



**BİRLEŞİK GAZ YAKICI CİHAZLARDAKİ İDEAL PLAKA TİP ISI
DEĞİŞTİRİCİNİN DENEYSEL OLARAK BELİRLENMESİ**

Yalım GÜLTEKİN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

OCAK 2020

Yalım GÜLTEKİN tarafından hazırlanan “BİRLEŞİK GAZ YAKICI CİHAZLARDAKİ İDEAL PLAKA TİP ISI DEĞİŞTİRİCİNİN DENEYSEL OLARAK BELİRLENMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Halil İbrahim VARİYENLİ

Enerji Sistemleri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Başkan: Prof. Dr. Adnan SÖZEN

Enerji Sistemleri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye: Doç. Dr. İhsan TOKTAŞ

Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Tez Savunma Tarihi: 13/01/2020

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Yalın GÜLTEKİN

13/01/2020

BİRLEŞİK GAZ YAKICI CİHAZLARDAKİ İDEAL PLAKA TİP ISI DEĞİŞTİRİCİNİN DENEYSEL OLARAK BELİRLENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Yalım GÜLTEKİN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ocak 2020

ÖZET

Bu çalışmada ticari olarak piyasada bulunan 6,12 ve 16 chevron tipi plakalı ısı değiştiriciler için deneysel set kurulmuştur. Belirtilen deney setinde istenilen parametrelerin ölçümü için gerekli ölçüm aletleri deney setine eklenmiştir. Yapılan deneylerde akışkan olarak saf su kullanılmıştır. Deney setinde ideal plakalı tip ısı değiştiricisinin deneysel olarak belirlenmesi konusunda çalışılmış ve sonuçlar toplam ısı transferi (U), genel ısı transferi (Q) ve plakalı ısı değiştiricinin ısıtılan aşkından kısmından çıkan sıcak suyun konveksiyon katsayısı ($h_{\text{sıcak}}$) ile irdelenmiştir. Çalışmada ilk olarak plakalı ısı değiştiriciler teknik özelliklerinde belirtilen şartlarda maruz bırakılıp doğrulama çalışması yapılmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında ise plakalı ısı değiştiriciler 3,4,5,6,7 L/dak debilerde (U), (Q) ve ($h_{\text{sıcak}}$) parametreleri elde etmek için test edilmişlerdir. Deneyler dörder kere tekrar edilmiştir. Deneylerin sonucunda ısı değiştiriciler genel ısı transferi incelendiğinde 3 L/dak dışında diğer bütün değerlerde en düşük değer 16 plakalı ısı değiştirici tarafından sağlanmıştır. Isı değiştiriciler toplam ısı transferi bakımından incelendiğinde 4 L/dak dışında diğer bütün değerlerde en yüksek değer 16 plakalı ısı değiştirici tarafından sağlanmıştır. Isı değiştiriciler plakalı ısı değiştiricinin ısıtılan kısmından çıkan sıcak suyun konveksiyon katsayısı bakımından incelendiğinde bütün değerlerde en yüksek değer 16 plakalı ısı değiştirici tarafından sağlanmıştır. Kullanılan plakalı ısı değiştiricilerde istenilen parametrelerde en düşük sonuçlar 12 plakalı ısı değiştiricide gözlenmiştir. Çalışma sonucunda 16 plakalı ısı değiştiricisinin değişken debilerde en ideal sonuçları verdiği gözlenmiştir.

Bilim Kodu : 708.3.015

Anahtar Kelimeler : Gaz Yakıcı Sistemlerde Isı Değiştiriciler, Kombilerde Isı Değiştiriciler, Plakalı Isı Değiştirici, Deneysel Isı Transferi

Sayfa Adedi : 55

Danışman : Dr.Öğretim Üyesi Halil İbrahim VARIYENLİ

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE PLATE HEAT EXCHANGER FOR
VOLUMETRIC FLOW AND FLUID CHANGE OF COMBI BOILERS OR SIMILAR
GAS FUEL COMBUSTION SYSTEMS

(M. Sc. Thesis)

Yalım GÜLTEKİN

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

January 2020

ABSTRACT

In this study, experimental set for 6,12 and 16 chevron type plate heat exchangers (PHX) commercially available was established. In the specified test set, necessary instruments for measuring the desired parameters were added to the experimental setup. In the experiments, pure water was used as a working fluid. Experimental determination of ideal PHX was studied in the experiment set and the results were examined with total heat transfer (U), general heat transfer (Q) and convection coefficient (h) of hot water exiting the heated part of the PHXs. First PHXs technical verification study were done under the conditions specified in the technical specifications. In the second stage, PHXs were tested to obtain parameters (U), (Q) and (h_{hot}) at flow rates of 3, 4, 5, 6, 7 L /min. Experiments were repeated four times. As a result of the experiments, when the general heat transfer of PHXs was examined, the lowest value was obtained by 16 plate heat exchanger at all values except 3 L / min. The PHXs were examined in terms of total heat transfer, the highest value was obtained by 16 plate HX in all other values except 4 L / min. The PHXs examined in terms of the convection coefficient of hot water exiting from the heated part of the plate heat exchanger, the highest value in all values is provided by the 16 plate HX. As a result of the study, it was observed that the 16 plate HX gives the most ideal results at variable flow rates.

Science Code : 708.3.015

Key Words : Heat Exchangers in Gas Combustion Systems, Heat Exchangers in Combi Systems, Plate Heat Exchangers, Experimental Heat Transfer

Page Number : 55

Supervisor : Asst. Prof. Halil İbrahim VARIYENLİ

TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanması sürecinde bana her konuda destek olup, anlayış gösteren üzerimde büyük emeği olan danışmanım sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Halil İbrahim VARİYENLİ'ye çalışmanın sonuca ulaştırılmasında ve karşılaşılan güçlüklerin aşılmasında yol gösterici olduğu için en içten dileklerim ile teşekkür ederim. Bu çalışmam esnasında desteğini benden esirgemeyen ve laboratuvar çalışmamda emeği büyük olan Türk Hava Kurumu Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nden Dr. Öğr. Üyesi Ataollah KHANLARI hocama teşekkürü bir borç bilirim

Gazi Üniversitesi 'nde yaptığım akademik çalışmalar ile birlikte eş zamanlı sürdürdüğüm bir diğer Yüksek Lisans Tez çalışmamın olduğu Başkent Üniversitesi Mühendislik Fakültesi'ne bağlı Makine Mühendisliği Bölümü'ndeki danışmanım sayın hocam Prof. Dr. Tahir YAVUZ'a bu ikili süreçte gösterdiği sonsuz desteği ve anlayışı için teşekkürü bir borç bilirim.

Değerli jüri üyeleri hocalarım Prof. Dr. Adnan SÖZEN ve Doç. Dr. İhsan TOKTAŞ'a tezime katkıda bulundukları için teşekkür ederim.

Benim her zaman yanımda olup bu ikili süreçte bana sonuz hoşgörü ve destek gösteren ve zaman zaman elimde olmadan üzdüğüm sevgili çekirdek ailem annem Doç. Dr. Nevin TURGUT GÜLTEKİN 'e ve babam Prof. Dr. Ahmet Tanju GÜLTEKİN 'e en derin saygı, özür ve teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım süresince bana gerek teknik gerek moral desteği veren dostlarım Ene. Sis. Yük. Müh. Alper KARAKOÇ, İnş. Müh. Burak ASLANTÜRK, Kim. Müh. Batuhan ENER ve saygıdeğer eşi Psk. Dan. Hümeysra YILDIZ ENER, Yaz. Müh. Enes Kaan KORUKLUOĞLU'na ve Gülден VATANSEVER'e, E. E. Müh. Onur KOYUNCU, Orkun ÖZKAN 'a, kuzenim Vet. Dr. Yağmur TURGUT 'a ve sayın büyüklerim Prof. Dr. Sümer ŞAHİN, Prof. Dr. Zuhale ÖZCAN saygıdeğer eşi Yük. Mim. Mustafa Veysi ÖZCAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	ix
RESİMLERİN LİSTESİ	x
HARİTALARIN LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	3
3. BİLEŞİK GAZ YAKICI CİHAZLAR VE ISI DEĞİŞTİRİCİLER	7
3.1. Bileşik Gaz Yakıcı Cihazlar	7
3.1.1. Bireysel ısıtma sistemlerin avantajları	8
3.2. Isı Değiştiricilerin Tarihçesi.....	9
3.3. Isı Değiştiricilerde Verim.....	11
3.3.1. Isı değiştiricilerde verimin hesaplanması.....	11
3.3.2. Verimin ifadesinde kullanılan diyagramlar.....	12
3.4. Isı Değiştirici Tipleri	12
3.5. Plakalı Isı Değiştiricilerin Avantajları	19
4. ETOD VE YÖNTEM	25
4.1. Plakalı Isı Değiştiricilerin Özellikleri	26
4.2. Teorik Hesaplar	26

4.3. Deneyler	28
5. BULGULAR, SONUÇ VE ÖNERİLER.....	29
5.1. Bulgular.....	29
5.2. Aynı debide ve farklı sıcaklıklarda $h_{sıcak}$, Q ve U değerleri	29
5.2.1. 3L/dak için $h_{sıcak}$ (W/m ² K), Q(W) ve U(W/m ² K) değerleri.....	29
5.2.2. 4L/dak için $h_{sıcak}$ (W/m ² K), Q(W) ve U(W/m ² K) değerleri.....	31
5.2.3. 5L/dak için $h_{sıcak}$ (W/m ² K), Q(W) ve U(W/m ² K) değerleri.....	32
5.2.4. 6L/dak için $h_{sıcak}$ (W/m ² K), Q(W) ve U(W/m ² K) değerleri.....	34
5.2.5. 7L/dak için $h_{sıcak}$ (W/m ² K), Q(W) ve U(W/m ² K) değerleri.....	35
5.3. Aynı debide yapılan ve averaj sıcaklık değerlerinde $h_{sıcak}$, Q ve U değerleri	39
5.3.1. 8 plakalı ısı değiştirici için değerler	39
5.3.2. 12 Plakalı ısı değiştirici için deney sonuçları	42
5.3.3. 16 Plakalı ısı değiştirici için deney sonuçları	44
5.4. Sonuçlar.....	47
5.4.1. Debiler için Q değerinin irdelenmesi	47
5.4.2. Plakalar için sıcaklıkta ve debilerde yapılan deneyler ve averaj değerleri	48
5.5 Öneriler	49
KAYNAKLAR	51
ÖZGEÇMİŞ	54

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1.Yapısına ve geometrisine göre ısı değıştiriciler.....	16
Çizelge 3.2. Contalı plakalı ve gövde-boru tipi ısı değıştiriciler arasındaki farklar	23
Çizelge 4.1. Plakalı ısı değıştiricilerin ölçüleri	26
Çizelge 5.1. 8 Plakalı ısı değıştirici ortalama değeri	41
Çizelge 5.2. 12 Plakalı ısı değıştirici ortalama değeri	44
Çizelge 5.3. 16 Plakalı ısı değıştirici ortalama değeri	46
Çizelge 5.4. Plakalı ısı değıştiricilerin Q parametresine göre sıralanması.....	47
Çizelge 5.5. Plakalı ısı değıştiricilerin U parametresine göre sıralanması.....	47
Çizelge 5.6. Plakalı ısı değıştiricilerin $h_{sıcak}$ parametresine göre sıralanması	48

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. A Paralel akış, B ters akış ve C çoklu akış şemaları.....	14
Şekil 3.2. Plakalı ısı değiştiricisi parçaları.....	18
Şekil 3.3. Plaka tipi contalı ısı değiştirici örnekleri	19
Şekil 3.4. Plaka boyunca a) Paralel oluklarda akış b) Çapraz oluklarda akış.....	20
Şekil 3.5. Aynı kapasitede boru tipi ve plakalı ısı değiştiricilerin boyut farkı	20
Şekil 3.6. Plakalı ısı değiştiricilerde chevron-tipi oluklar.....	21
Şekil 4.1. Deney setinin şematik gösterimi.....	25
Şekil 4.2. Plakalı ısı değiştirici çizimi	26
Şekil 5.1. 3L/dak ile plakalı ısı değiştiricinin soğuk tarafındaki akışkanın konveksiyon katsayısındaki ($h_{sıcak}$) değişim.....	29
Şekil 5.2. 3L/dak ile plakalı ısı değiştiricinin soğuk tarafına giren akışkanın ısı (Q) miktarındaki değişim.....	30
Şekil 5.3. 3L/dak ile plakalı ısı değiştiricinin soğuk tarafına giren akışkanın toplam ısı transferi katsayısı (U) miktarındaki değişim	30
Şekil 5.4. 4L/dak ile plakalı ısı değiştiricinin soğuk tarafındaki akışkanın konveksiyon katsayısındaki ($h_{sıcak}$) değişim.....	31
Şekil 5.5. 4L/dak ile plakalı ısı değiştiricinin soğuk tarafına giren akışkanın ısı (Q) miktarındaki değişim.....	31
Şekil 5.6. 4L/dak ile plakalı ısı değiştiricinin soğuk tarafına giren akışkanın toplam ısı transferi katsayısı (U) miktarındaki değişim	32
Şekil 5.7. 5L/dak ile plakalı ısı değiştiricinin soğuk tarafındaki akışkanın konveksiyon katsayısındaki ($h_{sıcak}$) değişim.....	32
Şekil 5.8. 5L/dak ile plakalı ısı değiştiricinin soğuk tarafına giren akışkanın ısı (Q) miktarındaki değişim.....	33
Şekil 5.9. 5L/dak ile plakalı ısı değiştiricinin soğuk tarafına giren akışkanın toplam ısı transferi katsayısı (U) miktarındaki değişim	33
Şekil 5.10. 6L/dak ile plakalı ısı değiştiricinin soğuk tarafındaki akışkanın konveksiyon katsayısındaki ($h_{sıcak}$) değişim.....	34

Şekil	Sayfa
Şekil 5.11. 6L/dak ile plakalı ısı değiştiricinin soğuk tarafına giren akışkanın ısı (Q) miktarındaki değişim.....	34
Şekil 5.12. 6L/dak ile plakalı ısı değiştiricinin soğuk tarafına giren akışkanın toplam ısı transferi katsayısı (U) miktarındaki değişim	35
Şekil 5.13. 7L/dak ile plakalı ısı değiştiricinin soğuk tarafındaki akışkanın konveksiyon katsayısındaki ($h_{sıcak}$) değişim.....	35
Şekil 5.14. 7L/dak ile plakalı ısı değiştiricinin soğuk tarafına giren akışkanın ısı (Q) miktarındaki değişim.....	36
Şekil 5.15. 7L/dak ile plakalı ısı değiştiricinin soğuk tarafına giren akışkanın toplam ısı transferi katsayısı (U) miktarındaki değişim	36
Şekil 5.16. 8 plakalı ısı değiştirici için yapılan 3L/dak debide 4 deneyin sonuçları.....	39
Şekil 5.17. 8 plakalı ısı değiştirici için yapılan 4L/dak debide 4 deneyin sonuçları.....	40
Şekil 5.18. 8 plakalı ısı değiştirici için yapılan 5L/dak debide 4 deneyin sonuçları.....	40
Şekil 5.19. 8 plakalı ısı değiştirici için yapılan 6L/dak debide 4 deneyin sonuçları.....	41
Şekil 5.20. 8 plakalı ısı değiştirici için yapılan 7L/dak debide 4 deneyin sonuçları.....	41
Şekil 5.21. 12 plakalı ısı değiştirici için yapılan 3L/dak debide 4 deneyin sonuçları.....	42
Şekil 5.22. 12 plakalı ısı değiştirici için yapılan 4L/dak debide 4 deneyin sonuçları.....	42
Şekil 5.23. 12 plakalı ısı değiştirici için yapılan 5L/dak debide 4 deneyin sonuçları.....	43
Şekil 5.24. 12 plakalı ısı değiştirici için yapılan 6L/dak debide 4 deneyin sonuçları.....	43
Şekil 5.25. 12 plakalı ısı değiştirici için yapılan 7L/dak debide 4 deneyin sonuçları.....	44
Şekil 5.26. 16 plakalı ısı değiştirici için yapılan 3L/dak debide 4 deneyin sonuçları.....	45
Şekil 5.27. 16 plakalı ısı değiştirici için yapılan 4L/dak debide 4 deneyin sonuçları.....	45
Şekil 5.28. 16 plakalı ısı değiştirici için yapılan 5L/dak debide 4 deneyin sonuçları.....	46
Şekil 5.29. 16 plakalı ısı değiştirici için yapılan 6L/dak debide 4 deneyin sonuçları.....	46
Şekil 5.30. 16 plakalı ısı değiştirici için yapılan 7L/dak debide 4 deneyin sonuçları.....	47

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

L	Litre
bar	Bar
W	Watt
°C	Derece Selsius
dak	Dakika
c	Öz Isı
T	Sıcaklık
h	Entalpi
m	Kütleli Debi
$\dot{V}$	Hacimsel Debi

Kısaltmalar

Açıklamalar

COP	Performans katsayısı
EER	Enerji Verimlilik Oranı
HX	Heat Exchanger
PID	Plakalı Isı Değiştirici
LMTD	Ortalama Logaritmik Sıcaklık Farkı
Nu	Nusselt Sayısı
Re	Reynold Sayısı
Pr	Prandl Sayısı
U	Toplam Isı Transferi
β	Yüzey Yoğunluk Derecesi
ϵ	Plakalı Isı Değiştiricini Yüzey Yoğunluğu

1. GİRİŞ

Günümüzde dünyamızın en önemli sorunlarından biri enerjidir. Günümüzde yeni enerji kaynaklarının aranmasına ek olarak konvansiyonel olarak kullanılan enerji kaynaklarının verimli kullanılması büyük önem arz etmektedir. Enerji kaynaklarının sıklıkla kullanıldığı yerlerden biri ise ısı sistemleridir. Bu sistemlerde ihtiyaca göre katı, sıvı ve gaz yakıtlar kullanılmaktadır.

Resmi gazetede gaz yakıtlar 1 bar mutlak basınçta 15 °C sıcaklıkta gaz halinde bulunan her türlü yakıtı [1] belirtmekle birlikte bu tip yakıtların yakıldığı cihazlara gaz yakıt kullanan sistemler denilmektedir. Konut vb. metrajda olan yapıların ısıtılması ve sıcak su ihtiyaçlarının karşılanması için günümüzde en yoğun kullanılan gaz yakıcı sistem kombilerdir. Bu sistemlerde yanma ısısının ısıtma ve sıcak su eldesi kullanılması için ısı değiştiriciler kullanılır.

Isı değiştiriciler temas halinde olan en az iki veya daha fazla sayıda akışkan arasında veya bir katı ve en az bir akışkan arasında termal enerji transferini sağlayan cihazlardır. Bu cihazlar ısı transferini sağlarken bu sınır koşulları arasında sıcaklık farkına ihtiyaç duyar. Isı değiştiriciler sistem üzerinden dışarıya ısı transferi veya iş alışverişi yapmayacak şekilde tasarlanırlar. Bu cihazlar ısı transferi gerçekleştirilmesine ihtiyaç duyulan damıtıcılar, rejeneratörler, buhar jeneratörleri gibi endüstriyel uygulamalara ek olarak ısıtma, havalandırma iklimlendirme ve soğutma sistemlerinde de kullanılırlar [2].

Isı değiştiricilerde enerjinin etkin ve verimli kullanılması ve enerji tasarrufu, ısı transferinin iyileştirilmesine bağlıdır. Bu konu günümüzde sıklıkla araştırılan konulardan biridir [3]. Çünkü günümüzde giderek artan enerji ihtiyacına ek olarak enerji kaynaklarındaki azalma enerjinin etkin ve verimli kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu zorunluluk, ısı enerjinin transferinde büyük ölçüde kullanılan ısı değiştiricilerin geliştirilmesinin dayanak noktasıdır [4].

Kombilerde plakalı tip ısı değiştiriciler çeşitli avantajlarından dolayı kullanılır. Bunlar, başlıca diğer ısı değiştiricilerden boyut olarak küçük olması, ısı transferini artıracak şekilde vortex oluşturabilmesi, kolay sökülüp takılabilmesi, birden çok akışkanın aynı anda ısıtılıp

soğutulabilmesi ve plakaların sadece uç noktalarının dışarıya açık olması nedeniyle daha az yalıtıma ihtiyaç duyması olarak açıklanabilir[5]. Plakalı ısı değıştircilerinin tasarımıyla da avantaj sağlanabilir.

Bu çalışmada kombi ve benzeri gaz yakıt kullanan sistemlerde sıklıkla kullanılan 6, 12 ve 16 plakalı ısı değıştircilerin deneysel yöntemler ile çeşitli hacimsel debilerde saf su kullanılarak ısı değıştircinin gücü, toplam ısı transfer katsayısı ve ısı değıştirciden çıkan kullanıma dönük sıcak akışkanın konveksiyon ısı katsayısı belirlenmesi üzerinde çalışılmıştır. Çıkan verilere göre çeşitli debilere göre en uygun plakalı ısı değıştircinin seçilmesi hedeflenmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Plakalı ısı değıştirciler kombi ve benzeri gaz yakan cihazlar için en önemli parçalardan biridir. Plakalı ısı değıştirciler tasarım, plaka sayısı, akışkan seçimi, debi seçimi ve multidisipliner yönden incelenmiştir.

Raja ve arkadaşları [6] Plakalı ısı değıştircisinin çok yönlü termal-hidrolik optimizasyonu konusunda çalışmışlardır. Çalışmada plakalı ısı değıştircisini iletim, taşınım ve radyasyon yönünden HTS algoritması ile termal-hidrolik olarak optimizasyonu incelenmiştir.

Behrangzade ve Heyhat [7] Plakalı ısı değıştircide enerji verimliliği artırımı için pasif bir yöntem olarak nano-gümüş eklenmiş su bazlı nano-akışkan kullanımının etkisi konusunda çalışmışlardır. Çalışmada nano akışkan gümüş bazlı yapılarak bu akışkanın ısı transferi üzerine olan etkileri incelenmiştir.

Jin ve Hrnjak [8] Plakalı ısı değıştircide lokal ısı transferini ve kaynayan akışkanın görselleştirilmesi alanında çalışmışlardır. Çalışmada HAD ile plakalı üzerinde lokal ısı transferi incelenmiş ve plaka üzerinde sıcaklık dağılımı incelenmiştir.

Zhang ve arkadaşları [9] Plakalı ısı değıştircilerde ısı transferini geliştirme tekniklerine genel bakış konusunda çalışmışlardır. Çalışmada plakalı ısı değıştircilerinde çalışılan konular özetlenmiştir.

Sarkar ve arkadaşları [10] Hibrit nano-akışkanlar üzerine bir inceleme: Son Araştırmalar, geliştirme ve uygulamalar konusunda çalışmışlardır. Çalışmada 2015 yılına kadar yapılan nano akışkanlar üzerine yapılan çalışmaları özetlemiştir.

Lu ve arkadaşları [11] Kısmen metal köpüklerle dolu plakalı ısı değıştircilerde konvektif ısı transferinin analitik çözümleri konusunda çalışmışlardır. Çalışmada kısmen metal köpük ile dolu plakalı ısı değıştircide simetrik ve simetrik olmayan kanallarda köpük boşlukları, köpük kalınlığı ve kanal kalınlığı konusunda çalışmışlardır.

