

Mevsimlik Depolamalı Güneş Enerjili Isıtma Sistemi ile Deneysel Çalışmalar

Berrin KARAÇAVUŞ*

Ahmet CAN**

Özet

Edirne'de binaların ısı ihtiyacını karşılamak için güneş enerjisinin mevsimlik depolanması deneysel olarak araştırılmıştır. Depolama toprak altında bulunan silindirik bir depolama ünitesinde yapılmıştır. Ölçüm değerleri, Temmuz 2005- Mayıs 2006 arasında, bilgisayar bağlantılı bir kaydedici ile saatlik olarak alınmıştır. Isı depolama ünitesi ve çevresi toprak içinde aylık ortalama sıcaklık değerleri ölçüm sonuçları yardımı ile hesaplanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Güneş enerjisi, mevsimlik depolama, sıcaklık dağılımı.

1. GİRİŞ

1970'li yıllarda yaşanan petrol krizi sonrasında tüm dünyada enerji konusuna ilgi artmış ve enerji tasarrufu gündeme gelmiştir. Ekonomik üretimin ana unsuru olan ve hayat kalitesini iyileştiren enerji kullanımında tasarrufa yönelik çalışmalar artmıştır. Fosil yakıt kaynaklarının azalması ile yeni ve yenilebilir enerji kaynakları üzerine yapılan çalışmalar hız kazanmıştır.

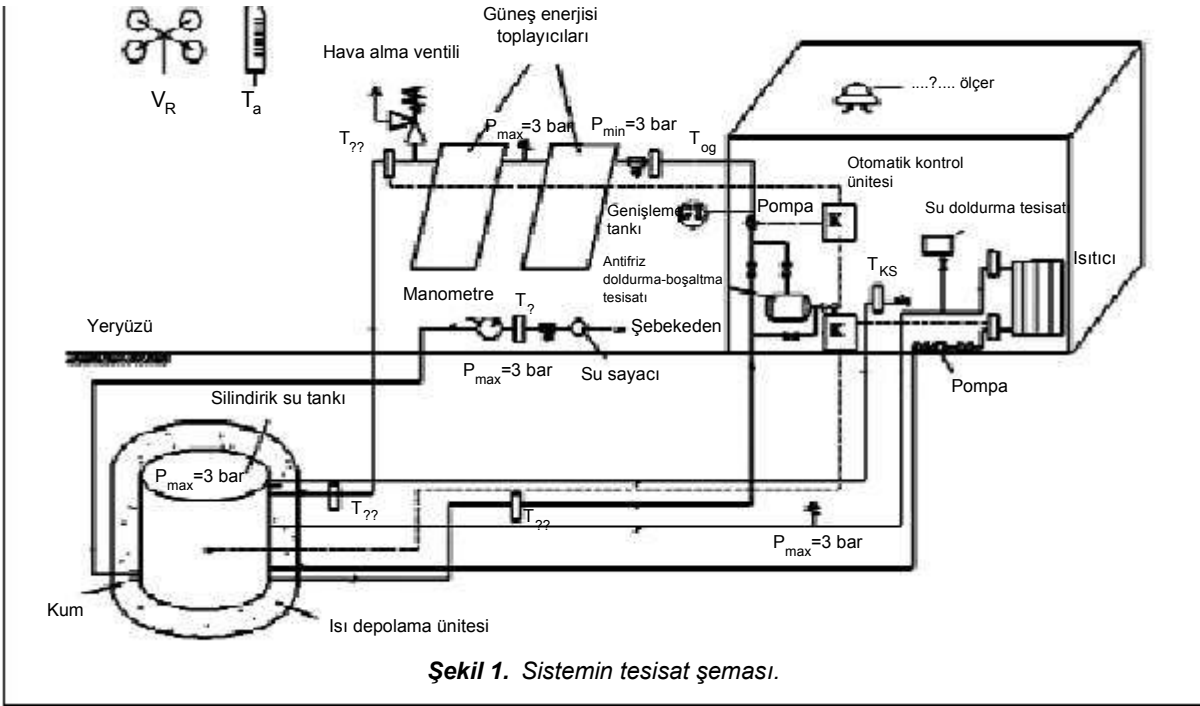
Türkiye coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 sa

at), ortalama toplam ışınım şiddeti 1311 kWh/m²-yıl (günlük toplam 3.6 kWh/m²) değerindedir. Marmara Bölgesi için ise yıllık toplam güneşlenme süresi 2409 saat, ortalama toplam ışınım şiddeti 1168 kWh/m²-yıl değerindedir [1].

