

Doç. Dr. Emin Fuad KENT  
Yrd. Doç. Dr. İbrahim Necmi  
KAPTAN

### Abstract:

In this work, solar assisted heating and hot water needs for fifty-bed hotel in the province of Kayseri have been investigated. First of all, solar radiation and meteorological data for the city of Kayseri and the hotel's heating and hot water thermal loads of the building are calculated. For the heating cycle, active systems using liquid as the working fluid is utilized. In this way, solar energy is used to provide heating requirements in the building which causes energy (fuel) savings. Hot water needs are also supplied by solar energy heating system. The total collector area and annual rate of heating load requirements of the hotel building met by the solar system are given. Moreover, total cost of the solar system and repayment period of it are also calculated.

### Key Words:

Solar energy, Heating, Hot water

# Kayseri İlindeki Elli Yataklı Bir Otel Binası İçin Güneş Enerjisi Destekli Sıcak ve Su Isıtma Uygulaması

## ÖZET

*Bu çalışmada Kayseri ilindeki elli yataklı bir otelin ısıtma ve sıcak su ihtiyacının güneş enerjisi destekli ısıtma sistemi uygulamasıyla karşılanması incelenmiştir. Öncelikle Kayseri ili için güneş ışınımı ve meteorolojik veriler ile otelin ısıtma ve sıcak su ısı yük değerleri hesaplanarak sunulmuştur. Isıtma çevrimi için sıvı dolaşimli aktif güneş enerjili ısıtma sistemi kullanılmıştır. Bu sayede güneş enerjisinden yararlanılarak yakıt maliyeti açısından tasarruf sağlanmıştır. Ayrıca otelin sıcak su ihtiyacını karşılamak için güneş enerjili su ısıtma sistemi de mevcuttur. Çalışma kapsamında toplam toplayıcı alanına göre yıllık faydalanma oranının değişimi verilmiştir. Ayrıca güneş enerjisi tesisatının toplam maliyeti ve geri ödeme süresi hesaplanmıştır.*

*Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi, Isıtma, Sıcak su*

## 1. GİRİŞ

Isı kaynağı olarak güneş enerjisinden yararlanan sistemler ozon tabakasına zarar verme ve küresel ısınma açısından ekolojik sisteme zarar vermeyen çevre dostu sistemlerdir. Türkiye’de sektörlere göre enerji tüketim değerleri profiline bakıldığında % 40 sanayi, % 30 binalar, %19 ulaşım, % 4,6 tarım ve %5.4 diğer sektörler gelmektedir. Elektrik İşleri Etüt İdaresi verilerine göre, 2000 yılında Türkiye’de tüketilen toplam enerjinin %41’i konutlarda harcanmıştır [1]. Görüldüğü gibi binaların ısıtma-soğutma sistemleri için gereken enerjinin payı, toplam tüketim değeri içinde son derece yüksek ve önemlidir. Bu nedenle ısıtma-soğutma sistemleri için gereken enerjinin yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması, enerji tasarrufu yönünden çok önemli olup, temiz enerji kaynakları kullanması nedeniyle de enerji kullanımı ile ilgili sorunlara çözüm getirecektir.

Güneş enerjili kombi (ısıtma+sıcak su) sistemlerinin tasarım esasları [2] ve [3]’de detaylı olarak verilmiştir. İspanya (Madrid) de bulunan villa tipi bir ev için güneş enerjisi destekli ısıtma ve sıcak su gereksinimini karşılayan sistem [4]’de analiz edilmiştir. Kuzey Yunanistan’daki konutların güneş enerjisi ile ısıtılması [5]’de incelenmiştir. Yunanistan’da konutlardaki toplam enerji tüketiminin % 70’ini konutun ısıtılması ve sıcak su ihtiyacının karşılanması oluşturmaktadır.

Yazın binaların klimatize edilmesi, elektrik tüketimini daha da arttırmaktadır. Güneş enerjisinden yararlanarak ısıtma ve sıcak su ihtiyacının kısmen karşılanması durumunda, enerji tasarrufuna bağlı olarak elde edilen mali avantaja ilave olarak karbondioksit salınımının da % 40 oranında azalacağı belirtilmiştir. Bir konut için güneş enerjisi destekli ısıtma ve desikkant soğutma sistemi [6]'de Joudi ve Dhaidan tarafından incelenmiştir. Yine konut ısıtması için güneş enerjisi destekli ısı pompası uygulaması Trabzon'daki bir binada gerçekleştirilmiştir [7]. Güneş enerjisi destekli ısı pompası sisteminin performansı, simülasyonların yapılan deneysel sonuçlarla karşılaştırıldığı [8] de sunulmuştur. Ayrıca Elazığ'daki konutlar için güneş enerjisi destekli ısıtma sistemlerinin optimizasyonu ve ekseji analizi (ikinci kanun analizi) [9] de verilmiştir.

