

*makale*

**İbrahim ÜÇGÜL**

*Yrd.Doç.Dr., S.D.Ü. Müh.Mim.Fak. Tekstil Müh. Böl.*

**Tansel KOYUN**

*Yrd.Doç.Dr., S.D.Ü. Müh.Mim.Fak. Tekstil Müh. Böl.*

## **SİLİNDİRİK YANSITICILI İKİ YÜZEYLİ KOLLEKTÖRLER İLE DÜZ YÜZEYLİ KOLLEKTÖRLERİN I. VE II. YASA VERİMLİLİKLERİNİN İRDELENMESİ**

### **GİRİŞ**

Ülkemizdeki enerji kaynaklarının büyük bir kısmı, sanayide ve konutlarda ısı enerjisi olarak amacıyla tüketilmektedir. Ancak tüketilen fosil kökenli kaynakların yetersiz olmasından dolayı ülkemiz enerji kaynağı temininde dışa bağımlıdır. Artan nüfus ve teknolojik gelişmelere paralel olarak bu bağımlılık giderek artmaktadır. Halbuki yenilenebilir enerji kaynakları olarak zengin bir konumda bulunan ülkemizde bu enerji kaynaklarını kullanmak uygun bir seçenek olarak ortaya çıkmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi çevre kirliliği yaratmayan, dışa bağımlılığı olmayan ve hepsinden önemlisi tükenmez bir enerji kaynağıdır. Güneş enerjisi sistemleri, konutların, otellerin, fabrikaların vs. sıcak su ve ısınma ihtiyacını karşılayabildiği gibi endüstriyel tesislerde sıcak su, buhar ve proses ısılarının temininde de kullanılabilir. Bu amaçlarla düz yüzeysel kollektörlerin verimsiz olmalarına rağmen kullanımları yaygınlaşmıştır. Düz yüzeysel kollektörlerde verimi arttırmak amacıyla çeşitli çalışmalar yapılmaktadır[1,2,3,4,5]. Verimi arttırmanın bir diğer yolu da silindirik yansıtıcı iki yüzeysel kollektör kullanılmasıdır. Bu çalışmada düz yüzeysel kollektör ile silindirik iki yüzeysel kollektörler için literatürden alınan bilgi ve veriler ışığında Termodinamiğin I. ve II. Yasa analizleri silindirik yansıtıcı iki yüzeysel kollektörlerin düz yüzeysel kollektörlerden daha verimli olduğunu göstermek amacıyla yapılmış ve hesaplama sonuçları diyagramlar halinde sunulmuştur. Burada hesaplamalarda Isparta'nın Eylül ve Ekim ayları iklim verileri kullanılmıştır.

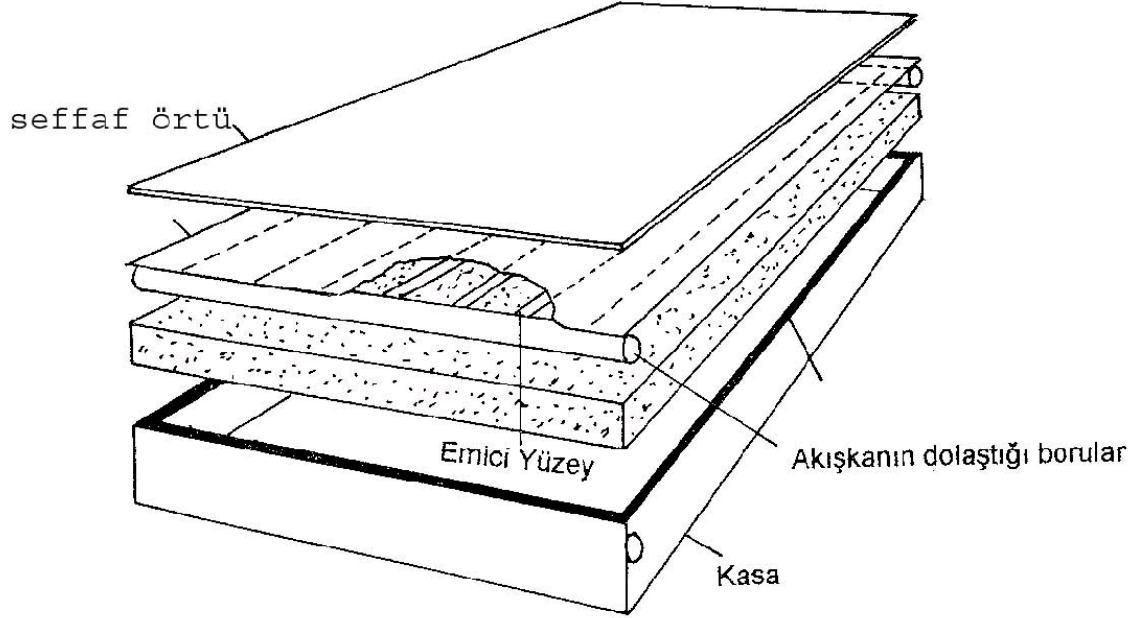
### **SİLİNDİRİK YANSITICILI İKİ YÜZEYLİ KOLLEKTÖRLER**

