

TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI İLE GÜNEŞ ENERJİSİ DESTEKLİ BİR PİLOT TESİSTE KURUTMA VE İKLİMLENDİRME UYGULAMALARI

Rasim KARABACAK
Şengül GÜVEN ACAR
Öner ATALAY

ÖZET

Toprak sıcaklığı havayla kıyaslandığında yıllara ve aylara göre önemli değişimler göstermediği için, kışın ısıtıcı yazın da soğutucu kaynak işlevini yerine getirebilecek şekilde tüm yıl göreceli olarak sabit sıcaklıkta kalır. Bu durum ısı farkının kullanımına geniş imkanlar sunar. İlk yatırım giderleri nispeten fazla olan toprak kaynaklı ısı pompalarının performans katsayıları yüksek olduğundan sistemin işletme maliyeti düşüktür. Elde edilen enerjinin, sarf edilen enerjiden yüksek olmasıyla sağlanan enerji tasarrufu, hem kullanıcıya hem de ülke ekonomisine önemli kazanımlar sağlar. Bu çalışmada Pamukkale Üniversitesi kampüsü içinde, toprak destekli ısı pompası deney seti kurularak, bu sistemin farklı çalışma koşulları (ısıtma, soğutma, kurutma) için çalışma karakteristikleri tespit edilmiştir. Aynı zamanda pilot kurutma kabini tasarlanarak çeşitli tarım ürünlerinin kurutma karakteristikleri incelenmiştir. Kurutma işlemi aynı zamanda güneş enerjili sıcak su sistemi ile desteklenerek, enerji tüketimleri meteorolojik koşulların da değişimi göz önünde bulundurularak incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Toprak kaynaklı ısı pompası, güneş enerjisi, iklimlendirme, kurutma.

ABSTRACT

Due to the fact that soil temperature, compared to air, does not display considerable changes with respect to years and months, it remains in a relatively fixed temperature in whole year in a way that can fulfill the function of a heating source at winter and cooling source at summer. This situation presents broad opportunities for using temperature difference. Owing to the fact that performance coefficients of ground source heat pumps are high, whose initial investment costs are relatively great, operating cost of the system is low. Energy saving enabled by energy obtained being higher than energy consumed provides significant gains to both users and national economy. In this study, operational characteristics for different operating conditions (heating, cooling, drying) of this system were detected by setting up a testing set of ground source heat pump within the campus of Pamukkale University. At the same time, drying characteristics of various agricultural products were analyzed by designing a pilot drying cabinet. By at the same time supporting drying operation with hot water system with solar energy, energy consumptions were examined taking into consideration the change of meteorological conditions as well.

Keywords: Ground source heat pump, solar energy, air-conditioning, drying.

1. GİRİŞ

Günümüzde bilim ve teknolojinin sürekli gelişmesi ve sanayileşmenin artışına paralel olarak enerji ihtiyacı artmakta ve bunun sonucu olarak da enerji fiyatları yükselmektedir. Yeterli enerji kaynaklarına sahip olmayan ülkemizde, yalıtım bilinci de yeterince gelişmediğinden, ithal edilen enerjinin çok büyük bir kısmı ısıtma-soğutma ihtiyaçlarının karşılanmasında kullanılmaktadır. Fosil yakıtların rezervlerinin sınırlı olduğu ve bunların çevreye olumsuz etkiler bıraktığı göz önüne alınarak yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları arayışına gidilmektedir. Yeni enerji kaynakları olarak güneş, rüzgar, dalga, biomass, jeotermal enerji, toprak, kaya, yer altı ve yer üstü suları sayılabilir. Ülkemizde de bu yeni enerji kaynaklarından yararlanılmaya çalışılmaktadır. Bunlardan en sık gördüğümüz sistemler güneş enerjisi sistemleri olup, jeotermal enerji de elektrik üretimi, ısıtma, soğutma ve sıcak su ihtiyaçlarının karşılanması, seracılık, sağlık sektörü v.b. gibi birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca toprağın depoladığı ısı enerjisinden de faydalanılarak, ısı pompası sistemleri kurulmaktadır. Toprak kaynaklı ısı pompası olarak adlandırılan bu sistemler, dünyanın birçok yerinde uygulanmış ve halen uygulanmakta olup ülkemizde de yeni yeni kurulmaya ve yaygınlaşmaya başlamıştır.

