

Türkiye’de Toprak Kaynaklı Isı Pompası Sistemleri İle Konutların Isıtılmasıyla İlgili Yapılan Bilimsel Çalışmaların Değerlendirilmesi

¹Murat KORKMAZ

*¹Hacettepe Üniversitesi Polatlı Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Ankara, Türkiye

Özet

Bu çalışmada, Türkiye’nin farklı bölgelerinde yapılan toprak kaynaklı ısı pompası sistemleri ile konutların ısıtılması teorik olarak incelenmiştir. Yapılan çalışmalar göz önüne alınarak günümüz şartlarında ısıtma sektörünün geleceğini iki temel unsur belirleyecektir. Birincisi klasik enerji kaynaklarındaki azalma ve buna bağlı olarak bu enerji kaynaklarının fiyatının artmasıdır. Bu nedenle de enerji maliyetlerinin ısıtma sistemlerinin seçimini ve kullanımını etkileyen en önemli parametrelerden biri olduğu söylenebilir. Bir başka deyişle enerji maliyetlerindeki artış daha verimli cihaz ve sistemlerin kullanılması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. İkincisi fosil yakıtların kullanılması sonucu ortaya çıkan çevre kirliliği ve küresel ısınma, insan sağlığını ve doğayı tehdit etmektedir. Mevcut çalışmalar göstermektedir ki; toprak kaynaklı ısı pompası sistemi uygulamaları iyi bir yenilenebilir enerji kaynağı olmasından dolayı ülkemiz ekonomisine katkı sağlayacaktır. Ayrıca yaşadığımız çevreye minimum zarar verecektir. Bu sebeplerden, toprak kaynaklı ısı pompalarının geliştirilmesi ve daha yaygın kullanılması enerji verimliliği ve tasarrufu açısından önerilmektedir.

Anahtar kelimeler : Isı Pompası, toprak-kaynaklı,

Abstract

In this study, ground-source heat pump systems for buildings heating in Turkey’s different regions were theoretically investigated. As we consider the recent studies, two basic fact will design the heating sector. First one is the reduction of classic energy sources and depending on this, increasing the price of this energy sources. For this reason, cost of energy is the most important parameter for the selection and usage of heating systems. In other words, increase in cost of energy forces us to use more efficient devices and systems. Secondly, usage of fossil fuel reveals pollution, global warming and it threatens human health’s and environment. Current studies shows us that application of ground source heat pump systems, as a good renewable energy sources, will contribute our countries economy. Also it will give minimum harm to the environment. Because of all these reasons, for energy efficiency and energy saving, usage and development of ground source heat pump systems are suggested.

Key words : Heat pump, ground-source

1. Giriş

Dünyadaki nüfus artışı ve endüstrileşme sürecine bağlı olarak meydana gelen enerjideki hızlı talep artışı, beraberinde insanların yaşamlarını bazı yönden olumsuz etkileyen sorunların gündeme gelmesine neden olmuştur [1]. Enerjideki hızlı talep artışı sonucu klasik enerji kaynakları olarak adlandırılan fosil yakıtlar hızla tükenmektedir [2]. Dünyanın sahip olduğu petrol, kömür ve doğal gaz gibi fosil yakıtların özellikle 20. yüzyılda yoğun bir şekilde kullanılmasıyla ozon tabakasının incelmeye başlaması, asit yağmurları, küresel ısınma gibi etkiler, dünyayı belki de geriye dönüşü zor bir çevre kirliliğiyle karşı karşıya bırakmıştır [3]. Buna bağlı olarak bu enerji kaynaklarının fiyatının gittikçe artması sonucu, ucuz ve çevreyi koruyan yeni enerji kaynaklarının verimlerini artırmaya yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Dünya enerji tüketiminin önemli bir kısmı, konut ısıtma ve soğutmasından kaynaklanmaktadır [4]. Gelişmekte olan ülkemizde enerji tüketimi gün geçtikçe artmaktadır. Türkiye’de tüketilen toplam enerjinin dağılımı incelendiğinde; %42,4’ü ısıtmada, %36,2’si sanayide, %15,4 ’ü ulaşımda ve %6’sı da tarımda kullanılmaktadır [5-6]. Bu değerlere göre tüketilen enerjinin neredeyse yarısının ısıtma için kullanıldığı görülmektedir [7].

