Tesisat Mühendisliği Dergisi
Sayı: 85, s. 17-26, 2005

Güneş, Hava ve Toprak Enerjisi Kaynaklı Isı Pompasının Elazığ Şartlarında Kullanımının Deneysel Olarak Araştırılması

Aydın DİKİCİ*
Abdullah AKBULUT*
Fevzi GÜLÇİMEN*

Özet
Elazığ İli'nde, konutların ısıtılması amacıyla güneş, hava ve toprak kaynaklı bir ısı pompası deney seti kurulmuştur. Bu deney düzeneğinde; altı adet düzlemsel güneş kolektörü, bir adet sıcak su deposu, iki adet plaka tipi sulu ısı değiştirgeci, iki adet sirkülasyon pompası, hava kaynaklı buharlaştırıcı ve deney - ler esnasında ölçüm değerlerinin alınmasında kullanılan yardımcı elemanlar bulunmaktadır.

Bu çalışmada; güneş enerjisi kaynaklı, hava kaynaklı ve toprak kaynaklı ısı pompaları araştırılmıştır. Deneyler, 2002 ve 2003 yılları arasındaki Aralık'tan Mart ayına kadar olan ısıtma sezonunda yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Isı pompası, Güneş kollektörü, Güneş kaynaklı ısı pompası, Toprak kaynaklı ısı pompası, Hava kaynaklı ısı pompası.*

1. GİRİŞ

Çağımızda enerjinin sağlanması insanlığın temel sorunlarından biri olmuştur. Gelişen teknoloji ile paralel olarak enerji ihtiyacı da artmaktadır. Ge - lişmişliğin bir ölçüsü olarak görülen enerji tüketi - mi arttıkça fosil kökenli yakıtlara olan talebi de be - raberinde arttırmaktadır. Fosil kökenli yakıtların hızla azalması, hidroelektrik enerji santrallerinin gerek kurulabileceği yerlerin gerekse mümkün olan enerji üretim kapasitelerinin sınırlı olması, acil enerji ihtiyacını karşılama gayretlerini hız - landırmıştır. En hızlı ve etkili çözüm ise 20. as - rın ikinci yarısından itibaren elektrik enerjisini git - tikçe artan nispette nükleer santraller vasıtasıyla üretmek olmuştur. Nükleer enerjinin kullanılma - sıyla ortaya çıkan çevre meseleleri, radyasyon tehlikesi, enerji üretimi yanı sıra atom bombası imalatı imkânının varlığı ve nükleer santrallerin tesisi ile işletmesi için yüksek teknolojilerin ge - rekmesi; alternatif kaynaklardan faydalanma fikri - ni desteklemiştir. Güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi ve jeotermal enerji gibi yenilenebilir enerji kaynak - larının geliştirilmesi ve fosil kaynakların hatta nükleer enerjinin yerini alarak insanlığa temiz ve sonsuz enerji sağlamak fikri, hem ilim adamları - nın hem de onlara destek sağlayan siyasetçileri gayrete getirmiştir [1].

Enerji sorununun önem kazandığı günümüzde yeni enerji kaynaklarına yönelik çalışmalar hızla

* **Arş. Gör. ,** Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü – ELAZIĞ

artmaktadır. Isı pompaları, elektrikli ısıtmaya gö - incelenmiştir. Isı enerjisinin iki ortam arasında

re 3 ile 6 kat avantajlı olmaları, çevre kirlenmesine neden olmamaları, endüstriyel uygulamalarda kullanılabilmeleri gibi özellikleri nedeni ile son yıllarda üzerinde yoğun çalışmalar yapılan bir konu haline gelmiştir [2].

Toprak kaynaklı ısı pompalarının Avrupa'da (Almanya'da, İsviçre'de, Avusturya'da, İsveç'te, Danimarka'da, Norveç'te, Fransa'da) pazarlanması 20 yılı aşkın bir süredir yapılmaktadır. Adı geçen bu ülkelerde özellikle dikey tip toprak kaynaklı ısı pompaları üzerinde yoğunlaşılmıştır. Amerika'da ise toprak kaynaklı ısı pompalarının ticari olarak pazara girişi 50 yılı bulmaktadır [3].

Avrupa'da ilk büyük ısı pompası, Zürih Belediye Sarayı'nı ısıtmak amacı ile 1938 yılında 175 kW gücünde yapılmıştır. Bu ünitede ısı kaynağı olarak nehir suyu, soğutucu akışkan olarak Freon–12 ve kompresör tipi olarak bir rotorlu kompresör kullanılmıştır[1,3,4].

İngiltere'de ilk ısı pompası ünitesi Norwich Şirketinin Elektrik Bölümünde yapılmıştır. Soğutucu akışkan olarak SO_2 kullanılmış ve ortalama ısıtma tesir katsayısı 3'e ulaşmıştır. Sonra başka bir deneme ünitesi yazın klima, kışın ısıtma amacı ile kullanılmıştır. Bu ısı pompası için ısı Thames nehrinden çekilmiştir. Soğutucu akışkan olarak Freon–12 kullanılmıştır ve ısıtma tesir katsayısı 5'e ulaşmıştır [3,4,5].

Ev ısıtması için ilk ısı pompalarından biri İngiltere'de Sumner tarafından kendi evinde başarılı bir şekilde kurulmuştur. Isı, atmosferik çevre havasından çekilmiştir. Daha sonra yapılan çalışmalar ile ısı 1 m derinlikteki topraktan çekilmeye başlanmıştır. Bu sistemin ortalama ısıtma tesir katsayısı 2,8'e ulaşmıştır ve günümüzde hala kullanılmaktadır [5].