Türkiye'de güneş enerjisinin en yaygın kullanımı kullanım suyu ısıtma sistemleridir. 2001 yılı için kurulu olan güneş kolektörü miktarı 7,5 milyon m² civarındadır. Çevre bilinci ile hareket ederek, güneş enerjisi sistemlerini sadece kullanım suyu ısıtmasında değil, aynı zamanda ısıtmaya destek olarak da planlamak gerekmektedir. Yazın bol bulunan güneş enerjisinin mevsimlik depolanarak, ihtiyaç olduğunda binaların

* Trakya Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü.

** Trakya Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü.



Şekil 1. Sistemin tesisat şeması.

ısıtılması için kullanmak büyük enerji tasarrufu sağlar. Türkiye'de son 10- 15 yıl içinde mevsimlik güneş enerjisi depolama üzerine yapılan çalışmalar artmıştır.

Güneş enerjisi; yeryüzünde çelik tanklarda, mağaralarda, kayalara açılmış dikey kuyularda, yeraltında çelik tanklarda, toprağa gömülü dikey ve yatay borularda, akü ferlerde, yeraltında beton tanklarda mevsimlik depolanmaktadır. Bankston, mevsimlik depolamalı güneş enerjili ısıtma sistemlerinde bulunan depolama ünitelerinin tasarım ve performansını çok yönlü olarak araştırmıştır. İsveç'te sondaj kuyulu depolama sistemleri üzerinde çalışmalar yapmıştır.

Toprak içinde 2- 6 m arasında yatay olarak duran kayatabanı içinde, 65 m derinliğinde 120 sondaj kuyusu açtırmıştır. Kayanın toplam hacmi 105 m³'tür. Bina'nın gerekli ısı yükünün % 60'ı bu sistem ile karşılanmıştır[2]. İnallı, yeraltında bulunan silindirik depo ile güneş enerjili ısıtma sisteminin teorik analizini yapmıştır. Depo çevresinde sıcaklık dağılımını iki boyutlu olarak alınmıştır. Isı transferi probleminin, sonlu kompleks fourier dönüşüm tekniği ve sonlu farklar metodu uygulanarak çözümünü yapmıştır. Çalışmada, ısı yükü 25- 100 ev olarak değiştirilmiştir. Toplayıcı alanının etkisini, depo hacmini, ev sayısını ve de

ponun yeryüzüne olan mesafesini İstanbul ili için araştırmıştır [3]. Yumrutaş ve Ünsal, yeraltına yerleştirilmiş yarı küresel bir tank içerisinde mevsimlik enerji depolamalı güneş destekli ısı pompalı bir hacim ısıtma sisteminin periyodik performans ortalaması analitik ve bilgisayar metotları kullanılarak araştırmışlardır [4]. Nordell ve Hellström, düşük sıcaklıkta bir binayı ısıtmak için kullanılan güneş enerjili mevsimlik depolamalı bir sistemin performansını araştırmışlardır. Bu amaçla TRNSYS ve MINSUN paket bilgisayar programlarını kullanmışlardır. Bu çalışmayı, Anneberg'te 1080 MWh yıllık ısı yükü olan 90 müstakil planlanmış ev için uygulamışlardır. Isı yükünün % 42'si güneş enerjisinden sağlanmıştır [5]. Schmidt vd. 1995 yılında Hamburg'ta mevsimlik güneş enerjisi depolamalı merkezi ısıtma sistemi planlamış ve uygulamaya koymuşlardır. Yıllık hacim ısıtması ve sıcak su ihtiyacının % 50'den daha çok kısmı güneş enerjisinin mevsimlik depolanması ile sağlanmıştır [6].

Bu çalışmada, mevsimlik depolamalı güneş ısıtma sistemi ile deneysel çalışmalar yapılmıştır. Mevsimlik depolama döneminde, güneş enerjisinin bir bölümünden kullanım suyu için faydalanılmış geri kalanı ısı depolama ünitesi ve onu çevreleyen toprakta de

polanmıştır. Ölçüm değerleri, Temmuz 2005- Mayıs 2006 arasında, bilgisayar bağlantılı bir kaydedici ile saatlik olarak alınmıştır. Ölçüm sonuçları ile ısı depolama ünitesi ve onu çevreleyen toprak içinde aylık ortalama sıcaklık değerleri hesaplanmıştır.



