

# Aile Tipi Bir Güneş Enerjisi Destekli Isı Pompalı Su Isıtıcısı Sisteminin Tasarımı

Ahmet Tevfik YAŞAR  
Bülent ORHAN  
Prof. Dr. Ali GÜNGÖR

## ÖZET

Sıcak su üretmek için güneş enerjisi kullanımı evsel ve ticari uygulamalarda oldukça yaygınlaşmış ve ülkemizin çoğu bölgesinde kullanımının oldukça uygun olduğu gerek yapılan araştırmalar, gerekse ticari uygulamaların sonucu ortaya konulmuştur. Geleneksel güneş enerjisi sistemlerinde güneş enerjisi suya doğrudan verilmektedir. Güneş enerjisini su ısıtılmasında doğrudan kullanmak yerine, güneşi ısı kaynağı olarak ısı pompalarında kullanarak verimli sistemler elde edilmesi fikri araştırılmış ve geliştirilmiştir. Isı pompalarının su ısıtmak amacı ile güneş enerjisiyle birlikte kullanıldığı sistemlere güneş destekli ısı pompalı su ısıtıcıları (Solar assisted heat pump water heater (SAHP)) adı verilmiştir. Bu çalışmada, düşük enerji tüketimi ile sıcak su üretimi yapabilen güneş enerjisi destekli ısı pompalı su ısıtıcısı sisteminin tasarımının yapılması ve ilk örnek oluşturulması amaçlanmıştır. Tasarım için daha önce yapılan çalışmalar ve buhar sıkıştırma çevrim prensipleri incelenerek, güneş destekli ısı pompalarının teorik analizi yapılmıştır. Sistem tasarımında güneş kolektör buharlaştırıcı paneli ve diğer ısı pompası parçaları ayrı ayrı tasarlanmıştır. Tasarımın ilk örneği oluşturmuş ve çeşitli koşullarda deneyler gerçekleştirilmiştir. Böylece, farklı koşullar altında ilk örnek incelenerek, sistemin uygunluğu ve verimliliği araştırılmıştır. Yapılan gerekli deneyler ve analizler sonucu elde edilen veriler, tasarlanan sistemin amaçlanan hedef için uygun ve oldukça verimli olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Güneş Enerjisi, Işınım, Isı pompası, Sıcak Su Üretimi

## 1. GİRİŞ

Enerji kaynaklarının tükenmesi, fosil yakıtlarının çevreyi kirletmesi ve elektrik fiyatlarındaki artış nedeniyle, ilgili araştırmalar dünyanın çevre yapısına zararı olmayan yeni enerji kaynaklarının kullanılmasına üzerine yoğunlaşmıştır. Güneş, diğer alternatif enerji kaynağı seçeneklerinden bir adım öne çıkmaktadır. Bunun nedeni güneş yapısı itibarıyla sınırsız, kullanımı ile çevreye zarar vermeyen bir enerji kaynağı olmasıdır. Günümüz modern yaşamının önemli ihtiyaçlarından olan sıcak su tüketiminin doğal sonucu olarak ortaya çıkan sıcak su üretmek için kullanılan enerjinin maliyeti, evsel ve ticari uygulamalarda azımsanmayan bir yer tutmaktadır.

Son yıllarda sıcak su üretmek için güneş enerjisi kullanımı evsel ve

## Abstract:

The use of solar energy to produce hot water for domestic and commercial applications are quite common, and most regions of our country has been put in good place as a result of research and commercial applications. In traditional solar power systems, solar power is given directly to the water. Instead of using solar energy directly for water heating, heat pumps using solar energy as a heat source to obtain a productive system researched and developed the idea. Systems using heat pumps and solar energy for water heating was given the name solar-assisted heat pump water heaters (SAHP). In this study, solar assisted heat pump water design in order to produce hot water with low energy consumption and prototype construction is intended to establish. And to design, the studies previously reviewed by the principles of steam compression cycle, the theoretical analysis is made of solar-assisted heat pumps. System design of solar collector panels and other heat pump evaporator is designed as discrete parts. Designed and created the prototype of experiments were carried out in various conditions. Thus, under different conditions were examined prototype, the system's suitability and efficiency were investigated. As a result of experiments and analysis required configuration data obtained from the designed system is very efficient and is suitable for the intended target is.

