

SABİT ODAKLI SİLİNDİRİK PARABOLİK BİR YOĞUNLAŞTIRICIDA KIZGIN SU ELDE EDİLMESİ

Fethi HALICI

Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, Esentepe –Adapazarı

ÖZET

Bu çalışmada, odağı sabit yansıtıcısı hareketli olarak imal edilen silindirik parabolik yoğunlaştırıcıda (SPY) kızgın su ve sıcak su için yapılan deney sonuçları ve performans değerleri verilmiştir. (SPY)'nın yansıtıcı yüzeyi 2m x 3 m boyutlarında olup toplam açıklık alanı 6 m² dir. Odaktaki yutucu yüzey yan yana yerleştirilen 2 kanatlı borudan imal edilmiştir. Odak uzaklığı 6 m olan (SPY) kuzey güney doğrultusunda yerleştirilerek özel yapılan bir mekanizma ile güneşi doğu batı doğrultusunda izlemesi sağlanmıştır. (SPY)' da yaklaşık 120 °C değerlerinde kızgın su elde edilmiştir. Deneylerde ölçümü yapılan sıcaklık, debi ve güneş ışınım şiddeti değerleri verilerek, sistemin performansı irdelenmiştir.

I. GİRİŞ

Günümüzde enerji tüketiminin artması, fosil kökenli enerji kaynaklarının hızla azalmasına ve bunun sonucu olarak ta fiyatlarının hızla artmasına neden olmaktadır. Bu yüzden son zamanlarda alternatif enerji kaynaklarına (güneş, rüzgar, jeotermal, dalga ve biogaz enerjileri ve gel-git olayı) büyük önem verilmektedir. Alternatif enerji kaynaklarının başında da güneş enerjisi gelmektedir. Güneş enerjisinden günümüzde daha çok düzlemsel toplayıcılar ile sıcak su elde edilmesinde faydalanılmaktadır. Odaklayıcı toplayıcılar kullanılarak, belirli sıcaklıklarda kızgın su, doymuş buhar, hatta kızgın buhar elde etmek mümkündür. Odaklı toplayıcı olarak, hem imalat açısından hem de paralel ve seri bağlanabilme özelliklerinden dolayı silindirik parabolik güneş enerjisi toplayıcılarının kullanılması, diğer odaklı toplayıcılara göre çok daha uygundur. Odaklayıcı toplayıcılarda geometrisine bağlı olarak doğru üzerine yoğunlaştırmada 70–300°C sıcaklığa, nokta üzerine yoğunlaştırmada da 1400 °C sıcaklığa kadar çıkmak mümkündür.

Silindirik parabolik yoğunlaştırıcılar üzerine çeşitli çalışmalar [1-6] olmakla birlikte, değişik geometri ve

yutucu yüzey şekilleri için çalışmalar devam etmektedir. Avezov ve Alimov [3] değişik yutucu yüzey geometrilerinin performansları üzerine yaptıkları çalışmada, çift camlı ve üç tarafı yalıtımlı dikdörtgen kesitli yutucu borunun, diğerlerine göre daha iyi sonuç verdiğini göstermişlerdir. Bu çalışmadaki (SPY)'nın daha önceki yapılan çalışmalardan en önemli farkı, odağın sabit olması ve yansıtıcıdan yansıyan ışınların sabit odak üzerine gelecek şekilde, yansıtıcının güneşi takip etmesidir. Bu tür (SPY)'da en önemli sorun sabahdan öğlene yada simetriği olarak öğleden akşama doğru odak uzaklığının küçülmesidir. Bu odaklara probleminden dolayı meydana gelen ışınım kayıplarını azaltmak için, ya odak uzaklığını gün boyunca ayarlamak yada yutucu yüzeyin açıklık alanını büyütme gerekir. İmal edilen (SPY)'da yutucu yüzey açıklığı, yutucu kenarlarına yan aynalar konularak genişletilmiştir. Odağın sabit olmaması halinde büyük sistemlerde odakla birlikte tüm sistemin güneşi izlemesi, hem konstrüksiyon bakımından hem de yutucuya bağlı ısı taşıyıcı boruların hareketli olmaları gerektiğinden çeşitli problemler ortaya çıkmaktadır. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda, odak uzaklığının doğrusal yarı açıklığa oranı 1,8' in altında kalmıştır. Bu çalışmada bu değer 6' dır. Odak uzaklığının doğrusal yarı açıklığa oranının büyük olması durumunda çok sayıda (SPY)'nın birlikte çalışması halinde, yansıtıcı yüzeylerin birbirlerini gölgelendirmeleri azalmaktadır. Bu çalışmada esas amaç, güneş enerjisi bakımından çok zengin olan ülkemizde (SPY)'lı geniş güneş tarlaları meydana getirerek, güneş enerjisi destekli termik santrallerin yapımını sağlamaktır. Bu yüzden belki verimden biraz ödün verilerek, hem imalatı kolay hem de çalışma anında fazla problem çıkarmayacak bir sistem tasarlamaya çalışılmak istenmiştir. Bu konuda çalışmalar halen devam etmektedir.

