

# PLAKALI ISI EŞANJÖRÜ KULLANILAN SOĞUTMA UYGULAMALARINDA SOĞUTMA ETKİNLİK KATSAYISININ DENEYSEL İNCELENMESİ

Bayram KILIÇ  
Arzu ŞENCAN  
Reşat SELBAŞ

## ÖZET

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 değiştirici olarak adlandırılmakta olup, pratikte termik santrallerde, kimya endüstrilerinde, ısıtma, iklimlendirme, soğutma tesisatlarında, taşıtlarda, elektronik cihazlarda, alternatif enerji kaynaklarının kullanımında, ısı depolanması gibi birçok yerde bulunabilmektedir. Uygulamada çok çeşitli ısı değiştiricileri kullanılmakta olup bunlar arasında en fazla tercih edilenlerinden biri plakalı ısı değiştiricileridir.

Bu çalışmada plakalı ısı değiştirici kullanılan bir soğutma sistemi deneysel olarak tasarlanmış ve imal edilmiştir. Sistem kapalı ve açık olmak üzere iki farklı şekilde çalışmaktadır. Sistemde dolaşan akışkan çevrimini tamamladığında soğuk su toplama tankına dönüyorsa kapalı sistem, çevrimini tamamlayan akışkan soğuk su toplama tankına dönmeyip dışarıya atılıyorsa açık sistem olarak adlandırılmıştır. Deneysel sistemdeki plakalı ısı değiştirici, farklı sıcaklık ve debi değerlerinde analizlere tabi tutulmuştur. Farklı çalışma şartlarındaki sistemin soğutma etkinlik katsayıları belirlenerek grafikler halinde sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Plakalı ısı eşanjörü, Enerji, Soğutma etkinlik katsayısı, Soğutma.

## ABSTRACT

Engineering applications of the most important and most common operation, two or more different temperatures is the heat exchange between the fluids. This change in the devices, usually as heat exchangers are known, and in practice, thermal power plants, in chemical industry, heating, air conditioning, refrigeration equipment, the motor vehicles, electronic devices, alternative energy sources in use, such as heat storage in many places it can be. In practice a wide variety of heat exchangers are used, and they heat exchanger plates are one of the most preferred.

In this study, heat exchanger plates used as an experimental cooling system was designed and manufactured. Closed and open systems to operate in two different ways. Complete the cycle when circulating in the system flowing back to the cold water tank is a closed system, completing the cycle back to the flowing cold water tank is not as open systems as laid out was called. Experimental heat exchanger plates in the system, different temperature and flow rate values has been subject to analysis. Cooling efficiency of the system in different working conditions are determined coefficients are presented in graphs.

**Key Words:** Plate heat exchanger, Energy, COP, Cooling.

## 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 değiştirici olarak adlandırılmakta olup, pratikte termik santrallerde, kimya endüstrilerinde, ısıtma, iklimlendirme, soğutma tesisatlarında, taşıtlarda, elektronik cihazlarda, alternatif enerji kaynaklarının kullanımında, ısı depolanması gibi birçok yerde bulunabilmektedir.

60 yıl önce geliştirilmiş olan plakalı ısı değiştiriciler, bu süre içerisinde pek çok uygulamalar ile kullanım alanlarını sürekli geliştirmişlerdir. Özellikle son 20 yıl içerisinde üretim metotlarında meydana gelen gelişmelere kaynaklı tip plakalı ısı değiştiricilerinde geliştirilmesi mümkün olmuştur.

Bu çalışmada da kullanılan lehimli plakalı ısı değiştiriciler, standart conta plakalı ısı değiştiricilerin bir başka versiyonudur. Özellikle yüksek basınç ve sıcaklıklarda daha düşük maliyetli bir alternatif oluşturmaktadır. Conta plakalı ısı değiştirici gibi dalgalı paterne sahip plaka oluşan bir plaka paketinden meydana gelir. Ancak burada contalar bulunmaz. Ayrıca sıkıştırmayı sağlayan sapmalar ve baskı plakalarında mevcut değildir. Bunun yerine sızdırmazlık plakaların vakumlu fırınlarında birbirine nikel ya da bakır yardımı ile kaynaklanması sayesinde elde edilir. Diğer plakalı ısı değiştiricilerde olduğu gibi elde edilen yüksek türbülans, ısı transfer verimini arttırdığı gibi, kirlenmenin önlenmesini de sağlar. Lehimli plakalı ısı değiştiricileri ısıtma, soğutma, havalandırma ve endüstriyel uygulamalarda geleneksel ısı değiştiricilere göre aşağıdaki gibi pek çok avantaj getirmektedir.

