Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.
Cilt 30, No 1, 29-37, 2015

Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University
Vol 30, No 1, 29-37, 2015

FARKLI ISI EŞANJÖRLERİNE SAHİP KOMBİ CİHAZLARININ PERFORMANSLARININ DENEYSEL OLARAK KARŞILAŞTIRILMASI

Mehmet Fevzi KÖSEOĞLU[*], Şenol BAŞKAYA[**], Tamer ÇALIŞIR[**]
[*]Pamukkale Üniversitesi Müh. Fak. Makine Müh. Bölümü 20070 Kınıklı/DENİZLİ
[**]Gazi Üniversitesi Müh. Fak. Makina Müh. Bölümü 06570 Maltepe/ANKARA
mfkoseoglu@pau.edu.tr, baskaya@gazi.edu.tr, tamercalisir@gazi.edu.tr

(Geliş/Received: 23.12.2013; Kabul/Accepted: 25.12.2014)

ÖZET

Bu çalışmada, üç farklı model kombi cihazının özellikleri ve ısı eşanjör performansları deneysel olarak incelenmiştir. Test edilen kombilerin teknik özellikleri birbirlerine çok yakın ve performans değerleri açısından hepsi yaklaşık aynı güçtedirler. Cihazlar arasındaki en önemli fark ısı eşanjör tasarımlarıdır. Testleri gerçekleştirilen kombilerin ilki (K1) bileşik ısı eşanjörü, ikincisi (K2) düz ısı eşanjörü ve üçüncüsü (K3) çift ısı eşanjörü ihtiva etmektedirler. Bu çalışmada öncelikle amaç tüm ısı hücrelerinin performansının belirlenmesi ve K1 bileşik ısı eşanjörünün üstünlüklerini ve avantajlarını tespit etmektir. Tüm kombiler ısıtma devresinin rejime gelmesi sırasında, ısıtma devresinin rejimde olması ve devre dışında olması durumlarında kullanım suyunun rejime gelmesi sırasında, benzer şekilde kullanım suyunun devrede olması durumunda ısıtma suyunun rejime gelmesi ve son olarak değişik debilerde kullanım suyunun performansı incelenmiştir. Performans belirlemeye yönelik olarak yapılan farklı ve parametrik deneyler sonucunda, bileşik ısı eşanjörlü kombi cihazının (K1) diğer test edilen kombi cihazlarından ısı enerjisi transfer özellikleri bakımından üstünlükleri ve avantajları olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Isı eşanjörü, kombi, ısıl performans

EXPERIMENTAL PERFORMANCE EVALUATION OF COMBI-HEATERS WITH DIFFERENT HEAT EXCHANGER UNITS

ABSTRACT

In this study, characteristics of three different combi-heaters and heat exchangers were experimentally investigated. All combi-heaters tested have similar technical specifications and have almost the same heat load. Main difference among the combi-heaters is the type of heat exchanger used. Tests were performed for combi heaters containing a combined heat exchanger (K1), a flat plate heat exchanger (K2), double heat exchanger (K3). The objective of this study is to determine the performance of all combi heaters and to determine the benefits and advantages of K1. Performance of all combi heaters were investigated for the heating cycle, domestic water cycle with and without the heating cycle in use, and similarly heating cycle with domestic water in use and finally for different mass flow rates. According to the results of different and parametric experiments for performance evaluation, for the combi heater with combined heat exchanger (K1), advantages in heat transfer characteristics have been detected compared to the other two combi-heaters tested.

Keywords: Heat exchanger, combi heater, thermal performance

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Isı eşanjörleri birçok endüstriyel uygulamada kullanılmaktadır ve çok farklı türleri mevcuttur. Isı eşanjörleri tasarımı ve farklı uygulama alanlarına yönelik ayrıntılı bilgiler içeren birçok kaynak mevcuttur [1-3]. "Kombi" cihazı, TS EN 625'de [4] merkezi ısıtma ve sıcak kullanım suyu üretimi için tasarımlanmış kazan veya bileşik ısıtma cihazı yani kombine kazan (kombi) olarak tanımlanmıştır. Kombi

cihazının en önemli parçalarından birisi ısı eşanjörüdür. Kombilerde ısı eşanjörünün görevi, yakıtın yanması sonucunda ortaya çıkan ısının merkezi ısıtmada kullanılacak olan iş akışkanına ve sıcak kullanım suyuna aktarılmasını sağlamaktır. Kombilerde bu amaca yönelik iki alternatif uygulama mevcuttur. Bunlardan birincisi bileşik ısı eşanjörüdür. Bileşik ısı eşanjöründe hem ısıtma devresine hem de kullanım suyuna ısı tek bir eşanjörden aktarılmaktadır. İkinci seçenek ise çift eşanjörlü sistemlerdir. Bu sistemlerde ana eşanjör ısıtma devresine ısı aktarırken, kullanım suyunu ısıtmak için ikinci bir eşanjör (genellikle plakalı eşanjör) kullanılır. Bileşik ısı eşanjörlü sistemlerde sadece bir ısı eşanjörü kullanılır. Bu eşanjör iç içe geçmiş serpantinler vasıtasıyla hem ısıtma suyuna hem de kullanım suyuna yanma sonucunda açığa çıkan ısıyı aktarabilmektedir. Eşanjör, yanma odasının üst bölümünde konumlandırılır ve böylece doğrudan yanma gazlarıyla ve alevle temas halindedir. Isıtma suyu ve kullanım suyu bir bakıma ısıl olarak sürekli temas halindedirler. Çift eşanjörlü sistemlerde ise bir ana eşanjör ve bir de ikincil eşanjör bulunur. Ana eşanjör yine yanma odasındadır ve tüm ısı enerjisi öncelikle bu eşanjöre aktarılır. Isıtma devresindeki su, bu ana eşanjör ile ısıtılır. Kullanım suyu ise genellikle plakalı eşanjör olarak imal edilen ikincil eşanjörle ısıtılır. Plakalı eşanjörün bir tarafından ısıtılması gereken kullanım suyu, diğer taraftan ise bir üç yollu vana (saptırıcı valf) ile ana eşanjörden aktarılan sıcak su geçer. Diğer bir deyişle çift eşanjörlü sistemlerde sıcak kullanım suyu elde etmek için önce ısıtma devresindeki su ana eşanjörde ısıtılır ve daha sonra bu sıcak su plakalı eşanjörde ısısını kullanım suyuna aktarır. Plakalı eşanjör, yanma odası dışında bir yere monte edilir. Böylelikle çift eşanjörlü sistemlerde ısıtma devresi suyu ile kullanım suyu birbirinden bağımsız yerlerdedir. Bu çalışmanın amacı söz konusu eşanjörlerin performanslarını parametrik bir çalışma gerçekleştirerek deneysel olarak incelemek, avantaj ve dezavantajlarını tespit etmektir. Ayrıca tüm ısı hücrelerinin performansının belirlenmesi ve K1 ısı hücresinin üstünlüklerinin ve avantajlarının gözlemlenmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışmada merkezi ısıtma ve sıcak kullanım suyu üretiminde hem ülkemizde hem de dünyada oldukça yaygın olarak kullanılan kombi cihazlarının daha yüksek sıcaklıklar elde edilerek daha yüksek ısıtma güçleri ile çalıştırılması ve böylece kombilerin yakıt tüketiminin ve bununla birlikte emisyonların azaltılması yönünde geliştirmeler hedeflenmiştir. Bu kapsamda her üç kombi cihazı farklı çalışma şartlarında çalıştırılarak parametrik deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda K1 bileşik kombi cihazının üstünlükleri de tespit edilmeye çalışılmıştır.

