

**GÜNEŞ ENERJİSİ İLE DERE SUYU
DAMITILMASININ DENEYSEL OLARAK
İNCELENMESİ**

2012

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ**

İhsan SARIPEK

**GÜNEŞ ENERJİSİ İLE DERE SUYU DAMITILMASININ DENEYSEL
OLARAK İNCELENMESİ**

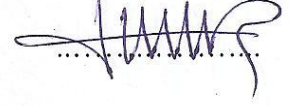
İhsan SARIPEK

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

**KARABÜK
Haziran 2012**

İhsan SARIİPEK tarafından hazırlanan “GÜNEŞ ENERJİSİ İLE DERE SUYU DAMITILMASININ DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Erdoğan KILIÇASLAN
Tez Danışmanı, Makine Eğitimi Anabilim Dalı
Yrd. Doç. Dr. Engin ÖZBAŞ
Tez Danışmanı, 19 Mayıs Üniversitesi



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 27/ 06/ 2012

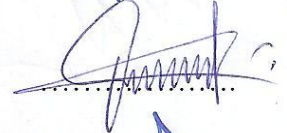
Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Mehmet ÖZKAYMAK (KBÜ)



Üye : Doç. Dr. Abdürrazzak AKTAŞ (KBÜ)



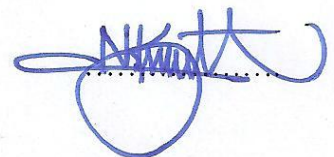
Üye : Yrd. Doç. Dr. Bahadır ACAR (KBÜ)



...../...../2012

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

Prof. Dr. Nizamettin KAHRAMAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



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

İhsan SARIPEK

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GÜNEŞ ENERJİSİ İLE DERE SUYU DAMITILMASININ DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

İhsan SARIPEK

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Yrd. Doç. Dr. Erdoğan KILIÇASLAN

Yrd. Doç. Dr. Engin ÖZBAŞ

Haziran 2012, 67 sayfa

Bu çalışmada, dere suyundan, içme ve kullanım suyu elde edilmesi amacıyla kullanılan güneş enerjisi ile damıtma yöntemi teknik olarak incelenmiştir. Dere veya deniz suyundan içme suyu elde edilmesinde değişik yöntemler kullanılmakta ve bunlardan birisi de güneş enerjisiyle su damıtılmasıdır. Çalışmaya bir güneş enerjili su damıtıcı yapılmasıyla başlanmıştır. Damıtma işlemi için enerji kaynağı olarak güneş enerjisi kullanılmıştır. Sistemde üç adet 150 cm boyunda vakum tüp, yoğuşma örtüsü olarak tek eğimli yoğuşma örtüsü kullanılmıştır. Yapılan deneyler Karabük koşullarında yapılmış ve dere suyu olarak da Karabük Üniversitesi kampüsü önünden geçen Araç çayının suyu baz alınmıştır. Güneş enerjili dere suyu damıtıcısında, Karabük ili iklim koşulları (dış hava sıcaklığı, güneş ışınım miktarı, ışınım süresi),

vakum tüplerin ayrı ayrı sıcaklıkları, depo suyu sıcaklığı, damıtma havuzu sıcaklığı, vakum tüplü güneş kolektörü cam yüzey sıcaklığı, dere suyu miktarı ve damıtılmış su miktarı ölçülerek değerlendirilmiştir. Bir güneş enerjili damıtıcının güneş enerjisinden maksimum yarar sağlayabilmesi için değişik şartlar denenmiştir. En başta tek eğimli üst yoğuşma örtüsü güneşe açık olacak şekilde değerler alınmış daha sonra yoğuşma örtüsü cam yünü ile yalıtılarak değerler alınmıştır. Daha sonra bu iki sistem karşılaştırılarak sonuca gidilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda, sistemin verimi; damıtma yöntemlerine, dış ortam sıcaklığına, güneş ışınım değerlerine, depo yalıtımına, damıtıcının örtü şekillerine ve su derinliğine göre değişmekte olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Sözcükler : Güneş enerjisi ile damıtma, vakum tüplü güneş kolektörü, dere suyu damıtılması, yoğuşma, tek eğimli üst yoğuşma örtüsü

Bilim Kodu : 708.3.015

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF SOLAR DISTILLATION FROM STREAM WATER

İhsan SARIPEK

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department Of Energy Systems Engineering

Thesis Advisor:

Assist. Prof. Dr. Erdoğan KILIÇASLAN

Assist. Prof. Dr. Engin ÖZBAŞ

June 2012, 67 pages

In this study, solar distillation technique is investigated technically which is used to produce drinking and cleaning water from stream water. Various methods are used in producing drinking water from the stream and sea water one of which is solar distillation. In the first stage of the study a solar distillation system is produced in which solar energy is used for the distillation. Three vacuum tubes of 150 cm length and a single curved condensation cover was used in the system. Tests were conducted in Karabuk city conditions and the water from Araç Stream which passes through the Karabuk University Campus was used. The parameters taken into consideration in solar distillation system were; climatic conditions of Karabük city (air temperature, solar radiation, radiation time), temperatures of each vacuum tube, water tank temperature, distillation pool temperature, glass surface temperature of vacuum tubed solar collector and the amounts of river water and distilled water.

Different conditions were tested to obtain maximum benefit from solar energy. First measurements were taken as the single curved top condensation cover was exposed to the sun and then as the cover insulated with glass wool. Two systems were compared to each other. Test results showed that the system efficiency changes according to the distillation method, outer temperature, solar radiation intensity, tank insulation, cover shapes of the distillation system and the depth of water.

Key Word : Solar distillation, vacuum tube solar collector, stream water distillation, single curved top condensation cover
Science Code : 708.3.015

TEŞEKKÜR

Bu tez alıőmasının planlanmasında, araőtırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ışığında őekillendiren sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Engin ÖZBAŞ 'a sonsuz teőekkürlerimi sunarım,

Aynı zamanda tezin tamamlanmasında emeiği geçen sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Erdoğan KILIÇASLAN' a sonsuz teőekkürlerimi sunarım,

Sevgili aileme, manevi hiçbir yardımını esirgemeden yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xv
BÖLÜM 1.	1
GİRİŞ	1
1.1. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ.....	2
1.2. ÇALIŞMANIN AMACI.....	2
BÖLÜM 2.	3
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
BÖLÜM 3.	10
GENEL BİLGİLER	10
3.1. GÜNEŞ ENERJİSİ.....	10
3.2. TÜRKİYEDE GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ.....	11
BÖLÜM 4.	12
GÜNEŞ ENERJİSİ İLE SU DAMITILMASI	12
4.1. GÜNEŞ ENERJİSİNDEN YARARLANILARAK SUY DAMITILMASI ..	12
4.2. BUHARLAŞMAYA ETKİ EDEN FAKTÖRLER.....	19
4.2.1. Meteorolojik Faktörler.....	19
4.2.1.1. Güneş Radyasyonu.....	19

	<u>Sayfa</u>
4.2.1.2. Hava Buhar Basıncı	20
4.2.1.3. Sıcaklık	20
4.2.1.4. Rüzgâr	20
4.2.1.5. Basınç.....	20
4.2.2. Coğrafik ve Topoğrafik Faktörler.....	20
4.2.2.1. Enlem	21
4.2.2.2. Yükseklik	21
4.2.2.3. Bakı	21
4.2.3. Suyun Kalitesi ve Bulunduğu Ortam.....	21
4.2.3.1. Su Kütlesinin Büyüklüğü	21
4.2.3.2. Tuz Durumu	21
4.2.3.3. Kirlenme	22
4.2.3.4. Dalgalı ve Hareket Halindeki Su	22
4.3. GÜNEŞ ENERJİLİ DAMITICILAR VE DAMITMA SİSTEMLERİ	22
4.3.1. Havuz Tipi Damıtıcılar	22
4.3.1.1. Havuz Tipi Damıtıcıların Çalışma Prensibi.....	23
4.3.1.2. Havuz Tipi Damıtıcıların Genel Yapısı	24
4.3.1.3. Saydam Örtünün Özellikleri	25
4.3.1.4. Havuz Özellikleri	26
4.3.1.5. Toplama Oluklarının Özellikleri.....	27
4.3.2. Havuz Tipi Damıtıcıların Konstrüksiyonları	28
4.3.3. Havuz Tipi Damıtıcıların Performansına Etki Eden Faktörler	31
4.3.3.1. Havuzdaki Su Derinliğinin Etkisi	32
4.3.3.2. Havuzların Konstrüksiyon Özelliklerinin Performansa Etkisi	33
4.3.4. Yüksek Sıcaklıklı ve Aktif Çalışan Damıtıcılar	36
BÖLÜM 5.	38
MATERYAL VE METOD	38
5.1. MATERYAL.....	38
5.1.1. Damıtma Havuzu	39

	<u>Sayfa</u>
5.1.2. Temiz Su Toplama Kanalı	40
5.1.3. Üst Yoğuşma (Saydam) Örtüsü	40
5.1.4. Vakum Tüplü Güneş Kolektörleri	41
5.1.4.1. Vakum tüplü güneş kolektörlerinin çalışma prensibi	41
5.1.5. Saydam Örtü	42
5.1.6. Yutucu Yüzey	42
5.1.7. Yalıtım Malzemesi.....	42
5.1.8. Diğer Malzemeler	43
5.2. METOD.....	43
5.3. BUHARLAŞMA ISISI.....	47
BÖLÜM 6.	49
ARAŞTIRMA BULGULARI	49
6.1. DENEY SONUÇLARI.....	49
6.1.1. 12/09/2011 Tarihli Deney.....	49
6.1.2. 13/09/2011 Tarihli Deney.....	52
6.1.3. 14/09/2011 Tarihli Deney.....	54
6.1.4. Damıtılan Su Grafiği	57
BÖLÜM 7.	58
TARTIŞMA VE SONUÇLAR	58
KAYNAKLAR	59
EK AÇIKLAMALAR A. 12/09/2011 TARİHLİ DENEY ÖLÇÜM DEĞERLERİ..	61
EK AÇIKLAMALAR B. 13/09/2011 TARİHLİ DENEY ÖLÇÜM DEĞERLERİ..	63
EK AÇIKLAMALAR C. 14/09/2011 TARİHLİ DENEY ÖLÇÜM DEĞERLERİ..	65
ÖZGEÇMİŞ	67

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 4.1. Hidrolik çevrim	12
Şekil 4.2. Basit damıtma ve yoğuşma	14
Şekil 4.3. Tek havuzlu cam çatılı güneş damıtma sistemi	18
Şekil 4.4. Basit düşük maliyetli yoğuşma ve damıtma ile arıtma metodu	19
Şekil 4.5. Tek havuzlu cam çatılı güneş damıtma sistemi	23
Şekil 4.6. Havuz tipi güneş enerjili damıtma sistemi	24
Şekil 4.7. Uygulamada bazı büyük güneş enerjili damıtıcılardan kesitler	29
Şekil 4.8. Açılı cam örtülü güneş damıtıcısı	30
Şekil 4.9. Yüksek sıcaklıklı sistemler	36
Şekil 4.10. Cezayir'de yapılmış olan sistem.....	37
Şekil 4.11. Aktif çalışan güneş enerjili damıtma havuzu ve düz yüzeyli kolektör	37
Şekil 5.1. Işınım şiddetini ölçen solarimetre	39
Şekil 5.2. Avometre.....	39
Şekil 5.3. Tek eğimli üst yoğuşma örtüsünün kesitleri	40
Şekil 5.4. Tek eğimli üst yoğuşma örtüsünün görünümü.....	40
Şekil 5.5. Vakumlu kolektörün görünüş ve kısımları.....	41
Şekil 5.6. Vakum tüplü kolektörün çalışma prensibi	41
Şekil 5.7. Deneyde kullanılan güneş enerjili damıtma sistemi	43
Şekil 5.8. Deneyde kullanılan güneş enerjili damıtma sisteminin genel görünüşü..	44
Şekil 5.9. Deneyde kullanılan güneş enerjili damıtma sisteminin yan görünüşü.....	45
Şekil 5.10. Deneyde kullanılan güneş enerjili damıtma sisteminin arka görünüşü....	45
Şekil 5.11. Güneş enerjili damıtma sistemi toplama kanallarının görünüşü	46
Şekil 5.12. Güneş enerjili damıtma sistemi üst yoğuşma örtüsü.....	46
Şekil 5.13. Güneş enerjili damıtma sistemine bağlı bulunan termokupllar.....	47
Şekil 5.14. T-V grafiği	47
Şekil 5.15. Eriyen buz ve buhara dönüşen su için duyulur ısı ve gizli ısı grafiği	48
Şekil 6.1. 12/09/2011 tarihli vakum tüp sıcaklıkları	50
Şekil 6.2. 12/09/2011 tarihli güneş ışınım değerleri	50

Sayfa

Şekil 6.3. 12/09/2011 tarihli iç ve dış ortam sıcaklıkları.....	51
Şekil 6.4. 12/09/2011 tarihli cam yüzey ve su sıcaklıkları.....	51
Şekil 6.5. 13/09/2011 tarihli vakum tüp sıcaklıkları	52
Şekil 6.6. 13/09/2011 tarihli güneş ışınım değerleri	53
Şekil 6.7. 13/09/2011 tarihli iç ve dış ortam sıcaklıkları.....	53
Şekil 6.8. 13/09/2011 tarihli cam yüzey ve su sıcaklıkları.....	54
Şekil 6.9. 14/09/2011 tarihli vakum tüp sıcaklıkları	55
Şekil 6.10. 14/09/2011 tarihli güneş ışınım değerleri	55
Şekil 6.11. 14/09/2011 tarihli iç ve dış ortam sıcaklıkları.....	56
Şekil 6.12. 14/09/2011 tarihli cam yüzey ve su sıcaklıkları.....	56
Şekil 6.13. Damıtılan su miktarları	57

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge EK A.1 12/09/2011 tarihli deney ölçüm değerleri.....	62
Çizelge EK B.1 13/09/2011 tarihli deney ölçüm değerleri	64
Çizelge EK C.1 14/09/2011 tarihli deney ölçüm değerleri	66

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

$^{\circ}\text{C}$: Santigrat (Derece Celsius)

A : Alan (m^2)

E : Toplam verim

G : Günlük ışıınım miktarı (MJ/m^2), (kWh/m^2), (W/m^2), (kcal/m^2), ($\text{kWh}/\text{m}^2,\text{d}$)

h_b : Doymuş kuru buharın entalpisi (kcal/kg)

h_s : Doymuş suyun buharın entalpisi (kcal/kg)

I : Devreden çekilen akım (Amper)

mbar : Milibar (Hava basıncı)

ml : Mililitre

m/s : Saniyedeki metre

mmSS: Milimetre su sütunu

m^2 : Metrekare

R : Devreden çekilen güç (Watt)

r : Yarıçap (m)

μm : Mikrometre

Q_{su} : Günlük yoğuşan su kapasitesi (litre/gün), (litre/m^2)

Δh : Buharlaşma ısısı farkı

Q : Toplam ısı geçişi (kcal), (kJ)

kJ : Kilojoule

mJ : Megajoule

KISALTMALAR

- RO : Ters ozmoz
MSF : Çok aşamalı flaş
MED : Çok etkili damıtma
ED : Elektro diyaliz
PCM : Faz değiştiren malzeme
MSFD : Çok katlı hızlı damıtma
WHO : Dünya Sağlık Örgütü
HD : Nemlendirmeli ve nemlendirmesiz damıtma
DMD : Dağıtımlı çok etkili damıtma
NMSU : New Mexico Devlet Üniversitesi
SPMD : Güneş enerjisi kaynaklı membranlı (zarlı) damıtma
 e_w : Sudaki buhar basıncı
 e_a : Havadaki buhar basıncı
DCMD : Direkt bağlantılı membranlı (zarlı) damıtma
MD : Membranlı(zarlı)damıtma
AGMD :Hava boşluklu zarlı damıtma

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Eskiçağda şehirlerin, kullanılabilir bir su kaynağının bulunduğu yerlerde kurulması tercih ediliyordu. Artık şimdilerde daha iyi planlama yapılıyor ve çoğunlukla su kaynaklarının uzağında kuruluyor. Bunun nedeni de suyu taşımamanın insanları taşımaktan daha kolay olması ihtimalidir. Ancak su gereksinimi hızla artmış ve su sıkıntısı günümüzde, dünyanın pek çok bölgesinde ekonomik büyümeyi sınırlayan en önemli etkenlerden biri durumuna gelmiştir. Nüfus artışı, sanayileşme ve etkin tarım faaliyetlerinin dünyanın kısıtlı yeraltı ve yerüstü kaynaklarını tükettiği ve çevre sorunlarını arttırdığı bir gerçektir. Sanayileşme ve gelişme hamlelerine paralel olarak ülkemizde de kaynak tüketimi hızla artmaktadır. Yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarından en akılcı bir şekilde yararlanılması gerekmektedir. Güneş enerjisi de bu enerji kaynaklarından birini oluşturmaktadır (Alibaş ve Baycık, 1987). İçme ve kullanım suyuna duyulan ihtiyacın artması, bilim adamlarını arayışlara ve bu konuda çalışmalar yapmaya yönlendirmiştir. Dünya üzerindeki su potansiyelinin yalnızca % 0,5'i içilebilecek nitelikte olup, % 97'si deniz suyu, % 2,5'i ise tuz içermesinden dolayı tuzlu yeraltı suyu olarak sınıflandırılmaktadır. Güneş enerjisiyle damıtmadaki temel teori, doğada var olan su çevriminin minyatür olarak yeniden yapılandırılmasıdır. İlk yapılan damıtıcıların mantığı bu döngüye dayanmaktadır. Geliştirilen damıtma sistemleri de bu prensibe göre çalışır. Damıtma havuzuna alınan dere suyu, güneş enerjisiyle buharlaştırılır. Buharlaşan su, daha soğuk saydam örtüde yoğunlaşır. Yoğunlaşan su toplanarak içilebilir ve kullanılabilir su elde edilir. Bu konu üzerine çalışmalarına hız veren bilim adamları, daha iyi verim elde edebilmek için çeşitli tipte damıtma sistemleri dizaynları yapmışlardır. Bunun neticesinde de çok değişik modelde güneş enerjili damıtma sistemleri ortaya çıkmıştır.

1.1. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ

Günümüzün sanayileşmiş ülkeleri yetersiz su rezervlerine rağmen içme suyu ihtiyaçlarını rahat karşılamaktadırlar. Buna karşın dünya nüfusunun yaklaşık % 25'i ciddi boyutlarda içme suyu sıkıntısı çekmektedir. Aynı zamanda bu bölgelerde kullanılan içme suları hijyenik şartlardan yoksundur. Bugün dünyada ciddi bir temiz su sıkıntısı yaşanmaktadır. Su kaynaklarının kirlenmesi ve nüfus artışı yüzünden 2025' li yıllarda nüfusun üçte ikisi temiz su sıkıntısı çekecektir. Su sıkıntısı daha çok kuzey Afrika ve güney Asya ülkeleri gibi kurak alanlarda yaşanmaktadır (15° -35° Kuzey enlemlerinde). Bu durum karşısında en geçerli çözüm güneş enerjisiyle damıtma olarak görülmektedir. Temiz suya en çok ihtiyaç duyan yerler aynı zamanda yoğun güneş enerjisine sahip yerlerdir. Bu yüzden de termal güneş enerjili damıtma işlemi, uygulanabilecek en etkili yöntemdir (Lindblom, 2003).

1.2. ÇALIŞMANIN AMACI

Bu çalışmadaki amacımız; Karabük koşullarında yine Karabük'ten geçen Araç çayından temin edilen dere suyunun damıtılarak temiz içme suyu elde edilmesidir. Bu nedenle basit bir güneş enerjili damıtma düzeneği kurulmuştur. Sistemde kolektör olarak üç adet 150 cm uzunluğunda vakum tüplü güneş kolektörü kullanılmıştır. Sistem hazırlandıktan sonra deneylere başlanmış, başta üst yoğuşma örtüsü üzeri güneş görebilecek şekilde herhangi bir yalıtım yapılmamıştır. Gerekli değerler alındıktan sonra üst yoğuşma örtüsü cam yünü ile yalıtılarak değerler alınmış ve farklı miktarlarda suyun damıtıldığı gözlemlenmiştir. Standart güneş enerjili damıtıcılara ek olarak sistemimizde su deposunun üst noktasına üç adet çapı yaklaşık olarak 4,5 cm olan delikler açılarak ayrı bir damıtma deposuna verilmiş ve verimi incelenmiştir.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Öztürk (2004) tarafından yapılan bilim uzmanlık tez çalışmasında camdan tek eğimli basit bir güneş damıtıcısı imal edilmiş ve bu damıtıcının performansını etkileyen parametrelerden rüzgâr hızı, ışınım şiddeti ve üst yoğuşma örtüsü incelenmiştir. Laboratuvar ortamında güneş simülasyonu yapılmıştır. Bu çalışmanın sonunda İstanbul koşullarında basit bir damıtıcının üst yoğuşma örtü eğimi 33° olarak bulunmuştur. Damıtıcı üst yoğuşma örtüsü üzerinde değişik hızlarda hava akımı oluşturulmuş ve damıtılan su miktarlarındaki artış ve azalışlar incelenmiştir. İncelemeler sonunda 3 m/s' lik rüzgâr hızında damıtılan su miktarı maksimum olmuştur. Çeşitli amaçlar için kullanılan düşük sıcaklıkta faz değiştiren malzemeler (PCM) damıtıcının performansını artırmak için kullanılmıştır. Bunun için damıtıcıya bir PCM kolektörü yerleştirilmiş ve yapılan deneyde PCM kullanılmadan elde edilen damıtılmış su miktarından % 54,5 daha fazla damıtılmış su elde edilmiştir.

Mamlook vd. (2001) tarafından yapılan çalışmada farklı güneş sistemleri uygulamalarının performansları birbirleriyle mukayese edilmiştir. Değişik güneş sistemlerinin karşılaştırılmasında bulanık mantık metodolojilerinin kullanıldığı bir çalışma yapılmıştır. Ürdün'de öncelikle kullanılan güneş sistemlerin düzeni incelenmiştir. Bu sistem güneş enerjili damıtma, güneş ile ısıtma, fotovoltaik ve güneşle elektrik gücü üretimi ile ilgilidir. Bu sistemler yararlarına ve maliyetlerine göre karşılaştırılmıştır. Maliyetlerine göre güneş enerjili damıtmanın en iyi yöntem olduğu tespit edilmiştir. Güneş havuzlarının en iyi ikinci yöntem olduğu ve bununda elektrik üretimi için gerekli olduğu belirtilmiştir. Daha sonra ise sırayla güneşle ısıtma ve fotovoltaik yöntemleri sıralanmıştır. Sonuç olarak güneşle su ısıtmanın daha fazla ilerlemeye ihtiyacının olmadığı belirlenmiştir.

