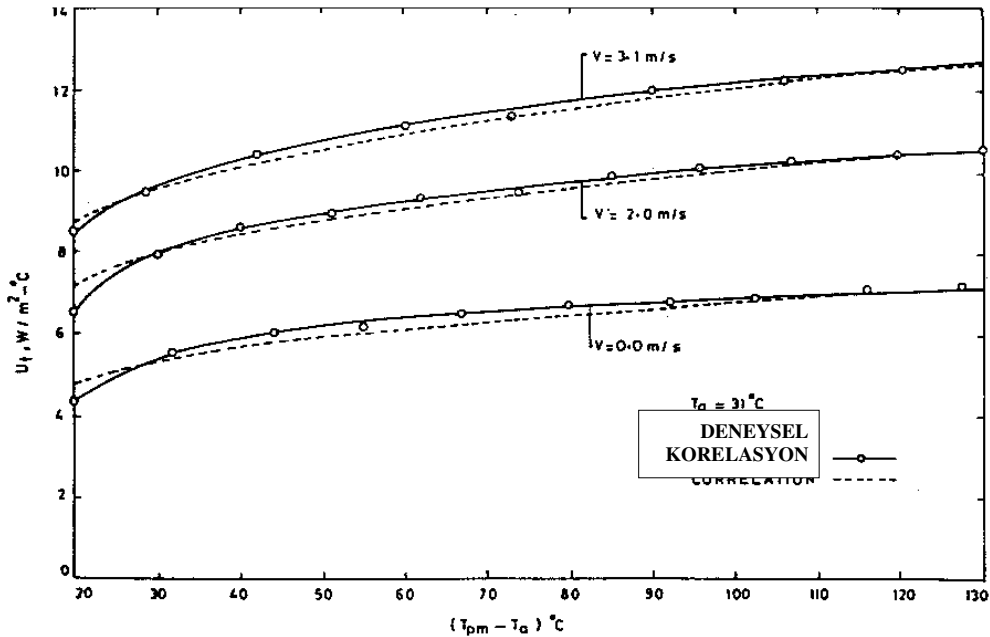
- Yutucu levha ile yalnız bir cam örtü sıcaklık genişliği 50–180 °C

- 0'dan 3.33 m/s 'ye değişen farklı rüzgar hızlarındaki yalnız bir cam örtü
- Cam örtü sayısı sırasıyla 2,3 ve 4' de değiştirilir ve her biri farklı rüzgar hızlarında ikinci aşamadaki gibi test edilir.

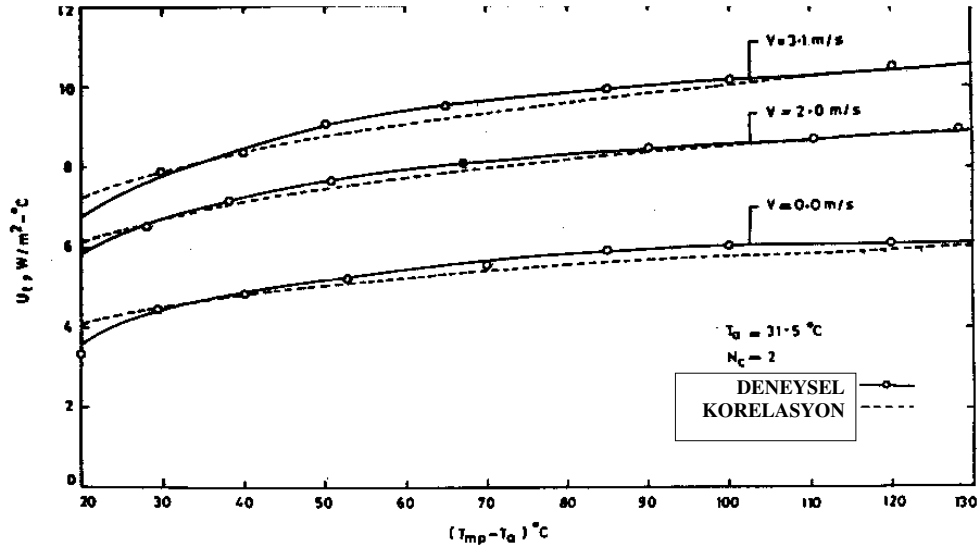
Bütün sonuçlar (sırasıyla bir ve iki cam örtü için) Şekil 2.17 ve 2.18'de gösterilir.

$N_c$  =cam örtü sayısı,  $T_a$ =çevre sıcaklığı,  $T_{pm}$ =Yutucu levhanın ortalama sıcaklığı,  $U_t$ =üst ısı kayıp katsayısı ve  $V$ =rüzgar hızı. Bağını eğrisi teorik hesaplardan elde edilir (Channiwala ve Doshi, 1989).

Şekil 2.17 ve 2.18'den açıkça görülebileceği gibi, yutucu levha sıcaklığı yükseldiği sırada, üst ısı kayıp katsayısı yüksek sıcaklıktaki yüksek kayıplardan dolayı artacaktır. Rüzgar hızı taşınım ısı kaybını önemli şekilde artırır ve pişirici sıcaklığı düşer. Bundan dolayı pişiriciyi güneşli, rüzgarsız bir pişirme alanına yerleştirmek önemlidir.



Şekil 2.17. Üst ısı kayıp katsayıları ( $N_c=1$ ), (Channiwala ve Doshi, 1989).



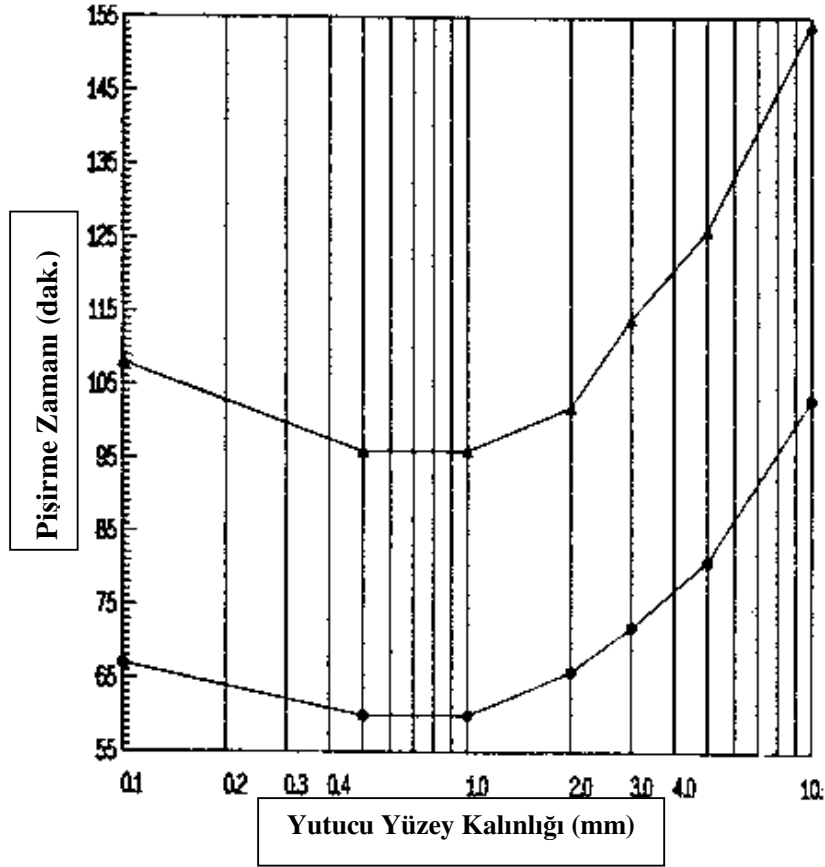
Şekil 2.18. Üst ısı kayıp katsayıları ( $N_c=2$ ), (Channiwala ve Doshi, 1989)

Cam katman sayısındaki bir artış ardıl hava katmanlarının oluşturduğu ısı dirençteki artıştan dolayı ısı kayıp katsayılarını etkiler. Bununla beraber, cam örtü sayısının birden ikiye yükselmesi, ısı kayıp katsayısını yaklaşık %20 düşürmesiyle etkiler. Bundan dolayı iyi güneş koşullarında, mesela Namibya'da çift cam kullanmak için para ödemeye gerek yoktur. Rüzgarlı ve/veya orta güneşli şartlar için iki cam gerekli olabilir.

Cam sayısının birden 3 veya 4'e yükselmesi ısı kayıp katsayısını %40'a düşürür (Channiwala ve Doshi, 1989) fakat imal etmek daha zor ve pahalı olur.

### 2.2.2.3. Isı kutulu güneşli pişiriciden pişirme kabına ısı transferi

Thulasi Das ve arkadaşları (1994) çeşitli yutucu levha kalınlıkları, pişirici boyutu ve diğer parametreler için farklı ısı transfer mekanizmaları hesapladılar. Şu sonuca vardılar en önemli ısı transfer mekanizması yutucu levha ve kap arasındaki ısı iletimi ile olur. Bunun için iyi bir ısı temas tamamen esastır. Thulasi Das ve arkadaşları (1994) 0.1 ve 10.0 mm arası kalınlıktaki levhalar için pişirme zamanı hesapladılar (Şekil 2.19)



Şekil 2.19. Yutucu yüzey kalınlığının pişirme zamanı üzerindeki etkisi. (Çemberler nisan 15, üçgenler ekim 10.) (Thulasi Das vd, 1994).

0.5 ve 1.0 mm kalınlıktaki levhalar için pişirme zamanı minimumdur. Bununla beraber, kap tabanı ile levha arasında iyi bir ısı transferi sağlamak için, levha ve kap temeli düz, pürüzsüz ve rijit olmalıdır. Bu sebepten 1.0 mm kalınlıklı bir levhanın kullanımı tavsiye edilebilir. Levha mat siyaha boyanmış olmalıdır.

Thulasi Das ve arkadaşları (1994) diğer parametrelerin ne anlam ifade ettiklerini belirledi. Örneğin, kabın yarma katsayısı ve kap tabanı ile levha arasındaki temas direnci gibi. Bunlar Çizelge 2.2'de gösterilmiştir.

Thulasi Das ve arkadaşları (1994) 7.5 cm.lik yalıtım kalınlığını yeterli düşünmüşlerdir. 0.5 ile 1.0 arasındaki yarma katsayısı (pişirme kabının) fazla fark yaratmadı. Bu kaba ısıma transferinin çok önemli olmamasından dolayıdır. Bu sebepten, hava ile tesir ettirilmiştir. (Oksitlenmiş) Paslanmaz çelik ( $e=0.5$ ) veya alüminyum ( $e=0.4$ ) kaplar; siyah boyasız kullanılabilir. Diğer yönden kullanıcılar

siyah bir dış estetiği düşünebilirler ve taban düzlemini boyadıkları zaman artan boyayı da kapları boyamak için kullanılabilirler. Boya aynı zamanda kabın dış yüzeyini de korur.

Sıra No.	Temas direnci (W/m <sup>2</sup> K)	Yayma katsayısı	Yalıtkan (cm)	Piştirme zamanı (dak.)
1	100	1.0	10.0	60
2	100	1.0	7.5	62
3	100	1.0	5.0	66
4	100	0.5	7.5	66
5	50	0.2	7.5	72
6	20	1.0	7.5	84

**Çizelge 2.2.** Temas direnci, yayma katsayısı ve yalıtımın piştirme zamanı üzerindeki etkisi. (Thulasi Das vd, 1994).

Temas direncindeki yükselmeye piştirme zamanı da dikkat çekici şekilde yükselir. Bu yüzden levha ve kap tabanı daha önce belirtildiği gibi iyi bir ısı teması sağlayacak kadar düz ve sabit olmalıdır. Kap tabanı ile levha arasındaki ince bir gliserol film temas katsayısını üç katına kadar arttırabilir ve bu sayede ısı teması arttırır.

Grupp (1995) yutucu levhayı biraz yükseltmenin pişirici içinde, yüksek hava sıcaklığı avantajı olduğunu hesaplamıştır. Geri çekilmesi ise daha fazla ısı kaybı anlamına gelen yutucu ile kutu içindeki hava arasındaki ısı transferi artışını beraberinde getirir. Yutucu levhayı yükseltmek önemli bir avantaj sağlamadığından gerekli değildir.

### 2.2.3. Bir ısı kutulu pişiricide kullanılan yapısal malzemeler

Endüstriyel ülkelerde ısı kutulu pişiricilerde kullanılan yapısal malzemeler teknolojik olarak uygun olan herhangi bir şey olabilir. Pişiricilerin fiyatları sadece tüketicilerin isteklerine bağlıdır. Pişiricilerde kullanılan malzemeler, kolay bulunabilen pahalı olmayan, tamiri ve hazırlanması kolay olmalıdır. Malzemeler ne kadar kolay bulunursa o kadar iyidir. Yapı için kullanılacak malzemeler karton, tahta, kontrplak, bambu, metal, çimento, tuğla, taş, cam, cam elyafı, örülmüş kamyş,

plastik, kil, ağaç kabuğu, karnış, kerpiç tuğla, yapıştırıcı ile katılaştırılmış yiyecek v.b. olabilir. Bu liste istenildiği kadar devam ettirilebilir. Sonuç olarak maliyet, bulunabilirlik, kişisel istekler ve çevrenin hangisinin uygun olduğunu belirler.

En yaygın olan kolay bulunabilen ve neredeyse bedava veya düşük maliyetli malzeme katlanmış kartondur. Dayanıklılığına ve su geçirmezliğine göre değerlendirilir. Eğer kutu iyi bir şekilde tasarlanır ve inşa edilirse her gün kullanılarak yıllarca dayanabilecek bir karton pişirici yapmak mümkündür.

