

# Güneş enerjili bir damıtıcıda emici yüzey alanının ekserji verimi üzerindeki etkisinin deneysel olarak incelenmesi

Yusuf BİLGİÇ<sup>\*1</sup>, Cengiz YILDIZ<sup>1</sup>,

<sup>1</sup> Fırat Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Elazığ

Makale Gönderme Tarihi: 09.08.2016

Makale Kabul Tarihi: 26.08.2016

## Öz

*Güneş enerjisi kullanılarak yapılan damıtma işleminde; damıtıcıdaki tuzlu su güneşten gelen ısı ile buharlaştırılmaktadır. Damıtıcı içindeki su buharı cam kapakta yoğunlaşarak tuzdan arınması sağlanmaktadır. Güneş enerjili damıtma sistemleri kurulumu kolay ve ilk yatırım maliyetleri düşüktür. Bu nedenle gelişmemiş veya gelişmekte olan bölgelerde kullanıma uygundur.*

*Bu çalışmada aktif, pasif ve geleneksel bir güneş enerjili damıtıcının ekserji verimi analizi yapılmıştır. Çalışmada 1000 mmx1000 mm ölçülerinde iki adet tek eğimli güneş enerjili damıtıcı kullanılmıştır. Damıtıcının cam kapak açısı 35 derecedir. Damıtıcının yan taraflarından ısı kaybını engellemek için 10 cm kalınlığında cam yünü kullanılmıştır. Damıtıcıda emici yüzeyin genişliğini artırmak için top kullanılmıştır. Güneş ışınımından maksimum fayda sağlayabilmek için toplar ve damıtıcının iç yüzeyi mat siyah renge boyanmıştır. Güneş enerjili damıtıcıda 200, 400 ve 600 adet top kullanılmıştır. Topların damıtıcı içinde dairesel hareketini sağlamak için topların alt kısmına 25 W gücünde bir pompa kullanılarak nozül aracılığıyla su püskürtülmüştür.*

*Deneysel sonuçlar grafiklere aktarılmıştır. Geleneksel sistemde ekserji verimi %0.01 ile % 5.35 arasında değişmektedir. Pasif sistemde, 200,400 ve 600 top kullanılması durumunda maksimum anlık ekserji verimleri sırasıyla %4.38 , %3.52 ve %2.74 olduğu gözlemlenmiştir. Aktif sistemde ise 200,400 ve 600 top kullanılması durumunda anlık maksimum ekserji verimi %5.99 , %6.85 ve %7.83 olduğu tespit edilmiştir.*

*Sonuç olarak ortalama günlük ekserji verimi 600 top kullanılan aktif güneş enerjili damıtıcıda % 2.199, pasif sistemde ise %0.758 olduğu tespit edilmiştir. Pasif sistemin ekserji veriminin geleneksel sisteme göre daha düşük olduğu, aktif sistemin ekserji veriminin ise geleneksel sisteme göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.*

**Anahtar Kelimeler:** Güneş enerjisi; Güneş enerjili damıtıcı; Ekserji.

\*Yazışmaların yapılacağı yazar: Yusuf BİLGİÇ. yusufbilgic@gmail.com; Tel: (424) 237 00 00 (5310)

## Giriş

Dünya nüfusundaki artış ve tatlı su kaynaklarının azalmasından dolayı içilebilir su ihtiyacı sürekli artmaktadır. Bu ihtiyacı karşılamak için kullanılan yöntemlerden birisi tuzlu deniz suyundan veya atık ve kirli sulardan kullanılabilir tatlı su elde etmektir. Bu işlemde enerji kaynağı olarak, güneş enerjisi kullanılabilir. Güneş enerjili damıtma sistemleri ucuz ve kolay kurulan sistemlerdir. Güneş enerjisi kullanılarak yapılan damıtma işleminde; damıtıcıdaki tuzlu su güneşten gelen ısı ile buharlaştırılmaktadır. Damıtıcı içindeki su buharı cam kapakta yoğunlaşarak tuzdan arınması sağlanmaktadır.

Termodinamik sistemler, sadece I. Kanuna göre değerlendirilmemelidir. Aynı zamanda ekserji, entropi ve tersinmezlik kavramlarını içeren II. Kanuna göre de incelenmesi gerekmektedir.

Sethi ve Dwivedi (2013), çift havuzlu aktif bir damıtıcının ekserji analizini deneysel olarak yapmışlardır. Yaptıkları çalışmada yaz aylarında üretilen su miktarının en üst seviyeye çıktığını, kış aylarında ise en alt seviyeye indiğini gözlemlemişlerdir. Güneş enerjili damıtıcıdaki su seviyesi ile verim arasında ters orantı olduğunu tespit etmişlerdir. Ekserji veriminin %0.26 ile %1.34 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir.

