

BİR OTELİN SICAK SU İHTİYACININ SUDAN SUYA ISI POMPASIYLA DESTEKLENMESİ VE SİSTEMİN TERMOEKONOMİK ANALİZİ

Tansel KOYUN
Onur KILIÇ
Ali GÜLGÜZEL

ÖZET

Isı pompası temel olarak elektrik enerjisi kullanarak ısı enerjisini bir yerden diğer bir yere aktaran makinedir. Bir başka deyişle soğutma makinaları ısıtma amacıyla kullanılırsa bu makinalara ısı pompaları denir. Günümüzde yaygın olarak sıcak su eldesinde termal enerji kaynağı güneş enerjisi kullanılmasına rağmen güneşin sürekli bir kaynak olmaması ısı pompasıyla sıcak su üretimini cazip hale getirmiştir. Yapılan bu çalışmada Antalya ili için örnek bir otelin sıcak su ihtiyacının ısı pompası yardımıyla karşılanması düşünülmüş seçilen sistem için termodinamik analiz tablo halinde gösterilmiş ve ardından termoeconomik analiz yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Isı pompası, Sudan suya ısı pompası, Termoeconomik analiz

ABSTRACT

Heat pumps are the machines based on principal that transferring thermo-energy one place to another by using electric power. In other words if coolers are using for the purpose of heating that machines are called as heat pumps. Nowadays in spite of using solar energy as a thermal energy source on producing hot water, hot water producing became attractive due to solar energy not being a consistent source. In this work thermodynamic analyses are showed in tables after that thermo-economic analyses are made for a system that chosen by considering providing the needs for hot water of a sample hotel in Antalya.

Key Words: Heat pump, water to water heat pump, Thermo-economic analyses

1.GİRİŞ

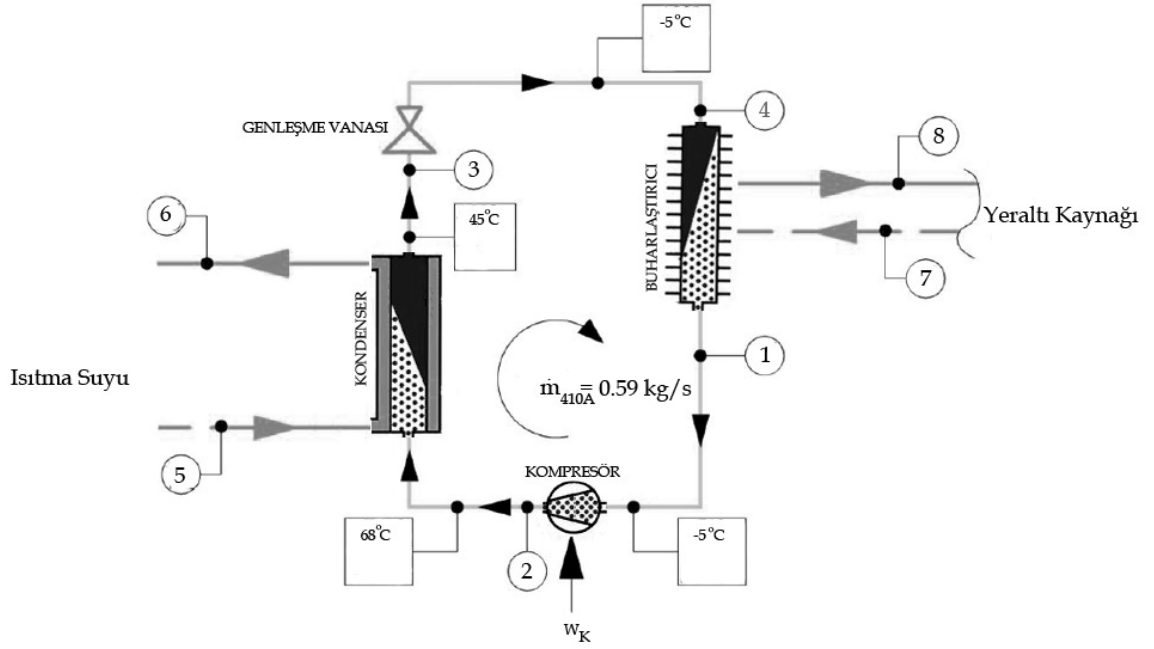
Teknolojinin gelişmesiyle beraber enerjinin tüketiminde de belirgin bir artış görülmüştür. Ancak günümüzde bu enerjiyi fosil yakıt ve tükenbilir enerji kaynaklarından karşılamaktayız. Özellikle gelişmiş ülkeler bunun farkına vararak devlet desteği çerçevesinde çevreye daha az zararlı ve tükenmeyen (yenilenebilir) enerji kaynaklarının kullanımına yönelmişlerdir. Bu kaynaklardan birisi de toprak ısısının kışın ısıtma yazın soğutma amaçlı kullanılmasıdır.