Güneş kollektörleri güneş enerjisini ısı enerjisine dönüştürür. Kollektörlerde dolaşan çalışma akışkanı yüksek derecede ısı transferi özelliğine sahiptir. Kollektörlerden aldığı ısıyı borularla boylere taşıyan çalışma akışkanı, ısıyı burada bir ısı değiştiricisi aracılığı ile kullanma suyuna transfer eder ve suyun ısınmasını sağlar.

Çalışma akışkanı sistem içerisinde dolaşır. Kontrol mekanizması boyler'deki akışkan sıcaklığını kollektördeki akışkan sıcaklığı ile karşılaştırır ve kollektördeki akışkan sıcaklığı boylerdeki akışkan sıcaklığında olduğunda sistemi çalıştırır. Güneş ışınlarının kullanma suyunu istenen ısıya getirmeye yetersiz olması durumunda otomatik olarak konvansiyonel ısıtmaya geçilir. Sıcak su sistemlerinde en çok kullanılan uygulamalardan biri düz yüzeysel kollektörlerdir. Sistemin yapılması kolay, kontrolü basit ve yerleştirilmesi problem değildir.

Kollektörlerde güneş enerjisinin düştüğü net alana "açıklık alanı" ve güneş enerjisinin yutulması ısı enerjisine dönüştürüldüğü yüzeye "alıcı yüzey alanı" denir. Düz yüzeysel güneş kollektörlerinde açıklık alanı ile alıcı yüzey alanı birbirine eşittir. Bu kollektörlerde, açıklık alanı ve alıcı yüzey alanı eşit olduğundan, ısı kaybı daha fazla olmaktadır [1, 2].

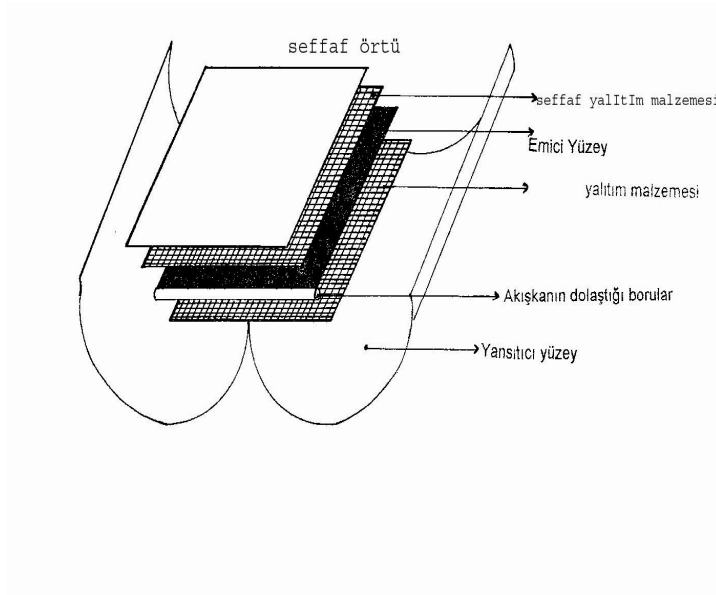
Bilindiği üzere güneşten aldığı enerjiyi bünyesinde depolayan kollektör ısınmakta aldığı ısının bir kısmını çalışma akışkanına aktarırken çevre sıcaklığının düşük olmasından dolayı ısı enerjisinin bir kısmını da radyasyon ve konveksiyon yoluyla çevreye kaydeder.



