

Güneş Enerjisinin Kapalı Olimpik Yüzme Havuzlarında Kullanımı - 2

Uğur AKBULUT*

Olca KINCAI**

Fatih KÖŞKER***

Özet

Bu makalenin yayınlanan ilk bölümünde, güneş enerjisinden yararlanılarak Antalya, Adana, İstanbul ve Ankara illerindeki kapalı olimpik yüzme havuzlarının ısı kayıpları bulunmuş ve ısıtmak amacıyla gerekli olan güneş enerjisi ihtiyaçları belirlenmiştir.

Bu bölümde ise, ihtiyaç duyulan enerji miktarına ve ekonomik koşullara göre optimum düzlemsel toplayıcı alanının saptanmasına yönelik olarak 'teknik ve 'Bir Değere Getirilmiş Maliyet' yöntemi ile de ekonomik değerlendirmeler yapılmıştır. Kapalı olimpik yüzme havuzlarının ısıtılmasında yersel optimizasyon yapılarak, güneş enerjisi veya yenilenebilir enerji kaynaklarından hangisinin kullanımının daha uygun olduğuna karar verilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: optimum maliyet, yüzme havuzu, güneş enerjisi.

5. Ekonomik Analiz

Bir yatırım için maksimum faydayı sağlayacak minimum yatırım giderleri optimizasyon hesaplarıyla belirlenir. Ekonomik analiz, optimizasyon işleminde önemli bir yer tutar ve nihai kararlar ekonomik değerlere göre verilir (Barut, 1990).

toplayıcı alanıdır. Toplayıcı alanı ile sistemin toplam ilk yatırım masrafları ve işletme giderleri arasındaki ilişki incelenerek optimum bir toplayıcı alanı bulunabilir (Valov, 1986). Şekil 1'de toplam enerji maliyetlerinin minimize edilerek optimum maliyetin bulunması görülmektedir.

Güneş enerjili ısıtma sistemlerinde amaç, ısıtma için gerekli ısının bir kısmını güneş enerjisinden karşılayarak enerji için yapılan harcamayı bir oranda azaltmaktır. Güneş enerjili ısıtma sistemlerinde optimize edilecek büyüklük, sistemdeki en etkili parametre olan

5.1. Yardımcı Enerji Kaynağının Belirlenmesi

Güneş enerjili ısıtma sisteminde ekonomik veriler; ilk yatırım maliyeti, ısı ihtiyacının bir kısmının güneş enerjisinden karşılanmasıyla elde edilecek fayda ve kullanılan yardımcı enerjinin cinsi ve maliyetidir.

* Arş. Gör., Yıldız Teknik Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Termodinamik ve Isı Tekniği Anabilim Dalı.

** Prof. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Termodinamik ve Isı Tekniği Anabilim Dalı.

*** Mak. Y. Müh., Yıldız Teknik Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Termodinamik ve Isı Tekniği Anabilim Dalı.

Tablo 6'da yardımcı enerji kaynağı olarak kullanılabilir bazı yakıtların ısı değerleri, yanma verimleri ve piyasa fiyatları gösterilmiştir (www.igdas.com.tr: İG DAŞ - Karşılaştırmalı Yakıt Fiyatları, Mart-2006).

Tablo 6. Bazı yakıtların ısı değeri, verim ve fiyat karşılaştırması

Yakıt Cinsi	H _U (kcal / m ³)	F (YTL / m ³)	h _y (%)
Doğalgaz	8250	0,438	90
LPG(Propan)	11000	2,000	90
Linyit(Soma)	5500	0,141	60
Tüpgaz	11000	2,255	88
Fuel-oil	9700	1,131	80
Elektrik	860	0,127	99

Güneş enerjili ısıtma sistemlerinin ekonomik faktörler dışında bir diğer tercih nedeni de bu sistemlerin çevreye kirliliği ve ekolojik yapının bozulmasının azaltılmasına bir derece de olsa katkıda bulunmalarıdır. Bu sistemlerde yardımcı enerji kaynağı olarak kullanılan yakıtların seçiminde bu faktör de göz önüne alınmalıdır.

Günümüzde konvansiyonel enerji fiyatları, kaynakların sınırlı olması ve bilinçsizce tüketilmesi nedeniyle hızla artmaktadır. Bu sebeple optimizasyon hesaplarında yakıt fiyatlarının artışı da göz önünde bulundurulmalıdır.

6. Sistem Maliyetlerinin Hesabı

6.1. Güneş Enerjili Sistemin Yatırım Maliyetinin Hesabı

Sistemde kullanılacak ekipmanların (düzlemsel toplayıcı, kazan, pompa, eşanjör v.s.) fiyatları yatırım maliyetlerini oluşturmaktadır. Bu maliyetler toplayıcı alanına göre değişmektedir.