Isı pompası basit olarak ısı enerjisini bir ortamdan diğer bir ortama taşıyan ve elektrikle beslenen bir sistemdir. Bilindiği üzere enerji vardan yok, yoktan var edilemez, sadece ya biçim değiştirir yada bir yerden bir yere taşınır. Isı pompası da adını, ısı enerjisini bir ortamdan diğer bir ortama "pompalama" veya "taşıma" kabiliyetinden alır[1].

Toprak - Su kaynaklı ısı pompası teknolojisi yeryüzünün belirli bir derinliğinde sıcaklığın yıl içinde nispeten sabit kalması gerçeğine dayanır. Bahsedilen derinlikte toprak tabakası kışın yeryüzünün

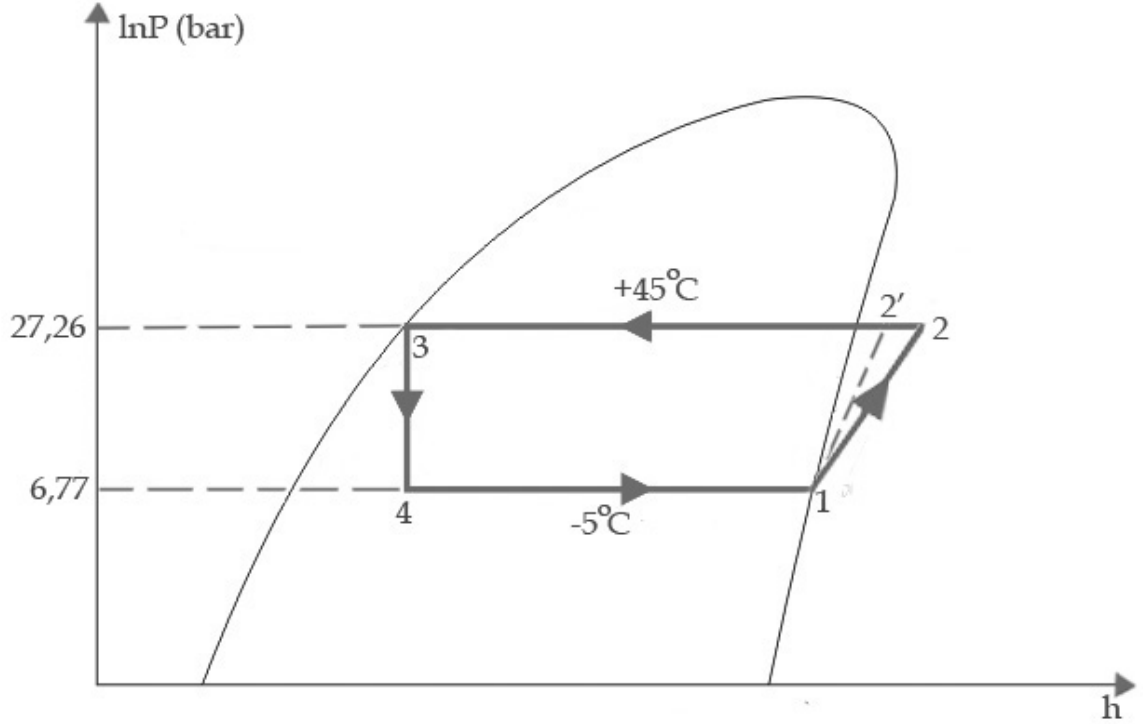
altında veya yeraltı sularında depolanmış ısıyı binaya, yazın bina içindeki ısıyı yeraltına taşıyarak doğanın bize verdiği bu avantajı kullanırlar. Kısaca yer altı; kışın bir ısı kaynağı, yazın ise bir ısı çukuru olarak davranır. Toprak - Su kaynaklı ısı pompaları günümüzde Isıtma - Soğutma ve sıcak kullanım suyu eldesinde kullanılmaktadırlar. Bu ihtiyaçların tümüne tek makine ile cevap verebildikleri için de tercih sebebi olmuşlardır. Ayrıca isteğe göre ısıtma veya soğutma yapabilen bu sistemlerin yüksek yatırım maliyetlerine rağmen sağladığı lüks, konfor ile birleştiğinde karşı konulmaz bir seçenek olarak karşımıza çıkıyor[1].

