

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Isı Değişim Şekline Göre Sınıflama.....	3
1.1.1. Akışkanlar Arasında Doğrudan Temasın Olduğu Isı Değiştiricileri.....	3
1.1.2. Akışkanların Doğrudan Temasın Olmadığı Isı Değiştiricileri	3
1.2. Isı Geçişi Yüzeyinin Isı Geçişi Hacmine Oranına Göre Sınıflama.....	3
1.3. Farklı Akışkan Sayısına Göre Sınıflama.....	3
1.4. Isı Geçişi Mekanizmasına Göre Sınıflama.....	4
1.5. Konstrüksiyona Göre Sınıflama.....	4
1.5.1. Borulu ısı değiştiricileri	4
1.5.2. Levhalı Isı Değiştiricileri	6
1.5.3. Kanatlı Yüzeyle Isı Değiştiricileri	8
1.5.4. Rejeneratif Isı Değiştiricileri.....	9
1.5.5. Karıştırmalı Kaplarda Isı Değişimleri.....	10
1.6. Akıma Göre Sınıflama	10
1.6.1. Tek Geçişli Isı Değiştiricileri.....	11
1.6.2. Çok Geçişli Isı Değiştiricileri.....	13
2. KAYNAK ÖZETLERİ	15
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	19
3.1. Gövde Borulu Isı Değiştirici	19
3.1.1. Gövde Borulu Isı Değiştirgeci Elemanları.....	20
3.1.2. T.E.M.A Standartları.....	25
3.1.3. Gövde Borulu Isı Değiştirici Bağlantıları	25
3.2. Materyal	32

3.2.1. Materyalin Fiziksel Özellikleri	32
3.2.2. Materyalin Montaj Aşaması.....	33
3.3. Programlama	34
3.3.1. Microsoft Visual Studio Programı	34
3.3.2. Programlama Dili	38
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	64
5. SONUÇLAR.....	69
6. KAYNAKLAR	71

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GÖVDE BORULU ISI DEĞİŞTİRİCİSİNİN TEORİK VE DENEYSEL İNCELENMESİ

Gamze YAKUT

**Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makina Eğitimi Anabilim Dalı**

Jüri: Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÜÇGÜL
Yrd. Doç. Dr. Arzu ŞENCAN (Danışman)
Yrd. Doç. Dr. Arif Emre ÖZGÜR

Bu çalışmada, genel anlamda ısı değiştiricilerinin boyutlandırma parametrelerini hesaplayarak, tasarımına olanak sağlayan bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Daha sonra, çalışmanın deneysel bir düzeneği kurulmuştur. Deneylerden elde edilen veriler ile bilgisayar sonuçları karşılaştırılarak hesaplamaların doğruluğu ve hassasiyeti test edilmiştir.

Yukarıda amaçlanan hedefler doğrultusunda öncelikle ısı değiştiricilerinin tanımı, sınıflandırılmaları, çalışma şekilleri ve kullanım alanları belirtilmiştir. Bu kapsamda gövde borulu ısı değiştiricilerinin sanayi ve teknolojideki önemi vurgulanmıştır. Ayrıca, bu tip ısı değiştiricilerinin boyutlandırılmasına özgü parametrelerin belirlenmesindeki zorluklar vurgulanmıştır. Dolayısıyla optimum boyutların tespitindeki güçlükleri gidermeye yönelik, C# bilgisayar programlama diliyle hem görsel hem de kullanım kolaylığı ile tüm seçeneklere ait değişkenleri dikkate alarak çok hassas çözüm üreten bir program hazırlanmıştır. Amaç, bilgisayarda programlama yoluyla ısı değiştiricilerinin ısı hesaplarının yapılması ve ısı transfer yüzeyi ile boru adetlerinin belirlenmesi yardımıyla boyutlandırılmasının sağlanmasıdır.

Programın ilk bölümünde universal bir çözüme ulaşmak amacıyla çoktan seçmeli form ile farklı tip ısı değiştiricilerinin tanımına olanak sağlanmıştır. Özellikle de matematiksel modeli incelenmiş olan gövde boru tipi ısı değiştiricisiyle ilgili parametreleri içermektedir. Akışkanların giriş-çıkış sıcaklık değerleri, kütsel debileri, seçilecek olan boruların iç ve dış çapları programa veri olarak girilerek yapılan hesaplamalar sonucunda ısı değiştiricisi boyutları bulunmaktadır. Çözümler literatürde verilen değerlerle deneysel bir modeli oluşturulan ısı değiştiricisinin optimum boyutlarıyla tutarlı bir yaklaşıklık gözlemlenmiştir.

Ayrıca hazırlanan programda, akışkanın fiziksel özelliklerinin sıcaklığa bağlı olarak hassas bir şekilde hesaplanacak yazılımlar eklenmiştir. Bu özellikler gerekli olan yerlerde program tarafından kullanılmıştır. Su için sıcaklık değerlerine bağlı olarak

yoğunluk, ısı iletim katsayısı, Prandtl sayısı, özgül ısı ve dinamik viskozite gibi değerler bulunmuştur. Kullanılan tüm bağıntılar, ilgili literatürlerde verilen ampirik ifadelerdir.

Yapılan çalışma, bu alanda yapılacak deneysel ve teknolojik uygulamalar ile teorik çalışmalara çok önemli katkılar sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Gövde borulu ısı değiştiricileri, Sıvıdan-sıvıya ısı değiştiricileri, ısı değiştiricilerin tasarımı.

2007, 77 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

THEORETICAL AND EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER

Gamze YAKUT

Süleyman Demirel University Graduate School of Applied and Natural Sciences

Technical Education of Machine Department

Thesis Committee: Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÜÇGÜL
Yrd. Doç. Dr. Arzu ŞENCAN (Supervisor)
Yrd. Doç. Dr. Arif Emre ÖZGÜR

In this study, computer program was written by using needed parameters in order to calculate heat transfer surface area of heat exchanger. Then, experimental mechanism of study was constructed. Experimental values were compared with theoretical values. Sensitivity and truth of theoretical calculations was tested.

Using areas, classification, definition of heat exchangers were determined. Important in the industry and technology of the shell and tube type heat exchangers was emphasized. In addition, difficulties were emphasized relating to determining of surface area parameters of this type heat exchangers in order to determine optimum dimensions, computer program written in C# was used. The heat transfer surface, tube numbers etc. with this computer program were carried out.

The optional form was prepared in order to reach a universal solution in the first section of program. Therefore, this program for design of different type heat exchangers can be used. This program includes parameters relating to shell and tube heat exchanger which is investigated mathematical model. Heat exchanger dimensions are carried out by giving inlet and outlet temperatures, mass flow rates, outside and inside diameters of tubes to program. Obtained results from this study agree with results of experimental model and literature.

In addition, software was added for calculating depending on temperature of physical properties of fluids. These properties were used by program in the required sections. Density, heat conduction coefficient, Prandtl number, specific heat capacity, dynamic viscosity, etc., were obtained depending on temperature values for water. Used all equations is empirical expressions in the related literature.

This study will provide very important attributions to experimental, theoretical and technological applications for this area.

Key Words: Shell and Tube Heat Exchangers, Liquid to Liquid Heat Exchangers.

2007, 77 pages

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Yrd. Doç. Dr. Arzu ŞENCAN' a, Yrd. Doç. Dr. Reşat SELBAŞ' a teşekkürlerimi sunarım. Literatür araştırmalarımnda yardımcı olan değerli hocam Arş. Gör. Ahmet KABUL' e, Arş. Gör. Önder KIZILKAN' a, Öğr. Gör. Güray TONGUÇ' a teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Gamze YAKUT
ISPARTA, 2007

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Isı değiştiricilerinin konstrüksiyonları	4
Şekil 1.2 Borulu ısı değiştiricileri	5
Şekil 1.3 Levhalı ısı değiştiricileri	6
Şekil 1.4 Kanatlı yüzeyli ısı değiştiricileri	8
Şekil 1.5 Rejeneratif ısı değiştiricileri.....	9
Şekil 1.6 Akıma göre sınıflandırma	11
Şekil 1.7 Tek geçişli ısı değiştiricileri.....	11
Şekil 1.8 Paralel akımlı ısı değiştiricisi.....	11
Şekil 1.9 Ters akımlı ısı değiştiricisi.....	12
Şekil 1.10 Çapraz akımlı ısı değiştiricisi.....	12
Şekil 1.11 Çok geçişli ısı değiştiricileri	13
Şekil 3.1 Gövde borulu ısı değiştiricisi	19
Şekil 3.2 Boruların aynaya eşkenar üçgen şeklinde yerleşimi (Çeteci, 1999).....	22
Şekil 3.3 Boruların aynaya kare şeklinde yerleşimi (Çeteci, 1999).....	22
Şekil 3.4 Gövde borulu ısı değiştiricisinin kesiti	32
Şekil 3.5 Gövde borulu ısı değiştiricinin boyutları	33
Şekil 3.6 Gövde borulu ısı değiştiricinin montajı 1	33
Şekil 3.7 Gövde borulu ısı değiştiricinin montajı 2	34
Şekil 3.8 Visual Studio 2002.....	35
Şekil 3.9 Visual Studio 2003.....	35
Şekil 3.10 Visual Studio 2005.....	36
Şekil 3.11 Isı değiştiricileri programı giriş ekranı	41
Şekil 3.12 Gövde boru tipi ısı değiştiricilerinin veri giriş ekranı.....	42
Şekil 3.13 Gövde boru tipi ısı değiştiricisine verilerin girilmesi	42
Şekil 3.14 1.Adım-fiziksel özelliklerin hesaplanması.....	43
Şekil 3.15 1.Adım-giriş değerlerine göre fiziksel özellikler	43
Şekil 3.16 Q ve paralel akışa göre logaritmik sıcaklık farkı	44
Şekil 3.17 Q ve ters akışa göre logaritmik sıcaklık farkı	45
Şekil 3.18 K, A ve L değerlerinin hesaplanması.....	45
Şekil 3.19 Gövde ve boru tarafı için hesaplar	46

Şekil 3.20 Visual Studio giriş ekranı	47
Şekil 3.21 C# dilinde proje seçimi	47
Şekil 3.22 Kod yazım ekranı.....	48
Şekil 4.1 Toplam ısı transfer katsayısının boru içindeki hızına bağlı grafiği	64
Şekil 4.2 Toplam alanın boru içindeki hızına bağlı grafiği.....	64
Şekil 4.3 Boru uzunluğunun boru içindeki hızına bağlı grafiği	65
Şekil 4.4 Isı taşınım katsayısının sıcak akışkan debisine bağlı grafiği	65
Şekil 4.5 Isı transfer katsayısının sıcak akışkan debisine bağlı grafiği.....	66
Şekil 4.6 Toplam transfer alanının sıcak akışkan debisine bağlı grafiği.....	66
Şekil 4.7 Toplam boru uzunluğunun sıcak akışkan debisine bağlı grafiği	67
Şekil 4.8 Isı transfer miktarının sıcak akışkan debisine bağlı grafiği	67
Şekil 4.9 Paralel ve ters akış için transfer edilen ısı miktarının karşılaştırılması	68

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Isı değiştiricilerinin sınıflama türleri	2
Çizelge 3.1 Gövde çapları ile bu çaplara karşılık gelen gövde et kalınlıkları.....	21
Çizelge 3.2 Isı değiştirgeci yapımında kullanılan malzeme ve ilgili standartlar.	25
Çizelge 3.3 C# dilinde kullanılan matematiksel fonksiyonlar	48

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	Isı değiştiricisi alanı
A_E	Çapraz akış için en küçük kesit alanı
A_B	By-pass kesit alanı
B	Perdeler arası mesafe
B₀	Perdeler arası açıklık
C	Borular arası mesafe
c_p	Özgöl ısı
d_B	Perdedeki boru için açılmış delik çapı
d_{iç}	Boru iç çapı
d_{dış}	Boru dış çapı
D	Gövde çapı
D_B	Boru demeti çapı
E	Kayıp basınç enerjisi
f	Petukhov-Krillov Korelasyonu
f_B	Dış boru-gövde arasındaki by-pass faktörü

f_G	Boru demeti içindeki akış yönünün değişiminin geometrik faktörü
f_L	Gövde-perde arasındaki kaçak faktörü
f_R	Düzeltilme faktörü
G	Birim yüzeyden geçen akış debisi
H	Pencere yüksekliği
K	Toplam ısı geçiş katsayısı
L	Boru uzunluğu
L_e	Boru ile gövde arasındaki en kısa uzunluk
m	Akışkan debisi
N_r	Boru sayısı
N_u	Nusselt sayısı
n_{LP}	Boru geçiş sayısı
n_w	Aşağı-yukarı pencerelerdeki boru sayısı
P	Boru eksenleri arası mesafe
Pr	Prandtl sayısı
Q	Isı miktarı
Re	Reynolds sayısı

S	Akış kesit alanı
T	Sıcaklık
ΔT_m	Logaritmik sıcaklık farkı
ΔP	Basınç düşümü
α	Isı taşınım katsayısı
ρ	Akışkan Yoğunluğu
μ	Dinamik viskozite
λ	Isı iletim katsayısı
γ	Merkez açısı
1	boru
2	gövde
c	soğuk akışkan
h	sıcak akışkan

1. GİRİŞ

Endüstri uygulamalarının en önemli ve en çok karşılaşılan işlemlerinden birisi, farklı sıcaklıklardaki iki veya daha fazla akışkan arasındaki ısı değişimidir. Bu değişimin yapıldığı cihazlar ısı değiştiricileridir. Pratikte; ısıtma, soğutma, iklimlendirme tesisatlarında, kimya endüstrisinde, alternatif enerji kaynaklarının kullanımında, atık ısı geri kazanımında, elektronik cihazlarda vb. pek çok alanda ısı değişimleri kullanılmaktadır. Pek çok alanda kullanılan ısı değiştiricileri, kullanım amaçlarına göre değişik konstrüksiyonlarda, kapasitelerde, boyutlarda ve tiplerde ve dolayısıyla ısı performanslarında olabilmektedir (Çizelge 1.1).

Pratikte çok değişik tiplerde bulunabilen ısı değiştiricilerinin, kullanıldığı alana göre dizaynı ve optimizasyonu büyük önem taşımaktadır. Isı değiştiricilerinin dizaynı ve optimizasyonunda pek çok parametre etkilidir. Isı değiştiricinin konstrüksiyonu, ısı geçiş mekanizması, akışkanlarının akım durumları (ters akım, paralel akım, çapraz akım gibi) ısı değiştiricilerinin tasarımında ve verimli bir şekilde kullanılmasında etkilidir.

Uygulamada pek çok ısı değiştirici konstrüksiyonları kullanılmaktadır. Bunlar; borulu ısı değiştiriciler (gövde borulu, düz borulu, spiral borulu plakalı levhalı) kanatlı yüzeyli ısı değiştiricileri, rejenaratif ısı değiştiricileridir. Uygulamada çok fazla kullanım alanı bulan gövde borulu ısı değiştiricilerden optimum verim alabilmek için imalattan önce alternatif bilgisayar programlarından faydalanarak sistemin tasarımı ve simülasyonu büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla hazırlanan programla oluşturulan modele ne ölçüde yaklaşıldığı belirlenecektir. Sonuç olarak endüstride çok fazla uygulama alanı bulunan ısı değiştiricilerinin iyileştirilmesi ve optimizasyonu için öneriler ortaya konacaktır. Böylece enerji verimliliğine önemli ölçüde katkı sağlanacaktır.

Çizelge 1.1 Isı değiştiricilerinin sınıflama türleri (Genceli, 1983)

<p>D) Isı Değişim Şekline Göre Sınıflama</p> <p>a) Akışkanların doğrudan temaslı olduğu ısı değiştiricileri</p> <p>b) Akışkanlar arasında doğrudan temasın olmadığı ısı değiştiricileri</p>
<p>II) Isı Geçişi Yüzeyinin Isı Geçişi Hacmine Oranına Göre Sınıflama(Kompaktlık)</p> <p>a) Kompakt olmayan ısı değiştiricileri</p> <p>b) Kompakt ısı değiştiricileri</p>
<p>III) Akışkan Sayısına Göre Sınıflama</p> <p>a) İki akışkanlı</p> <p>b) Üç akışkanlı</p> <p>c) Çok akışkanlı</p>
<p>IV) Isı Geçişi Mekanizmasına Göre Sınıflama</p> <p>a) İki tarafta da tek fazlı akış</p> <p>b) Bir tarafta tek fazlı, diğer tarafta çift fazlı akış</p> <p>c) İki tarafta da çift fazlı akış</p> <p>d) Taşınımla ve ışınımla beraber ısı geçişi</p>
<p>V) Konstrüksiyon Özeliklerine Göre Sınıflama</p> <p>a) Borulu ısı değiştiricileri</p> <ul style="list-style-type: none">• Düz borulu ısı değiştiricileri• Spiral borulu ısı değiştiricileri• Gövde borulu ısı değiştiricileri <p>b) Levhali ısı değiştiricileri</p> <ul style="list-style-type: none">• Contalı levhali ısı değiştiricileri• Spiral levhali ısı değiştiricileri• Lamelli ısı değiştiricileri <p>c) Kanatlı yüzeyli ısı değiştiricileri</p> <ul style="list-style-type: none">• Levhali kanatlı ısı değiştiricileri• Borulu kanatlı ısı değiştiricileri <p>d) Rejeneratifisi değiştiricileri</p> <ul style="list-style-type: none">• Sabit dolgu maddeli rejeneratörler• Döner dolgu maddeli rejeneratörler <p>e) Karıştırmalı Kaplar</p>
<p>VI) Akıma Göre Sınıflama</p> <p>a) Tek geçişli ısı değiştiricileri</p> <ul style="list-style-type: none">• Paralel akımlı ısı değiştiricileri• Ters akımlı ısı değiştiricileri• Çapraz akımlı ısı değiştiricileri <p>b) Çok geçişli ısı değiştiricileri</p> <ul style="list-style-type: none">• Çapraz-ters ve çapraz-paralel akımlı ısı değiştiricileri• Çok geçişli gövde-borulu ısı değiştiricileri• n adet paralel levha geçişli ısı değiştiricileri

1.1. Isı Değişim Şekline Göre Sınıflama

Isı değiştiricileri, akışkanlar arasında veya katı cisimlerle bir akışkan arasında doğrudan veya dolaylı temaslı olmasına göre ikiye ayrılır (Genceli, 1983).

1.1.1. Akışkanlar Arasında Doğrudan Temasın Olduğu Isı Değiştiricileri

Isı, doğrudan temaslı ısı değiştiricilerinde aralarında doğrudan temasın olduğu soğuk ve sıcak akışkanlar arasından iletilir. Tek sınırlama, akışkanların karıştırılmaz cinsten olmasıdır. Soğutma kuleleri, püskürtmeli ve tablalı yoğuşturucular bu tip ısı değiştiricilerine iyi birer örneklerdir.

1.1.2. Akışkanların Doğrudan Temasın Olmadığı Isı Değiştiricileri

Dolaylı temaslı ısı değiştiricilerinde, ısı enerjisinin bir ısı transferi yüzeyi (akışkanları ayıran bir cidar) boyunca sıcak ve soğuk akışkanlar arasından değişimi sağlanır. ısı enerjisi, ayırıcı cidar boyunca transfer edilirken soğuk ve sıcak akışkanlar aynı anda akarlar ve bu akışkanlar birbirlerine karışmazlar.

1.2. Isı Geçişi Yüzeyinin Isı Geçişi Hacmine Oranına Göre Sınıflama

Bu sınıflama kompakt olan ve kompakt olmayan olarak ikiye ayrılır. Yüzey alanı oranı (β) $700 \text{ m}^2/\text{m}^3$ büyük ise kompakt, küçük olursa kompakt olmayan olarak sınıflandırılır (Genceli, 1983).

1.3. Farklı Akışkan Sayısına Göre Sınıflama

Isı değiştiricileri iki, üç ve çok akışkanlı olarak sınıflandırılabilirler. Çoğunlukla ısı değiştiricileri iki akışkanlıdır. Üç akışkanlı ısı değiştiricileri kriyojenide geniş

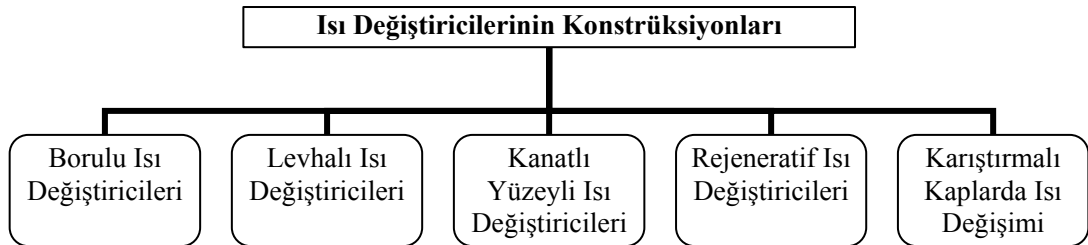
uygulama alan bulduğu gibi hava ayırma sistemleri, saflaştırma, hidrojenin sıvılaştırılması, amonyak sentezi gibi kimyasal ve proses endüstrilerinde de kullanılırlar. Üç ve çok bileşenli ısı değiştiricilerinin tasarımı oldukça karmaşıktır (Genceli, 1983).