Abdelrassoul (1998) yaptığı bu çalışmada Ortadoğu' da, su damıtılabilmek için kullanılan değişik damıtma sistemlerinin ekonomik değerlendirilmesini yapmış ve güneş enerjisinin damıtmada kullanımıyla, damıtma maliyetinin indirilebileceğini açıklamıştır. Güneş enerjisiyle damıtmanın çok basit ve direkt bir metoda olduğu, yalnızca geniş alan gerektirdiği, enerji sarfiyatının az olduğu ve kıyıda kösede kalmış yerler için çok uygun bir yöntem olduğu belirtilmiştir. Çok katlı hızlı (MSF) damıtma işleminin çok enerji gerektirdiği fakat tersine ozmos (RO) un enerjisi daha az kullandığı belirlenmiştir. Tersine ozmos ve elektrodializin (ED) en uygun yöntemler olduğu görülmüştür.

Abdel Dayem (2006) yaptığı bu çalışmada, çok etkili yoğuşma ve buharlaşma çevrimine dayalı basit güneş enerjili damıtıcıların nümerik ve deneysel performansını göstermektedir. Deneysel cihazı, Mısır'da Mattarria Mühendislik Fakültesi (Kahire)'ndeki laboratuarda kurulmuş ve test edilmiştir. Damıtma odası nemlendirici (buharlaştırıcı) ve nem alıcı (yoğuşturucu) ünitelerden oluşmuştur. Bu iki kısımdaki hava sirkülasyonu doğal konveksiyonla sağlanmıştır. Soğuk tuzlu su önceden içeride ısıtılmış ve daha sonra güneş kolektör çerçevesinde ısı değişimine maruz bırakılmıştır. Bu cihazda düz plakalı kolektör alanı $3,1 \text{ m}^2$ dir ve kapalı bir çerçevesi vardır. Ayrıca depolama tankı bulunmaktadır. Yıllık, farklı derecelerde elde edilecek ısı tahmin edilmiştir. Optimum kolektör alanı sistemin ömrünün maksimum olmasını sağlamıştır. Nümerik ve deneysel sonuçlar karşılaştırılmıştır. 241 gün su üretildiği tespit edilmiştir.

Garcia-Rodriguez ve Gomez-Camacho (1999) yaptıkları çalışmada, deniz suyunun damıtılmasında kullanılan değişik güneş sistemlerinin ekonomik analizini yapmışlar ve öneride bulunmuşlardır. Parabolik tekneli güneş kolektör tarlalarıyla, çok etkili damıtma ve çok evreli damıtma sistemlerinin birleştirilmesini önermişlerdir. Bu önerileri analiz etmişler ve diğer sistemlerle karşılaştırmışlardır. Önerilen güneş damıtma sistemlerinin, başlangıç maliyetlerinin değişmesine karşın, yararlı olarak bulmuşlardır.

Zwijenberg vd. (2005) bu çalışmada kirli suların arıtma işleminin güneş enerjisi kaynaklı ve destekli buharlaşma ile yapıldığını anlatmışlardır. Zar malzemesi olarak

polyetheramide tabanlı kalınlığı 40 µm olan polimer film kullanılmıştır. Bu güneş zarı direkt olarak güneş zarı ile buharlaştırma işleminde kullanılmıştır. Kaynak suyu olarak işlem görmemiş deniz suyu ve atık sular seçilmiştir. İçindeki iyonlar sodyum klorit, kalsiyum, arsenik, boron ve florittir. Yoğuşma kalitesi Dünya Sağlık Örgütü (WHO) 'nün içme suyu kalitesinde olduğu saptanmıştır. Bu sistemde, ortalama litre basına 100 gram maddenin temizlendiği belirlenmiştir.

Garcia-Rodriguez (2003) bu çalışmada milyonlarca insanın temiz ve güvenilir su kaynağına sahip olmadığını belirtmiştir. Pek çok kurak alanın kıyı şeridinde olduğu, buralarda deniz suyunu damıtma ve arıtma işleminin uygun bir alternatif olduğu anlatılmıştır. Diğer taraftan, bu işlemler için büyük bir enerji gereksinimi duyulmaktadır. Küçük yerleşim yerleri için özellikle de elektrik enerjisi kullanılacak ise enerji bir sorun olabilecektir. Kurak alanlarda güneş enerjisinin kullanılacağı önerilmiştir. Bu bölgelerde yenilenebilir enerji kaynakları tekrar gözden geçirilmelidir.

Belessiotis ve Delyannis (2001) bu çalışmaların yapıldığı sıralarda tüm enerji kaynaklarındaki fiyat artışının, dönüştürülebilirler hariç, bütçe açısından çok yıkıcı bir etki yaptığını belirtmişlerdir. Dönüştürülebilir enerjilere günümüz koşullarındaki teknolojilerle ve araştırmalarla yönelmek, bir fırsat ve ilerleme olarak kabul edilmiştir. Bu şekilde fiyatlar aşağı çekilmekte ve daha uzun ömürlü olmaktadır. Yaptıkları çalışmada, Ege Takım Adaları'nda, ihtiyaç olan su miktarlarını adalara göre incelemişler ve bu adalardaki bireysel ya da küçük yerleşim alanlarının su ihtiyacının, kurulabilecek güneş damıtıcısı ile sağlanıp sağlanamayacağını araştırmışlar ve bir ön ısı analizi yapmışlardır. Buralarda kurulması planlanan güneş damıtıcıları küçük çaplı ve küçük toplumlar için uygun görülmüştür.

Abu-Jabal vd. (2001) birlikte Tokyo'da yaptıkları çalışmada, yeni bir güneş enerjili su damıtıcısı geliştirmişler ve performans testi Gaza El Hazar Üniversitesi'nde yapılmıştır. Tokyo'daki Ebara Ortaklığı bu sistemi geliştirip üretmiştir. El Azhar Üniversitesi Su Araştırmaları Merkezi de bu sistemin performans testlerini yapmıştır. Damıtıcı, buharlaşmanın dizi halinde üç ayrı bölümden meydana geldiği bir sistemdir. Bu sistemde emisyonun sıfır olduğu ve damıtma işleminin üç etkili

buharlaştırıcılarla suyun buharlaştırılmasıyla yapıldığı anlatılmıştır. Yapılan testlerden sonra, Filistin için bu damıtma sisteminin uygulanabilir olduğunu görmüşlerdir.

El-Bahi ve İnan (1998) birlikte yeni bir damıtıcı dizaynı yapmışlardır. Klasik bir damıtma kabı üzerinde 4° 'lik bir açıyla cam örtü yerleştirmişlerdir. Bu damıtıcıda yoğunlaştırıcı güneş ışınımına maruz kalmayacak şekilde yerleştirilmiştir. Yoğuşma ve buharlaşma kısımları ayrı üniteler halindedir. Yoğuşma kısmının buharlaşma kısmı kenarına bir ayna yerleştirilerek verimin artırılması sağlanmıştır. Damıtıcıda, yoğunlaştırıcı kısmı olmadan deneyler yapılmış ve % 70 kazanç sağlanmış, yoğuşma kısmıyla beraber yapılan deneylerde % 75 kazanç sağlamışlardır.

Koning ve Thiesen (2005) bu çalışmada temeli güneş enerjisiyle ısıl damıtmaya dayalı metrekarede 40 litre su üreten küçük ölçekli damıtma sistemini anlatmışlardır. Amaçlanan; bu sistemin enerji verimini en üst düzeye çıkarmak ve mümkün olan en üst düzeyde taze su üretmektir. buharlaşma ve yoğunlaşma bölümleri birbirinden ayrıdır. Kullanılan kolektör düzlem yüzey yerine kübik şekilde yapılmıştır. Ayrıca sisteme aynalar ilave edilerek güneş enerjisinin girişi artırılmış ve rüzgârdan korunmak için yararlanılmıştır. Hava akışını test ve kontrol edebilmek için mikro kontrolör kullanılmıştır. Bonaire adasında yapılmış olan ilk örnek metrekare başına 40 litre temiz su üretmiştir. 20 yıl kullanım ömrünün olduğu belirtilmiştir. Su kaynağı herhangi bir kaynak olabilmektedir (Deniz suyu, metallerin kirlendiği su zehirli su, Bangladeş'teki arsenik tarafından zehirlenmiş kuyu suyu)

Müller vd. (2005) tarafından yapılan bu çalışmada çok katlı güneş enerjisiyle damıtma sistemlerinde ısı geri kazanımı anlatılmıştır. Bu sistemin en önemli yararı kullanımının kolay olması, pompa ve elektronik kontrole imkân tanmasıdır. Ayrıca bu ünite elektrik enerjisi gerektirmez. Bu havuz 50 ila 500 litre içecek su üretmektedir. Greenpace tarafından desteklenen bu projede üç tip güneş enerjisiyle damıtma sistemi kurulmuştur. Çok katlı ısı geri kazanımı bölümleri bulunmaktadır. 4 m² düzlem kolektör (1 m² buharlaşma yüzeyli), 2,4 m² parabolik yansıtıcı (0,66 m² buharlaşma yüzeyli), 2 m² boşaltılmış tüplü kolektörler (1 m² buharlaşma yüzeyli). Kolektörlü arıtma modülünde ünitenin en alt katmanı arıtma kulesinin ilk basamağı

olarak hizmet eder. Aynı zamanda arıtılmış su içinde tank görevi görür. Kolektörün yüzeyinde üretilen ısı da burada ortaya çıkar. Yoğunlaşma, direkt olarak kolektörün ısı transfer ortamı oluşturmasıyla gerçekleşir. kolektör, yoğunlaşma ünitesinin altına yerleştirilir, sirkülasyon güneş kolektöründen normal termal konveksiyon aracılığı ile gerçekleşir. 2 m² yüzeyli iki kolektörün kendi, sirkülasyon sistemi vardır. Kolektörlerin taban ve tavanındaki ilave yansıtıcılar gelen ışığın yüzeyini genişletir. 24 saatte üretilen toplam arıtılmış su 44 kg'dır. Bir günde toplanan güneş enerjisi ise 7,23 KW/ m²'dir. Bu su anlama gelir; güneş enerjisinin kullanılan enerjiye oranı % 98 olarak hesaplanır. Basit sera tipi damıtma ünitesi referans olarak kurulmuş ve aynı zamanda m² başına 4 litre su üretilmiştir. Bu iki ünite mukayese edildiğinde, basit bir sistemdeki giriş, enerji seviyesinden 2,75 kere daha verimli olduğu görülmüştür. Parabolik yansıma modeli her zaman doğu-batı yönünde yerleştirilir. Gelen ışının genişliği 1,5 m'dir. Yansıtıcı alıcının üzerine gün boyu sürekli ışık gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Odak noktası gün boyu absorber yüzeyinde 20 cm genişliğinde hareket edecek şekilde ayarlanır. Bu su anlama gelir: Coğrafi duruma bağlı olarak yalnızca bir günlük ayarlama, odak çizgisi pozisyonu için yeterlidir. Absorber aynı zamanda tuzlu suyu da tutar ve bu arıtma kulesinin birinci basamağında olur. Rüzgârlı durumlarda ısı kaybı çok fazla olur. Çünkü Absorber gölgede kalır. Ayrıca gece yoğun ısı kaybı tabanda olur ve sistemi hızla soğutur. Bazı rüzgârlı bölgelerde Absorber cam kapakla korunarak çözüm bulunabilir. Fakat camın üzerinde yansıma olduğu için enerji kaybı dikkate alınmalıdır. Güneş ışınları dar açıyla geldiğinde pek çok ünite mümkün olduğunca birleştirilmeli ve parabolik reflektörün kenarındaki ısı kaybı minimuma indirilir. Ölçüm sonuçları şunu gösterir; Parabolik reflektör sistemi bir yandan hızla ısıtırken geceleri bu ısı hızla kaybolmaktadır. Sonuç olarak reflektörlü 2,4 m² büyüklüğündeki bir sistemden alınacak sonuçla 4 m²'lik düzlem yüzeyli sistemden alınacak sonuç aynıdır. Bu yüzden yalıtıma önem verilmelidir. Bu tabii ki kurulacak iklim koşullarıyla da ilgilidir. Başka bir çözüm ise bükümlü tüplü kolektör kullanmaktır. Tüpler direkt olarak buharlaşma bölümüne bağlanmıştır. Su tüplerden geçer, bu tüplerde ısı da taşınmaktadır. Bu kolektörler rüzgâra çok duyarlıdır ve 100 °C de bile yüksek verimlilikle çalışırlar. Fakat suna dikkat edilmelidir: Etkili alandaki tüplerin arasındaki geniş alan daraltılınca ve sınırlı oranda performans başarılı sayılmaktadır; optik verimde % 40 civarında olmaktadır.

Ebe vd. (2005) bu çalışmada Amerika-Meksika sınırında 10 yıldır uygulanan güneş enerjisiyle damıtma uygulamasını anlatmışlardır. Dünyanın gelişmekte olan diğer yerlerindeki gibi “Amerikacın kurak Meksika sınırlarında” ciddi su sıkıntısıyla karşı karşıya kaldığı belirtilmiştir. Güneş enerjisiyle damıtma uygulaması sayesinde yalnızca su saflaştırılmakla kalınmamış aynı zamanda tuzundan da arındırılmıştır. Meksika sınırında pek çok topluluk yaşamaktadır ki bunların birçoğunun da su kaynakları yeterli değildir. Örneğin; Ciudad Juarez bölgesinde yarım milyondan fazla kişi yaşamaktadır. Bu kişiler içme suyunu satın almak zorunda kalmaktadırlar. Pek çok topluluk, örneğin Palomaslar, Columbuslar, Ojinagalar, Presidiolar su kaynakları ihtiyaçlarını karşılayacak düzeyde değildir. Çünkü su, yüksek arsenik içermektedir. güneş enerjisiyle damıtma buralarda yaşayan insanlar için iyi bir alternatiftir. El Paso güneş Enerji Kurumu (EPSEA).SolAqua, Sondia Ulusal Laboratuvarları ve New Mexico Devlet Üniversitesi ile birlikte çalışmışlardır. Bu çalışmalar 1994 -1997 yılları arasında Temas Devlet Enerji Korunumu Kurumunca da desteklenmiştir. ilk çalışmalar El Paso’da bir güneş enerjili damıtma tesisi kurularak başlamıştır. Orijinal planlar, ailelere de kendilerininkini kurmaları için verilmiştir. Fakat onlar bu cihazı çalıştırmayı başaramamışlardır. Proje aynı zamanda New Meksika’ da Colombus’ daki pilot havuzlar ile ilgili olup EPSEA’da 33 tane havuz inşa etmiştir ve bunları New Meksika’nın güneyindeki yerleşim yerlerine dağıtmıştır. MNSU’nun pilot çalışmaları şunu göstermiştir; Güneş enerjili damıtma havuzları etkili bir şekilde tuzu, ağır metalleri, bakteri ve mikropları su kaynağından yok etmektedir. Bu sistemde genel havuzun çalıştırma işlemi basittir ve havuzun güneşe doğru konulması gerekir. Bir veya iki günde bir havuza su konur, havuzun tabanı temizlenir. Havuzlar modülerdir ve daha çok su üretimi için yan yana paralel olarak havuzlar birbirine bağlanabilir. Su havuzun tabanında buharlaştıkça geride tuz ve diğer maddeler kalır. Zaman geçtikçe tuz iyi temizlenmezse birikir. Bu yüzden uygun bir şekilde çalıştırılması için her gün ortalama 3 kere su ilave edilmesi gerekir. Örneğin havuz 5 litre su ürettiyorsa 15 litre su eklenmelidir, 10 litresi de havuzdan ayrılır. Bu ayrılan 10 litre su tuz birikmesini önlemek için kullanılır. Bu 10 litrelik su, iyi kalitede ise yıkama işlemlerinde (evde) kullanılabilir. Bu şekilde çalışan havuzlarda herhangi bir tortu birikmez. Eğer bu işlem unutulursa sirke ile havuz tabanı elle temizlenir. Arizona Üniversitesinden Dr.Andrew Veil bu suyun daha sağlıklı olduğunu savunmuştur.

Aybar vd. (2005) yaptıkları bu çalışmada eğimli güneş enerjisiyle damıtma sistemine ait bir deneyi anlatılmışlardır. Bu deneyde Kuzey Kıbrıs'ın çevre koşulları dikkate alınmıştır. Farklı güneş enerjili havuz sistemlerinde besleme suyu güneş enerjisini Absorber edici yüzeylere düşer. Sistem sürekli temiz ve sıcak su üretir. Emici yüzeylerde sürekli şekilde akış suyunun tutulması buharlaşma oranını ve buna bağlı olarak da damıtılmış su miktarını arttırır. Bu sistemin eğimli yüzeyi cam kapaktan oluşan bir absorberdir. Suyun yüzeye verilmesi ile sürekli bir su tabakası oluşmuştur. Isıtma ve buharlaşma işlemi, bu absorbe edici tabakada; yoğuşma işi ise cam kapakta olmaktadır. Bu sistemin en önemli özelliği hem temiz hem de sıcak suyu aynı anda üretmesidir. Sıcak su evlerde kullanılabilir. Buharlaştırmayı arttırmak için gözenekli bir ortam kullanılabilir. Sisteme 30° eğim verilir. Bu şekilde suyun damlaması hızlandırılır ve daha çok su elde edilir. Orta tanktan gelen besleme suyu dağıtım borusuna gider (çapı 11mm). Yarık boyu 2 mm'dir. Sistem üç değişik şekilde test edilmiştir.1) Çıplak yüzeyli 2) Siyah kumaşlı fitilli 3) Siyah yünlü fitilli. Bu fitillerin kullanılması, temiz su üretimini çıplak yüzeyli olandan 2–3 kat fazla arttırmıştır. Elde edilen sıcak su da evde kullanılacak sıcaklığa ulaşmıştır. Basit tip güneş enerjili fitilli damıtıcıda besleme suyu yavaş yavaş delikli Absorber edici yatak tarafından emilir. İki avantajı vardır. İlki fitile eğim verilebilir. Böylece, besleme suyu güneş ışınlarından daha uygun açıyla yararlanabilir. İkincisi ise damıtıcıda daha az besleme suyu bulundurulur. Böylece su, daha hızlı bir şekilde kızgın hale getirilir ve yüksek sıcaklığa ulaştırılır. Su eğimden dolayı yüzeye gider ve yüzeyde su seviyesi artar. Güneş enerjisi yüzeyi ısıtır. Suyun bir kısmı buharlaşır ve cam kapak aracılığıyla yoğunlaşır. Geride kalan besleme suyu ki bu sıcaktır, diğer kanala akar. Sıcak su, yüzeyden bu kanalla alınır. Temiz su ve sıcak su ayrı tanklarda toplanır. Basit temel tip güneş fitilli damıtıcılar; basit temel tip güneş enerjili damıtıcılardan daha verimlidir. Kurulum ücretleri daha düşüktür.

BÖLÜM 3

GENEL BİLGİLER

3.1. GÜNEŞ ENERJİSİ

Güneş, dünyaya ve diğer gezegenlere enerji veren sonsuz denilebilecek güce sahip tek enerji kaynağıdır. Güneş enerjisi, doğrusal yönde hareket eden güneş ışınlarıyla iletilir. Bir cisim üzerine gelen güneş ışınları dört kısma ayrılır. Bunların bir kısmı cismin içine girerek arka tarafa geçer, bir kısmı yansır, bir kısmı dağılım (diffuse) yoluyla yansır, geriye kalan kısmı ise, cisim tarafından soğurulur (absorbe edilir). Güneş enerjisinin tamamı, bu güneş ışınlarının toplamına eşittir. Bunların her birinin toplam enerjiye oranı o cismin geçirme, yansıtma, diffuz yansıtma ve soğurma özelliklerini gösterir. Güneş radyasyonu üç kısımdan oluşur, bunlar enfraruj radyasyon, görünür ışık ve ultraviyole radyasyondur. Güneş enerjisinin % 55... 60'ı enfraruj bölgededir. Güneş enerjisinin ısıtıcı etkisi, enfraruj radyasyondan ileri gelmektedir (Alibaş ve Baycık, 1987). Güneşten gelen ışınlar atmosferin içine girdiği andan itibaren kırılıp yansıyor yutulmakta, yön ve şekil değiştirmekte sonunda yine uzaya dönmektedir. Bulutlar ise ışık yönünü değiştirerek yansıtır. Bu olaya kırılma-yansıma refleksiyon denir. Yer yüzeyine kadar gelen ışınlarda yere çarptığı zaman yön değiştirerek yansımaya uğrarlar. Bu olaya ise albedo adı verilir. Güneş ışınları bir cisme çarptığı zaman dalga uzunluklarına göre farklı açılarda kırılır ve yansır, bu olaya ışık dağılması difüzyon denir (Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, 2004). Güneş ışınımı atmosferi geçerken bir kısmı yansıtılır, bir kısmı yutulur. Yeryüzüne ulaşan güneş ışınımı miktarı, dünyanın, güneş etrafındaki yörüngesine (senenin günlerine) , kendi tarafında dönmesine (günün saatine), atmosferik şartlara

(bulutluluk, nem oranı, görünürlük v.s), coğrafi faktörlere (enlem, yükseklik) göre değişir. Yeryüzündeki birim yatay düzleme gelen güneş ışınımı ortalama 400 ile 800 W/ m² mertebesinde. Bütün yeryüzüne, bir senede gelen güneş ışınımı, dünya enerjisi ihtiyacının yaklaşık 15 000 katıdır. (Kılıç, 1993)

3.2. TÜRKİYE'DE GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ

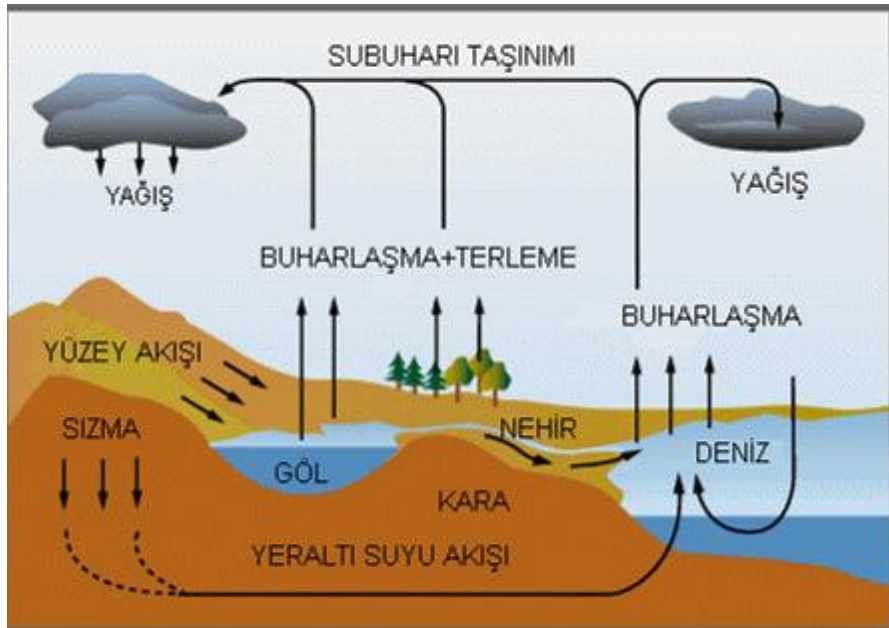
Coğrafi konumu itibarıyla, dünyanın güneş kuşağı içerisinde yer alan ülkemizin güneş enerjisi potansiyeli oldukça yeterli düzeydedir. Özellikle güney bölgelerimizde oldukça büyük bir güneş enerjisi potansiyelimiz mevcuttur (Alibaş ve Baycık, 1987). Düzlemin maksimum güneş ışınımını alması için güneşe döndürülmesi ve yatayla belli bir eğim yapması gerekir. Ülkemizde ve daha kuzeydeki ülkelere göre güneşe dönük olmayan toplayıcılardan yararlanma verimi düşüktür (Kılıç, 1993). Kuzey yarımküre üzerinde 36 - 42° paralelleri arasında bulunan ülkemiz güneş enerjisi açısından uygun konumda bulunmaktadır. Yıllık güneşlenme süresinin 2640 saat ve ortalama ışınım şiddetinin 3080 kcal/ m² gün olduğu ülkemiz, güneşlenme bölgesi olarak dört farklı bölgeye ayrılabilir. 1. Güneydoğu Anadolu Bölgesi- 4000 - 4400 kcal/ m²gün ışınım şiddeti 2. Akdeniz ve Ege Bölgesi'nin İzmir'e kadar uzanan bölümü 3700 -4000 kcal/ m² gün 3. Çanakkale'den başlayıp Orta Anadolu ve Doğu Anadolu'ya uzanan bölge- 3100 - 3700 kcal/ m²gün 4. Marmara ve Karadeniz Bölgesi 2800 - 3100 kcal/ m²gün (Dolun, 2002).

