

BİNA ISITILMASINDA HAVALI GÜNEŞ KOLEKTÖRÜ DESTEKLİ ISI POMPASI KULLANIMI

Usage of Heat Pump Supported by Air Solar Collector in Building Heating

Onur Vahip GÜLER
Tolga URAL
Ali KEÇEBAŞ

ÖZET

Bu çalışmada, son yıllarda nüfus artışı ve teknolojinin yaygınlaşması ile birlikte birincil enerji tüketiminin artması yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgiyi arttırmıştır. Bunlar arasında güneş enerji kaynaklı sistemler büyük bir paya sahiptir. Bu çalışmada TÜBİTAK destekli proje kapsamında Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi teknoloji fakültesinin çatısında kurulan havalı güneş kolektörü destekli ısı pompası deney düzeneğinde ısı pompası performansı incelenmiştir. Dış hava sıcaklığının düşük olduğu günlerde havalı güneş kolektöründen çıkan sıcak havanın ısı pompasının evaporatörüne verilmesinin etkileri de incelenmiştir. Çalışmada deney setinden kaydedilen sıcaklık, basınç, debi ve elektrik tüketimi gibi parametreler ve termodinamik yöntem yardımıyla ısı pompası performansı deneysel ve teorik olarak değerlendirilmiştir. Böylece havalı güneş kolektörü destekli ısı pompası sisteminin deneysel ve sayısal olarak bina ısıtılması üzerindeki etkisi gösterilmiştir. Selektif Yüzeysel Güneş Kolektörünün ısı pompası sistemine eklenmesi ile ITK performans katsayısı %23,5 oranında arttığı görülmüştür. Çalışma, literatürde bulunan teorik çalışmalara oranla deneysel olması ve havalı güneş kolektörünün ısı pompası ile birlikte kullanımıyla bina ısıtmasında enerji tasarrufunun oluşumunu sağlayarak literatüre katkıda bulunulacaktır.

Anahtar Kelimeler: Isıtma, Havalı güneş kolektörü, Isı pompası, Enerji performansı

ABSTRACT

In this study, the increase in primary energy consumption with the increase of population and technology in recent years increased the interest in renewable energy resources. Among these, solar energy systems have a large share. In this study, heat pump performance is investigated in the heat pump test experimental set of the air solar collector supported by Muğla Sıtkı Koçman University Technology Faculty within the scope of the TÜBİTAK supported project. On the days when the outdoor air temperature was low, the effects of hot air from the air collector to the evaporator of the heat pump were investigated. The parameters such as temperature, pressure, flow and electricity consumption obtained from the experimental set, and with the help of thermodynamic method, heat pump performance were evaluated both experimentally and theoretically in the study. Thus, the effect of the air solar collector supported heat pump system on experimental and numerical building heating was shown. With the addition of Selective Surface Solar Collector to the heat pump system, the ITK performance coefficient increased by 23.5%. The study is experimental compared to the theoretical studies in the literature and the use of air solar collector with heat pump will contribute to the literature by providing energy saving in building heating.

Key Words: Heating, Air solar collector, Heat pump, Energy performance

1. GİRİŞ

Küresel ısınma, iklim değişikliği, hava kirliliği ve enerji kaynaklarının hızla tükenmesi günümüz araştırmacılarının bu problemlerin çözümüne ilişkin çalışması gerektiği ihtiyacını doğurmuştur. Tüm bu sorunların başlıca kaynağı olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının yeterince faydalı kullanılmaması gösterilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları doğrudan enerji sistemlerinin kullanılması şeklinde olabileceği gibi yardımcı sistemler ile de desteklenebilir. Bu doğrultuda güneş enerjisinden elektrik üretmek veya termal enerji üretmenin yanı sıra güneş kaynaklı ısıtıcılar enerji sistemlerine eklenerek bu sistemlerin verimliliklerinin artırılması sağlanabilmektedir.

