

# Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerindeki Güneş Isıtma Sistemlerinin Ekonomikliğinin İncelenmesi

Meral ÖZEL\*

Gökhan KAHRAMAN

Kazım PIHTILI

## Özet

*Bu çalışmada, Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerindeki bazı iller için güneş enerjisi takviyeli ısıtma sistemlerinde ekonomik analiz yapılarak sistemin geri ödeme süreleri sayısal olarak araştırılmıştır. Bu amaçla, Elazığ, Malatya, Diyarbakır, Şanlıurfa, Bingöl, Erzurum ve Van illerinde kolektör alanına bağlı olarak geri ödeme süreleri Matlab' da hazırlanmış bir bilgisayar programı ile hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar grafikler halinde gösterilerek sonuçlar yorumlanmıştır.*

**Anahtar Kelimeler:** Güneş Enerjisi, Isıtma Sistemi, Ekonomik Analiz

## 1. GİRİŞ

Günümüzde enerji ihtiyacının büyük bir kısmı fosil kökenli yakıtlardan karşılanmaktadır. Bu yakıtların sınırlı rezervlere sahip olmaları ve çevreye vermiş oldukları zararları nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasına yönelik araştırmaları yoğunlaştırmaktadır. Bu kaynaklar içerisinde yer alan güneş enerjisinin kullanım alanı oldukça geniştir. Çevresel açıdan temiz bir enerji kaynağı olan güneş enerjisi, potansiyel olarak tüm dünyanın enerji talebini karşılayacak kadar büyüktür. Ancak, ilk yatırım maliyetinin yüksek olması ve güneşin olmadığı zamanlarda sistemin çalışmasının ke-

sintiye uğraması gibi nedenlerden dolayı yaygın kullanımı engellenmektedir. Buna rağmen, fosil yakıtların neden olduğu çevre kirliliği ve diğer maliyetler göz önünde bulundurulursa güneş enerjisinden faydalanmak yararımıza olacaktır. Bilindiği gibi güneş ısıtma sistemlerinin kullanımı oldukça fazladır. Bu konuda yapılan çalışmalar incelendiği zaman, Ünsal [1], güneş enerjisi takviyeli bina ısıtmasında yararlı güneş enerjisi miktarını Gaziantep ili için hesaplamıştır. Aynı yazının bir diğer çalışmasında, güneş enerjisi takviyeli ısıtma sistemlerinin ekonomik olabilirliklerinin kolaylıkla hesaplanabilmeleri için basit formüller vererek iki örnekle-

\* Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü - ELAZIĞ.

açıklamıştır [2]. Klein vd. [3], evler için ortam ısıtma ve su ısıtma sistemlerinin tasarımı ile ilgili olarak güneş ile ısıtma sistemlerinin uzun süreli ısıl performansını ifade eden bir simülasyon modelini açıklamışlardır. Furbo ve Jivan [4], güneş ısıtma sistemlerinin ısıl performansını ve güneş kolektörlerinin verimini, antireflekter yüzey ile kaplı camın nasıl artırdığını göstermişlerdir. Yaptıkları deneylerde antireflekter yüzey ile kaplı camın normal cama göre %5-9 arasında daha fazla geçiş yutma sayısına sahip olduğunu saptamışlardır. Keyanpour-Rad vd. [5] İran'ın farklı iklim bölgelerinde seçilen şehirlerdeki bazı binalar için güneş ısıtma sistemlerinin kullanımının ekonomik olarak mümkünlüğünü araştırmışlardır.

Bu çalışmada ise Elazığ, Malatya, Diyarbakır, Şanlıurfa, Bingöl, Erzurum ve Van illerinde güneş enerjisi takviyeli ısıtma sistemleri için ekonomik analiz yapılmıştır. Kolektör alanlarına bağlı olarak sistemin geri ödeme süreleri sayısal olarak araştırılmış ve minimum geri ödeme sürelerine karşılık gelen kolektör alanları tespit edilmiştir.