2. DENEY DÜZENEĞİ (EXPERIMENTAL SETUP)

Merkezi ısıtma ve sıcak kullanım suyu üretiminde oldukça yaygın olarak kullanılan kombi cihazlarının daha yüksek sıcaklıklar elde edilerek daha yüksek ısıtma güçleri ile çalıştırılması ve böylece kombilerin yakıt tüketiminin ve bununla birlikte emisyonların azaltılması yönünde geliştirmelerin yapılabilmesi amacıyla bir deney sistemi oluşturulmuş ve ayrıntıları bu bölümde sunulmuştur. Deneysel çalışmada üç değişik model kombi cihazı kullanılmıştır. Bu cihazların mevcut deneysel çalışma ile ilgili teknik verileri Tablo 1.'de verilmiştir.

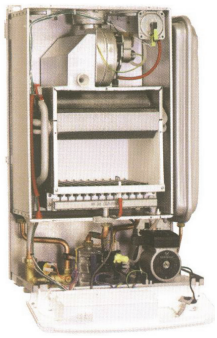
Görüldüğü gibi cihazlar benzer özelliklere sahip ve birbirine yakın ısıl güç değerlerinde seçilmiştir. Kombilerin güç çıktılarının ve sıcaklık değerlerinin elde edildiği parametrik çalışmalar sonucunda elde edilen deneysel sonuçların karşılaştırılabilmesi için bu husus çok önemlidir. Cihazlardaki ana farklar ısı eşanjörlerindedir. K1'de bileşik ısı eşanjörü, K2'de standart bileşik ısı eşanjörü ve K3'de ise çift eşanjör uygulaması mevcuttur. Söz konusu cihazların daha ayrıntılı tanıtımı aşağıda verilmiştir.

Tablo 1. Deneysel incelemeleri gerçekleştirilen kombi cihazlarının teknik özellikleri (Technical properties of experimentally investigated combi-boilers)

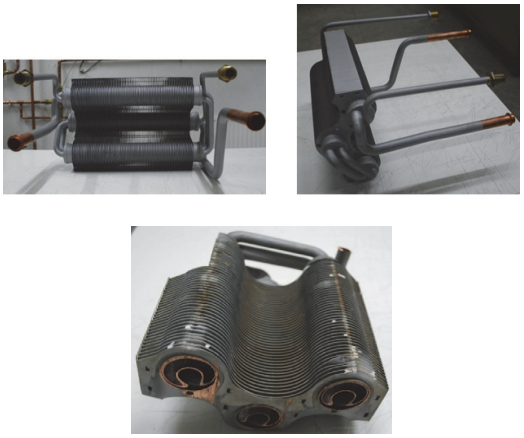
TEKNİK ÖZELLİKLER	K1	K2	K3
GENEL			
Tip	Hermetik	Hermetik	Hermetik
Ateşleme Şekli	Elektronik	Elektronik	Elektronik
Yakıt	DG/LPG	DG/LPG	DG/LPG
ISITMA DEVRESİ			
Isıl Güç (80^oC-60^oC) (kcal/h) (max)	20,400	20,640	20,600
Isıl Güç (80^oC-60^oC) (kcal/h) (min)	8,300	6,192	6,200
Verim (%)	92,2	93	93
Isıtma Devresi Sıcaklık Ayarı	30-85	30-85	30-85
KULLANIM SUYU DEVRESİ			
Kullanım Suyu Devresi Gücü (kcal/h)	20,000	20,640	20,600
Kullanım Suyu Üretimi (lt/dk) ($\Delta t=25\ ^OC$)	13,6	13,7	13,7
Kull. Suyu Devr. Sıc. Ayarı (^OC) (min-max)	40-60	40-60	40-60

K1 Nolu Kombi

K1 cihazı bileşik ısı eşanjörünü ihtiva etmektedir. Cihazın içten genel görünümü Şekil 1.'de verilmiştir. Şekil 2.'de söz konusu ısı eşanjörünün değişik açılardan görüntüsü sunulmuştur. Fotoğraflarda ısıtma devresi ile kullanım suyu giriş ve çıkış bağlantı boruları görülmektedir.



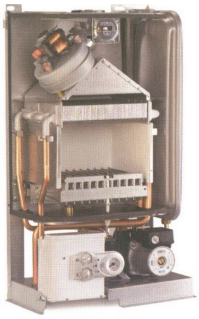
Şekil 1. K1 cihazının içten genel görünümü (General interior view of K1 combi-boiler)



Şekil 2. K1 kombinin bileşik ısı eşanjörünün farklı açılardan görünümü (Different views of the combined heat exchanger of the K1 combi boiler)

K2 Nolu Kombi

K2 cihazı tipik düz bir bileşik ısı eşanjörünü ihtiva etmektedir. Cihazın içten genel görünümü Şekil 3.'te verilmiştir.