## Key Words:

Solar Energy, Heat Pump, Hot Water Production

## Makale

ticari uygulamalarda oldukça yaygınlaşmış ve ülkenin çoğu bölgesinde kullanımının oldukça uygun olduğu gerek yapılan araştırmalar, gerekse ticari uygulamaların sonucunda ortaya konulmuştur. Bununla birlikte, güneş enerjisinin direkt olarak su ısıtılmasında kullanılması yerine, ısı pompaları kullanılarak verimli sistemler elde edilmesi fikri bazı araştırmacılar tarafından araştırılmış ve geliştirilmiştir. Isı pompalarının su ısıtmak amacı ile güneş enerjisiyle birlikte kullanıldığı sistemlere güneş destekli ısı pompalı su ısıtıcıları (Solar assisted heat pump water heater (SAHP)) adı verilmiştir.

Güneş kolektörünün kullanılması ile ısı pompasının kullanılması gereken güç, hava kaynaklı ısı pompası sistemlerine göre azalır. Diğer bir açıdan bakıldığında, güneş destekli ısı pompalı su ısıtıcıları hava kaynaklı ısı pompalı su ısıtıcılarının performansını arttırmak amacı ile geliştirilmiş tasarımlar olduğu düşünülebilir. Hava kaynaklı ısı pompalı su ısıtıcıları buharlaştırıcı ile ortam havasından ısı çeker ve bunu suya aktarır. Ancak, ortam havası sıcaklığının çok düşük olduğu durumlarda ısı pompası verimliliği azalır. Bu yüzden, ısı kaynağı olarak havayı kullanan buharlaştırıcı yerine güneş ışınımını kullanan buharlaştırıcı kullanımı sistem performansını arttırmak için akılcı bir yol olacaktır. Güneş enerjisi destekli ısı pompaları iki ayrı tasarımda karşımıza çıkmaktadır. Bu tasarımlardan, geleneksel güneş enerji destekli ısı pompalarında genellikle hava veya suyun çevrim akışkanı olarak kullanıldığı kapalı çevrimli güneş kolektörü vardır. Isı pompası ve güneş kolektörü birbirinden ayrılmıştır. Güneş kolektöründe ısıtılan hava veya su ısı pompasının ısı kaynağı olarak kullanılır. Böylece, ısı kaynağının sıcaklığı artırılmış olur.

Bununla birlikte, direkt-genleşmeli ısı pompalarında (Direct Expansion Solar Assisted Heat Pump Water Heater (DX-SAHP)), kolektör ve buharlaştırıcı bir üniteye birleştirilmiştir ve yoğunlaştırıcıdan gelen çevrim akışkanı buharlaştırıcı olarak kullanılan kolektörde güneş enerjisi ile buharlaşmaktadır. İçinden çevrim akışkanı geçen bu tip güneş kolektörlerine "kolektör buharlaştırıcı paneli" adı verilir.

DX-SAHP'ler geleneksel SAHP'lere göre birçok avantaj içerir. Bu avantajlar, üst düzey termodinamik performans, düşük sistem maliyeti ve daha uzun kolektör ömrü olarak özetlenebilir. Bu yüzden, araştırmalarda ve çalışmalarda DX-SAHP tasarımları daha çok öne çıkmaktadır.

Direkt genleşmeli güneş destekli ısı pompalı su ısıtıcılarında, soğutucu akışkanın güneş ışınımı ile buharlaşması nedeniyle ortam sıcaklığından daha yüksek sıcaklıkta çalışmasından dolayı ısı pompası verimliliği daha yüksek olur. Güneş enerjisi açısından düşünülürse, oldukça düşük sıcaklıklarda buharlaşan soğutucu akışkan kolektörde dolaştığından tipik güneş enerjili sistemlere göre daha yüksek kolektör verimliliği ortaya çıkmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, güneş destekli ısı pompalı su ısıtıcılarının geleneksel hava kaynaklı ısı pompalı su ısıtıcıları ve geleneksel güneş enerjili sistemlere göre daha yüksek performansta olacaktır [1].

## 2. ISI POMPALI SU ISITICISI TASARIMLARI

Güneş destekli ısı pompalarının tasarımlarının gelişmesinde, hava kaynaklı ısı pompalı su ısıtıcı tasarımları öncü rol oynamıştır. Hava kaynaklı ısı pompalı su ısıtıcılarının mevcut performanslarının daha da artırılması için çeşitli araştırmalar yapılmış ve güneş enerjisinin ısı pompası ile birlikte kullanılması durumunda verimliliğin artacağı sonucuna ulaşılmıştır. Bu konuda çalışmalar, havayı ısı kaynağı olarak kullanan ısı pompası buharlaştırıcıları yerine güneşi direkt olarak ısı kaynağı olarak kullanan buharlaştırıcı-kolektör panelleri tasarımlarının geliştirilmesi yönünde yoğunlaşmıştır. DX-SAHP'ler, Rankine soğutma çevrimi ve buharlaştırıcı olarak kullanılan güneş kolektöründen oluşmuştur. Çevrim akışkanı buharlaştırıcı içinde güneş enerjisini absorbe ederek buharlaşır. Ancak, çevre havası kolektör sıcaklığından daha düşük ise, tasarım ve çalışma koşullarına bağlı olarak, ısı kolektör yüzeyinden çevre havasına geçebilir. Fakat uygun Rankine soğutma çevrimi ve kolektör tasarımı ile belirli çalışma şartlarında kolektör yüzeyinden ortama ısı kaybından çok, ısı ortamdan kolektöre çekilebilir. Bu durumda çevrim akışkanı ısı enerjisini güneş ışınım-