Bugüne kadar binaları ısıtmak için çok sayıda güneş destekli ısı pompası sistemi geliştirilmiş ve literatürde bu konu ile ilgili pek çok makale yayınlanmıştır. Çalışmamızın konusu olan alternatif enerji kaynaklarından Toprak, Hava ve Güneş kaynaklı ısı pompalarının alan ısıtmada kullanımının birbirleriyle olan avantaj ve dezavantajları

transfer edebilmek için sisteme bir miktar dışardan iş verilmesi gerekmektedir. Isı çekilen ortam; nehir suyu, hava, güneş enerjisi, toprak, endüstriyel süreçlerde açığa çıkan atık ısı olabilir. Çalışmamızın konusu kapsamında güneş, hava ve toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerinin Elazığ İli iklim şartlarında konut ısıtmasında kullanılabilirliğini deneysel olarak araştırmak amacıyla bir deney seti kurulmuştur. 2002 yılı Aralık ayından başlayarak 2003 Mart ayı dönemine kadar olan süre içerisinde çeşitli deneyler yapılmıştır. Yapılan deneylerden elde edilen verilere dayanarak her bir sistemin performans katsayıları çıkartılmış ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

2. DENEY DÜZENEĞİNİN TANITILMASI

2.1. Deney Seti

Deney seti esas olarak üç ayrı devrenin birleşiminden meydana gelmektedir. Bunlar ısı çekilen ortamlara göre; toprak ısı değiştirgeci devresi, hava kaynaklı buharlaştırıcı devresi ve güneş enerjisiyle hazırlanan sıcak suyu enerji kaynağı olarak kullanan devredir (Şekil 2.1).

Deney setini bina içi ve bina dışı üniteler olmak üzere iki kısma da ayırmak mümkündür.

Bina dışı üniteler;

- Toprak ısı değiştirgeci,
- Güneş enerjili sıcak su hazırlama sistemi,
- Hava kaynaklı buharlaştırıcı,

Bina içi üniteler;

- Toprak hattı buharlaştırıcı–ısı değiştirgeci devresi,
- Sıcak su hattı buharlaştırıcı-ısı değiştirgeci devresi,
- Hava kaynaklı buharlaştırıcı devresi

Bina içi üniteler, kontrol ve ölçme kolaylığı sağlaması maksadıyla bir kasa içerisinde toplanmıştır. Kasa içerisinde; 1,5 HP gücünde bir kompresör, biri toprak ısı değiştirgeci salamura devresi üzerinde diğeri ise güneş enerjili sıcak su hazırlama devresi üzerinde olmak üzere iki adet plakalı ısı değiştirgeci, plakalı ısı değiştirgecinden sirküle eden su debilerini ölçmek için iki adet su sayacı, kompresör Freon–22 çıkış hattı üzerinde

sıvı tüpü, gaz devresindeki nemi almak için kurutucu, kasanın üst ön kapağı arkasında yoğuştu rucu ve vantilatör bulunmaktadır. Kasanın yan tarafında bulunan cep içerisinde Freon–22 devresinin çeşitli noktalarındaki basınçları ölçmek için

Hava kaynaklı buharlaştırıcı, dış ortam havasından ısı çekmek amacıyla ayrı bir koruyucu kasa içerisinde laboratuar penceresinin dış tarafında denizliğin üzerinde ayakları üzerine yerleştirilmiştir. Buharlaştırıcının içinde bulunduğu kasa,

manometreler, vantilatörün devrini ayarlayabil mek için Dimmer (voltaj ayarlayıcı) bulunmakta dır. Ayrıca deney setinin çeşitli sıcaklık ölçüm noktalarından gelen ısıl çiftlerin toplandığı termi nal bulunmaktadır. Sistemin harcadığı gücü ölçe bilmek için Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Bölü mü Laboratuarından temin edilen bir adet Watt metre kasa üzerine yerleştirilmiştir.

2.2. Kompresör

Deney setinde kullanılan kompresörün teknik özellikleri aşağıda verilmektedir.

, Tecumseh CAJ4519T Hermetik tip
, 1,5HP, R22, monofaze, 2900 d/dak
, Soğutucu akışkan giriş borusu çapı 5/8", çıkış borusu çapı 3/8"

2.3. Alçak ve Yüksek Basınç Presostatı (Kombine Otomatik)

Kompresörün giriş ve çıkış hattındaki basınçla ra göre kompresörü devreye alıp devreden çıka ran elemandır. Kompresörün maksimum çıkış basıncı emniyet açısından 2000 kPa'a ve mini mum emme basıncı ise 50 kPa olacak şekilde ayarlanmıştır.

2.4. Hava Kaynaklı Buharlaştırıcı

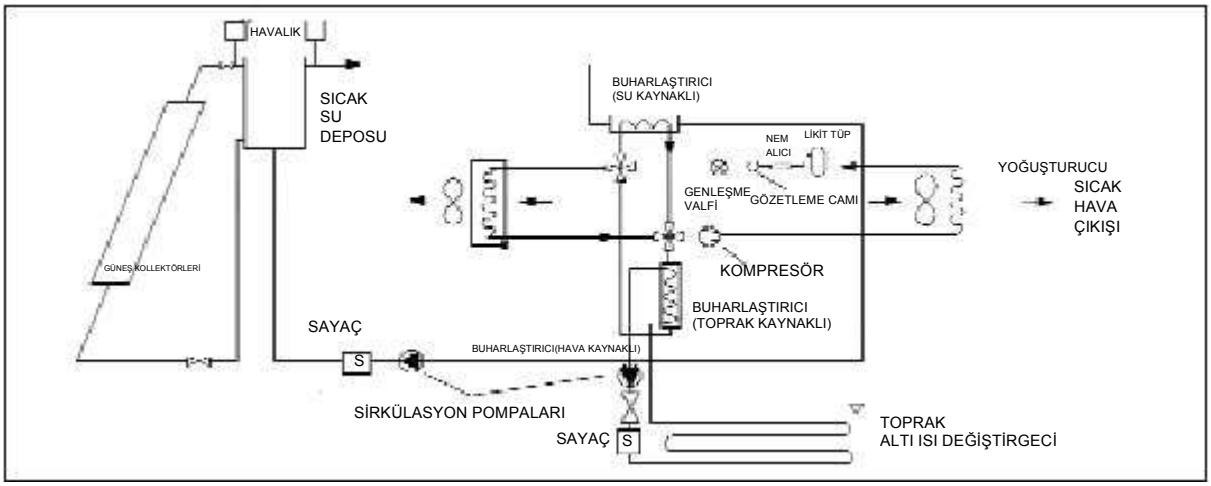
zemine, duvara veya tavana monte edilebilecek şekilde yapılmıştır. Kasanın üzerinde bulunan kapak açılıp kapanabilmekte ve 50 W, 1400 d/dak ve 1000 m^3/h kapasiteli bir vantilatörü üzerinde taşımaktadır. Piyasada standart olarak bulunabi len buharlaştırıcı, 0,12 mm kalınlığında alümin yum kanatlı ve 3/8" çapındaki dikişsiz bakır bo rudan imal edilmiş 5,5 m^2 ısı transfer yüzey ala nına sahiptir.