1.4. Isı Geçişi Mekanizmasına Göre Sınıflama

İki tarafta da tek fazlı akış, bir tarafta tek fazlı diğer tarafta çift fazlı akış, iki tarafta da çift fazlı akış, taşınım ve ışınım ile beraber ısı geçişi olmak üzere dörde ayrılır.

1.5. Konstrüksiyona Göre Sınıflama

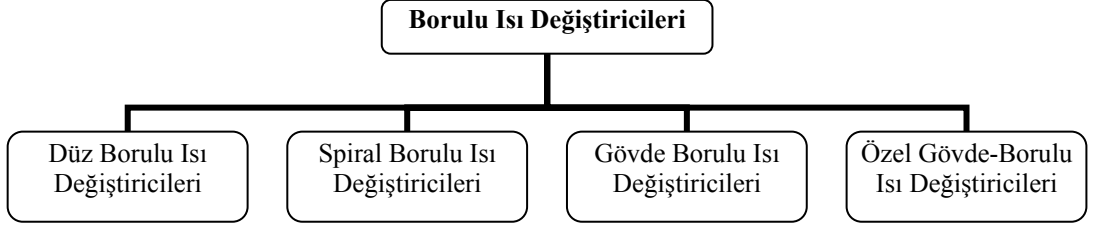
Isı değiştiricileri genellikle Şekil 1.1' deki gibi konstrüksiyon özelliklerine göre karakterize edilir.



Şekil 1.1 Isı değiştiricilerinin konstrüksiyonları

1.5.1. Borulu ısı değiştiricileri

Bu tip ısı değiştiricileri eliptik, dikdörtgen ve genellikle de dairesel borulardan meydana gelmiştir. Akışkanlardan biri borunun içinde, diğer akışkan ise borunun dışında akar. Boruların çapları, sayıları, uzunlukları, merkezleri arası mesafe ve boru düzeni değişebilir (Genceli, 1983). Bu tip ısı değiştiricileri yüksek basınçlarda rahatlıkla kullanılabilir. Bu tip, dört grupta incelenir (Şekil 1.2).



Şekil 1.2 Borulu ısı değiştiricileri

1.5.1.1. Düz Borulu Isı Değiştiricileri

Pratikte çift borulu olanların yanı sıra, boru demetinden yapılmış çeşitlerine de rastlanılır. Çift borulu olanlar, en basit ısı değiştirici tipidir (Genceli, 1983). Sistem genellikle aynı eksenli iki borudan yapılır. Akışkanlardan biri içteki borudan akarken, diğer akışkan dışarıdaki borudan akar. Akışkanların akış yönleri paralel veya ters akımlı olabilir.

1.5.1.2. Spiral Borulu Isı Değiştiricileri

Bir veya daha fazla borudan yapılmış spiral ile bu spiralin dışındaki bir depodan meydana gelir (Genceli, 1983). Soğutma sistemlerinde kullanılan yan eksenel kondenser ve yan eksenel evaporatör olarak da tasarlanabilir. Spiral boruların ısı transfer katsayısı, düz borulardakine göre daha yüksektir. Isıl genleşmelerin oluşturduğu gerilme problemleri bu ısı değiştiricilerinde yoktur.

1.5.1.3. Gövde Borulu Isı Değiştiricileri

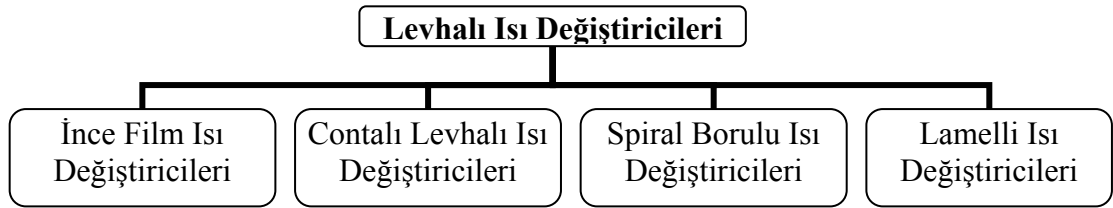
Bu ısı değiştiricisi, silindirik bir gövde ile bunun içindeki birbirine paralel borulardan meydana gelir (Genceli, 1983). Akışkanlardan biri boruların içinden, diğer akışkan ise gövde içinden akar. Ana elemanları borular (veya) boru demeti, gövde, boruların tespit edildiği ön ve arka aynalar ile gövde içindeki akışı yönlendiren perdelerdir. Petrol rafinelerinde, termik santrallerde, kimya endüstrisinde, nükleer santrallerde, güç santrallerinde ön ısıtıcı olarak kullanılır.

1.5.1.4. Özel Gövde-Borulu Isı Değiştiricileri

Bu ısı değiştiricileri konstrüktif olarak klasik gövde borulu ısı değiştiricilere benzemesine rağmen, özel kullanımlar için imal edilirler (Genceli, 1983). Korumalı gövde-borulu ve grafit gövdeli ısı değiştirici gibi modelleri vardır.

1.5.2. Levhali Isı Değiştiricileri

Bu tip ısı değiştiricilerinde akış, oluklu kanatlar arasına sıkıştırılmış olan yassı ince metal levhalarla ayrılmıştır. Bu yüzey düz veya dalgalı olabilir. Borulu tip gibi yüksek basınç ve sıcaklıkta kullanılamazlar. Tabloda görüldüğü üzere dört grupta incelenir (şekil 1.3).



şekil 1.3 Levhali ısı değiştiricileri

1.5.2.1. İnce Film Isı Değiştiricileri

Çok yüksek viskoziteli ve sıcaklıka duyarlı maddelerin ısıtılmasında ve soğutulmasında ince film ısı değiştiricileri önemli uygulama alanı bulur. Değiştirici içinde sıcağa duyarlı maddelerin kısa kalış süresi ve büyük ısı taşınım katsayılarına sahip olmaları nedeniyle, pratikte çoğu zaman bu ısı değiştiricileri buharlaştırıcı olarak kullanılır (Genceli, 1983).

1.5.2.2. Contalı Levhali Isı Değiştiricileri

Akışkanları ayıran oluklu ya da dalgalı şekildeki ince levhalardan bir paket yapılarak elde

edilir. Metal levhalar arasında contalar vardır. İstenildiği kadar levha ilave edilerek yüzey artırılabilir. Levhalar arası boşluklardan akışkanlar akar. 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 karbonlu çelik, alüminyum, bakır ve bakır alaşımları, paslanmaz çelik, nikel ve molibden alaşımları kullanılabilir.

1.5.2.3. Spiral Levhalı Isı Değiştiricileri

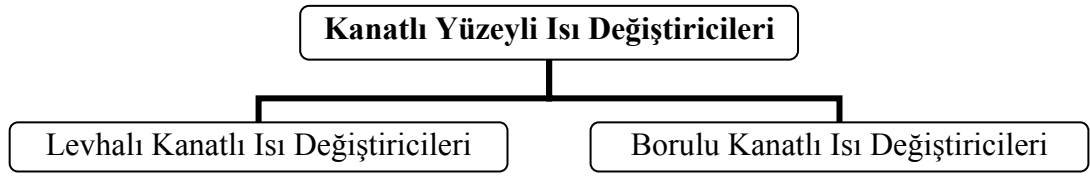
İki uzun paralel levhanın spiral şeklinde sarılması ile elde edilir; İki levha arasına konulan sapsmalar ile düzgün bir boşluk sağlanabilir. Levhaların iki tarafı contalı bir kapak ile kapatılır. Akışkanlar birbirine ters veya paralel akacak şekilde düzenlenebilir. Temizlenmesi kolay olduğundan bu ısı değiştiricisi tortu yapabilecek akışkanlar için çok uygundur. Bu yüzden özellikle kâğıt endüstrisinde, sülfat ve sülfat fabrikalarında bu ısı değiştiricisi tercih edilir. Oldukça kompakt olmalarının yanında özel imalatları nedeniyle pahalıdır. Maksimum yüzey 150 m^2 , maksimum işletme basıncı 10 bar ve maksimum işletme sıcaklığı $500 \text{ }^\circ\text{C}$ ile sınırlıdır.

1.5.2.4. Lamelli Isı Değiştiricileri

Lamelli ısı değiştiricisi gövde içine yassılaştırılmış 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 akabilir. Hidrolik çap küçük olduğundan büyük ısı taşınım katsayısı elde edilebilir. Teflon conta kullanıldığında maksimum $200 \text{ }^\circ\text{C}$, asbest conta kullanıldığında $500 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık değerlerine ve 20 bar basınca kadar çıkılabilir. Bu ısı değiştiricileri kâğıt, besin ve kimya endüstrilerinde uygulama alanı bulmaktadır (Genceli, 1983).

1.5.3. Kanatlı Yüzeyli Isı Değiştiricileri

Ana ısı transfer yüzeyinde (boru veya levha) kanatların veya diğer ilave çıkıntılarının ısı transfer yüzeyini artırmak amacıyla kullanıldığı ısı değiştiricileridir. Gaz tarafındaki ısı transfer katsayısı, sıvı tarafındakinden daha düşük olduğu için kanatlı ısı transfer yüzeyleri genelde gaz tarafında kullanılırlar (Genceli, 1983). İki grupta incelenebilirler (Şekil 1.4).



Şekil 1.4 Kanatlı yüzeyli ısı değiştiricileri

1.5.3.1. Levhalı Kanatlı Isı Değiştiricileri

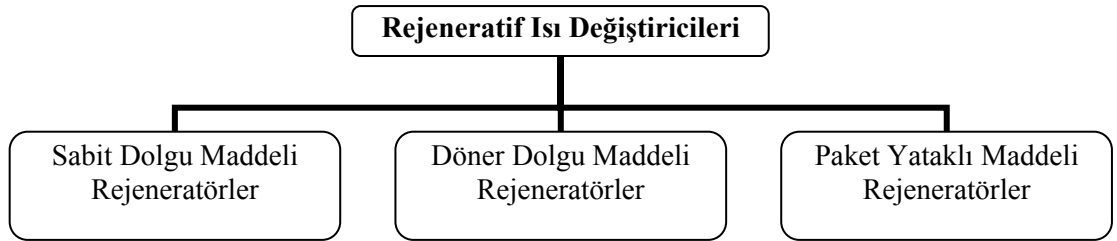
Genelde düşük sıcaklık tesislerinde ve akışkanlar arası sıcaklık farkının (1°C 'den 5°C 'ye kadar) düşük olduğu yerlerde kullanılırlar. Sahip oldukları akışa göre çeşitli şekillerde (paralel, ters veya çapraz akış) düzenlenebilirler. Birim hacmin ısı transfer alanına olan oranı $2000\text{ m}^2/\text{m}^3$ civarında olduğundan oldukça kompakt yapıya sahip oldukları söylenebilir. Levhalar boyunca ve levhadan levhaya iyi bir akış dağılımı sağlamak için bu ısı değiştiricilerinin girişine özel sistemler konur. Levhalar $0.5\text{-}1.0\text{ mm}$ ve kanatlar $0.15\text{-}0.75\text{ mm}$ kalınlığındadır. Kanatlar, paralel levhalar halindeki yüzeyler arasına mekanik olarak preslenerek, lehimlenerek veya kaynak ile tutturulur. Kanat tipleri: Düz kanat, düz-delikli kanat, testere dişli kanat, dalgalı kanat. Levhalı-kanatlı ısı değiştiricilerinin uygulama yeri bulunduğu alanlar: gaz ve buhar türbinleri, otomobil, kamyon, uçak motorları, soğutma sistemleri, ısı pompaları, soğutma makineleri, klima tesisleri, elektronik devrelerin soğutulması, nükleer santraller ve kimya endüstrisidir (Çeteci 1999). Dört grupta incelenir.

1.5.3.2. Borulu Kanatlı Isı Değiştiricileri

Bu ısı değiştiricileri bir tarafında gaz, diğer tarafında sıvı bulunduğu durumlarda kullanılırlar. Gaz tarafındaki ısı transfer katsayısı, sıvı tarafındakinden daha düşük olduğu için genellikle kanatlar gaz tarafında kullanılırlar. Borulu-kanatlı ısı değiştiricisi, kanatların boru dizilerinin dış tarafına sabitleştirildiği bir yapıdır. Bu kanatlar boru eksenine dik, eksene paralel, çaprazlama veya helisel şekillerde olabilir. Boru eksenine paralel olarak yerleştirilen kanatlar çoğunlukla çift borulu veya perdesiz gövde borulu ısı değiştiricilerinde kullanılırlar. Boru içinde kanatların kullanıldığı yerler soğutma sistemlerindeki kondenserler ve evaporatrlerdir. Kanatlar boru cidarına döküm, kaynak, lehim veya sıkı geçme tekniği ile tutturulabilirler. Bu tiplerin uygulama yerleri olarak g santralleri, pervaneli soğutma grupları, taşıtlar, klima cihazları ve soğutma tesisatlarıdır (eteci 1999).

1.5.4. Rejeneratif Isı Değiştiricileri

Isının depolanarak transfer edildiği ısı değiştiricileridir. Isı geçişi dolaylıdır. Üç tipi vardır (şekil 1.5).



şekil 1.5 Rejeneratif ısı değiştiricileri

1.5.4.1. Sabit Dolgu Maddeli Rejeneratörler

Bu ısı değiştiricisinde gaz akış yönü sabit dolgu maddesine ve sabit dolgu maddesinden başka yöne saptırılır. Sürekli bir çalışma sağlamak için aynı tipten en az iki rejeneratöre gerek vardır. Birçok yerde üç veya dört rejeneratör aynı anda

kullanılır. Yüksek fırınlarda, cam fabrikalarında ve düşük sıcaklık işletmelerinde havanın ayrılmasında kullanılırlar.

1.5.4.2. Döner Dolgu Maddeli Rejeneratörler

Bunlar disk ve silindir (kasnak) tipi olmak üzere iki grupta toplanabilir. Disk tipi rejeneratörlerde, ısı transfer yüzeyi disk şeklindedir ve akış aksenal yöndedir. Kasnak tipinde ise dolgu maddesi içi boş silindir şeklinde olup, akış radyal yöndedir. Gaz türbinleri ve taşıtlarda kullanılabilirler.

1.5.4.3. Paket Yataklı Maddeli Rejeneratörler

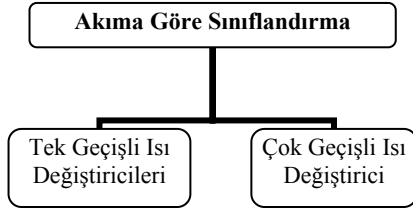
Paket yataklı rejeneratörlerin konstrüksiyonları çok basit olmalarına rağmen basınç kayıpları fazladır.

1.5.5. Karıştırmalı Kaplarda Isı Değişimleri

Karıştırmalı kaplar, özellikle aralıklı çalışan ısıtma ve soğutma işlemlerinde çok kullanılan cihazlardır. Karıştırıcı kaplar içindeki akışkanlar, ya dış yüzeyinden ceket tipi ya da kap içine yerleştirilen serpantinler yardımıyla ısıtabilir veya soğutabilirler (Genceli, 1983).

1.6. Akıma Göre Sınıflama

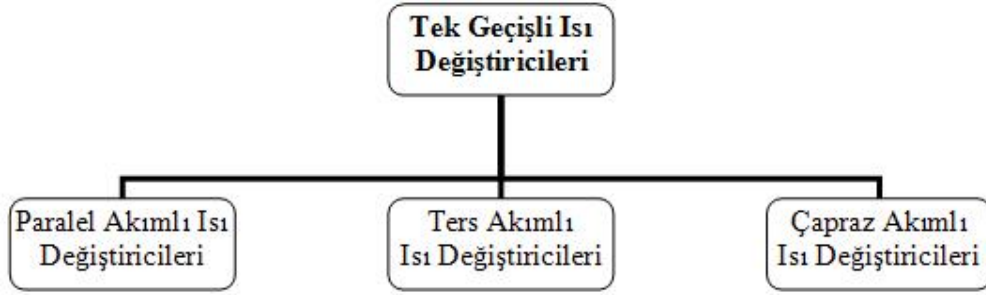
Isı değiştiricilerinde akışkanın değişik şekillerde düzenlenmesi ortalama logaritmik sıcaklık farkına, etkenliğe ve ısıl gerilmelere çok etki eder (Genceli, 1983). Akış şekline göre sınıflandırma Şekil 1.6' daki gibi tek geçişli ve çok geçişli olarak iki ana grupta toplanabilir. Çok geçişli halde ise iki akışkan birbirleri ile birkaç kere geçişir.



Şekil 1.6 Akıma göre sınıflandırma

1.6.1. Tek Geçişli Isı Değiştiricileri

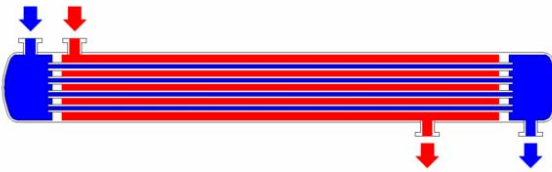
Tek geçişli halde iki akışkan ısı değiştiricisi boyunca birbirleri ile yalnız bir kere geçer. Üç başlıkta incelenebilir (Şekil 1.7).



Şekil 1.7 Tek geçişli ısı değiştiricileri

1.6.1.1. Paralel Akımlı Isı Değiştiricileri

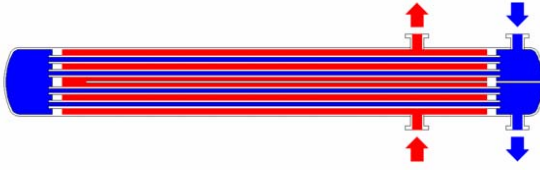
Bu akış şeklinde akışkanlar ısı değiştiricisinin bir ucundan girip aynı doğrultuda akarlar ve ısı değiştiricisinin diğer ucundan çıkarlar (Şekil 1.8). Isıl gerilmelerin istenmediği durumlarda tercih edilir.



Şekil 1.8 Paralel akımlı ısı değiştiricisi

1.6.1.2. Ters Akımlı Isı Değiştircileri

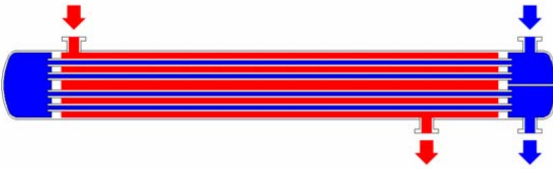
Bu tipte akışkanlar ısı değiştircisinde birbirlerine göre ters olarak akar (şekil 1.9). Ters akışlı ısı değiştircilerinde ortalama logaritmik sıcaklık farkı, diğer bütün akış düzenlemelerinden daha büyüktür. Diğer ısı değiştircilerine göre daha kompakt bir yapıya sahip olmalarına karşın, pratikteki imalat güçlükleri ve ısı gerilmeler nedeniyle birçok uygulamada ters akışlı ısı değiştircileri tercih edilmeyebilir (eteci 1999).



şekil 1.9 Ters akımlı ısı değiştircisi

1.6.1.3. Çapraz Akımlı Isı Değiştircileri

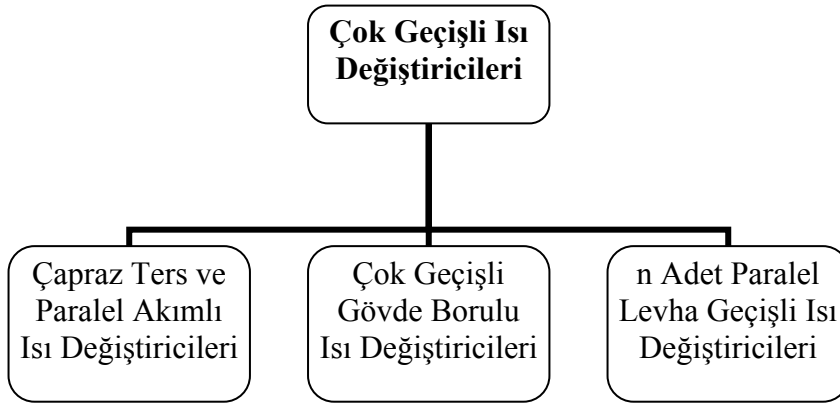
Bu ısı değiştircisinde akışkanlardan biri ısı transferi yüzeyi boyunca ve diğer akışkanın akış yoluna dik olacak şekilde akar (şekil 1.10). Akışkanlar ısı değiştircisi içinde ilerlerken kendisi ile karışabilir veya karışmayabilir. Isı geçişi bakımından çapraz akışlı ısı değiştircilerinin etkinliği paralel akışlı ve ters akışlı ısı değiştircilerinin etkinliklerinin arasındadır. İmalat kolaylığı nedeniyle pratikte kompakt ısı değiştircilerinin büyük çoğunluğu çapraz akışlı olarak yapılır.