BÖLÜM 4

GÜNEŞ ENERJİSİYLE SU DAMITILMASI

4.1. GÜNEŞ ENERJİSİNDEN YARARLANILARAK SUYUN DAMITILMASI

Su tabiatta çeşitli yerlerde ve çeşitli hallerde (katı, sıvı, gaz) bulunmakta ve yer kürenin çeşitli kısımları arasında durmadan dönüp durmaktadır. Suyun bulunduğu depolardan çeşitli etkiler nedeniyle sıvı halden gaz haline geçerek atmosfere intikali ve oradan tekrar yoğunlaşarak yeryüzüne düşmesi sırasında takip ettiği olaylar zincirine hidrolojik çevrim denir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Hidrolojik çevrim.

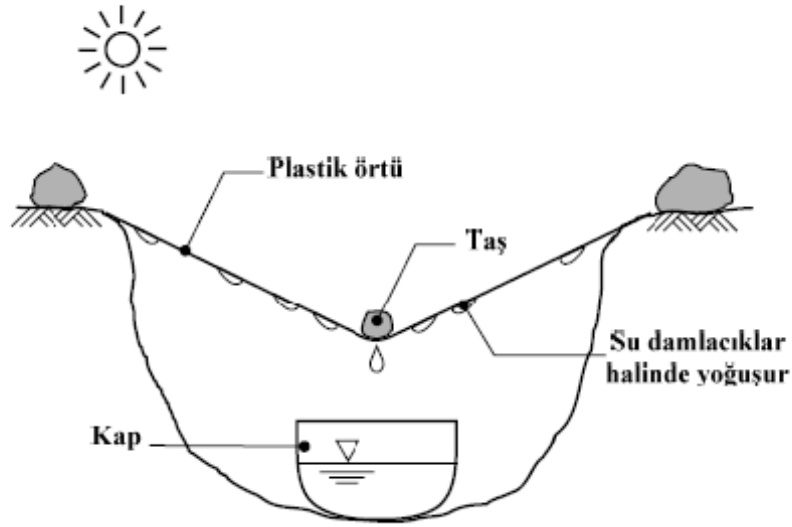
Damıtma ile temiz su üretimi basit ve etkili bir yöntemdir ve aynı zamanda güvenlidir. Bu işlem enerji gerektirir ve güneş enerjisi ısı kaynağı olarak kullanılabilir. Bu işlem sırasında su buharlaşır, böylece içindeki maddelerden ayrılır

ve saf su olarak yoğunlaşır. Güneş enerjili damıtma havuzları sudaki tuzu, ağır metalleri ve sudan kaynaklanan hastalıkları yok etmektedir. Güneş enerjisiyle damıtma ile elde edilen saf su pek çok şişelenmiş sudan çok daha iyidir (Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, 2004). Güvenilir içme suyunun dağıtımı ve kullanılabilirliği ile ilgili durum, gelişmekte olan ve hatta gelişmiş ülkelerde bile ortadadır. Bu durum; gelecekte artan nüfusun baskısı, tarımsal koşullar, iklim değişiklikleri, karaların ve su kaynaklarının aşırı kullanımı yüzünden daha da kötüleşecektir. İnsanlar, su kaynağı olmadığı yerlerde yasayamamaktadırlar. Arıtma ve damıtma, bu tip durumlarda en yaygın yöntemdir (Koning ve Thiesen, 2005). Özellikle tropik ve yarı tropik bölgelerde içecek su problemi çok fazladır. Bu problemler şöyle sıralanabilir:

- Parazit veya mikropların su kaynaklarını kirletmeleri
- Arsenik ve madenlerin suları kirletmesi
- Aşırı orman kesimi ve çölleşme (su sterilizasyonu için ağaçların kesilmesi)
- Pet şişelerin birikmesi sonucu ortaya çıkan çöpler (özellikle küçük adalarda)
- Karbon miktarının azalması ve CO₂ miktarının artması (taşıma sistemi yüzünden)
- Artan nüfusun ihtiyacını karşılamak için sürekli su ithal etmek

Yukarıdaki faktörler ve diğerleri her yıl binlerce insanın ölmesine veya hastalıklardan muzdarip olmasına ve çok miktarda para harcanmasına sebep olmaktadır. (Koning ve Thiesen, 2005). Dünyadaki suyun % 97'si okyanus suyudur. Kalan % 3'ünün de % 80'i ya tuzludur ya da kullanıma uygun değildir. Ancak % 5'i içilebilecek sudur. Bu yüzden pek çok kişi içecek su bulamamaktadır. Bu durum, düşük yaşam standartlarına ve sağlık sorunlarına sebep olmaktadır. Temiz ve ucuz su elde etmek için pek çok teknolojiler geliştirilmiştir. Bunlardan bir tanesi güneş enerjili bazlı teknolojidir. Güneş enerjisiyle arıtma ve damıtmada suyu temizlemek için direkt güneş ışınımı kullanılır. Kullanılan alete güneş havuzu denir. Pek çoğu, bir taban ve şeffaf kapaktan oluşur. güneş, tabandaki suyu ısıtır ve bu da buharlaşmayı sağlar. Nem yükselir ve kapakta yoğunlaşır. Böylece, damıtılan su tuzu, mineralleri, mikropları geride bırakarak birikir. Kurulması pahalı olmasına rağmen çok etkili ve uzun ömürlüdür. Eğer uygun şekilde inşa edilir, çalıştırılır ve

yürütülürse uygun bir fiyatla temiz su elde edilir (Gordes ve Perlin, 2005). Damıtma ve yoğunlaşma yoluyla su toplamak eskiden beri uygulanan bir tekniktir (Şekil 4.2). Yere bir oyuk yapılmış, oyuğun dibine bir kap konulmuştur. oyuğun üstüne plastik bir örtü gerilmiş, plastiğin uçlarına ağırlığı kaldırsın diye taslar bırakılmıştır. Küçük bir tas da tam merkeze yerleştirilmiştir. Böylece örtüye, kabın üzerine doğru bir eğim verilmiştir. Topraktan gelen su buharlaşmış, plastik örtünün iç kısmında yoğunlaşmış ve kabın içinde birikmiştir (Smith ve Shaw, 1994).



Şekil 4.2. Basit damıtma ve yoğunlaşma.

Suyu buharlaştırmak için yaklaşık 2260 KJ/kg enerji gerekmektedir ve büyük çaplı kullanım için damıtma işlemi çok pahalıya mal olmaktadır. Bu su demektir: 1 litre su üretmek için gerekli ısı miktarı 2260 KJ' dür. Bununla birlikte, deniz suyunu buharlaştırmada harcanan ısının büyük bölümü, buhar yoğunlaşırken geri alınmaktadır. Dolayısıyla, daha az enerji tüketen bir damıtma cihazı tasarlamak olanaklı olabilecektir. Bilinen ilk güneş enerjili damıtmanın 1551 yılında (Adam Lonicer'in yazılarından) yapıldığı anlaşılmaktadır. Belirttiğine göre, Arap kimyacılar konkav aynaları içine değişik çiçekler koyup, temiz su dolu bir vazunun üzerine yapıştırarak kullanmışlardır. Güneş ısısı çiçeklerin suyu damıtarak parfüm haline gelmesine sebep olmuştur (Gordes ve Perlin, 2005).

Güneş enerjili damıtıcılarda modern çağ 1872'de Kuzey Sili'de Laf Salinas yakınlarında İsveçli Mühendis Charles Wilson tarafından büyük bir havuz tipi

damıtıcının inşasıyla başlamıştır. Geniş ölçekli bu havuz, Sili’deki maden çalışanlarına içecek su üretmek için kurulmuştur. Dizayn edilmiş 4700 m²’lik cam kapaklı damıtıcı, uzun seneler boyunca nitrat işleme tesisi olarak hizmet vermiştir. Harding tarafından tarif edilen orijinal havuz tipi damıtıcı, 61 m uzunluğunda ve 1,4 m genişliğinde ahşap bölmelerden inşa edilmiştir. Bu damıtıcı ile günde 1 m² buharlaşma yüzeyinden 5 kg su elde edildiği bilinmektedir. Bu da bir günde toplam 23 000 litre suya karşılık gelmektedir (Öztürk, 2004).

II. Dünya savaşında Amerikan donanmasına su üretmek için çok geniş miktarda plastik havuzlarda (200.000 adet) üretilmiştir. 1953 yılında küçük ölçekli güneş enerjili damıtma havuzu inşa edilmiştir (0,18 m² taban alanlı). Bu havuz, plexiglas tabana ve plexiglas örtüye sahiptir. Bu modelde damlacıkların yoğunlaşması ile plastik kabın iç yüzeyindeki damıtılmış su test edilmiştir. Geliştirilmiş modeli Bari Ticaret fuarında (Eylül 1953) plexiglas tabanlı (0,25 m²) ve camla kaplanmış bir damıtma havuzu sergilenmiştir. Diğer bir modelde ise damıtma havuzunun 2 m²’lik alana sahip tahtadan yapılmış bir tabanı, camdan üst yoğunlaşma örtüsü bulunmaktadır. Havuzun altına yerleştirilmiş mantar, ısı yalıtımı amacıyla kullanılmıştır. Damıtma havuzu ile yapılan çalışmalarda havuzdaki suyun kaybolduğu görülmüştür. Nedeni ise, izolasyonun iyi yapılmamış olmasından dolayı suyun sistemden kaçmasıdır. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar, daha iyi bir model yapılmasına yardımcı olmuştur. (Nebbia, 2005).

1954’de üç adet güneş enerjili damıtma havuzu imal edilmiştir. Bu havuzlar demirden (1,5 - 3 m²’lik alan) ve üst örtüsü camdan yapılmıştır. Tabanların altına yerleştirilen mantar, izolasyon amaçlı kullanılmıştır. Yaz aylarında yapılan deneylerde günde 3 litre/ m² su üretilmiştir (Nebbia, 2005).

1955’de imal edilen güneş enerjili damıtma havuzu 10 m²’lik alana sahiptir. Bu havuzun tabanı betondan, üst yoğunlaşma örtüsü camdan yapılmıştır. Üniversite binasının çatısına yerleştirilmiştir. Havuzun tabanı delikli briketlerin üzerine konmuştur. Bunun amacı termal izolasyon sağlamaktır. Bu test, bir havuzun binaya nasıl entegre edileceğini göstermiştir. Özellikle de güney bölgelerde inşa edilmiş düz çatılı binalar için uygun olabileceği düşünülmüştür. Bu sistemde, üst yoğunlaşma örtüsü

olarak kullanılan camın yağmur suyunu da toplamada yararlanılabileceği belirtilmiştir (Nebbia, 2005).

Bari'deki araştırma çalışmalarında, 1957'de pexiglas tüplerden oluşan bir damıtma havuzu kurulmuştur. Damıtma havuzu 0,33 m² alana sahip ve anotlanmış alüminyum karışımı romboidal plexiglas tüpün içinde yüzmektedir. Üst yüzey güneş enerjisini geçirmekte ve alt yüzey yoğunlaştırıcı görevini yerine getirmektedir. Böylece aradaki hava, güneş enerjisi ile ısınmakta ve alttaki hava dış yüzeyi çevreleyen hava ile soğutmaktadır. Bu şekilde damıtma havuzu izolasyona ihtiyaç duymamaktadır (Nebbia, 2005).

1958'de dikey şekilde imal edilen damıtma havuzu, ılıman bölgelerde uygulanmak üzere tasarlanmıştır. Bu damıtma havuzu, dikey dört adet havuzun birbiri üzerine konulmasıyla bir cam serada inşa edilmiştir. Bu damıtma havuzunun toplam alanı 1 m² dir ve zeminin alanı havuza kadar 0,3 m² dir. Damıtma havuzunun tabanı, havuzu çevreleyen hava dolayısıyla termal bir izolasyona ihtiyaç duymamaktadır. Test süresince güneş ışınlarının az olduğu zamanlarda bile yeterli miktarda damıtılmış su elde etmek mümkün olmuştur. Elde edilen deney sonuçları 1958'deki Teheran Konferansı'nda, çalışmanın bir özeti de 1961'de Birleşmiş Milletlerin Yeni Enerji Kaynakları ile ilgili birimi tarafından Roma'da sunulmuştur (Nebbia, 2005).

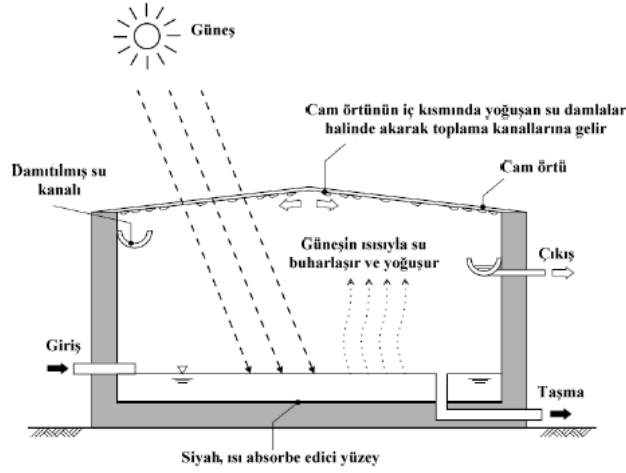
1962 yılında yeni bir damıtma havuzu tasarlanmıştır. Bu havuz basamaklı biçimde yapılmıştır. Havuz, siyah anotlanmış alüminyumdan yapılmış ve tuzlu suyu toplamak için kullanılmıştır. Üst cam örtü yaklaşık 20 °'lik bir eğime sahiptir ve tabanında tuzlu su bulunmaktadır. Bu damıtma havuzu 5 cm'lik polystyrene plastik ile izole edilmiştir. Damıtma havuzları 1,5 ile 3 m² arasında alanlara sahiptir. Bu modelle çok miktarda su üretimi yapılmıştır. Tuzlu su, geceleyin havuza verilmektedir. İlk üst havuzdan, en alttaki havuzlar dolana kadar boşaltım işlemi devam etmektedir. Fazla tuzlu su, en alttaki havuzdan tüpler kullanılarak gün boyunca boşaltılmaktadır. Cam örtü, havuzların temizlenmesi için kolaylıkla kaldırılabilir şekilde yapılmıştır. Bu havuzlardan düzinelerce inşa edilmiştir. Özellikle kurak adalarda Pantelleria (Akdeniz'de Sicilya ile Tunus'un arasında) ve Tremiti (Apulia) ve diğer sahil alanlarında kurulup, test edilmiştir (Nebbia, 2005).

1964'te başka bir dikey güneş enerjili damıtma havuzu seraya konulmuştur. Beş adet havuzu bulunmaktadır. Bu havuzlar anotlanmış alüminyumdan yapılmıştır ve birbirlerinin üzerinde durmaktadırlar. Her biri 2 m² olmak üzere toplam havuz alanı 10 m²'dir. Yoğunlaşma, cam yüzey alanları ve duvarları 12 m² alana sahiptir. Damıtılmış su, dikey cam panellerde yoğunlaşmış ve seranın tabanında toplanmıştır. Yaz aylarında günlük 20 litre su üretimi olduğu gözlenmiştir (Nebbia, 2005).

Deniz suyunu alıp damıtmanın olduğu cihaza taşıyan pompalar, borular, kanallar gibi elemanların oluşturduğu kısma pompalama ünitesi, pompalama ünitesine gerekli enerjiyi sağlayan kısma güç ünitesi ve asıl damıtma olayının gerçekleştiği, güneş çanağı, toplayıcı, ısı değiştirici, taze su deposu gibi elemanların oluşturduğu kısımda damıtma ünitesi denir. Bir güneş enerjili damıtma sistemi, güneş çanağının bulunduğu damıtma ünitesi esas alınarak tasarlanmış ve hesaplamalar bu bölüm için yapılmıştır (Şekil 4.3). Güneş enerjili damıtma ünitelerinin en önemli elemanları güneş çanaklarıdır (Öztürk, 2004).

Güneş çanakları, işlevleri aynı olmasına rağmen, yapıldıkları malzeme, geometri, cam örtü ve sayısı, havuz tipi sayısı gibi özellikleri çok çeşitlidir. Ayrıca küçük kapasiteli güneş damıtıcıları da bulunmaktadır. Bunlar sadece güneş çanaklarından meydana geldiği gibi verimi arttıracak ek ısıtıcılar, pompalar da bulunabilir (Öztürk, 2004).

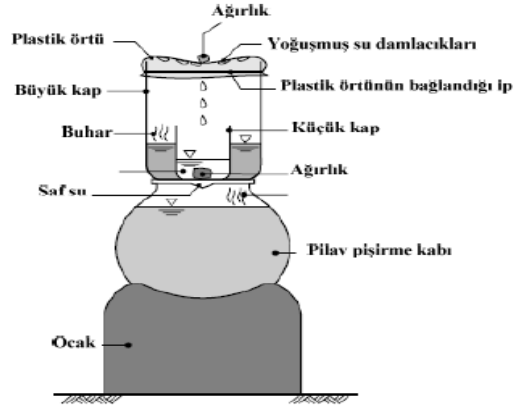
Bir güneş çanağı, denizden çanağa pompalanan deniz suyunun örtü arasındaki sıcaklık farkını maksimum yapar. Sıcaklık farkının fazla olması verimi arttıran en önemli fonksiyondur.



Şekil 4.3. Tek havuzlu cam çatılı güneş damıtma sistemi.

Aktif çalışma yönteminde, ilave enerjinin çanağa girmesi doğal dolaşım ve zorlanmış dolaşım ile olur. Doğal dolaşımında, sıcak su, havuz suyu ve sıcak besleme suyu arasındaki basınç farkından dolayı kendiliğinden hareket eder.. Zorlanmış dolaşımında ise, pompa kullanılarak dolaşım sağlanır. Hareketli karışım, daha düşük sıcaklıktaki saydam örtüye ulaşır ve temas geçtiğinde, su buharı yüzey üzerinde yoğuşur. Oluşan taze su, saydam örtünün eğiminden dolayı alt kısımlara akar. Buradan da damlalar halinde yoğuşma oluşuna dökülür ve oradan da çanak dışındaki depoya iletilir. Isısını kaybetmiş çanak içerisindeki hava, nemlendirme olayının tekrarı için sıcak deniz suyunun yüzeyine geri döner (Öztürk, 2004).

Burada asıl amaçlanan tuzlu suyun ısıtılması olduğu için, diğer enerjilerden de yararlanılabilir. Ama güneş enerjisi diğer enerji kaynaklarına göre en iyi alternatif ısıtma aracıdır. Çünkü bu enerji tükenmediği için dünyanın her yerinde rahatlıkla bulunabilir. Şu unutulmamalıdır ki, eğer güneş ışınlarından yararlanılıyor ise, verim güneş enerjisinin ışınım yoğunluğuna ve o bölgenin ne kadar güneş aldığına bağlıdır.



Şekil 4.4. Basit düşük maliyetli yoğuşma ve damıtma ile arıtma metodu.