Açıkgöz [1] çalışmasında bileşik enerji güç sisteminde güneş enerjisinin desteğini hesaplamıştır. Birinci durumda yalnızca ısı pompası ile binanın ısıtılması ve soğutulmasını sağlamış, ikinci durumda güneş esaslı toprak kaynaklı ısı pompası kullanmıştır ve bina kullanım suyunu 2 adet kolektör ile binanın ısıtılmasını ise ısı pompası ile sağlamıştır. Üçüncü seçenek olarak hem kullanım suyunu ısıtması hem de ısınmaya destek olması için ısı pompası sistemine 25 adet kolektör eklemiştir. Bu üç seçeneği karşılaştırmış, sonuç olarak konut ısıtmasında kolektör sayısının artması ve buna bağlı olarak ilk yatırım maliyetinin yükselmesinden dolayı güneş enerjisinin sadece kullanım suyu ısıtması için kullanılmasının daha uygun olduğu sonucuna varmıştır. Işık [2] çalışmasında güneş enerjisinden faydalanma yollarını inceleyerek bir konutun kullanma sıcak su ihtiyacının karşılanması ve kış konumunda güneş enerjisinden elde edilen sıcak su ile kalorifer kazanından yıllık tabanda sağlanabilecek enerji tasarrufunu araştırmıştır. Güneş kolektörlerinin kullanımıyla yıllık yakıt tasarrufunu bir yazılım yardımıyla 362,1 lt olarak bulmuştur. Sağlanan yakıt tasarrufu ile sistemin ilk kurulum maliyetinin 9 yılda karşılanacağını tespit etmiştir. Sancar ve Bulut [3] bir ortamın ısıtılmasında güneş enerjisi, toprak enerjisi ve atık ısıdan yararlanmışlardır. Kurdukları deney düzeneğinde dış ortamdan çekilen hava, toprak kaynaklı ısı değiştiricisinde ısıtıldıktan sonra reküperatörden geçirilerek atık gazın enerjisini çeker ve havalı güneş kolektörleriyle daha da ısıtılarak deney odasına verilir. Ocak-Mart 2014 tarihleri arasında yaptıkları ölçümlerle sistemin ITK değerinin 1,7 ile 6,7 arasında değiştiğini bulmuşlardır. Güneş enerjisinden yararlanılarak bir ortamın ısıtılmasında toprak-hava ısı değiştirici destekli, ısı geri kazanımı olan, havalı güneş kolektörlerinin Adıyaman iklim şartlarında alternatif ısıtma sistemi olabileceği ve iç ortam ısı konfor şartlarını sağlayabileceği sonucuna varmışlardır. Liang et al. [4] ısıtma sisteminin performansını geliştirmek için esnek çalışma modlarında güneş esaslı hava kaynaklı ısı pompasını matematiksel bir model yardımıyla Nanjing şehri için incelemişlerdir. Isıtma sezonunda güneşli bir günde güneş ışınım yoğunluğunun artmasıyla ve güneş kollektörü alanının artmasıyla ısı pompasının ITK değeri artmıştır. Güneş ışınım miktarının maksimum olduğu saat 13:00'te kolektör alanı 0 m²'den 20 m²'ye çıkarıldığında hava kaynaklı IP'nin veriminin %17 arttığı görülmüştür. Ve saat 08:00'den 17:00'ye kadar toplam verim %8,3 artmıştır. Bu sırada güneşli bir günde kolektör alanı 0 m²'den 40 m²'ye çıkarıldığında 10 kW ısıtma kapasitesindeki bir sistem %24'lük enerji tasarruf oranıyla 15,69 kWh'lik enerji tasarruf eder ve eşdeğer güç üretimi %11,8'dir. Hava kaynaklı IP'nin ITK değeri saat 08:00-17:00 arasında ortalama %11,22 artmıştır. Kışın tüm ısıtma sezonu boyunca kolektör alanı 0 m²'den 40 m²'ye çıkartıldığında %9,9 enerji tasarruf oranıyla 453,43 kWh enerji tasarruf edilir ve eşdeğer güç üretimi %5'tir.

Güneş esaslı hava kaynaklı IP'lerin sıcak su üretimi ve ev ısıtmasına ek olarak kurutma işleminde kullanıldığına dair çalışmalarda bulunmaktadır. Şevik [5] çalışmasında IP ile birlikte güneş kollektörünün kullanıldığı, ısıtma ve kurutma amaçlı sıcak hava üretim sistemini Ankara'da deneysel olarak incelemiştir. Kurutma işlemi için gıda olarak ithalatta önemli bir yeri olan mantar seçilerek bu ürünün kurutma deneylerinin ayrıntılı analizini yapmıştır. Kurutma işleminde deneyleri sadece IP, sadece GK ve GE-IP kullanarak yapmıştır. Sonuç olarak GE-IP PLC kontrollü sistemde ortalama ITK değerleri; sadece IP kullanıldığında 2,2, sadece güneş enerjisi kullanıldığında 3,5 ve bütün sistem devrede olduğunda 3,0 olarak hesaplamıştır. Deney sonuçlarına göre, GK verimini ortalama %49,33 olarak hesaplamışlardır. Aktaş ve Kara [6] çalışmalarında güneş enerjili ve IP kurutucuda kivi dilimlerinin kurutulmasını deneysel olarak incelemişlerdir. IP'nin ITK değeri ve tüm sistemin IP'sinin ITK değeri ortalama olarak sırasıyla 2,90 ve 2,27 olarak hesaplamıştır. Dalgalı kanatçıklı HGK'nin verimini %56,7 olarak hesaplamış ve uygun kurutma havası sıcaklığını 50 °C olarak belirlemiştir.

2011 yılında yapılan bir çalışmaya göre İzmir ilinde 120 m² alan için su kaynaklı kolektörleri ısı pompası sistemine entegre ederek su ısıtma amacı ile sistemin performansı deneysel olarak ölçülmüştür. Güneş kolektörlerin verimi yıllık ortalama %22 olarak bulunmuştur [7].

Yapılan çalışmada hava kaynaklı ısı pompası ve ısı kuleli bir ısı pompası sistemini simülasyon programı ile karşılaştırmışlardır. Bu sistem havanın ısı pompasına girmeden önce bir miktar ısıtılması prensibine dayanmaktadır. Isı kulesi kullanılan sistem standart havalı ısı pompası sistemine kıyasla enerji verimleri yaz döneminde ortalama %23,1 ve kış döneminde ortalama %7,4 artmıştır [8].