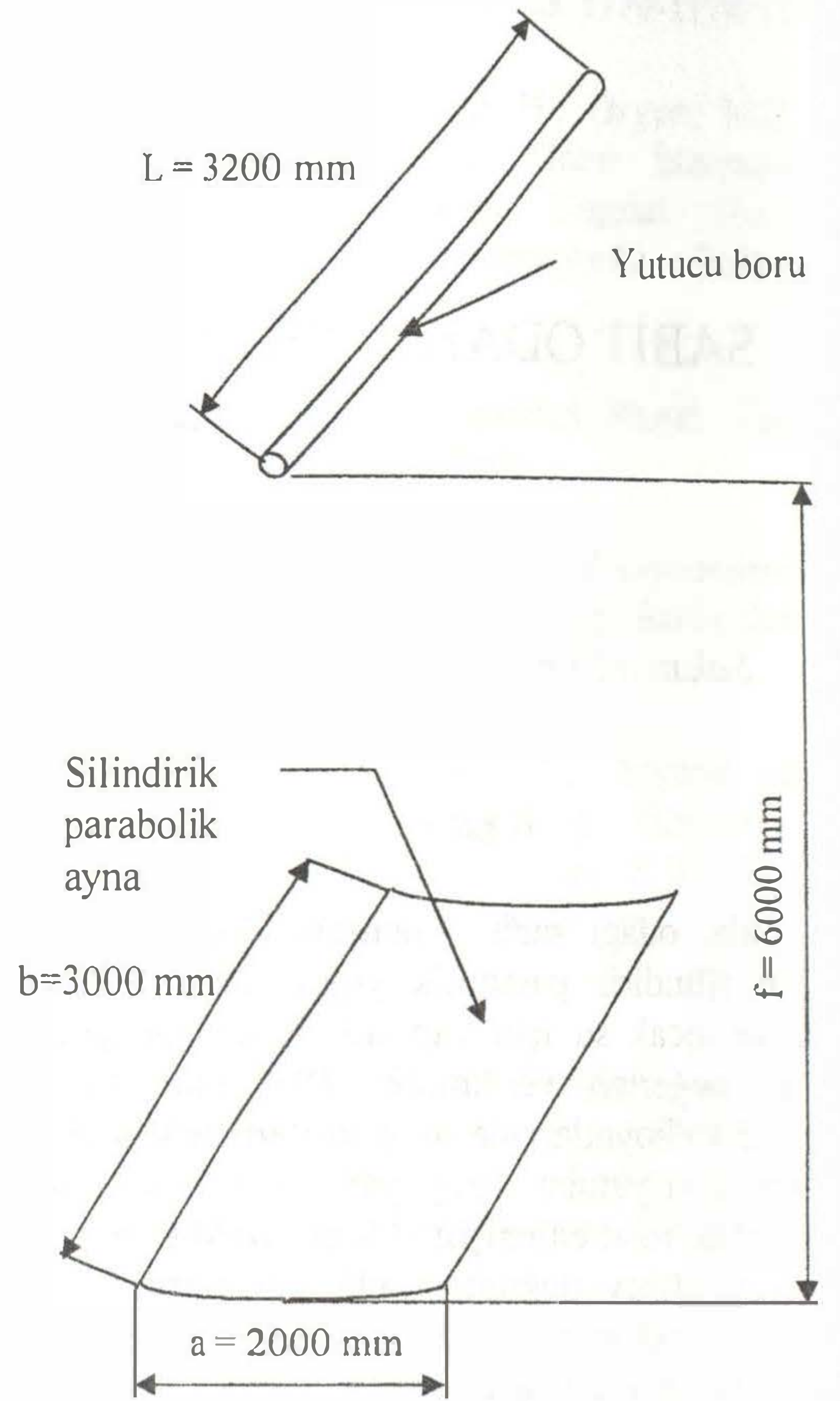
II. SİLİNDİRİK PARABOLİK YANSITICI VE YUTUCU YÜZEY

Yapılan deney tesisatında yansıtıcı yüzey, odak uzaklığı 6 m, doğrusal açıklığı 2 m ve uzunluğu 3 m olacak

şekilde imal edilmiştir. Odak uzaklığının doğrusal yarı açıklığa oranı büyük olduğundan silindirik parabolik yansıtıcı aynanın kesit görünümü doğrusallıktan az farklıdır. (SPY)'nin şematik görünüşü Şekil 1'de verilmiştir. Silindirik parabolik yansıtıcı yüzey elde edebilmek için, önce odak uzaklığı 6 m ve açıklık uzunluğu 2 m olacak şekilde 15 adet parabolik saç parçaları hazırlanarak, belirli aralıklar ile düzgün bir şekilde çelik profilden yapılmış kasa içerisine monte edilmiş ve bunların üzerine de 1,5mx2,02m boyutlarındaki 2 flotal ayna yerleştirilmiştir. Ayna sac parçaları üzerine tamamen yerleştirilerek silindirik parabolik yüzey elde edilmiştir.