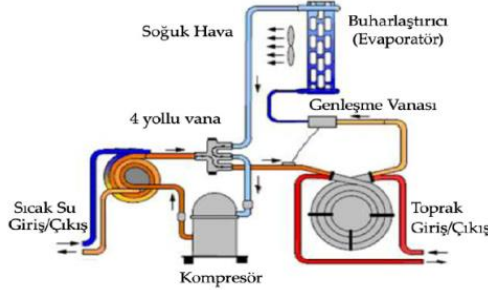
Dünyanın giderek artan enerji ihtiyacını çevreyi kirletmeden ve sürdürülebilir olarak sağlayabilecek alternatif enerji teknolojilerinin kullanım alanlarının artırılması gerekmektedir. Isı pompaları da, enerjideki talep artışı ve fosil yakıtların çevreye verdiği zararlar nedeniyle günümüzde kullanımı günden güne artan bir sistemdir. Isı pompaları genel anlamda ısıyı üretmek yerine taşımayı amaçlayan bir sistemdir. Isı pompaları yüksek kullanım verimlerinden dolayı, klasik ısıtma ve soğutma sistemlerine kıyasla birçok uygulamada tercih edilmekte ve yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [8-9-10-11-12]. Endüstride birçok uygulamalarının olmasına ve atık ısıyı kullanarak enerji ekonomisine katkı sağlamalarına rağmen, ısı pompalarının uygulamaya başlanmasındaki eksiklikler devam etmektedir. Bir ısı pompasının teknik ve ekonomik performansı, kullanılan ısı kaynağının karakteristikleriyle yakından ilgilidir. Isı kaynağı seçimi yapılırken coğrafik durum, iklim şartları, ilk maliyet ve uygunluk faktörleri dikkate alınmalıdır.

Tercih edilen ısı pompası uygulamalarından birisi de toprak kaynaklı ısı pompası sistemleridir. Genellikle konutsal binaların, villaların ısıtılması ve soğutulmasında kullanılmaktadır. Yıl boyunca toprak sıcaklığının hemen hemen sabit olması, bu tip ısı pompalarının kullanımını ekonomik ve çevresel açılarından cazip kılmaktadır. Bu ısı pompalarında toprak, ısıtma için ısı kaynağı ve soğutma için de ısı kuyusu olarak kullanılır. Toprak Kaynaklı Isı Pompası (TKIP) sistemleri, ısıyı kışın topraktan binaya, yazın ise binadan toprağa transfer edilir. Isı pompalarının büyük çoğunluğu buhar sıkıştırımlı çevrim prensibine göre çalışır. Buhar sıkıştırımlı soğutma sistemin temel elemanları; kompresör, yoğunlaştırıcı (kondenser), genleşme valfi veya kılcal boru ve buharlaştırıcı (evaporatör) dir [3-13]. Toprak kaynaklı bir ısı pompası 1 kWh elektrik enerjisi ile yaklaşık 4 kWh ısı enerjisi üretmektedir [14].

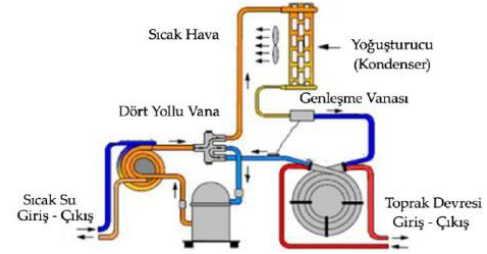
2. Toprak Kaynaklı Isı Pompasının Çalışması

Toprak kaynaklı ısı pompası direk genleşmeli evaporatör ve fanı, kompresör, elektrik panosu, hava filtresi ve su soğutmalı (kondenser) serpantinden oluşmaktadır [14].

TKIP bir ortamı soğutmak için çalıştırılması durumunda, kondenserde toprak veya su kaynağı tarafından ısıtılmış olan soğutucu akışkan, kısılma vanasından geçerek basıncı düşürülür ve evaporatöre gönderilir. Evaporatör üzerinden bir fan veya pompa yardımıyla geçirilen hava veya su soğutulur. Soğutulmuş hava direk olarak veya mahalle kanalları vasıtasıyla gönderilir. Soğutulmuş olan akışkan hava değil su ise bir hava bir klima santraline veya mahal içerisindeki bir fancoil ünitesine gönderilerek soğutma işlemi gerçekleştirilir. Evaporatör içerisindeki gaz kompresör vasıtasıyla tekrar emilir, basıncı ve sıcaklığı artırılarak tekrar kondensere gönderilir (Şekil 1a).



Şekil 1a. TKIP soğutma amaçlı çalıştırılması.



Şekil 1b. TKIP ısıtma amaçlı çalıştırılması.

Isıtma amaçlı kullanımda ise TKIP cihazında ki bir dört yollu soğutucu gaz vanası ile kondenser ile evaporatörün yerleri (görevleri) değiştirilerek işlem gerçekleştirilir. Örneğin soğutma uygulamasında kondenser ısıtma amaçlı kullanılırken ısıtma uygulamasında evaporatör görevi üstlenir. Bununla birlikte kaynaktan gelen su bu durumda ısıtılmayıp yaklaşık 5°C soğutulmuş olarak geri gönderilir (Şekil 1b) [14].