#### **2.2.4. Buhar bariyeri kullanarak nem direnci**

Karton(veya kolay nem çeken başka herhangi bir malzeme) kullanırken, kutunun içine iyi bir buhar bariyeri yapmak esastır. Pişirme esnasında yiyecten buharlaşan su, eğer pişirici malzemesine nüfuz etmesine engel olunmazsa, pişirici malzemesini nemlendirecektir. Örneğin güçlü bir alüminyum folyo ile kaplanmış plastik iç kutu buharın kartona nüfuz etmesini engelleyecektir. Sıcak buhar veya su buharı en küçük deliklerden bile geçebildiğinden bu işlem dikkatli bir şekilde yapılmalıdır.

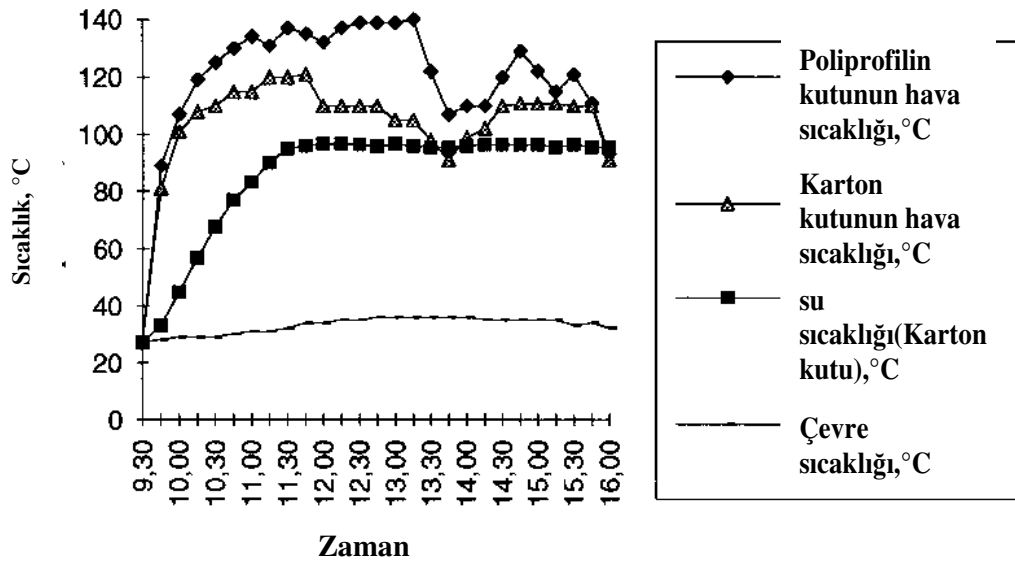
#### **2.2.5. Namibya'daki malzeme deneyimleri**

Finlandiya'da katlanmış plastikten yapılan bir pişirici Namibya' ya getirilmiştir. Benzer bir tasarımda olan bir karton pişirici ile karşılaştırıldığında çok etkileyici olduğu görülmüştür. Namibya' da sonbahar koşullarında poliprofilin pişirici içindeki maksimum hava sıcaklığı karton pişiricideki hava sıcaklığından 20 °C daha yüksektir.

Yetersiz test şartları ve donanım eksikliğinden sadece karton pişirici kabının iki kaptaki güç buhar formüllerinden dolayı poliprofilin pişirici kabı içindeki su sıcaklığı aynı kabul edildi. O şartlar altında fark sadece fazla önemli olmayan daha hızlı sıcaklık yükselmesi olabilir. Suyun kaynama sıcaklığına erişmesi sabah tam iki saat alıyor ve kaynamaya testin sonuna, ikindiye kadar devam ediyor.

Havada görülen bulutların hava sıcaklığı üzerinde gecikmiş bir düşürücü etkisi vardır. Fakat su sıcaklığı kaynamanın başından beri sabit kaldı. Rüzgar test süresi boyunca düşükten orta düzeye geldi.

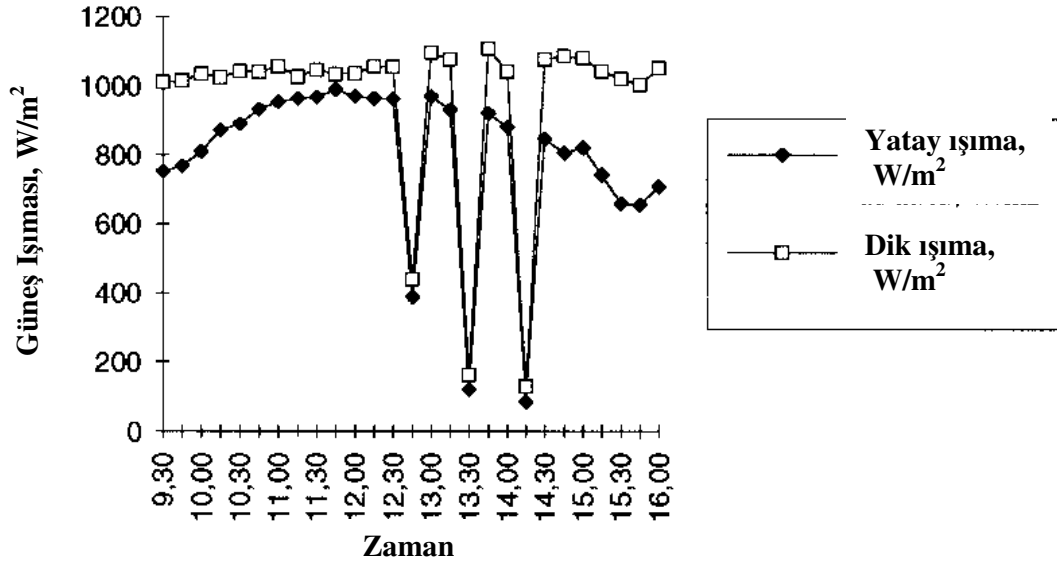
Güneş ışıması test günü sabah çok iyiydi. Dik ışıma akısı testin başında 1000 W/m<sup>2</sup> idi. Bu yüzden güneşli pişirici, güneş doğduktan hemen sonra kullanılabilir. Eğer pişirme aceleyse, bu işlem güneşli pişirmeyi hızlandırır. Dik ışıma testin sonuna saat 4'e kadar yüksek kaldı. Şubat ve Mayıs arası Namibya'daki deneyler güneşli pişirmeye hava ve aya bağlı olarak saat 5-7 ye kadar devam edebileceğini gösterdi. Ayarlama bir yansıtıcı kapak kullanarak yatay ışıma nerdeyse tamamen dik bir şekilde pişiriciye aktarılabilir ve böylece pişirme süresi genişletilebilir.



Şekil 2.20. Kutulu güneşli pişirici testi, sıcaklıklar (Ongwediva, Namibya, 4 Nisan, 1995)

Şekil 2.20 ve 2.21'de poliprofilin pişiricinin önemli derecede yüksek sıcaklıklara eriştiği gerçeğine bakmaksızın, karton pişiricinin iyi güneş ışıklı alanlarda mükemmel derecede yeterli olduğunu gösteriyor. Sıcaklıklar ve ışımadaki ani düşümlere bulutlar neden olmuştur. Eğer hava bulutsuz olarak devam etseydi, eğriler 14.30'a kadar yaklaşık doğrusal olarak değişirdi.

Test donanımı: 2 kutulu güneşli pişirici, içerisinde çevre sıcaklığında bir litre su bulunan cam kapaklı 2 adet 5 litrelik kap (üretici: Hackman Oy Ab, Finlandiya), iki fırın termometresi (üretici: Suomen Lämpömittari Oy, Finlandiya) ve bir j-tipi bi-metal problu yassı 51 termometreden oluşmaktadır.



Şekil 2.21. Kutulu güneşli pişirici testi, güneş ışımaları

## 2.2.6. Saydam üst örtü ve yansıtıcı kapak malzemeleri ve tasarımı

Saydam üst örtü (veya pencere) malzemesi cam, plastik veya diğer uygun ısı direnç malzemeleri olabilir. Cam gelişmekte olan ülkelerde oldukça kolay bulunabilir ve bundan dolayı da en sık kullanılan malzemedir. Camın bazı dezavantajları vardır; ağırdır, taşımaya uygun değil ve kolay kırılır. Bunlara rağmen camdan vazgeçmek kolay değildir. Çünkü nispeten düşük maliyetli bir malzemedir, alımı ve yerleştirilmesi kolaydır. Bir diğer önemli özelliği de cam birçok plastikte olduğu gibi ısındığında şekli bozulmaz. Eğer birçok pişirici planlanmış ise örneğin hava yoluyla mülteci kamplarına taşınacaksa plastik bir ısı direnç penceresi iyi bir seçimdir. Çünkü hafiftir ve camla kıyaslandığında dayanıklıdır.

Camın yerine birkaç malzeme geliştirilmektedir. Özel bir ısı direnç olan polyester, aynı zamanda ultraviyole ışınlar içinde direnç olarak kullanılıyor. 3-M Company tarafından deneysel olarak üretilmiştir.

Hangi sayıda ve ne çeşit malzeme kullanılırsa kullanılsın onları korumak çok önemlidir. Pencere ile pişirici çerçevesi arasından sızan hava sıcaklığı önemli derecede düşürür. Silikon uygun bir sızdırmazlık malzemesidir. Eğer silikon bulunamıyorsa veya sızdırmazlık kullanımı çok pahalıya geliyorsa, genel plastik köpük veya dar karton kullanılabilir.

Yansıtıcı kapak alüminyum folyo kaplanmış ince bir düzlem olabilir. Kapak alanı pencerenin alanına eşit ya da ondan daha büyük olmalıdır. Kutuya güneş ışınımı transferini maksimize eden takviyeler kullanılabilir. Bunun bir yolu, kapağa düşey olarak takılmış ekstra bir yansıtıcı yapmaktır. Ekstra yansıtıcı güneş ışınımını kutunun içine odaklamak için biraz kıvrık (konveks) olabilir.

Pişirmeden sonra yiyecek sıcak tutulacaksa kapağın buna yardımcı olacak şekilde tasarlanması tavsiye edilir. İnce bir kapak kutuya güneş ışınması bittikten sonra, ısının kendisinden ve camdan kaçmasını önlemek için yeterince etkili olamaz. Daha kalın yalıtımlı bir kapak dikkatlice kapatılırsa, pişirmeden birkaç saat sonra bile yiyeceğin sıcak kalmasına yardımcı olur(ve cam için iyi bir sızdırmazlık sağlar). Isının korunumu, kapalı kapağın üzerine bir battaniye koyarak daha uzun süre sağlanabilir.

Yansıtıcı malzeme yüksek spekül yansıtma, yüksek dayanım ve tabii ki de düşük maliyete sahip olmalıdır. Potansiyel yansıtıcı malzemeleri Çizelge 2.3'de gösterilmiştir.

**Çizelge 2.3.** *Potansiyel yansıtıcı malzemeler ve normal spekül yansıtma*

Malzeme	Dayanım	Maliyet	Spekül Yansıtma
Ayna	Kırılgan	Çok Yüksek	0,88
Alüminyum folyo	Yırtılabilir	Yüksek	0,86
Alüminyum tabaka	İyi	Yüksek	0,85
Alüminyumlanmış polyeester	Yırtılabilir	Orta	0,75-0,85
Yakıt tenekesinden metal	Paslanır	Orta	Bulunamaz

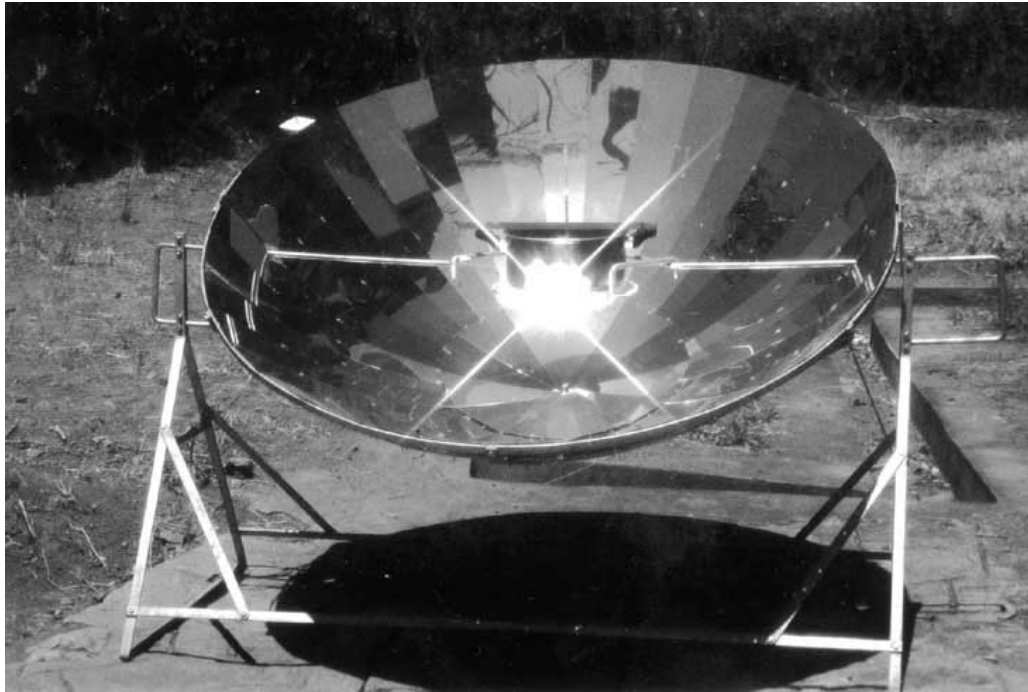
Hazır bulunabilen hiçbir malzeme tüm gerekli beklentileri karşılayamaz. Bu malzeme geliştirmekte olan ülkelerde kolay bulunur olmalıdır.