Dwivedi ve Tiwari (2008), tek ve çift eğimli pasif bir güneş enerjili damıtıcının enerji ve ekserji analizini yapmışlardır. Ekserji verimi tek eğimli güneş enerjili damıtıcıda %0.22 ile %1.35 arasında değiştiğini, çift eğimli güneş enerjili damıtıcıda ise %0.31 ile %1.34 arasında değiştiğini gözlemlemişlerdir. Amortisman süresini deneysel olarak tek eğimlide 1.91 yıl çift eğimlide ise 1.85 yıl olduğunu belirlemişlerdir.

Methre ve Eswaramoorthy (2015),  $Al_2O_3$  nano materyal ihtiva eden faz değiştiren malzeme

(parafin wax) kullandıkları bir güneş enerjili damıtıcının ekserji analizini yapmışlardır. Kullanılan nano malzeme miktarlarının ekserji verimi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Maksimum ekserji veriminin %9.48, günlük ortalama ekserji veriminin ise %4.93 olduğunu tespit etmişlerdir.

Vaithilingram ve Esakkimuthu (2015), tek eğimli pasif bir güneş enerjili damıtıcının ekserji ve enerji analizini yapmışlardır. Su seviyesinin 1 cm ile 2.5 cm arasındaki durum için incelemişlerdir. Su seviyesinin artması ile enerji, ekserji verimlerinin azaldığını tespit etmişlerdir. Ekserji verimini, su derinliği 1 cm olduğunda %3.48, su derinliği 2.5 cm olduğunda ise %1.81 olduğunu gözlemlemişlerdir. Enerji verimi ise su derinliği 1 cm olduğunda % 30.97, su derinliği 2.5 cm olduğunda ise %19.21 olduğunu gözlemlemişlerdir.

Tiwari ve Chel (2009), aktif ve pasif bir damıtıcıda enerji ve ekserji verimine etki eden parametreleri teorik olarak incelemişlerdir. Su derinliğinin, cam kapağın kalınlığının, yalıtımın kalınlığının, rüzgâr hızının ve kollektör sayısının günlük üretim üzerindeki etkisi incelemişlerdir.

Rahimi ve Gheinani (2013) , güneş enerjili bir damıtma sisteminin teorik ve deneysel olarak enerji ve ekserji analizini yapmışlardır. Deneysel düzenekleri iki temel kısımdan oluşmaktadır. Bunlardan birisi akışkan havanın ısıtıldığı güneş enerjili kollektör, diğeri ise nemlendirme kulesidir.

Rai ve Sachan (2015), faz değiştiren materyalli tüp tipi güneş enerjili damıtıcının enerji ve ekserji verimlerini deneysel olarak incelemişlerdir. Günlük enerji verimini %21.87 ve ekserji verimini ise %0.857 olduğunu tespit etmişlerdir. Anlık ekserji veriminin ise %0.05 ile %6.59 arasında değiştiğini gözlemlemişlerdir.

Kaushik v.d (2013), tek etkili pasif bir güneş enerjili damıtıcının optimum ekserji verimini incelemişlerdir. Sabit çevre sıcaklığında, su sıcaklığının artması ile ekserji veriminin arttığını tespit etmişlerdir. Çevre sıcaklığı 0 °C ve su sıcaklığı 90 °C olması durumunda maksimum enerji veriminin %21.11 olduğunu gözlemlemişlerdir. Günlük enerji veriminin %20.7 ve ekserji veriminin ise %1.31 olduğunu tespit etmişlerdir.

Kumar ve Tiwari (2011), derin olmayan havuzlu pasif tip bir güneş enerjili damıtıcıda iklim şartlarının, cam açısının, rüzgâr hızının ve emiciliğin, verim üzerindeki etkisini teorik olarak incelemişlerdir. Ekserji veriminin, 2 m/s'lik rüzgâr hızına kadar hızlı bir şekilde arttığını tespit etmişlerdir. Cam açısının 15 dereceden 45 dereceye artması ile verimin azaldığını tespit etmişlerdir.

Torchia-Nunez v.d. (2008), pasif bir güneş enerjili damıtıcının ekserji analizini yapmışlardır. Güneş ışınımının ekserji verimi ve tersinmezlik oranı üzerinde önemli bir etkisi olduğunu belirlemişlerdir. İzolasyon kalınlığının da verim üzerinde etkili bir parametre olduğunu tespit etmişlerdir.

Singh v.d. (2011), farklı pasif tiplerde güneş enerjili damıtıcılarda ekserji verimini analiz etmişlerdir. 4 farklı tip damıtıcının analizini yapmışlardır. Bu damıtıcılar tek ve çift eğimli damıtıcılardır. Tek eğimli damıtıcılar güneşe doğru eğilidir. Çift eğimli damıtıcılar ise doğu-batı yönüne doğru eğilimlerdir.

Ranjan ve Kaushik (2014), güneş havuzuyla birleştirilmiş aktif bir güneş enerjili damıtıcının ekserji analizini yapmışlardır. Ekserji verimi günlük (24 saatlik) %2.71 ile %18.06 arasında değişmektedir. Enerji verimi ise %38.63 ile %52.93 arasında değiştiğini gözlemlemişlerdir.

