



## Plakalı Isı Eşanjöründe Farklı Soğutkanlar Kullanılarak İki Farklı Soğutma Sisteminin Deneysel Analizi

Gamze BAYRAM<sup>a</sup>, Arzu ŞENCAN ŞAHİN<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, SD Üniversitesi, Isparta, TÜRKİYE

\* Sorumlu yazarın e-posta adresi: [arzusencan@sdu.edu.tr](mailto:arzusencan@sdu.edu.tr)

### **ÖZET:**

Isı eşanjörleri farklı sıcaklıklarda iki veya daha fazla akışkan arasındaki ısı değişimini gerçekleştiren cihazlardır. Konutsal ve endüstriyel uygulamalarda çok çeşitli ısı değiştiricileri kullanılmakta olup bunlar arasında en fazla tercih edilenlerinden biri plakalı ısı eşanjörleridir. Bu çalışmada iki ayrı soğutkanla çalışan ve plakalı ısı eşanjörü kullanılan iki soğutma sistemi imal edilmiştir. Sistemlerde soğutkan olarak R-407C ve R-404A akışkanları kullanılmıştır. Aynı çalışma şartlarında her iki sistemin deneysel analizleri yapılmıştır. Farklı soğutucu akışkanlarla çalışan sistemin performans katsayıları ve plakalı eşanjörün etkenliği incelenmiştir. Sonuç olarak, aynı çalışma şartları için R-404A soğutucu akışkanı kullanılan sistemin soğutma performans katsayısının daha yüksek olduğu görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** Buhar sıkıştırımlı soğutma, plakalı ısı eşanjörü, performans katsayısı, soğutucu akışkanlar

## Experimental Analysis of Two Different Cooling Systems by Using Different Refrigerants in Plate Heat Exchangers

### **ABSTRACT :**

Heat exchangers perform heat exchange between two or more fluids at different temperatures. Heat exchangers are used for residential and industrial applications. One of the more preferred heat exchangers is plate heat exchangers. In this study, cooling system with plate heat exchanger was constructed. R-407C and R-404A were used as refrigerants in the cooling systems. Experimental analyses of both systems in the same operating conditions were carried out. Coefficient of performance of cooling systems and plate heat exchanger effectiveness were investigated. For the same operating conditions, the cooling system with R-404A has coefficient of performance higher.

**Key words:** Vapor compression cooling, plate heat exchanger, performance coefficient, refrigerants

## 1. GİRİŞ

Mühendislik uygulamalarının en önemli ve en çok karşılaşılan işlemlerinden birisi, farklı sıcaklıklardaki iki veya daha fazla akışkan arasındaki ısı değişimidir. Bu değişimin yapıldığı cihazlar genelde ısı eşanjörü olarak adlandırılır. Pratikte çeşitli yerlerde kullanılan ısı eşanjörleri kullanım gayelerine göre değişik konstrüksiyonlarda, kapasitelerde, boyutlarda ve tiplerde olabilmektedirler. Mühendislik uygulamalarında pek çok ısı eşanjörü konstrüksiyonları kullanılmaktadır. Bu tip eşanjörlerde sızdırmazlık, contalar yerine plakaların vakumlu fırınlarda birbirine nikel ya da bakır yardımı ile kaynaklanması sayesinde elde edilir. Şekil 1’de lehimli plakalı ısı eşanjörü görülmektedir.



Şekil 1. Lehimli plakalı ısı eşanjörü

Isı eşanjörlerinin yaygın olarak kullanıldığı alanlardan biri de soğutma uygulamalarıdır. Literatürde plakalı ısı eşanjörlerinden oluşan soğutma sistemlerinin teorik ve deneysel analizleri ile ilgili bazı çalışmalar yapılmıştır [1-6]. Bu çalışmada, soğutma uygulamasında lehimli plakalı ısı eşanjörlerinin kullanıldığı soğutma sisteminin deneysel analizi yapılmıştır. Sistemlerde soğutkan olarak R-407C ve R-404A akışkanları kullanılmıştır. Aynı çalışma şartları için sistemlerin performans katsayıları ve plakalı eşanjörün etkinliği incelenmiştir.