2. DENEY TESİSATI

Deney tesisatı; ısı toplama ünitesi, ısı depolama ünitesi, ısıtılacak ortam, otomatik kontrol üniteleri, ölçüm cihazları ve sistemin gerektirdiği bağlantı elemanlarından oluşmaktadır. Şekil 1'de sisteme ait tesisat şeması verilmiştir.

Isı toplama ünitesi, vakum borulu toplayıcılardan oluşmaktadır (Şekil 2). Toplayıcılar güneye dönük olarak yerleştirilmiştir. Toplayıcılara ait özellikler Çizelge 1'de verilmiştir

Çizelge 1.

Toplayıcılara ait özellikler

Yer	Edirne
Toplayıcı eğimi	41°
Toplayıcı tipi	Vakum Borulu
Absorber yüzeyi	$A_C=4 \text{ m}^2$
Isı taşıyıcı akışkan	Etilen Glikol- Su
Konsantrasyon oranı	% 25, %75
Toplayıcı işletiminin kontrolü	$^{\circ}\text{T}_{\text{on}} = 4 \text{ K}$, $^{\circ}\text{T}_{\text{off}} = 2 \text{ K}$

Isı depolama ünitesi, silindirik su tankı ve etrafındaki kum hacminden oluşmaktadır. Isı depolama ünitesi yeraltına yerleştirilmiştir. Su tankı çift cidarlı olup galvanizli saçtan imal edilmiştir. Yüksekliği 0,70 m ve çapı 0,65 m'dir. İçinde enerji aktarımını sağlayacak ısı değiştiricileri yer almaktadır. Su tankı ve içindeki ısı değiştiricileri Şekil 3'de verilmiştir.

1 numaralı ısı değiştiricisi aracılığı ile ısı toplama ünitesinde ısı taşıyıcı akışkan ile toplanan enerji, tank içindeki depolama maddesi suya aktarılmaktadır. Isı taşıyıcı



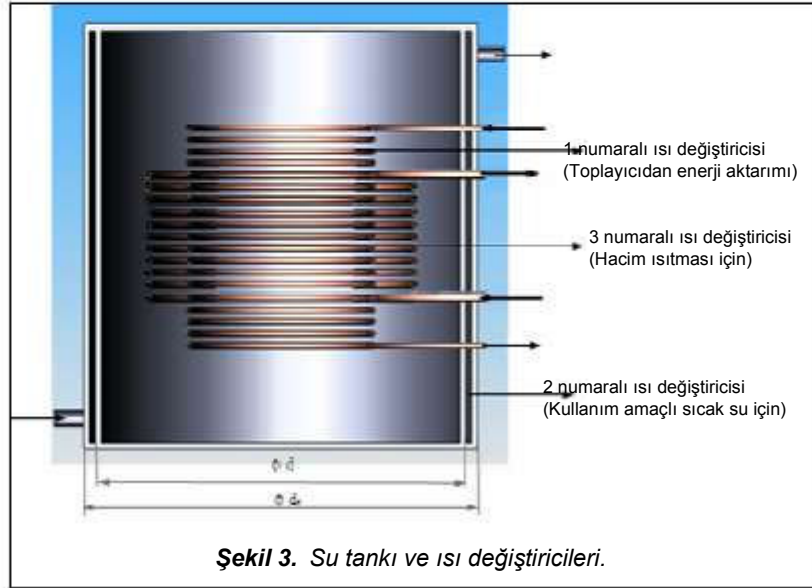
Şekil 2. Isı toplama ünitesi.

ıcı akışkan % 25 Etilen Glikol-% 75 Su karışımıdır. Su tankı içindeki ortalama su sıcaklığı ile toplayıcı çıkış sıcaklığı arasındaki farka göre otomatik olarak devreye girmektedir.

2 numaralı ısı değiştiricisi, kullanım amaçlı sıcak su ihtiyacını karşılamaktadır. Isı değiştiricisi deponun yanal yüzlerini çevreleyecek şekilde düzenlenmiştir. Böylelikle, depo etrafında yer alan kumun depoladığı enerjiden faydalanılmaktadır. Su şebekesi ile bağlantılıdır.

