



---

---

**DELİNMIŞ KANATLI BORU KANAT TİPİ ISI  
DEĞİŞTİRİCİLERİNDE YARATILAN TÜRBÜLANSIN ISI  
TRANSFERİ VE BASINÇ DÜŞÜMÜNE ETKİSİ**

**Gülay YAKAR**

**Mayıs 2007  
DENİZLİ**

**DELİNMIŞ KANATLI BORU KANAT TİPİ ISI  
DEĞİŞTİRİCİLERİNDE YARATILAN TÜRBLANSIN ISI  
TRANSFERİ VE BASINÇ DÜŞÜMÜNE ETKİSİ**

**Pamukkale Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Doktora Tezi  
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**

---

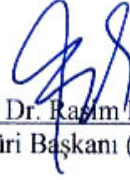
**Gülay YAKAR**

**Danışman: Prof. Dr. Rasim KARABACAK**

**Mayıs 2007  
DENİZLİ**

**DOKTORA TEZİ ONAY FORMU**

Gülay YAKAR tarafından Prof. Dr. Rasim KARABACAK yönetiminde hazırlanan **“Delinmiş Kanatlı Boru Kanat Tipi Isı Değişiricilerinde Yaratılan Türbülansın Isı Transferi ve Basınç Düşümüne Etkisi”** başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Rasim KARABACAK  
Jüri Başkanı (Danışman)



Prof. Dr. Ali GÜNGÖR  
Jüri Üyesi



Prof. Dr. Mustafa ACAR  
Jüri Üyesi



Prof. Dr. Mehmet ATILGAN  
Jüri Üyesi



Doç. Dr. Nazım USTA  
Jüri Üyesi

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun  
.../.../..... tarih ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

**Prof. Dr. Mehmet Ali SARIGÖL**  
**Müdür**

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırılmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğini beyan ederim.

İmza :

Öğrenci Adı Soyadı : Gülşay YAKAR

## TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının hazırlanması sırasında benden yardımlarını hiç esirgemeyen ve manevi desteğini her zaman yanımda hissettiğim, danışman hocam, Prof. Dr. Rasim KARABACAK'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi, (BAP)'a, çalışmanın yapılabilmesi için gerekli olan maddi desteği sağlamalarından dolayı teşekkür ederim.

Görüş ve önerilerinden dolayı tez izleme komitesi üyesi hocalarım, Prof. Dr. Mehmet ATILGAN'a ve Prof. Dr. Ali GÜNGÖR'e, tez çalışmam sırasında desteğini esirgemeyen Bölüm Başkanı hocam, Prof. Dr. Muzaffer TOPÇU'ya, Yoğunluğuna rağmen yardımını benden esirgemeyen hocam, Doç. Dr. E. Şahin CONKUR'a, aynı tarihte doktora başlayarak omuz omuza çalıştığımız ve desteği ile bana güç veren manevi kardeşim Arş. Gör. Dr. Burçin DEDA ALTAN'a, çalışmam sırasındaki desteği ve ilgisinden dolayı değerli arkadaşım Arş. Gör. Gürkan ALTAN'a, çalışmam sırasındaki yardımlarından dolayı değerli arkadaşlarım Arş. Gör. Dr. Volkan KOVAN'a, Arş. Gör. Dr. Mehmet ORHAN'a ve Yrd. Doç. Dr. Okyar KAYA'ya çok teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca, sabırla beni destekleyen ve çalışmamın her aşamasında yardımları ile bana ışık olan eşim, Sacit YAKAR'a, küçük yaşına rağmen tez çalışmamla beni paylaşan çok kıymetli oğlum Ertuğ YAKAR'a, her zaman yanımda olan, sevgilerini, desteklerini, benden hiç esirgemeyen, bana aşırı güç veren, anneannem, annem, babam, kardeşim ve ağabeyime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Gülây YAKAR

## ÖZET

### DELİNİMİŞ KANATLI BORU KANAT TİPİ ISI DEĞİŞTİRİCİLERİNDE YARATILAN TÜRBÜLANSIN ISI TRANSFERİ VE BASINÇ DÜŞÜMÜNE ETKİSİ

YAKAR, Gülay  
Doktora Tezi, Makine Mühendisliği ABD  
Tez Yöneticisi: Prof. Dr. Rasim KARABACAK

Mayıs 2007, 208 Sayfa

Farklı sıcaklıktaki iki veya daha fazla akışkan arasındaki ısı değişimi, mühendislik uygulamalarında çok önemlidir. Bu değişimin yapılabilmesi için en çok kullanılan mühendislik elemanı, ısı değiştiricileridir. Isı değiştiricilerinde etkinliğin artırılarak, enerji tasarrufunun gerçekleşmesinde en etkili metot, sıcak ve soğuk akışkan tarafındaki ısı taşınım katsayılarının iyileştirilmesidir.

Deneysel çalışmanın amacı, ısıtıcı boru üzerine yerleştirilen dairesel kanatlar üzerinde oluşan sınır tabakayı bozarak, bu bölgedeki taşınım ile ısı transferinin artırılmasını sağlamaktır. Bunu gerçekleştirmek için, her bir kanat üzerine aynı çapta delikler açılmakta ve birbirlerini, seçilen aynı açı altında takip edecek şekilde ısıtıcı boru üzerine yerleştirilmektedirler. Deliksiz duruma göre, delikli uygulamaların etkisini görebilmek için çalışmada deliksiz kanatlı ısıtıcı uygulamalarına da yer verilmiştir. En uygun açısal yerleşimin tespit edilebilmesi için çalışmada altı farklı açısal konumda deneysel veriler belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada, ısıtıcı akışkan su ile ısıtılan akışkan havanın birbirlerine göre akış yönlerinin etkilerini belirleyebilmek için, birbirlerine göre ters ve paralel akış durumlarına ait verilerde aynı senaryo içinde deneysel olarak saptanmıştır. Elde edilen bulgular tablolar ve grafikler halinde verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Isı değiştiricisi, dairesel kanat, ısı transferi

Prof. Dr. Rasim KARABACAK  
Prof. Dr. Ali GÜNGÖR  
Prof. Dr. Mustafa ACAR  
Prof. Dr. Mehmet ATILGAN  
Doç. Dr. Nazım USTA

**ABSTRACT****THE EFFECT OF TURBULENCE CREATED IN FIN-TUBE TYPE HEAT EXCHANGERS WITH PERFORATED FIN ON HEAT TRANSFER AND PRESSURE DROP**

YAKAR, Gülay  
Ph.D. Thesis in Mechanical Engineering  
Supervisor: Prof. Dr. Rasim KARABACAK

May 2007, 208 Pages

Heat exchange between two or more fluids with different temperatures is quite important in engineering applications. Heat exchangers are engineering tools that are used mostly for this purpose. The most effective method in energy saving by means of increasing the efficiency of heat exchangers is to improve the heat convection coefficients in both hot and cold fluid sides.

The aim of this experimental study is to increase the convective heat transfer by disrupting boundary layer formed on circular fins fitted to the heating tube. To be able to accomplish this, holes that had the same diameters were drilled on each fin and they were set on the heater tube in the way that they follow each other with the same specified angle. To be able to compare the tubes with holes and without holes, both types were employed in the study. To be able to determine the most appropriate angular position, experimental data were obtained using six different angular positions. Furthermore, to be able to determine the effects of relative flowing directions of the heating fluid water and heated fluid air, the data related to opposite and parallel flowing situations relative to each other were obtained experimentally in the same scenario. The results obtained were presented in graphics and tables.

**Keywords:** heat exchanger, circular fin, heat transfer

Prof. Dr. Rasim KARABACAK  
Prof. Dr. Ali GÜNGÖR  
Prof. Dr. Mustafa ACAR  
Prof. Dr. Mehmet ATILGAN  
Assoc. Prof. Dr. Nazım USTA

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
Doktora Tezi Onay Formu.....	i
Bilimsel Etik Sayfası.....	ii
Teşekkür.....	iii
Özet.....	iv
Abstract.....	v
İçindekiler.....	vi
Şekiller Dizini.....	viii
Tablolar Dizini.....	xvi
Simge ve Kısaltmalar Dizini.....	xxi
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	7
3. ISI DEĞİŞTİRİCİLERİ.....	16
3.1. Isı Değiştiricilerinin Sınıflandırılması.....	16
3.1.1. Isı değişim şekline göre sınıflandırma.....	17
3.1.1.1. Doğrudan temaslı ısı değiştiricileri.....	17
3.1.1.2. Dolaylı temaslı ısı değiştiricileri.....	17
3.1.2. Yüzey yoğunluğuna göre sınıflandırma.....	19
3.1.3. Akışkan sayısına göre sınıflandırma.....	19
3.1.4. Konstrüksiyon özelliklerine göre sınıflandırma.....	19
3.1.4.1. Borulu ısı değiştiricileri.....	20
3.1.4.2. Levhalı ısı değiştiricileri.....	22
3.1.4.3. Kanatlı yüzeyli ısı değiştiricileri.....	24
3.1.4.4. Regeneratif ısı değiştiricileri.....	26
3.1.5. Akış şekline göre sınıflandırma.....	27
3.1.5.1. Tek geçişli ısı değiştiricileri.....	27
3.1.5.2. Çok geçişli ısı değiştiricileri.....	28
3.1.6. Isı transferi mekanizmasına göre sınıflandırma.....	31
3.1.6.1. İki tarafında tek fazlı ısı taşınımı olan ısı değiştiricileri.....	31
3.1.6.2. Bir tarafında tek fazlı diğer tarafında iki fazlı ısı taşınımı olan ısı değiştiricileri.....	31
3.1.6.3. İki tarafında iki fazlı ısı taşınımı olan ısı değiştiricileri.....	32
3.1.6.4. Taşınım ve ısınmının birlikte gerçekleştiği ısı değiştiricileri.....	32
4. DENEYSEL YÖNTEM VE ÖLÇÜM CİHAZLARININ TANITIMI.....	33
4.1. Deneysel Çalışma.....	33
4.2. Deney Düzenegi.....	33
4.2.1. Kanatlı ısıtıcı boru ve dış gövde imalatı.....	40
4.2.2. Kanatlı boruda kullanılan galvanizli demir boru ve galvanizli sac malzemelerinin emisivite ve ısı iletim katsayısı değerlerinin tespiti.....	46



4.2.2.1. Galvanizli demir borunun ve galvanizli sacın ısı iletim katsayılarının tespiti .....	46
4.2.2.2. Galvanizli demir borunun ve galvanizli sacın emisivite katsayılarının tespiti .....	48
4.3. Deneğin Hata Analizi .....	49
4.4. Deneysel Çalışmanın Tanıtımı ve Yapılan Ölçümler .....	51
<b>5. SIVI – GAZ AKIŞKANLI KANATLI ISI DEĞİŞTİRİCİLERİNDE ISI TRANSFERİNİN ANALİZİ</b> .....	<b>53</b>
5.1. Kanatlarda Sıcaklık Dağılımı .....	53
5.2. Işınım ile Transfer Edilen Isı Miktarının Saptanması .....	56
5.3. Taşınım ile Transfer Edilen Isı Miktarının Hesaplanması .....	67
5.4. Basınç Düşümü ve Sürtünme Katsayısının Hesaplanması .....	72
<b>6. DENEYSEL VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE BULGULAR</b> .....	<b>76</b>
6.1. $s/d=0,345$ Olan Kanatlı Boruda Oluşturulan Deliksiz ve Farklı Delik Konumlarına Ait Deneysel Verilerin Karşılaştırılması .....	126
6.1.1. Isıtıcı yüzey sıcaklığı ile ısıtılan hava sıcaklığı arasındaki farka göre karşılaştırma .....	126
6.1.2. Su giriş sıcaklıklarına göre $\overline{Re}_d$ değerlerinin karşılaştırılması .....	132
6.1.3. Reynolds sayısı ( $\overline{Re}_d$ ) ile Nusselt sayısı ( $Nu_d$ ) arasındaki ilişkiye göre karşılaştırma .....	138
6.1.4. Isıtılan havadaki sıcaklık değişiminin, akış, besleme, açılmal oryantasyon ve geometrik boyutlara göre incelenmesi .....	144
6.2. Farklı $s/d$ Değerlerine Sahip Kanatlı Borularda, $\Theta=30^\circ$ ve $\Theta=60^\circ$ Açılmal Konumları için Elde Edilen Deneysel Verilerin Karşılaştırılması .....	150
6.2.1. Belirli bir $s/d$ ( $0,345$ ) oranında, değişik akış koşullarına göre belirlenen, en uygun açılmal konumun, ısıtıcı yüzey sıcaklığı ile ısıtılan hava sıcaklığı arasındaki farkının, farklı $s/d$ oranlarındaki büyüklüklerinin araştırılması ...	150
6.2.2. Reynolds sayısı ( $\overline{Re}_d$ ) ile Nusselt sayısı ( $Nu_d$ ) arasındaki ilişkinin, farklı $s/d$ geometrik oranına göre, değişiminin incelenmesi .....	160
6.2.3. Havanın gövdeye girişteki ve gövdeden çıkıştaki sıcaklıkları arasındaki farkın, değişik $s/d$ geometrik oranlarına göre, değişiminin incelenmesi .....	166
6.3. Kanatlar Üzerine Açılan Deliklerin Basınç Düşümü Üzerine Etkisi .....	175
<b>7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER</b> .....	<b>177</b>
7.1. Sonuçlar .....	177
7.2. Öneriler .....	189
<b>8. KAYNAKLAR</b> .....	<b>190</b>
<b>EKLER</b> .....	<b>195</b>
Ek - 1 Kuru havanın 760 mm Hg basıncında özellikleri .....	196
Ek - 2 Elde edilen deneysel ölçümlerin değerlendirilmesine ait örnek .....	197
Ek - 3 Çalışmada ölçülen debi değerinin belirsizliği .....	207
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>208</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
<b>Şekil 1.1</b> Uygulamada görülen bazı kanat tipleri .....	2
<b>Şekil 1.2</b> Bir ısıtıcı boru demetinde kanatlı boruların birbirlerine göre yerleşim düzeni .....	3
<b>Şekil 1.3</b> Kanatlı iki borudan oluşan sistemlerde boruların birbirlerine göre durumları.....	5
<b>Şekil 3.1</b> Dolaylı temaslı ısı değiştiricisi örnekleri: (a) (b) çift borulu ısı değiştiricisi, (c) gövde boru tipi ısı değiştiricisi .....	18
<b>Şekil 3.2</b> Gövde boru tipi ısı değiştiricisi .....	21
<b>Şekil 3.3</b> Contalı levhalı ısı değiştiricileri .....	23
<b>Şekil 3.4</b> Spiral levhalı ısı değiştiricisinde akış yolları .....	24
<b>Şekil 3.5</b> Kanatsız borulu, kanatlı borulu ve levhalı tip ısı değiştiricileri .....	25
<b>Şekil 3.6</b> Isı değiştiricilerindeki akış yolları .....	30
<b>Şekil 4.1</b> Çalışmada kullanılan kanat – boru tipi ısı değiştiricisi ile ilgili deney düzeneğinin şematik gösterimi .....	34
<b>Şekil 4.2</b> Testo 435 debi ölçer.....	35
<b>Şekil 4.3</b> Isı değiştiricisinin hava tarafındaki sıcaklık ölçüm noktaları.....	36
<b>Şekil 4.4</b> Dokuz adet farklı akışkan sıcaklığında, su sıcaklığı ölçen cihaz ile termocouple arasındaki ilişki .....	37
<b>Şekil 4.5</b> Testo 950 sıcaklık ölçer .....	38
<b>Şekil 4.6</b> Çalışmada kullanılan, Üniversitemizin maddi desteği ile imalatını gerçekleştirdiğimiz kanat - boru tipi ısı değiştiricisi ile ilgili deney düzeneğinin resmi .....	40
<b>Şekil 4.7</b> Üzerine sac kanat geçirilmeden önceki ısıtıcı boru .....	41
<b>Şekil 4.8</b> Isıtıcı borunun elektrikli testere ile kesilmesi.....	41
<b>Şekil 4.9</b> Sac kanatların, hazırlanan kalıp ile eksantrik preste, ısıtıcı boru çapında göbek deliğinin açılması, (b) Üzerine delik açılmış sac kanat .....	42
<b>Şekil 4.10</b> Kanatın boruya çakılmasında yardımcı aparatın kullanılması .....	43
<b>Şekil 4.11</b> Kanatlı ısıtıcı borunun şematik gösterimi .....	43
<b>Şekil 4.12</b> Her iki yanına standart boru dişi açılan kanatlı boru .....	45
<b>Şekil 4.13</b> Gövde ile kanatlı borunun birbirine bağlanması .....	46
<b>Şekil 4.14</b> Plaka yöntemi ile ısı iletim katsayısını ölçen deney düzeneğinin şematik görünümü .....	47
<b>Şekil 4.15</b> Model AE tipi Emissometer cihazı .....	48
<b>Şekil 5.1</b> Dairesel kanatlı ve yatay konumlu silindirik ısıtıcı .....	54
<b>Şekil 5.2</b> İki kanat arasında oluşturulan kapalı hücre elemanı.....	56
<b>Şekil 5.3</b> Dış ortam ile silindir gövde arasındaki şekil faktörünün kanat parametrelerine göre değişimi.....	59
<b>Şekil 5.4</b> Kanat yüzeyi ile dış ortam arasındaki şekil faktörünün kanat parametrelerine göre değişimi.....	60
<b>Şekil 5.5</b> Silindir gövde ile dış ortam arasındaki şekil faktörünün kanat parametrelerine göre değişimi.....	60

<b>Şekil 5.6</b> Silindir gövde ile kanat arasındaki şekil faktörünün kanat parametrelerine göre değişimi.....	61
<b>Şekil 5.7</b> Dış ortamın kendisine göre şekil faktörünün kanat parametrelerine göre değişimi .....	61
<b>Şekil 5.8</b> Silindirik gövde ile dış ortam arasındaki şekil faktörünün kanat parametrelerine göre değişimi.....	62
<b>Şekil 5.9</b> Kanat yüzeyi ile dış ortam arasındaki şekil faktörünün kanat parametrelerine göre değişimi.....	62
<b>Şekil 5.10</b> Silindir gövde ile dış ortam arasındaki şekil faktörünün kanat parametrelerine göre değişimi.....	63
<b>Şekil 5.11</b> Silindir gövde ile kanat arasındaki şekil faktörünün kanat parametrelerine göre değişimi.....	63
<b>Şekil 5.12</b> İki kanat arasında oluşturulan kapalı hücreye ait elektriksel benzeşim devresi.....	64
<b>Şekil 5.13</b> Sabit kalınlıklı dairesel kanatların verimleri .....	69
<b>Şekil 6.1</b> $s/d=0,345$ , $\dot{m}_h = 0,04$ kg/s ve $\dot{m}_{su} = 1,1$ kg/s için, deliksiz, $0^\circ$ , $15^\circ$ , $30^\circ$ , $45^\circ$ , $60^\circ$ , $90^\circ$ açısal konumlarında, <i>emme ters akış</i> durumunda $(T_w - T_0)$ değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi .....	127
<b>Şekil 6.2</b> $s/d=0,345$ , $\dot{m}_h = 0,06$ kg/s ve $\dot{m}_{su} = 1,1$ kg/s için, deliksiz, $0^\circ$ , $15^\circ$ , $30^\circ$ , $45^\circ$ , $60^\circ$ , $90^\circ$ açısal konumlarında, <i>emme ters akış</i> durumunda $(T_w - T_0)$ değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi .....	127
<b>Şekil 6.3</b> $s/d=0,345$ , $\dot{m}_h = 0,08$ kg/s ve $\dot{m}_{su} = 1,1$ kg/s için, deliksiz, $0^\circ$ , $15^\circ$ , $30^\circ$ , $45^\circ$ , $60^\circ$ , $90^\circ$ açısal konumlarında, <i>emme ters akış</i> durumunda $(T_w - T_0)$ değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi .....	128
<b>Şekil 6.4</b> $s/d=0,345$ , $\dot{m}_h = 0,04$ kg/s ve $\dot{m}_{su} = 1,1$ kg/s için, deliksiz, $0^\circ$ , $15^\circ$ , $30^\circ$ , $45^\circ$ , $60^\circ$ , $90^\circ$ açısal konumlarında, <i>basma paralel akış</i> durumunda $(T_w - T_0)$ değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi .....	128
<b>Şekil 6.5</b> $s/d=0,345$ , $\dot{m}_h = 0,06$ kg/s ve $\dot{m}_{su} = 1,1$ kg/s için, deliksiz, $0^\circ$ , $15^\circ$ , $30^\circ$ , $45^\circ$ , $60^\circ$ , $90^\circ$ açısal konumlarında, <i>basma paralel akış</i> durumunda $(T_w - T_0)$ değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi .....	129
<b>Şekil 6.6</b> $s/d=0,345$ , $\dot{m}_h = 0,08$ kg/s ve $\dot{m}_{su} = 1,1$ kg/s için, deliksiz, $0^\circ$ , $15^\circ$ , $30^\circ$ , $45^\circ$ , $60^\circ$ , $90^\circ$ açısal konumlarında, <i>basma paralel akış</i> durumunda $(T_w - T_0)$ değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi .....	129
<b>Şekil 6.7</b> $s/d=0,345$ , $\dot{m}_h = 0,04$ kg/s ve $\dot{m}_{su} = 1,1$ kg/s için, deliksiz, $0^\circ$ , $15^\circ$ , $30^\circ$ , $45^\circ$ , $60^\circ$ , $90^\circ$ açısal konumlarında, <i>emme paralel akış</i> durumunda $(T_w - T_0)$ değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi .....	130
<b>Şekil 6.8</b> $s/d=0,345$ , $\dot{m}_h = 0,06$ kg/s ve $\dot{m}_{su} = 1,1$ kg/s için, deliksiz, $0^\circ$ , $15^\circ$ , $30^\circ$ , $45^\circ$ , $60^\circ$ , $90^\circ$ açısal konumlarında, <i>emme paralel akış</i> durumunda $(T_w - T_0)$ değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi .....	130
<b>Şekil 6.9</b> $s/d=0,345$ , $\dot{m}_h = 0,08$ kg/s ve $\dot{m}_{su} = 1,1$ kg/s için, deliksiz, $0^\circ$ , $15^\circ$ , $30^\circ$ , $45^\circ$ , $60^\circ$ , $90^\circ$ açısal konumlarında, <i>emme paralel akış</i> durumunda $(T_w - T_0)$ değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi.....	131

- Şekil 6.10**  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  
 $0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 90^\circ$  açısal konumlarında, *emme ters akış* durumunda,  
 $\overline{Re}_d$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 133
- Şekil 6.11**  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  
 $0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 90^\circ$  açısal konumlarında, *emme ters akış* durumunda,  
 $\overline{Re}_d$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 133
- Şekil 6.12**  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  
 $0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 90^\circ$  açısal konumlarında, *emme ters akış* durumunda,  
 $\overline{Re}_d$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 134
- Şekil 6.13**  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  
 $0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 90^\circ$  açısal konumlarında, *emme paralel akış* durumunda,  
 $\overline{Re}_d$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 134
- Şekil 6.14**  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  
 $0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 90^\circ$  açısal konumlarında, *emme paralel akış* durumunda,  
 $\overline{Re}_d$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 135
- Şekil 6.15**  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  
 $0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 90^\circ$  açısal konumlarında, *emme paralel akış* durumunda,  
 $\overline{Re}_d$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 135
- Şekil 6.16**  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  
 $0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 90^\circ$  açısal konumlarında, *basma paralel akış* durumunda,  
 $\overline{Re}_d$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 136
- Şekil 6.17**  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  
 $0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 90^\circ$  açısal konumlarında, *basma paralel akış* durumunda,  
 $\overline{Re}_d$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 136
- Şekil 6.18**  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  
 $0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 90^\circ$  açısal konumlarında, *basma paralel akış* durumunda,  
 $\overline{Re}_d$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 137
- Şekil 6.19**  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$  aralığında  
ve deliksiz hal durumunda, *emme paralel akış* için,  $Nu_d$  sayısının  $\overline{Re}_d$  'e göre  
değişimi ..... 139
- Şekil 6.20**  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$  aralığında  
ve deliksiz hal durumunda, *emme paralel akış* için,  $Nu_d$  sayısının  $\overline{Re}_d$  'e göre  
değişimi ..... 139
- Şekil 6.21**  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$  aralığında  
ve deliksiz hal durumunda, *emme paralel akış* için,  $Nu_d$  sayısının  $\overline{Re}_d$  'e göre  
değişimi ..... 140
- Şekil 6.22**  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$  aralığında  
ve deliksiz hal durumunda, *emme ters akış* için,  $Nu_d$  sayısının  $\overline{Re}_d$  'e göre  
değişimi ..... 140

- Şekil 6.23**  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $0^0 \leq \theta \leq 90^0$  aralığında ve deliksiz hal durumunda , *emme ters akış* için,  $Nu_d$  sayısının  $\overline{Re}_d$  'e göre değişimi ..... 141
- Şekil 6.24**  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $0^0 \leq \theta \leq 90^0$  aralığında ve deliksiz hal durumunda , *emme ters akış* için,  $Nu_d$  sayısının  $\overline{Re}_d$  'e göre değişimi ..... 141
- Şekil 6.25**  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $0^0 \leq \theta \leq 90^0$  aralığında ve deliksiz hal durumunda , *basma paralel akış* için,  $Nu_d$  sayısının  $\overline{Re}_d$  'e göre değişimi ..... 142
- Şekil 6.26**  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $0^0 \leq \theta \leq 90^0$  aralığında ve deliksiz hal durumunda , *basma paralel akış* için,  $Nu_d$  sayısının  $\overline{Re}_d$  'e göre değişimi ..... 142
- Şekil 6.27**  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $0^0 \leq \theta \leq 90^0$  aralığında ve deliksiz hal durumunda , *basma paralel akış* için,  $Nu_d$  sayısının  $\overline{Re}_d$  'e göre değişimi ..... 143
- Şekil 6.28**  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  $0^0, 15^0, 30^0, 45^0, 60^0, 90^0$  açısal konumlarında, *emme ters akış* durumunda  $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 145
- Şekil 6.29**  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  $0^0, 15^0, 30^0, 45^0, 60^0, 90^0$  açısal konumlarında, *emme ters akış* durumunda  $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 145
- Şekil 6.30**  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  $0^0, 15^0, 30^0, 45^0, 60^0, 90^0$  açısal konumlarında, *emme ters akış* durumunda  $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 146
- Şekil 6.31**  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  $0^0, 15^0, 30^0, 45^0, 60^0, 90^0$  açısal konumlarında, *emme paralel akış* durumunda  $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 146
- Şekil 6.32**  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  $0^0, 15^0, 30^0, 45^0, 60^0, 90^0$  açısal konumlarında, *emme paralel akış* durumunda  $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 147
- Şekil 6.33**  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  $0^0, 15^0, 30^0, 45^0, 60^0, 90^0$  açısal konumlarında, *emme paralel akış* durumunda  $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 147
- Şekil 6.34**  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  $0^0, 15^0, 30^0, 45^0, 60^0, 90^0$  açısal konumlarında, *basma paralel akış* durumunda  $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 148
- Şekil 6.35**  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  $0^0, 15^0, 30^0, 45^0, 60^0, 90^0$  açısal konumlarında, *basma paralel akış* durumunda  $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 148

- Şekil 6.36**  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  açısal konumlarında, *basma paralel akış* durumunda  $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 149
- Şekil 6.37**  $\Theta=30^\circ$ ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *emme paralel akış* durumunda,  $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 151
- Şekil 6.38**  $\Theta=30^\circ$ ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *emme paralel akış* durumunda,  $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 151
- Şekil 6.39**  $\Theta=30^\circ$ ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *emme paralel akış* durumunda,  $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 152
- Şekil 6.40**  $\Theta=30^\circ$ ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *emme ters akış* durumunda,  $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 152
- Şekil 6.41**  $\Theta=30^\circ$ ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *emme ters akış* durumunda,  $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 153
- Şekil 6.42**  $\Theta=30^\circ$ ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *emme ters akış* durumunda,  $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 153
- Şekil 6.43**  $\Theta=30^\circ$ ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *basma paralel akış* durumunda,  $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 154
- Şekil 6.44**  $\Theta=30^\circ$ ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *basma paralel akış* durumunda,  $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 154
- Şekil 6.45**  $\Theta=30^\circ$ ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *basma paralel akış* durumunda,  $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 155
- Şekil 6.46**  $\Theta=60^\circ$ ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *emme paralel akış* durumunda,  $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 155
- Şekil 6.47**  $\Theta=60^\circ$ ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *emme paralel akış* durumunda,  $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 156
- Şekil 6.48**  $\Theta=60^\circ$ ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *emme paralel akış* durumunda,  $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 156

- Şekil 6.49**  $\Theta=60^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  
 $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *emme ters akış* durumunda,  
 $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 157
- Şekil 6.50**  $\Theta=60^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  
 $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *emme ters akış* durumunda,  
 $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 157
- Şekil 6.51**  $\Theta=60^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  
 $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *emme ters akış* durumunda,  
 $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 158
- Şekil 6.52**  $\Theta=60^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  
 $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *basma paralel akış* durumunda,  
 $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 158
- Şekil 6.53**  $\Theta=60^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  
 $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *basma paralel akış* durumunda,  
 $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 159
- Şekil 6.54**  $\Theta=60^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  
 $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *basma paralel akış* durumunda,  
 $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 159
- Şekil 6.55**  $30^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$  aralığında,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  
 $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$ ,  $s/d=0,517$  hallerinde,  
*emme paralel akış* durumunda,  $\overline{Re}_d$  'ye göre  $Nu_d$  'nin değişimi ..... 161
- Şekil 6.56**  $30^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$  aralığında,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  
 $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$ ,  $s/d=0,517$  hallerinde,  
*emme paralel akış* durumunda,  $\overline{Re}_d$  'ye göre  $Nu_d$  'nin değişimi ..... 161
- Şekil 6.57**  $30^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$  aralığında,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  
 $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$ ,  $s/d=0,517$  hallerinde,  
*emme paralel akış* durumunda,  $\overline{Re}_d$  'ye göre  $Nu_d$  'nin değişimi ..... 162
- Şekil 6.58**  $30^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$  aralığında,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  
 $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$ ,  $s/d=0,517$  hallerinde,  
*emme ters akış* durumunda,  $\overline{Re}_d$  'ye göre  $Nu_d$  'nin değişimi ..... 162
- Şekil 6.59**  $30^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$  aralığında,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  
 $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$ ,  $s/d=0,517$  hallerinde,  
*emme ters akış* durumunda,  $\overline{Re}_d$  'ye göre  $Nu_d$  'nin değişimi ..... 163
- Şekil 6.60**  $30^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$  aralığında,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  
 $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$ ,  $s/d=0,517$  hallerinde,  
*emme ters akış* durumunda,  $\overline{Re}_d$  'ye göre  $Nu_d$  'nin değişimi ..... 163
- Şekil 6.61**  $30^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$  aralığında,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  
 $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$ ,  $s/d=0,517$  hallerinde, *basma paralel*  
*akış* durumunda,  $\overline{Re}_d$  'ye göre  $Nu_d$  'nin değişimi ..... 164

- Şekil 6.62**  $30^{\circ} \leq \theta \leq 60^{\circ}$  aralığında,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$ ,  $s/d=0,517$  hallerinde, *basma paralel akış* durumunda,  $\overline{Re}_d$  'ye göre  $Nu_d$  'nin değişimi ..... 164
- Şekil 6.63**  $30^{\circ} \leq \theta \leq 60^{\circ}$  aralığında,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$ ,  $s/d=0,517$  hallerinde, *basma paralel akış* durumunda,  $\overline{Re}_d$  'ye göre  $Nu_d$  'nin değişimi ..... 165
- Şekil 6.64**  $\Theta=30^{\circ}$ ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *emme paralel akış* durumunda,  $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 166
- Şekil 6.65**  $\Theta=30^{\circ}$ ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *emme paralel akış* durumunda,  $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 167
- Şekil 6.66**  $\Theta=30^{\circ}$ ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *emme paralel akış* durumunda,  $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 167
- Şekil 6.67**  $\Theta=30^{\circ}$ ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *emme ters akış* durumunda,  $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 168
- Şekil 6.68**  $\Theta=30^{\circ}$ ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *emme ters akış* durumunda,  $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 168
- Şekil 6.69**  $\Theta=30^{\circ}$ ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *emme ters akış* durumunda,  $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 169
- Şekil 6.70**  $\Theta=30^{\circ}$ ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *basma paralel akış* durumunda,  $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 169
- Şekil 6.71**  $\Theta=30^{\circ}$ ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *basma paralel akış* durumunda,  $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 170
- Şekil 6.72**  $\Theta=30^{\circ}$ ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *basma paralel akış* durumunda,  $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 170
- Şekil 6.73**  $\Theta=60^{\circ}$ ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *emme paralel akış* durumunda,  $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 171
- Şekil 6.74**  $\Theta=60^{\circ}$ ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *emme paralel akış* durumunda,  $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 171



- Şekil 6.75**  $\Theta=60^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  
 $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *emme paralel akış* durumunda,  
 $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 172
- Şekil 6.76**  $\Theta=60^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  
 $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *emme ters akış* durumunda,  
 $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 172
- Şekil 6.77**  $\Theta=60^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  
 $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *emme ters akış* durumunda,  
 $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 173
- Şekil 6.78**  $\Theta=60^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  
 $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *emme ters akış* durumunda,  
 $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 173
- Şekil 6.79**  $\Theta=60^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  
 $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *basma paralel akış* durumunda,  
 $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 174
- Şekil 6.80**  $\Theta=60^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  
 $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *basma paralel akış* durumunda,  
 $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 174
- Şekil 6.81**  $\Theta=60^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  
 $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *basma paralel akış* durumunda,  
 $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi ..... 175
- Şekil 7.1** Üç farklı hava debisinde, deliksiz ve  $s/d=0,345$  halleri için, *emme paralel akış* durumunda, ısıtıcıya uygulanan güç girdisinin büyüklüğünün, radyasyonla ısı transferinin toplam ısı transferine oranına göre değişimi ..... 179
- Şekil 7.2** Üç farklı hava debisinde, deliksiz ve  $s/d=0,345$  halleri için, *Basma paralel akış* durumunda, ısıtıcıya uygulanan güç girdisinin büyüklüğünün, radyasyonla ısı transferinin toplam ısı transferine oranına göre değişimi ..... 179
- Şekil 7.3** Üç farklı hava debisinde, deliksiz ve  $s/d=0,345$  halleri için, *emme ters akış* durumunda, ısıtıcıya uygulanan güç girdisinin büyüklüğünün, radyasyonla ısı transferinin toplam ısı transferine oranına göre değişimi ..... 180

## TABLOLAR DİZİNİ

	Sayfa
<b>Tablo 3.1</b> Isı değiştiricilerinin konstrüksiyon özelliklerine göre sınıflandırılması.....	20
<b>Tablo 3.2</b> Isı değiştiricilerinin ısı transferi mekanizmasına göre sınıflandırılması .....	31
<b>Tablo 4.1</b> Yapılan kanatlı boruların farklı geometrik değerleri.....	44
<b>Tablo 4.2</b> Deneyde ölçülen değerlerin belirsizlikleri.....	50
<b>Tablo 4.3</b> Deneyde ölçülen birimler yardımıyla hesaplanan değerlerdeki belirsizlik ...	50
<b>Tablo 5.1</b> Kanat hatvesinin parametre alınması durumunda şekil faktörleri (d=29 mm için).....	58
<b>Tablo 5.2</b> Kanat hatvesinin parametre alınması durumunda şekil faktörleri (d=32 mm için).....	59
<b>Tablo 5.3</b> Işınımla ısı transferine ait karakteristik denklem (5.17)'de, mevcut katsayıların sistem parametrelerine göre değişimi (d=29 mm için).....	66
<b>Tablo 5.4</b> Işınımla ısı transferine ait karakteristik denklem (5.17)'de, mevcut katsayıların sistem parametrelerine göre değişimi (d=32 mm için).....	67
<b>Tablo 5.5</b> Silindir çevresinde çapraz akım için ısı taşınım korelasyonları.....	70
<b>Tablo 6.1</b> s/d=0,345, D/d=3, n=86 kanatlı, deliksiz hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar.....	81
<b>Tablo 6.2</b> s/d=0,345, D/d=3, n=86 kanatlı, deliksiz hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	82
<b>Tablo 6.3</b> s/d=0,345, D/d=3, n=86 kanatlı, deliksiz hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar.....	83
<b>Tablo 6.4</b> s/d=0,345, D/d=3, n=86 kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=0^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	84
<b>Tablo 6.5</b> s/d=0,345, D/d=3, n=86 kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=0^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	85
<b>Tablo 6.6</b> s/d=0,345, D/d=3, n=86 kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=0^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	86
<b>Tablo 6.7</b> s/d=0,345, D/d=3, n=86 kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=15^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın;	

yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	87
<b>Tablo 6.8</b> $s/d=0,345$ , $D/d=3$ , $n=86$ kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=15^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	88
<b>Tablo 6.9</b> $s/d=0,345$ , $D/d=3$ , $n=86$ kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=15^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	89
<b>Tablo 6.10</b> $s/d=0,345$ , $D/d=3$ , $n=86$ kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	90
<b>Tablo 6.11</b> $s/d=0,345$ , $D/d=3$ , $n=86$ kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	91
<b>Tablo 6.12</b> $s/d=0,345$ , $D/d=3$ , $n=86$ kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	92
<b>Tablo 6.13</b> $s/d=0,345$ , $D/d=3$ , $n=86$ kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=45^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	93
<b>Tablo 6.14</b> $s/d=0,345$ , $D/d=3$ , $n=86$ kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=45^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	94
<b>Tablo 6.15</b> $s/d=0,345$ , $D/d=3$ , $n=86$ kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=45^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	95
<b>Tablo 6.16</b> $s/d=0,345$ , $D/d=3$ , $n=86$ kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	96
<b>Tablo 6.17</b> $s/d=0,345$ , $D/d=3$ , $n=86$ kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	97
<b>Tablo 6.18</b> $s/d=0,345$ , $D/d=3$ , $n=86$ kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	98
<b>Tablo 6.19</b> $s/d=0,345$ , $D/d=3$ , $n=86$ kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=90^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	99

<b>Tablo 6.20</b> $s/d=0,345$ , $D/d=3$ , $n=86$ kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=90^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	100
<b>Tablo 6.21</b> $s/d=0,345$ , $D/d=3$ , $n=86$ kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=90^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	101
<b>Tablo 6.22</b> $s/d=0,138$ , $D/d=3$ , $n=187$ kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	102
<b>Tablo 6.23</b> $s/d=0,138$ , $D/d=3$ , $n=187$ kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	103
<b>Tablo 6.24</b> $s/d=0,138$ , $D/d=3$ , $n=187$ kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	104
<b>Tablo 6.25</b> $s/d=0,138$ , $D/d=3$ , $n=187$ kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	105
<b>Tablo 6.26</b> $s/d=0,138$ , $D/d=3$ , $n=187$ kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	106
<b>Tablo 6.27</b> $s/d=0,138$ , $D/d=3$ , $n=187$ kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	107
<b>Tablo 6.28</b> $s/d=0,276$ , $D/d=3$ , $n=95$ kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	108
<b>Tablo 6.29</b> $s/d=0,276$ , $D/d=3$ , $n=95$ kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	109
<b>Tablo 6.30</b> $s/d=0,276$ , $D/d=3$ , $n=95$ kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	110
<b>Tablo 6.31</b> $s/d=0,276$ , $D/d=3$ , $n=95$ kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	111
<b>Tablo 6.32</b> $s/d=0,276$ , $D/d=3$ , $n=95$ kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın;	

yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	112
<b>Tablo 6.33</b> $s/d=0,276$ , $D/d=3$ , $n=95$ kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	113
<b>Tablo 6.34</b> $s/d=0,414$ , $D/d=3$ , $n=70$ kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	114
<b>Tablo 6.35</b> $s/d=0,414$ , $D/d=3$ , $n=70$ kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	115
<b>Tablo 6.36</b> $s/d=0,414$ , $D/d=3$ , $n=70$ kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	116
<b>Tablo 6.37</b> $s/d=0,414$ , $D/d=3$ , $n=70$ kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	117
<b>Tablo 6.38</b> $s/d=0,414$ , $D/d=3$ , $n=70$ kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	118
<b>Tablo 6.39</b> $s/d=0,414$ , $D/d=3$ , $n=70$ kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	119
<b>Tablo 6.40</b> $s/d=0,517$ , $D/d=3$ , $n=57$ kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	120
<b>Tablo 6.41</b> $s/d=0,517$ , $D/d=3$ , $n=57$ kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	121
<b>Tablo 6.42</b> $s/d=0,517$ , $D/d=3$ , $n=57$ kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	122
<b>Tablo 6.43</b> $s/d=0,517$ , $D/d=3$ , $n=57$ kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	123
<b>Tablo 6.44</b> $s/d=0,517$ , $D/d=3$ , $n=57$ kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar .....	124

**Tablo 6.45**  $s/d=0,517$ ,  $D/d=3$ ,  $n=57$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar ..... 125

## SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ

n	Kanat sayısı
s	Kanatlar arası mesafe (m)
L	Isıtıcı boru uzunluğu (m)
D	Kanat çapı (m)
d	Isıtıcı boru dış çapı (m)
$\Delta p$	Basınç düşümü (mbar)
t	Kanat kalınlığı (m)
$w_R$	Belirsizlik
$e_{bi}$	Siyah cisim ışıma enerjisi ( $W/m^2$ )
$\epsilon_i$	Yüzey yayılımı
q	Birim yüzey ısı geçişi ( $W/m^2$ )
$Q_t$	Sıcak akışkandan sağlanan ısı enerjisi (W)
$Q_c$	Taşınım ile olan ısı transferi (W)
$\Sigma Q_R$	Toplam ışınlama ile olan ısı transferi (W)
$Q_w$	Gövde yüzeyinden hava ile taşınan ısı miktarı (W)
$Q_f$	Kanatlardan hava ile taşınan ısı miktarı (W)
$\lambda$	Isı iletim katsayısı ( $W/m^\circ C$ )
$\lambda_f$	Kanatın ısı iletim katsayısı ( $W/m^\circ C$ )
$\sigma$	Stefan-Boltzmann sayısı ( $W/m^2 K^4$ )
$F_{ij}$	i yüzeyi ile j yüzeyi arasındaki şekil faktörü
$h_f$	Kanat etrafında oluşan ısı transferi katsayısı ( $W/m^2^\circ C$ )
$h_w$	Gövde etrafında oluşan ısı transferi katsayısı ( $W/m^2^\circ C$ )
$h_0$	Görünür ısı transferi katsayısı ( $W/m^2^\circ C$ )
$A_0$	Toplam ısı geçiş yüzeyi ( $m^2$ )
$\eta_0$	Kanatlı yüzeye ait verim
$\eta_f$	Kanat verimi
$c_{su}$	Suyun özgül ısınma ısısı ( $kJ/kg^\circ C$ )
$c_h$	Havanın özgül ısınma ısısı ( $kJ/kg^\circ C$ )
f	Gövde tarafı kanatlandırılmış yüzeye ait ortalama sürtünme katsayısı
$\rho_m$	Akışkanın ısıtıcıdaki ortalama yoğunluğu ( $kg/m^3$ )
$A_w$	Isıtıcı yüzeyin toplam kanat yüzeyi dışındaki alanı ( $m^2$ )
$\Sigma A_f$	Isıtıcı yüzey üzerindeki toplam kanatların alanı ( $m^2$ )
$u_m$	Havanın ortalama hızı (m/s)
v	Kinematik viskozite ( $m^2/s$ )
$\mu$	Dinamik viskozite (kg/ms)
$T_w$	Isıtıcı yüzey sıcaklığı ( $^\circ C$ )
$T_0$	Isıtılan hava sıcaklığı ( $^\circ C$ )
$T_f$	Kanat Sıcaklığı ( $^\circ C$ )
$T_{f_{uc}}$	Kanat ucu sıcaklığı ( $^\circ C$ )

$T_{su_g}$	Suyun ısıtıcı boruya giriş sıcaklığı (°C)
$T_{su_ç}$	Suyun ısıtıcı borudan çıkış sıcaklığı (°C)
$\Delta T_{su}$	Suyun ısıtıcı boruya giriş sıcaklığı ile çıkış sıcaklığı arasındaki fark (°C)
$\Delta T_h$	Havanın değiştiriciden çıkış ile giriş sıcaklığı arasındaki fark(°C)
$T_{h_g}$	Havanın ısı değiştiricisine giriş sıcaklığı (°C)
$T_{h_ç}$	Havanın ısı değiştiricisinden çıkış sıcaklığı (°C)
$\dot{m}_{su}$	Suyun kütlelel debisi (kg/s)
$\dot{m}_h$	Havanın kütlelel debisi (kg/s)
$\dot{V}$	Havanın hacimsel debisi (m <sup>3</sup> /h)
$\dot{G}$	Kütlelel hız (kg/m <sup>2</sup> s)
$\sigma_0$	Serbest akış kesitinin toplam kesit alanına oranı
$k_e$	Ani genişlemeden oluşan basınç kayıp katsayısı
$k_ç$	Tersinmez ani daralmadan doğan basınç kayıp katsayısı
$Nu_d$	Nusselt sayısı
$Re_d$	Reynolds sayısı
$\overline{Re}_d$	Düzeltilmiş Reynolds sayısı



## 1. GİRİŞ

Mühendislik uygulamalarında en önemli ve en çok karşılaşılan işlemlerden birisi, farklı sıcaklıklardaki iki veya daha fazla akışkan arasındaki ısı değişimidir. Bu değişimin yapılabilmesi için de ısı değiştiricileri en sık kullanılan mühendislik elemanlarıdır.

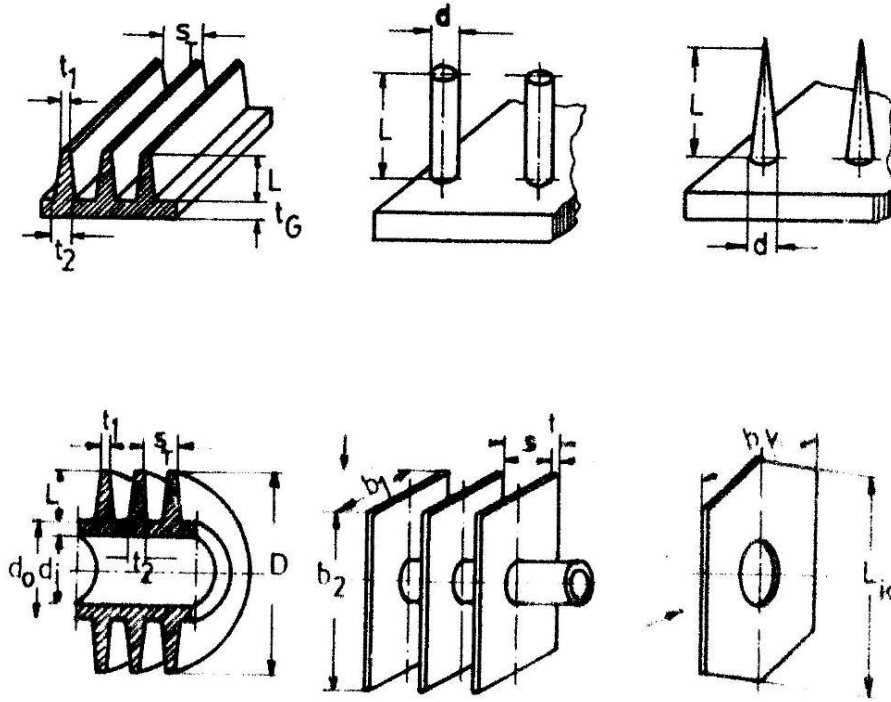
Isı değiştiricisinin tasarımı önemli olup; ısı geçişi, basınç düşümü, boyut, verim ve ekonomiklik tasarım açısından önemli parametrelerdir. Isı değiştiricilerini imalat özelliklerine ve kullanım yerlerine göre sınıflandırmak mümkündür. Kullanılan yer ve kullanım amacı, ısı değiştiricisinin tipinin belirlenmesinde önemli etkenlerdir.

Isıtma, soğutma, iklimlendirme sistemlerinde ve endüstrinin diğer alanlarında ısı değiştiricilerinin performanslarının geliştirilmesi ekonomik açıdan oldukça önemlidir. Günümüzde, çeşitli enerji dönüşümlerini içeren yöntemlerle verimliliğin artırılması çalışmalarına devam edilmektedir. Isı değiştiricilerinde etkinliğin artırılarak, enerji tasarrufunun gerçekleşmesinde en etkili metot, sıcak ve soğuk akışkan tarafındaki ısı taşınım katsayılarının iyileştirilmesidir.

Değişik iyileştirme tekniklerinin kullanılması ile ısı transfer katsayısında sağlanan artış, beraberinde sürtünme kayıplarının da artmasına neden olmaktadır. Isı transferini iyileştirmek için kullanılan yöntemlerle, ısı değiştiricilerinin boyutlarının küçültülmesi ve pompalama gücünün azaltılması istenmektedir. Isı transfer katsayısının iyileştirilmesi ile ısı değiştiricisinin etkinliği artırılmış ve dolayısıyla enerji tasarrufu sağlanmış olur.

Enerjinin verimli kullanılması için çözümlerden biri; akışkana bir ilave enerji verilmeden ısı geçişinin iyileştirilmesidir. Bu maksatla, ısı geçiş yüzeyinin işlenmesi, değişik geometrik profiller ve tasarımlar kullanılarak akışın yönlendirilmesi gibi yöntemler uygulanmaya çalışılmaktadır.

Yatay duran ve birbirine paralel borulardan oluşan ısıtıcı sistemlerin kapalı hacimlerin ısıtılmasında kullanımı günümüzde oldukça yaygındır. Bu tür ısı değiştirgeçlerinde, boru tarafında kızgın su veya buhar akmakta ve bir kaset içine yerleştirilen boru dış yüzeylerinden çevre havası geçmektedir. Hava tarafı küçük kütleli hızlar, gazların genel özelliği olan düşük ısı iletim katsayıları ile birleşerek, birim yüzeyden transfer edilen ısı miktarının düşük olmasına neden olmaktadır. Kapalı hacmin ısı kaybına eşit kapasitede ve fazlaca yer kaplayan bir ısıtıcının tasarlanması ise hava tarafı ısı geçiş yüzeyinin arttırılmasını gerektirir. En çok kullanılan metodlardan biri ısı geçiş yüzeyinde engeller oluşturarak termal tabakanın kalınlaşmasını önlemektir. Bu amaca yönelik, Şekil 1.1’de görülen kanat tipleri yaygın şekilde uygulanan genişletilmiş yüzey örnekleridir.

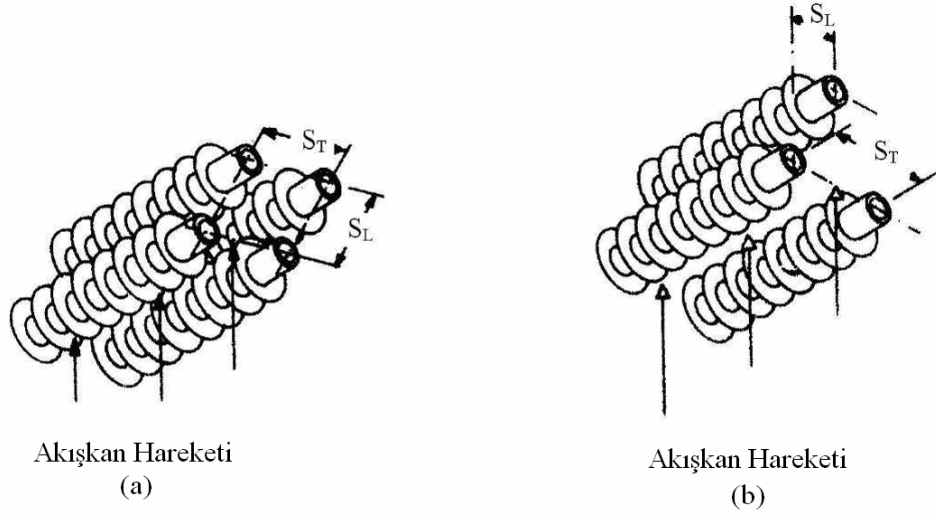


**Şekil 1.1** Uygulamada görülen bazı kanat tipleri (Karabacak 1989)

Dairesel veya karesel kesitli kanatçıklar boru yüzeyine pres – geçme yöntemi ile oturtulur. Kanat tarafı akışkanı borulara dik aktığından boru dış yüzeyi yüksek performans yüzeyidir. Havanın akış yönü doğrultusunda her boru yüzeyinde yeniden bir sınır tabaka oluşturması, ortalama ısı transferi katsayısının aynı şartlarda aynı akışkanın

boru içinden geçirilmesi ile elde edilebilecek ısı transferi katsayısından çok daha büyük olmasını sağlar.

Uygulamada konvektör diye adlandırılan ısıtıcılarda kullanılan kanatlar dairesel olup, sabit kalınlıktadır. Bu tür bir ısıtıcı boru demetinde, boruların birbirlerine göre yerleşim düzeni Şekil 1.2’de görüldüğü gibidir.



**Şekil 1.2** Bir ısıtıcı boru demetinde kanatlı boruların birbirlerine göre yerleşim düzeni (Karabacak 1989)

Her iki yerleşim düzeninde hava akışına etkili olan boyutsuz boru geometrik parametreleri ve uygulamadaki değişim aralıkları şu şekildedir:

i) Akışa paralel doğrultuda borular arası mesafenin ( $S_L$ ) boru çapına ( $d$ ) oranı. Bu oran, genellikle  $1,25 \leq S_L/d \leq 3$  aralığında değişir (Karabacak 1989).

ii) Akışa dik doğrultuda borular arası mesafenin ( $S_T$ ) boru çapına oranı. Bu oranın uygulamada aldığı değerler ise,  $0,6 \leq S_T/d \leq 3$  aralığındadır (Karabacak 1989).

Ayrıca bir boru üzerine yerleştirilen kanatların birbirlerine göre durumları; iki kanat arası mesafenin ( $s$ ), kanat dibi çapına ( $d$ ) oranı ( $s/d$ ) ile saptanır. Akışkanın iki kanat

arasında oluşturduğu kanal içinde akışı ve her iki kanat yüzeyindeki termal tabakaların birbiri ile etkileşimleri kanat boyuna bağlı olup, akışa etkili geometrik parametre kanat ucu çapının (D) kanat dibi çapına oranı (D/d) ile belirtilir. Böylelikle gravitasyonel çekim alanı içinde konumu belirtilen tek bir boru etrafındaki doğal akışta etkili kanat geometrik parametreleri  $s/d$  ve  $D/d$  dir. Bu parametrelerin uygulamadaki değişim aralıkları ise,  $0,125 \leq s/d \leq 1,0$  ve  $1,5 \leq D/d \leq 6$  dır (Karabacak 1989).

Konvektör sisteminde, kararlı çalışma koşullarında, ısı enerjisinin bir kısmı zorlanmış taşınım ile diğer kısmı ise radyasyon prensiplerine göre çevre havasına taşınacaktır.

Bu çalışmada; ısı değiştiricilerinde ısı geçişini iyileştirmek için ısı taşınım katsayısının artırılması üzerinde durulmaktadır. Isı taşınım katsayısını arttırmak için; yüzey pürüzlülüğü artırılabilir, genişletilmiş yüzeyler kullanılabilir veya akışa dönme verilebilir. Ayrıca, türbülans artırıcı yollarda denenebilir.

Akışkan ile boru cidar arasındaki ısı geçişinde ısı sınır tabaka önem taşımaktadır. Sınır tabaka ise akış türü ile ilgili olup, laminer akışta daha kalın, türbülanslı akışta daha incedir. Türbülanslı akışta ısı geçiş, laminer akışa göre daha iyi olduğundan bu çalışmada ısı transferini artırabilmek için türbülansı artıracak yöntemler denenmektedir. Ancak yatay duran kanatlı boruların, özellikle paket tipi ısıtıcılarda yaygın olarak kullanılması ve daha birçok uygulamaları nedeniyle, elektriksel veya sıcak akışkan yardımıyla borularda oluşan ısının çevre havasına transferinin, bir prototip geliştirilerek deneysel olarak incelenmesi gerekmektedir.

Boruların demet içindeki yerleşim düzenine bağlı olarak, hareketi fan ile sağlanan akışkanın ısıtıcıya girişinden çıkışına kadar ve düşey doğrultuda ısı geçişi bakımından negatif etki yaratan yerel durgunluk (stagnasyon) bölgeleri oluşabilir. Yine borular arası mesafe ve boruların birbirlerini görüş açısı radyasyonla etkileşimde önemli rol oynar. Radyasyonla ısı geçişi borular arasında olduğu gibi, borular ile dış kaset iç yüzeyi arasında meydana gelir. Ayrıca boru dış yüzeyine yerleştirilen kanatların sıklığı ve boru çapına göre oransal büyüklüğü kanat yüzeyinde oluşan sınır tabakanın gelişmesinde etkili parametrelerdir. Isıtıcı sistemin performansı bu parametreler ile yakından ilgilidir. Böylesine karmaşık bir akışa etkili olabilecek geometrik parametreler; akışa paralel

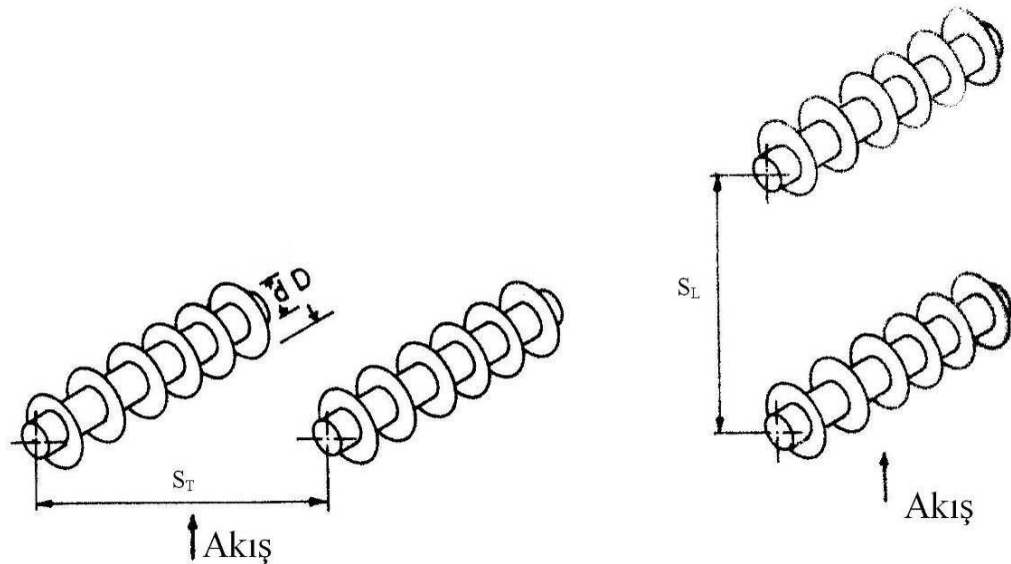
doğrultuda borular arası mesafe ( $S_L$ ), akışa dik doğrultuda borular arası mesafe ( $S_T$ ), kanatlar arası mesafe ( $s$ ), kanat ucu çapı ( $D$ ) ve ısıtıcı boru dış çapı ( $d$ ) şeklinde sıralanabilir.

Uygulamada kullanılan kanatlar, imalat kolaylığı yönünden genellikle dairesel yapıldığından, çalışmada da bu kanat geometrisi kabul edilmiş ve kanat kalınlığı ( $t$ ) 0,5 mm olan galvanizli sac kanatlar kullanılmıştır.

Yukarıda belirtilen geometrik parametreleri,  $\alpha = S_L/d$ ,  $\beta = S_T/d$ ,  $\gamma = s/d$  ve  $\lambda = D/d$  boyutsuz sayılar olarak tanımlamak mümkündür.

Sisteme alt geometrik faktörlerin çokluğu nedeniyle zorlanmış taşınım ile ısı geçişi olayının incelenmesi aşağıdaki aşamalarla gerçekleştirilebilir.

- Yatay duran kanatlı boruda kanat parametreleri  $\gamma$  ve  $\lambda$ 'nin zorlanmış taşınım ile ısı geçişine etkisinin incelenmesi,
- Şekil 1.3'de gösterildiği gibi iki borudan oluşan sistemin akış alanına dik ve paralel yerleştirilmesi halinde borular arası mesafenin akış ve ısı geçişine etkisinin incelenmesi,



**Şekil 1.3** Kanatlı iki borudan oluşan sistemlerde boruların birbirlerine göre durumları (Karabacak 1989)

c) Paket tipi ısıtıcıda boru yerleşim düzenine bağlı olarak ısıtıcı performansının incelenmesi.

Bu çalışma, geniş kapsamlı olan araştırmanın ancak ilk aşamasını içerir. Yatay ekseni boyunca kanatlandırılmış boru etrafındaki zorlanmış taşınım ile hareketi sağlanan çevre havasına ısı geçişini laboratuvar bazında incelemek için bir deney düzeneği geliştirilerek imal edilmiştir.

Öte yandan, akışkan hareketlerine bağlı olarak ısı değiştirgeçlerinde basınç düşümü de oluşmaktadır. Basınç düşümünü karşılamak için ek enerjiye ihtiyaç duyulduğundan akışkanın sirkülasyon maliyetleri artmaktadır. O halde ısı transferindeki iyileşme yanında basınçtaki düşüm de göz önünde bulundurulmaktadır. Bu çalışmada ısı transferinin yanı sıra basınç düşümleri de belirlenerek optimum çalışma koşulu bulunmaya çalışılmaktadır.

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

Souidi ve Bontemps (2001); düz ve delinmiş kanatlı levha kanat tipi ısı değiştiricilerinde ters akımlı gaz – sıvı akışını çalışmışlar ve kanallarda akış miktarlarına bağlı farklı akış türleri gözlemişlerdir. Elde ettikleri sonuçları dikdörtgen kanallar için literatürde verilen deneysel sonuçlarla karşılaştırmışlardır.

Wierzbowski ve Stasiek (2002); kanatlı borulu bir ısı değiştiricisinde sıvı kristal tekniğini uygulayarak ısı transferini incelemişler, ısı transferinin modellenmesinde sıvı kristal tekniğinin kullanımını açıklamışlardır. Bu deneysel çalışma; yerel ısı transferi katsayısının ve Nusselt sayısının tanımlandığı ısı değiştiricisindeki akış modellerini kapsamaktadır.

Wang vd (2001); çapraz akışlı ve sürtünmeli akış koşulları için kanatlı – borulu ısı değiştiricisinde, ısı transferini veren deneysel korelasyonlar üzerine çalışmışlar ve çalışmada, 570 veri noktasını içeren toplam 61 örnek kullanmışlardır. Bu alışma, model kanatın hava tarafının performansını tanımlayan deneysel bir korelasyonu içermektedir.

Leu vd (2001); yuvarlak ve oval şekle sahip kanatlı – borulu ısı değiştiricisinde hava tarafının performansını nümerik olarak incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlarla, basınç düşümünün kanat açısı ile, ısı transferi ve sürtünmenin ise kanat uzunluğu ile arttığını göstermişlerdir.

Halıcı vd (2001); düz levha kanatlı, kanat – boru tipi ısı değiştiricilerinde, ısı, kütle ve momentum transferine boru sıra sayısının etkisini incelemişler ve sürtünme faktörleri değerlerinin ıslak yüzeyler için, kuru yüzeyler için olandan daha yüksek olduğunu ve sürtünme faktörlerinin, boru sıra sayılarındaki artış ile azaldığını bulmuşlardır.

Karabacak (1992); dikdörtgen kesitli dairesel kanatlı yatay silindirik bir ısıtıcıda, radyasyon ve serbest konveksiyon şeklinde meydana gelen ısı transferine, kanat parametrelerinin etkilerini göstermiştir.

Karabacak (1996); kanatlandırılmış bir ısıtıcıda, ısı akısı, Nusselt sayısı ve sıcaklık farkı arasındaki deneysel ilişkileri araştırmıştır.

Ullmann ve Kalman (1989); halkasal kanatlarda ısı dağılımının artması üzerinde durmuşlar ve optimize edilen boyutlarla birlikte kanat verimini de çalışmada araştırmışlardır.

Yu ve Chen (1999); değişken ısı iletkenliği olan dikdörtgen kesitli dairesel kanatların optimizasyonunu ve taşınım ısı transferi katsayılarını araştırmışlar ve lineer olmayan iletim – taşınım – ışınım ısı transferi denklemlerini farklı dönüşüm metodları ile çözmüşlerdir. Çalışmada, verilen bir kanat hacmi için araştırılan optimum kanat uzunluğunun ısı iletimi ve ısı transferi katsayısının her ikisinde de sabit olduğu ve sadece taşınımın gerçekleştiği durumlarda, kanatın dip sıcaklığından hemen hemen bağımsız olduğu gösterilmiştir. Bununla birlikte taşınım ve ışınımın birlikte gerçekleştiği ya da sadece ışınımın gerçekleştiği durumlarda daha yüksek sıcaklıklar için optimum kanat uzunluklarının, daha düşük sıcaklıklardaki kanat uzunluklarından daha kısa olduğu bulunmuştur.