3. Toprak Kaynaklı Isı Pompası Çalışmaları

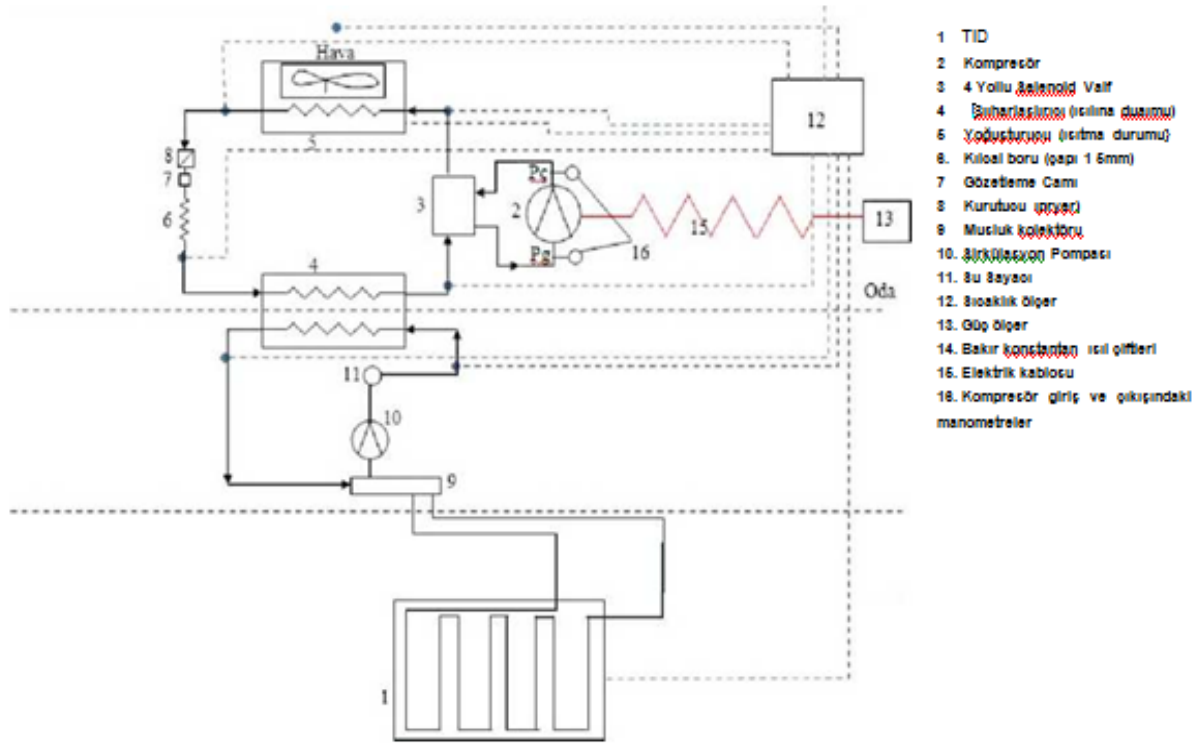
Ülkemizde son yıllarda toprak kaynaklı ısı pompası sistemleri ile konutların ısıtılmasıyla ilgili yapılan bilimsel çalışmalar, deneysel ve teorik çalışmalar olmak üzere iki bölümde incelenmiştir.

3.1. Deneysel çalışma

Aslıhan B, ve ark, yaptıkları çalışmada, Toprak Kaynaklı Isı Pompası Destekli Duvardan Isıtma Sistemi, çalışmasını incelemişlerdir. Dikey tip toprak kaynaklı ısı pompası (DTKIP) sistemi kullanılarak elde edilen enerjinin duvardan ısıtma sisteminde kullanılmışlardır. Bu amaçla Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa Kampüsü'nde kurulu bulunan Yıldız Yenilenebilir Enerji Evi'nde mevcut DTKIP ve duvardan ısıtma sistemlerinin verileri kullanılmıştır. Isıtma sistemi verileri saniye bazında veriler olarak analiz yapmışlardır. Isıtma sezonu için performans değerini 3,30 olarak hesaplamışlardır [15]. Deneyler sonucunda, 2010 yılının Ocak, Şubat ve Mart aylarında birçok veri alınarak sistem performansı (COPH) hesaplamaları yapmışlardır. Yapılan hesaplamalar ışığında, duvardan ısıtma sistemi, uygulamasının son derece basit olduğu, aynı zamanda yatırım ve işletme maliyetlerinin azaltılması ve ısı konforunun artırılması gibi önemli avantajlar göz önünde bulundurulduğunda, önümüzdeki dönemlerde kullanımının artacağı kanısına varılmıştır. Sistem soğutma / serinletme amacı için de kullanılabilirdiği gibi alternatif

enerji kaynaklarının da kullanımına son derece uygundur. Bu sistem henüz ülkemizde yaygın olarak kullanılmamaktadır. Ancak enerji kullanımı ve tasarrufu ile ilgili yasalar gereği düşük seviyede enerji tüketen sistemlere talebin artmasıyla birlikte yaygınlaşacağı düşünülmektedir.