Hacim ısıtmasının gerekli olduğu durumda 3 numaralı ısı değiştiricisi kullanılmaktadır. Isıtıcı ile bağlantılıdır. Isı taşıyıcı akışkan olarak su kullanılmaktadır. Isıtıcı çıkış sıcaklığı ile depo merkezindeki suyun sıcaklık farkına göre otomatik olarak devreye girmektedir.

Silindirik su tankı içinde bulunan ısı değiştiricilerine



Şekil 3. Su tankı ve ısı değiştiricileri.

Çizelge 2.

Silindirik su tankı içinde yer alan ısı değiştiricilerine ait özellikler.

	1 Nolu Isı Değiştirici	2 Nolu Isı Değiştirici	3 Nolu Isı Değiştirici
Malzeme	Bakır	Depo malzemesinden (galvanizli saç)	Bakır
Tipi	d= 8 mm, Eksenel D= 300 mm, 42 sarım, w = 5,7 mm	Çift cidar $d_n=20 \text{ mm}$	$d_n=10$ Eksenel D = 440mm, 26 sarım, w = 5,2 mm
Isı taşıyıcı akışkan	% 25 Etilen Glikol-% 75 Su	Su	Su

Kütesele debi	0,03 kg/s	0,07 kg/s	0,044 kg/s
Isı taşıma katsayısı	7493,0791 W/m ² .K	845,9118 W/m ² .K	4003,5925 W/m ² .K

ait özellikler Çizelge 2'de verilmiştir.

Silindirik su tankı, içindeki ısı değiştiricileri ve su tankının yeraltına yerleştirilme aşamaları Şekil 4'de verilmiştir.

3. ÖLÇÜMLER VE ÖLÇÜM CİHAZLARI

Deneyler esnasında yapılan ölçümler üç grupta toplanmaktadır. Birinci grup ölçümler ısı toplama ünitesi ile ilgili ölçümlerdir. Sırası ile toplayıcı çıkış sıcaklığı T_{cc} , toplayıcı giriş sıcaklığı T_{cg} ölçülmüştür. İkinci grup ölçümler, yatay yüzeye gelen anlık global

güneş ışınımı I , dış hava sıcaklığı T_a , rüzgâr hızı V_W değerleri ile ilgilidir.

Üçüncü grup ölçümler, silindirik ısı depolama ünitesi ve onu çevreleyen toprak sıcaklık değerleri ile ilgilidir. Öncelikle ısı depolama ünitesi giriş sıcaklığı T_{dg} ve ısı depolama ünitesi çıkış sıcaklığı $T_{dç}$ ölçülmüştür. Çizelge 3' te koordinatları verilen ölçüm noktalarının şematik resmi Şekil 5' te verilmiştir.

Deney tesisatında sıcaklık ve ışınım değerlerini ölçmek için datalogger kullanılmıştır. Datalogger ile 5'i



Şekil 4. Su tankı, ısı değiştiricileri ve su tankının yeraltına yerleştirilmesi.

analog, 5'i dijital olmak üzere 10 kanaldan ölçüm yapılabilir. Bilgisayar ile bağlantılıdır. Data loggerin ölçüm sahası ve hassasiyeti kullanılan problemlerin tipine göre değişmektedir. Isı depolama ünitesi ve çevresi toprakta sıcaklık ölçümü için K tipi problemler kullanılmıştır. K tipi problemlerde ölçüm sahası (-200)- (1250) °C ve hassasiyeti \pm % 0,1 değerindedir.

Yatay yüzeye gelen global ışınımı ölçmek için ışınımölçer kullanılmıştır. Işınımölçer datalogger ile bağlantılıdır ve mV cinsinden gerilim okunur. Dataloggerin gerilim okuma durumunda hassasiyeti ± 4 mV değerindedir. Işınımölçerin hassasiyeti 11 47 10⁻³

kontrolünde PT 1000 sensörler kullanılmıştır.

4. ISI DEPOLAMA ÜNİTESİ VE ÇEVRESİ TOPRAK İÇİNDE AYLIK ORTALAMA SICAKLIKLAR

Mevsimlik depolama döneminde, güneş enerjisinin bir bölümünden kullanım suyu için faydalanılmış geri kalanı ısı depolama ünitesi ve onu çevreleyen toprakta depolanmıştır.