Kumar ve arkadaşları [12] Plakalı ısı değıştircilerinde nano-akışkanların uygulanması konusunda çalışmışlardır. Çalışmada nano-akışkanların sistem pompalama gücünü arttırıp enerji kullanımını arttırırken aynı zamanda ısı transferinde ciddi artış sağlandığı görülmüştür. Ayrıca çalışmada nano-akışkanların potansiyeline dikkat çekilmektedir.

Kumar ve arkadaşları [13] Plakalı ısı değıştircilerde nano-akışkanların karakterizasyonu ve performansı konusunda çalışmışlardır. Çalışmada ZnO/su karışımının genel performansının CeO₂/su karışımından iyi olduğu gözlemlenmiştir.

Bhattad ve arkadaşları [14] Plakalı ısı değıştircilerinde hibrit nano-akışkanın ısı transferi ve basınç düşüşünü ayırık faz nümerik model ve deneysel olarak çalışılmıştır. Çalışmada nano-akışkanın pompalama gücünü arttırırken, Al₂O₃-MWCNT/su karışımının Al₂O₃/su karışımından genel performansından daha etkin olduğu gözlemlenmiştir.

Jin ve Hrnjak [15] Uç plakaların, plakalı ısı değıştircisinin ısı transferine etkisi konusunda çalışmıştır. Çalışmada şasi üzerine takılmış plakalı ısı değıştircilerin uç plakaları ile lehimlenmiş plakalı ısı değıştircilerin uç plakaları karşılaştırılmıştır. Lehimlenmiş plakalı ısı değıştircilerin uç plakaların daha verimsiz olduğu gözlemlenmiştir.

Pourhoseini ve arkadaşları [16] Plakalı ısı değıştircilerin gümüş/su nano-akışkanının ısı transfer performansına etkisini deneysel ve teorik olarak incelenmiştir. Çalışmada arttırılan gümüş/su derişiminin termal konduktiviteyi azalttığını gözlemlerken gümüş/su karışımın kritik oranı bulunmuştur.

Huang ve arkadaşları [17] Hibrit nano-akışkan karışımının plakalı ısı değıştircilere etkileri konusunda çalışmışlardır. Çalışmada Nano-akışkanlardan Al₂O₃-MWCNT/su ve MWCNT/su incelenirken nano-akışkanların öngörülemeyen hareketlerinden bahsedilmiştir.

Türk ve arkadaşları [18] Karışık plakalı contalı ısı değıştircisinin deneysel analizi ve performansın klasik korelasyonlar ve yapay sinirsel ağlar ile net tahmini konusunda çalışmışlardır. Çalışmada yapay sinirsel ağların klasik korelasyonlardan daha etkin olduğu gözlemlenmiştir.

Wang ve arkadaşları [18] Bir minyatür plakalı ısı değıştirci üzerinde grafen nano-akışkan soğutucusunun deneysel karşılaştırmalı değerdirmesi konusunda çalışmışlardır. Çalışmada nano-akışkan ve su benzeri baz akışkanların Re sayısı ile direkt bir değerdirmenin doğru olmadığını belirmişlerdir.

Bhattad ve arkadaşları [19] Plakalı ısı değıştirci üzerinde hibrit nano-akışkan kullanarak partikül oranının hidrotermal performans üzerindeki etkisinin deneysel olarak incelenmesi konusunda çalışmışlardır. Çalışmada MWCNT ve Al_2O_3 karşımı incelenmiştir ve nano-akışkanların karışımında optimum karışma oranı gözlenmemiştir.

Chien ve arkadaşları [20] Plakalı ısı değıştircinin deney ve simülasyonunun incelenmesi konusunda çalışmışlardır. Çalışmanın önemli çıktılarından oluk açısı ve kütle debisinin ısı transferini etkilediğı ve olası dairesel bir plakanın optimizasyonu çalışılmıştır.

Sarafraz ve arkadaşları [21] Kirliliğı azaltma ve ısı yoğunlaştırma için düşük frekanslı titreşim ile CuO/ su nano-akışkan ile çalışan bir plakalı ısı değıştircinin performansı konusunda çalışmışlardır. Çalışmada plakalı ısı değıştircinin düşük frekanslı titreşime maruz kalması plakalı ısı değıştircide parçacık birikiminin önüne geçmiştir.

Guo ve arkadaşları [22] Plakalı ısı değıştircisinin hassasiyete göre modellenmesi analizi ve model güncellemesi üzerinde çalışmışlardır Çalışmada kullanılan metot ile soğuk çıkış akışkanın çıkış sıcaklığının yüksek hassasiyet ile incelenmesi sağlanmış ve bu metodun diğer plakalı ısı değıştircilere uygulanması öngörülmektedir.

Bahiraee ve arkadaşları [23] Nano-akışkanların ısı değıştircilerde kullanımına ilişkin son eleştirel bir inceleme konusunda çalışmışlardır. Çalışmanın önemli çıktılarından faz değıştiren malzemelerin ısı değıştircilerde kullanımı ve nano-akışkanların ısı değıştirci üzerinde birikmesine dönük engelleyici çalışmaların ileriye dönük bir araştırma konusu olabileceğidir.

Tabares ve arkadaşları [24] Contalı plakalı ısı değışticilerin enerjiye dayalı performansının verimlilik indeksleri konusunda çalışmışlardır. Çalışmada entropi kaybının kaliteyi değerdendirirken kullanılmasına dikkat çekmiştir.

3. BİLEŞİK GAZ YAKICI CİHAZLAR VE ISI DEĞİŞTİRİCİLER

3.1. Bileşik Gaz Yakıcı Cihazlar

Bileşik gaz yakan cihazlar bulundukları fiziki mekânlar için aynı anda hem ısıtma hem sıcak su üreten cihazlardır. Bu cihazlar bireysel ve merkezi ısıtma sistemleri olarak genellenebilir.

Bireysel ısıtma sistemleri düşük metrajlı konutlar, apartman daireleri ve benzeri fiziki mekânlarda ısıtma ve sıcak su üretimi için gaz yakıtın yanma tepkimesinde açığa çıkan ısının, dağıtımı ve iletiminin aynı tanımlanan fiziki alanın içerisinde yapılmasına verilen isimdir. Merkezi ısıtma sistemlerinde ise, aynı amaçlarla ısı üretimi ve dağıtımı için tanımlanan tesisat ve ya mekanik odalarda merkezi olarak konuşlandırılırken ısı tüketimi ise ihtiyaç duyan paydaşlar tarafından gerçekleşir. Bireysel ısıtma sistemlerine kombiler, kat kaloriferleri, sobalar, şömineler, şofbenler ve termosifonlar örnek verilebilirken, merkezi ısıtma sistemlerinin örnekleri brülörler, boylerler, genleşme tankları, otomatik kontrol tertibatı, elektrik panoları, kolektörler, pompalar, karışım ve balans vanaları, bacalardır.

3.1.1. Bireysel ısıtma sistemlerin avantajları

- Bireysel ısıtma sistemleri merkezi ısıtma sistemlerinden az yer kaplar ve montajı kolaydır.
- Son kullanıcı ihtiyaç duyduğu konfor şartlarını diğer kullanıcılardan bakımsız olarak kendisi belirleyebilir ve bu ihtiyaca göre ısı ve sıcak su kullanımını şekillendirebilir.
- Son kullanıcı kullanacağı bireysel ısıtma cihazının marka, model ve kapasitesini kendisi belirleyebilir.
- Gaz dağıtım şirketine karşı yakıt kullanımından oluşacak her türlü faturalandırma ve hukuki kısıtlardan kullanıcı kendisi sorumludur ve bu yüzden nedeniyle enerji tasarrufuna daha fazla dikkat edebilir.
- Yakıt masraflarının fiziki mekân paydaşları yönetimince tek elden takibi ve tahsilatı gerekli değildir. Gaz dağıtım şirketlerine paydaşlar kendi sorumludur.
- Ortak mahallerin ısıtılması gerçekleşmediğinden dolayı ısı paydaşlık yoktur.
- Isıtma tesisatı eski olan fiziki mekânlarda iletim ve dağıtım problemleri ya da bazı ısı paydaşların petek (kalorifer) sayısında yaptığı değişiklikler nedeniyle merkezi

sistemlerde oluşan, yeterince ısınamamalarına rağmen diğer dairelerle aynı yakıt parasını ödemeleri mecburiyeti gibi bir sorun yoktur. Bu sorun ısı pay ölçerlerin kullanımı ile belirli oranda bertaraf edilmiştir.

- Tesisattaki problemler, ısıtma sisteminin işletme, bakım ve onarım takibinin daire sahibinin inisiyatifinde daha hızlı giderilebilir.
- Son kullanıcı konutta kullanmadığı odaların ısıtılması ve evde bulunmadığı zamanlar ısıtma yapmadığından yakıt parası ödemez.
- Isı üretimi, dağıtımı ve tüketimi fiziki mekânda olduğundan, ısı üretim ve dağıtımına bağlı ısı kayıpları azdır ve dağıtımda merkezi sistemlerde olduğu gibi kolektörde ve kolonlarda hidrolik dengeleme (balanslıma) kayıpları yoktur.
- Merkezi kazan dairesine ve mekanik tesisat odalarına gerek yoktur böylelikle binanın emsalinden kaynaklanan maksimum hacim daha verimli kullanılabilir.
- Günümüzde yaygın olarak kullanılan hermetik kombilerde merkezi sistemlerde kullanılan bacaya gerek yoktur.

3.1.2. Merkezi ısıtma sistemlerin avantajları

- Merkezi sistemlerde katı yakıt ya da sıvı yakıttan doğalgaza dönüşüm yapılması durumunda ya da sistem modernizasyonlarında tadilatlar sadece kazan dairesinde olacaktır.
- İşletme, bakım ve arıza giderme, ısı paydaşlardan bağımsız olarak bina yönetimi tarafından gerekli görüldüğü her zaman yaptırılabilir ve sadece kazan dairesi meşgul edilir
- Kazan ve mekanik tesisat unsurlarının büyük bir kısmı kazan dairesinde olduğundan, ses, gürültü, koku, duman v.b. rahatsızlık veren faktörler ısı paydaşlardan uzaktır.
- Mahaller içerisinde ısı üretimi için gaz dağıtımı ve ısıtma cihazı olmadığından, merkezi sistemlerde can ve mal güvenliği açısından risk daha azdır.
- Bireysel ısıtma sistemlerinden olan hermetik kombi egzozlarının bina dış cephesinde görüntü kirliliği yaratması ve kombi egzozlarından çıkan duman gazlarının diğer paydaşları rahatsız etmesi ve dış cephe boyasını karartması gibi sorunlar yoktur.
- Eski binaların merkezi sistemlerden bireysel sistemlere dönmesi durumunda katlar ve daire duvarları arasında ısı izolasyonunun olmadığından, ara mekanların ısıtılmamasından dolayı ısı kayıplarının ve yakıt tüketiminin artması, soğuk döşemelerin ve duvarların konforu bozması gibi sorunlar merkezi sistemlerde yoktur.

- Bireysel sistemlerde, mahal ısıtma ihtiyacının az olduğu dönemlerde ve küçük dairelerde, kombinin modülasyon aralığı dışında kalan düşük mahal ısıtma talebi ve sıcak su ısıtmasına göre belirlenmiş yüksek kombi kapasitesi nedeniyle uzun dur-kalk çalışma süreleri ile bundan kaynaklanan kayıp artışları söz konusu olabilir. Merkezi sistemler bu açıdan daha avantajlıdır.
- Sıcak su konforu ve miktarı bireysel sistemlerde olduğu gibi sınırlı değildir.
- Kazanlardan oluşan kaskad sistemlerde yedekleme yapılarak bakım kolaylığı, işletme esnekliği ve işletme sürekliliği sağlanabilir.
- Isı pay ölçerlerin kullanımı fiziki mekânda ısı paydaşların ısı kullanımları kolaylıkla saptanabilir ve faturalandırılabilir.
- Merkezi sistemlerin yakıtlar arası dönüşümlerde ve modernizasyonlarda alternatif enerji kaynakları gibi bireysel sistemlerde kullanılamayan daha fazla sayıda seçeneğin kullanımı sağlanabilir.
- Merkezi sistemlerin tekno-ekonomik ömrü bireysel sistemlerden daha fazladır.
- Merkezi sistemlerin ilk yatırım maliyeti, işletme giderleri ve amortisman giderlerinden oluşan toplam maliyeti 20 ve daha fazla daireli binalarda daha azdır [25].

3.2. Isı Değiştiricilerin Tarihçesi

Isı değiştirici işlevinde kullanılan ekipmanlar çok eskiden beri hayatımızda olmasına rağmen mühendislik alanında kullanılması tesisat ve buhar makinelerinin kullanılmasına rastlar.

Thomas Savery (1698) ticari olarak satılan ve maden ocaklarında oluşan suyu çekmek için bir buhar makinesi tasarlamıştır. Makinenin çalışma prensibinde buhar kazanından gelen buhar bir silindir odacık üzerinde yükselir. Silindir odacık dolduğunda üzerine soğuk su dökülerek ani bir şekilde suya dönüşen buhar vakum yaratır ve böylelikle odacıktaki su seviyesi yükselir ve böylelikle maden yatağından su çekilirdi.

Thomas Newcomen (1712) literatürde önemli bir yer tutan buhar makinesi geliştirdi. Kendisinin tasarımı olan makine pistonu ve zincir yardımıyla tahterevalli benzeri bir kaldıraç, kaldıraç ise tulumbaya bağlanmıştır. Bu tasarım günümüzde halen petrol kuyularından petrol çeken pompalarda kullanılmaktadır. Makinenin çalışma prensibine bakıldığında piston, piston yatağının en üst noktasında iken piston yatağının içine gönderilen

soğuk su buharı yoğunlaştırıp atmosferik basınç pistona aşağıya doğru kuvvet uyguladığında su pompalanmış oluyordu. James Watt (1764) Newcomen tarafından tasarlanan makineyi bir tesadüf üzerine onarmaya çalışırken bu makineyi geliştirerek iki odalı ve supaplı hale getirmiştir.

John Fitch (1787) tarafından tasarlanan ilk vapur Delaware nehrinde denenmiştir. Aynı vapur 1809 okyanus denemeleri için kullanılmaya başlanmıştır. Okyanusu aşan ilk buhar gücü ile çalışan gemi 1819 yılında bir İngiliz gemisi olmuştur.

Charles Algenon Parsons (1884) ilk başarılı buhar türbinini tasarlayan mucittir. Kendisi sayesinde yüksek hızlı gemi yapımı kolaylaşmış ve buhar jeneratörlerin deniz araçlarında etkin kullanılmasının yolu açılmıştır [26].

Belirtilen sanayi devriminin mihenk taşı olan bu araçlarda ısı değiştirici buhar kazanının kendisidir. Isıtma sisteminde ise ısı değiştiricilerde buhar kazanlara ek olarak buhar boruları, radyatör ve ısı değiştiriciler karşımıza çıkmaktadır.

William Cook (1745) tarafından geliştirilen buharlı ısıtma sistemi dünyada bir ilktir. Buhar kazanlarında ısıtılan su buharlaşarak bakır borular ile ısıtmanın yapılacağı yere hem taşınıp, hem de tesisatın geçtiği yerlerde yalıtım olmadığı için ısıtmayı gerçekleştiren bir sistemdir [27].

1784 yılında ağırı dağı yakınlarında inşası biten İshak Paşa Sarayı dünyada ilk defa kalorifer benzeri ısıtmanın yapıldığı bina olarak karşımıza çıkmaktadır [28].

Stephen Gold (1854) tarafından ilk modern radyatör tasarlanmıştır. Kendisinin tasarladığı 2 plakanın birleştirilmesi ilkesi ile yapılan radyatör günümüzdeki modern radyatörlerin panel kısmının atasıdır [27].

Alice Parker (1919) yılında ilk merkezi ısıtmanın temelleri atılmıştır. Kendisi tarafından tasarlanan sistem günümüzdeki fan coil sistemlerinin primitif bir halidir [29].

Alfa Laval (1938) yılında ilk ısı değiştiricisini tasarladı. Günümüzde bu firma yüksek verimli plakalı ısı değiştiricileri ile anılmaktadır [30].

3.3. Isı Değiştiricilerde Verim

Isıl sistemlerde verimli ısı kullanımı çeşitli yöntem ve şekillerde ifade edilebilir. Verim hesaplanırken çeşitli katsayılara ve başka paydaşlara anlatılırken çeşitli diyagramlara ihtiyaç duyar.

3.3.1. Isı değiştiricilerde verimin hesaplanması

Enerji verimliliği, elde edilen enerjinin bu enerjinin elde edilmesi için kullanılan enerjiye oranı olarak tanımlanmaktadır. Isıtma, soğutma ve iklimlendirme cihazlarının enerji verimliliğinin hesaplanmasında kullanılır. Bu değerin yanı sıra olarak ısıtma ve soğutma uygulamalarında enerji verimliliğini belirlemek için bazı ek kavramlar da kullanılmaktadır. Bu kavramlar performans katsayısı ve enerji verimlilik oranı olarak karşımıza çıkar.

Performans Katsayısı (COP)

Performans katsayısı; ısıtma kapasitesinin harcanan toplam enerjiye oranı olarak tanımlanan boyutsuz bir katsayıdır. Isı pompasında veya soğutucudaki ısıtma verimliliğini ölçmek için kullanılır.

$$\text{COP (Isıtma Etkinlik Katsayısı)} = \frac{\text{Isıtma Kapasitesi (kW)}}{\text{Harcanan Toplam Enerji (kW)}}$$

Enerji Verimlilik Oranı (EER)

Enerji verimlilik oranı; soğutma kapasitesinin, cihazın tükettiği toplam enerjiye oranı olarak tanımlanan boyutsuz bir katsayıdır. EER değeri yalnızca soğutma amaçlı kullanılmaktadır.

$$\text{EER (Enerji Verimlilik Oranı)} = \frac{\text{Evaporatör soğutma kapasitesi (kW)}}{\text{Harcanan Toplam Enerji (kW)}}$$

Isıtma ve soğutma cihazlarının enerji veriminin ve tüketiminin sınıflandırılması COP ve EER değerleri ile belirlenmektedir. Bu değerler belirli standart şartlar altında yapılan test ve alınan ölçümler sonucu oluşan değerlerdir. Mevsim, uygulamada ve çalışma şartları sürekli

değişken olduğundan COP ve EER değerlerinde sürekli değişir yüzden bu değerler anlık değerlerdir. [31]

3.3.2. Verimin ifadesinde kullanılan diyagramlar

Sankey Diyagramları

Sankey diyagramları, okların genişliğinin akış miktarıyla doğru orantılı olarak bir dizi olaylar veya aşamalarla akışların kombine edilebildiği, ayrıldığı ve izlenebildiği yönle gösterilen akış diyagramlarıdır. Oklar süreçler (prosesler) arasındaki enerji ve madde akışını tanımlamak için kullanılır. Diyagram, enerji korunumu hesabı yapıldıktan sonra, ısı sistemlerinin üretim, iletim ve kullanım veya sistemdeki enerji akışını göstermek için kullanılan bir araçtır. Sistem hakkında çalışan ve ya sistemi kullanan kişilere enerjinin hangi basamaklarda ne kadar kullanıldığını ve önem sırasını belirtir. Sistem iyileştirmelerinde hangi basamakta değişik yapılması gerektiği konusunda fikir veren önemli bir enstrümandır.

Grassmann Diyagramları

Isıl sistemlerde kullanılan bileşenlerin tersinmezliklerinin listelenmesi, basit bir tesisin performansının değerlendirilmesine önemli bir enstrümandır. Ekserji, akış ve kayıp diyagramı olarak da bilinen Grassmann diyagramı, Sankey diyagramının bir daha geniş bir uygulamasıdır. Bu diyagramda, enerji kayıplarına ek olarak ekserji akımlarının ayrılması ve ekserji kayıpları gösterilir [32].

3.4. Isı Değiştirici Tipleri

Isı değiştiriciler çeşitli şekil, boyut, yapısı, akışkanların akış yönü, akışkan sayısı ve ısı transferi tipine göre özelleşmiştir.

Isı değiştiricilerini yüzey yoğunluk derecesine göre iki sınıfta inceleyebilir. Bu sınıflandırma için $\beta = \text{ısı geçişi yüzeyi (m}^2\text{)}/\text{ısı değiştirici hacmi (m}^3\text{)}$ ile ısı değiştirgeçlerini kompakt ve kompakt olmayan olarak sınıflandırabiliriz. Akışkanların gaz-sıvı olduğu ısı değiştiricilerinde β değeri $700 \text{ m}^2/\text{m}^3$ değerine eşit ve büyükse bu ısı değiştirici kompakt, bu değerden düşükse kompakt olmayan olarak adlandırılır. Eğer akışkanlar sıvı-sıvı ve faz

değişimli ise β değeri $400 \text{ m}^2/\text{m}^3$ değerine eşit ve büyükse bu ısı değiştirici kompakt, bu değerden düşükse kompakt olmayan olarak adlandırılır.

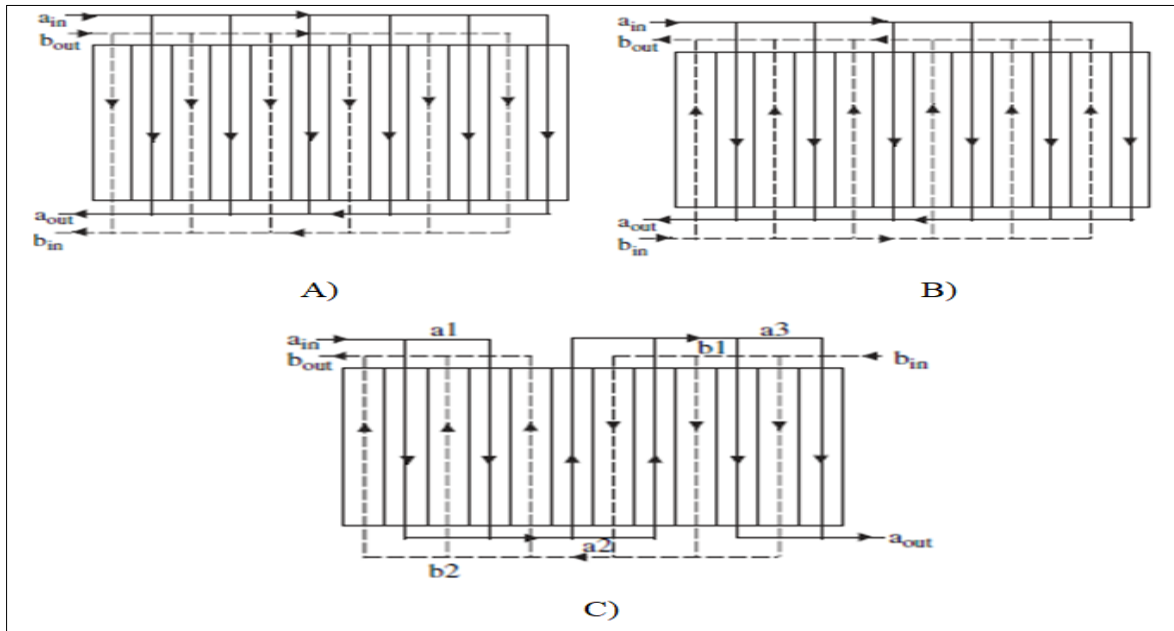
Akışkan sayısına göre ısı değiştiricileri iki, üç ve çok akış olarak sınıflandırılabilirler. Genel olarak ısı değiştiricileri iki akışlıdır. Üç akış ısı değiştiricileri hava ayırma sistemleri, saflaştırma, hidrojenin sıvılaştırılması, amonyak sentezi gibi kimyasal ve proses endüstrilerinde ve kriyojenik uygulamalarda da kullanılırlar. Üç ve çok bileşenli ısı değiştiricilerinin tasarımı, matematiksel modellenmesi, imalatı iki akışlı olanlara göre oldukça karmaşıktır.