Namibya'da kutunun iç yan yüzeylerini folyolamak için kullanılan aynı takviyeli alüminyum yalıtım folyosu kapak için yansıtıcı malzeme olarak da kullanılır. Normal alüminyum folyoya göre yırtılma direncinin daha büyük olduğu ispatlanmıştır. Bu yüzden tavsiye edilmektedir. Spekül yansıtması mevcut değildir. Mutfak folyosuyla karşılaştırıldığında biraz daha mat görünümlüdür fakat yeterince iyi çalışır.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1 Paraboloid Güneş Ocağı

Noktasal odaklayıcı paraboloid ocaklarda yemek pişirme veya diğer sistemlere göre daha kısa sürede su kaynatma işlemleri gerçekleştirilmektedir. Güneş enerjisi paraboloid formdaki bir yüzeyden yansıtılarak odak bölgesinde yoğunlaştırılmaktadır. Hiçbir fosil yakıt gerekliliği olmadan suyu kaynatabilen bu sistemlerin kullanım alanı yaygınlaşmaktadır. Güneş ocağının ilk yatırım giderlerinden başka giderlerinin olmaması nedeniyle LPG, odun, kömür, petrol, vs. gibi fosil yakıtlara alternatif durumdadır. Böyle pişirici örneği Şekil 3,1'de gösterilmiştir.



*Şekil.3.1. Paraboloid Güneş Ocağı*

#### 3.2. Isı Kutulu Güneşli Pişirici Performansının Test Edilmesi

Güneş enerjisi ile pişirme konusunda ASAE tarafından kabul edilen güneşli pişirici performans test standartlarında deneylerin yapılışı, terminolojiler, test protokolü ve hesap yöntemleri belirlenmiştir (ASAE, 2001). Bu standarda göre, hem

ısıtma kabı içinde bulunan su sıcaklığı hem de dış hava sıcaklığı 10 dakikayı aşmayacak aralıklarla, güneş ışınım şiddeti, rüzgar hızı ölçülmeli ve rapor edilmelidir. Test yapılan bölgenin enlemi ve testin yapıldığı tarih belirtilmelidir.

### 3.2.1. Pişirme gücünün hesaplanması

Piştirme kabındaki suyun sıcaklığının her 10 dakika aralıklardaki artış miktarıyla, suyun kütlesi ve özgül ısı kapasitesi çarpılarak elde edilen sonuç 10 dakikalık aralıkların içerdiği 600 saniyeye bölünmesiyle piştirme gücü hesaplanır,

$$P_i = (T_2 - T_1) * MC_w / 600$$

Burada,

$$P_i = \text{piştirme gücü (W)}$$

$$T_2 = \text{son su sıcaklığı (}^\circ\text{C)}$$

$$T_1 = \text{başlangıç su sıcaklığı (}^\circ\text{C)}$$

$$M = \text{suyun kütlesi (kg)}$$

$$C_w = \text{suyun özgül ısı kapasitesi (4186 J/(kg.K))}$$

### 3.2.2. Ortalamaların hesaplanması

Ortalama ışınım şiddeti, ortalama dış hava sıcaklığı ve ortalama piştirme kabındaki suyun sıcaklığı her 10 dakikalık aralık için hesaplanır.

### 3.2.3. Piştirme gücünün standartlaştırılması

Her aralık için hesaplanan piştirme güçleri, standart ışınım şiddeti olan  $700 \text{ W/m}^2$  ile çarpılıp, yine o aralık için ölçülen ışınım şiddeti ortalamasına bölünerek standartlaştırılır.

$$P_s = P_i (700/I_i)$$

Burada,

$$P_s = \text{standartlaştırılmış piştirme gücünü (W)}$$

$$I_i = \text{ortalama aralık ışınım şiddetini (W/m}^2\text{) ifade eder.}$$

### 3.2.4. Sıcaklık farkları

Her aralık için ortalama dış ortam sıcaklığı, pişirme kabındaki suyun sıcaklığından çıkarılarak elde edilir.

$$T_d = T_w - T_a$$

Burada

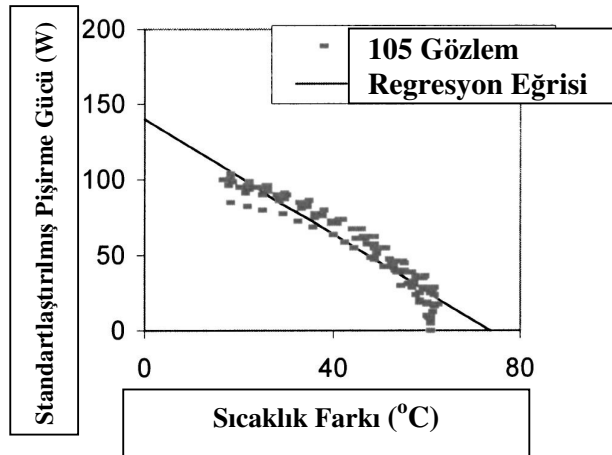
$$T_d = \text{Sıcaklık farkı (}^\circ\text{C)}$$

$$T_w = \text{Pişirme kabındaki suyun sıcaklığı (}^\circ\text{C)}$$

$$T_a = \text{Dış ortam sıcaklığını (}^\circ\text{C) göstermektedir.}$$

### 3.2.5. Grafik çizimi ve regresyon eğrisinin elde edilmesi

Standartlaştırılmış pişirme gücü ( $P_s$ ) nin sıcaklık farklarına ( $T_d$ ) karşı her aralık için grafikte işaretlenir. Bu noktalar birleştirilerek regresyon eğrisi elde edilir (Şekil 3.2). Ölçüm sayılarının toplamı 3 ayrı gün için 30'dan az olmamalıdır. Regresyon analizi sonucu elde edilen  $r^2$  determinasyon katsayısının 0.75'den fazla olması gerekmektedir.



Şekil 3.2. Sıcaklık farklarına karşı standartlaştırılmış pişirme gücü eğrisi

### 3.2.6. Performansın basit ölçümü

Standartlaştırılmış pişirme gücü değeri,  $P_s$  (W) 50  $^\circ\text{C}$ 'lik bir sıcaklık farkı ( $T_d$ ) için regresyon ilişkisi kullanılarak hesaplanabilir.

### 3.2.7. Sonuçların raporlanması

Regresyon eğrisi ve 50 °C'lik sıcaklık farkı için hesaplanan pişirme gücü belirtilerek sonuçlar raporlanır.

Paraboloid güneş ocağının performans denkleminin bulunması ve performans karakteristik eğrisinin çizilmesi, belirlenen iklim koşullarındaki duyulur ısıtma periyodunun saptanması için gerekmektedir. Bu denklemin parametreleri “su ısıtma” ve “su soğutma” testleri sonucunda belirlenebilmektedir (Mullick vd., 1991).

**a. Su Isıtma Testi:** Bu test berrak ve güneşli bir havada gerçekleştirilir. Bu test sonucu “optik verimlilik faktörü” bulunur.

**b. Su Soğutma Testi:** Güneş ışığından korunarak (gölge yaparak) gerçekleştirilir. Bu test sonucu tüm ısı kayıp faktörü bulunur.

Teorik analiz:

Faydalı enerji bulunması:

$$Q_u = A_a * F_R * [S - (A_r / A_a) * U_L * (T_f - T_a)] \quad (1)$$

$$S = \eta_o * I_b \quad (2)$$

Burada,

$Q_u$  = Gerçek faydalı enerji kazancı

$A_a$  = Parabolik yansıtıcının açıklık alanı

$S$  = Açıklık birim alanında yutulmuş ışınım

$F_R$  = Gerçek ısı kazancı / Mümkün olan en büyük ısı kazancı

$A_r$  = Enerji toplanan alan (alıcı alanı)

$U_L$  = Tüm ısı kayıp faktörü (alıcı yüzeyden çevre havasına)

$T_f$  = Akışkan sıcaklığı

$T_a$  = Çevre sıcaklığı

$\eta_o$  = Optik verimlilik

$I_b$  = Açıklık alanına gelen direk ışınım

Isı kayıp faktörü  $F_R$ ;

$$F_R = F' * F'' \quad (3)$$

$$F' = (1/U_L) / (1/U_o) \quad (4)$$

$$F'' = (M * C_p) / (A_r * U_L * F') [1 - \exp(-(A_r * U_L * F') / (M * C_p))] \quad (5)$$

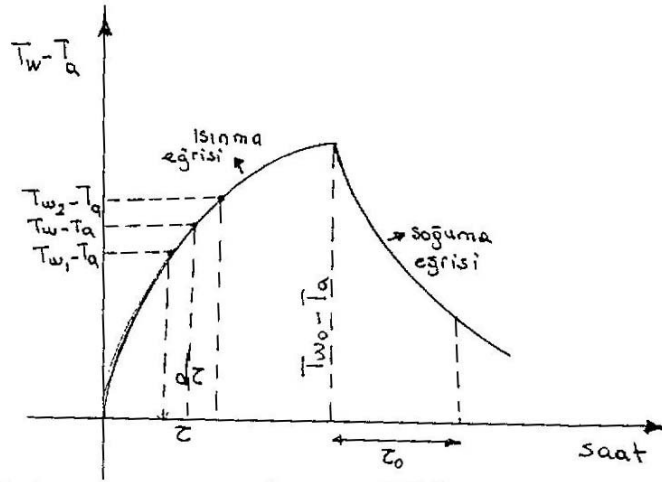
$M$  = ısıtılacak akışkanın kütlesi

$F'$  = Isı değişim verimliliği faktörü

$1/U_L$  = Absorber yüzey ve dış hava arasındaki ısı transfer direnci

$1/U_o$  = Akışkan ile dış hava arasındaki ısı transfer direnci

Isıtma ve soğutma testlerinin sonucunda aşağıda görüldüğü gibi bir eğri elde edilir. (Şekil 3.3)



Şekil 3.3. Isıtma ve Soğutma Eğrileri (Özbalta vd., 1995).

### 3.2.8 Soğutma eğrisi analizi:

Soğutma eğrisi bölümünde, su sıcaklığının  $dT_w$  kadar düşmesi için geçen zamana  $d\tau$  denilirse (Löf, 1963);

$$(d\tau) = [(M * C)'_w * dT_w] / [A_r * F' * U_L * (T_w - T_a)] \quad (6)$$

Burada,

$\tau$ =zaman (saat)

$T_w$ =su sıcaklığı

$(M * C)'_w$ =Su ve kabın kütle \*özgül ısıları

$A_r * F' * U_L * (T_w - T_a)$ = Kaptan ısı kaybı miktarını verir.

$U_L$  ve  $T_a$ 'nın soğutma testi sırasında sabit olduğu varsayılır.

İntegral alınarak,

$$\tau = - \frac{(M * C)'_w}{A_r * F' * U_L} \ln \frac{T_w - T_a}{T_{wo} - T_a} \quad (7)$$

Soğutma için zaman sabiti,

$$\tau_o = - \frac{(M * C)'_w}{A_r * F' * U_L} \quad (8)$$

Yeniden düzenlersek,

$$(T_w - T_a) = (T_{wo} - T_a) * \exp(-\tau / \tau_o) \quad (9)$$

$\tau = \tau_o$  olduğu zaman;

$$(T_w - T_a) = (T_{wo} - T_a) / e \quad (10)$$

Soğuma eğrisinde ordinattan  $(T_{wo} - T_a) / e$  değeri bulunur ve buna tekabül eden apsis değeri ise  $\tau_o$  değerini verir. Eşitlik (9) yeniden düzenlenirse,

$$\ln(T_w - T_a) = -(1/\tau_o) * \tau + \ln(T_{wo} - T_a)$$

$$y = \ln(T_w - T_a)$$

$$A = (1/\tau_o)$$

$$B = \ln(T_{wo} - T_a) \text{ olarak tanımlanırsa,}$$

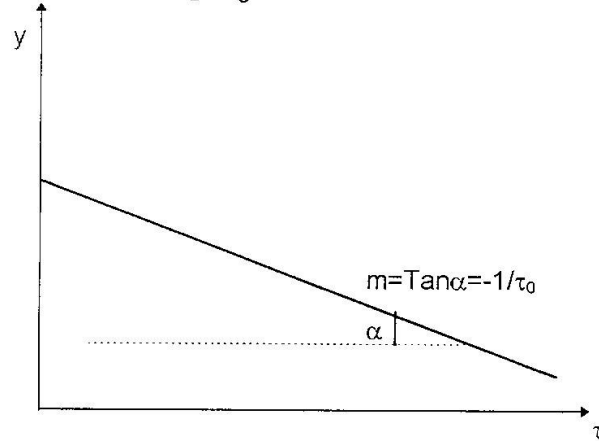
$$y = -A * \tau + B \quad (11)$$

Denklemleri elde edilir. Bu doğrunun eğimi  $-1/\tau_o$  değerini verir.

Eşitlik (8) yeniden düzenlenerek,

$$F' * U_L = \frac{(M * C)'_w}{A_r * \tau_o} \quad (12)$$

Denklemden  $F' * U_L$  değeri bulunabilir.



Şekil 3.4. Soğutma eğrisinin  $\tau_o$  elde etmek için doğrusallaştırılması (Özbalta vd., 1995).