Yapılan çalışmada soğuk iklim şartlarında çift fazlı güneş enerji kolektörü kaynak olarak kullanılan bir ısı pompası sisteminin deneysel ve teorik olarak analizleri yapılmıştır. Çift fazlı güneş kolektöründe akışkan olarak R-11 ve ısı pompası sisteminde ise R-22 akışkanları kullanılmıştır. Gerçekleştirilen deney sonuçlarında standart havalı kolektör ile kıyaslandığında %24'lük bir artış sağlandığı tespit edilmiştir [9].

Bu çalışmada hava kaynaklı güneş kolektörü sistemi ısı pompası sistemine entegre edilerek evaporatöre giren havanın dış hava yerine kolektörden çıkan sıcak havanın girmesi sağlanarak sistem performans katsayısının artırılması ve her bir parametrede üretilen enerji miktarını bulmak amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Kararlı ve sürekli akış durumlarında kütleli debiler eşittir ve genel denklem aşağıda verilmiştir.

$$\sum \dot{m}_g = \sum \dot{m}_c \quad (1)$$

Enerji sistem sınırlarından ısı, iş ve kütle olmak üzere üç şekilde geçmektedir. Burada \dot{Q}_{net} net ısı giriş miktarını, \dot{W}_{net} net iş çıkış hızı, h spesifik entalpi olmak üzere genel enerji denklemi aşağıda verilmiştir.

$$\dot{Q} + \sum \dot{m}_g h_g = \dot{W} + \sum \dot{m}_c h_c \quad (2)$$

Enerji analizine dayanarak ısı pompası ve toplam ısı pompası sisteminin ısıtma tesir katsayıları (ITK veya COP) aşağıdaki gibi tanımlanabilir [10].

$$ITK_{IP} = \frac{\dot{Q}_{kond}}{\dot{W}_{komp}} \quad (3)$$

2.1. Deneylerde kullanılan Cihazlar

Güneş Kolektörü; Kullanılan ısı pompası sisteminin dış hava emiş hattında şekil 1'de verilen Selektif Yüzeysel Havalı Güneş Kolektörü kullanılmıştır. Bu durum dış havadan alınan ısının artırılmasına sebep olduğu için sisteme enerji girişi meydana gelmektedir.

Havali güneş kolektörlerinin verim formülü aşağıda gösterilmiştir.

$$\eta_{koll} = \frac{\dot{Q}_{koll,hava}}{\dot{Q}_{gim}} \quad (4)$$

Formülde kullanılan $\dot{Q}_{koll,hava}$ ve \dot{Q}_{gim} sırasıyla güneş kolektör yüzeyinden iş akışkanına (hava) transfer edilen toplam ısı miktarı ve kolektör alanındaki güneş ışınım miktarını ifade etmektedir.

Dolayısıyla $\dot{Q}_{koll,hava}$ toplam ısı miktarı ise aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$\dot{Q}_{koll,hava} = \dot{m}_{hava} C_{p,hava} (T_c - T_g) \quad (5)$$

Burada \dot{m}_{hava} ve $C_{p,hava}$ hava olarak iş akışkanın kütleli debisi ve özgül ısı kapasitesidir. $T_{g,koll}$ ve $T_{ç,koll}$ sırasıyla güneş kolektör giriş ve çıkışındaki hava sıcaklıklarıdır. \dot{Q}_{gim} ise güneş kolektörü yüzey alanına gelen güneş ışınım miktarıdır ve aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$\dot{Q}_{gim} = I (\tau\alpha) A_{koll} \quad (6)$$



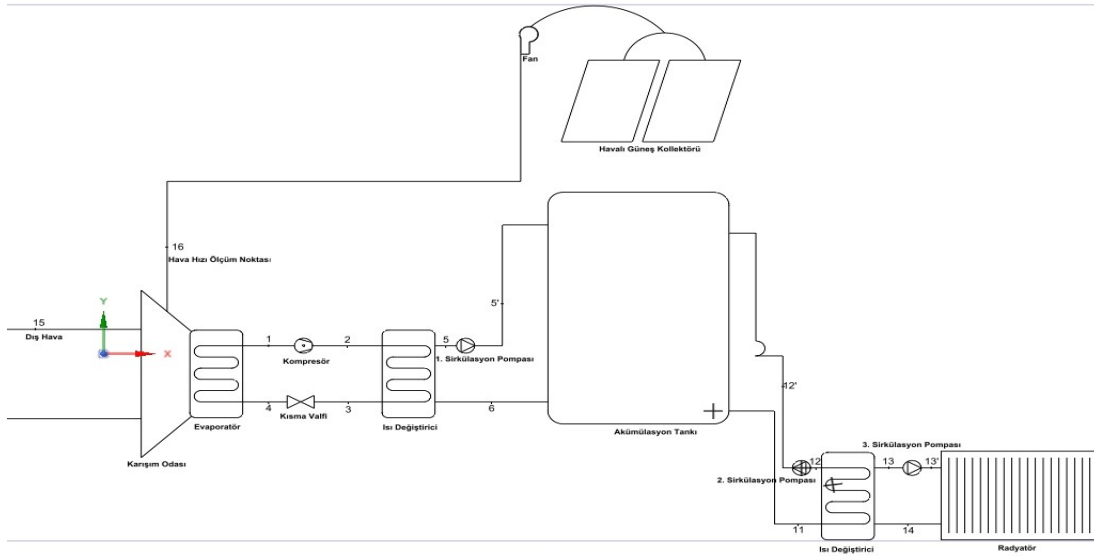
Şekil 1. Selektif Yüzeyle Havalı Güneş Kolektörü