Jang vd (1996); çok sıralı (1 – 6 sıralı) levha kanatlı boru tipi ısı değiştiricisindeki akışkan akışını ve ısı transferini, sayısal ve deneysel olarak araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda; zikzak yapılı düzenlemedeki basınç düşümünün, doğrusal görünümününkinden %20 ila %25 daha yüksek iken, doğrusal düzenlemenin ortalama ısı transferi katsayısının, doğrusal düzenlemeninkinden %15 ila %27 daha yüksek olduğunu ve 1 ile 6 sıralı durumda, sıra sayısı artarken, ortalama Nusselt sayısının azaldığını tespit etmişlerdir. Ayrıca ortalama ısı transferi katsayısı ve basınç düşümü için sayısal sonuçların, deneysel ölçümler ile iyi bir uyum sağladığını görmüşlerdir.

Peerhossaini vd (1993); sarılıp bükülen bir kanaldaki akışın hidrodinamik ve ısı transferi davranışı üzerinde deneyler yapmışlar ve akışın sebep olduğu düzensiz akış kesitleri yüzünden ısı transferinin yükseldiğini göstermişlerdir.



Snyder vd (1993); tam gelişmiş ısıl koşullarda bulunan serpantin bir boruda, Reynolds sayısının 250 ile 10000 değerleri için zorlanmış taşınım ile ısı transferi değerlerini ve basınç düşümlerini deneysel olarak belirlemiştir.

Madi vd (1998) çalışmalarında; 28 farklı ısı değiştiricisi tipini bir ısıl rüzgar tüneline test etmişler ve dairesel boru ve levha kanatlı ısı değiştiricisinin performans karakteristiklerini veren korelasyon denklemleri oluşturmuşlardır. Çalışmanın sonucunda; kanat tipinin, ısı transferi ve sürtünme faktörünü etkilediğini ve boru sıra sayılarının sürtünme faktörü üzerindeki etkisinin önemsiz olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca boru sıra sayısının, kanat ve boru geometrilerinin, Reynolds sayısını etkilediğini göstermişlerdir.

Guglielmini vd (1987); farklı düşey levhaların değişik sıralanışı ile elde edilen izotermik düşey bir yüzey ile çevresi arasındaki doğal taşınım ve ışınım ile ısı transferini araştırmışlar ve aynı hacimde, U şeklinde kanallar ile farklı levhaların dağıtılmış kanat düzenleri ele alınmış, bu iki durumun ısı iletimleri karşılaştırılarak ikinci durumun daha yüksek ısı performans sağladığını göstermişlerdir.

Algifri ve Bhardwaj (1985); deneysel düzeneğin girişine yerleştirilen kısa sarılmış şeritlerle meydana getirilen girdaplı akışta ısı transferi karakteristiklerinin analitik bir çalışmasını sunmuşlardır. Korelasyonları, büyüklük analizlerinin yardımı ile Navier – Stokes denklemlerinden çıkarılan girdap denklemlerinin seri çözümünü yaparak sağlamışlardır. Çalışmanın sonunda; yöntemin, ortalama %5 ve maksimum %15 ek ortalama sapma ile literatürde verilen deneysel veriler ile iyi bir uyumun sağlandığını bulmuşlar ve ayrıca ısı transferinde %80 kadar yüksek bir artış elde etmişlerdir.

Wang vd (1996); farklı boru sıra sayısı, kanat aralığı ve kanat kalınlığını içeren farklı geometrik parametrelere sahip levha – kanat tipi ısı değiştiricilerinin 15 örneğini akışa açık olan rüzgar tüneline test etmişler ve birbirleri ile karşılaştırmışlardır. Çalışmada, kanat aralığının ısı transferi katsayısını etkilemediğini, boru sıra sayılarının sürtünme faktörü üzerindeki etkisinin önemli olmadığını ve kanat kalınlığının da, ısı transferi veya sürtünme karakterlerini etkilemediğini bulmuşlardır.

Algifri vd (1988) çalışmalarında; havaya ait ısı transferi katsayılarını; radyal kanat tarafından meydana getirilen girdap düşümleri için bir sıcak boru boyunca ölçmüşlerdir. Sonuçları, girdaplı akış için önceden bulunan ısı transferi katsayıları için önerilen bir ifade ile karşılaştırmışlar ve girişte girdap üreticilerin farklı tipleri tarafından meydana getirilen girdap düşümlerinde ısı transferi katsayılarının belirlenmesine imkan veren teorik yaklaşımlara ait formüllerin bulunmasını sağlamışlardır.

Xiao ve Tao (1990); farklı kanat aralığındaki kıvrımlı kanat - boru tipi ısı değiştiricileri için ısı transferi katsayılarını ve sürtünme faktörlerini araştırmak için naftalin süblimasyon tekniğinin kullanıldığı deneyler yapmışlardır. Isıl performans değerlendirmelerini, aynı pompalama gücü ve aynı basınç düşümü için uygulamışlar ve çalışmanın sonunda, kanat aralığının artması ile birlikte hem Sherwood sayısının hem de sürtünme faktörünün arttığını, bununla birlikte ortalama ısı transferi katsayısı ve basınç düşümünün kanat aralığının artması ile azaldığını bulmuşlardır.

Wang vd (1997) çalışmalarında; tipik dalgalı kanat – boru tipi ısı değiştiricilerinin, ısı transferi ve basınç düşümü karakteristikleri üzerinde büyük kapsamlı deneyler yapmışlar ve kanat yüksekliği ve boru sıra sayılarını içeren, farklı geometrik parametreler ile birlikte dalgalı kanat – boru tipi ısı değiştiricilerinin 18 örneğini bir rüzgar tüneline test etmişlerdir. Sonuç olarak; Colburn j faktöründe, kanat yüksekliği etkisinin ve sürtünme faktörlerinde de, boru sırasının etkisinin önemsiz olduğunu bulmuşlardır.

Tuztaş ve Eğrican (2002); farklı geometriye sahip, farklı ısı değiştiricilerine ait verilerin alındığı ve ısı değiştiricilerinin performans testinin yapıldığı bir deneysel düzene kurmuşlar ve bu düzeneği, kuru ve ıslak yüzeylerin her ikisi için kanatlandırılmış ısı değiştiricilerinin ısı transferi katsayıları ve sürtünme faktörlerini bulmak için geliştirmişlerdir. Kuru durumlar altında, farklı geometrilere sahip üç tane kanatlandırılmış ısı değiştiricisinin hava tarafı ısı transferi katsayıları ile sürtünme faktörlerini belirlemişler ve kanatlandırılmış ısı değiştiricilerinin ısı transferi katsayılarının, ısı değiştiricisi geometrisine ve Reynolds sayısına bağlı olduğunu ve Reynolds sayısı artarken, ısı transferi katsayısının azaldığını göstermişlerdir. Ayrıca kanatlandırılmış ısı değiştiricilerinin sürtünme katsayısının da, ısı değiştiricisi geometrisi ve Reynolds sayısına bağlı olduğunu ve Reynolds sayısı ve kanat aralığı arttığı zaman sürtünme katsayısının azaldığını bulmuşlardır.

Jang ve Chen (1997); Reynolds sayısının 400 ile 1200 aralığında, boru sıra sayılarının 1 ile 4 arasında değiştiği durumlarda, farklı geometrik parametrelerin ısı değiştiricisi performansına etkilerini araştırmışlardır.

Yan vd (2003); donma şartları altında çalışan, düz levhalı kanatlarla kanatlandırılmış, kanat – boru tipi ısı değiştiricilerinin performansını deneysel olarak araştırmışlardır. Çalışmanın sonunda; don oluşumunu, daha düşük hava akış miktarı ve artan basınç düşümü için daha büyük olduğunu, bağıl nem arttığında basınç düşümü miktarının da hızlı bir şekilde arttığını ve ısı değiştiricisinin performansının kanat aralığının sıklığı ile önemli bir şekilde etkilendiğini bulmuşlardır.

Kayansayan (1993a); genel olarak, doğal taşınım yoluyla gerçekleşen hava ile kanat – boru tipi bir ısı değiştiricisi arasındaki birçok ısı transferi örneklerini incelemiştir. Kanat ile boru arasındaki sınır tabaka etkileşiminin, Nusselt sayısında ve yalıtılmış bir silindirin üzerinde bulunan kanatlandırılmış yüzeyin konveksiyon ve kondüksiyon değerinde bir azalma oluşturduğunu göstermiştir.

Hirai vd (1989); duran bir boru içinde gerçekleşen türbülanslı akışın deneysel sonuçlarıyla sayısal tahminlerini karşılaştırmış ve türbülans modellerinden, k-ε ve gerilim/akış denklem modellerini hesaplamalarında kullanmışlardır.

Yan ve Sheen (2000); levhalı, dalgalı ve bölmeli kanat yüzeyleri olan kanat – boru tipi ısı değiştiricilerinin ısı transferi ve basınç düşümü karakteristiklerini belirlemek için deneysel çalışma yapmışlardır. Çalışmada, 12 adet levha kanat, 12 adet dalgalı kanat ve 12 adet de bölmeli kanat geometrilerini içeren 36 adet ısı değiştiricisi örneğini test etmişlerdir.

Yun ve Lee (1999); ev tipi klimalarda kullanılan kanat- boru tipi ısı değiştiricisinin performansında aralıklı yüzeylerin şekillerinin etkilerini deneysel olarak araştırmışlar ve yeni tasarlanan kanat şekillerinin 3 türünün ısı transferi ve basınç düşümü karakteristiklerinde birbirleri ile karşılaştırmasını yapmışlar ve ev tipi klimalar için optimal bir kanat şekli tavsiye etmişlerdir.

Wang vd (2002); dalgalı kanat biçiminin hava tarafı performansını tanımlayan deneysel bir korelasyonu sunmuşlardır. Toplam 61 örneğe ait yaklaşık 570 veriyi analizlerinde kullanmışlardır.

Kang ve Kim (1999); kanat – boru tipi ısı değiştiricisine bir düz kanat ve bir çubuk kanat takılması durumunda, ısı değiştiricisindeki basınç düşümü ve ısı transferi karakteristikleri üzerinde durmuşlardır. Düz ve çubuk şeklindeki kanatların test sonuçlarını, literatürde verilen korelasyon ve deneysel veriler ile karşılaştırmışlar ve ön sıradaki düz ve arka sıradaki çubuk kanattan oluşan hybrid kanatın, aynı fan gücündeki sadece çubuk kanatın kullanıldığı duruma göre ısı transferini yükseltmede daha etkili olduğunu bulmuşlardır.

Fan vd (1992); kömürlü sistemlerde kanatlandırılmış boruda aşınmanın önlenmesine ilişkin deneysel ve sayısal olarak çalışmışlar ve yaptıkları deneysel ve sayısal benzeşimden, boruların üzerine yerleştirilen kanatların uygun bir geometrisinin aşınmayı önlemenin iyi bir metodu olduğunu bulmuşlardır.

Kayansayan, N. (1993b) çalışmasında; dikdörtgen kesitli levha kanatlı, dairesel borulu, karşıt akışlı ısı değiştiricisinin performansına, dış yüzey geometrisinin etkilerini araştırmış ve daha sık kanatlar olduğunda, kanal etkisinin daha net olduğunu göstermiştir.

Biswas vd (1994) çalışmalarında; akış şeklinin nümerik olarak araştırmışlar ve dairesel bir tüpteki kanalda ısı transferindeki artış ve kanatçık tip girdapların oluşumunu göstermişlerdir ve ısı değiştiricisi olarak da, gaz – sıvı akışkanlı karşıt akışlı kanat – boru tipi ısı değiştiricisini kullanmışlardır. Çalışmanın sonunda ise, kanatçık tip girdap oluşumu olmadığında, alçak hız akışkanı ile bir devir daim bölgesi olan dairesel tüpün akıntı yönünde nispeten az ısı transferi olduğu ama uzunlamasına kanatçık tip girdap oluşumunun görüldüğü, silindirin arkasındaki zayıf bölgede ise ısı transferinin % 240'a kadar arttığını görmüşlerdir. Bu sonuçların, kanalın bir başından öbür başına kadar gerçekleşen ısı transferinde bir artış olduğunu gösterdiğini ve bu artışın ısı değiştiricilerinin boyutlarının azaltılması için ümit verici bir durum olduğunu belirtmişlerdir.

Yıldız ve Çakmak (2002); konsantrik tipteki ısı değiştiricilerinde ısı geçişinin iyileştirilmesi amacıyla, içteki borunun giriş kısmına yerleştirilmiş olan düzgün sıralı enjektörler ile elde edilen dönel akışı deneysel olarak incelemişler ve Enjektör elemanların kendilerinin neden olduğu basınç düşümünün, ısı geçişindeki iyileşmenin yanında daha düşük kaldığını gözlemlemişlerdir.

ınar ve Yılmaz (2003) alışmalarında; Kayseri Organize Sanayi Bölgesinde bulunan BM Kimya'ya ait 4.5 ton/h kapasiteli, LPG yakıtı kullanılan buhar kazanı baca gazından faydalanarak sistem dönüş suyunun ısıtılması amacıyla; Visual basic ve Excel programlarını kullanarak, kanatlı ısı değiştiricisi dizaynına ilişkin bilgisayar programı hazırlamışlardır.

Genic vd (2006); zigzaklı boru tertibinden oluşan, helisel kanatlandırılmış boru bağlarında basınç düşümünün tayin etmede yeni korelasyonlar belirlemişlerdir. Belirledikleri korelasyonlarla, Reynolds sayısı ve geometrik parametrelerin geniş aralığı için başarılı çalışma bölgeleri elde etmişlerdir.

Zhao vd (2006) alışmalarında; yüksek gözenekli metal köpük ile doldurulmuş, boru tipi ısı değiştiricilerinde zorlanmış taşınımla ısı transferi karakterlerini analiz etmişler ve metal köpüklü bir ısı değiştiricisinin termal performansının, klasik kanatlandırılmış boru tipi ısı değiştiricilerine göre daha iyi olabildiğini göstermişlerdir.

Kwon vd (2006) alışmalarında; nemli hava akışının buz tutma durumlarındaki ısı ve kütle transferi karakteristiklerini analiz etmişlerdir. Buz tutma karakterlerinin analizi için levhada yerel yüzey sıcaklığını, buz yüzey sıcaklığını, hassas ve gelişmemiş ısı akış dağılımlarını sağlayabilen bir analiz algoritması geliştirmişlerdir. Aynı zamanda, yerel ısı akış dağılımını entegre ederek, ortalama ısı akış karakterlerini analiz etmişler ve mevcut deney ve analiz ile yukarı doğru olan hava akış özelliğinin, aşağı doğru olan hava akış özelliğine göre çok farklı olduğunu bulmuşlardır.

Xia vd (2006); kıvrık panjurlu kanatlı, mikro kanal ısı değiştiricileri için deneysel olarak hava tarafı yüzeyinde başlangıç buz gelişmesi ve daha sonra buz eritme periyodu ve yeniden buzlanma durumları altında termal – hidrolik performansı çalışmışlar ve

yeniden buzlanma durumları altındaki performansın, 3. ve 4. buzlanma evresinden sonra periyodik olduğunu göstermişlerdir.

Kim ve Kim (2005) çalışmalarında; 22 ısı değiştiricisini, kanat aralığı değişimi, boru sıra sayısı ve boru hizalaması için test ettiler ve tüm kanat aralıkları için, ısı transfer katsayısının, 1 ile 4' den daha çok boru sıra sayısı için azaldığını belirlediler.

Kayansayan ve Acar (2006); ısı iletimi tarafından meydana gelen faz değişim işlemi aşamasını içeren soğuk bir termal enerji depolamasının nümerik ve deneysel araştırmasını yapmışlardır. Nümerik tahminler ve deneysel veriler arasındaki karşılaştırmalar ile modelde ihmal edilen yüksek akış oranları arasında, özellikle çevre ile ısı transferi arasında ortaya çıkan bazı etkilere rağmen iyi bir uyuma olduğunu göstermişlerdir.

Kim vd (2001); alüminyum kafes düzeni materyalleri ile yapılan kompakt bir ısı değiştiricisindeki, ısı transferi ve basınç düşümündeki azalmaya ilişkin deneysel sonuçlarını göstermişler ve alüminyum kafes düzenlerinin, ısı yayılımı ve mekanik yük taşıma kapasitelerinin her ikisine de sahip olduklarını ve aşırı derecede sert ve dayanıklı olduklarını gözlemlemişlerdir.

Knudsen ve Furbo (2004) çalışmalarında; güneş enerjili sıcak su sistemleri için düşey konumlu ısı değiştiricilerinin deneysel ve nümerik araştırmalarını yapmışlardır.

Yakut ve Şahin (2004); ısı değiştiricilerinde ısı transferini artırmak için kullanılan türbülötörlerin titreşim karakterlerine neden olan akışları, deneysel olarak araştırmışlardır. Çalışmalarında, Reynolds sayıları arttığında Nusselt sayılarının da arttığını bulmuşlardır.

Şeker vd (2004a); don oluşturma işlemleri boyunca ısı değiştiricilerinin, ısı ve kütle transfer karakteristiklerini teorik olarak analiz etmişlerdir. Hava tarafının kararsız ısı ve kütle transfer katsayılarını, soğutkan tarafının ısı transfer katsayısını, hava tarafı iç yüzey sıcaklığını ve ısı değiştiricisinin yüzey etkisini hesaplamışlardır. Isı değiştiricisindeki toplam iletkenlik ve basınç düşümünü; farklı hava giriş sıcaklıkları, bağıl nem, hava kütle akış oranı ve soğutkan sıcaklığı için incelemişlerdir.

Şeker vd (2004b); yukarıda verilen teorik analizlerin uygulamaya alınması sırasında yapılan deneysel verilerin bazılarını, birinci kısımda yaptıkları analitik model ile karşılaştırmışlar ve aralarında uygunluk sağladıklarını görmüşlerdir. Karşılaştırmaları; hava tarafı basınç düşümü ve toplam ısı transferi katsayıları üzerinde yapmışlardır.

Mon ve Gross (2004); dört sıra kanatlandırılmış borularda, kanat aralıklarının etkilerini, üç boyutlu nümerik çalışma ile araştırmışlardır. Sınır tabaka gelişimlerinin ve kanatlar arasındaki anaforların, kesin olarak kanat aralığı ve Reynolds sayısına bağlı olduğunu bulmuşlardır. Değişik kanat aralıklarına göre ısı transferi ve basınç düşümü sonuçlarını çalışmada elde etmişlerdir. Ayrıca nümerik sonuçları, literatürde mevcut korelasyonlarla da karşılaştırmışlardır.

Lee ve Oh (2004); tek geçişli paralel akışlı bir ısı değiştiricisinde, ısı transferi ve akışkanın akış karakterlerini incelemek ve optimum şeklini elde etmek için nümerik bir benzeşim yapmışlar ve parametrelerin optimum değerlerinin, Reynolds sayısının 5000 ile 20000 aralığındaki değerleri için geçerli olduğunu göstermişlerdir.

### 3. ISI DEĞİŞTİRİCİLERİ

Farklı sıcaklıklardaki iki veya daha fazla akışkan arasındaki ısı değişimi, mühendislik uygulamalarında en çok karşılaşılan durumlardan biridir. Bu ısı değişimlerinin sağlandığı cihazlara, ısı değiştiricisi veya eşanjör adı verilmektedir. Isı değiştiricileri pratikte, termik santrallerde, kimya endüstrilerinde, ısıtma, iklimlendirme, soğutma tesisatlarında, taşıt araçlarında, elektronik cihazlarda, alternatif enerji kaynaklarının kullanımında, ısı depolanması vb. birçok yerde bulunabilmektedir.

En basit ısı değiştiricisi, iki farklı sıcaklıktaki akışkanların karıştırılmasıdır. Ancak bu olay ısı değişiminden çok karıştırma olayı olarak tanımlanmaktadır. Genellikle ısı değiştiricilerinde akışkanlar bir ısı transferi yüzeyi ile birbirinden ayrılmaktadırlar.

Isı değiştiricisinde, ısı değişimi sırasında, yoğuşma ve buharlaşma gibi bir faz değişimi oluyorsa buna gizli ısı değiştiricisi, faz değişimi olmuyorsa buna da duyulur ısı değiştiricisi adı verilmektedir (Genceli 1999).

Isı değiştiricisi çeşitlerinden, gövde boru tipi ısı değiştiricisi en çok kullanım alanına sahip olmaktadır. Bu ısı değiştiricisinin, basit boru sistemine sahip olanlarından kompleks yüzeyli olanlarına kadar çok çeşitli cihaz şekilleri bulunmaktadır.

#### 3.1. Isı Değiştiricilerinin Sınıflandırılması

- Isı değiştiricileri;
- Isı değişim şekline
  - Yüzey yoğunluğuna
  - Konstrüksiyon özelliklerine
  - Akış şekline



- Akış sayısına
  - Isı transferi mekanizmasına
- göre altı grupta sınıflandırılmaktadırlar (Genceli 1999).

### **3.1.1. Isı değişim şekline göre sınıflandırma**

Isı değiştiricileri ısı değişim şekline göre doğrudan temaslı ve dolaylı temaslı olarak sınıflandırılmaktadırlar.

#### **3.1.1.1. Doğrudan temaslı ısı değiştiricileri**

Doğrudan temaslı ısı değiştiricilerinde, aralarında doğrudan temasın olduğu sıcak ve soğuk akışkanlar arasında ısı iletilmektedir. Bu ısı değiştiricilerinde akışkanlar karıştırılmaz cinsten olmalıdırlar.

Soğutma kuleleri ve tablalı yoğunlaştırucular, doğrudan temaslı ısı değiştiricisi sınıfında yer almaktadırlar.

#### **3.1.1.2. Dolaylı temaslı ısı değiştiricileri**

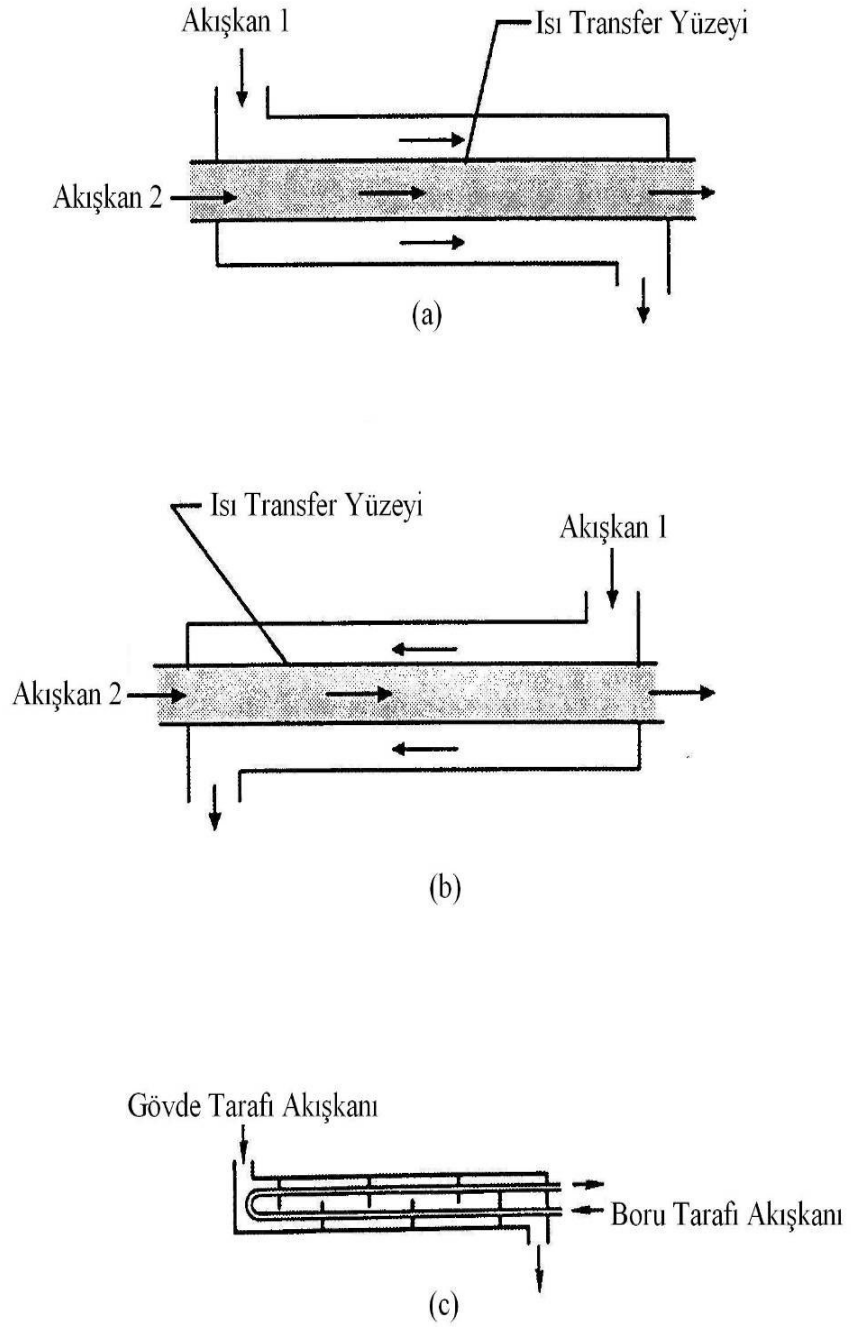
Dolaylı temaslı ısı değiştiricilerinde, sıcak ve soğuk akışkan arasındaki ısı geçişi bir ısı transferi yüzeyi boyunca sağlanmaktadır. Bu tip ısı değiştiricilerinde ısı transferi gerçekleşirken, sıcak ve soğuk akışkanlar aynı anda akarlar ve birbirlerine karışmazlar.

Bu ısı değiştiricileri;

- a) Doğrudan geçişli
- b) Depolamalı
- c) Akışkan yataklı
- d) Ateşlemeli

olmak üzere dört grupta incelenebilmektedir.

Şekil 3.1’de dolaylı temaslı ısı değiştiricisi örnekleri görülmektedir.



**Şekil 3.1** Dolaylı temaslı ısı değıştircisi örnekleri: (a) (b) çift borulu ısı değıştircisi, (c) gövde boru tipi ısı değıştircisi (Genceli 1999)

### 3.1.2. Yüzey yoğunluğuna göre sınıflandırma

Bu tip ısı değıştircilerinde, ısı transfer yüzeyinin en az bir tarafından gaz fazındaki akışkan akmaktadır. Levhalı - kanatlı, borulu – kanatlı ve rejeneratif tip ısı değıştircileri kompakt ısı değıştircileri sınıfına girmektedirler (Kakaç ve Liu 1997). Gaz akışkanların ısı taşınım katsayıları sıvılara göre daha düşük olduğundan, bir tarafından gaz diğer tarafından sıvı akan ısı değıştircilerinde, gaz tarafındaki yüzeyi artırmak gerekmektedir. Isı değıştircisinin kompaktlığı, yüzeye çeşitli şekillerde kanatların ilave edilmesi ile sağlanabilmektedir.

Borulu kanatlı kompakt ısı değıştircileri yuvarlak ve yassı borulardan meydana gelmektedir. Uygulama şekline göre, kanatlar içeride, dışarıda ya da her iki tarafta olabilmektedirler. Levhalı kanatlı ısı değıştircileri genellikle gazdan gaza olan uygulamalarda, borulu kanatlı ısı değıştircileri ise sıvıdan havaya olan uygulamalarda kullanılmaktadırlar (Genceli 1999).

### 3.1.3. Akışkan sayısına göre sınıflandırma

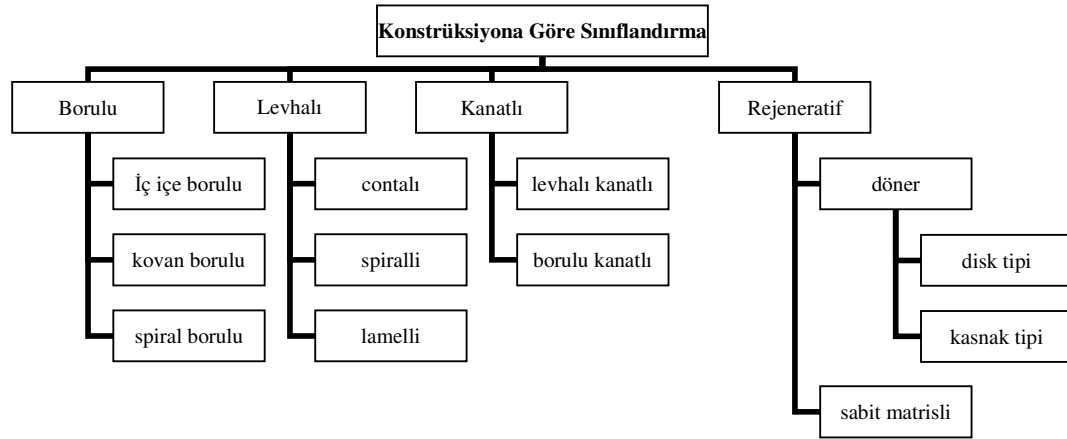
Isı değıştircileri; iki, üç ve çok akışkanlı olarak sınıflandırılmaktadırlar. Isı değıştircileri daha çok iki akışkanlı olmaktadır ancak üç akışkanlı ısı değıştircileri de kriyojenide geniş uygulama alanı bulmakta ve hava ayırma sistemleri, saflaştırma, hidrojenin sıvılaştırılması, amonyak sentezi gibi kimyasal ve proses endüstrilerinde de kullanılmaktadır (Genceli 1999).

### 3.1.4. Konstrüksiyon özelliklerine göre sınıflandırma

Konstrüksiyon özellikleri açısından en önemli ısı değıştircileri; borulu, levhalı, kanatlı rejeneratif ısı değıştircileridir.

Isı değıştircilerinin konstrüksiyon özelliklerine göre sınıflandırılması Tablo 3.1’de gösterilmektedir.

**Tablo 3.1** Isı değiştiricilerinin konstrüksiyon özelliklerine göre sınıflandırılması (Genceli 1999)



#### 3.1.4.1. Borulu ısı değiştiricileri

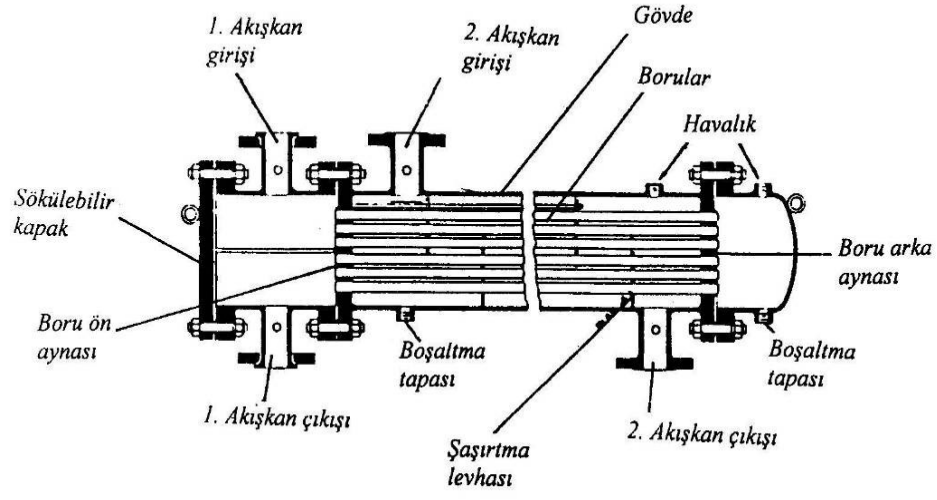
Borulu ısı değiştiricileri, dikdörtgen, eliptik ve çoğunlukla da dairesel borulardan meydana gelmekte ve akışkanlardan biri boru içinden akarken diğeri ise borunun dışından akmaktadır. Boruların çaplarının, sayılarının, uzunluklarının, merkezleri arası mesafelerinin ve boru düzenlerinin değişme imkanın olması, bu değiştiricilerin tasarımında önemli esnekliklerin bulunmasını sağlamaktadır (Genceli 1999).

Borulu ısı değiştiricileri kendi içinde üç grupta incelenmektedir.

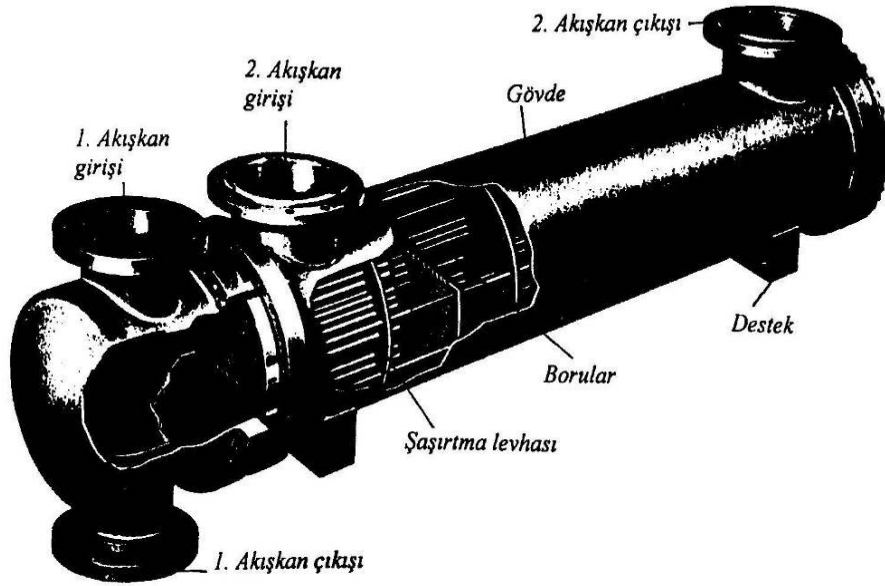
##### *a) Gövde Borulu Isı Değiştiricileri*

Bu ısı değiştiricisi, silindirik bir boru ile bunun içindeki birbirine paralel borulardan meydana gelmektedir. Akışkanlardan biri gövde içinden, diğeri ise boruların içinden akmaktadır. Boru demeti, gövde, boruların tespit edildiği ön ve arka aynalar ve gövde içindeki akışı yönlendiren perdeler ana elemanları oluşturmaktadırlar. Petrol rafinerilerinde, termik santrallerde, kimya endüstrisinde, nükleer santrallerde ve güç santrallerinde ön ısıtıcı olarak kullanılmaktadır.

Şekil 3.2’de gövde boru tipi bir ısı değiştiricisi görülmektedir.



a) Prensiş şeması



b) Isı değiştirici resmi

Şekil 3.2 Gövde boru tipi ısı değiştiricisi (Genceli 1999)

### b) Çift Borulu Isı Değişiricileri

Bu ısı değiştiricileri çoğunlukla aynı eksenli iki borudan yapılmakta ve akışkanlardan biri içteki borudan akarken, diğeri de iki boru arasındaki boşluktan akmaktadır. Değiştiricilerin birçok paralel ve seri düzenlemeleri yapılarak, basınç düşümü ve ortalama sıcaklık farkı gereksinimi karşılanabilmektedir. Düşük ısı transferi alanlarının gerektiği proses akışkanlarının duyulur ısıtılması ve soğutulmasında çift borulu ısı değiştiricileri kullanılmaktadır. Teorik analizleri basit ve temizlikleri kolay olan bu ısı değiştiricilerinin en büyük dezavantajları, büyük hacimler kaplamaları ve birim ısı transferi alanı için pahalı olmalarıdır (Genceli 1999).

### c) Spiral Borulu Isı Değiştiricileri

Bir veya daha çok borudan yapılmış spiral ile bu spiralin dışındaki bir depodan meydana gelmektedir. Spiral boruların ısı transfer katsayıları, düz borulara göre daha yüksek olmaktadır. Bu ısı değiştiricileri genellikle havuz ve depolardaki akışkanların sıcaklık kontrolünde kullanılmaktadırlar (Genceli 1999).

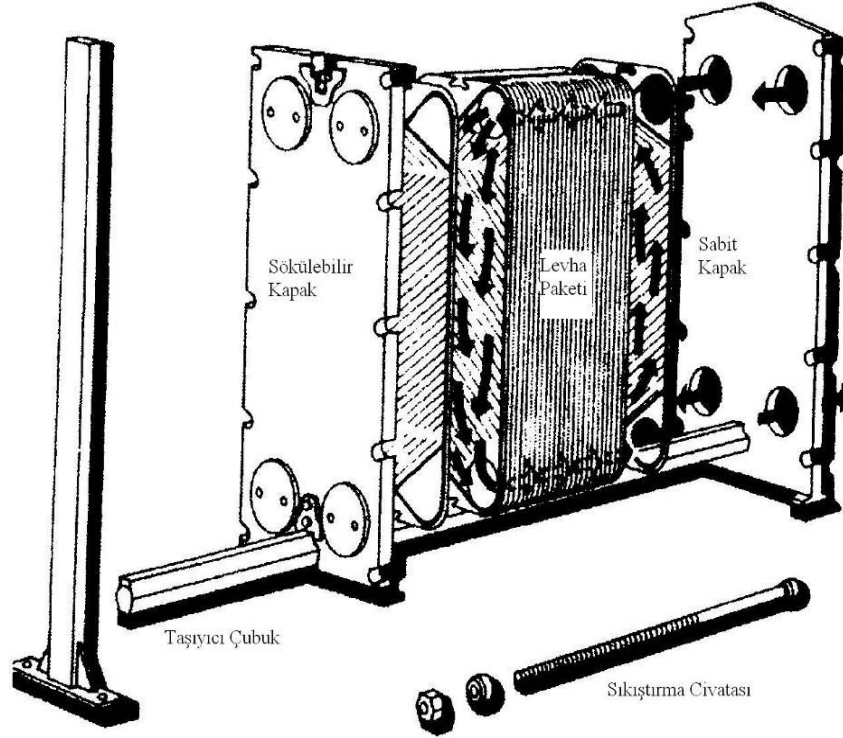
### **3.1.4.2. Levhalı ısı değiştiricileri**

Akış kanallarını oluşturan levhalardan yapılmaktadırlar ve akışkanlar da, oluklu kanatlar arasına sıkıştırılmış olan veya düz durumda bulunan yassı levhalarla ayrılmaktadırlar. Bu ısı değiştiricileri; contalı levhalı, spiral levhalı ve lamelli levhalı olmak üzere üç gruba ayrılmaktadırlar (Kakaç ve Liu 1997).

#### a) Contalı Levhalı Isı Değiştiricileri

Oluklu veya dalgalı şekilde ince levhalardan paketler yapılarak contalı levhalı ısı değiştiricileri oluşturulmaktadır ve bu oluklu ve dalgalı levhalar akışkanları birbirinden ayrılmaktadırlar. Metal levhalar arasında contalar bulunmaktadır. İstenildiği kadar levha ilave edilerek yüzey artırılabilir. Akışkanlar levhalar arası boşluklardan akmakta ve ısı transferi bütün levha yüzeyi boyunca olmaktadır. Temizlikleri kolay olduğu için besin, içki, süt, makyaj ve kağıt endüstrilerinde yaygın şekilde kullanılmaktadırlar (Genceli 1999).

Şekil 3.3’de contalı levhalı ısı değiştiricisi görülmektedir.

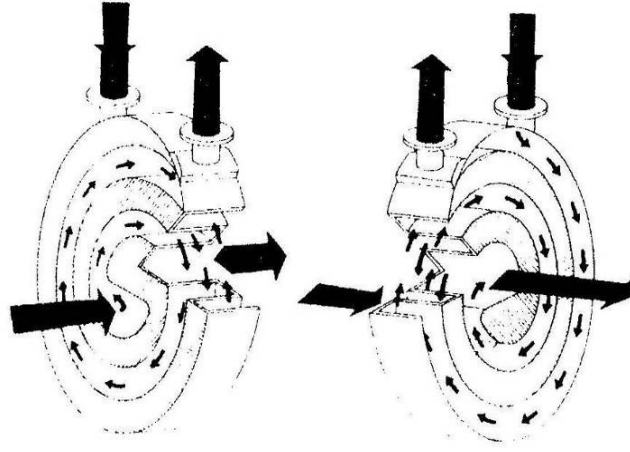


**Şekil 3.3** Contalı levhalı ısı değiştiricileri (Genceli 1999)

*b) Spiral Levhalı Isı Değiştiricileri*

Isı transfer yüzeylerinin levhalardan oluştuğu, silindirik borulardan oluşmadığı levhalı tip ısı değiştiricisidir. İki levha arasına sapmalar konularak düzgün boşluklar sağlanmaktadır. Akışkanlar birbirine ters veya paralel akacak şekilde dzenlenebilmektedirler. Temizlenmeleri kolay olduğu için tortu bırakan akışkanlar, bu ısı değiştiricilerinde rahatlıkla kullanılabilirlerdir (Genceli 1999).

Şekil 3.4’de spiral levhalı ısı değiştiricisi görülmektedir.



**Şekil 3.4** Spiral levhalı ısı değiştiricisinde akış yolları (Genceli 1999)

*c) Lamelli – Levhalı Isı Değiştiricileri*

Gövde içine yassılaştırılmış borulardan elde edilen bir boru demeti yerleştirilerek lamelli – levhalı ısı değiştiricisi elde edilmektedir. Bu yassılaştırılmış borular lamel olarak adlandırılır ve birbirine nokta veya elektrik dikiş kaynağı ile tutturulurlar. Akışkanlar birbirine göre ters veya paralel konumda akabilmektedirler. Bu ısı değiştiricileri, kağıt, besin ve kimya endüstrilerinde kullanılmaktadırlar (Genceli 1999).

**3.1.4.3. Kanatlı yüzeyli ısı değiştiricileri**

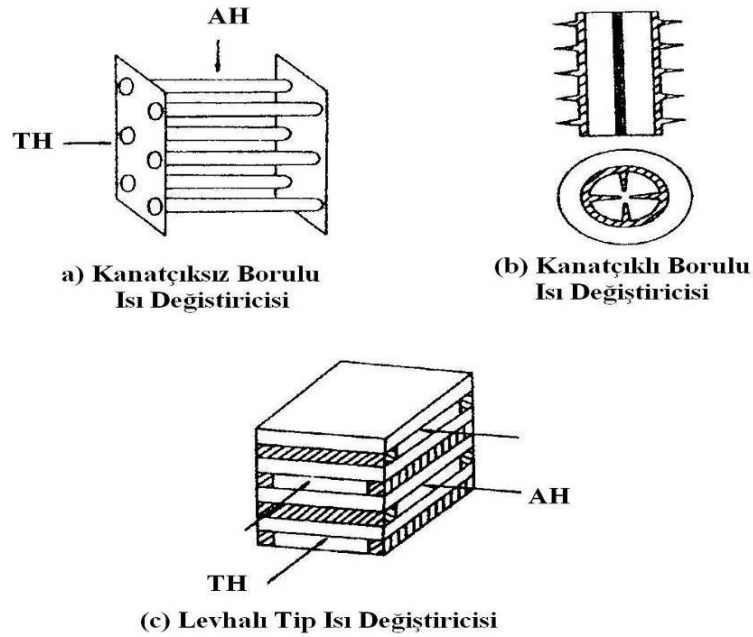
Bu ısı değiştiricilerinde, ısı transfer yüzeyini artırmak için ısı transferinin olduğu yüzeye kanatlar veya başka şekillerde çıkıntılar yapılmaktadır. Gaz tarafındaki ısı taşınım katsayısı, sıvı tarafındakinden daha düşük olduğu için genellikle kanatlar gaz tarafında kullanılmaktadır. Bunlar, levhalı kanatlı ve borulu kanatlı olmak üzere iki grupta incelenmektedirler (Kakaç ve Liu 1997).



a) Levhalı – Kanatlı Isı Değiştiricisi

Bu ısı değiştiricilerinde akışkanlar, oluklu kanatlar arasına sıkıştırılmış olan yassı levhalar ile birbirinden ayrılmaktadırlar. Genellikle akışkanlar arası sıcaklık farkının düşük olduğu ve düşük sıcaklık tesislerinde kullanılmaktadırlar. Bunların, paralel, ters veya çapraz akış şeklinde akış dzenlemesi yapılabilir. Kanatlar, paralel levhalar halindeki yzeyler arasına mekanik olarak preslenerek, lehimlenerek veya kaynak ile tutturulmaktadırlar. Kanatlar, döz, döz – delikli, testere dişli, dalgalı şekillerde olmaktadır. Levhalı – kanatlı ısı değiştiricileri, gaz ve buhar türbinleri, otomobil, kamyon, uçak motorları soğutma sistemleri, ısı pompaları, soğutma makineleri, klima tesisleri, elektronik devrelerin soğutulması, nükleer santraller ve kimya endüstrisinde kullanım alanı bulmaktadırlar (Genceli 1999).

şekil 3.5’de kanatsız borulu, kanatlı borulu ve levhalı tip ısı değiştiricileri gösterilmektedir.



**şekil 3.5** Kanatsız borulu, kanatlı borulu ve levhalı tip ısı değiştiricileri (Genceli 1999)

### b) Borulu – Kanatlı Isı Değiştiricileri

Bu ısı değiştiricileri bir tarafta gaz diğer tarafta sıvının bulunduğu durumlar için kullanılmaktadır. Gaz tarafındaki ısı taşınım katsayısı, sıvı tarafından daha düşük olduğu için genellikle kanatlar gaz tarafında kullanılmaktadırlar.

Kullanılan kanatlar boru eksenine dik, eksene paralel, çaprazlama veya helisel şekillerde olabilmektedirler.

Boru eksenine paralel kanatlar genellikle çift borulu veya perdesiz gövde borulu ısı değiştiricilerinde kullanılırken, kanatların boru içinde olduğu durumlar ise soğutma sistemlerindeki kondenser ve evaporatörlerde kullanılmaktadır. Kanatlar boru cidarına; döküm, kaynak, lehim veya sıkı geçme yöntemlerinden biri ile tutturulmaktadır.

Borulu – kanatlı ısı değiştiricileri, güç santralleri, pervaneli soğutma grupları, taşıtlar, klima cihazları ve soğutma tesisatlarında kullanılmaktadırlar (Kakaç ve Liu 1997).

### **3.1.4.4. Rejeneratif ısı değiştiricileri**

Rejeneratif ısı değiştiricileri, ısıyı depolayarak transfer etmektedirler. Döner ve sabit dolgu (matris) maddeli olmak üzere iki gruba incelenmektedirler (Genceli 1999).

#### a) Döner Dolgu Maddeli Isı Değiştiricileri

Bu ısı değiştiricileri, disk ve silindir (kasnak) şeklinde olmak üzere iki gruba ayrılmaktadırlar. Disk tipinde, ısı transferinin gerçekleştiği yüzey disk şeklinde ve akış da aksel yöndedir. Kansa tipinde ise dolgu maddesi, içi boş silindir şeklinde olup, akış radyal yöndedir. Bunlar, gaz türbinleri ve taşıtlarda kullanılmaktadırlar.

#### b) Sabit Dolgu Maddeli

Bu ısı değiştiricilerinde, gaz akış yönü, sabit dolgu maddesine ve sabit dolgu maddesinden başka yöne saptırılmaktadır. Sürekli bir çalışmanın sağlanabilmesi için

aynı tipten en az iki rejeneratöre gerek duyulmaktadır. Bunlar, cam fabrikalarında, yüksek fırınlarda ve düşük sıcaklık işletmelerinde, havanın ayrılmasında kullanılmaktadırlar.

### **3.1.5. Akış şekline göre sınıflandırma**

Isı değiştiricilerinde, değişik akış düzenlemeleri, ortalama logaritmik sıcaklık farkını, etkenliği ve ısıl gerilmeleri çok fazla etkilemektedir. Isı değiştiricileri akış şekline göre, tek geçişli ve çok geçişli olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (Kakaç ve Liu 1997).

#### **3.1.5.1. Tek geçişli ısı değiştiricileri**

Tek geçişli ısı değiştiricileri, paralel, çapraz, ters akışlı olmak üzere üç grupta toplanmaktadır.

##### a) Paralel Akışlı

Paralel akış şeklinde, akışkanlar ısı değiştiricisinin bir tarafından girmekte ve aynı doğrultuda akarak değiştiricinin diğer tarafından çıkmaktadırlar. Isıl gerilmelerin istenmediği durumlarda bu ısı değiştiricileri kullanılmaktadır.

##### b) Ters Akışlı

Ters akışlı ısı değiştiricilerinde, akışkanlar değiştirici içerisinde birbirlerine göre ters yönde akmaktadırlar. Bu ısı değiştiricilerindeki ortalama logaritmik sıcaklık farkı, diğer akış düzenlemelerine sahip ısı değiştiricilerine göre daha büyük olmaktadır.

Diğer akış düzenlemelerinde çalışan ısı değiştiricilerine göre, ters akışlılar daha kompakttırlar fakat imalat güçlükleri ve ısıl gerilmeleri nedeniyle uygulamalarda çok fazla tercih edilmemektedirler.

### c) Çapraz Akışlı

Çapraz akışlı ısı değiştiricilerinde, akışkanlardan biri ısı transferinin gerçekleştiği yüzey boyunca ve diğer akışkanında akış yoluna dik olacak şekilde akmaktadır. Değiştiricide akan akışkanlar, akış sırasında kendisi ile karışabilmekte veya karışmayabilmektedirler.

Çapraz akışlı ısı değiştiricilerinin etkinliği, paralel ve ters akışlı ısı değiştiricilerinin etkinliklerinin arasında olmaktadır. İmalatlarının kolay olması nedeniyle, kompakt ısı değiştiricilerinin büyük çoğunluğu çapraz akışlı düzenleme yapılarak kullanılmaktadır.

### **3.1.5.2. Çok geçişli ısı değiştiricileri**

Üç esas tek geçiş işlemi, ısı değiştiricisi içinde değişik şekillerde ard arda seri halde düzenlenerek çok geçişli ısı değiştiricileri oluşturulabilmektedir.

Bu ısı değiştiricilerinin diğerlerine göre en büyük avantajları, etkinliklerinin daha iyi olmasıdır. Isı değiştiricilerinde geçiş sayısı ne kadar fazla ise, ters akımlı düzenlemeye yaklaşım o kadar iyidir.

Bu ısı değiştiricileri, kanatlı yüzeylerde, gövde – boru tiplerinde ve levhalı tiplerde değişik düzenlemelerde imal edilebilmektedirler.

### a) Çapraz – Ters Akışlı

Çapraz ters akışlı düzenleme daha çok kanatlı yüzeyli ısı değiştiricilerinde uygulanmaktadır. Bu düzenlemede, iki veya daha fazla sayıda çapraz geçiş arka arkaya ters akışlı olarak seri halde bağlanmaktadır.

Isı değiştiricisi etkinliği, her bir geçişteki akışkanların karışıp karışmamasına ve geçiş sayısına bağlı olmaktadır.

b) Çapraz – Paralel Akışlı

Bu düzenleme, çapraz ters akışlı düzenlemeye çok benzemektedir fakat akışkanların birbirlerine göre akışları paraleldir. Sistemin etkenliği, geçiş sayısı artırılarak, tek geçişli paralel akışlı ısı değiştiricisinin etkenliğine yaklaştırılabilmektedir.

c) Gövde Akışkanının Karıştığı, Paralel – Ters Akışlı

Gövde borulu ısı değiştiricilerinde en çok bu düzenleme kullanılmaktadır. Sistemde borular bir uçlarından tespit edildikleri için ısı gerilmeler çok az olmaktadır.

Gövde tarafı akışkanı karıştığı için, gövdenin herhangi bir kesitindeki akışkan sıcaklığı sabit kalmakta ve böylelikle de boru içindeki akışkanın yönü değişse de ısı değiştiricisinin etkenliği aynı kalmaktadır.

d) Gövde Akışkanı Karışmış, Ayrık Akışlı

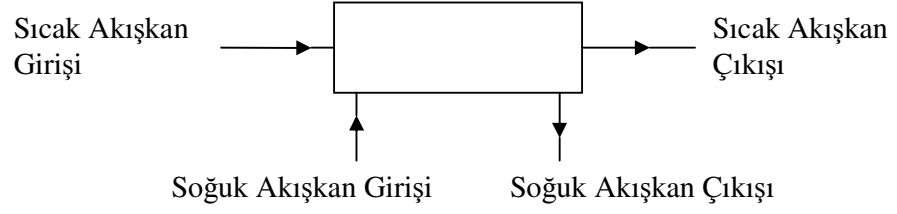
Bu akış düzenlemesinde boyuna perdeler kullanılmakta ve tek bir çıkış ağzı olmaktadır.

e) N Paralel Levha Geçişli

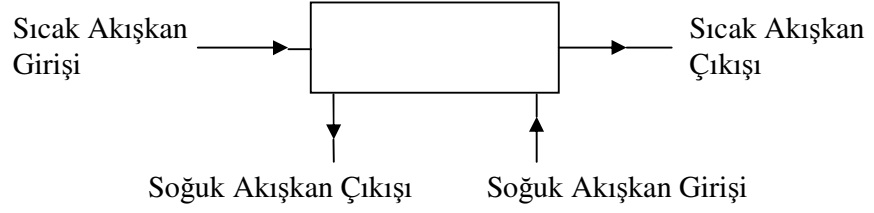
Levha tipi ısı değiştiricilerinde, levhalar çok çeşitli şekillerde düzenlenerek çok geçişli akışlar elde edilebilmektedir.

Levha tipi ısı değiştiricilerinde bu düzenlemeler sadece conta yeri değiştirilerek yapılabilmektedir.

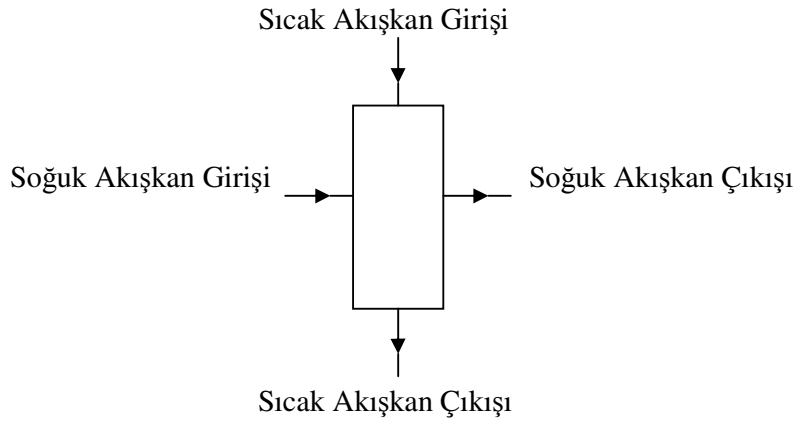
Şekil 3.6'de ısı değiştiricilerindeki akış yolları gösterilmektedir.



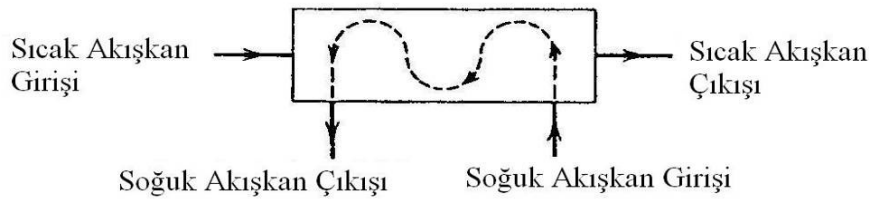
**a) Paralel Akış**



**b) Ters Akış**



**c) Tek Geçişli Çapraz Akış**



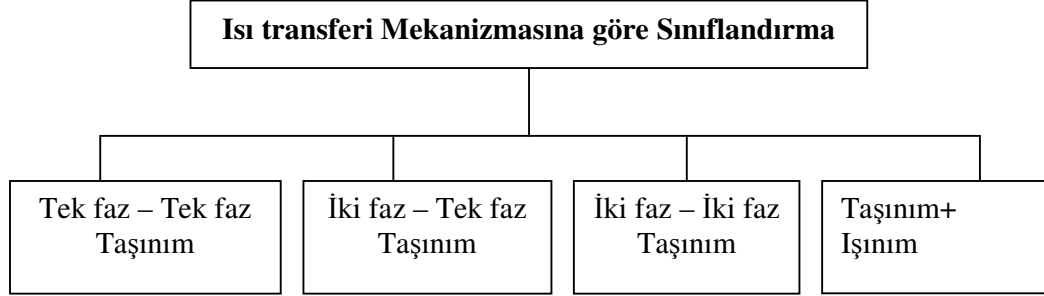
**(d) Çok Geçişli Çapraz Akış**

**Şekil 3.6** Isı değıştiricilerindeki akış yolları (Genceli 1999)

### 3.1.6. Isı transferi mekanizmasına göre sınıflandırma

Isı değiştiricilerinin ısı transferi mekanizmasına göre sınıflandırılması Tablo 3.2’de gösterildiği gibi olmaktadır.

**Tablo 3.2** Isı değiştiricilerinin ısı transferi mekanizmasına göre sınıflandırılması (Genceli 1999)



#### 3.1.6.1. İki tarafında tek fazlı ısı taşınımı olan ısı değiştiricileri

Bu ısı değiştiricilerinin her iki tarafındaki ısı taşınımı, zorlanmış olabildiği gibi doğal taşınım da olabilmektedir.

Otomobil radyatörleri, salon ısıtıcıları, buhar kazanları ekonomizerleri, hava ısıtıcıları, kompresör iç soğutucuları, yağ soğutucuları en önemli uygulamalarıdır.

#### 3.1.6.2. Bir tarafında tek fazlı diğer tarafında iki fazlı ısı taşınımı olan ısı değiştiricileri

Bu ısı değiştiricilerinin bir tarafında tek fazlı, diğer tarafında ise kaynamakta veya yoğuşmakta olan çok fazlı akış durumu söz konusudur.

Soğutma sistemlerinin yoğuşturucu ve buharlaştırıcısı ile termik santralleri yoğuşturucuları bu tip ısı değiştiricisine girmektedirler.

### **3.1.6.3. İki tarafında iki fazlı ısı taşımını olan ısı değiştircileri**

Bu ısı değiştircilerinin her iki tarafında da çok fazlı akış söz konusudur ve bir tarafta buharlaşma olurken diğer tarafta yoğuşma olmaktadır. Bu tip ısı değiştircileri hidrokarbonların distilasyonunda buharın yoğuşturulması için kullanılmaktadırlar.

### **3.1.6.4. Taşımın ve ışınımın birlikte gerçekleştiği ısı değiştircileri**

Buhar kazanları kızdırcıları ve yüksek sıcaklıkta çalışan sabit dolgu maddeli rejenaratrler, taşımın ve ışınımın bir arada olduğu ısı değiştircileridirler (Genceli 1999).



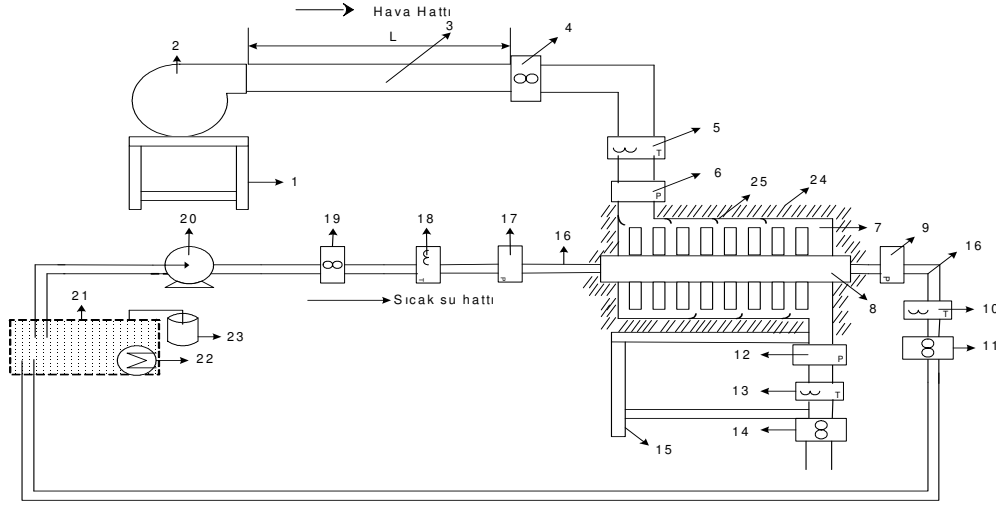
## **4. DENEYSEL YÖNTEM VE ÖLÇÜM CİHAZLARININ TANITIMI**

### **4.1. Deneysel Çalışma**

Bu çalışmada, delinmiş kanatlı, boru – kanat tipi ısı değiştiricilerinde, kanatın dip kısmında, ısıtıcı boru yüzeyine yakın bölgede yaratılan açısız türbülansın ısı transferi ve basınç düşümüne etkisini inceleyebilmek için deneyler yapılmıştır. Kanatlandırılarak yüzeyi genişletilmiş ısıtıcılarda, hava tarafı ısı taşınım katsayısını etkileyen en önemli faktörün hava ile yüzey arasındaki akışkan film tabakasının kalınlığı olduğu bilinmektedir. Isı taşınımına karşı direnç oluşturan bu tabakanın kalınlığı, kanatlar üzerinde ve ısıtıcı borunun dış gövdesi üzerine çok yakın bölgede belirli açısız konfigürasyonlarda açılmış dairesel akış delikleri vasıtasıyla yaratılan türbülansla bozularak, bu direnç tabakasının gelişmesi ve büyümesi engellenmeye çalışılmaktadır. Böylece; akışkan hava ile sıcak yüzeyler arasındaki taşınımınla ısı transferinin artırılacağı düşünülmektedir. Bu anlamda en uygun açısız delik yerleşim konumunun akış şekline, geometriye ve çalışma koşullarına göre ne olduğu ile bu esnada oluşabilecek basınç kayıplarının tespit edilmesi hususları bu çalışmada, üzerinde durulan başlıca araştırma konularıdır. Deneysel çalışmada, Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) biriminden sağlanan mali destek ile imal edilen bir deneysel düzenek kullanılmıştır.

### **4.2. Deney Düzenegi**

Uygulamada karşılaşılan, kanatlandırılmış borulu ısıtma sistemleri yaygın olarak sıvı/gaz türü ısı değiştiricileridir. Bu nedenle boru içinden su ve boru dışından hava geçen deneysel düzenek imal edilmiştir. Deney düzeneginin tüm kontrolleri bilgisayar ortamında yapılmış ve elde edilen ölçüm değerleri de yine bilgisayar ortamında gözlenmiştir. Bu düzenek Şekil 4.1’de gösterilmektedir.



**Şekil 4.1** Çalışmada kullanılan kanat – boru tipi ısı değıştiricisi ile ilgili deney düzeneğinin şematik gösterimi

Burada;

1- Deney seti sehpaşı, 2- Fan, 3- Hava kanalı, 4 ve 14- Hava debisi ölçeri, 5 ve 13- Hava tarafı sıcaklık ölçeri, 6 ve 12- Hava tarafı basınç ölçeri, 7- Isı değıştiricisinin dış gövdesi, 8- Isı değıştiricisinin kanatlı iç borusu, 9 ve 17- Su tarafı basınç ölçeri, 10 ve 18- Su tarafı sıcaklık ölçeri, 11 ve 19- Su debisi ölçeri, 15- Deney seti sehpaşı, 16- Siyah boru, 20- Pompa, 21- Sıcak su tankı, 22- Termostat rezistanslı ısıtıcı, 23- Genleşme deposu, 24- 10 mm kalınlığındaki Polietilen levha yalıtım malzemesidir, 25- Saptırıcı ve bunların gerekli teknik özellikleri ise;

1 – Deney Seti Sehpaşı: Fan girişindeki havanın ortam koşullarından etkilenmemesi için, havayı emen fan zeminden 1 m mesafedeki sehpa üzerine yerleştirilmiştir.

2 – Fan: Isıtılan akışkan olarak hava kullanıldığından farklı hava debilerinde ısıtma gücünün bulunabilmesi için değışken devrildir ve ortam havasının hava kanalına girmesini sağlamaktadır.

Bu sistemlerin pratikteki kullanım alanları dikkate alınarak, maksimum 4000 m<sup>3</sup>/h debi ve 70 mmss basınç değeriinde çalışan fan alınmıştır.

3 – Hava Kanalı: Fan tarafında temin edilen ve ısıtıcıda ısıtılan havanın geçtiği kanaldır.

Kanaldan geçen havanın ısı değiştiricisine girişteki debisi tam gelişmiş koşullarda ölçülmelidir. Bu nedenle fan ile debi ölçer arasındaki mesafe (L), bu durum dikkate alınarak 3 m değerinde alınmıştır.