Şekil 1. Düz Yüzeyle Kollektörler [1]

Bunun için düz yüzeyle kollektörlerde, soğurucu yüzeye yansıtıcı yüzey eklenirse, ısı kaybı azalacaktır. Şekil 2'de görülen silindirik yansıtıcı iki yüzeyle kollektörler böyledir [3]. Şekilden de görüleceği üzere bu kollektörlerde, yansıtıcı yüzey ilavesi daha fazla güneş ışığının kollektör bünyesinde toplanmasını sağlar.

Isı iletim katsayısı düşük, ışıma ile ısı aktarma özelliği yüksek olan şeffaf yalıtım malzemelerinin özelliklerine dayanarak oldukça verimli şeffaf yalıtımlı düz yüzeyle kollektörler geliştirildiği gibi, absorberin her iki yüzeyinden de güneş ışınımı alan silindirik yansıtıcı iki yüzeyle kollektörde de şeffaf yalıtım uygulaması yapılabilir[4]. Bu uygulama sadece ısı kayıp katsayısının azalmasını sağlamaz, özellikle absorberin üst yüzeyinden olduğu gibi alt yüzeyinden de güneş enerjisi toplamasını sağlar. Ayrıca alt yüzeyin şeffaf olmayan yalıtım (cam yünü .)vs ihtiyacı da ortadan kalkar. Bu ise, ışınım soğurma alanıyla ilgili olarak absorberin ısı kayıp yüzeyinin iki kat azaltılmasına neden olur. Yine de bu sistem yoğunlaştırıcı bir sistem değildir. Çünkü her iki absorber yüzeyinin toplam alanı güneş ışınımı alma yüzeyine eşittir. Şeffaf yalıtım uygulanmış silindirik yansıtıcı iki yüzeyle bir kollektörün performansı absorberin her iki yüzeyi de şeffaf yalıtım malzemesiyle kaplanmış olduğundan belirgin bir şekilde artar. Böylece absorberin alt yüzeyi de enerji kazancına destek olur.



Şekil 2. Silindirik Yansıtıcı İki Yüzeyle Kollektör [2, 3]

İki yüzeyli absorberli kolektör, özellikle kış şartları altında iyi performans sağladığından, böyle bir kolektör soğuk iklim bölgeleri için uygundur. Şeffaf yalıtılmış iki yüzeyli absorberli bir düz yüzeyli güneş kolektörü tasarımı, ışınım toplayıcı absorber yüzeyi ile ilgili ısı kayıplarını minimum yapar. Bu kavram gelişmiş ısı yalıtımlı, şeffaf yalıtım malzemeleri kullanılmaya uygulamasından ve bu malzemelerin optik geçirim kalitesinden dolayı, verimi arttırabilir[5].

Silindirik yansıtıcı iki yüzeyli kolektörün yapısı, şeffaf yalıtımlı düz yüzeyli kolektörün yapısına benzemektedir. Bu kolektör tipinde kasa yerine alt yüzeye yansıtıcı yerleştirildiğinden ısı kaybı biraz azalacaktır. Üst yüzeyden olan ısı kayıpları şeffaf yalıtımlı düz yüzeyli kolektörde olduğu gibi hesaplanabilir. Buradan üst yüzeydeki toplam ısı aktarım katsayısı literatüre göre 2.8 W/m<sup>2</sup>K olarak, alt yüzeyden olan ısı aktarım katsayısı ise 2.4 W/m<sup>2</sup>K olarak elde edilir. Toplam ısı aktarım katsayısı ise 5.2 W/m<sup>2</sup>K'dir[2].