Toprak kaynaklı ısı pompalarının performans katsayılarının diğer ısı pompası uygulamalarına göre yüksek olması, sistemin işletme maliyetini azaltmaktadır. Elde edilen enerjinin, sarf edilen enerjiden daha yüksek olması ile sağlanan enerji tasarrufu hem kullanıcıya hem de ülke ekonomisine önemli kazançlar sağlar. Ayrıca, çevre dostu olan bu sistem kullanılarak, üçte birini binaların ürettiği sera gazlarının emisyonları azaltılabilir. Ancak ısı kaynağı olarak toprağın kullanımında, ilk yatırım maliyetini artıran toprak ısı değiştiricisi mevcuttur. Bu nedenle, hava kaynaklı ısı pompalarına göre ilk yatırım maliyeti fazla olmaktadır.

Çalışmada Denizli'de Pamukkale Üniversitesi kampüsünde, toprak destekli ısı pompası deney seti kurularak(Şekil 1), bu sistemin farklı çalışma koşulları (ısıtma, soğutma, kurutma) için çalışma karakteristikleri tespit edilmiştir. Toprak kaynaklı ısı pompası sistemleri, uzun yıllardır (1985 yılından bu yana) dünyada kullanılan çevre dostu sistemlerden biridir. İlk yatırım maliyetinin yüksek olması bu sistemlerin kurulumunu kısıtlamaktadır. Buna karşılık, enerji maliyetlerindeki artışın ve sera gazlarının azaltılması mecburiyetinin bu sistemlere olan ilgiyi artırması beklenmektedir.



Şekil 1: Deneysel çalışmanın yapıldığı laboratuvarın iç ve dış görünümü.

2. TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPALARI

Toprak kaynaklı ısı pompaları, toprağın veya yeraltı suyunun yaz ve kış aylarında hemen hemen sabit denebilecek sıcaklıktaki enerjisinden faydalanmak suretiyle kışın ısıtma, yazın ise soğutma amacıyla kullanılır. Yazın mahalden alınan ısı, bir ısı pompası yardımıyla toprağa veya yeraltı suyuna

aktarılrken, kışın mahali ısıtmak için gerekli ısı, yine aynı cihaz vasıtasıyla topraktan veya yeraltı suyundan alınabilir.

Toprak kaynaklı ısı pompası başlıca üç ana bölümden oluşur. Bina ile toprak bağlantısı arasında ısı aktarımını sağlayan bir ısı pompası sistemi, topraktaki ısıyı transfer etmek için gerekli olan toprak ısı değiştiricisi, binayı ısıtmak ve soğutmak için gerekli olan ısıtma-soğutma sistemidir (fan-coil gibi).

Yazın toprak sıcaklığının, dış hava sıcaklığından daha düşük olduğu bilinmektedir. Toprak kaynaklı ısı pompası soğutma sisteminde kullanılan akışkan, yoğuşturucuya gelerek ısını sıcaklığı daha düşük olan toprak ısı değiştiricisindeki suya dolayısıyla toprağa atarak yoğuşur. Yoğuşan akışkan genleşme valfine gelir. Kılcal boru çıkışında sıvı ani genişleme sureti ile basıncı ve sıcaklığı düşer. Düşük basınç ve sıcaklıktaki soğutucu akışkan buharlaştırıcıya gelerek burada buharlaşır. Buharlaştırıcı görevi yapan ısı değiştiricisinin bir tarafından soğutucu akışkan geğerken diğer tarafından pompa ile dolaşan su geğer. ısını soğutucu akışkana bırakan su soğumuş olarak sisteme giderek hacmin soğutulmasını sağlar. Kışın ise sistem, ısıtma işlemini; bu kez topraktan ısı alıp, ısıtılması istenen hacme ısı vererek geręekleştirir.