- Çok yüksek ısı transfer katsayısı sebebiyle, lehimli plakalı ısı değiştiriciler kompakt yapısı ile sınırlı hacimlerde rahatlıkla kullanılabilirler.
- Lehimli üniteler conta içermediklerinden, yüksek basınç ve/veya sıcaklık bulunan görevlerde rahatlıkla çalışabilirler.
- Seri olarak imal edildiklerinden standart plaka sayıları ile ihtiyaç duyulduğunda çok daha kısa sürelerde temin edilebilirler.

Şekil 1'de lehimli plakalı bir ısı eşanjörünün yapısı görülmektedir.



**Şekil 1.** Lehimli Plakalı Isı Eşanjörünün Yapısı

Isı eşanjöründe transfer edilen ısı miktarının düşmesi ısı eşanjörünün performansının düşmesine neden olur. Bu da ısı eşanjörü kullanan sistemde kapasite kaybı anlamına gelmektedir. Isı transferinin iyileştirilmesi, sistem boyutlarının uygun ölçülerde tutulmasına ve dolayısıyla sistem maliyetinin ve işletme giderlerinin azaltılmasına olanak sağlar. Bu çalışmada, lehimli plakalı ısı eşanjörü kullanılan bir

soğutma sistemi deneysel olarak tasarlanarak imal edilmiş ve soğutma sisteminin performans karakteristikleri incelenmiştir.

## 2. TERMODİNAMİK ANALİZ

Bir ısı eşanjöründeki ısı geçişi, sadece içindeki akışkanlar arasında olduğu, yani ortama bir ısı kaybının olmadığı kabul edilirse, aşağıdaki bağıntılarla yazılabilir:

$$\dot{Q} = K.A.\Delta t_m \quad (1)$$

Sıcak ve soğuk akışkanların soğuması ve ısınması esnasında verilen ve alınan ısılar, akışkanların kütleli debileri ile giriş ve çıkış entalpilerinin farkından bulunabilir ve aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot (h_{cg} - h_{cç}) \quad (2)$$

Isının alınması ve verilmesi durumunda akışkanların sıcaklıkları değişiyor ise, geçen ısı miktarı:

$$\dot{Q} = \dot{m}_h \cdot c_{ph} (t_{hg} - t_{hç}) = \dot{m}_c \cdot c_{pc} (t_{cç} - t_{cg}) \quad (3)$$

şeklinde yazılabilir. 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  $t_{hç}$ : Sırasıyla sıcak akışkanın giriş ve çıkış sıcaklıkları (°C)

$t_{cg}$  ve  $t_{cç}$ : Sırasıyla soğuk akışkanın giriş ve çıkış sıcaklıkları (°C)

Ortalama logaritmik sıcaklık farkı değeri, ısı eşanjöründe akışın türüne göre belirlenmektedir. Ortalama logaritmik sıcaklık farkı ( $\Delta t_m$ ) aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$\Delta t_m = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} \quad (4)$$

Son eşitlik Denklem (1)'e taşınırsa:

$$\dot{Q} = \frac{K.A.(\Delta t_1 - \Delta t_2)}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} \quad (5)$$

ifadesi elde edilir.

Soğutma sisteminin soğutma performans katsayısı (COP) aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$COP = \frac{\dot{Q}}{\dot{W}} \quad (6)$$