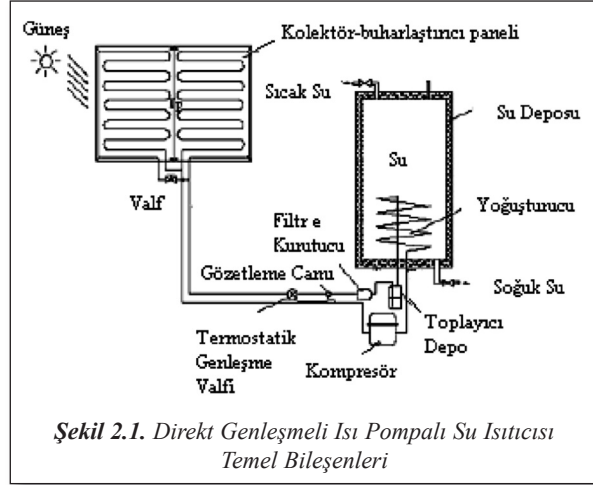
larından ve ortam havasından alarak buharlaşır ve böylece ısı pompası için ortam havası da güneş ışınımını yanında ısı kaynağı olarak kullanılmış olur.

Direkt genişmeli ısı pompalı su ısıtıcı kavramı ilk olarak Sporn ve Ambrose tarafından 1955 yılında ortaya konulmuştur. Direkt genişmeli güneş destekli ısı pompalı su ısıtıcıları birçok araştırmacı tarafından günümüze kadar incelenmiştir. Soğutucu akışkan kullanan kolektörler Chaturvedi et al. (1982), Aziz et al. (1999) ve değişik buharlaşma sıcaklıklarında ısı pompalarının performansı Morrison (1994), Chaturvedi et al. (1998), Ito et al. (1999), Hawlader et al. (2001), Chyng et al. (2003), Kuang et al. (2003) gibi değişik araştırmacılar tarafından teorik ve deneysel olarak incelenmiştir.

Şekil 2.1'de DX-SAHP su ısıtma sisteminin basit şematik gösterimi verilmiştir. Sistem, buharlaştırıcı olarak kullanılan güneş kolektörü, sıcak su tankı içerisine batırılmış yoğuşturucu, termostatik genişleme valfi ve hermetik tip kompresörden oluşmuştur.

### 3. DENEY SİSTEMİNİN TANITIMI

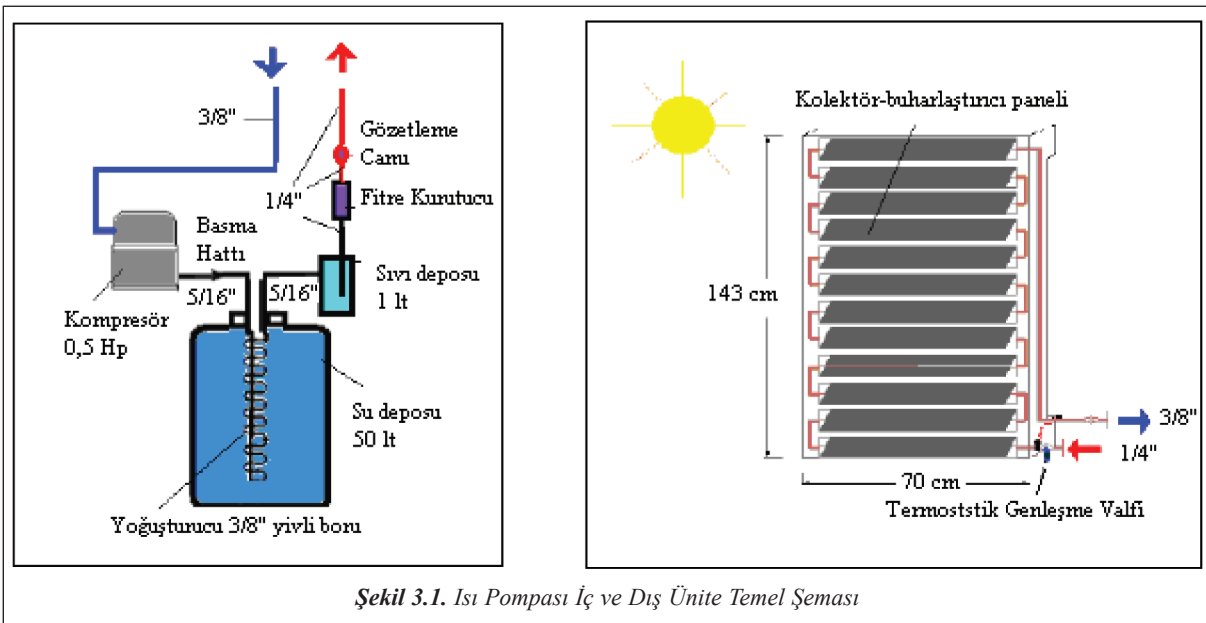
Güneş enerjisi destekli ısı pompalı su ısıtıcısı ilk örneği iki ayrı gruptan oluşturulmuştur. İç ünite, su deposu üzerine monte edilmiş kompresör ve depo içine batırılmış yoğuşturucu, ısı pompasının diğer