### 3.2.9. Isınma eğrisinin analizi

Suyun sıcaklığını  $dT_w$  olarak yükseltmek için geçen zaman ( $d\tau$ ) ise,

$$(d\tau) = \frac{(M * C)'_w * dT_w}{F' * [A_a * \eta_o * I_b - A_r * U_L * (T_w - T_a)]} \quad (13)$$

(13) denkleminin integrasyonu ve yeniden düzenlenmesi sonucu,

$$F' * \eta_o = \frac{F' * U_L}{C} \left[ \frac{(T_{w/2} - T_a) / I_b - [(T_{w1} - T_a) / I_b] \exp(-\tau / \tau_o)}{1 - \exp(-\tau / \tau_o)} \right] \quad (14)$$

Burada,

$C$  = konsantrasyon oranı ( $A_a / A_r$ )

$F' * U_L$ , soğutma eğrisinden elde edilir.

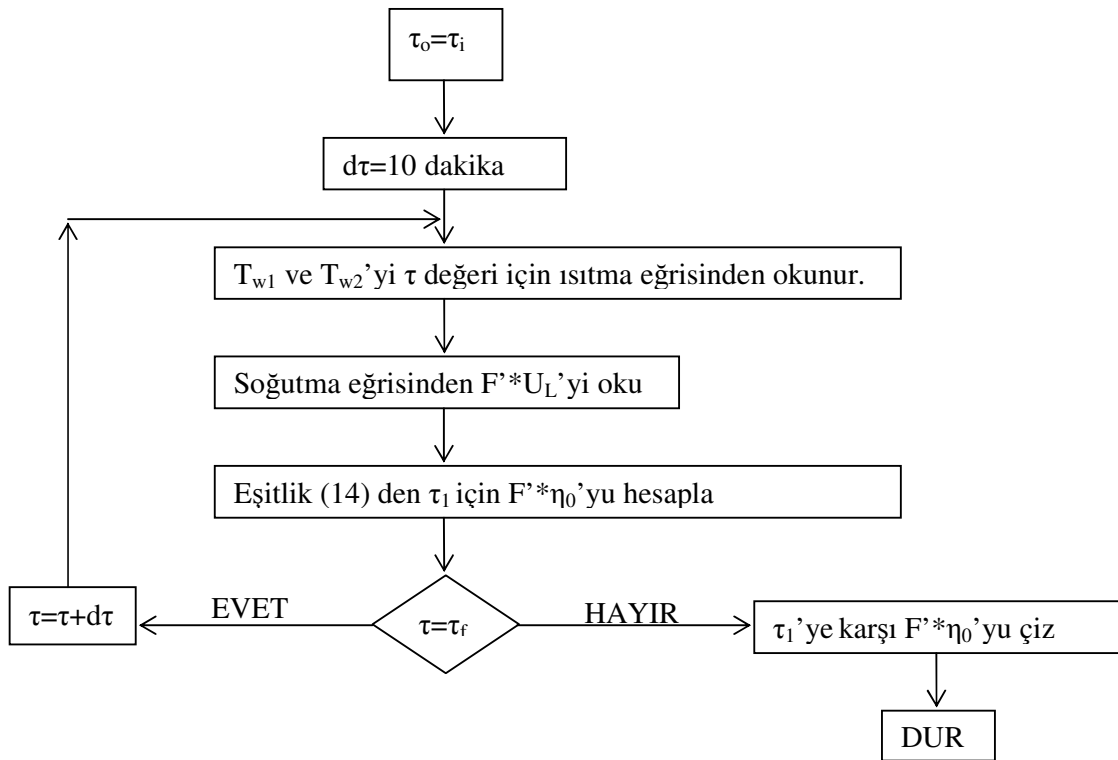
### 3.2.10. Performans denklemi

$$\tau = -\tau_o * \ln \frac{F' * \eta_o - (F' * U_L / C) * (T_{w2} - T_a) / I_b}{F' * \eta_o - (F' * U_L / C) * (T_{w1} - T_a) / I_b} \quad (15)$$

$I_b$  değeri deneylerde ölçülmekte,

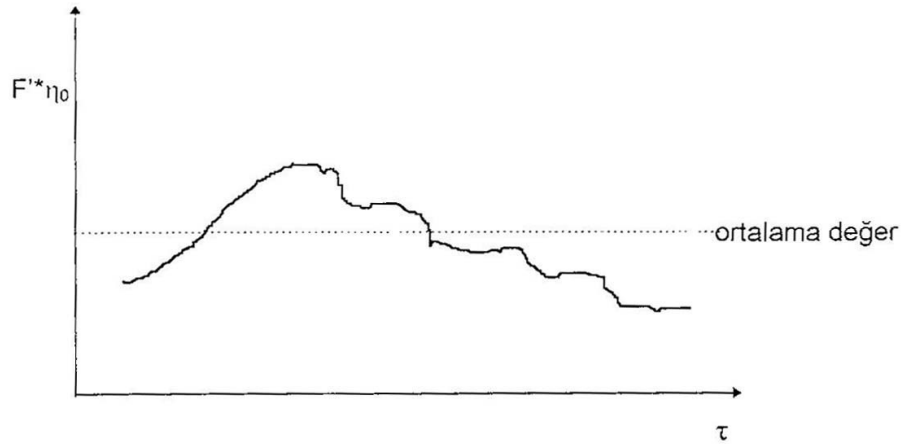
C geometrik ilişkilerle hesaplanmakta,  
 $F' \cdot \eta_0$  ısıtma eğrisinden bulunmakta,  
 $\tau_0$  soğuma eğrisinden bulunmaktadır.

### 3.2.11. Sıcaklığın(T) değişimine karşı optik verimlilik faktörünün( $F' \cdot \eta_0$ ) grafiği



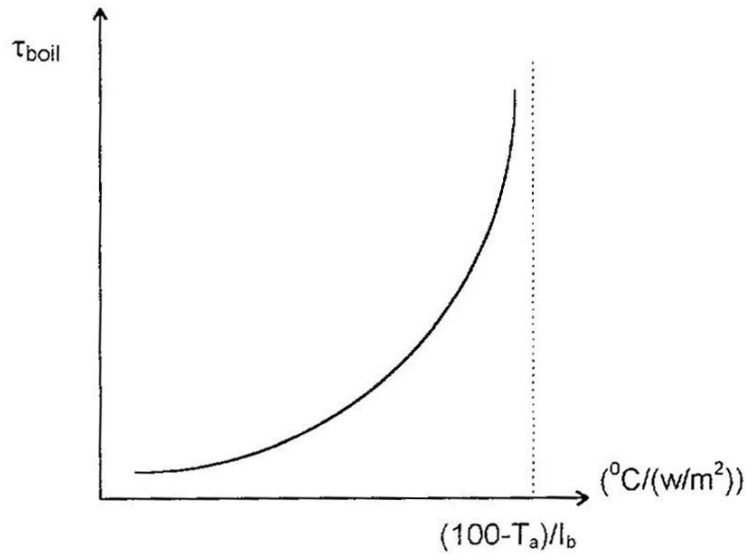
Bu grafiği elde etmek üzere yukarıdaki algoritma uygulanır.

Yukarıdaki algoritmaya göre yapılan hesaplamalar sonucunda Şekil 3.5'deki grafik elde edilebilir.



Şekil 3.5 .  $F' \cdot \eta_0$ 'nun ortalama değerini elde etmek için kullanılan grafik(Özbalta vd.,1995).

### 3.2.12. Pişirici performans karakteristik eğrisi



Şekil 3.6. Performans karakteristik eğrisi(Özbalta vd.,1995).

Bu eğri vasıtası ile, verilen güneş ışınımı şiddeti ( $I_b$ ) ve dış hava sıcaklığı koşullarında bu cihazın suyu ne kadar zamanda kaynatabileceği görülebilmektedir. (Şekil 3.6). Bu süre aşağıdaki formülden de hesaplanabilir.

$$\tau_{kaynama} = \tau_o * \ln \frac{1}{1 - (F' * U_L / F' * \eta_0) * (1/C) * (100 - T_a) / I_b} \quad (16)$$

### 3.3. Sistem Tasarımı

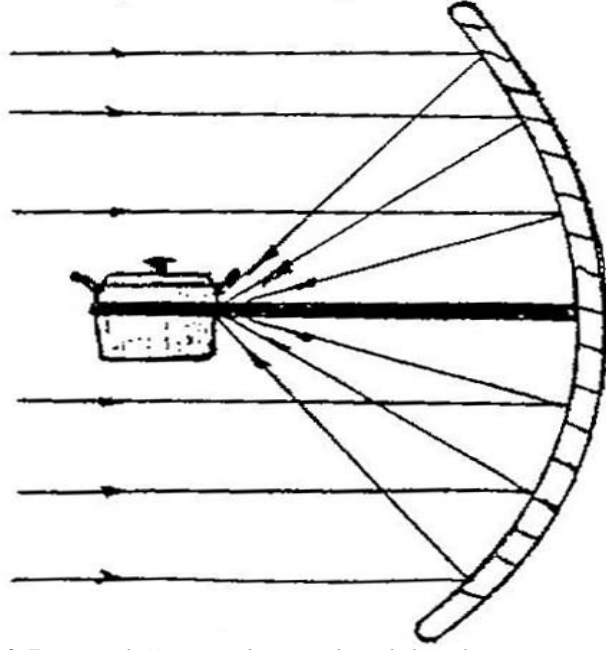
Güneş ocağı, tekerlekli olup taşınabilmesi kolay olan bir sistemdir. Uygulama yapılacak alanın bir kenarına yerleştirilecek olan sistemin özellikleri:

Güneş ocağı elle rahatça taşınabilmektedir.

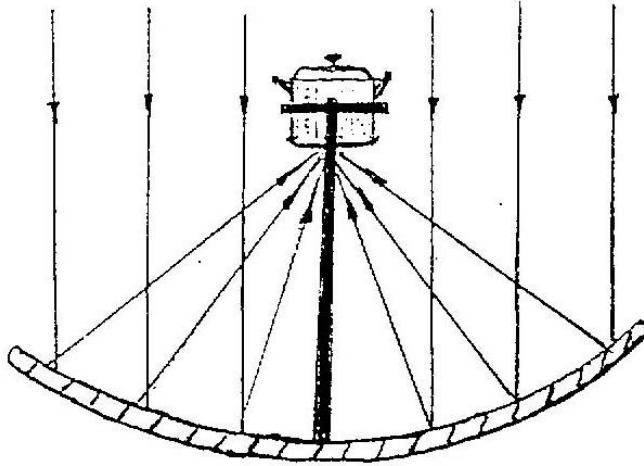
#### 3.3.1. Paraboloid güneş ocağının boyutları

Ege Üniversitesinde tasarlanarak imal edilen güneş ocağının çapı 1.40 m ve açıklık alanı  $1.54 \text{ m}^2$  'dir. Isıtma kabı emayeden imal edilmiş olup  $0.0460 \text{ m}^2$  taban alanına sahiptir. Güneş ocağının konsantrasyon oranı (C) 10.65 olarak tasarlanmıştır. Bu ocağın boyutları aşağıdaki şekillerdeki gibidir.

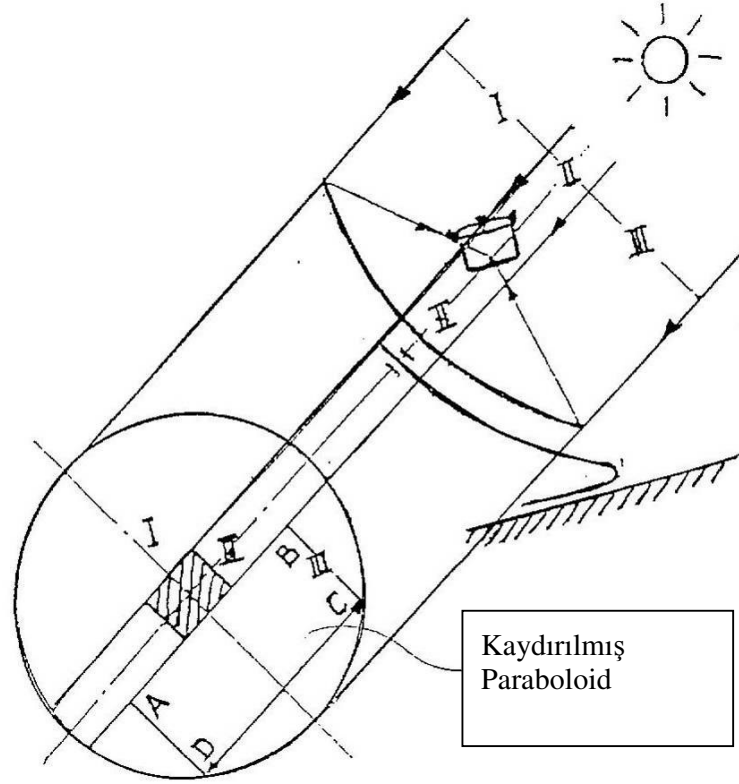
Ocağın imalatında paraboloid hafif olması açısından polyesterden döküm olarak yapılmış ve iç yüzü güneşi yansıtma özelliğine sahip olması bakımından alüminyum folyo ile kaplanmıştır. Güneşi izleme açısından pişirme kabının yerleştirildiği düzenek iki eksenle hareket edecek şekilde imal edilmiştir. Pişirme esnasında odak ayarı 10 dakikalık periyotlarla elle yapılmaktadır. Pişirme kabı da güneşi absorblama özelliğine sahip olması bakımından dış yüzeyi siyaha boyanmıştır. Bu çalışmada imal edilen güneş ocağının şematik resimleri aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.