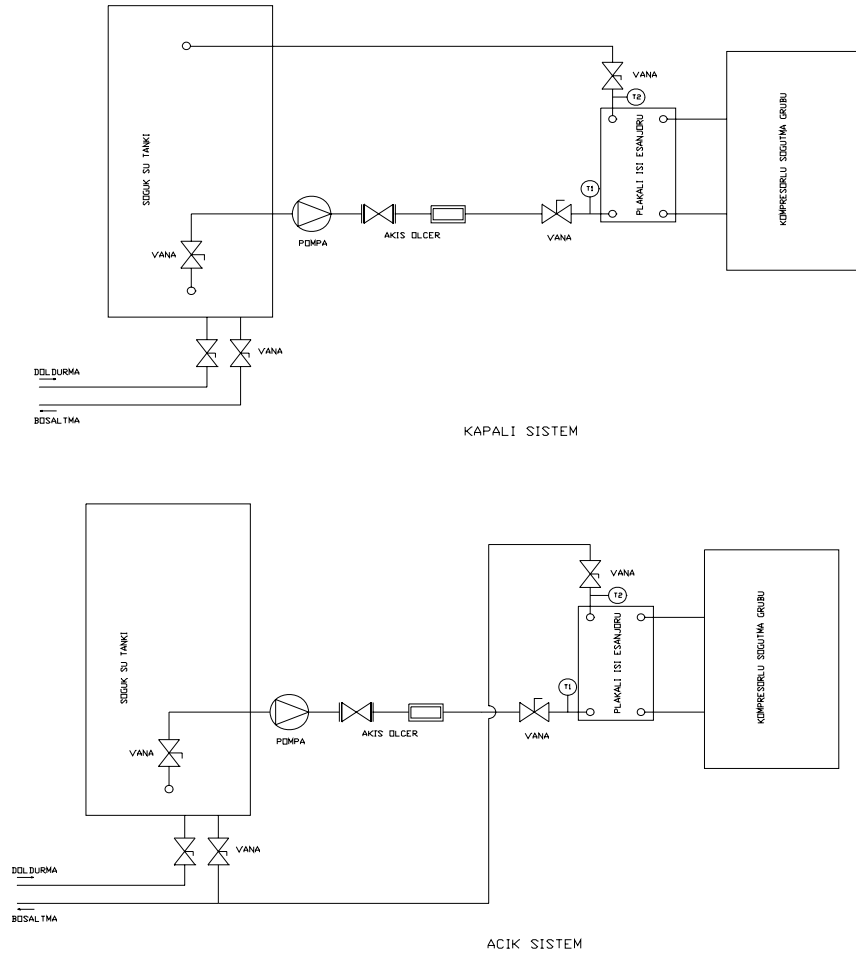
### 3. DENEYSEL ANALİZ

Deneyel çalışmanın amacı, lehimli plakalı ısı eşanjörü kullanılan soğutma sistemi imal etmek ve lehimli plakalı ısı eşanjörü kullanılan bir soğutma sisteminin soğutma etkinlik katsayısını belirlemektir. Bu amaçla oluşturulan deney cihazı iki farklı çalışma durumu için tasarlanmıştır. Deney cihazı; soğutma amaçlı kapalı sistem ve soğutma amaçlı açık sistem olmak üzere iki farklı şekilde çalışabilmektedir. Kurulan deneyel sistem Şekil 2' de görülmektedir.



Şekil 2. Deney Cihazı

Deney setinde lehimli plakalı ısı eşanjöründe sıcak akışkandan soğuk akışkana ısının aktarıldığı devre, sekonder devre; soğuk akışkanın sıcak akışkandan ısı aldığı devre ise primer devre olarak isimlendirilmiştir. Deneyel sistem soğutma amaçlı çalıştırıldığında; soğuk su tankındaki su, bir pompa vasıtasıyla soğutma sistemine ait ayrı bir lehimli plakalı ısı eşanjörüne gönderilir. Lehimli plakalı ısı eşanjörüne soğuk su tankından gelen suyun ısı, ayrı bir kompresörlü soğutma grubunda dolaşan soğutucu akışkana aktarılır. Dolayısıyla lehimli plakalı eşanjörden soğumuş olarak çıkan su, tekrar soğuk su tankına döner. Eşanjörden çıkan suyun ısını alarak ısınan soğutucu akışkan, tekrar kompresörlü soğutma grubuna gelir ve burada tekrar soğutulur. Soğutma sisteminde soğutucu akışkan olarak R-12 kullanılmıştır. Soğutma sistemi hava soğutmalı kondensere sahiptir.



**Şekil 3.** Deney cihazı şematik gösterimi

Soğutma amaçlı olarak dizayn edilen deney düzeneğinde; sekonder devre olarak isimlendirilen yani sıcak akışkanın soğuk akışkana ısısını verdiği devrede; sistemde dolaşan akışkan çevrimini tamamladığında sıcak su toplama tankına dönüyorsa kapalı sistem, çevrimini tamamlayan akışkan soğuk su toplama tankına dönmeyip dışarıya atılıyorsa açık sistem olarak adlandırılmıştır.