## 2. GÜNEŞ ENERJİSİ TAKVİYELİ ISITMA SİSTEMİ

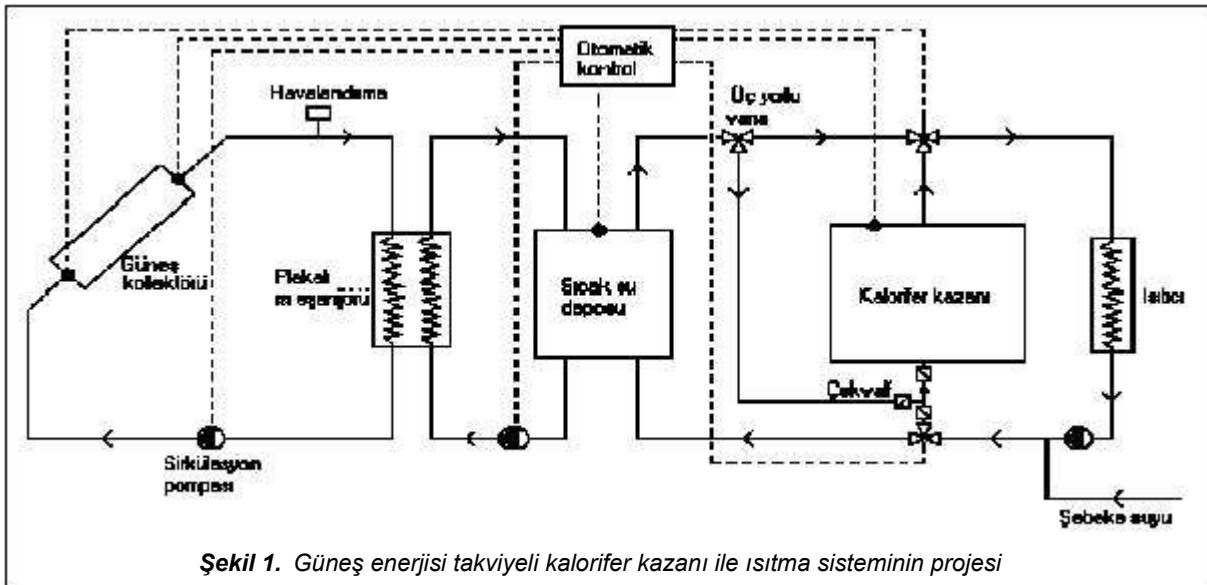
Yeryüzüne düşen güneş ışınımı potansiyeli oldukça fazla olup, yeryüzünün birçok bölgesinde güneş enerjisi faydalı enerjiye dönüştürülebilir. Ancak güneşin olduğu zamanlarda sistemin çalışmasının kesintiye

uğramaması için güneş enerjisi sistemi fosil yakıtlarla karma olarak kullanılmaktadır. Bu amaçla oluşturulan güneş enerjisi destekli kalorifer kazanı ile ısıtma sistemi Şekil 1'de görülmektedir [6].

Sistem otomatik kontrol ile çalıştırılmakta olup güneş enerjisi tarafından ısıtılan su sıcaklığı kalorifer kazanı gidiş suyu sıcaklığından fazla veya eşit ise güneş enerjisi sistemi tek başına ısıtma yapmaktadır. Güneş enerjisi tarafından ısıtılan su kalorifer kazanı gidiş suyu sıcaklığından düşük fakat dönüş suyu sıcaklığından yüksek ise güneş enerjisinden gelen su kalorifer kazanına takviye yaparak kalorifer kazanının verimini yükseltmektedir. Eğer güneş enerjisi sisteminden gelen sıcak su kalorifer kazanı dönüş suyu sıcaklığından düşük ise direkt kalorifer kazanı devreye girerek ısıtma yapmaktadır.

### 2.1. EKONOMİK ANALİZ

Herhangi bir enerji dönüşüm sisteminde, yatırım yaparken ekonomik açıdan düşünülmesi gereken en önemli şey, yapılacak ilk yatırım maliyetinin sistemin ekonomik ömrü boyunca kaç yılda geri ödeneceğidir. Güneş enerjisini faydalı enerjiye dönüştüren sistemlerde ise verilecek yatırım kararına etki eden en önemli parametre, sistemin ekonomik ömrü boyunca yakıttan elde edilen parasal tasarrufun sistemin ilk yatırım maliyeti ile karşılaştırıldığında yapılan yatırım miktarını karşılayıp karşılamayacağı durumudur. Eğer sistemin kurulu



Şekil 1. Güneş enerjisi takviyeli kalorifer kazanı ile ısıtma sisteminin projesi

şunda yapılacak ilk yatırım maliyeti, sistemin ekonomik ömrü boyunca sağlanan yakıt tasarrufu ile karşılanabilir. Eğer, o zaman kullanılan bu sisteme ekonomiktir diyebiliriz.