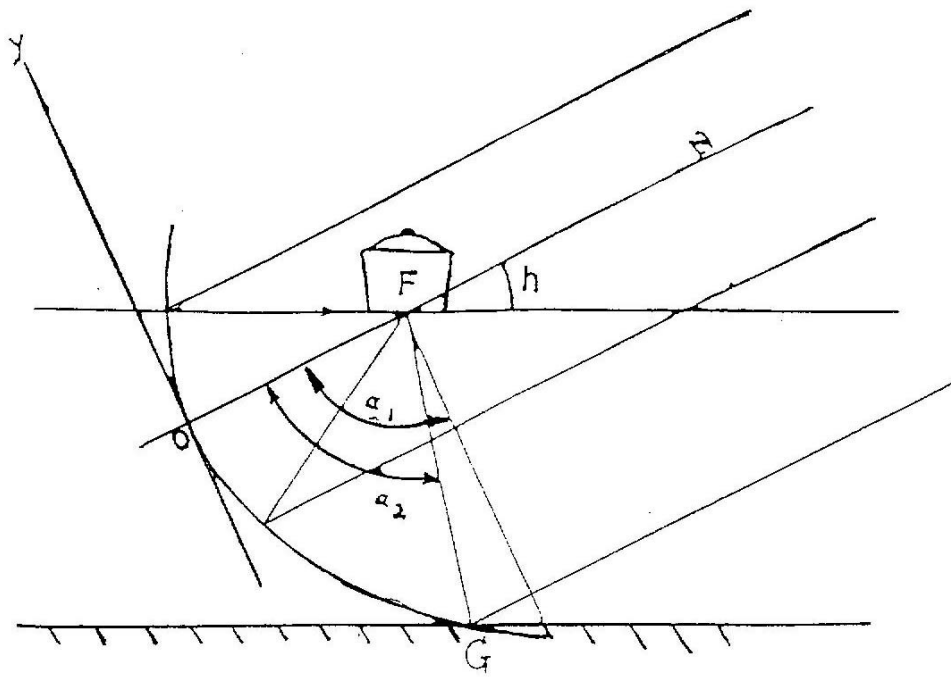
*Şekil 3.7. Gün doğuşu ve batışında odak noktası*



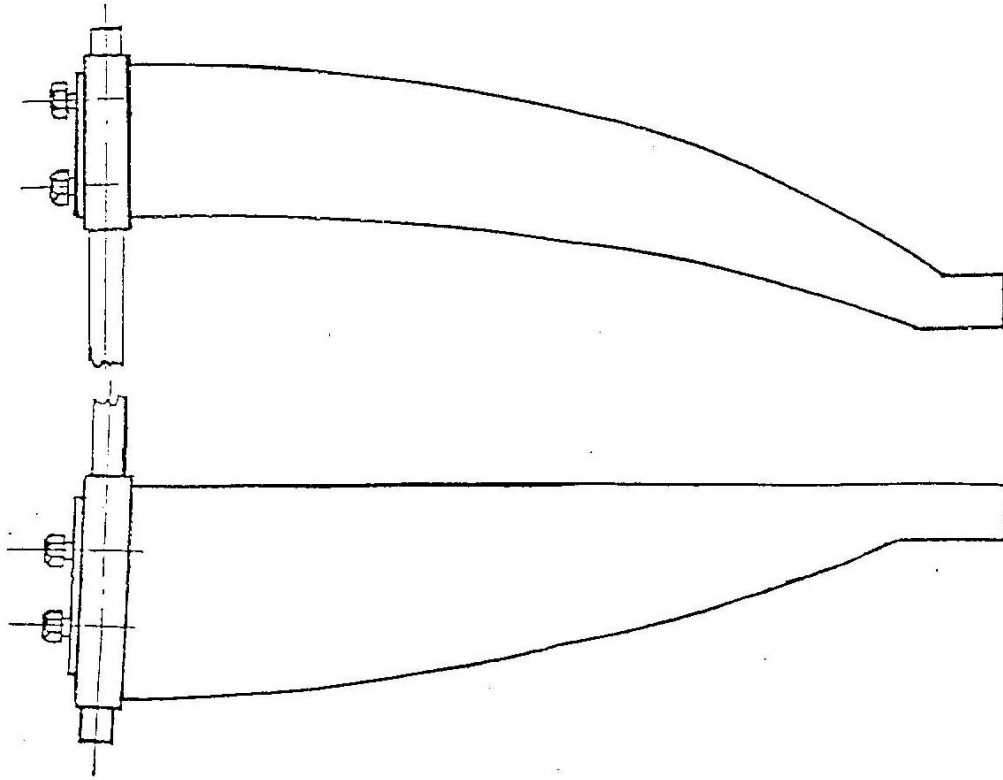
*Şekil 3.8. Öğle üzeri odak noktası*



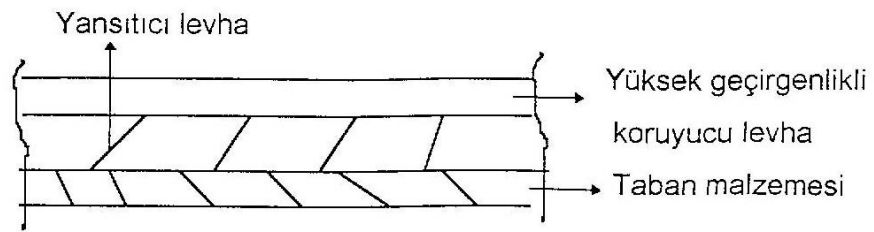
*Şekil 3.9. Parabolik/küresel tip bir güneşli pişiricinin çalışma prensibi*



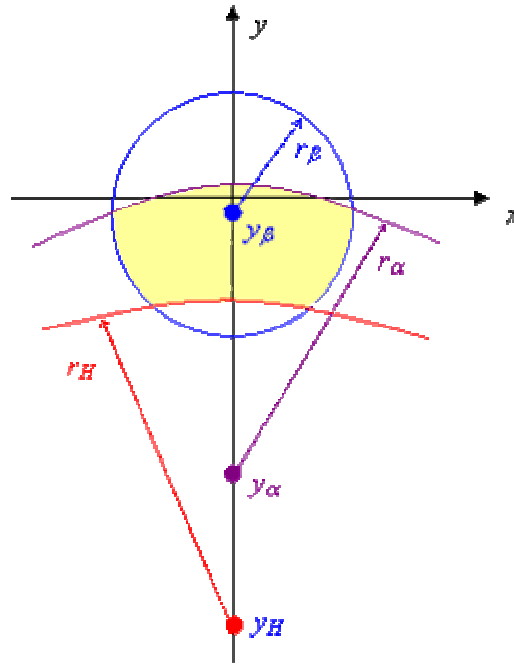
*Şekil 3.10. Güneşli pişiricinin toplayıcı açısı*



*Şekil 3.11. Konveks ve konkav parabolik*



*Şekil 3.12. Yansıtıcı yüzeyin yapısı*



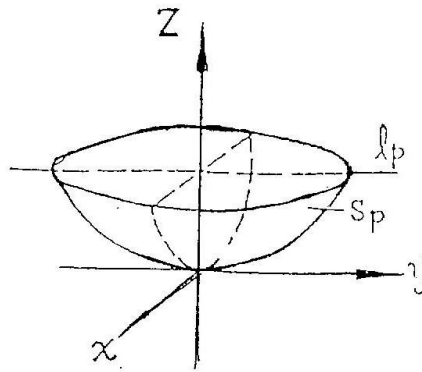
Şekil 3.13. Üçlü yay çizimi (Anonim c, 1995).

### 3.3.2. Parabol ve paraboloid

a. **Parabol:** Sabit bir odak (F) ve sabit bir doğrudan (L) eşit uzaklıktaki noktaların izdüşümünün geometrik yerine parabol denir (Şekil 3.13). Bir parabolün denklemi;

$$X^2=4.f.ZX^2=2.P.Z \text{ dir.}$$

$P=|FQ|$  , odak noktasının standart L doğrusuna olan uzaklığı



Şekil 3.14. Parabolun geometrik ifadesi (Anonim c, 1995).

$f = |OF| = 1/2 P$ , parabolun odak uzunluğu

F: Parabolun odak noktası

Q: Parabolun tepe noktası

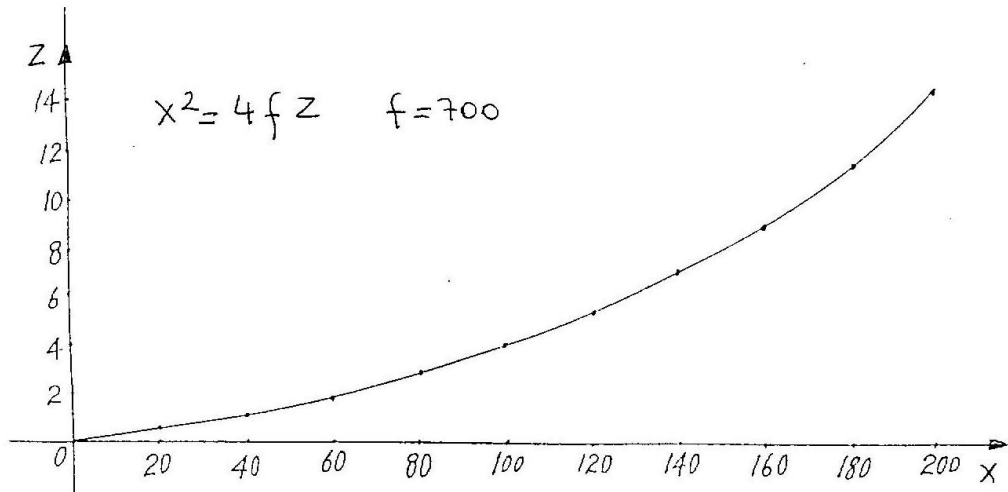
**Paraboloid:** Bir LP parabolü simetri eksenini etrafında bir defa döndürülürse bir paraboloid (SP) şekli meydana gelir. SP'nin konkav yüzeyi bir yansıtıcı materyal ile kaplanırsa bir paraboloid toplayıcı oluşur (Şekil 3.14).

### 3.3.2.1. Parabol çizim metodu

Odak noktası (F) tespit edilen bir parabolü koordinatlarıyla çizmek için parabol eşitliğinden yararlanılır.

$$X^2 = 4.f.Z \quad Z = X^2/4f$$

Çeşitli X değerlerine karşılık gelen Z değerleri bulunur. Bulunan bu değerler koordinat sisteminde işaretlenir ve bu noktalar birleştirilir (Şekil 3.15 ).



**Şekil 3.15.** Koordinat sisteminde parabol çizimi (Anonim c, 1995).

### 3.4. Güneş Yükseklik Açısının Seçimi ve Güneşli Pişiricinin Çalışma Zamanının Hesaplanması

Öngörülen güneş yükseklik açısı 25-80° arasındadır. Dört mevsim ve dört enlem bölgesi için formülden hesaplanan çalışma zamanları aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

$$X=1/15 \cos^{-1}((\sin\delta-\sin\Phi.\sin\delta)/(\cos\Phi.\cos\delta))$$

h: güneş yükseklik açısı

$\Phi$ : güneşli pişiricinin yerleştirildiği bölgenin enlem derecesi

$\delta$ : deklinasyon

Sabah pişirmeye başlama zamanı:  $T_{AM}=12-X$

Öğleden sonra pişirmeyi durdurma zamanı:  $T_{PM}=X$

Enlem		İlkbahar dönemi	Yaz dönemi	Sonbahar dönemi	Kış dönemi
0°	X	4,33	4,17	4,33	4,17
	$T_{AM}$	7:40	7:50	7:40	7:50
	$T_{PM}$	4:20	4:10	4:20	4:10
S/N 23,5°	X	4,17	4,78	4,17	3,083
	$T_{AM}$	7:50	7:13	7:50	8:55
	$T_{PM}$	4:10	4:47	4:10	3:05
S/N 35°	X	3,93	5,00	3,93	1,992
	$T_{AM}$	8:04	7:00	8:05	10:01
	$T_{PM}$	3:55	5:00	3:55	1:59
S/N 45°	X	3,55	5,16	3,55	Enlem
	$T_{AM}$	8:27	6:50	8:27	40'dan
	$T_{PM}$	3:33	5:10	3:33	küçük

*Çizelge 3.1. Dört enlem bölgesi ve dört mevsim için çalışma zamanları*

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

### 4.1. Paraboloid Güneş Ocağı Deneyleri

Ege Üniversitesi'nde yapılan deneyde 3 kg su ile 0.57 kg emaye kap birlikte ısıtılmıştır. Sıcak su deneyleri esnasında rüzgar hızının 0-1.5 m/s arasında alınmıştır. Belirli aralıklarla (3-5 dakikada bir) kalibrasyonlu bakır- konstantan termo elemanlar yardımıyla ortam sıcaklığı, pişirme kabındaki su sıcaklığı ölçülmüştür. Deney sırasındaki direk ışınım şiddeti, meteorolojinin deney günü saat 11-14 arası ışınım şiddeti verilerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır.(11-12= 558.13 W/m<sup>2</sup>, 12-13=230.23 W/m<sup>2</sup>, 13-14=551. 15 W/m<sup>2</sup>)

Deneyler esnasında ölçülen büyüklükler ve hesaplama sonuçları tablo ve grafikler halinde aşağıda gösterilmiştir.