Unal Ç, ve Erhan T, yaptıkları çalışmada, Bolu ve Çevresi İçin Toprak Kaynaklı Isı Pompası (TKIP) Sistem Analizi: Ekonomik Yaklaşımla, çalışmasını incelemiştir. Isı pompası fakültenin Makine Mühendisliği bölümüne ait laboratuvardaki bir alana kurmuşlardır. Söz konusu bölümün döşeme ve tavan yapısının aynı cins malzemeden meydana geldiği kabul edilmiştir. Bölümün ısıtma yükü TS 2164 Kalorifer Tesisatı Projelendirme Kurallarına göre yapılmıştır. Bölümün ısıtma yükü 2,16 kW olarak elde edilmiştir. Soğutma yükü ise 2,7 kW olarak hesaplanmıştır. Proje kapsamında kurulacak sistemin ısıtma ve soğutma durumu için tesisat şemaları Şekil.2’de verilmiştir [16].



Şekil 2. Isıtma Durumu

Isı pompasının ülkemizde yaygınlaşmamasının önemli nedenlerinden biri maliyetlerin yüksek olmasıdır. Isı pompaları kullanılarak üretilen ısının birim maliyeti yatırım fiyatı, işletme maliyetinden ortalama 2 \$ /kWh düşük olduğu görülmektedir. İşletme maliyeti açısından bakıldığında bu değer fueloil yakıt ile üretilen ısının maliyetine aynı olduğu, dizel kullanılarak üretilen ısının maliyetinden düşük olduğu, ancak doğal gaz ve jeotermal esaslı kaynaklardan üretilen ısının maliyetinden [17] de yüksek olduğu görülmektedir. Isı pompası sistemlerinde en önemli gider elektrik enerjisi olmaktadır. Bu durumda Isı pompasına sağlanan elektriğin daha düşük fiyattan sunulması ve düşük faizli kredi olanakları bu sistemlerin yaygınlaşması noktasında faydalı olabilecektir. Ayrıca ısı pompalarının kullandığı elektrik enerjisinin termik santralinden

sağlanması durumunda çevre ile olan ilişkisinin [18] değerlendirilmesi gerektiği de vurgulanmıştır.

Pulat E, ve ark, yaptıkları çalışmada, Türkiye'nin ılıman iklim koşullarında kullanılan yatay toprak kaynaklı ısı pompasının performansını deneysel olarak incelemişlerdir. Bursa'da Aralık 2004 ve Mart 2005 ayları arasındaki ısıtma sezonu için laboratuvar ortamında testler yapmışlardır. Sistemin (COPS) ve ısı pompası (COP_P) performans katsayılarını sırasıyla 2,46-2,58 ve 4,03-4,18 arasında bulmuşlardır. Yapılan deneysel incelemeler sonucunda yatay toprak kaynaklı ısı pompası sistemi, kullanılan diğer ısıtma sistemleri ile ekonomik açıdan karşılaştırması yapmışlardır. Bunun sonucunda yatay toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerinin maliyetlerinin yıllar içerisinde diğer ısıtma sistemlerinin maliyetlerinden daha düşük olacağı kanısına varmışlardır [19].

İnalı M, ve ark, yaptıkları çalışmada, Farklı yatay toprak ısı değiştirici TID derinliğinde (1 ve 2 m), su-antrifiriz karışımının debisinin TKIP sisteminin performansı üstündeki etkisini deneysel incelemişlerdir. Yatay TID'li TKIP sistemi test odasını , Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi içerisinde (16,24 m² taban alanlı) ısıtma amacıyla kurmuşlardır. Odanın ısıtma yükünü 2.55 kW olarak hesaplamışlardır. Isıtma sistemi 2002 yılı Ekim ayında kurmuşlardır ve uzun bir süre performans değerlendirmesi yapmışlardır. Yaptıkları çalışmada deneysel sonuçları, 2002-2003 Kasım-Mart ayları ısıtma sezonunda elde etmişlerdir. Sistemin aylık ortalama performans değerlerini (COP_{SIS}) sırasıyla TID (1) ve TID (2) için 2,68 ve 2,82 olarak hesaplamışlardır [20].