Şekil 3. K2 cihazının içten genel görünümü (General interior view of K2 combi-boiler)

K3 Nolu Kombi

K3 cihazı tipik bir çift ısı eşanjörlü kombi cihazıdır. Cihazın içten genel görünümü Şekil 4.'te verilmiştir.



Şekil 4. K3 cihazının içten genel görünümü (General interior view of K3 combi-boiler)

Bu cihazda iki eşanjör bulunmaktadır. Şekil 5.(a)'da yanma odası yanma durumunda gösterilmiştir. Yanma odasının üst kısmında ana eşanjör görülmektedir. Şekil 5.(b)'de ise kullanım suyu üretiminde kullanılan plakalı eşanjör sunulmuştur.



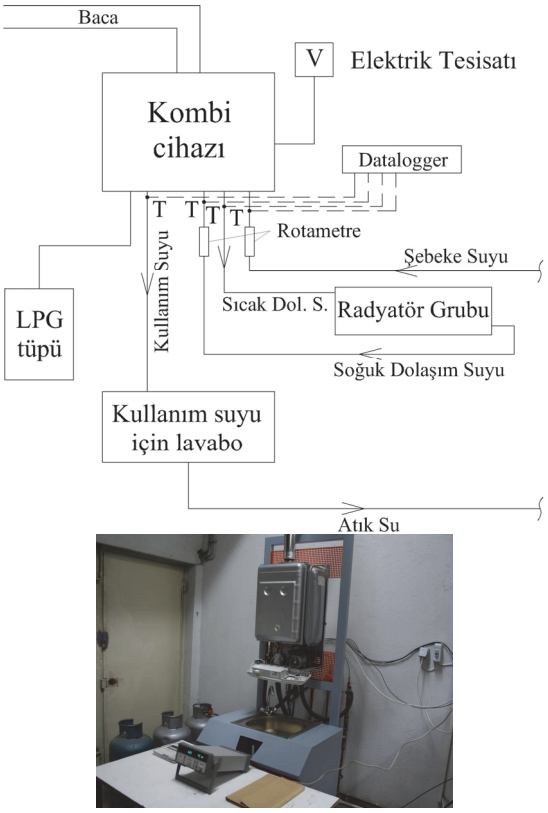
(a) (b)

Şekil 5. K3 kombi cihazının yanma odasının ve plakalı kullanım suyu eşanjörünün görünümü (Combustion chamber and domestic water plate heat exchanger of K3 boiler)

Deney düzeneği, kullanılan ölçüm cihazları, deneysel metot ve verilerin değerlendirilmesinde, kaynaklarda verilen Türk Standartları kullanılmıştır [4-14].

Seçilen laboratuvarda ısıtma tertibatı bulunmamaktadır ve laboratuvarın büyük bir bölümü yerin altındadır. Ayrıca mekân olarak da oldukça büyük bir hacme sahiptir. Bu özellikleri ile laboratuvar ortam sıcaklıkları çok az değişmektedir. Ayrıca çoğunlukla 10°C sıcaklığının altında bulunan laboratuvar kombi cihazlarının ürettiği ısının atılması için de çok uygundur. Deney düzeneğinin şematik ve genel görünümü Şekil 6.'da verilmiştir.

Deney düzeneğinin ana elemanları şunlardır: Kombi cihazı standı ve buna bağlı kombi cihazı, yakıt olarak kullanılan LPG tüpleri, sigortalı elektrik bağlantısı, kullanım suyu için lavabo, daldırma tipi sıcaklık probları ve veri toplama cihazı, debi ölçüm cihazları (rotametreler), tesisat bağlantı noktası, ısıtma devresi radyatör grubu ve baca bağlantısı.



Şekil 6. Deney düzeneğinin şematik ve genel görünümü (Schematic and general view of experimental setup)

Şekil 7.'de sıcaklık ölçümlerinin alındığı, değerlendirildiği ve depolandığı Agilent marka 34970A model veri toplama cihazı (datalogger) ve dönüşümlü olarak kullanılan 52 lt (24 kg) kapasiteli LPG tüpleri görülmektedir.



Şekil 7. Datalogger ile LPG tüpleri (Datalogger and LPG tanks)

Şekil 8.'de sol tarafta tesisat bağlantı noktasının genel görünümü ve sağ tarafta iki adet debimetrenin (rotametre) yakından görünümü verilmiştir. Kombi-petekler-lavabo-soğuk su giriş-atık su olarak sıralayabileceğimiz ana hidrolik noktalar arasındaki tüm bağlantılar bu kısımda gerçekleştirilmiştir. Isıtma devresi ile kullanım suyu debilerini ayrı ayrı tespit etmek amacıyla iki adet 120°C sıcaklığa dayanıklı 2-20lt/dak ile 4-15lt/dak aralıklarında ölçüm yapabilen rotametreler kombiye en yakın konumlara yerleştirilmiştir.

Şekil 9.'da sıcaklık problarının yakından görünümü ve kombi baca bağlantısı gösterilmiştir. Sıcaklık ölçümlerinde J-tipi ısıl çiftler kullanılmıştır. Bunlar 80 mm boyunda, 1,5 mm çapında, ¼" rekorlu daldırma tipi sıcaklık problarıdır. Sıcaklık probları TS 4041'de verilen yerleştirme örneğine uygun olarak konumlandırılmıştır.



Şekil 8. Tesisat bağlantı noktasının genel görünümü ve iki adet debimetrenin (rotametre) yakından görünümü (General view of the installment and closer view of the two rotameters)



Şekil 9. Sıcaklık problarının yakından görünümü ve kombi baca bağlantısı (Close view of the temperature probes and chimney connection)

Kombilerde üretilen ısıtma devresi ısısının ortama atılması için iki adet 3 m boyunda 400 mm'lik ve bir adet 1,2 m boyunda 600 mm'lik PKKP tipi radyatörler kullanılmıştır. Radyatörlerin yerleşimi Şekil 10.'da gösterilmiştir.