Bilgiç ve Yıldız (2015), genişletilmiş yüzeyli bir güneş enerjili damıtıcıda enerji verimini ve

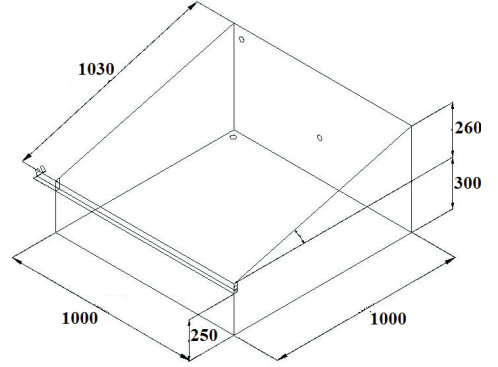
günlük üretim miktarlarını deneysel olarak incelemişlerdir.

Bu çalışmada ise genişletilmiş yüzeyli bir damıtıcıda ekserji veriminin analizi deneysel olarak yapılmıştır.

## Deneysel Çalışma

Enerji verimi, ısı transferi ve günlük üretilen su miktarının deneylerinin yapıldığı deney düzeneği, yazarların diğer çalışmasında detaylı olarak verilmiştir (Bilgiç ve Yıldız, 2015).

Deneysel çalışmada kullanılan tek eğimli güneş enerjili damıtıcı Şekil 1'de gösterilmiştir. Güneş enerjili damıtıcıya ait tasarım parametreleri Tablo-1'de verilmiştir.



Şekil 1. Güneş enerjili damıtıcı (Bilgiç ve Yıldız, 2015)

Tablo 1. Deneysel çalışmada kullanılan güneş enerjili damıtıcıya ait ölçüler

Taban uzunluğu (mm)	1000
Taban genişliği (mm)	1000
Alt yükseklik (mm)	250
Üst yükseklik (mm)	560
Cam kapak açısı (Derece)	35
Cam kapak kalınlığı (mm)	4
İzolasyon kalınlığı (mm)	10

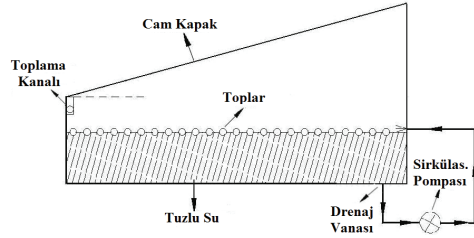
Güneş enerjili damıtıcılar 1000 mmx1000 mm ölçülerindedir. Cam kapak açısı 35 derecedir.

Damıtıcının kasası galvanizli sacdan imal edilmiştir. Isı kaybını engellemek için 10 cm kalınlığında cam yünü kullanılmıştır. Deneylerde emici yüzeyi genişletmek için 40 mm çapında top kullanılmıştır. Geleneksel (konvansiyonel) sistemde top kullanılmamıştır (n=0). Aktif ve pasif olarak çalışan sistemlerde ise her bir deneyde top sayıları 200'er artırılarak deneyler yapılmıştır (n=200, n=400 ve n=600). Güneş ışınımının emiliminin maksimum olması için toplar ve damıtıcının içi siyaha boyanmıştır. Topların hareketini sağlamak için ise bir nozül kullanılmıştır. Topların dairesel hareket etmeleri için alt kısmına su püskürtülmüştür. Sistemde 25 W gücünde bir su pompası kullanılmıştır.

Yapılan deneylerde 2 adet damıtıcı kullanılmıştır. Damıtıcılardan birisi içerisinde top kullanılmayan geleneksel tip damıtıcıdır. Diğer damıtıcıda ise toplar kullanılarak yüzeyin genişletilmesi sağlanmıştır. Aynı zamanda bu damıtıcıda topların hareketini sağlamak için su pompası kullanılmıştır. Aktif sistem, su pompasının çalıştırılarak topların hareket ettiği

sistemdir. Pasif sistem ise pompanın çalışmadığı ve topların hareket ettirilmediği sistemdir.

Sistemin çalışma prensibi Şekil 2'de gösterilmiştir. Deney düzeneği güneye doğru konumlandırılmıştır (Bilgiç ve Yıldız, 2015).



Şekil 2. Düzeneğin çalışma prensibi (Bilgiç ve Yıldız, 2015)

Deneyisel çalışmada yarım saatte bir ışınım, sıcaklık ve rüzgâr hızı ölçümü yapılmıştır. Kullanılan ölçü aletlerinin özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Deneyisel çalışmada kullanılan ölçüm aletleri

Parametre	Ölçüm Aleti	Model	Hassasiyet	Hata
Güneş Işınımı	Solarmetre	Kipp&Zonen CC12	5-20 $\mu\text{V}/\text{W}/\text{m}^2$	<20 $\text{W}/\text{m}^2$
Sıcaklık	Dijital Termometre	Elimko E-680	0,01 $^\circ\text{C}$	$\pm 0,1$ $^\circ\text{C}$
Rüzgâr Hızı	Anemometre	Lutron AM-4201	0,01 m/s	$\pm\%3$