Basit düşük maliyetli arıtma metotları, diğer enerjilerin uygun olduğu yerlerde kullanılabilir (Şekil 4.4). Bu metoda, mutfakta kullanılan temel alet edevatı gerektirir. İki çaydanlık, biri diğerinin 1/4'ü kadar olacak ve plastik bir örtü gerekmektedir. Küçük çaydanlık büyüğünün içine yerleştirilir ve bir tasla ağırlık yapılır. Deniz suyu dış kaba konulur. Büyük çaydanlık, plastik örtü ile iyice kapatılır ve çevresi lastik ile sarılır. Bu, ev yapımı damıtma havuzu, ocak veya soba gibi ısıtıcıların üstüne konabilir. Ama ısı düşük dereceli olmalıdır. Bir iki dakika içinde büyük çaydanlıktaki su buharlaşmaya baslar. Plastik örtü, buharın dışarıya çıkmasını engellediği için damlalar yoğunlaşır ve bu damlalar, damlacıklar haline gelip akmaya baslar. Geride kalan tuz, büyük çaydanlığın içinde kalır (Smith ve Shaw, 1994).

4.2. BUHARLASMAYA ETKİ EDEN FAKTÖRLER

4.2.1. Meteorolojik Faktörler

4.2.1.1. Güneş Radyasyonu

Isının başlıca kaynağı güneşten gelen radyasyondur. Azalan veya artan ısı değişimleri, buharlaşma miktarı için önemli bir faktördür. güneşten gelen enerji miktarı mevsime, günün saatine ve havanın bulutlu veya açık olmasına göre değişir. Radyasyon enerjisi, aynı zamanda enlem, yükseklik ve yöne göre de değişiklik gösterir.

4.2.1.2. Hava Buhar Basıncı

Buharlaşma, su yüzeyindeki buhar basıncı ile suyun üstündeki buhar basıncının arasındaki fark ile orantılıdır. Sudaki buhar basıncı (e_w), havadaki buhar basıncından (e_a) büyük olduğu müddetçe buharlaşma devam eder ve $e_w = e_a$ olunca buharlaşma durur. Buna göre hava buhar basıncı arttıkça buharlaşma miktarı azalır.

4.2.1.3. Sıcaklık

Doymuş buhar basıncı sıcaklığa bağlı olduğundan buharlaşma oranı, hava ve su sıcaklıklarından büyük miktarda etkilenir. Buharlaşmanın günlük ve yıllık değişimleri, sıcaklığın günlük ve yıllık değişmelerine çok benzer. Gün esnasında buharlaşma sabah saatlerinde minimum, öğleden sonra 12:00 -15:00 saatleri arasında ise maksimum değerine ulaşır. Yine sıcaklıkla ilgili olarak buharlaşma soğuk mevsimde az, sıcak mevsimde fazladır.

4.2.1.4. Rüzgar

Buharlaşmanın devam etmesi için difüzyon ve konveksiyon ile su buharının su yüzeyinden uzaklaşması gerekir. Bu durum havanın hareketi (rüzgâr) ile mümkündür. Rüzgâr hızı ne kadar fazla olursa buharlaşma o kadar fazla olur.

4.2.1.5. Basınç

Hava basıncı arttıkça birim hacimdeki molekül sayısı artar ve sudan havaya sıçrayan moleküllerin hava moleküllerine çarpıp yeniden suya dönmeleri ihtimali yükselmiş olacağından buharlaşma azalır. Ancak bu etki diğerlerinin yanında önemsizdir. Yükseklikle basınç azaldığından, yüksek yerlerde buharlaşma fazlalaşır.

4.2.2. Coğrafik ve Topografik Faktörler

Buharlaşma olayında buharlaşmanın gerçekleşeceği bölgenin, coğrafik konumu ve güneşe karşı konumu önemli yer tutmaktadır.

4.2.2.1. Enlem

Özellikle serbest su yüzeylerinden meydana gelen buharlaşma miktarının enlem derecelerine göre değişmekte olduğu tespit edilmiştir.

4.2.2.2. Yükseklik

Diğer faktörler değişmediği takdirde yükseklik arttıkça buharlaşma miktarı artar. Çünkü yükseldikçe hava basıncı azalır. Diğer taraftan yükseldikçe havanın sıcaklığı azalacağından buharlaşma miktarı da azalır. Fakat bu azalma hava basıncından ileri gelen çoğalmayı telafi edemediğinden yükseldikçe buharlaşmanın az bir miktar arttığı kabul edilir.

4.2.2.3. Bakı

Güneye ve Batıya bakan yamaçlardaki sular güneş ışınlarına daha çok maruz olduklarından buharlaşma Kuzey ve Doğuya bakan yamaçlara göre daha fazla olur.

4.2.3. Suyun Kalitesi ve Bulunduğu Ortam

Su kütlesinin büyüklüğü, tuzluluk durumu, bulanıklılığı ve hareketliliği buharlaşma miktarı üzerinde etkilidir.

4.2.3.1. Su Kütlesinin Büyüklüğü

Derin su kütleleri hava sıcaklığındaki değişimlere geç uyarlar. Bu sebeple derin sularda buharlaşma, sığ su kütlelerine göre yazın daha az, kışın daha çok olur.

4.2.3.2. Tuz Durumu

Tuzlu sular, tatlı sulara göre daha az buharlaşır. Çünkü suda erimiş tuzlar buhar basıncını azaltır.

4.2.3.3. Kirlenme

Durgun su yüzeyinde biriken yabancı maddeler toz veya yağ tabakaları, buharlaşma oranına olumsuz etki yapar.

4.2.3.4. Dalgalı ve Hareket Halindeki Su

Akan sulardaki buharlaşmanın durgun sulardaki buharlaşmadan % 7 ile % 9 oranında yüksek olduğu araştırmalarla bulunmuştur (Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müd., 2006).

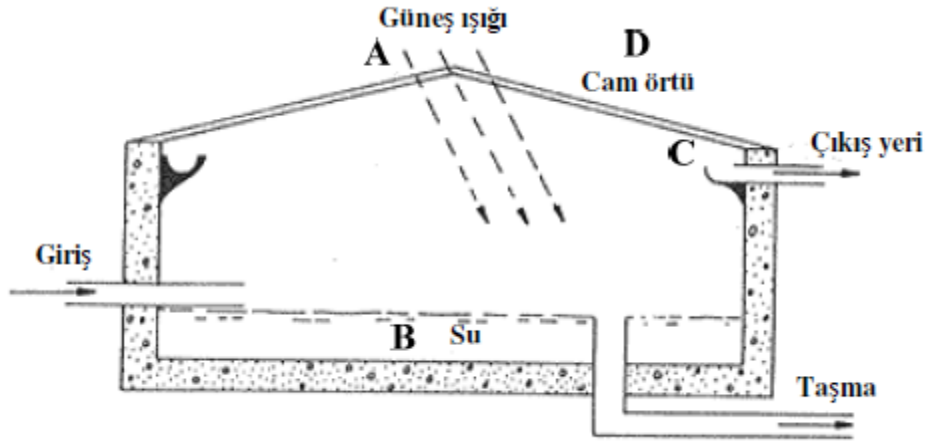
4.3. GÜNEŞ ENERJİLİ DAMITICILAR VE DAMITMA SİSTEMLERİ

4.3.1. Havuz Tipi Damıtıcılar

Genellikle güneş enerjili damıtma sistemlerinin kurulması ve çalıştırılması çok pahalı değildir. Fakat en önemli dezavantajı ısıl etkilerinin çok düşük olmasıdır. Bu yüzden iyi bir sonuç almak için büyük alanlara ihtiyaç vardır. Bu da ilk yatırım maliyetini çok artırmaktadır. Güneş enerjili damıtma havuzu yağmur suyu ile aynı prensiplerde çalışır. Buharlaşma ve yoğunlaşma. Okyanuslardaki su buharlaşır, soğur, yoğunlaşır ve yağmur olarak dünyaya geri döner. Su buharlaştığında saf su olarak buharlaşır ve tüm pislikler geride kalır. Damıtma havuzları bu doğal işlemi taklit eder. Damıtma havuzunun cam kapağı ve su geçirmeyen zarlı iç yüzeyi vardır. İç yüzeyde absorbe işleminin hızlanması için siyah malzeme kullanılır. Cam kapak, güneş radyasyonunu içeri geçirir (kısa dalga) ki bu, siyah taban sayesinde olmaktadır. Su ısınmaya baslar ve buhar miktarı artar. Taban aynı zamanda infra-red (uzun dalga) ışınlarını da geçirir ve bu, havuza yansıtılıp güneş enerjisi havuzun içinde hapsedilir (sera etkisi). Isıtılmış su buharlaşır ve camda yoğunlaşır. Yoğunlaşmış su, depolama tankına gider (Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, 2006). Klasik güneş enerjili damıtma havuzu, temiz su elde etmek için en kolay çözümdür. Fakat kullanımı kurulumu yüzünden sıkıntı oluşturmaktadır. Ayrıca elde edilen temiz su miktarı azdır. Tropik bölgelerde, kolektörde m^2 'de yaklaşık $1 m^3$ /yıl ürün vermektedir. Elde edilen ürünün artırılması, maliyetin düşürülmesine ve kullanım kolaylığına bağlıdır.

4.3.1.1. Havuz Tipi Damıtıcıların Çalışma Prensibi

Havuz her sabah veya her akşam doldurulur, birikmiş su havuzdan alınır. Havuz güneş battıktan sonra da ısınıp kaybedene kadar su üretir. Her gün su ilave edilmelidir. İlave edilen su tuz birikmesine de engel olur. Normalde su, elle veya otomatik olarak günde bir kez ilave edilmelidir (Yazın en iyisi geceleyin, kışın ise sabahleyin). Ayrıca havuza su yavaş bir hızla eklenmelidir (Şekil 4.5). Güneş ışığı (A) cam veya plastik örtüden geçerek (D) absorbe edilir. Burada absorber, çanak ya da pis suyla doldurulmuş ve siyaha boyanmış tabandır (B). Aynen düzlem kolektör absorberindeki gibi bu absorber tabanı siyah olursa çok iyi çalışır. Bu tabanın siyah, mat boyalı olması istenilir. Mat, siyah olmasının nedeni daha iyi absorbe edici olması ve geriye yansımayı önlemesidir. Bu durum, özellikle su berraksa daha çok önem kazanır. Absorbe edilen güneş ışığı, tabanı ve kademeli olarak suyu ısıtır ve su buhar haline geçer. Bu işlemde güneş ışığı ısıya dönüşür ve bu ısı suya transfer edilir. Isı kaybını minimuma indirmek gerekmektedir. Bunun için damıtıcı tabanın ve saydam örtünün iyi izole edilmesi çok önemlidir. eğer taban kuru bir yüzeye yerleştirilirse bu iyi bir izolasyon olarak düşünülebilir



Şekil 4.5. Tek havuzlu cam çatılı güneş damıtma sistemi.

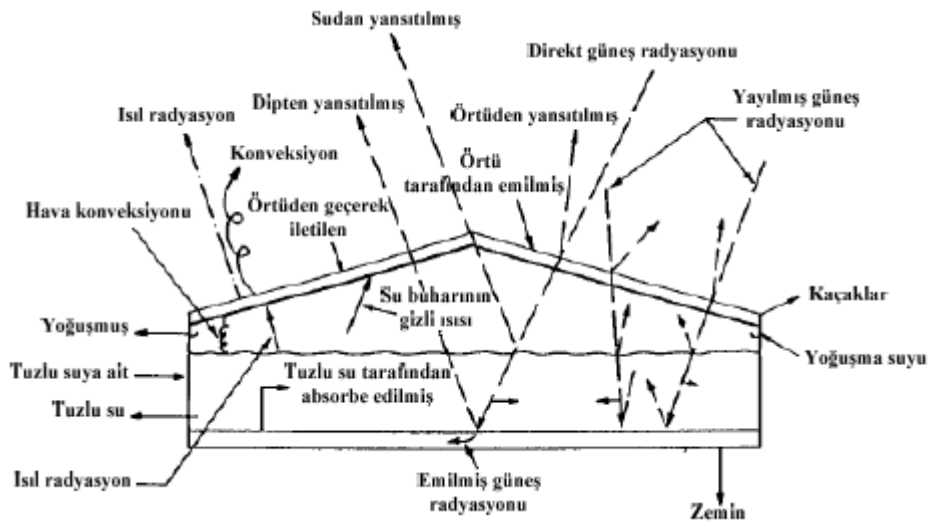
Su, havuzun tabanında ısınır, buharlaşır ve atıkları geride bırakır. Bu buhar cam örtüde (D) düşük ısıda yoğunlaşır ve çıkış yeri olarak gösterilen (C) su toplama kanallarından dışarıya alınır. Cam örtünün ısısı düşüktür; çünkü hava ile temas halindedir. Tabi ki bu durumda ısının sudan ve buhardan az olması gerekir. Bu olay,

rüzgâr soğutması ile de yapılabilir. Gece ısı düştüğünde de bu olay gerçekleşebilir. Eğer havuza konulmuş olan su tuzlu ise; tuz ve diğer atıklar buharlaşmaz ve tabanda kalır. Yoğunlaşmış sıvının tuzlusuyla karışmasını önlemek için havuza en az 10° yatay eğimle doldurma işlemi yapılmalıdır. Tüm damıtma işleminde hava koşulları dikkate alınmalıdır. En iyi sonucu elde etmek için havuzdaki kirliliği artan su günlük değiştirilmelidir. Ayrıca cam örtü uygun açı ile yerleştirilmelidir. Bu tip damıtma sistemlerinde üretilen temiz suya ait masraflar şunlardır:

- Havuzun yapım masrafları
- Havuzun kurulacağı arazinin masrafları
- Havuzun ömrü
- Havuzun işletme masrafları
- Havuza konulacak besleme suyunun masrafları
- Üretilen (damıtılan) suyun miktarı (Practical Action)

4.3.1.2. Havuz Tipi Damıtıcıların Genel Yapısı

Güneş enerjili havuz tipi damıtıcılar genel olarak güneş ışınlarının geçmesini sağlayan saydam örtü, suyun konulduğu havuz ve damıtılan suyun toplandığı oluklar olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Havuz tipi güneş enerjili damıtıcı.

4.3.1.3. Saydam Örtünün Özellikleri

Damıtıcının performansını ve elde edilen damıtılmış suyun maliyeti ile sistemin verimini etkileyen en önemli elemandır. Saydam örtüde olması istenilen özellikler şunlardır;

- Saydam örtünün sıcaklığı, su sıcaklığından düşük olmalı ve yeterli sıcaklık farkını sağlayarak suyun yüzeyi ile örtünün arasında istenilen ısı taşınım akımlarını oluşturmamalıdır.
- Bu şekilde örtü yüzeyindeki yoğuşma istenilen seviyeye ulaşabilmelidir. Örtü, üzerine gelen güneş ışınımını yansıtmayarak tamamen geçirmelidir.
- Örtü, dış ortam şartlarına mümkün olduğu kadar uzun süre dayanabilecek malzemeden yapılmalı, kararlılığı yüksek olmalı, 45 m/salıklar rüzgâr hızlarına dayanabilmelidir.
- Güneş ışınları, örtünün fiziksel ve kimyasal yapısında olumsuz etkiler oluşturmamalıdır.
- Örtü, havuzdan buharlaşan suyun, kendi üstüne doğru yoğuşmasına ve bir film halinde akarak toplayıcı oluklara ulaşmasına imkân vermelidir. Örtü, özellikle damlalıklı bir yoğuşmaysa neden olmamalıdır. Çünkü bu tür bir yoğuşma da, damlalar halinde damıtıcıya gelen güneş ışınımının saçılmasına ve çoğunun geri yansıtılmasına neden olur. Ayrıca damlalar özellikle herhangi bir dış etkenle örtü ya da havuz sarsıldığında buharlaşan suyun toplayıcı oluklara ulaşmadan tekrar havuz içerisindeki damıtılmamış suyun içerisine düşerler. Bu iki durum, havuz tipi damıtıcının performansında düşüşe neden olur.
- Örtü malzemesi, uzun dalga boylu ışınımını yansıtmamalıdır.
- Örtü sıcaklığının düşük seviyede tutulabilmesi için, örtü malzemesinin ısı iletkenliği, mümkün olduğu kadar yüksek olmalıdır.
- Örtü malzemesi, yüzeyde toz parçacıkları toplanmasına neden olacak elektrostatik özelliklere sahip olmamalıdır.
- Örtü, yüksek sıcaklıklara karşı dayanıklı olmalıdır.
- Örtü malzemesi, kolay bulunabilir, işlenmesi basit ucuz olmalıdır (Öztürk, 2004).

Saydam örtü için iki malzeme kullanılması önerilmiştir. Bunlar cam ve saydam plastik malzemelerdir.

Camın özellikleri şu şekilde sıralanabilir:

- Güneş ışınımı için yüksek, damıtıcıda havuzdaki sudan kapağa yansıyan ışınım için düşük geçirgenliğe sahiptir.
- Güneş ışınımını absorbe etme seviyesi düşüktür
- Yüksek sıcaklıklara ve kötü dış şartlara uzun süre dayanabilir ve özellikleri kaybetmez.
- Camın en büyük dezavantajlarından birisi, kırılma ve mekanik darbelerle karşı dayanıksız olmasıdır.
- Diğer malzemelere göre daha pahalıdır.
- Ağır bir malzeme olması nedeniyle kurma ve montaj aşamasında sorun oluşturulabilir.

Plastik malzemelerin özellikleri de şu şekilde sıralanabilir;

- Güneş ışınımı kadar ısı ışınım içinde yüksek geçirgenliğe sahiptirler. Bu havuz tipi damıtıcıların verimini olumsuz şekilde etkiler.
- Düşük ıslanabilme özelliğine sahip olmadıklarından, damlacık halinde yoğunlaşma sebep olur. Bu verimin düşük olmasına neden olur.
- Mekanik darbelerle karşı cama göre daha dayanıklıdır fakat yüksek ısılarda deforme olabilmektedirler.
- Cama göre ucuz ve hafif bir malzemedir.
- Kullanım süresi cama göre daha kısadır (Öztürk, 2004).

4.3.1.4. Havuz Özellikleri

Damıtılacak suyun buharlaştırılmak üzere toplandığı, damıtıcıya gelen güneş ışınımının absorbe edilerek buharlaşmanın sağlandığı bölümdür. Havuzun tabanı su ve ısıya karşı yalıtım yapıldıktan sonra, güneş ışınımının iyi bir şekilde absorbe edilebilmesi için siyah boya ile boyanır ya da üzerine siyah bir tabaka serilir.

Olması istenilen özellikler şunlardır;

- Havuz tabanının güneş ışınımını absorpsiyonu, ortalama 0,95 seviyesinde olmalı, bu amaçla siyah renkli malzeme kullanılmalıdır.
- Malzemeler sudan ve tuzdan etkilenmemeli, özelliklerini kaybetmemelidir.
- Yüksek sıcaklıklara (60 -80 °C) dayanabilmelidir.
- Atmosferin korozif etkisinden etkilenmemelidir.
- Havuz tabanı gibi kenarlar da ısı ve suya karşı izole edilmelidir.
- Havuz tabanındaki malzemeler, elde edilen damıtılmış suyun tadını veya özelliklerini bozabilecek herhangi bir gaz veya buhar yaymamalıdır.
- Havuzdaki suyun boşaltılabilmesi için gerekli tedbirler alınmalıdır.
- Havuz tabanı ısıya ve suya karşı yalıtılmalıdır. İzolasyon malzemeleri, hafif, kolay uygulanabilir olmalı, yüksek sıcaklıklardan etkilenmemelidir.
- Sistemde bulunan tüm birleşim yerleri, özellikle buhar kaçaklarına karşı sızdırmaz hale getirilmelidir. Stok tanklarının ve bina çatılarının kaplanmasında kullanılan asfalt esaslı kaplayıcılar, özellikle derin havuz tipi damıtıcıların havuz tabanı kaplamalarında kullanılmaktadır. Isı yalıtım malzemesi olarak, flexible, kapalı hücreli plastik malzemeler (polystren esaslı malzemeler vb.) kullanılmaktadır. Buhar kaçaklarına karşı kullanılan sızdırmazlık malzemelerinde ise, genellikle silikon kauçuk esaslı malzemeler kullanılmıştır (Öztürk, 2004).

4.3.1.5. Toplama Oluklarının Özellikleri

Bu toplama oluklarının görevi saydam örtü üzerinde yoğunlaşarak örtüdeki eğim sayesinde kenarlara akan damıtılmış suyun damıtıcı dışına alınmasını sağlamaktır. Bu nedenle de damıtılmış suyun damıtıcı dışına alınması için suyun eğimle akmasını sağlamak üzere hafif bir eğim verilir. Toplama oluklarının mümkün olduğu kadar yüksek sıcaklıktan, sudan ve ortamın korozif şartlarından etkilenmemesi, kolay monte edilebilir, taşınabilir, ekonomik ve ucuz olması istenir. Burada dikkat edilmesi gereken önemli konulardan bir tanesi ise oluk içerisinde bulunan damıtılmış suyun yeniden buharlaşması ve sistemde performans düşüklüğü oluşturmasına engel olmaktır. Bu amaçla toplama olukları; direkt güneş ışınımından uzak tutulmalıdır.

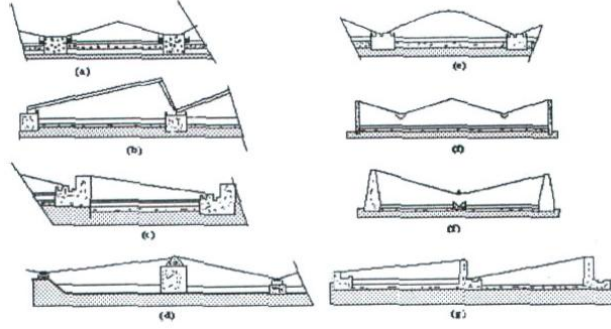
Yalıtımı yapılmalıdır. Toplama oluklarının boyları kısa tutulmalıdır. Nedeni ise, damıtılmış suyun toplama oluklarındaki durma süresini minimuma indirmektir. Değişik malzemelerden yapılabilmektedir. Yaygın olarak plastik ve paslanmaz çelik kullanılmıştır (Öztürk, 2004).

4.3.2. Havuz Tipi Damıtıcıların Konstrüksiyonları

Genel olarak damıtıcılar su özelliklerine sahip olmalıdır;

- Damıtıcı, arazide kolay olarak kurulabilmeli, pratik olmalıdır.
- Kolay uygulanabilir olmalıdır.
- Hafif olmalıdır.
- Diğer enerji kaynaklarından mümkün olduğu kadar az yararlanılmalıdır.
- İlk yatırım ve işletme maliyetleri mümkün olduğu kadar düşük olmalıdır.