2.5. Yoğuşturucu

İç ortamda bulunan kasa içerisinde kendisine ay rılan yerinde bulunmaktadır. Yoğuşturucunun ön kapağı üzerinde 1000 m^3/h kapasiteli 50 W gü cünde bir fan bulunmakta ve yoğuşturucu üzerin den iç ortam havasını emerek ısıtıp yine iç orta ma göndermektedir. Bu fanın devir sayısı bir dim mer (voltaj ayarlayıcı) vasıtasıyla ayarlanabil mektedir. Voltaj ayarlayıcı yardımıyla fanın devir sayısı değiştirilerek iç ortama gönderilen hava nın debisi ve sıcaklığı değiştirilebilmektedir. Yo ğuşturucu da yine hava kaynaklı buharlaştırıcı ile aynı ölçülerdedir.

1.6. Plakalı Isı Değiştirgeçleri

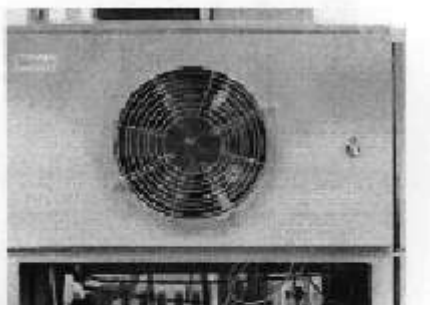
Bir güneş enerjisi devresinden gelen sıcak su hattı üzerinde, diğeri de toprak altı ısı değiştirge ci devresinden gelen salamura hattı üzerinde ol mak üzere iki adet plakalı ısı değiştirgeci kulla



Şekil 2.1. *Komple Deney Seti Şeması*

nılmıştır. Isı değiştirgeçlerinin karakteristik öze likleri aşağıdaki gibidir.

, Minimum çalışma sıcaklığı	- 160 °C
, Maksimum çalışma sıcaklığı	+225 °C
, Maksimum çalışma basıncı	3000 kPa
, Test basıncı	4500 kPa
, Maksimum debi	3,6 m^3/h
, Boyutlar (mm)	208 * 78 * 41



, Bağlantı çapları $^3/_4$" – $^1/_2$"
, Plaka sayısı 14

CB 14/14 modeli Alfa Laval ürünü olan bu ısı de - ğiştirgeçlerinin her ikisinin de özellikleri aynıdır.

2.7. Kasa

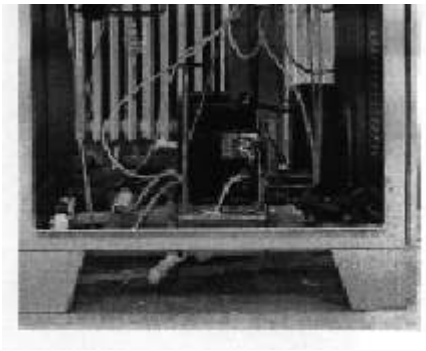
Kasa, kompresörü, plakalı ısı değiştirgeci, iki adet devir daim pompasını, yoğuşturucu fanını, iki adet su sayacını, sıvı tüpünü, nem alıcı, gö - zetleme camını, manometreleri ve plakalı ısı de - ğiştirgeçlerini içerisine alacak şekilde sanayide imal edildi. Kasa, içerisinde ısı pompası eleman - larının rahatlıkla sökülüp takılabilmesi için yeteri kadar büyüktür. Şekil 2.2'de Kasanın önden gö - rünüşü görülmektedir.

2.8. Güneş Kollektörleri

Piyasada standart olarak bulunabilen düzlem gü - neş kollektörlerinin yüzey alanı 90x190 cm ölçü - lerinde olup 12 boru geçişli ve alüminyum plaka - lıdır. Sistemde altı adet kollektör kullanılmıştır. Kapalı devre kollektörlerden ısınarak çıkan ve hacimsel olarak % 50 antifrizli sıcak su 180 litre hacminde ve içerisinde 13,5 m, 3/4" çapında ba - kır borudan yapılmış bakır ısı değiştirgecinden geçerek ısısını depodaki suya bırakmaktadır. Depoda ısınan su, kapalı bir devrede plakalı bir ısı değiştirgeci üzerinden geçirilerek ısısını ısı pompasının buharlaştırıcısındaki Freon-22'ye bırakmaktadır. Kapalı devre içerisinde dolaşan suyun debisi su sayacı ile ölçülüp devre üzerinde - ki vanalar yardımıyla değiştirilebilmektedir. Şekil 2.3' de güneş kolektörlerinin karşıdan görünüşü görülmektedir.

2.9. Sıcak Su Deposu

Bakır borudan yapılmış bir serpantini içinde bu - lunduran sıcak su deposu 180 litre hacminde olup 5 cm kalınlığında cam yünüyle izole edilmiştir.

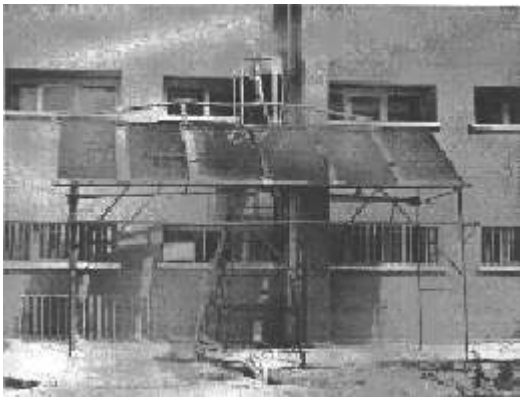


Şekil 2.2. *Kasanın önden görünüşü*

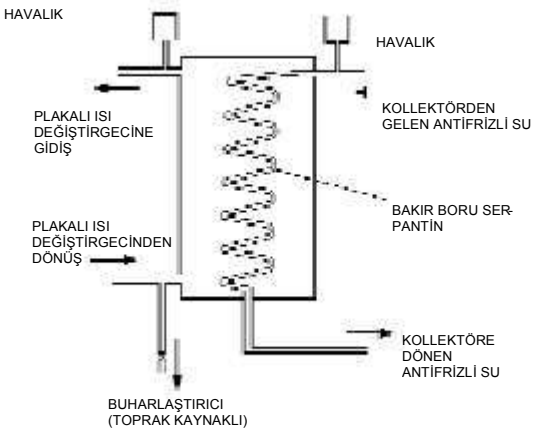
Bakır boru $^3/_4$" çapında 13,5 m uzunluğunda sar - mal boru (serpantin) şeklinde depo içerisine yer - leştirilmiştir. Şekil 2.4'de sıcak su deposunun şematik resmi görülmektedir.