Tablo 7'de sisteme ait birim maliyetler YTL/m² ve YTL/(kcal/h) cinsinden, Mart-2006 fiyatlarına göre yatırım maliyetleri verilmiştir (www.aktifisi.com.tr, Isısan-Buderus, Aktif Isı). Yardımcı enerji üretiminde kullanılan kazan ve kazan

ekipmanları 350.000-650.000 kcal/h değer aralığına göre fiyatlandırılmıştır. Bu durumda güneş enerjisi sisteminin yatırım maliyeti, işlemlerin seri olması açısından toplayıcı alanı ile 461 katsayısının çarpımıyla hesaplanabilir.

$$I_A = 461 \cdot A_C \quad (33)$$

6.2. Yardımcı Enerji Yatırım Maliyetinin Hesabı

Yardımcı enerji yatırım maliyetleri, gerekli yardımcı enerji ihtiyacına bağlı olarak değişmektedir. Piyasada bulunan doğalgaz yakıtlı ısıtma sistemi için Tablo 7'deki veriler kullanılarak (34) no'lu eşitlik elde edilmiştir.

$$I_A = 0,175 \cdot Q_r \quad (34)$$

7. İlk Yatırım Yıllık Maliyetleri

İlk yatırım maliyetlerinin büyük bir kısmını güneş enerjisi sistemi teşkil eder. Bu nedenle talep edilen ısı miktarını güneş enerjisinden karşılayabilecek toplayıcı sayısının tespiti, gerek sistemin istenen talebi karşılayabilmesi gerekse tesis edilecek sistemin ekonomik olabilmesi için son derece önemlidir. Güneş enerjili ısıtma sisteminde sistem maliyeti ilk yatırım maliyetine bağlı olduğu kadar sistemin işletme ve bakım masraflarına da bağlıdır. Bu nedenle gereken enerjinin ne kadarının güneşten elde edileceği kullanılan yardımcı enerji ve toplayıcı birim fiyatlarına göre de

Tablo 7. Sisteme ait birim maliyetler

Cinsi	Fiyatı
Düzlemsel güneş toplayıcı (bakır borulu, çift camlı)	395 YTL/m ²
Güneş enerjisi sistemine ait bağlantı elemanları	33 YTL/m ²
Pompa	4 YTL/m ²
Eşanjör	10 YTL/m ²
Genleşme deposu	3 YTL/m ²
Kontrol sistemi	16 YTL/m ²
TOPLAM	461 YTL/m²
Kazan	0,078 YTL/(kcal/h)
Yardımcı enerji kaynağı sistemine ait bağlantı elemanları	0,043 YTL/(kcal/h)
Pompa	0,008 YTL/(kcal/h)
Eşanjör	0,016 YTL/(kcal/h)
Genleşme deposu	0,030 YTL/(kcal/h)
TOPLAM	0,175 YTL/(kcal/h)

ancak sistemin ilk yatırım maliyeti öyle değerlere ulaşacaktır ki tasarruf edilen para sistemin ömrü süresince ilk yatırım maliyetini karşılayamayacaktır.

Havuz suyunun ısıtılmasını sağlayacak sistemlerin maliyet analizlerinin yapılmasında "Bir Değere Getirilmiş Maliyet" yöntemi kullanılmıştır (Aybers ve Şahin, 1995). İlk yatırımın yıllık maliyeti, toplam ilk yatırım maliyeti ile amortisman faktörünün çarpılması şeklinde (35) no'lu ifadedeki gibi bulunur. Amortisman faktörünün bulunuşu ise (36) no'lu ifade de gösterilmiştir.

$$C_A = I_A \cdot AF \quad (35)$$

$$AF = \frac{(1+i)^n \cdot i}{(1+i)^n - 1} \quad (36)$$

8. Eşdeğer Yıllık İşletme Maliyetleri

Toplam ömür boyu yıllık işletme maliyetinin bugünkü değeri (37) no'lu ifadedeki gibidir.

$$(I_{OM})PW = (C_{OM}) \frac{1}{(1-e_f)} [1 - (1+e_f)^n (1+i)^{-n}] \quad (37)$$

Yıllık doğalgaz ihtiyacı ve bugünkü koşullarda yıllık işletme maliyeti (38) ve (39) no'lu ifadelerden hesaplanır.