## Matematiksel Analiz

Güneş enerjili bir damıtma sisteminde ekserji verimi, çıkan ekserjinin giren ekserjiye olan oranıdır. Damıtıcıdan çıkan ekserji, buharlaşma ekserjisidir. Giren ekserji ise güneşin ve sirkülasyon pompasının ekserjilerinin toplamıdır (Kumar ve Tiwari,2011). Buna göre ekserji verimi aşağıdaki denklemle ifade edilebilir.

$$\eta_{ex} = \frac{\text{Damıtıcıdan çıkan ekserji}}{\text{Damıtıcıya giren ekserji}} \quad (1)$$

$$\eta_{ex} = \frac{\dot{E}x_{çıkış}}{\dot{E}x_{girs}} = \frac{\dot{E}x_{buharlaşma}}{\dot{E}x_{güneş} + \dot{E}x_{pompa}}$$

Güneş ışınımının ekserjisi aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$\dot{E}x_{Grs} = AI \left[ 1 - \frac{4}{3} \left( \frac{T_f}{T_s} \right) + \frac{1}{3} \left( \frac{T_f}{T_s} \right)^4 \right] \quad (2)$$

Burada A: yüzey alanı (m<sup>2</sup>), I: güneş ışınımı (W/m<sup>2</sup>), T<sub>ç</sub>: çevre sıcaklığı (K) ve T<sub>s</sub>: güneşin sıcaklığıdır. Güneş sıcaklığı 6000 K olarak alınmıştır.

Güneş enerjili damıtıcıya giren ekserji güneş ışınımının ekserjisi ve pompanın ekserjisinin toplamıdır.

$$\dot{E}x_{gr\ddot{g}} = AI \left[ 1 - \frac{4}{3} \left( \frac{T_{\ddot{c}}}{T_s} \right) + \frac{1}{3} \left( \frac{T_{\ddot{c}}}{T_s} \right)^4 \right] + \dot{E}x_{Pmp} \quad (3)$$

Burada Ex<sub>pmp</sub>=25 W 'dır. Topların hareket ettirilmesi için gerekli suyu pompalamakta kullanılan pompanın gücüdür. Su pompası 90 saniye durmakta 10 saniye çalışmaktadır. 1 saatte yaklaşık olarak 6 dakika çalışmaktadır.

Güneş enerjili damıtıcıdan çıkan ekserji buharlaşmayla olan ekserji akışıdır.

$$\dot{E}x_{buharlaşma} = h_{bs} A (T_{su} - T_{ck}) \left( 1 - \frac{T_{\ddot{c}}}{T_{su}} \right) \quad (4)$$

Burada h<sub>bs</sub>, cam ve su yüzeyi arasındaki buharlaşma ısı transfer katsayısıdır. T<sub>su</sub> su sıcaklığı, T<sub>ck</sub> ise cam kapağının sıcaklığıdır.

(3) ve (4) nolu denklemler (1) nolu denklemede yerine yazıldığında ekserji verimi

$$\eta_{ex} = \frac{h_{bs} A (T_{su} - T_{ck}) \left( 1 - \frac{T_{\ddot{c}}}{T_{su}} \right)}{AI \left( t \left[ 1 - \frac{4}{3} \left( \frac{T_{\ddot{c}}}{T_s} \right) + \frac{1}{3} \left( \frac{T_{\ddot{c}}}{T_s} \right)^4 \right] + \dot{E}x_{Pmp}} \quad (5)$$

olarak elde edilir.

Konveksiyonla olan ekserji akışı (Ex<sub>ksu</sub>) ve radyasyonla olan ekserji akışı (Ex<sub>rsu</sub>) aşağıdaki şekilde yazılır.

$$\dot{E}x_{ksu} = h_{ksu} A (T_{su} - T_{ck}) \left( 1 - \frac{T_{\ddot{c}}}{T_{su}} \right) \quad (6)$$

$$\dot{E}x_{rsu} = h_{rsu} A (T_{su} - T_{ck}) \left( 1 - \left( \frac{4}{3} \frac{T_{\ddot{c}}}{T_{su}} \right) + \frac{1}{3} \left( \frac{T_{\ddot{c}}}{T_{su}} \right)^4 \right) \quad (7)$$

Toplam ekserji transferi (4),(6) ve (7) nolu denklemlerin toplanması ile elde edilir.

$$\dot{E}x_{top} = h_{1su} A (T_{su} - T_{ck}) \left( 1 - \frac{T_{\ddot{c}}}{T_{su}} \right) \quad (8)$$

Bu durumda buharlaşma, taşınım ve ışınım fraksiyon oranları elde edilebilir (Kumar ve Tiwari,2011).