çevrim parçaları, dış ünite ise kolektör buharlaştırıcı paneli ve termostatik genişleme valfi olarak tasarlanmıştır. Bu iki ayrı ısı pompası grubu 80 cm uzunluğunda boru ile birleştirilmiştir (Şekil 3.1).

#### 3.1. DENEY SİSTEMİ İÇ ÜNİTE ÇEVİRİM PARÇALARI

Suyu depolamak ve ısıtmak için 80 litre hacimde 1mm kalınlıkta krom saçtan yalıtımlı silindirik sıcak su tankı kullanılmıştır. Su deposu üzerine kompresör, sıvı deposu, filtre kurutucu, gözetleme camı konulmuştur. Şekil 3.2'de gösterilen su deposunun üç ayrı noktasından sıcaklık ölçümü için termometre cepleri oluşturulmuştur. Tank, üç adet tekerlekli ayaklar üzerinde durabilmektedir. Şebeke suyu giriş vanası, çekvalf/filtre ve su sayacından sonra depo-



Şekil 3.1. Isı Pompası İç ve Dış Ünite Temel Şeması

## Makale

nun alt seviyesinden 3 cm yukarıdan depoya giriş yapmakta sıcak su ise silindirik deponun üst seviyesinin 2 cm altına bağlanan çıkış vanasından alınmaktadır. Depo üzerinde ayrıca sistemin elektrik sayacı ve kumanda panosu monte edilmiştir.



Şekil 3.2. Su Deposu (80 lt)

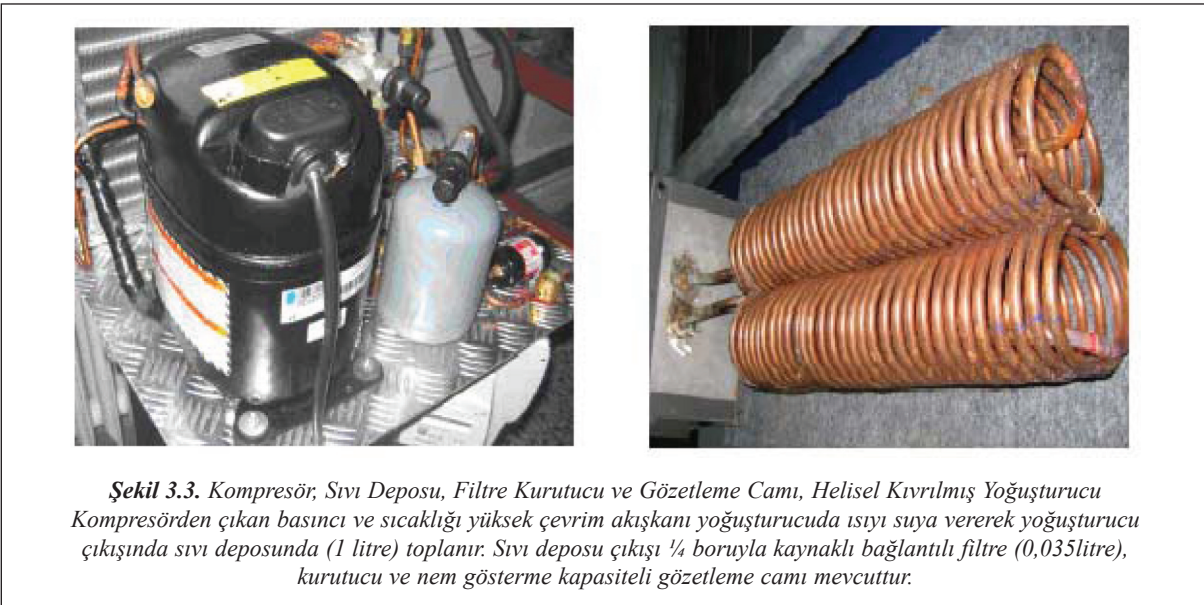
Sistemde basit etkili tek pistonlu hermetik tip L'Unite Hermetique CAJ 4461 Y model kompresör kullanılmıştır. +7,2°C buharlaşma ve 54,5°C yoğunlaşma sıcaklığı için 1569 Watt kompresör kapasitesi vardır. Hesaplamalarda 25 m bulunan 3/8" yoğunlaştırıcı boru boyu, iç yüzeyi yivli boru kullanılarak 17 metreye düşürülmüş helisel olarak kıvrılmış 45 santim uzunluğunda 10 cm çapında 30 sargılı iki parça