$$\text{Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı} = \frac{\text{Yıllık Doğalgaz İhtiyacı}}{\text{Doğalgaz Alt Isıl Değeri} \times \text{Doğalgaz Isıtıcı Verimi}} \quad (38)$$

$$(C_{OM}) = (\text{Yıllık Yakıt Miktarı} \times \text{Yakıt Birim Fiyatı}) + \text{Yıllık Bakım Masrafı} \quad (39)$$

Yıllık işletme, bakım ve yakıt masrafları seçilen para değerlendirmesi metoduna bağlı olarak değişecektir. Referans tarihinde verilen değerler sabit kabul edilerek basit bir hesap yapılabileceği gibi, paranın zaman içindeki değer değişimi göz önüne alınarak sonuçlar paranın o

İşletme-bakım masraflarının geleceğe yönelik yıllık eskalasyon oranı (e_f), OECD ortalaması olarak, doğalgaz için %2,1 alınmıştır (www.demon.co.uk/geosci). Bir değere getirilmiş maliyet hesabında eşdeğer yıllık işletme maliyeti (40) no'lu eşitlik ile bulunur.

$$C_{OM(AV)} = (I_{OM})PW \cdot AF \quad (40)$$

9. Yıllık Toplam Maliyet

Yıllık toplam yatırım maliyeti ile yıllık işletme maliyetinin toplanması yıllık toplam maliyeti belirler. Burada ki amaç, toplam maliyetin minimum olması olup (41) no'lu ifadedeki gibidir.

$$C_T = C_{ACM} + C_{OM(AV)} \quad (41)$$

10. Sistem Kabülleri

Güneş enerjisi destekli yüzme havuzu ısıtılmasında kullanılan sistem kabülleri Tablo 8'de verilmiştir (www.aktifisi.com.tr, Isısan-Buderus).

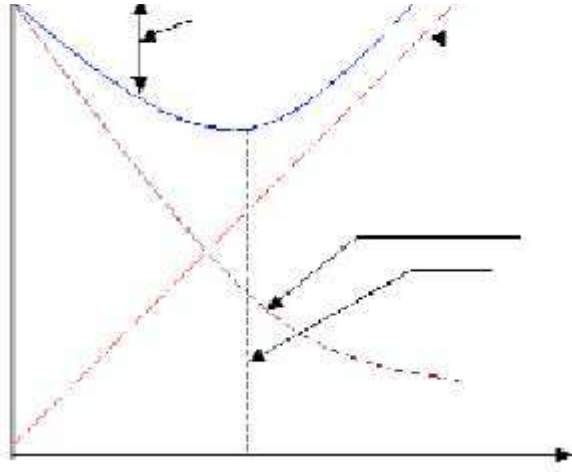
11. Sistemin Optimizasyonu

"Bir Değere Getirilmiş Maliyet" yöntemi ile optimizasyon işleminin temelini (41) no'lu eşitlikle verilen C_T değerinin minimize edilmesi oluşturur. Bu işlem, değişken ekonomik kabüller bazında toplayıcı alanlarının iteratif olarak denenmesi ve diğer verilerden de istifade edilerek yıllık toplam maliyetlerin bulunması ile

Tablo 8. Güneş enerjisi tesisatı sistem kabülleri

Güneş toplayıcısı sistem türü	Kapalı sistem cebri sirkülasyon
Toplayıcı cinsi	Çift camlı bakır borulu düzlemsel
Sistemin ortalama fiziksel ömrü	25 yıl
Sistemde kullanılan akışkan	% 50 etilen-glikol, su karışımı
Maksimum çalışma basıncı	10 bar
Kapatma sıcaklığı	230 °C
Absorber hacmi	1,5 lt
Toplayıcı verimi	$h_C = 0,85$
Eşanjör verimi	$h_E = 0,85$
Tesisat verimi	$h_M = 0,90$
Depo üst sıcaklığı	$T_{\text{max}} = 60 \text{ } ^\circ\text{C}$





Şekil 1. Toplam maliyetler ile düzlemsel güneş toplayıcısı alanı arasındaki etkileşim

yapılır. Şekil 1'de toplam maliyetler ile düzlemsel güneş toplayıcısı alanı arasındaki etkileşim görülmektedir.

Güneş enerjisinin yüzme havuzunu ısıtmak için yeterli olmadığı durumlarda doğalgaz kazanı devreye girecektir. Bir önceki sayıda yayınlanan 'Güneş Enerjisinin Kapalı Olimpik Yüzme Havuzlarında Kullanımı-1' isimli makalemizde, Tablo 5' te; Antalya, Adana, İstanbul ve Ankara illerinde havuzların aylara göre elde edilen güneş enerjisi miktarı ve yardımcı enerji tesisatından karşılanacak enerji miktarı (1000 m² toplayıcı için) verilmişti.