Faydalı güneş enerjisi elde etmek için kullanılan sistemin geri ödeme süresi aşağıdaki bağıntı yardımıyla hesaplanmaktadır [8]:

$$N_p = \frac{\ln \left[ \frac{C_S \cdot I_F}{F_Y \cdot Q \cdot C} + 1 \right]}{\ln(1 + I_F)} \quad (1)$$

Burada  $N_p$  Geri ödeme süresi,  $I_F$  Enflasyon oranı,  $C_F1$  Yakıt fiyatı ve  $F_Y$  ise bir yıldaki güneşten faydalanma oranı olup aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$F_Y = \frac{Q \cdot f}{Q} \quad (2)$$

Burada  $Q$  binanın yıllık ısı kaybı olup TS 825 standardına göre hesaplanmıştır [7].  $f$  ise güneş enerjisinin aylık faydalanma oranı olup  $f$  Grafik yöntemi ile hesaplanmıştır [8,9]. Sistemin ilk yatırım maliyeti ise aşağıdaki gibidir:

$$C_S = C_A \cdot A_C + C_E \quad (3)$$

Burada  $C_A$  alana bağlı maliyet,  $A_C$  kolektör alanı ve  $C_E$  ise alandan bağımsız maliyet olup,  $C_E =$  Depo maliyeti + Sabit maliyet olarak hesaplanmaktadır. Güneş enerjisinden faydalanılarak sistemin kullanım ömrü boyunca elde edilen parasal kazanç ise aşağıdaki şekildedir [8]:

$$PWF(N_S, I_F) = N_S(1 + I_F) \quad (4)$$

Denklem (4) şimdiki değer faktörü (present worth factor) olarak bilinmektedir. Burada  $N_S$  sistemin kullanım ömrü olup 20 yıl olarak alınmaktadır [8]. Şimdiki değer faktörü ile yakıttan her yıl elde edilen parasal tasarruf çarpılarak sistemin kullanım ömrü boyunca güneş enerjisinden elde edilen parasal tasarruf aşağıdaki

bağıntı yardımıyla hesaplanmaktadır.

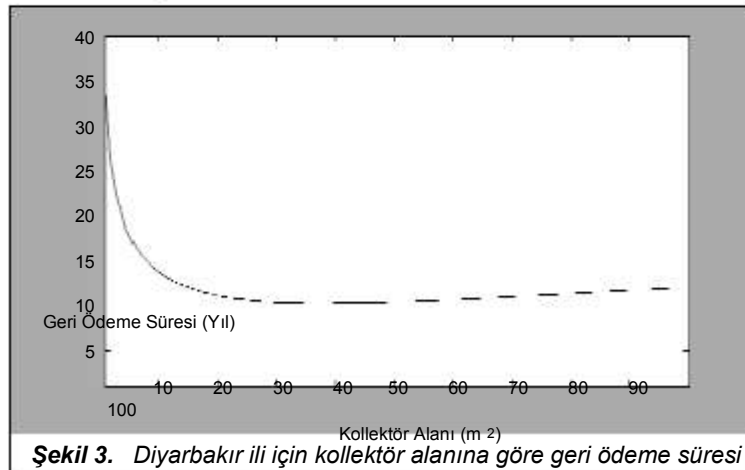
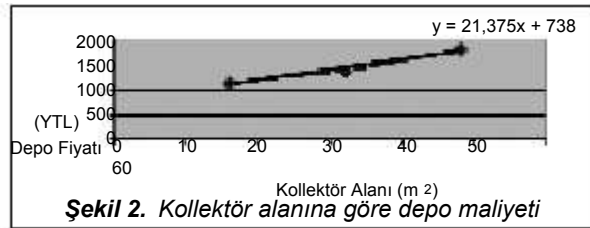
$$C_{S1} = F_Y \cdot Q \cdot C_{F1} \cdot PWF(N_S, I_F) \quad (5)$$

