

## GÜNEŞLİ SU ISITICILARININ PROJELENDİRİLMESİ

Ümit Doğan Arıncı

Yıldız Üniversitesi Isı Tekniği Bilim Dalı

### Ö Z E T

Türkiyenin ortalama güneşlenme süresi 2640 h/yıl ve toplam güneş ışınımı şiddeti yıllık ortalaması  $290 \text{ W/m}^2$  dir. Bu kadar yüksek güneş enerjisi potansiyeli ile yurdumuz Avrupanın en şanslı ülkesi durumundadır.

Güneş enerjisinden düşük sıcaklıkta yararlanma alanlarının bir kısmında "Güneşli Su Isıtıcıları" gelmektedir. Ortalama güneşlenme süresi 1500 h/yıl olan Avrupa ülkelerinde güneşli su ısıtıcılarının kullanımı halka özendirilmekte ve mali destek sağlamaktadır.

Bu tebliğde güneşli su ısıtıcılarının ön projelendirilmesi ile ilgili temel bilgiler verilmiş ve konu bir örnekle açıklanmıştır.

### G İ R İ Ő

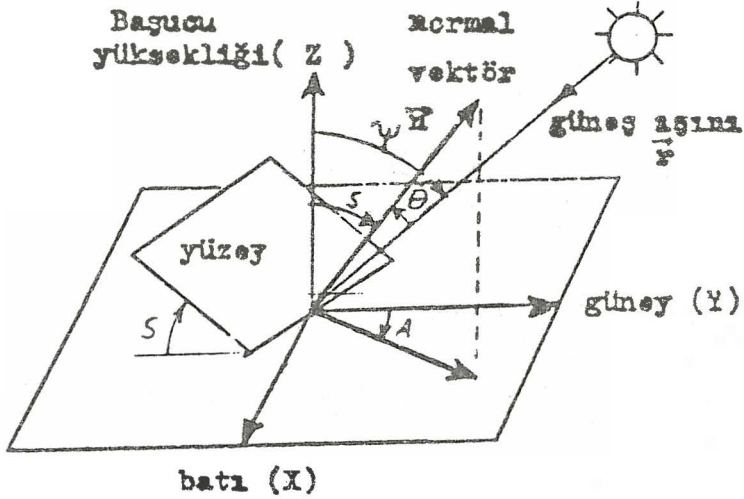
Türkiyenin ortalama güneşlenme süresi 2640 h/yıl ve toplam güneş ışınımı yıllık ortalaması  $290 \text{ W/m}^2$  dir [1]. Bu kadar yüksek güneş enerjisi potansiyeli ile yurdumuz Avrupanın en şanslı ülkesi durumundadır.

Güneş enerjisinden düşük sıcaklıkta yararlanma alanlarının bir kısmında güneşli su ısıtıcıları gelmekte ve bunu yüzme havuzu suyu ısıtıcıları takip etmektedir. Ortalama güneşlenme süresi 1500 h/yıl ve toplam güneş ışınımı yıllık ortalaması  $105 \text{ W/m}^2$  olan Kuzey Avrupa ülkelerinde güneşli su ısıtıcılarının kullanımı halka özendirilmekte ve mali destek sağlanmaktadır [2].

Bu gibi teşviklerle yalnız Federal Almanya'da petrole dayalı enerji tüketiminde son beş yılda %10 luk düşüş kaydedilmiştir [3].

### 1. DÜZ TOPLAYICI - GÜNEŞ IŞINI İLİŞKİSİ

Bir düz toplayıcı, bulunduğu yerin enlemine ve kullanılacağı mevsime göre en çok güneş ışınımı toplayacak şekilde yerleştirilmelidir. Şekil 1 de bir düz toplayıcının yatay düzlem ve güneş ışını ile yaptığı başlıca açılar görülmektedir.



Şekil 1: Bir düz toplayıcının yatay düzlem ve güneş ışınıyla yaptığı açılar |4|.