"Bir Değere Getirilmiş Maliyet" yöntemi ile optimizasyon işlemi, yıllık nominal faiz oranını (i) %8, sistem ömrü (n) 15 yıl ve eskalasyon oranını (ef) %2,1 olarak alarak toplayıcı alanlarını değiştirmek suretiyle uyguladığımızda Antalya için Tablo 9, Adana için Tablo 10, İstanbul için Tablo 11 ve Ankara için Tablo 12 de verilen değerleri elde ederiz. Söz konusu şartlarda optimum maliyetin bulunduğu durumlar aşağıdadır:

- i- Antalya için 1600 m² düzlemsel toplayıcı alanında güneş enerjisi ile 2443,8 kW enerji üretilirken, doğalgazlı kalorifer tesisatı ile 1332,8 kW enerji üretilmektedir. Böylece güneş enerjisi ile %64,7 faydalanma oranı karşımıza çıkmaktadır (Tablo 9).
- ii- Adana için 1600 m² düzlemsel toplayıcı alanında güneş enerjisi ile 2385,1 kW enerji üretilirken, doğalgazlı kalorifer tesisatı ile 1384,0 kW enerji üretilmektedir. Böylece güneş enerjisi ile %63,3 faydalanma oranı elde edilmektedir (Tablo 10).
- iii- İstanbul için 1800 m² düzlemsel toplayıcı alanında güneş enerjisi ile 2334,5 kW enerji üretilirken, doğalgazlı kalorifer tesisatı ile 1921,2 kW enerji üretilmektedir. Böylece güneş enerjisi ile %54,9 faydalanma oranı elde edilmektedir (Tablo 11).
- iv- Ankara için 1700 m² düzlemsel toplayıcı alanında güneş enerjisi ile 2409,6 kW enerji üretilirken, doğalgazlı kalorifer tesisatı ile 2024,5 kW enerji üretilmektedir. Böylece güneş enerjisi ile %54,3 faydalanma oranı elde edilmektedir (Tablo 12).

Tablo 9. Antalya ili için farklı toplayıcı alanlarına göre alınan enerji ve optimum maliyet

Düzlemsel Toplayıcı Alanı(m ²)Sistemi	Güneş Enerjisi (YTL/yıl)	Doğalgaz Kazanı Sistemi		Toplam Sistem (CT)	Güneş Enerjisi Sisteminden Alınan (kW)	Doğalgaz Kazanı Sisteminden Alınan (kW)	Yıllık Toplam Enerji Maliyetindeki Azalma (%)
		C _A (YTL/yıl)	C _{OM(AV)} (YTL/yıl)				
1600	2443,8	1332,8	1332,8	1332,8	2443,8	1332,8	64,7
1600	2385,1	1384,0	1384,0	1384,0	2385,1	1384,0	63,3
1800	2334,5	1921,2	1921,2	1921,2	2334,5	1921,2	54,9
1700	2409,6	2024,5	2024,5	2024,5	2409,6	2024,5	54,3

0	-	9.160	182.000	191.161	-	3776.6	-
700	37.701	9.160	129.141	176.002	1102.2	2674.4	7.93
800	43.087	9.160	121.589	173.836	1259.7	2516.9	9.06
900	48.473	9.160	114.038	171.671	1417.1	2359.5	10.20
1000	53.858	9.160	106.487	169.505	1574.6	2202.0	11.33
1100	59.244	9.160	98.935	167.340	1732.1	2046.5	12.46
1200	64.630	9.160	91.384	165.174	1889.5	1887.1	13.59
1300	70.016	9.160	83.333	163.009	2047.0	1729.6	14.73
1400	75.402	9.160	76.469	161.031	2208.5	1576.1	15.76
1500	80.788	9.160	70.552	160.500	2323.9	1452.7	16.04
1600	86.173	9.160	64.800	160.133	2443,8	1332,8	16,20
1700	91.559	9.160	59.799	160.519	2548.1	1228.5	16.03
1800	96.945	9.160	55.434	161.539	2639.1	1137.5	15.50
1900	102.331	9.160	51.068	162.559	2730.2	1046.4	14.96
2000	107.717	9.160	47.320	164.197	2808.3	968.3	14.11
2100	113.103	9.160	43.712	165.975	2883.6	893.0	13.18
2200	118.489	9.160	40.104	167.753	2958.8	817.8	12.25
2300	123.874	9.160	36.496	169.531	3034.0	742.6	11.32
2400	129.260	9.160	33.217	171.637	3102.4	674.2	10.21
2500	134.646	9.160	30.856	174.663	3151.6	625.0	8.63