Esen H, ve ark, yaptıkları çalışmada, Yatay toprak kaynaklı bir ısı pompası sisteminin Elazığ ili şartlarında performans deneyleri ve ekonomik analizlerini yapmışlardır. Yatay toprak kaynaklı ısı pompası sistemi elektrik, fuel-oil, sıvı petrol gazı, kömür, petrol ve doğalgaz gibi bilinen ve ısıtma sistemlerinde kullanılan yakıtlar ile karşılaştırmalarını yapmışlardır. Sonuçta ise, yatay toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin karşılaştırması yapılan ilk beş yakıttan (elektrik, fuel-oil, sıvı petrol gazı, kömür, petrol) ekonomik olarak daha avantajlı olduğu, fakat doğalgazlı bir ısıtma sistemi için kurulum maliyeti yüksek olduğundan ekonomik açıdan alternatif olmadığı düşünülmektedir [21].

Bakırcı K, yaptıkları çalışmada, Türkiye'nin soğuk iklim bölgesinde bulunan Erzurum da dikey tip toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin deneysel performansını incelemiştir. Deneyleri, Ekim ve Mayıs aylarının 2008-2009 ısıtma sezonunda yapmıştır. Ortalama ısı pompası performansı katsayısını (COP_P) ve sistemin performans (COP_S) katsayısını yaklaşık olarak 3,0 ve 2,6 olarak bulmuştur [22]. Bulunan performans katsayıları ışığında, dikey tip toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerinin Türkiye'nin soğuk iklim bölgelerindeki konut ısıtılmasında kullanılabileceğini göstermektedir.

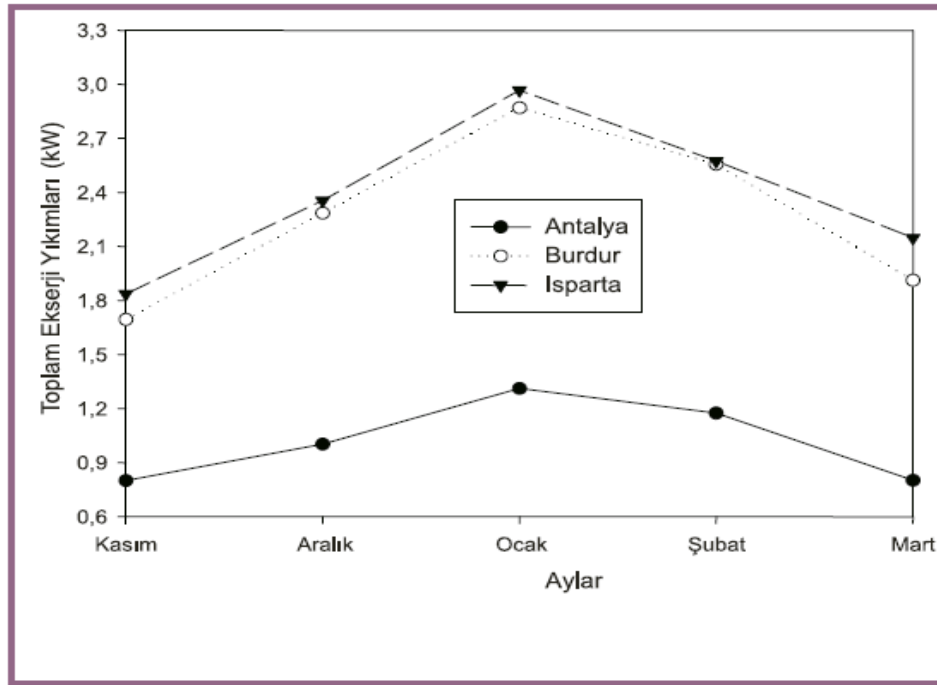
Bakırcı K, ve Çolak D, yaptıkları çalışmada, Ülkemizin soğuk iklim bölgesinde bulunan Erzurum ilinde aşırı kızdırma ve aşırı soğutma ısı değiştiricilerinin kullanıldığı, toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin performansına olan etkilerini incelemişlerdir. Yapılan çalışmada, Erzurum ilinde yer alan 480 m² alana sahip örnek bir binanın ısıtılmasını amaçlamışlardır. Bunun içinde dikey toprak kaynaklı biri ısı pompası tasarlamışlardır. TS 825'e (Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Yönetmeliği'ne) göre binanın toplam ısı transfer katsayılarını hesaplamışlardır. Böylelikle

binanın toplam ısı kaybını bulmuşlardır ve ısıtma çalışma faktörünü de hesaplamasını yaptıktan sonra, sondaj uzunluğunu ve maliyetleri hesaplamışlardır. Ayrıca deneysel sonuçları, 2010 yılının Ocak ve Şubat aylarında almışlardır. Çalışmanın sonunda örnek binanın ısıtılmasında, ısı pompası ve mevcut sistemlerin kullanılması halinde karşılaştırmalı ekonomik analizin yapılması ile sonuçlandırmışlardır [23].