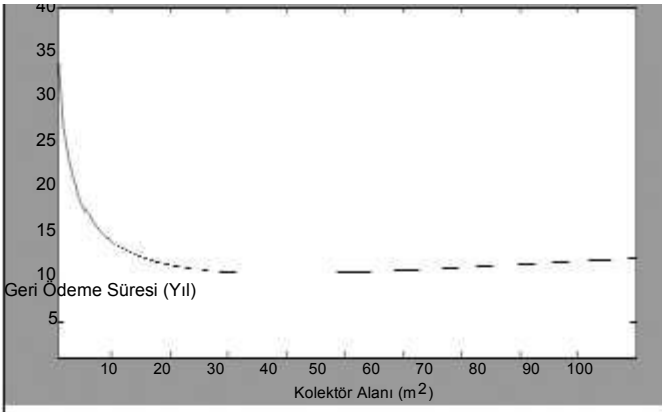
### 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgesinde yer alan Elazığ, Malatya, Diyarbakır, Şanlıurfa, Bingöl, Erzurum ve Van illerinde güneş enerjisi takviyeli ısıtma sistemleri için, ekonomik analiz yapılmıştır. Bu analizde, 1 m<sup>2</sup> bakır panelli kolektör fiyatı  $C_A = 55$  YTL, Şekil 1'de görülen plakalı ısı eşanjörü, sirkülasyon pompası vs. gibi sabit maliyetler 6285 YTL olarak kabul edilmiştir. Deponun maliyeti kolektör alanına göre Şekil 2'de görülmektedir. Enflasyon oranı,  $I_F = 0.08$ , yakıt fiyatı ise 22.4 YTL /GJ olarak alınmıştır [10].

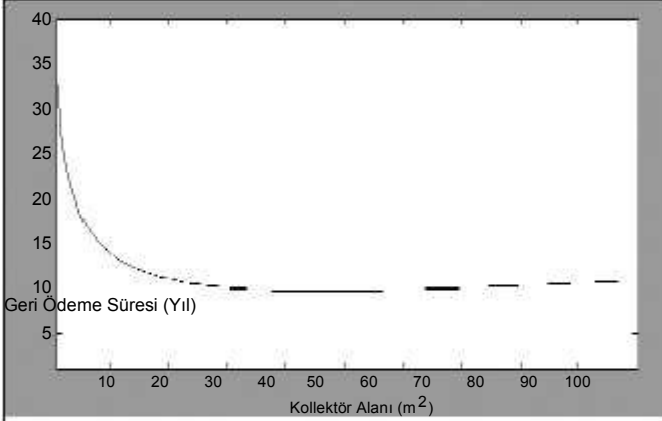
Bu kabuller doğrultusunda kolektör alanı 1 m<sup>2</sup>'den 100 m<sup>2</sup> ye kadar artırılarak, kolektör alanlarına bağlı olarak sistemin geri ödeme süreleri Matlab'da hazırlanan bir program ile sayısal olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda her bir il için grafikler halinde gösterilmiştir.

Şekil 3'te görüldüğü gibi Diyarbakır ilinde minimum geri ödeme süresi için 37 m<sup>2</sup> kolektör alanı kullanarak geri ödeme süresi 10.2311 yıl olarak tespit edilmiştir. 37 m<sup>2</sup> kolektör alanı kullanarak sistemin 20 yıllık kullanım

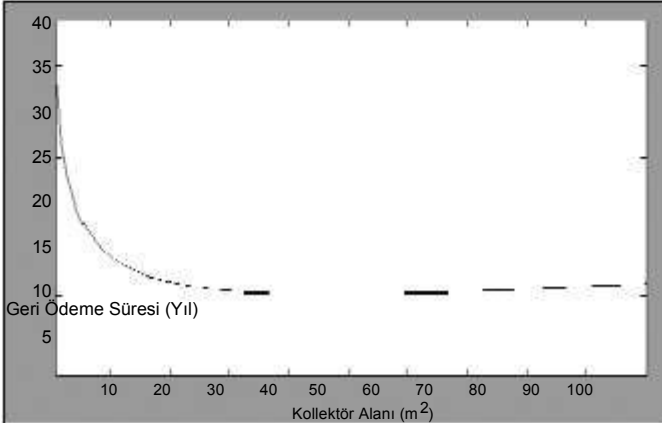




Şekil 4. Şanlıurfa ili için kollektör alanına göre geri ödeme süresi



Şekil 5. Bingöl ili için kollektör alanına göre geri ödeme süresi



Şekil 6. Elazığ ili için kollektör alanına göre geri ödeme süresi

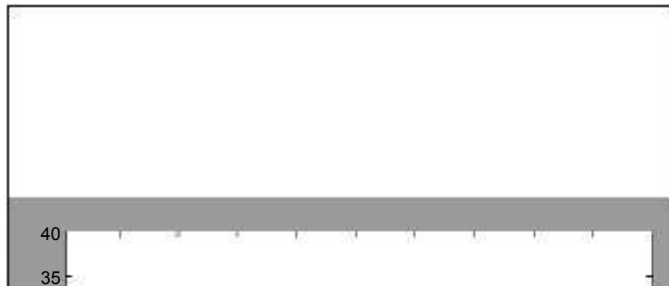
süresi boyunca 14211 YTL parasal tasarruf yapılmaktadır. Şekil 4' te görüldüğü gibi Şanlıurfa ilinde minimum geri ödeme süresi için 38 m<sup>2</sup> kollektör alanı kullanarak geri ödeme süresi 10.3652 yıl olarak tespit edilmiştir. 38 m<sup>2</sup> kollektör alanı kullanarak sistemin 20 yıllık kullanım süresi boyunca 14054 YTL parasal tasarruf yapıl