Şekil 10. Isıtma devresi petek grubu (Radiator group of heating cycle)

3. DENEYSEL BULGULAR (EXPERIMENTAL RESULTS)

Bu bölümde parametrik deneysel çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar sunulmuştur. Gerçekleştirilen deneysel çalışmada kombi cihazlarındaki farklı eşanjörler kullanılarak kullanım suyu ve dolaşım suyu sıcaklıklarına ve ayrıca ısıtma gücüne etkisi elde edilmeye çalışılmış ve böylece yüksek ısıtma gücünün elde edildiği eşanjör tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda her üç kombi cihazı farklı çalışma şartlarında çalıştırılarak parametrik bir deneysel çalışma gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda K1 bileşik kombi cihazının üstünlükleri de tespit edilmeye çalışılmıştır. Her bir kombi için tüm deneyler, aynı

soğuk laboratuvar şartlarında başlatılmıştır. Her bir deney ve aynı zamanda her bir kombi için, bütün deney şartları başlangıçta ve deney sonunda sabit tutulmuştur. Zamandan bağımsız şartların elde edildiği sürelerde deneyler devam ettirilmiştir.

Deneyler esnasında şu büyüklükler kaydedilmiştir: Ortam sıcaklığı, (°C); zaman, (sn, dk); ısıtma devresi dönüş sıcaklığı, $T_{ıdd}$ (°C); ısıtma devresi giriş sıcaklığı, $T_{ıdg}$ (°C); kullanım suyu giriş sıcaklığı, T_{ksg} (°C); kullanım suyu çıkış sıcaklığı, $T_{ksç}$ (°C); pompa güç konumu, 1-2-3; rotametre debi değeri, (lt/dk); kombi cihazı çalışma özellikleri.

Yukarıda sıralanan ölçüm değerleri kullanılarak iş akışkanı debileri ve ısıtma güçleri hesaplanmıştır. Kombi ısıtma güçleri aşağıda verilen formüller yardımıyla hesaplanmıştır. Isıtma devresi için aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$Q = \dot{m}_{ıd}\, c_p \left(T_{ıdg} - T_{ıdd}\right) \quad (1)$$

Burada $\dot{m}_{ıd}$ ısıtma devresinde dolaşan suyun kütlesel debisini c_p ise ortalama sabit basınçtaki suyun özgül ısısını göstermektedir. Kullanım suyu devresi için aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$Q = \dot{m}_{ks}\, c_p \left(T_{ksç} - T_{ksg}\right) \quad (2)$$

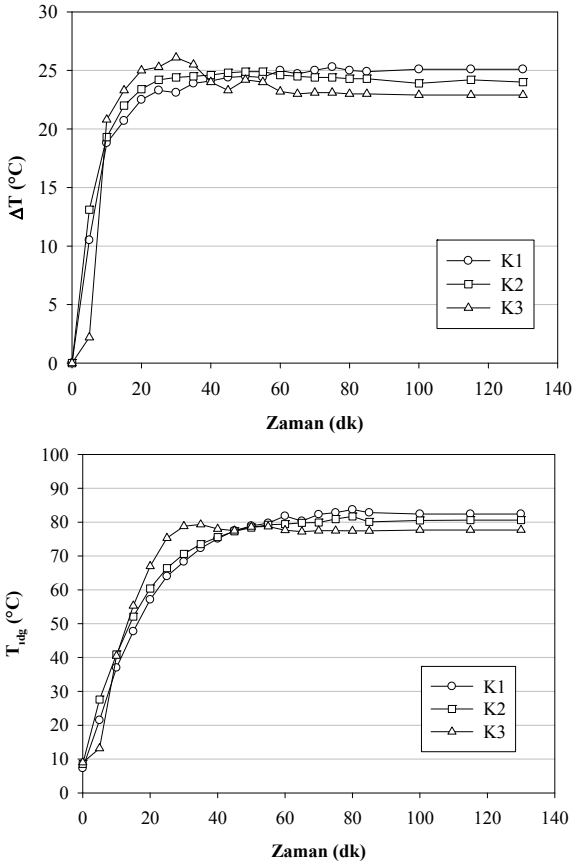
Burada $\dot{m}_{ks}$ kullanım suyu devresinde dolaşan suyun kütlesel debisini göstermektedir. Yukarıdaki hesaplamalarda suyun fiziksel özellikleri bulunurken ortalama sıcaklıklar kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında, üç farklı kombi modeli ile, ısıtma devresi rejime gelme, ısıtma devresi rejimdeyken "ECO ON" ve "ECO OFF" konumlarında kullanım devresi rejime gelme, değişik debilerde kullanım suyu performansı, kullanım suyu rejimdeyken ısıtma devresi rejime geçiş ve ısıtma devresi rejimdeyken pompa konumu etkisinin incelenmesine yönelik deneyler yapılmıştır.

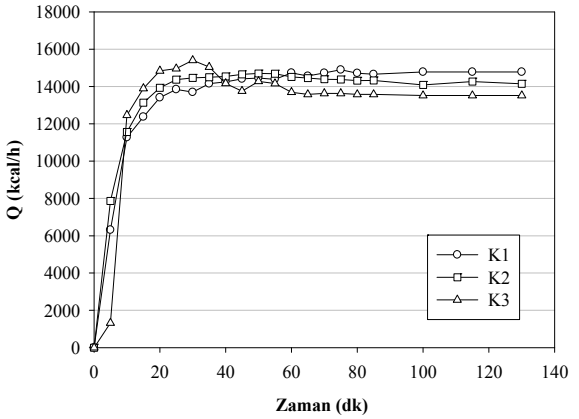
3.1. Isıtma Devresi Rejime Gelme (Time Dependent Change of Heating Cycle)

Şekil 11.'deki iki grafikte de görüldüğü gibi üç kombinin ısıtma devresinin kararlı hale geliş zamanları ve elde edilen ısıtma devresi gidiş sıcaklık değerleri ve sıcaklık farkları birbirine çok yakındır. Fakat en yüksek ısıtma devresi gidiş sıcaklığına ve sıcaklık farkına K1 kombisiyle ulaşılmıştır.

Şekil 12.'de ısıtma gücünün zamanla değişiminden görüldüğü gibi kararlı hale gelme zamanları tüm kombiler için hemen hemen aynıdır. Kararlı hal ısıtma gücü değerlerinde ise K1'in ısıtma gücünün diğerlerinden bir miktar fazla olduğu görülmektedir.