## EKSERJİ

Ekserjinin ilk tanımı Baehr tarafından verilmiştir. "Ekserji, enerjinin diğer enerji türlerine dönüştürülebilir kısmıdır." Ekserjinin bu tanımı nitel olup nicel hesaplamalarda kullanılamaz. Daha ayrıntılı ve nicel hesaplamalar için kullanılacak bir tanım ise Bosnjakovic tarafından yapılmıştır. " Ekserji tersinir bir süreç sonunda çevre ile sistemin denge haline gelmesi durumunda elde edilebilecek maksimum iş miktarıdır."

Bosnjakovic'in tanımına uygun olarak ekserjinin hesaplanabilmesi için, çevrenin, basınç, sıcaklık ve kimyasal kompozisyonu gibi birçok değer belirtilmesi ve tersinir bir süreç için hal değişiminin bilinmesi gerekir. Sürecin giriş noktaları ile çıkış noktaları için geçerli olan koşulların bilinmesi gereklidir.

Ekserji analizi yapılırken sistemin tüm birimlerinde aşağıdaki temel denklemler kullanılır[6].

Süreklilik denklemi,

$$\sum_f \dot{m} - \sum_g \dot{m} = 0 \quad (1)$$

Burada ç indisi, çıkanları; g indisi ise girenleri göstermektedir.

Hesaplamlarda, Termodinamiğin I. kanununa göre aşağıdaki enerji denklemi kullanılmıştır.

$$\dot{Q} - \dot{W} = \sum_f \dot{m}h - \sum_g \dot{m}h \quad (2)$$

Burada h özgül entalpidir.

Ekserji denkliği:

$$\dot{E}_Q - \dot{E}_W = \sum_f \dot{m}\varepsilon - \sum_g \dot{m}\varepsilon + I \quad (3)$$

şeklinde yazılır.

Burada sırasıyla ısı transferi ve iş'e karşılık gelen birim zamandaki ekserjileri, e özgül ekserjiyi ve I ise sistemden birim zamanda kaybolan ekserjiyi yani tersinmezliği ifade etmektedir. ç indisi çıkışı, g indisi ise girişi göstermektedir[7]. (ısının ekserjisi) ve (işin ekserjisi) sırasıyla aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$\dot{E}_Q = \dot{Q} \left( \frac{T - T_0}{T} \right) \quad (4)$$

$$\dot{E}_W = \dot{W} \quad (5)$$

Burada ki, T yüzey sıcaklığını göstermektedir. Ekserji genellikle termomekaniksel ve kimyasal ekserjilerin toplamıdır. Termomekaniksel ekserji, sıcaklığı T ve basıncı P ile belirli herhangi bir durumun süreç sonunda çevrenin sadece sıcaklığı (T0) ve basıncı (P0) ile dengede olduğu durum arasındaki ekserjidir.

Termomekaniksel ekserji ( ) (entalpinin ekserjisi)

$$\varepsilon_m = h - h_0 + T_0 (s - s_0) \quad (6)$$

şeklinde ifade edilir.

Burada 0 indisi (T0, P0) çevre şartlarındaki özellikleri ifade etmektedir[6].

## **KOLLEKTÖRLERİN I. VE II. YASA ANALİZİ**

Düz kollektör için I. Yasa verimi literatürden [8] ve [9] 'a göre aşağıdaki gibi yazılır:

$$\eta_I = \frac{Q}{I_e} = F_t [(T_c) + (T_c)(\rho_G \gamma) - U_L \frac{T - T_0}{I_e}] \quad (7)$$

Burada,

Ft = Isı kazanç faktörü

$(\tau_{\alpha})$  = Yutma-geçirme katsayısı

$U_L$  = Toplam ısı kayıp katsayısı[W/m<sup>2</sup>K]

T<sub>0</sub> = Ortam sıcaklığı [K]

T = Absorber sıcaklığı[K]

Q = Kollektörden alınan faydalı enerji[W/m<sup>2</sup>]

I<sub>e</sub> = Eğik düzlem üzerine gelen toplam ışınım[W/m<sup>2</sup>]

Eğik düzleme gelen toplam ışınım; direkt ve yayılı güneş ışınimleri ile, yansıtılarak gelen ışınımın toplamıdır[2].