Deneysel sistemin soğutma amaçlı ve kapalı sistem olarak çalıştırılması esnasında da üç farklı debi kullanılmıştır. İlk deney  $0,94 \text{ m}^3/\text{h}$ , ikinci deney  $1,37 \text{ m}^3/\text{h}$  ve üçüncü deney  $1,73 \text{ m}^3/\text{h}$  değerlerinde yapılmıştır. Deneysel sistemin soğutma amaçlı ve açık sistem olarak çalıştırılması esnasında yine iki farklı debi kullanılmıştır. İlk deney  $1,12 \text{ m}^3/\text{h}$ , ikinci deney  $1,14 \text{ m}^3/\text{h}$  değerlerinde yapılmıştır. Soğutma amaçlı çalıştırılan deney düzeneğindeki ısı eşanjörü, Şekil 3'de görüldüğü gibi 6 adet plakadan oluşan kaynaklı plakalı ısı eşanjörü olarak tasarlanmıştır. Deneysel sistemde kullanılan plakalı ısı eşanjörü ters akımlıdır. Plakalı ısı eşanjörünün özellikleri Tablo 1' de verilmiştir.

**Tablo 1.** Plakalı Isı Eşanjörünün Özellikleri

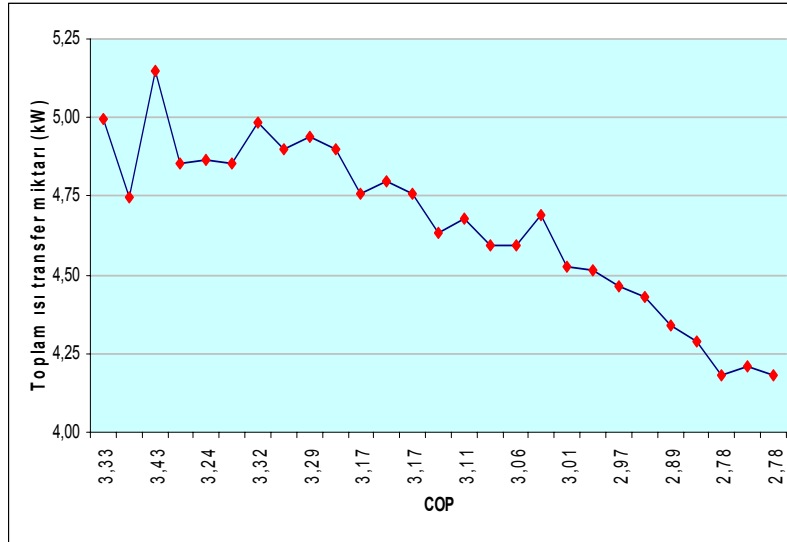
Toplam plaka sayısı	6
Toplam ısı transfer alanı	$0,63 \text{ m}^2$
Plaka malzemesi	0,5 mm kalınlığında paslanmaz çelik (AISI 316)
Dizayn sıcaklığı	$-50/195 \text{ }^\circ\text{C}$
Dizayn basıncı	30/45 bar



Şekil 4. Plakalı Isı Eşanjörü

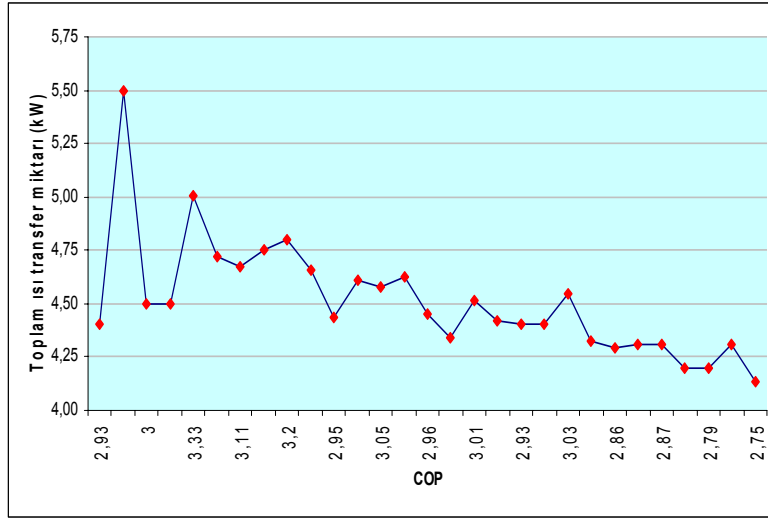
#### 4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Soğutma amaçlı ve kapalı sistem olarak çalıştırılan deney düzeneğindeki lehimli plakalı ısı eşanjöründeki toplam ısı transfer miktarına bağlı olarak, soğutma sistemi performans katsayısı değişimleri Şekil 4'de verilmiştir. Lehimli plakalı ısı eşanjöründeki toplam ısı transferindeki azalmayla soğutma performans katsayısının da azaldığı görülmektedir.