Özyurt Ö, ve Ekinci D.A, yaptıkları çalışmada, Türkiye'nin soğuk iklim bölgesinde, toprak kaynaklı ısı pompasının performansının hesaplanabilmesi için deneysel çalışma yapmışlardır. Atatürk Üniversitesi kampüsünde yer alan enerji laboratuvarında sistemi kurmuşlardır. Çalışmanın deneysel verilerini 2007 yılının ısıtma sezonu olan Ocak ve Mayıs ayları arasında laboratuvar koşulları altında yapmışlardır. Bulunan veriler doğrultusunda ısı pompası performans katsayıları (COP_T) 2,43-3,55 ve sistemin performans katsayısı (COP_S) 2,07-3,04 arasında değiştiğini bulmuşlardır [24]. Yapılan çalışma doğrultusunda, toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin soğuk iklim bölgelerinde uygulanabilir olduğu sistemin performans değerlerinden rahatlıkla anlaşılabilir.

3.2. Teorik çalışma

Murat Ö. ve ark, yaptıkları çalışmada, Batı Akdeniz Bölgesinde Toprak Kaynaklı Isı Pompası Sistemini teorik olarak termodinamiksel açıdan incelemiştir. Isı pompası bileşenleri olarak kompresör, kondenser, kısma vanası ve evaporatör de çalışma akışkanı olarak R134a, tank ve pompa alt sistemlerinde suyun çalışma akışkanı kullanıldığı kabul edilmiştir. Batı Akdeniz Bölgesinde yer alan Antalya, Burdur ve Isparta illerinde olduğu kabul edilen aynı özelliklere sahip ofis binasının, Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, Mart için gerekli olan ısı ihtiyacının karşılanmasında ısı pompası sisteminin kullanılmışlardır. Ayrıca teorik olarak ısı pompasının termodinamiksel analizi yapmışlardır. Şekil 3'de teorik ısı pompası sisteminin Antalya, Burdur ve Isparta için inceleme yapılan aylardaki toplam ekserji yıkım değerleri verilmiştir. Yapılan çalışma ışığında, ısı pompası sisteminin ekserji yıkım oranının en düşük Antalya'da ve en yüksek olarak ise Isparta'da olduğu görülmüştür. Her üç ilde ekserji yıkım oranları en yüksek Ocak ayında, en düşük ekserji yıkım oranına ise Kasım ayında ulaşıldığı görülmüştür. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, yenilenebilir enerji teknolojilerinin bu alanında çalışan araştırmacılara, sürdürülebilir toprak kaynaklı ısı pompası teknolojisinin geliştirilmesi için yararlı olacağı görüşüne varılmıştır [25].



Şekil 3. Teorik Isı Pompası Sisteminin Batı Akdeniz Bölgesi İçin Toplam Enerji Yıkımları şekil yazı harf büyüklükleri uygun mu birde şekillerin çözünürlüğü çok düşük

Tuncay Y, Şaban D, yaptıkları çalışmada, Isı Pompası Sistemleri ve Toprak Kaynaklı Bir Isı Pompasının Bir Villaya Uygulanması adlı çalışmalarında, villada ısıtma ve sıcak su için uygulanabilecek ısı pompası tipleri, karşılaştırmaları yapmışlardır. Bununla birlikte villa için örnek bir toprak kaynaklı ısı pompası uygulaması hazırlamışlardır. Toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerinin doğalgazın olmadığı bölgelerde kullanımının ekonomik olduğu vurgulanmıştır. İstanbul Riva bölgesinde 360 m² alana sahip bir villanın ısıtma ve sıcak su ihtiyacı yıllık gideri TKIP ile 1000 YTL olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca aynı konut yoğunlaşmalı bir kazan ve diğer yakıtlarla ısıtıldığında yıllık gideri doğalgaz kullanıldığında yaklaşık 1450 YTL ve Propan'da 4960 YTL olacaktır. Hesaplanan yakıt değerleri düşünüldüğünde, Ülkemizde artan çevre bilinci, fosil yakıtlardan bağımsız kalma isteği ve ekonomik işletme ısı pompasının kullanımı için motivasyon kaynağı olacağı belirtilmiştir [26].