Güneş enerjisi kaynaklı ısıtma ve absorpsiyonlu soğutma sistemi uygulamalarının tanıtılması, çalışma prensibi, kullanımının önemi ve sistem performansına etki eden faktörleri ile farklı sistem tasarımı ve uygulama örnekleri [10] ve [11]'de detaylı olarak verilmiştir. Lityum bromür-su akışkan çifti kullanan güneş enerjisi kaynaklı tek kademeli absorpsiyonlu soğutma sisteminin deneysel uygulaması, 2003 yılının yaz dönemi için Madrid'de gerçekleştirilmiştir [12]. Lityum bromür-su akışkan çifti kullanan güneş enerjisi kaynaklı ısıtma-soğutma sistemleri üzerinde yapılan çalışmalar geniş olarak [13]'de verilmiştir. Güneş enerjili absorpsiyonlu sistemlerin simülasyonu [14], [15] ve [16]'de anlatılmıştır. Absorpsiyonlu soğutma sistemlerinin ikinci kanun analizleri ise [17], [18], [19] ve [20]'de verilmiştir.

Bu çalışmada, temiz ve yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisi destekli ısıtma uygulamasıyla Kayseri ilindeki elli yataklı bir otelin ısıtılması ve sıcak su ihtiyacının karşılanması incelenmiştir. Bu amaçla öncelikle Kayseri ili için güneş ışınımı ve meteorolojik veriler ile otelin ısıtma ve sıcak su ısı yük değerleri hesaplanarak sunulmuştur. Isıtma çevrimi için sıvı dolaşımli aktif güneş enerjili ısıtma sistemi kullanılmıştır. Ayrıca otelin sıcak su ihtiyacını karşılamak için güneş enerjili su ısıtma sistemi de

mevcuttur. Sistemin tesisat şeması verildikten sonra, kurulan bu sistemden ısı yüklerin karşılanmasında hangi oranlarda faydalandığı belirtilmiş ve faydalanma durumunun yıl içindeki dağılımı verilmiştir. Ayrıca sistemin yatırım maliyeti, karlılık durumu ve geri ödeme süresi bilgilerini içeren ekonomik analizi yapılmıştır.

## 2. GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ SICAK SU VE ISITMA TESİSATININ TASARIMI

Bu çalışmada Kayseri'deki 50 kişilik bir otelin sıcak su ve ısıtma ihtiyacı için gerekli olan enerjinin belirli bölümünü güneş enerjisinden karşılayacak bir tesisatının tasarımı yapılmıştır. Tesisat şeması Şekil 1'de görülmektedir.

Toplayıcı devresinde antifrizli-su dolaştırılmaktadır. Güneş enerjisini depolamada su kullanılmaktadır. Toplayıcı devresi ile ana depolama tankı arasında bir ısı değiştiricisi yer almaktadır. Bu ısı değiştiricisinde, toplayıcı devresinde dolaşan antifrizli-suyla, depolama tankındaki su ısıtılmaktadır.

Sıcak su tesisatına giden suyun güneş enerjisiyle ısıtılması, ana depolama tankı ile ön ısıtma tankı arasındaki bir ısı değiştiricisi vasıtasıyla olmaktadır. Bu ısı değiştiricisinde, güneş enerjisinin depolandığı ana depolama tankından gelen sıcak su ile, ön ısıtma tankından gelen su ısıtılmaktadır. Tesisatta sıcak su kullanımını olduğu zaman ön ısıtma tankındaki sıcak su kullanıma gönderilmektedir ve çekilen sıcak su miktarı kadar şebeke suyu ön ısıtma tankına girmektedir.

Yine güneş enerjisinin depolandığı ana depolama tankından gelen sıcak su ile bir başka ısı değiştiricisinde hava ısıtılmaktadır. Isıtılan hava bina ısıtmasında kullanılmaktadır.

Bina veya kullanım suyu ısıtmasında, güneş enerjisinin yeterli olmadığı durumlarda yardımcı ısıtıcılarla ek ısıtma yapılmaktadır.

Bu tesisat f-chart yönteminin[21], uygulanabileceği şekilde tasarlanmış standart bir sistemdir.

## Makale

### 2.1 Binanın Isıtma Yükü Hesabı

Otel binası 1 bodrum, 1 zemin ve 3 normal kat olmak üzere 5 kattan oluşmaktadır. Çatı katı düz teras şeklindedir. Kat alanı (15 m x 11m) 165 m<sup>2</sup>'dir. Yapı elemanlarının ısı geçiş katsayıları sırasıyla, dış duvar için 1.03 W/m<sup>2</sup>-K, çift camlı pencere için 2.6 W/m<sup>2</sup>-K, dış kapı için 4.0 W/m<sup>2</sup>-K, döşeme için 0.58 W/m<sup>2</sup>-K, tavan için 0.44 W/m<sup>2</sup>-K ve çatı için 3.1 W/m<sup>2</sup>-K'dir.