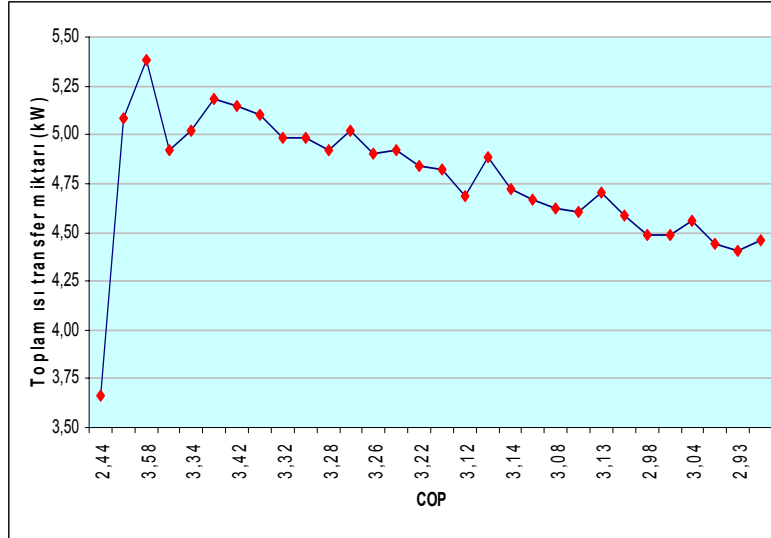
Şekil 5. Toplam Isı Transfer Miktarına Bağlı Olarak Soğutma Etkinlik Katsayısı Değişimi (Soğutma Amaçlı ve Kapalı Sistem, Debi Değeri=0,94 m<sup>3</sup>/h)

Soğutma amaçlı ve kapalı sistem olarak çalıştırılan deney düzeneğindeki lehimli plakalı ısı eşanjöründeki toplam ısı transfer miktarına bağlı olarak, soğutma sistemi performans katsayısı değişimleri Şekil 5'de verilmiştir. Lehimli plakalı ısı eşanjöründeki toplam ısı transferindeki azalmayla soğutma performans katsayısının da azaldığı görülmektedir.



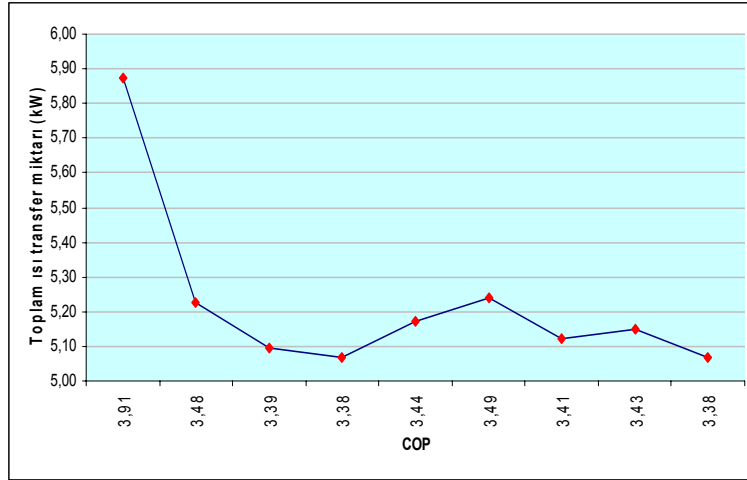
**Şekil 6.** Toplam Isı Transfer Miktarına Bağlı Olarak Soğutma Etkinlik Katsayısı Değişimi (Soğutma Amaçlı ve Kapalı Sistem, Debi Değeri=1,37 m<sup>3</sup>/h)

Soğutma amaçlı ve kapalı sistem olarak çalıştırılan deney düzeneğindeki lehimli plakalı ısı eşanjöründeki toplam ısı transfer miktarına bağlı olarak, soğutma sistemi performans katsayısı değişimleri Şekil 6'de verilmiştir. Lehimli plakalı ısı eşanjöründeki toplam ısı transferindeki azalmayla soğutma performans katsayısının da azaldığı görülmektedir.