şekil 1.10 çapraz akımlı ısı değiştircisi

1.6.2. Çok Geçişli Isı Değiştircileri

Isı değiştircisi içinde değişik şekillerde ard arda seri halde düzenlenerek çok geçişli tipler elde edilebilir (Şekil 1.11). Çok geçişli ısı değiştircilerinin en büyük üstünlüğü ısı değiştircisi etkenliğini artırmaktır. Çok geçişli ısı değiştircileri kanatlı yüzeylerde, gövde-boru tiplerinde ve levhalı tiplerde değişik düzenlemelerde imal edilebilir (Çeteci 1999).



Şekil 1.11 Çok geçişli ısı değiştircileri

1.6.2.1. Çapraz Ters ve Paralel Akımlı Isı Değiştircileri

Çapraz ters, genellikle kanatlı yüzeyli ısı değiştircilerinde tercih edilir. İki veya daha fazla sayıda çapraz geçiş arka arkaya ters akışlı olarak seri halde bağlanır. Isı değiştircisi etkenliği, her bir geçişteki akışkanların karışıp karışmadığına ve geçiş sayısına bağlıdır. Yüksek sıcaklıklardaki uygulamalarda sıcaklığın fazla olduğu geçişlerde sıcağa dayanıklı pahalı malzeme, diğer yerlerde ise ucuz malzeme kullanılarak imalat masrafları azaltılabilir (Çeteci 1999).

Çapraz paralel, bir önceki düzenlemeye çok benzer, sadece akışkanların birbirlerine göre genel akışı paraleldir. Geçiş sayısı artırılarak, sistemin etkenliği tek geçişli paralel akışlı ısı değiştircisi etkenliğine yaklaştırılabilir.

1.6.2.2. Çok Geçişli Gövde Borulu Isı Değiştircileri

Bu düzenleme, gövde borulu ısı değiştircilerinde en çok kullanılan tiptir. Sistemde borular bir uçlarından tespit edildiğinden ısı gerilmeler çok azdır. Gövde tarafındaki akışkan karıştığından, f herhangi bir kesitteki gövde akışkanının sıcaklığı sabittir. Bu yüzden, boru içindeki I akışkanın yönü değişse de ısı değiştircisi etkenliği aynı kalır.

1.6.2.3. n Adet Paralel Levha Geçişli Isı Değiştircileri

Levha tipi ısı değiştircilerinde, levhaların çeşitli şekillerde düzenlenmesi ile çok geçişli akışlar elde edilebilir. Levha tipi ısı değiştircilerinde conta yeri değiştirilerek bu düzenlemeler kolayca elde edilebilir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Isı değiştiricilerinin performans karakteristiklerinin ortaya konulması ve optimum boyutlarının hesaplanarak uygun ısı değişicisinin belirlenmesi halen teknik pratikte çok büyük bir önem arz etmektedir. Dolayısıyla yapılan kaynak taramalarında, son yıllarda bu alanda yapılan çalışmalarda giderek artan bir yoğunluk göze çarpmaktadır. Tezde geçmişten günümüze doğru bir tarama yapılmıştır.

Cole, (1996), çalışmasında soğutma olayında gövde borulu ısı eşanjörlerini çalışmıştır. Çalışmada soğutma uygulamalarında gövde borulu ısı eşanjörlerinin seçilmesi halinde boyutlandırma üzerine odaklanılmıştır. Gong ve Mujumdar, (1997) ise, bir gövde borulu gelişmemiş ısı enerjisi depolama eşanjöründe çevrimsel ısı transferinin sonlu eleman analizi yapılmıştır. Elde edilen sayısal sonuçların yaklaşım seçimine bir rehber olacağı vurgulanmıştır.

Ayrıca, farklı bir hesaplama yöntemi olarak, Lachi vd., (1997), değişik akışkan akış hızlarına sahip çift borulu ve tek geçişli gövde borulu ısı eşanjörlerinin zaman sabitleri üzerine bir çalışma yapmışlardır. Önerdikleri metodun, ısı eşanjörlerinin girişindeki akış hızının herhangi bir değişimini tanımlayabilmektedir.

Isı değişicilerinin işletimi esnasında karşılaşılabilecek problemlerden olan, gövde borulu ısı eşanjöründeki halka oluşumlu tortuların kabuk yüzeyinde sebep olduğu basınç düşüşünü incelemiştir. (Gaddis ve Gnielinski, (1997)) Bundan başka Thome, (1998) tarafından kimyasal proses endüstrisindeki gövde borulu ısı eşanjörlerindeki ısı transferini artırma yöntemleri incelenmiştir. Yine, Lia ve Kottke, (1998), kademeli boru dizilimli gövde borulu ısı eşanjörlerinde ilk tortu oluşumunun lokal ısı transferine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada absorpsiyona bağlı olarak kütle transferinin ölçümü metodu kullanılmış ve ısı ve kütle transferi analogisine dayalı olarak ısı transfer katsayıları üzerinden lokal kütle transferi katsayıları elde edilmiştir. Aynı kapsamda, Aicher ve Kim, (1998), ift borulu ısı eşanjörlerinde kabuk yüzeyindeki ısı transferinde lüle bölgesindeki karşıt akışım etkilerini deneysel olarak araştırmışlardır. Isı değişicilerinde ısı transferi ve basınç düşüşü kayıplarının

etkisi konusunda, Lia ve Kottke, (1998), kademeli boru dizilimli bir gövde borulu ısı eşanjöründe lokal ısı transferi ve basınç düşüşü kayıplarının etkileri araştırılmıştır. Kayıpların büyük ölçüde ortalama ısı transfer katsayısı ve basınç düşüşünün büyük ölçüde azaldığını tespit etmişlerdir. Aicherş vd.,(1999), ise düşey gövde borulu tip ısı eşanjörlerinde Rayleigh-Benard konveksiyonu olayını incelemişlerdir. Çalışmada performans ve performansı etkileyen ve artıran faktörler tanımlanmıştır.

Farklı tür tortulaşmanın ısı değışicisi üzerine olan etkileri konusunda Lia ve Kottke, (1999), gövde borulu ısı eşanjörlerinde disk ve halka biçimindeki tortu oluşumlarında lokal kabuk yüzeylerinde ısı ve kütle transferini analiz etmişlerdir. Ayrıca eşanjördeki boru ve üniteler için ortalama ısı transfer katsayılarını da geliştirmişlerdir.

Isı değışicilerinin matematiksel modelinin kurularak sayısal metotla incelenmesi konusunda Liu vd., (1999), bir gövde borulu tip ısı eşanjöründe ısıl gerilmelerin sayısal simülasyonunu incelemişlerdir. Farklı sıcaklıklar için ısıl gerilim analizlerinin hesaplanmasında sonlu elemanlar metodu (FEM) yaklaşımı kullanılarak oluşturulan bilgisayar programı yardımıyla çözüm yapılmıştır. Benzer alanda, Roetzel ve Balzereit, (2000), gövde borulu ısı eşanjöründe eksenel dağılımları incelemişlerdir. Çok boyutlu akış alanı için farklı Peclet sayılarında akış olayı deneysel olarak incelenmiştir. Lona, (2000) ise, ısı eşanjörleri ve ısı eşanjör ağıları için bir eğitim yazılımı geliştirmişlerdir. Öncelikle gövde borulu ısı eşanjörlerinin sanayideki yeri ve önemi vurgulanmış, Pinch analizi kullanılarak eğitim seti geliştirilmiştir.

Isı değışicisinde kullanılan farklı akışkanların etkilerini ve performansa katkılarını ise Lee vd., (2002), bir gövde borulu ısı eşanjörleri bulunan çillerde R22 yerine R407C soğutucu akışkanı kullanılması halinde performansta meydana gelen düşüşün araştırılmasını deneysel olarak çalışmışlardır. Butterworth, (2002) ise, boru gövdeli ısı eşanjöründe tortu oluşumunun lokal sıcaklık ve hız değışimleri üzerine etkilerini tasarımılamıştır. Tortulaşmanın üniform yapıda gerçekleştiği kabulünü yaparak en iyi tasarım prosesinin belirlenmesine çalışılmıştır.

Isı değişicilerinde sıklıkla karşılaşılan bir problem olan gövde borulu ısı değiştiricilerinin titreşim analizi konusunda Pettigrew ve Taylor, (2003), iki ayrı çalışma yapmış olup birincisinde, akış titreşim snleme ve akış elastisitesi kararsızlığı incelenmiştir. İkinci çalışmalarında ise, titreşim tepkisi, yorulma dayanımı testi ve referans rehber hazırlanmasına çalışmışlardır.

Sayısal çözüme örnek olarak, Jin vd.,(2004), gövde borulu ısı eşanjöründeki gerilmelerin hesaplanmasında iki FEA(finite element analysis-Sonlu eleman analizi) modellerinin karşılaştırmasını yapmışlardır. Kara ve Ozbilen, (2004), gövde borulu ısı eşanjörünü tasarımı Fortran 90 bilgisayar programıyla yapan bir program geliştirmişlerdir.

Değişik bir deneysel çalışma olmak üzere Nada vd., (2004), iki fazlı kapalı tip güneş kolektörlü termosifondaki gövde borulu ısı eşanjörün performansını incelemişlerdir. Bu amaçla, Mısır’ da kurulmuş olan bir deneysel çalışma üzerinden alınan verileri kullanmışlardır.

Farklı bilgisayar hesap yöntemi ve maliyet analizleri konusunda ise, Weiya vd., (2004), gövde borulu ısı değiştiricilerinde gerilmelerin hesaplanması için iki tip FEA modelin karılaştırılması yapılmıştır. Mekanik ve termal yükler altında her iki model arasında ancak çok küçük bir farkın bulunduğu sonucuna varmışlardır. Soltan vd., (2004), yine gövde borulu ısı eşanjöründeki optimum boyuttaki yönlendirici plakaların kullanımı halinde gövde borulu kondenserin minimize edilmiş fiyat ve işletme maliyetlerini incelemişlerdir. Ayub, (2005), gövde borulu ısı eşanjörünün tek bir segmentinin gövdesindeki tek faz için ısı transfer katsayısını belirleyen yeni bir grafik metot sunmuştur.

Isı değişicisinin imal edildiği malzemelerin ısı değişicisindeki ısı transferi olayına ve dolayısıyla performansa etkileri konusunda ise, Ahn vd., (2005), gövde borulu düşey bir akışkanlaştırılmış yatak tipindeki ısı eşanjöründe momentum ve ısı transferini incelemiş ve alüminyum, cam, bakır ve elik malzeme kullanımı halinde ısı transferindeki değişim tespit etmişlerdir. Selbas vd., (2006), gövde borulu ısı

eşanjörünün genetik algoritma kullanılarak ekonomikliğine yeni bir tasarım yaklaşımı üzerine çalışmışlardır. Çalışmalarında, LMTD metodu kullanılarak, gövde borulu ısı eşanjörünün değişik tasarım parametreleri kullanılarak optimizasyonu yapılmıştır.

Son yıllarda giderek artan verimlilik üzerine ekserji analizleri konusunu ise, Eryener, (2006), gövde borulu ısı eşanjöründe genel olarak ihmal edilen su hareketini yönlendiren plakaların termoeconomik optimizasyonunu çalışmıştır. Özçelik, (2007), gövde borulu ısı değiştiricilerinin ekserji optimizasyonunu bir genetik algoritma kullanarak incelemiştir. Çalışmada, MINLP test probleminin sürekli değişkenleri ve farklı değerlerinin optimizasyonunu belirlemek amacıyla program geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Babu ve Munawar, (2007), gövde borulu ısı eşanjörünün optimal tasarımı için diferansiyel denklem yöntemleri çalışmıştır. Gövde borulu ısı eşanjörü optimizasyonu için minimum ısı transfer alanını belirlemeye çalışarak, eşanjör maliyetini düşürecek hesaplamalar yapmıştır.

Bilindiği üzere, ısı değiştiricileri için matematiksel modelleme yaparak analitik bir çözüm üretmek mümkün olmamaktadır. Kaynak taramasından görüleceği üzere literatürde çok sayıda deneysel verilere dayalı ampirik eşitlikler ile programlama esaslı sayısal esaslı birçok çalışma mevcuttur.

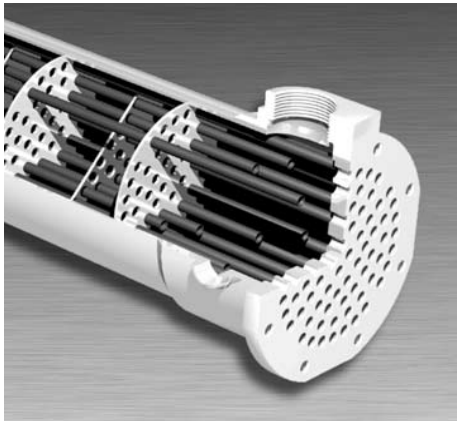
Yapılan çalışmada kavram karmaşasını gidermeye yönelik, yüksek hassasiyette, pratik ve hızlı çözüm üretebilen bir program kurularak literatüre sunulması hedeflenmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, gövde borulu ısı değiştiricisi ve onun kullanımıyla ilgili denklem ve bağıntılar, bir bilgisayar programı yazılarak kullanıldı. Ayrıca oluşturulan deney düzeneği ile programda hesaplanan değerler karşılaştırıldı. Bu sayede oluşturulan modelle, hazırlanan programın ne ölçüde yaklaştığını görölmüş olacaktır.

3.1.Gövde Borulu Isı Değiştirici

Standart gövde borulu ısı değiştirgeci en çok kullanılan tip olup karakteristiklerinin büyük bir kısmı genellikle iyi bilinmektedir. Bu konuda nispeten çok sayıda literatür bulunduğundan burada sadece genel bilgiler verilecektir. Gövde borulu ısı değiştirgeci, endüstride en çok kullanılan ısı değiştirgeçlerinden biridir. Isıtma yüzeyi, birbirinden belirli aralıklarda yerleştirilmiş çok sayıda borudan müteşekkildir (Şekil1.12). Akışkanlardan biri borulardan, diğeri ise boruların etrafında akar. Boruların uçları iki kapak sağındaki deliklere bağlanmış ve kapak saçları kıvrılmış veya kaynaklanmıştır. Borular dış taraflarından genellikle ara perdeler vasıtasıyla yerlerinde tutulur. Sağın çevresi her iki uçtan gövdeye kaynatılmıştır. Uç kapakları gövdeye ön ve arkadan flanşla tespit edilmiştir. Bu tipler hemen hemen her boyutta imal edilebilirler (Engin 1995). Gezer boru sağı gezer baş flanşı ile bu flanşın destek bileziği arasına sıkıştırılmıştır. Gövde flanşlarını açıp kafa flanşlarını çıkardıktan sonra boru demeti dışarıya alınabilir.



Şekil 3.1 Gövde borulu ısı değiştiricisi

Normal gövde boru tipi ısı değiştirgecinin çok sayıda imalatı kolaylıkla yapılabilir. Çünkü her zaman bulunabilen standart malzemelerden yapılır ve imalat tekniği gayet iyi bilinmektedir. Bundan dolayı belirli bir uygulamada kullanılan diğer ısı değiştirgeci tiplerine nazaran daha büyük ve ağır olmalarına rağmen genellikle karbonlu çelik ve bakır alaşımlarından ucuz elde edilirler. Ayrıca yüksek işletme basıncına göre tasarımları uygundur.

Tamir ve bakımı, diğer ısı değiştirgeci tiplerine nazaran oldukça kolaydır. Borulardan biri çalışmaz hale geldiğinde kör tapa ile iptal edilebilir veya değiştirilir. Bu tip ısı değiştirgeçlerinin boru kısmı elle temizlenebilir, çok büyük olmamak kaydıyla, boru demeti dışarıya alınabilen ısı değiştirgeçleri de gövde tarafından temizlenebilir. Bununla birlikte bu işlemler nispeten zaman alır ve bilhassa tesisin durma suresi maliyeti bakımından ucuz bir işlem değildir. Eğer borulardan biri tamamen tıkanmışsa boru veya gövde tarafından kimyasal metotlarla temizleme pek uygun bir yol değildir.

3.1.1. Gövde Borulu Isı Değiştirgeci Elemanları

Gövde borulu ısı değiştirgeçleri çeşitli elemanlardan oluşmaktadır (Engin, 1995).

3.1.1.1. Gövde

Boru demetini çevreleyen silindirik kovandır. Gövde, levhalar silindir şeklinde kıvrılıp kaynakla birleştirilmek suretiyle, dökülerek veya çelik borulardan yapılır. Standart gövde çapları ile bu çaplara karşılık gelen gövde et kalınlıkları Çizelge 3.1' de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Gövde çapları ile bu çaplara karşılık gelen gövde et kalınlıkları (Engin, 1995)

Gövde Anma Çapı (mm)	Gövde Dış Çapı (mm)	Gövde Et Kalınlıkları (mm)		
		Dökme Demir	Kütle ve Kalite Çeliği	Paslanmaz Çelik
150	168	10	5	3
200	219	“	6	“
250	273	“	“	“
300	324	13	“	“
350	355	“	“	“
400	406	“	“	“
500	508	“	8	“
600	600	16	“	5
700	700	“	10	“
800	800	“	“	6
900	900	19	“	“
1000	1000	“	“	“
1100	1100	22	11	“
1200	1200	“	“	“

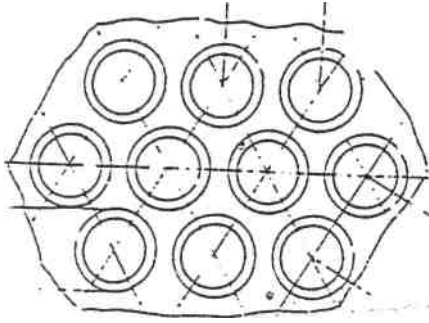
Kütle ve Kalite Çeliği, sade karbonlu çelik olup ölçülere korozyon payı ilave edilmiştir.

3.1.1.2. Borular veya Boru Demeti

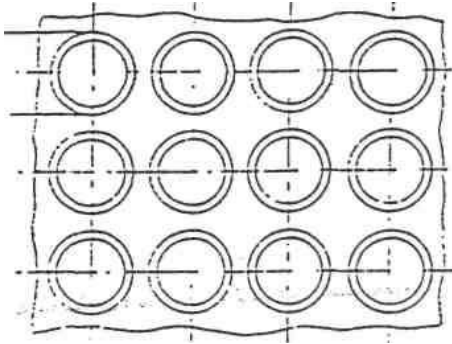
Boru demeti içerisinde sıcak veya soğuk ortam geçen, uçları aynasına takılmış borular topluluğudur. Isı değiştirgeçlerinde muhtelif çaplarda borular kullanılabilir. Beraber genellikle 50 mm değeri üst, 10 mm değeri alt sınır olarak kabul edilmektedir. Eğer borular kıvrılmamış ve uçları ayrı ayrı iki aynaya takılmış ise "*I- Tipi Boru Demeti*", borular U şeklinde kıvrılarak uçları yalnız bir aynaya takılmışsa "*U- Tipi Boru Demeti*" olarak adlandırılır. Isı değiştirgecinde boru demetindeki boruların anma uzunlukları, toleranslarıyla birlikte 500, 750, 1250, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500, 5000, 6000 veya 8000 mm olmalıdır.

3.1.1.3. Boru Aynası

Boruların aynaya yerleştirilmesi; eğer gövde tarafındaki ortamın kireçlenme etkisi çok değilse Şekil 3.2' de görüldüğü gibi bir eşkenar üçgen oluşturacak şekilde veya Şekil 3.3' de görüldüğü gibi kare şeklinde olabilir. Borular aynaya, eksenleri arasında belirli bir mesafe bırakılarak yerleştirilir. Borular aynaya makinato veya kaynakla birleştirilmektedir.



Şekil 3.2 Boruların aynaya eşkenar üçgen şeklinde yerleşimi (Çeteci, 1999)



Şekil 3.3 Boruların aynaya kare şeklinde yerleşimi (Çeteci, 1999)

Boru aynaları da genellikle gövde malzemesinden imal edilmektedir.

3.1.1.4. Arka Kafa

Dış çaplan gövde dış çapma eşittir. Gövde ve arka kafa için aynı malzeme kullanıldığında kafanın et kalınlığı, en az gövde et kalınlığına eşit olmalıdır.