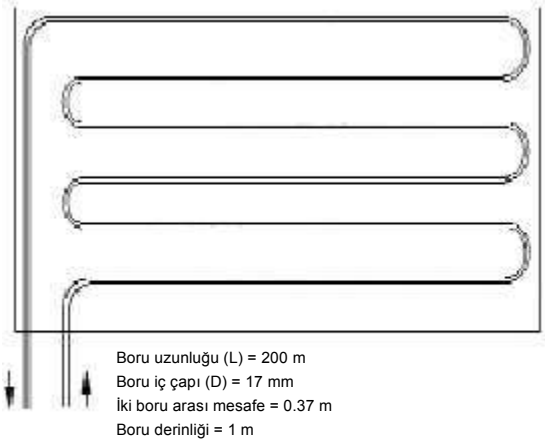
2.10. Toprak Altı Yatay Isı Değiştirgeci Devre - si

Teknik Eğitim Fakültesi zemin katında bulunan la - boratuar odasının hemen dış tarafında bulunan açık alan toprak altı ısı değiştirgeci yerleşimi için uygun görülmüştür. Toprak altı ısı değiştir - geci, yer yüzeyinden 1 m derinlikte, toplam boru



Şekil 2.3 *Güneş Kolektörlerinin Karşıdan Görünüşü*





Şekil 2.4 Sıcak Su Deposu Bakır Boru Serpantin.

uzunluğu 200 m olacak şekilde tek devre olarak döşenmiştir. İki boru arası mesafe 37 cm olup, kullanılan boru yüksek ısı iletim katsayısına sa - hip ısıtma tesisatlarında kullanılan yer kaloriferi borusudur. Şekil 2.5'de açılan çukur içerisindeki toprak altı ısı değiştirgecinin resmi, Şekil 2.6'da ise boru serilme yöntemi görülmektedir.

3. DENEYLER ESNASINDA YAPILAN ÖLÇÜMLER

Deneysel veriler 30'ar dakikalık aralıklarla alın - mıştır. Deneylerde aşağıdaki ölçümler yapıl - mıştır.

, Güneş ışınımının ölçümü
, Sıcaklık ölçümü
, Debi ölçümü
, Basınç ölçümü
, Güç ölçümü

Şekil 2.5 Toprak Altı Isı Değiştirgeci.

Şekil 2.6 Boruların Toprağa Serilme Yöntemi.

3.1. Güneş Işınımının Ölçümü

2002–2003 ısıtma sezonu boyunca yatayla 38º açı yapacak şekilde yerleştirilen Kipp-Zonen Solarimetresi ile günlük güneş ışınımı ölçül - müştür.

3.2. Sıcaklık Ölçümü

Deney setinin çeşitli noktalarına yerleştirilen T ti - pi (Cu-Co) ısıl çiftler yardımıyla her 30'ar dakika - lık zaman aralıklarıyla sıcaklıklar ölçülmüştür. Sistemde dolaşan soğutucu akışkan, salamura ve sıcak su sıcaklıkları ile birlikte dış ortam ve iç ortam sıcaklıkları da ölçülmüştür. Isıl çiftler, ko - rozyon nedeniyle hatalı ölçüm yapma ihtimaline karşı vernik ile izole edilmiştir.

3.3. Dış Ortam Hava Sıcaklığının Ölçümü

Dış ortam hava sıcaklığını ölçmek amacıyla bir ısıl çift, laboratuar binasının dış duvarından 1,5 m uzaklıkta güneş ışınımını direkt görmeyecek şekilde yerleştirilmiş ve dış ortam hava sıcak - lığındaki değişimler yarımşar saatlik aralıklarla ölçülmüştür.

3.4. İç Ortam Hava Sıcaklığının Ölçümü

Laboratuar binasının iç ortam sıcaklıkları, dış pencereden 1,5 m içeride ve yoğuşturucudan çı - kan ısıtılmış hava akımının direk temas etmedi - ği bir noktaya yerleştirilmiş olan ısıl çift yardı - mıyla ölçülmüştür.

3.5. Yoğuşturucu Çıkış Havası Sıcaklığının Öl - çümü

Kasanın ön kısmında bulunan yoğuşturucu fa -

nından çıkan havanın direkt temas ettiği bir nok - taya yerleştirilen ısıl çift yardımıyla sıcaklıklar öl - çülmüştür.

3.6. Soğutucu Akışkanın Sıcaklık Ölçümleri

Kompresörün çıkış ve emme borusuna, toprak hattı devresinin bağlandığı plakalı ısı değiştirge - ci Freon–22 giriş borusuna, güneş enerjisi siste - minden gelen hattın bağlandığı plakalı ısı değiş - tirgeci Freon–22 giriş ve çıkış borusu üzerine, hava kaynaklı buharlaştırıcının Freon–22 giriş ve çıkış borusu üzerine yerleştirilen ısıl çiftler yardımıyla sıcaklıklar ölçülerek kaydedilmiştir.

3.7. Sistemde Dolaşan Su ve Salamuranın Sıcaklık Ölçümleri

Güneş ve toprak hattından gelen sıcak su ve sa -

3.8.3. Hava Kaynaklı Buharlaştırıcıdan Geçen Hava Debisinin Ölçümü

Hava kaynaklı buharlaştırıcının içine yerleştiril - diği kasanın üst kapağı üzerine yerleştirilen fa - nın maksimum kapasitesi esas alınarak (1000 m^3/h) ayrı bir ölçüm yapılmamıştır.