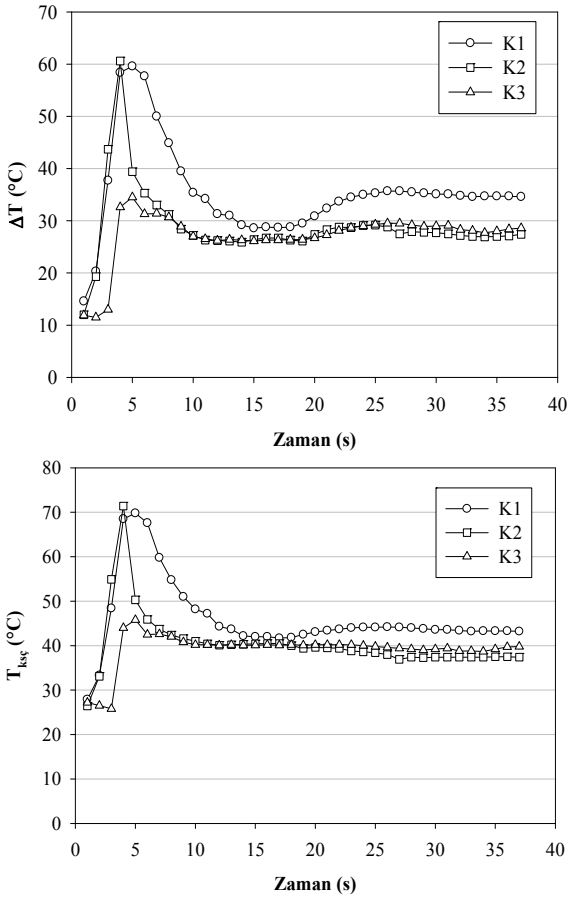
Şekil 11. Isıtma devresi sıcaklık farkının ve gidiş sıcaklıklarının zamanla değişimi (Time dependent change of temperature difference and outlet temperature of heating cycle)



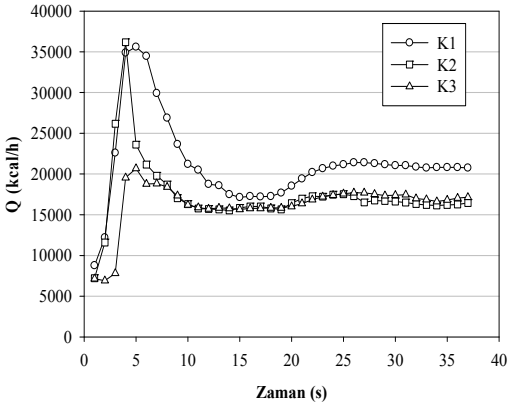
Şekil 12. Isıtma devresi ısıtma gücünün zamanla değişimi (Time dependent change of heating cycle heating power)

3.2. Isıtma Devresi Rejimde Kullanım Suyu Rejime Gelme "ECO OFF" (Domestic Water Working Regime with Operating Heating Cycle "ECO OFF")

Şekil 13. ve Şekil 14.'te "ECO OFF" konumunda kullanım suyu çıkış sıcaklığı, sıcaklık farkı ve ısıtma gücü değerlerinin zamanla değişimi sunulmuştur. Görüleceği üzere K1 modeli diğerlerine kıyasla her üç büyüklük içinde daha yüksek değerlere sahiptir. K1 cihazı daha yüksek sıcaklıkta kullanım suyu üretebilmektedir.



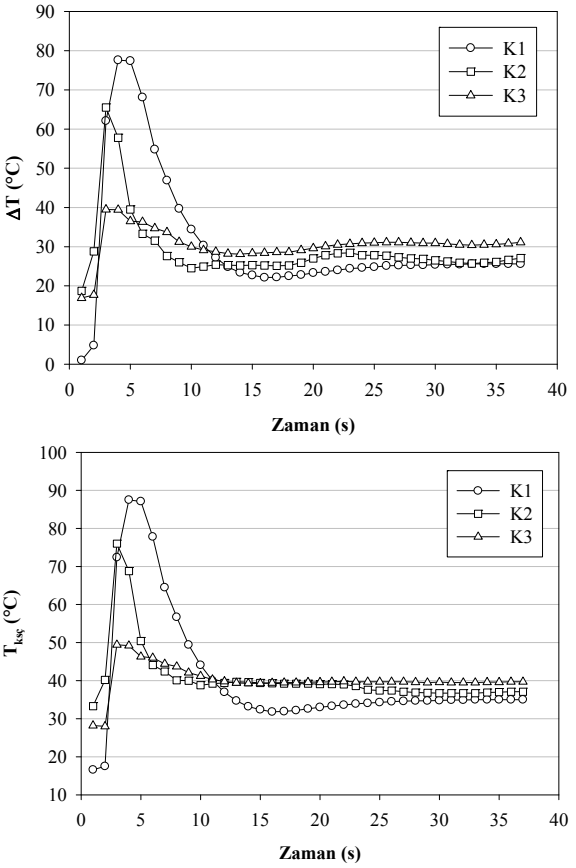
Şekil 13. Kullanım suyu sıcaklık farkının ve çıkış sıcaklığının zamanla değişimi (Time dependent change of temperature difference and outlet temperature of domestic water)



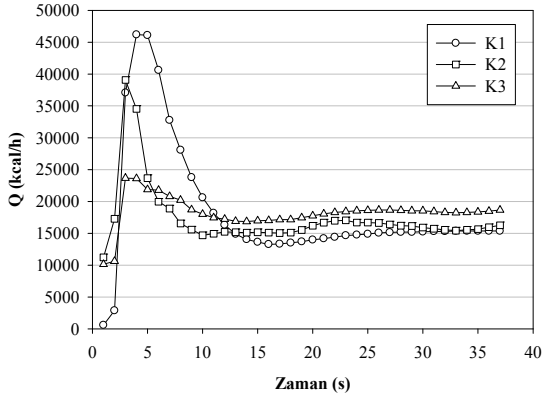
Şekil 14. Kullanım suyu devresi ısıtma gücünün zamanla değişimi (Time dependent change of heating power)

3.3. Isıtma Devresi Rejimde Kullanım Suyu Rejime Gelme "ECO ON" (Domestic Water Working Regime with Operating Heating Cycle "ECO ON")

Şekil 15. ve Şekil 16.'da görüldüğü üzere "ECO ON" konumu için verilen, kullanım suyu çıkış sıcaklığı, sıcaklık farkı ve ısıtma gücü değerlerinde K3 modeli az da olsa diğerlerinden daha yüksek sıcaklık, sıcaklık farkı ve ısıtma gücü değerlerinde kararlı hale gelmektedir.