resi için 46 m<sup>2</sup> kollektör alanı kullanarak geri ödeme süresi 9.8071 yıl olarak tespit edilmiştir (Şekil 5'te). 46 m<sup>2</sup> kollektör alanı kullanarak sistemin 20 yıllık kullanım süresi boyunca 16155 YTL parasal tasarruf yapılmaktadır.

Şekil 6'da görüldüğü gibi Elazığ ilinde minimum geri ödeme süresi için 46 m<sup>2</sup> kollektör alanı kullanarak geri ödeme süresi 10.0099 yıl olarak tespit edilmiştir. 46 m<sup>2</sup> kollektör alanı kullanarak sistemin 20 yıllık kullanım süresi boyunca 15690 YTL parasal tasarruf yapılmaktadır. Malatya ilinde minimum geri ödeme süresi için 44 m<sup>2</sup> kollektör alanı kullanarak geri ödeme süresi 9.5869 yıl olarak tespit edilmiştir (Şekil 7). 44 m<sup>2</sup> kollektör alanı kullanarak sistemin 20 yıllık kullanım süresi boyunca 16442 YTL parasal tasarruf yapılmaktadır. Şekil 8'de görüldüğü gibi Erzurum ilinde minimum geri ödeme süresi için 46 m<sup>2</sup> kollektör alanı kullanarak geri ödeme süresi 7.2516 yıl olarak tespit edilmiştir. 46 m<sup>2</sup> kollektör alanı kullanarak sistemin 20 yıllık kullanım süresi boyunca 24365 YTL parasal tasarruf yapılmaktadır.

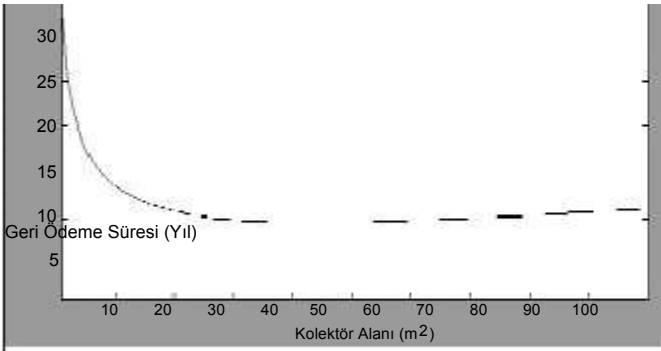
Son olarak Şekil 9'da görüldüğü gibi Van ilinde minimum geri ödeme süresi için 39 m<sup>2</sup> kollektör alanı kullanarak geri ödeme süresi 6.5501 yıl olarak tespit edilmiştir. 39 m<sup>2</sup> kollektör alanı kullanarak sistemin 20 yıllık kullanım süresi boyunca 26370 YTL parasal tasarruf yapılmaktadır.

Diyarbakır, Şanlıurfa, Bingöl, Elazığ, Malatya, Erzurum ve Van illeri için minimum geri ödeme sürelerine karşılık gelen kollektör alanları, yıllık güneşten faydalanma oranları ve ilk yatırım maliyetleri Tablo 1'de görülmektedir. Buradan görüldüğü gibi minimum geri ödeme süresine karşılık gelen kollektör alanı Diyarbakır' da 37 m<sup>2</sup> olup diğer illere göre en düşük kollektör alanına sahipken en yüksek kollektör alanları ise 46 m<sup>2</sup> ile Bingöl, Elazığ ve Erzurum illerinde elde edilmektedir. Elde edilen bu kollektör alanlarına göre en düşük geri ödeme süresi Van ilinde en fazlası ise Şanlıurfa ilinde edilmiştir.