İç tasarım şartları kış için 20°C, alınmıştır Kayseri ili için, dış tasarım şartları kış için -15°C olarak göz önüne alınmıştır. Binanın ısıtma yükü, [22-25] no'lu referanslardaki bilgiler yardımıyla hesaplanmıştır. Buna göre binanın ısıtma yükü 79103 W olarak bulunmuştur.

### 2.2 Aylık Sıcak Su ve Aylık Bina Isıtma Isıl Yüklerinin Hesabı

Bu kısımdaki hesaplamalarda [26-31] no'lu kaynaklardan yararlanılmıştır. Kayseri ili için şebeke suyu sıcaklığı  $T_s$  [27], çevre sıcaklığı  $T_{cev}$  [32] ve güneye dönük 30° eğik düzleme gelen günlük toplam güneş ışıması değerleri  $H_T$  aşağıdaki Tablo 1'de verilmektedir.

Kayseri ilinde güneye dönük 30° eğik düzleme gelen günlük toplam güneş ışıması değerleri, [33] no'lu

kaynaktaki yatay düzleme gelen güneş ışıması değerleri ve [27] no'lu kaynaktaki eğik düzleme gelen ışıma ile ilgili amprik bağıntılar kullanılarak hesaplanmıştır. Aylık toplam güneş ışıması değerleri ise,  $n_i$  göz önüne alınan aydaki gün sayısı olmak üzere ( $H_T \cdot n_i$ ) şeklinde hesaplanmıştır.

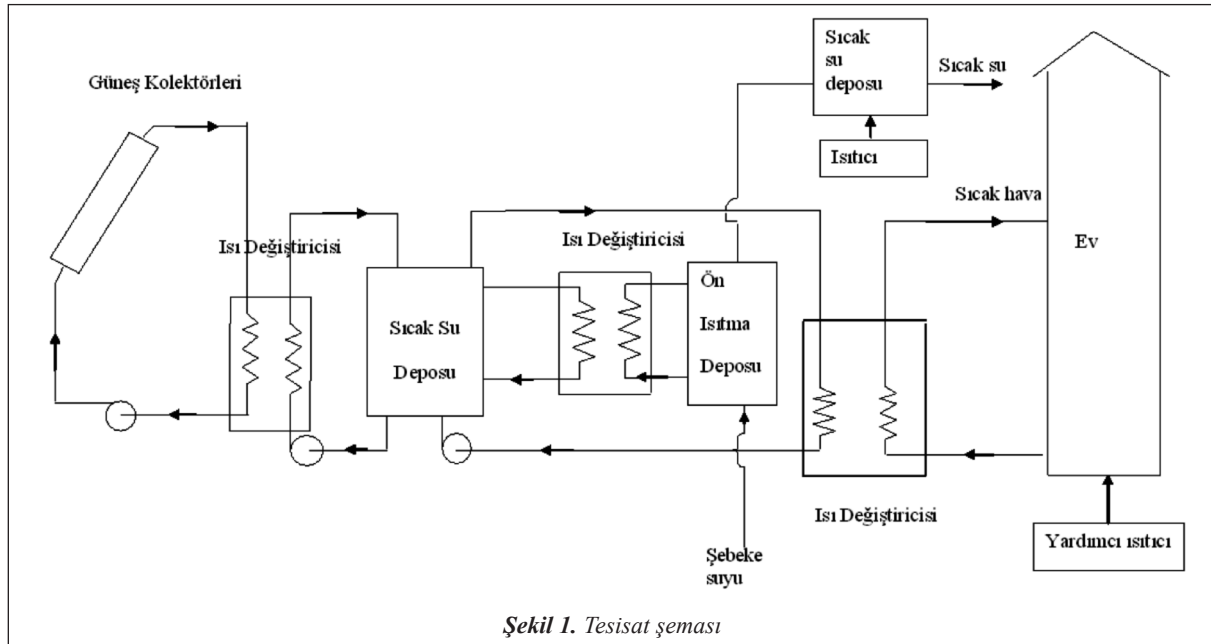
**Tablo 1. Kayseri için sıcaklıklar ve güneye dönük 30° eğik düzleme gelen toplam güneş ışıması değerleri**