Isı transferi tipine göre sınıflandırmada ısı değişimindeki akışkanların fazları göz önüne alınarak yapılır. Akışkanlar tek fazda (sıvı veya gaz) olabildiği gibi bazı ısı değiştiricilerinde çift fazda da (kaynamakta veya yoğunlaşmakta) olabilirler. Uygulamalarda rastlanan ısı değiştiricilerin büyük bir bölümünde, her iki akışkan ısı değiştiricisine girdikleri fazda ısı değiştiricisinden ayrılır. Bu ısı değiştiricilerinin iki tarafındaki ısı taşınımı zorlanmış (bir pompa yardımı ile) veya doğal (sıcaklık farkından oluşan kaldırma kuvveti ile) olabilir. Isı değiştiricisinin her iki tarafında taşınımına örnek olarak otomobil radyatörleri, salon ısıtıcıları, buhar kazanları ekonomizerleri ve hava ısıtıcıları, kompresör iç soğutucuları, rejeneratörler, yapı soğutucuları örnek olarak verilebilir. Isı değiştirgecinin iki farklı tarafında bir tarafında tek fazlı akışkan varken, diğer tarafta kaynamakta veya yoğunlaşmakta olan iki fazlı bir akış olabilir. Örnek olarak termik santrallerin yoğunlaştırıcıları, soğutma sistemlerinin yoğunlaştırıcı ve buharlaştırıcıları sayılabilir. Isı değiştiricisinin bir tarafında buharlaşma, diğer tarafında yoğunlaşma olabilir. Bu tip ısı değiştiriciler; hidrokarbonların arıtılmasında ve buharın yoğunlaştırılmasında kullanılır. Örnek olarak yüksek sıcaklıkta çalışan sabit dolgu maddeli rejeneratörler ile buhar kazanları kızdırıcıları sayılabilir.

Isı değiştiricilerinde akışkanların akışının düzenlenmesi ortalama logaritmik sıcaklık farkına, etkenliğe ve ısı gerilmelere etki eder. Akış şekline göre ısı değiştiriciler tek geçişli ve çok geçişli olarak iki ana grupta toplanabilir. Çok geçişli ısı değiştiricilerde iki akışkan birbirleri ile birkaç kere geçişir. Tek geçişli ısı değiştiricilerde ise iki akışkan ısı değiştiricisi boyunca birbirleri ile yalnız bir kere geçişir.

Çok geçişli ısı değiştiriciler üç başlıkta incelenebilir. Paralel akışlı ısı değiştiricilerinde akışkanlar değiştiricinin bir ucundan girip aynı doğrultuda akarlar ve ısı değiştiricisinin diğer

ucundan çıkarlar. Paralel akışlı ısı değiştiricileri ısıl gerilmelerin istenmediği durumlarda tercih edilir. Ters akışlı ısı değiştiricisinde akışkanlar birbirlerine göre ters olarak akar. Ters akışlı ısı değiştiricilerinin ortalama logaritmik sıcaklık farkı, diğer bütün akış düzenlemelerinden daha büyüktür. Ters akışlı ısı değiştiricisinde diğer ısı değiştiricilerine oranla daha kompakt yapıya sahip olmalarına karşın, pratikte karşılaşılan imalat güçlükleri ve ısıl gerilmeler nedeniyle birçok uygulamada ters akışlı ısı değiştiricileri tercih edilmeyebilir. Çapraz akışlı ısı değiştiricisinde akışkanlardan biri ısı transferi yüzeyi boyunca ve diğer akışkanın akış yoluna dik olacak şekilde akar. Bu ısı değiştiricisinde akışkanlar değiştiricinin içinde ilerlerken akışkanın özelliğine göre kendisi ile karışabilir veya karışmayabilir. Isı geçişi değerleri bakımından çapraz akışlı ısı değiştiricilerinin etkinlik değeri paralel akışlı ve ters akışlı ısı değiştiricilerinin etkinliklerinin arasındadır. Ters akışlı ısı değiştiricilerine göre imalat kolaylığı nedeniyle pratikte kompakt ısı değiştiricilerinin büyük çoğunluğu çapraz akışlı olarak yapılır.



Şekil 3.1. A Paralel akış, B ters akış ve C çoklu akış şemaları [33]

Isı değiştiricilerinin içinde değişik şekillerde art arda seri ekler halinde monte edilerek çok geçişli tipler elde edilebilir. Çok geçişli ısı değiştiricilerinin amacı ısı değiştiricisi etkinliğini artırmaktır. Çok geçişli ısı değiştiricileri kanatlı yüzeylerde, gövde boru tiplerinde ve levhali tiplerde ısı transfer yüzeyini artıracak şekilde değişik düzenlemelerde imal edilebilir. Çapraz-ters akışlı ısı değiştiricilerinde, genellikle kanatlı yüzeyli ısı değiştiricilerinde tercih edilir. İki veya daha fazla sayıda çapraz geçiş arka arkaya ters akışlı olarak seri halde

bağlanır. Bu tip ısı değiştiricilerinin etkenliği, her bir geçişteki akışkanların karışıp karışmadığına ve geçiş sayısına bağlıdır. Yüksek sıcaklıklardaki çapraz-ters akışlı ısı değiştiricisi uygulamalarında sıcaklığın fazla olduğu akışkanın geçişlerin olduğu noktalarda sığağa dayanıklı pahalı malzeme, diğer yerlerde ise ucuz malzeme kullanılarak imalat masrafları azaltılabilir. Çapraz-paralel akışlı ısı değiştiricileri, çapraz-ters akışlı düzenlemeye çok benzer, sadece akışkanların birbirlerine göre genel akışı paraleldir. Çapraz-paralel akışlı ısı değiştiricilerde geçiş sayısı artırılarak, sistemin etkenliği tek geçişli paralel akışlı ısı değiştiricisi etkinliğine yaklaştırılabilir. Çok geçişli gövde borulu ısı değiştiricileri, gövde borulu ısı değiştiricilerinde en çok kullanılan tiptir. Sistemde boruların ısıl gerilmeleri çok azdır. Çok geçişli gövde borulu ısı değiştiricilerinde gövde tarafındaki akışkan karıştığından, herhangi bir kesitteki gövde akışkanının sıcaklığı sabittir. Bu yüzden, boru içindeki akışkanın yönü değişse de ısı değiştiricisi etkenliği aynı kalır. n-Adet Paralel Levha Geçişli Isı değiştiricilerinde, levhaların çeşitli şekillerde düzenlenmesi ile çok geçişli akışlar elde edilebilir. Levha tipi ısı değiştiricilerinde conta yeri değiştirilerek bu düzenlemeler kolayca elde edilebilir.

Isı değiştiricilerin bir diğer sınıflandırması ise iki farklı akışkanın doğrudan temaslı olmayan veya doğrudan teması olmasıdır. Eski zamanlarda tasarlanan ısı değiştiricilerin içerisinde plaka veya başka ayırıcıların olmaması nedeniyle içerisinde akışkanlar doğrudan temas halinde olup hem ısı hem de kütle transferi mekanizmaları ile istenilen sıcaklıklara daha kolay ulaşılmıştır. Bunların günümüzdeki en yaygın örneklerinden biri soğutma kuleleridir. Doğrudan temaslı olmayan ısı değiştiriciler, bir duvar (boru şeklinde, levha veya diğer dairesel olmayan geometri) ile ayrılarak sıcak ve soğuk akışkanlar birbirleri ile karışmadan ısı transferi gerçekleştirirler. Bu tip ısı değiştiricilerinde kütle transferi akışkanlar birbirine temas ettirilmediği için gözlenmez.

Yapı geometrisine göre ısı değiştiricileri çizelgede gösterildiği gibi dört ana gruba ayırabiliriz.

Çizelge 3.1. Yapı ve geometrisine göre ısı değiştiriciler

Borulu	Genişletilmiş Yüzeyle (Kanatlı)	Plakalı	Rejeneratif
Düz Borulu	Levha Kanatlı	Contalı	Döner Dolgu Maddeli
Spiral Borulu	Boru Kanatlı	Spiralli	Sabit Dolgu Maddeli
Gövde Borulu		Lamelli	Paket Yatak Maddeli
Özel Gövde Borulu		İnce Film	

Borulu ısı değiştiriciler eliptik, dikdörtgen ve sıklıkla dairesel borulardan meydana gelmiştir. Akışkanlardan biri borunun içinde, diğer akışkan ise borunun dışında akar. Boruların çapları, et kalınlıkları, sayıları, uzunlukları, merkezleri arası mesafe ve boru düzeni değişebilir. Bu tip ısı değiştiricileri yüksek basınçlarda rahatlıkla kullanılabilir. Bu tip, dört grupta incelenir. Düz borulu ısı değiştiricileri çift borulu olan tiplerden boru demetinden yapılmış çeşitlerine kadar sıklıkla rastlanılır.

Çift borulu olanlar, en basit ısı değiştirici tipidir. Sistem genellikle iç içe eş eksenli olarak iki borudan yapılır. Akışkanlardan biri içteki küçük çaptaki borudan akarken, diğer akışkan dışarıdaki büyük çaplı borudan akar. Akışkanların akış yönleri paralel veya ters akışlı olabilir. Spiral borulu ısı değiştiriciler bir veya daha fazla borudan yapılmış spiral ile bu borulardan oluşan spiralin dışındaki bir depodan meydana gelir. Bu sistemlere soğutma sistemlerinde kullanılan yan eksenel yoğunlaştırıcı ve yan eksenel evaporatörler örnek gösterilebilir. Spiral boruların ısı transfer kat sayısı, düz borulardakine göre daha yüksektir. Isıl genleşmelerin oluşturduğu gerilme problemleri bu ısı değiştiricilerinde yoktur.

Gövde Borulu Isı Değiştiricileri, silindirik bir depo ile bunun içindeki birbirine paralel borulardan meydana gelir. Akışkanlardan biri boruların içinden, diğer akışkan ise gövde içinden akar. Isı değiştiricide ana elemanları borular veya boru demeti, gövde, boruların tespit edildiği ön ve arka aynalar ile gövde içindeki akışı yönlendiren perdelerdir. Genellikle kimya endüstrisinde, petrol rafinelerinde, nükleer santrallerde, termik santrallerde ön ısıtıcı olarak kullanılırlar. Gövde borulu ısı değiştiricilerin borularda çapraz akış ve borularda paralel akış olmak üzere iki çeşidi vardır. Özel gövde borulu ısı değiştiricilerinde yapı geometrisi itibari ile klasik gövde borulu ısı değiştiricilere andırmasına rağmen, özel amaçlar

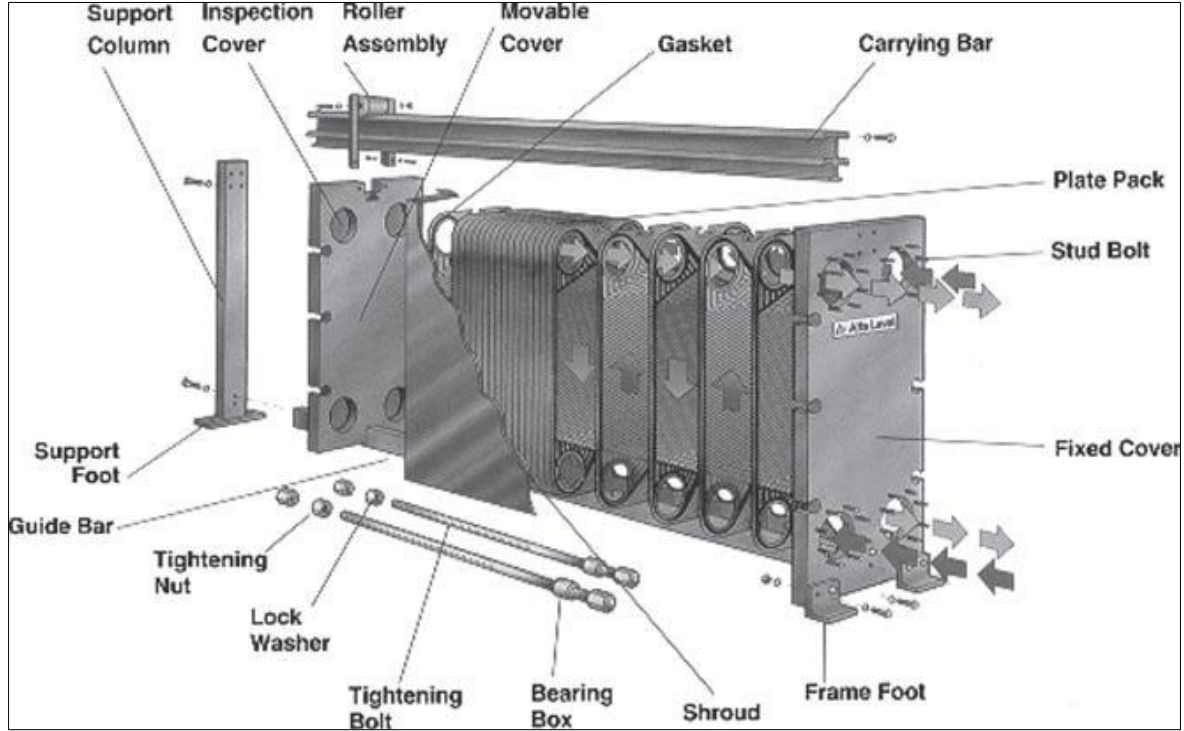
için imal edilirler. Korumalı gövde borulu ve grafit gövdeli ısı değiştirici gibi modelleri vardır.

Genişletilmiş yüzeyli ısı değiştiricileri ana ısı transfer yüzeyinde (boru veya levha) kanatların veya diğer ek elamanlarla ısı transfer yüzeyini artırmak amacıyla kullanıldığı ısı değiştiricileridir. Bu ısı değiştiricisi iki farklı fazda olan akışkanın ısı transferinde kullanılır. Gaz tarafındaki ısı transfer kat sayısı, sıvı tarafındakinden daha düşük olduğu için kanatlı ısı transfer yüzeyleri genelde gaz tarafında kullanılırlar. Bu ısı değiştiricileri iki grupta incelenebilir: Levha kanatlı ısı değiştiricileri, boru kanatlı ısı değiştiricileri.

Rejeneratif ısı değiştiricileri sının depolanarak transfer edildiği ısı değiştiricileridir. Isı geçişi dolaylıdır. Üç tipi vardır: Sabit dolgu maddeli, döner dolgu maddeli, paket yataklı maddeli olarak sınıflandırılabilirler [33, 34].

Isı Değiştirici Tipleri

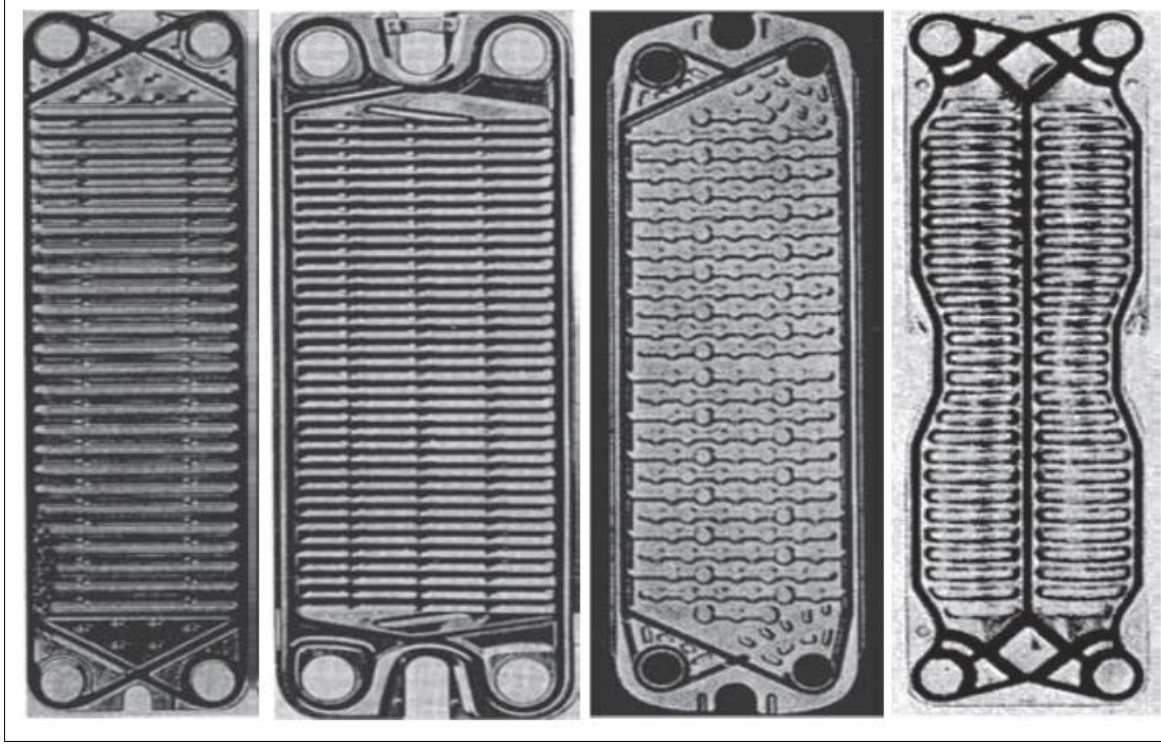
Plakalı ısı değiştiricilerde akış, oluklu kanatlar arasına sıkıştırılmış olan yassı ince metal levhalarla ayrılmıştır. Bu yüzey düz veya ısı transferini artıracak şekilde dalgalı olabilir. Borulu tip gibi yüksek basınç ve sıcaklıkta kullanılamazlar. Contalı levhalı ısı değiştiriciler akışkanları ayıran oluklu ya da dalgalı şeklindeki ince levhalardan bir paket yapılarak elde edilir. Metal levhalar arasında akışkanların karışımını engelleyecek contalar vardır. İsteğe göre levha ilave edilerek yüzey artırılabilir. Levhalar arası boşluklardan akışkanlar akar fakat karışmazlar. Isı transferi bütün levha yüzeyi boyunca olur. Kolaylıkla temizlenebildikleri için besin, içki, süt, makyaj ve kâğıt endüstrilerinde geniş olarak kullanılırlar. Levha kalınlığı genellikle 0,5 - 1,2 mm, levhalar arasındaki boşluk ise 5-6 mm değerindedir. Levha malzemesi olarak genellikle karbonlu çelik, alüminyum, bakır ve bakır alaşımları, paslanmaz çelik, nikel ve molibden alaşımların kullanılabilir.



Şekil 3.2. Plakalı ısı değıştiricisi parçaları [34]

Spiral levhalı ısı değıştiriciler iki uzun paralel levhanın spiral şeklinde sarılması ile elde edilir; İki levha arasına konulan sapmalar (maçalar) ile düzgün bir boşluk sağlanabilir. Levhaların iki tarafı contalı bir kapak ile kapatılır. Akışkanlar birbirine ters veya paralel akacak şekilde düzenlenebilir. Temizlenmesi kolay olduğundan bu ısı değıştiricisi tortu yapabilecek akışkanlar için çok uygundur. Bu ısı değıştirici genellikle kâğıt endüstrisinde, sülfat ve sülfat fabrikalarında tercih edilir. Oldukça kompakt yapıda olmalarına rağmen özel imalatları nedeniyle pahalıdırlar. Maksimum yüzey 150 m^2 , maksimum işletme basıncı 10 bar ve maksimum işletme sıcaklığı 500°C ile sınırlıdır. Lamelli ısı değıştiriciler gövde içine elipse yakın şeklindeki borulardan yapılmış bir demetin yerleştirilmesi ile elde edilir. Bu borulara lamel adı verilir ve genellikle nokta veya elektrik dikiş kaynağı ile birbirine tutturulur. Gövde içinde ayrıca perdeler bulunmaz. Akışkanlar birbirine göre ters veya paralel olacak şekilde düzenlenebilir. Hidrolik çap küçük olduğundan büyük ısı taşınım kat sayıları elde edilebilir. Teflon conta kullanıldığında maksimum 200°C , asbest conta kullanıldığında 500°C sıcaklık değerlerine ve 20 bar basınca kadar çıkılabilir. Bu ısı değıştiricileri genellikle kâğıt, besin ve kimya endüstrilerinde kullanılırlar. İnce Film Isı Değıştiricileri çok yüksek viskoziteli ve sıcaklığa duyarlı maddelerin ısıtılmasında ve soğutulmasında ince film ısı değıştiricileri önemli uygulama alanı bulur. Değıştirici içinde

sıcağa duyarlı maddelerin kısa kalış süresi ve büyük ısı taşınım kat sayılarına sahip olmaları nedeniyle, pratikte çoğu zaman bu ısı değıştircileri buharlaştııcı olarak kullanılır [34].