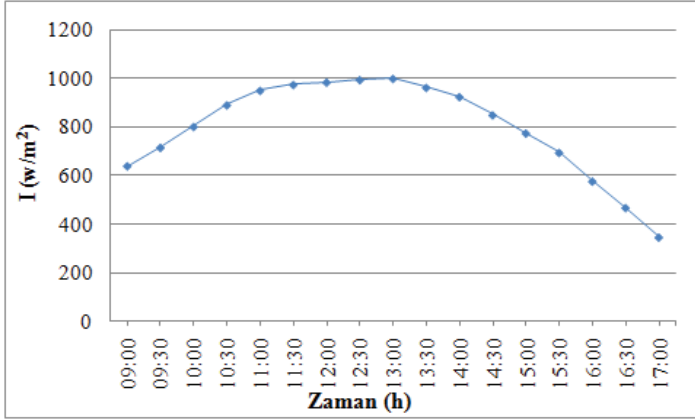
$$F_{bx} = \frac{\dot{E}x_{bsu}}{\dot{E}x_{top}}, F_{kx} = \frac{\dot{E}x_{ksu}}{\dot{E}x_{top}}, F_{rx} = \frac{\dot{E}x_{rsu}}{\dot{E}x_{top}} \quad (9)$$

Böylece elde edilen deneysel veriler ile Denklem (5) ekserji verimini, Denklem (9) ise fraksiyonel ekserjileri hesaplamak için kullanılmıştır.

## Sonuçlar ve tartışma

Bu çalışmada güneş enerjili bir damıtıcının emici yüzeyinin ekserji verimi üzerindeki etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Deneyler Temmuz 2007 tarihinde Fırat Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünde yapılmıştır. Deneyler sabah 09:00 ile 17:00 saatleri arasında yapılmıştır.

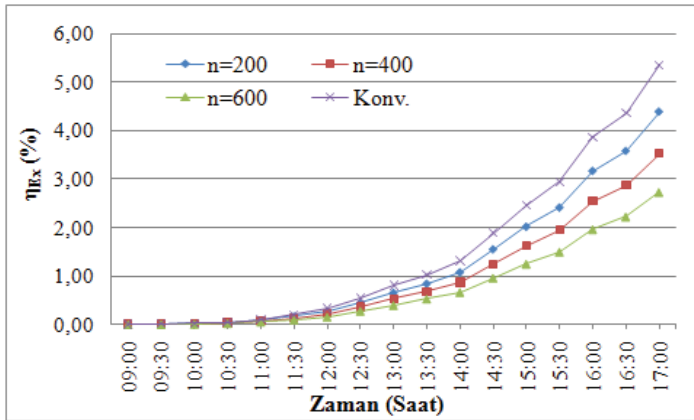
Deneylerin yapıldığı günlere ait ortalama ışınım miktarları Şekil 4'de gösterilmiştir. Işınım değerleri ortalama gün içindeki ilk ölçüm olan sabah 09:00'da 640 W/m<sup>2</sup>, gün içinde maksimum 1010 W/m<sup>2</sup> ve gün içindeki son ölçüm olan akşam 17:00'da ise 346 W/m<sup>2</sup>'dir.



Şekil 4. Anlık güneş ışınımı değişimi

Denklem (5) kullanılarak sistemin anlık ekserji verimleri hesaplanmıştır. Şekil 5'de pasif sistemin anlık ekserji veriminin zamanla değişimi gösterilmiştir. Geleneksel sistemde (n=0) ekserji verimi %0.01 ile % 5.35 arasında değişmektedir. 200 top kullanılması durumunda ekserji verimi % 0.01 ile %4.38, 400 top kullanılan sistemde %0.01 ile %3.52 ve 600 top kullanılması durumunda ise %0.01 ile %2.74 arasında değişmektedir. Pasif sistemde top sayısının artması ile birlikte ekserji verimi düşmektedir. Bunun nedeni topların su

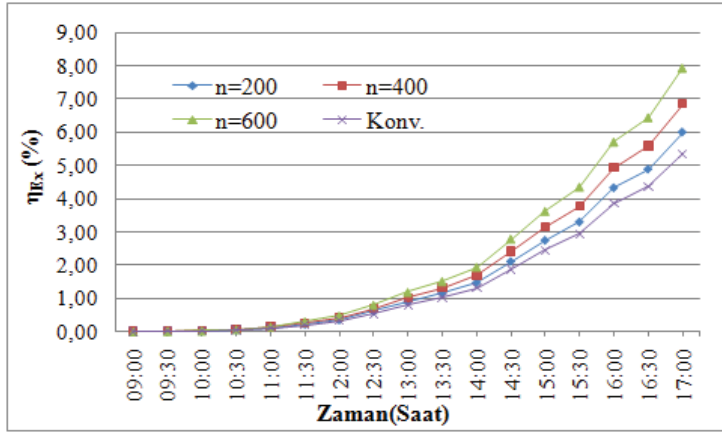
yüzeyindeki buharlaşmayı engellemesidir. Ayrıca topların hareket etmemesinden dolayı topların üst kısmından damıtıcı içerisindeki buhara ısı transferi gerçekleşmektedir. Bu transferden dolayı buhar sıcaklığı artmaktadır. Buhar sıcaklığının artmasından dolayı da cam sıcaklığı artmaktadır. Bu sıcaklık artışından dolayı  $T_{su}-T_{ck}$  arasındaki sıcaklık farkının düşmektedir. Bu sıcaklık farkının düşmesi de ekserji verimini düşürmektedir.