3.1.1.5. Yönlendirici Perdeler

Yatay yerleştirilen ısı değiştirgeçlerinde, enine perdeler gövde içindeki akışın yönünü değiştirecek tarzda yerleştirilirler. Akış yönü yukarıdan aşağıya değiştirildiğinde, perdeler ısı değiştirgecinin tam olarak boşaltılabılmesine imkân vermelidir. Enine perdeler ile gövde arasında belirli bir boşluk bırakılmalıdır. Enine perdeler arasındaki mesafe (baffle spacing) en az gövde anma çapının %20'si kadar, en fazla gövde çapı kadar olmalıdır. Ancak 50 mm'den daha az mesafe istenmez. Perde kalınlıkları genellikle 3-10 *mm* arasında değişir.

3.1.1.6. Bölücü Perdeler

Bölücü perde kalınlıkları alaşımlı çelik kullanıldığında 10 mm alınır.

3.1.1.7. Ön Kafa

Döküm veya kaynakla imal edilirler. Tek veya çok parçalı olabilirler. Çok parçalı olması halinde bağlantılar, civata ile yapılır. Ön kafaların dış çapları, gövde dış çapına eşit alınır. Kalınlıkları ise, gövde kalınlığından ve basınca göre hesaplanmış kalınlık değerlerinden büyük seçilir.

3.1.1.8. Bağlantı Ağızları

Isı değiştirgecinin taşınması ve montajı sırasında ani zorlanmalara dayanabilecek sağlamlıkta olmalıdır. Ayrıca bağlantı ağızları ısı yükünü de kaldırabilmelidir. Bağlantı ağızları, gövde, ön ve arka kafalar ile kaynaklı veya tek parça halinde yapılır. Kaynaklı bağlantılar, dövme yoluyla veya çelik saçları kaynak etmek suretiyle yapılmalıdır. Isı değiştirgecinin en alçak ve en yüksek noktalarına konulan boşaltma ve havalık bağlantıları için en az 20 mm nominal çaplı borular kullanılır.

3.1.1.9. Contalar

160 N/cm²'den büyük basınçlarda, metal kılıflı veya yumuşak metalden imal edilmiş contalar kullanılır. Daha düşük basınç değerleri için sıkıştırılmış asbest, doğal veya sentetik kauçuk veya benzeri özelliklerde malzeme kullanılır.

3.1.1.10. Flanşlar

Isı değiştirgeçlerinde gövde, ön ve arka kafalardaki bağlantı flanşları TS 816 ya, bağlantı ağızlarındaki flanşlar ise, TS 810, TS 811, TS 812, TS 813, TS 814, TS 815, TS 816, TS 817 veya TS 818' e uygun olmalıdır.

3.1.1.11. Ayaklar

Isı değiştirgecinin gövdesinde, gerilmeleri ve schimleri önleyecek ayaklar bulunur. Bu ayaklar da gövde malzemesinden imal edilebilir. Çizelge 3.2' de ısı değiştirgeci yapımında kullanılan malzeme ve ilgili standartlar özetlenmiştir.

Çizelge 3.2 Isı değiştirgeci yapımında kullanılan malzeme ve ilgili standartlar.

Parçanın Adı	Yapıldığı Malzeme ve ilgili Standart
Ayna, Gövde, Ön Kafa Arka Kafa, Yüzer Kafa Ayaklar	Çelik Levha: Çekme dayanımı en az 37 kgf/mm ² Dökme Demir: TS 519, TS 526, TS 551, TS 552
Gövde, Borular, Ön Kafa Arka Kafa, Bağlantı Ağızlan	TS 302, TS 436, TS 381, TS 416, TS 380 TS443,TS417
Perdeler, Boru Destekleri Bağlantı Ağızlan	Çelik Levha : Çekme dayanımı en az 37 kgf/mm ²
Flanşlar	TS 810, TS 811, TS 812, TS 813, TS 814, 815 TS 816, TS 817, TS 818
Civatalar	TS 1021
Bağlantı Çubuklan	Çelik Çubuk: Çekme dayanımı en az 370 N/mm ²

3.1.2. T.E.M.A Standartları

Isı değiştirgeçleri belirli standart şekillerde imal edilmektedir. Bu standartlar T.E.M.A (Tubular Exchangers Manufacturers Association) tarafından belirlenmiş olup TSE tarafından da kabul görmüştür.

3.1.3. Gövde Borulu Isı Değiştirici Bağntıları

Gövde boru tipi ısı değiştiricisinin tasarımında kullanılan formüller sırasıyla şu şekildedir:

- Sıcak ve soğuk akışkanlar için ortalama sıcaklıklar, T₁(K) ve T₂(K)

$$T_1 = \frac{T_{h1} + T_{h2}}{2} + 273 \quad (3.1)$$

$$T_2 = \frac{T_{c1} + T_{c2}}{2} + 273 \quad (3.2)$$

- Dinamik viskozite değerleri için kullanılan bağıntı, $\mu(\text{kg/ms})$

$$\begin{aligned} \mu = & 0.000001 \cdot (0.000031538716146 \cdot (T - 273)^4 - \\ & 8.913055428199999 \cdot 10^{-3} \cdot (T - 273)^3 + 0.9795876934 \cdot (T - 273)^2 - \\ & 55.4567974 \cdot (T - 273) + 1791.74424) \end{aligned} \quad (3.3)$$

- Akışkan yoğunluğu için kullanılan bağıntı, $\rho(\text{kg/m}^3)$

$$\begin{aligned} \rho = & 0.000015451 \cdot (T - 273)^3 - 0.0059003 \cdot (T - 273)^2 - \\ & 0.019075 \cdot (T - 273) + 1002.3052 \end{aligned} \quad (3.4)$$

- Özgül ısı değerini veren bağıntı, $c_p(\text{J/kgK})$

$$\begin{aligned} c_p = & 0.000003216145833 \cdot (T - 273)^4 - 0.000798668982 \cdot (T - 273)^3 + \\ & 0.0780295139 \cdot (T - 273)^2 - 3.0481614 \cdot (T - 273) + 4217.7377 \end{aligned} \quad (3.5)$$

- Isı iletim katsayısını veren bağıntı, $\lambda(\text{W/mK})$

$$\begin{aligned} \lambda = & 0.00000018923611 \cdot (T - 273)^3 - \\ & 6.5104167 \cdot (10)^{-10} \cdot (T - 273)^4 - 2.671875 \cdot (10)^{-5} \cdot (T - 273)^2 + \\ & 0.0027103175 \cdot (T - 273) + 0.5520119 \end{aligned} \quad (3.6)$$

- Prandtl sayısı, Pr

$$\text{Pr} = \frac{\mu \cdot c_p}{\lambda} \quad (3.7)$$

- İletilen ısı miktarı, Q(W)

$$Q = m_h \cdot c_{ph} \cdot (T_{h1} - T_{h2}) = m_c \cdot c_{pc} \cdot (T_{c2} - T_{c1}) \quad (3.8)$$

- Logaritmik sıcaklık farkı, ΔT_m (°C)

$$\Delta T_m = \frac{(T_{h1} - T_{c2}) - (T_{h2} - T_{c1})}{\ln \frac{T_{h1} - T_{c2}}{T_{h2} - T_{c1}}} \quad (3.9)$$

- Boru tarafındaki toplam akış kesiti, S_1 (m²)

$$S_1 = \frac{n_{LP2} \cdot \pi \cdot d_{iç}^2}{4 \cdot n_{LP}} \quad (3.10)$$

- Gövde tarafındaki en dar kesit alanı, S_2 (m²)

$$S_2 = \frac{B \cdot C \cdot D}{P} \quad (3.11)$$

- Boru içinde birim alandan geçen debi, G_1 (kg/m²s)

$$G_1 = \frac{m_h}{S_1} \quad (3.12)$$

- Gövde içinde birim alandan geçen debi, G_2 (kg/m²s)

$$G_2 = \frac{m_c}{S_2} \quad (3.13)$$

- Boru içerisindeki Reynolds sayısı, Re

$$Re = \frac{\rho_1 \cdot u \cdot d_{iç}}{\mu} = \frac{u \cdot d_{iç}}{\nu} = \frac{G_1 \cdot d_{iç}}{\mu} \quad (3.14)$$

- Boru içerisindeki Nusselt sayısı, Nu_1

$$Nu_1 = \frac{\alpha_1 \cdot d_{iç}}{\lambda_1} = \frac{(f/2) \cdot Re_1 \cdot Pr_1}{1.07 + 12.7 \cdot (f/2)^{1/2} \cdot (Pr_1^{2/3} - 1)} \quad (3.15)$$

- Petukhov-Krillov korelasyonu, f

$$f = \frac{1}{(1.58 \cdot Re_1 - 3.28)^2} \quad (3.16)$$

- Boru içerisindeki ısı taşınım katsayısı, α_1 (W/m²K)

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d_{iç}} \quad (3.17)$$

- Gövde içerisindeki Nusselt sayısı, Nu_2

$$Nu_2 = \frac{\alpha_2 \cdot D_e}{\lambda_2} = f_R \cdot Nu_{2,d} \quad (3.18)$$

- Gövde içerisindeki Reynolds sayısı, Re_2

$$Re_2 = \frac{V \cdot D_e \cdot \rho}{\mu} \quad (3.19)$$

- Eşdeğer çap, D_e

$$D_e = \frac{4 \cdot \left(\frac{P^2 \sqrt{3}}{4} - \frac{\pi \cdot d_{\text{dis}}^2}{8} \right)}{\pi \cdot d_{\text{dis}} / 2} \quad (3.20)$$

- Nusselt sayısı hesaplamaları,

$$\text{Nu}_{2,d} = f_A \cdot \text{Nu}_{2,0} \quad (3.21)$$

$$\text{Nu}_{2,0} = 0.3 + \sqrt{\text{Nu}_{\text{lam}}^2 + \text{Nu}_{\text{turb}}^2} \quad (3.22)$$

$$\text{Nu}_{\text{lam}} = 0.664 \cdot \sqrt{\text{Re}_{\psi,2}} \cdot \sqrt[3]{\text{Pr}_2} \quad (3.23)$$

$$\text{Nu}_{\text{turb}} = \frac{0.037 \cdot \text{Re}_{\psi,2}^{0.8} \cdot \text{Pr}_2}{1 + 2.443 \cdot \text{Re}_{\psi,2}^{-0.1} \cdot (\text{Pr}_2^{2/3} - 1)} \quad (3.24)$$

$$\text{Re}_{\psi,2} = \frac{\text{Re}_2}{\psi} \quad (3.25)$$

$$a\psi = S_1 / d_{\text{dis}} \quad (3.26)$$

$$b\psi = S_2 / d_{\text{dis}} \quad (3.27)$$

$$b\psi \geq 1 \Rightarrow \psi = 1 - \frac{\pi}{4 \cdot a\psi} \quad (3.28)$$

$$b\psi < 1 \Rightarrow \psi = 1 - \frac{\pi}{4 \cdot a\psi \cdot b\psi} \quad (3.29)$$

$$f_A = 1 + \frac{2}{3 \cdot b\psi} \quad (3.30)$$

$$f_R = f_L \cdot f_B \quad (3.31)$$

$$f_L = 0.4 \frac{A_{t/p}}{A_{SG}} + (1 - 0.4 \frac{A_{t/p}}{A_{SG}}) \cdot \exp(-1.5 \cdot R_L) \quad (3.32)$$

$$A_{SG} = A_{t/p} + A_{s/b} \quad (3.33)$$

$$A_{t/p} = (n - \frac{n_w}{2}) \frac{\pi \cdot (d_B^2 - d_{dis}^2)}{4} \quad (3.34)$$

$$A_{s/b} = \frac{\pi}{4} (D^2 - D_1^2) \frac{360 - \gamma}{360} \quad (3.35)$$

$$\gamma = 2 \text{ArcCos}(1 - \frac{2H}{D_1}) \quad (3.36)$$

$$R_L = \frac{A_{SG}}{A_E} \quad (3.37)$$

$$A_E = B_0 \cdot L_E \quad (3.38)$$

$$f_B = \exp[-\beta \cdot R_B] \quad (\beta = 1.35) \quad (\text{Re}_{\Psi,1} \geq 100) \quad (n_s \leq \frac{n_R}{2}) \quad (3.40)$$

$$f_B = 1 \quad (n_s > \frac{n_R}{2}) \quad (3.41)$$

$$R_B = \frac{A_B}{A_E} \quad (3.42)$$

$$A_B = B_0(D - D_0 - C) \quad (3.43)$$

- Yoğuşmalı hal için gövde tarafındaki ısı taşınım katsayısı, $\alpha_2(\text{W/m}^2\text{K})$

$$\alpha_2 = \frac{\text{Nu}_2 \cdot \lambda_2}{D} \quad (3.44)$$

- Toplam ısı geçiş katsayısı, $K(\text{W/m}^2\text{K})$

$$K = \frac{1}{\frac{d_{\text{dis}}}{d_{\text{iç}}} \cdot \frac{1}{\alpha_1} + \frac{d_{\text{dis}}}{2 \cdot \lambda_m} \ln \frac{d_{\text{dis}}}{d_{\text{iç}}} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (3.45)$$

- Isı değiştiricisi toplam alanı, $A(\text{m}^2)$

$$A = \frac{Q}{K \cdot \Delta T_m} \quad (3.46)$$

- Isı değiştiricisinin toplam boru uzunluğu, $L(\text{m})$

$$L = \frac{A}{n_{\text{LP}2} \cdot \pi \cdot d_{\text{iç}}} \quad (3.47)$$

- Boru içerisindeki basınç düşümü, $\Delta P_1(\text{Pa})$

$$\Delta P_1 = \frac{\lambda_f \cdot G_1^2 \cdot L \cdot n_{\text{LP}}}{d_{\text{iç}} \cdot \rho_1 \cdot 2} \quad (3.48)$$

$$\text{Re}_1 < 2300 \Rightarrow \lambda_f = \frac{64}{\text{Re}_1} \quad (3.49)$$

$$\text{Re}_1 < 3000 \Rightarrow \lambda_f = \frac{0.3164}{\text{Re}_1^{0.25}} \quad (3.50)$$

$$\text{Re}_1 \geq 3000 \Rightarrow \lambda_f = \frac{0.184}{\text{Re}_1^{0.2}} \quad (3.51)$$

- Gövde içerisindeki boru sayısı

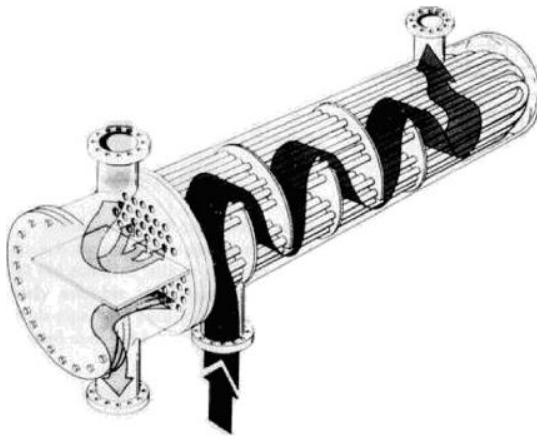
$$\text{Nr} = \frac{D}{P} \quad (3.52)$$

3.2. Materyal

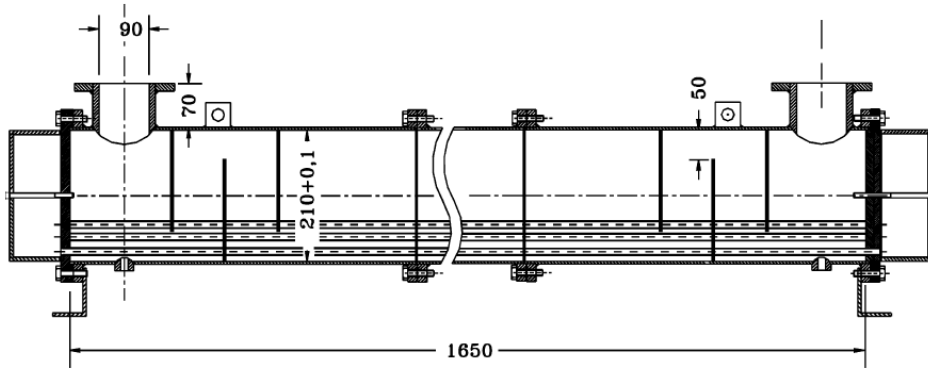
Programda elde edilen değerlerle, materyal özel olarak seçilmiş ve imal edilmiştir.

3.2.1. Materyalin Fiziksel Özellikleri

Deneysel düzeneğin hazırlanması amacıyla kullanılan bazı malzemelerin özellikleri geniş bir spektrumda seçilerek, verilerin alınabilmesi için aşağıdaki gibi seçilmiştir. Kompresör: 3 HP gücünde ve -5°C sıcaklıkta çalışabilecek özelliktedir. Sulu tip kondenser 6978 Watt kapasiteli, likit deposu, küresel vana, titreşim tutucu kullanılmıştır. Kullanılan gövde borulu ısı değiştiricisinin kesiti ve boyutları Şekil 3.4 ve Şekil 3.5’ te görülmektedir.



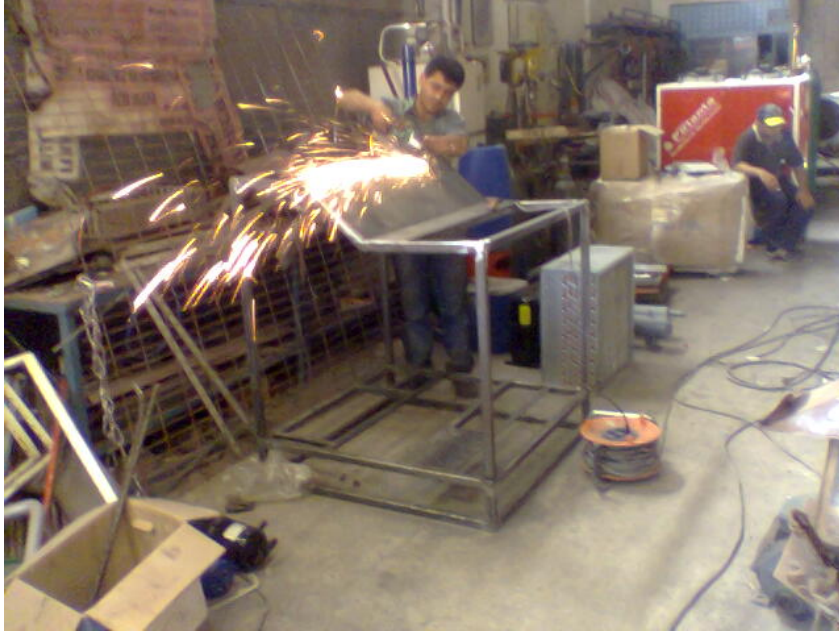
Şekil 3.4 Gövde borulu ısı değiştiricisinin kesiti



Şekil 3.5 Gövde borulu ısı değiştircinin boyutları

3.2.2. Materyalin Montaj Aşaması

Gövde borulu ısı değiştircinin montajı esnasındaki görüntüleri Şekil 3.6 ve Şekil 3.7' de verilmiştir.



Şekil 3.6 Gövde borulu ısı değiştircinin montajı 1



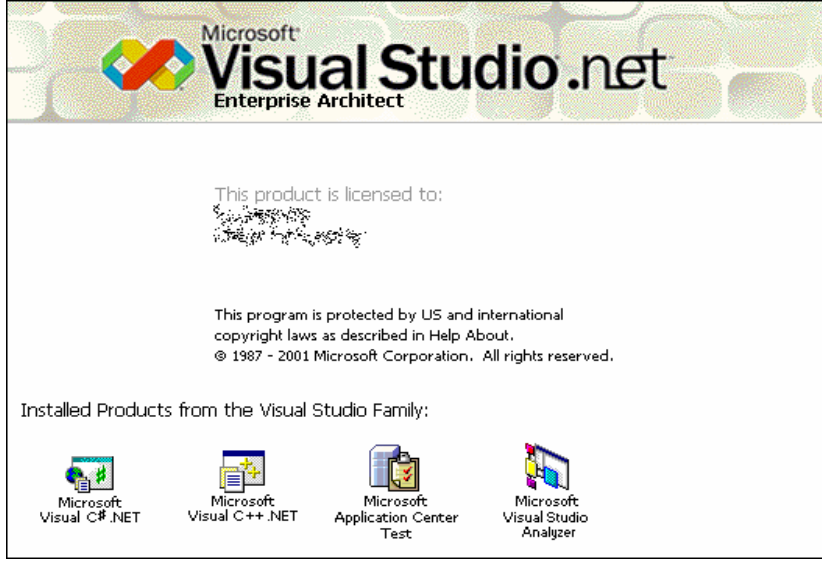
Şekil 3.7 Gövde borulu ısı değiştiricinin montajı 2

3.3. Programlama

Yapılan çalışmada kullanılan bilgisayar programı birçok programda yazılabilir. Bu çalışmada kullanılan program Microsoft Őirketinin yaptığı Visual Studio'dur.