Isı Pompası; Düşük sıcaklıktaki ortamlarda ısıtma yapabilmek için ısı pompası kullanılabilir. Isı pompası, basit olarak ısı enerjisini bir ortamdan diğer bir ortama taşıyan ve elektrikle beslenen bir sistemdir. Günümüzde birçok ısıtma sisteminde çoğunlukla kullanılmaktadır. Dolayısıyla bu sistemin performansının araştırılması gerekmektedir. Hava kaynaklı ısı pompasının her bir ekipmanının kütle ve enerji denge denklemleri verilen formüllerin her bir ekipmana uyarlanması ile hesaplanmıştır. Deney düzeneği Şekil 2’de verilmiştir. Aynı zamanda deney düzeneğinin anlaşılabilirliğini arttırmak amacıyla deney düzeneğinin şematik görünüşü şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 2. Isı Pompalı Isıtma Sistemi Deney Düzeneği

Akış şeması Şekil 4 ve Şekil 5'de gösterilen iki farklı sistem için de 2 farklı deney gerçekleştirilmiştir. 1. Deney Isı Pompasının kaynak olarak dış havanın kullanıldığı (Karışım odasında bulunan klape yardımı ile Havalı Güneş Kolektöründen gelen hava kesilerek, evaporatöre giren hava 15 numaralı dış havadan alınır) sistemdir. 2. Deney ise Sisteme Selektif Yüzeyle Havalı Güneş Kolektörü entegre edilerek (Karışım odasında bulunan klape yardımı ile dış hava kesilerek Havalı Güneş Kolektöründen gelen sıcak hava evaporatöre girer), evaporatöre giren havanın dış hava yerine kolektör içerisinden geçirilen sıcak havanın aktarılması sağlanarak sistem performansının artırılmasını amaçlanmıştır. Dış hava ve/veya Selektif Yüzeyle Havalı Güneş Kolektörlerinden fan yardımı ile karışım odasına aktarılan hava evaporatöre girerek döngü başlatılır. Isı pompasından alınan enerji Sirkülasyon Pompası yardımı ile Akümülayon Tankına gönderilmektedir. Akümülayon tankında gündüz depolanan enerji, 2. Bir ısı değiştiricisi yardımı ile gece kullanılmak üzere radyatörlere aktarılmaktadır. Deney düzeneğinde kolektörlerin ısı pompasına etkisine Selektif Yüzeyle Isı Pompası ve tüm sistem olan Akümülayon tankı ve Radyatörlerin eklendiği sistem ise Selektif Yüzeyle Isı Pompalı Isıtma Sistemi olarak adlandırılmaktadır.

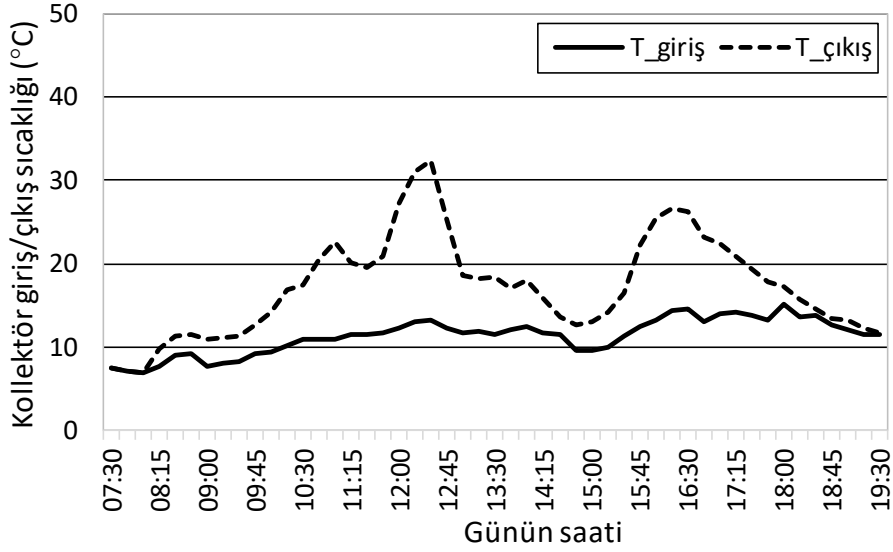


Şekil 5. Havalı Güneş Kolektör destekli ısı pompalı ısıtma sistemi deney düzeneği akış şeması

Şekil 5'de gösterilen akış şemasında belirtilen 1,2,3,4,5,6,11,12,13,14,15,16 noktalarından sıcaklıklar PT100 sıcaklık sensörü ile, 16 noktasında ise havanın debisi hava hız ölçer ile 10 saniye aralıklarla ölçülmüş ve veriler datalogger'a aktarılmıştır. Elde edilen veriler ve türetilen enerji denklemleri ees programına aktarılarak deneysel ve teorik olarak incelenmiştir.