Deney tarihi: 09.06.2003

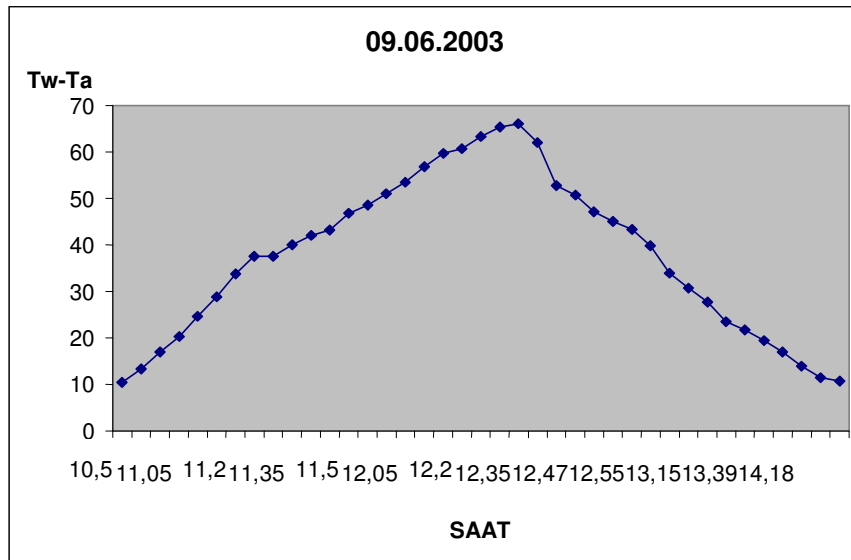
Deney Yeri: Ege Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Bornova.

Sembol	Açıklama	Deney Seti/Boyutları
$A_a$	Açıklık alanı	$D=1.4 \text{ m}$ $A=1.54\text{m}^2$
$A_r$	Alüminyum kabın alıcı alanı	$D=0.242 \text{ m}$ $h=0.15 \text{ m}$ $A_r=0.206\text{m}^2$
$C$	Yoğunlaştırma oranı	$C=A_a/A_r=7.47$
$(MC_w)'$	Su ve kabın ısı kapasitesi	$M_w=3.000 \text{ Kg}$ $C_w=4180 \text{ J/Kg.}^\circ\text{C}$ $M_p=1.10264 \text{ Kg}$ $C_p=753.624 \text{ J/Kg.}^\circ\text{C}$ $(MC_w)'=m_w c_w+m_p c_p=13.371 \text{ Kj/}^\circ\text{C}$
$\tau_o$	Zaman sabiti	57 dakika=3420 saniye

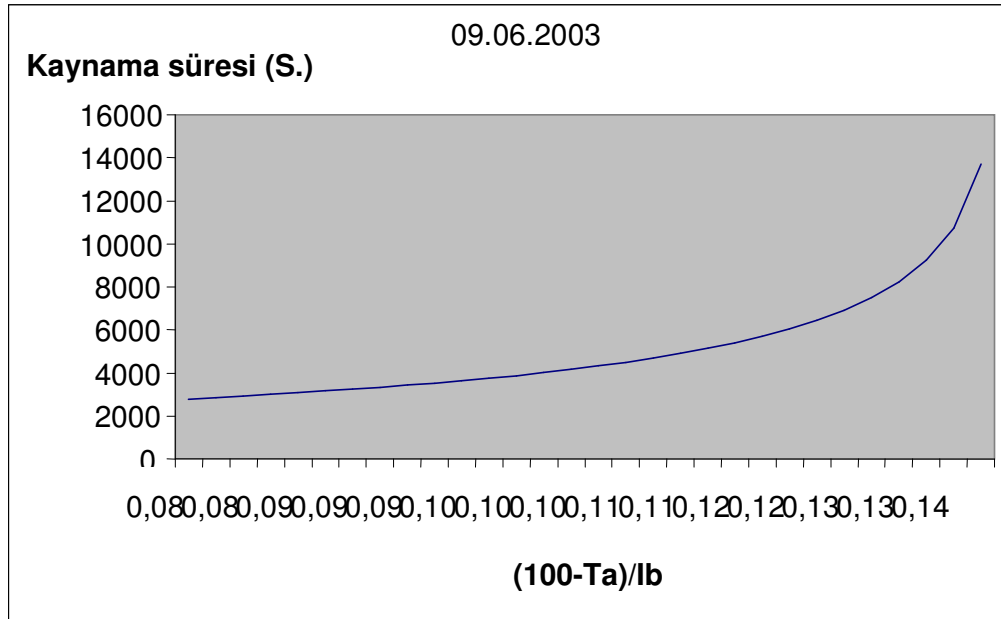
$d\tau$	F' $\eta_o$ hesabı için zaman aralığı	10 dakika
$I_b$	Deney esnasında direk ışınım	562.89 W/m <sup>2</sup>
$V_w$	Rüzgar hızı	0-1.5 m/s
$F'U_L$	Toplam ısı kayıp faktörü	18.979 w/m <sup>2</sup> .°C
$F'\eta_o$	Ortalama optik verimlilik faktörü	0.369
$T_a$	Dış hava sıcaklığı	32.26 °C

$$\tau_{kaynama} = \tau_o * \ln \frac{1}{1 - (F'U_L / F'\eta) * (1/C) * (100 - T_a) / I_b} = 6031.18 \text{ sn} = 100.52$$

dakika bulunur.



**Şekil 4.1.** 09.06.2003 tarihinde yapılan deney sonuçlarına göre elde edilen ısınma-soğuma grafiği



*Şekil 4.2. 09.06.2003 tarihinde yapılan deney sonuçlarına göre elde edilen pişirici performans karakteristik eğrisi.*

Muğla Üniversitesinde deneyi yapılan güneş ocağının çapı 1.4m ve açıklık alanı 1.54 m<sup>2</sup>'dir, ısıtma kabı alüminyumdan imal edilmiş olup 0.0283 m<sup>2</sup> taban alanına sahiptir, konsantrasyon oranı ise ( C ) 11.24 olarak tasarlanmıştır. Ocak hafif bir malzeme olması ve iç yüzü güneşi yansıtma özelliğine sahip olması nedeniyle galvanizli saçtan imal edilmiştir. Ocağın deneyler esnasında alınan bir fotoğrafını Şekil 4.3 de görmek mümkündür. Deney esnasında odak ayarı belli periyotlar arasında elle yapılmaktadır. Alüminyumdan imal edilen pişirme kabının emiciliğini arttırmak için dış yüzeyi isle kaplanmıştır. Her iki ilde yapılan deneylerde kullanılan güneş ocaklarının açıklık alanları aynıdır. Aynı biçimde imal edilmişlerdir.



**Şekil 4.3.** Muğla Üniversitesinde test edilen paraboloid güneş ocağı

Deneylerde yaklaşık 2 kg su ile 0.25215 kg alüminyum kap birlikte ısıtılmıştır. Deneyler sırasında rüzgar hızının 0–1.5 m/s arasında olduğu varsayılmıştır. Belirli aralıklarla termometre yardımıyla pişirme kabındaki su sıcaklığı ölçülmüştür. 23 Şubat ve 4 Ağustos 2006 günlerinde yapılan deneylerde, ortam sıcaklığı sıcaklık sensörü PT-100, Muğla Üniversitesi'nde yapılan deneylerde ışıınım şiddeti ışıınım sensörü Silisyum NES-SOZ 03 ile ölçülmüştür<sup>(1)</sup>. Deneylerdeki kabuller, ölçülen ve hesaplanan değerler Çizelge 4.1, 4.2, 4.3'de verilmiştir. 23 Şubat 2006 deneyi ve hesaplamalar sırasında kullanılan ısınma-soğuma grafiği Şekil 4.4'de verilmiştir.

Karşılaştırmalarda kullanılan güneş ocaklarının performans karakteristik eğrileri ve su ısıtma testi sonuçları sırasıyla Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'de verilmiştir.

---

<sup>(1)</sup> DPT 2001 K 120930 nolu "54 kW Gücündeki Şebekeye Bağlı Fotovoltaik Sistemin Muğla Üniversitesi Kütüphane Çatısına Entegrasyonu" 2001. Projesiyle Muğla Üniversitesi'ne kazandırılmıştır.

Hesaplamalar sonucu Muğla'da test edilen güneş ocağının ortalama optik verimlilik faktörü 0.594 olarak bulunmuş ve  $341.1 \text{ W/m}^2$  güneş ışınım şiddeti, 0–1.5 m/s rüzgar hızı şartlarında ocak, pişirme kabındaki suyu 65.43 dakikada maksimum sıcaklığa ( $98^\circ\text{C}$ ) ulaştırmıştır. 09.06.2003 tarihinde İzmir'de test edilen güneş ocağının ortalama optik verimlilik faktörü 0.369 olarak bulunmuş ve  $562.89 \text{ W/m}^2$  güneş ışınım şiddeti, 0–1.5 m/s rüzgar hızı şartlarında ocak, pişirme kabındaki suyu 100.52 dakikada maksimum sıcaklığa ( $99^\circ\text{C}$ ) ulaştırmıştır.

Deneylerdeki kabuller, ölçülen ve hesaplanan değerler aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir.

**Çizelge 4.1. Deneylerdeki kabuller**

Sembol	Açıklama	İzmir Deneyindeki Kabuller	Muğla Deneyindeki Kabuller
$d\tau$	$F'\eta_0$ hesabı için zaman aralığı	10 dakika	10 dakika
$V_w$	Rüzgar hızı	0-1.5 m/s	0-1.5 m/s

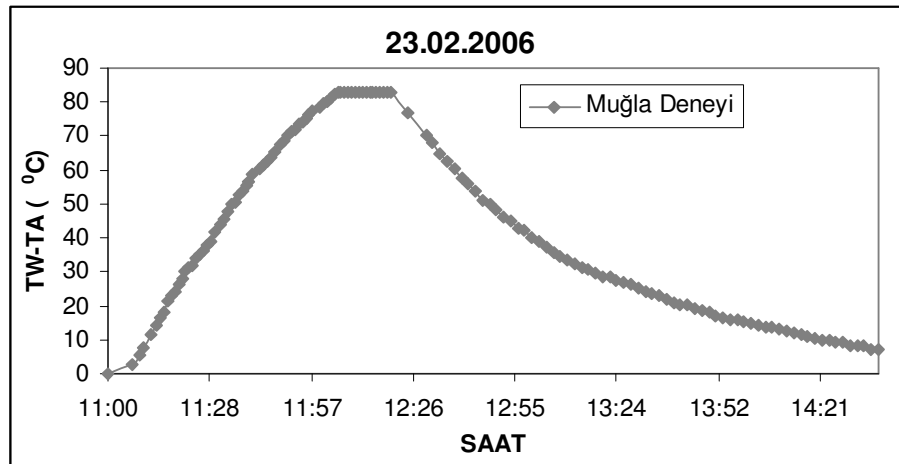
**Çizelge 4.2. Deneylerde ölçülen ve hesaplanan değerler**

Sembol	Açıklama	İzmir Deneyi 09.06.2003	Muğla Deneyi 1 23.02.2006	Muğla Deneyi 2 04.08.2006
$d\tau$	$F'\eta_0$ hesabı için zaman aralığı	10 dakika	10 dakika	10 dakika
$V_w$	Rüzgar hızı	0-1.5 m/s	0-1.5 m/s	0-1.5 m/s
$A_a$	Açıklık alanı	D=1.4m $A_a = 1.54 \text{ m}^2$	D=1.4m $A_a = 1.54 \text{ m}^2$	D=1.4m $A_a = 1.54 \text{ m}^2$
$A_r$	Alüminyum kabın alıcı alanı	D=0.242m h=0.15m $A_r = 0.206 \text{ m}^2$	D=0.19m h=0.135m $A_r = 0.137 \text{ m}^2$	D=0.19m h=0.135m $A_r = 0.137 \text{ m}^2$
C	Yoğunlaşma oranı	$C = A_a / A_r = 7.47$	$C = A_a / A_r = 11.24$	$C = A_a / A_r = 11.24$
$(MC)'_w$	Su ve kabın ısı kapasitesi	$M_w = 3.00 \text{ kg}$ $C_w = 4180 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{C}$ $M_p = 1.10264 \text{ kg}$ $C_p = 753.624 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{C}$ $(MC)'_w = m_w c_w + m_p c_p = 13.371 \text{ Kj}/^\circ\text{C}$	$M_w = 2.00822 \text{ kg}$ $C_w = 4180 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{C}$ $M_p = 0.25215 \text{ kg}$ $C_p = 753.624 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{C}$ $(MC)'_w = m_w c_w + m_p c_p = 8.584 \text{ Kj}/^\circ\text{C}$	$M_w = 2.75762 \text{ kg}$ $C_w = 4180 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{C}$ $M_p = 0.25215 \text{ kg}$ $C_p = 753.624 \text{ J/Kg} \cdot ^\circ\text{C}$ $(MC)'_w = m_w c_w + m_p c_p = 11.717 \text{ Kj}/^\circ\text{C}$

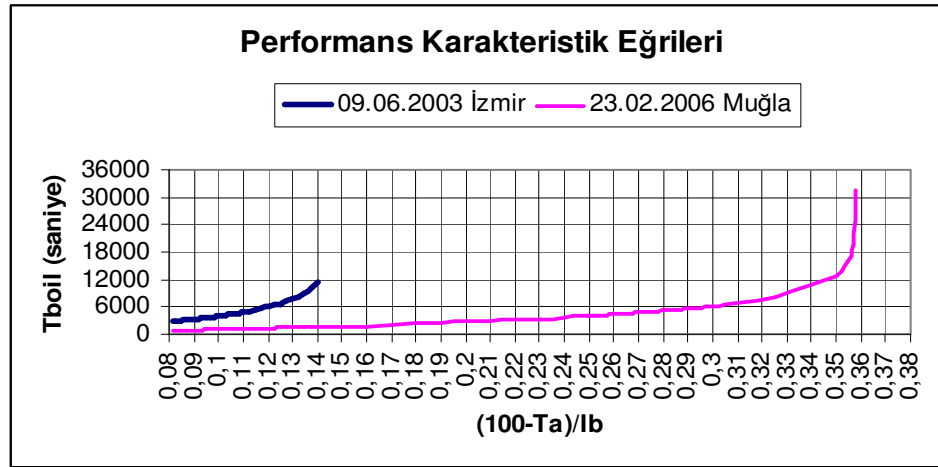
$I_b$	Deney esnasında direk ışınım	562.89 W/m <sup>2</sup>	341.1 W/m <sup>2</sup>	817.069 W/m <sup>2</sup>
$\bar{T}_a$	Deney sırasında dış hava sıcaklığı ortalaması	32.26 °C	15.54 °C	35.06955 °C
$\tau_0$	Zaman sabiti	57dakika=3420 saniye	56dakika=3360 saniye	80dakika=4800 saniye
$F'U_L$	Toplam ısı kayıp faktörü	18.979 W/m <sup>2</sup> °C	18.648 W/m <sup>2</sup> °C	17.818 W/m <sup>2</sup> °C
$F'\eta_0$	Ortalama optik verimlilik faktörü	0.369	0.594	0.308
$\tau_{kaynama}$	Kaynama süresi	100.52 dakika	65.43 dakika	42.076 dakika

