

Güneş Enerjisinin Kapalı Olimpik Yüzme Havuzlarında Kullanımı (I)

Uğur AKBULUT*

Olca KINCAI**

Fatih KÖŞKER***

Özet

Petrol fiyatları son otuz yılda on kat artmış olup bu artış trendi devam etmektedir. Fosil yakıt rezervleri ise hızla azalmaktadır ve bu yakıtların yarattığı çevre kirliliği gibi sorunlar nedeniyle tüm dünya alternatif enerji kaynağı arayışı içindedir. Bu arayışlar güneş enerjisi, ısı pompaları, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji ve dalga enerjisi kullanımı gibi farklı sonuçlara varmıştır.

Güneş enerjisinin yenilenebilir enerji kaynakları arasında önemli bir yeri vardır. Ülkemiz coğrafi konumu nedeniyle büyük bir güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Güneş enerjisi yapıların ısıtılması ve soğutulması, sıcak su temini, seraların ısıtılması, tarım ürünlerinin kurutulması ve yüzme havuzlarının ısıtılması gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

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 bir analiz yapılmıştır. Bu süreçte 'Bir Değere Getirilmiş Maliyet' yöntemi ekonomik analiz için kullanılmıştır. 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: yüzme havuzu, güneş enerjisi, tesisat

1. Giriş

Yüzme tesislerinin eğlence, sağlık ve spor amaçlı olarak kullanımı yaygınlaşmaktadır. Özellikle kapalı olimpik yüzme havuzlarının standartlara uygun olarak yapılması ve şartlandırılması gerekmektedir. Yüzme sezonu mevsim şartlarına bağlı olarak değişim göstermektedir. Ülkemizde yüzme mevsimi Marmara Bölgesinde

3-4 ay iken, güney bölgelerimizde 4-6 ay arasında değişmektedir. Pahalı bir yatırım sınıfına dahil edilebilecek olan kapalı olimpik yüzme havuzlarının sürekli olarak kullanılabilmesi için şartlandırılmaları zorunludur. Bu amaçla havuzların ısı transferi miktarları hesap edilmelidir.

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

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

*** Makina Yüksek Mühendisi,

yonla ısı transferi, su yüzeyindeki buharlaşmaya bağlı olan gizli ısı transferi, havuzun yüzeyi ile çevresi arasında meydana gelen net radyasyon ısı transferi, havuzun yan duvarları ile havuzun tabanından toprağa olan konduksiyonla ısı transferi süreçleri görülmektedir. Konunun bir başka boyutu da kayıp olan enerjinin sisteme verilmesidir. Konvansiyonel enerji kaynaklarının kullanımını pahalı olduğu için kapalı olimpik yüzme havuzlarının ısıtılmasında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının araştırılması ve yersel optimizasyon yapılarak, yenilenebilir enerji kaynaklarından hangisinin kullanımının daha uygun olduğuna karar verilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada kapalı olimpik yüzme havuzlarının ısıtılması için ülkemizin tesisat sektöründe yenilenebilir enerji kaynakları arasında öncelikle tercih edilmekte olan güneş enerjisi kullanımı araştırılmıştır.

Bu çalışmanın birinci kısımda güneş enerjisi ve havuzlar için ısı transferi bilgileri verilmiştir. Uygulama olarak Antalya, Adana, İstanbul ve Ankara illerinde bulunan örnek bir kapalı olimpik yüzme havuzu için enerji kayıpları hesaplanarak sonuçlar tablolar halinde sunulmuştur.

İkinci kısımda ise maksimum faydayı sağlayacak minimum yatırım giderlerinin hesabı için optimizasyon yapılmıştır. Bu optimizasyon ihtiyaç duyulan enerji miktarına göre optimum toplayıcı alanının saptanmasına yönelik teknik ve ekonomik bir analizdir. Bu süreçte 'Bir Değere Getirilmiş Maliyet' yöntemi ekonomik analiz için kullanılmıştır. Ancak yatırım maliyetleri arasında düzlemsel güneş toplayıcılarının yerleştirileceği alanın maliyeti katılmamıştır. Bu maliyet kaleminin optimum toplayıcı alanı ortaya çıktıktan sonra tekrar ele alınması ve yatırımın uygulanabilirliğinin yeniden tartışılması daha uygundur.

2. Güneş Enerjisi

Bir düzlemsel güneş toplayıcısına gelen ışınımın % 4-6'sı direkt yansır, % 8-15'i yüzeyden yayılır, geri kalan % 80-88 lik kısmı ise toplayıcı yüzeyden geçer. Güneşten gelen ışınım; kısa dalga boylu olup 0,1-0,3 μm arasındadır. Yüzeyden geçen ışınım toplayıcı içinde 1,0-10 μm 'lik uzun dalga boyuna dönüşür ve güneş

Bu ışınımın % 94 ile 96'sı absorbe edilir.