$I_e = I_{ed} + I_{ey} + I_{ya}$

Burada,

I<sub>e</sub> = Eğik düzlem üzerine gelen toplam ışınım

I<sub>ed</sub> = Eğik düzleme gelen direkt ışınım

I<sub>d</sub> = Yatay düzleme gelen direkt ışınım

$R_d = I_{ed}/I_d$

I = Tüm güneş ışınımı

$R = I_e/I$

I<sub>ey</sub> = Yayılı gelen ışınım

I<sub>ya</sub> = Yansıtılarak gelen ışınım

(8) nolu eşitlik için gerekli değerler aşağıdaki gibidir.

F<sub>t</sub> = Isı kazanç faktörü=0.69 [2]

$(\tau_{\alpha})$  = Tablo 1'den alınmıştır.

$U_L = 6.21 \text{ W/m}^2\text{K}$  [9]

Eylül ve Ekim için Isparta meteorolojik verilerine göre sıcaklık değerleri (T<sub>0eylül</sub> , T<sub>0ekim</sub> ),

T<sub>0eylül</sub> = 291.55K

T<sub>0ekim</sub> = 286.05K

T = 313.15K [10]

Tabloda verilen Eylül ve Ekim ayları ortalama değerlerine göre ayrı ayrı I.yasa verimleri hesaplanarak grafik haline getirilmiştir ve sonuçlar Şekil 3’de gösterilmiştir.

II.yasa (ekserjetik) verimi için literatürden [11] alınan eşitlik, ısının ekserjisi EQ ve güneş ışınımının ekserjisi EG olmak üzere

$$\eta_{II} = \frac{E_Q}{E_G} \quad (8)$$

şeklinde tanımlıdır.

Burada  $\eta_I = \frac{Q}{I_e}$  şeklinde tanımlı olan I. yasa veriminden  $Q = \eta_I I_e$  şeklinde yerine yazılarak  $E_Q = Q \left( \frac{T - T_0}{T} \right) = Q \left( 1 - \frac{T_0}{T} \right) = \eta_I I_e \left( 1 - \frac{T_0}{T} \right)$  elde edilir. Güneş ışınımı ekserjisi için literatürden [11] alınan  $E_G = I_e \left( 1 - \frac{4}{3} \frac{T_0}{T_G} (1 - 0.28 \ln f) \right)$  bağıntısı kullanılır.

Buradan  $\eta_{II}$ ,

$$\eta_{II} = \frac{\eta_I \left( 1 - \frac{T_0}{T} \right)}{1 - \frac{4}{3} \frac{T_0}{T_G} (1 - 0.28 \ln f)} \quad (9)$$

şeklinde yazılarak (9) numaralı denklem elde edilir.