Ölçüm değerleri, Temmuz 2005 - Mayıs 2006 arasında, bilgisayar bağlantılı bir kaydedici ile saatlik olarak alınmıştır. Isı depolama ünitesi ve çevresi toprak için

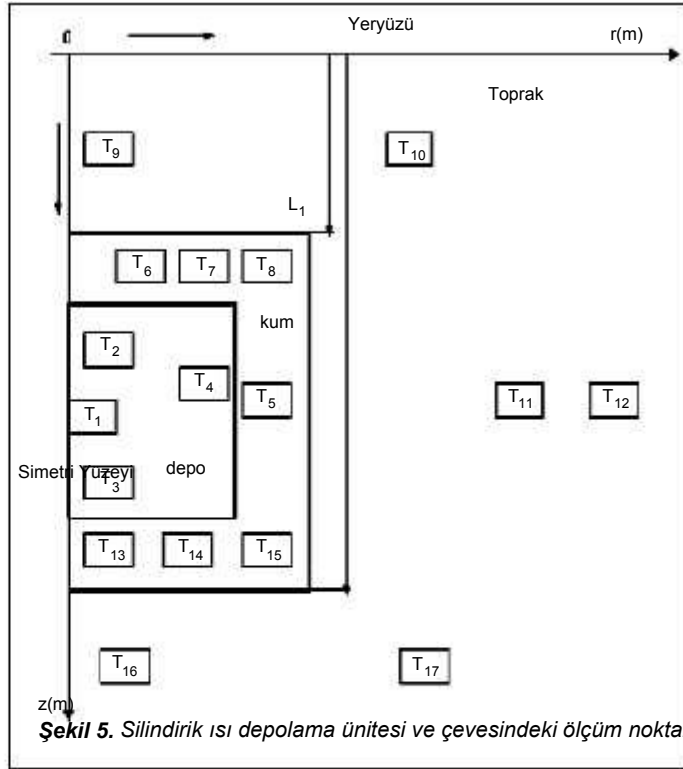
görmektedir. İçin ölçüm hassasiyeti $11, 47, 10$ mV/W/m² değerindedir.

Dış ortamdaki rüzgâr hızını ölçmek için TA2 Anemometre kullanılmıştır. Ölçüm sahası 0 -15 m/s değerindedir. Ayrıca sıcaklık ölçümü için çift kanal ve fark sıcaklığı da gösteren dijital termometreler kullanılmıştır. Ölçüm sahası (-50) – (1300) °C olup hassasiyeti $\pm 0,3 \pm 1$ °C değerindedir. Isı depolama ünitesi ve çevresindeki sıcaklıkların ölçümünde K tipi daldırma ve uç problemleri kullanılmıştır. Kullanılan daldırma problemleri sırası ile 100 cm, 50 cm ve 7 cm uzunluklarındadır.

Deney tesisatında iki adet otomatik kontrol ünitesi kullanılmıştır. Bunlardan ilki ısı toplama ünitesi ve ısı depolama ünitesi ile bağlantılıdır. Otomatik kontrol için silindirik su tankının alt ve üst noktalarına ve ısı toplama ünitesi çıkışına birer adet sensör yerleştirilmiştir. Su tankı içindeki ortalama su sıcaklığı ile top layıcı çıkış sıcaklığı arasındaki farka göre sistemi otomatik olarak açar ve kapatır. İkinci otomatik kontrol ünitesi ise bina ısıtması için kullanılan ısıtıcı ve ısı depolama ünitesi ile bağlantılıdır. Isıtıcı çıkış sıcaklığı ile silindirik su tankı içindeki ortalama su sıcaklığı farkına göre sistemi açar ve kapatır. Sıcaklık otomatik

anılmıştır. Isı depolama ünitesi ve çevresindeki sıcaklıkların ölçüm sonuçları aylık ortalama sıcaklık değerleri ölçüm sonuçları yardımı ile hesaplanmıştır.

Ölçüm sonuçlarına göre, ısı depolama ünitesinin de ğişik noktalarına ait sıcaklık ortalamalarının aylara