Şekil 5. Pasif güneş enerjili damıtıcıda anlık ekserji verimi

Şekil 6'da aktif sistemin anlık ekserji veriminin zamanla değişimi gösterilmiştir. Geleneksel sistemde (n=0) ekserji verimi % 0.01 ile % 5.32 arasında değişmektedir. 200 top kullanılması durumunda ekserji verimi % 0.01 ile %5.99, 400 top kullanılan sistemde %0.01 ile %6.85 ve 600 top kullanılması durumunda ise %0,01 ile %7.83 arasında değişmektedir. Aktif sistemde top sayısının artmasıyla ekserji verimi artmaktadır. Ekserji veriminin artmasındaki

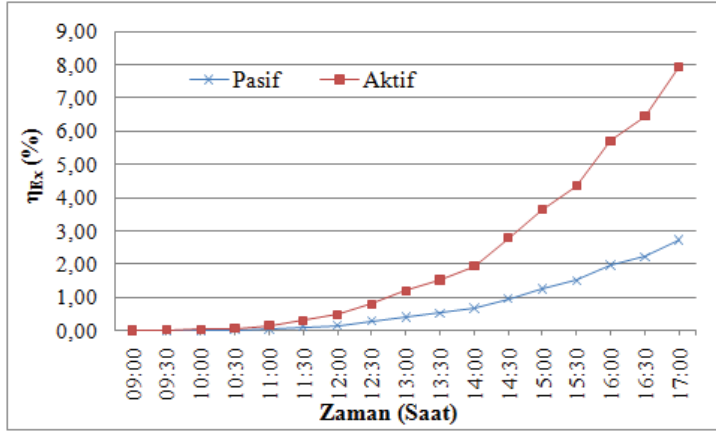
temel neden topların hareket etmesi ile birlikte top yüzeyindeki ısının damıtıcıdaki suya aktarılmasıdır. Aynı zamanda topların hareketi buhar sıcaklığının yükselmesine neden olmamaktadır. Buna bağlı olarak da cam sıcaklığında anormal bir yükselme olmamaktadır. Bu durum  $T_{su}-T_{ck}$  arasındaki sıcaklık farkının artmasına neden olmaktadır. Buna bağlı olarak da ekserji verimi yükselmektedir.



Şekil 6. Aktif güneş enerjili damıtıcıda anlık ekserji verimi

Şekil 7'de n=600 top için aktif ve pasif sistemin ekserji verimleri karşılaştırılmıştır. Yapılan deneysel çalışmada maksimum ekserji farkları 600 top kullanıldığı durumda görülmektedir. Bunun nedeni su yüzeyinin yaklaşık % 75.3'ün toplarla kaplanmış olmasındandır. Toplar pasif sistemde buharlaşmayı engellemektedir. Aynı zamanda su buharının sıcaklığını artırmaktadır. Topların hareket ettirildiği aktif sistemde ise

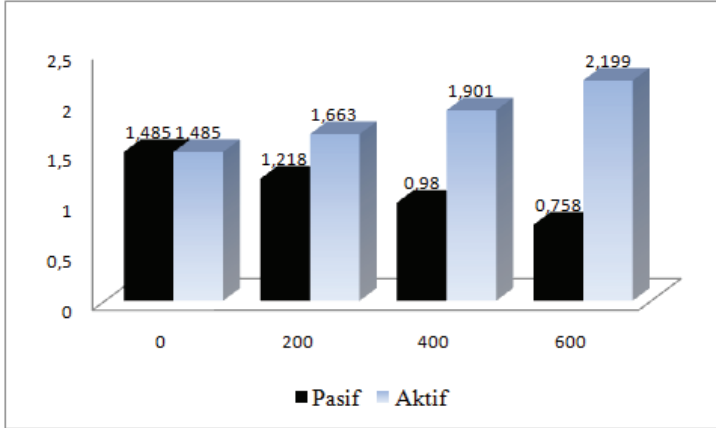
buharlaşma hızını artırmaktadır. Fakat buhar sıcaklığını artırmadığından cam sıcaklığı üzerinde de olumsuz bir etki göstermemektedir. Şekilde de açıkça görüleceği üzere topların hareket etmesinin ekserji verimi üzerinde önemli bir etkisi vardır.



Şekil 7. n=600 top için aktif ve pasif ekserji verimleri

Şekil 8’de günlük ortalama ekserji verimlerinin değişimleri gösterilmiştir. Ekserji verimleri pasif sistemde top sayısının artması ile düşmekte; aktif sistemde ise top sayısı ile orantılı olarak artmaktadır. Ekserji verimi Pasif

sistemde, geleneksel sisteme göre bir düşüş gözlemlenmektedir. Aktif sistemde ise geleneksel sisteme göre bir artış gözlemlenmektedir.