Yutucu yüzey yan yana tertiplenmiş kendinden kanatlı 2 alüminyum borudan imal edilmiştir (Şekil 2). Boruların iç çapları 10 mm ve kanatların dış çapı 40 mm olan kanatlı borular, siyah alüminyum eloksal ile kaplanmıştır. Şekil 2'den de görüldüğü gibi kanatlı borular, kanatları biraz iç içe geçecek şekilde yerleştirilmiştir. Kanatlı boruların yansıtıcıyı gördüğü açıklığın genişliği 7 cm ve yutucunun uzunluğu 3,2 m'dir. Sabah ve akşam saatlerinde yansıyan ışığın odakta yeri bir miktar güneye doğru kaydığından (22 Mart ile 22 Eylül arası) yutucunun uzunluğu, yansıtıcı aynanın uzunluğundan 20 cm büyük yapılmıştır. Yutucu yüzeyinden olan ısı kayıplarını azaltmak için Şekil 2'de gösterildiği gibi, yutucunun açıklık alanının dışındaki kısımları önce 0,5 cm kalınlığında beyaz teflon ve bunun üzerine 2 cm kalınlığında cam yünü ile yalıtım yapılmış ve bu yalıtım plastik bir muhafaza içine yerleştirilmiştir. Yutucu yüzey sabit, yansıtıcı yüzey güneşi takip ettiğinden ışınların kesiştiği odak çizgisi, günün her saatinde yutucu yüzeyin tam üzerinde gerçekleşmemektedir. Bundan dolayı yarı kabul açısı biraz büyük tutularak ısı kayıplarının azaltılması sağlanmıştır. Bu yüzden yansıyan ışınların tamamının yutucu yüzeye gitmesini sağlamak için, yutucunun açıklık alanının her iki yanına Şekil 2'de gösterildiği gibi 11 cm genişliğinde ve 3,2 m uzunluğunda açıklık alanı 15 cm olacak şekilde yan aynalar yerleştirilmiştir. Bu yan aynaların ön kısmı da taşınım ve ışımla olan ısı kayıplarını azaltmak için 2 mm kalınlığında cam ile kapatılmıştır. Yan aynaların dış yüzeyleri de 2 cm kalınlığında cam yünü ile yalıtılmıştır.

Gün boyunca silindirik parabolik aynadan yansıyan ışınların yutucu yüzeye gitmesi için, yansıtıcının güneşi iki eksende izlemesi gerekir. İki eksenli izleme mekanizmaları karmaşık ve ekonomik olmadıklarından tek eksenli izlenmesi tasarlanmıştır. (SPY) kuzey-güney yönünde yerleştirilerek güneşi doğu-batı yönünde izlenmesi sağlanmıştır. (SPY)'nin yoğunlaştırma oranı yutucu yüzey açıklığı dikkate alındığında 28,6'dır. Tesisatta 200 lt lik bir su deposu kullanılmıştır.



Şekil 1. (SPY) sisteminin şematik görünüşü.