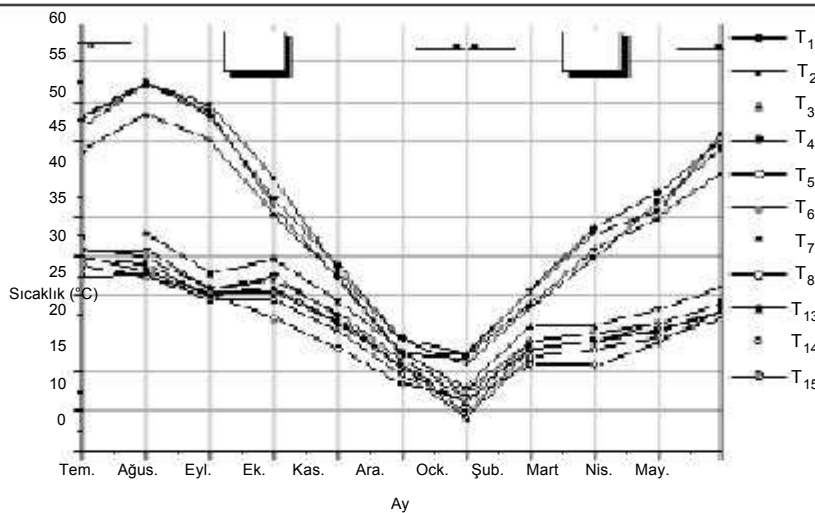


Şekil 5. Silindirik ısı depolama ünitesi ve çevresindeki ölçüm noktaları

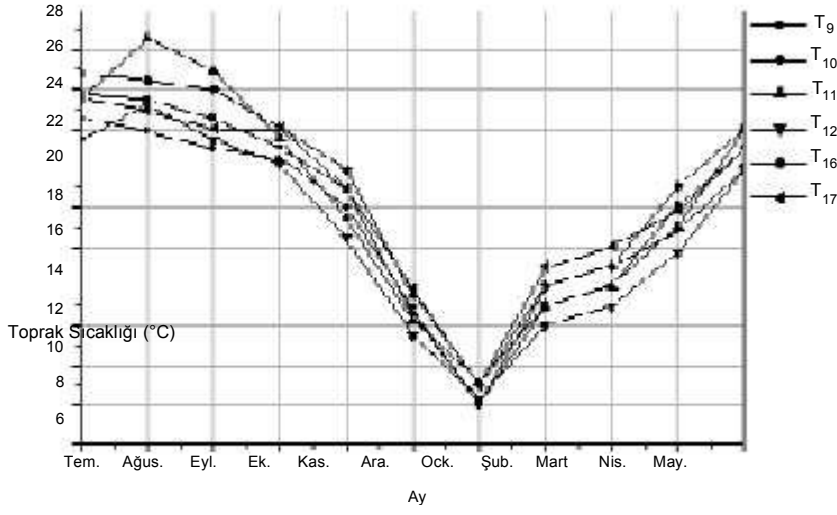
Çizelge 3.

Ölçüm noktalarının koordinatları

T1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
r (m)	0,00	0,06	0,06	0,29	0,52	0,20	0,30	0,55	0,06	0,75	0,85	1,00	0,20	0,30	0,55	0,06	0,75
z (m)	1,10	0,95	1,17	1,04	1,10	0,55	0,55	0,55	0,25	0,25	1,10	1,10	1,65	1,65	1,65	1,95	1,95



Şekil 6. Isı depolama ünitesinde, ölçüm sonuçları yardımı ile hesaplanan aylık ortalama sıcaklıklar.



Şekil 7. Isı depolama ünitesini çevreleyen toprak sıcaklık ortalama değerlerinin aylara göre değişimi.

göre değişimi Şekil 6'da verilmiştir. Isı depolama ünitesini çevreleyen toprak sıcaklık ortalamalarının aylara göre değişimi Şekil 7'de verilmiştir.