Toprak kaynaklı ısı pompalarının performans katsayılarının yüksek olması sistemin işletme maliyetini azaltmaktadır. Elde edilen enerjinin, sarf edilen enerjiden daha yüksek olması ile sağlanan enerji tasarrufu hem kullanıcıya hem de ülke ekonomisine önemli kazançlar sağlar. Ancak ısı kaynağı olarak toprağın kullanımında, ilk yatırım maliyetini artıran toprak ısı değiştiricisi mevcuttur. Bu nedenle, hava kaynaklı ısı pompalarına göre ilk yatırım maliyeti fazla olmaktadır. Bu maliyetin düşürülebilmesi için öncelikle, toprağa ait jeolojik birimlerin sıcaklık ve ısı depolama yükü, toprağın yapısı, termal özellikleri, nem ve yer altı su seviyesi ile iklim koşullarına göre değişimi incelenmelidir. Elde edilen bulgular kullanılarak ısı pompasının optimum çalışma koşulları belirlenmelidir. Bu çalışmada dikey tip toprak kaynaklı ısı pompasının bir hacmin ısıtılmasında ve soğutulmasında kullanımı ile gıda kurutmada kullanımı üzerinde durulmuştur. Bu uygulamalarda sistemin performansı ve enerji tüketimi ile bunların çevre koşulları ile değişimi incelenmiştir.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

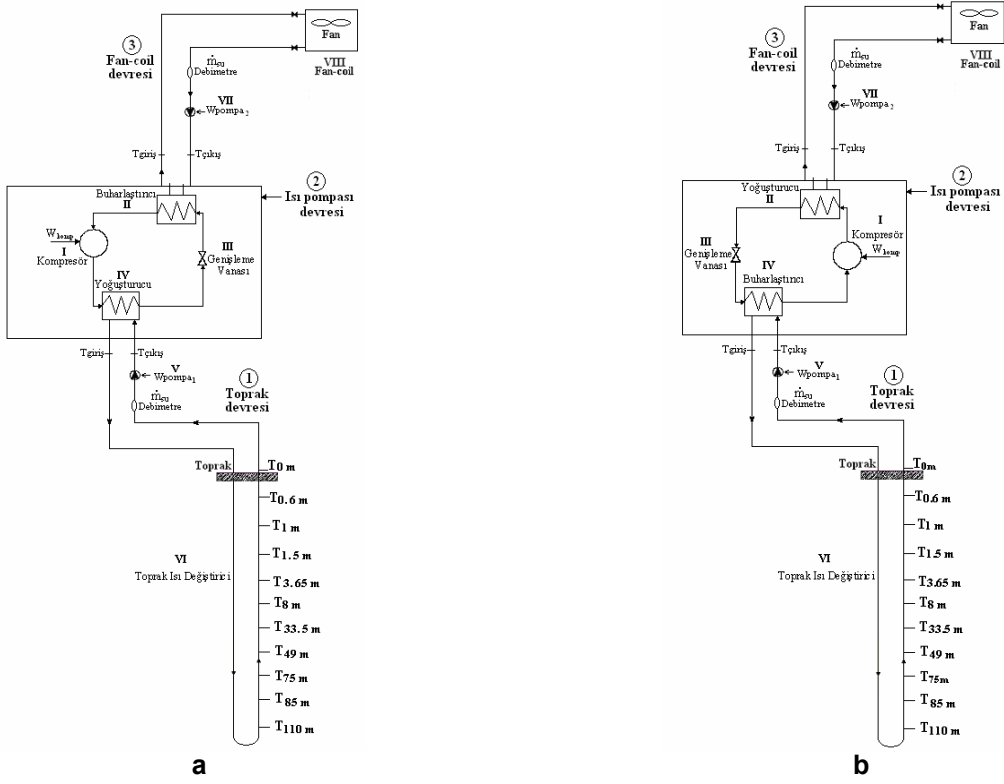
Bu çalışmada toprak kaynaklı ısı pompasının ısıtma, soğutma ve gıda kurutmada kullanımı üzerinde durulmuştur. Toprak ısı değiştiricisi 110 m derinlikte açılan sondaj kuyusuna dikey olarak yerleştirilmiştir. Toprak kaynaklı ısı pompası cihazı hem ısıtma hem de soğutma dönemlerinde çalıştırılarak performansları ve çevre koşulları ile değişimleri incelenmiştir. Çalışmada ayrıca, bazı gıda ürünlerinin toprak kaynaklı ısı pompası yardımıyla kurutulması üzerine deneysel çalışmalar yürütülmüştür. TS 825'e göre mevcut laboratuvar binasının ısı kaybı ve kazancı hesaplanarak, ısı kaybının 7,8 kW ve ısı kazancının ise 9,6 kW olduğu belirlendiğinden, ısı pompası bu kapasiteleri sağlayan (ısıtma kapasitesi 8,5 kW ve soğutma kapasitesi 10,4 kW) Climate Master GSW36 (Şekil 2'de 1 numara ile gösterilen) cihazı seçilmiştir. Bu ısı kapasitelerini de sağlamak üzere iki adet Eden marka, WIND 70 (soğutma kapasitesi, 4687 W) ve WIND 90 (soğutma kapasitesi, 5589 W) tip fan-coil seçilmiş ve laboratuvar içerisine Şekil 3'te 1 ile gösterildiği gibi pencere altlarına yerleştirilmiştir. Sistemde kullanılan sirkülasyon pompaları (Wilo TOP S 25/7 model, su debisi 1,5 m³/h), fan-coil hattı (Şekil 2'de 2 nolu) ve toprak hattı (Şekil 2'de 3 nolu) üzerine yerleştirilmiştir. Ayrıca sistem üzerine ölçüm cihazları olarak; fan-coil hattındaki ve toprak hattındaki su debilerini ölçmek için şamandıralı tip debimetre (Şekil 2'de 4 ve 5 numaralı elemanlar), toprak sıcaklıklarını ölçen K tipi (NiCr-Ni) sıcaklıkölçerlerin verilerini 24 saat süresince her gün kayıt altına alan sıcaklık kayıt cihazları, toprak hattındaki ve fan-coil hattındaki gidiş-dönüş su sıcaklıklarını ölçmek için Pt100 sıcaklık problemleri ve bu sıcaklıkları birer dakika aralıklarla kayıt altına alan veri kayıt cihazı, kompresör ve sirkülasyon pompalarının anlık gerilim, akım ve enerji tüketim değerlerini ölçen online şebeke analizör seti sistem üzerine yerleştirilmiştir. Sistemin devreye alınmasından sonra, elde edilen veriler bilgisayar ortamına aktarılmış ve kayıt altına alınmıştır. Bu kapasiteler için toprak ısı değiştiricisi boru boyu ısıtma ve soğutma mevsimleri için hesaplanmıştır. Toprak destekli ısı pompası sisteminin soğutma ve ısıtma dönemi için şeması Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 2: Isı pompası sistemi elemanları.