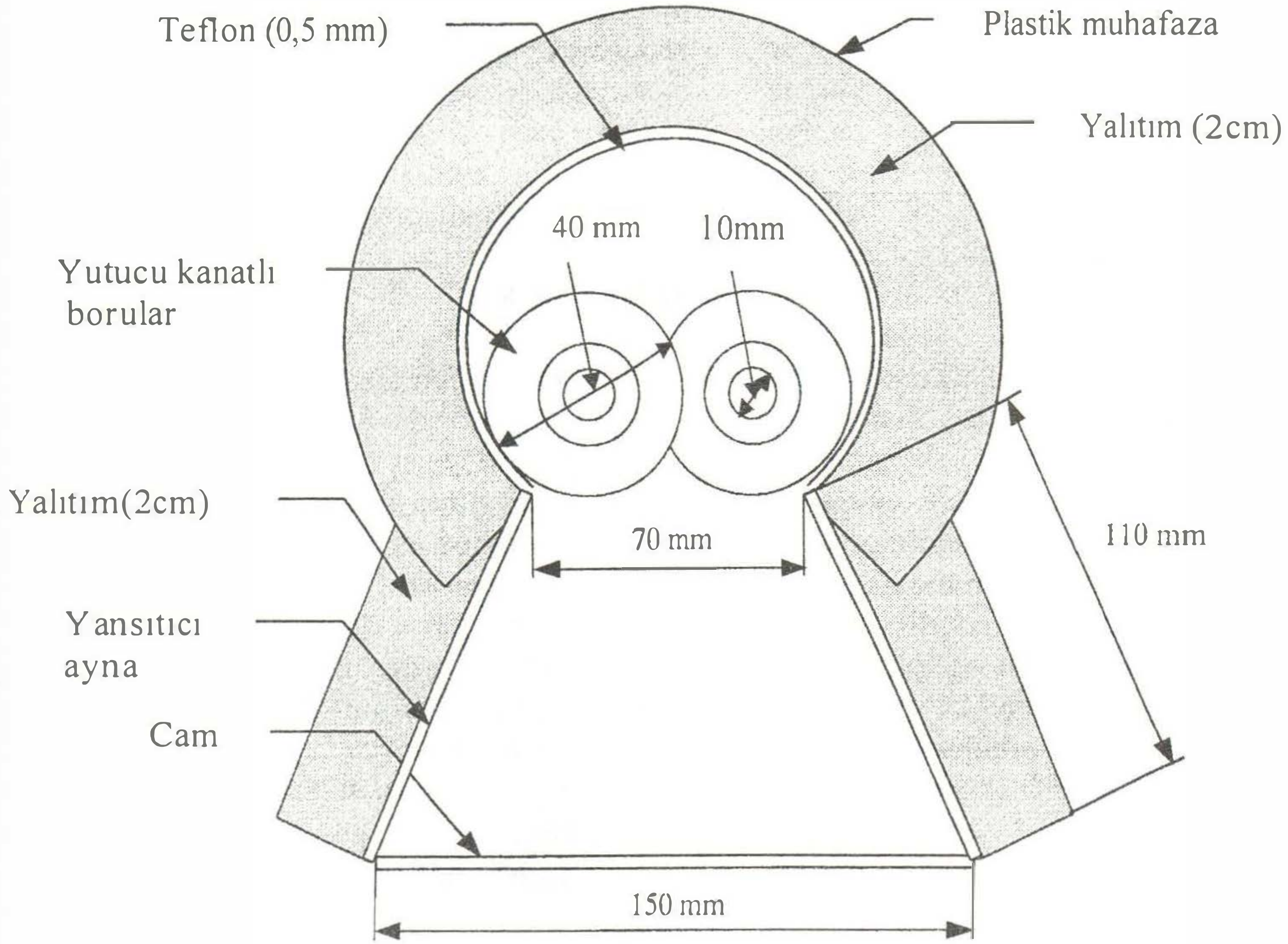
III. DENEYLER

Deneyleerde su debisi rotametre, sıcaklıklar hassas termometre ile ölçülmüştür. Gün boyunca gelen tüm güneş ışıını solarimetre ile ölçülerek tüm ve direkt ışıını şiddetleri hesaplanmıştır. Odaklı toplayıcılar direkt güneş ışıınından faydalandıkları için, direkt güneş ışıını, tüm güneş ışıınından Page'nin bağıntısı $K_y=1-1,13K_t$ [7] kullanılarak hesaplanmıştır. Burada K_y yayılı ışıını oranı ve K_t de yeryüzünde yatay düzleme gelen günlük tüm güneş ışıınıının, atmosfer dışında yatay düzleme gelen günlük güneş ışıınıına oranıdır. Deneyleer kızgın su için 24 Temmuz 1999 günü, sıcak su için 25 Temmuz 1999 günü Ankara'da sabah saat 9:00 da yapılmaya başlanmış ve saat 17:00 de (ileri saat uygulamasına göre) sona erdirilmiştir. Her 15 dakikada bir ölçüm değerleri alınmıştır.

Yutucu yüzeyde suya geçen ısı miktarı,

$$Q_s = \dot{m}_s c_{ps} (T_{sç} - T_{sg}) \quad (1)$$

bağıntısı ile hesaplanmıştır. (SPY)'nin verimi, suya geçen ısı miktarının yansıtıcı yüzeyine gelen direkt



Şekil 2. (SPY)'nin yutucu yüzeyinin kesit görünüşü

güneş enerjisine oranı olarak tanımlandığından,

$$\eta_d = \frac{Q_s}{I_d A_y} \quad (2)$$

şeklinde hesaplanmıştır. Ayrıca gelen tüm güneş enerjisinin ne kadarından faydalandığını da bilebilmek için, suya geçen ısı miktarının yansıtıcı yüzeye gelen tüm ışınımına oranı şeklinde bir verim tanımı da yapılarak, aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$\eta_t = \frac{Q_s}{I_t A_y} \quad (3)$$

Deneylerde ölçülen suyun yutucuya giriş ve çıkış sıcaklıkları, çevre sıcaklığı, su debisi ve hesaplanan Q_s , I_d , I_t , η_d ve η_t değerleri kızgın su için Tablo 1'de verilmiştir.

IV. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Gün boyunca hem kızgın su hem de sıcak su halinde yutucu yüzeye suyun giriş ve çıkış sıcaklıklarının değişimi Şekil 3'de gösterilmiştir. Kızgın su elde etmek için yapılan deneylerde yutucuya suyun giriş sıcaklığı

40,4 °C tan 94,2 °C'a kadar, çıkış sıcaklığı ise 57,2 °C'tan 122,8 °C'a kadar değişim göstermiştir. Saat 10:15 civarında kızgın su elde edilmiştir. Saat 15:30 da 122,8 °C sıcaklığa kadar çıkan kızgın suyun sıcaklığı, daha sonra azalmaya başlamıştır. Deney süresince su debisi de 0,013 ila 0,02 kg/s aralığında değişimler göstermiştir. Çevre sıcaklığı da gün boyunca 22,8 °C'tan 31,1 °C'a kadar artmıştır. Sıcak su halinde ise yutucudan suyun çıkış sıcaklıkları 48 °C ila 107 °C arasında değişmiştir. Sıcak su halinde de depodaki suyun sıcaklığının yükseldiği saatlerde, yutucudan suyun çıkış sıcaklığı 100 °C'tın üzerine çıkmıştır.

Yutucu yüzeyde suya geçen ısı enerjisi ile tüm ve direkt güneş ışınım şiddeti değerlerinin gün boyunca değişimi Şekil 4'de verilmiştir. Kızgın su halinde yutucu yüzeyde suya geçen ısı miktarı saat 9:00 da 1170 W mertebelerinde olup saat 10:45 civarlarında en yüksek değerine 1846 W'a, sıcak su halinde de saat 9:00 da 1254 W' tan saat 11:15 de 2190 W değerlerine ulaşmıştır. Öğle saatlerinde (saat 12:15 ile 13:30 arasında) yutucu yüzeyin gölgesi yansıtıcı ayna üzerine düştüğünden, bu saatlerde yutucu yüzeyde suya geçen ısı enerjisinde bir azalma meydana gelmiştir. Kızgın su halinde suya geçen ısı enerjisi, sıcak su haline göre yaklaşık % 9 daha az gerçekleşmiştir. Bunun nedeni kızgın su halinde yutucu yüzeyin sıcaklığının yüksek olması, yutucu yüzeyden çevreye hem taşınım hem de ışınım yolu ile olan ısı kayıplarını arttırmasıdır. Şekil