Güneş radyasyonu ile ilgili olan, optimum düzlemsel güneş toplayıcısı eğimi, bulutluluk indeksi, bir düzlemsel güneş toplayıcısı tarafından toplanan anlık faydalı güneş enerjisi ve toplayıcının verimi gibi veriler aşağıda verilen eşitliklerle bulunur (Duffie ve Beckman, 1991). Yatay düzlemde eğimli bir yüzeye gelen toplam direkt güneş ışınımı eğim faktörü (1) no'lu ifadeden yararlanılarak hesaplanabilir.

$$R_b = \frac{\cos(f - \theta)\cos\phi\cos\omega + \sin(f - \theta)\sin\phi\sin\omega}{\cos\phi\cos\delta\cos\omega + \sin\phi\sin\delta\sin\omega} \quad (1)$$

Açık havada eğimli bir yüzeye gelen toplam güneş ışınımı ise (2) no'lu eşitlik yazıldığı gibidir.

$$I_T = R_b I_b + I_d \frac{1 + \cos b}{2} + I_r \frac{1 - \cos b}{2} \quad (2)$$

Yatay düzlemdeki eğimli yüzeyde toplam ışınım için eğim faktörü (3) no'lu eşitlik ile ifade edilir.

$$R = \frac{I_T}{I} = R_b \frac{1 - \cos b}{2} + \frac{I_d}{I} \frac{1 + \cos b}{2} + r \frac{1 - \cos b}{2} \quad (3)$$

Kış uygulamalarında optimum eğim açısı, kuzey yarımküre için $f = \pm 15^\circ$ olarak alınabilir (Duffie ve Beckman, 1991). Ancak literatürlerde coğrafi enleme bağlı olarak farklı öneriler de mevcuttur (Iqbal, 1979; Elsayed, 1989).

Aylık ortalama bulutluluk indeksi, yatay yüzey üzerindeki aylık ortalama günlük güneş ışınımının aylık ortalama günlük atmosfer dışı güneş ışınımına oranı olup (4) no'lu ifade de belirtilmiştir.

$$B = \frac{H}{H_{ort}} \quad (4)$$

Bir düzlemsel güneş toplayıcı tarafından toplanan anlık faydalı güneş enerjisi aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$\dot{Q}_U = F_{RA} (I_T - U_L(T_i - T_a)) - m_c \rho C_p \dot{Q}_L (T_o - T_i)$$

$$(5) \quad Gr = \left[\frac{r_{ort} u^2}{k} \right] \quad (10)$$

Bir düzlemsel güneş toplayıcının anlık verimi,

$$Pr = \frac{nr_{ort} C_p}{k} \quad (11)$$

$$h_C = \frac{1}{A_C I_T} \quad (6)$$

şeklinde ifade edilebilir. Güneş enerjisi sistemi verimi ise (7) no'lu ifade de gösterildiği gibi bulunabilir.

$$h = h_C \cdot h_e \cdot h_m \quad (7)$$

3. Güneş Enerjisi Desteğiyle Kapalı Yüzme

Havuzlarının Isıtılması

3.1. Kapalı Yüzme Havuzlarında Isı Kayıpları

Kapalı yüzme havuzlarında ısı kaybı dört şekilde gerçekleşir:

1. Konveksiyonla ısı kaybı,
2. Su yüzeyinden buharlaşmaya bağlı olan gizli ısı kayıpları,
3. Havuzun yüzeyi ile çevresi arasında meydana gelen net radyasyon ısı kaybı,
4. Havuzun yan duvarları ile havuzun tabanından toprağa olan kondüksiyonla ısı kayıplarıdır.

3.1.1. Konveksiyonla Isı Kaybı

Konveksiyon ısı kaybı ortam havası ve havuz suyunun sıcaklıkları arasındaki farkla orantılıdır. Ortam havası durgunken ($v=0$) olduğunda doğal konveksiyon gerçekleşir. Diğer durumlarda ise zorlamalı konveksiyon meydana gelir. Buharlaşma, havanın bağıl nem derecelerine bağlı olarak yoğunluk değişimi etkisi ile doğal konveksiyon şeklinde gerçekleşir. Su ve hava sıcaklıkları eşit olduğu zaman, konveksiyon ısı transferi oluşmaz ve sadece havuz suyunun buharlaşması sırasında gizli ısı kayıpları meydana gelir. Bu sırada havuz suyundan oda havasına su buharı difüzyonu olmaktadır (Kakaç, 1990). Yüzme havuzunda gerçekleşen Q_{konv} aşağıda verilen bağıntılar ile bulunur:

$$T_{ort} = (T_s + T_a)/2 \quad (8)$$

$$r_{ort} = \frac{(r_{hs} + r_a)}{2} \quad (9)$$

$$g(r_a - r_{hs})L^3$$

$$Re = \frac{nL}{u} \quad (12)$$

Doğal konveksiyon durumunda ($v=0$);

$$(Gr \times Pr) > 7 \times 10^{-7} \text{ için } Nu = 0.14 \times (Gr \times Pr)^{1/3} \quad (13)$$

$$10^5 \leq (Gr \times Pr) \leq 7 \times 10^{-7} \text{ için } Nu = 0.54 \times (Gr \times Pr)^{1/4} \quad (14)$$

$$10^5 \leq (Gr \times Pr) \leq 10^{10} \text{ için } Nu = 0.27 \times (Gr \times Pr)^{1/4} \quad (15)$$