halinde birleştirilerek su tankı içerisine batırılmıştır. Yoğuşturucu için yivli boru kullanılması ile ısı transfer yüzeyi arttırılmıştır. Ayrıca düz boruya göre daha kısa yoğuşturucu elde edilmiş ve tank içerisine uygun yerleşimi sağlanmıştır (Şekil 3.3).

### 3.2. Deney Sisteminin Dış Ünite Çevrim Parçaları

Kolektör buharlaştırıcı paneli girişinde termostatik genişleme valfi kullanılan sistemde, çevrim akışkanının buharlaştırıcı çıkış sıcaklığı valf kuyruğu tarafından hissedilip buharlaştırıcı üzerindeki ısı yüküne bağlı olarak çevrim akışkanının buharlaştırıcı çıkışındaki kızgınlığı sabit bir değerde kalacak şekilde çevrim akışkanı debisini ayarlamaktadır.

Sistemde kullanılan kolektör buharlaştırıcı paneli yüzeyi, binaların güneş gören güney ve batı yönlerindeki ara kat yüzeylerinde kullanımı için kolektör yüzey içerisinde kullanılan düz kanatlı 60 cm uzunluğunda 12 adet 3/8" bakır boru 55° açı ile seri olarak birbirlerine bağlanmıştır. Bu sıralama kolektör buharlaştırıcı paneli yan yüzeyine güneş ışınımının kanatlı bakır borulara olabildiğince dik gelmesini sağlamaktadır. Kanatlı bakır borular bir panjur gibi sıralanarak toplayıcı yüzeyin güneş ışınımının olmadığı ve gece ortamında çevre havasından maksimum düzeyde ısı transferi gerçekleştirmesi için düzenlenmiştir. Buharlaştırıcı yüzeyi 1 m<sup>2</sup>, uzunluğu 143 cm, eni 70 cm ve dik duvar yüzeyinden 5 cm öndedir.



Şekil 3.3. Kompresör, Sıvı Deposu, Filtre Kurutucu ve Gözetleme Camı, Helisel Kıvrılmış Yoğuşturucu  
Kompresörden çıkan basıncı ve sıcaklığı yüksek çevrim akışkanı yoğuşturucuda ısıyı suya vererek yoğuşturucu çıkışında sıvı deposunda (1 litre) toplanır. Sıvı deposu çıkışı ¼ boruyla kaynaklı bağlantılı filtre (0,035litre), kurutucu ve nem gösterme kapasiteli gözetleme camı mevcuttur.





Şekil 3.4 Kolektör Buharlaştırıcı Paneli Bina Montajı

Genleşme valfinden sonra kolektör buharlaştırıcı paneli içerisinde basıncı düşürülen sıvı fazındaki çevrim akışkanının dış yüzeyden güneş ışınımından ve çevre havasından ısı çekerek kızgın buhar haline dönüşmesi sağlanmaktadır (Şekil 3.4).