4'de verilen direkt ve tüm güneş ışınımı değerleri 25 Temmuz 1999 günü olan değerlerdir. Ölçümü yapılan gün tüm ışınım şiddeti saat 9:00 da 547 W/m^2 de başlamış saat 13:00 de 1008 W/m^2 gibi en yüksek değerine çıkmıştır. Şek.5'de de direkt güneş ışınım şiddetlerine göre tanımlanan (SPY)'nin verimlerinin gün boyunca değişimi verilmiştir. Kızgın su halinde (SPY)'nin verimi sabah saatlerinde yüksek yaklaşık % 48, öğle saatlerinde düşük yaklaşık %32 ve öğleden sonraki saatlerde yaklaşık % 40 değerlerinde gerçekleşmiştir. Sıcak su halinde ise (SPY)'nin verimi sabah saatlerinde ortalama %50, öğle saatlerinde ortalama %37 ve öğleden sonraki saatlerde yaklaşık %45 mertebelerinde olmuştur. Her iki durumda da sabah ilk saatlerde yutucu yüzeyden sıcak su elde edildiğinden, toplayıcı verimlerinde önemli bir fark görülmemektedir. Kızgın su elde edilmeye başlandığı saatlerden sonra toplayıcı veriminde sıcak sulu hale göre yaklaşık %10 bir azalma olmuştur. Her iki durumda da öğle saatlerindeki toplayıcı verimlerindeki azalmanın nedeni, yutucu yüzeyin gölgesinin yoğunlaştırıcı ayna üzerine düşmesidir. Yutucu yüzey veriminin sabah saatlerine göre öğleden sonraki saatlerde bir miktar azalmasının nedeni de öğleden sonraki saatlerde yutucu yüzeyin sıcaklığının yükselmesi ve bunun sonucu olarak da çevreye olan ısı kayıplarının artmasıdır.

V. SONUÇLAR

Odağı sabit olarak tasarlanan (SPY)'da 24-25 Temmuz 1999 günleri Ankara da yapılan deneylerde 6 m^2 açıklık alanından gündüz kızgın su halinde ortalama 1600 W , sıcak su halinde de ortalama 1775 W ısı güç elde edilmiştir. Kızgın su halinde yutucudan suyun çıkış sıcaklığı $122 \text{ }^\circ\text{C}$ değerlerine kadar çıkmıştır. Yapılan deneyler sonucunda direkt güneş ışınımına göre olan ısı verim kızgın su halinde ortalama %40, sıcak su halinde ortalama %45 değerlerinde gerçekleşmiştir. Bu ısı verimler beklenen değerlerin altında kalmıştır. Bunun nedenleri şöyle sıralanabilir: i. Sıcaklık ölçümlerinin yapıldığı noktadan itibaren, suyun yutucuya gidiş ve dönüş borularının toplam uzunluğu yaklaşık 14 m civarında olduğundan, her ne kadar borular yalıtım yapılmış olsa da çevreye olan ısı kaybı, ısı verimi önemli ölçüde azaltmıştır. ii. Yutucu yüzeyin konstrüksiyonu gereği dış yüzey alanının büyük olması çevreye taşınım ile olan ısı kaybını arttırmıştır. iii. Yutucu yüzey alüminyum eloksal ile kaplanmasına rağmen yutucu yüzeyin ön kısmından çevreye ışınım ile olan ısı kaybı önemli mertebededir. Çünkü deney anında yutucu yüzeye çıplak gözle bakıldığında, yutucu yüzeyin çok parlak olduğu gözlenmiştir.

Bu sonuçlar göstermektedir ki bu tür silindirik parabolik bir yoğunlaştırıcıda yutucu yüzeyden çevreye taşınım ile olan ısı kayıplarını, yutucunun dış yüzey alanını çok fazla büyütmeden azaltmaya çalışmak gerekmektedir. Yutucu yüzeyin ön kısmından çevreye ışınım ile olan ısı

kayıplarını azaltmak için de yutma geçirme çarpımını arttırmak gerekir. Bunun için de hem seçici yüzey kullanmak hem de saydam örtü olarak ışınım geçirme oranı yüksek olan saydam örtüler örneğin su beyazı adı verilen cam kullanılmalıdır. Ayrıca camdan olan yansıtmayı azaltmak için de camın bir yada iki yüzeyi yansıtma önleyici maddelerle kaplanmalıdır.