**Çizelge 4.3. Deneylerde Hesaplanan Sonuçlar**

Sembol	Açıklama	İzmir Deney Sonuçları	Muğla Deney Sonuçları	Değişim (%)
$\tau_0$	Zaman sabiti	57dakika=3420saniye	56dakika=3360saniye	1.75 azalmış
$F'U_L$	Toplam ısı kayıp faktörü	18.979 W/m <sup>2</sup> °C	18.648 W/m <sup>2</sup> °C	1.74 azalmış
$F'\eta_0$	Ortalama optik verimlilik faktörü	0.369	0.594	60.9 artmış
$\tau_{kaynama}$	Kaynama süresi	100.52 dakika	65.43 dakika	34.9 azalmış

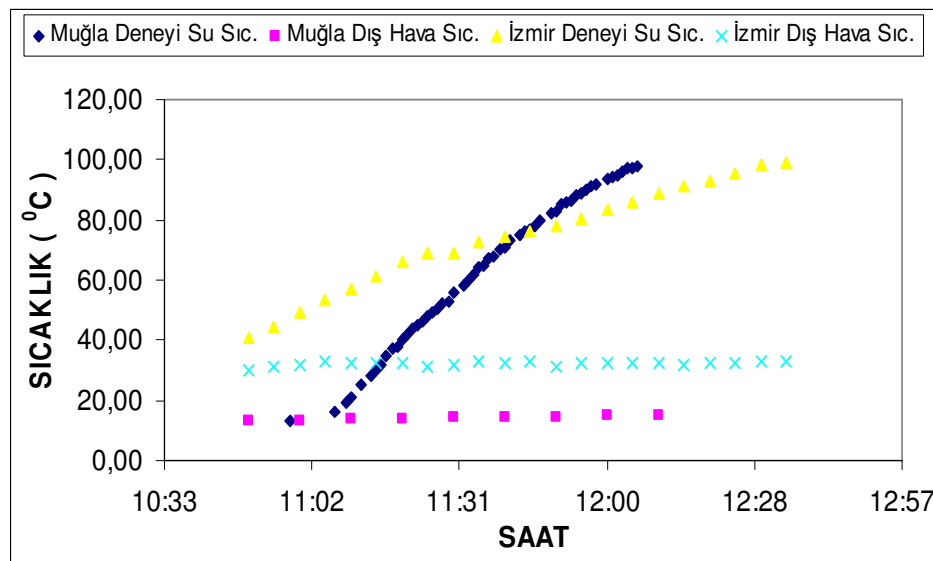


**Şekil 4.4.** 23 Şubat 2006 tarihinde Muğla'da Deneyi Yapılan Güneş Ocağının Isınma-soğuma grafiği



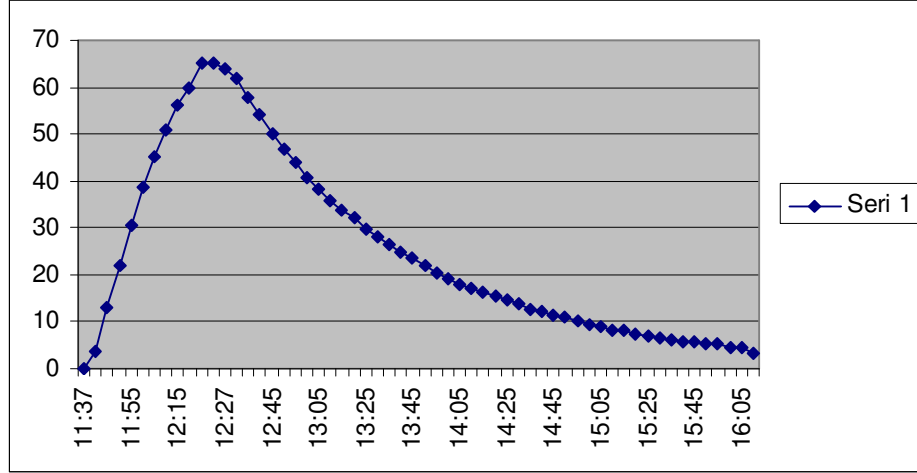
Şekil 4.5. Güneş Ocaklarının Performans Karakteristik Eğrileri

Şekil 4.5’de 9 Haziran 2003 tarihinde İzmir’de, 23 Şubat 2006 tarihinde Muğla’da yapılan deney sonuçlarına göre güneş ocaklarının performans karakteristik eğrileri verilmiştir. Burada İzmir’de Haziran koşullarında test edilen ocak eğrisinin apsisi 0.08 ile 0.14 arasındadır. Muğla’da Şubat ayı koşullarında test edilen ocak eğrisinin apsisinin ise 0.08 ile 0.36 arasında sınırlandığı görülmektedir. Burada Haziran ayındaki performans karakteristik eğrisi Şubat ayında sağa doğru kaymıştır. Bunun nedeni dış hava sıcaklığının ( $T_a$ ) ve direk ışınımın ( $I_b$ ) Şubat ayında daha düşük olması ayrıca zaman sabitindeki, toplam ısı kayıp faktöründeki, ortalama optik verimlilik faktöründeki ve yoğunlaşma oranındaki değişimdir.



Şekil 4.6. Güneş Ocaklarının Su Isıtma Testi Sonuçları

Şekil 4.6'da verilen güneş ocaklarının su ısıtma testi sonuçları incelendiğinde Şubat ayında dış hava sıcaklıklarının Haziran ayına göre daha düşük olmasına karşın su sıcaklığının daha dik bir eğimde ilerlediği gözlemlenmektedir. Bunun en belirgin nedeni Yoğunlaştırma oranındaki(C) farklılıktır.



Şekil 4.7. Muğla Üniversitesi 4 Ağustos 2006 tarihli deney ısınma-soğuma grafiği

#### 4.2. Isı Kutulu Güneş Ocağı Deneyi

Isı kutulu güneş ocağı tasarımında iç kutu 8 mm kalınlığında laminant parkeden, dış kutu 11 mm MDF malzemedен imal edilmiştir. Yalıtım malzemesi olarak 26 mm kalınlığında köpük kullanılmıştır. Güneş ocağının içi ve tencere mat siyah (kolektör boyası) boya ile boyanmıştır. Şeffaf üst örtü olarak 2 mm kalınlığında cam kullanılmıştır. Yansıtıcı kapak alüminyum folyo kaplanmış ince bir suntadan imal edilmiştir.

Isı kutulu güneş ocağının eni 360 mm. Boyu 463 mm. ve derinliği 185 mm olarak imal edilmiştir. Şekil 4.8'de imal ettiğimiz ocağın fotoğrafı görülmektedir.



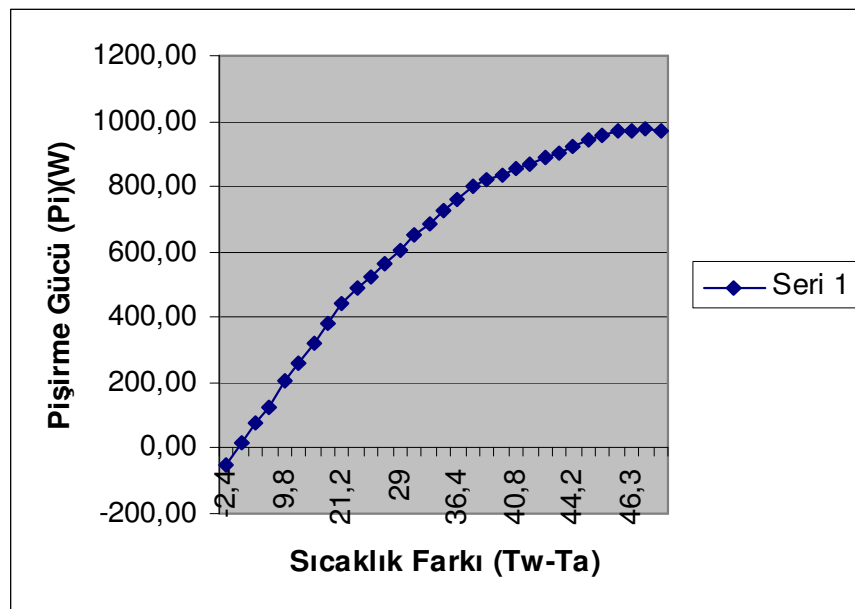
**Şekil 4.8.** Isı Kutulu Güneş Ocağı

Deneyde 3 kg su ile alüminyum kap birlikte ısıtılmıştır. Deneyler sırasında rüzgar hızının 0–1.5 m/s arasında olduğu varsayılmıştır. Belirli aralıklarla (10 dk.) termometre yardımıyla pişirme kabındaki su sıcaklığı ölçülmüştür. Deney esnasında çekilen bir fotoğraf Şekil 4.9’da görülmektedir. Deney 4 Mayıs 2007 tarihinde Muğla Üniversitesi Mühendislik Fakültesi’nde yapılmıştır. Muğla İli’nin enlemi 37.20° kuzeydir. Deneyden yapılan ölçümler yardımıyla pişirme gücü ( $P_i$ ), Standartlaştırılmış pişirme gücü ( $P_s$ ), sıcaklık farkı ( $T_w - T_a$ ) hesaplanmıştır. Deneyde ölçülen ve hesaplanan değerler sonucunda elde edilen sıcaklık farklarına göre pişirme gücü grafiği Şekil 4.10’da verilmiştir. Sıcaklık farklarına karşı standartlaştırılmış pişirme gücü grafiği Şekil 4.11’de görülmektedir.

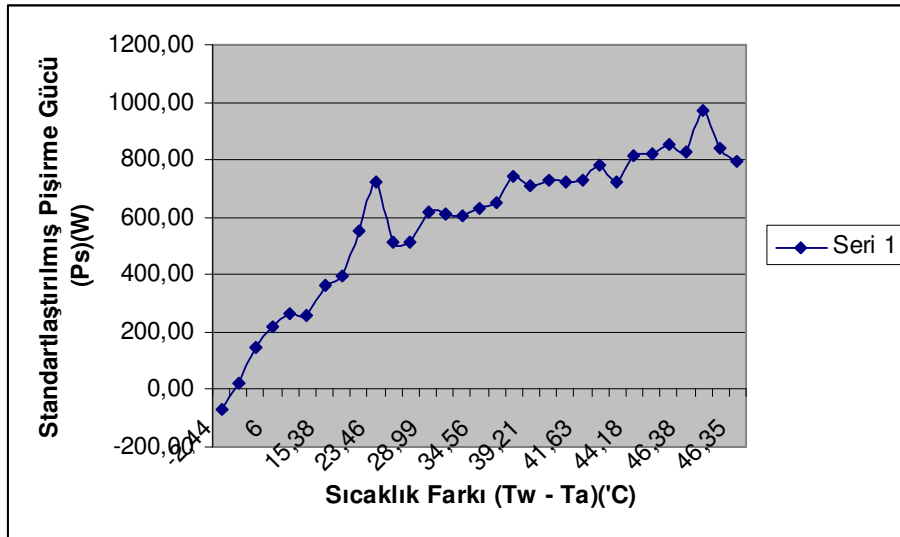
Çizelge 4.4’de Güneşli pişiricilerin özellikleri ve üstünlükleri verilmiştir.



Şekil.4.9. Isı Kutulu Güneş Ocağı ile deneyin yapılışı



Şekil 4.10. Sıcaklık farklarına göre pişirme gücü grafiği



Şekil 4.11. Sıcaklık farklarına karşı standartlaştırılmış pişirme gücü grafiği

Çizelge 4.4. Güneşli pişiricilerin özellikleri ve üstünlükleri.