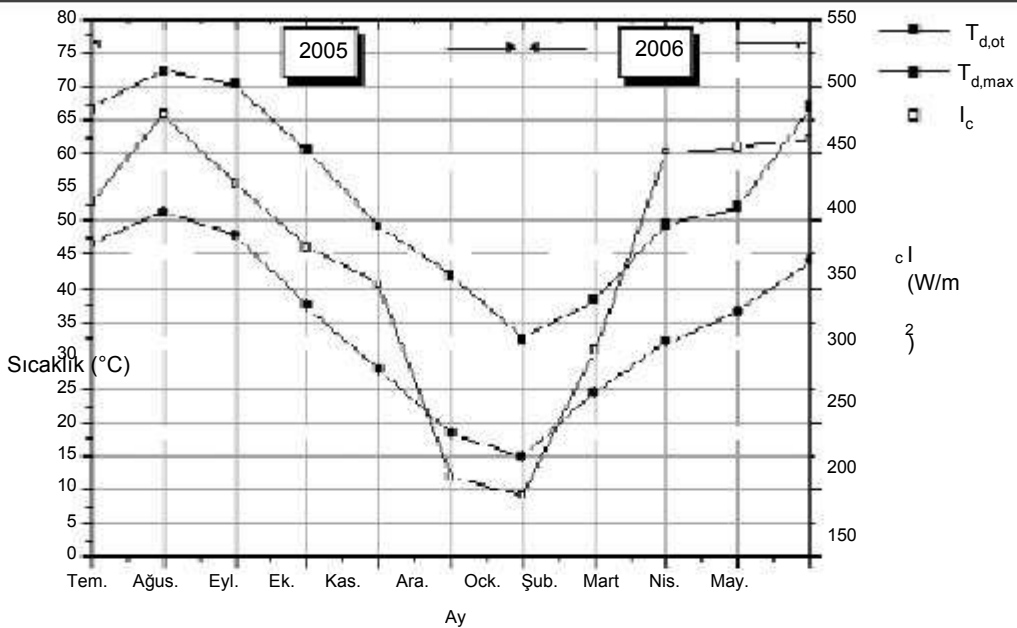
Genel olarak mevsimlik depolama döneminde, ısı depolama ünitesi içindeki su sıcaklıkları T1, T2, T4 en yüksek değerlerdedir. Deponun yanal yüzünde yer alan kumdan ısı çekilmesi sebebi ile T5 ölçüm noktasındaki kum sıcaklığı en düşük değerdedir.

Özel olarak ısı depolama ünitesi içindeki en yüksek su sıcaklığı 52 °C olarak Ağustos ayında kaydedilmiştir. En düşük su sıcaklığı Ocak ayında 19 °C olarak kay

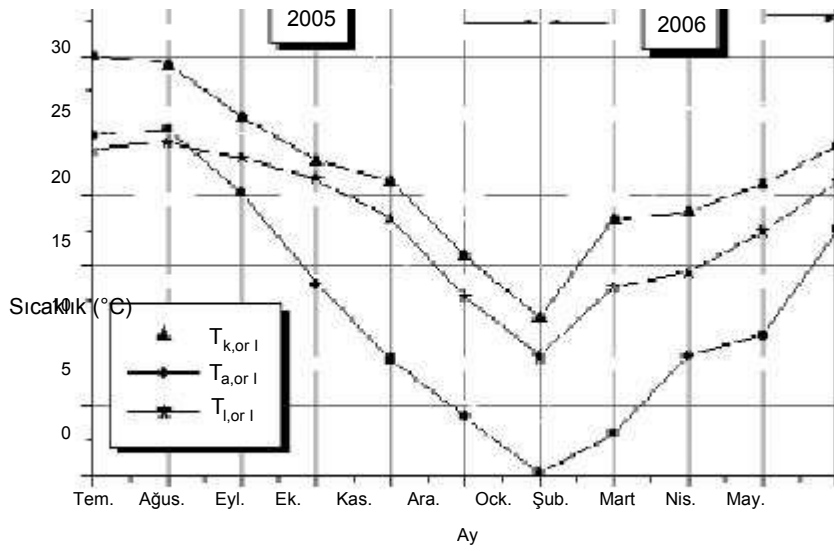
dedilmiştir.

En yüksek depo su ve kum sıcaklık değerlerine Ağustos ayında ulaşılmıştır. Genelde depo içinde 3 numaralı ölçüm noktasındaki sıcaklık değeri en düşük değerdedir. Bu durum tabakalaşma etkisinden ve ısı taşıyıcı akışkanın ısı depolama ünitesine yukarıdan girip alttan çıkmasından kaynaklanmaktadır.

Isı depolama ünitesinin üst yüzlerindeki toprak sıcaklıkları daha düşük değerdedir. Dış ortamdaki rüzgâr hızına bağlı olarak topraktan dış havaya ısı geçişi olmaktadır. Özellikle Ocak ayında, dış hava sıcaklık



Şekil 8. Toplayıcılar üzerine gelen ışınım ve su sıcaklık değerleri.



Şekil 9. Kum, toprak ve dış hava aylık ortalama sıcaklık değerleri.

ların düşmesi ile üst toprak sıcaklıkları en düşük değerdedir.

Şekil 8'de toplayıcı üzerine gelen ışınım değerinin ve su sıcaklık ortalamalarının aylara göre değişimi verilmiştir.