SEMBOLLER

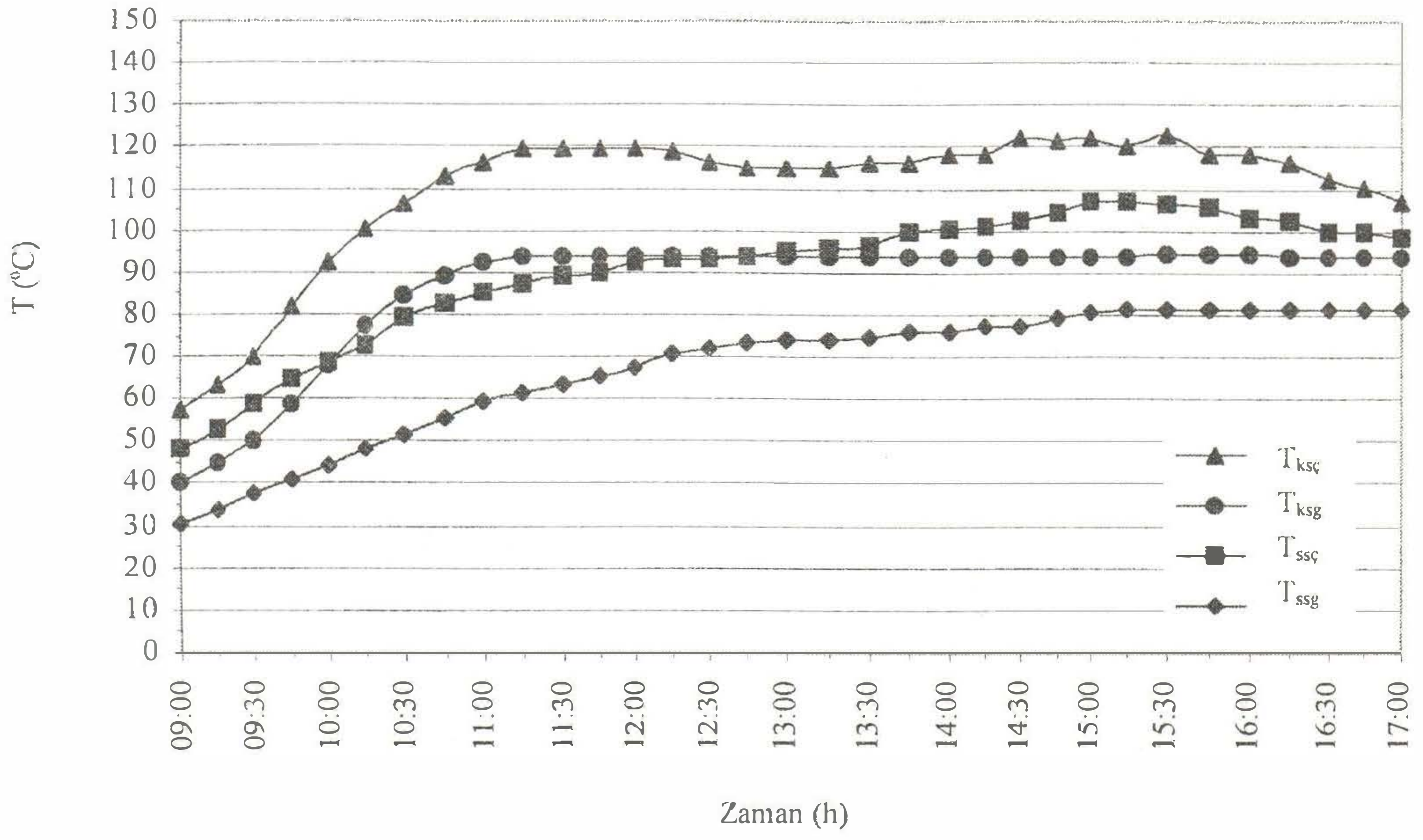
A_y	Yansıtıcının açıklık alanı, m^2
C_{ps}	Suyun özgül ısısı, J/kg K
I_d	Direkt güneş ışınımı, W/m^2
I_t	Tüm güneş ışınımı, W/m^2
m_s	Su debisi, kg/s
$T_{\text{çev}}$	Çevre sıcaklığı, $^\circ\text{C}$
$T_{ksç}$	Kızgın suyun yutucudan çıkış sıcaklığı, $^\circ\text{C}$
T_{ksg}	Kızgın suyun yutucuya giriş sıcaklığı, $^\circ\text{C}$
$T_{sç}$	Sıcak suyun yutucudan çıkış sıcaklığı, $^\circ\text{C}$
T_{sg}	Sıcak suyun yutucuya giriş sıcaklığı, $^\circ\text{C}$
Q_s	Suya geçen ısı miktarı, W
η_d	Direkt ışınımına göre (SPY) verimi
η_t	Tüm ışınımına göre (SPY) verimi