4 ve 14 – Hava Debisi Ölçeri: Isıtılan havanın, ısı değiştiricisine girişteki ve çıkıştaki debisi ölçülmüştür.

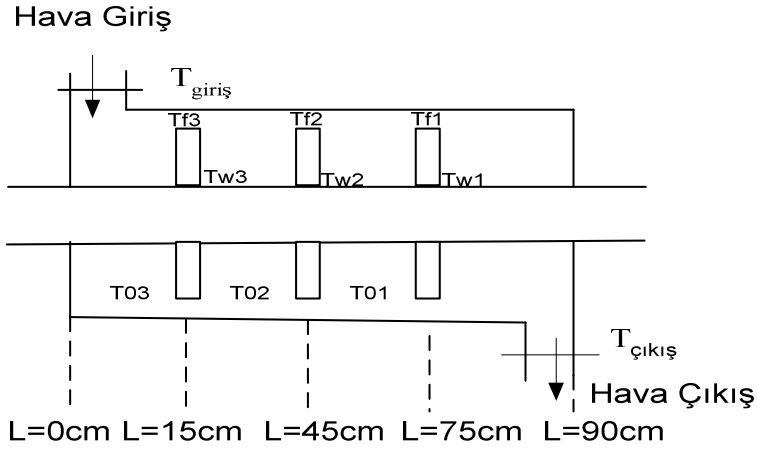
Debi ölçme işleminin çok hassas olarak yapılması, enerji dengesi ve ısıtma kapasitesinin belirlenmesinde kullanılacak korelasyonların uyumu açısından gereklidir. Bu nedenle, 0,6.....40m/s ölçme aralığında çalışan  $\pm 0,2$  m/s hassasiyetine sahip, pervane tipi, Testo 435 debi ölçer alınmıştır. Bu debi ölçer Şekil 4.2'de gösterilmektedir.



**Şekil 4.2** Testo 435 debi ölçer

5 ve 13 – Hava Tarafı Sıcaklık Ölçeri: Hava tarafının girişteki ve çıkıştaki sıcaklıklarını ölçmektedir. Pratikte ısıtılmış havanın, evsel veya endüstriyel ısıtma, iklimlendirme sistemleri, sera ve kurutma işlemlerinde kullanımı göz önüne alınarak havanın maksimum çıkış sıcaklığı olarak 80°C alınması uygun görülmüştür. Bu sıcaklık aralığında, en uygun ölçme hassasiyetine sahip,  $\pm 0,5(-200^{\circ}\text{C}.....+300^{\circ}\text{C})$  ölçüm

aralığında çalışan T tipi bakır constant termocouple havanın giriş ve çıkış sıcaklıklarının tespitinde kullanılmıştır.



**Şekil 4.3** Isı değiştiricisinin hava tarafındaki sıcaklık ölçüm noktaları

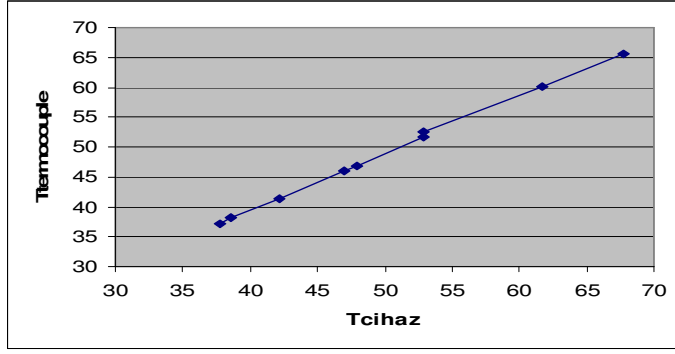
Hava tarafında sıcaklık ölçümleri, ısı değiştiricisinin giriş ve çıkış kısımları dışında, kanat ucu, boru dış yüzeyi (kanat dibi) ve iki kanat arasındaki kısımlarda da yapılmıştır.

Boru boyu 900 mm olan kanatlı borunun, Şekil 4.3’de görüldüğü gibi 15 cm, 45 cm, 75 cm mesafelerindeki kanat dibi, kanat ucu sıcaklıkları ve bu noktalardaki iki kanat arasındaki hava sıcaklıkları da ölçülmüştür.

Su tarafı sıcaklık ölçeri ile hava tarafı sıcaklık ölçeri arasında dönüşüm eğrisi oluşturuldu; bunun için, su tarafı için alınan ve kalibreli gelen Testo 950 sıcaklık ölçeri ile birlikte termocoupleler aynı anda belirli bir sıcaklıktaki su banyosuna daldırılarak denge koşullarına gelinceye kadar beklenildi.

Her birinin gösterdiği değerler okundu. Bu işlem dokuz adet farklı akışkan sıcaklığı için yapıldı.

Elde edilen veriler x – y eksen takımına yerleştirilerek, aralarındaki ilişki belirlendi. Bu durum Şekil 4.4’de gösterilmektedir.



**Şekil 4.4** Dokuz adet farklı akışkan sıcaklığında, su sıcaklığı ölçen cihaz ile termocouple arasındaki ilişki

6 ve 11- Hava Tarafı Basınç Ölçeri: Çalışmamızda hem emme hem de basma hattına göre ölçümler yaptığımız için, her iki duruma göre çalışabilen ve hava giriş ve çıkış basınç farklarını gösteren, 0 – 25 mbar ölçüm aralığında çalışan,  $\pm 0,16$  mbar hassasiyetine sahip Testo 360 basınç ölçeri ile ölçümler yapılmıştır.

7- Isı değiştiricisinde kanat dış çapı ile ısı değiştiricisi gövdesinin iç yüzeyi arasındaki toplam çevresel dik hava akış yüksekliğidir. Bu mesafe  $h = 0,25D$ 'ye göre belirlenmektedir. Bu mesafe saptırıcıların ve kanatlı ısıtıcının dış gövde içine yerleştirilmesi açısından gerekli görülmüştür.

Burada;

$h$  – Kanat dış çapı ile dış gövde arasındaki mesafe (m)

$D$  – Kanat dış çapı (m)

$n$  göstermektedir.

8- İçinden ısıtıcı suyun geçtiği dış yüzeyi kanatlandırılmış borudur. Boru malzemesi galvanizli su borusu ve kanat malzemesi ise galvanizli sac'dır. Borunun dış çapı 29 mm olarak ve kanat malzemesinin dış çapı da 87 mm olarak alınmıştır.

Her ikisine ait ısı iletim katsayıları Gazi Üniversitesi, Mimarlık Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümünde test edilerek belirlenmiştir.

9 ve 17- Su Tarafı Basınç Ölçer: Isıtıcı suyun ısı değiştiricisine girişteki ve çıkıştaki basınçlarını ölçmektedir. Çalışmamızda  $\pm 0,2$  mbar hassasiyete sahip basınç ölçer kullanılmıştır.

10 ve 18- Su Tarafı Sıcaklık ler: Çalışmamızda, suyun ısı değiştiricisine giriş ve çıkıştaki sıcaklıklarını ölçmek için  $\pm 0,1^\circ\text{C}$  ( $-50\dots\dots+100^\circ\text{C}$ ) aralığında alışan Testo 950 sıcaklık leri kullanılmıştır. Bu sıcaklık ler Şekil 4.5'de gösterilmektedir.



**Şekil 4.5** Testo 950 sıcaklık ölçer

11 ve 19- Su Debisi leri: Isıtıcı suyun, ısı değiştiricisine girişteki ve çıkıştaki debisi lmektedir.

En fazla  $5 \text{ m}^3/\text{h}$  debi değerinin çalışmamız için yeterli olacağı görülmüş ve bu nedenle ölçüm aralığı  $2,5\dots\dots 10000 \text{ l/h}$  olan debi ölçer ile ölçüm yapılmıştır.

15- Deney Seti Sehpası: Test edilen ısı değiştiricisinin, ekipmanları ile birlikte üzerinde bulunduğu sehpadır.

16- Havayı ısıtan suyun ısı değiştiricisine kadar taşınmasını sağlayan siyah borudur.

20- Pompa: Havayı ısıtan sıcak suyun, su tankından ısı değiştiricisine taşınmasında, devri ayarlanabilen, 5 m<sup>3</sup>/h debi ve 6 – 7 mss basınç aralığında çalışan bir pompa kullanılmıştır.

21- Sıcak Su Tankı: Isı değiştiricisinden geçerken havayı ısıtan suyun yeniden ısıtıldığı tanktır ve 250 litre hacindedir.

22- Termostat Rezistanslı Isıtıcı: Su tankında bulunan suyu ısıtmak için kullanılmaktadır.

Tank içine yerleştirilen uygun ısıtıcı, sistemin ısıtma kapasitesi dikkate alınarak belirlenmiştir.

23- Genleşme Deposu: Su tankında bulunan suyun ısıtılması durumunda, su hacminde oluşacak hacimsel genleşmenin toplanmasını sağlamaktadır.

24- Isıtıcı boru uzunluğunun küçük olması ve suyun cp değerinin büyük olması nedeniyle, çevreye olan ısı kaybını engelleyerek daha hassas sonuçlar elde etmek için 10 mm kalınlığındaki Polietilen levha yalıtım malzemesi ile, kanatlı borunun içine yerleştirildiği gövde yalıtılmıştır.

25- Saptırıcı: Dış gövdenin iç yüzeyine yerleştirilmiş, bu elemanlarla havanın ısıtıcı boru içindeki gidiş yolu uzatılmış ve sıcak yüzeylerle temas süresi artırılmıştır. Böylece ısı transferi artırılmıştır.

Hava tarafı ve su tarafı için kullanılan ölçüm cihazlarının hepsi kalibre edilmiş şekilde temin edilmiştir.

şekil 4.6'da da deney düzeneğinin resmi görölmektedir.



**Şekil 4.6** Çalışmada kullanılan, Üniversitemizin maddi desteği ile imalatını gerçekleştirdiğimiz kanat - boru tipi ısı değıştiricisi ile ilgili deney düzeneğinin resmi

#### **4.2.1. Kanatlı ısıtıcı boru ve dış gövde imalatı**

Üzerine sac kanatın geçirildiği ısıtıcı boru, 29 mm dış çapında ve 2mm et kalınlığında dikişsiz galvanizli su borusudur ve standart uzunluğu 6m olup piyasadan temin edilmiştir.

Şekil 4.7’de ısıtıcı boru gösterilmektedir.





**Şekil 4.7** Üzerine sac kanat geçirilmeden önceki ısıtıcı boru

Bu boru elektrikli testere ile 900 mm boyunda kesilmiştir ve Şekil 4.8’de bu durum gösterilmektedir.



**Şekil 4.8** Isıtıcı borunun elektrikli testere ile kesilmesi

Borunun üzerine çakılan sac kanatların imalatı için; 1x2 m boyutlarında bir tabaka galvanizli sac alınmış ve bu, önce 1x0,090 m boyutlarında giyotin makas ile kesilmiştir. Bu kesilen parçalar ilgili kalıpta 87 mm çapında kesilmiş ve daha sonra göbek deliği açmak için, ayrı bir kalıba birer tane yerleştirilerek eksantrik preste ısıtıcı boru çapında delinmiştir.

Bu durum Şekil 4.9'da gösterilmektedir.



(a)



(b)

**Şekil 4.9** (a) Sac kanatların, hazırlanan kalıp ile eksantrik preste, ısıtıcı boru çapında göbek deliğinin açılması, (b) Üzerine delik açılmış sac kanat

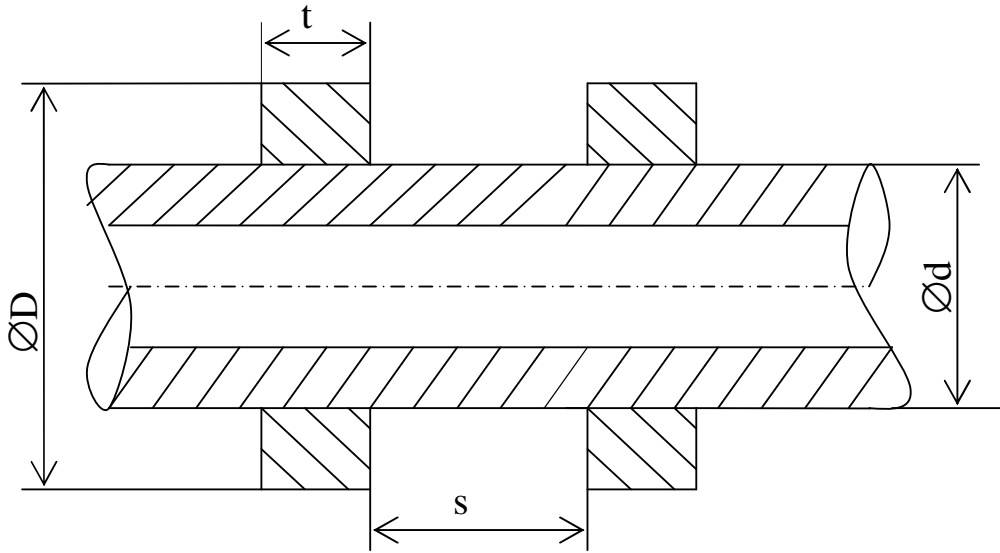
Şekil 4.9'da gösterildiği gibi göbek deliği açılan sac kanat daha sonra 29 mm dış çapında, 2 mm et kalınlığında ve 900 mm uzunluğundaki galvanizli dikişsiz ısıtıcı boruya, kanatın boruya çakılırken deforme olmasını engellemek için, kanat dış çapından büyük bir çapa sahip yardımcı aparatın kanata destek vermesi ile kanatlar boru üzerine çakılmıştır.

Bu durum Şekil 4.10'da gösterilmektedir.



**Şekil 4.10** Kanatın boruya çakılmasında yardımcı aparatın kullanılması

En son aşamada da, kanatlı boru tornaya bağlanarak tornadaki ara kalemlerle kanatlar arasına girilmiş ve böylece ara mesafeler düzeltilmiştir.  $D$  kanat çapı,  $L$  ısıtıcı boru uzunluğu,  $s$  kanatlar arası mesafe,  $d$  ısıtıcı boru çapı ve  $t$  kanat kalınlığı olmak üzere, sac kanatlar ısıtıcı boruya çakıldıktan sonraki, kanatlı ısıtıcı borunun şematik durumu Şekil 4.11’de gösterilmektedir.



**Şekil 4.11** Kanatlı ısıtıcı borunun şematik gösterimi

Ayrıca, deney ünitesinde kullanılan, kanat sayısı ( $n$ ), ısıtıcı boyu ( $L$ ) ve kanatlar arası mesafe ( $s$ ) dikkate alınarak,

$$n = L/s' \quad (4.1)$$

ifadesine göre belirlenmiştir. Burada  $s'$  ise;

$$s' = s + t \quad (4.2)$$

ifadesi ile bulunmaktadır. Denklem (4.1) ile ısıtıcı boru üzerindeki kanat sayısı, denklem (4.2) ile de  $s'$  değeri belirlenmektedir.

Çalışmada öngörülen optimum koşulların belirlenmesi için geniş bir geometrik alanda çalışmalar yapılmıştır. Şekil 4.11'de gösterilen kanatlı borunun boyutlandırılmasında, ısıtıcıların pratikteki kullanım alanları dikkate alınmıştır.

Çalışmada öngörülen farklı boru çapı, kanat aralıkları ve kanat çaplarına göre yapılan kanatlı borulara ait geometrik tasarım aralıkları Tablo 4.1'de gösterilmektedir.

**Tablo 4.1** Yapılan kanatlı boruların farklı geometrik değerleri

d (mm)	D (mm)	s (mm)	D/d	s/d	t (mm)	L (mm)
29	87	4	3	0,138	0,50	900
		8		0,276		
		10		0,345		
		12		0,414		
		15		0,517		

Dış çapı 154 mm olan 2 mm et kalınlığındaki dikişli boru, kanatlı borunun içine yerleştirileceği gövdeyi oluşturmaktadır.

Gövdenin üzerine flanşlar kaynatılmış, iç borunun da bir tarafına dış açılarak flanş vidalanmış ve bu şekilde iç borunun sökölüp takılma imkanı sağlanmıştır. Ayrıca iki flanş arasına da mantar conta konarak sızdırmazlık sağlanmıştır.

Kanatlı olan iç boru gövde içine yerleştirilmeden önce bunun her iki tarafına standart boru dişi açılmıştır (Bu dişlerden biri boru içine diğeri de boru dışına açılmıştır).

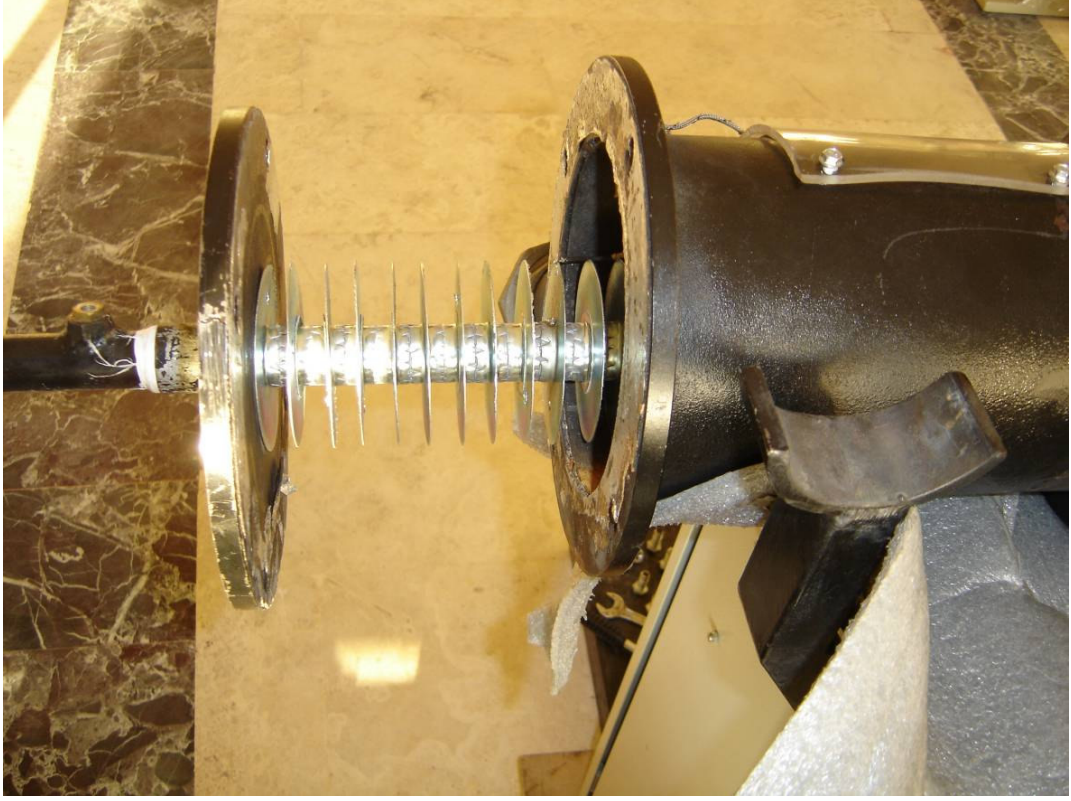
Her iki yanına standart boru dişi açılan kanatlı boru Şekil 4.12’de gösterilmektedir.



**Şekil 4.12** Her iki yanına standart boru dişi açılan kanatlı boru

Kanatlı borunun iki tarafına diş açıldıktan sonra, üzerine maşon kaynatılan flanş ise bu kanatlı borunun bir tarafına monte edilmektedir. Gövdenin iki yanına da flanşlar merkezlenip, önce puntalanıp sonra balans alınarak kaynatılmışlardır. Flanş 200 mm çapındadır.

Kanatlı iç boru gövdeye bir tarafından vidalanıp, diğ er tarafından flanş kaynatılarak gövde boru bağlantısı sağlanmıştır. Gövde ile kanatlı borunun bağlantısı Şekil 4.13’de gösterilmektedir.



**Şekil 4.13** Gövde ile kanatlı borunun birbirine bağlanması

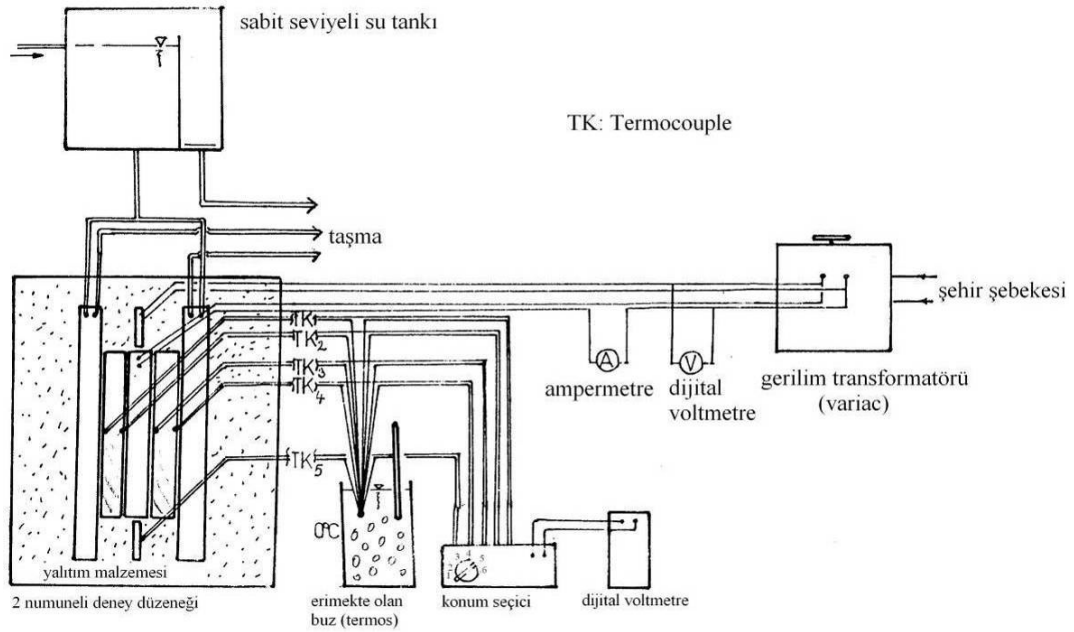
Ayrıca gövdenin iç yüzeyine yarıçap boyunca saptırıcılar konmuştur. Bunlardan iki tane gövdenin girişine, iki tane de çıkışına konabilmiştir.

#### **4.2.2. Kanatlı boruda kullanılan galvanizli demir boru ve galvanizli sac malzemelerinin emisivite ve ısı iletim katsayısı değerlerinin tespiti**

##### **4.2.2.1. Galvanizli demir borunun ve galvanizli sacın ısı iletim katsayılarının tespiti**

Malzemelerin ısı iletim katsayıları, Gazi Üniversitesi, Mimarlık Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümünde bulunan ve plaka yöntemini kullanarak bu katsayıyı tespit eden bir deney düzeneği ile tespit edilmiştir.

Plaka metodu ile  $-20^{\circ}\text{C}$  ile  $100^{\circ}\text{C}$  sıcaklık aralığındaki malzemelerin sürekli şartlardaki ısı iletim katsayıları belirlenebilmektedir. Plaka yöntemi ile ısı iletim katsayısını tespit eden deney düzeneği Şekil 4.14'de gösterilmektedir.



**Şekil 4.14** Plaka yöntemi ile ısı iletim katsayısını ölçen deney düzeneğinin şematik görünümü

Ölçüm yapılırken hazırlanan iki numune deney düzeneğine yerleştirilmiştir. Numunelerin soğutucu plaka ve ısıtıcı plakaya değen yüzeylerinin sıcaklıklarını ölçmek amacıyla 1 nolu termocouple birinci numunenin soğuk yüzeyine, 2 nolu termocouple de sıcak yüzeyine ve yüzeylerin orta noktalarında numunelerin 5 mm derinliğine yerleştirilmiştir. 3 ve 4 nolu termocouple'lerde ikinci numunenin yüzeylerine yerleştirilirken 5 nolu termocouple koruyucu ısıtıcı yüzeyinin ortasına yerleştirilmiştir. Soğutucu plakaların soğutulması için deney düzeneğinden yaklaşık 4 m yüksekte su tankı bulunmaktadır. Numuneler deneyden önce 6 hafta yaklaşık  $20^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta tutularak nem miktarında kararlık sağlanmıştır. Ana ısıtıcı ve soğutucu plakalar ile numune yüzeyleri arasında hava boşluğu bırakılmasına özen gösterilmiştir. Ana ısıtıcı ve koruyucu ısıtıcı yüzey sıcaklıklarının eşit olmasına özen gösterilerek ölçümler yapılmıştır.

#### 4.2.2.2. Galvanizli demir borunun ve galvanizli sacın emisivite katsayılarının tespiti

Galvanizli demir boru ve sac malzemelerinin emisivite katsayıları, Gazi Üniversitesi, Mimarlık Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümünde, Devices&Services firmasının Model AE tipi Emissometer cihazı ile ölçülmüştür. Şekil 4.15’de Model AE tipi Emissometer cihazı gösterilmektedir.



Şekil 4.15 Model AE tipi Emissometer cihazı

Yayıcılık, ölçümü yapılacak olan örneğin, yayıcılığı bilinen bir standartla direkt olarak Devices&Services Şirketinin emissometresi ile karşılaştırılması ile bulunur. Emissometrenin voltaj çıktısı yayıcılık ile lineer olduğundan, RD1 değişken ölçek özelliği direkt olarak yayıcılığı okumak için kullanılır.

RD1 okuma, emissometre standardı ile standartın yayıcılığı eşitlenerek scale edilmiştir. Böylelikle, emissometre ile yayıcılığı bilinmeyen bir numune ölçüldüğünde, voltmetreden okunan değer nümerik olarak yayıcılığa eşit olmaktadır.



### 4.3. Deneyin Hata Analizi

Deney yapılırken kullanılan ölçüm cihazlarının her birinin ölçüm hassasiyeti mevcuttur.

Ölçüm esnasında, cihazların ölçüm hassasiyetlerinden kaynaklanan belirsizlikleri (hata) hesaplanmalıdır.

Kurulu bir deney düzeneğinde bir takım ölçümler yapılarak n adet ( $x_1, x_2, \dots, x_n$ ) bağımsız değişkene bağlı olan R, hata değeri, hesaplanacak olsun. R değerindeki belirsizlik  $w_R$ , diğer değişkenlerdeki belirsizlikler ise sırasıyla  $w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$  olsun buna göre  $w_R$  değeri;

$$w_R = \left[ \left( \frac{\partial R}{\partial x_1} w_1 \right)^2 + \left( \frac{\partial R}{\partial x_2} w_2 \right)^2 + \left( \frac{\partial R}{\partial x_3} w_3 \right)^2 + \dots + \left( \frac{\partial R}{\partial x_n} w_n \right)^2 \right]^{1/2} \quad (4.3)$$

formülünden hesaplanır (Genceli 1998).

Örneğin deneyde debi ölçülecek olsun;

$$\text{Debi} = \dot{m}_h = v_h \cdot \pi d_i^2 / 4 \quad (4.4)$$

$$w_{\dot{m}_h} = \left[ \left( \frac{\partial \dot{m}_h}{\partial v_h} w_{v_h} \right)^2 + \left( \frac{\partial \dot{m}_h}{\partial d_i} w_{d_i} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (4.5)$$

$$\% w_{\dot{m}_h} = \frac{w_{\dot{m}_h}}{\dot{m}_h} \times 100 \quad (4.6)$$

Denklem (4.3), (4.4), (4.5) ve (4.6)'dan faydalanılarak belirlenen hata analizine örnek bir uygulama, Ek - 3'de gösterilmektedir.

Aşağıdaki Tablo 4.2’de deneyde kullanılan ölçüm aletlerinin belirsizlik değerleri verilmiştir.

Buna göre deneylerde ölçülen ve hesaplanan değerlerin hata analizi (belirsizlik değerleri) Tablo 4.3’de verilmiştir.

**Tablo 4.2** Deneyde ölçülen değerlerin belirsizlikleri

<b>Ölçülen Değer</b>	<b>Ölçüm Aletindeki Belirsizlik</b>
Hava tarafı basınç farkı	$\pm 0,16$ mbar
Hava tarafı sıcaklık	$\pm 0,5$ °C
Hava tarafı hız	$\pm 0,2$ m/s
Hava giriş tarafı boru çapı	$\pm 2$ mm
İki kanat arası mesafe	$\pm 1$ mm
Kanat çapı	$\pm 0,5$ mm
Su tarafı debi	$\pm 0,4$ l/h
Su tarafı basınç	$\pm 0,2$ mbar
Su tarafı sıcaklık	$\pm 0,1$ °C

**Tablo 4.3** Deneyde ölçülen birimler yardımıyla hesaplanan değerlerdeki belirsizlik

<b>Hesaplanan Değer</b>	<b>% Hata</b>
$\dot{m}_h$ (kg/s)	0,34
$u_m$ (m/s)	0,35
$Q_T$ (W)	0,16
$Q_h$ (W)	0,34
$T_0$ (°C)	0,58
$T_w$ (°C)	0,58
$T_f$ (°C)	0,58

#### 4.4. Deneysel Çalışmanın Tanıtımı ve Yapılan Ölçümler

Çalışmada ısıtıcı boru dış çapı,  $d$ , 29 mm olarak ve kanat çapı,  $D$ , 87 mm ve kanat kalınlığı,  $t$ , 0,5 mm olarak sabit tutulmuş, buna karşılık kanatlar arası mesafe,  $s$ , beş farklı büyüklükte oluşturulmuştur. Bunlar,  $s_1=4$  mm,  $s_2=8$  mm,  $s_3=10$  mm,  $s_4=12$  mm,  $s_5=15$  mm'dir. Isıtıcı boru uzunluğu,  $L$ , ise 900 mm olarak sabit tutulmuştur. Deneysel çalışmanın amacına uygun olarak, ısıtıcı boru üzerine yerleştirilen dairesel kanat üzerinde değişik açılarda açılacak deliklerdeki akış marifeti ile kanatlar üzerinde oluşan sınır tabakanın bozularak, bu bölgedeki havanın uyandırılması ile taşınım ile ısı transferinin artırılması olduğundan, buna yönelik olarak her bir kanat üzerinde açılan aynı çaplı delikler, birbirlerini, seçilen aynı açı altında takip edecek şekilde, kanatların ısıtıcı boru üzerine yerleştirilmeleri sağlanmıştır. Deliksiz duruma göre, delikli uygulamaların etkisini görebilmek için çalışmada deliksiz kanatlı ısıtıcı uygulamalarına da yer verilmiştir. En uygun açılal yerleşimin tespit edilebilmesi için çalışmada altı farklı açılal konumda deneysel veriler belirlenmiştir. Bunlar sırasıyla  $\Theta=0^\circ$ ,  $\Theta=15^\circ$ ,  $\Theta=30^\circ$ ,  $\Theta=45^\circ$ ,  $\Theta=60^\circ$  ve  $\Theta=90^\circ$  şeklindedir. Ayrıca çalışmada, ısıtıcı akışkan su ile ısıtılan akışkan havanın birbirlerine göre akış yönlerinin etkilerini belirleyebilmek için, birbirlerine göre ters ve paralel akış durumlarına ait verilerde aynı senaryo içinde deneysel olarak saptanmıştır.

Diğer taraftan; ısıtıcı boru üzerine sevk edilen havanın hareketinin, emme ya da basma şeklinde olmasının deneysel verileri nasıl etkileyeceğinin belirlenebilmesi için de bu akış koşulları gözetilerek verilerde deneysel veriler tespit edilmiştir. Deneylerde ısıtıcı akışkan, suyun, debisi sabit tutulmuş, buna karşılık, su sıcaklıkları değişik tutularak, 7 farklı sıcaklıkta deneyler gerçekleştirilmiştir. Bu sıcaklıklar sırasıyla,  $T_1=40^\circ\text{C}$ ,  $T_2=45^\circ\text{C}$ ,  $T_3=50^\circ\text{C}$ ,  $T_4=55^\circ\text{C}$ ,  $T_5=60^\circ\text{C}$ ,  $T_6=65^\circ\text{C}$  ve  $T_7=70^\circ\text{C}$  dir. Havanın debisi ise  $\dot{m}_1 = 0,04\text{kg/s}$ ,  $\dot{m}_2 = 0,06\text{kg/s}$  ve  $\dot{m}_3 = 0,08\text{kg/s}$  olmak üzere üç farklı büyüklükte alınmıştır. Havanın ısıtıcıya emme ya da basma şeklinde gelişi göz önünde bulundurularak, her bir hava debisi için farklı akış koşulları ve değişik su sıcaklıklarında deneyler, farklı  $\Theta$  açılal konumlarında yapılmış ve elde edilen bulgular tablolar halinde verilmiştir.

Çalışma esnasında, kanatlı borunun içinden geçirilen sıcak suyun, debisi, giriş ve çıkış sıcaklıkları ile giriş ve çıkış basınçlarının ölçümleri ile emme – paralel, basma – paralel ve emme – ters şeklindeki üç farklı akış durumunda geçirilen havanın basınç farkı, debisi, giriş – çıkış sıcaklıklarının ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca boyu 900 mm olan kanatlı ısıtıcı borunun 15 cm, 45 cm, 75 cm mesafelerindeki kanat dibi, kanat ucu sıcaklıkları ve bu noktadaki iki kanat arasındaki hava sıcaklıkları da ölçülmüştür.

Elde edilen deneysel verilerin uygunluğu, enerji dengesi oluşturularak saptanmıştır. Bu maksatla, su tarafından ısıtıcı boru yüzeyine sağlanan ısı,

$$Q_{su} = \dot{m}_{su} c_{su} \Delta T_{su} \quad (4.7)$$

ifadesi kullanılarak bulundu. Bu ısıtıcı boru yüzeyi vasıtası ile kanatlı borunun dışından geçen havaya taşınım ve ışıınım ısı transferi yöntemleri ile aktarılacaktır. O halde, denklem (4.7)'de belirtilen,  $Q_{su} = \dot{m}_{su} c_{su} \Delta T_{su}$  kadar su tarafından sağlanan ısı değerinin, kanatlı ısıtıcı dışından geçen havaya,

$$Q_h = \dot{m}_h c_h \Delta T_h \quad (4.8)$$

kadarı aktarılacaktır. Denklem (4.8)'de sudan havaya aktarılacak ısı miktarı gösterilmektedir. Ancak hava, sudan aldığı ısının bir kısmını ışıınım bir kısmını da taşınım ile almaktadır. O halde enerji dengesi,

$$\dot{m}_{su} c_{su} \Delta T_{su} = \dot{m}_h c_h \Delta T_h + Q_{\text{çevre}} \quad (4.9)$$

şeklinde olmaktadır. Denklem (4.9)'da belirtilen  $Q_{\text{çevre}}$ , yalıtım nedeniyle ihmal edilecek düzeyde küçük olmaktadır.

Burada  $\dot{m}_{su}$ ,  $\Delta T_{su} = (T_{su_g} - T_{su_ç})$ ,  $\dot{m}_h$  ile  $\Delta T_h = (T_{h_ç} - T_{h_g})$  değerleri, sistemdeki ölçme elemanları ile ölçülmüştür.

## 5. SIVI – GAZ AKIŞKANLI KANATLI ISI DEĞİŞTİRİCİLERİNDE ISI TRANSFERİNİN ANALİZİ

Kompaktlığın ve ısı iletkenliğinin artırılmak istenildiği durumlarda, asıl ısıtma yüzeylerine kanat adı verilen çıkıntılar ilave edilerek ısıtma yüzeyleri büyütülebilir. Prensip olarak ısı taşınım katsayısının küçük olduğu akışkan (genellikle gaz bazen de sıvı) tarafına kanatlar konulur. Bu durumda, küçük hacimde daha fazla ısı geçişi sağlanabilmesine karşın, yüzeylere ilave edilen çıkıntıların oluşturduğu ilave basınç kayıpları gözden uzak tutulmamalıdır. Bu yüzden konstrüktif olarak en uygun yüzey ilaveleri (kanat profilleri) araştırılmalıdır.

### 5.1. Kanatlarda Sıcaklık Dağılımı

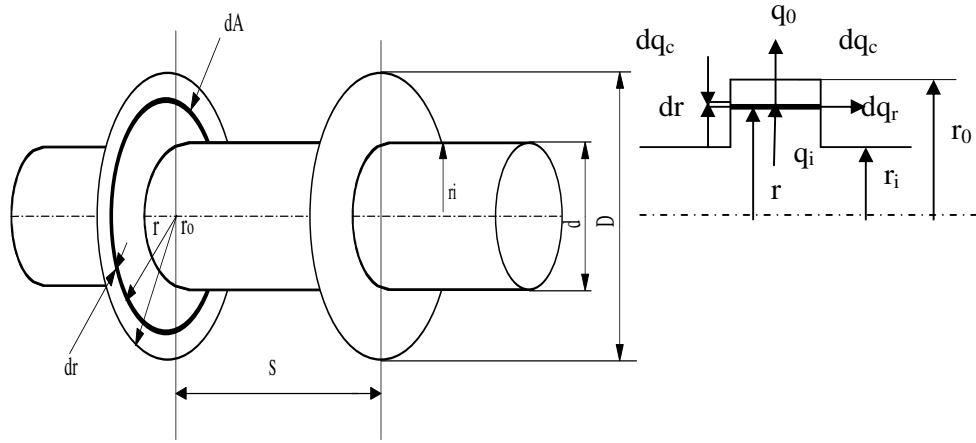
Isıtıcı borunun içinden geçen debisi, özgül ısınma ısısı, giriş ve çıkış sıcaklıkları ölçülen sıcak akışkan ( $s_u$ ) ile ısıtıcı boru ekseninde oluşturulan ısıtma gücü ( $Q_T$ ), kanatlı yüzeyde, ışıınım ( $Q_R$ ) ve taşınım ( $Q_C$ ) dışından geçen ve ısıtılması istenen havaya aktarılmaktadır. Işıınım ve taşınım ile ısı transferi miktarlarının toplam ısı transferi içindeki oranları kanat parametreleri ile yakından ilgilidir.

Yüksek sıcaklıktaki boru yüzeyinden ısı, radyal yönde ve kanat boyunca iletilirken kanatlar arasında da ışıınım ile oluşan etkileşim kanat sıcaklığının hem radyal ve hem de açısal doğrultuda değişmesine neden olur. Oldukça karmaşık yapıya sahip olan bu ısı geçiş sisteminde, sistemin esasına zarar vermeden aşağıdaki basitleştirmeler yapılabilir.

- a) Kanat homojen bir yapıya sahip olup, dış yüzeyi düzgündür.
- b) Kanat boyuna göre tanımlanan Biot sayısının ( $hL/\lambda$ ) oldukça küçük olduğu kabul edilmektedir.
- c) Isı taşınım katsayısı, belli bir geometri ve akış hızı için sıcaklığın bir fonksiyonudur.

d) Kanatlar, üzerlerinde oluşan termal tabakaların etkileşimleri dikkate alınarak ( $s/t > 2$ ) olacak şekilde yerleştirilmektedir.

Bu basitleştirmeler ışığında, kanat malzemesinin açısız doğrultudaki sıcaklık dağılımı sabit alınabilir (Karabacak 1989). O halde kanat yüzey sıcaklığının sadece radyal yönde değişimi dikkate alınarak Şekil 5.1'de görülen  $dA$  elementer alanı için enerji dengesi şu şekilde yapılmaktadır;



**Şekil 5.1** Dairesel kanatlı ve yatay konumlu silindirik ısıtıcı

Diferansiyel elemanda enerji dengesi yazılırsa,

$$q_i - q_o = dq_c + \sum dq_r \quad (5.1)$$

elde edilir. Burada,

$(q_i - q_o)$  – Kanatta iletim ile olan ısı transferi olup, kanat özelliklerine bağlı olarak,

$$q_i - q_o = 2\pi\lambda_f t \frac{d}{dr} \left( r \frac{dT}{dr} \right) dr \quad (5.2)$$

denklemini ifade edilebilir.

Diğer taraftan taşınım ile olan ısı geçişi ,

$$dq_c = 2h_f (2\pi r dr)(T - T_o) \quad (5.3)$$

denklemleri ile tanımlanır.

Işınım ile olan ısı etkileşimi ise aşağıdaki kısımlardan meydana gelir.

a) Elamenter dA yüzeyi ile silindirik gövde arasındaki net ışıma ısısı,

$$dq_{dr-w} = \sigma F_{dr-w} \epsilon (T^4 - T_w^4) \quad (5.4)$$

b) Elamenter dA yüzeyi ve dışındaki ortam arasındaki net ışıma ısısı,

$$dq_{dr-o} = \sigma F_{dr-o} \epsilon (T^4 - T_o^4) \quad (5.5)$$

c) Kanattaki elamenter dA yüzeyi ile komşu kanatlar arasındaki net ışıma ısısı,

$$dq_{dr-dr'} = \sigma \epsilon \int_{r_i}^{r_o} dF_{dr-dr'} (T^4 - T'^4) \quad (5.6)$$

Denklemler (5.4), (5.5) ve (5.6)'da yer alan  $F_{dr-w}$ ,  $F_{dr-o}$  ve  $F_{dr-dr'}$  ifadeleri sırasıyla elamenter kanat yüzeyinin silindirik ısıtıcı gövde, kanat dış çevresi ve komşu kanatların ( $dA'$ ) diferansiyel alan elemanları arasındaki şekil faktörleridir. Ayrıca  $T$  ve  $T'$  yerel kanat sıcaklıklarını ifade etmektedir.  $T_o$  ise ortam akışkan sıcaklığıdır.

Denklemler (5.2), (5.3), (5.4), (5.5) ve (5.6)'nın denklem (5.1)'de yerine konması ile kararlı koşullar için,

$$\frac{d^2 T}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dT}{dr} = \frac{2h_f}{\lambda_f t} (T - T_o) + \frac{2\sigma \epsilon}{\lambda_f t} \left[ F_{dr-w} (T^4 - T_w^4) + F_{dr-o} (T^4 - T_o^4) + \int_{r_i}^{r_o} dF_{dr-dr'} (T^4 - T'^4) \right] \quad (5.7)$$

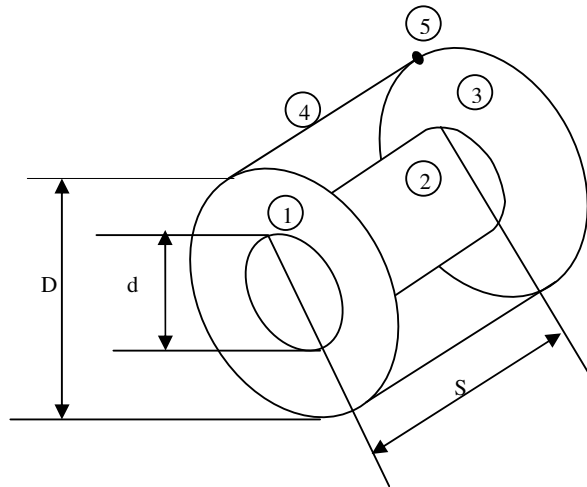
sonucu elde edilir. Bu ifade için çözüm sağlanması halinde, kanat boyunca sıcaklık dağılımı hakkında bilgi sahibi olunacağı gibi, birbirine komşu iki kanatın oluşturduğu hücreden çevreye hem ışıma ve hem de taşınım ile olan ısı geçiş miktarlarının teorik

olarak hesaplanması mümkün olacaktır. Halbuki, denklem (5.7) ile verilen ifade genel olarak lineer olmayan integro-diferansiyel denklemdir. Ayrıca şekil faktörleri de kanat geometrisine bağlı karmaşık integral ifadeleri içerir. Kanatların birbirleri ile ışıma etkileşimlerini ihmal ederek ve kanat uçlarının yalıtıldığını kabul ederek, denklem (5.7)'nin analitik çözümünü sağlamak mümkündür. Ancak bu basitleştirmeler problemi gerçeklerden uzaklaştırır. Bu nedenle burada üzerinde durulmayacaktır.

Kanatlarda yüzey sıcaklığının radyal doğrultuda değişimi taşıyıcı ile ısı transferi katsayısının değişimine doğrudan etkilidir. Denklem (5.7), belirtildiği şekilde bir çözüm vermediğinden bir çok araştırmacının bu konudaki çalışmaları incelenmiştir. Starner ve Mc Manus (Starner ve Mc Manus 1963) kanat veriminin ( $\eta_f$ ) %98 ve daha yüksek olması halinde kanat sıcaklığının radyal doğrultuda değişmediğini, izotermal kanat durumu elde ettiklerini göstermektedirler.

## 5.2. Işımla Transfer Edilen Isı Miktarının Saptanması

Silindirik gövde üzerine yerleştirilen dairesel kanat yüzeylerinden ışımla transfer edilen ısı miktarının hesaplanmasında, öncelikle bu tür ısı transferine katılan yüzeylerin birbirine göre şekil faktörleri saptanmalıdır. Bu maksatla Şekil 5.2'de şematik olarak iki komşu kanatın oluşturduğu kapalı hücre gösterilmiştir.



Şekil 5.2 İki kanat arasında oluşturulan kapalı hücre elemanı



Şekil (5.2)'ye göre, (1) ve (3) yüzeyleri kanatları, (2) silindirik ısıtıcı gövdeyi, (4) kapalı hücreye göre ışınlama ısı kaçağının olduğu dış çevreye açılan izafi yüzeyi ve (5) no'lu yüzeyde kanat ucu yüzeyidir. İzafi (4) yüzeyi ile silindirik (2) yüzeyi arasındaki şekil faktörü ( $F_{42}$ ),

$$F_{42} = \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda\pi} \left\{ \arccos\left(\frac{\Psi}{\nabla}\right) - \frac{1}{2\tau} \left[ \sqrt{(\nabla+2)^2 - (2\lambda)^2} \arccos\left(\frac{\Psi}{\lambda\nabla}\right) + \Psi \arcsin\left(\frac{1}{\lambda}\right) - \frac{\pi\nabla}{2} \right] \right\} \quad (5.8)$$

Ayrıca, izafi (4) yüzeyi kendini gördüğüne göre şekil faktörü ( $F_{44}$ ),

$$F_{44} = 1 - \frac{1}{\lambda} + \frac{2}{\pi\lambda} \arctan\left(\frac{2\sqrt{\lambda^2-1}}{\tau}\right) - \frac{\tau}{2\pi\lambda} \left\{ \frac{4\sqrt{\lambda^2+\tau^2}}{\tau} \arcsin\left[\frac{4(\lambda^2-1) + \left(\frac{\tau^2}{\lambda^2}\right)(\lambda^2-2)}{\tau^2 + 4(\lambda^2-1)}\right] - \arcsin\left(\frac{\lambda^2-2}{\lambda^2}\right) - \frac{\pi}{2} \left(\frac{\sqrt{4\lambda^2+\tau^2}}{\tau} - 1\right) \right\} \quad (5.9)$$

şeklinde tanımlanmıştır (Karabacak 1989).

Burada,  $\lambda = D/d$ ,  $\tau = 2s/d$ ,  $\nabla = \tau^2 + \lambda^2 - 1$ ,  $\Psi = \tau^2 - \lambda^2 + 1$  dir. Problemlerle ilgili diğer şekil faktörlerinin hesaplanması için kapalı hacimlerde şekil faktörleri aritmatığı ile ilgili aşağıdaki bağıntıların gözetilmesi gerekir.

$$\sum_j F_{ij} = 1 \quad (5.10)$$

$$A_i F_{ij} = A_j F_{ji} \quad (5.11)$$

Ayrıca mevcut geometriye göre  $F_{41} = F_{43}$ ,  $F_{12} = F_{32}$ ,  $F_{21} = F_{23}$  ve  $F_{11} = F_{33} = F_{22} = 0$ , olduğuna dikkat edilmelidir. Denklem (5.8), (5.9) ile birlikte (5.10), (5.11) kullanılarak Şekil 5.2'de verilen hücre yüzeylerinin birbirlerine göre şekil faktörlerinin, gerek kanat boyuna ve gerekse kanatlar arasındaki mesafeye göre değişimi elde edilebilir.  $F_{42}$ ,  $F_{14}$ ,  $F_{24}$ ,  $F_{21}$  şekil faktörlerinin, ısıtıcı boru dış çapının,  $d = 29$  mm, kanat çapının,  $D = 44$  mm, 58 mm, 73 mm, 87 mm ve kanatlar arası mesafenin,  $s = 4$  mm, 6 mm, 8 mm, 10 mm olan büyüklüklerine göre, elde edilen değerleri Tablo 5.1'de gösterilmekte ve  $D/d$ 'ye göre değişimleri de Şekil 5.3 ile Şekil 5.6 arasındaki diyagramlarda

gösterilmektedir. Ayrıca,  $F_{42}$ ,  $F_{14}$ ,  $F_{24}$ ,  $F_{21}$  şekil faktörlerinin, ısıtıcı boru dış çapının,  $d = 32$  mm, kanat çapının,  $D = 48$  mm, 64 mm, 80 mm, 96 mm ve kanatlar arası mesafenin,  $s = 4$  mm, 6 mm, 8 mm, 10 mm olan büyüklüklerine göre, elde edilen değerleri ise Tablo 5.2’de gösterilmekte ve  $D/d$ ’ye göre değişimleri de Şekil 5.7 ile Şekil 5.11 arasındaki diyagramlarda gösterilmektedir. Tüm şekillerde kanat hatvesi parametre alınmış, şekil faktörlerinin kanat boyuna göre değişimi gösterilmiştir.

$F_{42}$  ve  $F_{44}$  değerleri sırasıyla Denklem (5.8) ve (5.9) yardımıyla tespit edildiğine göre, her  $\lambda = D/d$  ve  $s/d$  için;

$$F_{41} + F_{42} + F_{43} + F_{44} = 1$$

$$F_{41} = F_{43}$$

$$A_1 F_{14} = A_4 F_{41}$$

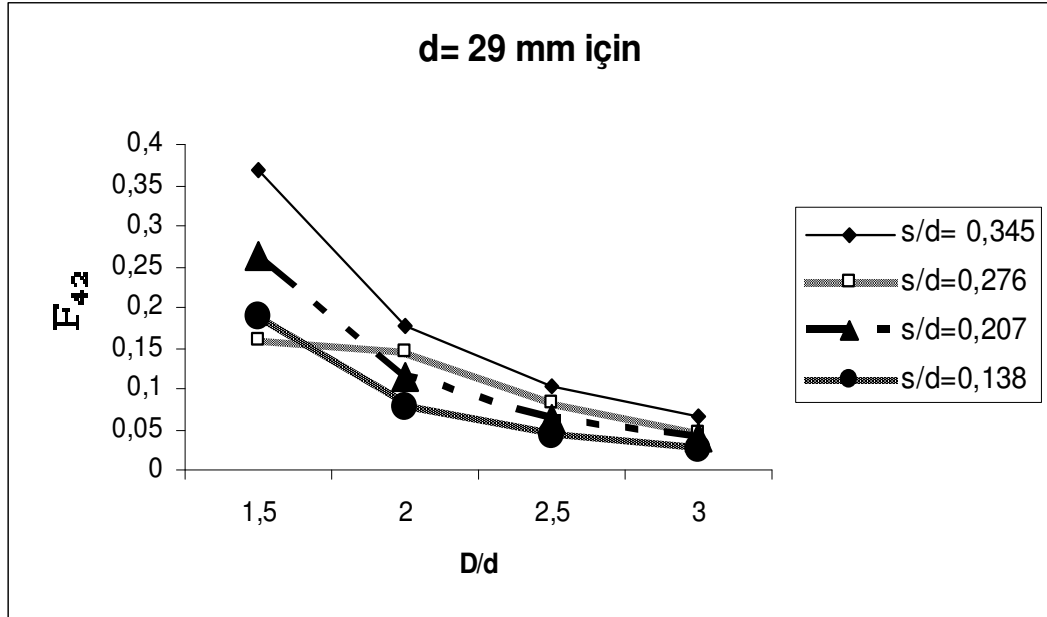
ifadesinden  $F_{14}$  bulunur.

**Tablo 5.1** Kanat hatvesinin parametre alınması durumunda şekil faktörleri ( $d=29$  mm için)

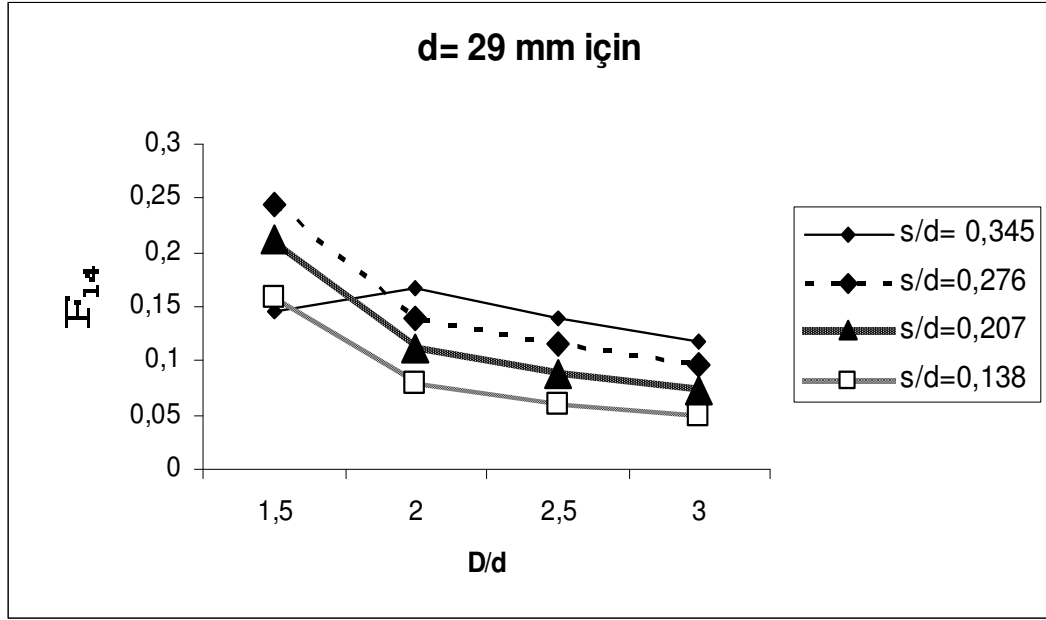
D/d	s/d	$F_{44}$	$F_{42}$	$F_{14}$	$F_{24}$	$F_{21}$
1,5	0,138	0,496	0,188	0,158	0,282	0,359
	0,207	0,313	0,262	0,212	0,393	0,304
	0,276	0,472	0,159	0,245	0,239	0,381
	0,345	0,456	0,368	0,146	0,552	0,224
2	0,138	0,495	0,077	0,079	0,155	0,423
	0,207	0,486	0,113	0,111	0,226	0,387
	0,276	0,475	0,147	0,139	0,293	0,354
	0,345	0,461	0,176	0,167	0,352	0,324
2,5	0,138	0,496	0,043	0,061	0,107	0,447
	0,207	0,489	0,063	0,088	0,157	0,421
	0,276	0,482	0,083	0,115	0,207	0,397
	0,345	0,472	0,102	0,139	0,254	0,373
3	0,138	0,497	0,027	0,049	0,081	0,459
	0,207	0,493	0,040	0,072	0,121	0,439
	0,276	0,487	0,047	0,096	0,140	0,430
	0,345	0,479	0,066	0,118	0,198	0,401
	0,414	0,470	0,08	0,140	0,240	0,380
	0,517	0,455	0,095	0,175	0,285	0,358

**Tablo 5.2** Kanat hatvesinin parametre alınması durumunda şekil faktörleri (d=32 mm için)

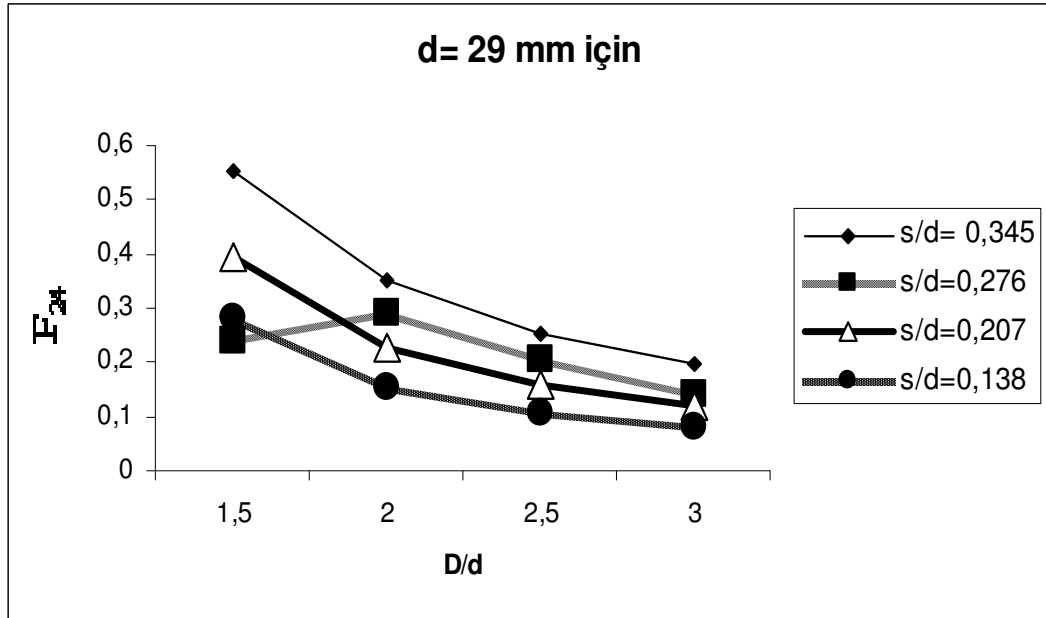
D/d	s/d	F <sub>44</sub>	F <sub>42</sub>	F <sub>14</sub>	F <sub>24</sub>	F <sub>21</sub>
1,5	0,125	0,498	0,173	0,099	0,259	0,371
	0,188	0,489	0,243	0,121	0,365	0,318
	0,250	0,478	0,301	0,133	0,452	0,274
	0,313	0,464	0,347	0,142	0,521	0,239
2	0,125	0,496	0,069	0,072	0,139	0,430
	0,188	0,489	0,103	0,102	0,206	0,397
	0,250	0,479	0,134	0,129	0,268	0,366
	0,313	0,468	0,162	0,154	0,324	0,338
2,5	0,125	0,497	0,038	0,056	0,094	0,453
	0,188	0,492	0,057	0,080	0,143	0,429
	0,250	0,485	0,076	0,104	0,189	0,406
	0,313	0,477	0,093	0,128	0,233	0,384
3	0,125	0,497	0,025	0,045	0,074	0,463
	0,188	0,494	0,036	0,066	0,108	0,446
	0,250	0,489	0,049	0,087	0,146	0,427
	0,313	0,483	0,060	0,107	0,180	0,410



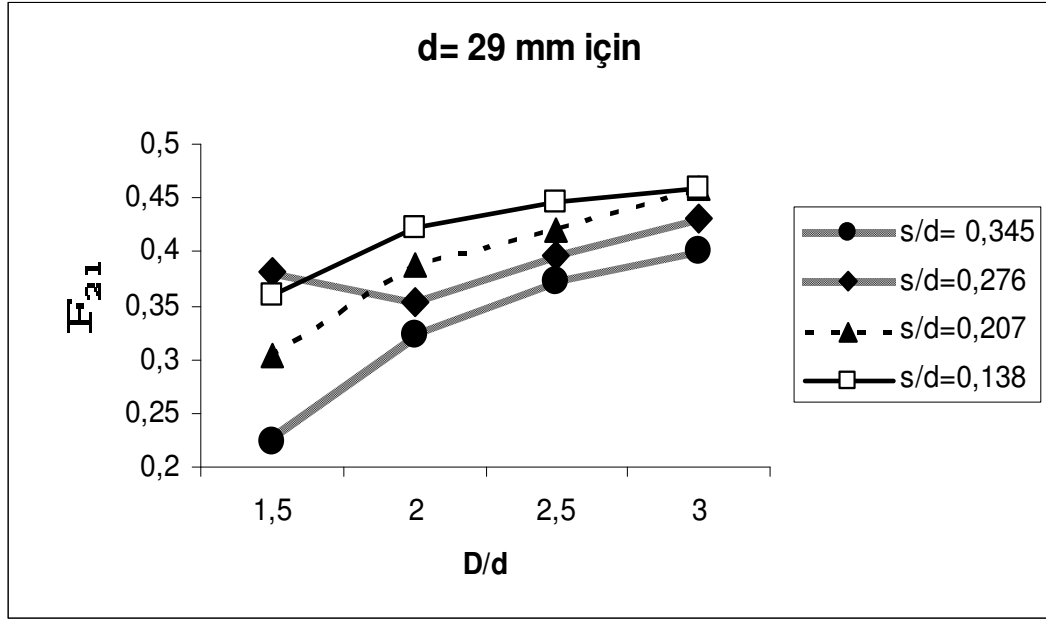
**Şekil 5.3** Dış ortam ile silindir gövde arasındaki şekil faktörünün kanat parametrelerine göre değişimi



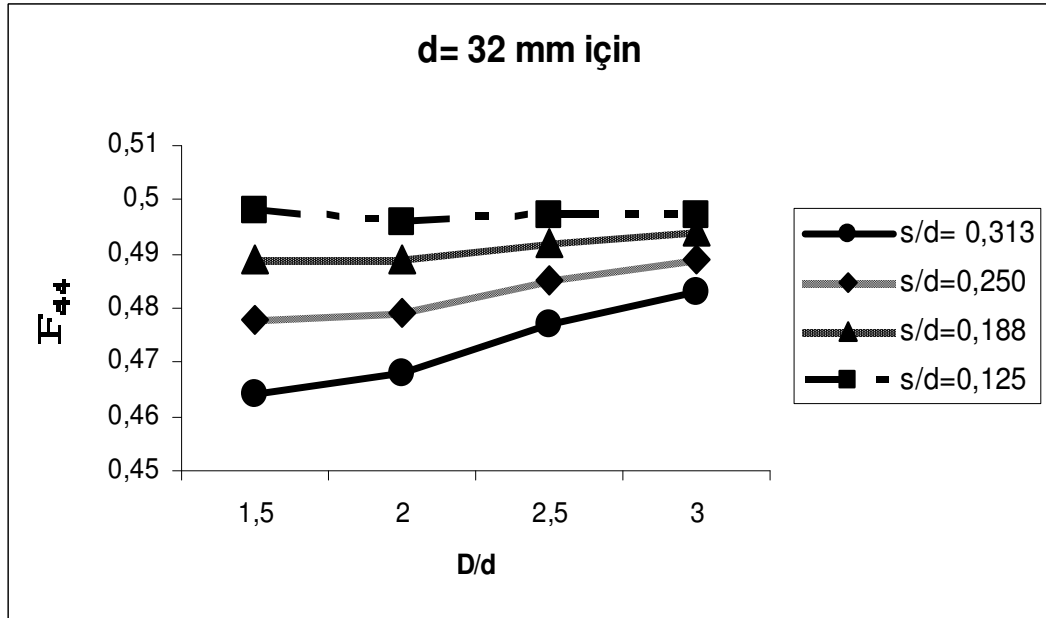
**Şekil 5.4** Kanat yüzeyi ile dış ortam arasındaki şekil faktörünün kanat parametrelerine göre değişimi



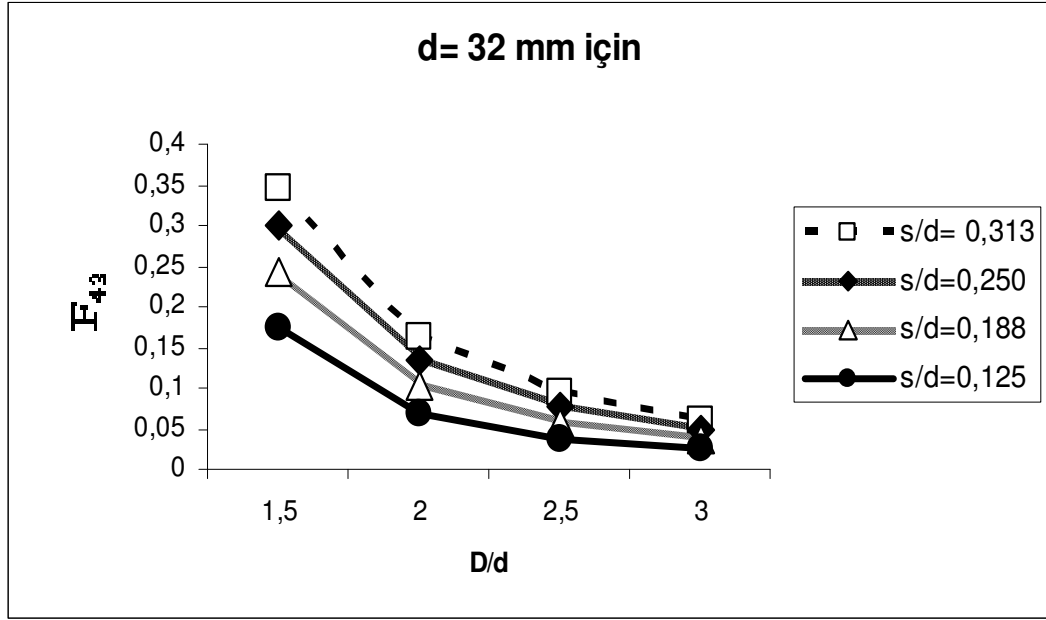
**Şekil 5.5** Silindir gövde ile dış ortam arasındaki şekil faktörünün kanat parametrelerine göre değişimi