Zorlamalı durumda ($v \neq 0$) ise;

$$Re \leq 3 \times 10^5 \text{ için } Nu = 0.664 \times Pr^{1/3} Re^{1/2} \quad (16)$$

$$Re \geq 3 \times 10^5 \text{ için } Nu = 0,037 \times Pr^{1/3} Re^{4/5} \quad (17)$$

şeklinde kullanılarak (18 ve 19) no'lu ifadeler elde edilir.

$$h = Nu \times k / L \quad (18)$$

$$Q_{konv} = h \times A_p \times (T_w - T_a) \quad (19)$$

3.1.2. Buharlaşma Kayıpları

Bir su yüzeyinden buharlaşan suyun birim zamandaki miktarı, su yüzeyindeki film katsayısının basıncı ile ortam havası basıncının farkına göre değişir. Buharlaşma miktarı bu fark ile doğru orantılı olarak artar. Yüzme havuzlarındaki buharlaşma miktarında ise, ayrıca su yüzeyindeki dalgalanmaların da etkisi vardır (İşbilen, 1999). Recknagel'e göre buharlaşma miktarı ve sayısının bulunmasında (20 ve 21) no'lu eşitlikler kullanılır.

$$w = s \cdot (x_s - h) \quad (20)$$

$$s = 25 + 19 \cdot n \quad (21)$$

Su yüzeyi üzerinde holdeki hava özel havuzlarda $v = 0,1 - 0,3$ m/s, genel kullanım havuzlarında ise $v = 0,5$ m/s alınması tavsiye edilmektedir (Recknagel-Sprenger, 1992). Yapılan çalışmalar sonucunda VDI ve ASHRAE normundaki değerlerin biraz daha fazla emniyetli tutulduğu görülmüştür. Recknagel yöntemine göre buharlaşma miktarı hesaplandığında yukarıdaki normlarına göre yapılan hesaplamalara göre herçeye daha

yerleştirmek en iyi çözüm olacaktır (İşbilen, 1999).

Q_{kond} aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_i} + \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h_d} \quad (27)$$

$$Q_{kond} = \frac{K_{yan} \times A_{ty} \times (T_s - T_g)}{860} \quad (28)$$

3.1.4.2. Havuz Tabanından Kaybedilen Isı

malzeme gereği yapılan hesaplamalara göre geçişe yakın sonuçlar elde edildiği görülmüştür (İşbilen, 1999; Akbulut, 2005).

Buharlaştırma miktarı ile buharlaştırma gizli ısısının çarpımı havuz yüzeyinden buharlaştırma ile olan ısı kaybını verecektir. Buharlaştırma gizli ısısı ve Q_{evap} 0°C'deki suyun fiziksel özellikleri baz alınarak, aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$r = r_0 + (c_b - c_p) \cdot t_s \quad (22)$$

$$Q_{evap} = \frac{W r}{860} \quad (23)$$

3.1.3. Radyasyonla Isı Kaybı (Kakaç,1990)

Kapalı yüzme havuzlarında duvarlar ile havuz yüzeyi arasında radyasyon ile ısı transferi gerçekleşmektedir. Havuz yüzeyi duvarlardan daha sıcaktır ve havuzda radyasyonla olan ısı kaybı aşağıdaki eşitlikler yardımı ile bulunur:

$$Q_{duv} = \frac{(T_i - T_d)}{\frac{1}{h_i} + \frac{L_c}{l_c} + \frac{1}{h_d}} \quad (24)$$

$$Q_{duv} = h_i \cdot (T_i - T_{duv}) \quad (25)$$

$$Q_{duv} = s \times 10^{-3} \times A_p [(T_w + 273)^4 - (T_{duv} + 273)^4] \quad (26)$$

3.1.4. Kondüksiyonla Isı Kaybı

3.1.4.1. Havuz Yan Duvarlarından Kaybedilen Isı

Yan duvarların yapımında üç faktör göz önüne alınmalıdır. Bunlar; havuz yan yüzeyinin su basıncına dayanabilmesi, su yalıtımı ve ısı yalıtımının sağlanmasıdır. Bundan dolayı ısı yalıtımı sağlayacak olan malzemele ri tesisat galerisi tarafındaki iç sıva ile beton arasına

Havuz tabanında kullanılmasına karşın grobeton ile blokajın ısı iletim katsayıları havuz tabanının toplam ısı transferi katsayısı hesaplanırken göz önüne alınmamıştır. Bu yapı malzemeleri toprakla doğrudan temas halinde olduğundan zamanla nemlenmekte ve ısı iletim katsayıları değişmektedir. Ayrıca bu malzemelerin ısı transferi katsayıları havuz tabanının toplam ısı transfer katsayısını büyük oranda değiştirmemektedir. Grobetondan sonra bitüm tabakasının konularak su yalıtımı yapılmış ve ytong tabakasının nemlenmesi engellenmiştir. BTB ve bitüm tabakaları su geçirmediğinden iki yönde de su yalıtımı sağlanmıştır. Q_{kond} ise (29) no'lu ifade ile bulunur:

$$Q_{kond} = \frac{K_t \times A_{ty} \times (T_w - T_g)}{860} \quad (29)$$

Havuzun toplam ısı kaybı ise (30) no 'lu eşitlikte verilmiştir:

$$Q_{top} = Q_{konv} + Q_{evap} + Q_{kond} + Q_{rad} \quad (30)$$

3.2. Güneş Enerjisinin Kapalı Yüzme

Havuzlarında Kullanımı

Günümüzde tatil beldelerindeki otel, motel, yazlık kooperatif siteleri, vb. yerler ile yüzme havuzlarının ısıtılmalarında çeşitli sistemler kullanılmaktadır. Sportif amaçlı havuzların özellikle kış, ilkbahar ve sonbahar aylarında ısıtılmasına gerek duyulabilir. Yüzme havuzlarının ısıtılmasında çeşitli kaynaklardan sağlanan enerji tüketimi, kullanıcıların önemli miktarlarda bedel ödemelerine neden olmaktadır. Bu bağlamda yüzme havuzlarının güneş enerjisi desteği ile ısıtılması enerji ekonomisi yönünden caziptir.

Kapalı yüzme havuzlarında tavsiye edilen yüzme havuzu suyunun sıcaklık değeri, spor ve eğitim havuzları için, 26°C'dir (Özyaman, 2004; TTMD, 2005). Düşük sıcaklıktaki ihtiyacı karşılamak için düzlemsel güneş toplayıcıları kullanılır. Havuz suyu direkt ve indirekt ısıtma sistemleri kullanılarak ısıtılabilir. Direkt sistemlerde; ısıtılmak istenilen havuz suyunun, düzlemsel güneş ışınımı toplayıcılarında dolaşımı sağlar (Öz, 2005). Endirekt sistemlerde ise düzlemsel güneş ışınımı toplayıcılarında güneş enerjisi ile ısıtılan su, havuz suyuna bir ısı değiştirici yardımıyla aktarılır.

3.2 İlk Isıtımda Havuz Suyuna Verilen Isı Miktarı

ğü ortamın ve evrenin durumu vb.),
e) Sistemle ilgili veriler (düzlemsel güneş ışınımı toplayıcı tipi, pompalama tertibatı) bunlardan başlıcalarıdır.

Ayrıca kullanılması düşünülen güneş enerjisi destekli ısıtma tesisatları direkt ve indirekt olarak yapılabilir. Endirekt ısıtma sistemlerinde; düzlemsel güneş ışınımı toplayıcı devresindeki ısıtan akışkana antifiriz ilave edilmesiyle suyun don etkilerine karşı boşaltılması gerekmektedir. Aynı zamanda, devrenin havuz suyunun korozif etkilerinden zarar görmesi de söz konusu olmayacaktır. Diğer taraftan indirekt ısıtma sistem

3.3. İlk ısıtılma havuz suyunun verilen ısı miktarı ilk ısıtma esnasında havuz suyuna verilmesi gereken Q_{havuz} aşağıda verilen bağıntılar yardımı ile bulunur:

$$m_{su} = V_{su} \times \rho_{su} \quad (31)$$

$$Q_{havuz} = \frac{c_p \rho_{su} \times m_{su} (T_S - T_{SS})}{t \times 860} \quad (32)$$

Havuz suyunun ön ısıtılması, havuz işletmeye alındıktan sonra bir kez yapılır. Bu ısı yükü çok yüksek değerlerde olacağından kalorifer kazanı ile yapılmalıdır. Kazanın ısıtma kapasitesi ise Q_{havuz} 'a eşit olmalıdır. Sistem rejime girdikten sonra meydana gelen ısı kayıpları güneş enerjisi destekli doğalgazlı bir kazan ile karşılanır.

3.4. Düzlemsel Güneş Işınımı Toplayıcısının Boyutlarının ve Sistemin Belirlenmesinde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar (Cassiday, 1977; Iso/Tr 12596)

- İstenilen havuz suyu sıcaklığı ve bu sıcaklığın sürdürülüp sürdürülemeyeceği,
- Yüzme sezonunun uzunluğu,
- Ek enerji kaynaklarının olup olmadığı,
- İklimsel veriler (düzlemsel güneş ışınımı toplayıcısının yerleştirildiği yerin veya havuzun gölgeleme durumu, düzlemsel güneş ışınımı toplayıcısının eğimi ve yönü, havuzun su ile temas eden yüzeylerinin rengi, düzlemsel güneş ışınımı toplayıcı ve havuz için rüzgar siperlerinin kullanılıp kullanılmayacağı, düzlemsel güneş ışınımı toplayıcısının bulundu-

su olmayacaktır. Diğer taraftan ısıtılma sisteminde, havuz suyunun ısıtılmadığı zamanlarda veya havuz suyunun ısıtılmasına gerek duyulmayan sıcak günlerde, düzlemsel güneş ışınımı toplayıcı devresinde ısınan sudan kullanma sıcak suyu hazırlama gibi başka amaçlar için de yararlanılabilir.

4. Uygulama

Bu çalışmada dört farklı il; Antalya, Adana, İstanbul ve Ankara, için kapalı olimpik bir yüzme havuzu tasarımı yapılmıştır. Tasarlanan havuz 1800 m² olup önce kapalı olimpik yüzme havuzu tesisatı için ısı kayıpları bulunmuş ve gerekli olan düzlemsel güneş ışınımı toplayıcı alanları tespit edilmiştir. 'Bir Değere Getirilmiş Maliyet' yöntemi ile havuz suyunun ısıtılmasını sağlayacak sistemlerin maliyet analizleri yapılmıştır.