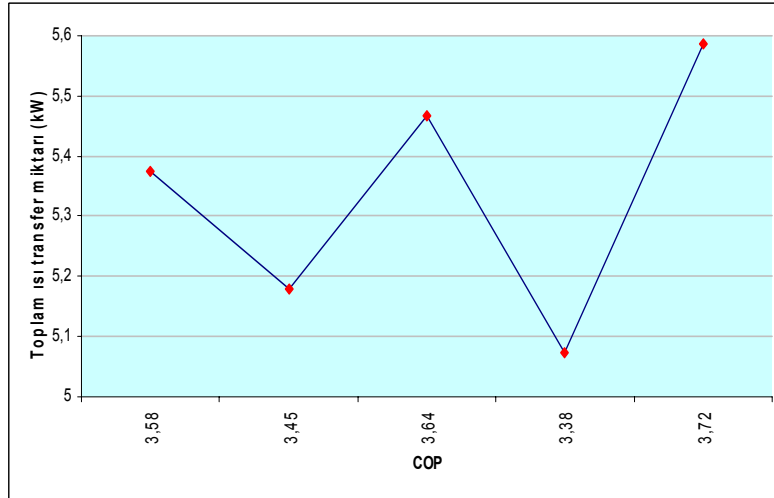
**Şekil 7.** Toplam Isı Transfer Miktarına Bağlı Olarak Soğutma Etkinlik Katsayısı Değişimi (Soğutma Amaçlı ve Kapalı Sistem, Debi Değeri=1,73 m<sup>3</sup>/h)

Soğutma amaçlı ve açık sistem olarak çalıştırılan deney düzeneğindeki lehimli plakalı ısı eşanjöründeki toplam ısı transfer miktarına bağlı olarak, soğutma sistemi performans katsayısı değişimleri Şekil 7'de verilmiştir. Lehimli plakalı ısı eşanjöründeki toplam ısı transferindeki azalmayla soğutma etkinlik katsayısının azaldığı, toplam ısı transfer miktarında artış olduğunda da ise soğutma etkinlik katsayısının da arttığı görülmektedir.



**Şekil 8.** Toplam Isı Transfer Miktarına Bağlı Olarak Soğutma Etkinlik Katsayısı Değişimi (Soğutma Amaçlı ve Açık Sistem, Debi Değeri=1,12 m<sup>3</sup>/h)

Soğutma amaçlı ve açık sistem olarak çalıştırılan deney düzeneğindeki lehimli plakalı ısı eşanjöründeki toplam ısı transfer miktarına bağlı olarak, soğutma sistemi performans katsayısı değişimleri Şekil 8'de verilmiştir. Lehimli plakalı ısı eşanjöründeki toplam ısı transferindeki azalmayla soğutma etkinlik katsayısının azaldığı, toplam ısı transfer miktarında artış olduğunda da ise soğutma etkinlik katsayısının da arttığı görülmektedir.



**Şekil 9.** Toplam Isı Transfer Miktarına Bağlı Olarak Soğutma Etkinlik Katsayısı Değişimi (Soğutma Amaçlı ve Açık Sistem, Debi Değeri=1,14 m<sup>3</sup>/h)

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada lehimli plakalı ısı eşanjörü kullanılan bir soğutma sistemi deneysel olarak tasarlanmış ve imal edilmiştir. Deneysel sistemdeki lehimli plakalı ısı eşanjörü, farklı sıcaklık ve debi değerlerinde analizlere tabi tutularak soğutma sisteminin soğutma etkinlik katsayısına olan etkileri incelenmiştir. Deneysel analizlerde lehimli plakalı ısı eşanjöründe sıcak ve soğuk akışkanlar arasındaki ısı transferi miktarı, akışkanın debi değerinin ve sıcak su giriş sıcaklığının artmasıyla artmaktadır. Isı transfer miktarındaki artış soğutma sisteminin soğutma etkinlik katsayısının artmasına neden olmaktadır. Soğutma amaçlı kapalı ve açık sistem olarak çalıştırılan deney düzeneğindeki lehimli plakalı ısı eşanjöründeki toplam ısı transfer miktarına bağlı olarak, soğutma sistemi performans katsayısı



değişimleri şekillerle verilmiştir. Lehimli plakalı ısı eşanjöründeki toplam ısı transferindeki azalmayla soğutma etkinlik katsayısının azaldığı, toplam ısı transfer miktarında artış olduğunda ise soğutma etkinlik katsayısının da arttığı görülmektedir. Örneğin yapılan analizde en yüksek soğutma performans katsayısı değeri, soğutma amaçlı açık sistem deneyinde 5.87 kW ısı transfer miktarına karşılık gelen değer olan 3,91 olarak tespit edilmiştir.