Tablo 10. Adana ili için farklı toplayıcı alanlarına göre alınan enerji ve optimum maliyet

Düzlemsel Toplayıcı Alanı(m ²)Sistemi	Güneş Enerjisi Sistemi	Doğalgaz Kazanı Sistemi		Toplam Sistem	Güneş Enerjisi Sisteminden Alınan	Doğalgaz Kazanı Sisteminden Alınan	Yıllık Toplam Enerji Maliyetindeki Azalma
	C _A (YTL/yıl)	C _A (YTL/yıl)	C _{OM(AV)} (YTL/yıl)	CT	kW	kW	%
0	-	9.160	181.641	190.801	-	3769.2	-
700	37.701	9.160	130.524	177.385	1065.9	2703.3	7,03
800	43.087	9.160	123.221	175.468	1218.1	2551.1	8,03
900	48.473	9.160	115.919	173.551	1376.4	2398.8	9,04
1000	53.858	9.160	108.616	171.635	1522.7	2246.5	10,04
1100	59.244	9.160	101.314	169.718	1675.0	2094.2	11,05
1200	64.630	9.160	94.012	167.802	1827.2	1942.0	12,05
1300	70.016	9.160	86.709	165.885	1979.5	1739.7	13,06
1400	75.402	9.160	79.407	163.969	2131.8	1637.4	14,06
1500	80.788	9.160	72.977	162.925	2265.8	1503.4	14,61
1600	86.173	9.160	67.259	162.592	2385,1	1384,1	14,80
1700	91.559	9.160	62.147	162.866	2491.7	1277.5	14,64
1800	99.368	9.160	55.781	164.579	2580.5	1188.7	14,05
1900	102.331	9.160	53.675	165.166	2668.3	1100.9	13,43
2000	107.717	9.160	50.134	167.011	2742.1	1027.1	12,47
2100	113.103	9.160	46.667	168.930	2814.4	954,8	11,46
2200	118.489	9.160	43.200	170.848	2886.7	882,5	10,45
2300	123.874	9.160	39.732	172.767	2959.0	810,2	9,45
2400	129.260	9.160	36.265	174.685	3031.3	737,9	8,44
2500	134.646	9.160	33.710	177.516	3084.6	684,6	6,96

Tablo 11. İstanbul ili için farklı toplayıcı alanlarına göre alınan enerji ve optimum maliyet

Düzlemsel Toplayıcı Alanı(m ²)Sistemi	Güneş Enerjisi Sistemi	Doğalgaz Kazanı Sistemi		Toplam Sistem	Güneş Enerjisi Sisteminden Alınan	Doğalgaz Kazanı Sisteminden Alınan	Yıllık Toplam Enerji Maliyetindeki Azalma
	C _A (YTL/yıl)	C _A (YTL/yıl)	C _{OM(AV)} (YTL/yıl)	CT	kW	kW	%
0	-	9.160	204.977	214.137	-	4255,7	-
700	37.701	9.160	161.260	208.121	911,6	3344,1	2,81
800	43.087	9.160	155.014	207.261	1041,8	3213,9	3,21
900	48.473	9.160	148.768	206.401	1172,0	3082,7	3,61
1000	53.858	9.160	142.522	205.541	1302,2	2951,5	4,01
1100	59.244	9.160	136.276	204.681	1432,4	2820,3	4,41
1200	64.630	9.160	130.030	203.821	1562,6	2689,1	4,81
1300	70.016	9.160	123.784	202.961	1692,8	2557,9	5,21
1400	75.402	9.160	117.538	202.101	1823,0	2426,7	5,61
1500	80.788	9.160	111.292	201.241	1953,2	2295,5	6,01
1600	86.173	9.160	105.046	200.381	2083,4	2164,3	6,41
1700	91.559	9.160	98.800	199.521	2213,6	2033,1	6,81
1800	99.368	9.160	92.554	198.661	2343,8	1901,9	7,21
1900	102.331	9.160	86.308	197.801	2474,0	1770,7	7,61
2000	107.717	9.160	80.062	196.941	2604,2	1639,5	8,01
2100	113.103	9.160	73.816	196.081	2734,4	1508,3	8,41
2200	118.489	9.160	67.570	195.221	2864,6	1377,1	8,81
2300	123.874	9.160	61.324	194.361	2994,8	1245,9	9,21
2400	129.260	9.160	55.078	193.501	3125,0	1114,7	9,61
2500	134.646	9.160	48.832	192.641	3255,2	983,5	10,01