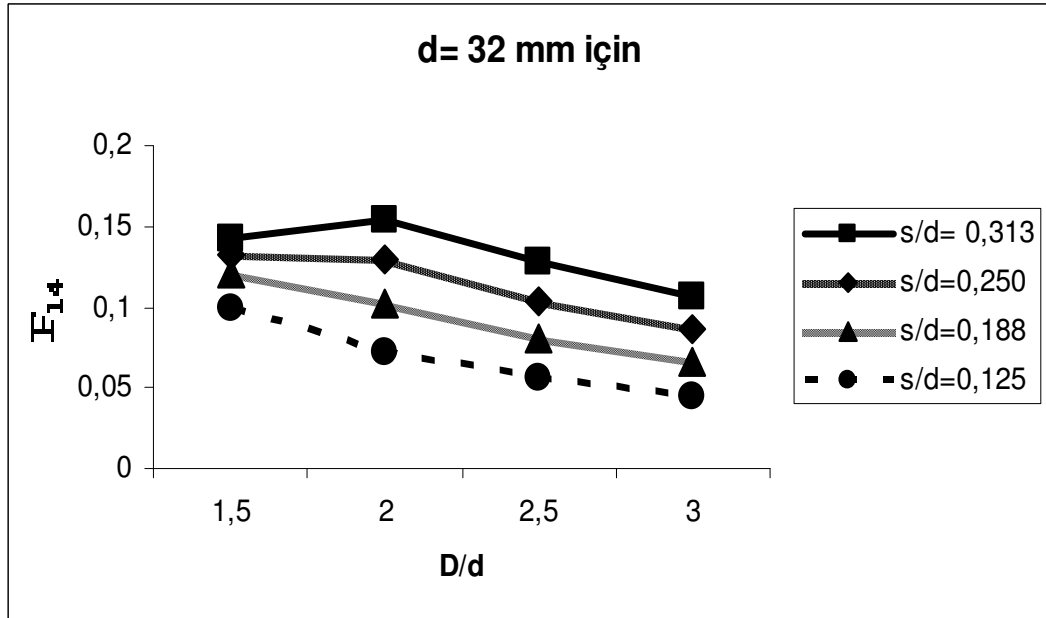
**Şekil 5.6** Silindir gövde ile kanat arasındaki şekil faktörünün kanat parametrelerine göre değişimi



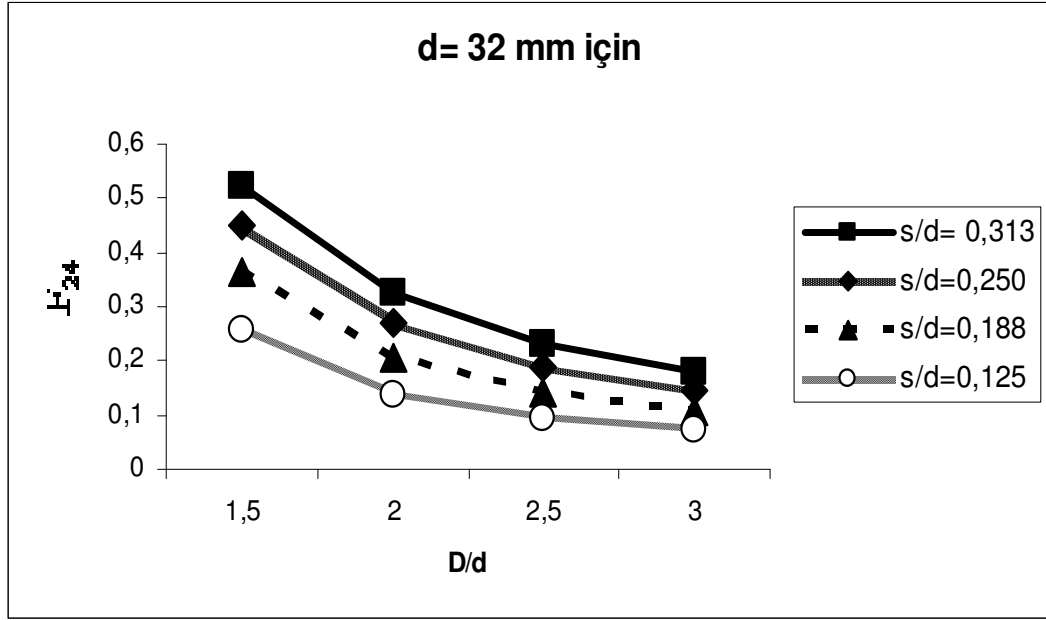
**Şekil 5.7** Dış ortamın kendisine göre şekil faktörünün kanat parametrelerine göre değişimi



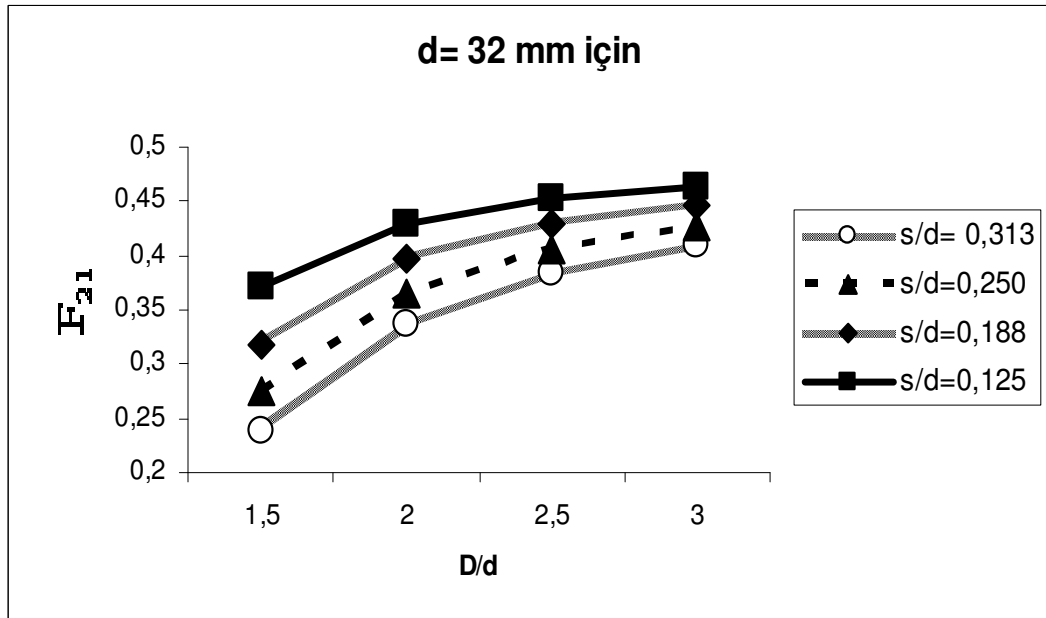
**Şekil 5.8** Silindirik gövde ile dış ortam arasındaki şekil faktörünün kanat parametrelerine göre değişimi



**Şekil 5.9** Kanat yüzeyi ile dış ortam arasındaki şekil faktörünün kanat parametrelerine göre değişimi

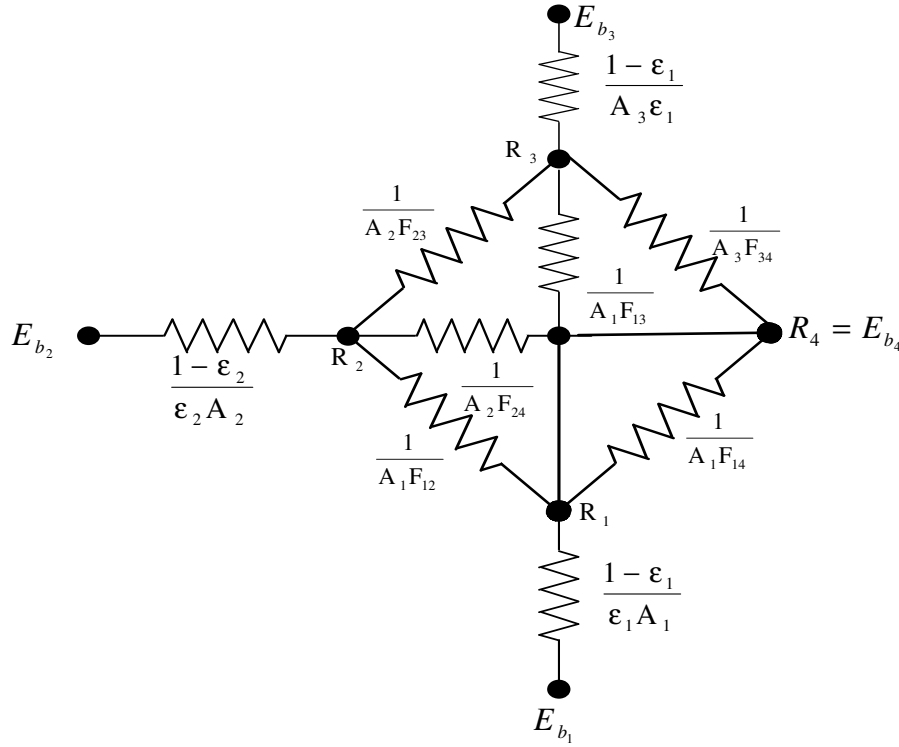


**Şekil 5.10** Silindir gövde ile dış ortam arasındaki şekil faktörünün kanat parametrelerine göre değişimi



**Şekil 5.11** Silindir gövde ile kanat arasındaki şekil faktörünün kanat parametrelerine göre değişimi

Kanat yüzeylerinden çevresindeki havaya ışımla olan ısı transferinin saptanmasında Şekil 5.2'e ait yüzeyler arasındaki ısı etkileşim için, Şekil 5.12'de belirtilen elektriksel benzeşim devresi kullanılabilir.



**Şekil 5.12** İki kanat arasında oluşturulan kapalı hücreye ait elektriksel benzeşim devresi

Elektriksel devrenin her bir düğüm noktasındaki akıların toplamı sıfır olacağından herhangi bir  $R_i$  noktası için,  $i = 1, 2$  ve  $j = 1, 2, 3, 4$  olmak üzere,

$$\frac{e_{bi} - r_i}{\frac{1 - \epsilon_i}{\epsilon_i}} + \sum_j \frac{r_j - r_i}{\frac{1}{F_{ij}}} = 0 \quad (5.12)$$

bağıntısı yazılabilir.

Denklem (5.12)'de yer alan;

$e_{bi} = \sigma T_i^4$  – Siyah cisim ışıma enerjisi ( $W/m^2$ )

$r_i$  – Yüzey ışınlamını ( $W/m^2$ )

$\epsilon_i$  – Yüzey yayılım katsayısı'nı

ifade etmektedir.



Şekil 5.2'e göre (1) ve (3) yüzeylerinin ışınmı aynıdır ( $r_1 = r_3$ ) ve  $r_4 = e_{b4}$  dır. Ayrıca iki kanatın oluşturduğu hücreden, dışındaki hava ortamına olan ışınlama ısı transferi,  $q_{14} = q_{34}$  durumu dikkate alınarak,

$$q_4 = 2q_{14} + q_{24} \quad (5.13)$$

ifadesi ile belirlenebilir. Burada,

$q$  – Birim yüzey ısı geçişini

ifade etmektedir ve,

$$q_{14} = F_{14}(r_1 - r_4) \quad (5.14)$$

$$q_{24} = F_{24}(r_2 - r_4) \quad (5.15)$$

bağıntıları ile hesaplanabilir. Denklem (5.14) ve (5.15)'de elde edilen  $q_{14}$  ve  $q_{24}$  değerleri denklem (5.13)'de yerine konarak 4 nolu yüzeyin birim yüzey ısı geçişi belirlenmektedir. Bu çalışma için yüzey radyasyonunun bulunmasında gerekli,  $\epsilon$ , yüzey yayılım katsayılarının nümerik değerleri, Gazi Üniversitesi, Mimarlık Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Isı Laboratuvar'ında, 32 °C yüzey sıcaklığında Devices & Services firmasının Model AE tipi Emissometer cihazı ile, galvanizli kanat ve demir boru gövde malzemesi için sırasıyla,

$$\epsilon_{gal} = 0.06 \pm 0.0002$$

$$\epsilon_d = 0.15 \pm 0.001$$

olarak saptanmıştır.

Yatay duran ve  $n$  adet dairesel kanatın oluşturduğu ısıtıcıda, ışınlama tüm ısıtıcı hücrelerinden olan ısı transferi ise,

$$Q_{R1} = (n - 1)A_4q_4 \quad (5.16)$$

kadardır. Bu ifade, silindirik yüzey (2), kanat (1 ve 3) ve izafi yüzeydeki (4) hava sıcaklıklarını gözeterek,

$$Q_{R1} = K(T_w/100)^4 + M(T_f/100)^4 - N(T_o/100)^4 \quad (5.17)$$

şeklinde düzenlenebilir (Karabacak 1989).

Silindirik ısıtıcı gövde uzunluğu sabit olduğundan, kanat sayısı ile  $F_{14}$ ,  $F_{24}$  ile  $F_{21}$  şekil faktörleri kanat geometrisinin bir fonksiyonu olduğundan, denklem (5.17)'de yer alan K, M ve N katsayıları tamamen kanat geometrisine bağlı olarak Şekil 5.12 ve denklem (5.16)'ya göre hesaplanabilir. Bu değerler Tablo 5.3 ve Tablo 5.4'de verilmiştir. Diğer taraftan kanat uçlarından, (5) no'lu yüzey, ışınlımla olan toplam ısı transferi de,

$$Q_{R2} = \sum (A_F)_{uç} \sigma \epsilon \left[ \left( \frac{T_{f_{uç}}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_0}{100} \right)^4 \right] \quad (5.18)$$

kadardır. Böylece tüm ısıtıcı yüzeylerinden ışınlımla olan toplam ısı transferi,

$$\Sigma Q_R = Q_{R1} + Q_{R2} \quad (5.19)$$

olarak bulunur.

**Tablo 5.3** Işınlımla ısı transferine ait karakteristik denklem (5.17)'de, mevcut katsayıların sistem parametrelerine göre değişimi (d=29 mm için)

D/d	s/d	K	M	N
1,5	0,138	0,052	0,069	0,013
	0,207	0,067	0,068	0,139
	0,276	0,074	0,063	0,138
	0,345	0,087	0,058	0,166
2	0,138	0,034	0,086	0,121
	0,207	0,054	0,094	0,151
	0,276	0,055	0,310	0,318
	0,345	0,074	0,090	0,209
2,5	0,138	0,028	0,098	0,124
	0,207	0,005	0,097	0,204
	0,276	0,051	0,088	0,252
	0,345	0,069	0,129	0,209
3	0,138	0,044	0,157	0,082
	0,207	0,035	0,112	0,147
	0,276	0,048	0,139	0,187
	0,345	0,063	0,151	0,214
	0,414	0,075	0,155	0,229
	0,517	0,113	0,195	0,305

**Tablo 5.4** Işınımla ısı transferine ait karakteristik denklem (5.17)'de, mevcut katsayıların sistem parametrelerine göre değişimi (d=32 mm için)

D/d	s/d	K	M	N
1,5	0,125	0,050	0,070	0,200
	0,188	0,073	0,072	0,145
	0,250	0,083	0,069	0,157
	0,313	0,091	0,065	0,173
2	0,125	0,034	0,090	0,126
	0,188	0,054	0,103	0,158
	0,250	0,043	0,067	0,109
	0,313	0,081	0,109	0,196
2,5	0,125	0,027	0,102	0,129
	0,188	0,049	0,133	0,148
	0,250	0,057	0,135	0,192
	0,313	0,072	0,085	0,565
3	0,125	0,023	0,111	0,134
	0,188	0,036	0,135	0,174
	0,250	0,049	0,153	0,205
	0,313	0,063	0,164	0,229

Denklem (5.17)'de yer alan  $T_f$  kanat sıcaklığı,  $T_w$ , silindirik ısıtıcı yüzey sıcaklığı,  $T_o$ , kanatın üst kısmından geçen ısıtılan hava sıcaklığı ve  $T_{f_{uç}}$ , kanat ucu sıcaklıkları, belirli bir kanat geometrisi ve çalışma koşulu için deneysel olarak saptanır. Tablo 4.3 ve Tablo 5.4 ile birlikte denklem (5.17) ve denklem (5.18) kullanılarak, denklem (5.19)'a göre kanatlı ısıtıcının toplam ışınlım kaybı hesaplanmış olur.

### 5.3. Taşınımla Transfer Edilen Isı Miktarının Hesaplanması

Yatay duran kanatlı ısıtıcı içinden geçen sıcak akışkandan (su) sağlanan ısı enerjisinin ( $Q_t$ ) gerek kanat yüzeyi ve gerekse silindirik gövde yüzeyinde hareket eden hava tarafından taşınım ( $Q_c$ ) ve ışınlım ( $\Sigma Q_R$ ) ısı transferleri şeklinde alınır. Newton'un soğutma yasasına göre,  $Q_c = hA\Delta T$ , gövde yüzeyinden ( $Q_w$ ) ve kanatlardan ( $Q_f$ ), hava ile taşınan ısı miktarları sırasıyla,

$$Q_w = h_w A_w (T_w - T_o) \quad (5.20)$$

$$Q_f = \Sigma h_f A_f (T_f - T_o) \quad (5.21)$$

olup,

$$Q_f = \Sigma h_f A_f \eta_f (T_w - T_o) \quad (5.22)$$

Denklem (5.20) ile gövde yüzeyinden olan, denklem (5.21)ve (5.22) ile de kanatlardan hava ile taşınan ısı miktarları belirlenmektedir. Kanat verimi ise,

$$\eta_f = \frac{T_f - T_o}{T_w - T_o} \quad (5.23)$$

şeklinde Denklem (5.23) yardımıyla belirlenebilmektedir ve taşınım ile toplam ısı transferi,

$$Q_c = Q_w + Q_f = Q_t - \Sigma Q_R \quad (5.24)$$

şeklindedir.

Her ne kadar kanat ve gövde etrafında oluşan ısı transferi katsayılarında ( $h_f$ ,  $h_w$ ) sistemin geometrisinden kaynaklanan farklılıklar mevcut ise de, toplam ısı geçiş yüzeyi,  $A_o = A_w + \Sigma A_f$ , için tanımlanmış görünür ısı transferi katsayısı,  $h_o$ , ile taşınım ile transfer edilen ısı miktarı,

$$Q_c = h_o(\eta_o A_o)(T_w - T_o) \quad (5.25)$$

denklemini kullanılarak saptanabilir. Denklem (5.24)'de taşınım ile toplam ısı transferi belirlendikten sonra denklem (5.25)'de yerine konarak görünür ısı transferi katsayısı bulunabilmektedir. Burada,  $\eta_o$ , kanatlı yüzeye ait verimi ifade etmektedir. Başka bir anlatımla, gerçekte transfer edilen ısı miktarının, kanatlı yüzeyin tamamı,  $T_w$ , kanat dibi sıcaklığında olsaydı, transfer edilebilecek ısı miktarına oranını gösterir ve kanat verimine bağlı olarak,

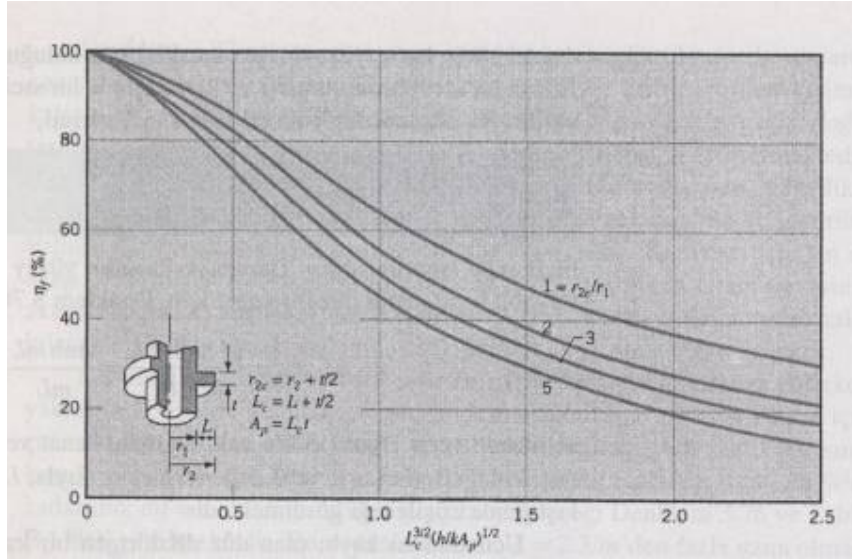
$$\eta_o = 1 - \frac{\Sigma A_f}{A_o} (1 - \eta_f) \quad (5.26)$$

denklemini ile hesaplanır (Holman 1976).

Sabit kalınlıklı ve dairesel şekilli kanatların kanat verimi,  $\eta_f$ ,

$$X = L_c^{3/2} (h/\lambda_f A_p)^{1/2} \text{ ve } r_{2c}/r_1 \quad (5.27)$$

parametrelerine bağlı olarak Şekil 5.13’de verilmektedir (Incropera ve De Witt 1985).



Şekil 5.13 Sabit kalınlıklı dairesel kanatların verimleri (Incropera ve De Witt 1985)

Denklem (5.27)’de yer alan,  $L_c$ , düzeltilmiş kanat uzunluğu,  $L_c = L + t/2$  ve  $r_{2c}$  ise düzeltilmiş dış yarıçapı,  $r_{2c} = r_2 + t/2$  ifade etmektedir. Yapılan deneylerde tüm kanat kalınlıkları aynı olup  $t = 0.5 \text{ mm}$ ’dir.

Konveksiyonla taşınım katsayısının, ( $h_o$ ), deneysel verilere dayanarak saptanmasında, öncelikle verilen kanat geometrisi ve sıcaklık ölçümlerine göre denklem (5.17), (5.18) ve (5.19) kullanılarak ışınlımla olan toplam ısı transferi saptanmalıdır.

Sisteme uygulanan toplam enerji girdisi ise;

$$Q_t = \dot{m}_{su} c_{su} \Delta T_{su} \quad (5.28)$$

bağıntısı ile bulunur. Burada,

$\dot{m}_{su}$  – Isıtıcıdan birim zamanda geçen suyun debisi (kg/s)

$c_{su}$  – Suyun özgül ısınma ısısı (kJ/kg°C)

$\Delta T_{su}$  – Suyun ısıtıcıya giriş sıcaklığı,  $T_g$  ile çıkış sıcaklığı,  $T_ç$  farkı (°C)

dır.

Bunlar deneysel olarak belirlenerek ısıtıcıya uygulanan toplam enerji girdisi denklem (5.28) yardımıyla saptanacağından, ısıtıcıda taşınım ile olan toplam ısı transferi,  $Q_c$ ,

$$Q_c = Q_t - \Sigma Q_R \quad (5.29)$$

olarak saptanır.

Denklem (5.25)'de yer alan taşınım ile görünür ısı transferi katsayısı,

$$h_o = Q_c / \eta_o A_o (T_w - T_o) \quad (5.30)$$

ile belirlenir. Ancak denklem (5.26) ve (5.27)'e göre,  $\eta_o$ , ifadesi ısı taşınım katsayısını içerdiğinden iterasyonla çözüme gidilmelidir. Boru ve kanalların dışındaki akış hallerinde ısı transferi katsayısının tayin edilmesi ilk aşamada boru eksenine dik akış halinin incelenmesi ile mümkündür. Boruların dış yüzeyine dik akış için ısı taşınım korelasyonu,  $Re_d$ 'ye bağlı olarak Tablo 5.5'de verilmiştir.

**Tablo 5.5** Silindir çevresinde çapraz akım için ısı taşınım korelasyonları (İlken 1996)

Önerilen Korelasyon	$Re_d$ Aralığı
$Nu_d = 0,76 Re_d^{0,4} Pr^{0,37} (Pr/Pr_s)^n$	1 - 40
$Nu_d = 0,52 Re_d^{0,5} Pr^{0,37} (Pr/Pr_s)^n$	40 - $10^3$
$Nu_d = 0,26 Re_d^{0,6} Pr^{0,37} (Pr/Pr_s)^n$	$10^3 - 2 \times 10^5$
$Nu_d = 0,023 Re_d^{0,8} Pr^{0,4} (Pr/Pr_s)^n$	$2 \times 10^5 - 10^7$
Akışkan ısıtılıyorsa $n = 0,25$ ve soğutuluyorsa $n = 0,20$ 'dir.	
Akışkan özellikleri, $Pr_s$ için $T_w$ yüzey sıcaklığında, diğer özellikler için $T_o$ akışkan sıcaklığında alınacaktır.	

Tablo 5.5'deki uygun denklem kullanılarak, yatay duran silindir yüzeyi etrafındaki taşınım ile ısı transferi katsayısı,  $h$ , saptanır.

Şekil 5.13 ve denklem (5.26)'dan sırasıyla  $\eta_f$  ve  $\eta_o$  tespit edilir. Denklem (5.29) ise yeni,  $h_o$ , değerini verir. Yapılan iterasyon işleminde  $h_o$ ,  $X$ ,  $\eta_f$  ve  $\eta_o$  değerleri birbirlerini %1 farkla doğrulayınca kadar devam edilmelidir. İterasyon sonucu elde edilen,  $h_o$ , değerine bağlı olarak Nusselt sayısı ısıtıcı boru çapına bağlı olarak,

$$Nu_d = h_o d / \lambda \quad (5.31)$$

olur.

Isıtıcı boru gövde tarafı akışkanı hava, kanatlar ve gövde arasındaki boşluklardan akar. Akış yönünde akış kesiti alanı değiştiğinden gövde tarafı akışkanı yavaşlar ve hızlanır. Ayrıca akışkan, sistemde kullanılan saptırıcılar nedeniyle akış yönü doğrultusunda ısıtıcı boruya önce paralel sonra dik ve yine paralel olarak tekrarlanan akış şeklinde hareket eder. Dolayısıyla gövde tarafı akışkanının ısıtıcı boru üzerindeki hareketi, akış süresince hem akış kesiti ve hem de akış doğrultusu sürekli tekrarlanan şekilde değişmektedir. Ancak tüm akış ve kesit değişimlerinde kütleli debi aynı kalmaktadır. Bu husus dikkate alındığında gövde tarafı akışı karakterize eden Reynolds sayısı, kütleli hıza,  $\dot{G} = \frac{\dot{m}_h}{A_s}$ , göre tanımlanmalıdır. Burada  $\dot{m}_h$ , ısıtıcıdan birim zamanda geçen havanın kütleli debisi ve  $A_s$  de iki kanat arasında kalan akış doğrultusuna dik referans kesitin alanıdır, ( $A_s = D.s$ ). Ancak hava kütleli tamamı iki kanat arasındaki kesitten geçmemekte, bir kısmı kanat ucu ile dış gövde arasındaki kesitten sızmakta ve bir diğer kısmı da, bu çalışma ile etkisi araştırılmakta olan, kanat üzerinde açılan ve belirli açılarda olması sağlanan deliklerden geçmektedir. Bu nedenle ısıtıcı yüzeyindeki hava hareketini karakterize eden Reynolds sayısı, sadece boruya dik akış gözlemlenerek tam olarak tanımlanamaz. Buna ilaveten ısıtıcı ortamdaki açıklanan diğer akışların etkilerini de içermelidir. Bu husus oldukça karmaşıktır. Bununla birlikte, belirli bir geometrik konum ve çalışma koşulu için, kanatlı borunun ısı girdisi, kanat, gövde ve hava sıcaklıkları bilindiğine göre; ışınlı ısı transferi ve taşınım ısı transferi değerleri belirlenir. Taşınım ısı transferi, akışkan hareketine bağlı olduğundan, akışı karakterize edecek  $Re_d$  sayısı; birim yüzey için hesaplanan taşınım ısı akısını,  $q_c = Q_c/A_o$ , da gerçekleştirilmelidir. O halde deneysel çalışmada, akışı karakterize edecek Reynolds sayısı ifadesi tanımlanmalıdır. Gerekli düzenlemeler yapıldığında, bu hususu kapsayacak şekilde elde edilen dönüştürülmüş Reynolds sayısı,

$$\overline{Re}_d = Re_d Nu_d = \frac{q_c \dot{G} d^2}{\mu \lambda (T_w - T_0)} \quad (5.32)$$

şeklinde ifade edilebilir.  $T_{\text{film}} = \frac{T_w + T_0}{2}$ , film sıcaklığı kullanılarak havanın fiziksel özellikleri alınmıştır.

#### 5.4. Basınç Düşümü ve Sürtünme Katsayısının Hesaplanması

Çalışma ortamı gaz olan ısı değiştiricilerinde düşük yoğunluk nedeniyle pompalama güç harcamasının analizi ısı transferi kadar önemlidir. Gaz akışlı ısı değiştiricilerinin giriş bölgelerinde akış kesitinin değişiminden ve tersinmez serbest genişlemedeki sınır tabaka ayrılması ile akış yönündeki momentum kayıplarından basınç düşümü oluşur. Çıkış bölgesinde de yine sürtünme ile ilişkisi olmayan sadece akış kesitinin değişiminden doğan basınç artımı ve ani genişleme sonucundaki momentum kayıplarından doğan basınç düşümü görülür. Gazlarda yoğunluk mutlak sıcaklığın tersi ile orantılı olduğundan, akış kesitinin sabit olduğu durumlarda gazın ısınması ivmelenmesine neden olur. Akışkanın ivmelenmesinden oluşan momentum kaybı da basınç düşümüne neden olur. Dairesel kanal içine alınmış akışkanın ısı geçişi yüzeylerine sürtünmesi, sürtünmeye bağlı basınç düşümüne neden olur. Sonuç olarak, ısıtıcıda hava tarafı basınç düşümü bunların toplamından oluşur.

Giriş bölgesi basınç düşümü,

$$\Delta p_g = \frac{\dot{G}^2}{2\rho_1} (1 - \sigma_0^2) + k_\zeta \frac{\dot{G}^2}{2\rho_1} \quad (5.33)$$

Çıkış bölgesi basınç düşümü,

$$\Delta p_\zeta = -\frac{\dot{G}^2}{2\rho_2} (1 - \sigma_0^2) + k_e \frac{\dot{G}^2}{2\rho_2} \quad (5.34)$$



Akışkanın ivmelenmesinden doğan momentum kaybına bağlı basınç düşümü,

$$\Delta p_{iv} = \dot{G}^2 [1/\rho_2 - 1/\rho_1] \quad (5.35)$$

Kanat ve borudan oluşan ısıtıcı yüzeye havanın sürtünmesinden meydana gelen basınç düşümü ise,

$$\Delta p_f = f \left( \frac{L}{d} \right) \frac{\rho_1}{\rho_m} \frac{\dot{G}^2}{2\rho_1} \quad (5.36)$$

dır. Denklem (5.33) ve (5.34)'de yer alan  $\sigma_0$ , serbest akış kesitinin toplam kesit alanına oranıdır. Denklem (5.33)'de yer alan  $k_c$ , tersinmez ani daralmadan doğan basınç kayıp katsayısını ve denklem (5.34)'de yer alan  $k_e$  ise ani genişlemeden oluşan basınç kayıp katsayısıdır. Bu katsayılar akış geometrisine bağlı olduğu gibi hız dağılımının momentum kayıplarına etkisi nedeni ile Reynolds sayısına da bağlıdır. Denklem (5.33), (5.34), (5.35) ve (5.36)'da yer alan  $\rho_1$ , akışkanın ısıtıcıya girişteki yoğunluğu,  $\rho_2$ , akışkanın ısıtıcıdan çıkıştaki yoğunluğu ve  $\rho_m$  ise, akışkanın ısıtıcıdaki ortalama yoğunluğu,

$$\frac{1}{\rho_m} = \frac{1}{\rho_1} + \frac{1}{\rho_2} \quad (5.37)$$

şeklinde denklem (5.37)'den faydalanılarak tespit edilmektedir. Denklem (5.36)'da yer alan  $f$ , sürtünme katsayısı,  $L$ , ısıtıcı boyu ve  $d$ 'de çaptır.

Toplam basınç düşümü,

$$\Delta p_t = \Delta p_g + \Delta p_c + \Delta p_f + \Delta p_{iv} \quad (5.38)$$

şeklinde denklem (5.38) yardımıyla belirlenmektedir.

Dış yüzeyi kanatlandırılarak genişletilmiş ısıtıcı boruların bu yüzeylerindeki ısı transferi katsayısı ile sürtünmeye bağlı basınç düşümünün belirlenmesi ilk aşamada

boruya dik akış halinin incelenmesi ile mümkündür. Buna karşılık gövde tarafı akışkan kanatçık ve gövde arasındaki eksenel doğrultuda, iki kanat arasındaki bölgede de ısıtıcı boru çapına saptırıcı nedeniyle dik ve takiben akış yönündeki kanatçık üzerinde açılmış dairesel kesitten de açısal etki altında akar. Akış yönünde akış kesit alanı tekrarlı fakat sürekli değiştiğinden gövde tarafı gaz periyodik olarak yavaşlar ve hızlanır. Bu akış giderek ısınan, sıcaklığı artan gazın ivmelenmesinden de etkilenir. Dolayısıyla bu tür sistemlerde gerek ısı transferi katsayısı ve gerekse basınç düşümü önemli derecede akış yoluna ve türbülans derecesine bağlı olmalıdır. Bu parametreler; akış hızı, ısıtıcı boyutu ile kanat geometrisi ve kanatların boru üzerine yerleşim tarzının fonksiyonudur. Bu hal için akış, ısı transferi ve basınç düşümünü veren denklemlerin çözümü sonuç vermeyecek derecede karmaşıktır. Nitekim literatürde mevcut denklemler, tamamen belli koşullarda yapılmış deneysel verilere dayanmaktadır. Çalışmada ısıtıcı girişinden itibaren akışkanın bir kısmının, kanatlar üzerinde açılan ve belirli açılar altında konumlandırılmış deliklerle kanatlar arasındaki bölgede döndürülmesi ile sağlanan ilave türbülansla birlikte kanatlı ısıtıcıda akış, ısı geçişi ve basınç kaybı değerleri kanat geometrisi ve kanatların boru üzerine yerleşim tarzı da gözetilerek belirlenmektedir. Deney düzeneğinde gövde tarafı akışkanı olan havanın ısıtıcıya giriş-çıkış noktaları arasındaki basınç değişiminin tespiti yapılmıştır.

Isıtıcı gövde tarafı kanatlandırılmış yüzeyine ait ortalama sürtünme katsayısı değeri,  $f$ , akışkanın bu yüzeye giriş ve çıkış noktaları arasındaki basınç değişimi,  $\Delta p_t$ , kullanılarak bulunur. Önceki kısımlarda da açıklandığı gibi akışa etkili parametrelerin sayısı oldukça fazladır. Akışın, sonuçları literatürde yer alan akış şekilleri ile tam olarak açıklanması mümkün görülmemektedir.

Isı değiştiricilerinde akışkanın ısıtıcı yüzey üzerindeki hareketi, bu yüzeylerden hem taşınım ile ısı transferinde ve hem de sürtünme ile basınç düşümünde etkilidir. Böylece gövde tarafı ortalama sürtünme katsayısı,  $f$ , sistemin ölçülen ve tespit edilen büyüklükleri kullanılarak belirlenmelidir. Bu husus gözetildiğinde,

$$f \overline{Re}_d = 2 \frac{d^3}{L} \frac{\rho_m}{\mu \lambda} \frac{\Delta p_t}{\dot{G}} \frac{q_c}{\Delta T} \quad (5.39)$$

bağıntısı elde edilir. Burada  $\overline{Re}_d$ ,  $Re_d$   $Nu_d$ , ısıtıcı boru çapına göre tanımlanan düzeltilmiş Reynolds sayısıdır. Burada da akışkana ait özellikler film sıcaklığında alınmaktadır. Böylece, denklem (5.39)'dan  $f$ , bulunur.

## 6. DENEYSEL VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE BULGULAR

Araştırma kapsamı içinde yapılan toplam 945 adet deneyin sonuçlarının değerlendirilmesinde 5 nolu Bölümde açıklanan metod uygulanmıştır. Belirli bir geometrik konum ve akış için, kanatlı boru ısı girdisi, kanat, gövde ve sıcaklıkları ile kanat ucu sıcaklıkları bilindiğine göre; ısıma ile ısı transferinin ve taşınım ile ısı transferi katsayılarının saptanması ile ilgili örnek, Ek – 2’de verilmektedir.

Toplam 45 farklı geometrik konum için; Tablo 6.1’de,  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, deliksiz hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.2’de,  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, deliksiz hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.3’de,  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=0^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.4’de,  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=0^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.5’de,  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=0^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.6’da,  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=0^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.7’de,  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=15^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak

geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.8’de,  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=15^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.9’da,  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=15^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.10’da,  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.11’de,  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.12’de,  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.13’de,  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=45^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.14’de,  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=45^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.15’de,  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=45^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.16’da,  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.17’de,  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine

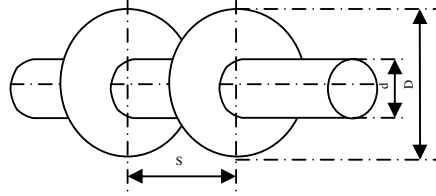
yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.18’de,  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.19’da,  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=90^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.20’de,  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=90^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.21’de,  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=90^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.22’de,  $s/d=0,138$ ,  $D/d=3$ ,  $n=187$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.23’de,  $s/d=0,138$ ,  $D/d=3$ ,  $n=187$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.24’de,  $s/d=0,138$ ,  $D/d=3$ ,  $n=187$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.25’de,  $s/d=0,138$ ,  $D/d=3$ ,  $n=187$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.26’da,  $s/d=0,138$ ,  $D/d=3$ ,  $n=187$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.27’de,  $s/d=0,138$ ,  $D/d=3$ ,  $n=187$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına

göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.28’de,  $s/d=0,276$ ,  $D/d=3$ ,  $n=95$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.29’da,  $s/d=0,276$ ,  $D/d=3$ ,  $n=95$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.30’da,  $s/d=0,276$ ,  $D/d=3$ ,  $n=95$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.31’de,  $s/d=0,276$ ,  $D/d=3$ ,  $n=95$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.32’de,  $s/d=0,276$ ,  $D/d=3$ ,  $n=95$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.33’de,  $s/d=0,276$ ,  $D/d=3$ ,  $n=95$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.34’de,  $s/d=0,414$ ,  $D/d=3$ ,  $n=70$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.35’de,  $s/d=0,414$ ,  $D/d=3$ ,  $n=70$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.36’da,  $s/d=0,414$ ,  $D/d=3$ ,  $n=70$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.37’de,  $s/d=0,414$ ,  $D/d=3$ ,  $n=70$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava

debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.38'de,  $s/d=0,414$ ,  $D/d=3$ ,  $n=70$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.39'da,  $s/d=0,414$ ,  $D/d=3$ ,  $n=70$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.40'da,  $s/d=0,517$ ,  $D/d=3$ ,  $n=57$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.41'de,  $s/d=0,517$ ,  $D/d=3$ ,  $n=57$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.42'de,  $s/d=0,517$ ,  $D/d=3$ ,  $n=57$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.43'de,  $s/d=0,517$ ,  $D/d=3$ ,  $n=57$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.44'de,  $s/d=0,517$ ,  $D/d=3$ ,  $n=57$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar, Tablo 6.45'de,  $s/d=0,517$ ,  $D/d=3$ ,  $n=57$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

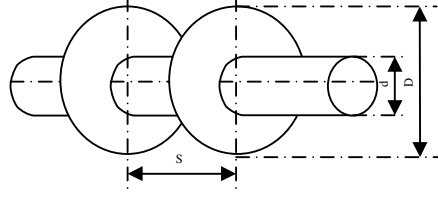


**Tablo 6.1**  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, deliksiz hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar



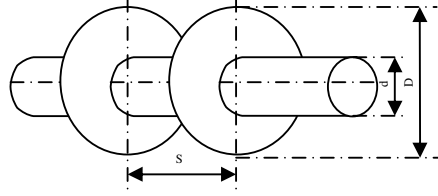
D deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{in})_g$ (°C)	$(T_{in})_g$ (°C)	$\Delta T_{in}$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_c$ (W)	$q_c$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_e$ (W)	$\Sigma Q_R$ (W)	$\overline{Re}_d$ (10 <sup>4</sup> )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
1	1,11	0,04	32,90	25,87	40	22,4	5,3	1,15263	232	201,28	230,70	1,298	223	45,84	1,1
2	1,10	0,04	37,13	28,80	45	25	6,1	1,15263	272	235,98	270,42	1,585	218	45,11	1,1
3	1,16	0,04	40,13	29,73	50	24,9	7,7	1,15263	339	294,11	337,00	1,999	215	44,80	1,1
4	1,14	0,04	43,07	31,03	55	25,6	8,8	1,15263	382	331,42	379,61	2,387	207	42,51	1,1
5	1,17	0,04	46,07	31,83	60	25,5	10,2	1,15263	439	380,87	436,14	2,864	200	40,35	1,1
6	1,11	0,04	48,70	31,97	65	23,9	13,1	1,15263	557	483,24	553,62	3,378	214	45,12	1,1
7	1,14	0,04	51,07	32,60	70	24,1	14,2	1,15263	573	497,12	569,22	3,781	198	40,29	1,1
8	1,14	0,06	32,77	27,23	40	24,6	3,8	1,15263	238	206,48	237,01	0,989	437	65,04	2,5
9	1,10	0,06	35,63	28,30	45	25,3	4,8	1,15263	317	275,02	315,65	1,352	436	65,13	2,5
10	1,17	0,06	38,23	28,80	50	25,1	6,1	1,15263	390	338,36	388,25	1,746	413	62,01	2,5
11	1,17	0,06	41,40	29,90	55	25,6	7,1	1,15263	439	380,87	436,83	2,169	377	55,69	2,5
12	1,13	0,06	43,93	30,70	60	25,7	8,2	1,15263	521	452,01	518,48	2,519	386	57,21	2,5
13	1,11	0,06	46,27	30,13	65	24,2	9,8	1,15263	604	524,02	600,91	3,088	365	53,10	2,5
14	1,11	0,06	47,93	30,63	70	24	11,2	1,15263	697	604,70	693,67	3,331	391	58,23	2,5
15	1,12	0,08	32,33	27,13	40	24,8	3,3	1,15263	281	243,79	280,10	0,899	734	93,92	4,5
16	1,17	0,08	35,07	28,03	45	25,4	4,1	1,15263	341	295,85	339,75	1,254	652	79,78	4,5
17	1,14	0,08	37,37	28,40	50	25,4	4,9	1,15263	429	372,19	427,39	1,609	640	78,49	4,5
18	1,16	0,08	40,33	29,40	55	25,9	5,7	1,15263	484	419,91	482,01	1,991	586	69,10	4,5
19	1,12	0,08	42,53	30,00	60	25,9	6,8	1,15263	563	488,45	560,68	2,316	591	68,31	4,5
20	1,11	0,08	44,37	29,23	65	24,4	8,0	1,15263	650	563,93	647,20	2,797	563	63,84	4,5
21	1,11	0,08	46,07	29,33	70	23,9	9,0	1,15263	743	644,61	739,91	3,092	579	67,23	4,5

**Tablo 6.2**  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, deliksiz hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar



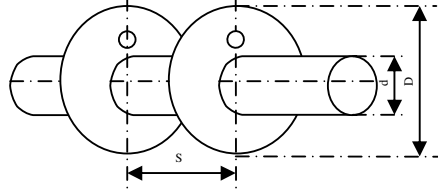
D deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{su})_g$ (°C)	$(T_h)_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_t$ (W)	$q_t$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_c$ (W)	$\Sigma Q_k$ (W)	$\overline{Re}_d$ (10 <sup>4</sup> )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
22	1,10	0,04	34,23	28,63	40	25,8	4,4	1,15263	221	191,74	219,94	1,058	266	58,23	1,1
23	1,14	0,04	36,53	28,27	45	24,3	6,2	1,15263	287	248,99	285,45	1,553	233	49,08	1,2
24	1,11	0,04	40,47	30,63	50	26,2	7,0	1,15263	325	281,96	323,10	1,901	218	45,33	1,1
25	1,10	0,04	43,97	32,63	55	27,5	8,0	1,15263	362	314,06	359,75	2,250	207	42,63	1,1
26	1,10	0,04	47,30	34,53	60	28,4	9,9	1,15263	453	393,01	450,40	2,600	228	48,99	1,1
27	1,17	0,04	48,80	32,37	65	25,1	11,9	1,15263	536	465,02	532,68	3,320	209	43,31	1,1
28	1,11	0,04	51,80	34,07	70	26,4	12,4	1,15263	557	483,24	553,35	3,646	199	41,44	1,1
29	1,12	0,06	33,57	28,83	40	26,4	3,4	1,15263	234	203,01	233,15	0,848	500	81,39	2,5
30	1,10	0,06	36,07	28,83	45	26,0	4,5	1,15263	317	275,02	315,68	1,319	440	68,75	2,6
31	1,10	0,06	39,23	30,37	50	26,8	5,5	1,15263	362	314,06	360,36	1,642	406	61,06	2,6
32	1,12	0,06	42,73	32,63	55	28,5	6,5	1,15263	422	366,12	420,08	1,919	409	61,97	2,5
33	1,14	0,06	45,67	33,73	60	29,2	7,2	1,15263	478	414,70	475,69	2,314	388	57,80	2,5
34	1,13	0,06	46,47	31,07	65	25,4	9,4	1,15263	613	531,83	610,06	2,942	388	57,61	2,6
35	1,17	0,06	49,27	32,90	70	27,0	9,8	1,15263	634	550,05	630,80	3,202	373	55,70	2,6
36	1,17	0,08	33,63	29,67	40	27,5	2,8	1,15263	244	211,69	243,31	0,694	830	109,14	4,6
37	1,15	0,08	35,60	29,27	45	26,8	3,6	1,15263	336	291,51	334,88	1,124	712	91,59	4,6
38	1,17	0,08	38,70	30,77	50	27,7	4,5	1,15263	390	338,36	388,56	1,441	652	80,33	4,6
39	1,10	0,08	41,97	32,7	55	29,4	5,1	1,15263	453	393,01	451,28	1,723	639	79,27	4,6
40	1,11	0,08	44,60	33,50	60	29,8	5,9	1,15263	510	442,47	508,91	2,094	597	72,70	4,6
41	1,14	0,08	45,03	30,57	65	25,9	7,7	1,15263	666	577,81	663,31	2,687	612	72,98	4,7
42	1,11	0,08	48,33	33,43	70	28,4	8,0	1,15263	697	604,70	694,15	2,851	601	73,53	4,6

**Tablo 6.3**  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, deliksiz hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar



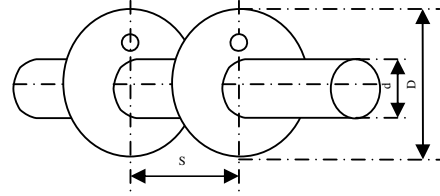
D deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{su})_g$ (°C)	$(T_h)_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_i$ (W)	$q_i$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_c$ (W)	$\Sigma Q_k$ (W)	$\overline{Re}_d$ (10 <sup>4</sup> )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
43	1,11	0,04	33,13	24,93	40	21,5	4,5	1,15263	186	161,37	184,50	1,502	154	27,78	1,2
44	1,11	0,04	36,97	27,67	45	23,4	5,5	1,15263	232	201,28	230,25	1,755	167	30,84	1,2
45	1,13	0,04	39,87	27,87	50	22,5	7,3	1,15263	284	246,39	281,71	2,295	157	29,13	1,2
46	1,13	0,04	43,63	30,13	55	24,0	8,3	1,15263	329	285,43	326,35	2,649	159	30,30	1,1
47	1,15	0,04	46,60	30,70	60	23,6	9,7	1,15263	384	333,15	380,83	3,167	156	29,88	1,1
48	1,10	0,04	50,53	33,30	65	25,4	10,8	1,15263	453	393,01	449,47	3,532	167	32,84	1,1
49	1,11	0,04	53,47	34,97	70	26,5	11,5	1,15263	464	402,56	460,12	3,877	158	30,59	1,1
50	1,10	0,06	32,83	25,70	40	23,0	3,3	1,15263	226	196,07	224,74	1,258	307	43,38	2,6
51	1,10	0,06	36,00	27,07	45	23,8	4,1	1,15263	272	235,98	270,38	1,618	307	40,66	2,6
52	1,14	0,06	38,43	27,07	50	22,7	5,6	1,15263	333	288,90	330,93	2,068	294	38,26	2,6
53	1,10	0,06	41,87	29,13	55	24,1	6,5	1,15263	364	315,80	361,63	2,367	282	37,02	2,6
54	1,12	0,06	44,60	29,57	60	23,8	7,6	1,15263	420	364,38	417,16	2,843	274	35,38	2,6
55	1,10	0,06	48,53	32,13	65	26,0	8,1	1,15263	498	432,06	494,80	3,204	307	39,60	2,6
56	1,12	0,06	51,03	33,33	70	26,4	9,1	1,15263	563	488,45	559,49	3,514	304	42,89	2,5
57	1,10	0,08	32,13	25,43	40	23,3	2,5	1,15263	226	196,07	224,85	1,155	460	47,16	4,7
58	1,12	0,08	35,13	26,77	45	24,0	3,3	1,15263	280	242,92	278,54	1,460	452	46,55	4,7
59	1,14	0,08	37,37	26,57	50	23,0	4,4	1,15263	333	288,90	331,10	1,901	414	42,72	4,7
60	1,13	0,08	40,70	28,40	55	24,2	5,2	1,15263	423	366,99	420,77	2,229	456	48,31	4,6
61	1,11	0,08	43,30	28,93	60	24,1	6,1	1,15263	511	443,33	508,39	2,615	467	49,76	4,6
62	1,11	0,08	47,03	31,43	65	26,2	6,6	1,15263	512	444,20	509,06	2,943	424	44,62	4,6
63	1,10	0,08	49,03	31,57	70	25,7	7,6	1,15263	595	516,21	591,69	3,313	439	47,14	4,5

**Tablo 6.4**  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=0^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar



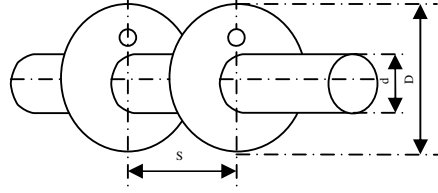
D deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{su})_g$ (°C)	$(T_h)_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_t$ (W)	$q_t$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_c$ (W)	$\Sigma Q_k$ (W)	$\overline{Re}_d$ ( $10^4$ )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
64	1,11	0,04	33,23	22,73	40	19	5,3	1,15263	231	200,40	229,15	1,847	150	27,02	1,1
65	1,11	0,04	36,70	24,47	45	19,8	6,5	1,15263	279	242,06	276,80	2,203	154	28,33	1,1
66	1,10	0,04	40,27	27,07	50	21,6	7,7	1,15263	321	278,50	318,55	2,453	161	30,50	1,1
67	1,11	0,04	45,20	31,20	55	25,4	8,0	1,15263	324	281,10	321,30	2,701	150	28,16	1,1
68	1,10	0,04	48,43	31,20	60	23,7	10,6	1,15263	441	382,60	437,65	3,352	165	31,87	1,1
69	1,10	0,04	51,93	32,73	65	24,7	11,4	1,15263	457	396,48	453,17	3,833	151	29,17	1,1
70	1,11	0,04	55,30	34,43	70	26,3	11,5	1,15263	463	401,69	458,75	4,250	139	26,04	1,1
71	1,11	0,06	32,20	22,10	40	19,2	4,1	1,15263	277	240,32	275,29	1,708	283	35,66	2,6
72	1,10	0,06	35,47	23,43	45	20,0	4,9	1,15263	315	273,29	312,92	2,081	266	33,79	2,6
73	1,10	0,06	40,57	28,73	50	25,1	5,1	1,15263	322	279,36	319,59	2,412	251	31,94	2,5
74	1,10	0,06	43,60	30,27	55	25,7	6,2	1,15263	397	344,43	394,53	2,474	292	39,19	2,5
75	1,10	0,06	45,87	29,43	60	23,9	7,7	1,15263	461	399,95	457,94	3,057	274	35,45	2,5
76	1,10	0,06	50,00	31,20	65	24,9	9,0	1,15263	529	458,95	525,423	3,577	271	35,30	2,5
77	1,10	0,06	53,53	32,83	70	26,1	9,4	1,15263	586	508,40	581,98	4,022	269	35,28	2,5
78	1,12	0,08	31,13	21,70	40	19,4	3,2	1,15263	280	242,92	278,43	1,570	410	40,20	4,7
79	1,11	0,08	34,33	22,70	45	20,0	3,9	1,15263	326	282,83	324,04	1,964	383	36,32	4,7
80	1,10	0,08	39,07	27,93	50	24,8	4,2	1,15263	362	314,06	360,02	1,977	433	43,97	4,6
81	1,10	0,08	42,30	28,70	55	25,0	5,1	1,15263	407	353,11	404,56	2,439	394	39,54	4,6
82	1,10	0,08	45,40	28,87	60	24,5	6,1	1,15263	498	432,06	495,00	2,997	394	39,63	4,6
83	1,10	0,08	48,90	30,07	65	25,2	6,8	1,15263	545	472,83	541,54	3,461	374	37,12	4,6
84	1,11	0,08	52,10	31,70	70	26,3	7,6	1,15263	602	522,28	598,17	3,835	376	37,61	4,6

**Tablo 6.5**  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=0^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar



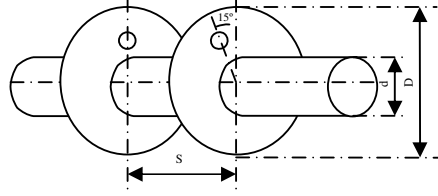
D deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{su})_g$ (°C)	$(T_h)_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_t$ (W)	$q_t$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_c$ (W)	$\Sigma Q_R$ (W)	$\overline{Re}_d$ ( $10^4$ )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
85	1,10	0,04	33,17	27,40	40	24,3	4,9	1,15263	226	196,07	224,82	1,179	265	56,73	1,0
86	1,10	0,04	37,10	30,20	45	26,5	6,2	1,15263	269	233,38	267,50	1,599	259	55,95	1,0
87	1,10	0,04	39,27	29,77	50	25,2	7,6	1,15263	322	279,36	319,93	2,070	224	46,61	1,0
88	1,10	0,04	42,30	30,87	55	25,5	9,0	1,15263	367	318,40	364,47	2,530	210	43,03	1,0
89	1,10	0,04	45,43	32,13	60	25,7	10,8	1,15263	453	393,01	450,09	2,910	221	46,32	1,0
90	1,10	0,04	48,40	33,43	65	26,6	11,6	1,15263	498	432,06	494,68	3,324	213	44,98	1,0
91	1,10	0,04	50,93	34,53	70	27,1	12,6	1,15263	529	458,95	525,28	3,723	205	42,55	1,0
92	1,10	0,06	32,87	28,03	40	25,6	3,7	1,15263	265	229,91	264,05	0,946	556	94,95	2,4
93	1,10	0,06	35,87	29,43	45	26,6	4,7	1,15263	312	270,69	310,66	1,336	486	79,52	2,4
94	1,10	0,06	38,00	29,23	50	25,6	5,9	1,15263	364	315,80	362,18	1,817	415	62,19	2,4
95	1,11	0,06	40,53	29,80	55	25,5	7,2	1,15263	463	401,69	460,75	2,253	428	64,40	2,4
96	1,10	0,06	43,10	30,87	60	26,0	8,3	1,15263	529	458,95	526,40	2,604	425	64,25	2,4
97	1,10	0,06	46,20	32,03	65	26,5	9,4	1,15263	618	536,17	615,01	2,993	424	65,77	2,4
98	1,10	0,06	48,53	32,90	70	27,1	10,0	1,15263	634	550,05	630,55	3,447	391	58,37	2,4
99	1,10	0,08	32,60	28,43	40	26,2	3,0	1,15263	272	235,98	271,21	0,788	884	118,90	4,4
100	1,10	0,08	35,30	29,50	45	26,9	3,9	1,15263	353	306,26	351,84	1,163	817	107,55	4,4
101	1,11	0,08	37,10	29,17	50	26,1	4,8	1,15263	417	361,78	415,41	1,594	703	88,33	4,4
102	1,10	0,08	39,20	29,47	55	25,5	6,1	1,15263	529	458,95	527,05	1,954	722	93,31	4,4
103	1,11	0,08	41,67	30,50	60	26,3	6,7	1,15263	557	483,24	554,75	2,255	657	83,10	4,4
104	1,10	0,08	44,43	31,37	65	26,8	7,6	1,15263	662	574,34	659,28	2,718	661	84,06	4,3
105	1,10	0,08	46,77	32,60	70	27,4	8,2	1,15263	710	615,98	707,07	2,930	648	82,72	4,3

**Tablo 6.6**  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=0^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar



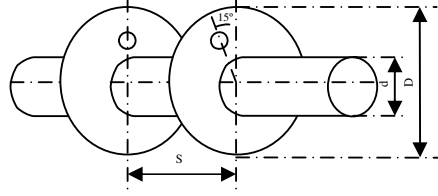
D deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_w)_g$ (°C)	$(T_h)_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_i$ (W)	$q_i$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_e$ (W)	$\Sigma Q_R$ (W)	$\overline{Re}_d$ ( $10^4$ )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
106	1,11	0,04	32,53	26,57	40	23,3	5,3	1,15263	232	201,28	230,82	1,178	264	56,50	1,1
107	1,10	0,04	33,97	25,20	45	20,5	7,6	1,15263	353	306,26	351,25	1,751	273	59,67	1,1
108	1,10	0,04	37,47	27,00	50	21,9	8,4	1,15263	368	319,27	365,89	2,112	235	49,65	1,1
109	1,11	0,04	38,90	26,40	55	20,1	10,6	1,15263	464	402,56	461,35	2,652	248	53,41	1,1
110	1,10	0,04	44,10	30,27	60	23,8	10,7	1,15263	485	420,78	482,01	2,992	229	48,88	1,1
111	1,10	0,04	46,40	30,37	65	23,1	12,3	1,15263	543	471,10	539,45	3,546	220	46,11	1,1
112	1,10	0,04	49,93	32,50	70	24,7	13,1	1,15263	574	497,99	570,02	3,980	211	44,48	1,1
113	1,10	0,06	32,30	27,30	40	24,6	3,9	1,15263	272	235,98	271,04	0,959	555	96,77	2,5
114	1,10	0,06	32,90	25,07	45	21,2	5,8	1,15263	397	344,43	395,50	1,502	519	84,07	2,5
115	1,11	0,06	35,33	25,60	50	21,3	6,9	1,15263	462	400,82	460,05	1,951	472	75,12	2,6
116	1,10	0,06	37,83	25,63	55	20,7	8,4	1,15263	543	471,10	540,57	2,429	449	68,45	2,6
117	1,10	0,06	42,40	29,60	60	24,6	8,4	1,15263	550	477,17	547,35	2,647	424	63,99	2,5
118	1,10	0,06	45,47	30,90	65	25,4	9,2	1,15263	584	506,67	580,94	3,057	391	58,07	2,5
119	1,10	0,06	47,57	31,30	70	25,2	10,4	1,15263	679	589,09	675,48	3,520	405	61,58	2,5
120	1,10	0,08	31,37	26,70	40	24,2	3,5	1,15263	319	276,76	318,13	0,866	933	128,38	4,6
121	1,10	0,08	32,13	24,93	45	21,7	4,7	1,15263	408	353,97	406,65	1,350	776	98,80	4,7
122	1,10	0,08	34,87	25,73	50	22,1	5,6	1,15263	497	431,19	495,31	1,690	737	94,35	4,7
123	1,10	0,08	36,67	25,47	55	21,3	6,6	1,15263	574	497,99	571,84	2,163	692	86,56	4,7
124	1,11	0,08	41,30	29,63	60	25,4	6,9	1,15263	602	522,28	599,67	2,330	681	86,12	4,6
125	1,10	0,08	44,23	30,90	65	26,2	7,7	1,15263	662	574,34	659,30	2,700	649	82,44	4,6
126	1,11	0,08	45,97	31,00	70	25,8	8,6	1,15263	741	642,88	737,88	3,124	644	81,96	4,6

**Tablo 6.7**  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=15^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar



D deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{su})_g$ (°C)	$(T_h)_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_i$ (W)	$q_i$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_c$ (W)	$\Sigma Q_k$ (W)	$\overline{Re}_d$ (10 <sup>4</sup> )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
127	1,11	0,04	35,50	27,47	40	24,9	3,3	1,15263	140	121,46	138,52	1,476	117	20,12	1,1
128	1,11	0,04	39,03	28,87	45	25,5	4,5	1,15263	186	161,37	184,09	1,911	121	21,35	1,1
129	1,13	0,04	41,33	27,07	50	22,2	6,7	1,15263	284	246,39	281,34	2,663	132	23,64	1,1
130	1,10	0,04	45,30	29,20	55	23,6	7,7	1,15263	319	276,76	315,92	3,084	129	22,92	1,1
131	1,10	0,04	48,73	30,20	60	24,0	8,6	1,15263	362	314,06	358,37	3,628	126	22,86	1,1
132	1,11	0,04	51,37	28,53	65	20,8	10,8	1,15263	418	362,65	413,53	4,472	117	21,01	1,1
133	1,11	0,04	54,30	29,40	70	21,2	11,5	1,15263	464	402,56	459,04	4,964	118	21,29	1,1
134	1,10	0,06	34,87	27,37	40	25,3	2,4	1,15263	136	117,99	134,68	1,320	182	21,32	2,6
135	1,10	0,06	38,00	28,20	45	25,4	3,6	1,15263	230	199,54	228,25	1,753	234	29,48	2,6
136	1,12	0,06	40,07	26,17	50	22,2	5,2	1,15263	327	283,70	324,53	2,474	235	29,02	2,6
137	1,17	0,06	43,67	28,23	55	23,6	6,0	1,15263	341	295,85	338,20	2,802	217	26,56	2,6
138	1,11	0,06	46,93	29,03	60	24,0	6,8	1,15263	418	362,65	414,66	3,342	227	28,43	2,6
139	1,11	0,06	49,37	27,23	65	21,1	8,1	1,15263	464	402,56	459,90	4,100	204	25,03	2,6
140	1,13	0,06	51,83	28,03	70	21,2	9,1	1,15263	519	450,27	514,53	4,469	210	25,94	2,6
141	1,11	0,08	34,47	27,43	40	25,9	1,7	1,15263	139	120,59	137,79	1,214	265	23,66	4,6
142	1,14	0,08	37,30	27,83	45	25,5	2,8	1,15263	238	206,48	236,35	1,652	336	31,64	4,7
143	1,11	0,08	39,10	25,63	50	22,4	4,0	1,15263	325	281,96	322,67	2,327	322	30,38	4,7
144	1,12	0,08	42,60	27,43	55	23,7	4,7	1,15263	373	323,61	370,32	2,681	324	30,20	4,7
145	1,10	0,08	45,87	28,30	60	24,0	5,6	1,15263	453	393,01	449,84	3,158	337	32,64	4,7
146	1,10	0,08	47,77	26,23	65	21,0	6,7	1,15263	543	471,10	539,15	3,855	329	30,80	4,7
147	1,11	0,08	50,53	27,20	70	21,5	7,4	1,15263	604	524,02	599,76	4,240	335	32,62	4,7

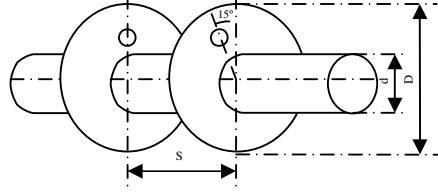
**Tablo 6.8**  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=15^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar



D deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{w})_g$ (°C)	$(T_h)_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_i$ (W)	$q_i$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_e$ (W)	$\Sigma Q_R$ (W)	$\overline{Re}_d$ (10 <sup>4</sup> )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
148	1,11	0,04	33,90	24,57	40	21,4	5,0	1,15263	232	201,28	230,30	1,704	169	31,01	1,1
149	1,10	0,04	37,63	26,33	45	22,6	6,1	1,15263	272	235,98	269,87	2,130	161	29,78	1,1
150	1,10	0,04	41,07	27,63	50	23,3	7,1	1,15263	320	277,63	317,43	2,571	157	29,27	1,1
151	1,11	0,04	44,77	29,10	55	24,1	8,2	1,15263	372	322,74	368,93	3,066	155	28,98	1,1
152	1,10	0,04	47,63	28,70	60	22,8	10,0	1,15263	455	394,75	451,26	3,737	156	29,25	1,1
153	1,10	0,04	49,67	26,63	65	19,8	11,8	1,15263	543	471,10	538,46	4,537	153	28,68	1,2
154	1,11	0,04	53,27	29,43	70	22,2	12,1	1,15263	557	483,24	552,16	4,838	149	28,18	1,1
155	1,10	0,06	33,30	24,80	40	22,3	3,9	1,15263	272	235,98	270,49	1,507	327	43,81	2,6
156	1,12	0,06	36,57	25,97	45	22,9	4,9	1,15263	328	284,57	326,11	1,892	312	41,35	2,6
157	1,13	0,06	39,90	27,40	50	23,9	5,7	1,15263	378	327,95	375,68	2,315	302	40,13	2,6
158	1,10	0,06	43,27	28,47	55	24,4	6,6	1,15263	453	393,01	450,22	2,776	302	41,14	2,6
159	1,10	0,06	45,73	27,90	60	23,1	8,0	1,15263	542	470,23	538,61	3,387	298	40,75	2,6
160	1,11	0,06	47,90	26,33	65	20,8	9,1	1,15263	604	524,02	599,90	4,097	274	36,81	2,6
161	1,10	0,06	51,23	28,77	70	23,0	9,5	1,15263	634	550,05	629,62	4,383	273	36,82	2,6
162	1,12	0,08	33,03	25,60	40	23,3	3,1	1,15263	281	243,79	279,73	1,270	515	54,96	4,7
163	1,17	0,08	36,10	26,53	45	23,8	3,9	1,15263	341	295,85	339,33	1,667	480	50,50	4,7
164	1,17	0,08	39,43	27,83	50	24,9	4,5	1,15263	390	338,36	387,91	2,086	448	46,39	4,6
165	1,10	0,08	42,47	28,60	55	25,2	5,3	1,15263	456	395,62	453,44	2,561	433	45,13	4,6
166	1,13	0,08	44,57	27,73	60	23,8	6,4	1,15263	567	491,92	563,89	3,114	442	46,15	4,7
167	1,10	0,08	46,70	26,73	65	22,2	7,3	1,15263	634	550,05	630,29	3,712	416	42,59	4,7
168	1,13	0,08	50,27	28,90	70	24,2	7,7	1,15263	658	570,87	653,95	4,047	397	40,24	4,7

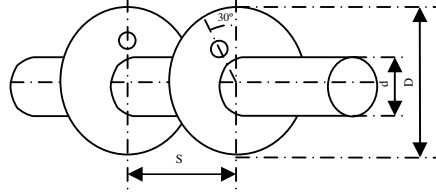


**Tablo 6.9**  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=15^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar



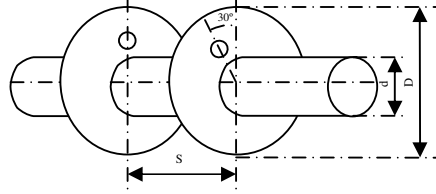
D deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{su})_g$ (°C)	$(T_h)_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_i$ (W)	$q_i$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_c$ (W)	$\Sigma Q_k$ (W)	$\overline{Re}_d$ ( $10^4$ )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
169	1,10	0,04	35,43	28,63	40	26,0	3,9	1,15263	182	157,90	180,71	1,295	179	34,35	1,1
170	1,10	0,04	39,03	29,87	45	26,4	5,2	1,15263	228	197,81	226,23	1,768	165	30,59	1,1
171	1,13	0,04	42,10	30,60	50	26,6	6,3	1,15263	283	245,53	280,72	2,282	161	30,09	1,1
172	1,16	0,04	45,90	31,53	55	27,0	7,4	1,15263	339	294,11	336,08	2,915	153	29,18	1,1
173	1,10	0,04	49,27	32,27	60	26,9	9,0	1,15263	405	351,37	401,49	3,510	153	29,31	1,1
174	1,10	0,04	52,30	33,50	65	27,2	10,1	1,15263	453	393,01	449,04	3,959	153	29,47	1,1
175	1,10	0,04	55,20	33,87	70	26,9	11,3	1,15263	498	432,06	493,47	4,530	147	28,43	1,1
176	1,10	0,06	34,73	28,47	40	26,1	3,3	1,15263	229	198,68	227,84	1,158	369	51,80	2,4
177	1,11	0,06	38,30	29,47	45	26,6	4,2	1,15263	278	241,19	276,35	1,646	314	42,54	2,4
178	1,17	0,06	41,27	29,73	50	26,5	5,2	1,15263	341	295,85	338,81	2,191	292	39,02	2,5
179	1,10	0,06	44,53	30,77	55	27,0	6,1	1,15263	408	353,97	405,33	2,668	290	38,20	2,4
180	1,16	0,06	47,70	31,37	60	27,0	7,2	1,15263	483	419,04	479,74	3,257	286	37,68	2,4
181	1,10	0,06	51,00	32,10	65	27,2	8,2	1,15263	550	477,17	546,19	3,812	279	37,10	2,4
182	1,11	0,06	52,87	32,37	70	26,9	9,3	1,15263	604	524,02	599,84	4,158	281	37,46	2,4
183	1,11	0,08	34,40	28,40	40	26,4	2,7	1,15263	232	201,28	230,93	1,070	521	55,88	4,4
184	1,10	0,08	37,40	29,20	45	26,7	3,5	1,15263	315	273,29	313,52	1,484	512	55,23	4,4
185	1,12	0,08	40,50	29,73	50	26,8	4,2	1,15263	375	325,34	373,01	1,989	460	48,84	4,4
186	1,10	0,08	43,43	30,13	55	26,9	5,1	1,15263	453	393,01	450,49	2,509	446	46,61	4,4
187	1,16	0,08	46,40	30,93	60	27,0	6,1	1,15263	531	460,69	528,04	2,963	445	46,53	4,4
188	1,10	0,08	49,60	31,37	65	27,2	6,9	1,15263	598	518,81	594,44	3,565	422	44,44	4,4
189	1,10	0,08	51,80	31,77	70	27,2	7,4	1,15263	644	558,72	640,06	3,942	411	43,40	4,4

**Tablo 6.10**  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar



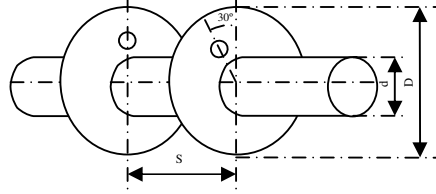
D deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{su})_g$ (°C)	$(T_h)_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_t$ (W)	$q_t$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_c$ (W)	$\Sigma Q_k$ (W)	$\overline{Re}_d$ ( $10^4$ )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
190	1,04	0,04	32,60	18,50	40	13,6	7,6	1,15263	349	302,79	346,52	2,479	171	31,74	1,1
191	1,10	0,04	36,40	19,60	45	14,5	9,1	1,15263	402	348,77	398,91	3,085	163	30,47	1,1
192	1,10	0,04	40,83	22,90	50	17,2	10,0	1,15263	447	387,81	443,63	3,373	167	31,43	1,1
193	1,03	0,04	44,67	24,57	55	18,1	11,3	1,15263	516	447,67	512,12	3,878	170	32,12	1,1
194	1,04	0,04	48,47	25,47	60	18,3	12,6	1,15263	563	488,45	558,49	4,515	160	30,43	1,1
195	1,04	0,04	52,37	27,47	65	19,6	13,6	1,15263	610	529,22	604,97	5,028	157	30,22	1,1
196	1,03	0,04	55,63	28,87	70	20,4	14,4	1,15263	644	558,72	638,48	5,517	153	29,49	1,1
197	1,03	0,06	31,17	17,77	40	13,8	6,3	1,15263	429	380,89	426,70	2,304	335	44,38	2,5
198	1,10	0,06	34,83	19,00	45	14,7	7,4	1,15263	492	426,85	489,26	2,741	321	42,02	2,5
199	1,05	0,06	39,23	21,97	50	17,3	8,1	1,15263	525	455,48	521,90	3,096	308	40,71	2,5
200	1,03	0,06	42,87	23,47	55	18,3	9,1	1,15263	601	521,42	597,44	3,558	310	41,18	2,5
201	1,03	0,06	46,20	24,33	60	18,2	10,4	1,15263	687	596,03	682,93	4,066	311	42,29	2,5
202	1,10	0,06	50,30	26,03	65	19,8	11,0	1,15263	717	622,06	712,34	4,663	288	38,01	2,5
203	1,03	0,06	53,07	27,53	70	20,6	11,7	1,15263	773	670,64	768,01	4,987	292	39,47	2,5
204	1,10	0,08	30,33	17,03	40	13,9	5,3	1,15263	460	399,08	457,76	2,236	485	47,03	4,6
205	1,10	0,08	33,87	18,57	45	14,8	6,3	1,15263	545	472,83	542,42	2,582	492	51,19	4,6
206	1,03	0,08	38,13	21,33	50	17,3	6,9	1,15263	601	521,42	598,09	2,912	489	51,22	4,5
207	1,10	0,08	41,70	23,00	55	18,5	7,7	1,15263	658	570,87	654,67	3,329	471	49,73	4,5
208	1,10	0,08	44,87	23,10	60	18,1	8,8	1,15263	760	659,36	756,03	3,972	464	49,12	4,5
209	1,10	0,08	48,60	25,53	65	20,1	9,1	1,15263	790	685,39	785,73	4,275	448	47,78	4,5
210	1,10	0,08	51,57	26,43	70	20,7	9,9	1,15263	852	739,18	847,22	4,778	439	46,10	4,5

**Tablo 6.11**  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar



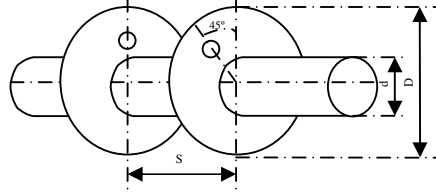
D deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{su})_g$ (°C)	$(T_h)_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_t$ (W)	$q_t$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_c$ (W)	$\Sigma Q_k$ (W)	$\overline{Re}_d$ ( $10^4$ )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
211	1,10	0,04	31,80	19,93	40	15,9	7,2	1,15263	319	276,76	316,87	2,133	186	35,05	1,2
212	1,10	0,04	36,87	21,03	45	16,0	8,8	1,15263	404	350,50	401,11	2,894	173	32,41	1,2
213	1,10	0,04	40,50	22,47	50	16,8	10,0	1,15263	448	388,68	444,59	3,409	167	31,35	1,1
214	1,10	0,04	44,67	23,23	55	16,5	11,5	1,15263	529	458,95	524,96	4,044	164	30,93	1,1
215	1,10	0,04	47,23	22,67	60	15,2	13,1	1,15263	598	518,81	593,30	4,701	161	30,44	1,2
216	1,10	0,04	51,03	24,10	65	15,4	14,6	1,15263	662	574,34	656,76	5,237	160	30,52	1,2
217	1,10	0,04	53,90	24,77	70	15,7	15,6	1,15263	702	609,04	696,26	5,744	155	29,77	1,2
218	1,04	0,06	31,60	19,80	40	16,5	5,8	1,15263	392	340,09	389,96	2,036	345	46,82	2,7
219	1,03	0,06	35,63	21,30	45	16,6	7,0	1,15263	474	411,23	471,48	2,523	339	46,27	2,6
220	1,04	0,06	38,93	21,57	50	16,7	8,5	1,15263	566	491,05	562,93	3,074	331	45,39	2,6
221	1,10	0,06	42,53	22,50	55	16,7	9,4	1,15263	618	536,17	614,39	3,608	310	41,08	2,6
222	1,10	0,06	44,83	21,77	60	15,3	10,7	1,15263	706	612,51	701,74	4,262	306	40,68	2,7
223	1,04	0,06	48,37	22,63	65	15,6	11,9	1,15263	782	678,45	777,22	4,776	300	40,14	2,6
224	1,10	0,06	51,27	23,07	70	15,8	12,8	1,15263	838	727,03	832,74	5,260	291	39,08	2,7
225	1,03	0,08	32,00	19,67	40	16,9	4,8	1,15263	430	373,06	427,91	2,089	483	50,15	4,8
226	1,10	0,08	34,63	20,43	45	17,1	5,7	1,15263	492	426,85	489,59	2,411	476	49,60	4,8
227	1,10	0,08	37,80	21,50	50	17,2	6,8	1,15263	589	511,01	586,16	2,837	491	51,44	4,8
228	1,10	0,08	41,27	22,20	55	17,2	7,9	1,15263	681	590,82	677,60	3,400	480	50,55	4,8
229	1,10	0,08	43,67	21,30	60	15,8	8,9	1,15263	770	668,04	766,11	3,892	461	48,63	4,8
230	1,04	0,08	46,93	22,23	65	16,2	9,7	1,15263	829	719,22	824,53	4,465	396	46,22	4,8
231	1,04	0,08	49,30	22,60	70	16,2	10,7	1,15263	917	795,57	912,14	4,861	452	47,11	4,8

**Tablo 6.12**  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar



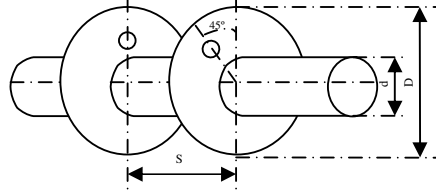
Deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{su})_g$ (°C)	$(T_h)_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_t$ (W)	$q_t$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_c$ (W)	$\Sigma Q_R$ (W)	$\overline{Re}_d$ ( $10^4$ )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
232	1,10	0,04	35,57	23,30	40	19,5	5,4	1,15263	226	196,07	223,91	2,095	125	21,76	1,2
233	1,10	0,04	39,57	24,60	45	20,2	6,4	1,15263	270	234,25	267,30	2,703	120	21,15	1,2
234	1,10	0,04	43,60	25,83	50	20,6	7,6	1,15263	314	272,42	310,61	3,395	116	20,21	1,2
235	1,10	0,04	47,33	27,00	55	20,8	9,0	1,15263	362	314,06	358,16	3,837	116	20,24	1,2
236	1,10	0,04	51,53	28,23	60	21,1	10,4	1,15263	413	358,31	408,59	4,407	114	21,80	1,2
237	1,03	0,04	55,27	29,50	65	21,4	11,8	1,15263	472	409,50	466,91	5,091	116	20,89	1,2
238	1,03	0,04	58,50	30,47	70	21,6	12,8	1,15263	516	447,67	510,40	5,601	115	20,88	1,2
239	1,16	0,06	34,53	22,57	40	19,8	4,0	1,15263	243	210,82	240,97	2,033	207	24,08	2,7
240	1,10	0,06	38,53	23,77	45	20,3	5,1	1,15263	313	271,55	310,47	2,531	214	25,82	2,7
241	1,10	0,06	42,30	24,80	50	20,7	6,1	1,15263	356	308,86	352,95	3,048	202	24,20	2,7
242	1,03	0,06	46,07	25,90	55	20,9	7,2	1,15263	430	373,06	426,27	3,732	210	25,21	2,6
243	1,10	0,06	49,67	26,83	60	21,2	8,3	1,15263	499	432,92	494,79	4,208	212	26,11	2,6
244	1,03	0,06	53,33	27,63	65	21,4	9,5	1,15263	558	484,11	553,13	4,874	209	25,79	2,6
245	1,10	0,06	56,50	28,77	70	21,5	10,6	1,15263	618	536,17	612,60	5,398	212	26,33	2,6
246	1,15	0,08	33,97	22,10	40	20,0	3,1	1,15263	241	209,09	239,05	1,946	277	24,53	4,8
247	1,03	0,08	37,57	23,07	45	20,3	4,1	1,15263	344	298,45	341,54	2,463	321	30,04	4,8
248	1,10	0,08	40,43	23,93	50	20,6	5,0	1,15263	410	355,71	407,18	2,824	333	31,86	4,8
249	1,10	0,08	44,90	24,90	55	20,9	6,0	1,15263	485	420,78	481,41	3,587	320	30,33	4,7
250	1,10	0,08	48,53	25,90	60	21,1	6,9	1,15263	550	477,17	545,71	4,292	317	30,73	4,7
251	1,10	0,08	52,47	26,80	65	21,4	7,9	1,15263	634	550,05	628,99	5,015	318	29,95	4,7
252	1,04	0,08	55,07	27,53	70	21,6	8,7	1,15263	697	604,70	691,35	5,655	323	31,11	4,7

**Tablo 6.13**  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=45^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar



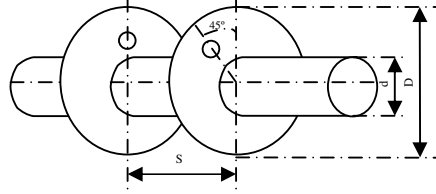
D deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{su})_g$ (°C)	$(T_h)_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_i$ (W)	$q_i$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_c$ (W)	$\Sigma Q_k$ (W)	$\overline{Re}_d$ (10 <sup>4</sup> )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
253	1,10	0,04	34,97	22,50	40	19,1	5,5	1,15263	223	193,47	220,70	2,298	121	20,80	1,2
254	1,03	0,04	39,43	24,87	45	21,1	6,1	1,15263	258	223,84	255,24	2,760	118	20,41	1,2
255	1,04	0,04	43,53	26,97	50	22,4	7,3	1,15263	305	264,61	301,76	3,237	121	21,05	1,1
256	1,10	0,04	47,47	27,43	55	21,8	9,1	1,15263	360	312,33	356,03	3,967	117	20,40	1,1
257	1,10	0,04	51,27	28,23	60	21,5	10,6	1,15263	416	360,91	411,36	4,643	116	20,38	1,1
258	1,03	0,04	55,57	30,63	65	23,4	11,6	1,15263	473	410,37	467,82	5,185	120	21,60	1,1
259	1,05	0,04	59,07	32,17	70	24,8	12,1	1,15263	482	418,17	476,27	5,728	112	19,90	1,1
260	1,01	0,06	34,37	22,17	40	19,7	4,1	1,15263	254	220,37	251,83	2,165	213	25,13	2,7
261	1,15	0,06	38,60	24,37	45	21,5	4,7	1,15263	289	250,73	286,41	2,591	204	24,29	2,6
262	1,14	0,06	42,47	25,97	50	22,4	5,8	1,15263	333	288,90	329,92	3,080	200	23,55	2,6
263	1,03	0,06	46,07	26,33	55	21,6	7,4	1,15263	429	372,19	425,27	3,728	213	26,10	2,6
264	1,10	0,06	49,30	27,00	60	21,4	8,7	1,15263	505	438,13	500,72	4,276	220	27,06	2,6
265	1,01	0,06	53,67	29,60	65	23,9	9,1	1,15263	551	478,04	546,23	4,769	219	27,11	2,6
266	1,03	0,06	57,10	31,10	70	24,8	9,9	1,15263	601	521,42	595,75	5,252	218	27,20	2,6
267	1,10	0,08	33,87	22,10	40	20,2	3,2	1,15263	266	230,78	263,96	2,037	309	28,26	4,7
268	1,10	0,08	37,77	23,93	45	21,5	3,9	1,15263	309	268,08	306,55	2,448	301	27,71	4,7
269	1,03	0,08	41,60	25,53	50	22,4	4,9	1,15263	387	335,75	384,09	2,906	320	30,22	4,6
270	1,04	0,08	44,70	25,50	55	21,5	6,1	1,15263	476	412,97	472,49	3,513	327	30,99	4,7
271	1,03	0,08	48,33	26,03	60	21,3	7,2	1,15263	558	484,11	553,86	4,139	327	31,11	4,7
272	1,05	0,08	52,40	28,87	65	24,3	7,4	1,15263	571	495,39	566,48	4,515	311	29,88	4,6
273	1,04	0,08	55,60	30,17	70	24,9	8,3	1,15263	650	563,93	645,02	4,977	324	31,30	4,6

**Tablo 6.14**  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=45^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar



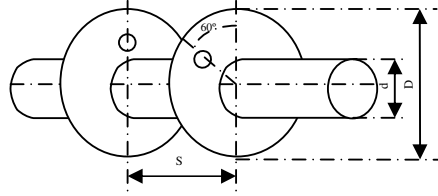
D deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{su})_g$ (°C)	$(T_h)_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_i$ (W)	$q_e$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_e$ (W)	$\Sigma Q_R$ (W)	$\overline{Re}_d$ (10 <sup>4</sup> )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
274	1,03	0,04	33,77	22,27	40	18,5	6,2	1,15263	300	260,27	297,97	2,027	178	33,25	1,2
275	1,03	0,04	37,67	24,40	45	19,9	7,4	1,15263	344	298,45	341,61	2,393	174	32,77	1,1
276	1,03	0,04	41,80	26,53	50	21,4	8,4	1,15263	387	335,75	384,16	2,843	168	31,76	1,1
277	1,00	0,04	45,27	27,70	55	21,7	10,0	1,15263	460	399,09	456,68	3,324	171	32,61	1,1
278	1,03	0,04	49,03	28,83	60	22,2	11,2	1,15263	517	448,54	514,00	3,997	166	31,72	1,1
279	1,05	0,04	52,83	30,23	65	22,7	12,5	1,15263	571	495,39	566,52	4,477	161	31,04	1,1
280	1,10	0,04	55,77	31,27	70	23,0	13,8	1,15263	626	543,11	621,07	4,930	162	31,23	1,1
281	1,03	0,06	33,07	22,83	40	19,8	5,0	1,15263	344	298,45	342,26	1,738	345	47,07	2,6
282	1,10	0,06	37,83	26,67	45	23,3	5,5	1,15263	362	314,06	360,03	1,969	326	44,04	2,6
283	1,02	0,06	40,47	25,87	50	21,6	7,0	1,15263	470	407,76	467,41	2,591	322	43,59	2,6
284	1,10	0,06	43,93	27,00	55	22,1	8,1	1,15263	535	464,16	531,94	3,062	312	42,53	2,6
285	1,01	0,06	47,57	28,20	60	22,7	9,0	1,15263	593	514,48	589,42	3,577	299	40,19	2,6
286	1,10	0,06	50,90	29,20	65	23,0	10,3	1,15263	676	586,48	671,92	4,083	301	40,67	2,6
287	1,04	0,06	53,70	30,13	70	23,4	11,2	1,15263	738	640,27	733,50	4,503	300	40,68	2,6
288	1,10	0,08	33,03	23,13	40	20,4	4,2	1,15263	366	317,53	364,36	1,637	507	52,88	4,8
289	1,04	0,08	37,27	26,70	45	23,8	4,5	1,15263	392	340,09	390,18	1,818	498	52,48	4,7
290	1,02	0,08	39,77	25,77	50	22,1	5,9	1,15263	511	443,33	508,58	2,420	488	51,55	4,7
291	1,10	0,08	43,13	26,90	55	22,8	6,7	1,15263	581	504,06	578,14	2,859	473	50,25	4,7
292	1,10	0,08	46,53	27,93	60	23,3	7,7	1,15263	662	574,34	658,65	3,345	465	49,66	4,7
293	1,04	0,08	49,87	28,93	65	23,7	8,6	1,15263	738	640,27	734,18	3,824	456	48,89	4,7
294	1,10	0,08	52,57	29,70	70	24,0	9,4	1,15263	807	700,14	802,76	4,241	452	48,73	4,7

**Tablo 6.15**  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=45^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar



D deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{su})_g$ (°C)	$(T_h)_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_i$ (W)	$q_i$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_c$ (W)	$\Sigma Q_k$ (W)	$\overline{Re}_d$ (10 <sup>4</sup> )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
295	1,10	0,04	33,30	20,90	40	16,1	8,0	1,15263	367	318,40	364,85	2,146	203	39,23	1,1
296	1,11	0,04	37,10	21,50	45	16,6	8,8	1,15263	405	351,37	402,22	2,778	176	32,97	1,1
297	1,10	0,04	40,77	22,63	50	17,0	10,1	1,15263	457	396,48	453,69	3,307	169	31,21	1,1
298	1,10	0,04	44,50	23,80	55	17,3	11,5	1,15263	529	458,95	527,15	3,847	170	32,15	1,1
299	1,10	0,04	48,07	24,67	60	17,5	13,0	1,15263	589	511,01	584,55	4,451	165	30,80	1,1
300	1,05	0,04	51,60	25,80	65	17,8	14,4	1,15263	658	570,87	653,00	5,001	165	31,58	1,1
301	1,04	0,04	54,57	26,73	70	18,0	15,6	1,15263	697	604,70	691,50	5,497	160	30,28	1,1
302	1,11	0,06	32,13	19,93	40	16,3	6,2	1,15263	417	361,78	414,97	2,034	355	48,15	2,6
303	1,03	0,06	35,70	20,83	45	16,8	7,1	1,15263	473	410,37	470,47	2,529	326	43,65	2,5
304	1,11	0,06	39,27	21,87	50	17,0	8,4	1,15263	555	481,51	551,98	3,017	323	43,50	2,5
305	1,10	0,06	42,60	22,83	55	17,3	9,6	1,15263	632	548,31	628,50	3,500	321	43,34	2,5
306	1,11	0,06	45,97	23,60	60	17,6	10,6	1,15263	697	604,70	692,97	4,028	309	41,24	2,5
307	1,04	0,06	49,37	24,40	65	17,7	12,0	1,15263	786	681,92	781,41	4,589	309	42,20	2,5
308	1,10	0,06	52,17	25,20	70	18,0	12,9	1,15263	849	736,58	843,97	5,031	306	42,01	2,5
309	1,10	0,08	31,43	19,50	40	16,4	5,2	1,15263	457	396,48	455,07	1,930	532	56,26	4,6
310	1,10	0,08	34,80	20,27	45	16,9	6,1	1,15263	529	458,95	526,59	2,406	500	52,13	4,6
311	1,10	0,08	38,07	21,27	50	17,1	7,2	1,15263	626	543,11	623,12	2,878	506	53,06	4,5
312	1,10	0,08	41,30	21,97	55	17,4	8,2	1,15263	710	615,98	706,68	3,316	494	52,03	4,5
313	1,10	0,08	44,73	22,70	60	17,6	9,2	1,15263	794	688,86	790,14	3,860	480	50,77	4,5
314	1,10	0,08	48,23	23,57	65	17,8	10,1	1,15263	871	755,66	866,62	4,379	465	49,45	4,5
315	1,04	0,08	50,57	24,07	70	17,9	11,1	1,15263	953	826,80	948,24	4,765	470	51,15	4,5

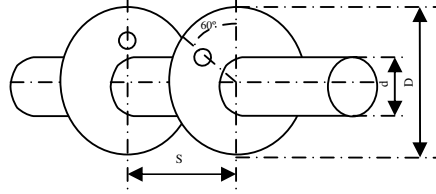
**Tablo 6.16**  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar



D deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{su})_g$ (°C)	$(T_h)_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_i$ (W)	$q_i$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_c$ (W)	$\Sigma Q_k$ (W)	$\overline{Re}_d$ (10 <sup>4</sup> )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
316	1,10	0,04	35,73	21,83	40	17,0	8,2	1,15263	362	314,06	359,50	2,504	171	32,02	1,1
317	1,15	0,04	38,10	22,63	45	17,1	9,5	1,15263	434	376,53	431,16	2,841	190	36,16	1,1
318	1,14	0,04	41,87	23,57	50	17,1	10,9	1,15263	478	414,70	474,59	3,410	174	32,86	1,1
319	1,10	0,04	46,13	24,63	55	17,4	12,4	1,15263	546	473,70	541,91	4,095	167	31,72	1,1
320	1,10	0,04	49,87	26,03	60	18,0	14,0	1,15263	592	513,61	587,33	4,668	161	30,24	1,1
321	1,10	0,04	52,93	27,47	65	18,3	15,4	1,15263	679	589,10	673,91	5,091	171	33,47	1,1
322	1,10	0,04	55,07	28,07	70	18,6	16,5	1,15263	725	628,99	719,48	5,521	171	33,57	1,1
323	1,10	0,06	36,13	20,97	40	17,1	6,6	1,15263	447	387,81	444,43	2,567	302	39,68	2,5
324	1,14	0,06	37,70	21,53	45	17,0	7,9	1,15263	526	456,35	523,18	2,822	331	44,48	2,5
325	1,10	0,06	41,17	22,33	50	17,1	9,2	1,15263	598	518,81	594,65	3,355	320	43,15	2,5
326	1,13	0,06	45,97	23,30	55	17,4	10,3	1,15263	662	574,34	657,91	4,092	290	37,93	2,5
327	1,10	0,06	49,13	24,60	60	18,0	11,6	1,15263	760	659,36	755,45	4,553	304	40,79	2,5
328	1,11	0,06	52,00	25,60	65	18,3	12,9	1,15263	836	725,30	830,98	5,024	308	42,24	2,5
329	1,10	0,06	54,80	26,40	70	18,7	13,6	1,15263	882	765,21	876,53	5,472	299	40,47	2,5
330	1,10	0,08	35,87	20,47	40	17,2	5,5	1,15263	485	420,78	482,46	2,542	431	43,23	4,5
331	1,10	0,08	38,73	20,93	45	17,0	6,7	1,15263	574	497,99	571,01	2,995	438	44,95	4,5
332	1,10	0,08	41,77	21,63	50	17,2	7,6	1,15263	662	574,34	658,55	3,451	442	45,60	4,5
333	1,10	0,08	45,73	22,63	55	17,7	8,6	1,15263	750	650,69	745,94	4,055	431	44,74	4,5
334	1,11	0,08	48,27	23,73	60	18,1	9,7	1,15263	836	725,30	831,59	4,407	448	46,72	4,4
335	1,11	0,08	51,80	24,57	65	18,4	10,8	1,15263	931	807,72	926,01	4,990	445	46,62	4,4
336	1,10	0,08	54,03	25,23	70	18,4	11,8	1,15263	996	864,11	990,65	5,348	447	46,79	4,4

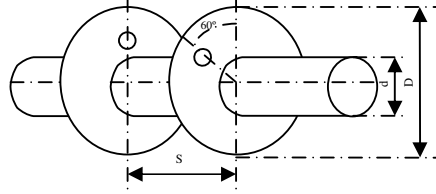


**Tablo 6.17**  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar



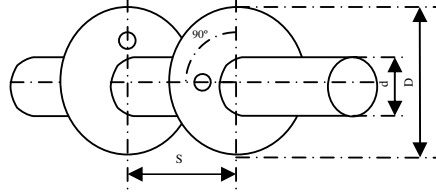
D deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{su})_g$ (°C)	$(T_h)_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_t$ (W)	$q_t$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_c$ (W)	$\Sigma Q_R$ (W)	$\overline{Re}_d$ (10 <sup>4</sup> )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
337	1,11	0,04	35,70	26,80	40	23,3	6,0	1,15263	279	242,06	277,34	1,664	211	41,88	1,1
338	1,03	0,04	39,20	27,87	45	23,6	7,3	1,15263	344	298,44	341,84	2,157	202	39,55	1,1
339	1,03	0,04	42,63	28,50	50	23,1	9,3	1,15263	430	373,06	426,87	2,732	200	40,14	1,1
340	1,10	0,04	45,90	28,10	55	21,4	11,6	1,15263	538	466,76	534,52	3,475	197	39,75	1,1
341	1,10	0,04	49,57	29,40	60	22,1	12,5	1,15263	574	497,99	569,97	4,030	184	36,47	1,1
342	1,10	0,04	53,63	31,73	65	23,8	13,9	1,15263	632	548,31	627,49	4,513	183	36,68	1,1
343	1,10	0,04	56,70	32,90	70	24,2	15,2	1,15263	688	596,90	683,01	4,985	182	37,24	1,1
344	1,10	0,06	30,20	26,40	40	23,6	4,8	1,15263	321	278,49	320,22	0,781	300	40,01	2,5
345	1,10	0,06	38,40	27,40	45	23,9	6,0	1,15263	397	344,43	395,01	1,992	365	52,41	2,5
346	1,10	0,06	41,47	27,83	50	23,5	7,6	1,15263	505	438,13	502,47	2,535	368	52,01	2,5
347	1,10	0,06	44,10	27,13	55	21,8	9,5	1,15263	624	541,37	620,83	3,168	364	51,52	2,6
348	1,10	0,06	47,70	28,53	60	22,8	10,1	1,15263	662	574,34	658,34	3,655	337	48,05	2,6
349	1,10	0,06	51,57	30,63	65	24,3	11,3	1,15263	750	650,69	745,90	4,102	344	49,46	2,6
350	1,04	0,06	54,50	31,50	70	24,6	12,5	1,15263	827	717,49	822,41	4,590	342	49,40	2,5
351	1,04	0,08	34,43	26,60	40	24,2	3,9	1,15263	348	301,92	346,63	1,372	602	70,16	4,6
352	1,10	0,08	37,63	27,40	45	24,4	5,0	1,15263	441	382,60	439,18	1,825	578	66,18	4,6
353	1,10	0,08	40,63	27,57	50	24,0	6,3	1,15263	548	475,43	545,64	2,360	558	62,83	4,6
354	1,04	0,08	43,00	26,70	55	22,2	8,0	1,15263	695	602,97	692,04	2,957	565	65,06	4,6
355	1,10	0,08	46,73	28,57	60	23,8	8,3	1,15263	715	620,32	711,62	3,382	514	57,15	4,6
356	1,10	0,08	50,37	30,33	65	25,0	9,3	1,15263	803	696,67	799,18	3,817	516	57,76	4,6
357	1,10	0,08	52,83	31,00	70	25,2	10,2	1,15263	882	765,21	877,79	4,208	516	58,00	4,6

**Tablo 6.18**  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar



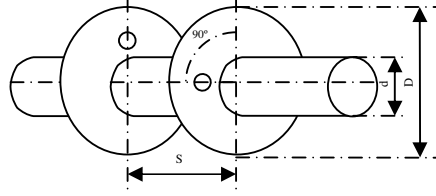
D deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{su})_g$ (°C)	$(T_h)_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_i$ (W)	$q_i$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_c$ (W)	$\Sigma Q_k$ (W)	$\overline{Re}_d$ (10 <sup>4</sup> )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
358	1,10	0,04	35,63	25,90	40	22,4	5,2	1,15263	221	191,74	219,18	1,821	153	27,68	1,2
359	1,10	0,04	39,67	28,00	45	23,6	6,5	1,15263	273	236,85	270,77	2,235	155	28,29	1,2
360	1,04	0,04	43,23	29,10	50	23,5	8,4	1,15263	344	298,45	341,23	2,771	159	29,79	1,1
361	1,10	0,04	47,57	31,03	55	24,7	9,5	1,15263	367	318,40	363,67	3,334	143	26,43	1,1
362	1,10	0,04	51,47	32,53	60	25,3	11,0	1,15263	446	386,94	442,09	3,913	150	28,36	1,1
363	1,10	0,04	55,20	33,67	65	24,8	13,3	1,15263	498	432,06	493,50	4,505	145	27,19	1,1
364	1,10	0,04	58,03	33,83	70	24,1	14,6	1,15263	590	511,87	584,86	5,137	152	29,07	1,1
365	1,03	0,06	34,80	25,53	40	22,8	4,1	1,15263	258	223,84	256,33	1,673	282	35,89	2,6
366	1,10	0,06	38,60	27,33	45	23,6	5,3	1,15263	316	274,16	313,94	2,062	281	35,89	2,6
367	1,10	0,06	42,43	28,40	50	24,0	6,7	1,15263	408	353,97	405,35	2,646	287	38,41	2,6
368	1,10	0,06	45,93	29,90	55	24,7	7,7	1,15263	445	386,07	441,92	3,080	271	35,06	2,6
369	1,11	0,06	49,67	31,27	60	25,3	9,0	1,15263	511	443,33	507,39	3,613	267	34,84	2,5
370	1,04	0,06	52,90	31,70	65	24,5	10,8	1,15263	611	530,09	606,79	4,209	275	36,67	2,6
371	1,03	0,06	55,73	32,13	70	24,0	12,1	1,15263	687	596,03	682,26	4,742	276	37,60	2,6
372	1,11	0,08	34,37	25,27	40	23,2	3,3	1,15263	279	242,06	277,39	1,605	416	41,12	4,6
373	1,04	0,08	37,93	26,67	45	23,7	4,4	1,15263	348	301,92	345,98	2,018	414	41,18	4,6
374	1,03	0,08	41,50	27,87	50	24,2	5,5	1,15263	432	374,80	429,51	2,490	419	42,75	4,6
375	1,11	0,08	45,13	29,17	55	24,8	6,6	1,15263	511	443,33	508,02	2,976	419	42,90	4,6
376	1,10	0,08	48,67	30,43	60	25,4	7,6	1,15263	589	511,01	585,53	3,468	417	42,99	4,6
377	1,10	0,08	51,73	30,47	65	24,5	9,1	1,15263	702	609,04	697,91	4,090	423	44,67	4,6
378	1,10	0,08	54,07	30,70	70	23,9	10,3	1,15263	798	692,33	793,47	4,531	435	46,04	4,6

**Tablo 6.19**  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=90^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar



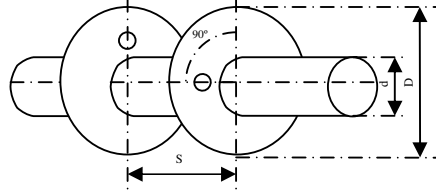
D deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{su})_g$ (°C)	$(T_h)_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_i$ (W)	$q_i$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_c$ (W)	$\Sigma Q_k$ (W)	$\overline{Re}_d$ ( $10^4$ )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
379	1,10	0,04	33,33	23,20	40	19,8	5,2	1,15263	219	190,00	217,13	1,867	147	26,52	1,2
380	1,10	0,04	36,67	24,40	45	20,3	6,4	1,15263	254	220,37	260,70	2,304	144	26,13	1,2
381	1,14	0,04	41,37	27,93	50	23,4	7,0	1,15263	286	248,13	283,39	2,613	140	25,65	1,1
382	1,10	0,04	45,17	29,77	55	24,5	8,1	1,15263	323	280,23	319,93	3,073	136	25,09	1,1
383	1,02	0,04	46,83	31,97	60	25,9	9,2	1,15263	382	331,42	378,91	3,095	166	31,76	1,1
384	1,03	0,04	49,47	33,20	65	26,3	10,5	1,15263	430	373,06	426,54	3,462	169	32,48	1,1
385	1,10	0,04	52,23	34,50	70	27,0	11,4	1,15263	453	393,01	449,14	3,857	161	31,22	1,1
386	1,00	0,06	32,10	22,57	40	20,0	4,0	1,15263	250	216,90	248,32	1,683	270	34,07	2,6
387	1,03	0,06	35,33	23,57	45	20,4	5,1	1,15263	302	262,01	299,89	2,108	261	32,60	2,6
388	1,13	0,06	39,60	27,10	50	23,6	5,5	1,15263	331	287,17	328,67	2,334	264	33,84	2,6
389	1,03	0,06	43,27	28,87	55	24,6	6,5	1,15263	387	335,75	384,26	2,739	265	34,10	2,6
390	1,10	0,06	45,13	30,73	60	25,9	7,5	1,15263	444	385,21	441,15	2,850	301	40,46	2,5
391	1,10	0,06	47,30	32,17	65	26,2	8,5	1,15263	494	428,59	490,96	3,042	316	43,44	2,5
392	1,03	0,06	49,70	33,40	70	27,0	9,3	1,15263	558	484,11	554,67	3,329	328	46,25	2,5
393	1,10	0,08	31,33	22,03	40	19,9	3,3	1,15263	272	235,98	270,40	1,596	403	38,81	4,7
394	1,10	0,08	34,40	22,93	45	20,4	3,9	1,15263	315	273,29	313,00	2,000	374	35,56	4,7
395	1,10	0,08	38,87	26,67	50	23,7	4,5	1,15263	367	318,40	364,79	2,205	402	40,03	4,6
396	1,10	0,08	42,13	28,07	55	24,6	5,5	1,15263	440	381,74	437,41	2,589	413	42,15	4,6
397	1,01	0,08	43,57	29,87	60	25,8	6,3	1,15263	509	441,60	506,39	2,607	487	51,90	4,5
398	1,03	0,08	45,73	31,40	65	26,3	7,1	1,15263	562	487,58	559,24	2,755	509	56,79	4,5
399	1,05	0,08	48,10	32,50	70	27,0	7,7	1,15263	613	531,83	609,94	3,059	506	56,64	4,5

**Tablo 6.20**  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=90^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar



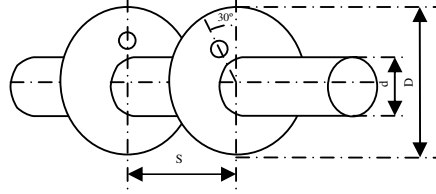
D deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{su})_g$ (°C)	$(T_h)_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_t$ (W)	$q_t$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_c$ (W)	$\Sigma Q_k$ (W)	$\overline{Re}_d$ ( $10^4$ )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
400	1,05	0,04	31,37	22,63	40	18,9	6,6	1,15263	306	265,48	304,38	1,617	241	49,17	1,1
401	1,00	0,04	34,63	25,10	45	20,9	7,2	1,15263	334	289,77	332,19	1,810	238	48,85	1,1
402	1,10	0,04	38,40	26,57	50	21,5	8,7	1,15263	402	348,77	399,73	2,272	227	47,02	1,1
403	1,01	0,04	41,07	26,97	55	21,2	10,1	1,15263	466	404,29	463,25	2,750	219	45,53	1,1
404	1,06	0,04	44,10	27,60	60	20,9	11,6	1,15263	534	463,29	530,76	3,243	213	43,50	1,1
405	1,10	0,04	47,60	30,47	65	23,2	12,8	1,15263	586	508,40	582,50	3,499	221	46,52	1,1
406	1,01	0,04	50,10	30,93	70	22,9	14,0	1,15263	636	551,78	632,03	3,973	213	44,93	1,1
407	1,03	0,06	30,37	23,20	40	19,9	5,0	1,15263	344	298,45	342,74	1,257	496	78,29	2,6
408	1,04	0,06	34,00	24,90	45	21,4	5,9	1,15263	392	340,09	390,35	1,649	440	65,31	2,6
409	1,03	0,06	36,77	25,87	50	21,8	7,0	1,15263	473	410,37	471,00	1,999	439	65,47	2,5
410	1,10	0,06	39,30	26,20	55	21,5	8,2	1,15263	543	471,10	540,58	2,424	416	32,28	2,5
411	1,10	0,06	41,63	26,60	60	21,2	9,5	1,15263	629	545,71	626,19	2,814	417	62,66	2,6
412	1,03	0,06	45,17	29,33	65	23,5	10,4	1,15263	687	596,03	683,93	3,066	425	64,41	2,5
413	1,05	0,06	47,17	29,70	70	23,3	11,3	1,15263	744	645,48	740,59	3,415	415	63,04	2,5
414	1,10	0,08	30,13	23,47	40	20,8	4,1	1,15263	359	311,46	357,84	1,161	744	92,13	4,6
415	1,01	0,08	33,27	25,17	45	22,1	4,8	1,15263	424	367,85	422,57	1,433	714	88,89	4,6
416	1,03	0,08	35,90	25,73	50	22,2	5,9	1,15263	516	447,67	514,19	1,812	686	85,78	4,6
417	1,03	0,08	38,20	25,93	55	21,9	6,9	1,15263	601	521,42	598,80	2,205	658	80,57	4,6
418	1,03	0,08	40,60	26,30	60	21,6	8,0	1,15263	691	599,50	688,40	2,597	644	79,18	4,6
419	1,10	0,08	43,83	29,00	65	24,0	8,7	1,15263	750	650,69	747,22	2,777	665	82,24	4,5
420	1,02	0,08	45,57	29,33	70	23,8	9,5	1,15263	812	704,48	808,93	3,073	654	81,08	4,5

**Tablo 6.21**  $s/d=0,345$ ,  $D/d=3$ ,  $n=86$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=90^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar



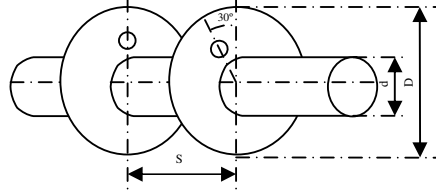
D deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_w)_g$ (°C)	$(T_0)_g$ (°C)	$\Delta T_0$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_1$ (W)	$q_1$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_c$ (W)	$\Sigma Q_R$ (W)	$\overline{Re}_d$ (10 <sup>4</sup> )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
421	1,13	0,04	33,70	27,70	40	24,7	5,0	1,15263	237	205,62	235,83	1,165	267	58,39	1,0
422	1,11	0,04	37,00	28,43	45	24,8	6,3	1,15263	279	242,06	277,31	1,686	217	44,12	1,0
423	1,04	0,04	40,17	29,53	50	25,1	7,9	1,15263	346	300,18	343,89	2,112	215	43,83	1,0
424	1,01	0,04	43,13	30,53	55	25,3	9,2	1,15263	424	367,85	421,44	2,557	220	46,02	1,0
425	1,10	0,04	46,17	31,60	60	25,5	10,7	1,15263	492	426,85	488,99	3,008	219	45,93	1,0
426	1,03	0,04	48,10	30,90	65	23,9	12,7	1,15263	558	484,11	554,42	3,579	209	43,18	1,0
427	1,03	0,04	50,97	31,83	70	24,2	13,6	1,15263	601	521,42	596,99	4,013	201	41,57	1,1
428	1,11	0,06	32,87	27,30	40	24,7	4,2	1,15263	279	242,06	277,97	1,028	510	82,83	2,4
429	1,03	0,06	35,80	28,00	45	24,9	5,2	1,15263	344	298,45	342,53	1,466	444	67,81	2,3
430	1,04	0,06	38,53	28,77	50	25,1	6,6	1,15263	435	377,40	433,14	1,862	445	68,21	2,3
431	1,10	0,06	41,23	29,60	55	25,4	7,6	1,15263	501	434,66	498,74	2,258	427	64,27	2,3
432	1,10	0,06	43,97	30,43	60	25,6	8,7	1,15263	571	495,39	568,33	2,673	414	62,62	2,3
433	1,10	0,06	45,53	29,60	65	24,0	10,2	1,15263	676	586,48	672,87	3,126	416	62,95	2,4
434	1,10	0,06	47,97	30,50	70	24,2	11,2	1,15263	734	636,80	730,52	3,475	408	62,05	2,4
435	1,10	0,08	32,50	27,27	40	24,8	3,6	1,15263	319	276,76	318,06	0,939	829	108,54	4,2
436	1,03	0,08	35,03	27,77	45	25,0	4,4	1,15263	387	335,75	385,68	1,316	719	89,99	4,3
437	1,04	0,08	37,33	28,50	50	25,2	5,5	1,15263	480	416,44	478,37	1,628	728	93,68	4,2
438	1,04	0,08	40,10	29,20	55	25,4	6,5	1,15263	566	491,05	563,97	2,031	689	86,90	4,2
439	1,11	0,08	42,73	29,80	60	25,6	7,5	1,15263	647	561,32	644,55	2,446	658	81,40	4,2
440	1,11	0,08	44,13	29,07	65	24,1	8,6	1,15263	743	644,61	740,17	2,833	648	80,18	4,3
441	1,10	0,08	46,20	29,77	70	24,3	9,5	1,15263	811	703,61	807,87	3,133	644	79,93	4,3

**Tablo 6.22**  $s/d=0,138$ ,  $D/d=3$ ,  $n=187$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar



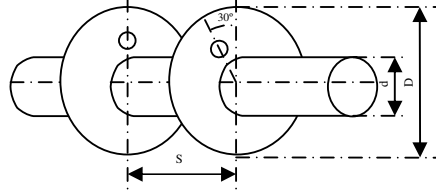
D deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{su})_g$ (°C)	$(T_h)_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_i$ (W)	$q_i$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_c$ (W)	$\Sigma Q_R$ (W)	$\overline{Re}_d$ ( $10^4$ )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
442	1,13	0,04	35,53	25,60	40	18,9	10,7	2,203	473	214,71	461,72	11,283	413	32,50	1,1
443	1,10	0,04	39,53	27,23	45	19,5	12,6	2,203	550	249,66	538,04	11,958	383	30,35	1,1
444	1,13	0,04	43,37	28,83	50	19,5	15,2	2,203	658	298,68	645,32	12,678	384	31,22	1,1
445	1,10	0,04	47,43	30,43	55	19,9	17,2	2,203	738	334,99	724,54	13,462	363	29,14	1,1
446	1,10	0,04	52,03	34,00	60	20,7	20,5	2,203	874	396,73	859,76	14,241	398	32,27	1,1
447	1,10	0,04	55,90	34,23	65	21,0	21,7	2,203	913	414,43	897,86	15,137	343	27,31	1,1
448	1,11	0,04	59,00	36,03	70	21,9	23,0	2,203	975	442,58	959,24	15,759	341	27,94	1,1
449	1,10	0,06	34,33	24,73	40	19,1	9,0	2,203	592	268,72	580,99	11,010	811	47,45	2,5
450	1,12	0,06	38,17	26,00	45	19,6	10,7	2,203	700	317,75	688,32	11,681	748	43,00	2,5
451	1,12	0,06	41,63	27,23	50	19,5	12,8	2,203	842	382,21	829,71	12,285	753	43,54	2,5
452	1,12	0,06	45,40	28,77	55	20,1	14,4	2,203	936	424,88	923,03	12,965	716	40,74	2,5
453	1,11	0,06	49,60	30,97	60	20,3	17,3	2,203	1117	507,04	1103,29	13,705	752	45,14	2,4
454	1,11	0,06	53,57	32,20	65	21,4	18,1	2,203	1161	527,01	1146,49	14,505	673	37,92	2,5
455	1,11	0,06	56,83	33,77	70	22,2	19,4	2,203	1254	569,22	1238,85	15,151	666	37,73	2,5
456	1,10	0,08	33,57	24,10	40	19,1	7,9	2,203	684	310,49	673,16	10,840	1270	60,11	4,6
457	1,10	0,08	36,93	25,10	45	19,6	9,1	2,203	782	354,97	770,59	11,413	1155	52,13	4,6
458	1,10	0,08	40,57	26,40	50	19,6	11,0	2,203	931	422,61	918,98	12,016	1136	51,56	4,5
459	1,10	0,08	44,00	27,67	55	20,3	12,3	2,203	1055	478,89	1042,37	12,628	1105	50,44	4,5
460	1,12	0,08	47,93	28,97	60	20,3	14,3	2,203	1214	551,07	1200,67	13,334	1082	49,70	4,4
461	1,13	0,08	51,97	30,77	65	21,6	15,4	2,203	1320	599,18	1305,91	14,091	1037	47,99	4,5
462	1,12	0,08	54,97	32,10	70	22,3	16,6	2,203	1404	637,31	1389,33	14,670	1012	45,92	4,5

**Tablo 6.23**  $s/d=0,138$ ,  $D/d=3$ ,  $n=187$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar



D deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{su})_g$ (°C)	$(T_h)_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_i$ (W)	$q_f$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_c$ (W)	$\Sigma Q_R$ (W)	$\overline{Re}_d$ (10 <sup>4</sup> )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
463	1,10	0,04	36,50	28,00	40	22,3	9,0	2,203	411	186,56	399,66	11,341	414	32,73	1,1
464	1,10	0,04	40,60	30,03	45	23,3	10,6	2,203	485	220,15	472,96	12,040	388	30,89	1,1
465	1,13	0,04	44,57	32,03	50	24,0	12,4	2,203	566	256,92	553,25	12,747	377	29,58	1,1
466	1,10	0,04	48,13	32,80	55	22,8	15,7	2,203	715	324,56	701,56	13,442	387	31,82	1,2
467	1,12	0,04	52,27	34,50	60	23,3	17,5	2,203	794	360,42	779,84	14,164	366	30,29	1,1
468	1,10	0,04	56,07	36,00	65	23,2	20,2	2,203	917	416,25	901,99	15,014	370	30,81	1,2
469	1,11	0,04	59,20	37,63	70	24,0	21,6	2,203	970	440,31	954,34	15,664	360	30,15	1,2
470	1,10	0,06	35,57	27,43	40	22,9	7,3	2,203	502	227,87	490,88	11,119	800	47,03	2,7
471	1,10	0,06	39,47	29,27	45	23,8	8,8	2,203	583	264,64	571,24	11,762	732	42,32	2,6
472	1,10	0,06	43,23	30,97	50	24,5	10,4	2,203	690	313,21	677,59	12,410	713	40,56	2,7
473	1,10	0,06	46,47	31,33	55	23,2	13,2	2,203	867	393,55	853,97	13,033	721	42,12	2,7
474	1,10	0,06	50,13	32,80	60	23,6	14,8	2,203	968	439,40	954,28	13,716	695	39,96	2,7
475	1,11	0,06	53,93	34,07	65	23,7	16,9	2,203	1109	503,40	1094,55	14,450	687	39,74	2,7
476	1,10	0,06	57,17	35,77	70	24,6	18,0	2,203	1177	534,27	1161,93	15,075	669	38,90	2,7
477	1,11	0,08	35,03	27,37	40	23,6	5,9	2,203	508	230,59	497,02	10,983	1150	53,14	4,8
478	1,10	0,08	38,70	29,03	45	24,5	7,2	2,203	627	284,61	615,42	11,578	1113	51,76	4,8
479	1,10	0,08	42,27	30,43	50	25,0	8,8	2,203	760	344,98	747,81	12,189	1090	49,84	4,8
480	1,10	0,08	45,23	30,40	55	23,6	11,0	2,203	951	431,68	938,27	12,733	1084	49,73	4,9
481	1,10	0,08	49,00	31,77	60	24,0	12,7	2,203	1087	493,42	1073,58	13,418	1054	48,65	4,9
482	1,12	0,08	52,53	33,00	65	24,3	14,2	2,203	1220	553,79	1205,92	14,076	1033	47,92	4,9
483	1,11	0,08	55,37	34,57	70	25,2	15,2	2,203	1300	590,10	1285,40	14,602	1023	47,69	4,9

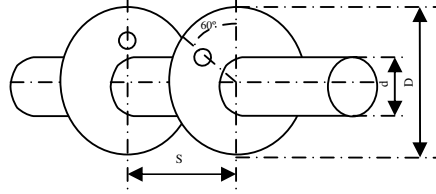
**Tablo 6.24**  $s/d=0,138$ ,  $D/d=3$ ,  $n=187$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar



D deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{su})_g$ (°C)	$(T_h)_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_t$ (W)	$q_t$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_c$ (W)	$\Sigma Q_R$ (W)	$\overline{Re}_d$ ( $10^4$ )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
484	1,13	0,04	36,70	26,87	40	21,9	8,4	2,203	332	150,70	320,54	11,456	288	20,94	1,1
485	1,13	0,04	40,90	28,43	45	22,2	10,6	2,203	423	192,01	410,78	12,220	287	20,99	1,1
486	1,10	0,04	44,97	30,37	50	22,5	13,2	2,203	501	227,42	488,05	12,953	287	21,13	1,1
487	1,11	0,04	49,17	31,80	55	22,9	15,3	2,203	602	273,26	588,22	13,782	286	21,25	1,1
488	1,11	0,04	53,27	33,97	60	23,5	17,7	2,203	695	315,48	680,44	14,563	294	22,39	1,1
489	1,11	0,04	57,50	35,43	65	23,9	19,8	2,203	790	358,60	774,53	15,471	288	22,13	1,1
490	1,11	0,04	60,83	36,67	70	24,3	21,5	2,203	836	379,48	819,78	16,216	276	20,85	1,1
491	1,10	0,06	35,63	25,77	40	21,9	6,9	2,203	402	182,48	390,76	11,237	528	27,10	2,6
492	1,13	0,06	39,63	27,40	45	22,2	9,0	2,203	521	236,50	509,09	11,913	547	28,26	2,6
493	1,10	0,06	43,37	29,00	50	22,5	11,1	2,203	626	284,16	613,44	12,562	553	28,19	2,6
494	1,12	0,06	47,43	30,53	55	22,9	13,0	2,203	749	339,99	735,68	13,316	556	28,53	2,6
495	1,11	0,06	51,20	31,90	60	23,4	14,7	2,203	836	379,48	821,96	14,040	537	27,73	2,6
496	1,10	0,06	55,27	33,83	65	23,9	16,9	2,203	951	431,68	936,18	14,820	543	29,44	2,6
497	1,10	0,06	58,63	34,93	70	24,4	18,2	2,203	1050	476,62	1034,48	15,522	537	29,26	2,6
498	1,10	0,08	34,63	25,03	40	22,0	5,7	2,203	441	200,18	429,95	11,053	799	31,36	4,8
499	1,10	0,08	38,60	26,50	45	22,3	7,5	2,203	580	263,28	568,30	11,695	827	32,55	4,8
500	1,10	0,08	42,60	28,00	50	22,5	9,6	2,203	736	334,09	723,62	12,378	860	34,94	4,7
501	1,10	0,08	46,07	29,33	55	22,9	11,2	2,203	863	391,74	849,99	13,001	871	35,57	4,7
502	1,13	0,08	50,20	30,83	60	23,4	12,9	2,203	988	448,48	974,24	13,760	851	34,97	4,7
503	1,10	0,08	53,77	32,30	65	23,9	14,5	2,203	1106	502,04	1091,57	14,430	849	35,92	4,6
504	1,12	0,08	56,73	33,40	70	24,3	15,8	2,203	1214	551,07	1198,99	15,015	850	36,11	4,7

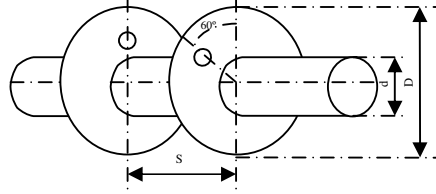


**Tablo 6.25**  $s/d=0,138$ ,  $D/d=3$ ,  $n=187$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar



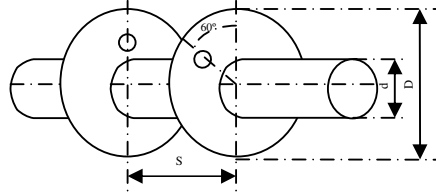
Deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{su})_g$ (°C)	$(T_h)_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_t$ (W)	$q_t$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_c$ (W)	$\Sigma Q_R$ (W)	$\overline{Re}_d$ (10 <sup>4</sup> )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
505	1,10	0,04	35,93	26,40	40	20,7	9,3	2,203	366	166,14	354,67	11,329	330	24,89	1,2
506	1,10	0,04	38,07	27,77	45	21,0	11,3	2,203	447	202,91	435,19	11,813	371	29,35	1,2
507	1,10	0,04	43,93	29,33	50	21,3	13,6	2,203	543	246,48	530,20	12,799	313	23,94	1,2
508	1,12	0,04	48,17	31,93	55	21,8	16,4	2,203	655	297,32	641,45	13,549	335	26,36	1,1
509	1,11	0,04	52,43	33,73	60	23,0	18,0	2,203	698	316,84	683,58	14,420	305	23,71	1,1
510	1,11	0,04	56,83	36,03	65	23,3	20,9	2,203	832	377,67	816,75	15,246	323	25,79	1,1
511	1,10	0,04	60,07	36,37	70	23,4	22,5	2,203	874	396,73	857,97	16,034	295	22,73	1,1
512	1,14	0,06	34,60	25,47	40	20,8	7,6	2,203	427	193,83	415,95	11,051	609	31,90	2,7
513	1,10	0,06	38,33	26,90	45	21,1	9,5	2,203	543	246,48	531,32	11,679	613	32,99	2,7
514	1,11	0,06	42,10	28,37	50	21,3	11,6	2,203	650	295,05	637,67	12,332	605	33,48	2,7
515	1,11	0,06	46,17	30,37	55	21,8	13,9	2,203	786	356,79	772,94	13,060	627	34,21	2,6
516	1,10	0,06	50,33	32,13	60	23,0	15,2	2,203	860	390,38	846,10	13,904	587	32,27	2,6
517	1,10	0,06	54,07	34,10	65	23,1	17,8	2,203	1012	459,37	997,48	14,523	623	34,50	2,6
518	1,13	0,06	57,03	35,07	70	23,3	19,3	2,203	1087	493,42	1071,86	15,140	603	33,46	2,6
519	1,10	0,08	33,33	24,67	40	20,8	6,3	2,203	488	221,52	477,18	10,820	987	41,31	4,8
520	1,14	0,08	37,10	26,00	45	21,1	8,0	2,203	617	280,07	605,57	11,427	965	40,63	4,8
521	1,13	0,08	40,67	27,47	50	21,4	9,8	2,203	758	344,08	745,99	12,008	987	42,74	4,8
522	1,10	0,08	44,40	29,13	55	21,8	11,9	2,203	913	414,43	900,35	12,653	1011	45,36	4,8
523	1,10	0,08	48,50	31,10	60	23,1	13,0	2,203	996	452,11	982,62	13,381	958	42,08	4,7
524	1,12	0,08	52,10	32,33	65	23,0	15,2	2,203	1167	529,73	1152,95	14,052	978	43,18	4,7
525	1,10	0,08	55,10	33,50	70	23,3	16,7	2,203	1268	575,58	1253,37	14,627	963	42,74	4,7

**Tablo 6.26**  $s/d=0,138$ ,  $D/d=3$ ,  $n=187$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar



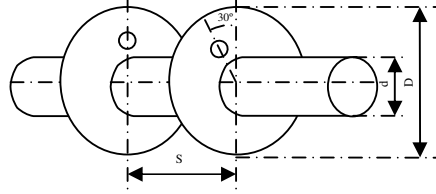
D deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{su})_g$ (°C)	$(T_h)_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_i$ (W)	$q_i$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_c$ (W)	$\Sigma Q_g$ (W)	$\overline{Re}_d$ (10 <sup>4</sup> )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
526	1,10	0,04	36,20	27,43	40	21,7	9,5	2,203	441	200,18	429,64	11,356	426	34,84	1,1
527	1,13	0,04	40,53	28,97	45	22,1	11,4	2,203	521	236,50	508,87	12,126	383	31,07	1,1
528	1,10	0,04	44,33	30,30	50	21,8	14,1	2,203	639	290,06	626,16	12,844	383	30,65	1,1
529	1,10	0,04	48,37	32,03	55	22,3	16,1	2,203	736	334,09	722,82	13,178	375	30,78	1,1
530	1,10	0,04	52,17	33,77	60	22,6	18,7	2,203	849	385,38	834,63	14,368	379	31,34	1,1
531	1,11	0,04	56,57	35,57	65	23,2	20,7	2,203	927	420,79	911,72	15,282	362	29,15	1,1
532	1,12	0,04	59,77	37,07	70	23,4	22,7	2,203	1032	468,45	1016,05	15,955	364	30,50	1,1
533	1,13	0,06	35,57	26,80	40	22,1	7,9	2,203	521	236,50	509,82	11,185	773	44,29	2,6
534	1,10	0,06	39,20	28,20	45	22,5	9,6	2,203	634	287,79	622,19	11,810	742	42,82	2,6
535	1,13	0,06	42,70	29,07	50	22,0	12,2	2,203	799	362,69	786,55	12,446	749	43,44	2,6
536	1,12	0,06	46,60	30,60	55	22,6	13,6	2,203	891	404,45	877,83	13,165	702	40,11	2,6
537	1,10	0,06	50,53	32,20	60	22,9	15,9	2,203	1042	472,99	1028,09	13,907	708	41,62	2,6
538	1,10	0,06	54,17	33,73	65	23,5	17,5	2,203	1144	519,29	1129,38	14,617	689	39,84	2,6
539	1,11	0,06	57,23	34,93	70	23,8	19,2	2,203	1254	569,22	1238,75	15,247	686	39,84	2,6
540	1,13	0,08	34,77	26,50	40	22,6	6,5	2,203	564	256,01	552,99	11,006	1188	54,84	4,7
541	1,10	0,08	38,30	27,87	45	23,2	7,9	2,203	679	308,22	667,41	11,589	1123	52,15	4,8
542	1,10	0,08	41,57	28,40	50	22,5	9,9	2,203	849	385,38	836,83	12,169	1105	51,52	4,8
543	1,11	0,08	45,23	29,77	55	23,1	11,4	2,203	978	443,94	965,18	12,821	1072	49,12	4,8
544	1,10	0,08	48,93	31,10	60	23,4	13,3	2,203	1135	515,21	1121,54	13,455	1066	49,17	4,7
545	1,11	0,08	52,53	32,60	65	24,1	14,6	2,203	1251	567,86	1236,82	14,185	1039	48,19	4,7
546	1,11	0,08	55,63	33,67	70	24,3	16,2	2,203	1386	629,14	1371,22	14,784	1035	48,23	4,8