- θ Güneş geliş açısı
- S Toplayıcı eğim açısı
- ψ Güneş zenit açısı
- A Toplayıcı azimut açısı

Tam güneyde toplayıcı azimutu düzeltme faktörü  $A=0^\circ$  için  $A_1=1,0$  dir. Toplayıcı Azimut açısına ve enleme göre toplayıcı azimutu düzeltme faktörü ( $A_1$ ) değerleri Tablo-1'den alınabilir.

Tablo-1: Enlem derecesi ve toplayıcı azimutuna göre  $A_1$  düzeltme faktörleri.

Enlemi	36°	38°	40°	42°
A				
±45°	0.97	0.96	0.94	0.92

Mevsime ve enleme göre en çok güneş ışıını alan toplayıcı eğim açıları (S) Tablo 2'den alınabilir.

Tablo-2: En çok güneş ışıını alan toplayıcı eğim açıları |4|.

Mevsim Enlem	Haziran Temmuz Ağustos	Bütün Yıl
36	15°	33°
38	17°	34°
40	18,5°	36°
42	20°	38°

Amprik olarak en uygun toplayıcı eğim açıları şöyle de alınabilir:

Haziran, Temmuz, Ağustos için  $S = \text{Enlem} - 20^\circ$

Bütün yıl için  $S = \text{Enlem} \cdot 0,9$

## 2. DÜZ TOPLAYICI VERİMİNİ ARTTIRAN FAKTÖRLER

Toplayıcıdan ısı taşıyıcı akışına geçen faydalı ısı:

$$Q_N = \underbrace{|Q_i \bar{k} \cdot \alpha \cdot \bar{A}|}_{\text{I}} - \{ \underbrace{|k \cdot (T_k - T_u)|}_{\text{II}} + \underbrace{|\epsilon \cdot \sigma \cdot (T_k^4 - T_u^4)|}_{\text{III}} \} \quad (1) \quad |5|$$

I Absorber levha tarafından yutulan ışıını ısı

II Toplayıcıdan çevreye konveksiyon ve iletim yoluyla oluşan ısı kaybı

III Toplayıcıdan çevreye ışıını yoluyla oluşan ısı kaybı

$Q_i$  Eğik konumdaki toplayıcı düzlemine gelen ortalama güneş ışıını şiddeti  $W/m^2$

$Q_i$  (Tablo 3 ve Tablo 10 dan  $Q_i = Q_{t,yatay} \cdot R$   $W/m^2$  eşitliğiyle hesaplanır.

Tablo-3: Bazı illerimizde yatay düzleme gelen toplam güneş ışınımı şiddeti ortalaması ( $W/m^2$ ) |6|.

Mevsimi İstasyonu	Haziran-Temmuz Ağustos	Ekim-Mart	Yıllık
Adana	386	231	306
Ankara	379	205	290
Antalya	381	238	308
Bursa	341	176	253
Diyarbakır	416	236	323
Erzurum	376	222	299
İst.(Florya)	354	173	261
İzmir	373	210	290
Gaziantep	399	244	320
Kayseri	374	217	293
Konya	364	224	293
Trabzon	275	172	224

$\bar{k}$  Enerji kazancı katsayısı (Tablo 4 den)

$\alpha$  Absorpsiyon katsayısı (Tablo 5 den)

$(\alpha \cdot \bar{A})$  Absorpsiyon katsayısı ile gelen ışınımın yansımaya, absorpsiyon, konveksiyon, iletim ve ışınım yoluyla kayıp faktörü çarpımı (Tablo 6 dan)

$k$  Toplayıcı toplam ısı transfer katsayısı  $W/m^2K$

$T_k$  Toplayıcı çalışma sıcaklığı ( $40-80^\circ C$ )

$T_u$  Çevre sıcaklığı (Tablo 7 den  $^\circ C$ )