Bu çalışmada Antalya ilinde bir otelin sıcak su ihtiyacının sudan suya bir ısı pompası ile desteklenmesi incelenmiştir. Tasarlanan ısı pompasının tesisat şeması ve InP - h diyagramı Şekil 2 'de görülmektedir.



Şekil 1. Sudan suya ısı pompasına ait tesisat şeması

Şekil 1 den de görüldüğü gibi ısı pompasının primer devresi için kaynak toprak, sekonder devresi için ise sıcak su eldesidir.



Şekil 2. Tesisat şeması verilen ısı pompasının lnP - h diyagramı

Sudan suya ısı pompalarında kaynak tarafı olarak toprak, deniz, göl suyu, yer altı suları, termal sular atık sular, atık ısılar ve jeotermal sular kullanılırken yük tarafı olarak ise fancoil, kalorifer tesisatı, yerden ısıtma ve sıcak kullanım suyu boyları kullanılabilir. Sudan suya ısı pompaları enerjisini havadan alır. Bu nedenle fosil yakıtların kullanıldığı klasik sistemlere göre daha verimli ve ekonomik çalışır. Sudan suya ısı pompaları yüksek maliyetler gerektirmeden mevcut tesisata uygulanabilmektedir. Sistem tamamen yenilenebilir enerji kaynakları ile çalıştığı için kimyasal hiçbir atık madde açığa çıkmaz. Sağladığı 7-55°C sıcaklık aralığı ile ısıtma ve soğutmada yüksek konfor sağlar[2].

Seçilen ısı pompası için cihaz ısıtma kapasitesi konumunda çalışırken Primer devre için suyun gidiş ve dönüş sıcaklığı sırasıyla 7°C ve 10°C , sekonder devre için ise gidiş ve dönüş sıcaklığı sırasıyla 38°C ve 30°C alınmıştır. Yine cihaz ısıtma kapasitesinde çalışırken kondenser yükü 85 kW alınmıştır. Soğutma kapasitesi konumunda çalışırken evaporatör yükü ise 73 kW alınmıştır. Bu değerlere göre sudan suya ısı pompası için soğutucu akışkan(R410A) kütleli debisi ile diğer su devrelerindeki kütleli debiler hesaplanmıştır.

85kW a göre hesap yapıldığında sekonder devre için su debisi 2.5kg/s,
73 kW a göre hesap yapıldığında ise primer devre için su debisi 5.79kg/s,

Isı pompasında dolaşan soğutucu akışkan için ise R410A nın kütleli debisi 0.59 kg/s olarak hesaplanmıştır. Çevrim ideal kabul edilmiş ancak kompresörün %80 verimle çalıştığı kabul edilmiştir. Buna göre kompresör gücü hesaplanmış ve 29.5 kW olarak hesaplanmıştır. Kütleli debilerin hesabının ardından ekserji hesapları ve ardından da ekserji kayıpları hesaplanmıştır.

Ekserji hesaplarını yapabilmek için tesisat şemasında görülen noktaların entalpi ve entropi değerleri tablodan alındı.

Tablo 1. Çevrimdeki her bir nokta için sıcaklık, entalpi, entropi değerleri [3].