**Tablo 6.27**  $s/d=0,138$ ,  $D/d=3$ ,  $n=187$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar



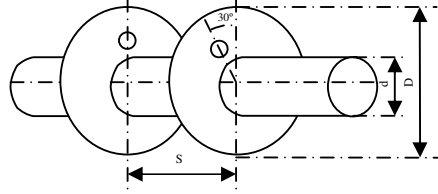
D deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{su})_g$ (°C)	$(T_h)_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_i$ (W)	$q_i$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_c$ (W)	$\Sigma Q_R$ (W)	$\overline{Re}_d$ ( $10^4$ )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
547	1,13	0,04	36,13	26,07	40	20,1	10,4	2,203	470	231,35	458,57	11,433	404	31,82	1,1
548	1,10	0,04	40,07	27,97	45	21,0	12,0	2,203	543	246,48	530,87	12,129	383	31,02	1,1
549	1,10	0,04	44,53	30,47	50	22,0	14,4	2,203	644	292,33	631,08	12,920	385	30,81	1,1
550	1,10	0,04	48,43	31,40	55	21,8	16,5	2,203	725	329,10	711,28	13,720	354	28,49	1,0
551	1,10	0,04	52,37	32,33	60	21,0	19,7	2,203	876	397,64	861,45	14,553	360	29,14	1,1
552	1,14	0,04	56,30	33,77	65	21,3	21,6	2,203	952	432,14	936,62	15,380	344	26,31	1,1
553	1,11	0,04	59,80	35,57	70	21,6	23,8	2,203	1063	482,52	1046,89	16,108	353	28,90	1,0
554	1,14	0,06	35,03	25,27	40	20,3	8,7	2,203	574	260,55	562,82	11,181	770	44,05	2,5
555	1,13	0,06	38,77	26,97	45	21,1	10,2	2,203	658	298,68	646,19	11,814	722	40,64	2,5
556	1,12	0,06	42,83	28,83	50	21,8	12,3	2,203	794	360,42	781,47	12,527	725	42,02	2,5
557	1,10	0,06	46,50	29,83	55	21,8	14,1	2,203	906	411,26	892,77	13,234	687	38,31	2,4
558	1,13	0,06	50,03	30,43	60	21,1	16,6	2,203	1082	491,15	1068,07	13,932	692	39,68	2,5
559	1,11	0,06	53,70	31,63	65	21,3	18,5	2,203	1208	548,34	1193,33	14,669	679	39,12	2,5
560	1,10	0,06	56,93	33,00	70	21,8	19,8	2,203	1284	582,84	1268,68	15,324	658	37,26	2,4
561	1,10	0,08	34,30	24,80	40	20,6	7,2	2,203	626	284,16	615,02	10,985	1163	53,25	4,6
562	1,13	0,08	37,83	26,13	45	21,1	8,8	2,203	752	341,35	740,40	11,601	1117	49,28	4,5
563	1,10	0,08	41,73	27,80	50	21,6	10,7	2,203	920	417,61	907,73	12,267	1134	51,64	4,5
564	1,10	0,08	45,53	28,83	55	21,9	12,2	2,203	1050	476,62	1037,04	12,959	1068	47,71	4,4
565	1,10	0,08	48,63	29,13	60	21,1	14,4	2,203	1238	561,96	1224,45	13,552	1071	48,04	4,5
566	1,10	0,08	52,20	30,30	65	21,3	16,1	2,203	1372	622,79	1357,76	14,235	1044	47,14	4,5
567	1,11	0,08	55,33	31,53	70	21,8	17,3	2,203	1479	671,36	1464	14,852	1026	46,51	4,5

**Tablo 6.28**  $s/d=0,276$ ,  $D/d=3$ ,  $n=95$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar



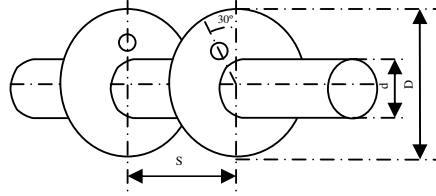
D deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{su})_g$ (°C)	$(T_h)_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_i$ (W)	$q_i$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_c$ (W)	$\Sigma Q_R$ (W)	$\overline{Re}_d$ (10 <sup>4</sup> )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
568	1,10	0,04	33,97	27,27	40	19,1	7,8	1,223	353	288,63	351,43	1,570	292	49,93	1,0
569	1,10	0,04	37,67	25,87	45	19,9	8,8	1,223	397	324,61	395,04	1,959	266	43,92	1,0
570	1,10	0,04	41,37	26,33	50	20,3	10,3	1,223	459	375,31	456,42	2,579	239	38,06	1,0
571	1,11	0,04	44,90	28,00	55	20,0	12,5	1,223	555	453,80	552,07	2,925	254	42,33	1,0
572	1,11	0,04	48,30	29,80	60	20,9	13,7	1,223	601	491,41	597,72	3,277	248	40,79	1,0
573	1,10	0,04	51,97	30,57	65	21,3	15,2	1,223	676	552,74	672,09	3,909	238	39,42	1,0
574	1,11	0,04	55,13	32,20	70	21,8	16,6	1,223	739	604,25	734,75	4,247	240	39,98	1,0
575	1,10	0,06	33,17	23,70	40	19,4	6,3	1,223	408	333,61	406,53	1,474	521	63,30	2,4
576	1,10	0,06	36,47	24,87	45	20,0	7,4	1,223	485	396,57	483,16	1,843	500	59,67	2,4
577	1,13	0,06	39,73	26,07	50	20,3	8,7	1,223	564	461,16	561,75	2,252	488	57,27	2,4
578	1,14	0,06	42,97	27,20	55	20,1	10,4	1,223	670	547,83	667,39	2,611	497	59,94	2,4
579	1,10	0,06	46,70	28,43	60	20,9	11,4	1,223	738	603,43	734,90	3,101	466	54,22	2,4
580	1,10	0,06	50,13	29,33	65	21,3	12,7	1,223	819	669,66	815,43	3,572	450	53,64	2,3
581	1,10	0,06	52,77	30,67	70	21,8	13,8	1,223	894	730,99	890,10	3,898	457	54,82	2,3
582	1,10	0,08	32,10	23,33	40	19,7	5,1	1,223	447	365,49	445,67	1,334	825	82,48	4,4
583	1,10	0,08	35,53	24,63	45	20,1	6,1	1,223	529	432,54	527,34	1,660	776	74,36	4,4
584	1,10	0,08	38,83	25,43	50	20,4	7,3	1,223	631	515,94	628,89	2,110	745	73,52	4,4
585	1,12	0,08	41,93	26,27	55	20,3	8,7	1,223	747	610,79	744,50	2,499	748	74,10	4,4
586	1,10	0,08	45,20	27,63	60	21,0	9,7	1,223	830	678,66	827,14	2,865	732	72,93	4,3
587	1,11	0,08	48,47	28,53	65	21,3	10,8	1,223	929	759,61	925,69	3,302	714	71,54	4,3
588	1,10	0,08	50,73	28,57	70	20,9	11,3	1,223	968	791,50	964,27	3,731	666	62,30	4,3

**Tablo 6.29**  $s/d=0,276$ ,  $D/d=3$ ,  $n=95$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar



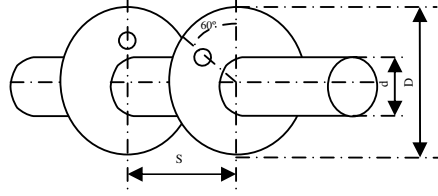
Deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{su})_g$ (°C)	$(T_h)_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_t$ (W)	$q_t$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_c$ (W)	$\Sigma Q_R$ (W)	$\overline{Re}_d$ (10 <sup>4</sup> )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
589	1,13	0,04	34,23	24,87	40	20,3	7,1	1,223	329	269,01	327,48	1,520	281	47,15	1,1
590	1,14	0,04	37,90	26,53	45	20,9	8,4	1,223	383	313,16	381,11	1,886	266	43,92	1,1
591	1,10	0,04	41,47	28,00	50	21,3	10,0	1,223	459	375,31	456,72	2,277	266	45,07	1,1
592	1,10	0,04	44,80	28,70	55	21,1	12,0	1,223	543	443,99	540,21	2,789	260	43,45	1,1
593	1,12	0,04	48,53	30,13	60	21,6	13,5	1,223	607	496,32	603,74	3,263	251	42,20	1,1
594	1,10	0,04	52,00	31,27	65	21,8	14,9	1,223	679	555,19	675,25	3,747	247	41,64	1,1
595	1,10	0,04	55,10	32,80	70	22,7	15,9	1,223	717	586,26	712,89	4,114	239	39,85	1,1
596	1,10	0,06	33,40	24,40	40	20,6	5,9	1,223	397	324,61	395,60	1,402	532	64,74	2,5
597	1,10	0,06	36,70	25,70	45	21,1	6,9	1,223	455	372,04	453,23	1,771	493	57,65	2,5
598	1,10	0,06	40,13	26,70	50	21,4	8,3	1,223	548	448,08	545,81	2,187	481	56,53	2,5
599	1,12	0,06	43,40	27,80	55	21,3	10,0	1,223	653	533,93	650,42	2,576	488	58,97	2,5
600	1,10	0,06	46,80	28,93	60	21,9	11,1	1,223	725	592,80	721,96	3,037	468	55,55	2,5
601	1,10	0,06	50,03	30,00	65	22,2	12,2	1,223	800	654,13	796,57	3,425	455	53,27	2,5
602	1,10	0,06	52,83	31,53	70	22,9	13,1	1,223	860	703,19	856,29	3,709	455	54,66	2,5
603	1,10	0,08	32,80	24,53	40	21,2	4,7	1,223	410	335,24	408,72	1,275	799	76,25	4,6
604	1,10	0,08	35,97	25,50	45	21,5	5,8	1,223	506	413,74	504,37	1,627	771	77,57	4,7
605	1,10	0,08	39,07	26,60	50	21,8	6,9	1,223	596	487,33	594,03	1,970	754	74,49	4,6
606	1,10	0,08	42,23	27,00	55	21,9	7,9	1,223	684	559,28	681,54	2,462	702	66,36	4,6
607	1,11	0,08	45,40	28,23	60	22,4	9,2	1,223	792	647,59	789,17	2,828	713	67,77	4,6
608	1,10	0,08	48,53	29,27	65	22,8	10,1	1,223	867	708,91	863,78	3,223	689	65,77	4,6
609	1,12	0,08	51,27	30,27	70	23,3	10,9	1,223	936	765,33	932,41	3,590	676	64,79	4,6

**Tablo 6.30**  $s/d=0,276$ ,  $D/d=3$ ,  $n=95$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar



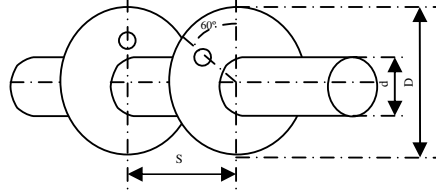
D deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{w})_g$ (°C)	$(T_h)_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_i$ (W)	$q_i$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_c$ (W)	$\Sigma Q_R$ (W)	$\overline{Re}_d$ ( $10^4$ )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
610	1,10	0,04	33,77	23,23	40	19,9	5,8	1,223	228	186,43	226,32	1,683	174	25,32	1,1
611	1,11	0,04	37,43	24,77	45	20,4	7,3	1,223	278	227,31	275,94	2,059	174	25,53	1,1
612	1,10	0,04	40,80	26,17	50	20,6	9,2	1,223	363	296,81	360,58	2,423	194	29,22	1,1
613	1,10	0,04	44,50	27,70	55	21,5	10,4	1,223	411	336,06	408,14	2,855	189	28,61	1,1
614	1,10	0,04	48,03	28,70	60	20,8	12,8	1,223	498	407,20	494,68	3,323	197	29,96	1,1
615	1,11	0,04	51,43	29,57	65	21,2	13,9	1,223	511	417,83	507,15	3,854	177	27,01	1,1
616	1,10	0,04	55,43	30,80	70	21,5	15,2	1,223	552	451,35	547,62	4,377	167	25,23	1,1
617	1,10	0,06	32,63	22,67	40	20,0	4,7	1,223	277	226,49	275,47	1,529	337	34,58	2,6
618	1,10	0,06	36,00	23,97	45	20,5	5,9	1,223	353	288,63	351,13	1,874	351	36,98	2,6
619	1,13	0,06	39,27	25,27	50	20,7	7,4	1,223	426	348,32	423,78	2,216	360	38,12	2,5
620	1,12	0,06	42,57	26,00	55	20,6	8,8	1,223	516	421,91	513,33	2,674	365	39,60	2,5
621	1,10	0,06	45,83	27,23	60	20,8	10,5	1,223	592	484,06	588,98	3,025	369	41,02	2,5
622	1,10	0,06	49,07	28,07	65	21,3	11,2	1,223	634	518,40	630,49	3,505	346	37,20	2,6
623	1,10	0,06	53,07	29,00	70	21,5	12,3	1,223	691	565,00	686,95	4,054	325	34,44	2,5
624	1,11	0,08	31,77	22,17	40	19,9	3,9	1,223	323	264,10	321,57	1,425	546	44,51	4,7
625	1,11	0,08	34,90	23,37	45	20,4	4,9	1,223	397	324,61	395,27	1,735	553	46,24	4,7
626	1,11	0,08	38,03	24,37	50	20,9	6,0	1,223	462	377,76	459,90	2,095	539	44,23	4,6
627	1,13	0,08	41,17	25,23	55	20,6	7,4	1,223	568	464,43	565,52	2,482	561	48,37	4,6
628	1,10	0,08	44,23	26,07	60	20,8	8,4	1,223	644	526,57	641,13	2,867	552	47,89	4,7
629	1,13	0,08	49,17	26,90	65	21,3	9,3	1,223	711	581,36	707,43	3,573	490	40,99	4,6
630	1,12	0,08	51,47	27,77	70	21,5	10,4	1,223	794	649,22	790,12	3,877	510	42,85	4,6

**Tablo 6.31**  $s/d=0,276$ ,  $D/d=3$ ,  $n=95$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar



D deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{su})_g$ (°C)	$(T_h)_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_i$ (W)	$q_i$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_c$ (W)	$\Sigma Q_k$ (W)	$\overline{Re}_d$ (10 <sup>4</sup> )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
631	1,10	0,04	32,37	24,10	40	20,9	5,4	1,223	221	180,70	219,66	1,340	215	32,55	1,2
632	1,13	0,04	35,87	25,80	45	22,0	6,3	1,223	237	193,79	235,33	1,667	187	27,39	1,2
633	1,14	0,04	39,10	27,07	50	22,4	7,7	1,223	286	233,85	283,99	2,003	187	27,50	1,2
634	1,14	0,04	42,27	28,23	55	22,7	9,2	1,223	335	273,92	332,61	2,394	185	27,96	1,2
635	1,11	0,04	45,27	29,43	60	22,4	11,4	1,223	418	341,78	415,25	2,745	203	31,37	1,1
636	1,13	0,04	48,40	30,33	65	22,9	12,4	1,223	470	384,30	466,82	3,184	198	30,74	1,1
637	1,10	0,04	50,83	31,23	70	23,1	13,5	1,223	501	409,65	497,48	3,518	193	30,08	1,2
638	1,13	0,06	31,37	23,80	40	21,4	4,1	1,223	235	192,15	233,82	1,179	377	40,19	2,8
639	1,10	0,06	34,40	25,17	45	22,0	5,2	1,223	309	252,66	307,53	1,475	402	43,93	2,7
640	1,10	0,06	37,37	26,27	50	22,5	6,2	1,223	354	289,45	352,24	1,763	379	41,62	2,7
641	1,12	0,06	40,23	27,40	55	22,8	7,4	1,223	420	343,42	417,90	2,100	385	42,50	2,7
642	1,10	0,06	43,10	28,10	60	22,5	9,3	1,223	531	434,18	528,52	2,484	412	47,73	2,7
643	1,10	0,06	45,87	29,30	65	22,8	10,2	1,223	578	472,61	575,24	2,762	402	45,80	2,7
644	1,10	0,06	48,20	30,13	70	23,0	11,2	1,223	631	515,94	627,96	3,043	400	45,66	2,7
645	1,10	0,08	30,60	23,53	40	21,5	3,3	1,223	265	216,68	263,74	1,257	410	31,04	5,0
646	1,14	0,08	33,37	24,63	45	22,1	4,3	1,223	333	272,28	331,65	1,350	612	51,20	4,9
647	1,10	0,08	36,13	25,50	50	22,4	5,3	1,223	413	337,69	411,34	1,656	619	55,42	4,9
648	1,14	0,08	38,73	26,60	55	22,8	6,2	1,223	478	390,84	476,06	1,938	622	55,94	4,9
649	1,10	0,08	41,37	27,27	60	22,6	7,6	1,223	584	477,51	581,73	2,266	648	57,26	4,9
650	1,12	0,08	43,93	28,03	65	22,9	8,5	1,223	653	533,93	650,42	2,581	637	56,52	4,9
651	1,12	0,08	46,10	28,83	70	23,2	9,2	1,223	704	575,63	701,18	2,823	628	55,88	4,8

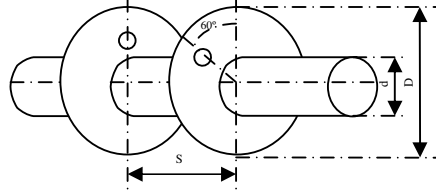
**Tablo 6.32**  $s/d=0,276$ ,  $D/d=3$ ,  $n=95$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar



D deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{su})_g$ (°C)	$(T_h)_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_t$ (W)	$q_t$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_c$ (W)	$\Sigma Q_R$ (W)	$\overline{Re}_d$ ( $10^4$ )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
652	1,14	0,04	33,20	25,03	40	21,3	6,2	1,223	287	234,47	285,59	1,406	282	47,16	1,1
653	1,10	0,04	36,60	26,43	45	22,0	7,4	1,223	353	288,63	351,28	1,720	275	46,30	1,0
654	1,10	0,04	39,83	27,57	50	22,3	9,0	1,223	413	337,69	410,88	2,117	264	43,74	1,0
655	1,14	0,04	43,07	28,67	55	22,6	10,3	1,223	476	389,21	473,46	2,537	256	42,67	1,0
656	1,10	0,04	46,33	29,77	60	22,8	11,8	1,223	539	440,72	536,04	2,962	250	40,97	1,0
657	1,10	0,04	49,37	30,57	65	22,7	13,6	1,223	623	509,40	619,58	3,422	252	42,32	1,0
658	1,10	0,04	51,90	31,37	70	22,8	14,8	1,223	672	549,47	668,20	3,796	247	41,61	1,0
659	1,12	0,06	32,17	24,80	40	21,8	4,9	1,223	328	268,19	326,79	1,207	538	65,37	2,5
660	1,10	0,06	35,20	25,87	45	22,3	6,0	1,223	401	327,88	399,49	1,509	514	61,37	2,5
661	1,10	0,06	38,13	26,77	50	22,5	7,3	1,223	486	397,38	484,13	1,866	507	60,77	2,4
662	1,11	0,06	41,03	27,73	55	22,8	8,4	1,223	555	453,80	552,78	2,223	489	58,96	2,4
663	1,10	0,06	44,00	28,67	60	23,0	9,6	1,223	634	518,40	631,39	2,606	480	56,86	2,5
664	1,10	0,06	46,67	29,30	65	22,9	11,0	1,223	725	592,80	722,01	2,993	481	58,42	2,4
665	1,10	0,06	49,07	30,03	70	23,1	12,0	1,223	794	649,22	790,68	3,323	477	56,66	2,4
666	1,10	0,08	31,67	24,97	40	22,5	3,9	1,223	353	288,63	351094	1,056	851	87,33	4,5
667	1,02	0,08	34,40	25,73	45	22,7	4,9	1,223	429	350,78	427,65	1,354	792	79,56	4,5
668	1,10	0,08	37,03	26,60	50	23,0	5,8	1,223	503	411,28	501,35	1,655	765	77,17	4,5
669	1,10	0,08	39,80	27,37	55	23,3	6,8	1,223	587	479,97	585,00	2,003	742	73,45	4,5
670	1,10	0,08	42,53	28,13	60	23,5	7,8	1,223	672	549,47	669,64	2,358	729	72,25	4,5
671	1,10	0,08	45,00	28,70	65	23,4	9,0	1,223	772	631,23	769,30	2,701	732	73,03	4,5
672	1,11	0,08	47,27	29,40	70	23,6	9,7	1,223	832	680,29	829,00	2,997	714	71,51	4,5

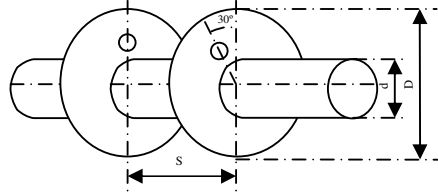


**Tablo 6.33**  $s/d=0,276$ ,  $D/d=3$ ,  $n=95$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar



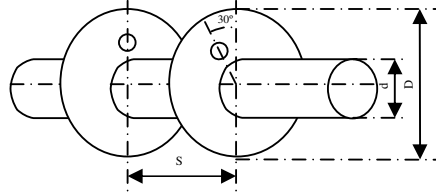
D deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{su})_g$ (°C)	$(T_h)_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_i$ (W)	$q_i$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_c$ (W)	$\Sigma Q_k$ (W)	$\overline{Re}_d$ (10 <sup>4</sup> )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
673	1,10	0,04	34,00	26,27	40	22,3	5,8	1,223	265	216,68	263,65	1,349	274	45,89	1,1
674	1,10	0,04	37,20	27,17	45	22,6	7,0	1,223	309	252,66	307,21	1,786	243	38,59	1,1
675	1,10	0,04	40,50	28,13	50	23,0	8,6	1,223	365	298,45	362,80	2,199	230	36,01	1,1
676	1,11	0,04	44,53	30,97	55	24,8	9,7	1,223	418	341,78	415,45	2,552	237	38,04	1,1
677	1,11	0,04	47,67	31,30	60	24,6	10,7	1,223	463	378,58	459,91	3,093	215	34,04	1,0
678	1,10	0,04	50,30	31,60	65	24,1	12,4	1,223	532	435,00	528,35	3,655	215	34,11	1,1
679	1,10	0,04	53,07	32,33	70	24,3	13,3	1,223	574	469,34	569,92	4,080	207	33,02	1,1
680	1,10	0,06	32,83	25,67	40	22,3	4,8	1,223	320	261,65	318,83	1,169	538	65,52	2,5
681	1,13	0,06	35,77	26,27	45	22,6	5,7	1,223	376	307,44	374,38	1,617	472	55,16	2,5
682	1,10	0,06	38,90	27,63	50	23,0	7,0	1,223	445	363,86	443,04	1,958	466	55,93	2,5
683	1,10	0,06	42,53	29,70	55	24,6	8,2	1,223	543	443,99	540,73	2,271	492	59,53	2,5
684	1,10	0,06	45,23	29,83	60	24,5	9,0	1,223	593	484,87	590,21	2,793	444	50,58	2,5
685	1,10	0,06	47,87	30,03	65	24,1	10,2	1,223	665	543,74	661,72	3,277	427	48,77	2,5
686	1,10	0,06	50,13	30,73	70	24,3	11,0	1,223	712	582,17	708,40	3,605	417	48,86	2,5
687	1,10	0,08	32,10	25,23	40	22,4	4,0	1,223	353	288,63	351,91	1,092	828	82,93	4,7
688	1,10	0,08	34,73	26,03	45	22,7	4,7	1,223	410	335,24	408,58	1,422	752	72,13	4,6
689	1,10	0,08	37,70	26,90	50	23,0	5,8	1,223	498	407,20	496,19	1,807	729	68,54	4,6
690	1,10	0,08	40,90	28,60	55	24,4	6,9	1,223	592	484,06	589,87	2,131	752	74,61	4,6
691	1,10	0,08	43,57	29,03	60	24,4	7,7	1,223	662	541,29	659,46	2,542	706	66,97	4,6
692	1,10	0,08	45,97	29,20	65	24,1	8,4	1,223	723	591,17	720,06	2,943	664	61,45	4,6
693	1,10	0,08	48,30	29,80	70	24,3	9,1	1,223	774	632,87	770,68	3,318	639	58,39	4,6

**Tablo 6.34**  $s/d=0,414$ ,  $D/d=3$ ,  $n=70$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar



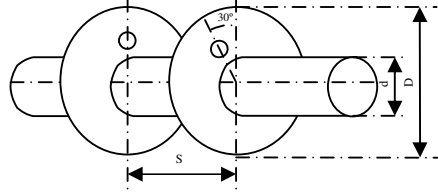
D deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{su})_g$ (°C)	$(T_h)_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_t$ (W)	$q_t$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_c$ (W)	$\Sigma Q_R$ (W)	$\overline{Re}_d$ ( $10^4$ )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
694	1,14	0,04	34,27	28,40	40	25,3	4,3	0,975	191	195,90	189,72	1,285	215	53,38	1,0
695	1,03	0,04	37,30	29,67	45	25,7	5,6	0,975	257	263,59	255,32	1,676	221	55,98	1,0
696	1,03	0,04	40,57	30,67	50	26,4	6,6	0,975	301	308,72	298,76	2,241	197	48,36	1,0
697	1,14	0,04	43,63	31,97	55	27,1	7,5	0,975	333	341,54	330,34	2,656	183	45,15	1,0
698	1,10	0,04	46,87	33,00	60	27,1	8,9	0,975	404	414,36	400,80	3,202	185	45,79	1,0
699	1,10	0,04	49,87	34,23	65	27,7	10,1	0,975	456	467,69	452,39	3,615	183	45,59	1,0
700	1,10	0,04	52,47	35,03	70	27,7	11,1	0,975	493	505,64	488,87	4,127	176	43,18	1,0
701	1,14	0,06	33,30	27,87	40	25,3	3,6	0,975	238	244,10	236,84	1,163	438	83,08	2,3
702	1,10	0,06	36,20	29,07	45	25,7	4,6	0,975	309	316,92	307,48	1,517	428	81,71	2,3
703	1,10	0,06	39,17	30,30	50	26,4	5,5	0,975	360	369,23	358,07	1,928	397	72,94	2,3
704	1,11	0,06	42,13	31,40	55	26,9	6,3	0,975	418	428,72	415,65	2,347	377	69,61	2,3
705	1,14	0,06	44,87	31,97	60	27,1	7,3	0,975	475	487,18	472,15	2,852	353	64,13	2,3
706	1,10	0,06	47,77	33,13	65	27,5	8,5	0,975	553	567,18	549,73	3,266	359	65,45	2,3
707	1,11	0,06	49,87	33,97	70	27,6	9,2	0,975	604	619,49	600,41	3,594	345	65,57	2,3
708	1,10	0,08	32,70	27,63	40	25,3	3,1	0,975	272	278,97	270,93	1,065	717	109,00	4,3
709	1,03	0,08	35,33	28,63	45	25,7	3,9	0,975	344	352,82	342,60	1,396	680	101,54	4,3
710	1,10	0,08	38,07	29,83	50	26,4	4,7	0,975	407	417,44	405,28	1,716	647	97,16	4,3
711	1,14	0,08	40,80	30,77	55	26,8	5,5	0,975	475	487,18	472,89	2,106	615	90,60	4,2
712	1,14	0,08	43,33	31,53	60	27,2	6,1	0,975	524	537,44	521,49	2,512	569	82,41	4,2
713	1,14	0,08	46,07	32,53	65	27,4	7,2	0,975	617	632,82	614,09	2,913	581	86,35	4,2
714	1,10	0,08	47,97	33,00	70	27,5	7,8	0,975	664	681,03	660,73	3,265	562	81,93	4,2

**Tablo 6.35**  $s/d=0,414$ ,  $D/d=3$ ,  $n=70$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar



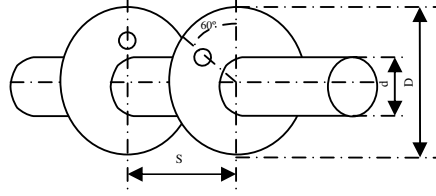
D deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{su})_g$ (°C)	$(T_h)_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_t$ (W)	$q_t$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_c$ (W)	$\Sigma Q_R$ (W)	$\overline{Re}_d$ (10 <sup>4</sup> )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
715	1,10	0,04	34,70	29,00	40	26,5	3,6	0,975	176	180,51	174,73	1,269	204	50,57	1,0
716	1,10	0,04	37,80	30,23	45	26,9	4,7	0,975	221	226,67	219,33	1,675	191	46,63	1,0
717	1,14	0,04	40,93	31,47	50	27,2	6,2	0,975	287	294,36	284,93	2,074	196	48,19	1,0
718	1,14	0,04	44,90	32,37	55	27,5	7,1	0,975	333	341,54	330,22	2,777	169	40,42	1,0
719	1,10	0,04	47,50	34,43	60	28,8	8,5	0,975	397	407,18	394,01	2,996	192	47,64	1,0
720	1,10	0,04	50,83	35,33	65	28,9	9,5	0,975	441	452,31	437,41	3,587	177	44,36	1,0
721	1,04	0,04	55,50	36,00	70	29,0	10,4	0,975	480	492,31	475,45	4,552	151	36,06	1,0
722	1,14	0,06	34,07	29,07	40	27,0	2,8	0,975	190	194,87	188,96	1,044	393	73,25	2,5
723	1,10	0,06	36,83	29,93	45	27,2	3,9	0,975	268	274,87	266,51	1,490	382	70,03	2,4
724	1,14	0,06	39,70	31,30	50	27,5	5,0	0,975	335	343,59	333,20	1,800	388	73,07	2,4
725	1,04	0,06	43,77	31,80	55	27,8	5,9	0,975	394	404,10	391,44	2,558	317	54,09	2,4
726	1,10	0,06	46,33	33,60	60	29,1	6,7	0,975	447	458,46	444,18	2,825	334	58,53	2,4
727	1,03	0,06	48,70	34,37	65	29,1	7,8	0,975	518	531,28	514,78	3,217	341	61,25	2,4
728	1,04	0,06	50,57	34,97	70	29,2	8,5	0,975	565	579,49	561,43	3,566	340	61,16	2,4
729	1,10	0,08	33,77	28,87	40	27,4	2,4	0,975	221	226,67	219,93	1,066	599	85,33	4,5
730	1,14	0,08	36,23	29,90	45	27,6	3,3	0,975	287	294,36	285,65	1,353	596	87,33	4,5
731	1,10	0,08	38,93	31,13	50	28,0	4,1	0,975	362	371,28	360,35	1,647	605	88,94	4,5
732	1,04	0,08	42,03	31,57	55	28,1	5,0	0,975	437	448,21	434,78	2,223	539	76,31	4,5
733	1,10	0,08	44,77	33,20	60	29,4	5,6	0,975	485	497,44	482,48	2,516	535	77,71	4,5
734	1,11	0,08	47,93	33,93	65	29,5	6,4	0,975	555	569,23	551,98	3,023	501	70,10	4,5
735	1,04	0,08	50,97	34,43	70	29,6	7,1	0,975	613	628,72	609,36	3,643	464	63,85	4,5

**Tablo 6.36**  $s/d=0,414$ ,  $D/d=3$ ,  $n=70$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar



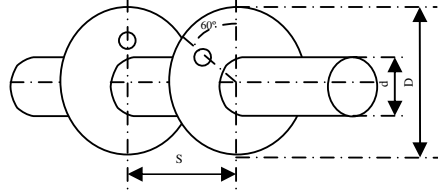
D deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{w})_g$ (°C)	$(T_0)_g$ (°C)	$\Delta T_0$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_t$ (W)	$q_t$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_c$ (W)	$\Sigma Q_R$ (W)	$\overline{Re}_d$ ( $10^4$ )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
736	1,03	0,04	34,40	27,70	40	26,1	3,0	0,975	129	132,31	127,52	1,482	127	27,32	1,1
737	1,03	0,04	37,23	28,43	45	26,3	4,0	0,975	172	176,41	170,05	1,946	128	27,62	1,1
738	1,10	0,04	40,87	30,53	50	27,3	5,6	0,975	221	226,67	218,68	2,324	138	30,51	1,1
739	1,03	0,04	43,83	31,27	55	27,5	6,6	0,975	258	264,62	255,15	2,848	131	29,16	1,1
740	1,10	0,04	47,07	32,63	60	28,0	8,1	0,975	313	321,03	309,68	3,323	137	31,13	1,0
741	1,10	0,04	50,10	33,47	65	28,3	9,0	0,975	354	363,08	350,13	3,868	133	30,41	1,0
742	1,14	0,04	52,53	34,17	70	28,6	9,9	0,975	381	390,77	376,66	4,342	129	29,50	1,0
743	1,10	0,06	33,60	27,33	40	26,2	2,2	0,975	136	139,49	134,65	1,351	216	31,95	2,5
744	1,12	0,06	36,20	27,97	45	26,4	3,1	0,975	187	191,79	185,23	1,769	224	33,33	2,5
745	1,10	0,06	39,50	29,73	50	27,3	4,5	0,975	272	278,97	269,87	2,127	272	43,56	2,5
746	1,10	0,06	42,33	30,57	55	27,6	5,3	0,975	317	325,13	314,42	2,576	261	41,96	2,5
747	1,03	0,06	45,20	31,70	60	28,0	6,5	0,975	387	396,92	384,01	2,991	275	45,25	2,4
748	1,03	0,06	47,90	32,43	65	28,3	7,2	0,975	430	441,03	426,54	3,461	264	42,86	2,4
749	1,03	0,06	50,23	33,07	70	28,6	8,1	0,975	474	486,15	470,12	3,880	260	42,42	2,4
750	1,01	0,08	32,90	26,90	40	25,9	1,9	0,975	169	173,33	167,73	1,265	375	44,64	4,5
751	1,03	0,08	35,43	27,60	45	26,3	2,5	0,975	215	220,51	213,35	1,647	363	43,33	4,5
752	1,03	0,08	38,53	29,23	50	27,3	3,6	0,975	301	308,72	299,02	1,980	423	53,72	4,5
753	1,10	0,08	41,17	30,20	55	27,6	4,4	0,975	353	362,05	350,66	2,339	417	52,20	4,5
754	1,12	0,08	43,90	31,13	60	28,1	5,3	0,975	420	430,77	417,25	2,745	422	53,11	4,4
755	1,13	0,08	46,50	31,83	65	28,4	5,9	0,975	470	482,05	466,81	3,188	408	51,50	4,4
756	1,03	0,08	48,57	32,33	70	28,6	6,6	0,975	518	531,28	514,44	3,561	404	51,09	4,4

**Tablo 6.37**  $s/d=0,414$ ,  $D/d=3$ ,  $n=70$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar



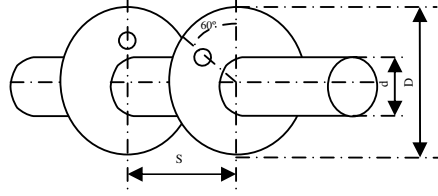
D deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{su})_g$ (°C)	$(T_h)_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_i$ (W)	$q_i$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_e$ (W)	$\Sigma Q_R$ (W)	$\overline{Re}_d$ ( $10^4$ )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
757	1,13	0,04	34,40	27,17	40	25,1	3,5	0,975	141	144,62	139,42	1,579	129	28,17	1,1
758	1,12	0,04	37,60	28,20	45	25,2	4,8	0,975	188	192,82	185,94	2,055	131	28,74	1,1
759	1,14	0,04	40,87	29,20	50	25,5	6,1	0,975	238	244,10	235,43	2,572	132	29,15	1,1
760	1,04	0,04	44,30	30,47	55	26,0	7,3	0,975	305	312,82	301,90	3,096	141	31,89	1,1
761	1,02	0,04	47,37	31,33	60	26,3	8,4	0,975	342	350,77	338,35	3,653	135	30,13	1,1
762	1,11	0,04	50,53	32,37	65	26,8	9,5	0,975	372	381,54	367,79	4,206	128	28,77	1,1
763	1,01	0,04	53,33	33,70	70	27,1	10,8	0,975	424	434,87	419,39	4,608	134	30,20	1,1
764	1,15	0,06	33,53	26,67	40	25,1	2,6	0,975	145	148,72	143,547	1,453	211	30,63	2,5
765	1,10	0,06	36,57	27,63	45	25,3	3,8	0,975	223	228,72	221,11	1,890	246	37,91	2,5
766	1,14	0,06	39,20	28,53	50	25,4	5,0	0,975	286	293,33	283,73	2,275	263	41,30	2,5
767	1,02	0,06	42,57	29,53	55	26,0	5,8	0,975	342	350,77	339,18	2,818	254	40,16	2,5
768	1,00	0,06	45,63	30,53	60	26,4	6,6	0,975	377	386,67	373,70	3,297	239	37,34	2,5
769	1,03	0,06	48,40	31,57	65	26,8	7,6	0,975	432	443,08	428,27	3,729	244	38,20	2,5
770	1,10	0,06	51,17	32,40	70	27,0	8,7	0,975	497	509,74	492,80	4,201	249	39,94	2,5
771	1,03	0,08	32,80	26,40	40	25,1	2,1	0,975	172	176,41	170,67	1,333	359	41,89	4,6
772	1,13	0,08	36,63	27,07	45	25,3	3,0	0,975	235	241,03	233,22	1,779	363	43,33	4,6
773	1,10	0,08	38,17	27,90	50	25,4	4,1	0,975	319	327,18	316,86	2,143	408	50,74	4,6
774	1,12	0,08	41,07	28,70	55	26,0	4,8	0,975	373	382,56	370,38	2,616	392	48,07	4,5
775	1,04	0,08	44,00	29,57	60	26,3	5,6	0,975	437	448,21	433,92	3,081	390	48,04	4,5
776	1,10	0,08	46,73	30,73	65	26,7	6,4	0,975	494	506,67	490,57	3,434	394	49,68	4,5
777	1,10	0,08	49,17	31,07	70	27,0	7,1	0,975	549	563,08	545,04	3,956	384	47,70	4,5

**Tablo 6.38**  $s/d=0,414$ ,  $D/d=3$ ,  $n=70$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar



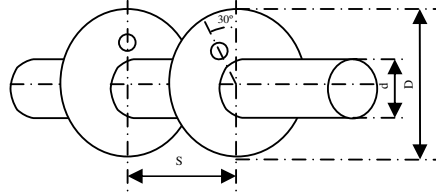
D deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{su})_g$ (°C)	$(T_h)_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_t$ (W)	$q_t$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_c$ (W)	$\Sigma Q_R$ (W)	$\overline{Re}_d$ ( $10^4$ )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
778	1,12	0,04	32,97	26,87	40	24,0	5,0	0,975	233	238,97	231,75	1,253	255	69,52	1,1
779	1,10	0,04	36,03	27,97	45	24,7	5,9	0,975	275	282,05	273,32	1,680	225	58,09	1,1
780	1,13	0,04	38,97	28,83	50	24,9	7,2	0,975	332	340,51	329,87	2,127	214	53,37	1,1
781	1,04	0,04	41,67	29,63	55	25,0	8,4	0,975	390	400,00	387,45	2,553	210	52,56	1,1
782	1,10	0,04	44,70	30,63	60	25,3	9,8	0,975	448	459,49	444,98	3,016	204	51,39	1,1
783	1,10	0,04	47,43	31,50	65	25,6	11,0	0,975	503	515,90	499,54	3,463	201	50,71	1,1
784	1,10	0,04	49,77	32,23	70	25,8	12,0	0,975	552	566,15	548,15	3,850	199	50,34	1,1
785	1,03	0,06	32,13	26,60	40	24,4	3,8	0,975	258	264,62	256,89	1,111	469	90,78	2,5
786	1,13	0,06	34,93	27,60	45	24,9	4,9	0,975	329	337,44	327,52	1,477	447	84,96	2,5
787	1,10	0,06	37,53	28,30	50	25,1	6,0	0,975	399	409,23	397,13	1,872	427	81,46	2,5
788	1,10	0,06	39,93	28,97	55	25,2	6,9	0,975	453	464,62	450,77	2,232	405	75,96	2,5
789	1,03	0,06	42,57	29,87	60	25,7	7,8	0,975	516	529,23	513,39	2,614	394	72,75	2,5
790	1,10	0,06	45,13	30,63	65	25,8	9,0	0,975	598	613,33	594,99	3,013	397	73,52	2,5
791	1,11	0,06	47,20	31,23	70	26,0	9,8	0,975	647	663,59	643,66	3,344	388	71,97	2,5
792	1,04	0,08	31,87	26,93	40	25,1	2,9	0,975	260	266,67	259,02	0,984	706	107,16	4,5
793	1,03	0,08	34,33	27,67	45	25,4	3,9	0,975	344	352,82	342,68	1,323	687	104,72	4,5
794	1,13	0,08	36,70	28,30	50	25,5	4,9	0,975	426	436,92	424,34	1,663	670	102,40	4,5
795	1,10	0,08	38,83	28,80	55	25,7	5,7	0,975	493	505,64	491,00	1,998	645	96,73	4,5
796	1,04	0,08	41,43	29,67	60	26,1	6,5	0,975	566	580,51	563,63	2,367	626	92,15	4,5
797	1,10	0,08	43,67	30,27	65	26,3	7,4	0,975	639	655,38	636,29	2,712	616	90,95	4,5
798	1,04	0,08	45,63	30,77	70	26,4	8,1	0,975	698	715,90	694,97	3,033	603	89,30	4,5

**Tablo 6.39**  $s/d=0,414$ ,  $D/d=3$ ,  $n=70$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar



D deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{su})_g$ (°C)	$(T_h)_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_t$ (W)	$q_t$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_c$ (W)	$\Sigma Q_R$ (W)	$\overline{Re}_d$ (10 <sup>4</sup> )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
799	1,14	0,04	33,20	26,90	40	24,6	4,3	0,975	190	194,87	188,68	1,323	201	49,63	1,1
800	1,10	0,04	36,17	27,90	45	24,8	5,8	0,975	268	274,87	266,26	1,738	214	53,09	1,0
801	1,10	0,04	39,03	28,73	50	25,0	7,1	0,975	317	325,13	314,81	2,186	201	50,15	1,0
802	1,12	0,04	41,77	29,73	55	25,3	8,5	0,975	374	383,59	371,43	2,574	201	51,30	1,0
803	1,10	0,04	44,90	30,83	60	25,5	10,0	0,975	441	452,31	437,96	3,038	201	52,50	1,0
804	1,10	0,04	47,57	31,63	65	25,8	11,2	0,975	494	506,67	490,50	3,503	197	49,75	1,0
805	1,10	0,04	50,00	32,37	70	26,1	12,1	0,975	529	542,56	525,09	3,913	189	47,95	1,0
806	1,11	0,06	32,40	26,73	40	24,7	3,6	0,975	232	237,95	230,85	1,151	411	74,56	2,4
807	1,10	0,06	34,87	27,40	45	24,8	4,9	0,975	321	329,23	319,48	1,518	428	81,35	2,4
808	1,13	0,06	37,47	28,20	50	25,0	6,0	0,975	379	388,72	377,11	1,888	404	73,86	2,4
809	1,02	0,06	40,07	28,97	55	25,2	7,1	0,975	470	482,05	467,72	2,281	415	77,82	2,4
810	1,10	0,06	42,70	29,83	60	25,5	8,3	0,975	549	563,08	546,33	2,665	414	78,45	2,4
811	1,10	0,06	45,47	30,60	65	25,8	9,2	0,975	592	607,18	588,88	3,117	383	72,47	2,4
812	1,11	0,06	47,30	31,33	70	26,1	10,1	0,975	650	666,67	646,63	3,371	389	72,29	2,4
813	1,10	0,08	31,77	26,67	40	24,7	3,1	0,975	272	278,97	270,99	1,007	716	108,65	4,4
814	1,10	0,08	34,00	27,13	45	24,9	4,1	0,975	358	367,18	356,63	1,371	695	105,77	4,4
815	1,04	0,08	36,50	27,80	50	25,1	5,0	0,975	435	446,15	433,26	1,736	661	101,04	4,4
816	1,04	0,08	38,87	28,47	55	25,2	6,1	0,975	524	537,44	521,91	2,087	661	101,41	4,4
817	1,11	0,08	41,37	29,17	60	25,5	7,0	0,975	604	619,49	601,53	2,465	644	97,07	4,3
818	1,00	0,08	43,63	29,87	65	25,8	7,8	0,975	669	686,15	666,20	2,804	628	92,80	4,3
819	1,10	0,08	45,83	30,53	70	26,1	8,4	0,975	725	743,59	721,85	3,147	608	90,09	4,3

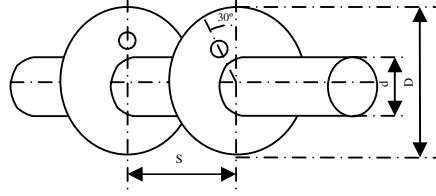
**Tablo 6.40**  $s/d=0,517$ ,  $D/d=3$ ,  $n=57$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar



D deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{w0})_g$ (°C)	$(T_{h0})_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_t$ (W)	$q_t$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_c$ (W)	$\Sigma Q_R$ (W)	$\overline{Re}_d$ (10 <sup>4</sup> )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
820	1,01	0,04	34,77	28,00	40	25,8	3,7	0,840	169	201,19	166,81	2,186	153	44,48	1,0
821	1,04	0,04	38,10	29,20	45	26,3	4,8	0,840	218	259,52	215,21	2,792	148	43,39	1,0
822	1,10	0,04	41,23	29,97	50	26,5	5,9	0,840	265	315,48	261,44	3,564	141	40,79	1,0
823	1,10	0,04	44,33	30,83	55	26,8	7,0	0,840	315	375,00	310,70	4,296	138	40,20	1,0
824	1,01	0,04	47,43	31,83	60	27,0	8,3	0,840	379	451,19	374,02	4,980	142	42,35	1,0
825	1,05	0,04	50,87	33,10	65	27,5	9,7	0,840	438	521,43	432,26	5,740	143	42,71	1,0
826	1,03	0,04	53,53	34,20	70	27,7	10,4	0,840	473	563,10	466,66	6,339	140	42,18	1,0
827	1,03	0,06	34,13	27,97	40	26,0	3,0	0,840	215	255,95	213,08	1,925	322	70,82	2,4
828	1,10	0,06	37,07	29,03	45	26,3	4,0	0,840	272	323,81	269,52	2,480	309	66,98	2,4
829	1,02	0,06	39,80	29,57	50	26,5	5,0	0,840	340	404,76	336,88	3,119	301	65,51	2,3
830	1,10	0,06	42,67	30,37	55	26,7	6,0	0,840	397	472,62	393,22	3,775	289	62,19	2,3
831	1,10	0,06	45,63	30,90	60	27,0	6,9	0,840	457	544,05	452,46	4,544	276	58,39	2,3
832	1,10	0,06	48,97	32,53	65	27,4	8,2	0,840	543	646,43	537,87	5,130	290	64,07	2,3
833	1,10	0,06	51,07	32,90	70	27,7	8,7	0,840	574	683,33	568,31	5,686	275	58,89	2,3
834	1,14	0,08	33,57	27,70	40	26,0	2,7	0,840	237	282,14	235,17	1,830	498	85,33	4,3
835	1,10	0,08	36,37	28,53	45	26,3	3,5	0,840	309	367,86	306,62	2,381	482	82,90	4,3
836	1,01	0,08	38,87	29,20	50	26,5	4,3	0,840	378	450,00	375,10	2,905	474	81,88	4,3
837	1,10	0,08	41,60	29,97	55	26,7	5,1	0,840	445	529,76	441,51	3,487	460	81,41	4,3
838	1,03	0,08	44,30	30,53	60	27,0	5,9	0,840	516	614,29	511,83	4,167	447	79,38	4,2
839	1,10	0,08	47,20	32,00	65	27,5	6,8	0,840	589	701,19	584,41	4,586	457	80,00	4,2
840	1,02	0,08	49,43	32,03	70	27,7	7,4	0,840	639	760,71	633,66	5,343	430	74,14	4,2

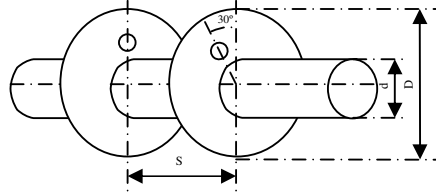


**Tablo 6.41**  $s/d=0,517$ ,  $D/d=3$ ,  $n=57$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar



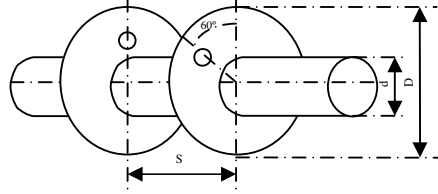
Deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{su})_g$ (°C)	$(T_h)_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_t$ (W)	$q_t$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_c$ (W)	$\Sigma Q_R$ (W)	$\overline{Re}_d$ (10 <sup>4</sup> )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
841	1,11	0,04	35,03	29,30	40	26,7	4,0	0,840	186	221,43	184,15	1,850	198	63,23	1,0
842	1,04	0,04	38,37	30,10	45	27,3	4,6	0,840	217	258,33	214,36	2,644	158	47,24	1,0
843	1,10	0,04	41,70	30,90	50	27,6	5,6	0,840	265	315,48	261,56	3,441	146	43,15	1,0
844	1,10	0,04	44,80	31,73	55	27,7	6,7	0,840	313	372,62	308,87	4,125	141	41,23	1,0
845	1,14	0,04	47,87	32,67	60	27,9	8,2	0,840	380	452,38	375,11	4,889	146	43,52	1,0
846	1,04	0,04	51,07	33,53	65	28,1	9,4	0,840	433	515,48	427,31	5,687	143	42,74	1,0
847	1,11	0,04	53,57	34,23	70	28,3	10,1	0,840	462	550,00	455,64	6,361	137	40,51	1,0
848	1,00	0,06	34,53	28,93	40	27,0	3,0	0,840	209	248,81	207,21	1,791	343	77,12	2,5
849	1,03	0,06	37,50	29,87	45	27,5	3,8	0,840	258	307,14	255,62	2,379	307	66,83	2,4
850	1,10	0,06	40,47	30,57	50	27,7	4,7	0,840	317	377,38	313,95	3,046	288	61,85	2,4
851	1,01	0,06	43,33	31,27	55	27,8	5,7	0,840	381	453,57	377,30	3,705	282	59,61	2,4
852	1,05	0,06	46,03	32,07	60	28,1	6,6	0,840	439	522,62	434,63	4,373	278	59,07	2,4
853	1,10	0,06	48,97	32,73	65	28,3	7,6	0,840	503	598,81	497,90	5,098	271	57,89	2,4
854	1,10	0,06	51,33	33,30	70	28,5	8,4	0,840	553	658,33	547,31	5,687	300	57,10	2,4
855	1,00	0,08	34,30	29,17	40	27,6	2,3	0,840	209	248,81	207,37	1,633	499	85,85	4,5
856	1,10	0,08	37,03	30,10	45	28,0	3,0	0,840	266	316,67	263,86	2,138	466	78,98	4,5
857	1,02	0,08	39,73	30,70	50	28,1	3,9	0,840	342	407,14	339,23	2,767	456	77,59	4,5
858	1,10	0,08	42,43	31,27	55	28,3	4,6	0,840	399	475,00	395,63	3,373	427	72,90	4,5
859	1,10	0,08	45,00	31,87	60	28,4	5,6	0,840	487	579,76	483,00	4,001	440	75,34	4,5
860	1,10	0,08	47,63	32,47	65	28,7	6,2	0,840	536	638,10	531,27	4,730	406	68,52	4,5
861	1,10	0,08	49,83	33,00	70	28,9	6,9	0,840	598	711,90	592,79	5,206	415	71,59	4,4

**Tablo 6.42**  $s/d=0,517$ ,  $D/d=3$ ,  $n=57$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=30^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar



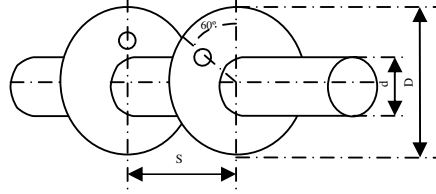
D deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{in})_g$ (°C)	$(T_{in})_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_t$ (W)	$q_t$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_c$ (W)	$\Sigma Q_R$ (W)	$\overline{Re}_d$ ( $10^4$ )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
862	1,00	0,04	35,27	28,93	40	27,2	2,9	0,840	125	148,81	122,96	2,041	120	32,76	1,1
863	1,14	0,04	38,53	29,53	45	27,6	3,5	0,840	143	170,24	140,15	2,853	92	25,36	1,0
864	1,11	0,04	41,63	30,50	50	27,9	4,7	0,840	185	220,24	181,47	3,526	99	26,41	1,0
865	1,03	0,04	44,93	31,80	55	28,1	5,7	0,840	215	255,95	210,67	4,325	92	24,91	1,0
866	1,02	0,04	48,23	32,47	60	28,4	6,7	0,840	255	303,57	249,96	5,042	94	25,81	1,0
867	1,04	0,04	51,33	33,23	65	28,7	7,8	0,840	304	361,90	298,16	5,838	97	26,26	1,0
868	1,12	0,04	53,93	33,93	70	28,9	8,6	0,840	328	390,48	321,46	6,539	93	25,51	1,0
869	1,00	0,06	34,63	28,37	40	27,3	2,0	0,840	125	148,81	123,03	1,968	182	33,25	2,4
870	1,04	0,06	37,53	29,17	45	27,5	2,9	0,840	174	207,14	171,41	2,591	188	35,05	2,4
871	1,10	0,06	40,40	29,93	50	27,8	3,8	0,840	221	263,10	217,78	3,225	189	35,39	2,4
872	1,10	0,06	43,37	30,67	55	28,0	4,7	0,840	270	321,43	266,09	3,906	189	35,48	2,4
873	1,10	0,06	46,43	31,50	60	28,4	5,5	0,840	316	376,19	311,37	4,632	186	35,14	2,4
874	1,10	0,06	49,40	32,53	65	28,7	6,3	0,840	359	427,38	353,74	5,257	186	35,14	2,4
875	1,10	0,06	51,70	33,13	70	28,9	7,1	0,840	407	484,52	401,153	5,847	190	36,67	2,4
876	1,10	0,08	34,13	28,17	40	27,3	1,6	0,840	134	159,52	132,14	1,864	275	38,76	4,4
877	1,10	0,08	36,80	28,83	45	27,6	2,3	0,840	183	217,86	180,56	2,436	278	40,09	4,4
878	1,00	0,08	39,53	29,57	50	27,8	3,1	0,840	251	298,81	248,00	3,004	303	45,35	4,4
879	1,04	0,08	42,30	30,23	55	28,0	3,9	0,840	306	364,29	302,37	3,627	303	45,41	4,4
880	1,10	0,08	45,17	30,97	60	28,3	4,6	0,840	357	425,00	352,71	4,289	297	44,05	4,4
881	1,11	0,08	47,83	31,77	65	28,6	5,4	0,840	419	498,81	414,11	4,891	306	46,32	4,4
882	1,10	0,08	50,17	32,33	70	28,9	5,9	0,840	460	547,62	454,55	5,449	300	45,60	4,4

**Tablo 6.43**  $s/d=0,517$ ,  $D/d=3$ ,  $n=57$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve ters akış durumunda, elde edilen sonuçlar



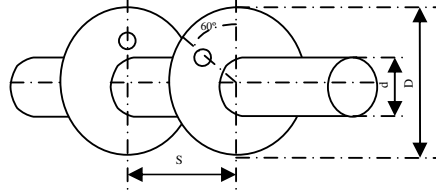
D deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{su})_g$ (°C)	$(T_h)_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_i$ (W)	$q_i$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_e$ (W)	$\Sigma Q_R$ (W)	$\overline{Re}_d$ ( $10^4$ )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
883	1,00	0,04	35,33	29,37	40	27,6	2,8	0,840	125	148,81	123,00	1,996	127	35,28	1,1
884	1,10	0,04	38,67	30,33	45	28,3	3,5	0,840	134	159,52	131,26	2,735	96	25,60	1,0
885	1,10	0,04	41,80	31,37	50	28,6	4,7	0,840	181	215,48	177,58	3,421	103	27,54	1,0
886	1,10	0,04	45,10	32,40	55	28,8	5,9	0,840	227	270,24	222,83	4,174	105	28,68	1,0
887	1,10	0,04	48,37	33,73	60	29,2	7,4	0,840	275	327,38	270,13	4,867	109	29,97	1,0
888	1,10	0,04	51,57	34,50	65	29,5	8,2	0,840	311	370,24	305,27	5,730	104	28,46	1,0
889	1,03	0,04	54,00	35,23	70	29,8	9,1	0,840	344	409,52	337,64	6,361	104	28,95	1,0
890	1,10	0,06	34,60	29,03	40	27,7	2,1	0,840	135	160,71	133,18	1,824	222	44,64	2,5
891	1,00	0,06	37,63	29,97	45	28,3	2,8	0,840	167	198,81	164,54	2,461	197	36,68	2,4
892	1,10	0,06	40,67	30,87	50	28,6	3,8	0,840	221	263,10	217,89	3,113	202	38,40	2,4
893	1,14	0,06	43,53	31,90	55	28,8	4,9	0,840	285	339,29	281,29	3,709	218	42,94	2,4
894	1,02	0,06	46,53	33,00	60	29,2	5,9	0,840	341	405,95	336,66	4,338	222	43,94	2,4
895	1,03	0,06	49,50	33,73	65	29,5	6,8	0,840	389	463,10	383,91	5,093	215	42,79	2,4
896	1,02	0,06	52,03	34,47	70	29,8	7,5	0,840	427	508,33	421,30	5,698	210	41,32	2,4
897	1,10	0,08	34,07	28,83	40	27,8	1,6	0,840	132	157,14	130,28	1,721	308	45,65	4,5
898	1,10	0,08	36,93	29,67	45	28,3	2,2	0,840	176	209,52	173,70	2,300	296	43,14	4,4
899	1,04	0,08	39,63	30,43	50	28,4	3,3	0,840	260	309,52	257,13	2,873	340	52,61	4,4
900	1,10	0,08	42,40	31,30	55	28,7	4,1	0,840	319	379,76	315,54	3,460	342	53,25	4,4
901	1,03	0,08	45,20	32,27	60	29,1	5,0	0,840	389	463,10	384,96	4,043	355	56,53	4,4
902	1,05	0,08	48,00	33,10	65	29,4	5,7	0,840	439	522,62	434,31	4,693	345	54,09	4,4
903	1,10	0,08	50,30	33,83	70	29,8	6,3	0,840	487	579,76	481,77	5,225	343	54,07	4,4

**Tablo 6.44**  $s/d=0,517$ ,  $D/d=3$ ,  $n=57$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı boruya basılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar



D deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_{su})_g$ (°C)	$(T_h)_g$ (°C)	$\Delta T_h$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_i$ (W)	$q_i$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_e$ (W)	$\Sigma Q_R$ (W)	$\overline{Re}_d$ ( $10^4$ )	$Nu_d$	$(\Delta p)_h$ (mbar)
904	1,10	0,04	34,70	29,33	40	27,0	3,8	0,840	182	216,67	180,27	1,728	207	67,25	1,0
905	1,03	0,04	37,77	30,17	45	27,5	4,5	0,840	214	254,76	211,60	2,399	170	51,68	1,0
906	1,10	0,04	40,63	31,03	50	27,8	5,8	0,840	271	322,62	267,98	3,016	169	52,43	1,0
907	1,10	0,04	43,57	31,83	55	27,9	6,9	0,840	321	382,14	317,31	3,688	162	49,68	1,0
908	1,04	0,04	46,30	32,40	60	27,5	8,5	0,840	392	466,67	387,62	4,384	166	51,90	1,0
909	1,05	0,04	49,00	33,00	65	27,6	9,6	0,840	439	522,62	433,93	5,070	160	49,43	1,0
910	1,03	0,04	51,37	33,60	70	27,8	10,4	0,840	473	563,10	467,33	5,669	154	46,92	1,0
911	1,15	0,06	34,17	29,23	40	27,5	2,9	0,840	192	228,57	190,42	1,575	357	80,35	2,4
912	1,00	0,06	36,93	30,13	45	27,9	3,7	0,840	251	298,81	248,88	2,119	336	74,45	2,4
913	1,10	0,06	39,57	30,90	50	28,1	4,7	0,840	317	377,38	314,34	2,655	220	74,88	2,4
914	1,11	0,06	42,13	31,50	55	28,3	5,6	0,840	372	442,86	368,75	3,249	313	69,96	2,4
915	1,10	0,06	44,53	31,90	60	27,9	6,9	0,840	459	546,43	455,14	3,855	323	72,42	2,4
916	1,03	0,06	47,03	32,37	65	27,9	7,8	0,840	516	614,29	511,51	4,487	311	69,85	2,4
917	1,10	0,06	49,17	32,97	70	28,3	8,4	0,840	552	657,14	547,01	4,992	299	66,07	2,4
918	1,00	0,08	33,93	29,60	40	28,1	2,3	0,840	209	248,81	207,61	1,393	592	108,23	4,5
919	1,10	0,08	36,37	30,27	45	28,4	3,1	0,840	276	328,57	274,12	1,882	551	99,02	4,5
920	1,02	0,08	38,77	30,90	50	28,6	3,9	0,840	341	405,95	338,62	2,382	523	92,50	4,4
921	1,11	0,08	41,17	31,47	55	28,7	4,8	0,840	417	496,43	414,09	2,911	516	91,42	4,4
922	1,10	0,08	43,13	31,73	60	28,4	5,7	0,840	490	583,33	486,57	3,431	508	90,34	4,4
923	1,10	0,08	45,73	32,27	65	28,7	6,2	0,840	535	636,90	530,97	4,027	470	82,20	4,4
924	1,03	0,08	47,53	32,70	70	28,7	7,0	0,840	605	720,24	600,55	4,446	480	84,14	4,4

**Tablo 6.45**  $s/d=0,517$ ,  $D/d=3$ ,  $n=57$  kanatlı, delik çapı 6 mm ( $\Theta=60^\circ$ ) olan delikli hal için, farklı su ve hava debileri ile farklı su giriş sıcaklıklarına göre, havanın; yalıtılmış gövde içine yerleştirilmiş kanatlı borudan emme yapılarak geçirilmesi ve paralel akış durumunda, elde edilen sonuçlar



Deney No	$\dot{m}_{su}$ (kg/s)	$\dot{m}_h$ (kg/s)	$T_w$ (°C)	$T_0$ (°C)	$(T_w)_g$ (°C)	$(T_w)_g$ (°C)	$\Delta T_b$ (°C)	$A_0$ (m <sup>2</sup> )	$Q_i$ (W)	$q_i$ (W/m <sup>2</sup> )	$Q_e$ (W)	$\Sigma Q_e$ (W)	$\overline{Re}_d$ (10 <sup>4</sup> )	$Nu_d$	$(\Delta p)_b$ (mbar)
925	1,10	0,04	34,23	28,43	40	26,1	3,8	0,840	180	214,29	178,15	1,847	190	59,46	1,0
926	1,03	0,04	36,97	28,97	45	26,4	4,6	0,840	216	257,14	213,51	2,492	164	49,67	1,0
927	1,11	0,04	39,87	29,90	50	26,6	6,0	0,840	279	332,14	275,89	3,110	168	51,24	1,0
928	1,11	0,04	42,90	30,67	55	26,8	7,1	0,840	325	386,90	321,19	3,813	158	47,54	1,0
929	1,14	0,04	45,67	31,53	60	26,9	8,3	0,840	381	453,57	376,57	4,430	159	48,85	1,0
930	1,05	0,04	48,67	32,10	65	27,0	9,5	0,840	439	522,62	433,75	5,249	155	46,95	1,0
931	1,12	0,04	50,97	32,80	70	27,2	10,3	0,840	468	557,14	462,22	5,775	149	45,45	1,0
932	1,00	0,06	33,43	28,07	40	26,2	3,0	0,840	209	248,81	207,32	1,677	360	80,83	2,4
933	1,04	0,06	35,97	28,63	45	26,4	3,9	0,840	262	311,90	259,76	2,238	327	72,22	2,3
934	1,03	0,06	38,60	29,40	50	26,5	5,1	0,840	344	409,52	341,22	2,784	340	75,35	2,3
935	1,10	0,06	41,27	30,13	55	26,8	5,9	0,840	397	472,62	393,64	3,359	321	72,88	2,3
936	1,12	0,06	43,87	30,80	60	26,9	7,0	0,840	467	555,95	463,04	3,955	319	71,35	2,3
937	1,03	0,06	46,47	31,37	65	27,1	7,8	0,840	516	614,29	511,41	4,588	303	66,64	2,3
938	1,10	0,06	48,60	31,97	70	27,1	8,7	0,840	574	683,33	569,39	4,612	328	73,66	2,3
939	1,14	0,08	32,87	27,83	40	26,2	2,7	0,840	238	283,33	236,45	1,554	584	108,62	4,3
940	1,00	0,08	35,20	28,40	45	26,5	3,3	0,840	293	348,81	290,97	2,032	529	92,73	4,3
941	1,13	0,08	37,67	29,03	50	26,6	4,3	0,840	377	448,81	374,44	2,564	531	93,53	4,3
942	1,10	0,08	40,00	29,67	55	26,8	5,2	0,840	451	536,90	447,95	3,045	364	93,23	4,3
943	1,13	0,08	42,50	30,27	60	26,9	6,0	0,840	517	615,48	513,40	3,605	507	89,88	4,3
944	1,10	0,08	44,77	30,77	65	27,0	6,9	0,840	599	713,10	594,85	4,154	509	90,65	4,3
945	1,10	0,08	46,77	31,27	70	27,2	7,4	0,840	639	760,71	633,91	5,094	451	79,16	4,3

## **6.1. $s/d=0,345$ Olan Kanatlı Boruda Oluşturulan Deliksiz ve Farklı Delik Konumlarına Ait Deneysel Verilerin Karşılaştırılması**

### **6.1.1. Isıtıcı yüzey sıcaklığı ile ısıtılan hava sıcaklığı arasındaki farka göre karşılaştırma**

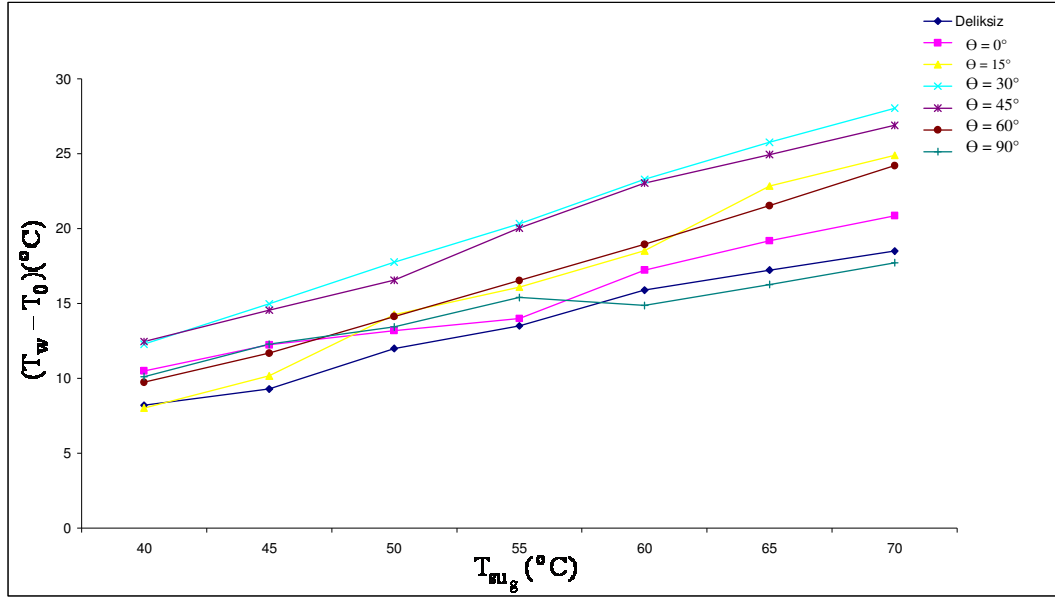
Sıcaklıkları farklı iki ortam arasındaki ısı transferi, Termodinamiğin II. kanununa göre, sıcaklık farkı ile doğru orantılıdır.