## 2. SOĞUTMA SİSTEMİNİN TERMODİNAMİK ANALİZİ

Soğutma sistemini oluşturan evaporatör ve kondenser aslında bir ısı eşanjörüdür. Bir ısı eşanjöründe ısı geçişi, sadece içindeki akışkanlar arasında olduğu, yani ortama bir ısı kaybının olmadığı kabul edilirse, aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir [8].

$$Q = K \cdot A \cdot \Delta t_m \dots\dots\dots(1)$$

Bu eşitlikte;  $K$  ısı transfer katsayısı,  $A$  ısı değiştiricinin alanı,  $\Delta t_m$  logaritmik sıcaklık farkıdır. Logaritmik sıcaklık farkı aşağıdaki eşitlikten hesaplanır.

$$\Delta t_m = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} \dots\dots\dots(2)$$

Isı eşanjöründe ısı geçişi aşağıdaki eşitlik yardımıyla da hesaplanabilir:

$$Q = \dot{m}_h \cdot c_{ph} \cdot (T_{hg} - T_{hc}) \dots\dots\dots(3)$$

$$= \dot{m}_c \cdot c_{pc} \cdot (T_{cç} - T_{cg}) \dots\dots\dots(4)$$

Bu denklemde:

$\dot{m}_h$  ve  $\dot{m}_c$  : Sırasıyla sıcak ve soğuk akışkanın kütleli debisi (kg/s)

$c_{ph}$  ve  $c_{pc}$  : Sırasıyla sıcak ve soğuk akışkanın özgül ısısı (J/kgK)

$T_{hg}$  ve  $T_{hc}$  : Sırasıyla sıcak akışkanın giriş ve çıkış sıcaklıkları ( $^{\circ}$ C)

$T_{cg}$  ve  $T_{cç}$  : Sırasıyla soğuk akışkanın giriş ve çıkış sıcaklıkları ( $^{\circ}$ C)

Soğutma sistemini oluşturan ısı eşanjörleri ters akımlıdır. Ters akımlı bir eşanjördeki sıcaklık dağılımı Şekil 2’de görülmektedir [7].



Şekil 2. Ters akışlı ısı değiştiricide sıcaklık dağılımı

Isı değiştiricilerin etkenliği aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanabilir.

$$\varepsilon = 1 - \exp(-NTU) \dots\dots\dots(4)$$

Bu denklemde NTU ısı geçiş birimi olup aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$NTU = \frac{K \cdot A}{C_{min}} \dots\dots\dots(5)$$

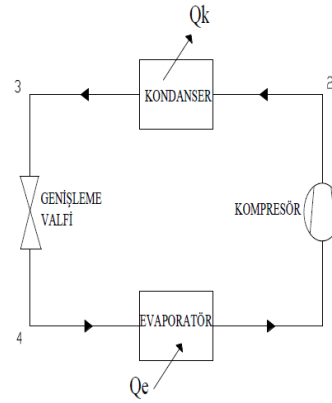
(5) nolu denklemde  $C_{min}$  değerini hesaplamak için sıcak ve soğuk akışkanların ısı kapasite değerleri belirlenir. Sıcak ve soğuk akışkanların ısı kapasiteleri aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$C_h = \dot{m}_h \cdot C_{ph} \dots\dots\dots(6)$$

$$C_c = \dot{m}_c \cdot C_{pc} \dots\dots\dots(7)$$

Ayrıca, sıcak ve soğuk akışkanların soğuması ve ısınması esnasında verilen ve alınan ısılar akışkanların kütleli debileriyle giriş ve çıkış entalpilerinin farkından bulunabilir.

$$Q = \dot{m} \cdot (h_g - h_c) \dots\dots\dots(8)$$



Şekil 3. Buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimi

Şekil 3’ de görülen buhar sıkıştırımlı bir soğutma sisteminde kompresörün çalışma yükü aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$W_{net} = \dot{m}(h_2 - h_1) \dots\dots\dots(9)$$

Soğutma çevriminin performans katsayısı (COP), net soğutma etkisinin kompresör çalışma yüküne oranı olarak tanımlanır ve aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$COP = \frac{Q}{W_{net}} \dots\dots\dots(10)$$

### 3.DENEYSEL ÇALIŞMA

Deneysel çalışmanın amacı, lehimli plakalı ısı eşanjörü kullanılan soğutma sistemi imal etmek ve bu sistemlerin farklı soğutucu akışkanlar ile çalıştırıldığında soğutma etkinlik katsayısının ve kullanılan eşanjörün etkinliğinin nasıl değişeceğini belirlemektir. Bunun için iki ayrı sistem tasarlanmış ve bu sistemde bulunan eşanjörlerde ayrı ayrı iki farklı soğutucu akışkan (R-404A ve R-407C) kullanılmıştır.