Nokta	Sıcaklık(°C)	Entalpi(kj/kg)	Entropi (kj/kgK)
1	-5	420	1.82
2	68	460	1.82
3	45	276	1.27
4	-5	276	1.29
5	30	125.72	0.4367
6	38	159.16	0.5456
7	10	42.01	0.1511
8	7	29.42	0.1064

Sistem kışın sıcak su üretimi için kullanıldığından sadece ortam şartları +7°C ye göre yapılmıştır. Ekserji hesaplarında referans nokta olarak göre su için 1atm ve 7°C için h_0 ve s_0 değerleri sırasıyla 29.53 kj/kg ve 0.1064 kj/kgK , R410A için ise 1atm ve 7°C için h_0 ve s_0 değerleri sırasıyla 306.3 kj/kg ve 1.36 kj/kgK alınmış ve ekserji hesapları yapılmıştır.

2. EKSERJİ VE ENERJİ KAYIPLARI

Değişik enerji türlerine sahip değişik sistemlerde 2 türlü enerji vardır. Yapılan çalışmalarda buna dikkat edilmesi çok önemlidir.

Enerjinin işe yarayan kısmına ekserji denir. İşe yaramayan kısmına ise anerji denilir. Enerji türlerinin ne kadarının işe yarayan enerji olduğunun belirlenmesi için ekserjinin tanımlanması gereklidir. Temel olarak Ekserji bir sistemde elde edilebilecek iş miktarıdır.

Aşağıda ekserji hesaplarında kullanılan formüllerden bahsedilmiştir [4].

Ekserji bileşenleri

$$E = E^{PH} + E^{KN} + E^{PT} + E^{CH} \quad (1)$$

PH= Fiziksel ekserji

KN= Kinetik ekserji

PT=Potansiyel ekserji

CH= Kimyasal ekserji

Birim kütle başına ekserji balansı

$$e = e^{PH} + e^{KN} + e^{PT} + e^{CH} \quad (2)$$

Denkelemi açarsak ekserji toplamı

$$e = e^{PT} + \frac{1}{2}V^2 + gz + e^{CH} \quad (3)$$

olur.

Kinetik ve potansiyel enerji 0 düşünülürse

$$E = e^{PH} + e^{CH} \quad (4)$$

olur.

Belirli bir durumda saf maddenin fiziksel ekserjisi ise

$$e^{PH} = (u - u_0) + p_0(v - v_0) - T_0(s - s_0) \quad (5)$$

ve

Toplam ekserji akısı

$$E^{PH} = (U - U_0) + p_0(V - V_0) - T_0(S - S_0) \quad (6)$$

Yazılırsa fiziksel ekserji kısaca

$$e^{PH} = (h - h_0) - T_0(s - s_0) \quad (7)$$

Yazılabilir.

Bizim sistemimiz için

$$e_i = (h_i - h_0) - T_0(s_i - s_0) \quad (8)$$

i=1,2,3,4,5,6,7,8

Tablo 2. Çevrimdeki her bir nokta için hesaplanan kütleli debi ve ekserji değerleri

Nokta	Akışkan	t(°C)	\dot{m} (kg/s)	e (kj/kg)	E (kj/s)
1	R410A	-5	0.59	-15.169	-8.9497
2	R410A	68	0.59	24.831	14.6502
3	R410A	45	0.59	-5.087	-3.001
4	R410A	-5	0.59	-10.69	-6.3071
5	Su	30	2.5	3.657	9.1415
6	Su	38	2.5	6.589	16.4725
7	Su	10	5.79	-0.042	-0.2431
8	Su	7	5.79	-0.11	-0.6369
9	-	-	-	-	29.5

Ekserji kayıplarının hesapları için ise Tablo 2 'de verilen değerler yerine yazılırsa ;

Kondenser için,

$$I = E_2 + E_5 - E_3 - E_6 \quad (9)$$

$$I = 10.3192 \text{ kJ/s}$$

Evaporatör için,

$$I = E_4 + E_7 - E_1 - E_8 \quad (10)$$

$$I = 3.0364 \text{ kJ/s}$$

Kompresör,

$$I = E_1 + W_K - E_2 \quad (11)$$

$$I = 5.9001 \text{ kJ/s}$$

Genleşme Vanası,

$$I = E_2 + E_5 - E_3 - E_6 \quad (12)$$

$$I = 10.3202 \text{ kJ/s}$$

3. TERMOEKONOMİK ANALİZ

Termoekonomik analiz ısı sistemlerin termodinamik ve ekonomik açıdan analiz edilmesidir. Üretim maliyetinin minimize edilmesi amacıyla kullanılır.