Aylar	Gün sayısı $n_i$	$T_s$ (°C)	$T_{cev}$ (°C)	$H_T$ MJ/m <sup>2</sup> -gün	$H_T n_i$ MJ/m <sup>2</sup> -ay
Ocak	31	7.5	-1.8	10.5	326
Şubat	28	6.1	-0.2	13.2	370
Mart	31	7.0	4.6	16.6	515
Nisan	30	9.9	10.7	18.8	564
Mayıs	31	13.9	14.8	20.9	648
Haziran	30	18.0	18.8	22.8	684
Temmuz	31	21.3	22.4	24.6	763
Ağustos	31	23.2	21.7	25.0	775
Eylül	30	22.2	17.1	21.3	639
Ekim	31	18.2	11.3	17.5	543
Kasım	30	14.4	4.7	13.1	393
Aralık	31	10.4	0.1	11.3	350

Otelin günlük sıcak su ihtiyacı 3500 litre olarak belirlenmiş ve aylık sıcak su ısıl yükleri,

$$Q_{yi,ss} = m_y c_{p,su} (T_y - T_{si}) n_i \quad (1)$$

bağıntısı yardımıyla hesaplanmıştır. Burada  $Q_{yi,ss}$



**Şekil 1. Tesisat şeması**

aylık sıcak su ısı yükü,  $m_y$  günlük sıcak su ihtiyacı miktarı (3500 kg/gün),  $c_{p,su}$  suyun özgül ısısı (4.186 kJ/kg-C),  $T_y$  kullanım suyu sıcaklığı (50°C olarak alınmıştır) ve  $T_{yi}$  aylık ortalama günlük şebeke suyu sıcaklığıdır.

Bina için  $(UA)_n$  değeri Kısım 2.1'den yararlanılarak 2260 W/°C olarak belirlenmiş ve aylık ısıtma ısı yükleri,

$$Q_{yi,ısıtma} = (UA)_n(T_{iç} - T_{çev})n_i (24 \times 3600) \quad (2)$$

bağıntısı yardımıyla hesaplanmıştır.

Sıcak su ve bina ısıtması için olan aylık ısı yük değerleri Tablo 2'de verilmektedir.

### 2.3. Aylık Faydalanma Oranlarının Hesabı

f-chart yönteminin uygulanabileceği, Şekil 1'deki standart tip güneş enerjisi tesisatı [28] seçildiğinden, aylık güneş enerjisinden faydalanma oranları, f-chart yöntemi yaklaşımıyla hesaplanmıştır. f-chart yönteminde sıvılı tip sistemler için aylık faydalanma oranı [21],  $f_i$

$$f_i = 1.029Y - 0.065X - 0.245Y^2 + 0.0018X^2 + 0.0215Y^3 \quad (3)$$

denklemleriyle hesaplanmaktadır. X ve Y parametreleri aşağıdaki şekilde verilmektedir:

$$X = F_R U_L \times \frac{F'_R}{F_R} \times (T_{ref} - T_{çev}) \times \Delta t \times \frac{A_c}{Q_{yi}} \quad (4)$$

Tablo 2. Sıcak su ve bina ısıtması için aylık ısı yük değerleri

Aylar	Sıcak Su Isıl Yükü $Q_{yi,ss}$ (MJ/ay)	Isıtma Isıl Yükü $Q_{yi,ısıtma}$ (MJ/ay)	Toplam Isıl Yük $Q_{yi,toplam}$ (MJ/ay)
Ocak	19303	131959	151262
Şubat	18009	110441	128450
Mart	19530	93219	112749
Nisan	17625	54479	72104
Mayıs	16396	31477	47872
Haziran	14065	-	14065
Temmuz	13035	-	13035
Ağustos	12172	-	12172
Eylül	12219	-	12219
Ekim	14443	52663	67106
Kasım	15647	89626	105273
Aralık	17986	120458	138444
<b>Yıllık</b>	<b>190429</b>	<b>684322</b>	<b>874752</b>

$$Y = F_R(\tau\alpha)_n \times \frac{F'_R}{F_R} \times \frac{(\overline{\tau\alpha})}{(\tau\alpha)_n} H_T n_i \times \frac{A_c}{Q_{yi}} \quad (4)$$

Burada  $F_R$  toplayıcı ısı kazanç faktörü,  $F'_R/F_R$  ısı değiştiricisinin toplayıcı ısı kazanç faktörüne etkisi,  $U_L$  toplayıcı toplam ısı kayıp katsayısı (W/m<sup>2</sup>-C),  $\Delta t$  göz önüne alınan aydaki toplam saniye sayısı,  $T_{çev}$  aylık ortalama çevre sıcaklığı,  $T_{ref}$  formülde yer alan amprik olarak elde edilmiş referans sıcaklık (100°C),  $A_c$  toplam toplayıcı alanı (m<sup>2</sup>),  $Q_{yi}$  aylık toplam ısı yük (J),  $H_T$  toplayıcı üzerine gelen aylık ortalama günlük toplam güneş ışınımı (J/m<sup>2</sup>),  $n_i$  göz önüne alınan aydaki gün sayısı,  $(\tau\alpha)_n$  normal doğrultuda gelen güneş ışınımı için toplayıcı yutma geçirme çarpımı ve  $(\overline{\tau\alpha})$  aylık ortalama toplayıcı yutma-geçirme çarpımıdır.