900	48.473	9.160	148.769	206.402	1172,0	3083,7	3,61
1000	53.858	9.160	142.524	205.542	1302,3	2953,4	4,01
1100	59.244	9.160	136.278	204.683	1432,5	2823,2	4,42
1200	64.630	9.160	130.033	203.823	1562,7	2693,0	4,82
1300	70.016	9.160	123.788	202.964	1692,9	2562,8	5,22
1400	75.402	9.160	117.543	202.104	1823,2	2432,5	5,62
1500	80.788	9.160	111.297	201.245	1953,4	2302,3	6,02
1600	86.173	9.160	105.052	200.385	2083,6	2172,1	6,42
1700	91.559	9.160	98.807	199.526	2213,8	2041,9	6,82
1800	96.945	9.160	93.019	199.125	2334,5	1921,2	7,01
1900	102.331	9.160	88.384	199.875	2431,2	1824,5	6,66
2000	107.717	9.160	84.422	201.299	2513,8	1741,9	6,00
2100	113.103	9.160	80.461	202.723	2596,4	1659,3	5,33
2200	118.489	9.160	76.499	204.148	2679,0	1576,7	4,66
2300	123.874	9.160	72.538	205.572	2761,6	1494,1	4,00
2400	129.260	9.160	69.687	208.107	2821,0	1434,7	2,82
2500	134.646	9.160	67.068	210.874	2875,7	1380,0	1,52

Tablo 12. Ankara ili için farklı toplayıcı alanlarına göre alınan enerji ve optimum maliyet

Düzlemsel Toplayıcı Alanı(m ²)Sistemi	Güneş Enerjisi Sistemi	Doğalgaz Kazanı Sistemi		Toplam Sistem	Güneş Enerjisi Sisteminden Alınan	Doğalgaz Kazanı Sisteminden Alınan	Yıllık Toplam Enerji Maliyetindeki Azalma
		C _A (YTL/yıl)	C _{OM(AV)} (YTL/yıl)				
0	-	9.160	213.532	0	-	4434,1	-
700	37.701	9.160	165.396	700	1003,7	3430,4	4,69
800	43.087	9.160	158.519	800	1147,1	3287,0	5,36
900	48.473	9.160	151.642	900	1290,5	3143,6	6,03
1000	53.858	9.160	144.766	1000	1433,9	3000,2	6,69
1100	59.244	9.160	137.889	1100	1577,3	2856,8	7,36
1200	64.630	9.160	131.012	1200	1720,7	2713,4	8,03
1300	70.016	9.160	124.135	1300	1864,1	2570,0	8,70
1400	75.402	9.160	117.259	1400	2007,5	2426,6	9,37
1500	80.788	9.160	110.382	1500	2150,9	2283,2	10,04
1600	86.173	9.160	103.585	1600	2292,6	2141,5	10,68
1700	91.559	9.160	97.974	1700	2409,6	2024,5	10,80
1800	96.945	9.160	92.750	1800	2518,5	1915,6	10,70
1900	102.331	9.160	87.831	1900	2621,1	1813,0	10,49
2000	107.717	9.160	83.400	2000	2713,5	1720,6	10,07
2100	113.103	9.160	78.982	2100	2805,6	1628,5	9,63
2200	118.489	9.160	75.277	2200	2882,9	1551,2	8,88
2300	123.874	9.160	72.189	2300	2947,3	1486,8	7,84
2400	129.260	9.160	69.220	2400	3009,2	1424,9	6,76
2500	134.646	9.160	66.251	2500	3071,1	1363,0	5,67

dalanma oranına ulaşılmaktadır (Tablo 12).

12. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, güneş enerjisinden yararlanılarak Antalya, Adana, İstanbul ve Ankara illerindeki kapalı olimpik yüzme havuzlarının ısıtılmasında kullanılan düzlemsel güneş ışınımı toplayıcılarının, ihtiyaç duyulan enerji miktarına göre optimum toplayıcı alanının saptanmasına yönelik teknik ve ekonomik analizi yapılmıştır. Bu süreçte 'Bir Değere Getirilmiş Maliden yet' yöntemi ekonomik analiz için kullanılmıştır. Kapalı olimpik yüzme havuzlarının ısıtılmasında

dukça yüksek olmasıdır. Güneş enerjisi alanındaki gelişmelere paralel olarak gelecekte bu masraflar da azalacağından toplam yıllık maliyetlerin daha da aşağılara çekilebileceği açıkça görülmektedir.

KAYNAKLAR

- Aybers, N. ve Şahin, B., (1995), 'Enerji Maliyeti', Yıl - Teknik Üniversitesi Yayınları, No: 299.
- Barut, C., (1990), Kaynağı Güneş Olan Döşeme Isıtma Sistemlerinin İncelenmesi ve Ekonomik Analizi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

optimizasyon yapılarak, güneş enerjisi veya doğa VALOV, M.F., (1986), Optimum Value For The Area of gaz kazanı sistemi ile ısıtımadaki ekonomiklik araştırıSolar Collectors in Solar Heating Systems, Geli rilmıştır. otekhnika.