4.1. Havuza Ait Isı Kayıplarının Bulunması

Tablo 1'de olimpik yüzme havuzunun yan yüzeyi ve tabanına ait kesit detayı ve kullanılan malzemelerin kalınlık ve ısı transfer değerleri verilmiştir. Havuzun yan yüzeyi ve tabanına ait ısı transfer katsayıları (27) nolu eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplarda tesisat galerisinin konveksiyon ısı transfer katsayısı 7 kcal/m²h°C ve havuz suyunun konveksiyonla ısı transfer katsayısı 500 kcal/m²h°C ve toprağın konveksiyonla ısı transfer katsayısı ise sonsuz olarak kabul edilmiştir (Bağcılar Belediyesi Kapalı Olimpik Yüzme Havuzu Tesisat Raporu, 2005). Havuz suyunun ilk ısıtma süresi dört il içinde 4 gün olarak alınmıştır. Tablo 2'de Antalya ili için kabuller ve hesaplanarak bulunan konveksiyon ve buharlaşma ısı kayıpları ve Tablo 3'de de

Tablo 1. Olimpik yüzme havuzunun kesit detayı ve kullanılan malzemelerin özellikleri

Havuz Yan Yüzeyi				Havuz Tabanı			
Malzeme	L_i m ²	l_i kcal/mh°C	h_i kcal/m ² h°C	Malzeme	L_i m ²	l_i kcal/mh°C	h_i kcal/m ² h°C
Havuz	---	---	500	Havuz	---	---	500
BTB+BTB Harcı	0,03	0,90	---	BTB+BTBHarcı	0,03	0,90	---
2.Kat Siva	0,02	0,75	---	2.Kat Siva	0,02	0,75	---
1.Kat Siva	0,03	1,20	---	1.Kat Siva	0,03	1,20	---
Beton	0,25	1,50	---	Beton	0,25	1,50	---
Bitüm	0,02	0,15	---	Bitüm	0,02	0,15	---
Ytong	0,10	0,035	---	Ytong	0,10	0,035	---
Bitüm	0,02	0,150	---	Bitüm	0,02	0,150	---
Siva	0,02	1,20	---	Grobeton	0,10	1,10	---
Tesisat galerisi	---	---	7	Blokaj	0,15	1,50	---
				Toprak	---	---	•

Tablo 2. Olimpik yüzme havuzuna ait konveksiyon ve buharlaşma ısı kayıpları

Konveksiyon Isı Kayıpları		Buharlaşma Isı Kayıpları	
Kabuller		Kabuller	
T_w	26°C	v	0,3 m/s
T_A	28°C	F_h	% 60
g	9,81 m/s ²	r_o	597 kcal/kg
r_{hs}	1,1556 kg/m ³	c_b	0,46 kcal/kg°C
r_h	1,173812 kg/m ³	c_p	1,0 kcal/kg°C
k	0,02624 W/m ² °C	t_s	26 °C
c_p	1,0057 kJ/kgK	x_s	0,0213
L	45 m	x_h	0,0142
A_p	1800 m ²		
Hesaplanan Değerler		Hesaplanan Değerler	
T_{ort}	27°C	s	30,7 kg/h.m ² .(kg/kg)
Gr	5,685 x10 ¹³	w	0,218 kg/h.m ²
Pr	0,69	W	392,4 kg/h
Re	8,61.105	r	582,96 kcal/kg
Nu	1838,85	Q_{evap}	265 kW
h	1,07226 W/m ² °C		
Q_{konv}	-3,86 kW		

radyasyon ve kondüksiyon ısı kayıpları gösterilmiştir.

Antalya ilinde yapılması planlanan olimpik yüzme havuzunun ocak ayına ait toplam ısı kaybı ise (30) no 'lu ifa-

deye göre 384 kW olarak bulunur. Tüm iller için çevre şartlarının değişimine paralel olarak olimpik yüzme havuzlarında bir yılda meydana gelen kondüksiyon, radyasyon ve toplam ısı kayıpları Tablo 4'de verilmiş -

Tablo 3. Havuza ait radyasyon ve kondüksiyon ısı kayıpları

Radyasyonla Isı Kaybı		Kondüksiyonla Isı Kaybı	
Kabuller		Kabuller	
T_h	10,1°C	A_{ty}	373 m ²
T_i	28°C	A_{tab}	1800 m ²
I_{cam}	0,7 kcal/mh°C	T_g	13,8°C
L_{cam}	0,003 m		
h_i	7 kcal/m ² h°C		
h_d	20 kcal/m ² h°C		
Hesaplanan Değerler		Hesaplanan Değerler	
Q_{duv}	113,29 kcal/m ² h	K_{yan}	0,30331 kcal/m ² h°C
T_{duv}	15,03°C	K_t	0,31145 kcal/m ² h°C
Q_{rad}	113,29 kW	Q_{kondy}	1,60 kW
		Q_{kondt}	7,95 kW
		Q_{kond}	9,55 kW

Tablo 4. Antalya, Adana, İstanbul ve Ankara illerinde havuzların aylara göre ısı kayıpları