#### 4. DENEY SONUÇLARI

Direk genleşmeli ısı pompalı su ısıtıcısı ile yapılan çalışmalar neticesinde sistemin su ısıtma performansını elde etmek için depo içindeki suyun başlangıçtaki düşük sıcaklığından termostatın ayarlandığı sıcaklığa ısıtılmasıyla veriler elde edilmiştir. Bu deney için, değişik hava şartlarında sistemin performansı değerlendirilmiştir. Isı pompası ısıtma tesir katsayısını bulmak için Eşitlik 1 kullanılabilir.

$$COP_{IP} = \frac{Q_{su}}{W_T} \quad (1)$$

$Q_{su}$  depo içindeki suyun, ilk başlangıç sıcaklığından termostatın kapandığı son sıcaklığa ulaşmak için ihtiyaç duyduğu enerjidir. Eşitlik 2 ile ihtiyaç duyulan enerji değeri bulunabilir.  $W_{su}$  sistemin tükettiği elektrik enerjisidir.

$$Q_{su} = m_{su} \cdot \Delta h_{su} \quad (2)$$

Eşitlik 2'de,  $m_{su}$  depo içindeki su kütlesi (kg) ve  $\Delta h_{su}$  sıcaklık aralığındaki entalpi farkıdır (kJ/kg). Oda sıcaklığına yakın sıcaklıklarda suyun özgül hacmi

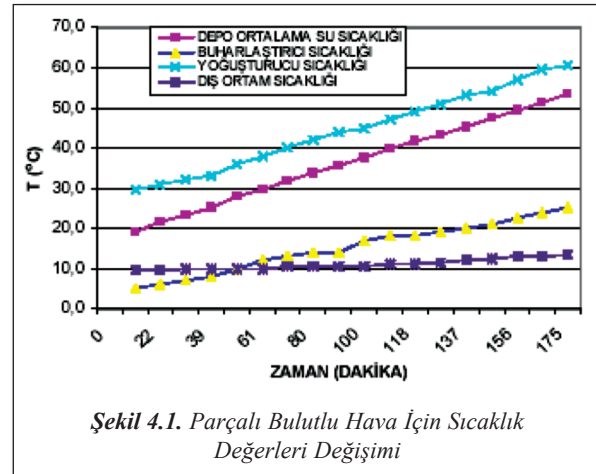
0,001 m<sup>3</sup>/kg alınabilir. Depo içinde 80 litre su olduğundan belirtilen özgül hacim için su kütlesi 80 kg olacaktır [2].

#### 4.1 Parçalı Bulutlu Havada Elde Edilen Veriler

Sistem ile parçalı bulutlu havada yapılan deneyde, 2 saat 55 dakika 6 saniyede, 18 °C ortalama sıcaklığında bulunan su 53,3 °C ortalama sıcaklığa ısıtılmıştır. Bu süre içinde 1.61 kWh elektrik enerjisi tüketilmiştir. Sistemin ısı pompası ısıtma tesir katsayısını 2.04 olarak gerçekleştirmiştir. Deney ile ilgili şekiller ve deney verilerini içeren çizelge aşağıda verilmiştir.

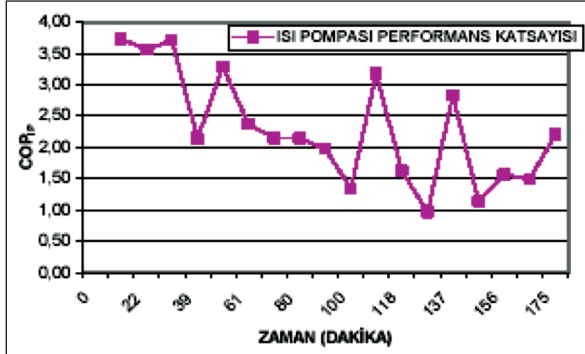
#### 4.2 Açık, Güneşli Havada Elde Edilen Veriler

Açık, güneşli bir havada yapılan deneyde, 1 saat 30 dakika 32 saniyede, 19 °C ortalama sıcaklığında