Toplam maliyet; yatırım maliyeti ve işletme maliyeti olmak üzere iki bileşenden oluşmaktadır[5].

Seçilen sistemin termoekonomik analizi için aşağıdaki hesaplar yapılır,

- 1) Sistemin kurulum maliyeti ısı pompası için 39.000 \$, kazan için 18000 \$ olarak alındı.
- 2) Sistem ömrü 10 yıl ve yıllık çalışma zamanı 4380 saat (6 aylık kış dönemi) kabul edildi.
- 3) Seçilen sistemin kurulum maliyetine göre yatırım ve işletme maliyeti hesaplanarak toplam maliyet, sıcak su eldesinin doğalgaz kazancı ve ısı pompasından olmasına göre aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

4) Sistemin her bir elemanı için ekserji denklemi yapılmış ve çözülmüştür. Ayrıca ekserji kayıpları hesaplanmıştır.

Toplam maliyet[5],

$$C_t = C_{inv} + C_{op} \quad (\$/\text{KW h}) \quad (13)$$

.Burada C_{inv} sermaye maliyeti, C_{op} işletme maliyetidir. Sermaye ve işletme maliyeti, sıcak suyun kazanla ve ısı pompasıyla elde edilmesine göre ayrı ayrı hesaplanmıştır. Sistemin 6 ay 24 saat çalışmasına göre sermaye maliyeti ısı pompasının ısıtma modu için denklem (14)' e göre hesaplanır.

$$C_{inv} = \frac{CRF \cdot C}{Q_k \cdot 4380} \quad (14)$$

Yukarıdaki formülde CRF sermaye geri ödeme faktörü, C sistem kurulum maliyeti, Q_k sistemin ısıtma gücüdür.

$$CRF = \left[\frac{i \cdot (1+i)^n}{((1+i)^n) - 1} \right] \quad (15)$$

$$i = 0,10 \text{ (yıllık faiz oranı)}$$

$$n = 10 \text{ yıl (sistem ömrü)}$$

$$CRF = \left[\frac{0,1 \cdot (1+0,1)^{10}}{((1+0,1)^{10}) - 1} \right] \quad (16)$$

$$C_{inv} = \frac{0,16275 \cdot 39000}{85 \cdot 4380}$$

$$C_{inv} = 0,01705 \frac{\$}{\text{KW h}}$$

Aynı şekilde kazan işletme maliyeti 85 kW' lık bir doğal gaz kazanı için 18000 \$ alınarak sermaye maliyeti

$$C_{inv} = 0,00786 \frac{\$}{\text{KW h}} \text{ olarak}$$

İşletme maliyeti ise aynı yıllık faiz oranı ve sistem ömrü alınarak kazan ile sıcak su elde edilmesine göre,

$$C_{op} = \frac{C_f}{\eta} \quad (17)$$

$$C_f = \text{Doğalgazın 1 KW h bedeli } (\$/\text{KW h})$$

$$\eta = \text{kazan verimi } (\%90)$$

$$C_{op} = \frac{0,326}{0,90}$$

$$C_{op} = 0,362 \text{ \$ /kW h}$$

olarak hesaplanmıştır.

Isı pompası ile sıcak su elde edilmesine göre işletme maliyeti ise

$$C_{op} = \frac{C_{el} \cdot P_{in,p}}{Q_k} \quad (18)$$

$$C_{op} = \frac{C_{el}}{COP_{IP}} \quad (19)$$

C_{el} = Elektriğin 1 kW h bedeli (\$ / kW h)