Aylar	Antalya			Adana			İstanbul			Ankara		
	RIK (kW)	KIK (kW)	TIK (kW)	RIK (kW)	KIK (kW)	TIK (kW)	RIK (kW)	KIK (kW)	TIK (kW)	RIK (kW)	KIK (kW)	TIK (kW)

Ocak	113,29	9,55	384,0	118,93	9,01	389,1	147,98	10,30	421,5	180,05	11,61	455,1
Şubat	109,04	8,67	380,6	111,8	9,87	382,9	145,25	11,09	419,7	175,44	12,65	451,8
Mart	94,01	7,89	364,6	93,29	8,54	363	137,02	10,76	411,1	150,69	11,87	426,1
Nisan	67,69	6,46	336,6	63,23	6,74	331,1	112,59	9,26	384,9	105,48	9,98	378,6
Mayıs	36,84	4,24	303,1	30,71	4,15	296	72,13	6,91	341,6	69,91	7,50	340,1
Haz.	1,90	1,63	265	1,111,33		263,6	36,08	4,43	302,5	40,65	5,22	308,1
Tem.	-23,66	-0,52	236,9	-18,82	-1,02	241,3	16,01	2,67	280,4	13,67	3,33	278,8
Ağus.	-22,85	-1,63	236,3	-22,85	-2,35	235,9	15,23	2,02	278,8	15,23	2,09	278,9
Eylül	2,69	-1,17	262,4	0,32	-2,04	259,4	42,93	2,35	306,9	52,76	2,87	317,3
Ekim	38,37	0,52	300,1	34,55	0,08	295,0	74,34	4,04	340,3	93,29	5,15	360,6
Kasım	73,60	2,93	338,3	72,86	3,76	337,8	100,48	5,93	368,8	130,10	7,43	400,2
Aralık	100,48	5,87	368,7	106,2	6,74	374,1	128,02	8,35	399,2	165,49	9,85	438,5
	Toplam		3776,6	Toplam		3769,3	Toplam		4255,7	Toplam		4434,1

tir. fazladır. Suyun özelliğini koruyabilmesi için zaten fizik - sel ve kimyasal müdahaleler de yapılmaktadır. Kazan kapasitesi de suyun ilk ısıtılma süresinin uzatılmasına paralel olarak azalacaktır. Q_{havuz} kazanın ısıtma ka - pasitesine eşit olarak alınır. Bu çalışmada sistem reji - me girdikten sonra meydana gelen ısı kayıpları ise gü - neş enerjisi destekli doğalgazlı kalorifer kazanı ile kar - şılanacağı düşünülmüştür.

4.2. Havuz Suyuna İlk Isıtmada Verilen Isı

Antalya ilinde olimpiik yüzme havuzuna verilen şehir suyu sıcaklığı; $T_s = 13,8^\circ\text{C}$ (en düşük şebeke su sı - caklığı ocak ayındadır) ve ısıtma süresi 4 gün (96 saat) olarak alınmıştır. Havuz suyuna ilk ısıtmada verilen ısı miktarı denklem (31)'den 520,89 kW olarak bulunur.

İlk ısıtmada suyu ısıtma süresinin 4 gün alınmasının sebebi, havuzun ilk ısıtmadan sonra uzun süre ilk ısıt - ma yapılmayacağındandır. Havuz suyunun hacmi çok

4.3. Dört İlin Güneş Enerjisi İhtiyacı

Antalya ili için enlem $36^\circ55'$ olup sistemin bütün bir yıl çalışması planlandığından düzlemsel güneş toplamı -

17
2006

TESİSAT MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ, Sayı 9 6,

cısı eğimi 30° , ocak ayı meteoroloji verilerinden eğik düzleme gelen toplam ışınım değeri ise 10,9 $\text{MJ/m}^2\text{gün}$ ve F_R değeri 0,90 olarak kullanılmıştır. Ve - rimler:

$$h_c = 0,85$$

$$h_e = 0,85$$

$$h_m = 0,90$$

alınarak $h = 0,65$ bulunmuştur. Sistemde optimum ma - liyeti bulmak için en uygun çözümün farklı toplayıcı alanlarını, 0 - 2500 m^2 aralığında denemek olduğu dü - şünülmüştür. Örneğin $A_c = 1000 \text{m}^2$ olarak alındığın - da $Q_U = 82 \text{kW}$ olarak hesaplanmıştır (İsısan,2003). Tablo 5'den de görüleceği gibi ocak ayındaki toplam ısı kaybı değeri olan 384 kW'den güneş enerjisi tesisatı - nın verdiği 82 kW çıkarılarak doğalgaz kazanından kar - şılanacak enerji miktarı olan 302 kW bulunur. Aynı ça - lışma diğer iller için de tekrarlanarak, dört il için 1000 m^2 düzlemsel güneş toplayıcısı kullanılması durumun - da yapılan hesaplamaların sonuçları Tablo 5'de göste - rilmiştir. Optimum alanlar 'Bir Değere Getirilmiş Mali - yet' yöntemi ile hesaplanarak çalışmanın ikinci kısmın - da verilmektedir.

kayıpların bulunmasında havuz suyu sıcaklığı, çevre ortamın sıcaklığı, bağıl nemi, hava akımının hızı, ha - vuz zemininin durumu önemli parametrelerdir. Yüzme havuzlarından çevre ortama buharlaşma, konveksiyon, ışınım ve kondüksiyon ile ısı transferi olmaktadır. Isı kayıplarının çok büyük bir kısmı buharlaşma ile mey - dana gelmektedir.