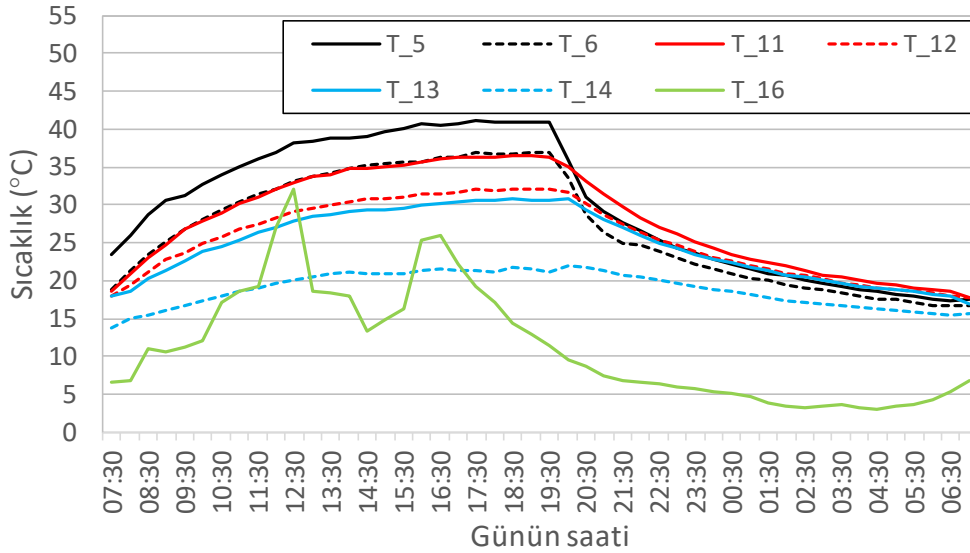
3. BULGULAR

Selektif Yüzeyle havalı güneş kolektörü için hava giriş ve çıkış sıcaklık değerleri şekil 6'da gösterilmektedir. Selektif Yüzeyle Havalı Kolektörün çıkış hava sıcaklıklarındaki dalgalanmalar yarım açık günler (bulut geçişi ve yağmur) olması sebebiyle oluşmuştur. Grafikte görülen ani düşüşler Selektif Yüzeyle Havalı Güneş Kolektörünün hava şartlarına hızlı reaksiyon gösterdiklerini ortaya koymaktadır.



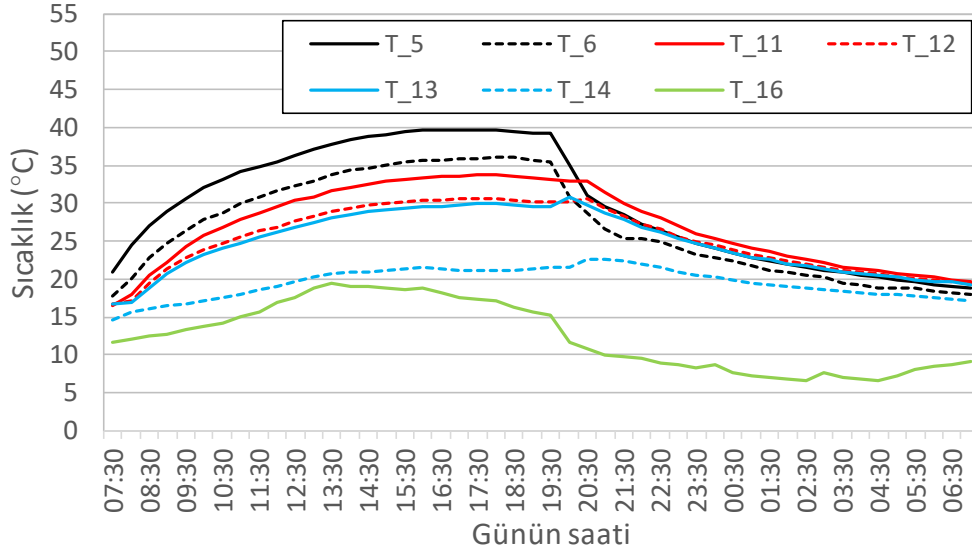
Şekil 6. Selektif yüzeyli havalı güneş kolektörü için hava giriş ve çıkış sıcaklık değerlerinin değişimi.

Selektif Yüzeyli Isı Pompalı Isıtma sisteminin her bir ekipmanına giriş ve çıkış sıcaklık değişimleri Şekil 7'de sunulmuştur. Selektif Yüzeyli Isı Pompalı Isıtma sisteminin radyatörlerdeki sıcaklık farkı, akümülayon tankı ve 2. ısı eşanjör ekipmanlarında olan sıcaklık farkından daha büyüktür. Bahsedilen fark değerleri günlük ortalama olarak sırasıyla 5,9 °C, 3,0 °C ve 2,5 °C'dir. 19:30 ile 07:29 saatleri arasında sıcaklık farkları sırasıyla 4,1 °C, 1,3 °C ve 1,2 °C olarak hesaplanmıştır. Karışım deposu'nun ortalama sıcaklığı ise günlük olarak 11,2 °C iken akşam ve gece sürelerindeki ortalama değeri 5,2 °C'dir.