$$C_{op} = \frac{0,1166}{2,88}$$

$$C_{op} = 0,041 \text{ \$ /kW h}$$

olarak hesaplanmıştır. Toplam maliyet olarak bakacak olursak kazan için

$$C_t = 0.36986 \frac{\text{\$}}{\text{kW h}}$$

Isı pompası için ise,

$$C_t = 0.05805 \frac{\text{\$}}{\text{kW h}}$$

olarak hesaplanmıştır

SONUÇ

Bu çalışmada Antalya ili için bir otelde sıcak su eldesinin sudan suya ısı pompasının kullanımıyla sağlanması incelenmiştir. Isı pompasını kışın çalıştığı kabul edilerek tüm veriler buna göre alınmıştır. Sistem için önce ekserji hesapları yapılmış ardından sistemdeki her bir ünitenin ekserji kayıpları ayrı ayrı hesaplanmıştır. Hesaplardan da görüldüğü üzere en fazla ekserji kaybı kondenser ve genleşme vanasında görülmektedir. Bu sonuçlar da bize bu ünitelerde enerjinin daha etkin kullanımı için iyileştirmeler yapılması gerektiğini göstermektedir. Ardından sistem için ekonomik analiz yapılmıştır. Yaptığımız ekonomik analiz bize sistemin karlı olup olmadığını göstermektedir. Ekonomik analiz yapılırken de sıcak su eldesinin kazandan ve sudan suya ısı pompasından sağlanmasına göre sermaye ve işletme maliyet hesapları yapılmıştır. Sonuçlardan da görüldüğü üzere kazan kurulum maliyeti düşük olmasına rağmen toplam maliyete baktığımız zaman ısı pompası ile sıcak su elde edilmesi daha ekonomiktir. Eğer bu çalışma farklı soğutucu akışkanlar kullanılarak yapılırsa farklı COP değerleri ve maliyetler hesaplanabilir. Yine çalışma, yaz modunda çalışırken soğuk elde etme durumunda da yapılabilir.

KAYNAKLAR

[1] Yerlibucak, Ş., Mahmut. "Isı Pompaları", Bitirme projesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Müh. Fak. Makine Müh. Böl., 2007, İzmir.

[2] www.resenerji.com

[3] Çengel, Y.A., Boles M.A., "Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik", 867s, 2008.

[4] Siyahhan, Z., "Güneş Enerjisi Kaynaklı Isı Pompalı Destekli Isıtma Sistemlerinin Termodinamik ve Termoekonomik Analizi", Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, 2009, İstanbul

[5]Atik, K., "Termoelektrik Soğutucu Tasarımında Termoekonomik Optimizasyon", 5. Uluslararası İleri Teknolojiler sempozyumu, 13-15 Mayıs 2009, Karabük, Türkiye.

ÖZGEÇMİŞ

Tansel KOYUN

09.04.1972 tarihinde Isparta'da doğdu. İlk orta ve lise eğitiminden sonra Süleyman Demirel Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünden 1993 yılında mezun oldu. Aynı Üniversitede Makine Mühendisliği Bölümü Termodinamik Anabilim Dalında 1995 yılında Yüksek Lisansı, 2002 yılında da doktora bitirdi. 27.02.2003 tarihinden itibaren S.D.Ü. Makine Mühendisliği Termodinamik Anabilim Dalında Yardımcı Doçent olarak görev yapmaktadır.

Onur KILIÇ

26.03.1989 tarihinde Ankara'da doğdum. Ankara Ayvalı İlköğretim Okulu'nda (1996-2003) ardından Ankara Bahçelievler Deneme Lisesi'nde (2003-2007) okudum. 2007 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nü kazanarak 2011 yılında Üstün Başarı Belgesi ile bitirdim. İkinci Lisans olarak 2008 yılında çift anadal programıyla başladığım Makine Mühendisliği Bölümü'nü 2011 yılında bitirdim. 2009-2010 yılları arasında FH Schmalkalden (Almanya)'da Erasmus Programı'na katıldım.

İyi derecede bilgisayar ve İngilizce. Başlangıç seviyesinde Almanca ve Fransızca bilgisine sahibim. İlgili alanlarım arasında 3 boyutlu tasarımlar yapmak ve grafik düzenleme vardır.

Ali GÜLGÜZEL

1973 Isparta doğumludur. Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümü mezunudur. 2001-2011 yılları arasında Isisan A.Ş. firmasında Antalya Bölge Müdürü olarak görev yapmıştır. 2011 Mayıs ayı itibariyle RES Enerji Sistemleri firmasında bölge müdürü görevini devam ettirmektedir. Evli ve 2 çocuk babasıdır.