Havuz holünün (kapalı ortam) ısı ve havuz suyu sı - caklığı sabit kabul edildiği için buharlaşma ve konvek - siyon ile meydana gelen ısı kayıpları yıl boyunca de - ğişmemektedir. Aylık olarak çevre şartları değişece - ğinden Tablo 4'de verildiği gibi hava ve toprak sıcaklığı farkına bağlı olarak radyasyon ve kondüksiyon ile ısı kayıpları da değişecektir.

Tablo 5'den de görüldüğü gibi Antalya ve Adana illerin - deki olimpiik yüzme havuzları, temmuz ve ağustos ayla - rında radyasyon ile ısı kazanmaktadır. Temmuz, ağus - tos ve eylül aylarında kondüksiyon ile ısı kazanmakta; yılın diğer aylarında ise kondüksiyon ve radyasyon ile çevreye ısı kaybetmektedir. İstanbul ve Ankara'daki yüzme havuzları ise yıl boyunca kondüksiyon ve rad - yasyon ile çevreye ısı kaybetmektedir. Tüm illerde, bu -

I. Kısımın Sonuçları

Havuzlar, genelde dört farklı yoldan ısı kaybederler. Bu

harlaşma ile oluşan ısı kayıpları yüksek değerlerde olup tüm aylarda devam etmektedir. Optimum düzlem - sel güneş ışınımı toplayıcı sistemini hesaplayabilmek

Tablo 5. Antalya, Adana, İstanbul ve Ankara illerinde havuzların aylara göre elde edilen güneş enerjisi miktarı veyardımcı enerji tesisatından karşılanacak enerji miktarı (1000 m² toplayıcı için)

Aylar	Antalya			Adana			İstanbul			Ankara		
	RIK (kW)	KIK (kW)	TIK (kW)	RIK (kW)	KIK (kW)	TIK (kW)	RIK (kW)	KIK (kW)	TIK (kW)	RIK (kW)	KIK (kW)	TIK (kW)
Ocak	384,0	82,0	302,0	389	77,5	312	422	47,4	374	455	54,9	400
Şubat	380,6	99,3	281,3	383	97,8	285	420	69,2	351	452	78,2	374
Mart	364,6	120,4	244,2	363	117	246	411	91,8	319	426	107	319
Nisan	336,6	139,9	196,7	331	135	196	385	124	261	379	131	248
Mayıs	303,1	158,0	145,1	296	155	141	342	148	194	340	154	187
Haziran	265,0	167,8	97,2	264	163	101	303	160	142	308	166	143
Tem.	236,9	170,8	66,1	241	166	75,8	280	160	120	279	175	104
Ağus.	236,3	170,0	66,3	236	165	71,1	279	156	123	279	169	110
Eylül	262,4	155,7	106,7	259	152	107	307	132	175	317	151	166
Ekim	300,1	127,9	172,2	295	123	172	340	100	240	361	118	243
Kasım	338,3	104,6	233,7	338	95,5	242	369	67	302	400	82,8	317
Aralık	368,7	79,0	289,7	374	77,5	297	399	46,6	353	439	47,4	391
Toplam	3776,6	1575,4	2201,2	3769	1523	2247	4256	1302	2954	4434	1434	3000

çin 'Bir Değere Getirilmiş Maliyet' yöntemi kullanılmıştır. Olup sonuçlar çalışmanın ikinci kısmında verilmiştir.

KAYNAKLAR

- Akbulut ,U., Dalkılıç, A.S, Atayılmaz Ş.Ö, (2005), Kapalı Yüzme Havuzlarında Buharlaşma Miktarının Hesaplanması, Tesisat Dergisi, Sayı 111, 186-188
- Bağcılar Belediyesi Kapalı Olimpik Yüzme Havuzu Tesisat Raporu, 2005
- Cassiday, B., (1977), The Complete Solar House, Dodd and Mead Company, New York.
- Duffie ve Beckman, (1991), Solar Engineering of Thermal Process, John Wiley and Sons, New York.
- Elsayed, M.M.,(1989), Optimum Orientation of Absorber Plates, Solar Energy Vol. 42(2), pp. 89-102.
- Iqbal, M.,(1979), Optimum Collector Slope for Residential Heating in Adverse Climates, Solar Energy Vol. 22, pp. 77.
- Isısan-Buderus (2003), Güneş Enerjisi Tesisatı, Isısan Çalışmaları No.325.
- Iso/Tr 12596, Solar Heating-Swimming Pool, Heating Systems-Dimension Design And Installation.
- İşbilen, İ., (1999), Kapalı Yüzme Havuzlarında Klimatezasyon, MMO Havuz Bildirileri Konferansı, 214:11.
- Kakac, S., (1990), Örneklerle Isı Transferi, ODTÜ Yayınları.
- Özyaman, C., (2004), "Isıtılan Yüzme Havuzlarında Isıtma Yükü Hesabı ve Seçimi", Tesisat Mühendisliği,