3.8.4. Sistemdeki Basınç Ölçümü

Bir adet kompresörün çıkış borusu üzerinde, bir adet kompresörün giriş borusu üzerinde ve birer adet de plakalı ısı değiştirgeçlerinin Freon–22 gi - riş ve çıkış borusu üzerinde olmak üzere sis - temde altı ayrı noktada basınç ölçümleri yapıl - mıştır. Plakalı tip ısı değiştirgeci kullanılması ve kompresörün doğrudan plakalı ısı değiştirgeçle - rinin Freon-22 çıkışına bağlı olması nedeniyle kompresörün Freon-22 giriş borusu basıncı ile

lamuranın plakalı ısı değiştirgeçlerine giriş ve çıkış sıcaklıkları, kollektörlerin giriş ve çıkış su sıcaklıkları yerleştirilen ısıl çiftler yardımıyla ölçülmüştür.

3.8. Sistemdeki Debi Ölçümleri

3.8.1. Sistemde Dolaşan Su ve salamuranın Debi ölçümleri

Bir adet toprak altı ısı değiştirgeci devresinin bağlandığı plakalı ısı değiştirgecinin hemen yanına su geliş hattı üzerine, bir adet de güneş kolektörlerinin bağlandığı sıcak su deposundan gelen sıcak su hattının bağlandığı plakalı ısı değiştirgecinin hemen yanına sıcak suyun geliş hattı üzerinde olmak üzere iki adet su sayacı yerleştirilmiştir. Sayaçların giriş ve çıkışlarına birer adet vana takılarak kronometre yardımıyla debi ayarlamaları yapılmıştır.

3.8.2. Yoğuşturucudan Geçen Hava Debisinin Ölçümü

Yoğuşturucu üst kapağı üzerinde bulunan 1000 m^3/h kapasiteli bir fan, yoğuşturucu üzerinden iç ortam havasını geçirerek tekrar iç ortama göndermekte ve hava debisi dimmer (voltaj ayarlayıcı) yardımıyla istenilen debi değerine ayarlanmaktadır. Yoğuşturucu üzerinden geçen havanın hacimsel debisi rüzgârgülü vasıtasıyla ölçülmüştür ve daha sonra o sıcaklıktaki havanın yoğunluğu ile çarpılarak havanın kütlesel debisi bulunmuştur.

plakalı ısı değiştirgeçlerinin Freon giriş basınçları arasında yaklaşık 100 kPa'lık basınç farkının olduğu görülmüştür.

3.8.5. Sistemde Harcanan Gücün Ölçümü

Sistemde harcanan toplam elektrik enerjisini ölçmek için enerji besleme hattı üzerine bir adet Wattmetre konulmuş ve her yarım saatte bir diğer deney sonuçları ile birlikte Watt cinsinden harcanan elektrik enerjisi kaydedilmiştir.

3.8.6. Deneysel Çalışmalarda Oluşabilecek Hatalar

Deneysel çalışmada cihazlarda ve kişisel hatalardan dolayı sıcaklık, debi, güç, fiziksel boyut ve kalibrasyonlarda birtakım yanlış ölçümler ve hesaplamalar yapılabilmektedir. Cihazların hassasiyetinde bazen bu hataları tahmin etmek mümkün olmaktadır. Burada tahmini bir hata miktarı hesaplanmıştır. Ölçüm cihazlarındaki hatalar bu cihazların kataloglarından alınmıştır.

, Dijital ısıl çift termometresi hassasiyeti ± 0,1 °C
, Isıl çift hassasiyeti ± 0,1 °C
, Bağlantı hataları ± 0,3 °C
, Rüzgârgülü hassasiyeti ± % 0,1

Sıcaklık okumada tahmini hata ± 0,5 seviyesinde dir. Debi ölçüm hataları, rüzgârgülü hassasiyeti ve kişisel hatalar eklenirse ± % 0,2 seviyesinde olur.

4. İNCELENEN SİSTEMLER ve DENEYLERİN YAPILMASI

4.1. Güneş Kaynaklı Isı Pompası Sistemi

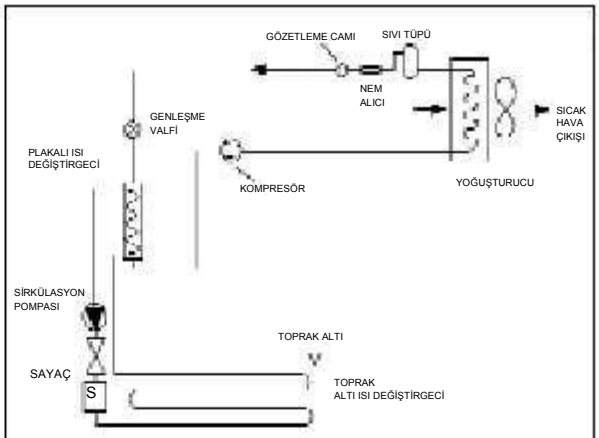
Bu sistemle yapılan deneyler, sabah saat 9.00'da başlayıp güneş batıncaya kadar devam etmiştir. Bazen güneş battıktan sonra deneylere 1 – 2 saat daha devam edilmiştir. Güneş kolektörleriyle elde edilen sıcak su sadece ısı pompası için ısı kaynağı olarak kullanılmış ve herhangi bir radyatör vb. ısıtıcıda kullanılmamıştır. Şekil 4.1'de güneş kaynaklı ısı pompası şeması görülmektedir.

4.2. Toprak Kaynaklı Isı Pompası Sistemi

Toprak kaynaklı ısı pompası sisteminde deneyler mümkün olduğunca gün boyu sürecek şekilde yapılmıştır. Bazen duruma göre öğle saatlerinde deneylere başlanmış bazen de akşamüzeri saatlerde deneylere başlanmıştır. Şekil 4.2'de toprak kaynaklı ısı pompası sistemi şeması görülmektedir.