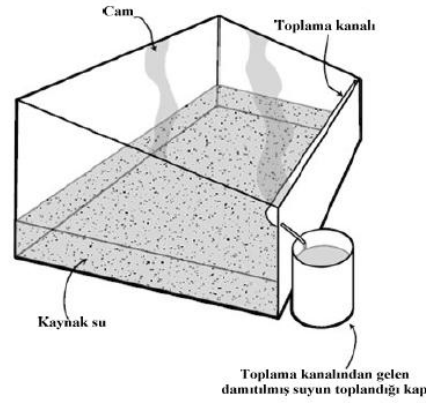
Güneş enerjili damıtıcılarla ilgili olarak bazı kesitler Şekil 4.7’de verilmiştir. Şekil 4.7.a’da gösterilen bir Avustralya dizaynidir. Bu modelde yan elemanlar betondan yapılmıştır. Üzerinde oluşturulmuş oyuklar cam kapağın kenarlarının yerleştirilmesi içindir. Eskiden polietilen olan fakat şimdi butik kauçuktan yapılan havuz, ısı izolasyonu yapılmış bir yüzey üzerine oturmaktadır. Bu havuz damıtılan suyun toplanması için oluklar içerir ve cam kapak kenarları izole edilmiştir. Damıtılan suyun toplandığı oluklar, asbest çimentodan yapılmış ve yan duvarlar arasındaki boşluktan oluşmaktadır. Bu asbestli bölüm, beton kısımdan ayrılmıştır ve havuz tarafından kolonlarla desteklenmiştir. Çatı şeklindeki yapının tepe noktası iki karşılıklı cam kapak için mafsal vazifesi görecek şekilde silikon kauçuk keçeler kullanılarak şekillendirilmiştir. Bu dizaynda tuzlu su akışı sürekli olduğu için tabanın iyi gizlendirilmesi gerekmektedir. Nispeten uzun damıtıcılarda, sistemin içinde 2 -3 cm derinliğinde su bulunduğundan emin olmak için havuz içinde bir boydan bir boy 1 veya 1,5 m aralıkla setler oluşturulur. Böylece, eğimli damıtıcının uzunluğu boyunca sürekli bir tuzlu su akışı vardır. Bu dizayn oldukça iyi sonuçlar vermiştir ve birkaç ufak değişiklikle Avustralya’da bir çok uygulamada kullanılmıştır. Dizaynda maliyeti artıran en önemli sorun camın fiyatıdır. Sera camı en ucuz olanıdır, fakat her ebatta olmaması hücrelerin genişliğini sınırlar (Öztürk, 2004).



Şekil 4.7. Uygulamada bazı büyük güneş enerjili damıtıcılardan kesitler.

En yaygın şekilde kullanılan damıtıcılardan biri de genellikle Yunan adalarında uygulanan ve Şekil 4.7.b'de gösterilen damıtıcıdır. Bunlar alüminyum cam destekleri ve damıtılmış suyun toplandığı olukları olan cam örtü sistemleridir. Yan duvarları çiftler halinde 1,5 m genişlikte bölme ayrılmış beton kirişlerdir. Havuz tabanı butik kauçuktan yapılmıştır. Bu damıtıcılar ekvatora doğru eğimli ve asimetriktirler (Öztürk, 2004). Şekil 4.7.c'de tek eğimli damıtıcı dizaynı gösterilmiştir. Bu dizayn Mc Gill Üniversitesi'nin Haiti'deki araştırma enstitüsü tarafından geliştirilmiştir. Bu damıtıcı çok az bir eğimi olacak şekilde yapılmıştır. Hücrelerin her biri bir öncekinden biraz daha aşağıda olacak şekilde merdiven basamakları gibi düzenlenmiştir. Damıtılan suyun ve yağmur suyunun toplandığı oluklar beton duvarlar içine açılmıştır. Butik kauçuktan yapılan havuz tabanı beton duvarlara yapıştırılmıştır, fakat cam kapağın kenarlarına kadar uzanmadığı için bazı problemlere neden olmuştur. Bu problemlerden en önemlisi havuzun altındaki kumun zamanla sıkışmasından dolayı butik kauçuğun havuz kenarlarından sıyrılmasıdır (Öztürk, 2004). Las Marinas, İspanya'da kullanılan dizayn Şekil 4.7.d'de gösterilmiştir. Bu dizayn derin havuz prensibine göre yapılmıştır. Bu sistemde, ayrı hücreler yerine 28 m uzunluğunda 31 m genişliğinde sürekli bir havuz kullanılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda, damıtma havuzundaki su derinliğinin mümkün olduğu kadar az olması gerektiğine karar verilmiştir. Bu nedenle İspanya'da ki sistemde 10 cm'lik bir su derinliği uygulanmıştır. Havuz taban sistemini sızdırmaz hale getirmek için asfalt, şeritler halinde yüzeylere yapıştırılmıştır. Cam destekleri ve toplama olukları, prekast elemanlar içinde şekillendirilmiştir. Asfalt mastik malzeme, eklem yerlerindeki sızdırmazlığı sağlamak için kullanılmıştır (Öztürk, 2004). Şekil

4.7.e'de gösterilmiş olan damıtıcı, 0,1 mm Tedlar Plastikle örtülmüştür. Örtü kenarları, butil kauçuk havuz tabanı ile beraber hava sızdırmaz bir ortam oluşturmak için beton havuz kenarlarının içine gömülür. Damıtıcı içindeki hava ufak bir fan yardımı ile 6 mmSS basınç altında tutularak örtünün şişirilmesi sağlanır. Şişirilerek örtüye verilen silindirik formun sahip olduğu şekil avantajı ile sistem performansının artırılması yoluna gidilir.



Şekil 4.8. Açılı cam örtülü güneş damıtıcısı.

gidilmiştir. Silindirik örtü formu ile aynı havuz alanı için damıtıcının güneşe maruz kaldığı örtü yüzey alanı artar (Öztürk, 2004). Şekil 4.7.f'de gösterilen damıtıcıda toplama olukları, bölümlere boylamasına değil de enlemesine yerleştirilmiştir. Bölümler dar ve toplama olukları kısa olduğundan damıtılmış su akışının damıtıcı içerisindeki akış süresi kısaltılmış olur. Ayrıca damıtılmış suda oluşabilecek yeniden buharlaşma için daha az süre bırakılmış olur (Öztürk, 2004). Yapılan bir karşılaştırmada ise, güneşin günlük ve mevsimsel hareketine göre, çift eğimli damıtma havuzu tek eğimli damıtma havuzundan daha fazla güneş ışınımı absorbe ettiği belirlenmiştir. Buna karşın tek eğimlide daha az güneş ışınımı ve tasınım kaybı olmuştur. Gölgeleyen bölümler, ek yoğunlaşma alanı olarak kullanılabilir. Lindblom, yaptığı araştırmada tek eğimli damıtma havuzlarının çift eğimli damıtma havuzlarından özellikle soğuk iklimlerde daha iyi verim alındığını savunmuştur. Bunun tam tersinin de sıcak iklimlerde iyi sonuç vereceğini belirtmiştir (Lindblom, 2003). Venezuela'da, tek eğimli güneş enerjili damıtma havuzu dizaynı yapılmış ve bu dizayn tuzu sudan ayırmada kullanılmıştır. 100 tane yerleşik düzen yaşayan aile seçilmiş ve bu sistem kurulmuştur. 380 tane damıtma ünitesi dizayn edilmiş ve

bunlar günlük kullanım ihtiyacına göre düşünülmüştür. Sistemin günlük üretimi 5 litre olarak ölçülmüştür. Yapılan deneysel analiz sonucunda ise, bunun çok iyi alternatif bir çözüm olabileceği gözlemlenmiştir (Lindblom, 2003). Şekil 4.8’de, cam örtülü, açılı damıtma sistemi verilmiştir.

4.3.3. Havuz Tipi Damıtıcıların Performansına Etki Eden Faktörler

Atmosferik ve iklim Şartları;

Gerekli olan şartlar şunlardır:

- Birim zamanda damıtıcının birim alanına gelen güneş ışınımı
- Damıtma sisteminin kurulmuş olduğu yerin açık gün ve bulutluluk oranı
- Ortam sıcaklığındaki değişim
- Rüzgâr hızı
- Güneş ışınımını etkileyecek diğer atmosferik şartlar (enlem v.b.)
- Güneş enerjili havuz tipi damıtma sistemleri, atmosferik şartlardan önemli ölçüde etkilenirler. Bunlardan en önemlisi ise, sistemin asıl enerji kaynağı olan güneş ışınımıdır.

Damıtma işlemi sırasında amaç suyun buharlaştırılması olduğu için güneş ışınımı çok önemlidir. Bu nedenle, damıtma sistemine bir enerji girişi olmaz ise, damıtma havuzunun içerisindeki su hızla soğur, buhar basıncı hızla düşer ve buna bağlı olarak buharlaşma işlemi durur. Damıtma işleminde enerji transferi olmaktadır. Bu olay, damıtma havuzundaki suya ısının transfer edilmesi ve yoğuşan buharın ısısının çekilmesi ile gerçekleşir (Öztürk, 2004). Ortam sıcaklığının ve rüzgârın özellikle damıtıcıdan çevreye olan ısıgeçişinde etkisi olmaktadır. Ortam sıcaklığının düşük olması, ilk olarak yoğuşma örtüsü sıcaklığının düşmesine neden olur. Ayrıca damıtma havuzunun kenarlarından çevreye ısı kayıplarının artmasına neden olur. Yüksek ortam sıcaklığı damıtıcı performansına olumlu yönde etki etmektedir. Yüksek ortam sıcaklığı, asıl damıtma havuzu içi şartlarına etki etmektedir. Böylece havuzun içindeki su sıcaklığı artarak, diğer taraftan damıtıcıdan ortama olan ısı kayıplarını azaltılarak damıtıcının verimini artırılmaktadır (Öztürk, 2004). Rüzgâr, özellikle saydam örtüden çevreye olan ısı

geçişini etkileyen, saydam örtü sıcaklığını kontrol eden önemli atmosferik faktörlerden biridir. Rüzgâr hızının artması, örtüden çevreye olan taşınımın artmasını artırarak, saydam örtü üstündeki yoğuşma oranını yükseltmekte, dolayısıyla damıtıcı veriminin artmasını sağlamaktadır. Ancak bu hızın belli seviyeleri aşmaması gerekmektedir. Çünkü daha yüksek seviyelerdeki rüzgâr hızları, örtü içindeki su sıcaklığının düşmesine, buharlaşma miktarının azalmasına neden olmaktadır ve damıtıcı verimi olumsuz yönde etkilenmektedir (Öztürk, 2004).

4.3.3.1. Havuzdaki Su Derinliğinin Etkisi

Damıtma havuzundaki su derinliğinin artması havuzun ısıl kapasitesinin artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle damıtıcıdan elde edilecek damıtılmış suyun elde edilme süresi uzamaktadır. Su derinliği az olan damıtma havuzlarında ise, havuz içerisindeki su miktarı az olduğundan, havuzdaki su kısa zamanda buharlaşma için gerekli sıcaklığa ulaşır ve buharlaşma baslar. Böylece damıtıcıya gelen enerjinin büyük bir kısmı, suyun sıcaklığının artırılmasından ziyade buharlaşma için harcanır ve damıtıcı çok kısa sürede devreye girer. Derin havuzlu damıtıcıların içerdikleri su miktarı fazla olduğu için, gelen enerjinin büyük bir bölümü, su sıcaklığının buharlaşma için gerekli olan seviyeye ulaştırılması için harcanır. Bu nedenle buharlaşma için harcanabilen enerji miktarı sığ havuzlara göre daha azdır ve damıtıcı daha geç devreye girer (Öztürk, 2004). Su derinliği az olan damıtma havuzlarında su miktarı daha az olduğundan, damıtıcıdaki su sıcaklığı derin havuzlara göre daha yüksektir. Bu çeşit damıtıcıların derin olanlara göre daha verimli olmasının önemli nedenlerinden birisidir (Derinliği az havuzlarda 70 °C, derin havuzlarda maksimum 50 °C). Derinliği az olan damıtma havuzlarında su miktarı az olduğundan sisteme gelen enerjiye bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Sabah saatlerinde su sıcaklığı hızla yükselir. Öğleden sonra maksimum seviyesine ulaşır ve akşam saatlerinde hızla düşer ve pratik olarak örtü sıcaklığına eşit bir değere ulaşır, dolayısıyla damıtma durur. Derinliği fazla olan damıtma havuzlarında ise, su sıcaklığının ve verimin gün boyunca değişimi derinliği az olan damıtma havuzlarına göre daha azdır. Derin havuzlu damıtıcılarda, sabah saatlerinde damıtma daha yavaş olur ve düşük de olsa maksimum sıcaklıklara geç ulaşırlar. İçerideki yaklaşık 30 cm derinlikteki suyun kazandırdığı ısı depolama özelliği ile gündüz vakti yavaş olan damıtma güneş

battıktan sonra akşam hatta gece vakitlerinde de devam eder. Bunda en büyük etkenlerden biride, geceleyin atmosferik şartlarla daha da düşen örtü sıcaklığıdır. Gündüz vakitlerinde havuzda depolanan ısı, akşam ve gece vakitlerinde suyun sıcaklığı örtü sıcaklığına düşünceye kadar damıtmanın sürmesine neden olur (Öztürk, 2004). Derinliği az olan damıtma havuzlarında olması istenen su derinliği çok düşüktür (2 -10 cm). Ancak bu su derinliğini istenen seviyede sabit tutmak son derece zordur. Bu nedenle, bu tip damıtıcılarda havuz tabanı ve eğim son derece düzgün bir şekilde yapılmalıdır. Eğer bu işleme dikkat edilmezse, su damıtma havuzunun içerisinde belli noktalarda toplanarak gölcükler oluşturur ve sudaki adacıklar gibi kuru noktaların oluşmasına neden olur. Bu kuru noktalar damıtıcı veriminin düşmesine neden olduğu gibi, bu bölgelerde havuz tabanı direk olarak güneş ışınımına ve yüksek sıcaklıklara maruz kaldığından deforme olur. Derinliği az olan damıtma havuzlarında, damıtıcıya su beslenmesi, boşaltılması v.b. havuzdaki su akışı çok dikkatli yapılmalıdır (Öztürk, 2004). Bunların yanında besleme suyu olarak tabir ettiğimiz damıtma havuzundaki tuzlu suyun ısısının yüksek seviyelere çıkartılması ayrıca şu özelliklerde çok önemlidir: Gelen güneş radyasyonunun (ışınımın) üst yoğunlaşma örtüsü tarafından büyük oranda absorbe edilmemesi gerekir. Zeminin ve duvarların çok iyi izole edilmesi gerekir. Su seviyesi çok olmazsa onu buharlaştırmak için çok ısı gerekmez.

4.3.3.2. Havuzların Konstrüksiyon Özelliklerinin Performansa Etkisi

Bu özellikleri şu şekilde sıralayabiliriz:

- Havuz konstrüksiyonu ısı kapasitesi
- Havuz kayıpları, taban ve çevresinin izolasyonu
- Sistemde oluşacak buhar kaçakları, sızdırmazlık önlemleri
- Örtü formu
- Saydam örtünün eğim açısı
- Sistemin içerisindeki hava sirkülasyonu
- Havuz tabanının ısıyı absorbe etme yeteneği
- Damıtıcının yönlendirilmesi

- Yoğuşma örtüsünün eğim açısı, damıtıcının üzerine gelen ışınımı yansıtma oranını etkileyen en önemli unsurdur. Açının artması yansıtma oranını etkiler. Bu sebeple, sisteme giren enerji miktarı azalacağından sistemin verimi düşecektir. Ayrıca örtünün eğim açısı, örtüde yoğuşacak olan suyun toplama kanallarına akışını kontrol eder. Eğim açısı küçük olursa, örtüde yoğuşan suyun damıtma havuzuna damlama durumu oluşabilir. Ayrıca eğimin küçük olması yoğuşan suyun toplama kanallarına akış süresinin ve aldığı yolun da kısa olmasını sağlar (Öztürk, 2004).

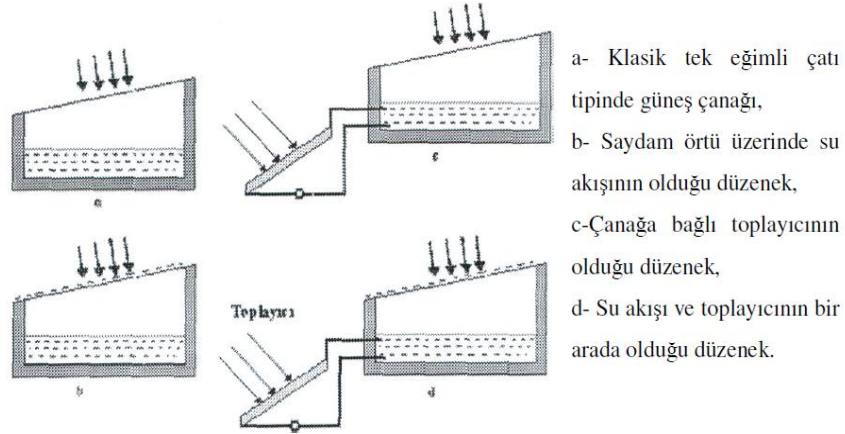
Güneş Enerjili Damıtma Havuzları Yapılan Deneylelerden Elde Edilen Sonuçlar;

- Güneş damıtıcılarında en verimli sonuç havuz tipi dizaynlarında elde edilmiştir. Bunlar, en yüksek miktarda temiz su üretimini gerçekleştirmiştir.
- Kurulması en kolay olan damıtma sistemidir.
- Yazın en iyi damıtma havuzlarındaki temiz su üretimi 20 MJ/ m²gün, 4 - 5 litre/ m²gün, 700 - 1000 litre/ m² ortalama yıllık' tır.
- Suyun damıtılması, güneş radyasyon yoğunluğunun damıtma havuzunun termal kapasitesini aşmasıyla başlar. Bu değer, yaklaşık olarak 3 - 4 MJ/ m²'dir. Çeşitli şekillerde imal edilmiş havuzlarda, damıtmanın güneş battıktan sonra da devam ettiği belirlenmiştir.
- Korozyonu önlemek için tuzlu su içeren havuz metalden (anotlanmış siyah alüminyum doymuş halde olmalıdır) veya plastikten yapılmalıdır. Tahtadan yapılmış havuzlar çok verimli değildir. Çünkü tahtaların çürümeye karşı bir işleme tabi tutulması gerekmektedir.
- Güneş radyasyonunun absorbe edilme gücünün yüksek olması için siyah renkli bir toplayıcı olması gerekir. Bu yüzden siyahlatılmış metal havuzlardan en iyi anodik işlem elde edilir. Damıtma havuzlarının siyaha boyanması kötü bir koku etkisi oluşturabilir. Suyun konulduğu havuzun boyama işleminden kaçınılmalıdır. Tuzlu suyun konulduğu havuzun siyahlığını artırmak için belki yeşil organik boya ilave edilebilir. Böyle bir solüsyon damıtma havuzlarında güneş radyasyonunun emilme miktarını artırmak için kullanılabilir.
- Havuzun tabanında su penceresi ve tüm havuzda hava penceresi bulunmalıdır (yalnızca tuzlu su girişi ve temiz su çıkışları haricinde).

- Temiz su şeffaf kapağın iç yüzeyinde yoğunlaşacağından havuzun alt tarafında bir delik içinde toplanmalıdır. Delikler aşağıya doğru % 1'lik eğimli olmalıdır. Taze suyun damıtılmış su çıkışlarına ve dışarıdaki toplama kabına doğru aktığına emin olunmalıdır.
- Damıtılmış suyun tadı kötü olabilir (içmek amaçlı), damıtılmış su bir kireç parçası veya bir çeper aracılığıyla filtre edilmelidir (bu kireç taşı suya bir miktar kalsiyum tuzu ilave eder) ya da bu organik tadı ve kokuyu yok etmek için karbon tozu ilave edilebilir.
- Tuzlu su içeren tepsilerin tabanı ısı kaybını önlemek için izole edilmelidir. Çünkü güneş ışınlarıyla ısınan tuzlu su 70 -80 °C' ye ulaştığında mantarla yapılmış izolasyon yeterli gelmeyebilir. Daha iyi sonuç, esnek plastik kaplanarak elde edilebilir ki bu esnek plastik her yerden satın alınabilir.
- Küçük damıtma havuzları için esnek plastik kutu, mesela balıklar için kullanılan yiyecek ve diğer paketlemeler için kullanılan kutular güneş havuzlarına adapte edilebilir. Bu adaptasyon cam ve plastik kapak ile az bir eğimle yapılabilir. Bu kutu kendi basına tuzlu su kabı olarak kullanılır ve bir çukur açılarak damıtılmış su toplanır. Günlük, yaklaşık 1 litre taze su üretimi 0,3 -0,5 m²'lik bir kutuyla yapılabilir.
- Transparan (cam veya plastik) kapaklar güneş radyasyonunun giriş noktası olmalıdır. İç yüzey, damıtılmış su için yoğunlaştırıcı gibi çalışır. Örtünün 20⁰ bir eğimi ve hava penceresi olmalıdır. Silikon ile yapılan sızdırmazlık iyi sonuç verebilir. Üst örtü damıtma havuzlarının periyodik temizliği için portatif olmalıdır.
- Tuzlu su damıtma havuzuna doldurulmalıdır. Yatay veya basamaklı eğimli üst damıtma havuzunda tuzlu su, havuzdan kaba yüksekte akmalıdır. Genelde tuzlu su böyle kaplara elle veya pompayla konulmaktadır.
- Buharlaşma sırasında tuzlu sudaki su konsantrasyonu artar, tuz konsantrasyonu başlangıçtaki değerinin iki katına çıktığında beyazlamış tuz birikmeye baslar. Bu tuz, kalsiyum sülfat ve karbonattır. Bu olay, güneş radyasyonunun emilmesinin azalmasına sebep olur. Bu yüzden havuza yeni tuzlu su ilave edilmelidir.