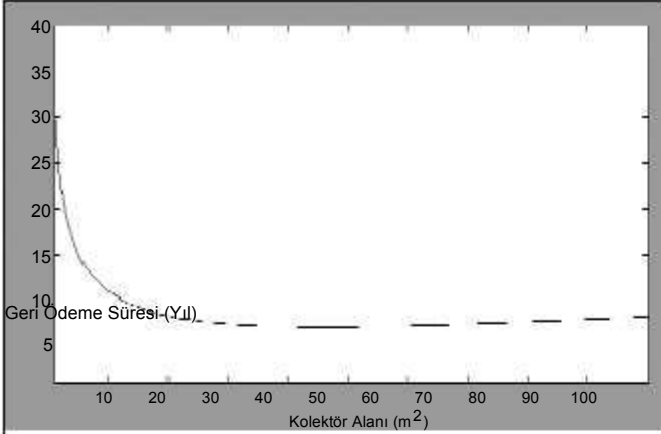


Tablo 1. İllerin yapılan ekonomik analize göre elde edilen verileri

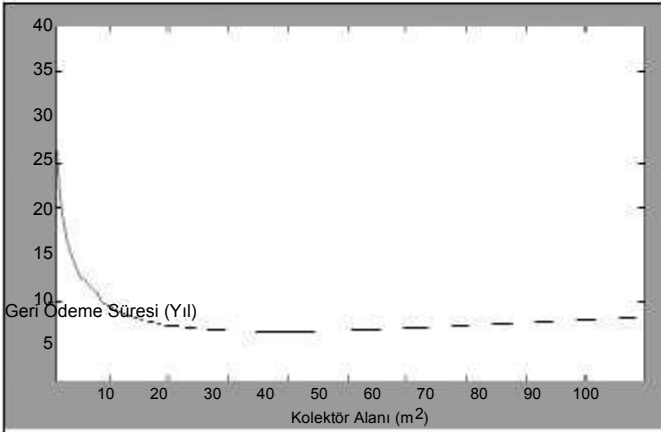
İl	Kollektör Alanı (m <sup>2</sup> )	Geri Ödeme Süresi (Yıl)	Yıllık Tasarruf (YTL)
Van	39	6.5501	26370
Erzurum	46	7.2516	24365
Malatya	44	9.5869	16442
Elazığ	46	10.0099	15690
Bingöl	46	9.8071	16155
Şanlıurfa	38	10.3652	14054
Diyarbakır	37	6.5501	26370



Şekil 7. Malatya ili için kolektör alanına göre geri ödeme süresi



Şekil 8. Erzurum ili için kolektör alanına göre geri ödeme süresi



Şekil 9 Van ili için kolektör alanına göre geri ödeme süresi

İller	$A_c$ (m <sup>2</sup> )	$\Gamma_Y$	$N_p$ (Yıl)	$\Sigma S$ (YTL)
Diyarbakır	37	0.8499	10.2311	9850
Şanlıurfa	38	0.8404	10.3652	9926
Bingöl	46	0.7991	9.8071	10538
Elazığ	46	0.7761	10.0099	10538
Malatya	44	0.8133	9.5869	10385
Erzurum	46	0.8496	7.2516	10538
Van	39	0.9195	6.5501	10003

#### KAYNAKLAR

- [1] Ünsal M., "Güneş enerjisi takviyeli bina ısıtılmasında yararlı enerjinin hesaplanması," Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, 3, 3, 29-33, 1981.
- [2] Ünsal M., "Güneş enerjisi takviyeli ısıtma sistemlerinin ekonomik olabilirliği üzerine", Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, 6, 1, 41-46, 1983.
- [3] Klein S.A., Beckman W.A. and Duffie J.A. A design procedure for solar heating systems, Solar Energy, 18, pp. 113-127, 1976.
- [4] Furbo S. and Jivan Shah L., "Thermal advantages for solar heating systems with a glass cover with antireflection surfaces", Solar Energy, 74, 513-523, 2003.
- [5] Keyanpour-Rad M., Haghighi H.R., Bahar F., Afshari E., "Feasibility study of the application of solar heating systems in Iran", Technical note, Renewable Energy 20, 333-345, 2000.
- [6] Dağsöz A.K., "Sıcak Sulu Kalorifer Tesisatı", Demirdöküm, 528s, 1998.
- [7] Karakoç H.T., "Uygulamalı TS 825 ve Kalorifer Tesisatı Hesabı", Anadolu Üniversitesi, 258s, 2001.
- [8] Duffie J.A. and Beckman W.A., "Solar Engineering of Thermal Processes", Newyork, pp. 485-505, 1991.
- [9] Taşdemiroğlu E., "Solar Energy Utilization: Technical and Economic Aspects", Ankara, pp.217-223, 1988.

[10] [www.bp.com.tr/ürünler-ve-servisler](http://www.bp.com.tr/ürünler-ve-servisler).