Burada,

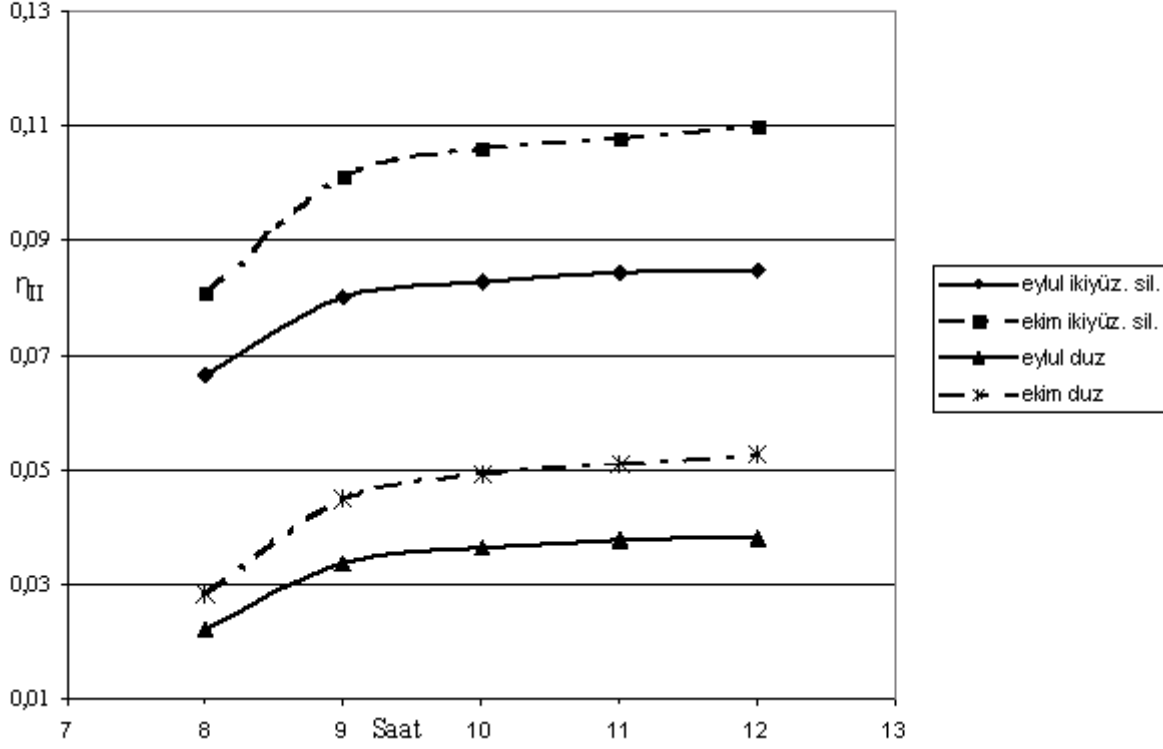
TG=5777 K (Güneşin yüzey sıcaklığı)

f = Bulanıklık faktörü [11] nolu Literatüre göre Isparta ili için hesaplanarak Tablo 2’de toplu halde verilmiştir.

Saat	Bulanıklık faktörü (f)	
	Eylül	Ekim
08:00	$5,31 \cdot 10^{-04}$	$6,79 \cdot 10^{-04}$
09:00	$8,62 \cdot 10^{-04}$	$1,12 \cdot 10^{-03}$
10:00	$1,05 \cdot 10^{-03}$	$1,41 \cdot 10^{-03}$
11:00	$1,18 \cdot 10^{-03}$	$1,58 \cdot 10^{-03}$
12:00	$1,22 \cdot 10^{-03}$	$1,70 \cdot 10^{-03}$

Tablo 2. Isparta ili Eylül ve Ekim Aylarında Saatlere Göre Hesaplanan Bulanıklık Faktörü Değerleri

Aynı şekilde verilen değerlere göre Eylül ve Ekim ayları için ayrı ayrı II. yasa verimleri hesaplanarak grafik haline getirilmiş ve Şekil 4’de verilmiştir.



Şekil 4. Eylül ve Ekim Ayları Ortalama Işınım Değerlerine Göre Silindirik Yansıtıcı İki Yüzeyle Kollektör ile Düz Yüzeyle Kollektörün II. Yasa Verimlerinin Günün Saatine Göre Değişimi (Saat 12:00'deki değer maksimum değeri göstermektedir. Saat 16:00'daki değer saat 08:00'deki değere eşittir.)

Silindirik yansıtıcı iki yüzeyle kollektör için I.ve II. yasa verimleri aynen düz kollektörlerde olduğu gibi,  $= 5.2 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $F_t=0.63$  [2],  $T=318.15\text{K}$  [10] değerleri için Eylül ve Ekim için ayrı ayrı hesaplanır.