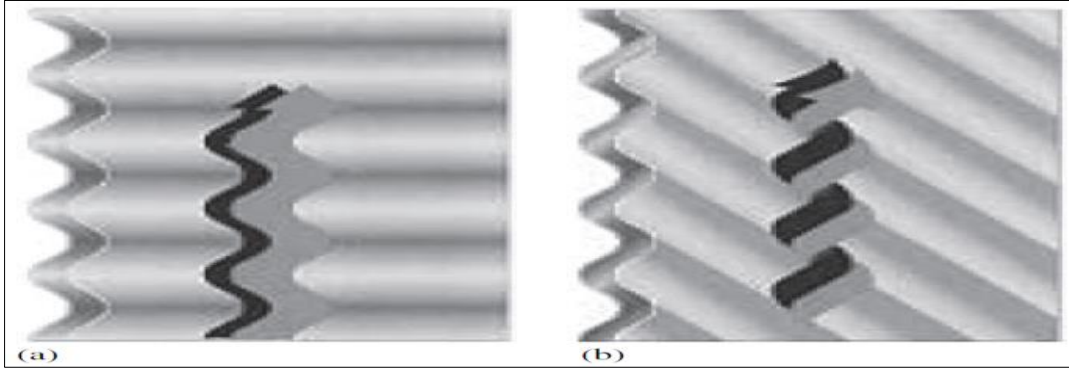


Şekil 3.3. Plaka tipi contalı ısı değıştirci örnekleri [34]

3.5. Plakalı Isı Değıştircilerin Avantajları

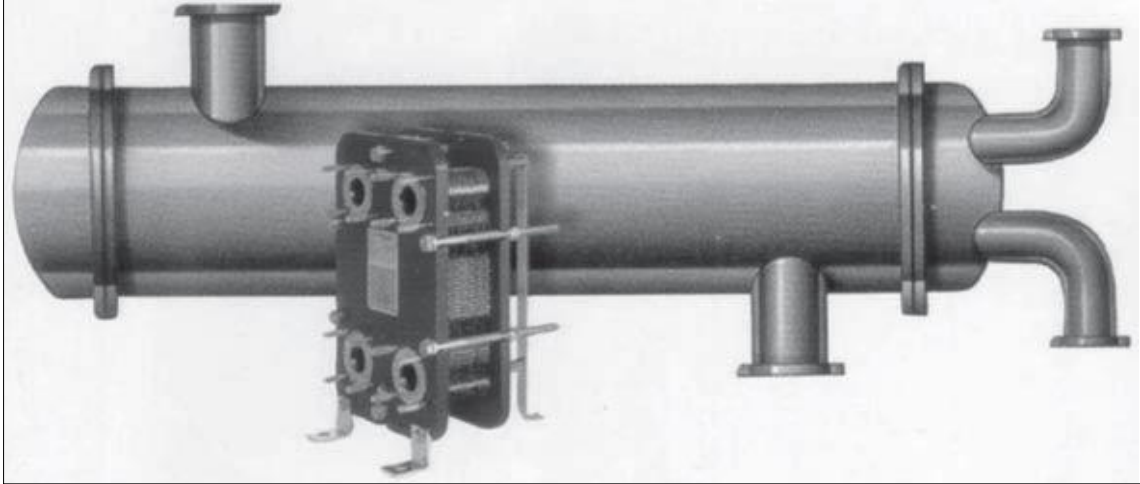
Plakalı ısı değıştircilerin diğeri ısı değıştircilerine göre başlıca avantajları;

- Plaka yüzey olukları ısı transferini girdap veya vorteks akışlarını oluşturarak çeşitli sınır tabakalarının plaka boyunca sabit kalmamasını, hidrolik çap akış geçitleri küçültüp ve etkili ısı transfer alanını arttırarak ısı transferini artırır. Bu şekilde elde edilen ısı transfer katsayıları, kabuk-ve-boru tipi ısı değıştirciden daha yüksek olacaktır. Bu farkı plakalı ısı değıştircilerde kullanılan oluklarda yanal vorteks üretimi veya sarmal girdap ile sağlanır.



Şekil 3.4. Plaka boyunca a) Paralel oluklarda akış b) Çapraz oluklarda akış

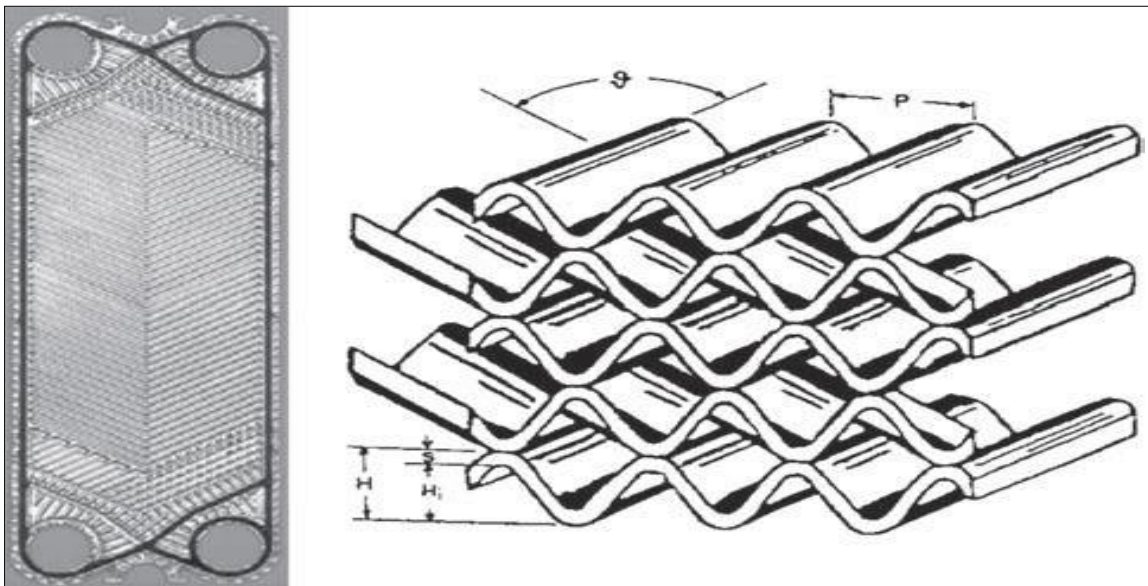
- Plakalı ısı değiştiriciler genellikle yüksek ısı transferi katsayılarına sahip olmasından dolayı diğer ısı değiştiricilerinden çok daha küçük termal (ve fiziksel) boyutlara sahiptir. Aynı etkili ısı transfer alanı için plakalı ısı değiştiricileri kabuk-boru tipi ısı değiştiricilerinden ağırlık bakımından % 30 hacmi bakımından % 20 daha küçüktür. Bu hacim ve ağırlık farkı deniz uygulamaları için cezbedicidir.



Şekil 3.5. Aynı kapasitede boru tipi ve plakalı ısı değiştiricilerin boyut farkı [34]

- Yüksek ısı transfer kat sayıları ve gerçek ters akış düzenlemeleri sayesinde, plakalı ısı değiştiriciler çok yakın sıcaklık farkı ile çalışabilir ($\sim 1^{\circ}\text{C}$). Böylelikle kabuk-boru tipi ısı değiştiricilerinin % 50 ısı geri kazanımına kıyasla plakalı ısı değiştiricilerinde % 90'a varan bir ısı geri kazanımı elde edilebilir. Plakalı ısı değiştiriciler düşük ısı kaynaklarında ısı geri kazanımı için oldukça uygundur.

- Plakalı ısı değıştircilerde, her bir akışkan ortam ayrı kanallar ve contalı plakalar ile sınırlıdır. Contalar arasındaki boşluk atmosfere havalandırılır, böylece Akışkanların çapraz bulaşma olasılığını ortadan kaldırır.
- Plakalı ısı değıştirciler, yüksek viskoziteli akışkanlar için oldukça uygundurlar. Yüksek viskoziteli akışkanlar genellikle laminer akış özelliğine sahip oldukları için bu akışı bozacak Swirl-üretimleri nedeniyle plakalı ısı değıştircisinde çapraz oluklar kullanılır. Bu özellik ayrıca kirlenmeyi de azaltır
- Contalı bir plakalı ısı değıştircideki plaka serisi kolaylıkla sökülüp takılabilir. Böylece ısı değıştircinin muayene, temizleme ve conta değışimi oldukça kolay bir şekilde gerçekleştirilebilir. Ayrıca, ihtiyaca binaen bir proses tesisinde değışen ısı yükü gereksinimlerini karşılamak için plakalı ısı değıştircinin termal boyutunu sadece bazı plakaları ekleyerek veya çıkartarak değıştirmek büyük bir esneklik sağlar. Özellikle hijyenik şartların ön planda olduğu süt ve gıda uygulamalarında sıklıkla plakalı ısı değıştirciler sıklıkla kullanılırlar.
- İki bitişik plaka arasında oluşturulan ince kanallar sayesinde, plakalar arasındaki akışkan hacmini plakalı ısı değıştircilerde çok küçüktür. Bu nedenle oldukça kısa süreli geçişlerde ve ani değışikliklerde bile ısı değıştircinin kontrol edilmesi daha kolaydır.



Şekil 3.6. Plakalı ısı değıştircilerde chevron-tipi oluklar [34]

- Aynı ünite içerisinde iki veya daha fazla sıvıyı ısıtmak veya soğutmak transfer plakaları arasında ara ayırıcı bölümleri monte ederek mümkündür. Bu yöntemle tesislerin yapısal karmaşıklığını azaltabilir.
- Farklı yüzey desenlerine sahip plakalar, tek bir plakalı ısı değiştiricide birleştirilebilir. Çok farklı geçişli düzenlemeler tek bir plakalı ısı değiştiriciye de uygulanabilir. Bu plakalı ısı değiştiricilere esneklik sağlarken çalışma koşullarını optimize eder.
- Plakalı ısı değiştiriciler diğer ısı değiştiricilere göre düşük tutma hacmine ve daha az ağırlığa sahip olduğundan taşıma, nakliye ve montaj bedelleri açısından daha ucuzdur.
- Akışa bağlı olarak titreşim, gürültü ve ısı transfer yüzeyinde akışın çarpma-sürüklenme kuvvetine bağlı erozyon-korozyon plakalı ısı değiştiricilerinde elimine edilir.
- Plakalı ısı değiştiriciler plaka kenarları atmosfere maruz kalmaktadır. Böylece ısı kaybı ihmal edilebilir ve genellikle yalıtım gerekmez.

Çizelge 3.2. Contalı plakalı ve gövde-boru tipi ısı değıştirciler arasındaki farklar

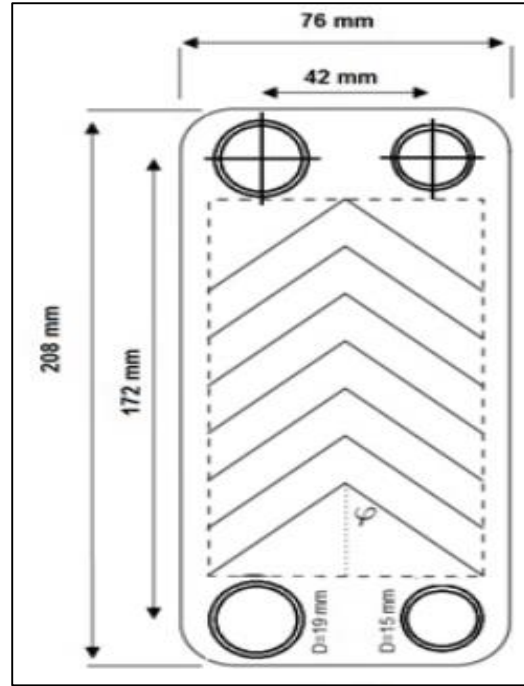
	Contalı Plakalı Isı Değıştirciler	Gövde-Boru Tipi Isı Değıştirciler
Çapraz Isı Geçişi	Olanaksız	Olanaklı
ΔT	$\sim 1^{\circ}C$	$\sim 5^{\circ}C$
Çoklu Görev Kabiliyeti	Olanaklı	Olanaksız
Borulama	Tek Taraflı	Çok Taraflı
Isı Transfer Oranı	$\sim 3-5$	1
Operasyon-Ağırlık Oranı	1	$\sim 3-10$
Isı Değıştiricinin İçinde Kalan Hacim	Az	Çok
Hacim Oranı	1	$\sim 2-5$
Kaynak İhtiyacı	Yok	Var
Titreşime Duyarlılık	Az	Yüksek
Conta	Her plakada	Isı değıştiricin Girişi ve Çıkışıında
Kaçak Denetimi	Kolay	Zor
Kontrol İçin Erişim	Plakaların iki tarafından	Kısıtlı Erişim
Demontaj Süresi	15 dakika	$\sim 60-90$ dakika
Onarım	Plaka ve Contaların değışimi ile oldukça kolay	Sadece Boruların Kapatılması Söz Konusu(Kapasiteyi Azaltır)
Modifikasyon	Kolaylıkla İhtayaca Göre Modifiye Edilebilir	Oldukça Zor
Yanılma Payı	$\sim 0,1-0,25$	1

4.1. Plakalı Isı Değiştiricilerin Özellikleri

Çalışmada kullanılan plakaların ölçüleri aşağıda tanımlanmıştır.

Çizelge 4.1. Plakalı ısı değiştiricilerin ölçüleri

Parametreler	Değerler
Plaka Uzunluğu (mm)	208
Plaka Genişliği (mm)	76
Delikler Arası Uzaklık (mm)	172
Delikler Arası Genişlik (mm)	42
Plaka Kalınlığı (mm)	0.4
Chevron Açısı(°)	60



Şekil 4.2. Plakalı ısı değiştirici çizimi [35]

4.2. Teorik Hesaplar

Plakalı ısı değiştiricinin sıcak ve soğuk taraflarındaki ısı hesabı aşağıdaki formüller ile yapılmıştır.

$$\dot{Q}_s = \dot{m}_s c_{p,s} (T_{s,giriş} - T_{s,cıkış}) \text{ (Formül 4.1)}$$

$$\dot{Q}_{soğ} = \dot{m}_{soğ} c_{p,soğ} (T_{soğ,giriş} - T_{soğ,cıkış})$$

Genel ısı transferi katsayısını hesaplamak için ısıнын averaj değerine ihtiyaç vardır.

$$\dot{Q}_s = \frac{\dot{Q}_s + \dot{Q}_{soğ}}{2} \text{ (Formül 4.2)}$$

Plakalı ısı değıştircinin etkinliği aşağıdaki formöl ile hesaplanmıştır.

$$\varepsilon = \frac{C_s(T_{s,giriş}-T_{s,çıkış})}{C_{min}(T_{s,giriş}-T_{soğ,giriş})} \text{ (Formul 4.3)}$$

Yukarıda belirtilen C ısı kapasite faktörü olup sıcak ve soğuk taraf için aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

$$C_s = \dot{m}_s c_{p,s} \text{ (Formul 4.4)}$$

$$C_{soğ} = \dot{m}_{soğ} c_{p,soğ}$$

Deney için kullanılan boyutsuz sayılardan ilki Nuselt(Nu) sayısıdır.

$$Nu = \frac{hD_h}{k} \text{ (Formul 4.5)}$$

$$Nu = 0.348Re^{0.663}Pr^{0.33}$$

Deney için kullanılan boyutsuz sayılardan bir diğeri Reynold(Re) sayısıdır.

$$Re = \frac{GD_h}{\mu} \text{ (Formul 4.6)}$$

Deney için kullanılan boyutsuz sayılardan bir diğeri Prandl(Pr) sayısıdır.

$$Pr = \frac{\mu c_p}{k_{plaka}} \text{ (Formul 4.7)}$$

Logaritmik sıcaklık farkı (LMTD) kullanılarak sıcaklık farkı hesaplanmıştır.

$$LMTD = \frac{(T_{s,giriş}-T_{soğ,çıkış})-(T_{s,çıkış}-T_{soğ,giriş})}{\ln\left(\frac{(T_{s,giriş}-T_{soğ,çıkış})}{(T_{s,çıkış}-T_{soğ,giriş})}\right)} \text{ (Formul 4.8)}$$

Toplam ısı transferi katsayısı (U) çeşitli şekillerde hesaplanabilir.

$$U = \frac{\dot{Q}_{ortlama}}{LMTD} \text{ (Formül 4.8)}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_{sıcak}} + \frac{1}{h_{soğuk}} + \frac{\Delta x}{k_{plaka}}}$$

4.3. Deneyler

Deneyler ısı değiştirici üzerinde 8L saf su kullanarak yapılmıştır. Deneylerde 8,12 ve 16 plakalı Chevron tipi plakalı ısı değiştiriciler kullanılmıştır. Deneylerde debi 3, 4, 5, 6, 7 L/dak ve 40°C, 45°C, 50°C ve 50°C sıcaklıklarda tekrarlanmıştır.

5. BULGULAR, SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu bölümde belirtilen kısımlar alt başlıklarda irdelenmiştir.

5.1. Bulgular

8,12 ve 16 plakalı ısı değiştiricide yapılan deneyler çeşitli parametreler ile irdelenmiştir.

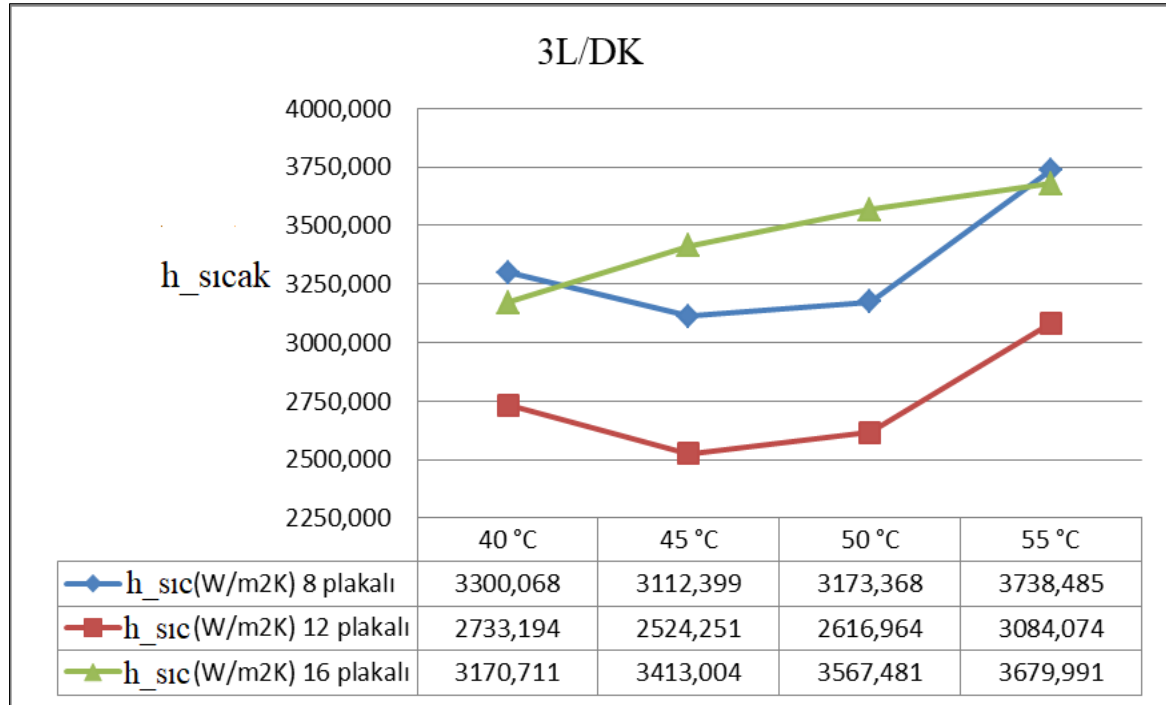
Bulgular çalışmanın çeşitli parametrelerde kolay takibi için çeşitli grafiklere bölünmüştür.

Bunlar başlıca

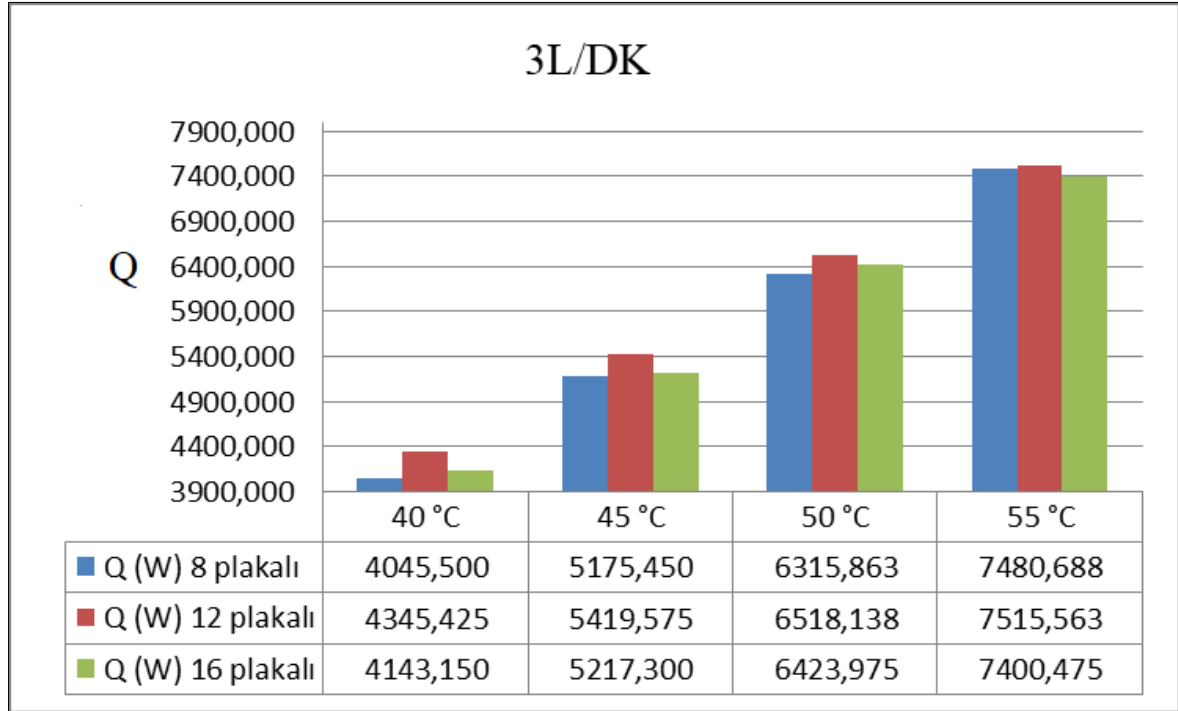
- Aynı debide ve farklı sıcaklıklarda $h_{sıcak}$, Q ve U değerleri
- Aynı debide yapılan ve averaj sıcaklık değerlerinde $h_{sıcak}$, Q ve U değerleri
- Plakaların çoklu parametre ile kullanılarak değerlendirilmeleri

5.2. Aynı Debide Ve Farklı Sıcaklıklarda $h_{sıcak}$, Q Ve U Değerleri

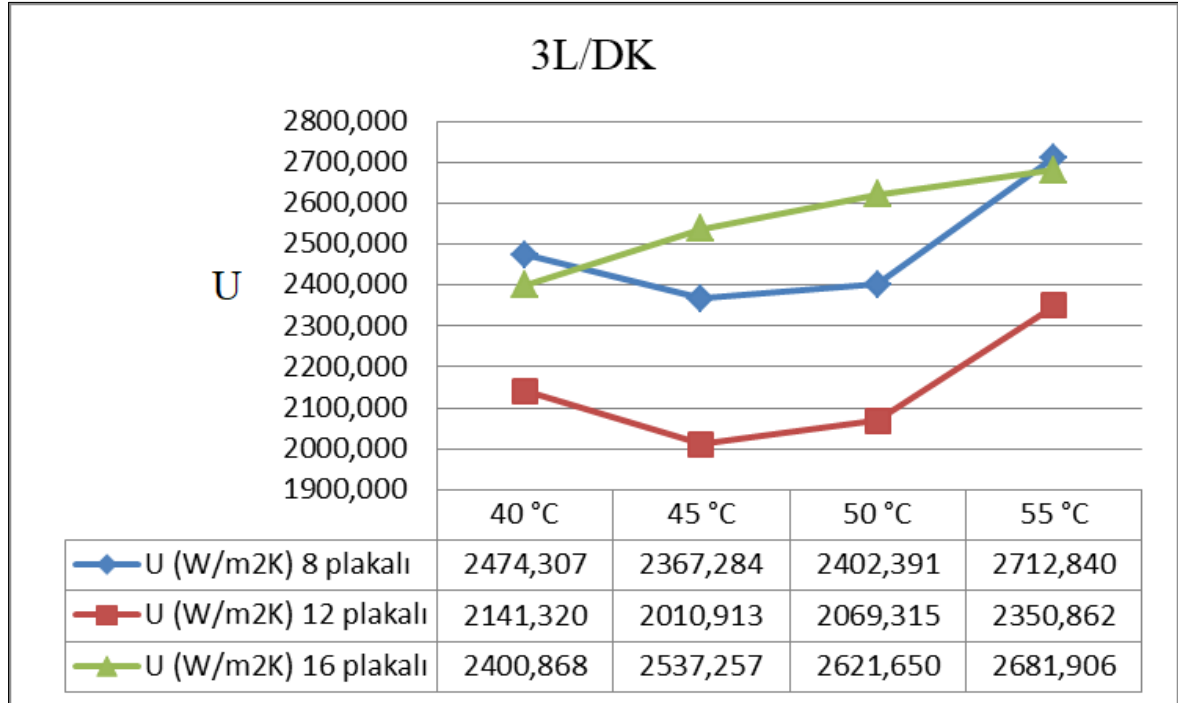
5.2.1. 3L/dak için $h_{sıcak}$ (W/m²K), Q (W) ve U (W/m²K) değerleri