$\epsilon$  Emisivite (neşretme) Katsayısı (Tablo 5 den)

$\sigma$  Boltzman sabiti  $5,66 \cdot 10^{-8} W/m^2K^4$

(1) nolu eşitlik sadeleştirilerek toplayıcı verimi:

$$\eta = \frac{Q_N}{Q_i} = (\bar{k} \cdot \alpha \cdot \bar{A}) - \left( k \cdot \frac{T_k - T_u}{Q_i} \right) - \left( \epsilon \cdot \sigma \cdot \frac{T_k^4 - T_u^4}{Q_i} \right)$$

$$= (\bar{k} \cdot \alpha \cdot \bar{A}) - \left( \frac{T_k - T_u}{Q_i} \right) \left| k + \epsilon \cdot \sigma \cdot (T_k^2 + T_u^2) (T_k + T_u) \right|$$

$$k^{**}$$

$$\eta = \left| \bar{k} \cdot (\alpha \cdot \bar{A}) \right| - \left| k^{**} \cdot \left( \frac{T_k - T_u}{Q_i} \right) \right| \quad (2)$$

bulunur.

$k^*$  Toplayıcıdan ışıınım, konveksiyon ve iletim yoluyla oluşan ısı kaybı faktörü (Tablo 6 dan)

Düz toplayıcı verimini arttıran faktörler önemine göre;

- $Q_i$  Toplayıcıya gelen ortalama güneş ışıını şiddetinin büyüklüğü ,  
 $(\alpha \cdot \bar{A})$  Yutma katsayısı ile kayıp faktörü çarpımının büyüklüğü ,  
 $(T_k - T_u)$  Toplayıcı çalışma sıcaklığı ile çevre sıcaklığı farkının büyüklüğü,  
 $\bar{k}$  Enerji kazancı katsayısının büyüklüğü ve  
 $K^*$  Isı kaybı faktörünün büyüklüğüdür.

Tablo-4: Avrupa ortalama enleminde iki tabaka camla örtülü toplayıcıda  $\bar{k}$  enerji kazancı katsayısı [5].

Toplayıcı eğim açısı Mevsim	30°	70°
Haz. Tem. Ağus.	0,95	0,75
Ekim-Mart	0,75	0,88
Bütün yıl	0,86	0,83

Tablo-5: Bazı absorber (yutucu) plakların yutma ( $\alpha$ ) ve neşretme ( $\epsilon$ ) katsayıları ile  $(\alpha/\epsilon)$  oranları [6].

Sıra	Yutucu Plaka Kaplaması	$\alpha$	$\epsilon$	$\alpha/\epsilon$
1	Akma demir üzerine galvanizli nikel, galvanizli nikel üzerine nikel karası	0,94	0,07	13,47
2	Alüminyum üzerine bakır oksit	0,93	0,11	8,45
3	Parlatılmış nikel üzerine nikel karası	0,91	0,11	8,27
4	Galvanizli saç üzerine nikel karası	0,89	0,12	7,41
5	Paslanmaz çeliğin 425°C de Sodyum dikromat eriyiğine daldırılıp beş dakika beklenmesiyle yapılan kaplama	0,90	0,15	6,00
6	Bakır üzerine bakıroksit	0,89	0,17	5,23
7	Nikel üzerine bakıroksit	0,81	0,17	4,76
8	Alüminyum üzerine kurşun sülfür kristalleri	0,89	0,20	4,45
9	Saç üzerine siyah emayeboya	0,83	0,83	1,00
10	Saç üzerine katran boyası	0,86	0,86	1,00
11	Saç üzerine is karası boyası	0,95	0,95	1,00

Tablo-6:  $\Delta T/Q_i=60 \text{ m}^2\text{K/kW}$  olan bir yerde toplayıcı tipine bağlı olarak  $(\alpha \cdot \bar{A})$ ,  $k^x$  ve  $\eta$  değerleri |5|.