Şule A, ve ark, yaptıkları çalışmada, Toprak Destekli Isı Pompasının Bartın İlinde Kullanılabilirliğinin Teorik Olarak İncelenmesi adlı çalışmalarında; Bartın ilinde 200 m²'lik bir villada, R407C soğutucu akışkan kullanılan toprak destekli ısı pompasının boru uzunluğu bulunmuş ve ısı pompası ile ısıtma işleminin maliyetinin hesaplaması yapılmıştır. Hesaplanan ısıtma maliyeti, ısıtma sisteminde yakıt olarak fuel-oil kullanılması durumundaki ısıtma maliyeti ile teorik olarak karşılaştırılmasına bakılmıştır [27].

Yapılan çalışmalar ışığında kurulan sistemin; Isı taşıyıcı akışkan olarak R407c soğutucu akışkan kullanılarak ısı pompasının elemanlarının kapasiteleri ve toprağa gömülü ısı değiştirici boru uzunluğu teorik olarak hesaplanmıştır. Isı pompası sisteminin kendini amorti etme süresi 5,7 yıl olarak bulunmuştur [27].

4. Sonuç

Türkiye'nin değişik iklim bölgelerinde yapılan Toprak Kaynaklı Isı Pompaları(TKIP) sistemlerinin makalelerinin incelenerek, çalışmalar hakkında günümüz teknolojik şartlar göz önünde bulundurularak iyileştirici düşünceler ortaya koymaktır. Yapılan çalışmalar ışığında TKIP'larının ekserji hesaplamaları, enerji tasarrufu ve ekonomik analiz ve değişik kullanım yerleri (labotatuvar, sera, bina, okul, v.b) üzerinde işlemler yapılmıştır. Bu incelemelere göre TKIP, ekserji hesaplamaları, enerji verimliliği ve ekonomik analiz hesaplamaları yapıldığında Türkiye'nin değişik bölgelerinde rahatlıkla kullanılabileceği belirlenmiştir.

Özellikle günümüzde Enerji Bakanlığı tarafından yürütülen ENVER(enerji verimliliği) projesi kapsamında, TKIP'larının yenilenebilir enerji kaynağı olarak rahatlıkla kullanılması düşünülebilir. Fakat TKIP ilk kurulum maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle ülkemizde yaygın olarak kullanılmadığı görülmektedir. İncelenen makalelerde de bu duruma vurgu yapıldığı görülmektedir. Bundan dolayı Türkiye de özellikle konutların ve sanayi kuruluşlarının ısıtılmasında yakıt olarak dışa bağımlı olduğumuz düşünüldüğünde, ilk kurulum maliyeti yüksek olsa bile ilerleyen yıllarda kendini finanse edecek ve ülke ekonomisine katkı sağlayacaktır. Bundan dolayı yenilenebilir enerji kaynağı olan TKIP'nin Enerji Bakanlığı ve ilgili kuruluşlar tarafından daha çok desteklenmesi ve teşvik edilmesi gerekmektedir. TKIP gerekli desteği gördüğü ve aynı zamanda güneş ve hava gibi sonsuz kaynaklarla da desteklendiği zaman yakıt olarak dışa bağımlılığımızı azaltmış olacağı gibi ülke ekonomisine de etkin bir katkı sağlayacaktır. Ayrıca çevre dostu bir ısıtma kaynağı olduğundan küresel ısınma yaşadığımız günümüzde çevreye vereceğimiz zararı da minimum seviyeye indirmiş olacağımızın unutulmaması gerekmektedir.

Kaynakçalar

[1].Oğuz Y., Kırmacı V., Bartın İlinde Kullanılan Isıtma Sistemlerinin Ekonomik ve Çevresel Etkilerinin İncelenmesi, Bartın Üniversitesi Mühendislik ve Teknoloji Bilimleri Dergisi 2015: 3 (1): 5-15.

[2].Ersöz, İ. Toprak Kaynaklı Isı Pompası İle Bir Hacmin Soğutulması, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü 2000.

[3] Öztürk, M.. Hidrojen Üretim Metotlarının İncelenmesi, SDÜ, FenBilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi 2009.

[4] Çomaklı K., Çakır B ve Efe Ş (2011) Farklı bina tipleri ve yakıtlar için merkezi ısıtma sistemlerinin maliyet analizi, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 13/16 Nisan 2011.

[5] Karlı, S., Kaya, M., Erdoğan, S. ve Çomaklı, Ö.. Erzurum İlinde Jeotermal Kaynaklı Isı Pompalarının Kullanımı, ULIBTK'07 16. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kong 2007, 30 Mayıs-2 Haziran, Kayseri: S. 745-752.