Özellik	Isı kutulu pişirici	Düzlemsel toplayıcı tipi pişirici	Odaklayıcı tip Pişirici
<b>Üretim durumu</b>			
Tasarım basitliği	Evet	Evet	Hayır
Üretim tekniği	Çok basit	Nispeten basit	Nispeten zor
İmalat hassaslığı	Hayır	Hayır	Evet
<b>İşçilik ve gerekli aletler</b>			
Elektrikli alet ihtiyacı	Zorunlu değil	Zorunlu değil	Belki
Özel alet gereksinimi	Hayır	Biraz	Evet
Özel ustalık gereği	Hayır	Biraz	Evet
<b>İklimsel Etmenler</b>			
Kullanılan güneş ısınımı	Direkt ve difuz	Direkt ve difuz	Direkt
Düşük çevre sıcaklığının etkisi	Isınma zamanının uzaması	Isınma zamanının uzaması	Çok az
Parçalı bulutluluğun pişirme süresine etkisi	Etkilenme az	Etkilenme az	Tamamıyla
<b>Çalışma özellikleri</b>			
Yönlendirme gerekliliği	Tercih olunur	Tercih olunur	Gerekli
Ayarlama sıklığı	Sık değil	Sık değil	Sıklıkla
Yanlış yönlendirmeye işlemin etkilenmesi	ikincil	ikincil	önemli
Yiyeceklerin pişirmede karıştırılma gereği	Hayır	Hayır	Evet

Sistemin açık havada çalışması	Gerekli	Gerekli değil	Gerekli
Özel pişirme kabı	Koyu renkli kap	Çift cidarlı kazan	Koyu renk tabanlı kap
Piştirme kabından yiyecek taşmasıyla etkileme	Belki	Hayır	Evet
Pisirme kabına ulaşma kolaylığı	Kolay	Kolay	Kolay
Piştiricide ulaşılan sıcaklık	80-150 °C	80-100 °C	200-250 °C
<b>Piştirme Yeteneği</b>			
Kuru ısı (fırında kızartma ve piştirme)	Olabilir	Hayır	Çok olabilir
Nemli ısı (kaynatma, buharlama)	Evet	Evet	Evet
Yağda Kızartma	Hayır	Hayır	Evet
<b>Isı depolama yeteneği</b>			
Gün batışından sonra yiyecekleri sıcak tutma	Oldukça yüksek	Orta	Hiç
<b>Bakım</b>			
Toz ve kirden etkilenme	Önemsiz	Önemsiz	Önemli
Toplayıcı yüzeyini temiz bulundurma zorunluluğu	Düşük	Düşük	Yüksek
Temizlemeyle yüzeyin bozulması	Olası değil	Olası değil	Olabilir
Yedek parça temini	Belki	Belki	Güç olabilir
Tamir kolaylığı	Kolay	Oldukça kolay	Güç olabilir
Onarım için ustalık gereği	Gerekli değil	Gerekli	Çok gerekli
Yedek parça gerektirme sıklığı	Sık değil	Sık değil	Sık değil
<b>Emniyet faktörleri</b>			
Kullanıcının yanma tehlikesi	Hayır	Hayır	Evet
Kullanıcı rahatsızlığı (göze yüksek sıcaklık)	Hayır	Hayır	Evet
Çocuklar için tehlike	Önemsiz(camdan)	Önemsiz(camdan)	Orta etki (ısı ve parlak ışık)
Elemanların dayanıklılığı	Evet	Evet	Belki değil
Orta şiddette rüzgara dayanma	Evet	Evet	Hayır
Kötü kullanma dayanımı	Biraz (cam hariç)	Biraz (cam hariç)	Yansıtıcı hariç dayanıklı
<b>Malzeme</b>			
Kırsal bölgede bulma	Evet (cam hariç)	Evet (cam hariç)	Zor
Yakın bir şehirden temin	Evet	Evet	Olabilir
Özel taşıma gereği	Hayır (cam hariç)	Hayır (cam hariç)	Evet

## 5. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Yapılan deneyler sonucunda örnek bir güneş ocağının ısınma ve soğuma eğrisi çizilmiş, optik verimlilik faktörü ve ısı kayıpları hesaplanmıştır. Böylece performans karakteristik eğrisi çizilmiştir. Daha önce İzmir’de Haziran ayında yapılan deney sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Bunun sonucunda güneş ocaklarının Şubat ayı gibi soğuk iklim koşullarında bile havanın bulutsuz olması şartıyla iyi sonuçlar verebileceği görülmüştür. Tasarımı iyi yapılmış bir güneş ocağının dış hava sıcaklığının düşük olmasına rağmen iyi bir odaklama sonucu istenilen sıcaklığa çıkabileceği görülmüştür. Deneyler sonucu paraboloid odaklamalı güneş ocağının sadece yaz ve bahar aylarında değil havanın bulutsuz olduğu diğer günler içinde kullanılabilirliği görülmüştür.

Güneş ocağının çevreye hiçbir zararlı madde vermemesi, yerli kaynaklarla üretilebilmesi, kullanımının basit olması, ilk maliyetinin yanında hiçbir gider maliyetinin olmayışı tercih edilmesi için en önemli sebeplerden birkaçıdır. Yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahip ülkemizde, güneş ocaklarının kullanımına uygun yörelerde halkın bilinçlendirilmesi ve devletin teşviki ile yaygınlaştırılması en önemli konulardan biridir. Girişimci şirketlerin desteğiyle daha ucuz, daha pratik güneş ocaklarının üretimi yeni bir piyasa oluşturabilecek ve böylece yeni iş olanakları sağlama potansiyeli harekete geçirilebilecektir.

Hesaplamalar toplayıcı düzlemine gelen güneş radyasyonu kullanarak mevcut enerji miktarının belirlenmesi için yapılmalıdır. Yoğunlaştırıcı sistemler durumunda ise hesaplamalar parabolik toplayıcılardakinden çok farklı değildir. Düzlemsel toplayıcılar veya ısı kutulu pişiricilerde hesaplamalar enerji girişi ve ısı kayıplarının dikkate alındığı termodinamik denge temel alınarak yapılır. Her durumdaki fazla enerji pişirme ünitesine transfer edilir. Isı transfer hızlarını belirlemek için pişirme kabı etrafında ek termodinamik analiz yapılmalıdır.

Bu sistemlerin toplam verimliliği esas pişirme ünitesi iletim sistemi toplama sistemi üzerindeki enerji dengeleri yardımıyla belirlenir. Isı kutulu pişiricilerde sistem etkin bir birleşik birimdir. Pişirme kabına ısı transfer hızının yetersiz oluşu sınırlayıcı faktördür. Yoğunlaştırıcı pişiricilerde ise pişirme kabına radiant ısı

doğrudan transfer olur ve genellikle dış koşullara bağlı olarak büyük ısı kayıpları oluşur.

Yapılan uzun çalışmalar ve deneyimler sonucu güneşli pişiriciler hakkında şunları söyleyebiliriz.

- Güneşli pişirici, çizim ve teknolojik dökümanların gereğince imal edilmelidir.
- Su kaynama verimliliği, paraboloid konsantratör için >55% dir.
- 400°C' den daha yüksek sıcaklıklar için odak noktası 50 sq.cm'den fazla olmamalı ve elips veya daire şeklinde düzgün bir yüzeye sahip olmalı.
- Maksimum işlem yüksekliği 1.25 m'den fazla olmamalı.
- Maksimum işlem mesafesi 0.8 m'den fazla olmamalı.
- Minimum yükseklik açısı 25° 'den fazla, maksimum yükseklik açısı 70° 'den az olmamalı.
- Yansıtıcı materyal alüminyum folyonun yansıtma katsayısı 0,8'den az olmamalı ve bu malzeme kolay kaplanabilir dış ortam şartlarına dayanıklı olmalıdır.
- Toplayıcının yüzeyi mümkün olduğunca düzgün olmalı, kırışıklıklar, hasarlar içermemelidir.
- Güneşin izletilebilmesi için mekanizma kolay ayarlanabilir olmalıdır.

Araştırma sonuçlarımıza göre 2 m<sup>2</sup> toplayıcı alanına sahip bir güneş ocağının Türkiye'de yakacağın kıt, güneş enerjisinin bol olduğu kırsal kesimlerde sağlayacağı yararlar şöyle sıralanabilir

- Yılda 1000 kg çalı/ odun tasarrufu sağlar.
- Her gün çalı/odun toplayan çocukların yerine güneş ocakları geçeceğinden çocukların öğrenme, eğitim süreleri artacaktır. Köy hanımlarının yükü azalacaktır.
- Çiftçiler saman ve kuru sapsar yakmak yerine hayvan yemi olarak kullanabileceklerdir.
- En önemlisi de sağladığı ekolojik faydalardır. Güneş ocağı ile ormanlara ve yenebilir vejetasyona zarar azalacak, hava kirliliği de azalacaktır.

## KAYNAKLAR

Öztürk, H. H., 2004. Experimental Determination of Energy and Exergy Efficiency of the Solar Parabolic-Cooker. *Solar Energy*, 77: 67–71.

Esen, M., 2004. Thermal performance of a solar cooker integrated vacuum-tube collector with heat pipes containing different refrigerants. *Solar Energy*, Vol. 76: 751–757.

Esen, M., Hazar, H., Esen, H., 2005. Experimental investigation of a Solar Cooker Using Collector with Heat Pumps. *Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*: 114–124.

Sonune, A.V., Philip, S.K., 2003. Development of a Domestic Concentrating Cooker. *Renewable Energy*, 28: 1225–1234.

Sharaf, E., 2002. “A new Design for an Economical, Highly Efficient, Conical Solar Cooker”, *Renewable Energy*, 27 : 599-619.

Purohit, P., Kumar, A., Rana, S., Kandpal, T.C., 2002. Using Renewable Energy Technologies for Domestic Cooking in India: A Methodology for Potential Estimation. *Renewable Energy*, 26: 235–246.

Patel, N. V., Philip, S. K., 2000. Performance Evaluation of Three Solar Concentrating Cookers. *Renewable Energy*, 20: 347–355.

Suharta, H., Sayigh, A. M., Abdullah, K., Mathew, K., 2001. The Comparison of Three Types of Indonesian Solar Box Cookers. *Renewable Energy*, 22: 379–387.

Hosny, Z., Abou-Ziyan, 1998. Experimental Investigation of Tracking Paraboloid and Box Solar Cookers under Egyptian Environment. *Applied Thermal Engineering*, 18: 1375–1394.

Buddhi, D., Sahoo, L. K., 1997. Solar Cooker with Latent Heat Storage: Design and Experimental Testing. *Energy Convers, Mgmt*, Vol. 38, No. 5, 493–498.

Kariuki Nyahoro, P., Johnson, R.R., Edwards, J., 1997. Simulated Performance of Thermal Storage in a Solar Cooker. *Solar energy*, Vol. 59, No. 1–3: 11–17.

Pohekar, S. D., Ramachandran, M., 2005. Utility Assessment of Parabolic Solar Cooker as a Domestic Cooking Device in India. *Renewable Energy* (accepted 6 September).

Pohekar, S. D., Ramachandran, M., 2004. Multi-criteria Evaluation of Cooking Energy Alternatives for Promoting Parabolic Solar Cooker in India. *Renewable Energy*, 29: 1449–1460.

- Pohekar, S. D., Ramachandran, M., 2006. Multi-criteria Evaluation of Cooking Devices with Special Reference to Utility of Parabolic Solar Cooker (PSC) in India. *Energy* 31: 1215–1227.
- Murthy, S.N., Norasolah, N., 1985. Energy distribution in the focal region of an offsedfeed paraboloidal Solar Stove. *Solar Energy*, V34, N3: 279–285.
- Nahar, N.M., Gupta, J.P., 1991. Energy-Conservation potential for solar cookers in arid zones of india. *Energy*, V16:.965-969.
- El-Sebaili, A. A., 1997. Thermal performance of a box-type solar cooker with outer-inner reflectors. *Energy*, Vol. 22, No.10,: 969-978.
- Alward, R., 1982. Solar Cooker manual. Brace Research Institute Macdonald Collage of Mc gill University. Canada. Technical Report, T 138: 156.
- Grup, M., 1995. Convective Flat Plate Collectors and their Applications. *Solar energy*, Vol. 55: 195–207.
- Pejack, E. R., 1991. Mathematical Model of the Thermal Performance of Box-type Solar Cookers. *Renewable Energy*, Vol.1: 609–615.
- Channiwala, S. A., Doshi, N. I., 1989. Heat Loss Coefficients for Box-type Solar Cookers. *Solar Energy*, Vol. 42: 494–501.
- Thulasi Das, T.C., Karmakar, S., Rao, D. P., 1994. Solar Box-cooker: Modeling, Analysis and Simulation. *Solar Energy*, Vol. 52: 265–282.
- ASAE X580,2001. Testing and Reporting Solar Cooker Performance.
- Mullick S.C., Kandpal, T. C., Kumar, S., 1991. Thermal Test Procedure for a Paraboloid Concentrator Solar Cooker. *Solar Energy*, Vol. 42: 139–144.
- Özbalta, N., Aydın, M., Eltez, M., Design and Testing of a Paraboloid Solar Cooker İn İzmir Climatic Conditions. 5. Türk Alman Sempozyumu, 1995, İzmir. Bildiriler: 391–405.
- Atan, E., Tek ve İki Eksende Güneşi İzleyen Fırın Tipi Pişiricilerin Tasarımı Teorik ve Deneysel İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, İzmir, 1995.
- Anonim a, <http://www.kimyamuhendisi.com>
- Anonim b, <http://www.balcova.8m.com/fizik1.htm>
- Anonim c, Int. Solar Eng. Appl. Workshop., Xi Wen Hua Journal, China, 1995.

## **ÖZGEÇMİŞ**

Yüksel KARADAĞ 24.04.1973 tarihinde Muğla-Yatağan'da doğdu. İlk ve ortaokulu Yatağan'da tamamladı. Lise öğrenimini İzmir Ödemiş Endüstri Meslek Lisesi'nde parasız yatılı okuyarak tamamladı.1997 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Eğitimi Bölümü'nden mezun oldu.

1997–2007 yılları arasında sırasıyla; Rize Ardeşen Mesleki Eğitim Merkezi, Van Başkale Çok Programlı Lisesi (yedek subay öğretmen), Muğla Yatağan Mesleki Eğitim Merkezi, Muğla Yatağan Mesleki ve Teknik Eğitim Merkezlerinde elektrik öğretmeni olarak görev yaptı. Halen Muğla Yatağan Mesleki ve Teknik Eğitim Merkezi'nde elektrik öğretmeni olarak görev yapmaya devam etmektedir. Evli ve iki kız çocuk babasıdır.