Tesisatta düz toplayıcıların kullanıldığı ve binanın terasında ve bahçesinde güneşe dönük olarak 30° eğimle yerleştirildiği varsayılmıştır. Verim parametreleri,

$$F_R(\tau\alpha)_n = 0.72, \quad F_R U_L = 4.5 \text{ W/m}^2\text{-C}$$

olan 1.9 m<sup>2</sup>'lik seçici yüzeyli düz-toplayıcılar göz önüne alınmıştır.

Ayrıca, hesaplarda, ısı değiştirici etkenliği 0.7,

$$\frac{F'_R}{F_R} = 0.96, \quad \frac{(\overline{\tau\alpha})}{(\tau\alpha)_n} = 0.94, \quad \frac{V_t}{A_c} = 75 \text{ litre/m}^2 \quad (4)$$

alınmıştır. Burada,  $V_t$  depo hacmidir.

Toplayıcı devresinde birim toplayıcı alanı başına 50 kg/h-m<sup>2</sup> debide antifrizli-su ( $c_p=3.64$  kJ/kg-C) dolaştırıldığı kabul edilmiştir. Güneş toplayıcıları ile güneş enerjisi depolama tankı arasında yer alan ısı değiştiricinden geçen suyun debisi ise birim toplayıcı alanı başına 100 kg/h-m<sup>2</sup> olarak alınmıştır.

Toplayıcı alanı  $A_c=128$  m<sup>2</sup> için f-chart yöntemiyle hesaplanan aylık faydalanma oranları  $f_i$ , Tablo 3'de verilmektedir.  $y_i$ , aylık ısı yükün ( $Q_{yi}$ ) yıllık ısı yüküne ( $Q_y$ ) oranıdır. X ve Y ise f-chart yönteminde kullanılan parametrelerdir.

**Makale****Tablo 3. Aylık faydalanma oranları ( $f_i$ )**

Aylar	$y_i$	X	Y	$f_i$	$f_i y_i$
Ocak	0.1729	1.00	0.179	0.114	0.0197
Şubat	0.1468	1.05	0.240	0.167	0.0245
Mart	0.1289	1.26	0.381	0.279	0.0359
Nisan	0.0824	1.78	0.652	0.463	0.0382
Mayıs	0.0547	2.64	1.129	0.721	0.0395
Haziran	0.0161	8.30	4.057	1.000	0.0161
Temmuz	0.0149	8.84	4.880	1.000	0.0149
Ağustos	0.0139	9.56	5.311	1.000	0.0139
Eylül	0.0140	9.75	4.362	1.000	0.0140
Ekim	0.0767	1.96	0.674	0.468	0.0359
Kasım	0.1203	1.30	0.311	0.216	0.0260
Aralık	0.1583	1.07	0.211	0.139	0.0220

Yıllık faydalanma oranı,  $f$

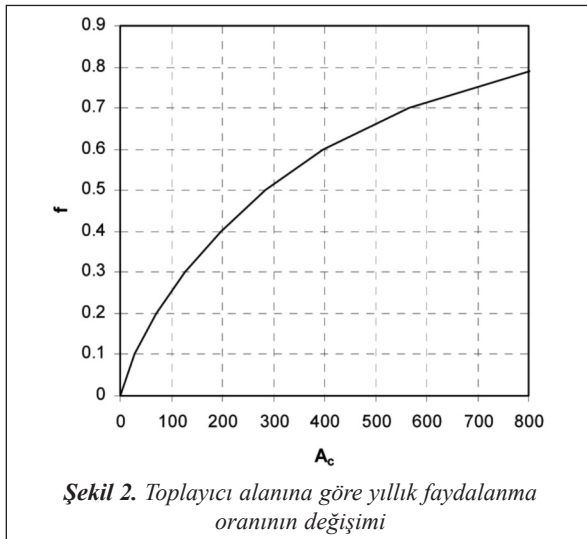
$$f = \sum f_i y_i \quad (6)$$

bağıntısı yardımıyla hesaplanmıştır. Yıllık faydalanma oranı,  $f = 0.30$  için,  $A_c = 128 \text{ m}^2$  olarak bulunmuştur.

Benzer hesaplamalar farklı faydalanma oranları için yapılmış ve 0.1, 0.2, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8 faydalanma oranı değerleri için, toplayıcı alanı değerleri sırasıyla  $28 \text{ m}^2$ ,  $70 \text{ m}^2$ ,  $196 \text{ m}^2$ ,  $284 \text{ m}^2$ ,  $398 \text{ m}^2$ ,  $566 \text{ m}^2$ ,  $826 \text{ m}^2$  olarak bulunmuştur. Toplayıcı alanına göre yıllık faydalanma oranının değişimi Şekil 2'de verilmektedir.