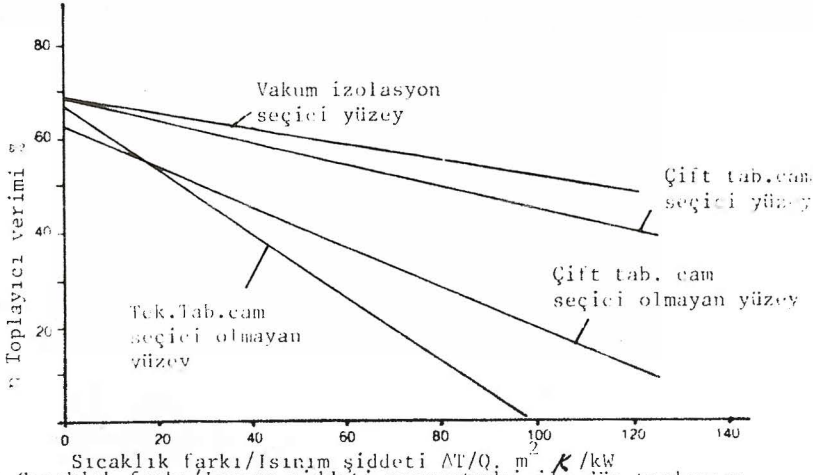
Toplayıcı Tipi	$(\alpha \cdot \bar{A})$	$\text{W/m}^2\text{K}$	$k^x$ $\text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$	$\Delta T/Q_i$ $\text{m}^2\text{K/kW}$	$\eta$
Tek tabaka cam örtülü seçici yüzzeysiz	0,70-0,75	5,0-7,0	4,3-6,0	60	0,27
Çift tabaka cam örtülü seçici yüzzeysiz	0,60-0,70	3,0-4,0	2,6-3,4	60	0,38
Çift tabaka cam örtülü seçici yüzzeysiz	0,60-0,70	2,0-3,0	1,7-2,6	60	0,57
Vakum yalıtımlı seçici yüzzeysiz	0,70	1,5	1,3	60	0,60

Tablo-7: Çevre sıcaklığı  $^\circ\text{C}$ (1962-1980) ortalaması  $t_u = \frac{t_7 + t_{14} + 2t_{21}}{4} \text{ }^\circ\text{C}$  |6|.

İstasyonu	Haz.Tem.Ağus.	Ekim-Mart	Bütün Yıl
Adana	26,9	13,4	18,7
Ankara	22,1	4,9	11,8
Antalya	27,1	13,6	18,7
Bursa	23,2	8,9	14,4
Diyarbakır	29,1	7,5	15,9
Erzurum	17,9	-2,1	6,0
İst.(Florya)	22,4	8,8	13,8
İzmir	26,6	12,1	17,6
Gaziantep	25,9	7,1	14,5
Kayseri	21,4	3,6	10,8
Konya	21,8	4,6	11,5
Trabzon	21,9	10,4	14,6

Şekil 2'de sıcaklık farkı/ışınım şiddeti parametresi ile düz toplayıcı tipine bağlı olarak toplayıcı veriminin bulunması görülmektedir. Burada da, seçici yüzzeysiz ve seçici olmayan yüzzeysiz düz toplayıcıların verimleri arasındaki fark açıkça görülmektedir.

Ön projelendirmede kullanılmak üzere  $55^\circ\text{C}$  sıcaklığında su hazırlayan seçici yüzzeysiz düz toplayıcı verimleri mevsimlere göre Tablo 8'den alınabilir.



Şekil-2: Sıcaklık farkı/Isınım şiddeti parametresi ile düz toplayıcı tipine bağlı olarak toplayıcı verimleri.

Tablo-8: 55°C'lik su hazırlayan seçici yüzeyli toplayıcıların verimleri.