Alt indisler

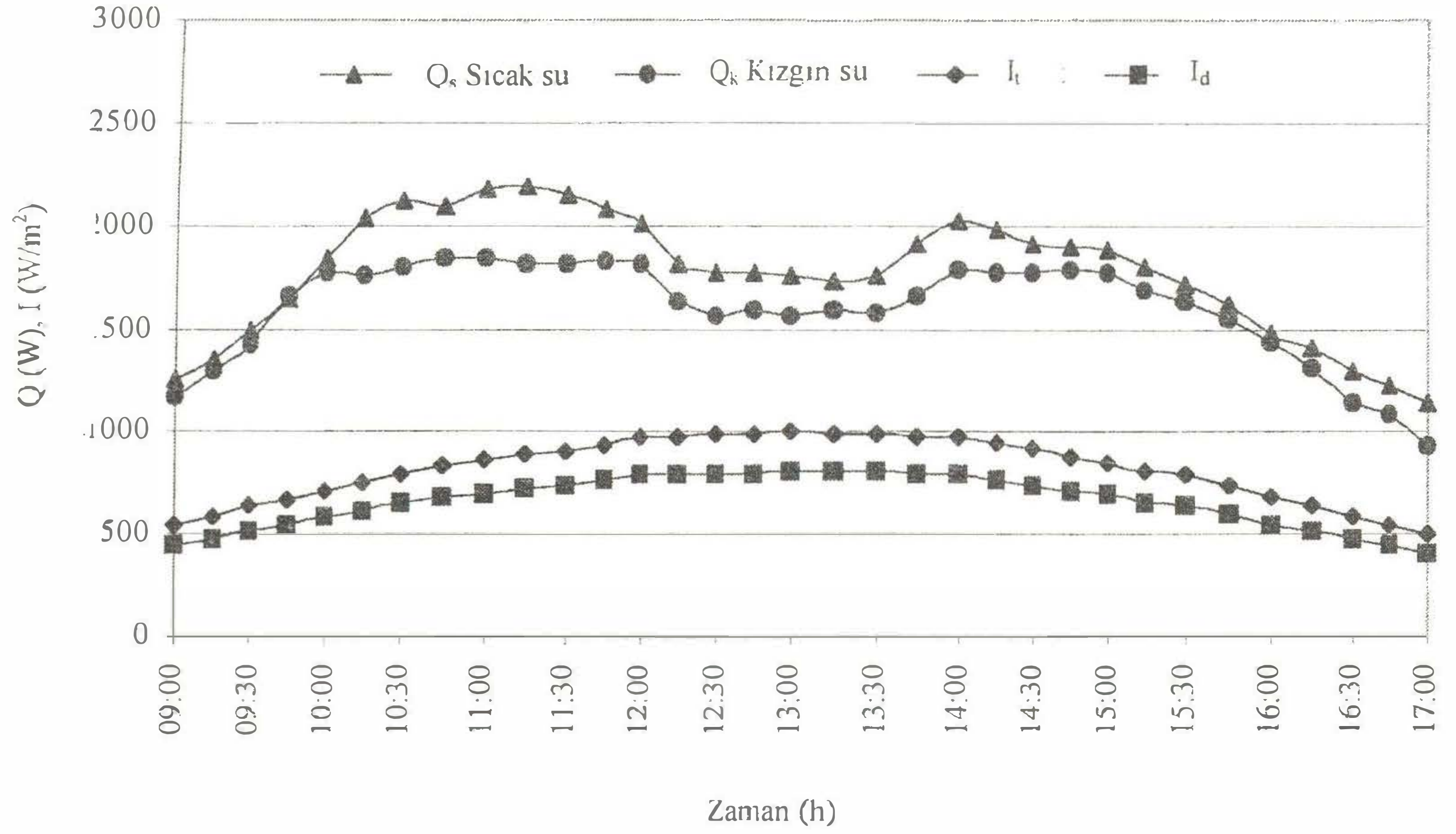
k	Kızgın su için
s	Sıcak su için

KAYNAKLAR

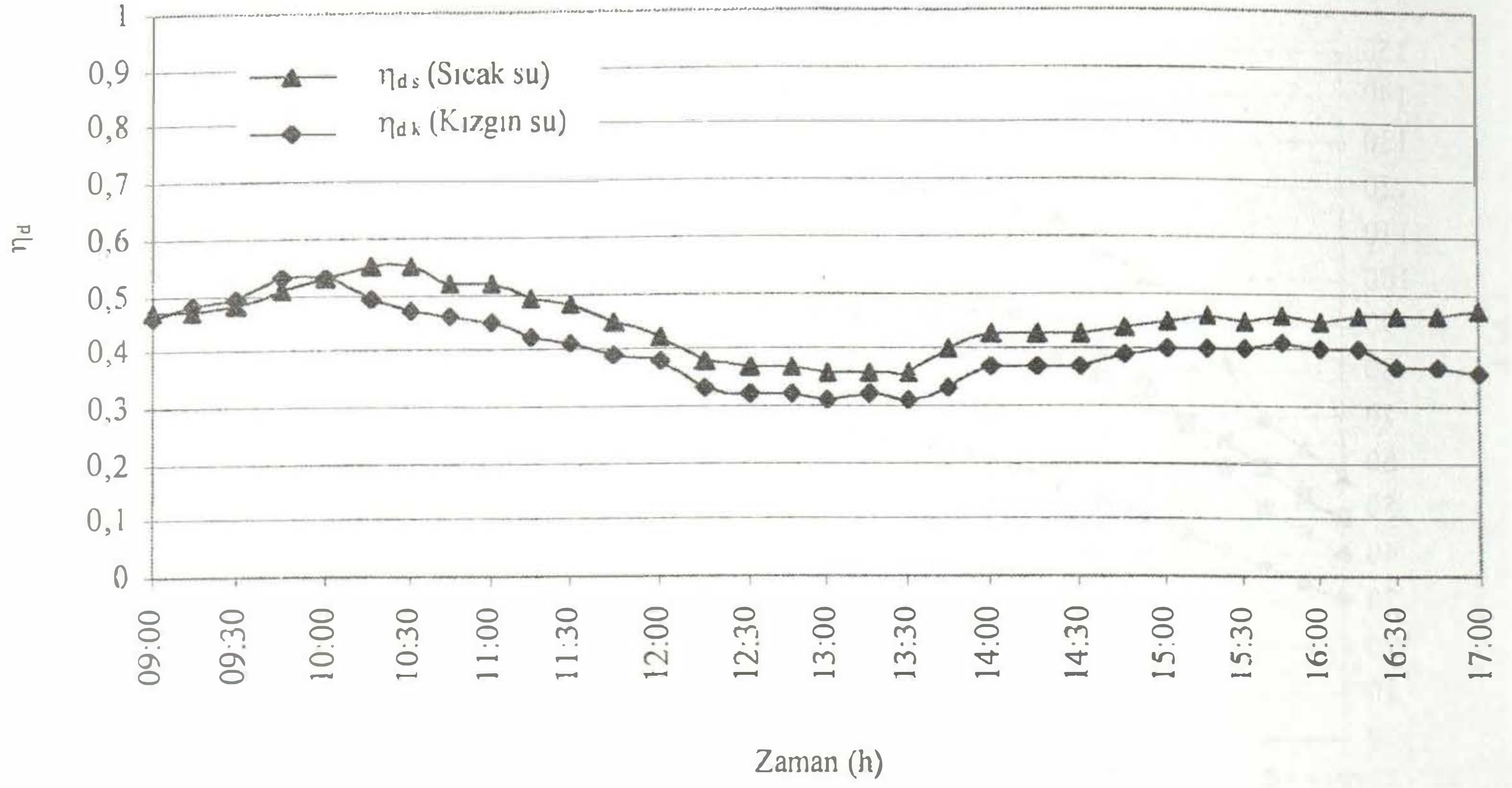
1. A. Thomas, H. M. Güven, "Parabolik Trough Concentrators-Design, Konstruktion and Evaluation", Energy Comers. Mgmt Vol. 34, No. 5. pp 401-416, Printed in Great Britain. 1993."
2. N. C. Bhowmik, S. C. Mullick, "Calculation of Tubular Absorber Heat Loss Factor", Solar Energy Vol. 35. No. 3, pp. 219-225 1985.
3. R.R. Avezov, A.K. Alimov, A.A. Dyadik, "Analyzing the Efficiency of Solar Collectors With Parabolocylindrical Concentrators", Applied Solar Energy, Vol. 29, No. 3, 1993
4. D. E. Randall, R. E. Tate, D. A. Powers, "Experimental Results of Pitching Moment Tests on Parabolic-Trough Solar-Collector Array Configurations", Journal of Solar Energy Engineering, Vol. 106/223, 1984.
5. F. Abdul, W. Hamad, "The Performance of A Cylindrical Parabolic Solar Concentrator", Energy Comers. Mgmt Vol 28, No. 3, pp251-256, 1988.
6. R. O. Nicolas ve J. C. Duran, "Generalization of The Two-Dimensional Optical Analysis of Cylindrical Cuncenrators", Solar Energy, Vol. 25 , pp 21-31, 1980.
7. A. Kılıç, A. Öztürk, Güneş Enerjisi, Kipaş Dağıtımçılık, Cağaloğlu, İstanbul, 1985.