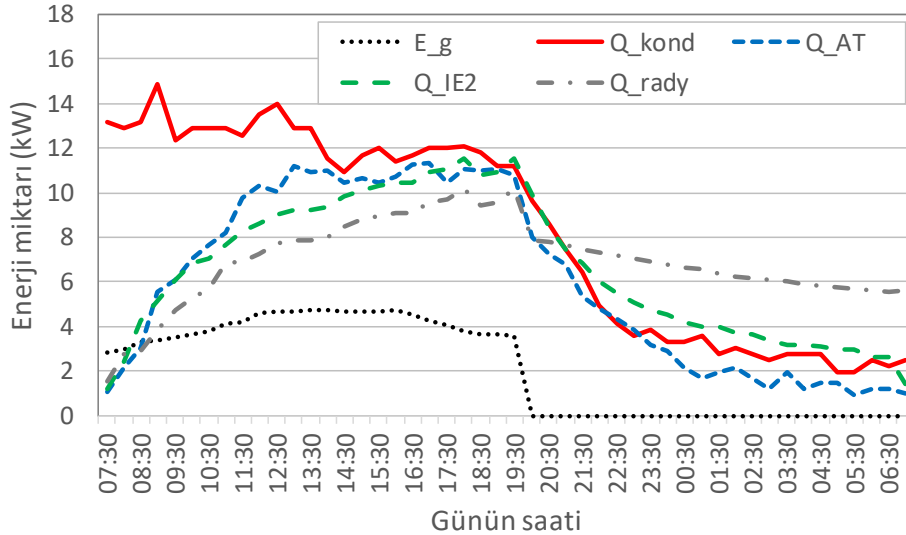
Şekil 7. Selektif Yüzeyli Isı Pompalı ısıtma sistemi üzerinden kaydedilen sıcaklıkların değişimi.

Isıtma sisteminde Selektif Yüzeyli Havalı Güneş Kolektörü ile karşılaştırma yapabilmek amacıyla standart Isı Pompalı ısıtma sisteminin her bir ekipmanının giriş ve çıkış sıcaklık değişimleri Şekil 8'de gösterilmiştir. Selektif Yüzeyli Isı Pompalı ısıtma sisteminin Standart Isı Pompalı ısıtma sistemi ile karşılaştırıldığında Radyatör, Isı Değiştiricisi, Akümülayon Tankında sıcaklık farklarının daha yüksek olduğu görülmektedir.



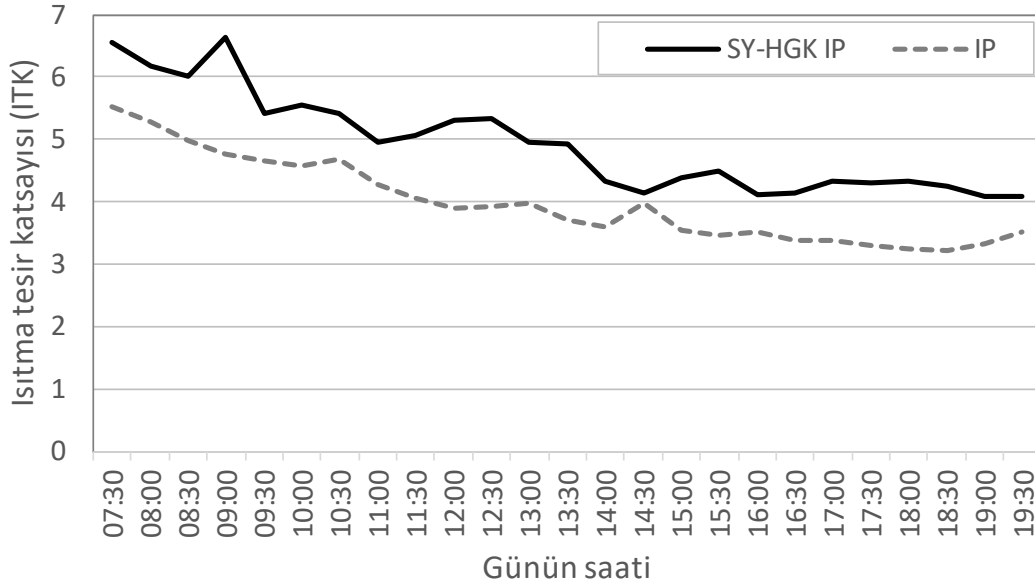
Şekil 8. Standart IP'li ısıtma sistemi üzerinden kaydedilen sıcaklıkların değişimi.

Şekil 9'de Selektif Yüzeysel Isı Pompalı ısıtma sisteminin her bir ekipmanında üretilen ısı miktarının gün içerisindeki değişimi verilmiştir. Selektif Yüzeysel Isı Pompalı ısıtma sistemine 07:30 ile 19:30 saatleri arasında 4,07 kW ve günlük ortalama 2,12 kW enerji girişi olmuştur. Bu enerji miktarı kullanılarak 07:30 ile 19:30 saatleri arasında ve günlük ortalama sırasıyla Isı Pompasının kondenserde 12,42 kW ve 8,33 kW, akümülyasyon tankında 8,93 kW ve 6,04 kW, 2. Isı değiştiricide 8,49 kW ve 6,58 kW ve radyatörlerde 7,29 kW ve 6,93 kW'lık ısı üretimi gerçekleşmiştir. Saat 19:30'dan sonraki süreçte IP kondenserde üretilen ısıda çok hızlı bir şekilde düşüş olmuş ve sonra yaklaşık 3,89 kW'lık sabit ısı miktarında kalmıştır. 19:30'dan sonra bina çatı arasındaki deney odasının ısıtılması amacıyla kullanılan radyatörlerde kullanılan ortalama ısı miktarı 6,53 kW'tır.