Şekil 5.1. 3L/dak ile plakalı ısı değiştiricinin soğuk tarafındaki akışkanın konveksiyon katsayısındaki ($h_{sıcak}$) değişim

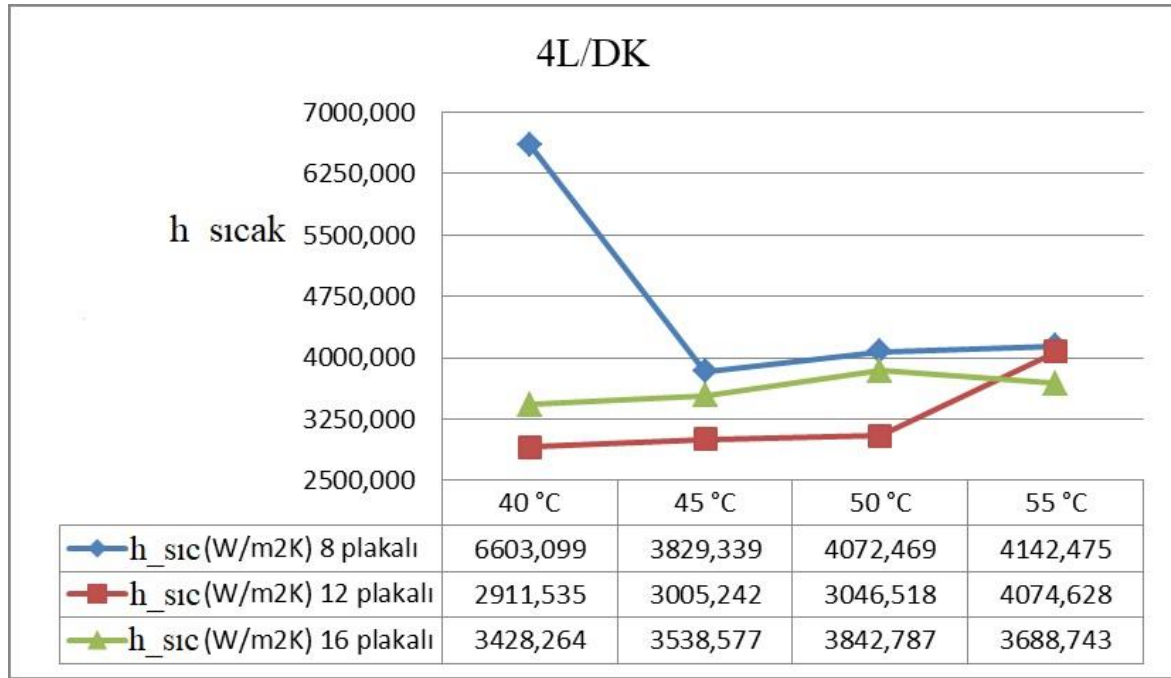


Şekil 5.2. 3L/dak ile plakalı ısı değıştiricinin soğuk tarafına giren akışkanın ısı (Q) miktarındaki değışim

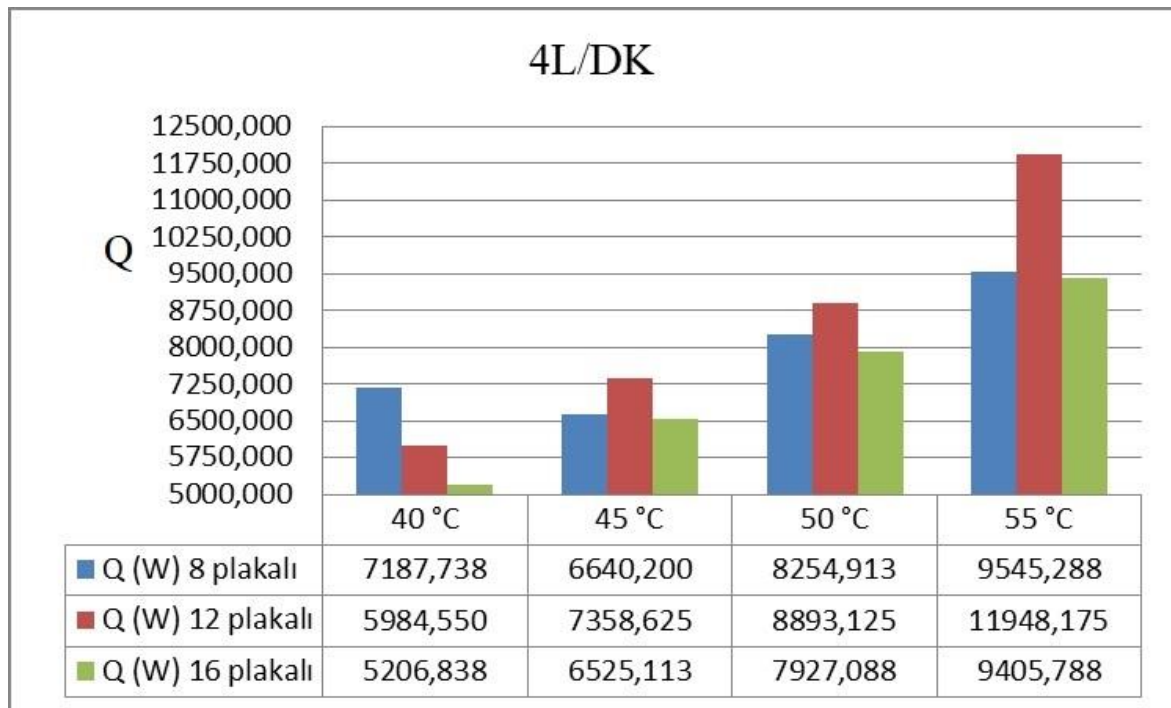


Şekil 5.3. 3L/dak ile plakalı ısı değıştiricinin soğuk tarafına giren akışkanın toplam ısı transferi katsayısı (U) miktarındaki değışim

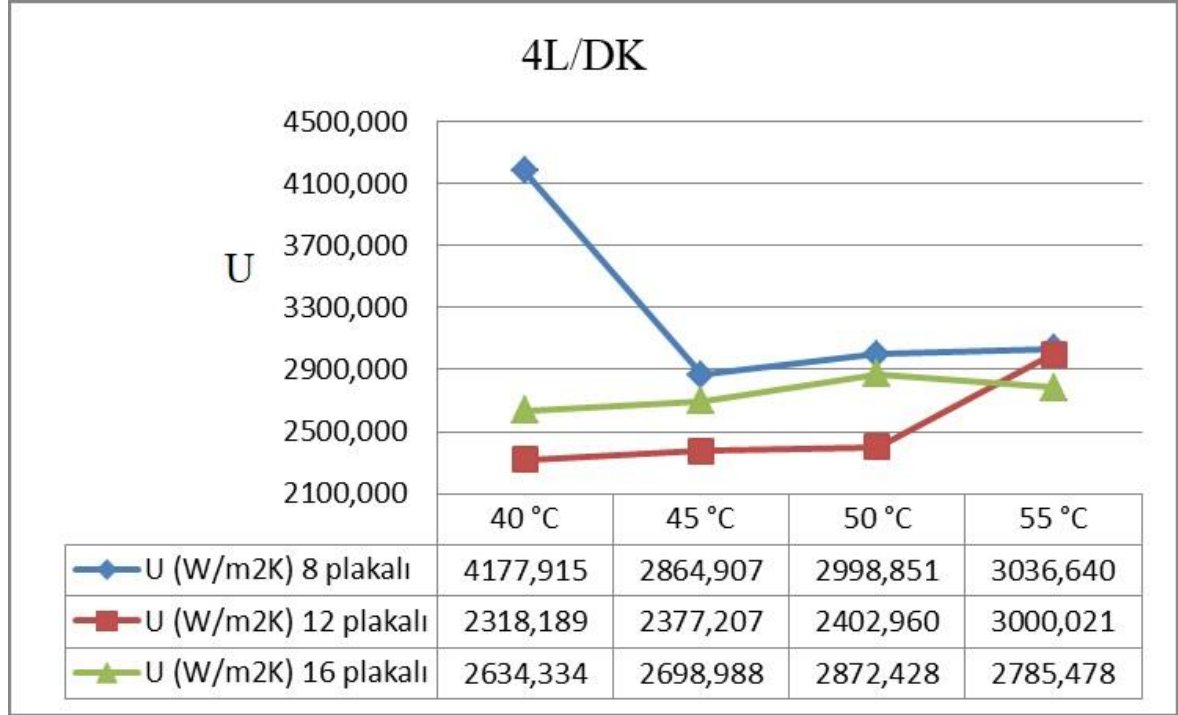
5.2.2. 4L/dak için $h_{\text{sıcak}}$ (W/m²K), Q(W) ve U(W/m²K) değerleri



Şekil 5.4. 4L/dak ile plakalı ısı değiştiricinin soğuk tarafındaki akışkanın konveksiyon katsayısındaki ($h_{\text{sıcak}}$) değişim

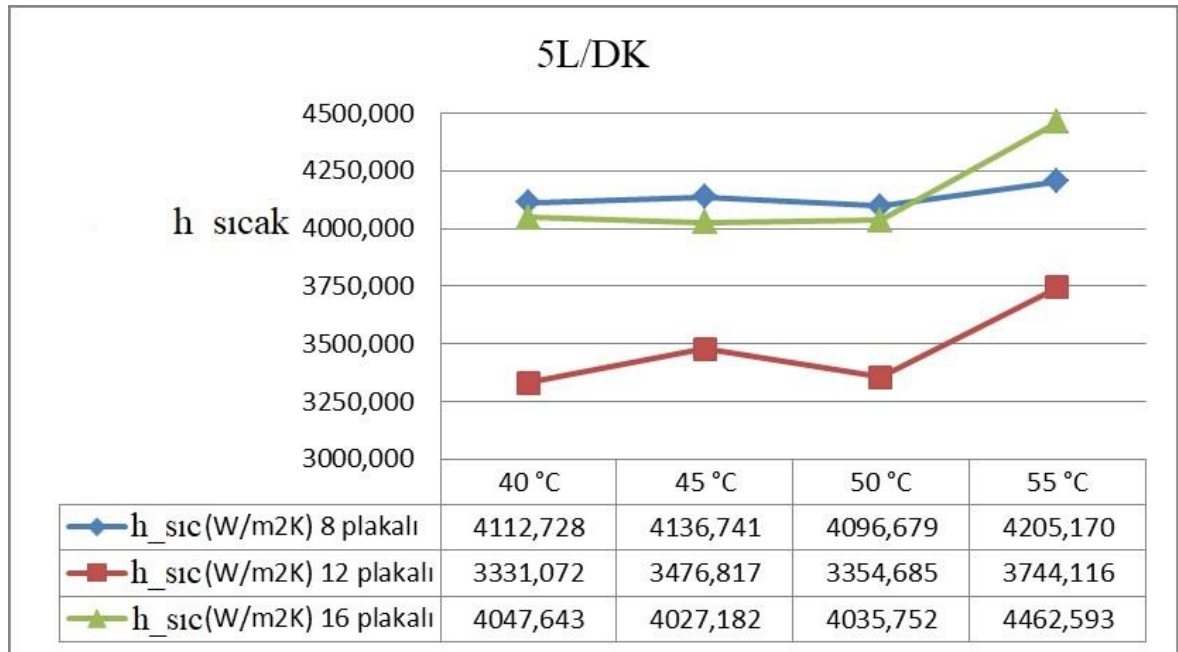


Şekil 5.5. 4L/dak ile plakalı ısı değiştiricinin soğuk tarafına giren akışkanın ısı (Q) miktarındaki değişim

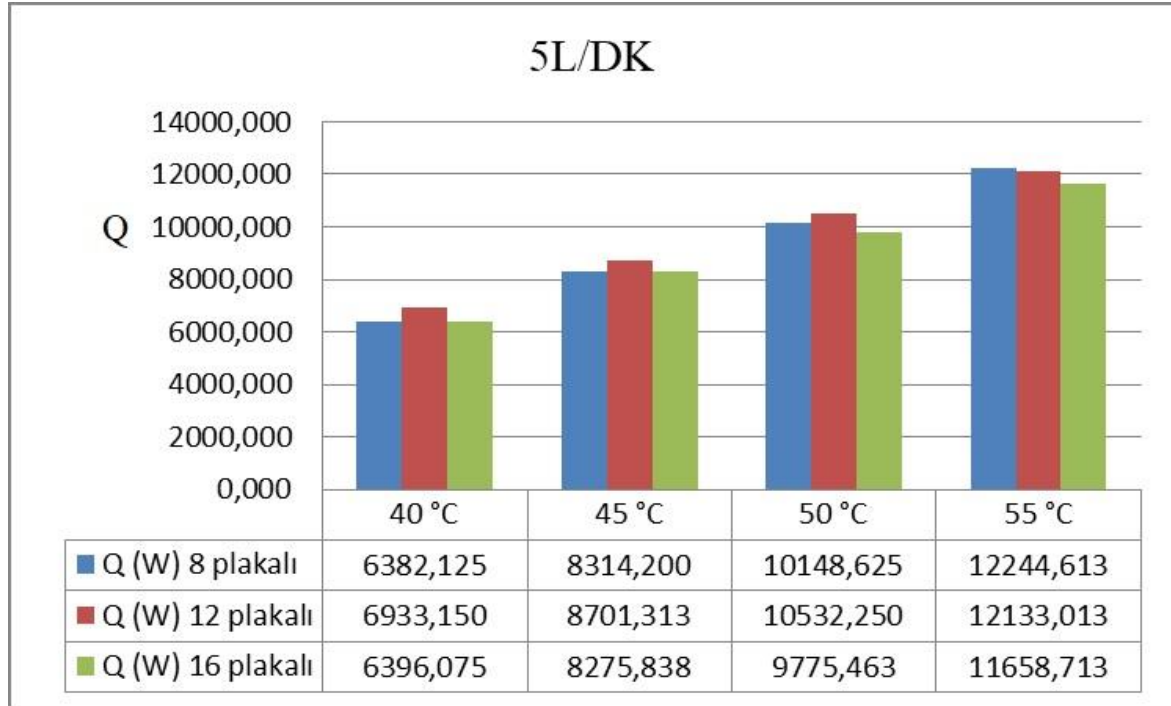


Şekil 5.6. 4L/dak ile plakalı ısı değiştiricinin soğuk tarafına giren akışkanın toplam ısı transferi katsayısı (U) miktarındaki değişim

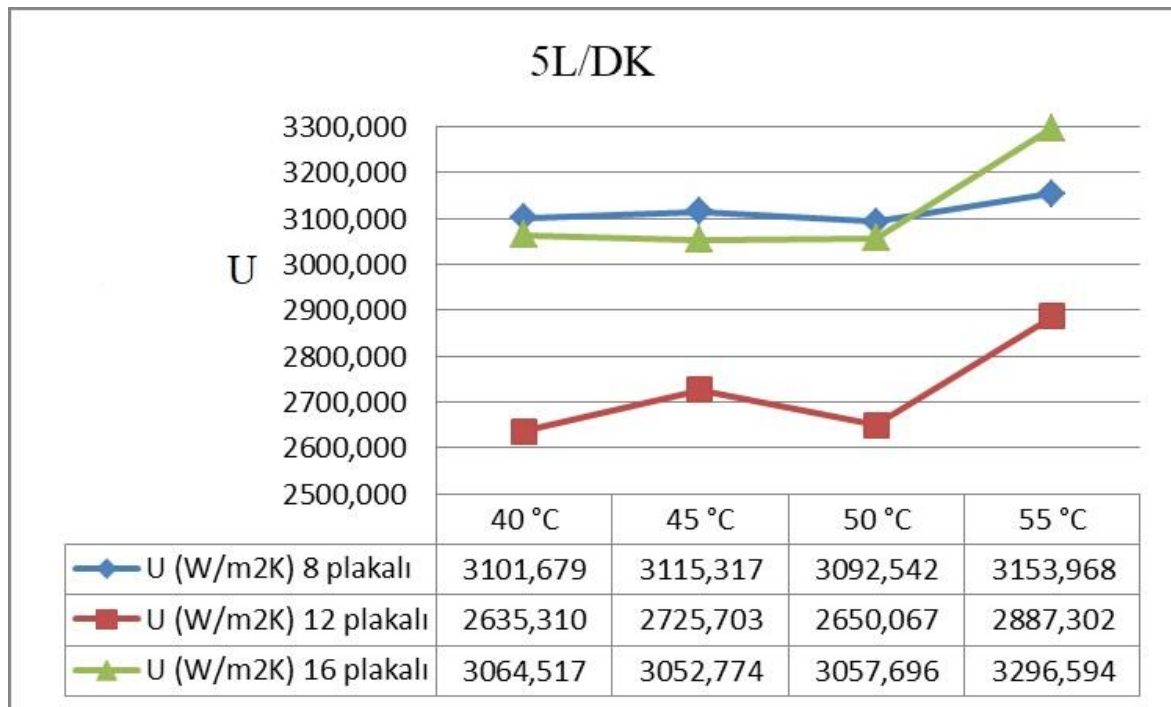
5.2.3. 5L/dak için $h_{sıcak}$ (W/m²K), Q(W) ve U(W/m²K) değerleri



Şekil 5.7. 5L/dak ile plakalı ısı değiştiricinin soğuk tarafındaki akışkanın konveksiyon katsayısındaki ($h_{sıcak}$) değişim

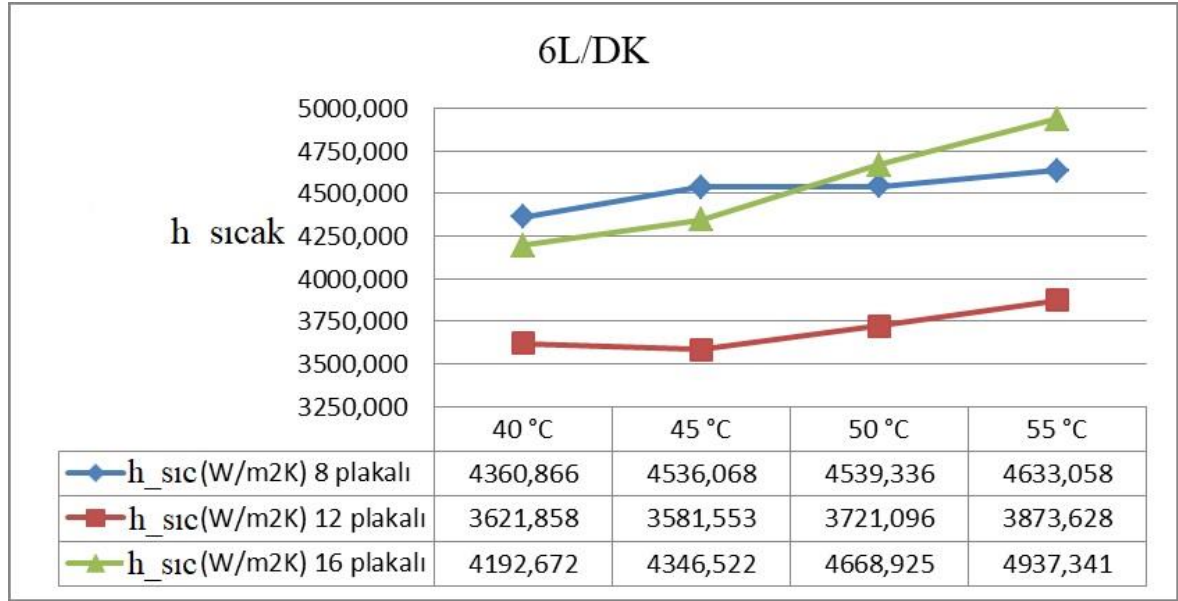


Şekil 5.8. 5L/dak ile plakalı ısı değıştiricinin soğuk tarafına giren akışkanın ısı (Q) miktarındaki değışim

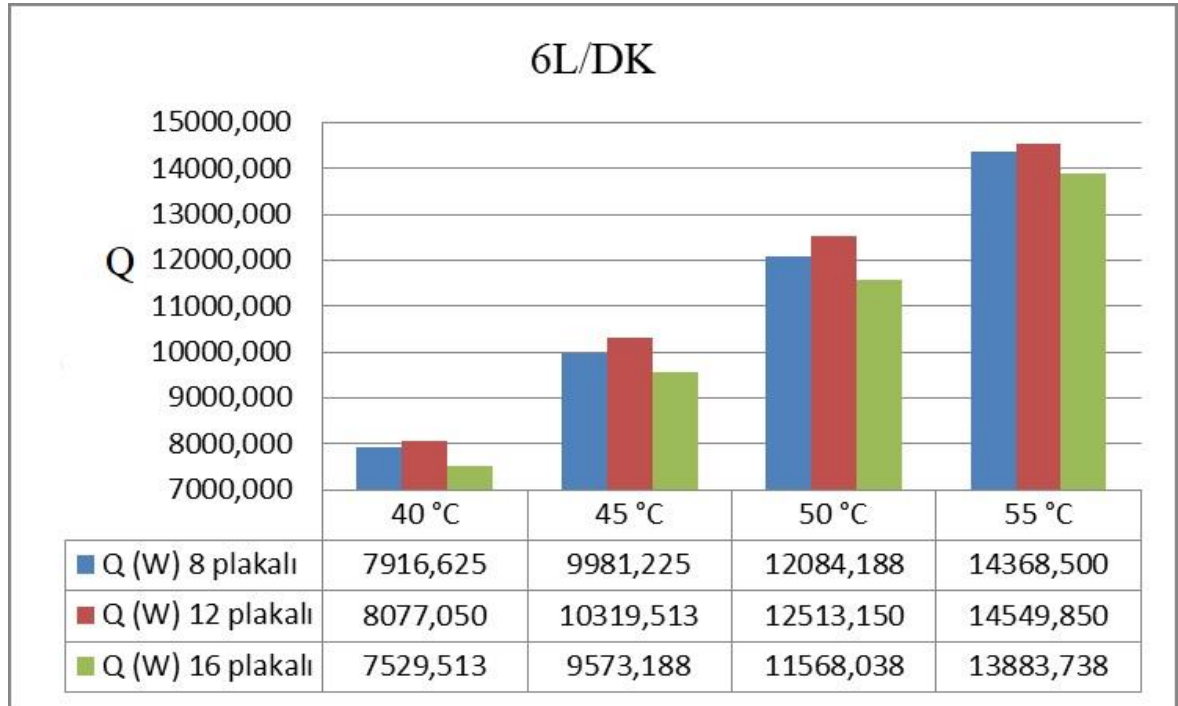


Şekil 5.9. 5L/dak ile plakalı ısı değıştiricinin soğuk tarafına giren akışkanın toplam ısı transferi katsayısı (U) miktarındaki değışim