Eşanjörlerin çalışma prensibine göre sıcak ve soğuk akışkanlar aynı anda eşanjörde dolaşır ve sıcak akışkandan soğuk akışkana ısı transferi gerçekleşir. Bu deneysel sistemde çalıştırıldığında, soğuk akışkan olan soğutucu akışkan plakalı eşanjöre gelir ve buradan doymuş buhar olarak çıkar ve bir kompresör yardımıyla basıncı artırılarak kondansere basılır. Yüksek basınçta kompresörden çıkan soğutucu akışkan kondansere girer ve burada ısını dış ortama atarak sabit basınçta yoğunlaşır. Yoğuşan akışkan genişleme valfine girer. Genişleme valfinden geçen soğutucu akışkan

sabit entalpide genişerek ıslak buhar haline gelir. Islak buhar halinde eşanjöre giren soğutucu akışkan sıcak akışkanın ısını çekerek buharlaşır. Aynı anda sıcak akışkan olan su, su tankında belli bir dereceye getirilir ve bir pompa yardımıyla eşanjöre gönderilir. Eşanjörde ısını vererek soğur ve eşanjörden çıkıp tekrar su tankına gelir. Şekil 4’te deneylerin yapıldığı buhar sıkıştırma soğutma sistemi ve Şekil 5’te deneylerde kullanılan plakalı ısı eşanjörü görülmektedir.



Şekil 4. Plakalı ısı eşanjöründen oluşan soğutma sistemi



Şekil 5. Deneylerde kullanılan plakalı ısı eşanjörü

Her iki soğutma sisteminin deneylerinde kullanılan çalışma parametreleri Tablo 1’de görülmektedir.

Tablo 1. Deneylerde kullanılan çalışma parametreleri

Parametre	Değer	Birim
Sıcak akışkanın giriş sıcaklığı	20,7	(°C)
Soğuk akışkan giriş sıcaklığı	-30	(°C)
Soğutucu akışkanın özgül ısı kapasitesi (R-404A)	1,269	(kJ/kgK)
Soğutucu akışkanın özgül ısı kapasitesi (R-407C)	1,261	(kJ/kgK)
Suyun özgül ısı kapasitesi	4,188	(kJ/kgK)
Suyun kütleli debisi	0,016	(kg/s)
Isı transfer yüzey alanı	0,31	(m <sup>2</sup> )
Plaka sayısı	28	

#### 4. DENEYSEL ANALİZ SONUÇLARI

Bu çalışmada farklı soğutucu akışkanlarla çalışan iki ayrı soğutma sistemi deneysel olarak tasarlanmış ve imal edilmiştir. Deneysel sistemde evaporatör, lehimli plakalı ısı eşanjörü olarak tasarlanmıştır. Deneyler sırasında her iki sistem için de suyun eşanjöre giriş sıcaklığı 20,7 °C ve suyun kütleli debisi 0,016 kg/s olarak sabit tutulmuştur.

Yapılan deneyler sonucunda R-404A soğutucu akışkanı kullanılan sistemde suyun plakalı eşanjörlü evaporatörden çıkış sıcaklığı 16.1 °C olarak ölçülmüştür. R-407C soğutucu akışkanı kullanılan sistemde ise suyun plakalı eşanjörlü evaporatörden çıkış sıcaklığı 17.7 °C olarak ölçülmüştür. Yapılan deneysel ölçümler ve hesaplamalar neticesinde her iki soğutucu akışkanla çalışan sistem için elde edilen sonuçlar Tablo 2’de verilmiştir.