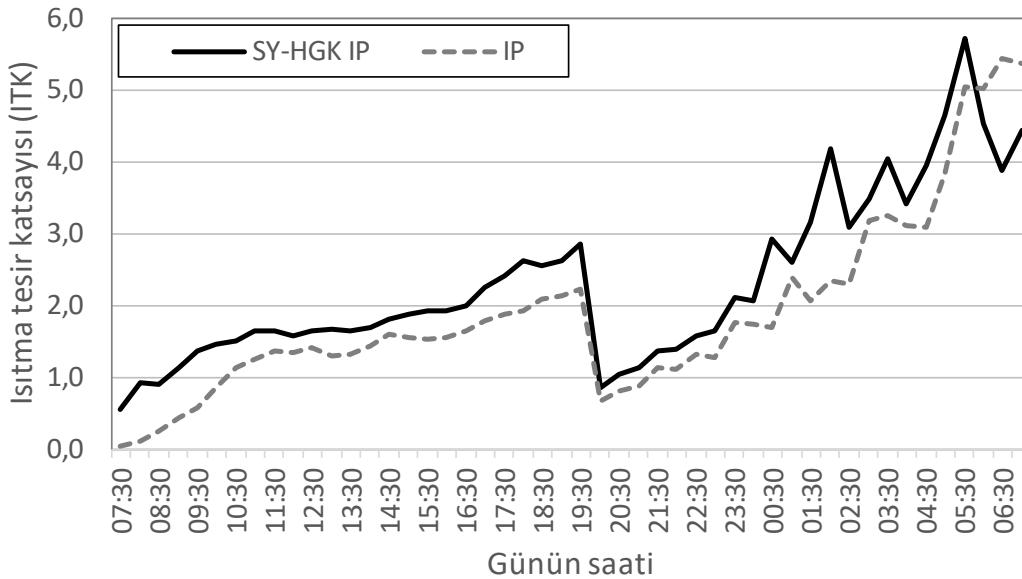
Şekil 9. 15 Mart 2018 tarihinde işletilen Selektif Yüzeysel Isı Pompalı ısıtma sistemi ekipmanlarının enerji üretim miktarlarının değişimi.

Şekil 10'da Selektif Yüzeysel Isı Pompalı ve Standart Isı Pompalı sistemin ısıtma tesir katsayılarının(ITK) günlük değişimi gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi Selektif Yüzeysel Isı Pompasının Standart Isı Pompasına kıyasla daha yüksek ITK değerine sahip olduğu gösterilmiştir. Selektif Yüzeysel Isı Pompasının ortalama ITK değeri 4,93 ve Standart Isı Pompasının ITK değeri ise 3,99'dur.



Şekil 10. Selektif Yüzeyle Isı Pompası ve Standart Isı Pompasının ısıtma tesir katsayısının değişimi.

Şekil 11'da Selektif Yüzeyle Isı Pompalı ve standart Isı Pompalı ısıtma sistemlerinin ısıtma tesir katsayılarının (ITK) günlük değişimi gösterilmiştir. Tüm gün boyunca Selektif Yüzeyle Isı Pompalı ısıtma sisteminin ITK'sı Standart Isı Pompalı ısıtma sistemine göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Selektif Yüzeyle Isı Pompalı ve standart Isı Pompalı ısıtma sistemlerinin ITK değerleri günlük ortalama olarak sırasıyla 2,32 ve 1,90 olarak belirlenmiştir. 19:30'da Isı Pompası çalışmadığı için ITK değeri 1'in altına düşmüş ve performans değerlendirmesi yapabilmek için ısıtma sistemine giren enerji miktarını akümülyasyon tankından sağlandığı düşünülmüştür. Bu değerler, 19:30'dan sonraki süreler için ısıtma sistemlerinin ITK ortalama değerleri sırasıyla 2,92 ve 2,55 olarak hesaplanmıştır. Isıtma sisteminin ITK değerleri karşılaştırıldığında Selektif Yüzeyle Isı Pompalı ısıtma sisteminin ITK değeri diğerlerinden yüksek olduğu için daha verimli bir sistemdir.



Şekil 11. Selektif Yüzeyle Isı Pompalı ve standart Isı Pompalı ısıtma sistemlerinin ısıtma tesir katsayısının değişimi.

4. SONUÇ

Gerçekleştirilen çalışma kapsamında havalı güneş kolektör destekli ısı pompası sistem tasarımı yapılmış ve tasarlanan bu sistemin imalatı yapılmıştır. Böylece gerçek çalışma koşulları altında havalı kolektör destekli ısı pompası sisteminin ısıtma sistemi üzerine etkisi deneysel ve teorik olarak araştırılmıştır. Gerçekleştirilen bu çalışmalar doğrultusunda deney düzeneği üzerinden sıcaklık, basınç, debi ve elektriksel güç parametreleri toplanarak enerji analizi yapılmıştır. Bu doğrultuda havalı güneş kolektörlerin verimleri %53 olarak bulunmuştur. Havalı güneş kolektörü destekli ısı pompası sisteminin ITK değeri 4,93 olarak bulunmuştur. Ayrıca havalı güneş kolektörünün ısı pompası sisteminde kullanılmasının elektrik tüketiminde %4,3 lük bir azalma meydana getirdiği de belirtilmelidir. Tüm ısıtma sisteminin günlük ITK değerinin 2,32 olduğu ve ısı pompasının çalıştırılmadığı akşam saat 19:30'dan sonra sistem performansına bakıldığında ise ITK değerinin 2,92 olduğu hesaplanmıştır. Düşük çevre sıcaklıklarında havalı güneş kolektörü evaporatör sıcaklığının artırılmasını sağlayarak kompresörde tüketilen elektrik miktarını azaltmıştır. Sonuç olarak havalı güneş kolektörünün ısı pompası sistemine eklenmesi ile havalı güneş kolektörlü ısı pompası ve havalı güneş kolektörlü ısıtma sisteminin standart ısı pompasına kıyasla sırasıyla ITK performans katsayıları %23,5 ve %22 oranında arttığı görülmüştür.