4.3. Hava Kaynaklı Isı Pompası Sistemi

Dış ortam havasından ısının çekildiği bu sistem



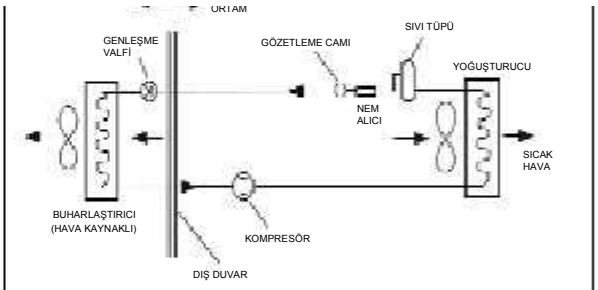
Şekil 4.2 *Toprak Kaynaklı Isı Pompası Sistemi Şeması*

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

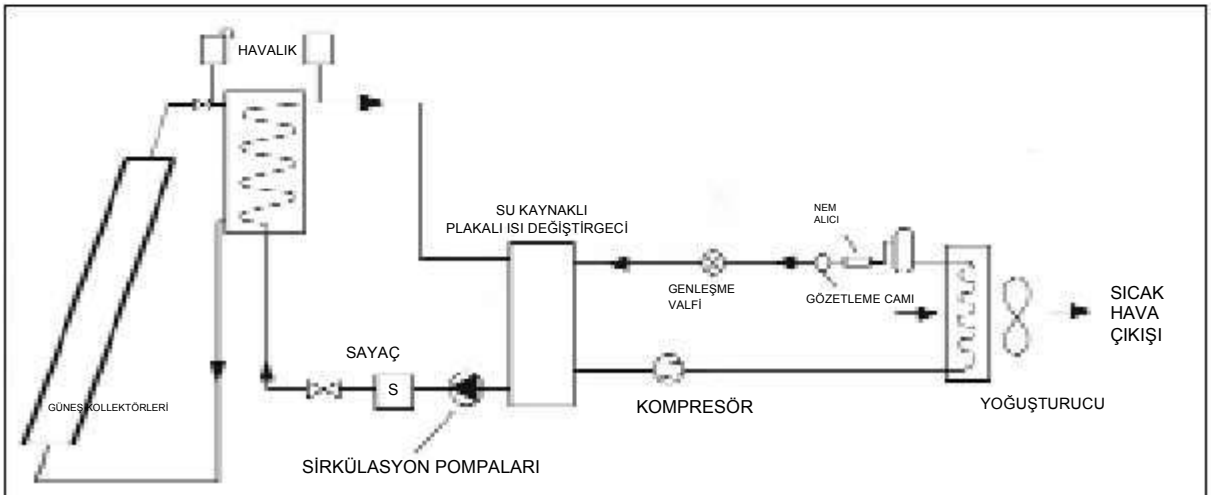
5.1. Sonuçlar

Elazığ İli bölgesinde güneş, hava ve toprak destekli ısı pompaları ile konutların ısıtılabilirliğini incelemek amacıyla bir model ısıtma ortamı olarak

Dış ortam havasından ısının çekildiği bu sistem de deneyler esnasında buharlaştırıcı fanı sürekli olarak çalıştırılmış ve mümkün olduğunca buharlaştırıcı yüzeylerinin karlanması önlenmeye çalışılmıştır. Her gün sadece bir deneyin yapılmasına ve deneylere sabah saatlerinde başlanmasına özen gösterilmiş ancak öğlen ve akşam saatlerinde de deneylere başlandığı olmuştur. Şekil 4.3'de hava kaynaklı ısı pompası sistemi görülmektedir.



Şekil 4.3 *Hava Kaynaklı Isı Pompası Sistemi*



Şekil 4.1 *Güneş Kaynaklı Isı Pompası Şeması*

Teknik Eğitim Fakültesinde kullanılmayan bir sınıf seçilmiştir. Bu ortamın ısıtılabilirliğini deneysel olarak araştırmak amacıyla güneş, hava, toprak destekli ısı pompası sistemi kurulmuştur. Bu sistem üç değişik şekilde çalıştırılarak ölçümler yapılmıştır.

Deney esnasında güneş ışınımları solarimetre ile ölçülmüştür ve günün saatlerine göre değişiminin grafikleri çizilmiştir. Güneş destekli ısı pompası sisteminde deneyler esnasında kollektör giriş ve çıkış sıcaklıkları, plakalı ısı değiştirgecine su giriş ve çıkış sıcaklıkları, kompresör Freon–22 giriş ve çıkış sıcaklıkları, plakalı ısı değiştirgecine Freon–22 giriş ve çıkış sıcaklıkları, yoğuşturucuya Freon–22 giriş ve çıkış sıcaklıkları, iç ortam ve dış ortam sıcaklıkları, ısı pompasısı devresinde kompresör girişinde ve çıkışında ki Freon–22 basınçları, yoğuşturucudan ısıtılarak çıkan havanın sıcaklıkları ve sistemin harcadığı elektrik sarfiyatı periyodik olarak ölçülmüştür.

Hava kaynaklı ısı pompası ile yapılan deneyler esnasında, dış ortam ve iç ortam sıcaklıkları, kompresör giriş ve çıkışındaki Freon–22 gazının basınc ve sıcaklıkları, buharlaştırıcıya giren

neş kaynaklı ısı pompası sistemlerinin yeterli olmadığı görülmektedir. Elazığ İli'nde Aralık ve Mart ayları arasını kapsayan yoğun ısıtma sezonu boyunca bölgenin ortalama güneşlenme gün sayısının ortalama 35 gün civarında olması güneş kaynaklı ısı pompasının tek başına yeterli olmayacağı anlamına gelir. Gece, dış ortam sıcaklıklarının 0 °C'nin çok altına düşmesi hava kaynaklı ısı pompalarının ısıtma sezonu boyunca kullanımını önemli ölçüde kısıtlamaktadır.

Hava kaynaklı ısı pompası, ısıtma yükünün arttığı akşam saatlerinde dış ortam sıcaklıklarının 0 °C'nin çok altına düşmesi buharlaştırıcı yüzeyinde karlanmaya neden olmakta ve sistem durmaktadır. Genel performans değerlerinin vasatın altında olması, hava kaynaklı ısı pompalarının sezon boyunca kullanımını önemli ölçüde kısıtlamaktadır.