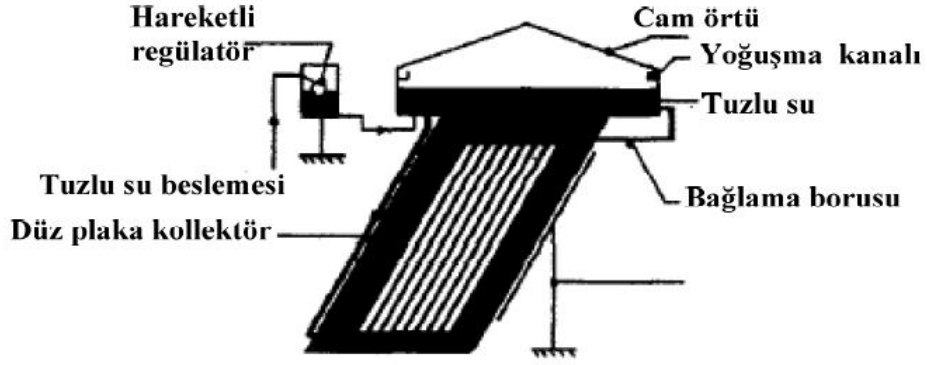
4.3.4. Yüksek Sıcaklıklı ve Aktif Çalışan Damıtıcılar

Havuz tipi bir güneş çanağında maksimum ürün elde etmenin en ekonomik yolu, bir ısı enerji kaynağı sayesinde elde edilen ısının, ilave ısı olarak çanağı beslemesiyle, saydam örtü ile deniz suyu arasındaki sıcaklık farkını maksimum yapmaktır. Bu ilave enerji kaynağının, damıtma sisteminin çevresindeki bir termik santral olabileceği düşünülerek yeni sistemler geliştirilmiştir. Atık sıcak su, sabit bir debide çanağı beslerken, saydam örtü üzerinden su geçirilerek hareketli bir su filminin oluşturulması da düşünülmüş ve bu konu üzerinde de çalışmalar yapılmıştır (Öztürk, 2004) Saydam örtü ile deniz suyu arasındaki sıcaklık farkını maksimum yapmak için, ya saydam örtü üzerinden su akışı oluşturularak, örtü sıcaklığı düşürülür, ya da havuz içerisine ısı değiştiricisi yerleştirilerek tuzlu deniz suyu sıcaklığı artırılır. Bunların her ikisi de aynı anda düşünülebilir (Öztürk, 2004



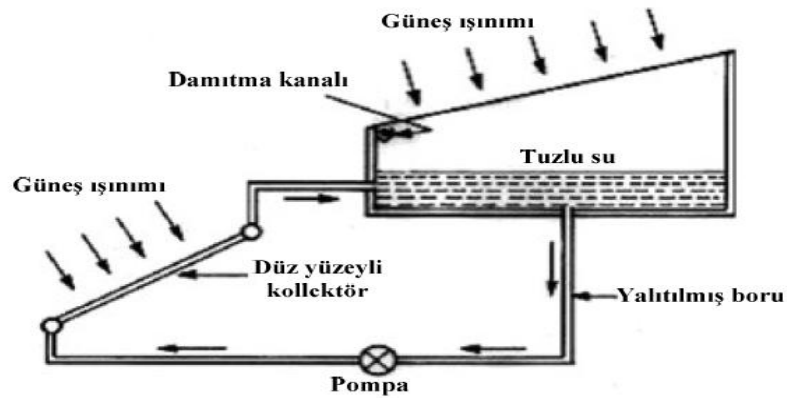
Şekil 4.9. Yüksek sıcaklıklı sistemler.

Bu amaçla yüksek sıcaklıklı damıtma sistemleri geliştirilmiştir. Şekil 4.9. Aynı koşullar altında, bu düzenekler denenmiş ve bunların verimlilikleri birbirleri ile ve klasik tek eğimli çatı tipindeki Güneş çanağı ile mukayese edilmiştir (Öztürk, 2004). Cezayir’de bu çalışmaya benzer bir çalışma yapılmıştır (Şekil 4.10). Bu çalışmada güneş damıtıcısının verimini artırmak için sisteme güneş kolektörü ilave edilmiştir. Tuzlu su hem kolektörde hem de damıtıcıda ısıtılmaktadır. Birleştirilmiş damıtma sisteminin veriminin basit güneş damıtıcısına göre dört katı olduğu bulunmuştur (Boukar ve Harmim, 2001).



Şekil 4.10. Cezayir’de yapılmış olan sistem.

Şekil 4.11’de bu çalışmayla ilgili baksa bir sistem anlatılmıştır. Havuzun tabanı güneş ışınımını absorbe etmek için siyah renge boyanmıştır. Üst yoğuşma örtüsü camdan yapılmıştır. Havuz 1 m^2 alana sahiptir. Toplam 4 m^2 yüzey alanına sahip iki adet güneş kolektörü kullanılmıştır. Aktif damıtma işleminde güneş kolektöründen gelen sıcak su damıtma havuzuna pompalanır. Böylece cam ile su yüzeyi arasındaki sıcaklık farkı artacaktır. Pompa sadece güneş ışınımının alındığı 09:00 -16:00 saatleri arasında çalıştırılmıştır. Pek çok parametre; örneğin su, iç cam, dış cam, buhar, ısı, toplam ışınım ve difuz eden güneş ışınımı (cam kapak ve kolektör üzerindeki) ile elde edilen damıtılmış su, değişik derinlik ve modalarda her saat ölçülmüştür. Verimin basit güneş enerjili damıtıcılara göre daha fazla olduğu belirtilmiştir (Tripathi ve Tiwari, 2005).



Şekil 4.11. Aktif çalışan güneş enerjili damıtma havuzu ve düz yüzeyli kolektör.

BÖLÜM 5

MATERYAL VE METOD

5.1. MATERYAL

Güneş enerjili su damıtıcı, tabanı ve yan yüzeyleri siyah olan, üzeri saydam ve eğimli bir malzeme ile örtülü, içinde atık su veya deniz suyu bulunan kapalı bir kaptır. Bir güneş enerjili damıtma sisteminin çalışma ilkesi şöyledir; eğimli yüzeyi güneşe bakacak şekilde konumlandırılmış damıtıcı üzerine gelen güneş ışınımı, saydam örtüden geçerek, siyaha boyanmış iç yüzey ve içerdeki deniz suyu veya kirli su tarafından soğurulur. Böylece damıtıcı içindeki deniz suyu veya kirli su ısınır ve suyun buhar basıncı artar. Sıydam örtü ile su arasında kalan hava içindeki su buharının basıncı, ısınan suyun buhar basıncından düşüktür. Bu nedenle su buharı, doğal olarak yüksek basınçtan alçak basınca doğru yükselir. Yükselen su buharı saydam örtüye değdiğinde, örtünün sıcaklığı su buharının sıcaklığından düşük olduğundan, su buharı örtü yüzeyinde tabaka yoğunlaşması şeklinde su damlacıkları oluşturur. Örtünün alt yüzeyinde tabaka olarak yoğunlaşan su, örtünün eğimli olmasından dolayı, aşağıya doğru bir akıntı oluşturur; damıtıcı tabanına paralel ve saydam örtüye bitişik olarak konmuş olukta toplanır. Bu olukta toplanan su, buradan dışarıya alınarak bir depoya akar. Buna ek olarak sistemimizde deponun en üst bölgesinden yaklaşık 4,5 cm çapında üç adet delik açılarak bu deliklerden gelen buhar ayrı bir depoda toplanmış ve normal sistemlere göre ekstra bir verime ulaşılmaya çalışılmıştır. Damıtma sistemindeki; cam örtü dış yüzey sıcaklığı, depo suyu sıcaklığı damıtma havuzu sıcaklığı, cam örtü iç yüzey sıcaklığı, güneş kolektörü yüzey sıcaklığı, güneş kolektörü su çıkış sıcaklığı gibi parametrelerin ölçümü için 5 adet sıcaklığı algılamada kullanılan E-0.5 T2LTTEA tipi Fe-Const. Termokupl malzeme uçları gümüş lehimlidir. Termokupulların kesiti $2 \times 0.5 \text{ mm}^2$, yalıtımı iki kat teflon ve maksimum ölçüm sıcaklığı $200 \text{ }^\circ\text{C}$ 'dir. Güneş radyasyon ölçümünde; Şekil 5.1' de gösterilen Instruments haemmi messgerate solar 118 türü

bir solarimetre cihazı kullanılmıştır. Cihaz güneş radyasyonunu algılayan bir yüzey elemanı ile değeri dijital olarak gösteren bir cihazdan oluşmaktadır. Cihaz üzerinde farklı birimlere ait beş kademeli bir anahtar mevcuttur.



Şekil 5.1. Işınım şiddetini ölçen solarimetre.

Yapılan deney ve elektriksel ölçümlerin tutulmasında dijital avometre kullanılmıştır. Ölçümler her 15 dakikada bir olmak üzere alınmıştır. Bu veriler için Word ve Excel programları kullanılmıştır. Damıtılacak olan dere suyu, Karabük Üniversitesi kampüsü önünden geçen araç çayından temin edilmiştir.



Şekil 5.2. Avometre.

5.1.1. Damıtma Havuzu

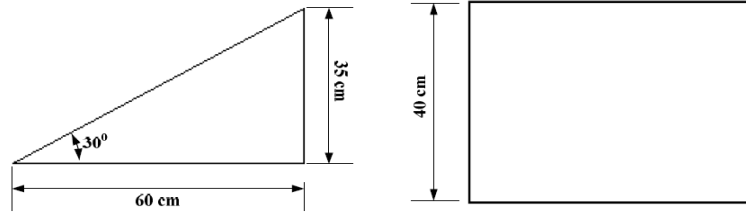
Bu kısım içerisine dere suyunun konulduğu kısımdır ki plastik malzemeden imal edilmiştir. Tabanı ve iç kısımları siyah mat boya ile boyanmıştır. Damıtıcının çevresi straforla ve cam yünüyle kaplanarak ısı yalıtımı yapılmıştır

5.1.2. Temiz Su Toplama Kanalı

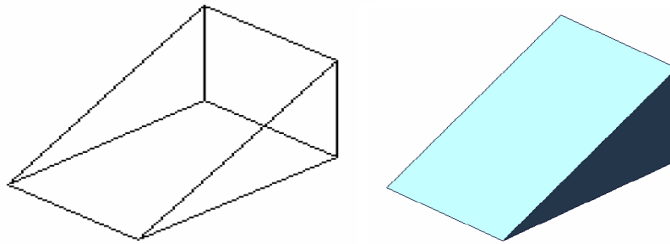
Damıtma havuzunun iç kısmına monte edilecek şekilde cam ve ucu galvaniz malzemedan yapılmış, eğimli şekilde damıtıcının iç kısımlarına tutturulmuştur. Damıtıcının üst yoğuşma örtüsünde yoğuşan sular, bu kanala akmaktadır. Eğimli yapılmasının nedeni ise bu kanallara gelen suyun doğal akışla akarak, damıtıcının dışındaki bir toplama kabında birikmesini sağlamaktadır. Bunun için, bu temiz su kanallarındaki suyun toplama kaplarına akabilmesi için de uç kısımlarında açıklık bırakılmıştır. Bu kanal da mat siyah boya ile boyanmıştır. Ek su toplama kanalı ise deponun arka üst noktasına çapı yaklaşık 4,5 cm olan üç adet delik açılmış ve polietilen boru ile toplama kanalı yapılmıştır.

5.1.3. Üst Yoğuşma (Saydam) Örtüsü

Saydam yoğuşma örtüsü olarak 4 mm kalınlığında cam malzeme (Şekil 5.3 ve Şekil 5.4) kullanılmıştır. Örtü kenarları birbirine silikonla tutturulmuştur. Bu üst yoğuşma örtüleri damıtıcının yüksek kenarlarına oturtulacak şekilde imal edilmiştir.



Şekil 5.3. Tek eğimli üst yoğuşma örtüsünün kesitleri.



Şekil 5.4. Tek eğimli üst yoğuşma örtüsünün görünümü.

5.1.4. Vakumlu Güneş Kolektörleri

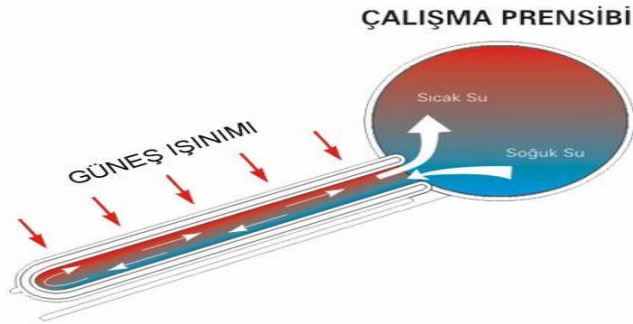
Vakum borulu toplayıcının dışında geçirgenliği yüksek cam boru veya cam plaka ve bunun içinde eş eksensel durumda madeni boru yada selektik malzemeyle kaplanmış cam borudan oluşur (Şekil 5.4). İç ve dıştaki boru arasındaki hava boşaltıldığından tasınım kayıpları azaltılmıştır. İç borunun İçinden su yerine hava geçirilirse sıcak hava elde edilir ve sıcak hava ısıtma tesisatlarında kullanılır.



Şekil 5.5. Vakumlu kolektörün görünüş ve kısımları.

5.1.4.1. Vakumlu Güneş Kolektör Sistemlerinin Çalışma Prensibi

Dıştaki saydam cam boru veya cam plaka güneş ışınlarının iç boruya gelmesine olanak sağlar. İç boru, siyah yüzeyi aracılığıyla, ışınları toplar ve kendi içinden geçen akışkanı (suyu) ısıtır. Isınan suyun hacmi artarak yoğunluğu azalır ve yukarı doğru hareket eder. Böylelikle depoya ulaşır ve buradan istenilen yerlere sevk edilerek kullanma suyu olarak ya da ısıtma tesisatında kullanılır. Şekil 5.6'da sistemin çalışma prensibi görülmektedir.



Şekil 5.6. Vakum tüplü kolektörün çalışma prensibi.

Vakum borulu toplayıcının verimi düz toplayıcıya göre fazla olmakla beraber cam kırılması ve dış borular arasındaki kar birikiminden dolayı toplayıcının örtülmesi gibi sakıncaları vardır. Bu sistemde 120-150 °C gibi sıcaklıklar elde etmek mümkündür. Sistem yüzeyleri arasında havanın tamamıyla boşaltılması veya tamamen havasını boşaltmadan vakumsuz olması ve yüksek molekül ağırlıklı asal gazların doldurulması ile sızdırmazlık sağlanarak performansı artırılabilir. Silindir boru şeklindeki kolektörler, doğal olarak yüksek sıkıştırma direncine ve dış darbelere karşı mukavemetlidir.

5.1.5. Saydam Örtü

Güneş ışınımını geçiren ve üstten ısı kaybını önleyen elemandır. Bir veya birkaç tane olabilir. Bu sistemde bir tane kullanılmıştır. Saydam örtü ayrıca yutucu yüzeyi yağmur, dolu veya toz gibi dış etkilerden korumaktadır. Saydam örtü olarak cam malzemeler kullanılmıştır.

5.1.6. Yutucu Yüzey

Düz toplayıcıda güneş ışınımını yutan ve ısıyı, borulardaki akışkana aktaran kısımdır. Yutucu yüzeyin, güneş ışınımını yutma oranının büyük olması gerekir. Işınımı yutarak ısının levhanın ısıyı temas halindeki akışkana iyi bir şekilde iletilmesi için, ısı iletim katsayısı yüksek malzemeler seçilmelidir. Toplayıcılarda yutucu yüzey olarak genellikle bakır, alüminyum ve paslanmaz çelik kullanılır. Bu toplayıcıda yutucu yüzey olarak alüminyum kullanılmıştır.

5.1.7. Yalıtım Malzemesi

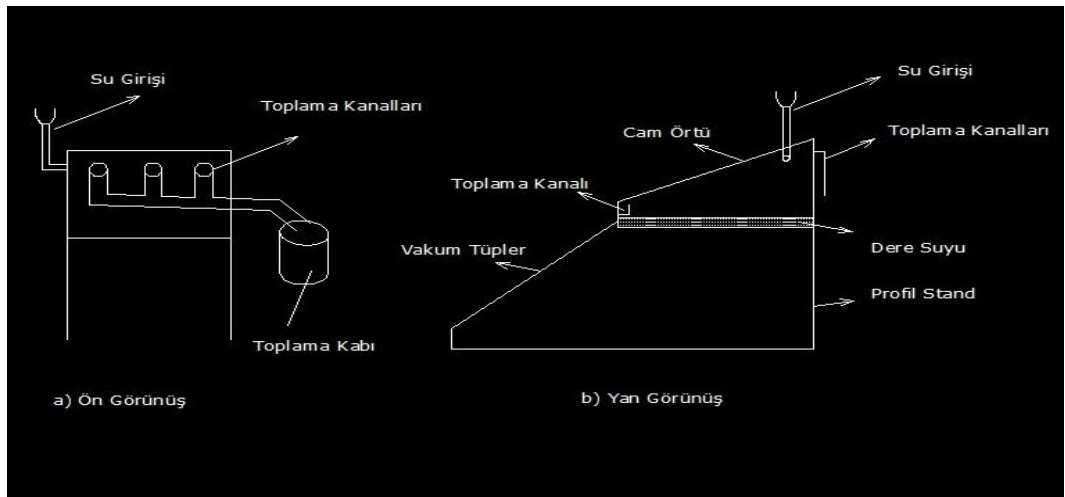
Düz toplayıcıda güneş ışınımını almayan alt ve yan kısımlardan olan ısı kayıplarının azaltılması için kullanılmıştır. Kullanılan malzemenin ısı iletimi az olmalıdır. Cam yünü ve strafor malzeme ile yalıtım yapılmıştır.

5.1.8. Diğer Malzemeler

Deney düzeneğinin yapımında ayrıca 2 mm kalınlığında sunta, 20x20x2 mm demir profil, plastik borular kullanılmıştır. Demir profillerden stand yapılmıştır. Plastik borular ise damıtılan suyu taşımak amaçlı kullanılmıştır. Boruların etrafı alüminyum folyo ile kaplanarak izole edilmiştir.

5.2. METOD

Deney düzeneği, daha önceleri güneş enerjisiyle su damıtılması konusunda yapılmış olan tez ve makaleler incelendikten sonra imal edilmiştir. Bu konuyla ilgili çeşitli deneyler yapılmıştır. Yapılan deneylerde Karabük koşullarında bir güneş enerjili su damıtıcısının performansını etkileyen parametreler olan “güneş ışınımı, havuz içerisindeki su derinliği, saydam örtünün şekli, sisteme ilave edilen güneş kolektörü” incelenmiştir. Bu deneylerin sonuçlarına dayanılarak, standart güneş enerjili damıtma sistemine ek olarak yaptığımız düzeneğin ne derecede etkili olduğu gözlemlenmiştir. Aşağıda damıtıcının ön ve yan görünüşü ayrıca sistemin çalışırken çekilmiş fotoğrafları verilmiştir.



Şekil 5.7. Deneyde kullanılan güneş enerjili damıtma sisteminin çizimi.

Çalışma Prensipleri: Mat siyah boya ile iç yüzeyi boyanmış depoda sürekli olarak dere suyu bulunmaktadır. Amaç, deponun güneş enerjisini absorbe etmesidir. Bu deponun içerisinde sürekli dere suyu bulunacağından havuzdaki su damıtıldıkça ve eksildikçe depodan su şekilde de gösterilen yerden ilave edilecektir. Siyah mat renge boyanmış damıtma havuzundaki dere suyu, vakum tüplü kolektör vasıtasıyla güneş ışınımı ile ısınacak ve sıcaklığı artacaktır. Sıcaklığı arttıkça buharlaşarak üstteki cam örtüde yoğunlaşacaktır. Daha sonra üst yoğunlaşma örtüsündeki eğimden dolayı yoğunlaşan su, damlacıklar halinde aşağı doğru akacak ve damıtma havuzunun iç kısmına yerleştirilmiş toplama kanalından alınacaktır. Buradan da havuzun dışına taşınacak ve toplama kabında depolanacaktır. Ayrıca sisteme ek olarak yaptığımız deponun arka üst bölgesinden açılan yaklaşık 4,5 cm çapında üç adet delikten polietilen borularla yapılan toplama kanalı ile suyu buhar halinde toplanarak ikinci bir toplama kanalına aktarılmıştır. Suyun kolektörde dolaşımı ise vakum tüplü güneş kolektörünün çalışma prensibinin gereği olarak doğal olacaktır. Damıtıcıda üst yoğunlaşma örtüsü önce güneşe açık olarak değerler alınacak daha sonra camyünü ile yalıtılarak değerler alınıp karşılaştırma yapılacaktır. Üst yoğunlaşma örtüsü olarak 4 mm kalınlığında cam kullanılmıştır.



Şekil 5.8. Deneyde kullanılan güneş enerjili damıtma sistemi genel görünüşü.



Şekil 5.9. Deneyde kullanılan güneş enerjili damıtma sistemi yandan görünüşü.



Şekil 5.10. Güneş enerjili damıtma sistemi arkadan görünüşü.



Şekil 5.11. Güneş enerjili damıtma sistemi toplama kanallarının görünüşü.



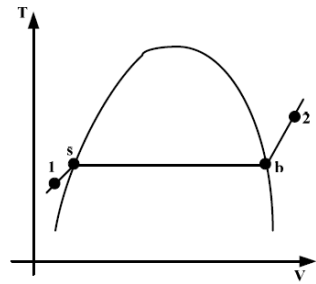
Şekil 5.12. Güneş enerjili damıtma sistemi üst yoğuşma örtüsü.



Şekil 5.13. Deneyde kullanılan güneş enerjili damıtma sistemine bağlı termokupllar.

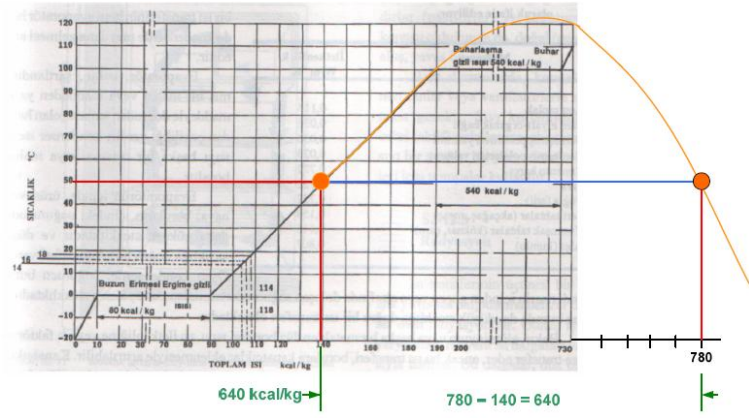
5.3. BUHARLAŞMA ISISI

Herhangi bir basınçta kaynama noktasına kadar ısıtılmış suya ısı vermeye devam edilirse buharlaşma başlar. Buharlaşma işlemi esnasında sıcaklık sabit kalır. Isı vermeye devam edilirse su tamamen buharlaşır ve doymuş kuru buhar olur (Şekil 5.16) 1 kg suyu kaynama noktasında buhar haline dönüştürmek için gerekli olan ısıya buharlaşma ısı denir. Sıcaklık ve basınç arttırıldıkça buharlaşma ısısının değeri küçülerek kritik noktada sıfıra eşit olmaktadır. Buharlaşma ısı, $h_{sb} = h_b - h_s$ ile hesaplanır (Şekil 5.17). Burada h_b doymuş kuru buharın entalpisidir, h_s ise doymuş suyun entalpisidir (Uyarel ve Özkaymak, 2003).