TEŞEKKÜR

Deney setinin kurulmasında finansal desteklerinden dolayı Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kuruluna (TÜBİTAK) 116M978 numaralı projeye verdikleri destekten dolayı teşekkür ederiz. Ayrıca Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Birimine 18/016 numaralı Yüksek Lisans Tez Projesine verdiği finansal Destek için teşekkür ederiz.

SİMGELER

\dot{Q}	Isı transferi miktarı (W)
h	Entalpi (kJ/kgK)
\dot{W}	İş miktarı (W)
C_p	Özgül ısınma ısısı (kJ/kgK)
T	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$ veya $^{\circ}\text{K}$)
η	Enerji verimi (%)
I	Güneş ışınım miktarı (W/m^2)
IP	Isı Pompası
$(\alpha \tau)$	Geçiş-yutma katsayısı
\dot{m}	Kütleli debi miktarı (kg/s)

Alt Semboller

g	Giriş
\dot{c}	Çıkış
kdepo	Isı kaynağı/karışım deposu
koll	Güneş kollektörü
komp	Kompresör
kond	Kondenser

Kısaltmalar

GE	Güneş Esaslı
GK	Güneş Kolektörü
HGK	Havalı Güneş Kolektörü
IP	Isı Pompası
ITK	Isıtma Tesir Katsayısı

KAYNAKLAR

- [1] Açıkgöz Ö. 2007. Bir Birleşik Enerji Sisteminde Güneş Enerjisi Desteğinin Araştırılması Yüksek Lisans, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [2] Işık MA. 2007. Güneş Enerjisi Destekli Mahal Isıtma Sisteminin Van İlinde Sağladığı Enerji Tasarrufunun İncelenmesi, Yüksek Lisans, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van.
- [3] Sancar I, Bulut H. 2014. Toprak Enerjisi Destekli, Isı Geri Kazanımlı ve Havalı Güneş Kolektörlü Bir Isıtma Sisteminin Deneysel Analizi, 2. Ulusal İklimlendirme soğutma eğitimi sempozyumu ve sergisi, 23-25 Ekim 2014, Balıkesir, 47-61.
- [4] Liang C, Zhang X, Li X, Zhu X. 2011. Study on the performance of a solar assisted air source heat pump system for building heating: Energy and Buildings, 43: 2188-96.
- [5] Şevik S. 2011. Isı Pompası ve Güneş Kolektörünün Birlikte Kullanıldığı, Isıtma ve Kurutma Amaçlı Sıcak Hava Üretim Sisteminin Tasarımı, İmalatı ve Deneysel İncelenmesi, Doktora, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- [6] Aktaş M, Kara MÇ. 2013. Güneş enerjisi ve ısı pompalı kurutucuda dilimlenmiş kivi kurutulması: Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., 28: 734-41.
- [7] ÖZYAMAN, A. Cüneyt. "Güneş Enerjisi Destekli Isı Pompası ile Mahal Isıtma Uygulaması." Tesisat Mühendisliği 123 (2011): 68-75.
- [8] Huang, Shifang, et al. "Performance comparison of a heating tower heat pump and an air-source heat pump: A comprehensive modeling and simulation study." *Energy Conversion and Management* 180 (2019): 1039-1054.
- [9] Samancı, Ahmet, Kemal Altınışık, and Ahmet Ali Sertkaya. "Çift fazlı güneş enerjisi kaynaklı ısı pompası sisteminin teorik ve deneysel incelenmesi." (2011).
- [10] Çengel, Yunus A. *Termodinamik: mühendislik yaklaşımıyla*. Palme Yayıncılık, 2015.

ÖZGEÇMİŞ

Onur Vahip GÜLER

1990 yılı Denizli doğumludur. 2015 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Yaklaşık olarak 1 yıllık sanayi deneyiminden sonra Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği bölümünde 2019 yılında Yüksek Lisans eğitimini tamamlamıştır. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Teknoloji Fakültesinde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır. Jeotermal Enerji ve Isıtma Sistemleri konularında çalışmaktadır.

Tolga URAL

1972 yılı Erzurum doğumludur. 1995 yılında Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. Aynı Üniversiteden 2002 yılında Yüksek Lisans, 2009 yılında Doktor ünvanını almıştır. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümünde Dr. Öğr. Üyesi olarak görev yapmaktadır.



Ali KEÇEBAŞ

1980 yılı Fethiye doğumludur. 2003 yılında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Makine eğitimini bitirmiştir. Aynı Üniversiteden 2005 yılında Yüksek Lisans, 2011 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Makine Mühendisliğinden 2011 yılında doktor unvanını almıştır. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümünde Doç. Dr. olarak görev yapmaktadır.