Plakalı ısı eşanjörlerinin kullanıldığı kimya, petrokimya endüstrileri, termik santraller, ısıtma, soğutma, ve iklimlendirme vb. tesislerde enerji verimliliğinin artırılması ve dolayısıyla enerji ekonomisine katkı sağlanabilmesi için ısı eşanjörlerin optimum çalışma şartlarının tespit edilmesi büyük önem taşımaktadır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, 107M004 nolu proje kapsamında TÜBİTAK Hızlı Destek Programı tarafından desteklenmiştir. Yazarlar mali destek imkanlarından dolayı, TÜBİTAK Kurumu'na teşekkür eder.

## 6. KAYNAKLAR

- [1] Zhu, J., Zhang, W., "Optimization Design of Plate Heat Exchangers for Geothermal District Heating Systems", *Geothermics*, 33, 337-347, 2003.
- [2] Jegla, Z., Stehlik, P., Kohoutek, J., "Alternative Approach in Optimization of Plate Type Heat Exchangers", *Heat Transfer Engineering*, 25(5), 6-15, 2004.
- [3] Wen, J., Li, Y., Zhou, A., Zhang, K., "An experimental and numerical investigation of flow patterns in the entrance of plate-fin heat exchanger", *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 49, 1667-1678, 2006.
- [4] Yüncü, H., Kakaç, S., "Temel Isı Transferi", Bilim Yayıncılık, Ankara, 1999.
- [5] Li, H., Kottke, V., "Visualization and Determination of Local Heat Transfer Coefficients in Shell-and-Tube Heat Exchangers for Staggered Tube Arrangement by Mass Transfer Measurements", *Exp. Therm. Fluid Sci.* 17, 210-216, 1998.
- [6] Babu, B.V., Mohiddin, S.B., "Automated Design of Heat Exchangers Using artificial Intelligence Based Optimization, in: Proceedings of the International Symposium and 52nd Annual Session of IChE (CHEMCON 99), Panjab University, Chandigarh, December 20-23, 1999.
- [7] Cornelissen, R.L., Hirs, G.G., "Thermodynamic Optimization of a Heat Exchanger", *Int. J. Heat Mass Transf.* 42, 951-959, 1999.
- [8] Martin, H., "Heat Exchangers", Hemisphere Publishing Corporation, Washington, USA, 1992.
- [9] Mills, A. F., "Heat Transfer", 2nd ed., Prentice-Hall, New Jersey, USA, 1999.
- [10] Flamensbeck, M., Summerer, F., Riesch, P., Ziegler, F., Alefeld, G., "A Cost Effective Absorption Chiller with Plate Heat Exchangers Using Water and Hydroxides", *Applied Thermal Engineering*, 18(6), 413-425, 1998.
- [11] Franco, A., Giannini, N., "Optimum Thermal Design of Modular Compact Heat Exchangers Structure for Heat Recovery Steam Generators", *Applied Thermal Engineering*, 25, 1293-1313, 2004.
- [12] Genceli, O., "Isı Değiştiricileri", Birsen Yayınevi, İstanbul, Türkiye, 1999.
- [13] <http://www.mit-phe.com>
- [14] <http://www.ekinendustriyel.com>

## ÖZGEÇMİŞ

### Bayram KILIÇ

1978 yılında İstanbul'da doğdu. 2006 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Tesisat Öğretmenliği bölümünden mezun oldu. 2008 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Ana Bilim Dalında yüksek lisansını tamamladı. Halen Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bucak Emin Gülmez Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulunda öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır.

### Arzu ŞENCAN

1975 yılında Isparta'da doğdu. 1996 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 1999 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek lisansını, 2004 yılında doktorasını tamamladı. Halen Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümünde Doç. Dr. olarak görev yapmaktadır.

### Reşat SELBAŞ

1963 yılında Isparta'da doğdu. 1987 yılında Akdeniz Üniversitesi, Isparta Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği bölümünden mezun oldu. 1989 yılında Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalında yüksek lisansını, 1998 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalında doktorasını tamamladı. Halen Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümünde Yrd. Doç. Dr. olarak görev yapmaktadır.