- F Eşanjör ısı verimi katsayısı
- G_r Grasshof sayısı
- h Konveksiyon ısı transfer katsayısı, (kW/m²°C)
- H Yatay yüzeyde aylık ortalama günlük ışınım miktarı (MJ/m²)
- H_{ort} Yatay yüzeyde aylık ortalama günlük atmosfer dışı güneş ışınım miktarı (MJ/m²)
- I Yatay yüzeyde anlık toplam ışınım miktarı (MJ/m² h)
- I_b Yatay yüzeye direkt ulaşan anlık ışınım miktarı (MJ/m² h)
- I_T Eğimli bir yüzeye ulaşan toplam ışınım miktarı (MJ/m² h)
- k Isı iletim katsayısı, (kW/ m²°C)
- K Toplam ısı transfer katsayısı, (kcal/m²h°C)
- L Uzunluk, (m)
- m_g Düzlemsel güneş ışınımı toplayıcısı akışkanı debisi (kg/s)
- m_{su} Havuz suyu miktarı, (kg)
- Nu Nusselt sayısı
- Pr Prandtl sayısı
- R Toplam radyasyon için eğim faktörü
- R_b Toplam direkt güneş ışınımı eğim faktörü
- Re Reynolds sayısı
- Q Isı akışı, (kW)
- Q_U Düzlemsel güneş ışınımı toplayıcısında akışkana transfer edilen faydalı ısı (kW)
- r TS sıcaklığındaki suyun buharlaşma gizli ısı (kcal/kg)

(79):28-33.

- Öz, E.S., Menlik, S., Aktaş M., (2005), "Güneş Enerjisi İle Isıtılan Yüzme Havuzları", Teknoloji, 8(1):1-17.
- TTMD (2005), "Yüzme Havuzlarının Mekanik Tesisatı İçin Proje Hazırlama Esasları", Temel Bilgiler, Tasarım ve Uygulama Eki:14, TTMD Isıtma, Soğutma, Klima, Yangın ve Sıhhi Tesisat Dergisi 37. Sayının Ekidir.

SİMGE LİSTESİ

A	Alan (m^2)
AP	Su yüzeyi alanı (m^2)
B	Bulutluluk indeksi
c_b	Su buharının ortalama ısınma ısısı, (kcal/kg°C)
c_p	Suyun sabit basınçtaki özgül ısısı, (kcal/kg°C)
$c_{p,cf}$	Düzlemsel güneş ışınımı toplayıcısı akışkanının sabit basınçtaki özgül ısısı (kJ/kg°C)

19
2006

F	Bağıl nem, (%)
f	Enlem derecesi, (°)
h	Verim
l	Isı iletim katsayısı, (kcal/mh°C)
u	Kinematik viskozite, (m^2/s)
r	Yoğunluk (kg/m^3); yansıtıcılık
t	Geçirgenlik
w	Saat açısı (°)
s	Boltzman sabiti, ($5,67 \cdot 10^{-8} W/m^2 K^4$), buharlaşma sayısı, [$kg/h \cdot m^2 \cdot (kg/kg)$]

Alt İndisler

a	Havuz holü, çevre
c	Düzlemsel güneş ışınımı toplayıcısı
d	Dış
duv	Duvar
e	Eşanjör
evap	Buharlaşma
g	Toprak
hs	Havuz-su arakesiti
i	İç, düzlemsel güneş ışınımı toplayıcısı akışkanı girişi
kond	Toplam kondüksiyon
kondt	Havuz tabanından kondüksiyon
kondty	Havuz yan yüzeyinden kondüksiyon
konv	Konveksiyon

r_o	0°C sıcaklığındaki suyun buharlaşma gizli ısısı, (kcal/kg)
t	Havuz suyunu ısıtma süresi, (h)
T	Sıcaklık, (°C)
U_L	Düzlemsel güneş ışınımı toplayıcısında toplam ısı transfer katsayısı ($W/m^2 K$)
v	Hava akım hızı, (m/s)
V_{su}	Havuz suyu toplam hacmi, (m^3)
W	Buharlaşan su miktarı, (g/h)
x	Mutlak nem, (kg/kg)

Yunan Harfleri

a	Düzlemsel güneş ışınımı toplayıcısı absorpsiyon katsayısı
b	Düzlemsel toplayıcının yatay yüzeyle yaptığı açı, (°)
d	Deklinasyon açısı, (°)
e	Toplam buharlaşma sayısı, ($g/h \cdot m^2 mbar$)

TESİSAT MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ, Sayı 9 6,

m	Tesisat
o	Düzlemsel güneş ışınımı akışkanı çıkışı
ort	Ortalama
rad	Radyasyon
s	Havuz suyu
şs	Şehir suyu
t	Taban
ty	Toplam yan yüzey
w	Havuz suyu
yan	Yan yüzey
top	Toplam

Kısaltmalar

KIK	Kondüksiyon ısı kaybı (kW)
RIK	Radyasyon ısı kaybı (kW)
TIK	Toplam ısı kaybı (kW)
TFI	Düzlemsel güneş ışınımı toplayıcısında akışkana transfer edilen faydalı ısı akısı (kW)
KAIK	Kazandan alınan ısı akısı (kW)