5. ISI DEPOLAMA ÜNİTESİNİN YERALTINDA BULUNMASININ AVANTAJLARI

Su tankı etrafındaki kum ve toprak ortalama sıcaklıkları ile dış hava ortalama sıcaklık değerlerinin aylara göre değişimi Şekil 9' da verilmiştir.

En düşük aylık dış hava sıcaklıkları ortalaması Ocak-2006 ayında kaydedilmiştir. Bu durumda dahi depo etrafındaki ortalama toprak sıcaklıkları 10°C civarındadır. Ocak ayında, 23- 29 günleri arasında en

düşük dış hava sıcaklıkları kaydedilmiştir. Bu dönem içinde depolama ünitesine enerji girişi olmamıştır. Örneğin 23 ve 24 Ocak günlerinde dış hava sıcaklığı (-10) ÷ (-13,5) °C olmasına rağmen tank içindeki su sıcaklık değeri 6 gün 13°C olarak kalmıştır. Bu durumda ısı depolama ünitesini çevreleyen toprak sıcaklık ortalaması 4° C'dir.

Sistemin sadece kullanım suyu ısıtması için tasarlandığı varsayılın; kış aylarında yukarıda anlatılan durum yine geçerlidir. Sistem yaz ayları için irdelensin. Deponun yeraltında bulunması nedeni ile yüksek sıcaklıklarda problem oluşturmaması için depo üstüne emniyet ventili konulmasına rağmen maksimum depo su sıcaklığı 75- 80 °C ayarlanmıştır. Bunun sebebi ise depo içinde ısı depolama maddesi suyun sabit durmasıdır. Güneş enerjisi deposu içinde su sıcaklık değerleri 60- 80°C arasında değişmektedir. Özellikle gece saatlerinde yüksek depo su sıcaklıklarında etraftaki kuma ve toprağa ısı geçişi artmaktadır. Depo dışında gömlek şeklinde düzenlenen ısı değiştiricilerinden kullanım suyu dolaştırılarak toprağın ve kumun enerjisinden verimli şekilde faydalanılmıştır [7].

- w sarım adım aralığı

İNDİSLER

- a dış hava
- cg toplayıcı giren
- cç toplayıcı çıkan
- dç depo çıkan
- dg depo giren
- h hidrolik
- ig ısıtıcı giren
- iç ısıtıcı çıkan
- k,ort kum ortalama
- s,ort su ortalama
- a,ort dış hava ortalama
- t,ort toprak ortalama

KAYNAKLAR

- [1] EİE-Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, 2006.
[2] Bankston, C., A., The Status and Potential of Central Solar Heating Plants with Seasonal Storage. A International Report. In Advances in Solar Energy 4, (K. W. Boer, ed.), 1988
[3] İnallı, M., Design parameters for a solar heating

6. SONUÇ

Edirne iklim şartlarında, hacim ısıtması ve kullanım suyu ısıtması için mevsimlik ısı depolamalı bir güneş ısıtma sistemi ile deneysel çalışmalar yapılmıştır.

Deneysel sonuçlara göre; silindirik su tankının yeraltında bulunması ve etrafında kum olması sebebi ile önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlanacağı tespit edilmiştir. Kurulan sistemde, saatlik ölçüm verileri ile hesaplamalar yapıldığından elde edilen sonuçlar daha gerçekçidir.

SEMBOLLER

A_C	toplayıcı alanı (m^2)
D	eksenel çap (m)
d	çap (m)
d_d	dış çap (m)
P_{max}	basınç (bar)
T	Sıcaklık ($^{\circ}C$)
V_W	rüzgâr hızı (m/s)

system with an underground cylindrical tank. Energy 23 (12), pp. 1015- 27, 1998.

- [4] Yumrutaş, R., Ünsal, M., Analysis of solar aided heat pump system with seasonal thermal energy storage in surface tanks. Energy 25(2000), pp. 1231- 43, 2000.
- [5] Nordell, B., Hellström, G. High Temperature Solar Heated Seasonal Storage for Low Temperature Heating of Buildings. Energy 69, pp. 511- 23, 2000.
- [6] Schmidt, T., Mangold, D, Müller-Steinhagen, H., Central Solar Heating Plants with Seasonal Storage in Germany. Solar Energy, 76, pp. 165-74, 2004.
- [7] Can, A., Karaçavuş, B., Güneş Enerjisinin Duyulur Isı Olarak Depolanabilirliği. Tesisat Mühendisliği Dergisi, 92, pp. 23- 28, 2006.