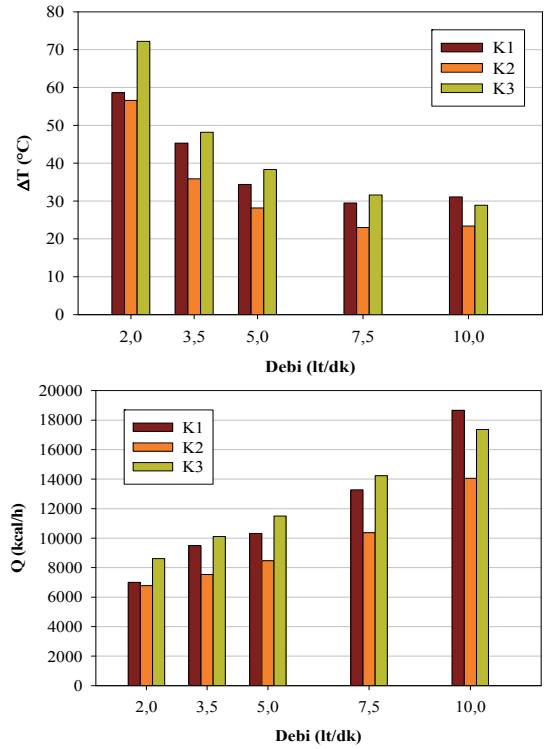
Şekil 15. Kullanım suyu sıcaklık farkının ve çıkış sıcaklığının zamanla değişimi (Time dependent change of temperature difference and outlet temperature of domestic water)



Şekil 16. Kullanım suyu devresi ısıtma gücünün zamanla değişimi (Time dependent change of domestic water power)

3.4. Değişik Debilerde Kullanım Suyu Performansı (Domestic Water Performance for Different Mass Flow Rates)

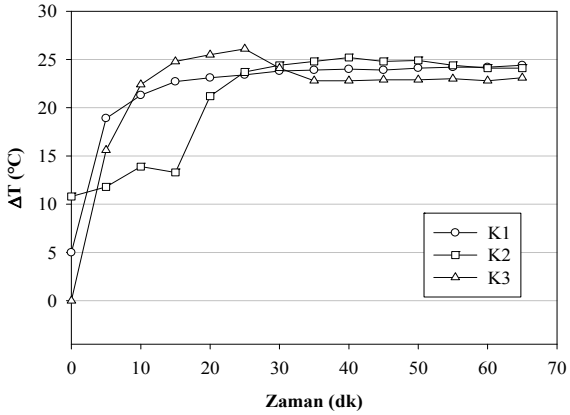
Şekil 17.'de görülen kullanım suyu sıcaklık farklarına bakıldığında en yüksek debide K1 modeli, en yüksek sıcaklık farkı değerini verirken daha düşük debilerde, K3 modeli en yüksek sıcaklık farkı değerlerini vermektedir. Sıcaklık farkı için yukarıda bahsedilen durum ısıtma gücü için de geçerlidir. En yüksek debide K1 modelinin ısıtma gücü diğerlerinden daha yüksektir.



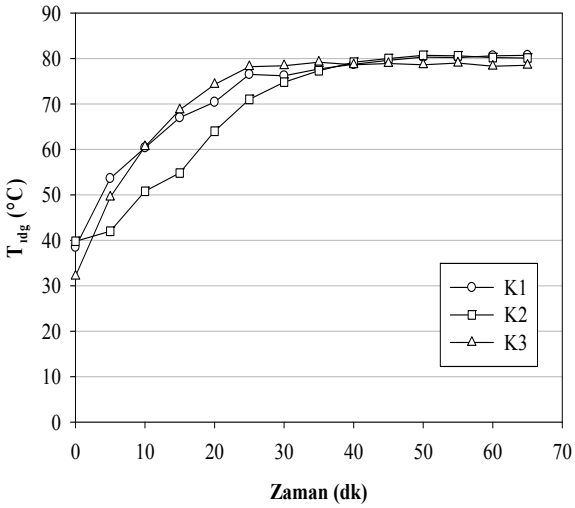
Şekil 17. Kullanım suyu sıcaklık farklarının ve ısıtma gücünün farklı debilerle değişimi (Variation of domestic water temperature difference and heating power with mass flow rate)

3.5. Kullanım Suyu Rejimde Isıtma Devresi Rejime Geçiş (Working Regime of Heating Cycle with Operating Domestic Water)

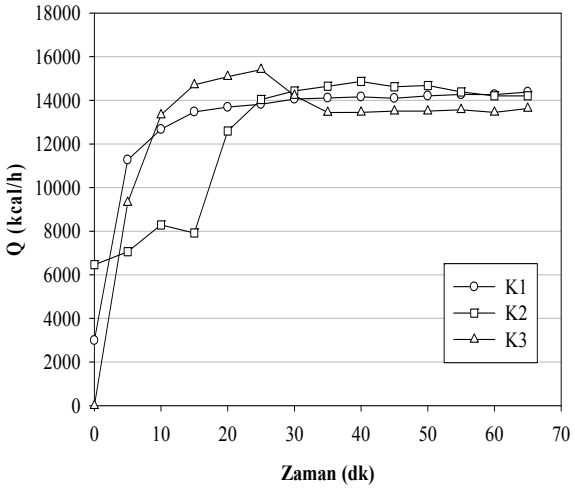
Kullanım suyundan ısıtma devresi rejimine geçişi gösteren Şekil 18.'de her üç kombi için hemen hemen aynı sıcaklık farkı değerleri aynı sürelerde elde edilmekte ve kararlı hale gelmektedir. Aynı biçimde Şekil 19.'da her üç kombi için aynı zaman içerisinde hemen hemen aynı ısıtma devresi gidiş sıcaklık değerleri elde edilmektedir. Isıtma güçleri de kullanım suyundan ısıtma devresine geçişte bütün modeller için benzer zaman ve değerlerde sabitlenmektedir (Şekil 20).