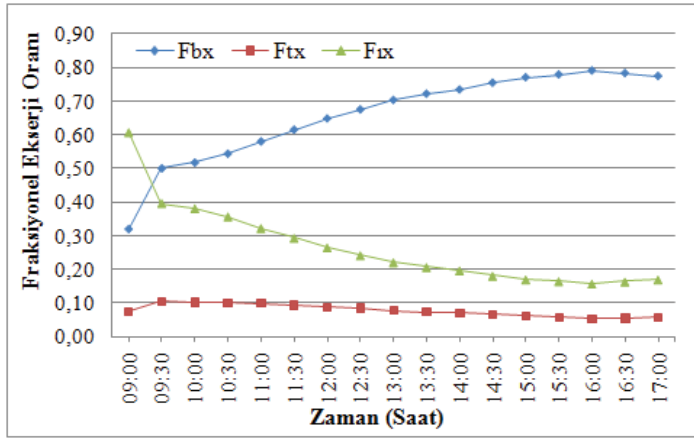


Şekil 8. Günlük ortalama ekserji verimi



Denklem (9) kullanılarak fraksiyonel ekserji oranları hesaplanmıştır. Şekil 9’da anlık fraksiyonel ekserji oranlarının zamanla değişimi verilmiştir. Her iki sistem için anlık su sıcaklığı zamanla artmıştır. Buna bağlı olarak da buharlaşma ekserji fraksiyonu ( $F_{bx}$ ) ve verimi de zamanla artmaktadır. Buharlaşma ekserji fraksiyonu ( $F_{bx}$ ) 0.32 ile 0.77 arasında değişmektedir. Taşınım ekserji fraksiyonu ( $F_{tx}$ )

ise 0.07 ile 0.1 arasında değişmektedir. Yine aynı şekilde ışımsal fraksiyon oranı ise 0.61 ile 0.16 arasında değişmektedir. Işımsal fraksiyonel ekserji oranı ( $F_{ix}$ ) su sıcaklığının artması ile birlikte azalmaktadır. Şekilde de açıkça görüleceği üzere güneş enerjili damıtıcılarda ışımsal ve buharlaşma ekserji fraksiyonu oranları taşınım ekserji fraksiyonu oranına göre daha baskındır.



Şekil 9. Fraksiyonel ekserji oranı

## Sonuç

Bu çalışmada aktif ve pasif güneş enerjili damıtıcıların ekserji verimi deneysel olarak incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar geleneksel sistem ile karşılaştırılması yapılmıştır.

Pasif sistemin ekserji veriminin top sayısının artması ile birlikte düştüğü gözlemlenmiştir. Aktif sistem de ise top sayısı ile birlikte ekserji veriminin arttığı gözlemlenmiştir. Anlık ekserji veriminin maksimum değerinin (n=600) 600 top kullanılan aktif sistemde % 7.93 olduğu tespit edilmiştir. Maksimum ortalama günlük ekserji verimi ise %2.199 olduğu tespit edilmiştir. Minimum ortalama günlük ekserji verimi ise 600 top kullanılan (n=600) pasif sistemde %0.758 olduğu gözlemlenmiştir. Fraksiyonel

ekserji oranları incelendiğinde buharlaşma ve ışımsal ekserji oranlarının daha baskın olduğu gözlemlenmiştir.

Pasif tip sistemler sudaki buharlaşmanın azaltılması için kullanılabilir bir sistemdir. Ancak topların hareket etmesi durumunda (aktif sistemlerde) ekserji verimi artmaktadır. Aynı zamanda enerji verimi ve üretilen su miktarının da arttığı bilinmektedir (Bilgiç ve Yıldız, 2015). Eğer buharlaşmanın azaltılması amacıyla kullanılacaksa topların hareket etmesi engellenmelidir.

## Teşekkür

Bu çalışma, Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projeler Birimi tarafından (FÜBAP) FÜBAP-1319 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