**2.4. Güneş Enerjisi Tesisatının Geri Ödeme Süresi**

Yıllık faydalanma oranı %30 seçildiğinde,  $f$ -chart yöntemiyle  $128 \text{ m}^2$ 'lik toplam toplayıcı alanı hesap-



**Şekil 2.** Toplayıcı alanına göre yıllık faydalanma oranının değişimi

lanmıştır. Bu durumda  $1.9 \text{ m}^2$ 'lik toplayıcılardan yaklaşık 68 adet gereklidir.  $1.9 \text{ m}^2$ 'lik toplayıcı maliyetinin 700 TL olduğu kabul edilirse toplam toplayıcı maliyeti 47600 TL olacaktır. Güneş enerjisi tesisatındaki toplayıcı ve diğer elemanların tahmini maliyeti Tablo 4'de verilmektedir.

**Tablo 4. Güneş Enerjisi Tesisatındaki Elemanların Tahmini Fiyatları**

	Adet	Birim Maliyet (TL)	Toplam Maliyet (TL)
Toplayıcı	68	700	47600
Boylar (4500 litre)	2	10000	20000
Isı Değiştiricisi	3	1500	4500
Genleşme Tankı			5000
Pompalar			1500
Vanalar	Muh.		1000
Ek ısıtıcı			3000
Diğer			8200
<b>TOPLAM</b>			<b>90800</b>

Binanın yıllık ısı enerji ihtiyacının %30'unu karşılayacak, ısıtma+sıcak su amaçlı güneş enerjisi tesisatının toplam maliyeti 90800 TL olarak bulunmuştur.

Güneş enerjisi tesisatının kurulu olması halinde kazanda yakıttan belirli oranda tasarruf sağlanacaktır. Otelin yıllık ısı ihtiyacı Kısım 2.2'de  $Q_y = 874.8 \text{ GJ}$  olarak bulunmuştur. Buna göre otelin yıllık ısı enerji gereksiniminin %30'u ( $fQ_y = 262.8 \text{ GJ}$ ) güneş enerjisi tesisatından, geriye kalan  $612 \text{ GJ}$ 'lük bölümü ise kazan destekli yardımcı ısıtıcıdan karşılanacaktır.

Yakıt olarak fuel-oil 4 (kalorifer yakıtı) ve doğal gaz kullanım halleri için geri ödeme süreleri ayrı ayrı hesaplanarak karşılaştırma yapılmıştır.

Kayseri'de Fuel-oil 4 yakıtının birim fiyatı  $1.8 \text{ TL/kg}$  [34] olarak göz önüne alınmıştır. Alt ısı değeri  $9700 \text{ kcal/kg}$ , verim %81 alınırsa Fuel-oil 4 yakıtının birim enerji maliyeti  $54.7 \text{ TL/GJ}$  olmaktadır. Son beş yıldaki yakıt fiyatları [35] göz önüne alınarak Fuel-oil 4 yakıtındaki tahmini yıllık fiyat artışının %15 olacağı kabul edilecektir.

Kayseri'deki doğal gazın birim fiyatı 0.638854 TL/m<sup>3</sup> [36] veya birim enerji maliyeti 16.7 TL/GJ olarak göz önüne alınacaktır. Doğal gazdaki tahmini yıllık fiyat artışının da %18 olduğu kabul edilecektir.

Ek ısıtma için kazandan sağlanan ısı enerjisinin yıllık maliyeti fuel-oil 4 kalorifer yakıtının kullanılması halinde 612x54.7=33476 TL; doğal gaz kullanılması halinde ise 612x16.7=10220 TL olmaktadır. Burada, pompa ve kontrol elemanlarının yıllık elektrik maliyeti yaklaşık olarak 200 TL olarak belirlenmiştir. Buna göre güneş enerjisi tesisatının ilk yıl için toplam maliyeti fuel-oil 4 yakıtı kullanılması halinde  $C_s=124476$  TL; doğal gaz kullanılması halinde  $C_s=101220$  TL olarak hesaplanmıştır.

Buna göre otelin yıllık ısı enerjisi ihtiyacının %30'unu karşılayacak güneş enerjisi tesisatının geri ödeme süresi

$$N_p = \frac{\ln \left[ \frac{C_s i_F}{f Q_y C_{F1}} + 1 \right]}{\ln(1 + i_F)} \quad (7)$$

formülü [28] yardımıyla, yakıt olarak fuel-oil 4 kullanılması halinde 6 yıl; doğal gaz kullanılması halinde ise 9.9 yıl olarak bulunmuştur.