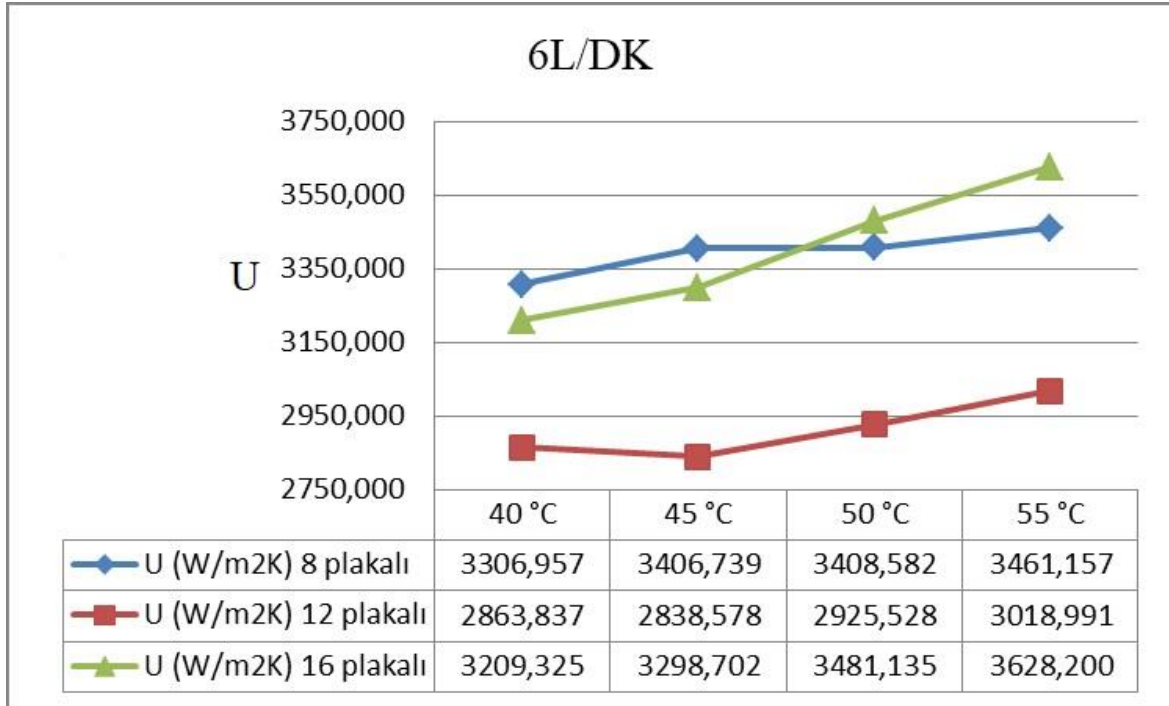
5.2.4. 6L/dak için $h_{sıcak}$ (W/m²K), Q(W) ve U(W/m²K) değerleri



Şekil 5.10. 6L/dak ile plakalı ısı değiştiricinin soğuk tarafındaki akışkanın konveksiyon katsayısındaki ($h_{sıcak}$) değişim

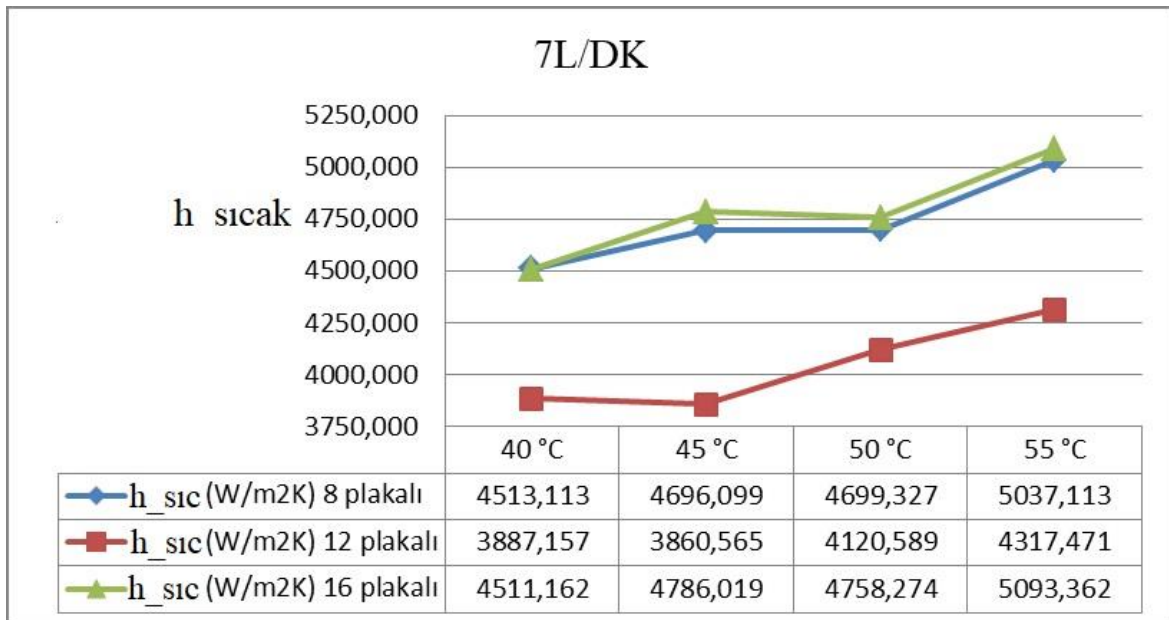


Şekil 5.11. 6L/dak ile plakalı ısı değiştiricinin soğuk tarafına giren akışkanın ısı (Q) miktarındaki değişim

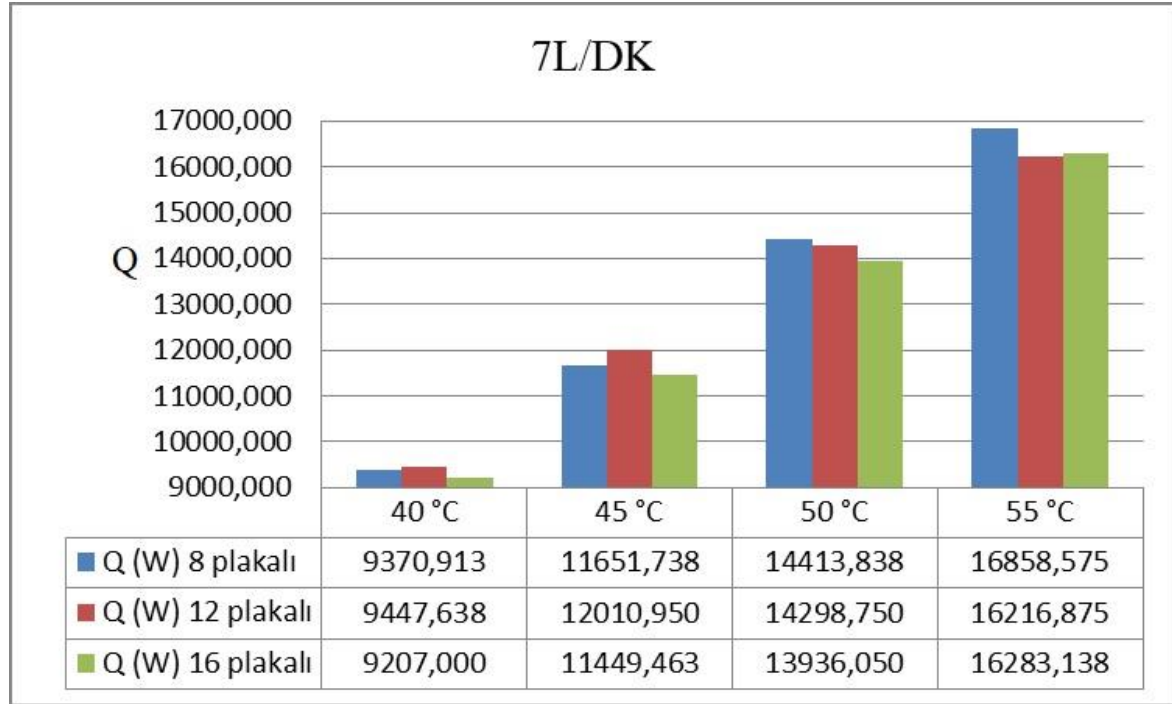


Şekil 5.12. 6L/dak ile plakalı ısı değiştiricinin soğuk tarafına giren akışkanın toplam ısı transferi katsayısı (U) miktarındaki değişim

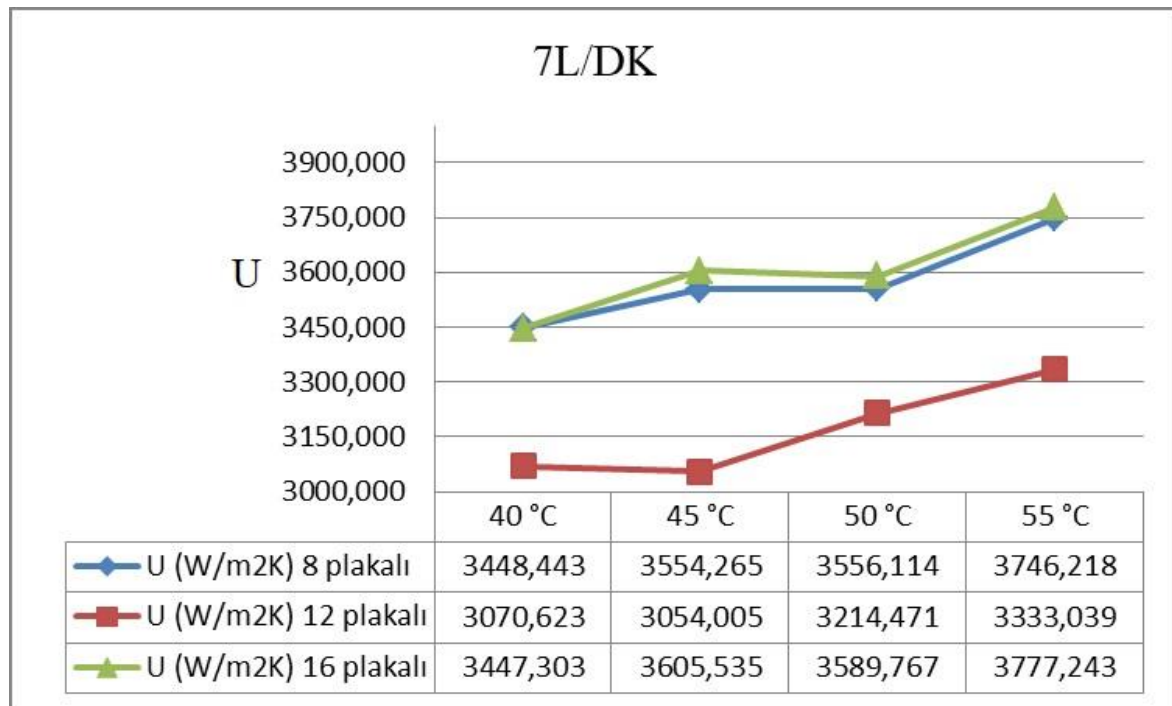
5.2.5. 7L/dak için $H_{sıcak}$ (W/m²K), Q(W) ve U(W/m²K) değerleri



Şekil 5.13. 7L/dak ile plakalı ısı değiştiricinin soğuk tarafındaki akışkanın konveksiyon katsayısındaki ($h_{sıcak}$) değişim



Şekil 5.14. 6L/dak ile plakalı ısı değiştiricinin soğuk tarafına giren akışkanın ısı (Q) miktarındaki değişim



Şekil 5.15. 7L/dak ile plakalı ısı değiştiricinin soğuk tarafına giren akışkanın toplam ısı transferi katsayısı (U) miktarındaki değişim

Verilen grafikleri yorumlayacak olursak;

3L/dak debi için

3L/dk Debi ve 40°C durumunda deney sonuçları incelendiğinde 12 plakalı ısı değiştiricinin 8 plakalı ısı değiştiriciye göre %7.42 daha fazla ve 16 plakalı ısı değiştiriciye göre %4.88 daha fazla ısı transferi gerçekleştirdiği gözlemlenmiştir.

3L/dk Debi ve 45°C durumunda deney sonuçları incelendiğinde 12 plakalı ısı değiştiricinin 8 plakalı ısı değiştiriciye göre %4.72 daha fazla ve 16 plakalı ısı değiştiriciye göre %3.88 daha fazla ısı transferi gerçekleştirdiği gözlemlenmiştir.

3L/dk Debi ve 50°C durumunda deney sonuçları incelendiğinde 12 plakalı ısı değiştiricinin 8 plakalı ısı değiştiriciye göre %3.21 daha fazla ve 16 plakalı ısı değiştiriciye göre %1.47 daha fazla ısı transferi gerçekleştirdiği gözlemlenmiştir.

3L/dk Debi ve 55°C durumunda deney sonuçları incelendiğinde 12 plakalı ısı değiştiricinin 8 plakalı ısı değiştiriciye göre %0.47 daha fazla ve 16 plakalı ısı değiştiriciye göre %1.56 daha fazla ısı transferi gerçekleştirdiği gözlemlenmiştir.

4L/dak debi için

4L/dk Debi ve 40°C durumunda deney sonuçları incelendiğinde 12 plakalı ısı değiştiricinin 8 plakalı ısı değiştiriciye göre %16.74 daha az ve 16 plakalı ısı değiştiriciye göre %14.94 daha fazla ısı transferi gerçekleştirdiği gözlemlenmiştir.

4L/dk Debi ve 45°C durumunda deney sonuçları incelendiğinde 12 plakalı ısı değiştiricinin 8 plakalı ısı değiştiriciye göre %10.82 daha fazla ve 16 plakalı ısı değiştiriciye göre %12.77 daha fazla ısı transferi gerçekleştirdiği gözlemlenmiştir.

4L/dk Debi ve 50°C durumunda deney sonuçları incelendiğinde 12 plakalı ısı değiştiricinin 8 plakalı ısı değiştiriciye göre %7.73 daha fazla ve 16 plakalı ısı değiştiriciye göre %12.19 daha fazla ısı transferi gerçekleştirdiği gözlemlenmiştir.

4L/dk Debi ve 55°C durumunda deney sonuçları incelendiğinde 12 plakalı ısı değiştiricinin 8 plakalı ısı değiştiriciye göre %25.17 daha fazla ve 16 plakalı ısı değiştiriciye göre %27.03 daha fazla ısı transferi gerçekleştirdiği gözlemlenmiştir.

5L/dak debi için

5L/dk Debi ve 40°C durumunda deney sonuçları incelendiğinde 12 plakalı ısı değiştiricinin 8 plakalı ısı değiştiriciye göre %8.64 daha fazla ve 16 plakalı ısı değiştiriciye göre %8.40 daha fazla ısı transferi gerçekleştirdiği gözlemlenmiştir.

5L/dk Debi ve 45°C durumunda deney sonuçları incelendiğinde 12 plakalı ısı değiştiricinin 8 plakalı ısı değiştiriciye göre %4.66 daha fazla ve 16 plakalı ısı değiştiriciye göre %5.14 daha fazla ısı transferi gerçekleştirdiği gözlemlenmiştir.

5L/dk Debi ve 50°C durumunda deney sonuçları incelendiğinde 12 plakalı ısı değiştiricinin 8 plakalı ısı değiştiriciye göre %3.78 daha fazla ve 16 plakalı ısı değiştiriciye göre %7.74 daha fazla ısı transferi gerçekleştirdiği gözlemlenmiştir.

5L/dk Debi ve 55°C durumunda deney sonuçları incelendiğinde 12 plakalı ısı değiştiricinin 8 plakalı ısı değiştiriciye göre %0.91 daha az ve 16 plakalı ısı değiştiriciye göre %4.07 daha fazla ısı transferi gerçekleştirdiği gözlemlenmiştir.

6L/dak debi için

6L/dk Debi ve 40°C durumunda deney sonuçları incelendiğinde 12 plakalı ısı değiştiricinin 8 plakalı ısı değiştiriciye göre %2.03 daha fazla ve 16 plakalı ısı değiştiriciye göre %7.27 daha fazla ısı transferi gerçekleştirdiği gözlemlenmiştir.

6L/dk Debi ve 45°C durumunda deney sonuçları incelendiğinde 12 plakalı ısı değiştiricinin 8 plakalı ısı değiştiriciye göre %3.39 daha fazla ve 16 plakalı ısı değiştiriciye göre %7.80 daha fazla ısı transferi gerçekleştirdiği gözlemlenmiştir.

6L/dk Debi ve 50°C durumunda deney sonuçları incelendiğinde 12 plakalı ısı değiştiricinin 8 plakalı ısı değiştiriciye göre %3.55 daha fazla ve 16 plakalı ısı değiştiriciye göre %8.17 daha fazla ısı transferi gerçekleştirdiği gözlemlenmiştir.

6L/dk Debi ve 55°C durumunda deney sonuçları incelendiğinde 12 plakalı ısı değiştiricinin 8 plakalı ısı değiştiriciye göre %1.26 daha fazla ve 16 plakalı ısı değiştiriciye göre %4.80 daha fazla ısı transferi gerçekleştirdiği gözlemlenmiştir.

7L/dak debi için

7L/dk Debi ve 40°C durumunda deney sonuçları incelendiğinde 12 plakalı ısı değiştiricinin 8 plakalı ısı değiştiriciye göre %0.82 daha fazla ve 16 plakalı ısı değiştiriciye göre %2.62 daha fazla ısı transferi gerçekleştirdiği gözlemlenmiştir.

7L/dk Debi ve 45°C durumunda deney sonuçları incelendiğinde 12 plakalı ısı değiştiricinin 8 plakalı ısı değiştiriciye göre %3.08 daha fazla ve 16 plakalı ısı değiştiriciye göre %3.89 daha fazla ısı transferi gerçekleştirdiği gözlemlenmiştir.

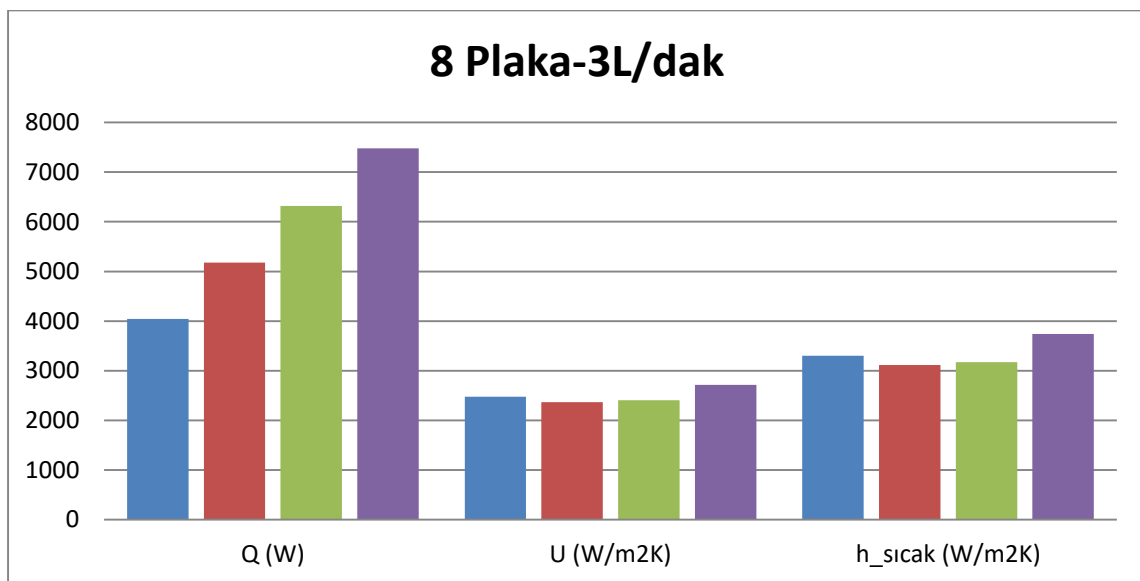
7L/dk Debi ve 50°C durumunda deney sonuçları incelendiğinde 12 plakalı ısı değiştiricinin 8 plakalı ısı değiştiriciye göre %0.80 daha az ve 16 plakalı ısı değiştiriciye göre %2.60 daha fazla ısı transferi gerçekleştirdiği gözlemlenmiştir.

7L/dk Debi ve 55°C durumunda deney sonuçları incelendiğinde 12 plakalı ısı değiştiricinin 8 plakalı ısı değiştiriciye göre %3.81 daha az ve 16 plakalı ısı değiştiriciye göre %0.41 daha az ısı transferi gerçekleştirdiği gözlemlenmiştir.

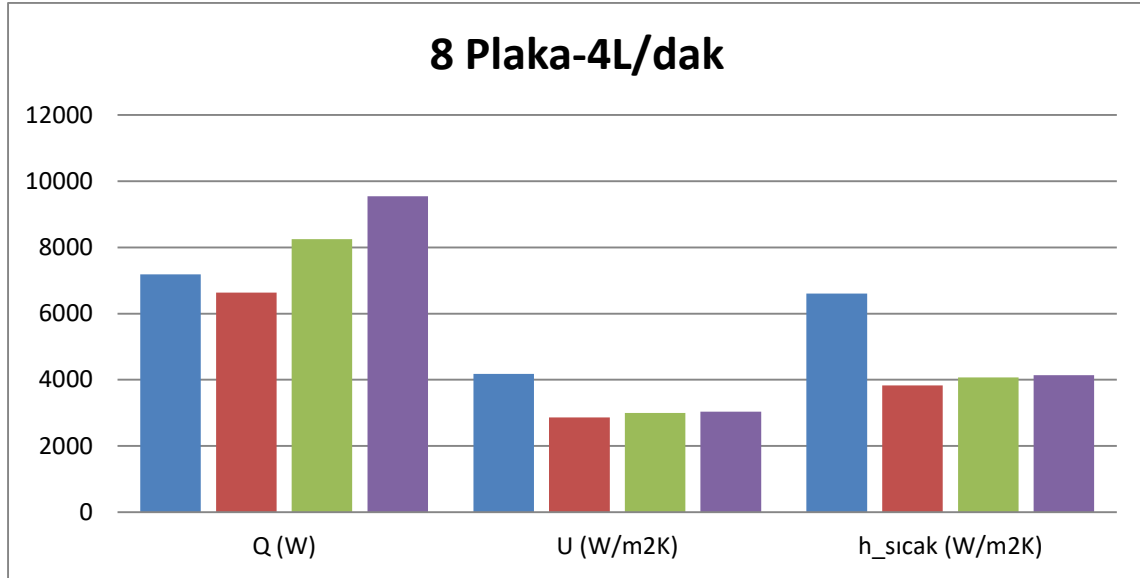
5.3. Aynı Debide Yapılan Ve Averaj Sıcaklık Değerlerinde $H_{\text{sıcak}}$, Q Ve U Değerleri

8, 12 ve 16 plaklı ısı değiştiriciler $H_{\text{sıcak}}$, Q ve U değerleri alt başlıklarda incelenmiştir.