Şekil 18. Kullanım suyu rejimde, ısıtma devresi rejime gelirken sıcaklık farkının zamanla değişimi (Time dependent temperature difference of heating cycle with domestic water in use)



Şekil 19. Kullanım suyundan ısıtma devresini rejime gelirken, ısıtma devresi gidiş sıcaklığının zamanla değişimi (Time dependent water temperature of heating cycle with domestic water in use)

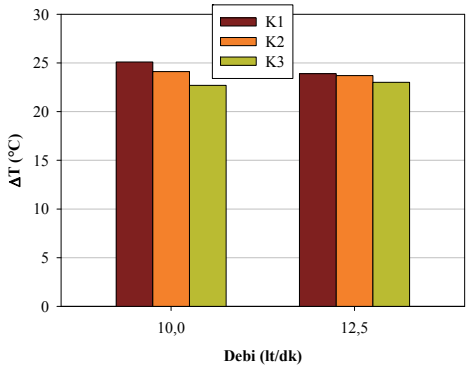


Şekil 20. Kullanım suyu rejimde, ısıtma devresi rejime gelirken, ısıtma devresi gücünün zamanla değişimi (Time dependent change of power of heating cycle with domestic water in use)

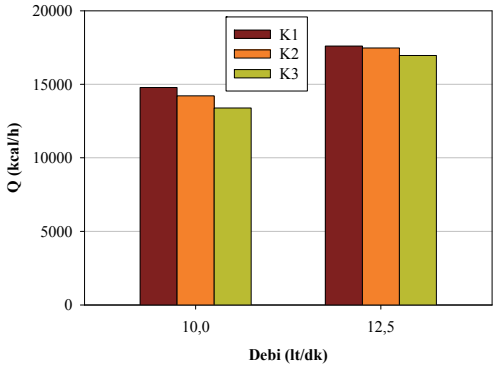
3.6. Isıtma Devresi Rejimde Pompa Konumu Etkisi (Effect of Pump Location on Heating Cycle)

Şekil 21.'de görüldüğü üzere farklı debilerdeki ısıtma devresi durumu için sıcaklık farklarının fazla değişmediği görülmektedir. Her debi kendi içinde değerlendirildiğinde K1 modeliyle elde edilen sıcaklık farkı değerlerinin az da olsa diğerlerinden yüksek olduğu görülmektedir.

Şekil 22.'de ısıtma devresi ısıtma gücünün farklı debilerle değişimi gösterilmiş ve sıcaklık farkları için bahsedilen durumun benzeri burada da görülmüştür. K1 modelinin ısıtma gücü diğerlerinden az da olsa daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 21. Isıtma devresi sıcaklık farkının farklı debilerle değişimi (Variation of temperature of heating cycle with mass flow rate)



Şekil 22. Isıtma devresi ısıtma gücünün farklı debilerle değişimi (Variation of heating cycle power with mass flow rate)

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Mevcut çalışmada aynı şirkete ait üç farklı model kombi cihazının özellikleri deneysel olarak incelenmiştir.

Deneysel program kombi cihazlarının ısı eşanjörlerinin davranışlarını tespit etme hedefi doğrultusunda planlanmıştır. Aynı zamanda tüm ısı hücrelerinin performansının belirlenerek K1 ısı hücresinin üstünlükleri ve avantajları tespiti amaçlanmıştır. Test edilen kombilerin teknik özellikleri birbirlerine çok yakın ve performans değerleri açısından hepsi yaklaşık aynı güçtedirler. Cihazlar arasındaki en önemli fark ısı eşanjörlerindedir. Test edilen kombi cihazları ve kullandıkları ısı eşanjörü K1, K2 ve K3 olarak isimlendirilmiştir. K1 iç içe geçmiş üç adet serpantinden ve yüzeyi artırılmış kanatçıklardan oluşan bakır bileşik ısı eşanjörüdür. K2 iç içe geçmiş konvansiyonel bakır bileşik ısı eşanjörü ve son olarak K3 ana eşanjör ve kullanım suyu için plakalı eşanjörden oluşan çift ısı eşanjörüdür.

Deneysel çalışma toplu bir biçimde değerlendirilerek maddeler halinde bulgular ve yorumlar aşağıda sunulmuştur.

- Soğuk ortam şartlarında kombi cihazı çalıştırılarak rejime gelme davranışı incelendiğinde kombilerin hepsinin yaklaşık aynı zamanda ve 40-60 dk arasında normal işletme şartlarına ulaştıkları tespit edilmiştir. Yalnız bu deneylerde K1 cihazının bileşik ısı eşanjörü ile 2-5°C daha yüksek sıcaklıklar ve buna bağlı olarak 1250 kcal/h civarında daha fazla ısıl güç elde edilmiştir.

- Isıtma devresi rejimdeyken (ECO OFF) kullanım suyu sıcaklığının nasıl değiştiği incelenmiştir. Bu deneylerde bütün cihazlar yine benzer rejime gelme özellikleri göstermişlerdir. Bütün kombiler yaklaşık 10-15 s'de söz konusu debideki sürekli rejim şartlarına ulaşmışlardır. Yalnız yine bu deneylerde bileşik ısı eşanjörü ile 6-7°C daha yüksek sıcaklıklar ve buna bağlı olarak 4310 kcal/h civarında daha fazla ısıl güç elde edilmiştir. Burada göze çarpan, bileşik ısı eşanjörlü kombilerde sıcaklıkların çok daha yüksek değerlerde olmasıdır. Bunun sebebi ise kullanım suyunun rejimde ve yüksek sıcaklıkta bulunan ısıtma devresi suyu ile aynı eşanjörde bulunmasıdır.