Şekil 3: Fan-coil ünitelerinin yerleşimi.



Şekil 4: Soğutma(a) ve ısıtma(b) dönemi için toprak destekli ısı pompası sistemi şeması.

Proje kapsamında, toprak destekli ısı pompası ile sağlanan ısının, gıdaların kurutulmasında kullanılarak; gıdaların kurutulabilirliği, kurutma süresi ile enerji tüketimi değerlerinin tespiti üzerinde de durulmuştur. Laboratuvar bünyesinde mevcut olan kurutma kabinine (Şekil 5.2) ilave olarak çatıya güneş enerjili sıcak su sistemi (Şekil 5) monte edilerek kabin içinde bulunan ısı değiştiricisine sıcak su hattı bağlanmıştır.



Şekil 5: Güneş enerjisi sıcak su sistemi, meteoroloji istasyonu(a) ve kurutma sistemi(b).

Çatı üzerine kurulan Meteoroloji İstasyonu (Şekil 5-a) ve laboratuvar içine yerleştirilen iç ünite (Şekil 5-b) ile iç-dış hava sıcaklığı, iç-dış nem değerleri, rüzgar hızı, güneş ışınım değeri gibi karakteristik veriler ölçülüp bilgisayar ortamında kayıt altına alınmıştır. Bunların yanında ısı pompası, fan ve pompaların enerji sarfiyatlarının belirlenmesi için laboratuvar içine mono ve üç fazlı sayaçlar monte edilmiştir.

SONUÇ

16.10.2007-21.04.2008 tarihleri arasında yapılan ısıtma periyodunda, güneş ışınımının 10-348 W/m² değerleri arasında, dış çevre sıcaklığının -3,6 °C ile 25 °C değerleri arasında, bağıl nemin %29-%92 değerleri arasında, rüzgar hızının 0.19-4.88 m/s değerleri arasında değiştiği yapılan ölçümlerle belirlenmiştir. Bu ölçümlerden elde edilen değerlerin değişimine bakıldığında, güneş ışınım değerinin artışıyla birlikte dış hava sıcaklığının yükseldiği ve havanın bağıl neminin ise azaldığı görülmüştür. Ayrıca, 6 aylık ısıtma mevsimi süresince elde edilen verilere göre, ısı pompası ve sistemin performans katsayıları belirlenmiş ve değerlerinin sırasıyla ($COP_{ısı\ pompası}$) 2,5-4,5 ve (COP_{sistem}) 2,03-2,66 aralığında değiştiği görülmüştür. Bu performans katsayılarının güneş ışınımı değerinin artmasıyla birlikte artış gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca, performans katsayılarının genel olarak rüzgar hızındaki artıştan olumsuz etkilendiği gözlenmiştir.