## SONUÇLAR

Termodinamiğin I. yasasına göre düz ve silindirik yansıtıcı iki yüzeyle kollektör ısı verimleri Eylül ve Ekim ayları için incelenmiştir. Şekil 3'e göre Eylül ve Ekim ayları ortalama değerlerine göre silindirik yansıtıcı iki yüzeyle kollektörün, düz kollektöre göre I. yasa veriminin daha yüksek olduğu görülmüştür( Her iki ay için Saat 12:00'de silindirik yansıtıcı iki yüzeyle kollektörün verimi düz kollektörden yaklaşık %45 daha büyüktür). Termodinamiğin II. yasasına göre düz ve silindirik yansıtıcı iki yüzeyle kollektörlerin ekserjetik verimleri Eylül ve Ekim aylarına göre incelenmiştir. Buna göre her iki kollektörde de ısı kazanan alan ile ısı kaybeden alanın eşit olmasından dolayı ekserjetik verimleri termik verimlerden düşüktür. Her iki aya göre düz ve silindirik yansıtıcı iki yüzeyle kollektörlerin ekserjetik verimleri incelendiğinde silindirik yansıtıcı iki yüzeyle kollektör ekserjetik veriminin daha yüksek olduğu görülmüştür(Eylül ve Ekim ayları için saat 12:00'de silindirik yansıtıcı iki yüzeyle kollektörün verimi düz yüzeyle kollektörden yaklaşık % 50 daha büyüktür. Bu sonuçlar da Şekil 4'de sunulmuştur. Sonuçlardan görüldüğü üzere Isparta veya Isparta'ya benzer meteorolojik özellikler gösteren bölgelerde veya daha soğuk bölgelerde silindirik yansıtıcı iki yüzeyle kollektörün (düz yüzeyle kollektöre göre maliyetinin yüksek olmasına rağmen) kullanımının daha uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

## KAYNAKÇA

1. A.Y., Uyarel, E.S.Öz, Güneş Enerjisi ve Uygulamaları, Birsen Yayınevi, İstanbul 1990.
2. Çiçek, N., "Güneş Kaynaklı Düşük Sıcaklık Uygulama Sistemlerinin İrdelenmesi". S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisan Tezi, Isparta, 1996.
3. Goetzberg, A., Dengler, J., Rommel, M., Götsche, J. and Wittwer V., "A New Transparently Insulated, Bifacially Irradiated Solar Flat-plate Collector". Solar Energy, 49(5), pp. 403-411, 1992.
4. M. Rommel, A. Wagner, "Application of Transparent Insulation Materials in Improved Flat-plate Collectors and Integrated Collector Storages, Solar Energy vol.49, N.5, pp.371-380, USA, 1992.
5. Kaushika, N.d. and Sharma, P.P., "Transparent Honeycomb Insulated Solar Thermal Systems for Energy Conservation". Heat Recovery Systems, 14(1), pp.37-44, 1994.
6. Selbaş, R., Üçgül, İ., Şencan, A., Kızılkın, Ö., "Güneş Enerjisi Destekli Buhar-Jet Soğutma Sisteminin İklimlendirmede Uygulanabilirliğinin Araştırılması", TMMOB Makina Mühendisleri Odası Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi Bildiriler Kitabı, Yayın No:E/2003/321, s81-91, Mersin, 2003.
7. Üçgül, İ., Koyun, T., Akarşlan, F., Şenol, R., 2003. "Kabin Tipi Konveksiyon Kurutucuda Kurutma İşleminin Ekserji Analizi", ULIBTK'03 14. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongre Bildiri Kitabı, s.425-431, Isparta.
8. Kılıç, A., Öztürk, A., "Güneş Enerjisi", İ.T.Ü. Makine Fakültesi, 330s, İstanbul, 1983.
9. Özek, N., Üçgül, İ., "Düzlemsel Havalı Tip Güneş Kollektörlerinde Şeffaf Yalıtım Uygulamaları".S.D.Ü. Müh. Mim. Fak. Makine Müh. Dergisi, ISSN 1301-0611, V.1, Sayı 10, s 61-70., Isparta, 1996.
10. Özek, N., Çiçek, N., Üçgül, İ. "Güneş Kaynaklı Düşük Sıcaklık Uygulama Sistemlerinin Uygulama Analizleri".Çevre Enerji Kongresi Antalya Sempozyumu, M.M.O. Yayın No:191, s.244-256, Antalya, 1997.
11. You, Y., Hu, E.J., "A medium-temperature solar thermal power system and its efficiency optimization", Applied Thermal Engineering, pp.357-364, Australia, 2002.