Deneysel çalışmada kullanılan akışkanlardan biri olan hava, deney düzeneğinin bulunduğu ortamdaki havadır.

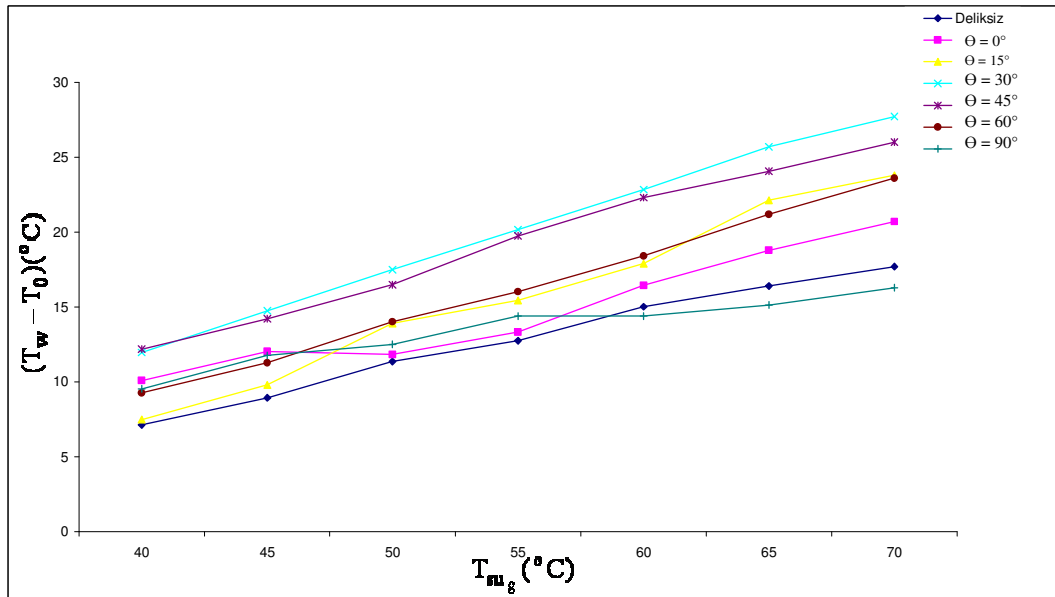
Deneysel çalışma, geniş bir zaman aralığında yapıldığından, ortam havası da sabit kalmayıp değişmiştir.

Ortam havasının değişkenliğinin deneysel sonuçlara etkisini gösterebilmek amacıyla, çalışılan farklı geometrik koşullarda, ısıtıcı yüzey sıcaklığı ile ısıtılan hava sıcaklığı arasındaki ilişkinin ortaya konması gereklidir.

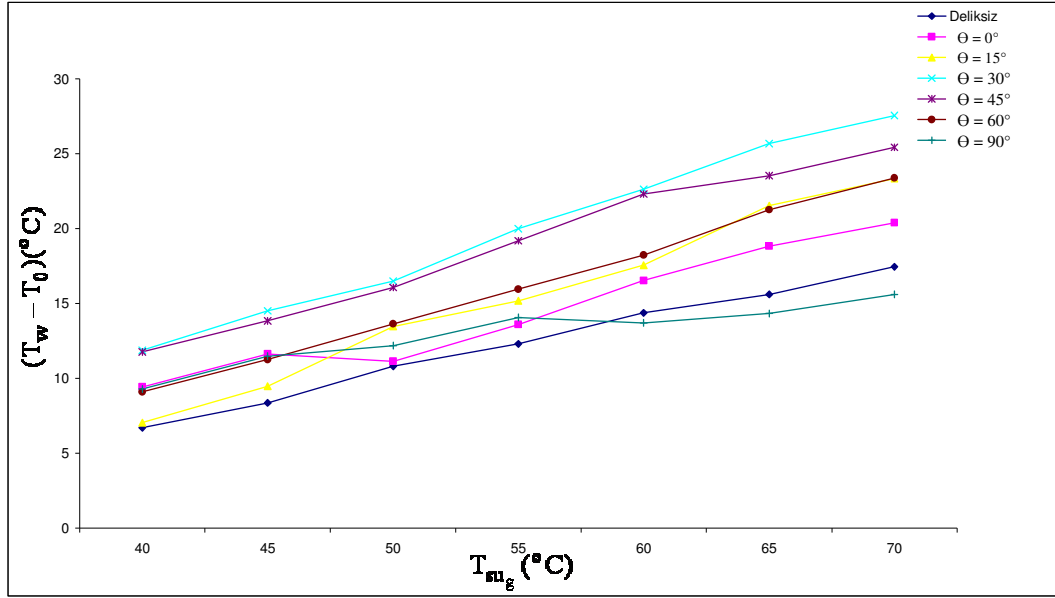
Bu maksatla, ısıtıcı boru çapı ( $d$ ) 29 mm, kanat çapı ( $D$ ) 87 mm, kanatlar arası mesafe ( $s$ ) 10 mm ve boru uzunluğu ( $L$ ) 900 mm geometrik boyutlara sahip kanatlı ısıtıcı boruların; deliksiz hal ile kanatları üzerine açılan deliklerin birbirine göre ayrı ayrı,  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  konumları için, 0,04 kg/s, 0,06 kg/s ve 0,08 kg/s olan üç farklı hava debilerinde, hava ile suyun birbirine göre akış konumu ile havanın ısıtıcıdaki hareketinin, emme ters, emme paralel ve basma paralel akış durumları için Tablo 6.1 ile Tablo 6.21 arasındaki tablolarda gösterilen; silindirik ısıtıcı yüzey sıcaklığı ( $T_w$ ) ile ısıtılan hava sıcaklığı ( $T_0$ ) farkı, ( $T_w - T_0$ ),’nın, deliksiz,  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  açısal konumları için, farklı su giriş sıcaklıklarına göre değişimleri Şekil 6.1 ile Şekil 6.9 arasındaki diyagramlarda gösterilmektedir.



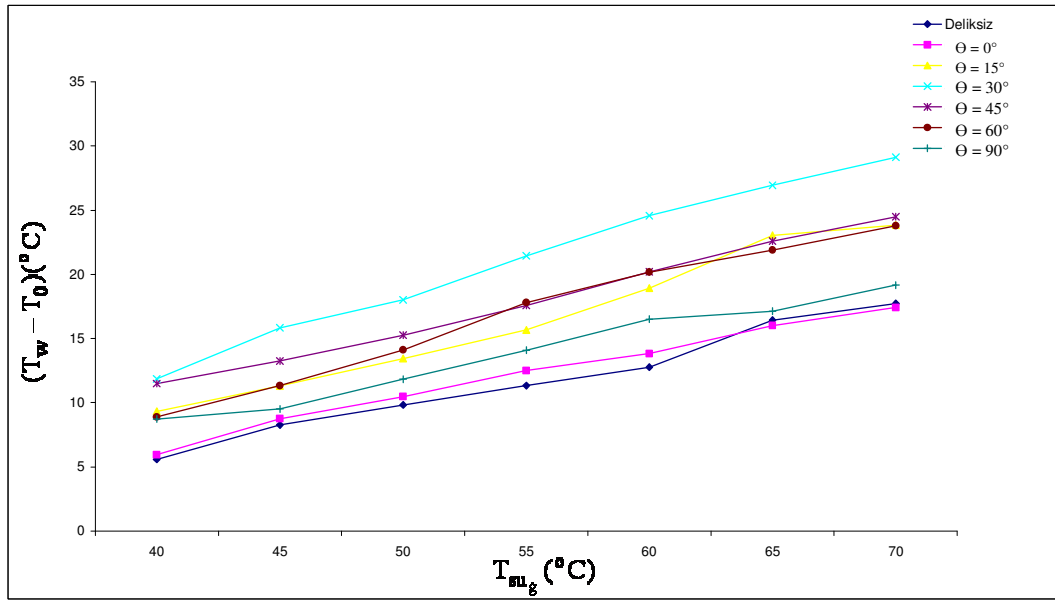
Şekil 6.1  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  açısıl konumlarında, *emme ters akış* durumunda  $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



Şekil 6.2  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  açısıl konumlarında, *emme ters akış* durumunda  $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi

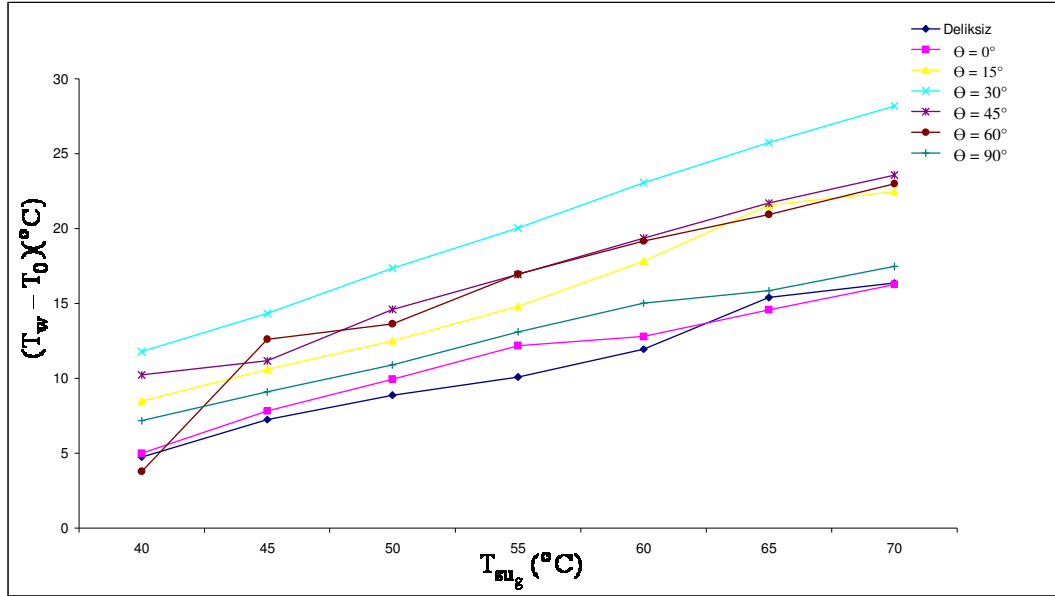


Şekil 6.3  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  açısıl konumlarında, emme ters akış durumunda  $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi

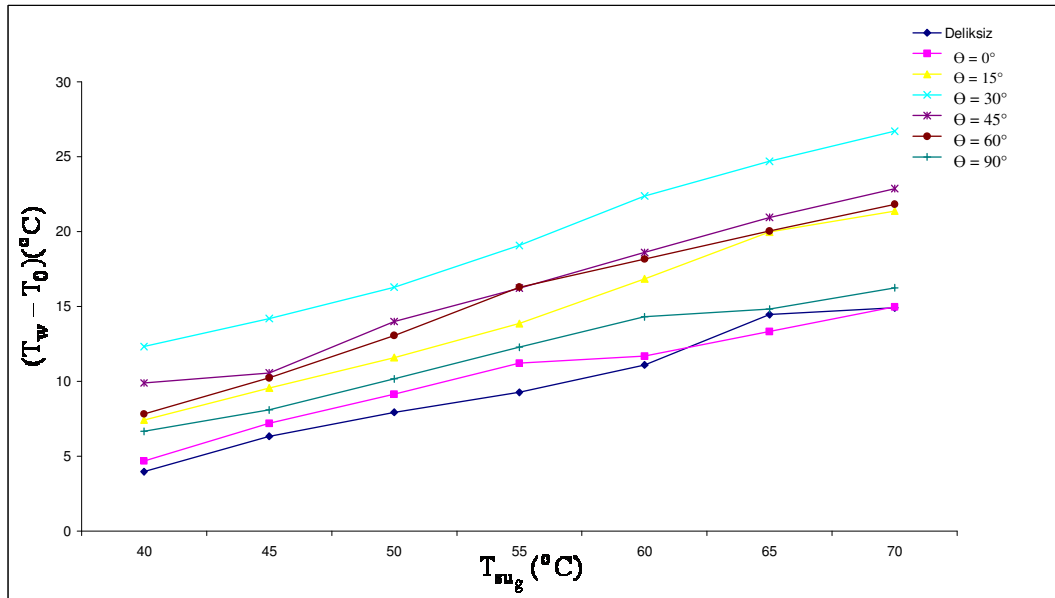


Şekil 6.4  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  açısıl konumlarında, basma paralel akış durumunda  $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi

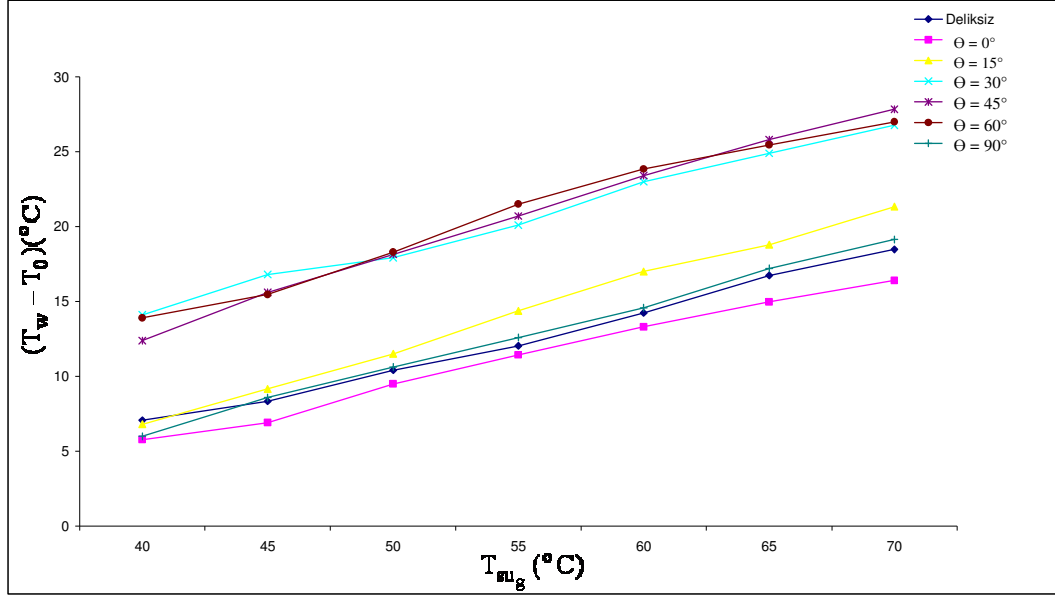




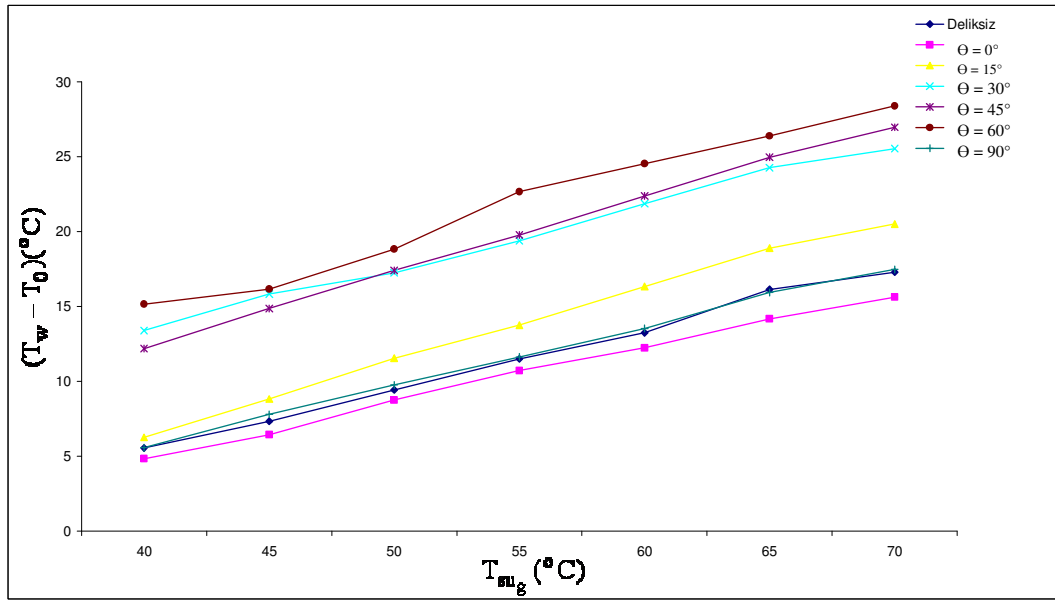
Şekil 6.5  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  açısıl konumlarında, basma paralel akış durumunda  $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



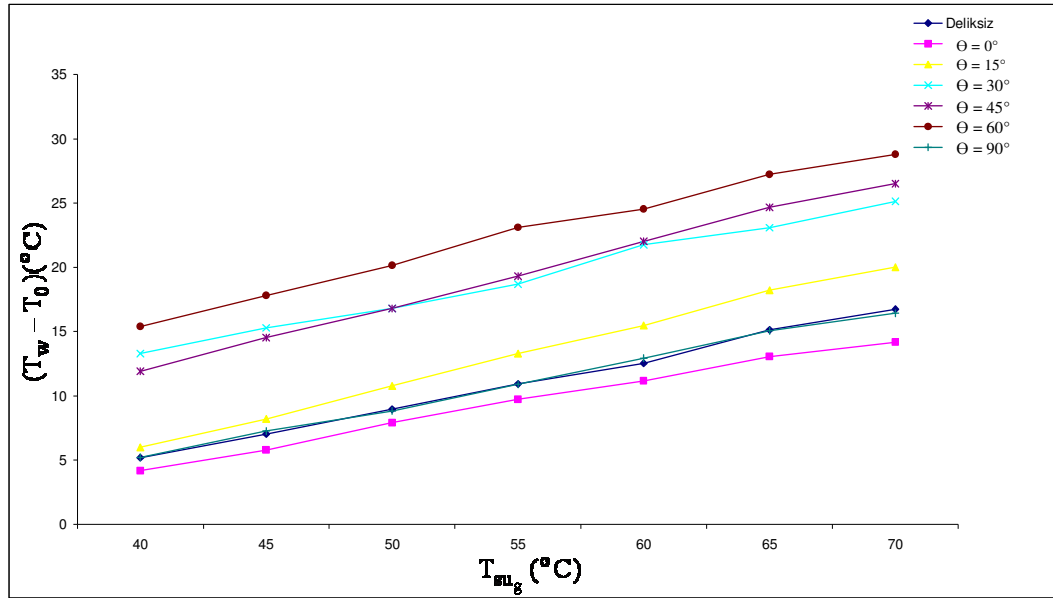
Şekil 6.6  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  açısıl konumlarında, basma paralel akış durumunda  $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



Şekil 6.7  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  açısız konumlarında, *emme paralel akış* durumunda  $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



Şekil 6.8  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  açısız konumlarında, *emme paralel akış* durumunda  $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



**Şekil 6.9**  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  açısall konumlarında, *emme paralel akış* durumunda  $(T_w - T_0)$  değeriinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değışimi

0,04 kg/s, 0,06 kg/s ve 0,08 kg/s olan üç farklı hava debisinde de, emme ters ve basma paralel akış durumlarında  $\Theta=30^\circ$  delik konumundaki,  $(T_w - T_0)$  değeriinin diğer delik konumundaki  $(T_w - T_0)$  değeriilerine göre daha büyük olduğu Şekil 6.1 ile Şekil 6.6 arasındaki diyagramlarda görülmektedir. Emme paralel akış durumunda ise 0,04 kg/s hava debisinde, 40 °C ve 50 °C su giriş sıcaklıkları arasında,  $\Theta=30^\circ$  delik konumundaki  $(T_w - T_0)$  değeriilerinin, aynı su giriş sıcaklıklarındaki diğer açısall konumlarının  $(T_w - T_0)$  değeriilerine göre daha büyük, su giriş sıcaklıklarının 50 °C ve 65 °C arasında ise  $\Theta=60^\circ$ 'deki  $(T_w - T_0)$  değeriilerinin, aynı su giriş sıcaklıklarındaki diğer açısall konumlarının  $(T_w - T_0)$  değeriilerine göre daha büyük, 65 °C ve 70 °C arasında da  $\Theta=45^\circ$ 'deki  $(T_w - T_0)$  değeriilerinin, aynı su giriş sıcaklıklarındaki diğer açısall konumlarının  $(T_w - T_0)$  değeriilerine göre daha büyük olduğu görülmürken 0,06 kg/s ve 0,08 kg/s hava debilerinde ise  $\Theta=60^\circ$ 'deki  $(T_w - T_0)$  değeriilerinin diğer delik konumlarındaki  $(T_w - T_0)$  değeriilerine göre daha büyük olduğu Şekil 6.7 ile Şekil 6.9 arasındaki diyagramlarda görülmektedir.

Bütün değerler birlikte değerlendirildiğinde, diğer açısız konumlara göre, en büyük  $(T_w - T_0)$  değerini gösteren açısız konumlar için ortam havası sıcaklığının, diğer konumların ortam havası sıcaklıklarına göre daha düşük olduğu gözlenmiştir. Bunun, su ve hava arasında ısı transferinin gerçekleştirildiği düzeneğin içindeki  $(T_w - T_0)$  değerini etkilediği düşünülmektedir.

Newton'un soğuma kanununa,  $Q_c = h A (T_w - T_0)$ , göre,  $(T_w - T_0)$  sıcaklık farkının taşınımıyla ısı transferindeki rolü dikkate alınır, bu bulgunun belirlenen bir durum olduğu görülmektedir. Zaten, Termodinamiğin II. kanununa göre; sıcaklık farkı arttıkça, taşınabilir ısı miktarı da artar.

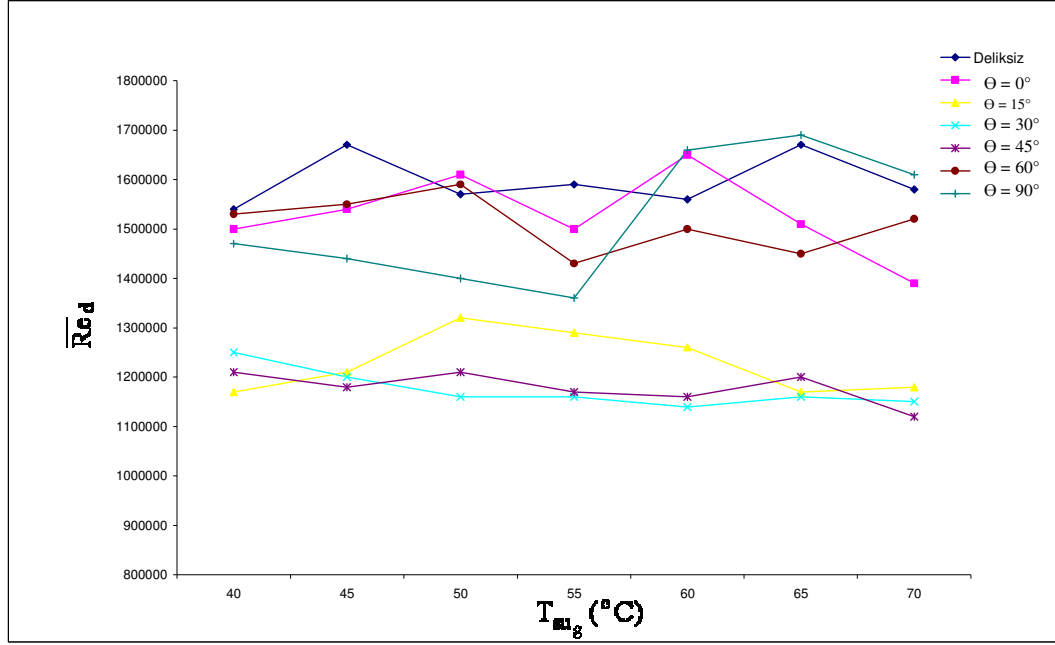
### 6.1.2. Su giriş sıcaklıklarına göre $\overline{Re}_d$ değerlerinin karşılaştırılması

Reynolds sayısı, sistem içindeki akışın karakterini gösterir. Bu boyutsuz sayı, atalet kuvvetlerinin sürtünme kuvvetlerine oranıdır ve akışın gerçekleştiği yüzeyin geometrisine ve akışkanın fiziksel özelliklerine bağlıdır.

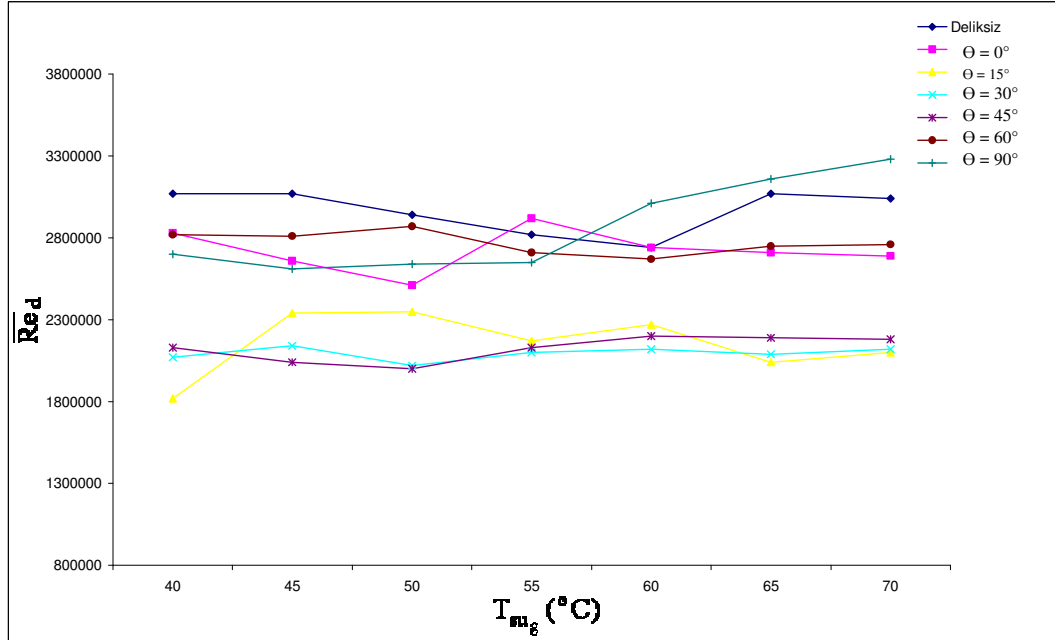
Akışkanın fiziksel özellikleri de, sıcaklıklara bağlı olduğundan, sıcaklık değişiminin  $\overline{Re}_d$  sayısı üzerindeki etkisini belirleyebilmek için, bu boyutsuz sayının, temel enerji kaynağı olan, su giriş sıcaklığına göre değişimi de ele alınmıştır.

6.1.1 nolu kısımda belirtilen kanatlı ısıtıcı boruların kanatlarına açılan deliklerin, deliksiz, 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 90° açısız konumlarına göre; 0,04 kg/s, 0,06 kg/s ve 0,08 kg/s hava debilerinde ve emme ters, emme paralel ve basma paralel akış durumları için tespit edilen  $\overline{Re}_d$  değerleri Tablo 6.1 ile Tablo 6.21 arasındaki tablolarda gösterilmektedir.

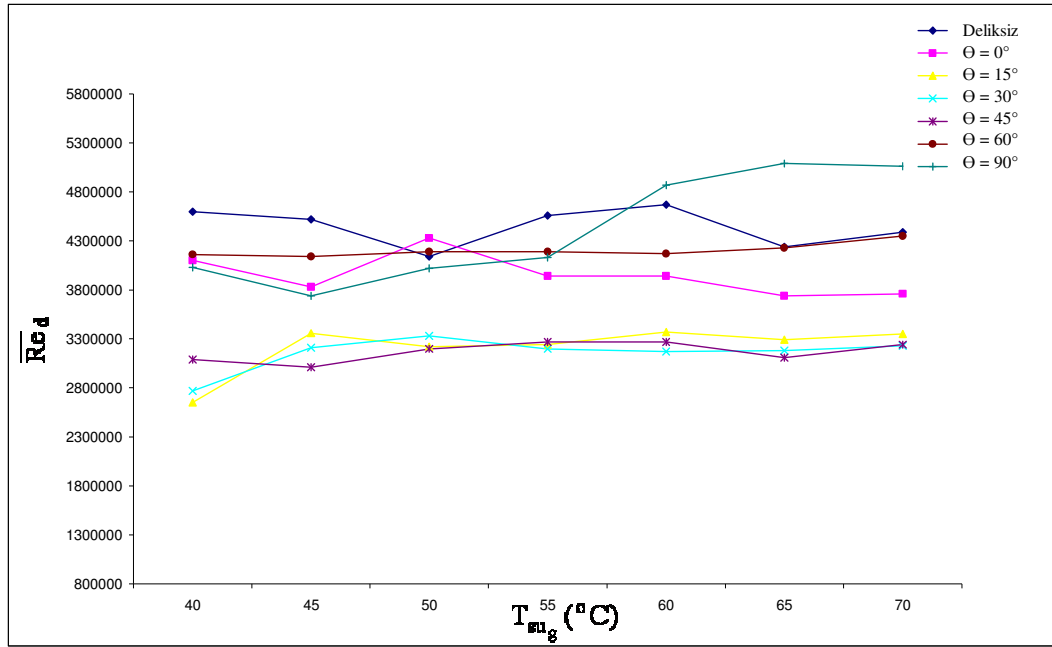
Farklı su giriş sıcaklıklarına göre, bu düzeltilmiş Reynolds sayısının  $(\overline{Re}_d)$  değişimi ise Şekil 6.10 ile Şekil 6.18 arasındaki diyagramlarda gösterilmektedir.



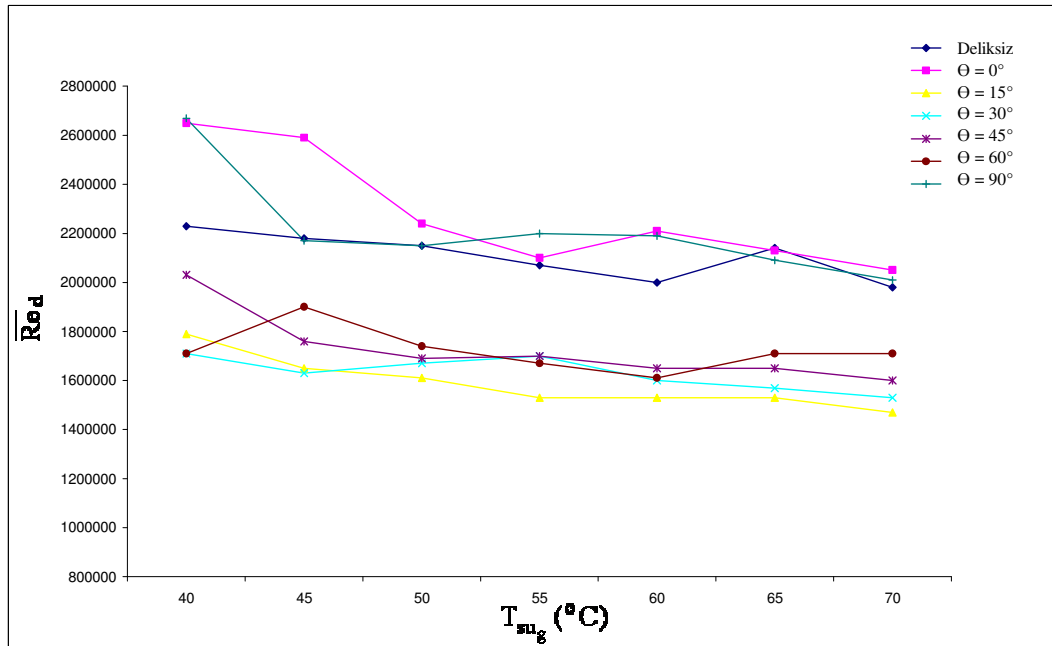
Şekil 6.10  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  açısıl konumlarında, *emme ters akış* durumunda,  $\overline{Re}_d$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



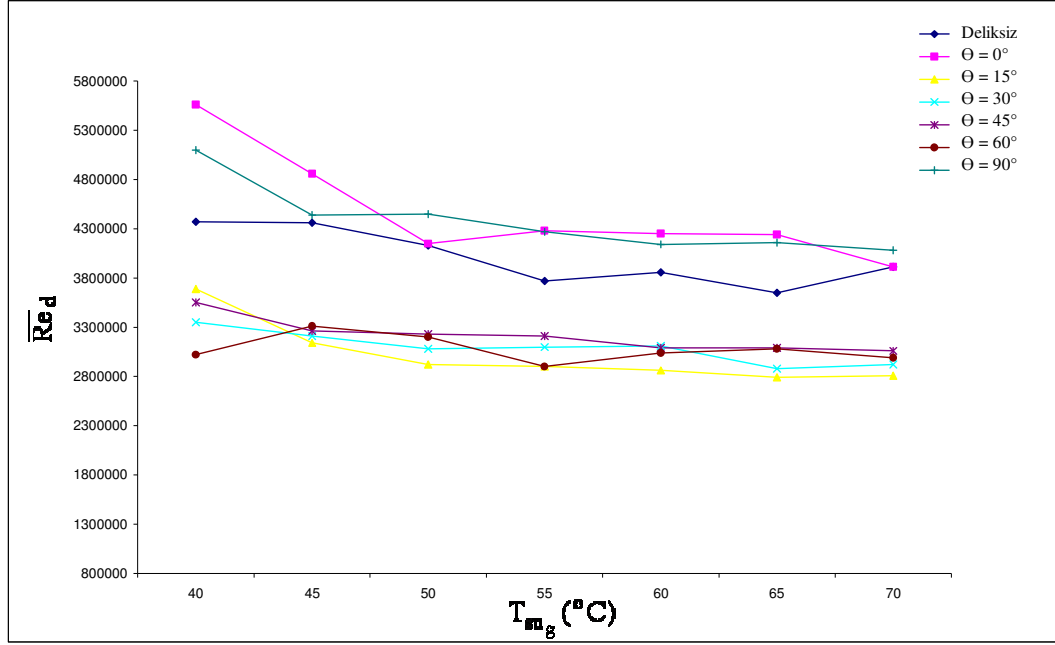
Şekil 6.11  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  açısıl konumlarında, *emme ters akış* durumunda,  $\overline{Re}_d$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



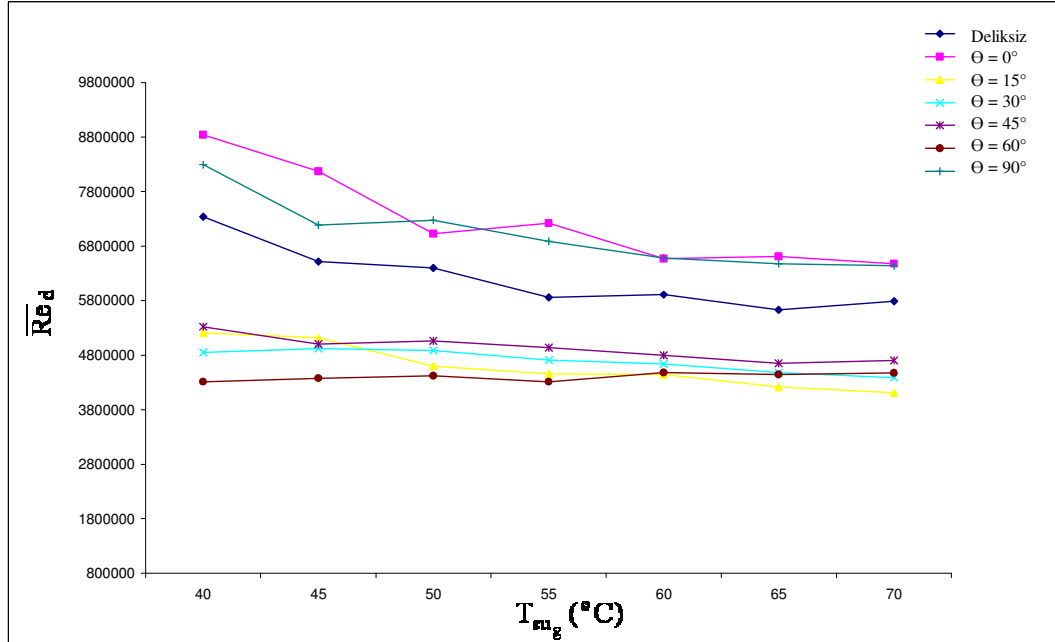
Şekil 6.12  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  açısız konumlarında, *emme ters akış* durumunda,  $\overline{Re}_d$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



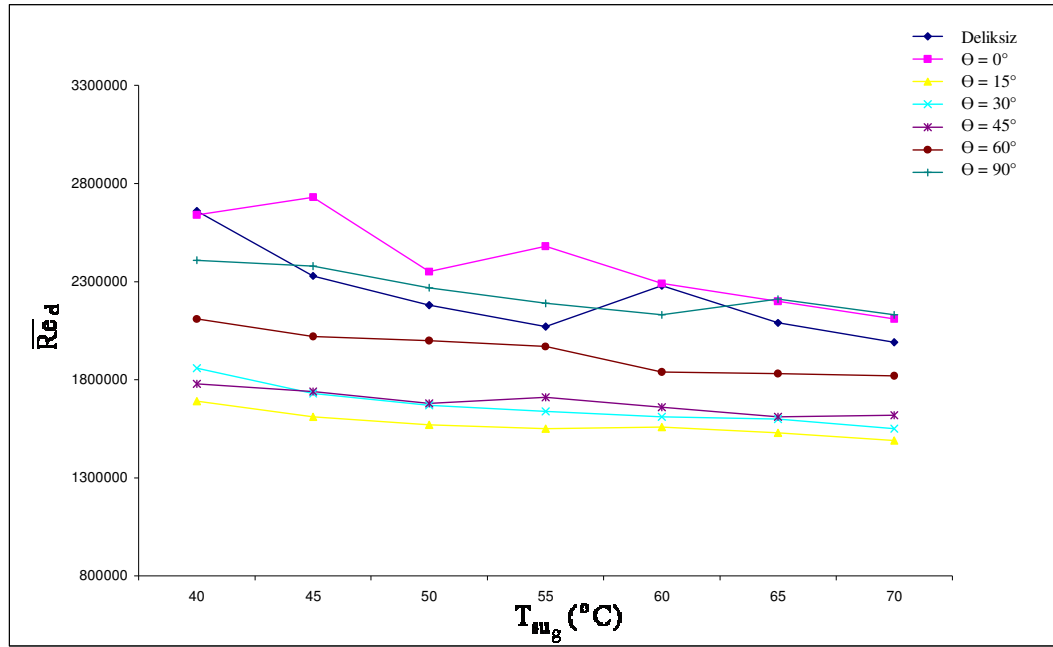
Şekil 6.13  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  açısız konumlarında, *emme paralel akış* durumunda,  $\overline{Re}_d$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



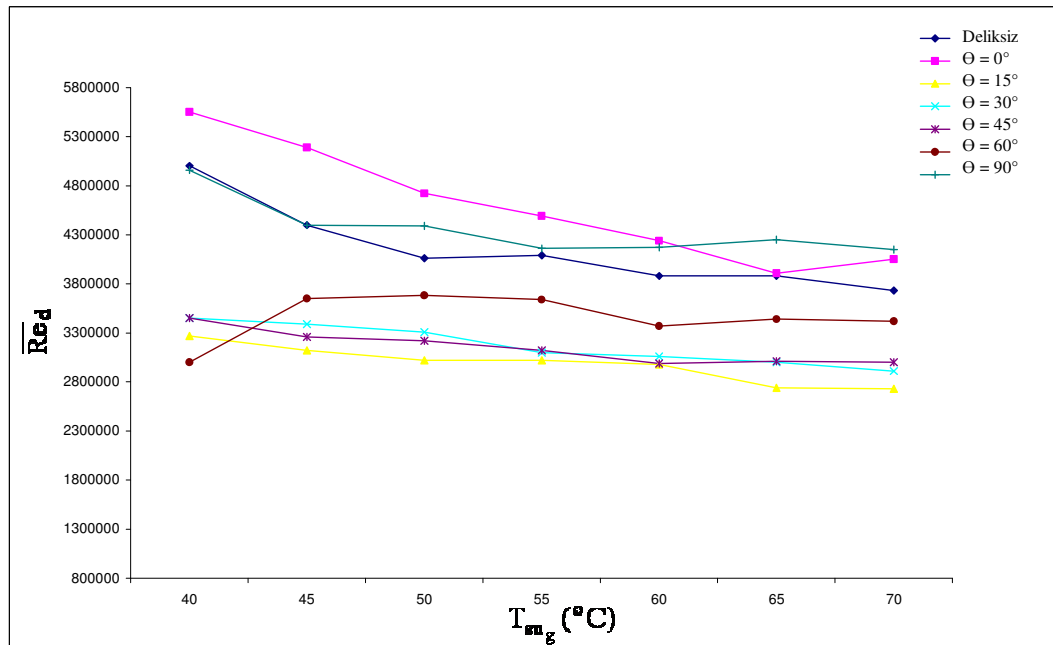
Şekil 6.14  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  açısıl konumlarında, *emme paralel akış* durumunda,  $\overline{Re}_d$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



Şekil 6.15  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  açısıl konumlarında, *emme paralel akış* durumunda,  $\overline{Re}_d$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi

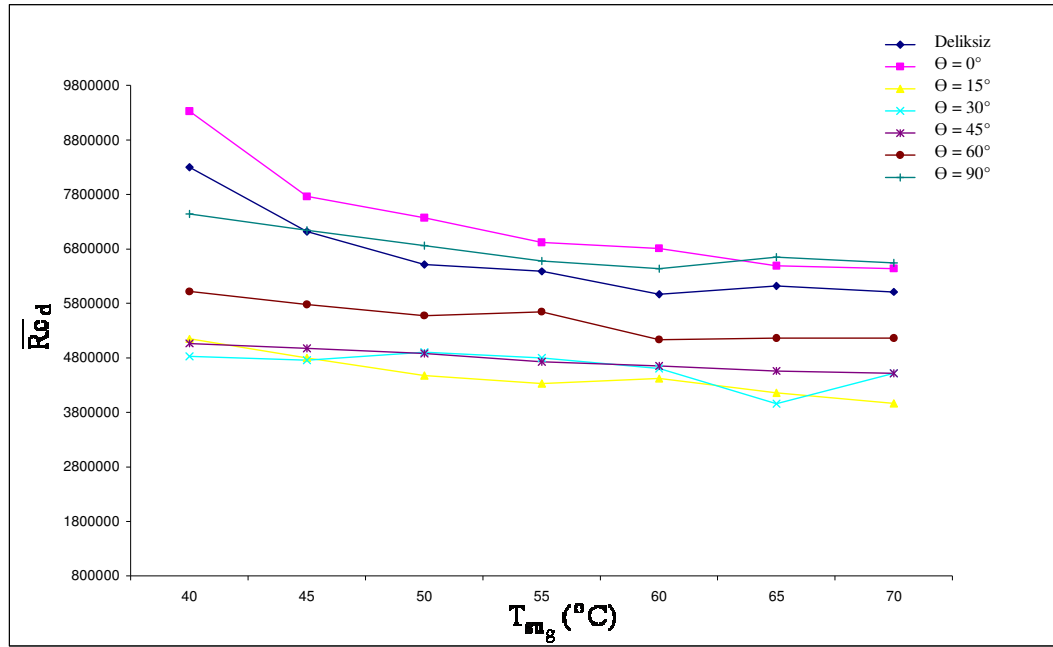


Şekil 6.16  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  açısız konumlarında, *basma paralel akış* durumunda,  $\overline{Re}_d$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



Şekil 6.17  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  açısız konumlarında, *basma paralel akış* durumunda,  $\overline{Re}_d$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi





**Şekil 6.18**  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  açısal konumlarında, *basma paralel akış* durumunda,  $\overline{Re}_d$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi

0,04 kg/s, 0,06 kg/s ve 0,08 kg/s hava debilerinin her üçünde de; Emme ters akış durumunda,  $40^\circ\text{C}$ 'den  $60^\circ\text{C}$  değerindeki su giriş sıcaklığına kadar, deliksiz konum için olan  $\overline{Re}_d$  değerleri, diğer konumların  $\overline{Re}_d$  değerlerinden daha büyük olmakta,  $60^\circ\text{C}$ 'den itibaren ise,  $\theta=90^\circ$  deki  $\overline{Re}_d$  değerleri, diğer konumların  $\overline{Re}_d$  değerlerine göre daha büyük olmaktadır. Bu durum ise Şekil 6.10, Şekil 6.11 ve Şekil 6.12'de gösterilmektedir. Emme paralel akış durumunda ise, her üç debi değerinde de;  $50^\circ\text{C}$  ve  $55^\circ\text{C}$  su giriş sıcaklıklarında,  $\theta=90^\circ$  deki  $\overline{Re}_d$  değerleri, diğer konumların  $\overline{Re}_d$  değerlerinden daha büyük olmakta, diğer su giriş sıcaklıklarında ise  $\theta=0^\circ$  delik konumundaki  $\overline{Re}_d$  değerleri, diğer konumların  $\overline{Re}_d$  değerlerinden daha büyük olmaktadır ve bu durum Şekil 6.13, Şekil 6.14 ve Şekil 6.15'de gösterilmektedir. Basma paralel akış durumunda da, Şekil 6.16, Şekil 6.17 ve Şekil 6.18'de gösterildiği gibi, her üç debi değerinde de, hemen hemen  $65^\circ\text{C}$  su giriş sıcaklığına kadar  $\theta=0^\circ$  nin  $\overline{Re}_d$  değerleri en büyük iken  $65^\circ\text{C}$ 'den sonra,  $\theta=90^\circ$  deki  $\overline{Re}_d$  değerleri en büyük olmaktadır. Bu sonuçlar, ısıtıcıdaki havanın akış karakterinin, su ile havanın birbirine göre akış şekliyle, havanın ısıtıcı içine verilmiş (emme veya basma) şekline göre değiştiği

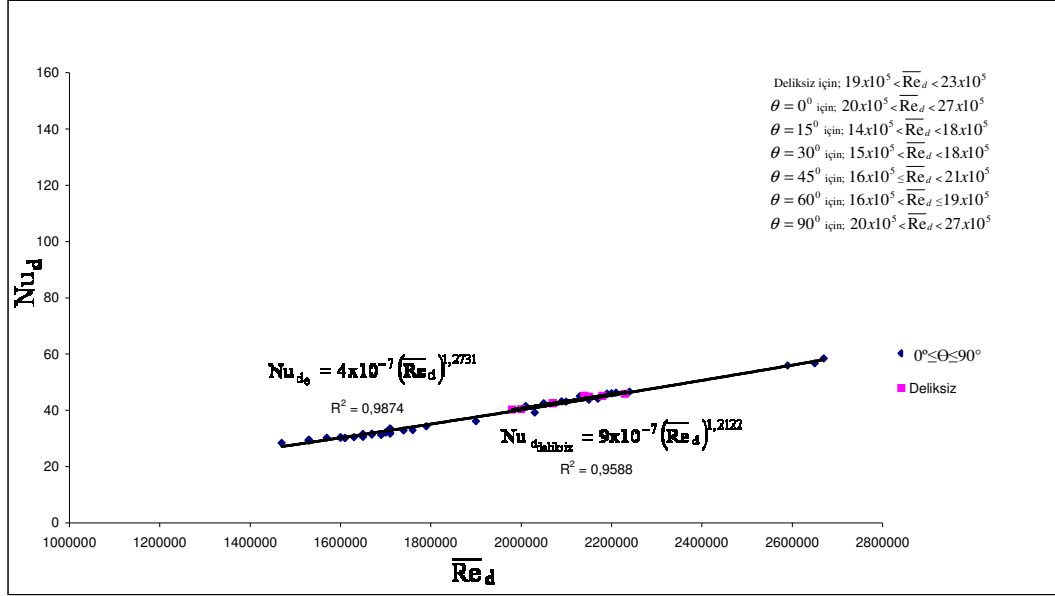
ve bu değişime  $\Theta$  açısai konumlandırmanın da etki ettiğini göstermektedir. Paralel ve ters akışlarda, akışkanlar arasında ısı transferine neden olan sıcaklık farkı gradientinin birbirinden farklı olduğu düşünülürse, bunun  $\overline{Re}_d$  sayısını değiştirmesi beklenilmelidir. Zira akışkanın fiziksel özellikleri değişmektedir. Bunu, akışkanın emme ve basma şeklinde ısı değiştiricisine girişteki türbülans seviyesi ile kanatlar üzerinde açılan deliklerin sağladığı  $\Theta$  açılı akışta etkilemiş olmalıdır.

### 6.1.3. Reynolds sayısı ( $\overline{Re}_d$ ) ile Nusselt sayısı ( $Nu_d$ ) arasındaki ilişkiye göre karşılaştırma

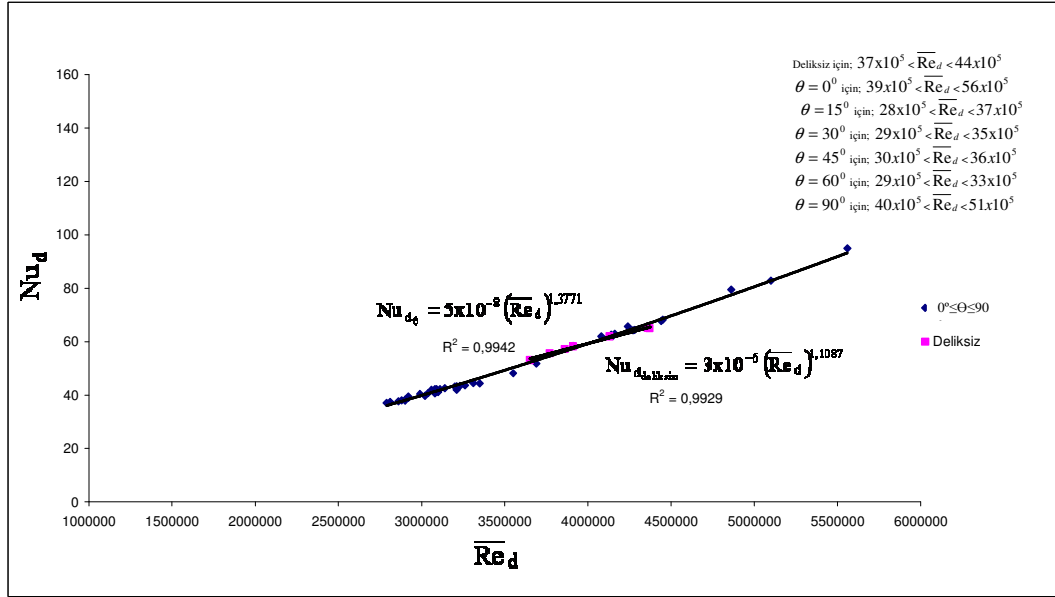
Bir yüzeyden taşınım yoluyla olan ısı transferinin iletim yoluyla olan ısı geçişine oranını veren boyutsuz sayı Nusselt sayısıdır. Taşınım ile ısı transferi; sıcaklıkları farklı, bir katı yüzeyle bir akışkan arasında gerçekteşir. Ancak akışkanın hızı yüzey üzerinde sıfır ve yüzeyden uzaklaştıka artar ve, sabit bir değere, gelişmiş akım koşuluna ulaşınca artış durur. Bu bölgeye akışkanın hidrodinamik sınır tabakası denir. Bu bölgede ısı transferi iletimle gerçekteşir. Dolayısıyla bu sınır tabakanın kalınlığı, akışkana yüzeyden olan ısı transferinde çok önemlidir.

Sınır tabaka kalınlığı, akış hızı ile ilgili ve akış hızı da Reynolds sayısı ile ilgili olduğundan taşınım ile ısı transferindeki ısı taşınım katsayısı, h, sınır tabaka içindeki sıcaklık dağılımına bağlıdır.

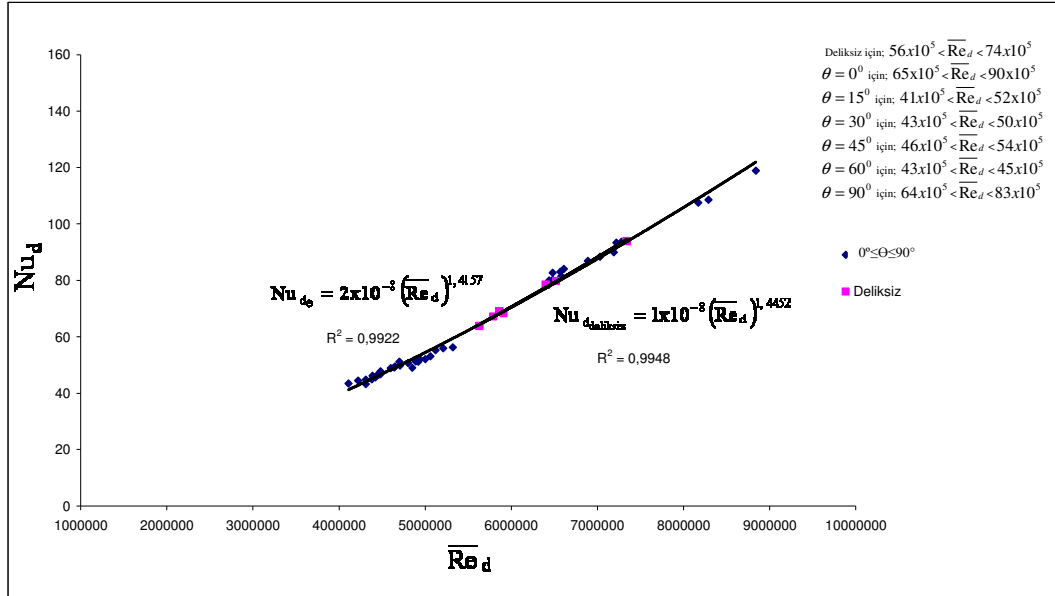
Gazlarda  $Pr \approx 1$  olduğundan, taşınım ile ısı transferini ifade eden Nusselt sayısı, Reynolds sayısının bir fonksiyonu olmalıdır. Bu nedenle taşınım ile ısı transferinde Nusselt sayısının, Reynolds sayısına göre değişimi mutlaka göz önüne alınmalıdır. Bu nedenle, 6.1.1 nolu kısımda belirtilen kanatlı ısıtıcı borunun,  $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$  aralığındaki delikli konum ile, deliksiz konumuna göre; 0,04 kg/s, 0,06 kg/s ve 0,08 kg/s hava debilerinde ve emme ters, emme paralel ve basma paralel akış durumlarında tespit edilen  $\overline{Re}_d$  ve  $Nu_d$  değerleri, Tablo 6.1 ile Tablo 6.21 arasındaki tablolarda gösterilmekte ve  $\overline{Re}_d$  'e göre  $Nu_d$  'nin değişimi de şekil 6.19 ile şekil 6.27 arasındaki diyagramlarda görülmektedir.



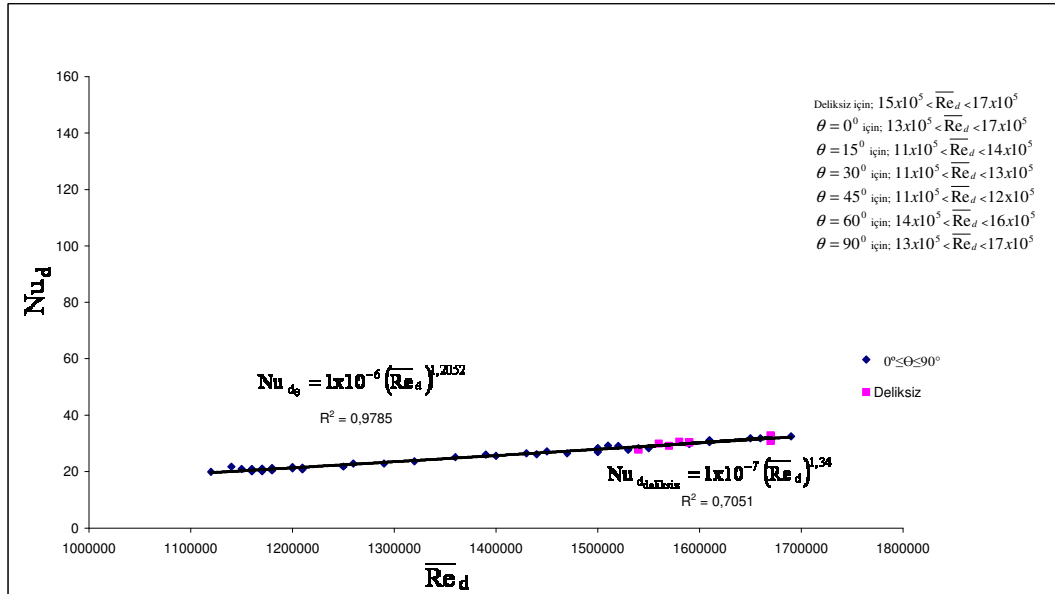
Şekil 6.19  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$  aralığında ve deliksiz hal durumunda, emme paralel akış için,  $Nu_d$  sayısının  $\overline{Re}_d$  'e göre değişimi



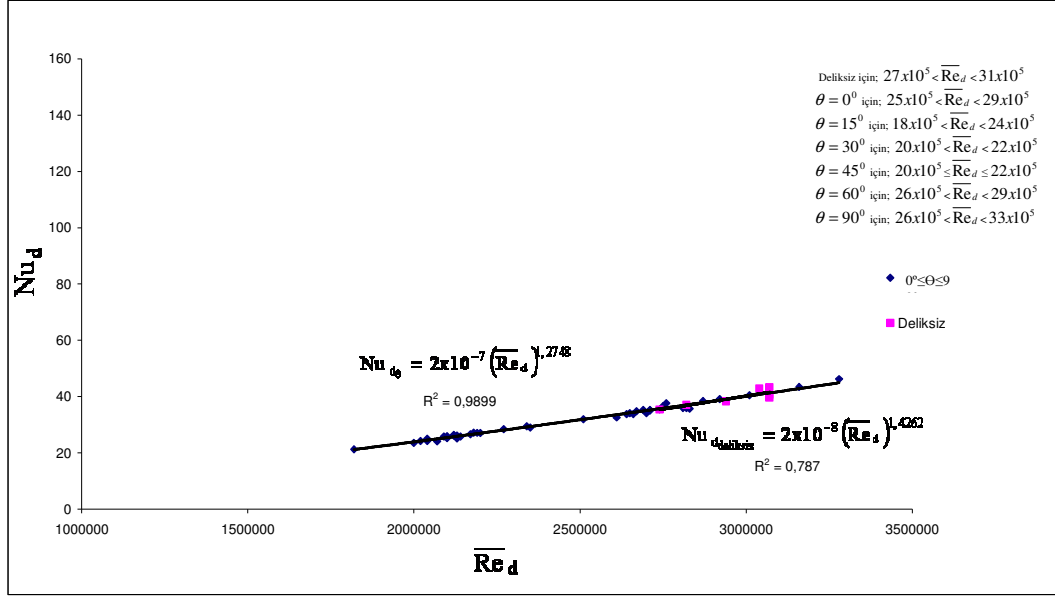
Şekil 6.20  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$  aralığında ve deliksiz hal durumunda, emme paralel akış için,  $Nu_d$  sayısının  $\overline{Re}_d$  'e göre değişimi



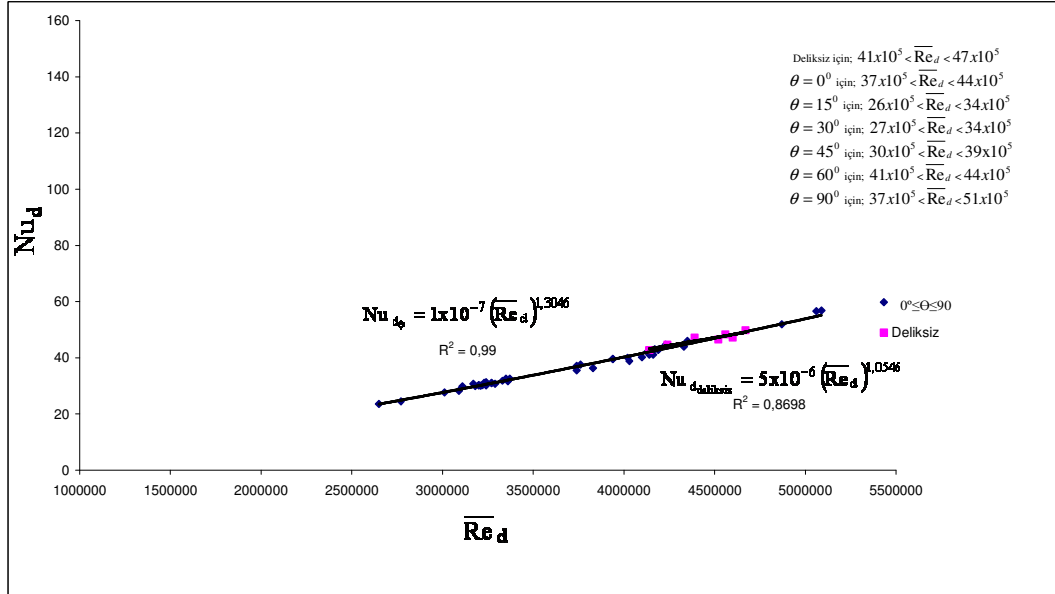
Şekil 6.21  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$  aralığında ve deliksiz hal durumunda, emme paralel akış için,  $Nu_d$  sayısının  $\overline{Re}_d$ 'e göre değişimi



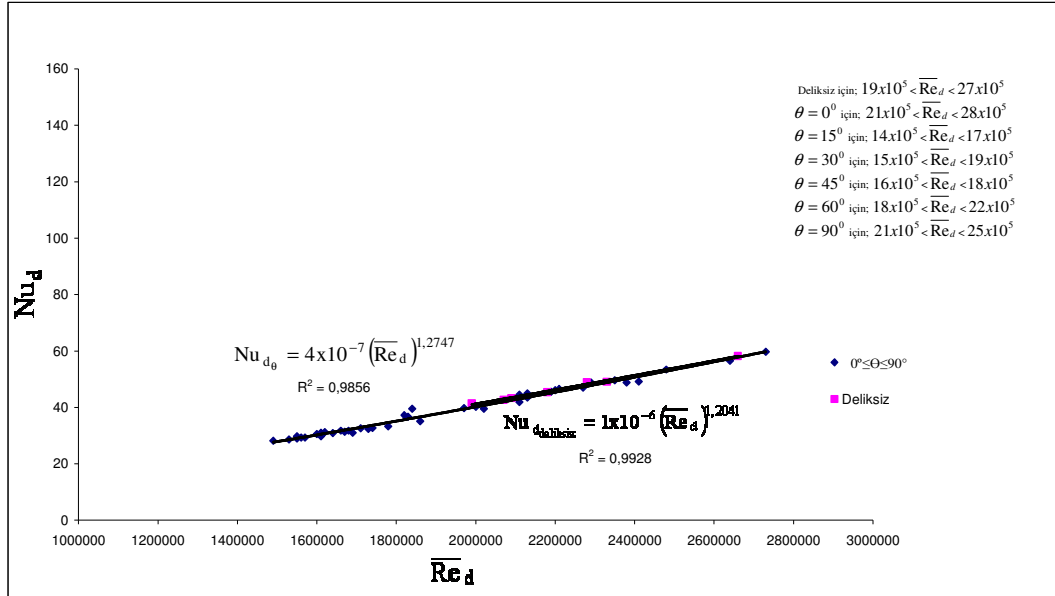
Şekil 6.22  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$  aralığında ve deliksiz hal durumunda, emme ters akış için,  $Nu_d$  sayısının  $\overline{Re}_d$ 'e göre değişimi



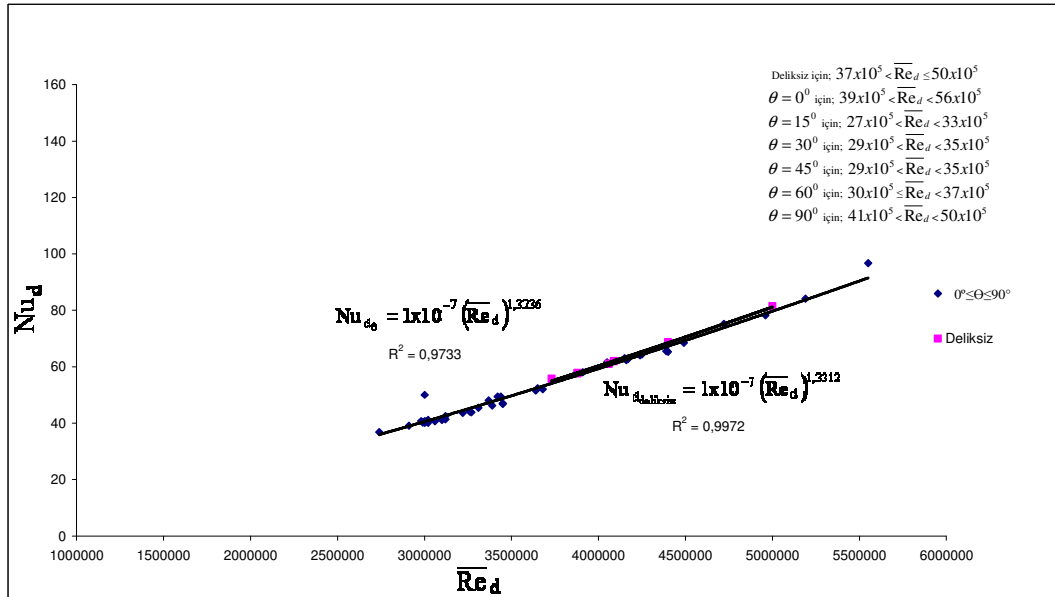
Şekil 6.23  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $0^0 \leq \theta \leq 90^0$  aralığında ve deliksiz hal durumunda, *emme ters akış* için,  $Nu_d$  sayısının  $\overline{Re}_d$ 'e göre değişimi



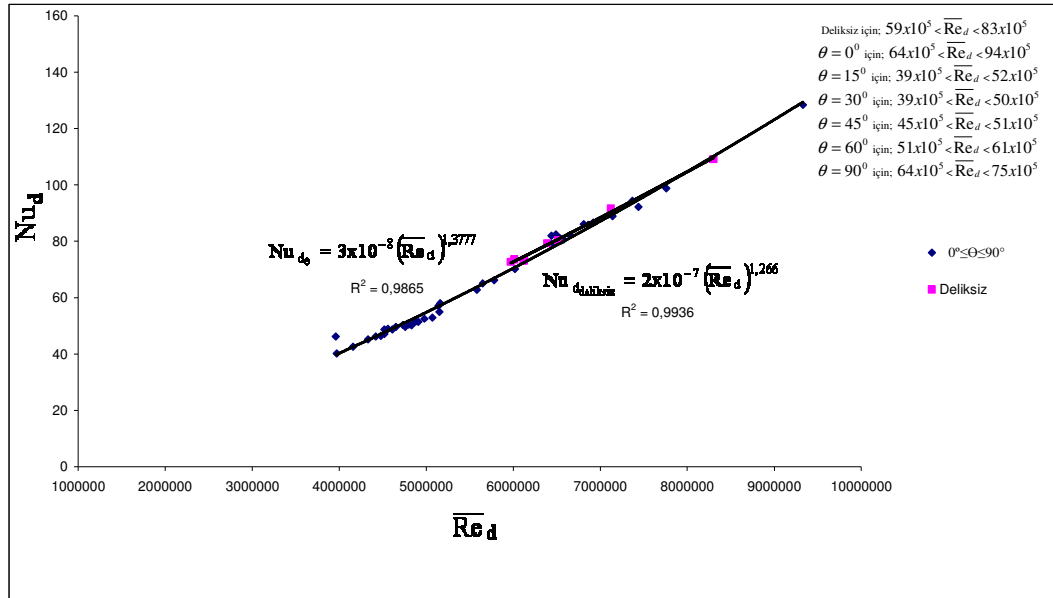
Şekil 6.24  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $0^0 \leq \theta \leq 90^0$  aralığında ve deliksiz hal durumunda, *emme ters akış* için,  $Nu_d$  sayısının  $\overline{Re}_d$ 'e göre değişimi



Şekil 6.25  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$  aralığında ve deliksiz hal durumunda, basma paralel akış için,  $Nu_d$  sayısının  $\overline{Re}_d$ 'e göre değişimi



Şekil 6.26  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$  aralığında ve deliksiz hal durumunda, basma paralel akış için,  $Nu_d$  sayısının  $\overline{Re}_d$ 'e göre değişimi



**Şekil 6.27**  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$  aralığında ve deliksiz hal durumunda, basma paralel akış için,  $Nu_d$  sayısının  $Re_d$ 'e göre değişimi

Hava debisinin, 0,04 kg/s, 0,06 kg/s ve 0,08 kg/s değerlerinde, emme paralel akış durumunda, Şekil 6.19, Şekil 6.20 ve Şekil 6.21'de görüldüğü gibi, en büyük  $Re_d$  ve  $Nu_d$  değerleri, kanata açılan deliklerin,  $\Theta=0^\circ$  ve  $\Theta=90^\circ$  açısıl konumlarında olmaktadır.