Burada,  $N_p$  geri ödeme süresi,  $C_s$  güneş enerjisi tesisatının toplam (ilk yatırım) maliyeti (TL),  $i_F$  yakıt fiyatındaki enflasyon oranı,  $f$  güneş enerjisinden yıllık faydalanma oranı,  $Q_y$  yıllık toplam ısı yük (GJ),  $C_{F1}$  yakıtın birim enerji maliyeti (TL/GJ) dir.

### 3. SONUÇ

Bu çalışmada temiz ve yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisi destekli sıcak su ve ısıtma uygulamasıyla Kayseri ilindeki elli yataklı bir otelin ısıtılması ve sıcak su gereksiniminin karşılanması incelenmiştir. Bu amaçla öncelikle Kayseri ili için güneş ışınımı ve meteorolojik veriler ile otelin ısıtma ve sıcak su ısı yük değerleri hesaplanarak sunulmuştur. Isıtma çevrimi için sıvı dolaşımli aktif güneş enerjili ısıtma sistemi tasarlanmıştır. Otelin sıcak su gereksi-

nimini karşılayan güneş enerjili su ısıtma sistemi de bu sistemin yanında yer almaktadır. Yıllık faydalanma oranı %30 seçildiğinde, toplam toplayıcı alanı 128 m<sup>2</sup> hesaplanmıştır. Bu durumda 1.9 m<sup>2</sup>'lik toplayıcılardan 68 adet gereklidir.

Ayrıca otel binasının yıllık ısı enerjisi ihtiyacının %30'unu güneş enerjisinden karşılayacak güneş enerjisi tesisatının toplam maliyeti 90800 TL ve geri ödeme süresi fuel-oil 4 yakıtı kullanılması halinde yaklaşık 6 yıl, doğal gaz yakıtı kullanılması halinde ise yaklaşık 10 yıl olarak bulunmuştur.

### TEŞEKKÜR

Yazarlar, hakemin makalenin geliştirilmesi yönünde belirttiği yapıcı fikirleri için teşekkür ederler.

### SEMBOLLER

- $A$  Alan, m<sup>2</sup>
- $A_c$  Toplayıcı alanı, m<sup>2</sup>
- $N_p$  Geri ödeme süresi, yıl
- $C_s$  Güneş enerjisi tesisatının toplam (ilk yatırım) maliyeti, TL
- $C_{F1}$  Yakıtın birim enerji maliyeti, TL/GJ
- $c_p$  Özgül ısı, kJ/kg-°C
- $c_{p,su}$  Suyun özgül ısısı, kJ/kg-°C
- $F_R$  Toplayıcı ısı kazanç faktörü
- $f$  Güneş enerjisinden yıllık faydalanma oranı
- $f_i$  Güneş enerjisinden aylık faydalanma oranı
- $m_y$  Günlük sıcak su ihtiyacı miktarı, kg/gün
- $H_T$  Eğik düzleme gelen günlük toplam güneş ışınımı, MJ/m<sup>2</sup>-gün
- $V_t$  Depo hacmi, m<sup>3</sup>
- $Q_y$  Yıllık ısı yük, GJ
- $Q_{yi}$  Aylık ısı yük, GJ
- $T$  Sıcaklık
- $T_{\text{cev}}$  Çevre sıcaklığı, °C
- $T_{\text{dış}}$  Dış ortam sıcaklığı, °C
- $T_{\text{iç}}$  İç ortam sıcaklığı, °C
- $T_{yi}$  Aylık ortalama günlük şebeke suyu sıcaklığı, °C
- $T_y$  Kullanım suyu sıcaklığı, °C
- $U$  Toplam ısı kayıp katsayısı, W/m<sup>2</sup>-C
- $U_L$  Toplayıcı toplam ısı kayıp katsayısı, W/m<sup>2</sup>-C