Mevsimler	Toplayıcı Türü	Tek tabaka camlı seçici yüzeyli yutucu levhali	Çift tabaka camlı seçici yüzeyli yutucu levhali
Haz.Tem.Ağus.		0,65	0,60
Ekim-Mart		0,25	0,35
Bütün Yıl		0,40	0,45

### 3. METEOROLOJİK VERİLER

Güneşli su ısıtıcılarının projelendirilmesinde en önemli veriler meteorolojik ölçümlere dayalı verilerdir.

#### 3.1. Yatay düzleme gelen toplam güneş ışınımı ortalaması

$$Q_{t \text{ yatay}} \frac{\text{kcal}}{m^2 \text{ gün}}$$

Tablo 9 da bazı ilerimizin için verilmiştir [6].

Tablo-9: Yatay düzleme gelen toplam güneş ışınımı  $Q_{t \text{ yatay}}$  kcal/m<sup>2</sup> gün ortalama değerleri (1962-1980).

İstasyonu	Enlemi	Haz.Tem.Ağus.	Ekim-Mart	Bütün Yıl
Adana	36°59'	4890	2103	3255
Ankara	39°57'	4793	1867	3085
Antalya	36°53'	4817	2163	3279
Bursa	40°11'	4313	1598	2696
Diyarbakır	37°55'	5267	2142	3432
Erzurum	39°55'	4757	2020	3178
İst. (Florya)	40°59'	4480	1570	2774
Gaziantep	37°05'	5053	2218	3407
İzmir	38°24'	4717	1912	3089
Kayseri	38°43'	4733	1972	3116
Konya	37°52'	4613	2038	3122
Trabzon	41°00'	3477	1560	2385

4. EĞİK KONUMDAKİ TOPLAYICI DÜZLEMİNE GELEN TOPLAM GÜNEŞ IŞINIMININ BULUNMASI

$$Q_{teğik} = Q_{tyatay} \cdot R \text{ kcal/m}^2\text{gün}$$

$$R = \text{Dönüşüm Faktörü} = Q_{teğik}/Q_{tyatay} \cos(\Psi-S)/\cos\Psi$$

R faktörleri; enleme, mevsime ve S toplayıcı eğim açısına bağlı olarak Tablo 10 dan alınır.

Tablo-10: Enleme, mevsime ve toplayıcı eğim açısına göre R faktörleri |6|.

Enlemi	Mevsimi	$\Psi(^{\circ})$	S			
			15 $^{\circ}$	30 $^{\circ}$	45 $^{\circ}$	60 $^{\circ}$
36 $^{\circ}$	Haz.-Ağus.	19,12	1,056	1,039	0,952	0,800
	Bütün Yıl	36,00	1,154	1,229	1,221	1,129
38 $^{\circ}$	Haz.-Ağus.	20,00	1,060	1,059	0,964	0,815
	Bütün Yıl	38,00	1,168	1,257	1,260	1,177
40 $^{\circ}$	Haz.-Ağus.	22,84	1,075	1,077	1,005	0,865
	Bütün Yıl	40,00	1,183	1,286	1,301	1,227
42 $^{\circ}$	Haz.-Ağus.	24,28	1,083	1,092	1,026	0,891
	Bütün Yıl	42,00	1,199	1,316	1,344	1,280

5. KULLANIM YERİNDEKİ SUYUN FAYDALI ISISI

$$Q_{fay} = Q_{teğik} \cdot \eta_{topl.} \cdot \eta_m \text{ kcal/m}^2\text{gün}$$

$\eta_m$  Toplayıcı dışında, boru donanımı ve depolamanın verimidir. Küçük tesisatlarda 0,40 - 0,66, büyük tesisatlarda 0,50 - 0,80 alınabilir.