*Tablo 2. Analiz sonuçları*

	<b>R-404A</b>	<b>R-407C</b>
<b>Soğutma Yüğü (kW)</b>	0,30	0,20
<b>Kompresörde Yapılan İş (kW)</b>	0,12	0,10
<b>Isı Transfer Katsayısı (W/m<sup>2</sup>K)</b>	20,09	11,61
<b>Logaritmik Sıcaklık Farkı (K)</b>	48,42	55,55
<b>NTU</b>	2,3	2,1
<b>Etkenlik</b>	0,90	0,87
<b>COP</b>	2,5	2

Tablo 2’de görüldüğü gibi R-404A soğutucu akışkanı kullanılan sistemde plakalı ısı eşanjörünün etkenliği R-407C soğutucu akışkanın kullanıldığı eşanjörün etkenliğine göre daha yüksek çıkmıştır. Bunun sebebi, R-404A soğutucu akışkanı kullanılan sistemde ısı transfer katsayısının ve dolayısıyla NTU sayısının daha yüksek olmasıdır. Ayrıca aynı çalışma şartları için her iki sistemin performans katsayıları karşılaştırıldığında daha yüksek ısı transfer katsayısına sahip olan R-404A soğutucu akışkanı ile çalışan sistemin performans katsayısının daha yüksek değerlerde olduğu görülmüştür.

## **5. SONUC**

Bu çalışmada farklı soğutkanların kullanıldığı iki ayrı soğutma sistemi deneysel olarak tasarlanmış ve imal edilmiştir. Deneylerde R-404A ve R-407C soğutkanları kullanılmıştır. Deney sonuçlarına göre R-404A soğutkanının kullanıldığı soğutma sisteminin soğutma performans katsayısı 2.5 olarak, R-407C soğutkanının kullanıldığı sistemin soğutma performans katsayısı ise 2 olarak bulunmuştur. Yine deneyler sonucunda R-

404A soğutkanının dolaştığı plakalı ısı eşanjörünün etkenliği 0.90, R-407C soğutkanının dolaştığı plakalı ısı eşanjörünün etkenliği ise 0.87 olarak hesaplanmıştır. Aynı çalışma şartlarında yapılan deneysel çalışma sonucunda R-404A soğutkanıyla çalışan buhar sıkıştırımlı soğutma sisteminde daha yüksek performans değerlerine ulaşıldığı görülmüştür. Bundan sonraki çalışmalarda, değişen çalışma parametreleriyle plakalı ısı eşanjörlü soğutma sisteminin performans değişimleri yine deneysel olarak araştırılmaya devam edecektir.

### ***Teşekkür:***

Bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiştir (Proje no: **3789-YL1-13**).

## **KAYNAKLAR**

- [1] Huang,J.,Sheer,T.J.,McEwan,M.E.,2012. Heat transfer and pressure drop in plate heat exchanger refrigerant evaporators. International journal of refrigeration 35,325-335.
- [2] Mancin,S., Col,D.D., Rossetto,L.,2012. Partial condensation of R407C and R410A refrigerants inside a plate heat exchanger. Experimental Thermal and Fluid Science 36,149–157.
- [3]Finocchiaro,P.,Beccali,M.,Nocke,B.,2012.A dvanced solar assisted desiccant and evaporative cooling system equipped with wet heat exchangers. Solar Energy 86,608–618.
- [4] Khairul,M.A., Saidur,R., Rahman,M.M., Alim M.A., Hossain,A., Abdin, Z.,(2013).Heat transfer and thermodynamic analyses of a helically coiled heat exchanger using different types of nanofluids. International Journal of Heat and Mass Transfer 67,398–403.
- [5] Temizsoy,F., Balaban,D., Dönmez,B.,2012.Borulu ve Plakalı Isı Eşanjörlerin Tipik Uygulama Alanları. Mühendis ve Makine 646,68-73.
- [6] Wang,H., Peterson, R.B.,2011. Performance enhancement of a thermally activated cooling system usingmicrochannel

heat exchangers. Applied Thermal Engineering  
31, 2951-2962.

[7] KILIÇ,B., ŞENCAN,A.,  
SELBAŞ,R.,Plakalı Isı Eşanjörü Kullanılan  
Soğutma Uygulamalarında Soğutma Etkinlik  
Katsayımın Deneysel İncelenmesi, IX.  
ULUSAL TESİSAT MÜHENDİSLİĞİ  
KONGRESİ,245s

[8] Genceli, O., 1999. Isı Degistiricileri.  
Birsen Yayınevi, Istanbul, Turkiye, 424 p.

---