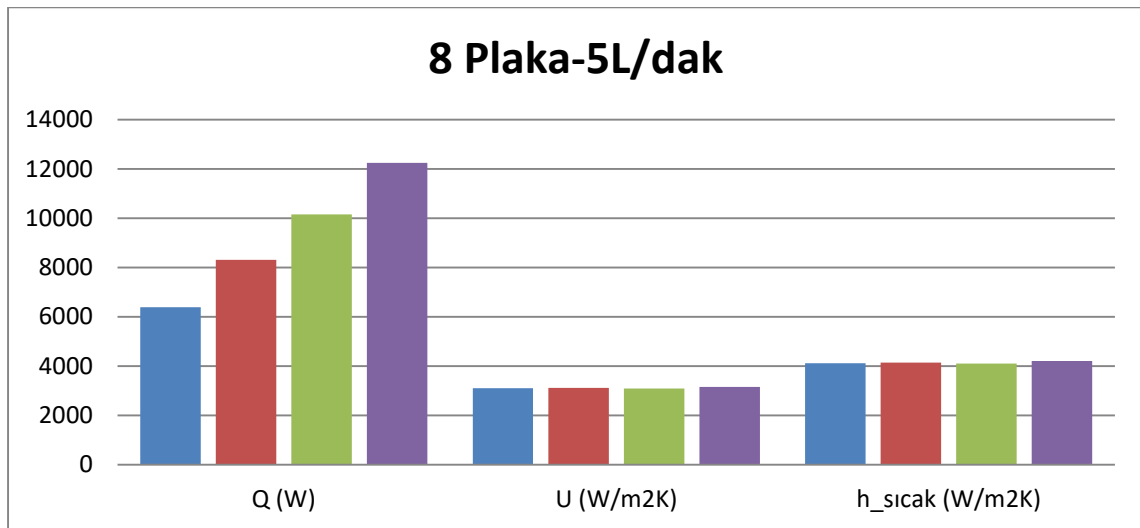
5.3.1. 8 plakalı ısı değiştirici için değerler



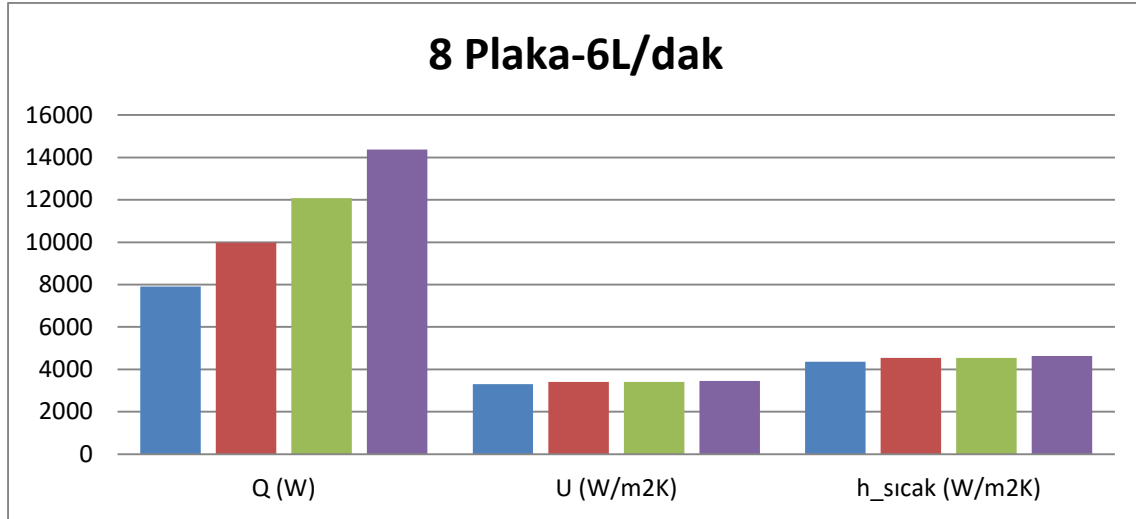
Şekil 5.16. 8 plakalı ısı değiştirici için yapılan 3L/dak debide 4 deneyin sonuçları



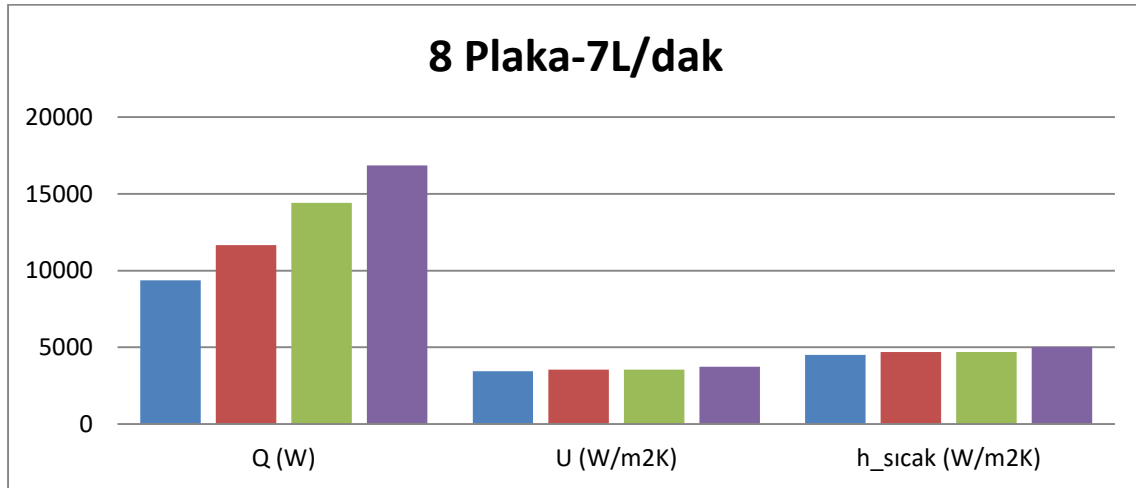
Şekil 5.17. 8 plakalı ısı değıştirici için yapılan 4L/dak debide 4 deneyin sonuçları



Şekil 5.18. 8 plakalı ısı değıştirici için yapılan 5L/dak debide 4 deneyin sonuçları



Şekil 5.19. 8 plakalı ısı değıştirici için yapılan 6L/dak debide 4 deneyin sonuçları

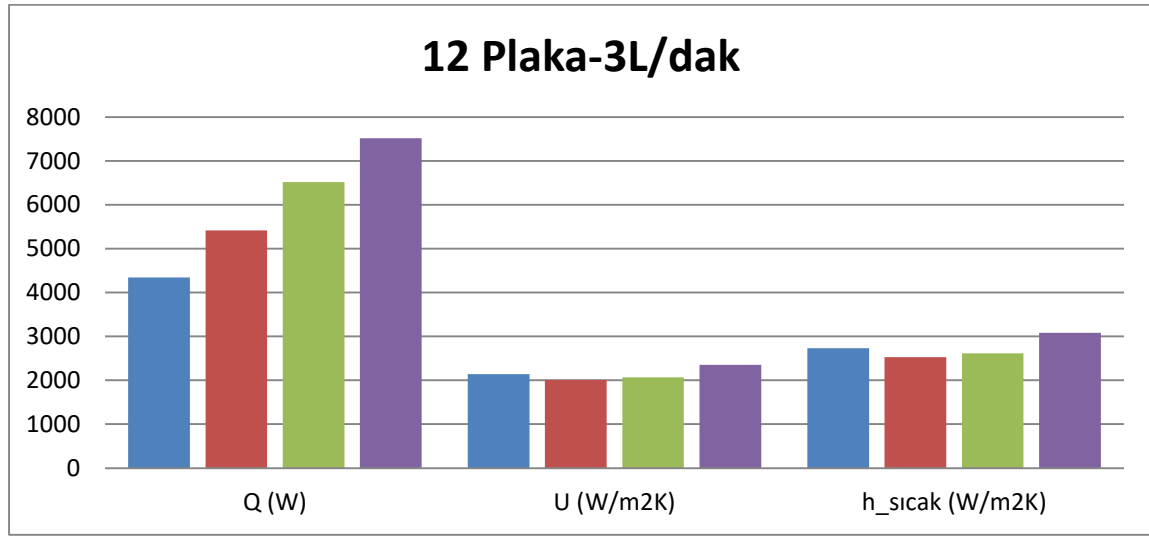


Şekil 5.20. 8 plakalı ısı değıştirici için yapılan 7L/dak debide 4 deneyin sonuçları

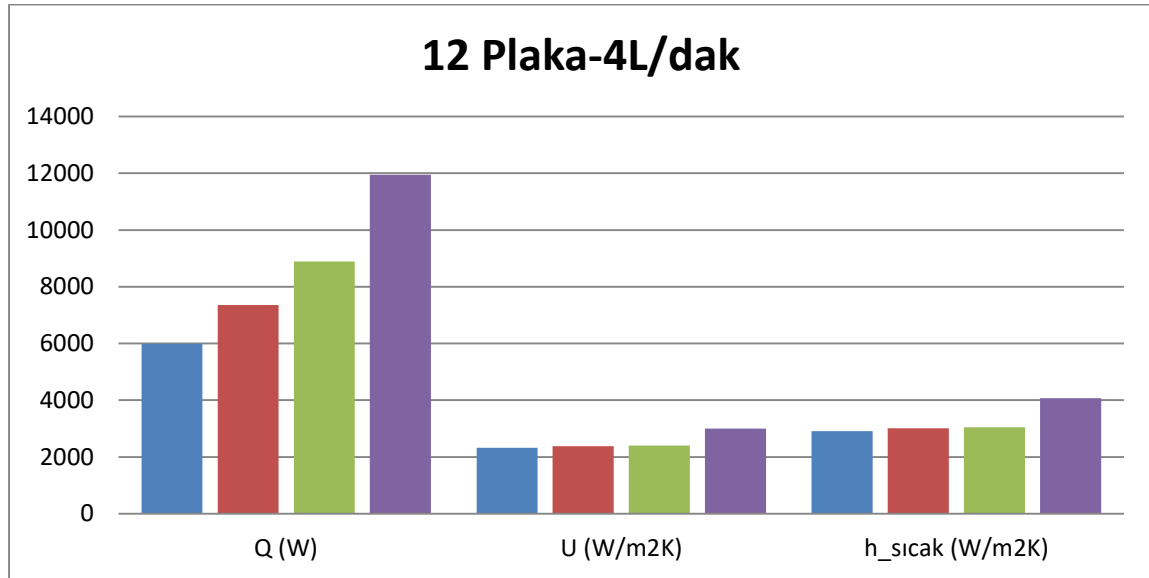
Çizelge 5.1. 8 Plakalı ısı değıştirici ortalama değeri

8 Plakalı Isı Değıştirici Ortalama Değeri			
$\dot{V}$ (L/dak)	Q (W)	U (W/m²K)	h_sıcak (W/m²K)
3	5754,38	2489,21	3331,08
4	7907,03	3269,58	4661,85
5	9272,39	3115,88	4137,83
6	11087,63	3395,86	4517,33
7	13073,77	3576,26	4736,41

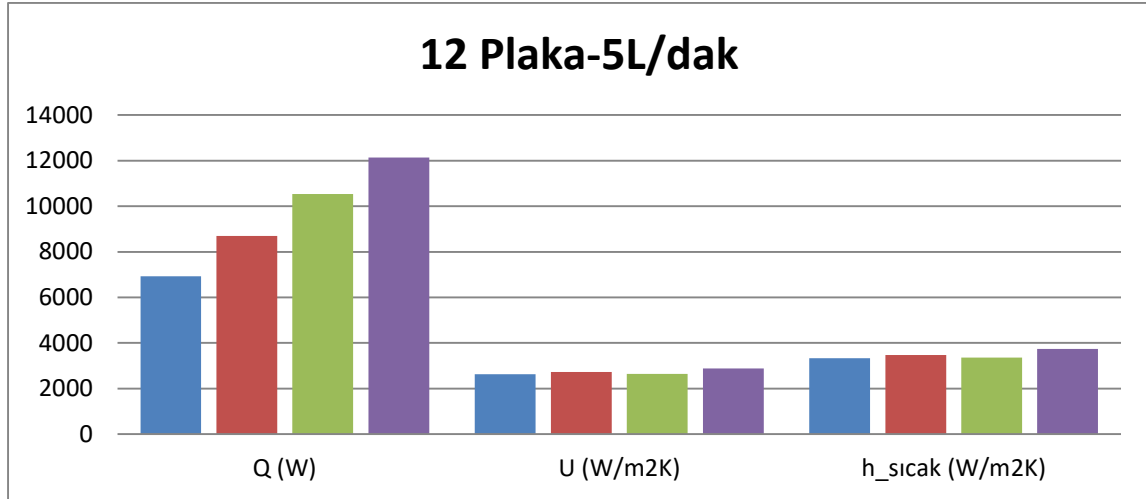
5.3.2. 12 Plakalı ısı değıştirici için deney sonuçları



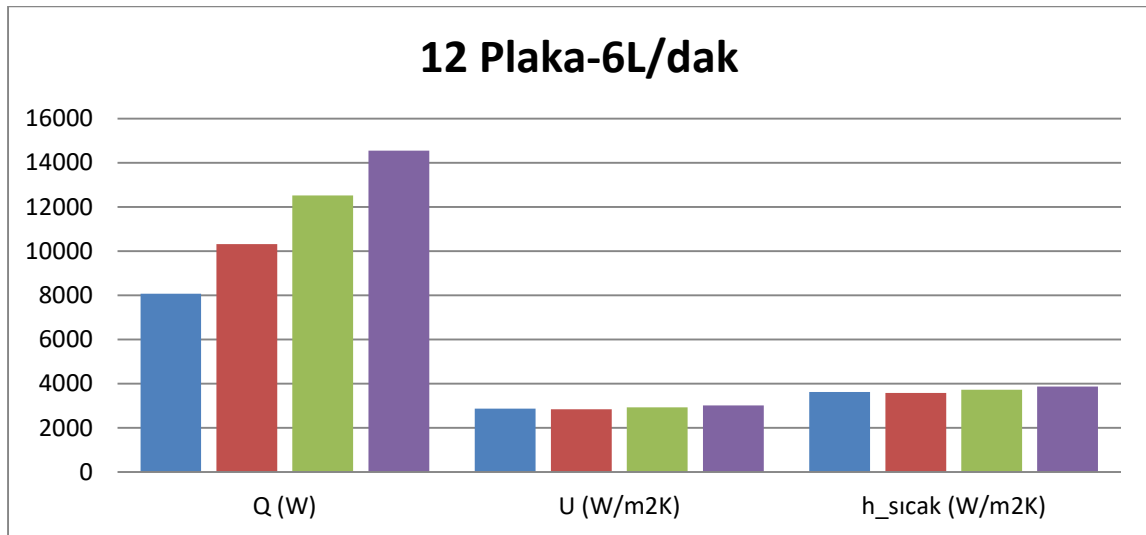
Şekil 5.21. 12 plakalı ısı değıştirici için yapılan 3L/dak debide 4 deneyin sonuçları



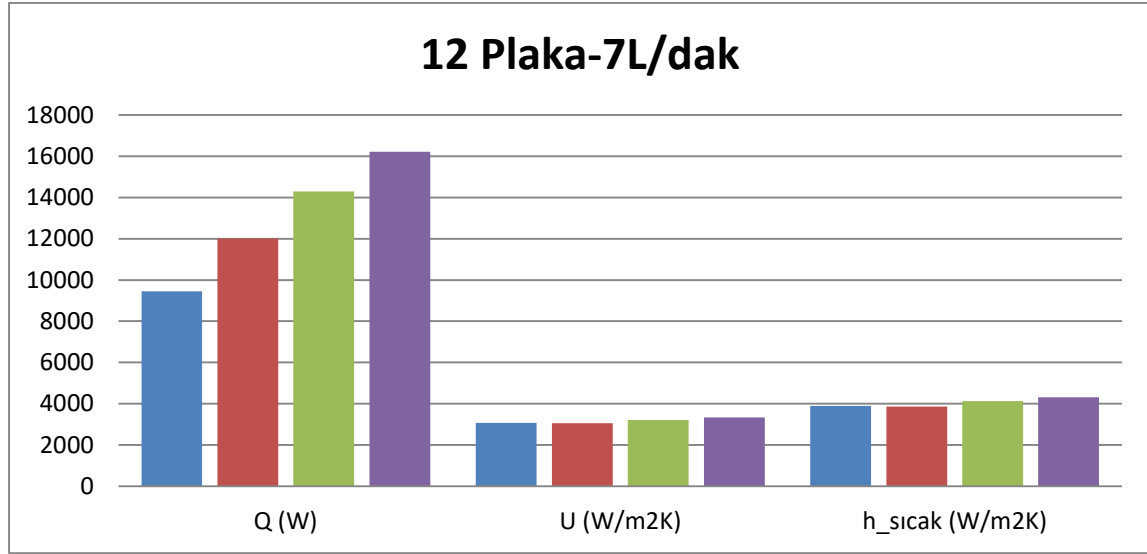
Şekil 5.22. 12 plakalı ısı değıştirici için yapılan 4L/dak debide 4 deneyin sonuçları



Şekil 5.23. 12 plakalı ısı değıştirici için yapılan 5L/dak debide 4 deneyin sonuçları



Şekil 5.24. 12 plakalı ısı değıştirici için yapılan 6L/dak debide 4 deneyin sonuçları

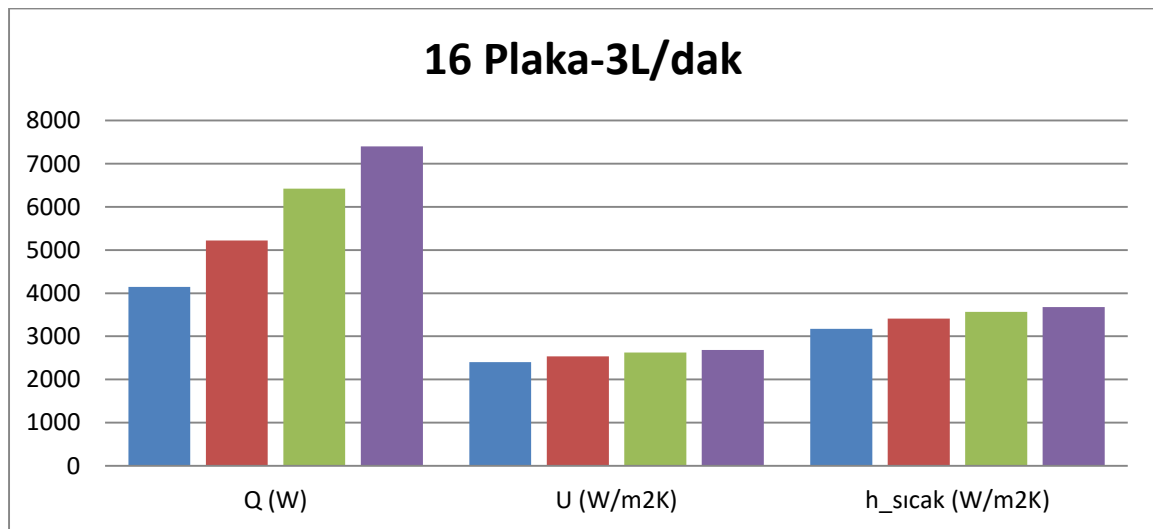


Şekil 5.25. 12 plakalı ısı değıştirici için yapılan 7L/dak debide 4 deneyin sonuçları

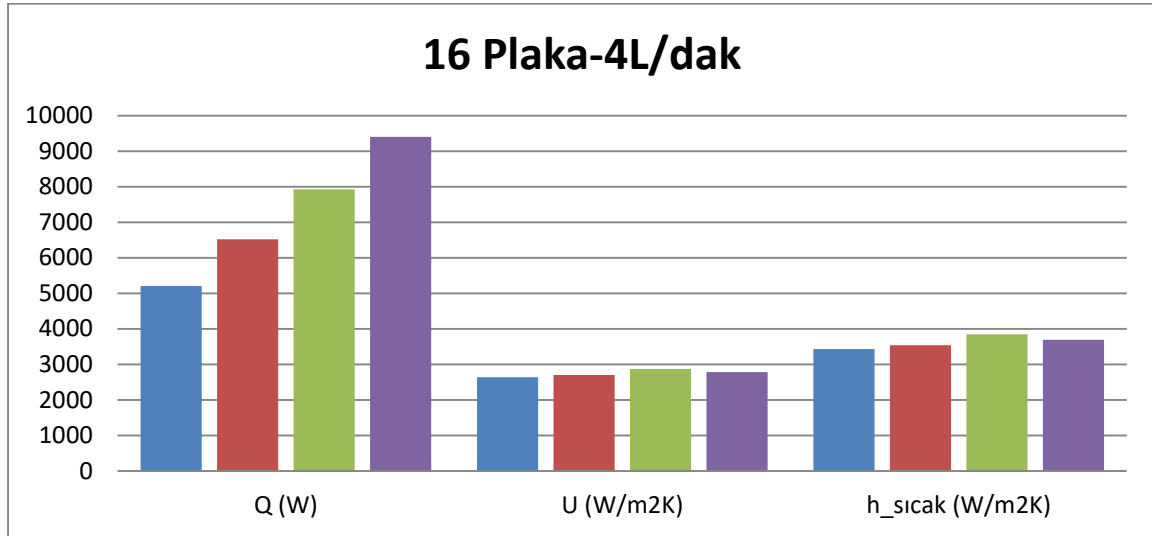
Çizelge 5.2. 12 Plakalı Isı Değıştirici Ortalama Değeri

12 Plakalı Isı Değıştirici Ortalama Değeri			
$\dot{V}$ (L/dak)	Q (W)	U (W/m²K)	h_sıcak (W/m²K)
3	5949,68	2143,10	2739,62
4	8546,12	2524,59	3259,48
5	9574,93	2724,60	3476,67
6	11364,89	2911,73	3699,53
7	12993,55	3168,03	4046,45