Özetlenecek olursa :

$$Q_{fay} = Q_{tyatay} \cdot R \cdot \eta_{topl.} \cdot \eta_m \text{ kcal/m}^2\text{gün olur.}$$

6. SICAK SU İHTİYACI İÇİN GEREKLİ ISI MİKTARININ BULUNMASI

$$Q_{gerekli} = m \cdot c \cdot (T_w - T_s) \text{ kcal/gün}$$

m Hazırlanacak sıcak su miktarı kg/gün (Tablo 11 den lt/gün kişi)

c 1 kcal/kg $^{\circ}$ C

$T_w$  Isıtılması istenilen su sıcaklığı  $^{\circ}$ C

$T_s$  Şebeke suyu sıcaklığı  $^{\circ}$ C (Tablo 12 den)

Tablo-11: Sıcak Su İhtiyaçları |4|.

I. Konutlarda	
a- Fakit ailelerde	40-60 lt/gün kişi başına
b- Orta halli ailelerde	60-100 lt/gün kişi başına
c- Zengin ailelerde	100-150 lt/gün kişi başına
II. Otel-Pansiyon ve Misafirhanelerde	
a- Ortalama değer	100 lt/gün Kişi başına
b- Lüks oteller için	200 lt/gün Kişi başına
III. Atölye ve Endüstri Tesislerinde	
a- Ortalama değer	50 lt/gün kişi başına
b- Lavabolarda	30 lt/gün kişi başına
c- Kuvetli duşlarda	80 lt/gün kişi başına
d- Açık duşlarda	50 lt/gün kişi başına



Sular idaresi şebeke suyu sıcaklığı olarak 1,0 m derinlikteki toprak sıcaklığının alınabileceğini, ancak Haziran-Temmuz-Ağustos aylarında toprak sıcaklığından 5°C düşülmesini tavsiye etmektedirler. Tablo 12 de bazı istasyonlar için 1,0 m derinlikteki toprak sıcaklıkları verilmiştir.

Tablo-12: 1,0 m derinlikteki toprak sıcaklıkları (1962-1980) ortalamaları °C

İstasyonu	Haz.-Tem. Ağus. (°)	Ekim-Mart	Bütün Yıl
Adana	26,7	17,9	21,2
Ankara	20,6	11,0	14,6
Antalya	26,3	17,4	20,5
Bursa	23,7	12,3	16,5
Diyarbakır	24,9	15,2	18,7
Erzurum	8,9	14,5	5,3
İst.(Florya)	21,3	13,1	16,0
İzmir	29,0	16,2	20,9
Gaziantep	23,2	13,5	16,9
Kayseri	20,8	10,6	14,3
Konya	19,8	10,8	14,1
Trabzon	20,2	13,0	15,6

(\*)  $T_{şeb} = T_{top.} - 5^{\circ}C$  alınacaktır.

#### 7. GEREKLİ TOPLAYICI YÜZEYİ HESABI

$$F_k = Q_{gerekli} / Q_{faydalı} \text{ m}^2 \text{ bulunur.}$$

#### 8. SICAK SU DEPOSU HACMİ HESABI

$$V = \beta_1 \cdot F_k \text{ m}^3$$

$$\beta_1 = 0,06 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ topl.}$$

#### 9. SİRKÜLASYON POMPASI DEBİSİ HESABI

$$G = \beta_2 \cdot F_k \text{ lt/dak}$$

$$\beta_2 = 1 \text{ lt/dak m}^2 \text{ topl.}$$

#### 10. BİR ÖRNEK

Antalyada 50 yataklı yazlık bir otelin sıcak su ihtiyacını karşılayacak düz toplayıcı yüzeyini, depo hacmini ve sirkülasyon pompası debisini hesaplayınız. Düz toplayıcı tam güneye yöneliktir.  $A = 0$ ,  $A_1 = 1,0$ .

Toplayıcının yatayla yapacağı açı amirik olarak  $S = \text{Enlem} - 20^{\circ} = 37^{\circ} - 20^{\circ} = 17^{\circ}$  bulunur.