## Kaynaklar

- Bilgiç, Y., Yıldız,C.(2015). “The Effect of Extended Surfaces on the Heat and Mass Transfer in the Solar Distillation Systems”, *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 22-3, DOI: 10.14445/22315381/IJETT-V22P228.
- Dwivedi, V.K., Tiwari, G.N. (2008). “Annual energy and exergy analysis of single and double slope passive solar stills”, *Trends Appl Sci Res*, 3, 225-241.
- Kaushik, S.C., Ranjan, K.R., Panwar,N. L. (2013). “Optimum exergy efficiency of single-effect ideal passive solar stills”, *Energy Efficiency*, 6.3, 595-606.
- Kumar, S., Tiwari, G.N.(2011). “Analytical expression for instantaneous exergy efficiency of a shallow basin passive solar stil” *International Journal of Thermal Sciences*, 50.12, 2543-2549.
- Methre, V.K., Eswaramoorthy,M.(2015). “Exergy analysis of the solar still integrated nano composite phase change materials”, *Applied Solar Energy*, 51.2, 99-106.
- Rahimi, N.F.A., Gheinani, T.T.(2013). “Experimental and theoretical energy and exergy analysis for a solar desalination system”, *Desalination*, 317, 23-31.
- Rai.,A. K., Sachan, V.(2015). “Experimental Study Of A Tubular Solar Still With Phase Change Material”, *International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET)*, 6-1, 42-46.
- Ranjan, K. R., Kaushik,S. C., (2014). “Exergy analysis of the active solar distillation systems integrated with solar ponds”, *Clean Technologies and Environmental Policy*, 16.5, 791-805.
- Sethi, A.K., Dwivedi, V.K. (2013). “Exergy analysis of double slope active solar still under forced circulation mode”, *Desalination and Water Treatment*, 51:40-42, 7394-7400, DOI: 10.1080/19443994.2013.777945
- Singh, R. V., et al.(2011) “Comparative energy and exergy analysis of various passive solar distillation systems”, *World renewable energy congress*.
- Tiwari, G. N., Dimri, V.,Chel, A., (2009). “Parametric study of an active and passive solar distillation system: Energy and exergy analysis”, *Desalination*, 242.1, 1-18.
- Torchia-Nunez, J. C.,Porta-Gandara, M. A., Cervantes-de Gortari, J. G., (2008) . “Exergy analysis of a passive solar stil” *Renewable Energy*, 33.4, 608-616.
- Vaithilingam, S., Esakkimuthu, G.S., (2015). “Energy and exergy analysis of single slope passive solar still: an experimental investigation”, *Desalination and Water Treatment*, 55.6, 1433-1444.

## **An experimental investigation of effects of the absorber surface of a solar still on the exergy efficiency**

### **Extended Abstract**

The demand of fresh water goes up continuously with the increasing global population and diminishing supply of fresh water. One of the methods to fulfil the need is to obtain fresh water from salty water. Solar energy can be utilized as an energy source in this process. Solar still systems are cheaper and easy to assemble. In the process of distillation with solar still; salty water in solar still get evaporated using the heat from the sun then allowed to condense (in a glass plate) that provides decontamination of salt.

In the present study, the exergy efficiency of a solar still having an enlarged surface was experimentally analysed.

Solar stills are in the dimension of 1000mmx1000mm having a glass plate angle of 35°. They are manufactured from galvanized plates. In order to prevent heat loss, glass wool 10mm in thickness was used. Experimental setup was oriented to the south direction.

In order to enlarge absorber surface in the experiments, balls are used. Both the balls and interior surface of the solar still are dyed in black to absorb solar radiation. A nozzle is implemented that provides motion of the balls. Water spray is placed at the bottom section in order to provide rotational motion of the balls. A water pump of 25W is used in the setup.

The experiments were conducted in July 2007 at the department of mechanical engineering in Firat University. The experiments were carried out between the hours 09:00 am and 05:00 pm. Wind speed, solar radiation, water production and temperatures are recorded in the experiments with a time span of 30 minutes.

Radiation values are 640 W/m<sup>2</sup>, 1010 W/m<sup>2</sup> and 346 W/m<sup>2</sup> at 09:00 am, the time of maximum readout in a day and 17:00 pm, respectively.

Instantaneous exergy efficiency in a conventional system (n=0) changes between 0.01% and 5.35%. Exergy efficiencies vary between 0.01% and 4.38% for 200 balls, 0.01% and 3.52% for 400 balls and 0.01% and 2.74% for 600 balls, respectively. Exergy efficiency decreases with increasing number of balls in a passive system.

Exergy efficiency in a conventional system (n=0) changes between 0.01% and 5.32%. Exergy efficiencies vary between 0.01% and 5.99% for 200 balls, 0.01% and 6.85% for 400 balls and 0.01% and %7.83 for 600 balls, respectively. In an active system, increasing the number of ball also raises the exergy efficiency.

Instantaneous water temperature increases over the time for both system. Correspondingly, evaporative exergy fraction and efficiency go up in progress of time which are in the range of 0.32 and 0.77. Convective fraction exergy is between 0.07 and 0.1 in case. Likewise, radiative fraction ratio is from 0.61 to 0.16.

Exergy efficiency of the passive system was observed to be decreased with increasing ball number. In contrary, number of ball was observed to be increased exergy efficiency of the active system. In general, very low exergy efficiencies were observed in the solar stills. Maximum instantaneous exergy efficiency was identified 7.93% for the active system with a ball number of 600 (n=600). Besides, maximum average daily exergy efficiency specified to be 2.199%. Minimum instantaneous exergy efficiency is 0.758% corresponding the ball number of 600 in the passive system.

A passive system can be implemented in order to reduce amount of evaporation from the water. However, in the case of rotational motion of the balls in an active system, the exergy efficiency gets increased. Similarly, it is also known to be enhanced exergy efficiency and amount of produced water. If it is introduced for the purpose of reducing evaporation, the motion of the ball should be prevented (Bilgiç, 2015).

**Keywords:** Solar energy, Solar still, Exergy.