04.06.2008-16.09.2008 tarihleri arasında yapılan soğutma periyodunda, güneş ışınımının 137-393 W/m² değerleri arasında, dış çevre sıcaklığının 16,6-32,2 °C değerleri arasında, bağıl nemin %17-%52 değerleri arasında, rüzgar hızının 0,43-2,28 m/s değerleri arasında değiştiği yapılan ölçümlerle belirlenmiştir. Bu ölçümlerden elde edilen değerlerin değişimine bakıldığında, güneş ışınım değerinin artışıyla birlikte dış hava sıcaklığının yükseldiği ve havanın bağıl neminin ise azaldığı görülmüştür. Elde edilen verilere göre, ısı pompası ve sistemin performans katsayıları belirlenmiş ve değerlerinin sırasıyla ($COP_{ısı\ pompası}$) 3,1-4,8 ve (COP_{sistem}) 2,1-3,1 aralığında değiştiği görülmüştür. Güneş ışınım değerinin artışıyla, performans katsayılarının azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca, performans katsayılarının genel olarak rüzgar hızındaki artıştan olumlu bir şekilde etkilendiği de gözlenmiştir.

Yapılan deneylerde kurutma kabini içinde farklı yükseklikteki raflarda kuruma hızı bakımından çok belirgin bir fark görülmemiş olup, ilk başlarda oluşan küçük farkların kuruma süresinin sonuna doğru azalarak benzer kuruma karakteristiği görülmüştür. Farklı sistemlerde kurutulan ürünlerde ise ısı pompası kullanımının kurutma performansının diğer iki sisteme oranla daha iyi olduğu açıkça görülmektedir. Isı pompalı kurutmanın kurutma süresi bakımından yere sermaye yapılan doğal kurutmaya oranla yaklaşık %50, güneş enerjili sisteme oranla ise yaklaşık %30 daha iyi olduğu deneyler sonucunda ortaya çıkmıştır.

Deneyler sonucunda her üç sistemde de ortak görülen nokta geometri farkının kuruma performansına etkisidir. Dörtte bir domateslerin kurutma süresi bakımından yarım dilimlenmiş domateslere göre yaklaşık %50 daha hızlı kurudukları görülmüştür. Bununla birlikte aynı şekle sahip olmasına karşın kütleleri farklı olan domateslerin de kuruma hızlarının farklı olduğu, hafif olan domateslerin daha hızlı kuruduğu görülmektedir. Yapılan deneylerde ayrıca ilk 24 saat içinde ürünlerin kuruma hızlarında belirgin farklılıklar görülmüştür. Isı pompalı sistemin kurutma süresine göre güneş enerjili sisteme oranla %40, doğal ortamda sermeye göre ise %60 daha performanslı olduğu görülmüştür.

Yapılan çalışmada ayrıca güneş enerjili sistem ve doğal ortamda yere serilerek yapılan kurutmada güneş radyasyonu ve dış sıcaklığın etkileri de gözlemlenmiştir. Güneş enerjili sistemde kurutma havası sıcaklığının güneş radyasyonu değeri ile doğru orantılı olarak arttığı görülmüştür. Ayrıca ürün yüzey sıcaklığı bakımından güneş enerjili sistemde kabin içinde kurutulan ürünlerin yüzey sıcaklıklarının doğal ortamda serme yöntemiyle kurutulan ürünlerin yüzey sıcaklıklarına göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Yapılan çalışmada ayrıca hava hızı etkisinin kurutma sürecine etkisini göstermek için 40 °C ortalama sıcaklıktaki kurutma havasında üç farklı hızda yapılan deneylerde hızın artmasıyla kurutma performansında artma meydana gelmiştir. Hızın 2 m/s olduğu durumda kuruma performansı 0,5 m/s'ye göre %15, 1 m/s'ye göre %5 daha iyi olmaktadır.