**Makale****KAYNAKLAR**

- [1] Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, www.eie.gov.tr
- [2] Weiss, W. (Editör), Solar heating systems for houses: a design handbook for solar combisystems, London : James & James, 2003
- [3] Peuser, F. A., Remmers, K. H., Schnauss, M., Solar thermal systems: successful planning and construction, Berlin: Solarpraxis, 2002
- [4] Diaz, J. M., Castano, M. F. ve Gonzalez, A. G., Case study. Five year operation of a solar heating and domestic hot water installation in Madrid (Spain). Statistical study, Renewable Energy, vol.5, 492-494, 1994.
- [5] Argiriou, A., Klitsikas, N., C.A. Balaras, C. A., Asimakopou, D. N., Active solar space heating of residential buildings in northern Hellas—a case study, Energy and Buildings, vol. 26, 215-221, 1997.
- [6] Joudi, K. A. ve Dhaidan N. S., Application of solar assisted heating and desiccant cooling systems for domestic building, Energy Conversion and Management, vol. 42, 995-1022, 2001.
- [7] Kaygusuz, K., Gültekin, N. ve Ayhan, T., Solar-assisted heat pump and energy storage for domestic heating in Turkey, Energy Conversion and Management, vol. 34, 335-346, 1993.
- [8] Kaygusuz, K., Performance of solar-assisted heat pump systems, Applied Energy, vol. 51, 93-109, 1995.
- [9] Ucar, A. ve İnallı, M., Exergoeconomic analysis and optimisation of solar-assisted heating system for residential buildings, Building and Environment, vol. 41, 1551-1556, 2006.
- [10] Pastakkaya, B., Ünlü, K. ve Yamankaradeniz, R., Isıtma ve soğutma uygulamalarında güneş enerjisi kaynaklı absorpsiyonlu sistemler, TTMD Dergisi, 57, 25-32, 2008.
- [11] Yamankaradeniz, R., Horuz, İ. ve Coşkun, S., Soğutma tekniği ve uygulamaları, Vipaş A.Ş., Bursa, 2002.
- [12] Syed, A., Izquierdo, M., Rodriguez, P., Maidment, G., Missenden, J., Lecuona, A. ve Tozer, R., A novel experimental investigation of a solar cooling system in Madrid, International Journal of Refrigeration, vol. 28, 859-871, 2005.
- [13] Li, Z. F. ve Sumathy, K., Technology development in the solar absorption air-conditioning systems, Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 4, 267-293, 2000.
- [14] Butz, L. W., Beckman, W. A. ve Duffie, J. A., Simulation of a solar heating and cooling system, Solar Energy, vol. 16, 129-136, 1974.
- [15] Eğrican, N. ve Yigit, A. Simulation of an absorption cooling system, Energy, vol. 17, 593-600, 1992.
- [16] Li, Z. F. ve Sumathy, K., Simulation of a solar absorption air conditioning system, Energy Conversion and Management, vol. 42, 313-327, 2001.
- [17] Eğrican, N., The second law analysis of absorption cooling cycles, Heat Recovery Systems and CHP, vol. 8, 549-558, 1988.
- [18] Karakaş, A., Eğrican, N. ve Uygur, S., Second law analysis of solar absorption-cooling cycles using lithium bromide/water and ammonia/water as working fluids, Applied Energy, vol. 37, 169-187, 1990.
- [19] Kaynaklı, O. ve Yamankaradeniz, R., Thermodynamic analysis of absorption refrigeration system based on entropy generation, Current Science, vol. 92, 472-479, 2007.
- [20] Kılıç, M. ve Kaynaklı, O., Second law based thermodynamic analysis of water-lithium bromide absorption refrigeration system, Energy, vol. 32, 1505-1512, 2007.
- [21] Klein, S. A., Beckman ve Duffie, J. A., A Design Procedure for Solar Heating Systems, Solar Energy, vol. 18, 113-127, 1976.
- [22] ASHRAE Temel El Kitabı (Fundamentals), Editör O.F. Genceli, Tesisat Mühendisleri Derneği, 1996.
- [23] Carrier Hava Koşullandırma Sistem Tasarımı, Cilt 1, Alarko Yayınları, 2004.
- [24] Karakoç, T. H., KTH Kalorifer Tesisatı Hesabı, Demirdöküm Teknik Yayınları, 2006.
- [25] Genceli, O., F., Isıtma, Havalandırma ve

- İklimlendirme Yardımcı Tablolar, İ.T.Ü. Makina Fakültesi Ofset Atölyesi, 1995.
- [26] Kılıç, A. ve Öztürk, A., Güneş Işınımı ve Düz Toplayıcılar, SEGEM, 1984.
- [27] Kılıç, A. ve Öztürk, A., Güneş Enerjisi, Kipaş Dağıtımçılık, 1983.
- [28] Duffie, J. A. ve Beckman, W. A., Solar Engineering of Thermal Processes, John Wiley&Sons, Inc., 1991.
- [29] Goswami, D. Y., Kreith, F. ve Kreider, J. F., Principles of Solar Engineering, Taylor&Francis, 2000.
- [30] ASHRAE, Active Solar Heating Systems Design Manual, 1988.
- [31] SERI (Solar Energy Research Institute), Engineering Principles and Concepts for Active Solar Systems, Hemisphere Publishing Corporation, 1988.
- [32] Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, www.dmi.gov.tr
- [33] EİE, Türkiye Güneş Işınımı ve Güneşlenme Süresi Değerleri, Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Mayıs 2001.
- [34] T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, www.epdk.org.tr
- [35] Doğalgaz Dergisi, www.dogalgaz.com.tr
- [36] Kayserigaz, www.kayserigaz.com.tr