Deneysel ölçümlerden elde edilen verilere dayalı olarak hesaplanan COP_{sis} değerleri Tablo 5.1.'de toplu halde verilmiştir.

Tablo 5.1 Aylık COPsis Ortalamaları.

hin basınç ve sıcaklıkları, buharlaştırıcıya giren ve çıkan Freon–22' nin sıcaklıkları, yoğuşturucuya giren ve çıkan Freon- 22'nin sıcaklıkları, yoğuşturucudan çıkan ısıtılmış havanın sıcaklıkları, sistemin harcadığı güç periyodik olarak ölçülmüştür.

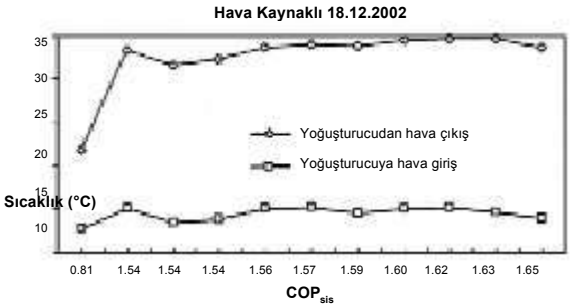
Toprak kaynaklı ısı pompası deneylerinde, toprak sıcaklıkları, iç ve dış ortam sıcaklıkları, plakalı ısı değiştirgecine giren ve çıkan salamura sıcaklıkları, plakalı ısı değiştirgecine giren ve çıkan Freon–22 sıcaklıkları, yoğuşturucuya giren ve çıkan Freon–22 sıcaklıkları, yoğuşturucudan ısıtılarak çıkan hava sıcaklıkları, kompresörün giriş ve çıkış sıcaklıkları, kompresörün giriş ve çıkış basınçları ve sistemin harcadığı güç periyodik olarak ölçülmüştür.

Deneyleri yapılan tüm sistemler için COPsis'in yoğuşturucuya hava giriş ve çıkış sıcaklıkları na göre değişim grafikleri çizildi.

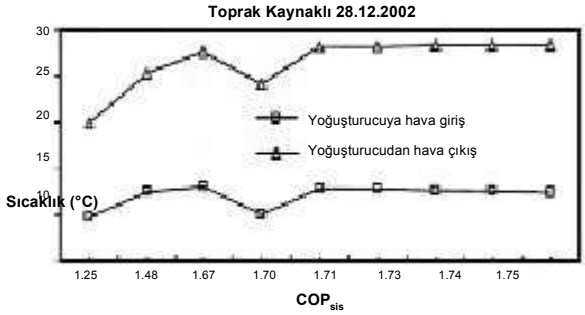
Bölgemizin meteorolojik verilerinden anlaşıldığı gibi konutların ısıtılmasında kullandığımız gü

Table 5.1. Aylık COP_{sis} Ortalamaları

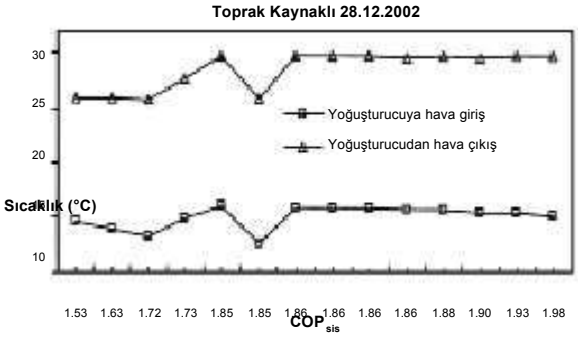
	Yapılan Deneyler		
Aylar	**Güneş**	**Toprak**	**Hava**
Aralık	----	1,63	1,51
Ocak	1,82	1,66	1,31
Şubat	2,51	2,17	1,62
Mart	2,14	1,82	1,70



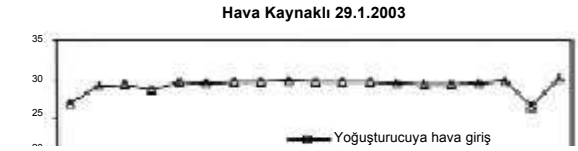
Şekil 5.1. *COP_{sis}'in Yoğuşturucuya Hava Giriş ve Çıkış Sıcaklıklarına Göre Değişimi.*

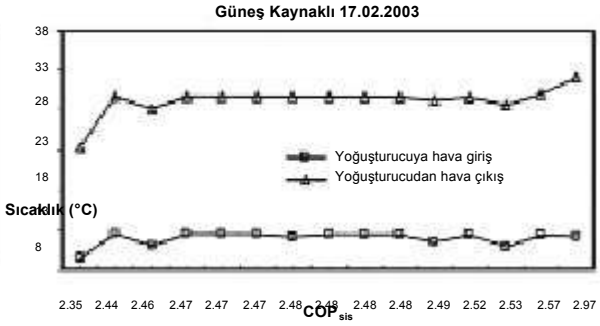


Şekil 5.2. *COP_{sis}'in Yoğuşturucuya Hava Giriş ve Çıkış Sıcaklıklarına Göre Değişimi.*

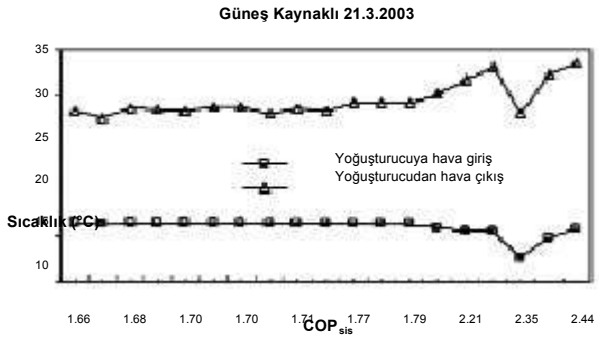


Şekil 5.3. *COP_{sis}'in Yoğuşturucuya Hava Giriş ve Çıkış Sıcaklıklarına Göre Değişimi.*