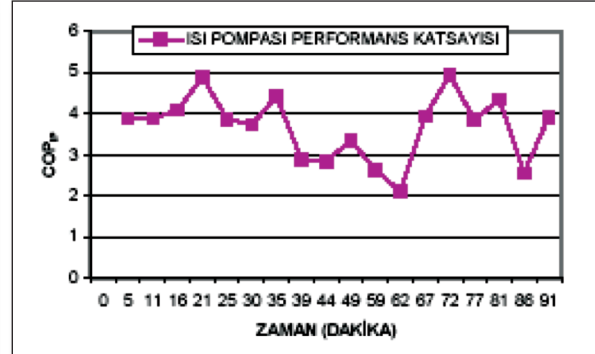


Şekil 4.1. Parçalı Bulutlu Hava İçin Sıcaklık Değerleri Değişimi

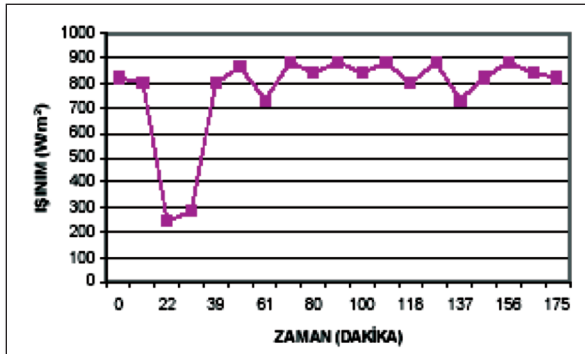
## Makale



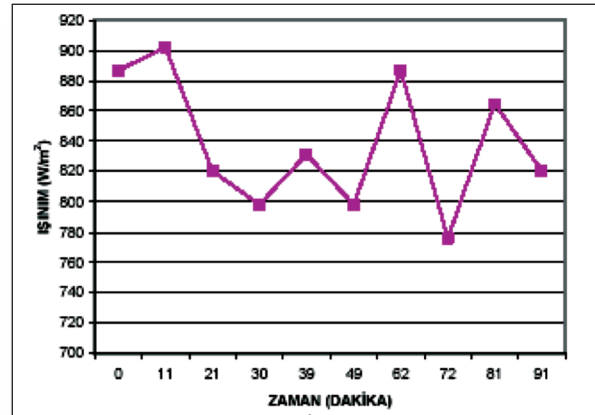
Şekil 4.2. Parçalı Bulutlu Hava İçin COPIP Değişimi



Şekil 4.5. Açık Güneşli Hava İçin COPIP Değişimi



Şekil 4.3. Parçalı Bulutlu Hava İçin Işınım Değerleri Değişimi

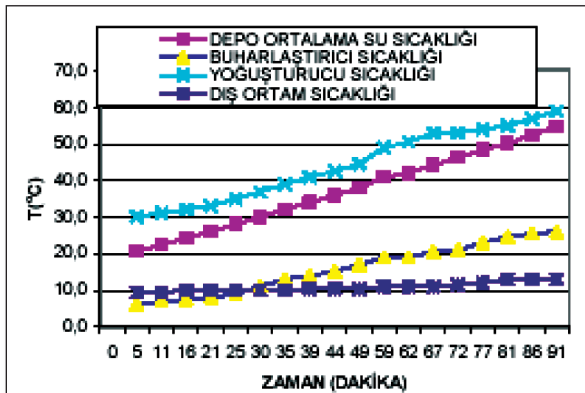


Şekil 4.6. Açık Güneşli Hava İçin Işınım Değerleri Değişimi

bulunan su 54,8 °C ortalama sıcaklığa ısıtılmıştır. Bu süre içinde 0,944 kWh elektrik enerjisi tüketilmiştir. Sistemin ısı pompası ısıtma tesir katsayısını 3.53 olarak gerçekleştirmiştir.

#### 4.3 Sağanak Yağmurlu Havada Elde Edilen Veriler

Sağanak yağmurlu bir havada yapılan deneyde, 5 saat 26 dakika 6 saniyede, 18 °C ortalama sıcaklığı

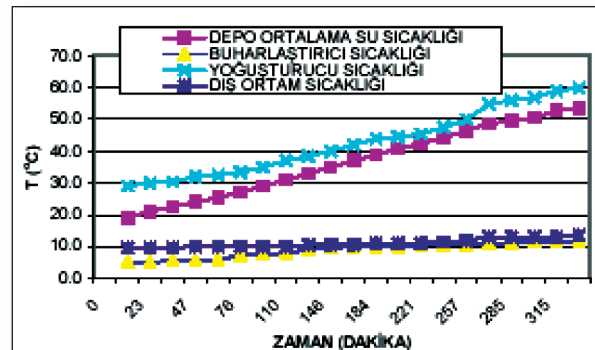


Şekil 4.4. Açık Güneşli Hava İçin Sıcaklık Değerleri Değişimi

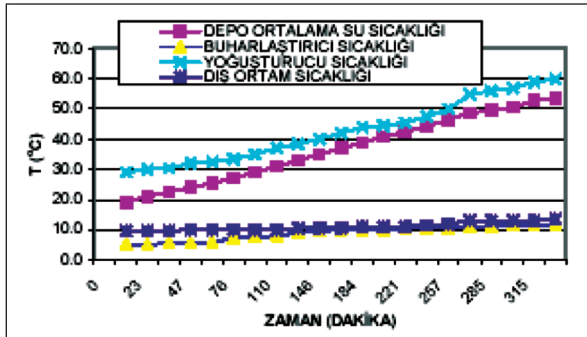
ğında bulunan su 53.7 °C ortalama sıcaklığa ısıtılmıştır. Bu süre içinde 2,839 kWh elektrik enerjisi tüketilmiştir. Sistemin ısı pompası ısıtma tesir katsayısını 1.17 olarak gerçekleştirmiştir.