Şekil 3. Kızgın ve sıcak su halinde, suyun yutucuya giriş ve çıkış sıcaklıklarının gün boyunca değişimi



Şekil 4. Kızgın ve sıcak su halinde (SPY)'nin ısıl gücünün ve, tüm ve direkt güneş ışınımı değerlerinin gün boyunca değişimi.



Şekil 5. Kızgın ve sıcak su halinde (SPY)'nın direkt güneş ışınımına göre veriminin gün boyunca değişimi.

Tablo 1. Kızgın su hali için yapılan deney sonuçları.

No:	Zaman(h)	$T_{ksd}(C)$	$T_{ksc}(C)$	$T_{cev}(C)$	$m(kg/s)$	$Q_{su}(W)$	$I_t(W/m^2)$	$I_d(W/m^2)$	η_t	η
1	09:00	40,4	57,2	22,8	0,0167	1170	525	425	0,37	0,46
2	09:15	44,8	63,5	22,8	0,0167	1303	557	451	0,39	0,48
3	09:30	50,2	70,3	23	0,0170	1428	595	482	0,4	0,49
4	09:45	58,5	82,1	23,7	0,0170	1660	645	522	0,43	0,53
5	10:00	68,1	92,2	24,9	0,0175	1772	690	559	0,43	0,53
6	10:15	77,5	100,4	26,1	0,0183	1755	739	598	0,4	0,49
7	10:30	84,5	106,1	26,4	0,020	1805	786	637	0,38	0,47
8	10:45	89,1	113,2	27,1	0,0183	1847	833	675	0,37	0,46
9	11:00	92,5	116,6	27,5	0,0183	1846	846	685	0,36	0,45
10	11:15	93,6	119,7	27,7	0,0167	1817	885	717	0,34	0,42
11	11:30	93,7	119,8	27,8	0,0167	1818	913	740	0,33	0,41
12	11:45	93,7	119,9	28	0,0167	1825	961	778	0,32	0,39
13	12:00	93,8	119,9	28,2	0,0167	1818	980	794	0,31	0,38
14	12:15	93,8	118,8	28,5	0,0157	1630	1003	812	0,27	0,33
15	12:30	94	116,5	29	0,0167	1567	1019	825	0,26	0,32
16	12:45	94	114,8	29,3	0,0183	1593	1024	829	0,26	0,32
17	13:00	94,1	114,8	29,3	0,018	1557	1031	835	0,25	0,31
18	13:15	94	114,7	29,3	0,0197	1585	1043	845	0,25	0,32
19	13:30	93,8	116,4	29,3	0,0167	1574	1032	836	0,25	0,31
20	13:45	93,9	116,6	29,5	0,0175	1660	1029	833	0,27	0,33
21	14:00	94	118,1	29,5	0,018	1785	1008	816	0,3	0,37
22	14:15	94	118,2	30,1	0,0175	1769	994	805	0,3	0,37
23	14:30	93,9	122,2	30,2	0,150	1774	975	790	0,3	0,37
24	14:45	93,9	121,8	30,5	0,0153	1788	941	762	0,32	0,39
25	15:00	94	122,3	30,8	0,0150	1774	917	743	0,32	0,4
26	15:15	94,1	120,5	30,8	0,0153	1692	875	709	0,32	0,4
27	15:30	94,2	122,8	30,8	0,0137	1634	841	681	0,32	0,4
28	15:45	94,2	118,6	30,9	0,0143	1552	785	636	0,33	0,41
29	16:00	94,2	118,5	31,1	0,0142	1438	744	603	0,32	0,4
30	16:15	94,1	116,2	31,1	0,0142	1307	691	560	0,32	0,4
31	16:30	94	112,2	31,1	0,0150	1140	639	518	0,3	0,37
32	16:45	94	110,5	31,1	0,0153	1093	606	491	0,3	0,37
33	17:00	93,8	107,2	31,1	0,0167	933	546	442	0,29	0,36