- Isıtma devresi rejimdeyken (ECO ON) yine kullanım suyu sıcaklığının nasıl değiştiği incelenmiştir. Bu deneylerde bütün cihazlar yine benzer rejime gelme özellikleri göstermişlerdir. Bütün kombiler yaklaşık 10-15 s'de söz konusu debideki sürekli rejim şartlarına ulaşmışlardır. Yalnız bu deneylerde bileşik ısı eşanjörü ile 2-5°C daha düşük sıcaklıklar ve buna bağlı olarak 3300 kcal/h civarında daha az ısıl güç elde edilmiştir. Kombiler "ECO ON" konumunda çalıştırıldıklarında belirli bir sıcaklıkta hazır kullanım suyu tutmazlar ve buna bağlı olarak söz konusu miktarda sıcak suyu bulundurmak için gerekli ısı miktarı tasarruf edilmiş olur.

- Kombilerin farklı miktarlarda kullanım suyu üretim performanslarını incelemek için su debisi beş değişik değerde sabit tutularak deneyler yapılmıştır. Üretilen kullanım suyunun sıcaklığı giriş sıcaklığına bağlı olduğundan elde edilen sıcaklık farkları karşılaştırılmıştır. Kullanım suyu debisi arttıkça doğal olarak elde edilen sıcaklık farkı düşmektedir. Düşük debilerde çift eşanjörlü kombi daha yüksek sıcaklık farkları oluştururken, yüksek debilerde bileşik ısı eşanjörü daha yüksek performans göstermektedir. En yüksek debide K1 model cihaz 1-2 °C, ve yaklaşık 4600 kcal/h daha üstün görünmektedir.

- Elde edilen sonuçlara bakıldığında kombilerin hepsinin yaklaşık 30 dakikada rejime ulaştığı görülmektedir. Farklı cihazların rejimdeki özellikleri ise çok az fark göstermektedir.

- Bütün kombiler üç kademeli sirkülasyon pompaları ile donatılmıştır. Yalnız cihazlarda iki değişik tip sirkülasyon pompası kullanıldığından bütün kademelerdeki debi değerleri aynı değildir.

Yukarıda verilen bütün karşılaştırmalar tüm cihazlarda 10 lt/dk ısıtma suyu debisi verecek pompa konumları seçilerek yapılmıştır.

- Sonuçlara bakıldığında debinin değişmesiyle sıcaklıkların çok az değiştiği görülmektedir. Bu ise debinin artmasına rağmen cihazların daha fazla enerjiyi iş akışkanına aktararak aynı gerekli sıcaklık farklarını koruyabildiklerini göstermektedir. Bütün debilerde bileşik ısı eşanjörü daha yüksek sıcaklık (1-4 °C) ve daha yüksek ısıtma gücü (yaklaşık 1350 kcal/h) sağlamıştır.

Sonuç olarak, bileşik ısı eşanjörlü K1 kombi cihazının diğer bileşik ısı eşanjörlü ve çift eşanjörlü kombi cihazlarından ısı enerjisi transfer özellikleri bakımından hiçbir olumsuz davranışı ve özelliği tespit edilmemiştir. Tam aksine, yukarıda ayrıntılı olarak açıklanmış olan bir takım avantajları ve üstünlükleri tespit edilmiştir.

SEMBOLLER (NOMENCLATURE)

c_p : Ortalama sabit basınçta özgül ısı [J/kg.K]
m : Kullanım suyu kütlesel debisi [kg/s]
Q : Isıtma Gücü [W]
T : Sıcaklık [°C]

Alt Simgeler (Subscripts)

ıd : Isıtma devresi
ıdd : Isıtma devresi dönüş
ıdg : Isıtma devresi gidiş
ks : Kullanım suyu
ksç : Kullanım suyu çıkış
ksg : Kullanım suyu giriş

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENTS)

Bu çalışmayı finanse eden ve kombileri sağlayan Ferroli Isıtma ve Klima Sistemleri Ticaret ve Servis A.Ş. Ankara bölge müdürü A. Serhat Özcan'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Kakaç, S. ve Liu, H., **Heat Exchangers: Selection, Rating, and Thermal Design**, CRC, New York, A.B.D., 2002.
2. Kays, W. M. ve London, E. L., **Compact Heat Exchangers**, Krieger Publishing C., 1998.
3. Shah, R. K. ve Sekuliç, D. P., **Fundamentals of Heat Exchanger Design**, Wiley & Sons, A.B.D., 2002.
4. TS EN 625, Gaz Yakan Merkezi Isıtma Kazanları-Anma Isıtma Kazanları-Anma Isı Yükü 70 kW'ı Aşmayan Kombine Kazanlar (Birleşik Isıtma Cihazları "Kombi") Sıcak Kullanım Suyu Üretimi İçin Belirli Şartlar, **TSE**, 1995.
5. TS 12514, Birleşik Isıtma Cihazları "Kombi" Gaz Yakan, Atmosferik Brülörlü-Anma Isı Gücü 70 KW'ı Geçmeyen-Montaj Kuralları, **TSE**, 1998.
6. TS EN 677, Gaz Yakan Merkezi Isıtma Kazanları-Anma Isı Yükü 70 kW'ı Aşmayan Yoğuşmalı Kazanlar İçin Belirli Şartlar, **TSE**, 1995.
7. TS 4040, Makina Hz. Grb. Kazanlar-Isı Tekniği ve Ekonomisi Açısından Aranacak Özellikler, **TSE**, 1983.
8. TS 4041, Makina Hz. Grb. Kazanlar-Anma Isı Gücü ve Verim Deneyleri Esasları, **TSE,** 1988.
9. TS 3818, Mühendislik Hizmetleri Hz. Grb. Isıtma Sistemleri-Gazlı Merkezi Yakma Tesislerinin Tasarımı, Yerleştirilmesi ve Güvenlik Kuralları, **TSE**, 1994.
10. TS 2754, Mühendislik Hizmetleri Hz. Grb. Kalorifer Kazanları İşletme, Muayene, Bakım ve Tasarımı Kuralları, **TSE**, 1977.
11. TS 1996, Makina Hz. Grb. Eşanjörler Isıtma Tesisleri İçin, **TSE**, 1975.
12. TS 12355, Yetkili Servisler-Kat Kaloriferleri ve Kombiler İçin Kurallar, **TSE**, Ankara, 2003.
13. TS 12355/T1, Yetkili Servisler-Kat Kaloriferleri ve Kombiler İçin Kurallar Tadil 1, **TSE**, 2003.
14. TS 12806, Kombi ve Kat Kaloriferi Bakım ve Onarımcısı, **TSE**, 2002.