3.3.1. Microsoft Visual Studio Programı

Microsoft'un 2002 de ilk kez duyurduğu programın son sürümü, programı yazarken kullanıldı (Şekil 3.8).



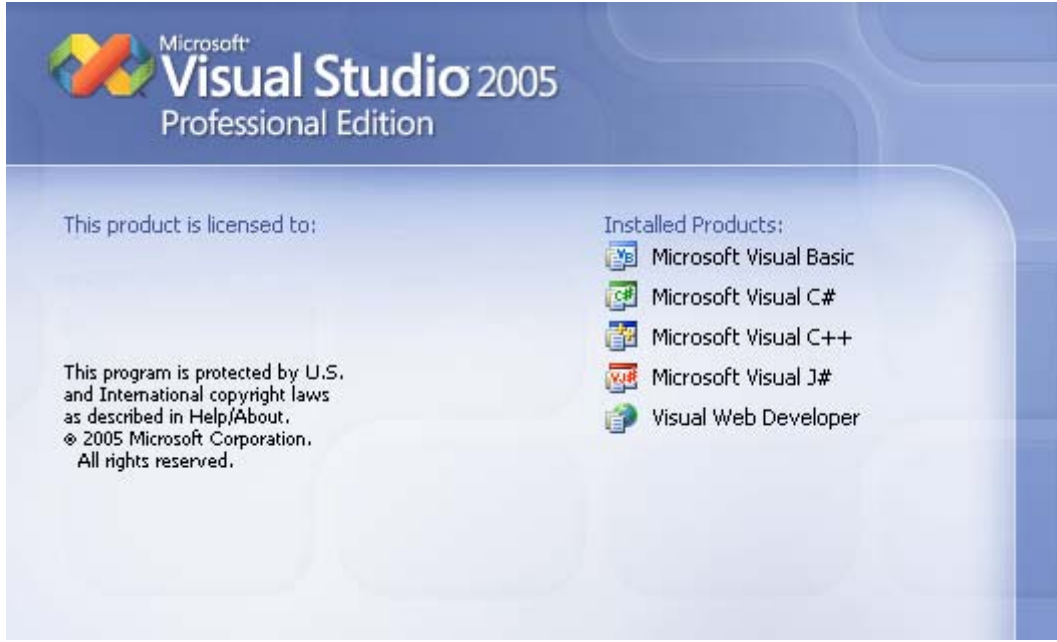
Şekil 3.8 Visual Studio 2002

Daha sonra üretilen sürümü olan Visual Studio 2003 (Şekil 3.9), programın uzun süre kullanılan, içerisinde daha fazla programlama dilini destekleyen başarılı halidir.



Şekil 3.9 Visual Studio 2003

Günümüzde kullanılan Visual Studio 2005 Professional Edition ise, 2003 sürümünün başarısının üzerine eksik kalan yönlerinin tamamlandığı, bireysel geliştiricilerin yüksek performans, çok katmanlı uygulamalar yaratmalarını amaçlayan kapsamlı bir geliştirme ortamıdır. Visual Studio 2005 Professional Edition ile çok çeşitli Windows, Web, mobil ve Office tabanlı çözümler oluşturmak için yüksek verimliliğe sahip bir ortamdan faydalanabilmeyi (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 Visual Studio 2005

Visual Studio 2005 Professional Edition (küçük takımlar halinde ya da tek başına çalışan geliştiriciler için) Windows, Web ve mobil aygıtlar için yüksek performanslı, çok katmanlı uygulamalar geliştirmek için kapsamlı, yüksek verimlilik profesyonel geliştirme ortamıdır.

Visual Studio 2005 kullanarak geliştiriciler şunları yapabilir:

- Windows, Web, SmartPhone ve Pocket PC tabanlı çok katmanlı uygulamalar yaratmak
- Veritabanı, tablolar, saklanan prosedürler ve dahasını tasarlamak için Entegre Görsel Veritabanı Araçları

- Entegre veritabanı rapor tasarımcısı ve görüntüleyicisi
- Çok katmanlı uygulamaları tasarlama, hata ayıklama ve kurma
- Integrated XSLT hata ayıklaması
- .NET framework 2.0'in 64-bit sürümü
- İyileştirilmiş SmartPhone ve Pocket PC geliştirme ortamı
- Bir .NET dili kullanarak SQL Server saklanan prosedürlerini yaratın
- Entegre ClickOnce desteği
- Makineler arasında hata ayıklama

Bilgisayara kurulması için gerekli olan gereksinimler:

- İşlemci hızı 600 mhz veya daha hızlı olmalıdır.
- Visual Studio® 2005 Professional Edition versiyonu aşağıdaki sürümlerde çalışır:
 - Microsoft® Windows® 2000 with Service Pack 4,
 - Microsoft® Windows® XP with Service Pack 2
 - Microsoft® Windows® XP Professional x64 Edition® (WOW)
 - Microsoft® Windows® Server™ 2003 with Service Pack 1
 - Microsoft® Windows® Server™ 2003, x64 Editions® (WOW)
 - Microsoft® Windows® Server™ 2003 R2
 - Microsoft® Windows® Server™ 2003 R2, x64 Editions® (WOW)
 - Microsoft® Windows® Vista™
- 192 MB RAM veya daha fazlası
- 2 GB sabit diskte boş alan
- DVD-ROM sürücüsü
- 256 renk destekleyen, çözünürlüğü 1024x768 veya daha fazla olan

3.3.2. Programlama Dili

Bilgisayarları programlamak için programlama dillerine ihtiyaç duyulur. 60 ' lı yıllarda özellikle Pascal gibi önemli başarılar elde etmiş programlama dilleri, yapısal programlama (structured programming) mantığı ile oldukça büyük ilerlemeler kaydetmiştir. 70 'li yıllara gelindiğinde Dennis Ritchie Unix İşletim sistemi kullanan bir DEC bilgisayar üzerinde " C " dilini yarattı. C programlama dili o zaman için büyük bir adımdır. 80 'li yıllarda en yaygın kullanılan programlama dili haline geldi. Fakat gelişen teknoloji beraberinde daha gelişmiş programları ve komplike sistemleri ortaya çıkarmıştır. Çok kısa bir süre sonra C dili artık yetersiz gelmeye başlamıştır.

1979 yılında nesne yönelimli programlama (OOP, Object Oriented Programming) yöntemi ilk kez kayda değer bir hale gelmiştir. Bu değer Bjarne Stroustrup 'un yazdığı C++ diliydi. C++ aslında tamamen C dili üzerine kurulmuştur. Onun tüm özelliklerini içeren ve ayrıca nesne yönelimli programlama yöntemi kazandırılmış bir dildir. Bu sayede C++ dili C ye göre hem çok daha etkili oldu. Kullanıcıların dili öğrenmek için harcadacağı zamandan tasarruf sağlayarak yumuşak bir geçiş ve dolayısıyla yaygınlaşmasında avantajlar sağlandı. Sonraki 10 yıl sonunda C++ artık dünyada en çok kullanılan ve en iyi programlama dili olarak gösterilmiştir.

Programlama dillerindeki bu gelişmelerden sonra en büyük adım Java ile olmuştur. 1991 'de Sun Microsystems tarafından geliştirilen dilin arkasındaki en güçlü isim James Gosling 'di. Java söz dizimi ve felsefesi C++ 'tan alınan yapısal ve nesne yönelimli bir dildir. Özellikle Internet 'in oluşması ile Java büyük bir hız kazanmıştır. Aslında bunun nedeni çok basittir. O zamana kadar programlama dilleri ile yazılan programların çoğu belirli işletim sistemleri ve işlemciler için yazılmıştır. Yani kodun taşınabilirliği karşısında Java en iyi yöntem olmuştur. Java'nın sunduğu platform bağımsız (cross-platform) teknolojisi bir anda büyük bir çevre tarafından kabul görmüştür. Yazılımcılar sistemlere göre program geliştirmektense yazılan kodun her yerde kullanılmasını tercih edilmiştir.

Java platform bağımsız bir kodlama için JVM (Java Virtual Machine) kullanıyordu. Java kaynak kodu " bytecode " denilen bir koda çeviriyor, ve gerektiğinde JVM ile

programını çalıştırıyordu. Yani JVM 'nin olduğu her sistemde her kod aynı muameleyi görüyor, böylece kodun işletim sistemi veya işlemciye göre tekrar derlenmesine gerek kalmıyordu. Fakat bu aynı zamanda Java 'nın diğer programlama dilleri ile uyum içinde çalışması (cross-language interoperability) için dezavantaj oluşturuyordu.

3.3.2.1. C# Programlama Dili

1990 'lı yılların sonlarına doğru Microsoft 'un programlama dehası Anders Hejlsberg C# dilini yarattı. 2000 yılının ortalarında C# 'ın ilk alfa versiyonu piyasaya çıktı. C# programlama dili ; C, C++ ve Java ile bağlantılı bir dil olarak yapıldı. Bunlar dünyada en yaygın kullanılan ve sevilen dillerden üçüdür. Hejlsberg 'de aynı Stroustrup ve Gosling gibi tekerleği yeniden icat etmektense mevcut bir dili geliştirmeyi uygun görmüştür.

Eğer bu diller arasında bir bağlantı kurmak gerekirse. C# programlama dili; C dilinin söz dizimini ve C++ dilinin nesne yönelimli programlama yöntemlerini ve tekniklerini almıştır.

C# 'ın Java ile olan ilişkisi ise özel bir durumdur. Zira C# 'ta Java gibi C ve C++ dillerinden özellikler almış ama aynı zamanda Java gibi platform bağımsız kod amaçlı tasarlanmıştır. Yani C# dili, Java dilinden türememiştir. En iyi tarafı ise C, C++, C# veya Java dillerinden birinde iyi olmak diğer tüm dillerde de büyük kolaylıklar sağlar.

Tüm bu diğer dillerle olan bağlantısına rağmen C# beraberinde pek çok yenilik, özellik getirmiştir. Zaten diğer başarılı dillerin doğuşunda da aynı trend yaşanmıştır. Bu noktada C# : bileşen yönelimli bir dil (component-oriented language) olarak nitelendirilmiştir. Zira C# bileşenleri yazmak için bütünleşik destek içermektedir. Bunların içinde en önemlisi; karışık dillerin olduğu bir ortamda çalışabilme becerisidir.

Birbirinden türeyen her dil bir önceki dilde eksik olan bir özelliği tamamlayarak ilk adımları atmıştır. C++; C deki nesne eksikliğini, Java; C++ daki platform bağımsızlık özelliğini ve son olarak C# hem hepsinde olan özellikleri hemde Java 'da olmayan uyumlu çalışma desteğini almıştır.

C# güçlü, modern, nesne tabanlı ve aynı zaman type-safe(tip-güvenli) bir programlama dilidir. Aynı zamanda C#, C++ dilinin güçlülüğünü ve Visual Basic' in ise kolaylığını sağlar. Büyük olasılıkla C# dilinin çıkması Java dilinin çıkmasından bu yana programcılık adına yapılan en büyük gelişmedir. C#, C++ 'ın gücünden, Visual Basic 'in kolaylığından ve Java 'nın da özelliklerinden faydalanarak tasarlanmış bir dildir. Delphi ve C++ Builder 'daki bazı özellikler şimdi C# 'da var. C# dili Microsoft tarafından geliştirilen .NET platformunun en temel ve resmi dili olarak lanse edilmiştir. C# dili Turbo Pascal derleyicisini ve Delphi 'yi oluşturan takımın lideri olan Anders Heljsberg ve Microsoft'da Visual J++ takımında çalışan Scott Wiltamuth tarafından geliştirilmiştir.

.NET Framework bileşen yönelimli uygulamaların geliştirilmesini ve yürütülmesini destekleyen bir ortam tanımlamaktadır. Bu sayede; farklı programlama dilleri, farklı işletim sistemleri ile çalışabilme özelliğine sahiptir.

.NET Framework ve C# 'ın arasındaki en önemli iki ilişki: Ortak dil çalışma zamanı (CLR - Common Language Runtime) ve .NET sınıf kütüphanesidir.

CLR – (Common Language Runtime), Programların çalışmasını idare eden, programların taşınabilirliğini sağlayan, aynı zamanda diğer avantajlarının dışında karışık dilde programlamayı destekleyen ve güvenliği sağlayan parçadır.

.NET Sınıf Kütüphanesi, programınızın çalışma ortamına erişmesine imkân veren parçadır. Bu sınıf kütüphanesi tanımlanan özelliklerle kısıtlı kalırsa kodlarınız .NET ortamında rahatça çalışır. İşte bu nokta C# için en önemli özelliklerden biridir. Aynı kod her yerde çalışır.

3.3.2.2. Programın Arayüzleri

Program iki kısımdan oluşmaktadır. Bu arayüzde her iki ana ısı değiştiricisini hesaplamaya imkân tanıyan seçenekler mevcuttur (Şekil 3.11).



Şekil 3.11 Isı değiştiricileri programı giriş ekranı

Tez konusuna esas olan gövde boru tipi ısı değiştiricilerinin olduğu kısmı tanımlayan arayüz de Şekil 3.12' de görüldüğü üzere ayrıntılarıyla tanımlanabilmektedir.

GÖVDE BORU TİPİ ISI DEĞİŞTİRİCİLERİ



Sıcak Akışkanın ;
 Kütle (m) : Kg/sn
 Giriş Sıcaklığı (T1) : °C
 Çıkış Sıcaklığı (T2) : °C

Soğuk Akışkanın ;
 Kütle (m) : Kg/sn
 Giriş Sıcaklığı (T1) : °C
 Çıkış Sıcaklığı (T2) : °C

Gövde Çapı (D) : m
Boru İç Çapı (diç) : m
Boru Dış Çapı (ddış) : m
Perdeler Arası Mesafe (B) : m
Borular Arası Mesafe (C) : m

Logaritmik Sıcaklıklar Farkı

Şekil 3.12 Gövde boru tipi ısı değıştiricilerinin veri giriş ekranı

Burada sıcak ve soğuk akışkanın fiziksel özelliklerinin ve öngörülen boru tipinin özelliklerinin girilmesi için gerekli form tasarlanmıştır.

Buralara gerekli değerler verildikten sonra hesaplama kısmına geçilmektedir (Şekil 3.13).

GÖVDE BORU TİPİ ISI DEĞİŞTİRİCİLERİ



Sıcak Akışkanın ;
 Kütle (m) : Kg/sn
 Giriş Sıcaklığı (T1) : °C
 Çıkış Sıcaklığı (T2) : °C

Soğuk Akışkanın ;
 Kütle (m) : Kg/sn
 Giriş Sıcaklığı (T1) : °C
 Çıkış Sıcaklığı (T2) : °C

Gövde Çapı (D) : m
Boru İç Çapı (diç) : m
Boru Dış Çapı (ddış) : m
Perdeler Arası Mesafe (B) : m
Borular Arası Mesafe (C) : m

Logaritmik Sıcaklıklar Farkı

Şekil 3.13 Gövde boru tipi ısı değıştiricisine verilerin girilmesi

Hesaplama kısmı 4 adımdan oluşmaktadır. İlk adımda fiziksel özelliklerle ilgili değerler hesaplanır (Şekil 3.14).

FİZİKSEL ÖZELLİKLER		HESAPLA
Sıcak Akışkanın;		
Ortalama Sıcaklık :	<input type="text"/>	'C
Dinamik Viskozite :	<input type="text"/>	Kg/m s
Yoğunluk :	<input type="text"/>	Kg/m ³
Özgül Isı :	<input type="text"/>	J/Kg K
Isı İletim Katsayısı :	<input type="text"/>	W/m K
Prandtl Sayısı :	<input type="text"/>	
Akış Hızı :	<input type="text"/>	m/s
Akışkan Debisi :	<input type="text"/>	Kg/s
Soğuk Akışkanın;		
Ortalama Sıcaklık :	<input type="text"/>	'C
Dinamik Viskozite :	<input type="text"/>	Kg/m s
Yoğunluk :	<input type="text"/>	Kg/m ³
Özgül Isı :	<input type="text"/>	J/Kg K
Isı İletim Katsayısı :	<input type="text"/>	W/m K
Prandtl Sayısı :	<input type="text"/>	
Akış Hızı :	<input type="text"/>	m/s
Akışkan Debisi :	<input type="text"/>	Kg/s

Şekil 3.14 1.Adım-fiziksel özelliklerin hesaplanması

Bu değerler hesaplandıktan sonra 2.adıma geçilir (Şekil 3.15).

FİZİKSEL ÖZELLİKLER		HESAPLA
Sıcak Akışkanın;		
Ortalama Sıcaklık :	353	'C
Dinamik Viskozite :	0,000352903119861	Kg/m s
Yoğunluk :	1017,967142	Kg/m ³
Özgül Isı :	4196,08849149568	J/Kg K
Isı İletim Katsayısı :	0,6680595215168	W/m K
Prandtl Sayısı :	2,21658800177374	
Akış Hızı :	0,567241196972397	m/s
Akışkan Debisi :	0,2	Kg/s
Soğuk Akışkanın;		
Ortalama Sıcaklık :	320,5	'C
Dinamik Viskozite :	0,000573065243376	Kg/m s
Yoğunluk :	989,122560765625	Kg/m ³
Özgül Isı :	4179,78158994341	J/Kg K
Isı İletim Katsayısı :	0,637434355856247	W/m K
Prandtl Sayısı :	3,75770074533218	
Akış Hızı :	1,5	m/s
Akışkan Debisi :	0,160624220235488	Kg/s

Şekil 3.15 1.Adım-giriş değerlerine göre fiziksel özellikler

2.adımda transfer edilen ısı miktarı ve logaritmik sıcaklık farkı paralel ve ters akışa göre ayrı ayrı hesaplanır. Şekil 3.16 paralel akışa göre hesaplanmış halini, Şekil 3.17 ise ters akışa göre hesaplanmış halini göstermektedir.

The screenshot shows a software window titled "Logaritmik Sıcaklık Farkı Yöntemi". It has four tabs: "1. Adım", "2. Adım", "3. Adım", and "4. Adım". A "HESAPLA" button is located in the top right corner. The main area is divided into two sections. The first section, "Transfer Edilen Isı Miktarı;", displays the following values: $m_h = 0,2$ Kg/sn, $m_c = 0,160624220235488$ Kg/sn, and a calculated heat transfer rate $Q = 16784,3539659827$ W. Below this, it states "değerleri için transfer edilen ısı miktarı bulunmuştur." The second section, "Logaritmik Sıcaklık Farkı;", has two radio buttons: "Paralel Akış" (selected) and "Ters Akış". It displays the calculated logarithmic temperature difference $\Delta T_m = 26,3968619204686$ °C. Below this, it states "Paralel Akış için Logaritmik Sıcaklık Farkı hesaplanmıştır."

Şekil 3.16 Q ve paralel akışa göre logaritmik sıcaklık farkı

Logaritmik Sıcaklık Farkı Yöntemi

1. Adım 2. Adım 3. Adım 4. Adım

HESAPLA

Transfer Edilen Isı Miktarı;

mh= 0,2 Kg/sn
mc= 0,160624220235488 Kg/sn
değerleri için transfer edilen ısı miktarı bulunmuştur.

Q = 16784,3539659827 W

Logaritmik Sıcaklık Farkı;

Paralel Akış Ters Akış

$\Delta T_m = 32,4357959731544$ 'C

Ters Akış için Logaritmik Sıcaklık Farkı hesaplanmıştır.

Şekil 3.17 Q ve ters akışa göre logaritmik sıcaklık farkı

3.adımda ise toplam ısı transfer katsayısı, ısı transfer alanı ve boru uzunluğu hesaplanmaktadır (Şekil 3.18).

Logaritmik Sıcaklık Farkı Yöntemi

1. Adım 2. Adım 3. Adım 4. Adım

HESAPLA

Toplam Isı Transfer Katsayısı;

K = 235,41873793147 W/m2 K

Toplam Isı Transfer Katsayısı bulunmuştur.

Isı Transfer Alanı;

A = 2,19805746734632 m2

Isı eşanjörünün toplam alanı bulunmuştur.

Boru Uzunluğu;

L = 33,3173058217352 m

Isı eşanjörünün boru uzunluğu bulunmuştur.

Şekil 3.18 K, A ve L değerlerinin hesaplanması

Son adım olan 4.adımda ise gövde ve boru tarafındaki reynolds sayıları, nusselt sayısı, taşınım katsayısı ve gövde içindeki boru sayıları hesaplanmaktadır (Şekil 3.19).