Antalya şehrinde 1600 m² toplayıcı kullanıldığında toplam maliyetler minimuma inmektedir. Bu durumda güneş enerjisinden faydalanma oranı %64,7 dir ve yıllık toplam enerji maliyetleri %16,2 oranında azalmıştır. Adana şehrinde 1600 m² toplayıcı kullanıldığında toplam maliyetler minimuma inmekte ve güneş enerjisinden faydalanma oranı %63,3 olmakta böylece yıllık toplam enerji maliyetleri %14,8 oranında azalma göstermiştir.

İstanbul şehrinde ise 1800 m² toplayıcı kullanıldığında toplam maliyetler minimuma düşmektedir. Bu toplayıcı alanında güneş enerjisinden faydalanma oranı %54,9 dur ve yıllık toplam enerji maliyetleri %7 oranında inmektedir. Ankara şehrinde 1700 m² toplayıcı kullanıldığında ancak toplam maliyetler minimuma inmektedir. Bu durumda güneş enerjisinden faydalanma oranı %54,3 tür ve yıllık toplam enerji maliyetleri ise %10,8 oranında azalmıştır. Şekil 2'de toplam enerji maliyeti (CT) ile dört ile ait optimum düzlemsel toplayıcı alanı (AC) arasındaki ilişki görülmektedir.

Seçilen tüm illerdeki havuzlar için hesaplanan optimum alana sahip düzlemsel güneş toplayıcıları kullanılarak toplam yıllık maliyetler %7-16 oranında azaltılmaktadır. Bu oranın düşük olmasının nedeni güneş enerjisi tesisatının ilk yatırım masraflarının ol

İnternetten Kaynaklar

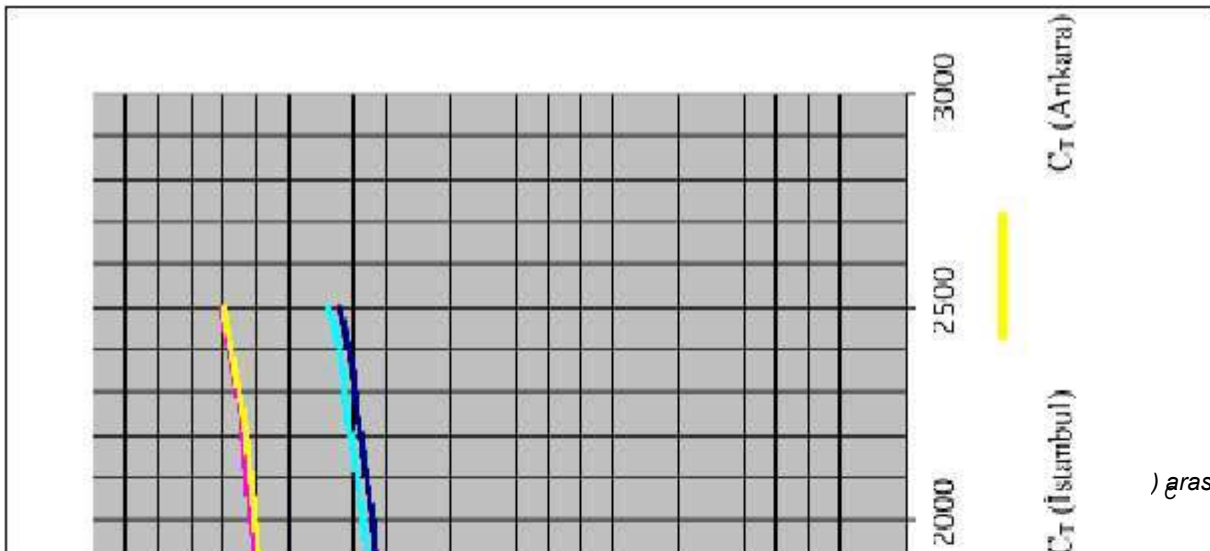
- www.aktifisi.com.tr
- www.demon.co.uk/geosci
- www.igdas.com.tr