- [6] Özyurt, Ö., Bakırcı, K., Ekinçi, D. A., Çomaklı, K..Erzurum'da Toprak Kaynaklı Isı Pompasının Deneyselİncelenmesi, ULIBTK'0716. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kong 2007: 30 Mayıs-2 Haziran Kayseri: S. 847-853.
- [7] Çamdalı, Ü. Tunçel, E.. Bolu ve çevresi için toprak kaynaklı ısı pompası (TKIP) sistem analizi: ekonomik yaklaşım,Mühendis ve Makine 2010: Cilt:51: Sayı : 604.
- [8] Hanova, J., Dowlatabadi, H.. StrategicGH Greduction Through the Use of Ground Source Heat Pump Technology. Environmental Research Letters 2007: 2 (4): paper044001.
- [9] Spitler, J.D.. Ground-source Heat Pump System Research-past, Present, And Future. International of HVAC&R 2005: 11, p. 165-167.
- [10] Halozan, H. Ground-Source Heat Pumps and Buildings,” In: Proceedings of the 9th International IEA Heat Pump Conference, Zürich, Switzerland 2008: May 20-22.
- [11] Canadian GeoExchange Coalition,. Survey of Canadian Geoexchange Industry: 2004-2006,” GeoConneXion Magazine, December 2007: p. 10-13.
- [12] Canhoto, F. Reis, A.H., Miguel, A.F., Rosa, R.. Utilisation of Air-groundwater Exergy Potential For Improvement Of The Performance of Heat Pump Systems. International Journal of Exergy 3 2006: 1-15.
- [13] Dinçer, İ. Rosen, M.A.. Exergy, Energy, Environment and Sustainable Development, Elsevier 2007: 454p.
- [14].Şen. B, Form Endüstri A.Ş, Uygulama notu.
- [15] Başkal. A, Akbulut. U, Kıncay. O, Toprak Kaynaklı Isı Pompası Destekli Duvardan Isıtma Sistemi, Tesisat Mühendisliği 2012: Sayı 128:- Mart/Nisan: Sayfa 43-50.
- [16] Çamdalı, Ü. Tunçel, E. Bolu ve Çevresi İçin Toprak Kaynaklı Isı Pompası (TKIP) Sistem Analizi: Ekonomik Yaklaşımla,Mühendis ve Makine 2010: Cilt:51: Sayı 604 Sayfa: 46-55.
- [17] Çamdalı, Ü.Tunçel, E. Economic Analysis of Horizontal Ground Source Heat Pumps (GSHPs) for Use in Heating And Coolmg in Bolu, Turkey, Energy Sources, Part B (Kabul edildi).
- [18] Kılıkş, B.. Eneji Verimliliđinde Enejinin Niteliđi ve Niceliđi, 1. Ulusal Eneji Verimliliği Forumu 2009: 15-16 Ocak: İstanbul.
- [19] Pulat E, Çoşkun S, Ünlü K, Yamankaradeniz N, study of horizontal ground source heat pump performance for mild climate in Turkey Energy 2009: 34 (9): 1284-1295.

- [20] İnallı M, Esen H, Esen M, Experimental Thermal Performance Evalutaion of A Horizontal Ground Source Heat Pump System, Applied Thermal Engineering 2004: pp. 24,14-15: 2219-32.
- [21] Esen H, İnallı M, Esen M, Technoeconomic appraisal of a ground source heat pump system for a heating season in eastern Turkey, Energy Conversion and Management 2006: 47: 1281-1297.
- [22] Bakırcı K, Evaluation of the performance of a ground-source heat pump system with series GHE (ground heat exchanger) in cold time region. Energy 2010: 35 (7). 3088-3096.
- [23] Bakırcı K, Çolak D, Effect of a superheating and sub-cooling heat exchangerto the performance of a ground-source heat pump system. Energy 2012: 44 (1): 996-1004.
- [24] Özyurt O, Ekinci D.A, Experimental study of vertical a ground source heat pump system performance evalutaion for cold climate in Turkey, Applied Engineering 2011: 88 (4): 1257-1265.
- [25] Öztürk, M. Elbir, A. Yakut, A.K. Özek, N.Batı Akdeniz bölgesinde Toprak kaynaklı Isı Pompası Sisteminin Evsel Uygulamaları ve Performans Analizi, Mühendis ve Makine Cilt:53 Sayı : 626 Sayfa : 46-55.
- [26] Yoldaş, T. Durmaz, Ş. 2007 Isı Pompası Sistemleri ve Toprak Kaynaklı Bir Isı Pompasının Bir Villaya Uygulanması, Tesisat dergisi Eylül 2007: 141 nolu yayın.
- [27] Apaydın Ş, Cebeci İ, Kırmacı V, Toprak Destekli Isı Pompasının Bartın İlinde Kullanılabilirliğinin Teorik Olarak İncelenmesi, İkses 12 Ulusal İklimlendirme ve soğutma Eğitimi Sempozyumu, 13-15 Eylül Balıkesir 2012: Sayfa 128-138.