Gövde Tarafı;		Boru Tarafı;	
Reynolds Sayısı :	34360,9625978646	Reynolds Sayısı	52207,4613762693
Nusselt Sayısı :	134,540824457039	Nusselt Sayısı :	197,881566801938
Taşınım Katsayısı :	4280,06089577357 W/m2 K	Taşınım Katsayısı :	252,273018140436 16

Gövde İçindeki Boru Sayısı;

Nr = 16

Isı Eşanjöründeki gövde içindeki boru sayısı bulunmuştur.

Şekil 3.19 Gövde ve boru tarafı için hesaplar

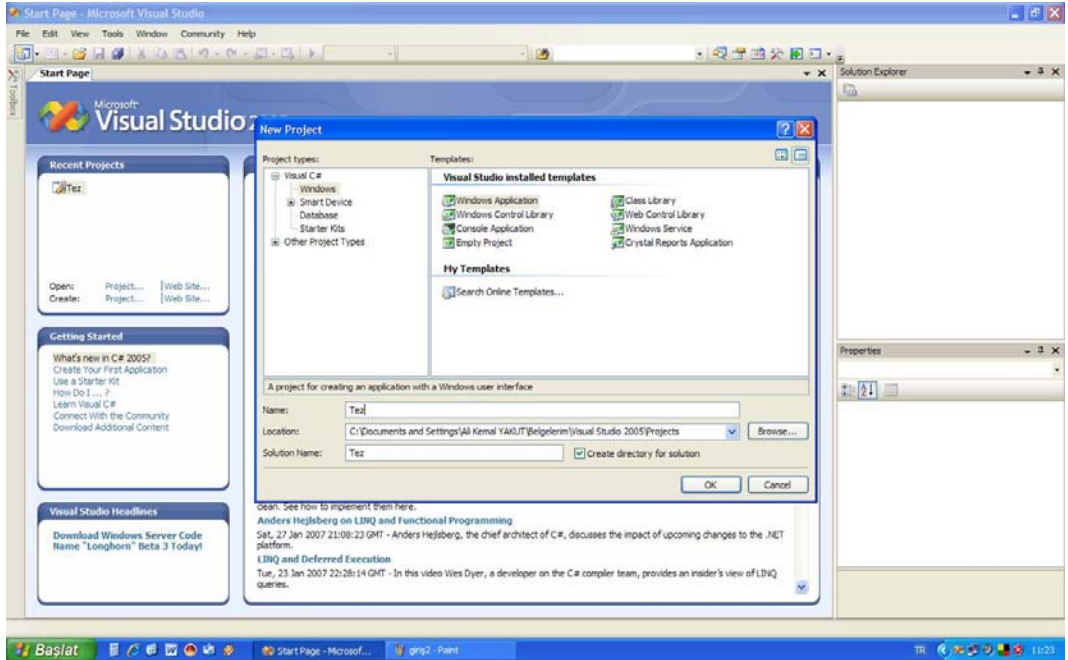
3.3.2.3. C# Programlama Kod Yazımı

Visual Studio 2005 programında mevcut bulunan programlama dillerinden C# ile kod yazmak hem daha avantajlı hem daha kolay hem de etkileyicidir (Şekil 3.20).



Şekil 3.20 Visual Studio giriş ekranı

Açılış ekranından sonra ne tür bir proje yapacağımızı seçeriz (Şekil 3.21).



Şekil 3.21 C# dilinde proje seçimi

C# dili %100 nesne tabanlı bir dildir. C# dilinde yaptığımız her şey bir sınıf nesnesidir. Nesne olmayan hiçbir şey yoktur. Programımız C++ dilindeki gibi main

işlevinden başlar ama main işlevi hiç bir zaman bir sınıf içinde olmamıştır. C# dilinde herşey sınıflarla temsil edildiği için main işlevi de bizim belirlediğimiz bir sınıfın işlevi olmak zorundadır. Programda yapmak istediklerimizi main işlevi içinde gerçekleştireceğiz. Sınıf tanımlamalarımızı ise istediğimiz noktada yapabiliriz. Aşağıda C#'ta kullanılan matematiksel fonksiyonlar Çizelge 3.3' de görülmektedir.

Çizelge 3.3 C# dilinde kullanılan matematiksel fonksiyonlar

Abs(x)	Mutlak değerini alır. (x double)
Cos(x),Sin(x)	Cosinus, Sinus değerini verir(x radyan)
Ceiling(x)	x'ten büyük ilk tamsayıya
Floor(x)	x'ten küçük ilk tamsayıya
Max(x,y)	Maksimumu verir.(2 parametre alır)
Min(x,y)	Minimumu verir.(2 parametre alır)
Pow(x,y)	x üssü y
Sqrt(x)	Karekök değeri. (<0 için NaN değeri)
Log(x)	e tabanında logaritma
Log10(x)	10 tabanında logaritma
Exp(x)	e ^x değerini verir

Program yazılırken kullanılan değişkenler aşağıdaki gibi tanımlanmıştır. Değişken tanımlamada çoğunlukla geniş aralık değerlerine sahip olan double türü tercih edilmiştir.

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Text;
using System.Windows.Forms;

namespace Tez
{
    public partial class Form5 : Form
    {
        public Form5()
        {
            InitializeComponent();
        }

        private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            Form1.TSuSinir = Form1.TSu2 - 0.15 * (Form1.TSu2 - Form1.TSu1);

            Form1.THSinir = Form1.THava1 - 0.15 * (Form1.THava1 - Form1.THava2);
            textBox4.Text = Convert.ToString(Form1.THSinir);

            //*****Havanın ısı geçiş özellikleri*****

            //Form1 İsa İletim Katsayısı
            Form1.lamdaHava1 = (0.02422 + 0.719 * Math.Pow(10, -4) * Form1.THava1) / 1000;
            Form1.lamdaHava2 = (0.02422 + 0.719 * Math.Pow(10, -4) * Form1.THava2) / 1000;
            textBox1.Text = Convert.ToString(Form1.lamdaHava1);
            textBox2.Text = Convert.ToString(Form1.lamdaHava2);
        }
    }
}

```

Şekil 3.22 Kod yazım ekranı

//*****Gövde Borulu Isı Değiştiricileri*****

```
public static double Q;  
public static double mh;  
public static double cph;  
public static double cpc;  
public static double Th1;  
public static double Th2;  
public static double T1;  
public static double T2;  
public static double Mu1;  
public static double Mu2;  
public static double Ro1;  
public static double Ro2;  
public static double mc;  
public static double Tc1;  
public static double Tc2;  
public static double Lamda1;  
public static double Lamda2;  
public static double Pr1;  
public static double Pr2;  
public static double Pr;  
public static double cp;  
public static double K;  
public static double A;  
public static double S1;  
public static double S2;  
public static double nLP2;  
public static double nLP;  
public static double dic;  
public static double ddis;  
public static double B;  
public static double C;  
public static double D;  
public static double P;  
public static double G1;  
public static double G2;  
public static double Reic;  
public static double Redis;  
public static double d;  
public static double u;  
public static double f;  
public static double Nu1;  
public static double Nu2;  
public static double h2;  
public static double De;  
public static double d0;  
public static double V;  
public static double Pt;
```

```
public static double a;  
public static double L;  
public static double Nu2d;  
public static double Nu20;  
public static double Nulam;  
public static double Nuturb;  
public static double fA;  
public static double RePsi2;  
public static double Psi;  
public static double aPsi;  
public static double bPsi;  
public static double AB;  
public static double AE;  
public static double RB;  
public static double fB;  
public static double fL;  
public static double fR;  
public static double LE;  
public static double RL;  
public static double ASG;  
public static double Gama;  
public static double ASB;  
public static double ATP;  
public static double DeltaTm;  
public static double DeltaTmpar;  
public static double DeltaT1;  
public static double DeltaT2;  
public static double Alfaic;  
public static double Alfadis;  
public static double LamdaBakırBoru;  
public static double Lamdaf;  
public static double L1;  
public static double DeltaP1;  
public static double Nr;  
public static double Akesit;
```

Programda kullanılan kodlar şu şekildedir.

```
using System;  
using System.Collections.Generic;  
using System.ComponentModel;  
using System.Data;  
using System.Drawing;  
using System.Text;
```

```

using System.Windows.Forms;

namespace Tez
{
    public partial class Form3 : Form
    {
        public Form1 f1 = new Form1();
        public Form3()
        {
            InitializeComponent();
        }

        private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            //Formül 3.1
            Form1.T1 = ((Form1.Th1 + Form1.Th2) / 2) + 273;
            textBox17.Text = Convert.ToString(Form1.T1);

            //Formül 3.2
            Form1.T2 = ((Form1.Tc1 + Form1.Tc2) / 2) + 273;
            textBox18.Text = Convert.ToString(Form1.T1);

            //Formül 3.3.1 Mü=dinamik viskozite
            Form1.Mu1=0.000001 * ((0.000031538716146 * Math.Pow(Form1.T1-
            273,4))- 8.913055428199999 * Math.Pow(10,-3)* Math.Pow( Form1.T1-273,3)
            +0.9795876934 * Math.Pow(Form1.T1-273,2) - 55.4567974 * (Form1.T1-273)
            +1791.74424);

            textBox19.Text = Convert.ToString(Form1.Mu1);
        }
    }
}

```


//Formül 3.3.2 Mü=dinamik viskozite

```
Form1.Mu2 = 0.000001 * ((0.000031538716146 * Math.Pow(Form1.T2-273, 4)) - 8.913055428199999 * Math.Pow(10, -3) * Math.Pow(Form1.T2-273, 3) + 0.9795876934 * Math.Pow(Form1.T2-273, 2) - 55.4567974 * (Form1.T2-273) + 1791.74424);
```

//Form1.Mu2 = (0.1 / (2.1489 * ((Form1.T2 - 281.635) + d - 120)));

```
textBox20.Text = Convert.ToString(Form1.Mu2);
```

//Formül 3.4.1 Ro=Akışkan yoğunluğu

```
Form1.Ro1 = 0.000015451 * Math.Pow(Form1.T1-273, 3) - 0.0059003 * Math.Pow(Form1.T1-273, 2) - 0.019075 * (Form1.T1-273) + 1002.3052;  
textBox21.Text = Convert.ToString(Form1.Ro1);
```

//Formül u=Akışkan Hızı

```
Form1.Akesit = Math.PI * Math.Pow((Form1.dic / 2), 2);  
Form1.u = Form1.mh / (Form1.Ro1 * Form1.Akesit);  
textBox71.Text = Convert.ToString(Form1.u);
```

//Formül 3.4.2 Ro=Akışkan yoğunluğu

```
Form1.Ro2 = 0.000015451 * Math.Pow(Form1.T2-273, 3) - 0.0059003 * Math.Pow(Form1.T2-273, 2) - 0.019075 * (Form1.T1-273) + 1002.3052;  
textBox22.Text = Convert.ToString(Form1.Ro2);
```

//Formül 3.5.1 cp=özgül ısı değeri

```
Form1.cph = 0.000003216145833 * Math.Pow(Form1.T1-273, 4) - 0.000798668982 * Math.Pow(Form1.T1-273, 3) + 0.0780295139 * Math.Pow(Form1.T1-273, 2) - 3.0481614 * (Form1.T1-273) + 4217.7377;  
textBox23.Text = Convert.ToString(Form1.cph);
```

//Formül 3.5.1 cp=özgül ısı değeri

```
Form1.cpc = 0.000003216145833 * Math.Pow(Form1.T2 - 273, 4) -  
0.000798668982 * Math.Pow(Form1.T2 - 273, 3) + 0.0780295139 *  
Math.Pow(Form1.T2 - 273, 2) - 3.0481614 * (Form1.T2 - 273) + 4217.7377;  
textBox24.Text = Convert.ToString(Form1.cpc);
```

//Formül 3.6.1 k=ısı iletim katsayısı

```
Form1.Lamda1 = 0.00000018923611 * Math.Pow(Form1.T1-273, 3) -  
6.5104167 * Math.Pow(10, -10) * Math.Pow(Form1.T1-273, 4) - 2.671875 *  
Math.Pow(10, -5) * Math.Pow(Form1.T1-273, 2) + 0.0027103175 * (Form1.T1-273)  
+ 0.5520119;  
textBox25.Text = Convert.ToString(Form1.Lamda1);
```

//Formül 3.6.2 Landa=k=ısı iletim katsayısı

```
Form1.Lamda2 = 0.00000018923611 * Math.Pow(Form1.T2 - 273, 3) -  
6.5104167 * Math.Pow(10, -10) * Math.Pow(Form1.T2 - 273, 4) - 2.671875 *  
Math.Pow(10, -5) * Math.Pow(Form1.T2 - 273, 2) + 0.0027103175 * (Form1.T2 -  
273) + 0.5520119;  
textBox26.Text = Convert.ToString(Form1.Lamda2);
```

//Formül 3.7.1 Pr= Prandtl sayısı

```
Form1.Pr1= (Form1.Mu1 * Form1.cph)/Form1.Lamda1;  
textBox27.Text = Convert.ToString(Form1.Pr1);
```

//Formül 3.7.2 Pr= Prandtl sayısı

```
Form1.Pr2 = (Form1.Mu2 * Form1.cpc) / Form1.Lamda2;  
textBox28.Text = Convert.ToString(Form1.Pr2);
```

//Formül 3.8.1 Q=iletileen ısı miktarı

```
Form1.Q = Form1.mh * Form1.cph * (Form1.Th1 - Form1.Th2);  
textBox29.Text = Convert.ToString(Form1.Q);
```

```

//Formül
if (Form2.yedek1 == 1)
{
    Form1.Q = Form1.mc * Form1.cpc * (Form1.Tc2 - Form1.Tc1);
    textBox29.Text = Convert.ToString(Form1.Q);
    Form1.mh = Form1.Q / (Form1.cph * (Form1.Th1 - Form1.Th2));
    label37.Text = "mh";
    textBox30.Text = Convert.ToString(Form1.mh);
}

else if (Form2.yedek2 == 1)
{
    Form1.Q = Form1.mh * Form1.cph * (Form1.Th1 - Form1.Th2);
    textBox29.Text = Convert.ToString(Form1.Q);
    Form1.mc = Form1.Q / (Form1.cpc * (Form1.Tc2 - Form1.Tc1));
    label37.Text = "mc";
    textBox30.Text = Convert.ToString(Form1.mc);
}

//Formül 3.9.1 DeltaTm= Logaritmik Sıcaklık Farkı
Form1.DeltaTm=((Form1.Th1 - Form1.Tc2)- (Form1.Th2- Form1.Tc1)) /
Math.Log(((Form1.Th1 - Form1.Tc2)/(Form1.Th2 - Form1.Tc1)));
textBox31.Text = Convert.ToString(Form1.DeltaTm);
Form1.DeltaTmpar= ((Form1.Th1 - Form1.Tc1) - (Form1.Th2 - Form1.Tc2))
/ Math.Log(((Form1.Th1 - Form1.Tc1) / (Form1.Th2 - Form1.Tc2)));

//Formül 3.12 S1=boru tarafındaki toplam akış kesiti
Form1.nLP = 1;
Form1.nLP2 = 1;
Form1.S1 = (Form1.nLP2 * Math.PI * Math.Pow(Form1.dic,2)) / 4 *
Form1.nLP;
textBox32.Text = Convert.ToString(Form1.S1);

```

//Formül

$Form1.P = Form1.ddis + Form1.C;$

//Form1.P=0.43;

textBox33.Text = Convert.ToString(Form1.P);

//Formül 3.13 S=2 gövde tarafındaki en dar kesit alanı

$Form1.S2=(Form1.B * Form1.C * Form1.D) / Form1.P;$

textBox34.Text = Convert.ToString(Form1.S2);

//Formül 3.14 G1= Boru içinde birim alandan geçen debi

$Form1.G1 = Form1.mh / Form1.S1;$

//Form1.G1 = 667.5;

textBox35.Text = Convert.ToString(Form1.G1);

//Formül 3.15 G1= Gövde içinde birim alandan geçen debi

$Form1.G2 = Form1.mc / Form1.S2;$

//Form1.G2 = 191.4;

textBox36.Text = Convert.ToString(Form1.G2);

//Formül

$Form1.u = Form1.mh / (Form1.Ro1 * Math.PI * Math.Pow((Form1.dic / 2),$
2));

textBox104.Text = Convert.ToString(Form1.u);

//Formül 3.16.1 Re= Reynolds sayısı

$Form1.Reic = (Form1.Ro1 * Form1.u * Form1.dic) / Form1.Mu1;$

textBox37.Text = Convert.ToString(Form1.Reic);

//Formül 3.17a f=Petukhov-Kirillov Korelasyonu

```
Form1.f = 1 / (Math.Pow((1.58 * Math.Log(Form1.Reic) - 3.28), 2));  
textBox38.Text = Convert.ToString(Form1.f);
```

```
//Formül 3.17
```

```
Form1.Nu1=((Form1.f/2)* Form1.Reic * Form1.Pr1)/(1.07+ 12.7 *  
Math.Pow((Form1.f/2),0.5) * (Math.Pow(Form1.Pr1,2/3)-1));
```

```
textBox39.Text = Convert.ToString(Form1.Nu1);
```

```
//Formül 3.17ab
```

```
Form1.Alfaic = (Form1.Nu1 * Form1.Lamda1) / (Form1.dic);
```

```
//Form1.Alfaic = ((Form1.Lamda1 / Form1.dic) * (Form1.f / 2) *  
(Form1.Reic - 1000) * Form1.Pr1) / (1 + (12.7 * (Math.Pow(Form1.f / 2, 0.5) *  
(Math.Pow(Form1.Pr1, 2 / 3) - 1))));
```

```
textBox40.Text = Convert.ToString(Form1.Alfaic);
```

```
//Formül 3.18b
```

```
Form1.De = (4 * ((Math.Pow(Form1.P, 2) * Math.Sqrt(3) / 4) - (Math.PI *  
Math.Pow(Form1.ddis, 2) / 8))) / (Math.PI * Form1.ddis / 2);
```

```
textBox41.Text = Convert.ToString(Form1.De);
```

```
//Formül
```

```
Form1.V = Form1.mc / (Form1.Ro2 * Form1.S2);
```

```
textBox42.Text = Convert.ToString(Form1.V);
```

```
//Formül 3.18a
```

```
Form1.Redis=(Form1.V * Form1.De * Form1.Ro2)/Form1.Mu2;
```

```
//Form1.Redis
```

```
textBox43.Text = Convert.ToString(Form1.Redis);
```

```
//Formül 3.21
```

```
Form1.aPsi = Form1.P / Form1.ddis;
```

```
textBox44.Text = Convert.ToString(Form1.aPsi);
```

```
//Formül 3.21
```

```
Form1.bPsi = (Form1.P * 1.732) / (2 * Form1.ddis);
```

```
textBox45.Text = Convert.ToString(Form1.bPsi);
```

```
//Formül 3.22
```

```
if (Form1.bPsi >= 1)
```

```
{
```

```
    Form1.Psi = 1 - (Math.PI / (4 * Form1.aPsi));
```

```
    textBox46.Text = Convert.ToString(Form1.Psi);
```

```
}
```

```
//Formül 3.22a
```

```
if (Form1.bPsi < 1)
```

```
{
```

```
    Form1.Psi = 1 - (Math.PI / (4 * Form1.aPsi * Form1.bPsi));
```

```
    textBox46.Text = Convert.ToString(Form1.Psi);
```

```
}
```

```
//Formül 3.20
```

```
Form1.RePsi2 = Form1.Redis / Form1.Psi;
```

```
textBox47.Text = Convert.ToString(Form1.RePsi2);
```

```
//Formül 3.19c
```

```
Form1.Nuturb = (0.037 * Math.Pow(Form1.RePsi2, 0.8) * Form1.Pr2) / (1 +  
2.443 * Math.Pow(Form1.RePsi2, -0.1) * (Math.Pow(Form1.Pr2, 0.667) - 1));
```

```
textBox48.Text = Convert.ToString(Form1.Nuturb);
```

```

//Formül 3.19b
Form1.Nulam = 0.664 * Math.Sqrt(Form1.RePsi2) * Math.Pow(Form1.Pr2,
0.333);
textBox49.Text = Convert.ToString(Form1.Nulam);

//Formül 3.19a
Form1.Nu20 = 0.3 + Math.Sqrt(Math.Pow(Form1.Nulam, 2) +
Math.Pow(Form1.Nuturb, 2));
textBox50.Text = Convert.ToString(Form1.Nu20);

//Formül 3.23
Form1.fA = 1 + (2 / (3 * Form1.bPsi));
textBox51.Text = Convert.ToString(Form1.fA);

//Formül 3.19
Form1.Nu2d = Form1.fA * Form1.Nu20;
textBox52.Text = Convert.ToString(Form1.Nu2d);

//Formül 3.27e
Form1.AB = 0.6 * Form1.D * (Form1.D - 0.9 * Form1.D - Form1.C / 1000);
textBox53.Text = Convert.ToString(Form1.AB);