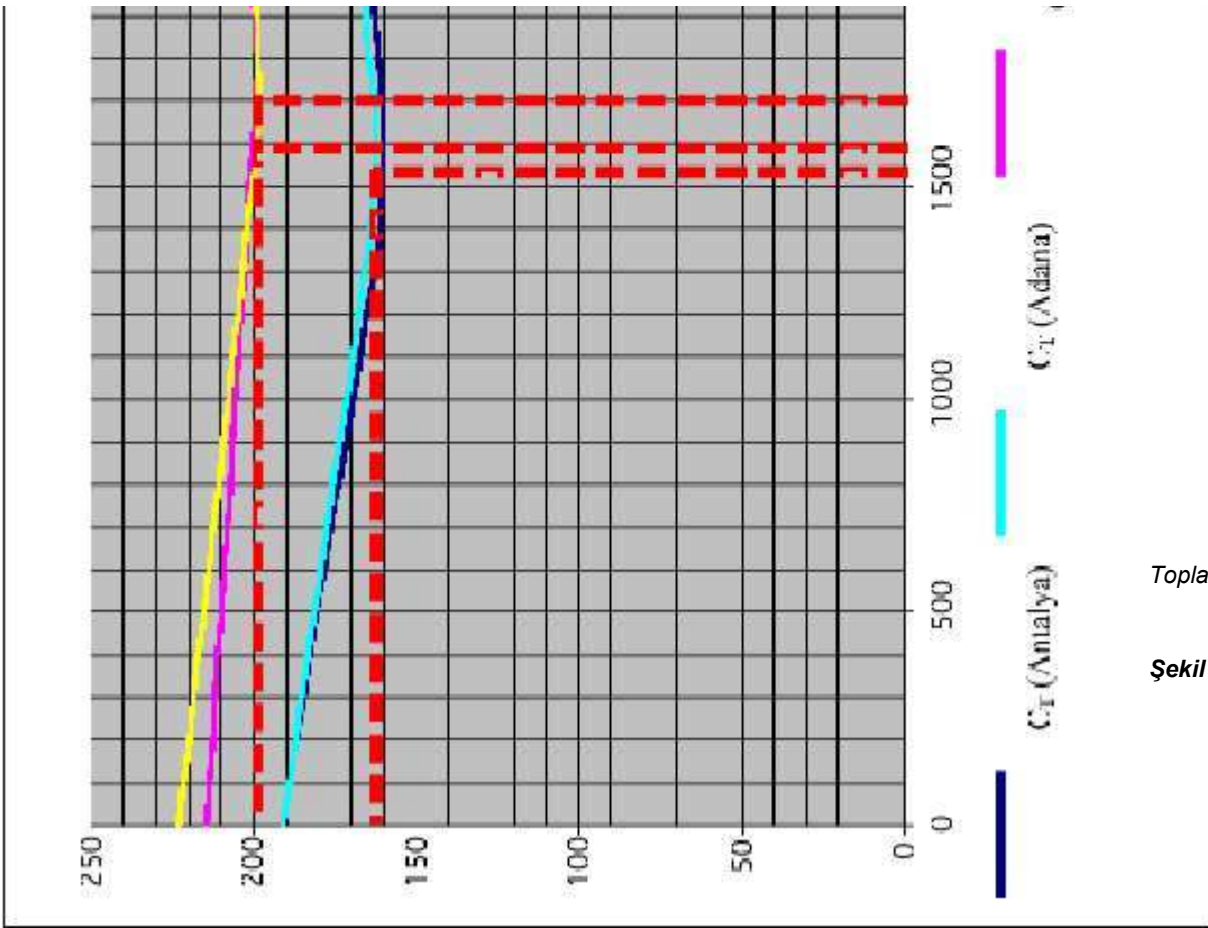
SEMBOLLER

- AC Düzlemsel toplayıcı alanı, (m²)
- AF Amortisman faktörü, (%)
- CA İlk yatırımın maliyeti, (YTL/Yıl)
- COM Bugünkü koşullarda işletme maliyeti, (YTL/Yıl)
- (COM)AV Eşdeğer işletme maliyeti, (YTL/Yıl)
- CT Toplam maliyet, (YTL/Yıl)
- ef Eskalasyon oranı, (%)
- F Yakıt birim fiyatı, (YTL/m³)
- HU Yakıt alt ısı değeri, (kcal/m³)
- IA Yatırım maliyeti, (YTL)
- (IOM)PW Toplam ömür boyu işletme maliyetinin bugünkü değeri, (YTL/Yıl)
- iNominal faiz oranı, (%)
- n Toplam sistem ömrü, (Yıl)
- Qr İlk ısıtma için gerekli olan ısı, (kcal/h)

KISALTMALAR

- TFIDüzlemsel güneş ışınımı toplayıcısında kana transfer edilen faydalı ısı akısı (kW)
- KAİKazandan alınan ısı akısı (kW)





Toplam enerji maliyeti (C)

Şekil 2.