Yatay düzleme gelen toplam güneş ışınımı Tablo 9'dan  $Q_t = 4817 \text{ kcal/m}^2 \text{ gün}$  alınır. Eğik toplayıcı düzlemi için dönüşüm faktörü  $37^{\circ}$  Enlem Haz-Tem-Ağus. ve  $S = 15^{\circ}$  için (Tablo 10)'dan.

$$R = \frac{1,056 + 1,060}{2} = 1,058 \text{ bulunur.}$$

Eğik toplayıcı düzlemine gelen toplam ışınım ortalaması.

$$Q_{teğik} = Q_{tyatay} \cdot R = 4817 \cdot 1,058 = 5096 \text{ kcal/m}^2 \text{ gün}$$

$$Q_{fay} = Q_{teğ} \cdot \eta_{topl.} \cdot \eta_m \quad (\text{Tablo 8 den } \eta_{topl.} = 0,65)$$

$$= 5096 \cdot 0,65 \cdot 0,50 \quad (6. \text{ dan } \eta_m = 0,50)$$

$$Q_{fay} = 1656 \text{ kcal/m}^2 \text{ gün bulunur.}$$

$$Q_{ger} = m \cdot c \cdot (T_w - T_s)$$

$$m = 50 \cdot 100 = 5000 \text{ kg/gün (Tablo 11 den 100 lt/gün, kişi)}$$

$$T_w = 45^\circ\text{C}$$

$$T_s = 26,3 - 5 = 21,3^\circ\text{C (Tablo 12 den)}$$

$$Q_{gerekli} = 5000 \cdot 1 \cdot (45,0 - 21,3)$$

$$= 5000 \cdot 23,7$$

$$Q_{gerekli} = 118500 \text{ kcal/gün}$$

$$F_k = Q_{ger} / Q_{fay} = 118500 / 1656 = 71,56 \text{ m}^2$$

"X" Firması Kollektörünün faydalı alanı  $1,6 \text{ m}^2$  olduğuna göre

$n = 71,56 / 1,6 \approx 44,72 = 45$  adet "X" Firması Kollektörü yerleştirilir.

$$F'_k = 45 \cdot 1,6 = 72 \text{ m}^2 \text{ olur.}$$

Sıcak su deposu hacmi

$$V = 0,06 \cdot 72 = 4,32 \text{ m}^3 \text{ bulunur.}$$

Sirkülasyon Pompası Debisi

$$G = 1 \cdot 72 = 72 \text{ lt/dak bulunur.}$$

Yaz sezonu dikkate alınarak hesaplanan kollektör yüzeyinin diğer sezonlarda ne kadar takviye enerji gerektireceği aşağıda gösterilmiştir.

Sezon	$Q_{ger}$ kcal/ gün	$Q_{fay}$ kcal/m <sup>2</sup> gün	$F_k$ m <sup>2</sup>	$F'_k$ m <sup>2</sup>	Güneşten yararlanma	Gerekli takviye enerji
Haz. Tem. Ağus.	118500	1656	71,56	72,00	% 100	% 0,00 (Yok)
Ekim - Mart	138000	350	384,28	72,00	% 18	% 82
Bütün Yıl	122500	761	160,97	72,00	% 45	% 55

## K A Y N A K L A R

- |1| EIEI, Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli, Ankara, 1983
- |2| Beba, A. ve Yener, C., Güneş Enerjisi Sistemleri ve Isıtımda Uygulanması, Segem Yayın No 73, Ankara, 1980
- |3| DGS, 5. Internationales Sonnenforum, Berlin, 1984
- |4| Arınc, Ü.D., Güneşli Su Isıtıcılarının Yakıt Ekonomisine Katkısı ve Güneşli Sera Isıtıcıları Konusunda Bir Araştırma, Doçentlik Tezi, İstanbul, 1979
- |5| Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung, Thermische Nutzung der Sonnenenergie, Wien, 1977
- |6| Arınc, Ü.D., Güneş Enerjisinden Termik Yararlanma, (Basılmamış Kitap)