//Formül 3.26f
double E1,MR;
E1 = (Form1.D - 0.9 * Form1.D) / 2;
MR = 0.9 * (Form1.D / (Form1.ddis + Form1.C)) + 1;
Form1.LE = 2 * E1 + MR * Form1.C;
textBox54.Text = Convert.ToString(Form1.LE);

Form1.AE = 0.6 * Form1.D * Form1.LE;
textBox55.Text = Convert.ToString(Form1.AE);

```

//Formül 3.27b

Form1.RB = Form1.AB / Form1.AE;

textBox56.Text = Convert.ToString(Form1.RB);

//Formül 3.27

Form1.fB = Math.Exp(-1.35 * Form1.RB);

textBox57.Text = Convert.ToString(Form1.fB);

//Formül 3.26d

Form1.Gama = 2 * Math.Acos(1 - (2 * 0.25 * Form1.D / 0.99 * Form1.D));

textBox58.Text = Convert.ToString(Form1.Gama);

//Formül 3.3.26c

Form1.ASB = Math.PI / 4 * (Math.Pow(Form1.D, 2) - Math.Pow((0.99 * Form1.D), 2)) * ((360 - Form1.Gama) / 360);

textBox59.Text = Convert.ToString(Form1.ASB);

//Formül 3.26b

Form1.ATP = (0.81 * Form1.D * Math.PI * (Math.Pow(Form1.ddis + 1, 2) - Math.Pow(Form1.ddis, 2))) / 4;

textBox60.Text = Convert.ToString(Form1.ATP);

//Formül 3.26a

Form1.ASG = Form1.ATP + Form1.ASB;

textBox61.Text = Convert.ToString(Form1.ASG);

//Formül 3.26e

Form1.RL = Form1.ASG / Form1.AE;

textBox62.Text = Convert.ToString(Form1.RL);


```

//Formül 3.26
Form1.fL = 0.4 * Form1.ATP / Form1.ASG + (1 - 0.4 * Form1.ATP /
Form1.ASG) * Math.Exp(-1.5 * Form1.RL);
textBox63.Text = Convert.ToString(Form1.fL);

//Formül 3.24
Form1.fR = Form1.fL + Form1.fB;
textBox64.Text = Convert.ToString(Form1.fR);

//Formül 3.18
Form1.Nu2 = Form1.fR * Form1.Nu2d;

textBox65.Text = Convert.ToString(Form1.Nu2);

//Formül 3.17ac
Form1.Alfadis = (Form1.Nu2 * Form1.Lamda2) / Form1.D;
textBox66.Text = Convert.ToString(Form1.Alfadis);

//Formül LamadaBakırBoru
Form1.LamdaBakırBoru = 386;

//Formül K
Form1.K = 1 / (Form1.ddis / (Form1.dic * Form1.Alfaic) + (Form1.ddis / (2 *
Form1.LamdaBakırBoru)) * Math.Log((Form1.ddis / Form1.dic), Math.E) + 1 /
Form1.Alfadis);
//Form1.K = 800;
textBox67.Text = Convert.ToString(Form1.K);

//Formül 3.30
Form1.A = Form1.Q / (Form1.K * Form1.DeltaTm);
textBox68.Text = Convert.ToString(Form1.A);

```

```
//Formül 3.31
```

```
Form1.L = Form1.A / (Form1.nLP * Math.PI * Form1.dic);
```

```
textBox69.Text = Convert.ToString(Form1.L);
```

```
if (Form1.Redis < 2300)
```

```
    Form1.Lamdaf = 64 / Form1.Redis;
```

```
else if (Form1.Redis < 30000)
```

```
    Form1.Lamdaf = 0.3164 / Math.Pow(Form1.Redis, 0.25);
```

```
else if (Form1.Redis >= 30000)
```

```
    Form1.Lamdaf = 0.184 / Math.Pow(Form1.Redis, 0.2);
```

```
//Formül 3.32
```

```
Form1.DeltaP1 = (Form1.Lamdaf * Math.Pow(Form1.G1, 2) * Form1.L *  
Form1.nLP) / (Form1.dic * Form1.Ro1 * 2);
```

```
textBox70.Text = Convert.ToString(Form1.DeltaP1);
```

```
//Formül 3.33
```

```
Form1.Nr = Math.Ceiling(Form1.D / Form1.P);
```

```
textBox70.Text = Convert.ToString(Form1.Nr);
```

```
textBox72.Text = Convert.ToString(Form1.T1);
```

```
textBox73.Text = Convert.ToString(Form1.Mu1);
```

```
textBox74.Text = Convert.ToString(Form1.Ro1);
```

```
textBox75.Text = Convert.ToString(Form1.cph);
```

```
textBox76.Text = Convert.ToString(Form1.Lamda1);
```

```
textBox77.Text = Convert.ToString(Form1.Pr1);
```

```
textBox78.Text = Convert.ToString(Form1.u);
```

```
textBox86.Text = Convert.ToString(Form1.mh);
```

```
textBox79.Text = Convert.ToString(Form1.T2);
```

```
textBox80.Text = Convert.ToString(Form1.Mu2);
```

```
textBox81.Text = Convert.ToString(Form1.Ro2);
```

```

textBox82.Text = Convert.ToString(Form1.cpc);
textBox83.Text = Convert.ToString(Form1.Lamda2);
textBox84.Text = Convert.ToString(Form1.Pr2);
textBox85.Text = Convert.ToString(Form1.V);
textBox87.Text = Convert.ToString(Form1.mc);
}

private void button3_Click(object sender, EventArgs e)
{
    label96.Text = Convert.ToString(Form1.Q);
    label101.Text = Convert.ToString(Form1.mh);
    label102.Text = Convert.ToString(Form1.mc);
    if (radioButton1.Checked == true)
    {
        label113.Text = Convert.ToString(Form1.DeltaTmpar);
        label109.Text = "Paralel Akış için";
    }

    if (radioButton2.Checked == true)
    {
        label113.Text = Convert.ToString(Form1.DeltaTm);
        label109.Text = "Ters Akış için";
    }

    if ((radioButton1.Checked == false) && (radioButton2.Checked == false))
        MessageBox.Show(this, "Seçim Yapmadınız!", "Uyarı",
        MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Warning);
}

private void button4_Click(object sender, EventArgs e)
{
    label123.Text = Convert.ToString(Form1.A);
    label108.Text = Convert.ToString(Form1.L);
}

```

```
label116.Text = Convert.ToString(Form1.D);  
label115.Text = Convert.ToString(Form1.dic);  
label126.Text = Convert.ToString(Form1.ddis);  
label127.Text = Convert.ToString(Form1.B);  
label128.Text = Convert.ToString(Form1.C);  
label134.Text = Convert.ToString(Form1.K);  
}
```

```
private void button2_Click(object sender, EventArgs e)
```

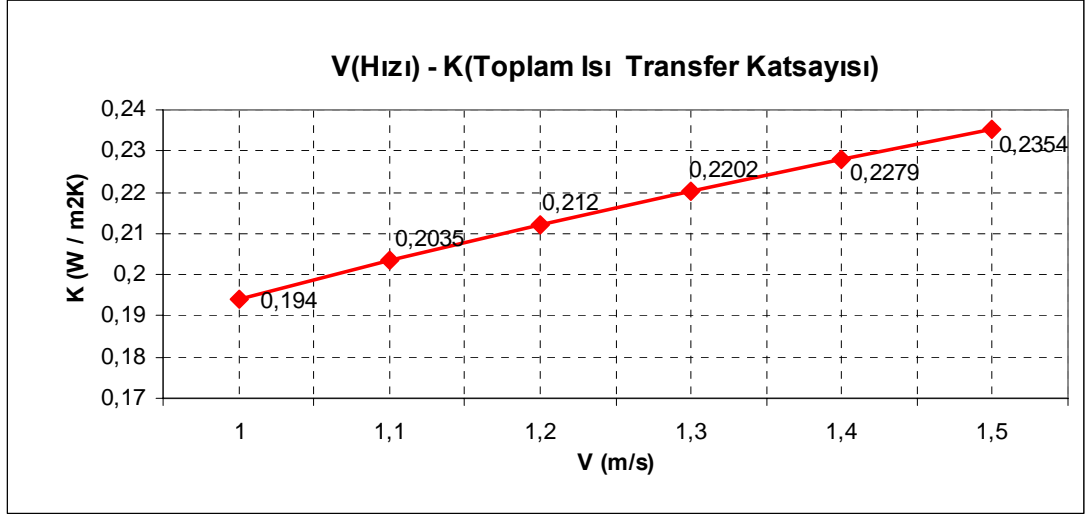
```
{  
    textBox98.Text = Convert.ToString(Form1.Reic);  
    textBox99.Text = Convert.ToString(Form1.Nu1);  
    textBox100.Text = Convert.ToString(Form1.Alfaic);  
    textBox89.Text = Convert.ToString(Form1.Redis);  
    textBox90.Text = Convert.ToString(Form1.Nu2);  
    textBox91.Text = Convert.ToString(Form1.Alfadis);  
    label137.Text = Convert.ToString(Form1.Nr);  
    label145.Text = Convert.ToString(Form1.Nr);  
}
```