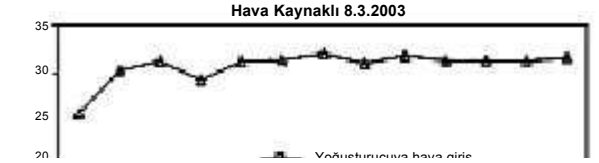


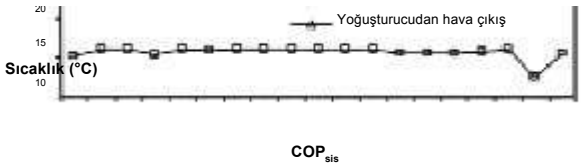


Şekil 5.6. *COP_{sis}'in Yoğuşturucuya Hava Giriş ve Çıkış Sıcaklıklarına Göre Değişimi.*

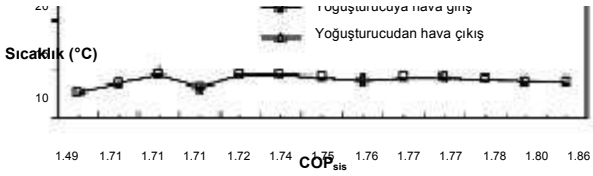


Şekil 5.7. *COP_{sis}'in Yoğuşturucuya Hava Giriş ve Çıkış Sıcaklıklarına Göre Değişimi.*

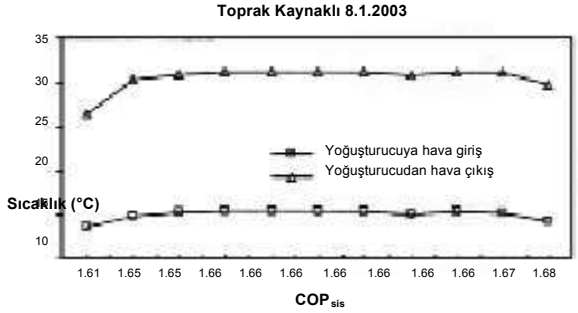




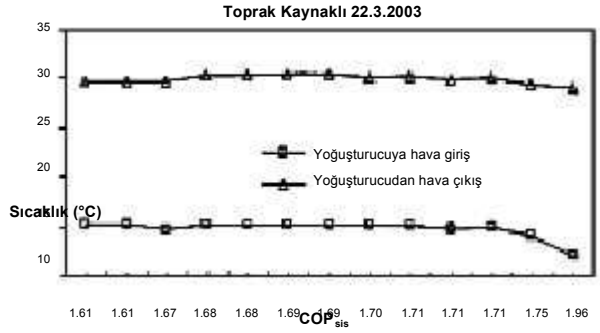
Şekil 5.4. *COP_{sis}'in Yoğuşturucuya Hava Giriş ve Çıkış Sıcaklıklarına Göre Değişimi.*



Şekil 5.8. *COP_{sis}'in Yoğuşturucuya Hava Giriş ve Çıkış Sıcaklıklarına Göre Değişimi.*



Şekil 5.5. *COP_{sis}'in Yoğuşturucuya Hava Giriş ve Çıkış Sıcaklıklarına Göre Değişimi.*



Şekil 5.9. *COP_{sis}'in Yoğuşturucuya Hava Giriş ve Çıkış Sıcaklıklarına Göre Değişimi.*

5.2.Öneriler

a) Güneş enerjisinin tek başına ısı pompası için yeterli olamamaktadır. Bu nedenle yazın bol güneş alan bölgemizde güneş enerjisi yeraltında depolanarak kışın toprak kaynaklı ısıkey pompasına kaynak olarak kullanılırsa ısıtılacak ortamın istenilen değere ulaşacağı kanısına varılmıştır.

b) Konutların ısı yalıtım şartnamelerine uygun yapılmaması nedeniyle ısıtma amacıyla tüketilen enerjinin büyük bölümü kaybolmaktadır. Isı kayıplarının en az düzeye indirebilmek için binaların istenilen standartlarda yalıtılması gerekmektedir.

c) Deney sistemindeki ısı kayıplarının asgariye indirilmesi için sistemin iyi izole edilmesi gerekmektedir.

d) Tek başına bir ısı kaynağının (güneş, toprak veya hava) ısıtmada yetmediği durumlarda ikinci bir ısı kaynağının da beraberinde devreye alınarak ısıtma için yeterli olabilir.

e) Güneş enerjisi destekli ısı pompaları, ilk kurulum maliyetlerinin yüksek olması ve geri ödeme süresinin çok uzun olması nedeniyle karlı bir yatırım olarak görülmemektedir.

f) Hava kaynaklı ısı pompaları, hâlihazırda piyasada bol ve ucuz olarak bulunabilmektedir. Ancak yoğun ısıtma ihtiyacının olduğu Aralık ve Mart ayları arasında ısıtma ihtiyacına cevap verecek nitelikte olmaması nedeniyle, hava kaynaklı ısı pompası sistemine dayalı ısıtma tesisleri kuracak kişilere tavsiye edilmez.

g) Eğer toprak kaynaklı ısı pompası için konutun yeterli toprak alanı mevcut ise, duruma göre dikey ya da yatay toprak ısı değiştirgeci tipine sahip bir ısı pompasının kurulması mantıklı bir yatırım olarak görülmektedir. Geri ödeme süresinin kısa olması ve fazla bakım gerektirmemesi gibi nedenler de bu görüşü desteklemektedir.

KAYNAKLAR

[1] Reay, D.A., Mac Michael, D.B.A., Heat Pumps, June, 1988.

[2] Yamankaradeniz, R., 1982, Güneş Enerjisi Kaynaklı Isı Pompasının Teorik ve Deneysel İncelenmesi, Doktora Tezi, İTÜ, İstanbul.

[3] Harry, J., and Ronald, H., 1983, Heat Pups Systems, John Wiley & Sons, New York.

[4] Calm, J.M., Heat Pump, 1984, Ashrae Journal, August, Vol.90, pp.40-44.

[5] Sumner, J.A., 1976, Domestic Heat Pumps, Prism Press, Dorchester.

[6] Dikici, A., 2004, Güneş, Hava ve Toprak Enerjisi Kaynaklı Isı Pompasının Elazığ Şartlarında Konut Isıtması İçin Kullanımının Deneysel Olarak Araştırılması, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.