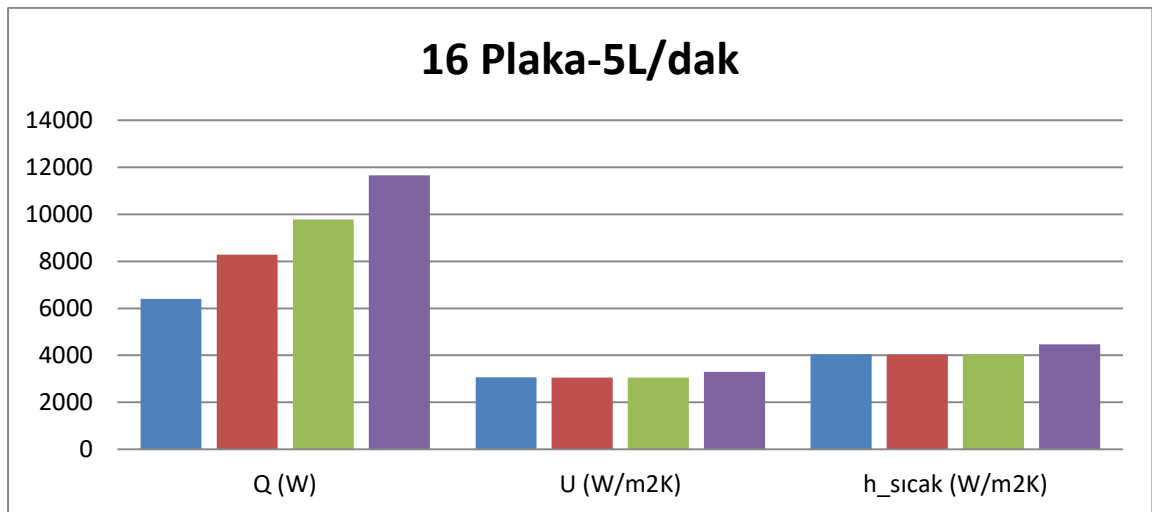
5.3.3. 16 Plakalı ısı değıştirici için deney sonuçları



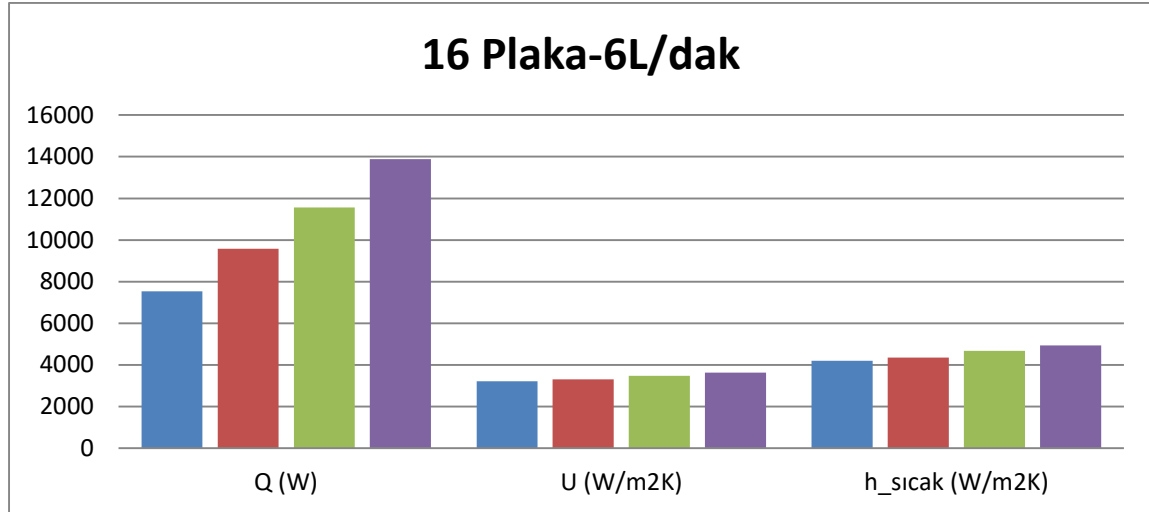
Şekil 5.26. 16 plakalı ısı değıştirici için yapılan 3L/dak debide 4 deneyin sonuçları



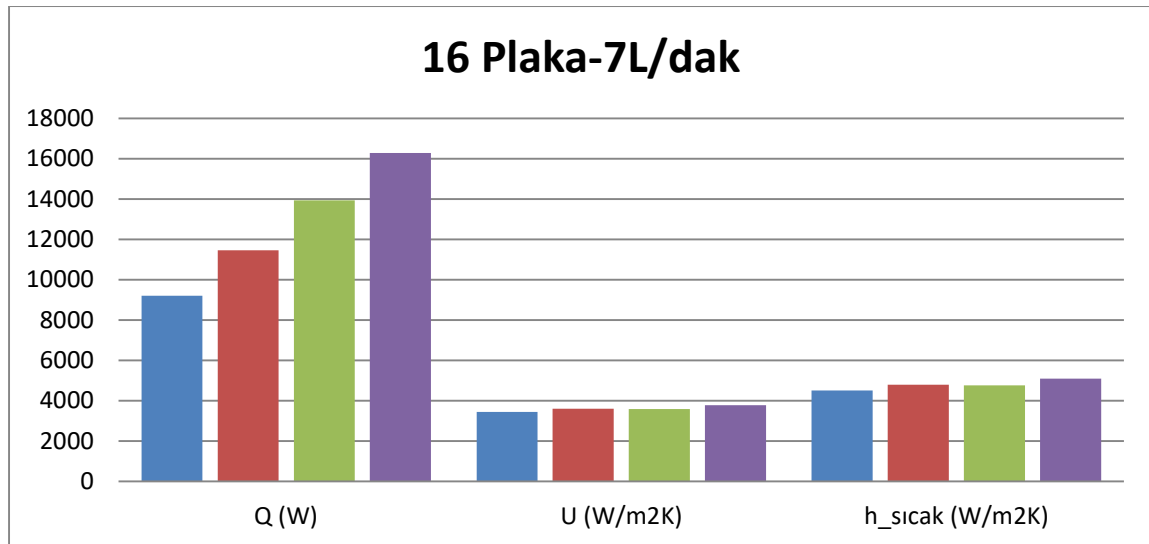
Şekil 5.27. 16 plakalı ısı değıştirici için yapılan 4L/dak debide 4 deneyin sonuçları



Şekil 5.28. 16 plakalı ısı değıştirici için yapılan 5L/dak debide 4 deneyin sonuçları



Şekil 5.29. 16 plakalı ısı değıştirci için yapılan 6L/dak debide 4 deneyin sonuçları



Şekil 5.30. 16 plakalı ısı değıştirci için yapılan 7L/dak debide 4 deneyin sonuçları

Çizelge 5.3. 16 Plakalı Isı Değıştirci Ortalama Değeri

16 Plakalı Isı Değıştirci Ortalama Değeri			
$\dot{V}$ (L/dak)	Q (W)	U (W/m²K)	h_sıcak (W/m²K)
3	5796,23	2560,42	3457,80
4	7266,21	2747,81	3624,59
5	9026,52	3117,90	4143,29
6	10638,62	3404,34	4536,37
7	12718,91	3604,96	4787,20

5.4. Sonuçlar

5.4.1. Debiler için Q değerinin irdelenmesi

Bulgular kısmının birinci bölümünde sıcaklıklara ve debilere göre 8, 12, 16 plakalı ısı değiştiricilerin performansları incelenmiştir. Deneylerde akışkan olarak saf su kullanılmıştır. Yapılan deneyler ışığında elde edilen verileri sıcaklıklara ve debilere yorumlarsak.

- Isı transferi miktarı (Q) en iyi sonuçları 12 plakalı ısı değiştiricisinde elde edilmektedir.
- Debi miktarı arttıa aynı plaka ve aynı sıcaklıklarda ısı transferi miktarı (Q) artış olduğunu görülmektedir ve buna ek olarak aynı debilerde ve aynı plakalı ısı değiştiricilerinde sıcaklık değeri arttıa ısı transferi miktarında (Q) artış olmaktadır.
- 40°C ortalama değerler incelendiğinde değişen debilerle birlikte ortalama ısı transferi artışı %4.028 olarak elde edilmiştir.
- 45°C ortalama değerler incelendiğinde değişen debilerle birlikte ortalama ısı transferi artışı %6.015 olarak elde edilmiştir.
- 50°C ortalama değerler incelendiğinde değişen debilerle birlikte ortalama ısı transferi artışı %4.964 olarak elde edilmiştir.
- 55°C ortalama değerler incelendiğinde değişen debilerle birlikte ortalama ısı transferi artışı %5.923 olarak elde edilmiştir.
- 8 Plakalı ısı değiştiricisinin debi ve sıcaklık değişimi ile ısı transferi miktarında ortalama %3.22 iyileşme olduğu görülmektedir.
- 12 Plakalı ısı değiştiricisinin debi ve sıcaklık değişimi ile ısı transferi miktarında ortalama %5.23 iyileşme olduğu görülmektedir.
- 16 Plakalı ısı değiştiricisinin debi ve sıcaklık değişimi ile ısı transferi miktarında ortalama %7.04 iyileşme olduğu görülmektedir.

5.4.2. Plakalar için aynı sıcaklıkta ve debilerde yapılan deneyler ve averaj değerleri

Plakalı ısı değiştiriciler 3,4,5,6,7 L/dak debilerde ve 40°C, 45°C, 50°C ve 50°C değerlerinin averajında (U), (Q) ve ($h_{sıcak}$) parametreleri değerlendirilmiş olup deneysel çalışmanın sonuçları çeşitli debilerde istenilen koşullara göre sıralanmıştır. 1 sayısı en ideali gösterirken 3 sayısı idealden en uzak ısı değiştiriciyi temsil etmektedir.

Çizelge 5.4. Plakalı ısı değıştiricilerin Q parametresine göre sıralanması

Q (W)			
$\dot{V}$ (L/dak)	1	2	3
3	8PID	16 PID	12 PID
4	16 PID	8PID	12 PID
5	16 PID	8PID	12 PID
6	16 PID	8PID	12 PID
7	16 PID	12 PID	8PID

Çizelge 5.5. Plakalı ısı değıştiricilerin U parametresine göre sıralanması

U(W/m ² K)			
$\dot{V}$ (L/dak)	1	2	3
3	16 PID	12 PID	8PID
4	8PID	16 PID	12 PID
5	16 PID	12 PID	8PID
6	16 PID	12 PID	8PID
7	16 PID	12 PID	8PID

Çizelge 5.6. Plakalı ısı değıştiricilerin h_{sıcak} parametresine göre sıralanması

h _{sıcak} (W/m ² K)			
$\dot{V}$ (L/dak)	1	2	3
3	16 PID	8PID	12 PID
4	8PID	16 PID	12 PID
5	16 PID	8PID	12 PID
6	16 PID	8PID	12 PID
7	16 PID	8PID	12 PID

Belirtilen sonuçların ışığında en düşük toplam ısı transferi 3 L/dak dışında 16 plakalı ısı değıştiricide sağlanmıştır. Ek olarak genel ısı transferi ve plakalı ısı değıştiricinin ısıtılan aşkından kısmından çıkan sıcak suyun konveksiyon katsayısı için en yüksek değerler 4 L/dak dışında 16 plakalı ısı değıştiricide sağlanmıştır. Çeşitli debilerde ve sıcaklıklarda iyi sonuçlar ve esnek çalışmaya 16 plakalı ısı değıştirici en uygundur.

5.5. Öneriler

Esnek Kapasiteli Plakalı Esnek Isı Değiştiricilerde Deneyin Tekrar Edilmesi

Deneyler taşıyıcı ve sapmalar içeren plaka sayısı ve akış tipi değiştirilebilen plakalı ısı değiştirici kullanarak oluşturulacak herhangi bir plakalı ısı değiştirici sisteminin potansiyel haritalanması yapılabilir.

Ticari Akışkan ve Yağların Kullanımı

Belirtilen deneylerin bu tip sistemlerde kullanılabilecek yağ ve benzeri akışkanların bu plakalı ısı değiştiricilerde kullanılması ile birlikte sistemin değişik akışkanlar ile kullanılabilirliğinin önü açılacaktır.

DeneySEL Akışkanların Kullanımı

Belirtilen deneylerin literatürde deneysel elde edilen nano akışkanlara ek olarak olası yeni deneysel akışkanlarla kullanılması ve elimizdeki veri seti ile karşılaştırılması kullanılan akışkanın değerlendirilmesini hızlandırır.

Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Modeli İle Doğrulama

Belirtilen deneylerin Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği ile modellenmesi ile birlikte sonuçların elimizdeki veri seti ile karşılaştırılması ile kurulacak bilgisayar modeli sayesinde çözüme daha etkin ve hızlı ulaşılabileceği ön görülmektedir.

Plakaların Yüzeylerinde İyileştirme Çalışması

Kullanılan plakaların yüzeylerinde sürtünmeyi azaltacak fakat ısı transferini de geliştirecek kaplama çözümleri plakalı ısı değiştiricilerin etkinliğini artıracaktır.

KAYNAKLAR

1. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2018, Mayıs 5). Resmî Gazete. *Gaz Yakan Cihazlara Dair Yönetmelik*, (30412).
2. Kaçar, N. E. ve Erbay, B. İ. (2013). Isı değıştiricilerin tasarımına bir bakış. *Mühendis ve Makina*, 54 (644):14–43.
3. Afshari, F., Comakli, O., Karagoz, S. and Zavaragh, H. G. (2018). A thermodynamic comparison between heat pump and refrigeration device using several refrigerants. *Energy and Buildings*, 168: 272–283.
4. Boran, K. Ş., Daştan, F. Ş., Şahin, M. Ş. ve Aktaş, M. Ş. (2014). Isı eşanjörlerinde ısı transferi iyileştirme yöntemlerinin sayısal ve deneysel olarak incelenmesi. *Politeknik Dergisi*, 17(4): 183–191.
5. Wang, L., Sundén B. and Manglik, R. M. (2007). *Plate heat exchangers: design, applications and performance*. Southampton: WIT Press.
6. Raja, B. D., Jhala, R., and Patel, V. (2018). Thermal-hydraulic optimization of plate heat exchanger: A multi-objective approach. *International Journal of Thermal Sciences*, 124, 522–535. doi: 10.1016/j.ijthermalsci.2017.10.035
7. Behrangzade, A., and Heyhat, M. M. (2016). The effect of using nano-silver dispersed water based nanofluid as a passive method for energy efficiency enhancement in a plate heat exchanger. *Applied Thermal Engineering*, 102, 311–317. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2016.03.051
8. Jin, S., and Hrnjak, P. (2017). A new method to simultaneously measure local heat transfer and visualize flow boiling in plate heat exchanger. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 113, 635–646. doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2017.04.116
9. Zhang, J., Zhu, X., Mondejar, M. E., and Haglind, F. (2019). A review of heat transfer enhancement techniques in plate heat exchangers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 101, 305–328. doi: 10.1016/j.rser.2018.11.017
10. Sarkar, J., Ghosh, P., and Adil, A. (2015). A review on hybrid nanofluids: Recent research, development and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, 164–177. doi: 10.1016/j.rser.2014.11.023
11. Lu, W., Zhang, T., Yang, M., and Wu, Y. (2017). Analytical solutions of forced convective heat transfer in plate heat exchangers partially filled with metal foams. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 110, 476–481. doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2017.02.087
12. Kumar, V., Tiwari, A. K., and Ghosh, S. K. (2015). Application of nanofluids in plate heat exchanger: A review. *Energy Conversion and Management*, 105, 1017–1036. doi: 10.1016/j.enconman.2015.08.053

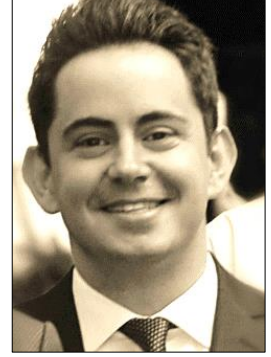
13. Bhattad, A., Sarkar, J., and Ghosh, P. (2018). Discrete phase numerical model and experimental study of hybrid nanofluid heat transfer and pressure drop in plate heat exchanger. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 91, 262–273. doi: 10.1016/j.icheatmasstransfer.2017.12.020
14. Jin, S., and Hrnjak, P. (2017). Effect of end plates on heat transfer of plate heat exchanger. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 108, 740–748. doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2016.11.106
15. Pourhoseini, S., Naghizadeh, N., and Hoseinzadeh, H. (2018). Effect of silver-water nanofluid on heat transfer performance of a plate heat exchanger: An experimental and theoretical study. *Powder Technology*, 332, 279–286. doi: 10.1016/j.powtec.2018.03.058
16. Huang, D., Wu, Z., and Sunden, B. (2016). Effects of hybrid nanofluid mixture in plate heat exchangers. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 72, 190–196. doi: 10.1016/j.expthermflusci.2015.11.009
17. Turk, C., Aradag, S., and Kakac, S. (2016). Experimental analysis of a mixed-plate gasketed plate heat exchanger and artificial neural net estimations of the performance as an alternative to classical correlations. *International Journal of Thermal Sciences*, 109, 263–269. doi: 10.1016/j.ijthermalsci.2016.06.016
18. Wang, Z., Wu, Z., Han, F., Wadsö, L., and Sundén, B. (2018). Experimental comparative evaluation of a graphene nanofluid coolant in miniature plate heat exchanger. *International Journal of Thermal Sciences*, 130, 148–156. doi: 10.1016/j.ijthermalsci.2018.04.021
19. Bhattad, A., Sarkar, J., and Ghosh, P. (2019). Experimentation on effect of particle ratio on hydrothermal performance of plate heat exchanger using hybrid nanofluid. *Applied Thermal Engineering*, 162, 114309. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2019.114309
20. Chien, N. B., Jong-Taek, O., Asano, H., and Tomiyama, Y. (2019). Investigation of Experiment and Simulation of a Plate Heat Exchanger. *Energy Procedia*, 158, 5635–5640. doi: 10.1016/j.egypro.2019.01.575
21. Sarafraz, M., Nikkhah, V., Madani, S., Jafarian, M., and Hormozi, F. (2017). Low-frequency vibration for fouling mitigation and intensification of thermal performance of a plate heat exchanger working with CuO/water nanofluid. *Applied Thermal Engineering*, 121, 388–399. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2017.04.083
22. Guo, Y., Wang, F., Jia, M., and Zhang, S. (2018). Modeling of plate heat exchanger based on sensitivity analysis and model updating. *Chemical Engineering Research and Design*, 138, 418–432. doi: 10.1016/j.cherd.2018.09.004.
23. Bahiraei, M., Rahmani, R., Yaghoobi, A., Khodabandeh, E., Mashayekhi, R., and Amani, M. (2018). Recent research contributions concerning use of nanofluids in heat exchangers: A critical review. *Applied Thermal Engineering*, 133, 137–159. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2018.01.041.

24. Tabares, J. S. R., Perdomo-Hurtado, L., and Aragón, J. L. (2019). Study of Gasketed-Plate Heat Exchanger performance based on energy efficiency indexes. *Applied Thermal Engineering*, 159, 113902. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2019.113902
25. Türkeri, A. Bireysel ve Merkezi Isıtma Sistemlerinin Tanımı ve Karşılaştırılması. *Doğal Gaz Semineri*, 181–188.
26. Group, W. Sanayi Devriminin Temeli: Buhar Makinesi. URL: <http://webders.net/95/sanayi-devriminin-temeli-buhar-makinesi.html>. Son Erişim Tarihi: 2.11.2019
27. Asaff, S. History Of Heating Timeline. URL: <https://www.qssupplies.co.uk/history-of-heating-timeline.html>, Son Erişim Tarihi: 3.03.2019
28. Csb.gov.tr/ Aşkın Ruhu: İshak Paşa Sarayı. URL: <https://csb.gov.tr/askin-ruhu-ishak-pasa-sarayi-makale>. Son Erişim Tarihi: 01.02.2019
29. HVAC History: Alice Parker and Modern Heating Systems: AC SOUTHEAST. Erişim Tarihi(5 Mayıs 2019), URL: <https://airconditioningsoutheast.com/2019/02/hvac-history-alice-parker-contributed-to-modern-heating-systems>
30. İnternet: Alfa Laval'in Tarihçesi. URL: <https://www.alfalaval.com.tr/hakkimizda/alfa-laval-hakkinda/alfa-lavalin-tarihcesi/>. Son Erişim Tarihi: 01.02.2019
31. Tesisat, Enerji Verimliliği Kavramları, COP, EER, ESEER, IPVL. İnternet: URL: <https://www.tesisat.org/enerji-verimliliği-kavramlari-cop-eer-eseer-ipvl.html>. Son Erişim Tarihi: 01.04.2019
32. İnternet: Hepbalı,A. Industrial View on Exergy Aspects. URL: <http://gazi.edu.tr/posts/download?id=105218>, Son Erişim Tarihi: 15.03.2019
33. Kakaç, S. and Liu, H. (2002). *Heat exchangers: Selection, rating, and thermal design*. Boca Raton, FL: CRC Press.
34. Shah, R. K. and Sekulić, D. P. (2003). *Fundamentals of heat exchanger design*. Hoboken, NJ: J. Wiley.
35. Khanlari, A. Sözen, A., Variyenli, H. I. and Gürü, M. (2019). A Comparison Between Heat Transfer Characteristics of TiO₂/Deionized Water and Kaolin/Deionized Water Nanofluids in the Plate Heat Exchanger. *Heat Transfer Research*, 50 (5): 435–450. doi: 10.1615/heattransres.2018026288

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : Gültekin, Yalım
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 29.08.1989, Ankara
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (505) 741 99 02
 e-mail : yalimmgultekin@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Başkent Üniversitesi / Makine Mühendisliği	Devam ediyor
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Enerji Sistemleri Mühendisliği	Devam ediyor
Lisans	Atılım Üniversitesi / Makine Mühendisliği	2016
Lisans	Atılım Üniversitesi / Enerji Sistemleri Mühendisliği	2016
Lise	Gazi Üniversitesi Vakfı Özel Fen Lisesi	2007

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2019 Mart-Devam Ediyor	Başkent Üniversitesi	Öğretim Görevlisi
2019 Ocak-2019 Mart	Ege Grup Yapı Endüstrisi A.Ş.	Makine Mühendisi
2017 Kasım-2018 Kasım	Artet Döküm İnşaat Sanayii	Makine Mühendisi
2016 Eylül-2017 Eylül	Metta Mühendislik Müşavirlik	Tasarım Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce (İleri Seviye) , Fransızca (Orta Seviye), İspanyolca (Orta Seviye)

Yayınlar

Gültekin, Y., Variyenli, H. İ. ve Khanli, A. (2019). Bir Kombi veya Benzeri Yakıt Kullanan Sistemin Plaklı Isı Değiştiricisinin Debi ve Akışkan Değişimi Yönünden İncelenmesi, *7th International Symposium on Academic Studies in Science, Engineering and Architecutre Science Abstract Book*, (ISBN: 978-605-7736-23-9), 15-17 Kasım 2019,

Ankara, 115-116

Gültekin, Y., Variyenli, H. İ. ve Khanli, A. (2019). Bir Kombi veya Benzeri Yakıt Kullanan Sistemin Plaklı Isı Değiştiricisinin Debi ve Akışkan Değişimi Yönünden İncelenmesi, *7th International Symposium on Academic Studies in Science, Engineering and Architecutre Science Proceeding Book*, (ISBN: 978-605-7736-42-0), 15-17 Kasım 2019, Ankara, 593-602.

Hobiler

Model Yapımı, İHA Pilotluğu (Ticari Pilot Sertifikam Vardır), Eşli Danslar, Halk Dansları, Vurmalı Çalgılar, Satranç, Go(Baduk)



GAZİ GELECEKTİR..