```
}
```

```
}
```

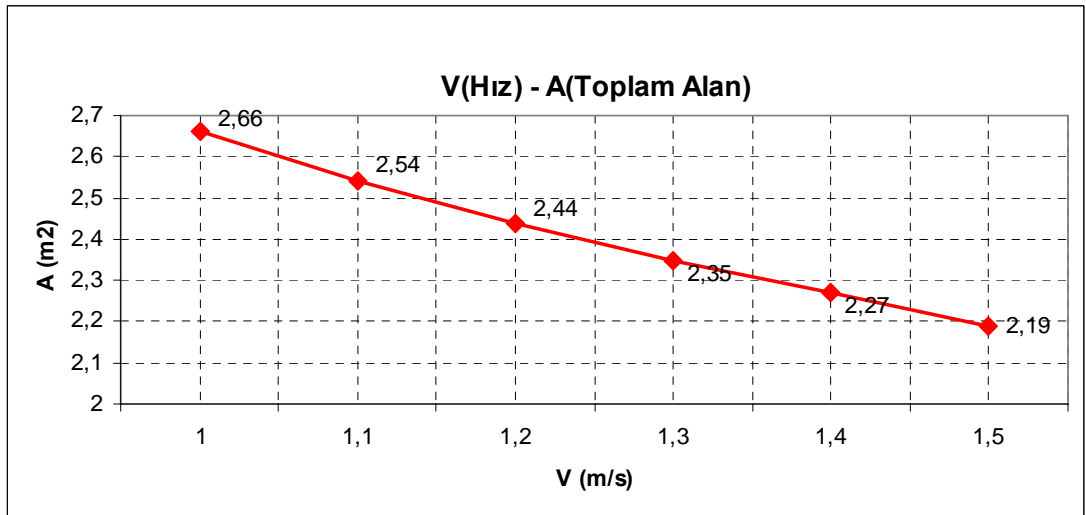
4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Şekil 4.1’ de toplam ısı transfer katsayısının hıza bağlı grafiği verilmiştir. Bu grafikte hızın arttıkça ısı transfer katsayısının arttığı görülmektedir.



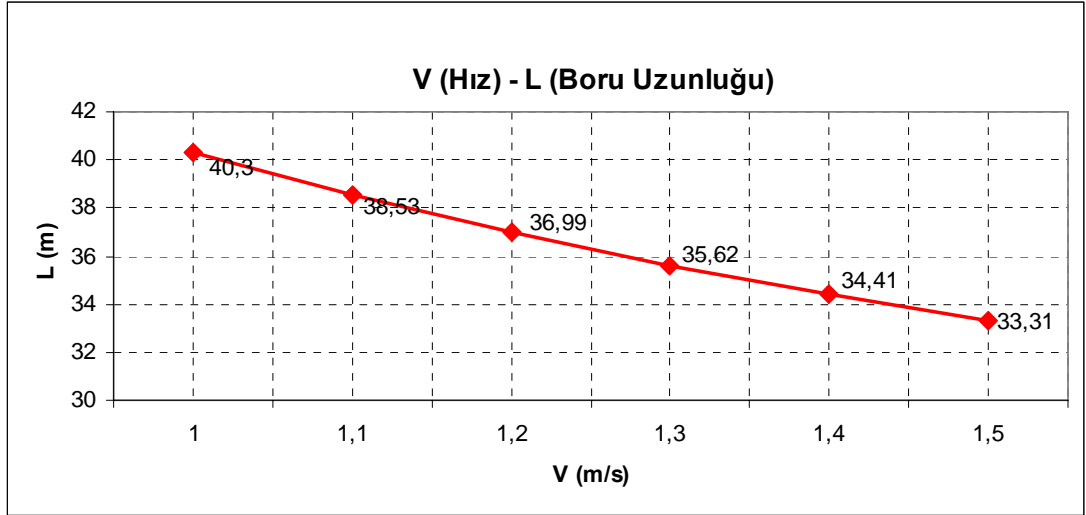
Şekil 4.1 Toplam ısı transfer katsayısının boru içindeki hızına bağlı grafiği

Şekil 4.2’ de toplam alanın hıza bağlı grafiği verilmiştir. Bu grafikte hız arttıkça alanın azaldığı görülmektedir.



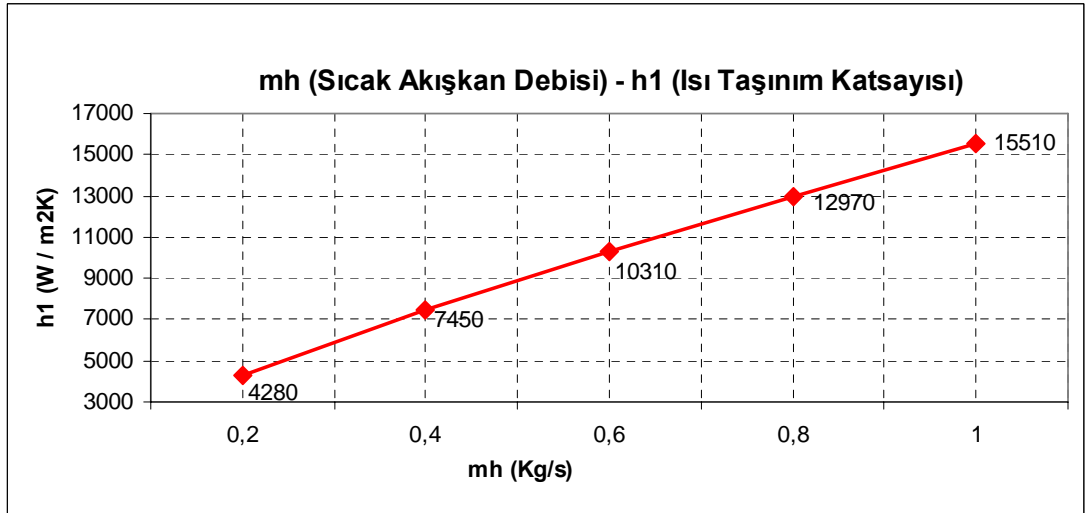
Şekil 4.2 Toplam alanın boru içindeki hızına bağlı grafiği

Şekil 4.3' de boru uzunluğunun hıza bağlı grafiği verilmiştir. Bu grafikte hız arttıkça boru uzunluğunun azaldığı görülmektedir.



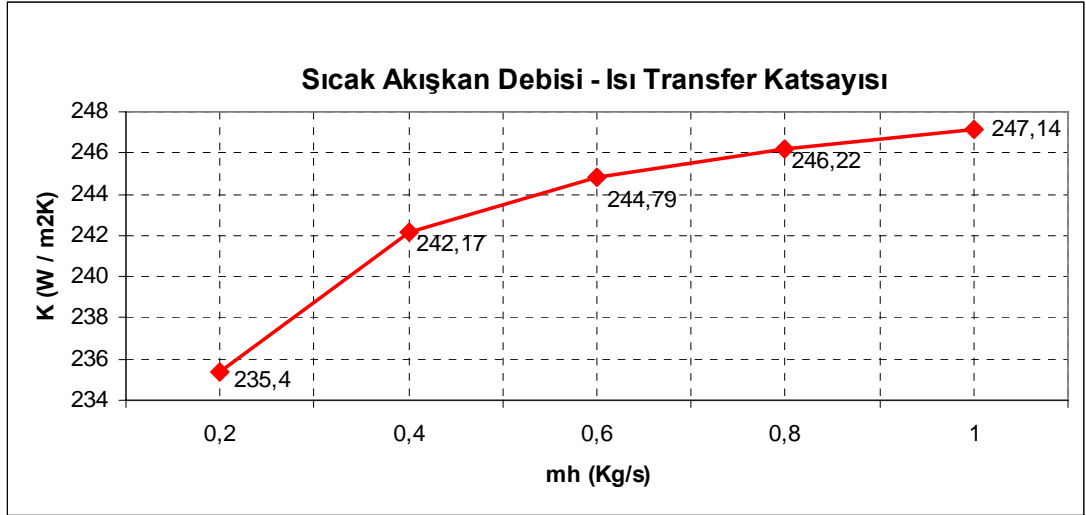
Şekil 4.3 Boru uzunluğunun boru içindeki hızına bağlı grafiği

Şekil 4.4' de ısı taşınım katsayısının akışkan debisine bağlı grafiği verilmiştir. Bu grafikte akışkan debisi arttıkça ısı taşınım katsayısı da artmaktadır.



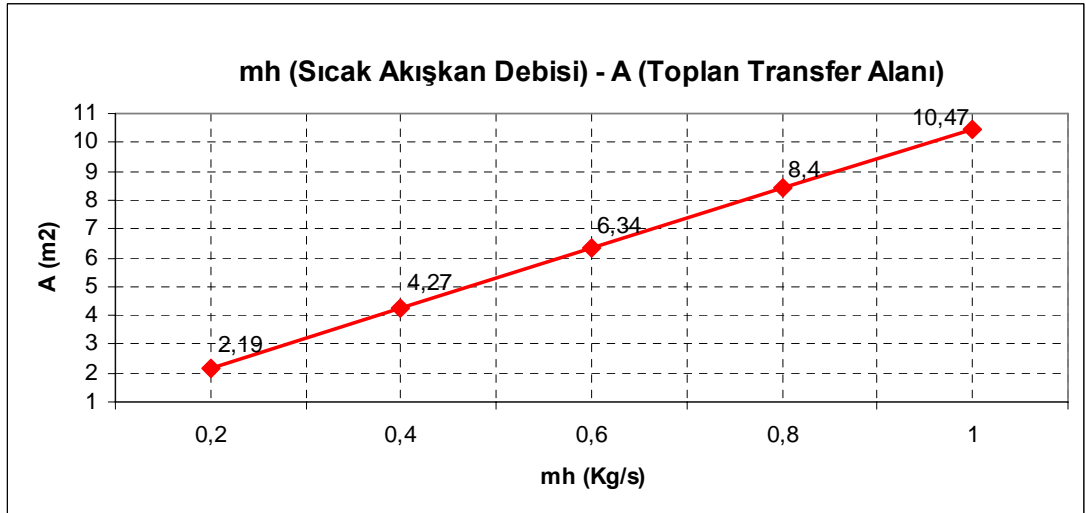
Şekil 4.4 Isı taşınım katsayısının sıcak akışkan debisine bağlı grafiği

Şekil 4.5' de ısı transfer katsayısının akışkan debisine bağlı grafiği verilmiştir. Bu grafikte akışkan debisi arttıkça ısı transfer katsayısı da artmaktadır.



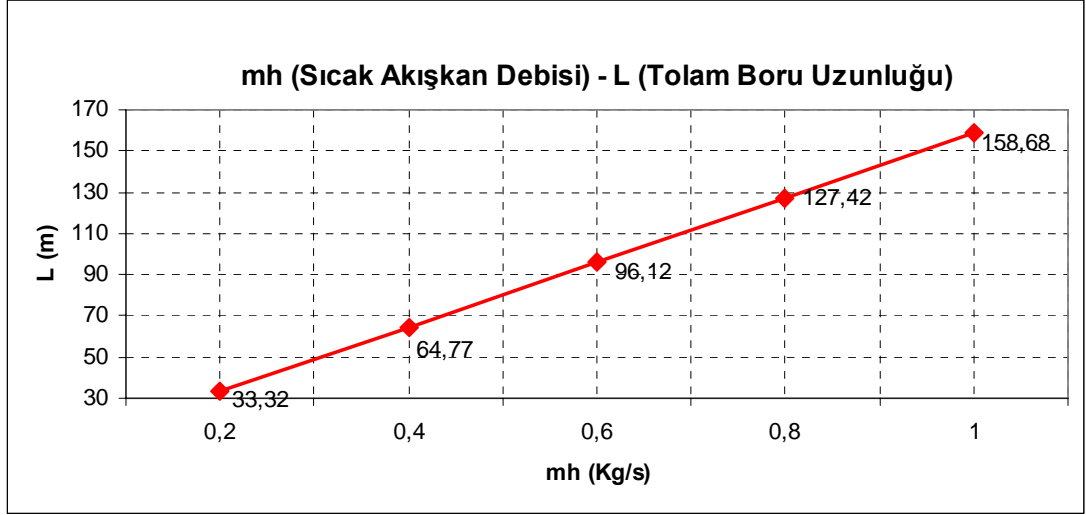
Şekil 4.5 Isı transfer katsayısının sıcak akışkan debisine bağlı grafiği

Şekil 4.6' de toplam alanın akışkan debisine bağlı grafiği verilmiştir. Bu grafikte akışkan debisi arttıkça toplam transfer alanı da artmaktadır.



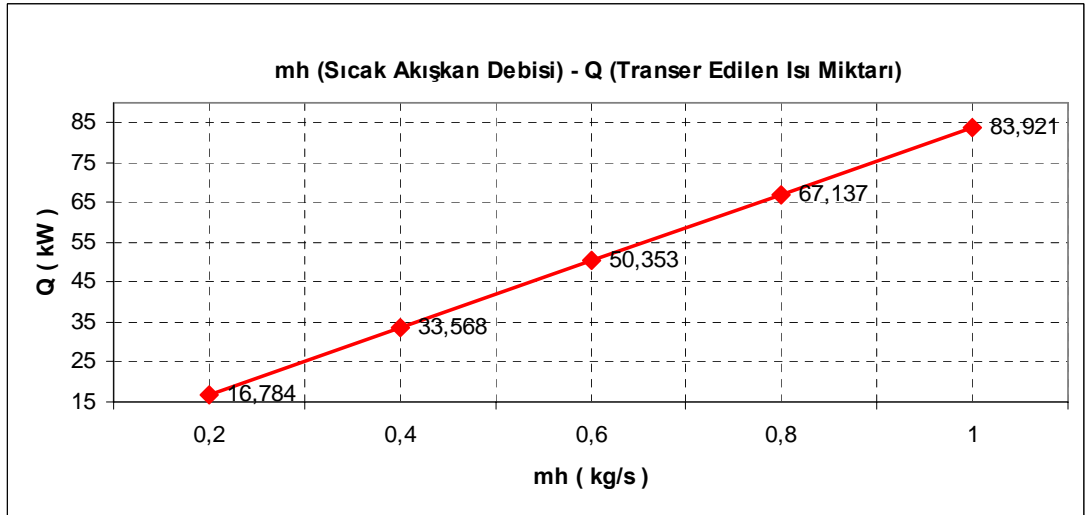
Şekil 4.6 Toplam transfer alanının sıcak akışkan debisine bağlı grafiği

Şekil 4.7’ de toplam boru uzunluğunun akışkan debisine bağlı grafiği verilmiştir. Bu grafikte akışkan debisi arttıkça toplam boru uzunluğu da artmaktadır.



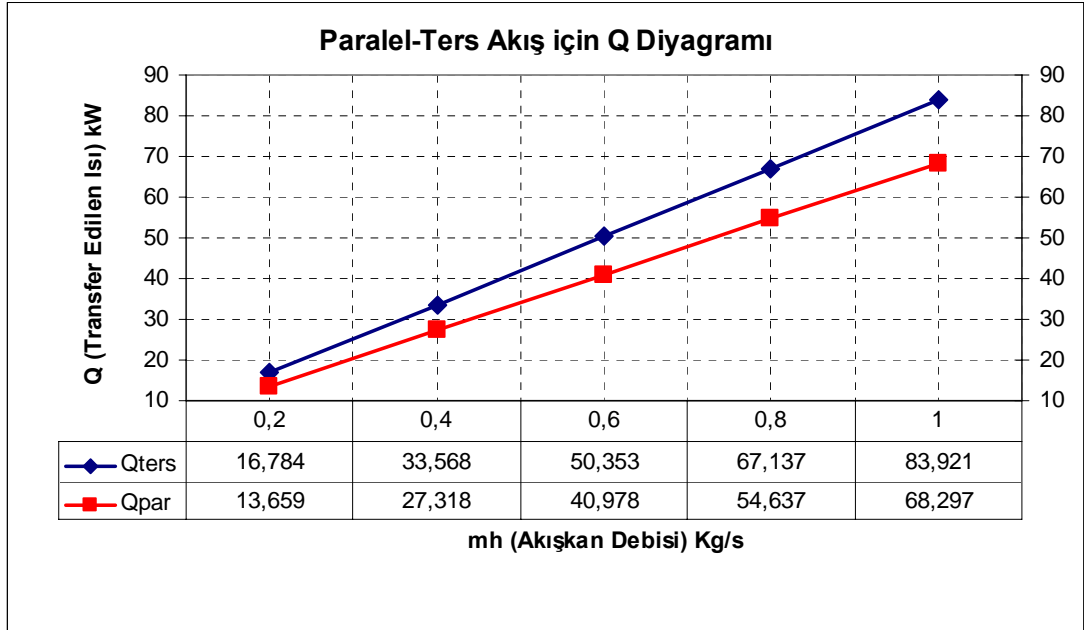
Şekil 4.7 Toplam boru uzunluğunun sıcak akışkan debisine bağlı grafiği

Şekil 4.8’ de ısı transfer miktarının akışkan debisine bağlı grafiği verilmiştir. Bu grafikte akışkan debisi arttıkça transfer edilen ısı miktarı da artmaktadır.



Şekil 4.8 Isı transfer miktarının sıcak akışkan debisine bağlı grafiği

Şekil 4.9’ da Paralel ve ters akış için transfer edilen ısı miktarının karşılaştırılması grafiği verilmiştir. Bu grafikte akışkan debisi arttıkça transfer edilen ısı miktarı da artmaktadır. Burada ki karşılaştırmalı grafikte zıt akışlı transfer edilen ısı miktarı, paralel akışlı olana göre daha çöktür.



Şekil 4.9 Paralel ve ters akış için transfer edilen ısı miktarının karşılaştırılması

Elde edilen sonuçlar değerlendirilerek en yüksek verimle ısı transferini gerçekleştiren bir gövde borulu ısı değışicisinin tasarım parametreleri elde edilmiştir. Bu parametreler altında model ısı değışicisinin imalatı kolaylıkla gerçekleştirilmiştir.

İmal edilen ısı değışicisi üzerinde yapılan ölçümlerde, sıcak akışkan debisi 0,2 kg/s ile soğuk akışkan hızı 1,5 m/s alınarak, sıcak su giriş sıcaklığı 90 °C ve soğuk su giriş sıcaklığı ise 35 °C olarak ölçülerek girilmiş ve ısı değışicisi çıkışındaki sıcaklıklar ölçülmüştür. Ölçümler sonucunda sıcak su çıkış sıcaklığı 68,7 °C ve soğuk su çıkış sıcaklığı ise 61,8 °C olarak kaydedilmiştir.

Gövde borulu ısı değışicisinden ölçüm yoluyla elde edilen bu sıcaklık değerleri hesaplamaya esas olan soğuk su çıkış sıcaklığı olan 60 °C ile sıcak su çıkış sıcaklığı olan 70 °C değerleriyle büyük ölçüde uyum gösterdiği tespit edilmiştir.

5. SONUÇLAR

Elde edilen matematiksel modelin çözümü için hazırlanan C# bilgisayar programı ile farklı tip ısı değişicileri için hesaplamalar yapılmıştır. Gövde borulu tip ısı değişicilerinin hesaplanmasında, akış tipine göre paralel akışlı ve zıt akışlı ısı değişicilerinin boyutlandırılmasına esas olacak parametreler elde edilmiştir.

Oluşturulan bilgisayar programında, ısı değişicisinde sıcak ve soğuk akışkanların ısı değişicisinin giriş ve çıkışındaki sıcaklıkları belli ise o zaman normal yoldan logaritmik ortalama sıcaklık farkı üzerinden çözüm sağlanmaktadır. Hesaplamaya alınan zıt ve paralel akışlı gövde borulu ısı değiştiricileri için akış hızları, Nusselt sayıları iç ve dış ısı taşınım katsayıları, toplam ısı transfer katsayıları, toplam ısı transfer yüzeyleri, boru adetleri, boru uzunlukları ile transfer edilen ısılar hesaplanmıştır.

Zıt ve paralel akışlı ısı değişicileri için elde edilen bulgular karşılaştırılmıştır. İlgili Şekil ve tablolardan görüldüğü üzere, literatürlerde verildiği ve beklenildiği gibi zıt akışlı gövde borulu ısı değişicilerinin daha yüksek ısı transfer etme özelliği nedeniyle aynı bir ısı transfer yüzeyinde transfer edilen ısı miktarı artmaktadır. Buna paralel olarak aynı miktar ısı transfer eden ısı değişicileri için zıt akışlı ısı değişicilerinin boyutları küçülmektedir. Dolayısıyla ısı değişici performansının arttığı tespit edilmiştir. Bu anlamda maliyet ve performans karakteristikleri ortaya konulmuş olmaktadır.

Özellikle ısı değişicilerinin karmaşık yapısı teorik incelemede matematiksel modelin oluşturulmasını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle analitik çözüm mümkün olamamaktadır. Dolayısıyla, hesaplamaya taban oluşturacak eşitliklerin türetilmesi ancak deneysel verilerle mümkün olabilmektedir. Literatürdeki veriler ampirik eşitlikler olarak karşımıza çıkmaktadır. Sonuçların deneysel bulgularla test edilmesi çözümün sıhhati açısından büyük önem arz etmektedir.

Yukarıdaki gerekçeler ile çözümün kontrol edilmesi için verilen resimlerden

görülebceği üzere deney düzeneği hazırlanmıştır. Yapılan çalışmada tablo ve şekillerden de açıkça görülebceği üzere literatüre ve hazırlanmış deneysel çalışmanın optimum boyutlarıyla büyük bir uyum sergilemektedir.

Dolayısıyla yapılan çalışma, ısı değişicileri ve özellikle gövde borulu ısı değiştiricilerinin seçimi, performansı ve boyutlandırmaya esas parametrelerin belirlenmesi mümkün olacaktır. Sonuç olarak, hazırlanan bilgisayar programı ile çok hassas hesaplama olanakları sunarak basit ve kullanışlı yapısı ile literatüre katkı sağlayacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Aganda, A., Coney, J. E. R., Farrant, P. E., Sheppard, C. G. W., and Wongwuttanasatian ,T., 2000, A comparison of the predicted and experimental heat transfer performance of a finned tube evaporator, *Applied Thermal Engineering*, 20, 6, p499-513.
- Ahn, S., W., Bae, S., T., Lee, B., C., Bae, M., W., Kim, W., C., 2005, Fluid flow and heat transfer in fluidized bed vertical shell and tube type heat exchanger, *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 32, 224–232.
- Aicher, T., Kim, W., K., 1998, Experimental Investigation Of The Influence Of The Cross Flow In The Nozzle Region On The Shell-Side Heat Transfer In Double-Pipe Heat Exchangers, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 25, 1, 43-58p.
- Aicher, T., Kim, W., K., 1999, Rayleigh–Benard convection in vertical shell and tube heat.
- Apra, C., Renno, C., 2001 , Experimental analysis of a transfer function for an air cooled evaporator, *Applied Thermal Engineering*, 21, 4, p481-493.
- Ayub, Z., H., 2005, A new chart method for evaluating single-phase shell side heat transfer coefficient in a single segmental shell and tube heat exchanger, *Applied Thermal Engineering*, 25, 2412–2420.
- Babu, B., V., Munawar, S., A., 2007, *Chemical Engineering Science*, Accepted date: 30 March 2007.
- Babu, B., V., Munawar, S., A., 2007, Differential evolution strategies for optimal design of shell-and-tube heat exchangers, *Chemical Engineering Science*, Accepted date: 30 March 2007.

- Barman, J., . Ghoshal, A., K., 2006, Performance analysis of finned tube and unbaffled shell-and-tube heat exchangers, *International Journal of Thermal Sciences*, accepted 6 December 2006. Bundle heat exchangers, *International Journal Thermal Science*, 39, 414–421.
- Butterworth, D., 2002, Design of shell-and-tube heat exchangers when the fouling depends on local temperature and velocity, *Applied Thermal Engineering*, 22 2002 789–801.
- Byun, J.-S. Lee, J., 2007, Numerical analysis of evaporation performance in a finned-tube heat exchanger, *International Journal of Refrigeration*, In Press, co-immobilized cell bioreactor, *Process Biochemistry* 39, 1269–1273.
- Cole, R., A., 1996, Shell-and-tube heat exchangers in refrigeration part, *Heat. Pip. Air Condit.*, 68, 12, 38-44.
- Çeteci, Ö., M., 1999, Bilgisayar yardımıyla ısı değiştiricisi tasarımı, İTÜ., FBE., İstanbul.
- Domanski, P., A., Yashar, D., and Kim, M., 2005, Performance of a finned-tube evaporator optimized for different refrigerants and its effect on system efficiency, *International Journal of Refrigeration*, 28,6, p820-827.
- Engin, T., 1995, Sıvıdan sıvıya gövde borulu bir ısı değiştirgecinin bilgisayar yardımıyla optimizasyonu, ZKÜ., FBE., Zonguldak.
- Eryener, D., 2006, Thermoeconomic optimization of baffle spacing for shell and tube heat exchangers, *Energy Conversion and Management*, 47, 1478–1489. exchangers, *Chemical Engineering and Processing*, 38, 579–584.
- Fraas, A., P., Ozısık, M., N., 1965, *Heat Exchanger Design*, John Wiley and Sons, Inc., USA.

- Gaddis, E., S., Gnielinski, V., 1997, Pressure drop on the shell side of shell-and-tube heat exchangers with segmental baffles, *Chemical Engineering and Processing*, Apr., 36, 2. 149-159.
- García-Cascales, Vera-Garcia, F., Corberan-Salvador, J., M., Gonzalvez-Macia, J., Fuentes-Diaz, D., 2007, Assessment of boiling heat transfer correlations in the modelling of fin and tube heat exchangers, *International Journal of Refrigeration*, In Press, Corrected Proof, Available online 18 January.
- Genceli, O., F., 1983. Isı Eşanjörleri Ders Notları, İTÜ. Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Gong, Z., -X., Mujumdar, A., S., 1997, Finite-Element Analysis Of Cyclic Heat Transfer In A Shell-And-Tube Latent Heat Energy Storage Exchanger, *Applied Thermal Engineering*, 17, 6, pp. 583-591.
- Horuz, I., Kurem, E., and Yamankaradeniz, R., 1998, Experimental and theoretical performance analysis of air-cooled plate-finned-tube evaporators, *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 25,6, p787-798.
in shell-and-tube heat exchanger, *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, 81, 563–567.
- İsmal, H., 1990, Soğutucu ve Nem Alıcı Serpantin Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi., İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Jiang, H., Aute, V., and Radermacher, R., 2006, CoilDesigner: a general-purpose simulation and design tool for air-to-refrigerant heat exchangers, *International Journal of Refrigeration*, 29, 4, p601-610.
- Jin, W., Zengliang, G., Lihua, L., Jinsong, Z., 2004, Comparison of two FEA models for calculating stresses in shell-and-tube heat exchanger, *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, ,81, 6, 563 567.

- Kakaç, S., 1996, Heat Exchanger Design Course. Fundamentals and Applications, Presented at ITU. Faculty of Mechanical Engineering, Cilt 1, İstanbul.
- Kakaç, S., 1996, Heat Exchanger Design Course. Fundamentals and Applications, Presented at ITU. Faculty of Mechanical Engineering, Cilt 3, İstanbul.
- Kara, Y., A., Ozbilen, G., 2004, A computer program for designing of shell-and-tube heat exchangers, *Applied Thermal Engineering*, 24, 1797–1805.
- Karlsson, T., Vamling, L., 2004, Reasons for drop in shell-and-tube condenser performance when replacing R22 with zeotropic mixtures. Part 2: investigation of mass transfer resistance effects, *International Journal of Refrigeration*, 27, 561–566.
- Lachi, M., El Wakil, N., Padet, J., 1997, The time constant of double pipe and one pass shell-and-tube heat exchangers in the case of varying fluid flow rates, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 40, 9, 2067-2079.
- Lee, D., Ahn, Y., Kim, Y., Kim, Y., Chang, I., 2002, Experimental investigation on the drop-in performance of R407C as a substitute for R22 in a screw chiller with shell-and-tube heat exchangers, *International Journal of Refrigeration*, 25, 575–585.
- Lia, H., Kottke, V., 1998, Effect of baffle spacing on pressure drop and local heat transfer in shell-and-tube heat exchangers for staggered tube arrangement, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 41, 2, 425-433.
- Lia, H., Kottke, V., 1998, Visualization and determination of local heat transfer coefficients in shell-and-tube heat exchangers for staggered tube arrangement by mass transfer measurements, *Experimental Thermal and Fluid Science*, 16, 342-348.

- Liu, M., -S., Dong, Q., -W., Wang, D., -B., Ling, X., 1999, Numerical simulation of thermal stress in tube-sheet of heat transfer equipment, *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, 76, 671–675.
- Lona, L., M., F., 2000, Developing an educational software for heat exchangers and heat exchanger networks projects, *Computers and Chemical Engineering* 24, 1247-1251.
- M., Melón, M., G., 1998 , Modelling of plate finned tube evaporators and condensers working with R134A, *International Journal of Refrigeration*, 21, 4, p 273-284.
- Navarro, J., Cabello, R., Torrella, E., 2005, Experimental evaluation of the internal heat exchanger influence on a vapour compression plant energy efficiency working with R22, R134a and R407C, *Energy*, 30, 5, p621-636.
- Oğulata, R., T., Küçük, A., 1997, Levhalı ve Döner Tip Isı Değiştirgeçlerinin Karşılaştırılması. *Mühendis ve Makine*, 450, 47-53.
- Özçelik, Y., 2007, Exergetic optimization of shell and tube heat exchangers using a genetic based algorithm, *Applied Thermal Engineering*, 27, 1849–1856.
- Parmaksızoğlu, C., İsmal, H., 1990, Bilgisayar Yardımı ile Soğutucu ve Nem Alıcı Serpantin Tasarımı. 4. Ulusal Makine Teorisi Sempozyumu, İstanbul.
- Pettigrew, M., J., Taylor, C., E., 2003, Vibration analysis of shell-and-tube heat exchangers: an overview—Part 1: flow, damping, fluidelastic instability, *Journal of Fluids and Structures*, 18, 469–483.
- Pettigrew, M., J., Taylor, C., E., 2003, Vibration analysis of shell-and-tube heat exchangers: an overview—Part 2: vibration response, fretting-wear, guidelines, *Journal of Fluids and Structures*, 18, 485–500.

- Roetzel, W., Balzereit, F., 2000, Axial dispersion in shell-and-tube heat exchangers, *International Journal Thermal Science*, 39, 1028–1038.
- Nada, S., A., El-Ghetany, H., H., Hussein, H., M., S., 2004, Performance of a two-phase closed thermosyphon solar collector with a shell and tube heat exchanger, *Applied Thermal Engineering* 24, 1959–1968.
- Sahoo, R., K., Roetzel, W., 2002, Hyperbolic axial dispersion model for heat exchangers, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 45, 1261–1270.
- Sarntichartsak, P., Monyakul, V., Thepa, S., 2007, Modeling and experimental study on performance of inverter air conditioner with variation of capillary tube using R-22 and R-407C, *Energy Conversion and Management*, 48, 2, p344-354.
- Selbas, R., Kızılkın, Ö., Reppich, M., 2006, A new design approach for shell-and-tube heat exchangers using genetic algorithms from economic point of view, *Chemical Engineering and Processing*, 45, 268–275.
- Smith, S., J., Shao, L., 2001, Pressure drop of HFC refrigerants inside evaporator and condenser coils as determined by CFD, *Applied Energy*, 70, 2, p169-178.
- Soltan, K., B., Saffar-Avval, M., Damangir E., 2004, Minimizing capital and operating costs of shell and tube condensers using optimum baffle spacing, *Applied Thermal Engineering*, 24, 2801–2810.
- Thome, J., R., 1998, Heat transfer augmentation of shell-and-tube heat exchangers for the chemical processing industry, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 4, 3509-3521. Tube heat exchanger in parallel or in series with a heat engine, *Solar Energy*, 57, I, 59-68.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Gamze YAKUT

Doğum Yeri ve Yılı: Bursa – 1983

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce



Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Gemlik Anadolu Ticaret Meslek Lisesi, 2001

Lisans : SDÜ, TEF, Bilgisayar Sistemleri Öğretmenliği, 2005

Yüksek Lisans : –

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl:

ISPARTA, Eğirdir M.Y.Okulu, 2006

ISPARTA, Eğirdir M. Çetinkaya İlköğretim Okulu, 2006

ISPARTA, Keçiborlu S.Demirel Çok Programlı Lisesi, 2006-2007