#### 5. SONUÇ

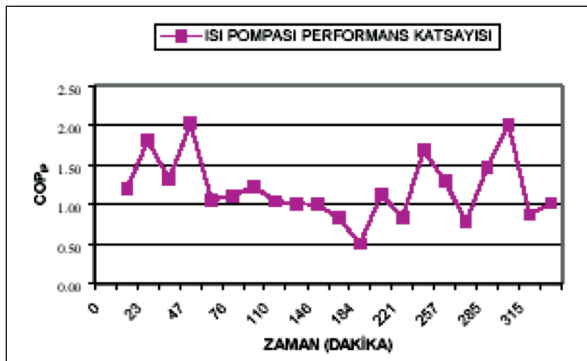
Bu çalışmada, güneş enerjisi destekli ısı pompası ile bir ailenin ihtiyacı olan sıcak su (55 °C, 80 lt) üreten bir sistem tasarımı ve oluşturulması üzerine çalışma



Şekil 4.6. Açık Güneşli Hava İçin Işınım Değerleri Değişimi



Şekil 4.7. Sağanak Yağmurlu Hava İçin Sıcaklık Değerleri Değişimi



Şekil 4.8. Sağanak Yağmurlu Hava İçin COPIP Değişimi

ve incelemeler yapılmıştır. Tasarlanan ilk örnek ile yapılan deneylerde uygun şartlarda ısı pompası ısıtma tesir katsayısı 3 değerinin üzerinde çıkmıştır. Bu durum, güneş enerjisi destekli ısı pompalarının su ısıtma amaçlı kullanılmasının ülkemiz şartlarında çok verimli ve enerji tüketiminde başarılı sonuçlar elde edileceğini göstermektedir.

Su ısıtmada yaygın olarak kullanılan elektrikli su ısıtıcıların verimliliği ısı pompalı su ısıtıcılarına göre çok düşük olmasından dolayı, elektrikli su ısıtıcıların yerine ısı pompalı su ısıtıcıları kullanılmasının yaygınlaşması ve ticari üretiminin başlaması enerji yönünden dışa bağımlı ülkemiz adına kayda değer enerji tasarrufu sağlayacaktır. Kurulum maliyetinin yüksek olması nedeniyle ısı pompalı su ısıtıcısının

diğer su ısıtma sistemlerine göre toplum tarafından genel kabul görmesi açısından sıkıntılar ortaya çıkabilir. Bunun için kurulum yapılacak bölge, bina ve tasarımın uygun şekilde belirlenmesine dikkat edilmesi sistem başarısı için çok önemlidir.

Tasarlanan güneş enerjisi destekli ısı pompalı su ısıtıcısının kolektör buharlaştırıcı panelinin portatif olması nedeniyle konutların güneş alan yan yüzeylerine bir ayırık klima dış ünitesi gibi takılabilir. Güneş enerjisi destekli ısı pompası sistemlerinin ticari ve aile tipi uygulamalar için; çamaşırhaneler, bulaşıkhaneler, restoranlar, oteller, moteller, hastaneler, okullar ve çoklu ailelerin kaldığı apartmanlar kullanımının uygun olacağı yerlerdir. Karmaşık kurulumlardan ve kontrol sistemlerinden kaçınılarak basit tasarımlar ve kurulumlar tercih edilmelidir. ısı pompalı su ısıtıcı kolektör buharlaştırıcı panelinin maksimum ışınım alacağı yere yerleştirilmelidir. Su depolama tankları büyüklüğü ısı pompalı su ısıtıcı kapasitesine uygun tasarlanmalıdır.

Fonksiyonel olan bu sistem üzerinde estetik tasarım çalışmaları ile endüstriyel ürün haline getirilebileceği de belirlenmiştir. Yurt dışında üretimle ısı pompalı su ısıtıcısı sistemleri, ulusal bilgi birikimleriyle ülkemizde de tasarlanabilir. Üretici firmaların konuya eğilmeleri ve enerji etkin su ısıtma sistemlerinden olan ısı pompalı sistem teknolojisini daha da geliştirerek kullanmaları gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Kuang, Y.H. and Wang, R.Z., 2005, Performance of multi-functional direct-expansion solar assisted heat pump system, Solar Energy, Article in Press.
- [2] Çengel, Y.A., Boles, M.A., 1996, Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik, (Çev.T. Derbentli), Literatür Yayıncılık, 865s.