1 noktasındaki özelliklerle verilen aşırı sıkıştırılmış sıvı, sabit basınçta ısıtılırsa, 1.s.b.2 yolunu izleyerek, kızgın buhar haline gelir.

Şekil 5.14. T-V grafiği.



Şekil 5.15. Eriyen buz ve buhara dönüşen su için, duyulur ısı ve gizli ısı grafiği.

BÖLÜM 6

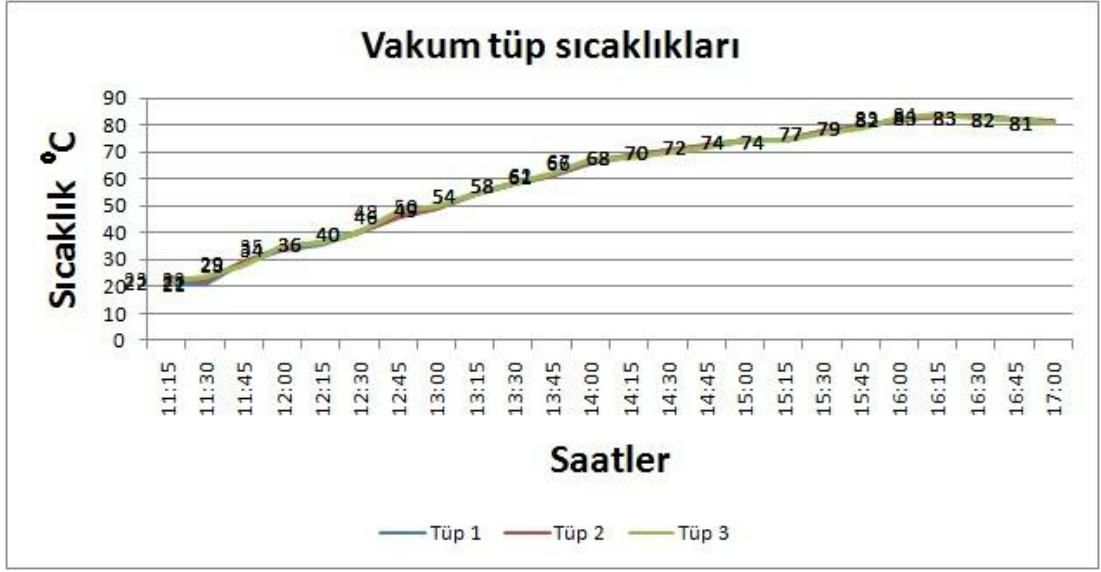
ARAŞTIRMA BULGULARI

6.1. DENEY SONUÇLARI

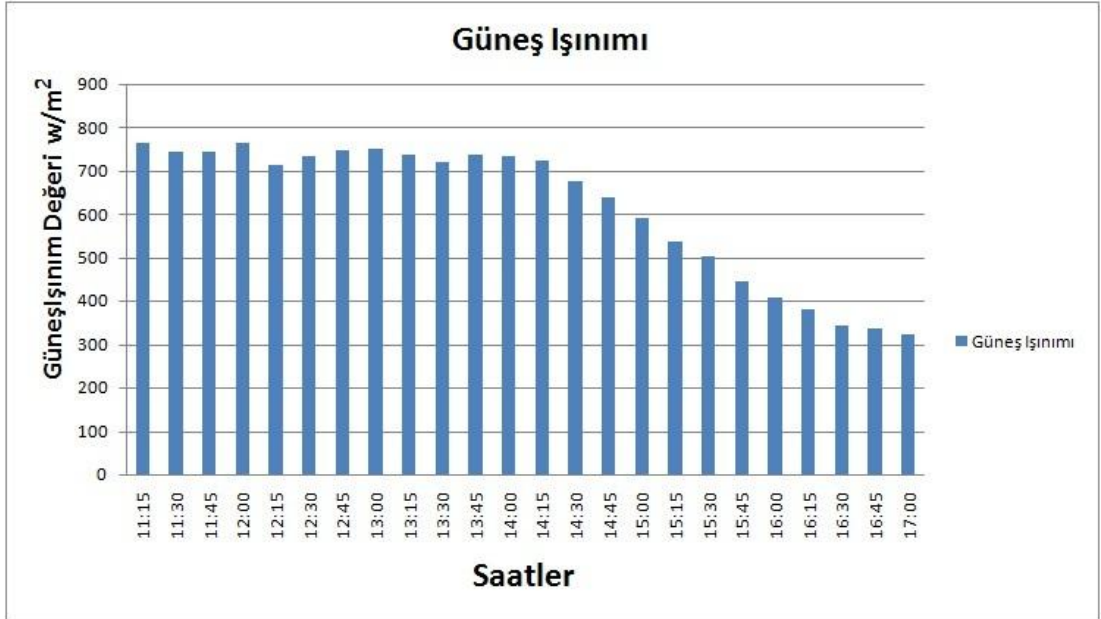
Güneş enerjili damıtma sisteminde; tek eğimli yoğuşma örtüsü(yalıtımsız), tek eğimli yoğuşma örtüsü(yalıtımlı) kullanılarak vakum tüplü güneş kolektörü ile ısıtılan suyun damıtılması amacıyla deney çalışmaları yapılmıştır. Termokupllar; üç adet vakum tüp, iç ortam, dış ortam, su sıcaklığı, cam yüzey sıcaklığı değerlerini almak üzere bağlantıları yapılmış, avometre ile 15 er dk arayla değerler alınmıştır. En başta üst yoğuşma örtüsü güneşe açık olacak şekilde daha sonra üst yoğuşma örtüsü cam yünü ile yalıtılarak değerler alınmıştır.

6.1.1. 12/09/2011 Tarihli Deney

Bu deneyde üst yüzey yoğuşma örtüsü güneşe açık olacak şekilde yalıtım yapılmadan değer alınmıştır. Sistem çalışır hale getirilerek başta 4,5 litre vakum tüplerinin içine 4,5 litre depoya su doldurularak toplamda 9 litre dere suyu ile deneye başlanmıştır. Deneye saat 11:15 de başlanmış saat 17:00 de bırakılmış ve 15 er dakikalık arayla değerler alınmıştır. Gün boyunca ölçülen vakum tüplerin sıcaklıklarının birbirinden farklı değerlerde olduğu gözlemlenmiştir. Güneş ışınım değeri öğle saatlerine kadar yükseldiği, öğleden sonraki vakitlerde giderek azalmaya başladığı gözlemlenmiştir. Depo suyu sıcaklığı giderek yükselmiş akşam 16:00 dan sonra azalmaya başlamıştır. Yoğuşmanın gündüzden daha çok gece saatlerinde olduğu gözlemlenmiş gündüz vakitlerine 50 ml gece saatlerinde 125 ml toplamda 175 ml su damıtıldığı gözlemlenmiştir. Toplam damıtılan suyun yaklaşık 45 ml deponun arka tarafında bulunan toplama kanallarından geriye kalan 130 ml ise cam yüzeye yapılan toplama kanalından sağlanmıştır.



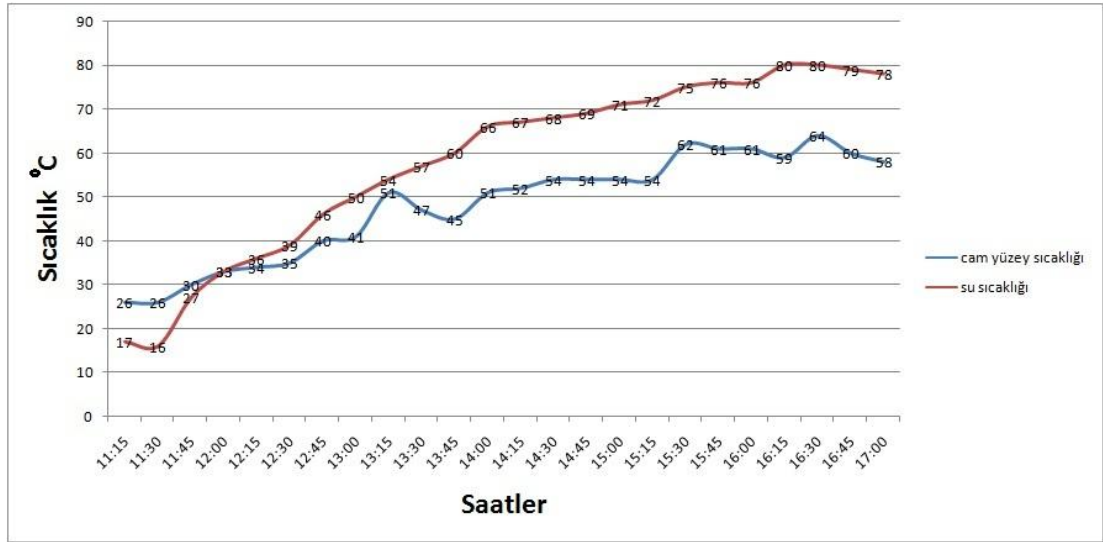
Şekil 6.1. 12/09/2011 tarihli vakum tüp sıcaklıkları.



Şekil 6.2. 12/09/2011 tarihli güneş ışınım değerleri.



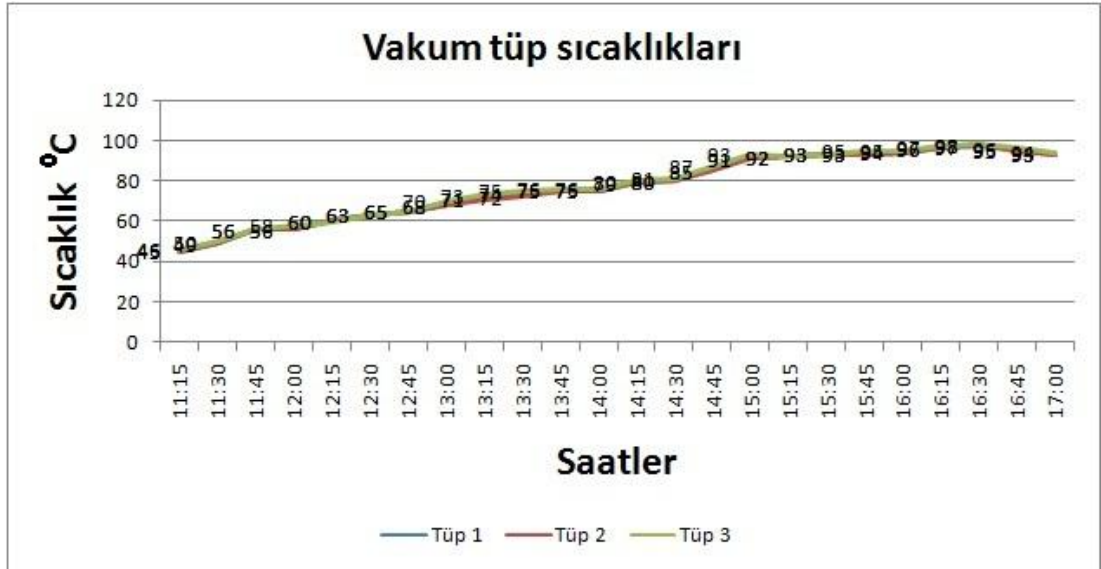
Şekil 6.3. 12/09/2011 tarihli iç ve dış ortam sıcaklıkları.



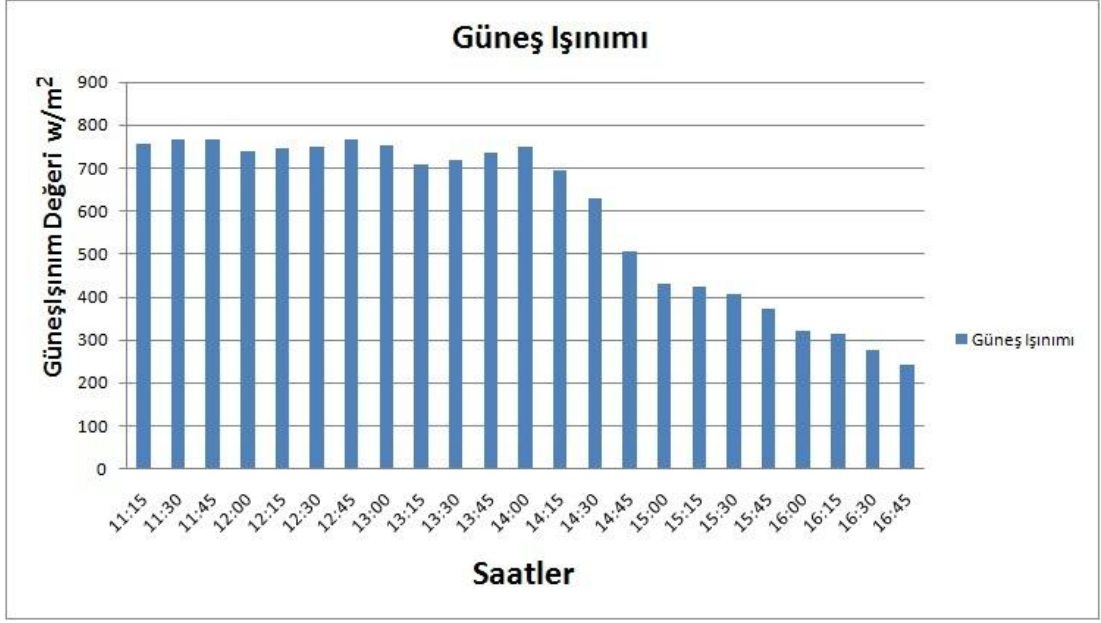
Şekil 6.4. 12/09/2011 tarihli cam yüzey ve su sıcaklıkları.

6.1.2. 13/09/2011 Tarihli Deney

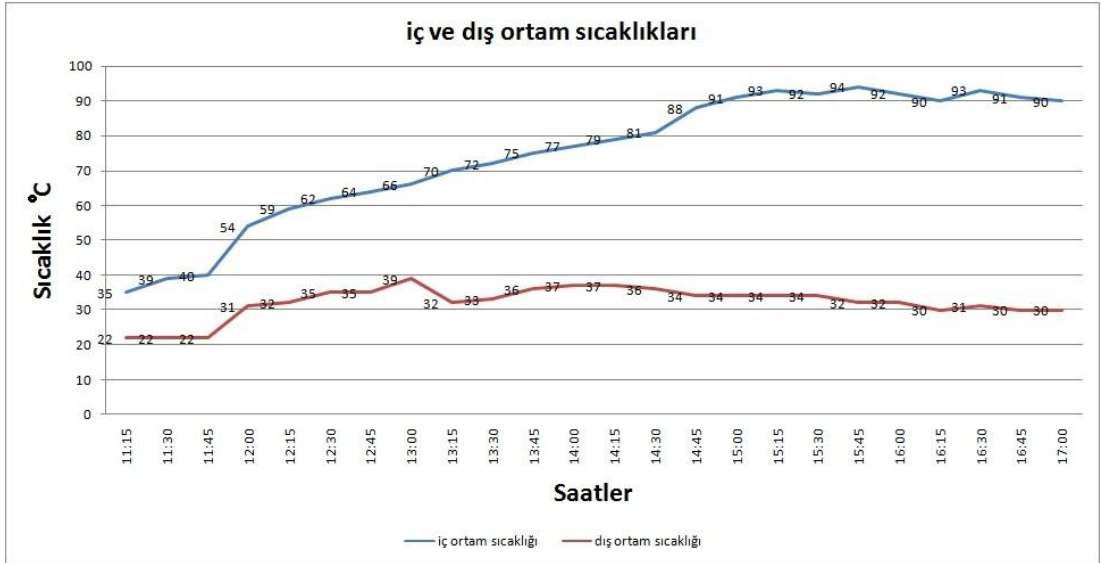
Bu deneyde üst yüzey yoğuşma örtüsü cam yünü ile yalıtılarak değer alınmıştır. Sistem çalışır hale getirilerek başta 4,5 litre vakum tüplerinin içine 4,5 litre depoya su doldurularak toplamda 9 litre dere suyu ile deneye başlanmıştır. Deneye saat 11:15 de başlanmış saat 17:00 de bırakılmış ve 15 er dakikalık arayla değerler alınmıştır. Gün boyunca ölçülen vakum tüplerin sıcaklıklarının birbirinden farklı değerlerde olduğu gözlemlenmiştir. Güneş ışınım değeri öğle saatlerine kadar yükseldiği, öğleden sonraki vakitlerde giderek azalmaya başladığı gözlemlenmiştir. Depo suyu sıcaklığı giderek yükselmiş akşam 16:00 den sonra azalmaya başlamıştır. Yoğuşmanın gündüzden daha çok gece saatlerinde olduğu gözlemlenmiş gündüz vakitlerine 80 ml gece saatlerinde 150 ml toplamda 230 ml su damıtıldığı gözlemlenmiştir. Toplam damıtılan suyun yaklaşık 70 ml deponun arka tarafında bulunan toplama kanallarından geriye kalan 160 ml ise cam yüzeye yapılan toplama kanalından sağlanmıştır.



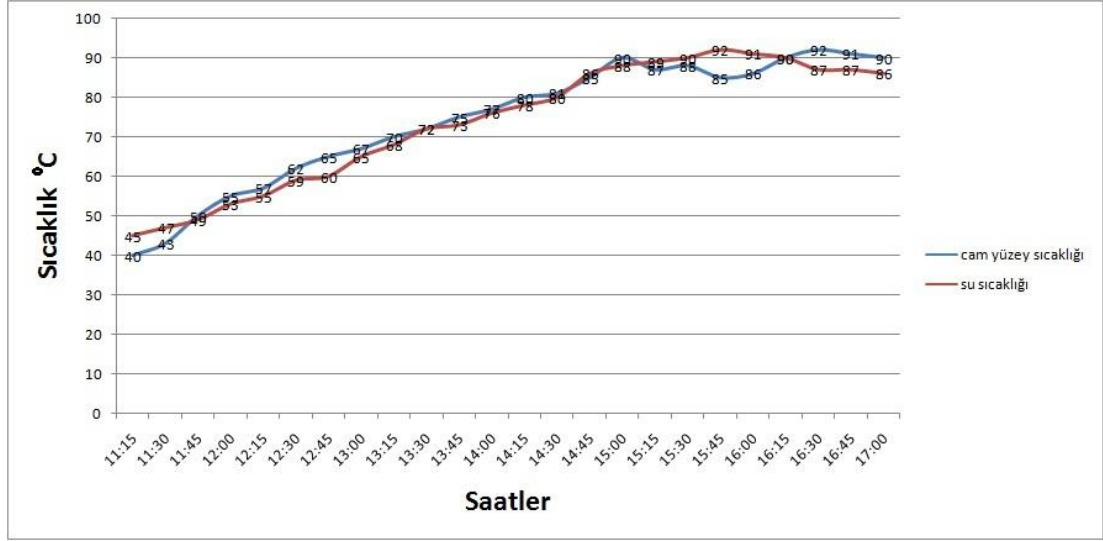
Şekil 6.5. 13/09/2011 tarihli vakum tüp sıcaklıkları.



Şekil 6.6. 13/09/2011 tarihli güneş ışınım değerleri.



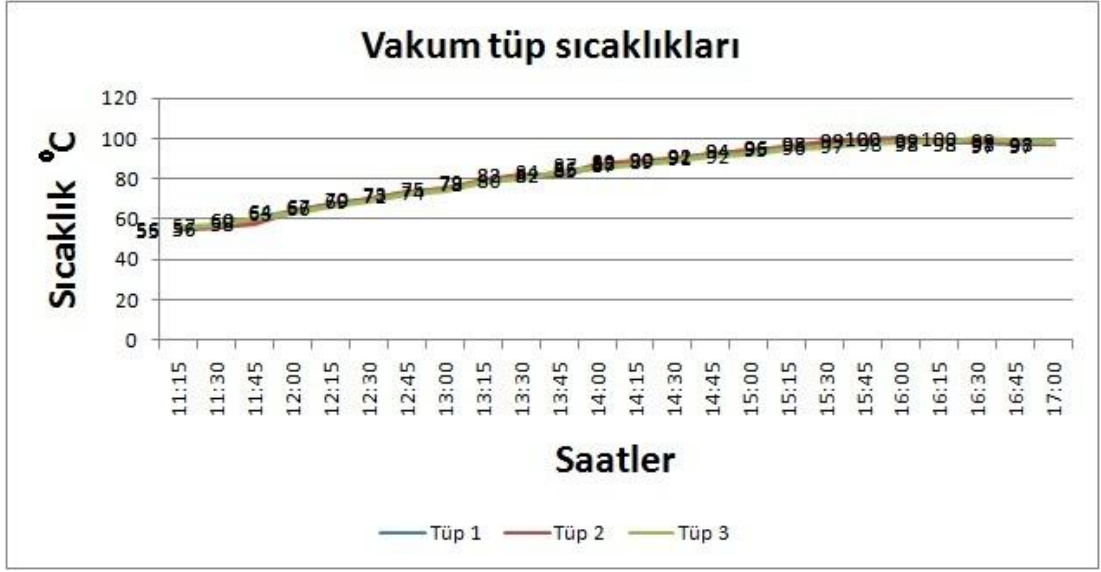
Şekil 6.7. 13/09/2011 tarihli iç ve dış ortam sıcaklıkları.