Isı pompalı sistemlerin güneş enerjili sisteme ve doğal yöntemlerle kurutmaya göre ilk maliyetleri yüksektir. Aynı zamanda elektrik sarfiyatları da her iki sisteme göre yüksektir. Fakat hem ürünün hızlı kuruması hem de dış faktörlerden (yağmur, toz, böcek vs.) etkilenmemesi büyük bir avantajdır. Doğal ortamda kurutulan ürünlerin deney sırasında uçan hayvanların etkisi altında görüldüğü hatta gece periyodunda soğumasıyla ürün üzerinde küçük kurt ve sinek larvalarının olduğu gözlemlenmiştir. Isı pompalı sistem ve güneş enerjisi sistemi ile kurutulan ürünlerin fiziksel görünümünün doğal ortamda kurutulan ürünlere göre daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. Buzdolabında bekletildikten sonra incelenen ürünlerden doğal ortamda kurutulan ürünlerin daha nemli olmasından dolayı bozulmaya başladığı görülmüştür.

KAYNAKLAR

- [1] ATALAY, Ö., "Güneş Enerjisi Destekli Nem Almalı Isı Pompalı Kurutucunun Tasarımı ve Termodinamik Analizi", Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 2010.
- [2] BI, Y., GUO, T., ZHANG, L., CHEN, L., Solar and Ground Source Heat-Pump System, Applied Energy, 78, 231-245, 2004.
- [3] ÇENGEL, Y. A., BOLES, M. A., "Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik", Literatür Yayıncılık, İstanbul, 1996.
- [4] GÜVEN ACAR, Ş., "Denizli Havzasındaki Jeolojik Formasyonlarda Sıcaklık ve Isı Depolama Kapasitesi Değişiminin İncelenmesi ve Isı Pompası Uygulamalarının Araştırılması", Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 2009.
- [5] HEPBAŞLI, A., AKDEMİR, Ö., HANCIOĞLU, E., Experimental Study of a Closed Loop Vertical Ground Source Heat Pump System. Energy Conversion and Management, 44, 527-548, 2003.
- [6] INCROPERA, F. P., DE WITT, D. P., "Isı ve Kütle Geçişinin Temelleri"(DERBENTLİ, T., GENÇELİ, O., GÜNGÖR, A., HEPBAŞLI, A., İLKEN, Z., ÖZBALTA, N., ÖZGÜÇ, F., PARMAKSIZOĞLU, C., URALCAN, Y.), Literatür Yayıncılık, İstanbul, 2001.
- [7] KARAKOÇ, H., "Uygulamalı TS 825 Ve Kalorifer Tesisatı Hesabı", İZOCAM, Ankara, 2001.
- [8] MILES, L., "Heat Pumps Theory and Service", Delmar Publishers Inc., NY, 1994.
- [9] TOSUN, S., "Bazı Tarımsal Ürünler için Isı Pompalı Bir Kurutucunun Geliştirilmesi ve Termodinamik Analizi", Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2009.

ÖZGEÇMİŞ

Rasim KARABACAK

1954 yılında doğdu. 1976 yılında Lisans, 1984 yılında Yüksek Lisans ve 1989 yılında Doktora eğitimini tamamlayarak 1990 yılında Pamukkale Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Termodinamik Anabilim Dalı'na Yrd.Doç.Dr. olarak atandı. Aynı bölümde 1993 yılında Doçent ve 1999 yılında Profesör ünvanı aldı. Halen aynı üniversitede Termodinamik Anabilim Dalı Başkanlığı görevini yürütmektedir. İngilizce bilmekte, evli ve iki çocuk babasıdır.

Şengül GÜVEN ACAR

1978 yılında doğdu. Pamukkale Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünde 1999 yılında Lisans eğitimini tamamlamıştır. Aynı üniversitede 2000 yılında Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. 2002 yılında Yüksek Lisans ve 2009 yılında Doktora eğitimini tamamladı. Halen aynı üniversitede Termodinamik Anabilim Dalı'nda Araş.Gör.Dr. olarak görev yapmaktadır. İngilizce bilmekte, evli ve iki çocuk annesidir.

Öner ATALAY

1980 yılında doğdu. Pamukkale Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünde 2001 yılında Lisans eğitimini tamamlamıştır. Aynı üniversitede 2002 yılında Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. 2004 yılında Yüksek Lisans ve 2010 yılında Doktora eğitimini tamamladı. Halen aynı üniversitede Enerji Anabilim Dalı'nda Araş.Gör.Dr. olarak görev yapmaktadır. İngilizce bilmekte, evli ve bir çocuk babasıdır.