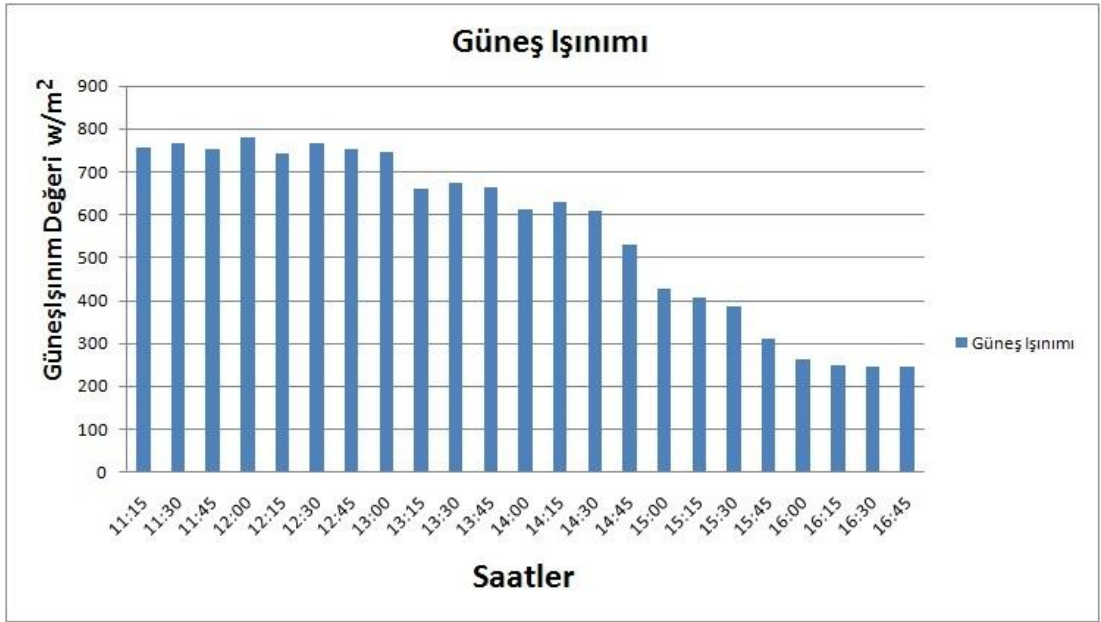
Şekil 6.8. 13/09/2011 tarihli cam yüzey ve su sıcaklıkları.

6.1.3. 14/09/2011 Tarihli Deney

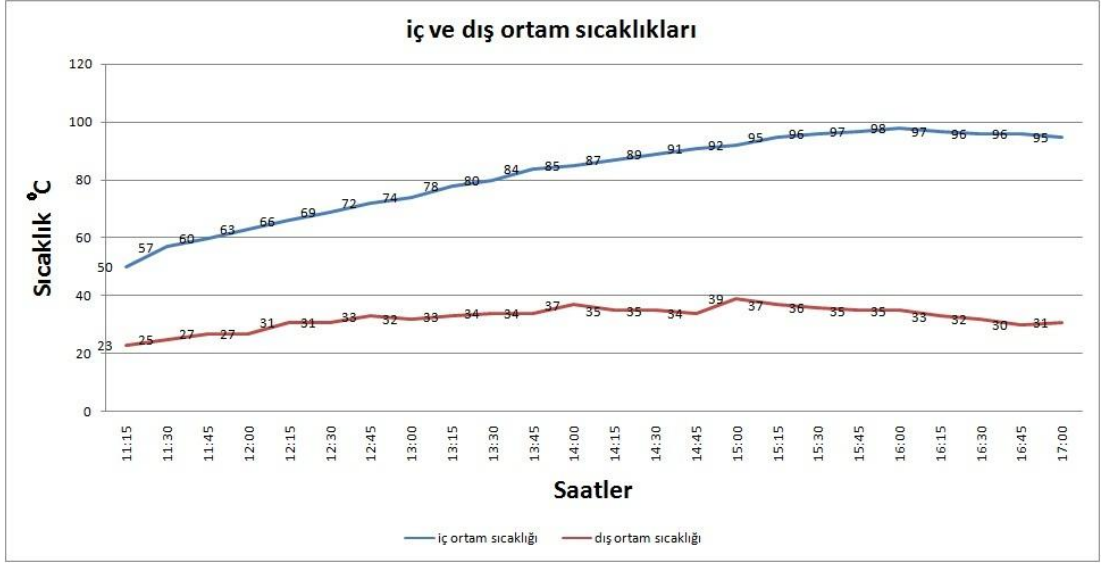
Bu deneyde üst yüzey yoğuşma örtüsü cam yünü ile yalıtılarak değer alınmıştır. Önceki gün depoda kalan su ile deneye devam edilmiştir. Deneye saat 11:15 de başlanmış saat 17:00 de bırakılmış ve 15 er dakikalık arayla değerler alınmıştır. Gün boyunca ölçülen vakum tüplerin sıcaklıklarının birbirinden farklı değerlerde olduğu gözlemlenmiştir. Güneş ışınlamı değeri öğle saatlerine kadar yükseldiği, öğleden sonraki vakitlerde giderek azalmaya başladığı gözlemlenmiştir. Depo suyu sıcaklığı giderek yükselmiş akşam 16:00 den sonra azalmaya başlamıştır. Yoğuşmanın gündüzden daha çok gece saatlerinde oluştuğu gözlemlenmiş gündüz vakitlerine 75 ml gece saatlerinde 140 ml toplamda 215 ml su damıtıldığı gözlemlenmiştir. Toplam damıtılan suyun yaklaşık 65 ml deponun arka tarafında bulunan toplama kanallarından geriye kalan 150 ml ise cam yüzeye yapılan toplama kanalından sağlanmıştır.



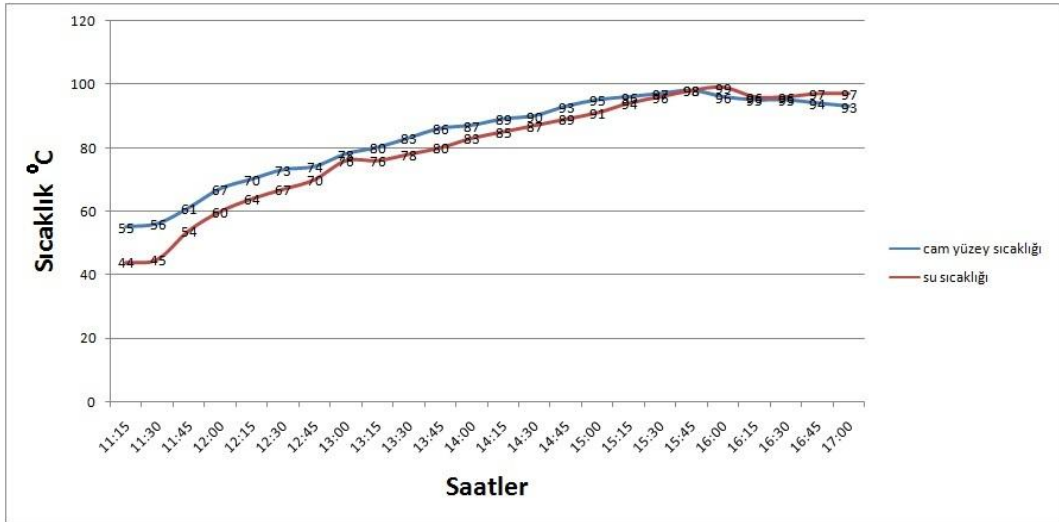
Şekil 6.9. 14/09/2011 tarihli vakum tüp sıcaklıkları.



Şekil 6.10. 14/09/2011 tarihli güneş ışınım değerleri.

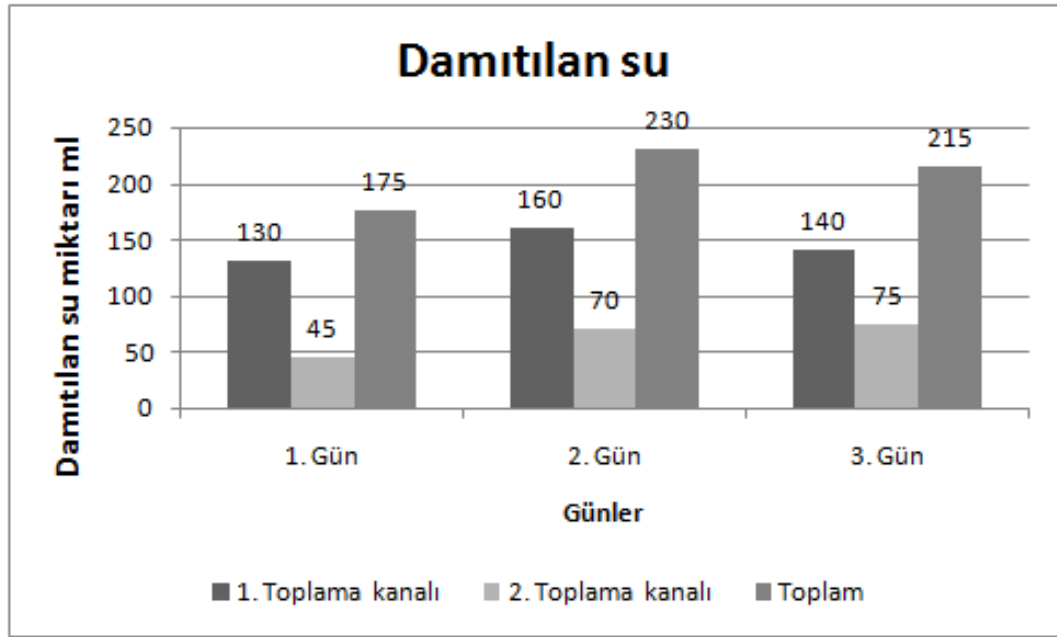


Şekil 6.11. 14/09/2011 tarihli iç ve dış ortam sıcaklıkları.



Şekil 6.12. 14/09/2011 tarihli cam yüzey ve su sıcaklıkları.

6.1.4. Damıtılan Su Grafiği



Şekil 6.13. Damıtılan su miktarları.

BÖLÜM 7

TARTIŞMA VE SONUÇ

Yapılan çalışmada, eğimli güneş damıtıcısından Eylül ayında Karabük koşullarında maksimum miktarda su damıtmak amacıyla üst yoğuşma örtüsünün yalıtımlı ve yalıtımsız olarak deneyleri yapılmıştır. Bunun için hazırlanan düzenekte üst yoğuşma örtüsü olarak tek eğimli düzenek kullanılmıştır. Bu deneyler sırasında deneyi etkileyen parametreler dikkate alınmıştır. Yapılan bütün deneylerde uygulanan ışınlama süresi aynı ve ortalama 6 saattir. Damıtılan su miktarları deney başlangıcından 24 saat sonra ölçülmüştür. Derinliği az olan damıtma havuzunda su sıcaklığı maksimum olmuştur. Çünkü derin su kütlesi hava sıcaklığındaki değişime geç uymaktadır. Derin havuzlarda buharlaşma, sığ havuzlara göre yazın daha az, kışın ise daha çok olmaktadır. Daha önce yapılan çalışmalardan yola çıkarak tuzlu suyun tatlı suya göre daha az buharlaştığı görülmüştür. Dış ortam sıcaklığına bağlı olarak verim artmış ya da azalmıştır. Hava sıcaklığı arttıkça buharlaşmanın arttığı görülmüştür. Damıtma sisteminde buharlaşmanın sabah saatlerinde minimum, öğleden sonra 12:00-15:00 saatleri arasında maksimum seviyeye ulaştığı görülmüştür. Buharlaşmanın devam etmesi için su buharının damıtıcı yüzeyinden uzaklaşması gerekmektedir. Standart güneş enerjili damıtıcılara göre bizim yaptığımız düzenekte depo arka üst bölgesinden yaptığımız toplama kanalları verime çok az katkı sağladığı görülmüştür. Deneylerden elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda, sistemin verimi; damıtma yöntemlerine, dış ortam sıcaklığına, güneş ışınlama değerlerine, depo yalıtımına, damıtıcının örtü şekillerine, su derinliğine göre değişmekte olduğu gözlemlenmiştir.

KAYNAKLAR

Abdel Dayem, A.M., “Experimental and numerical performance of a multi-effect condensation-evaporation solar water distillation sytem”, *Energy*, 31: 2710-2727 (2006).

Abdelrassoul R.A., “Potential for economic solar desalination in the middle east, renewable” *Energy*, 14: 345-349 (1998).

Abu-Jabal, M.S., Kamiya, I., and Narasaki, Y., “Proving test for a solar-powered desalination sytem in gaza-palestine”, *Desalination*, 137: 1-6 (2001).

Alibaş, K. ve Baycık, H., “Güneş enerjisi ve güneş enerjisinden yararlanma olanakları”, *Mühendis ve Makine Dergisi*, 29 (331): 30-36 (1987).

Aybar, H.SS, Eğelioğlu, F. ve Atikol,U. “An experimental study on an inclined solar water distillation sytem”, *Desalination*, 180: 285-289 (2005).

Belessiotis, V. and Delyannis, E. “Water shortage and renewable energies (RE) desalination possible technological applications”, *Desalination*, 139: 133 (2001).

Boukar, M. and Harmim, A. “Effect of climatic conditions on the performance of a simple basin solar still a comparative study”, *Desalination*, 137: 15-55 (2001).

Boukar, M. and Harmim, A. “Performance evaluation of a one-sided vertical solar still tested in the desert of algeria”, *Desalination*, 183: 113-126 (2005).

Cingiz, Z. “Güneş enerjisiyle deniz suyu damıtma uygulaması”, Bilim Uzmanlık Tezi, *K.B.Ü.,Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 28-55 (2007).

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, “Kurs Notları”, *Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü*, 26-27 (2004).

Dolun, L. “Türkiye’de elektrik enerjisi üretimi ve kullanılan kaynaklar”, *Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş., Araştırma Müdürlüğü*, 61-62 (2002).

Garcia-Rodriguez, L. “Renewable energy applications in desalination: state of the art”, *Solar Energy*, 75: 381-393 (2003).

Garcia-Rodriguez, L. “Seawater desalination driven by renewable energies: a review”, *Desalination*, 143: 103-113 (2002).

Garcia-Rodriguez, L. and Gomez-Camacho, C. "Conditions for economical benefits of the use of solar energy in multi-stage flash distillation", *Desalination*, 125: 133-138 (1999).

İnternet: Müller, C., Schwarzer, K., Vieira da Silva, E. and Mertes, C. "Solar Thermal Desalination Systems With Multi-Layer Heat Recovery, Jülich", www.hcsolar.de/desalination_2004_cm.pdf. (2004).

İnternet: Nebbia, G. "Early Work On Solar Distillation In Italy", *University of Bari, Via Nomentana*, www.gses.it/pub/1742-Nebbia.pdf. (2005).

İnternet: Perlin, J. and Gordes, J.N. "An Historical and Prospective Review Of Solar Water Purification", *Bringing Water to the World, ASES*, Riverton, Santa Barbara, <http://home.earthlink.net/~jgordes> (2005).

İnternet: Practical Action, "The Schumacher Centre For Technology & Development", England, http://www.itdg.org/docs/technical_information_service/solar_distillation.pdf. (2001).

Kılıç, A. "Güneş enerjisi ve uygulamaları", *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 1 (5): 15-32 (1993).

Koning J. and Thiesen S. "Aqua solaris - an optimized small scale desalination system with 40 litres output per square meter based upon solar - thermal distillation", *Desalination*, 182: 503-509 (2005).

Mamlook, R., Akash, B.A. and Nijmeh, S. "Fuzzy sets programming to perform evaluation of solar systems in jordan", *Energy Conversion and Management*, 42: 1717-1726 (2001).

Öztürk, Y. "Güneş enerjisiyle tuzlu su damıtılması", Bilim Uzmanlık Tezi, *M.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 74-78 (2004).

Smith, M. and Shaw, R., "Waterlines journal for appropriate technologies for water supply and Sanitation", <http://www.lboro.ac.uk/well/resources/technical-briefs/40-desalination.pdf>. 12 (4): 29-32 (1994).

Tiwari, G.N., Singh, S.K. and Bhatnagar, V.P., "Analytical thermal modelling of multi-basin solar still", *Energy Conver. Mgmt.*, 34 (12): 1261-1266 (1993).

Tripathi, R. and Tiwari, G. N. "Thermal modelling of passive and solar stills for different depths of water by using the concept of solar fraction", *Solar Energy*, 80: 956-967 (2006).

Uyarel, A.Y. ve Özkaymak, M. "Termodinamik Temel Ders Kitabı", *Devlet Kitapları, Milli Eğitim Basımevi*, 48-49 (2003).

EK AÇIKLAMALAR A.

12/09/2011 TARİHLİ ÖLÇÜM DEĞERLERİ

Çizelge EK A.1 12/09/2011 tarihli deney ölçüm değerleri.

Saat	İç			Cam			Güneş Işınımı W/m ²	Ortam Sıcaklığı °C
	Tüp 1	Tüp 2	Tüp 3	Ortam	Su	Yüzey		
	Sıcaklığı °C	Sıcaklığı °C	Sıcaklığı °C	Sıcaklığı °C	Sıcaklığı °C	Sıcaklığı °C		
11:15	22	23	22	24	17	26	763	21
11:30	21	22	23	34	16	26	745	19
11:45	29	29	28	43	27	33	744	24
12:00	34	34	35	46	33	34	764	25
12:15	36	36	36	47	36	35	712	26
12:30	40	40	40	50	39	40	735	27
12:45	46	46	48	51	46	41	748	25
13:00	49	49	50	53	50	51	752	25
13:15	54	54	54	58	54	47	737	28
13:30	58	58	58	61	57	45	720	28
13:45	61	61	62	63	60	51	737	28
14:00	66	66	67	70	66	52	734	31
14:15	68	68	68	71	67	54	725	30
14:30	70	70	70	72	68	54	676	30
14:45	72	72	72	73	69	54	640	29
15:00	74	74	74	75	71	54	590	28
15:15	74	74	74	75	72	62	535	28
15:30	77	77	77	80	75	61	504	30
15:45	79	79	79	82	76	61	446	30
16:00	82	82	83	82	76	59	381	32
16:15	83	83	84	81	80	64	380	34
16:30	83	83	83	82	80	60	342	31
16:45	82	82	82	82	79	58	336	32
17:00	81	81	81	79	78	58	324	30

EK AÇIKLAMALAR B.

13/09/2011 TARİHLİ ÖLÇÜM DEĞERLERİ

Çizelge EK B.1 13/09/2011 tarihli deney ölçüm değerleri.

Saat	Cam							Ortam Sıcaklığı °C
	Tüp 1 Sıcaklığı °C	Tüp 2 Sıcaklığı °C	Tüp 3 Sıcaklığı °C	İç Ortam Sıcaklığı °C	Su Sıcaklığı °C	Yüzey Sıcaklığı °C	Güneş Işınımı W/m ²	
11:15	49	49	50	35	47	43	756	22
11:30	56	56	56	40	49	50	765	22
11:45	56	56	58	54	53	55	768	22
12:00	60	60	60	59	55	57	740	31
12:15	63	63	63	62	59	62	745	32
12:30	65	65	65	64	60	65	750	25
12:45	68	68	70	66	65	67	768	25
13:00	71	71	73	73	68	70	752	29
13:15	74	72	75	75	72	72	709	32
13:30	75	75	76	77	73	75	720	33
13:45	75	75	76	79	76	77	735	36
14:00	79	79	80	81	78	80	750	37
14:15	80	80	81	88	80	81	696	37
14:30	85	85	87	91	86	85	630	36
14:45	91	91	93	93	88	90	508	34
15:00	92	92	92	92	89	87	432	34
15:15	93	93	93	94	90	88	420	34
15:30	93	93	95	92	92	85	372	34
15:45	94	94	95	90	91	86	323	32
16:00	96	96	97	93	90	90	316	32
16:15	97	98	98	91	87	92	276	30
16:30	95	95	96	90	87	91	247	30
16:45	95	93	94	82	86	90	235	32
17:00	93	93	92	80	78	58	324	30

EK AÇIKLAMALAR C.

14/09/2011 TARİHLİ ÖLÇÜM DEĞERLERİ

Çizelge EK C.1 14/09/2011 tarihli deney ölçüm değerleri.

Saat	İç			Cam				
	Tüp 1	Tüp 2	Tüp 3	Ortam	Su	Yüzey	Güneş	Ortam
	Sıcaklığı °C	Sıcaklığı °C	Sıcaklığı °C	Sıcaklığı °C	Sıcaklığı °C	Sıcaklığı °C	Işınımı W/m ²	Sıcaklığı °C
11:15	55	55	56	56	45	56	757	23
11:30	56	56	57	57	54	61	766	25
11:45	60	58	60	60	60	63	754	27
12:00	64	64	63	63	64	67	781	27
12:15	67	67	66	66	67	70	741	27
12:30	70	70	69	69	70	73	767	31
12:45	73	73	72	72	76	74	752	31
13:00	75	75	74	74	76	78	745	32
13:15	78	79	78	78	78	80	662	32
13:30	82	82	80	80	80	83	673	33
13:45	82	82	84	84	83	86	663	34
14:00	86	87	85	85	85	87	611	34
14:15	88	89	87	87	87	89	630	37
14:30	90	90	89	89	89	90	610	35
14:45	92	92	91	91	91	93	529	35
15:00	94	94	92	92	94	95	427	34
15:15	96	96	95	95	96	96	408	39
15:30	98	98	96	96	98	97	386	37
15:45	99	99	97	97	99	98	313	36
16:00	100	100	98	98	96	96	262	35
16:15	98	99	98	97	95	96	260	35
16:30	98	98	100	96	95	95	254	34
16:45	97	98	99	96	94	95	205	34
17:00	97	97	98	95	94	94	236	32

ÖZGEÇMİŞ

11.06.1988 yılında Karabük Eskipazar ilçesinde doğdu. İlk öğrenimini Çankırı Çerkeş ilçesinde orta ve lise öğrenimini Karabük ilinde tamamladı. 2006 yılında Karabük Üniversitesi Makine Eğitimi Bölümü Tesisat Öğretmenliği alanında lisans eğitimine başladı ve 2010 yılında mezun oldu. 2010 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği bölümünde yüksek lisans eğitimine başladı ve eğitime devam etmektedir. 2012 yılında Milli Eğitim Bakanlığı tarafından Şanlıurfa Endüstri Meslek Lisesine öğretmen olarak atanmış ve görevine devam etmektedir.

Adres Bilgileri

Adres : Esentepe mah. Bülbül sok. No:1

Merkez/KARABÜK

Tel : 05424868844

E-mail : sariipek@windowlive.com