Aynı debi değerlerinde, emme ters akış durumunda ise, deliksiz ve  $\Theta=90^\circ$  açısıl konumlarındaki  $Re_d$  ve  $Nu_d$  değerlerinin, diğer açısıl konumların  $Re_d$  ve  $Nu_d$  değerlerine göre daha büyük olduğu, Şekil 6.22, Şekil 6.23 ve Şekil 6.24'de görülmektedir.

Basma paralel akış durumunda da, aynı debi değerleri için, en büyük  $Re_d$  ve  $Nu_d$  değerleri, kanata açılan deliklerin,  $\Theta=0^\circ$  açısıl konumunda olmaktadır. Bu durum ise Şekil 6.25, Şekil 6.26 ve Şekil 6.27'de görülmektedir. Diğer açısıl konumlara göre,  $Nu_d$  değerinin yüksek olduğu açısıl konumundaki çalışmalarda ortam sıcaklığının, diğer konumların ortam sıcaklıklarına göre daha yüksek olduğu gözlemlendiğinden, bu durumu, düzeneğin bulunduğu ortam sıcaklığının etkilediği düşünülmektedir. Belli bir kütleli debideki çevre havasının, yüksek sıcaklıkta ısıtıcıya girmesi halinde, ısıtıcı ortamında, ısıtıcı yüzeyindeki enerjiye bağlı sıcaklık nedeniyle, ortalama sıcaklık

değeri, düşük ortam sıcaklığındaki hava koşullarına göre daha yüksek olmaktadır. Halbuki sıcaklık arttıkça yoğunluk azaldığından, aynı kütleli debinin hacmi artmaktadır. Artan hacim, diğerlerindeki gibi aynı akış kesitinden geçtiği için, ortalama hızı büyümektedir.

Büyüyen ortalama hız ve ivmelenme nedeniyle oluşan girdap akımları Reynolds sayısını büyütmemektedir.

Sonuç olarak hem Reynolds sayısı hem de Nusselt sayısı artmaktadır.

#### **6.1.4. Isıtılan havadaki sıcaklık değişiminin, akış, besleme, açılma oryantasyon ve geometrik boyutlara göre incelenmesi**

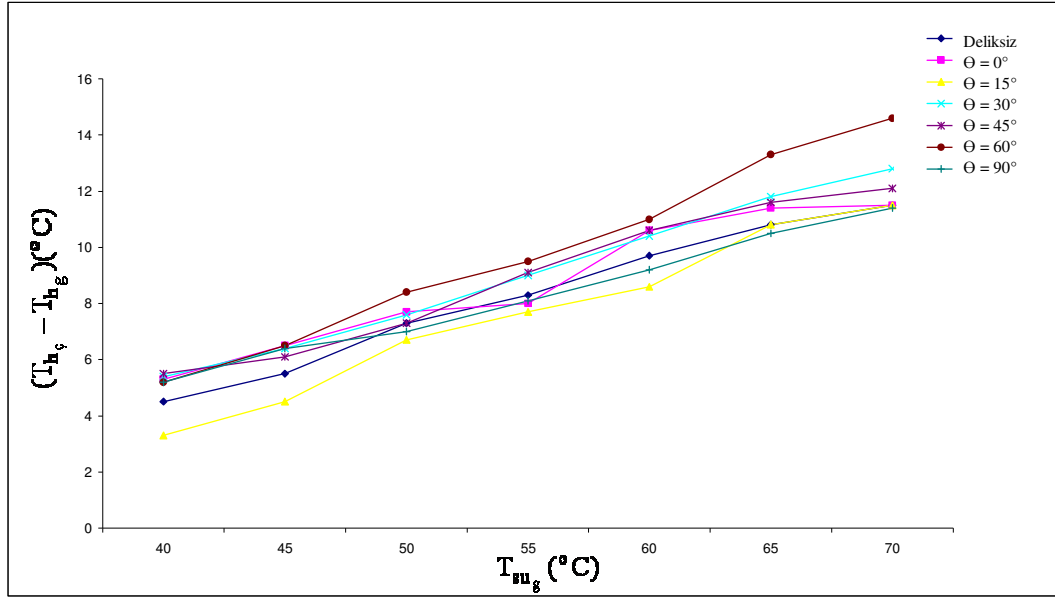
Sıcaklığı bilinen bir kaynak ısısından yararlanılarak, debisi bilinen bir akışkanın ısıtılması ele alındığında, bu akışkanın ne kadar ısıtılabilirdiği, kaynakla ısıtılan akışkanda ne kadar sıcaklık farkı yaratılabildiğine bağlı olmalıdır.

O halde ısıtılan akışkanda en yüksek sıcaklık değişiminin, akışkanların birbirine göre durumu ile akışkanın besleme şekli ve açılma oryantasyona bağlı olarak nasıl değiştiğinin belirlenmesi çok önemlidir.

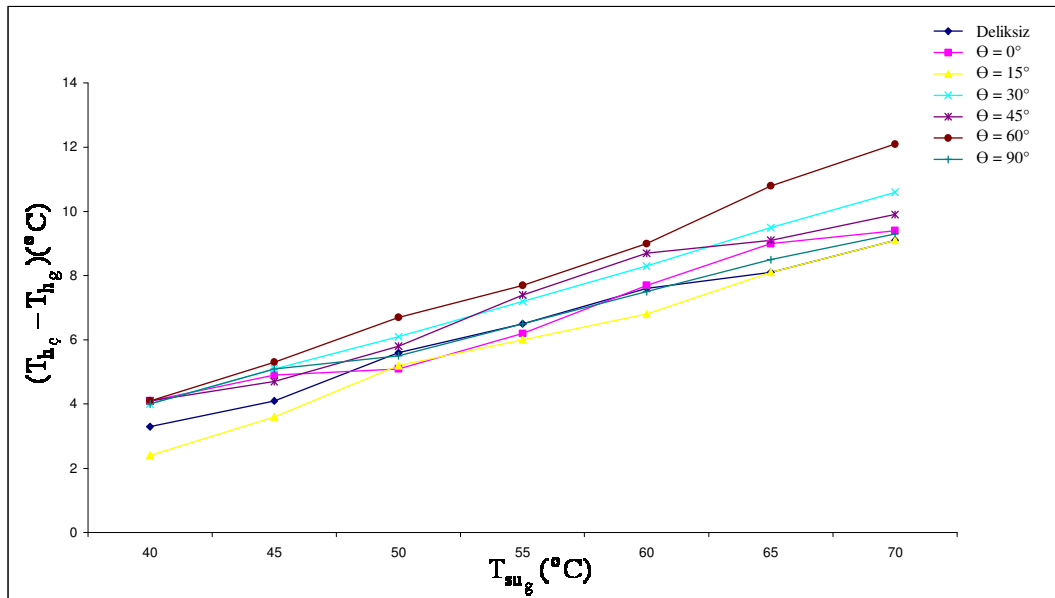
Bu maksatla, 6.1.1 nolu kısımda belirtilen kanatlı ısıtıcı boruların; kanatları üzerine açılan deliklerin birbirine göre; deliksiz, 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 90° konumları için, 0,04 kg/s, 0,06 kg/s, 0,08 kg/s olan üç farklı hava debilerinde, hava ile suyun birbirine göre konumu ile havanın ısıtıcıdaki hareketinin; emme ters, emme paralel ve basma paralel akış durumları için yapılan deney sonuçları Tablo 6.1 ile Tablo 6.21 arasındaki tablolarda gösterilmiştir.

Bu sonuçlara göre, deliksiz, 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 90° açılma konumlarında, farklı su giriş sıcaklıkları ile  $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerlerinin değişimleri Şekil 6.28 ile Şekil 6.36 arasındaki diyagramlarda gösterilmektedir.

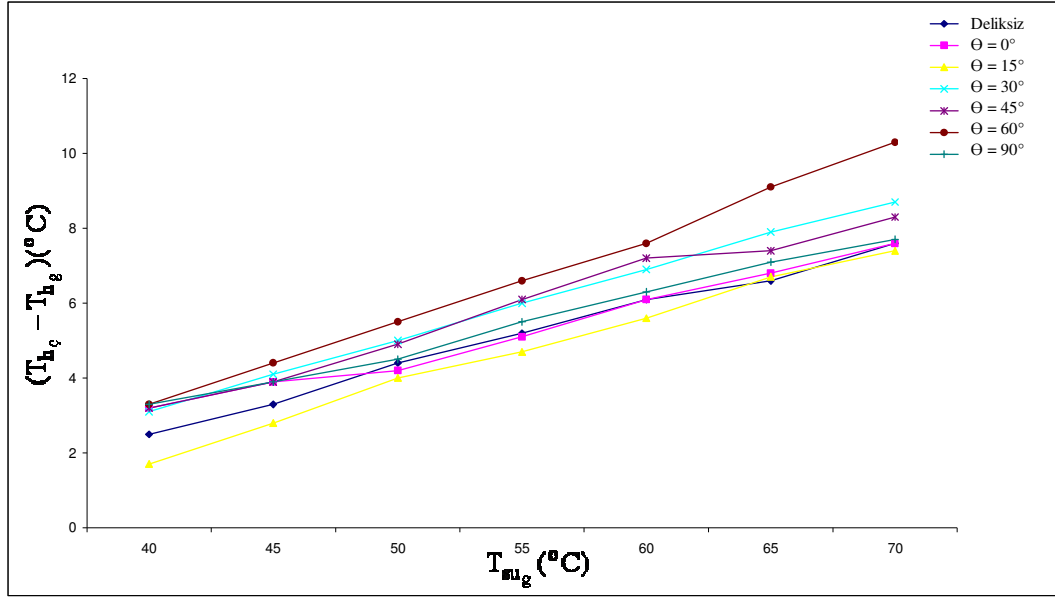




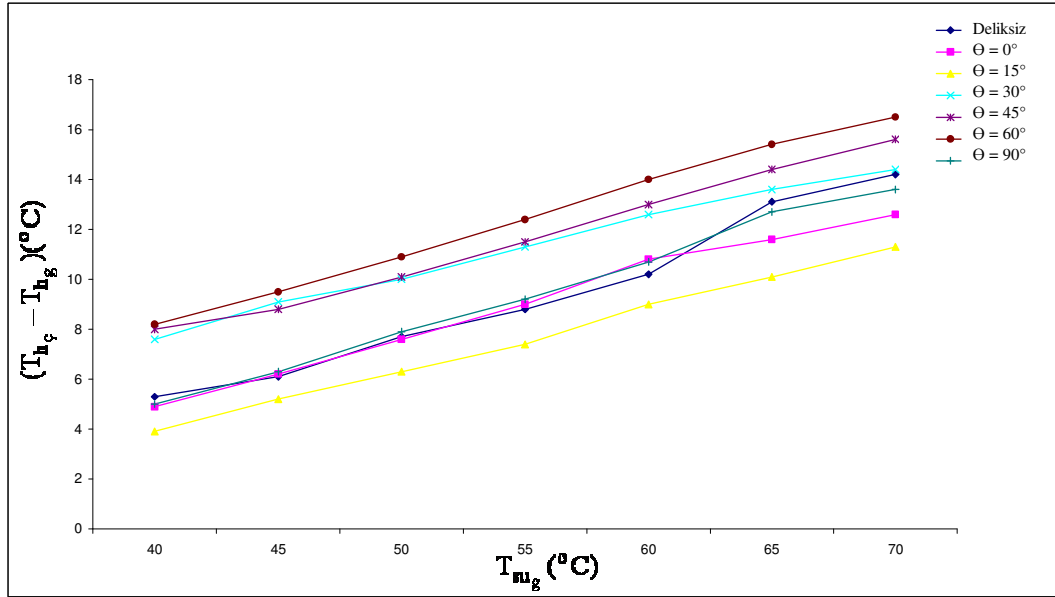
Şekil 6.28  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  açısıl konumlarında, *emme ters akış* durumunda  $(T_{h_ç} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



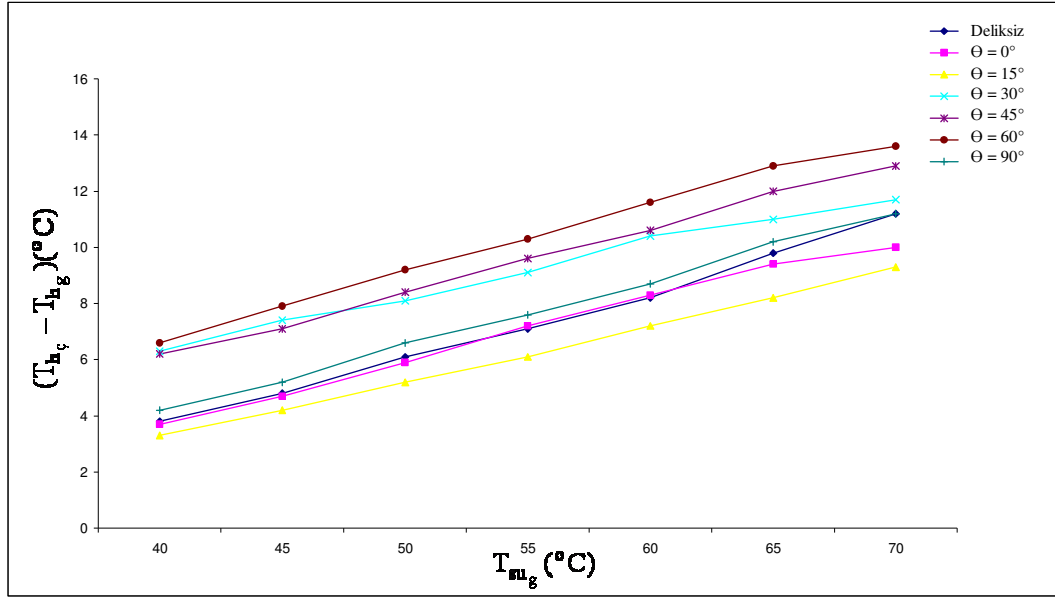
Şekil 6.29  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  açısıl konumlarında, *emme ters akış* durumunda  $(T_{h_ç} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



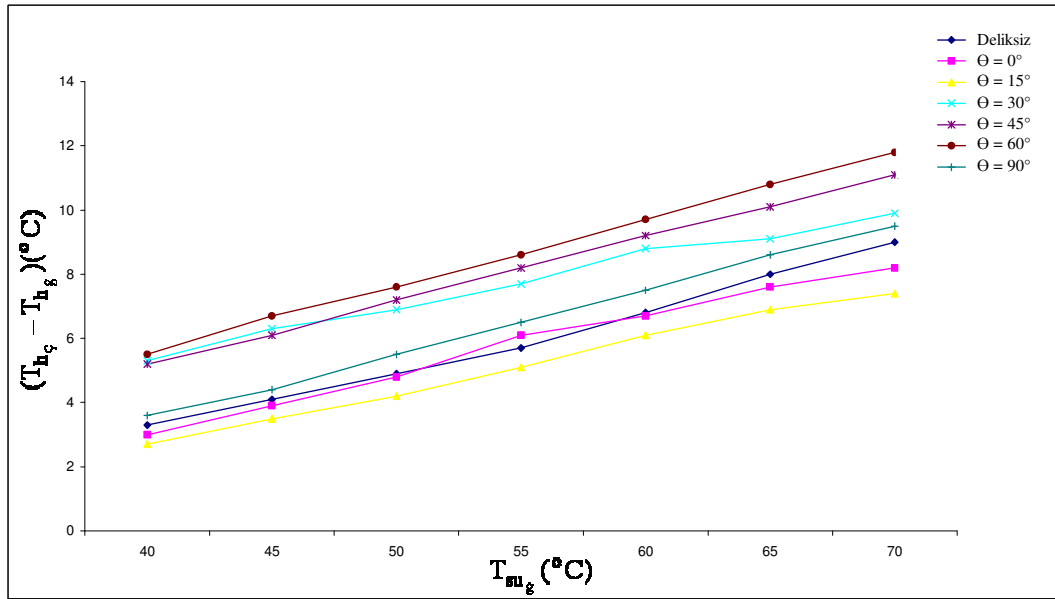
Şekil 6.30  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  açısıl konumlarında, *emme ters akış* durumunda  $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



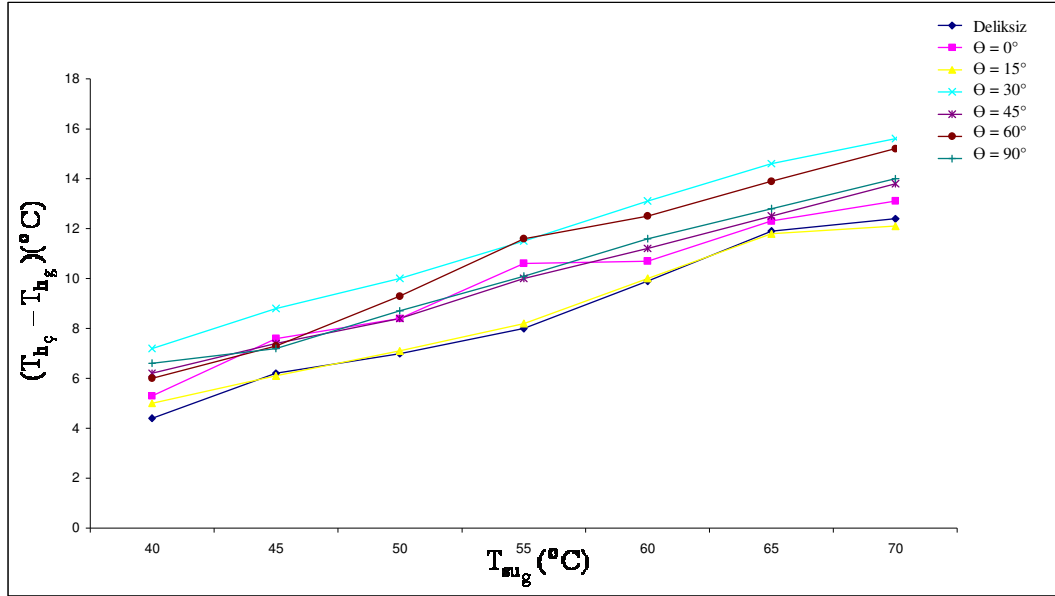
Şekil 6.31  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  açısıl konumlarında, *emme paralel akış* durumunda  $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



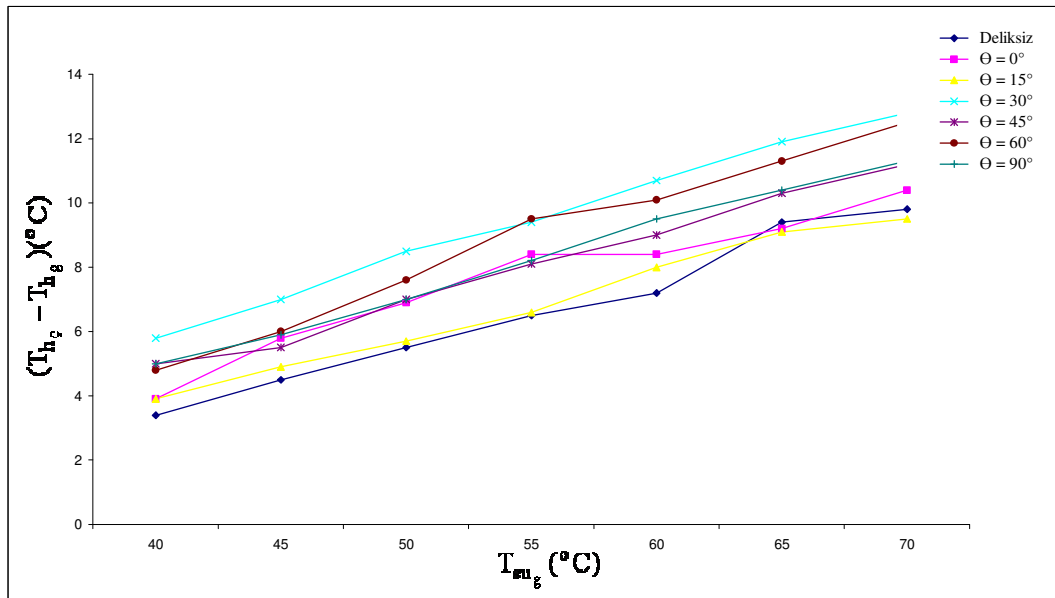
Şekil 6.32  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  açısıl konumlarında, emme paralel akış durumunda  $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



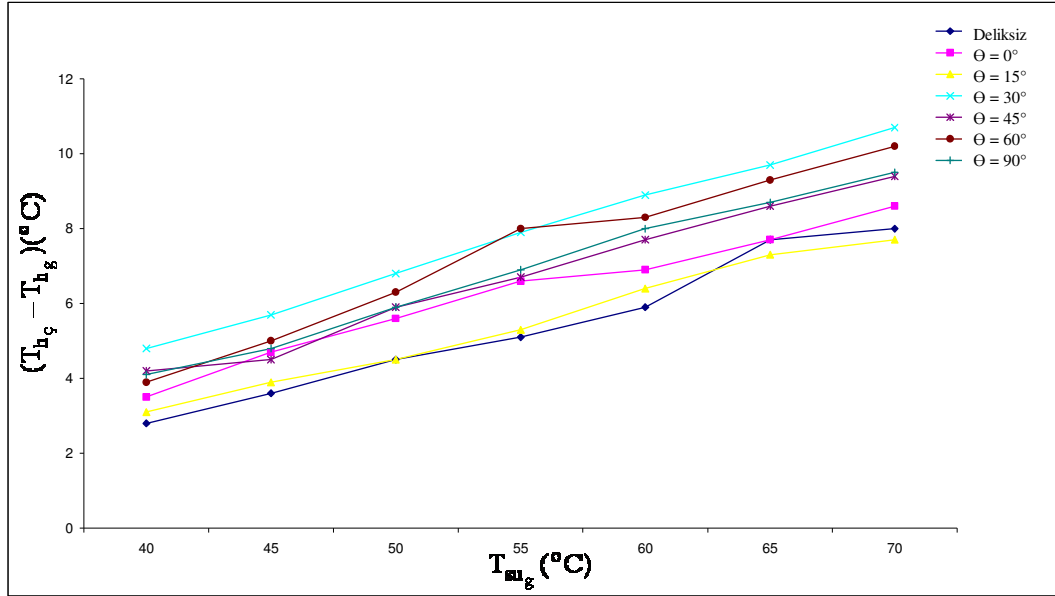
Şekil 6.33  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  açısıl konumlarında, emme paralel akış durumunda  $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



Şekil 6.34  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  açısıl konumlarında, *basma paralel akış* durumunda  $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



Şekil 6.35  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  açısıl konumlarında, *basma paralel akış* durumunda  $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



**Şekil 6.36**  $s/d=0,345$ ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için, deliksiz,  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  açısall konumlarında, *basma paralel akış* durumunda  $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi

Hava debisinin; 0,04 kg/s, 0,06 kg/s, 0,08 kg/s değerlerinde, emme ters ve emme paralel akış durumlarında,  $\Theta=60^\circ$  lik delik konumundaki  $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerlerinin diğer  $\Theta$  açısall konumlarındaki  $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerlerine göre daha iyi olduğu Şekil 6.28 ile Şekil 6.33 arasındaki diyagramlarda görülmektedir.

Basma paralel akış durumlarında ise  $\Theta=30^\circ$  lik delik konumunda elde edilen  $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerlerinin diğer  $\Theta$  açısall konumlarındaki  $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerlerine göre daha büyük olduğu Şekil 6.34 ile Şekil 6.36 arasındaki diyagramlarda görülmektedir.

Bu sonuçlar, ısı değıştiricilerinde, kaynak sıcaklığına göre, emme durumunda  $\Theta=60^\circ$  lik açısall oryantasyonun daha uygun olduğunu göstermektedir.

Basma durumunda ise  $\Theta=30^\circ$  lik açısall konumlandırmanın daha iyi olduğu görülmektedir.

## 6.2. Farklı s/d Değerlerine Sahip Kanatlı Borularda, $\Theta=30^\circ$ ve $\Theta=60^\circ$ Açısal Konumları için Elde Edilen Deneysel Verilerin Karşılaştırılması

Boru çapı (d) 29 mm, kanat çapı (D) 87 mm ve boru uzunluğu (L) 900 mm olan kanatlı ısıtıcı borunun, s/d=0,345 durumu için, deliksiz,  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$  ve  $90^\circ$  açısal konumlarına göre deneyler yapılmıştır.

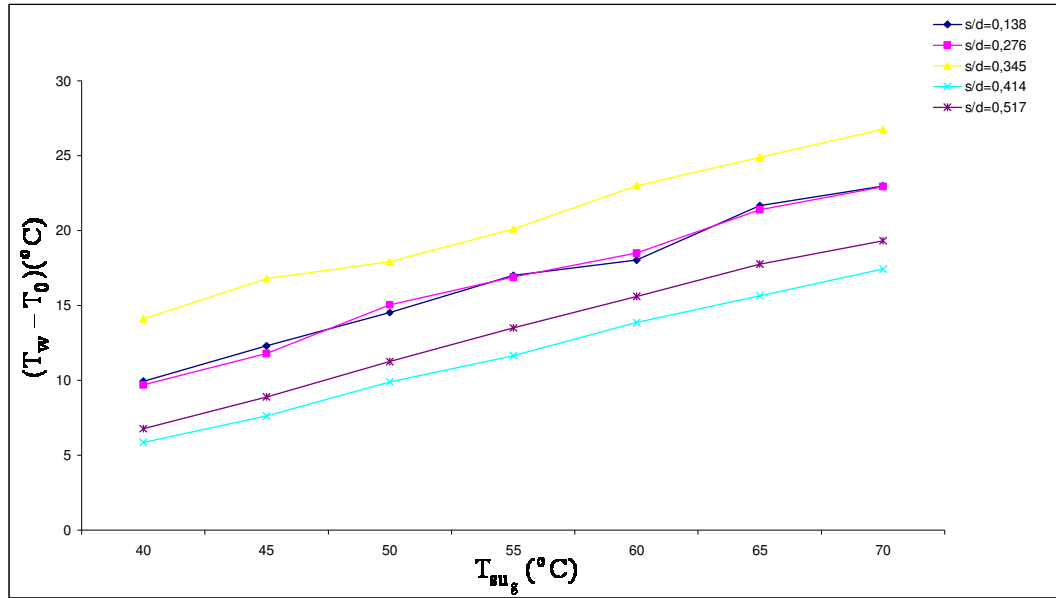
Bu deneysel sonuçlara göre,  $(T_{h_c} - T_{h_g})$ 'lerin en büyük değerleri basma paralel akış için  $\Theta=30^\circ$  ve emme paralel ve ters akış için de  $\Theta=60^\circ$  de olduğu tespit edildiğinden, bu eğilimin genelleştirilmesinin mümkün olup olmadığını araştırmak için, s/d=0,138, s/d=0,276, s/d=0,414, s/d=0,517 durumlarındaki kanatlı ısıtıcı boruların,  $\Theta=30^\circ$  ve  $\Theta=60^\circ$  delik konumları için de deneyler yapılmıştır.

### 6.2.1. Belirli bir s/d (0,345) oranında, değişik akış koşullarına göre belirlenen, en uygun açısal konumun, ısıtıcı yüzey sıcaklığı ile ısıtılan hava sıcaklığı arasındaki farkının, farklı s/d oranlarındaki büyüklüklerinin araştırılması

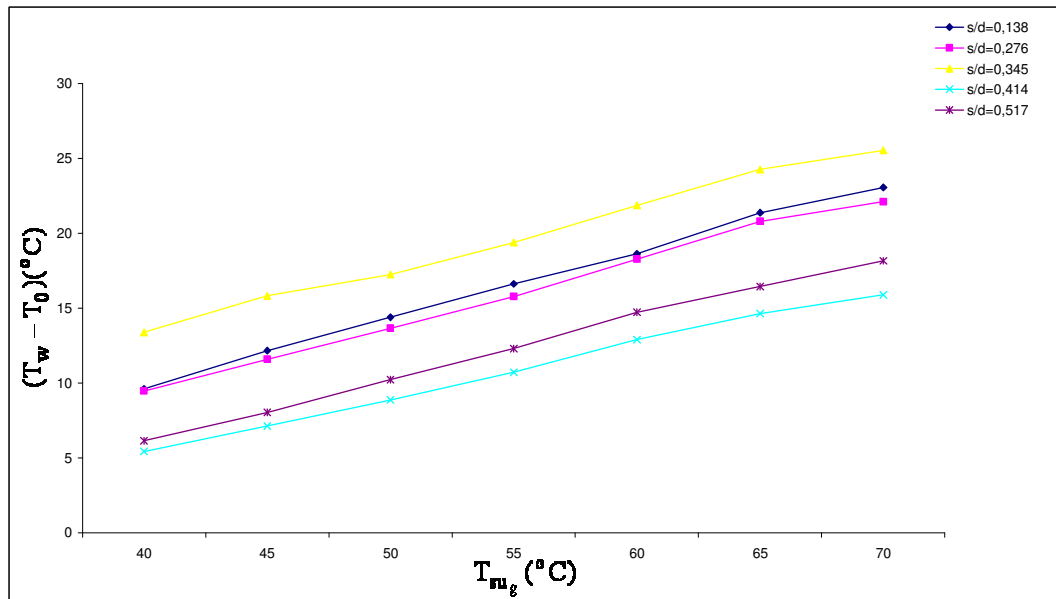
Sonuçlarda s/d geometrik oranının etkisini belirleyebilmek için s/d'nin 0,138, 0,276, 0,414, 0,517 gibi farklı büyüklükleri için de deneyler yapılmıştır.

Bu maksatla, 6.2 nolu kısımda belirtilen kanatlı ısıtıcı boruların,  $\Theta=30^\circ$  ve  $\Theta=60^\circ$  açısal konumları için, 0,04 kg/s, 0,06 kg/s ve 0,08 kg/s değerlerindeki üç farklı hava debisinde, emme paralel, emme ters ve basma paralel akış durumlarında elde edilen deney sonuçları; s/d=0,345 için, Tablo 6.10, Tablo 6.11, Tablo 6.12, Tablo 6.16, Tablo 6.17, Tablo 6.18'de gösterilirken, s/d=0,138, s/d=0,276, s/d=0,414 ve s/d=0,517 için ise, Tablo 6.22 ile Tablo 6.45 arasındaki tablolarda gösterilmektedir.

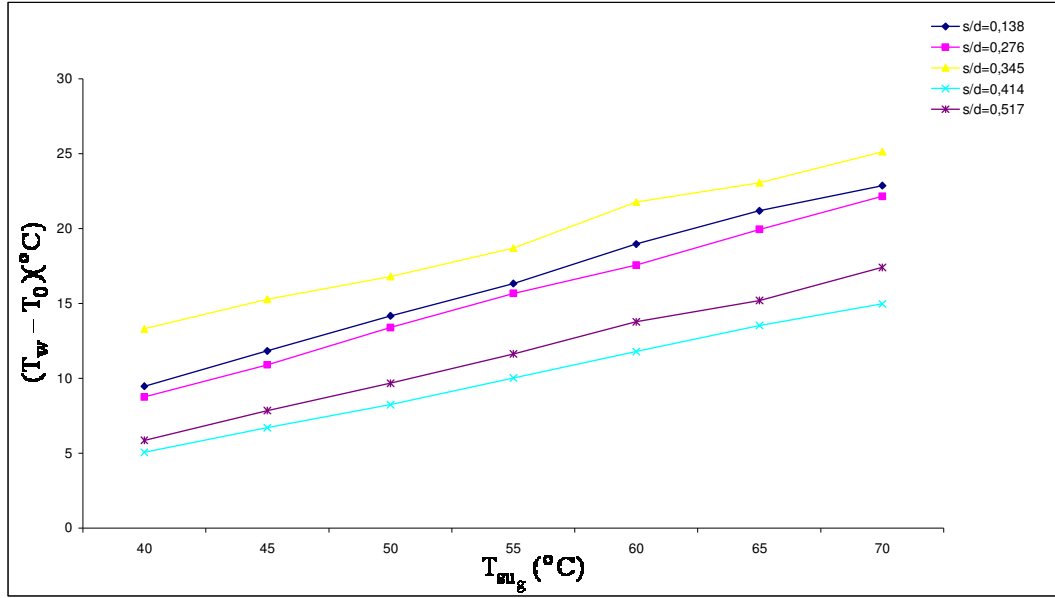
Bu sonuçlara göre,  $\Theta=30^\circ$  ve  $\Theta=60^\circ$  açısal konumlarında, farklı su giriş sıcaklıkları ile  $(T_w - T_0)$  değerlerinin değişimleri Şekil 6.37 ile Şekil 6.54 arasındaki diyagramlarda gösterilmektedir.



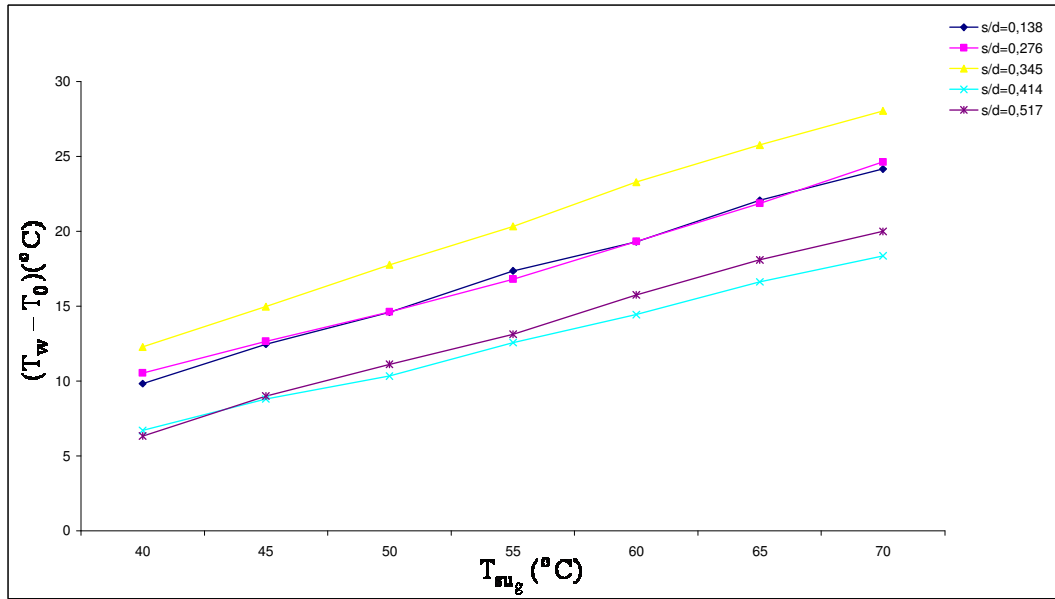
Şekil 6.37  $\Theta=30^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, emme paralel akış durumunda,  $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



Şekil 6.38  $\Theta=30^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, emme paralel akış durumunda,  $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi

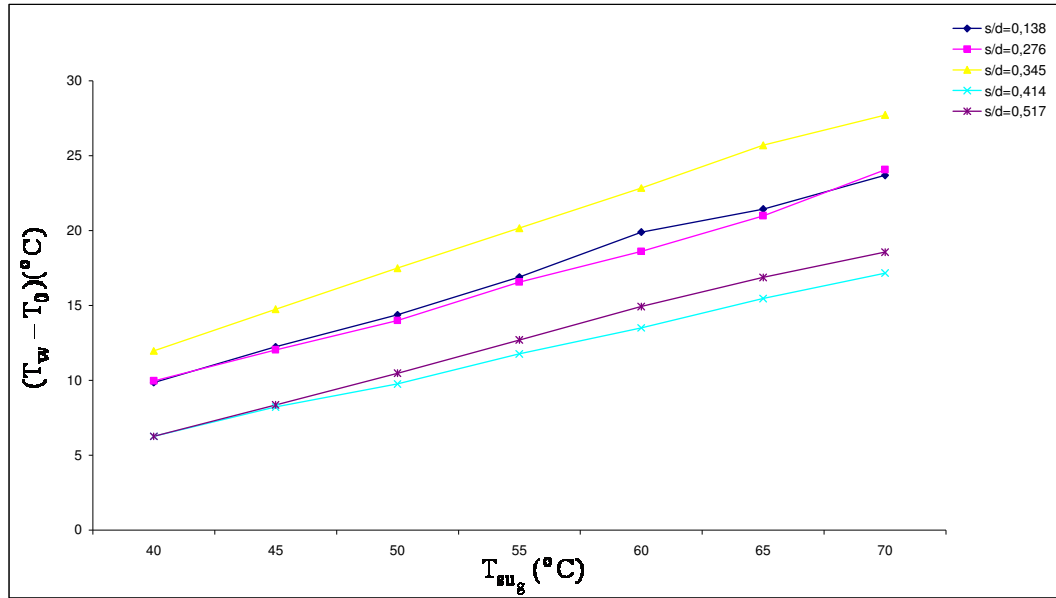


Şekil 6.39  $\Theta=30^{\circ}$  ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, emme paralel akış durumunda,  $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi

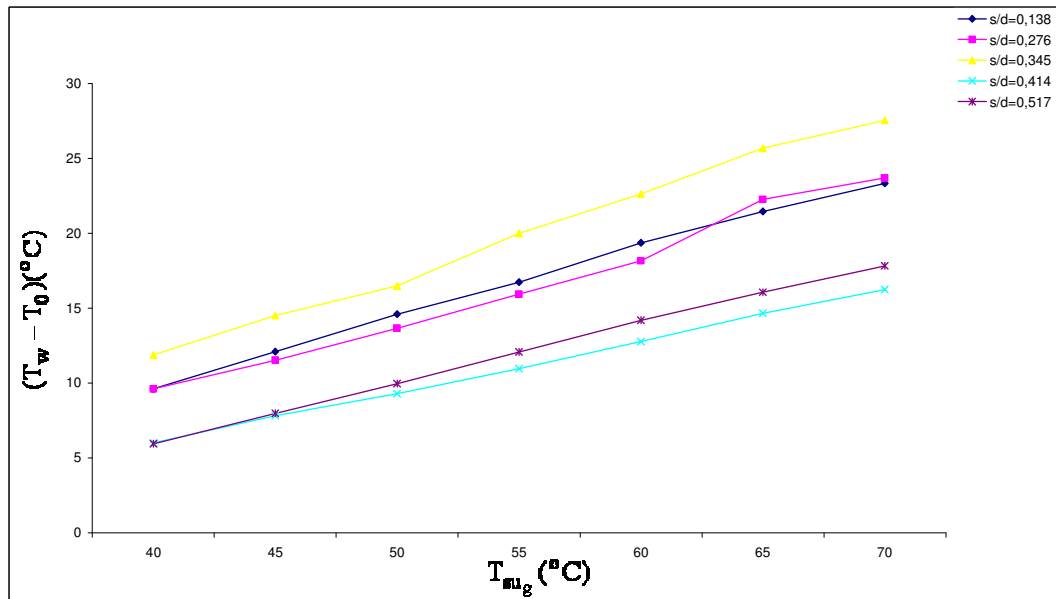


Şekil 6.40  $\Theta=30^{\circ}$  ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, emme ters akış durumunda,  $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi

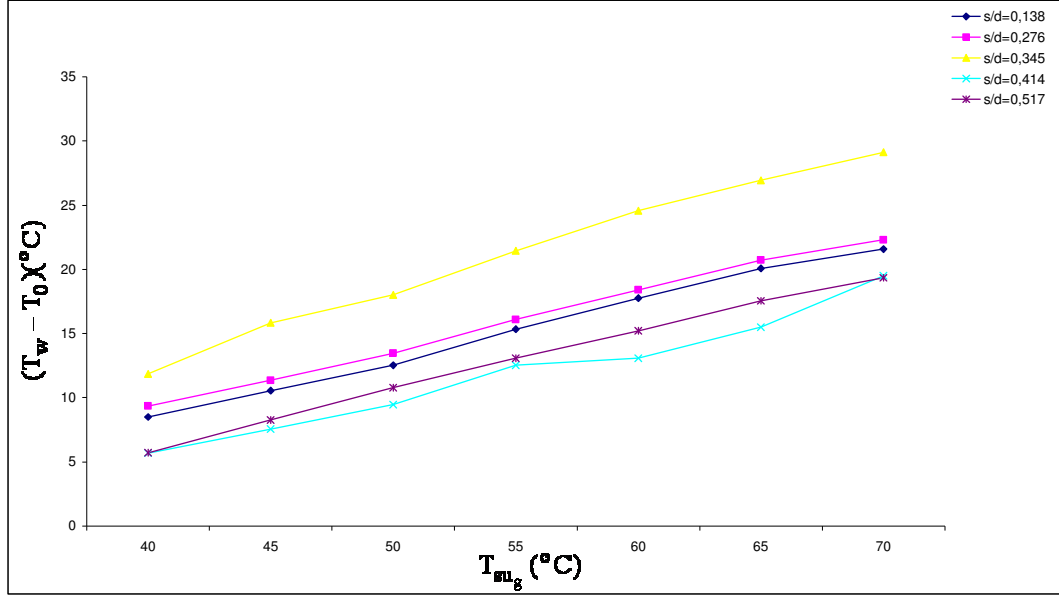




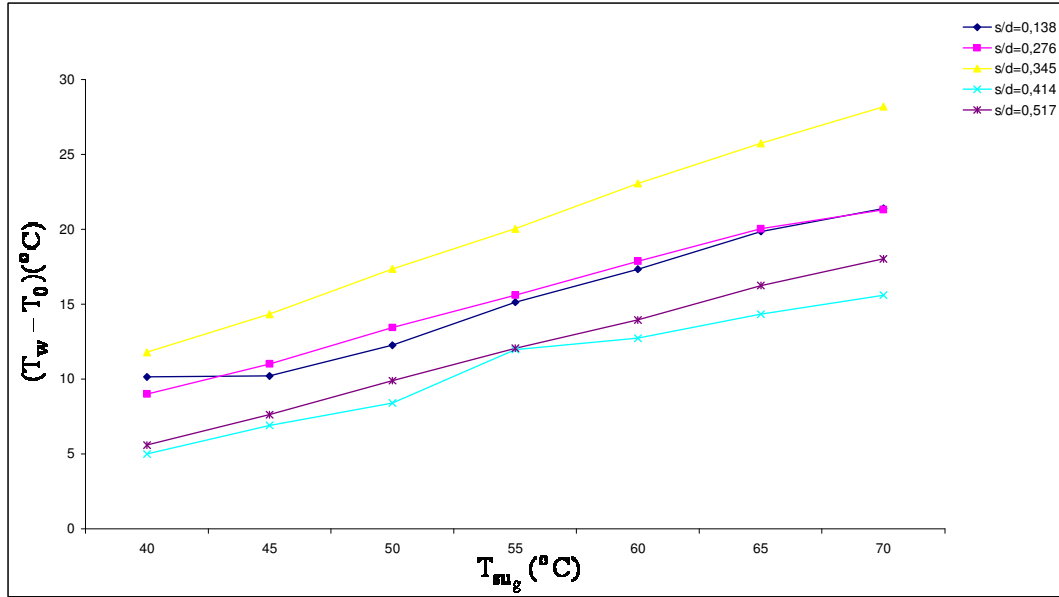
Şekil 6.41  $\Theta=30^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *emme ters akış* durumunda,  $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



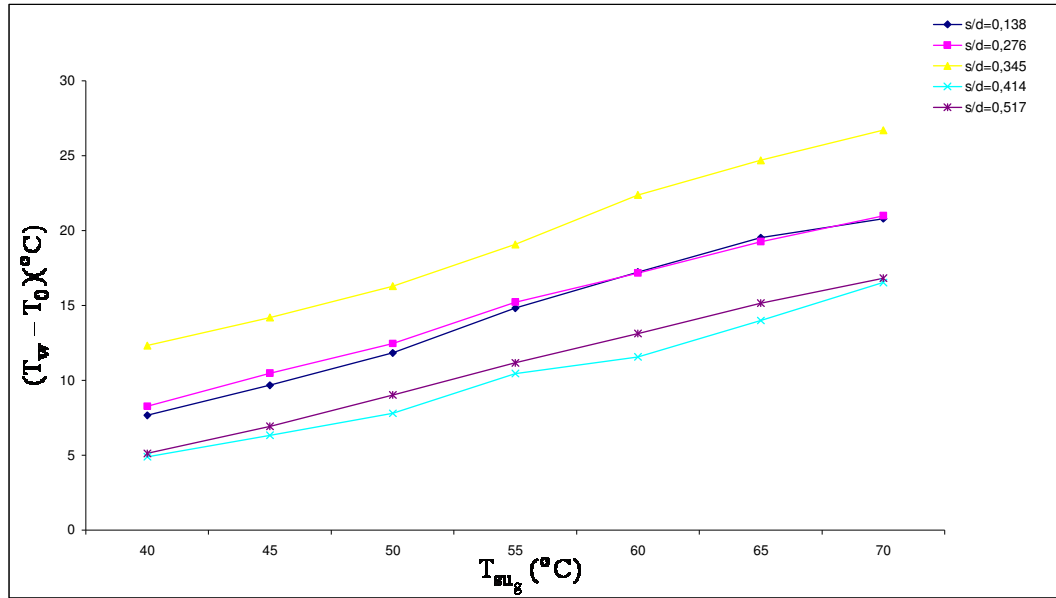
Şekil 6.42  $\Theta=30^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *emme ters akış* durumunda,  $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



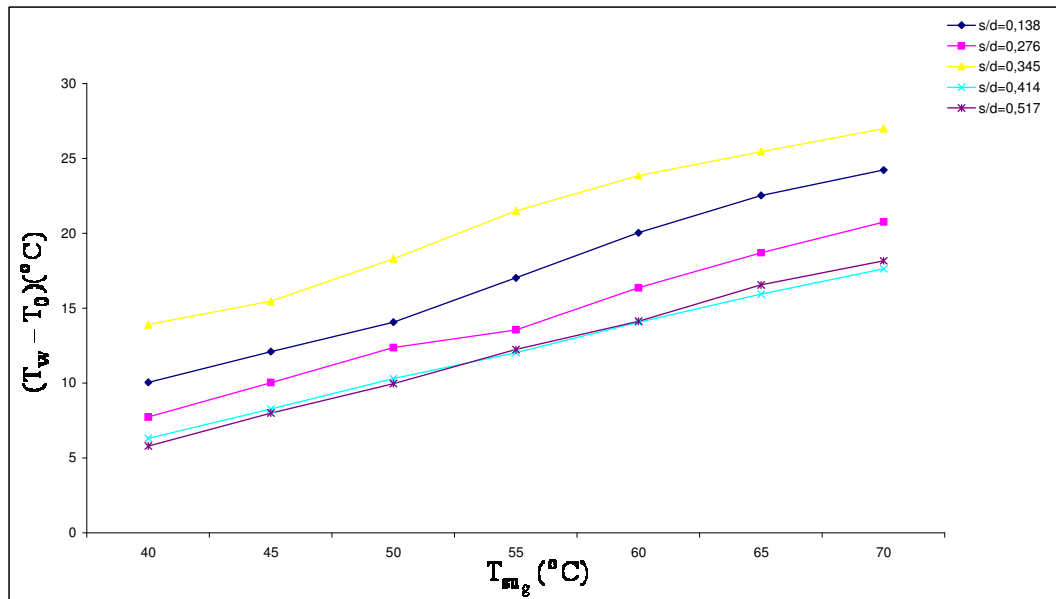
Şekil 6.43  $\Theta=30^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, basma paralel akış durumunda,  $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



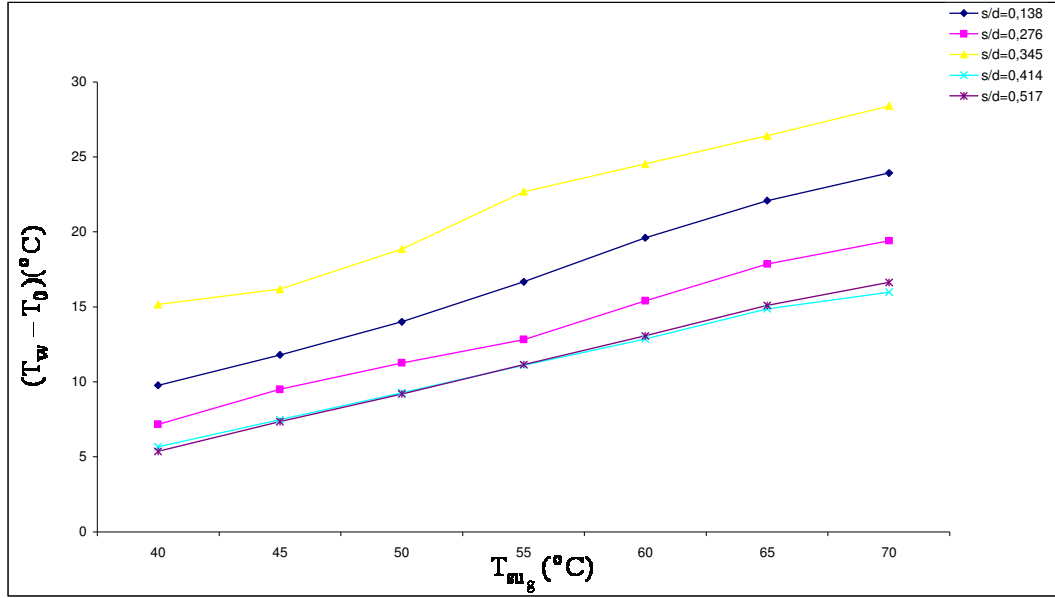
Şekil 6.44  $\Theta=30^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, basma paralel akış durumunda,  $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



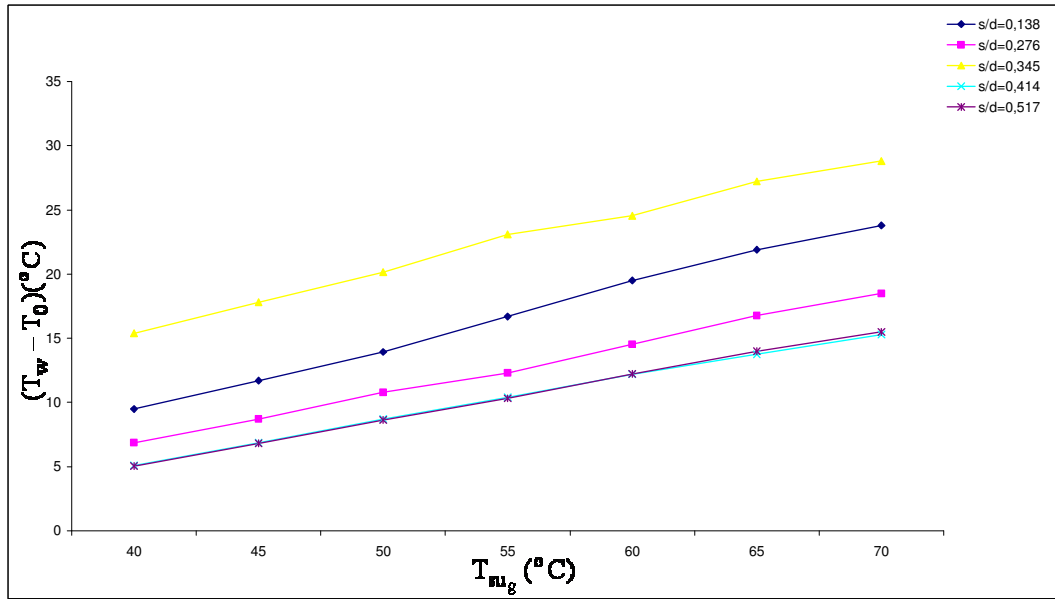
Şekil 6.45  $\Theta=30^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, basma paralel akış durumunda,  $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



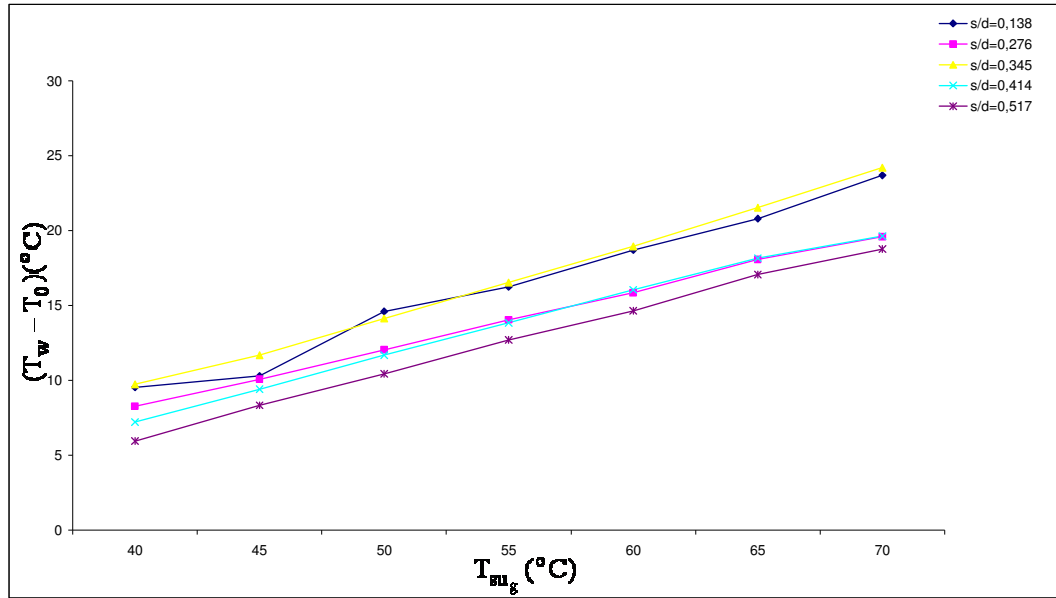
Şekil 6.46  $\Theta=60^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, emme paralel akış durumunda,  $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



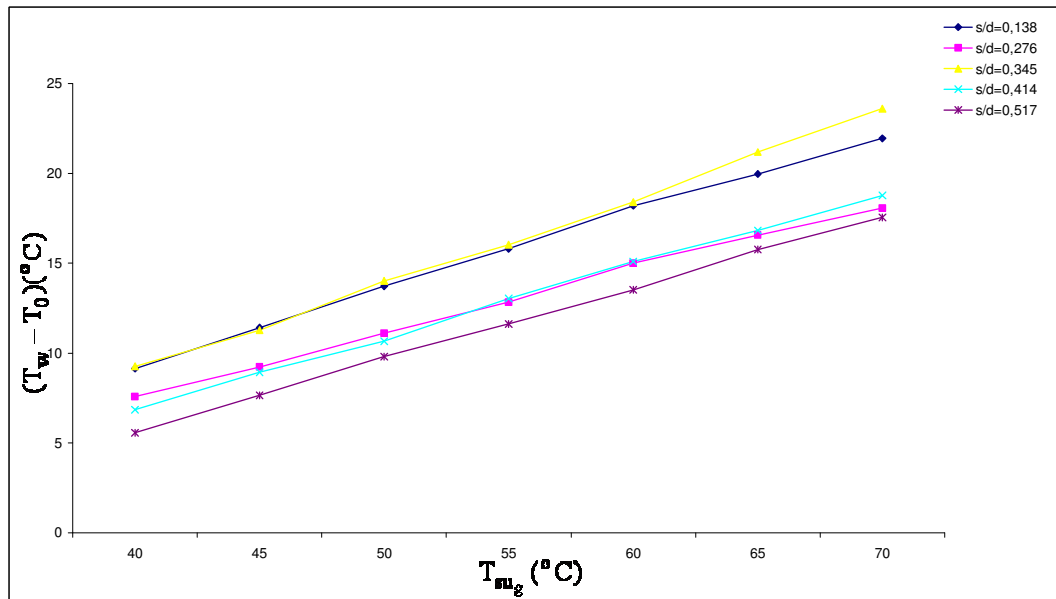
Şekil 6.47  $\Theta=60^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, emme paralel akış durumunda,  $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



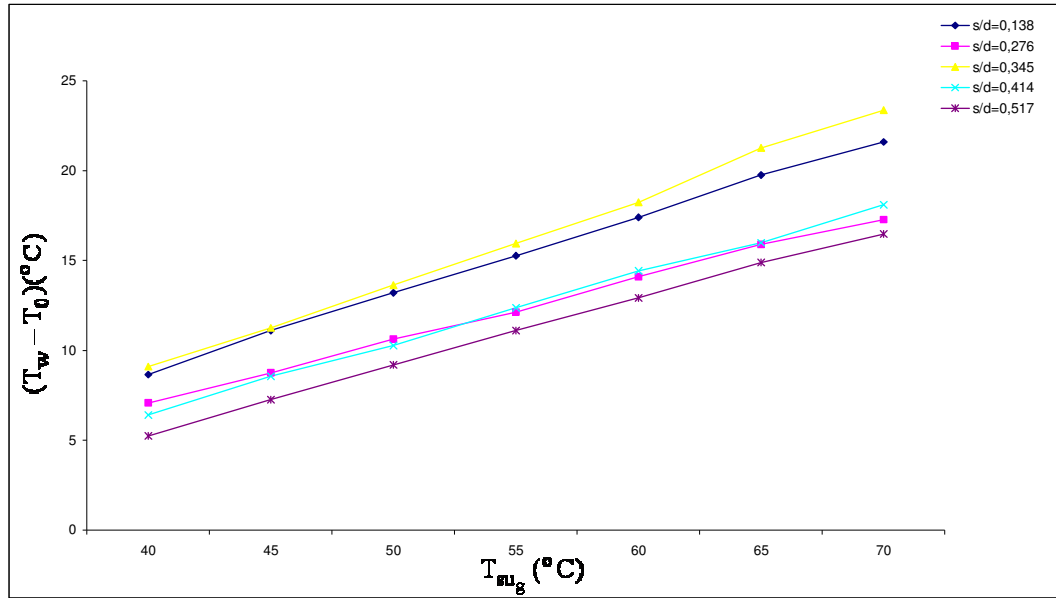
Şekil 6.48  $\Theta=60^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, emme paralel akış durumunda,  $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



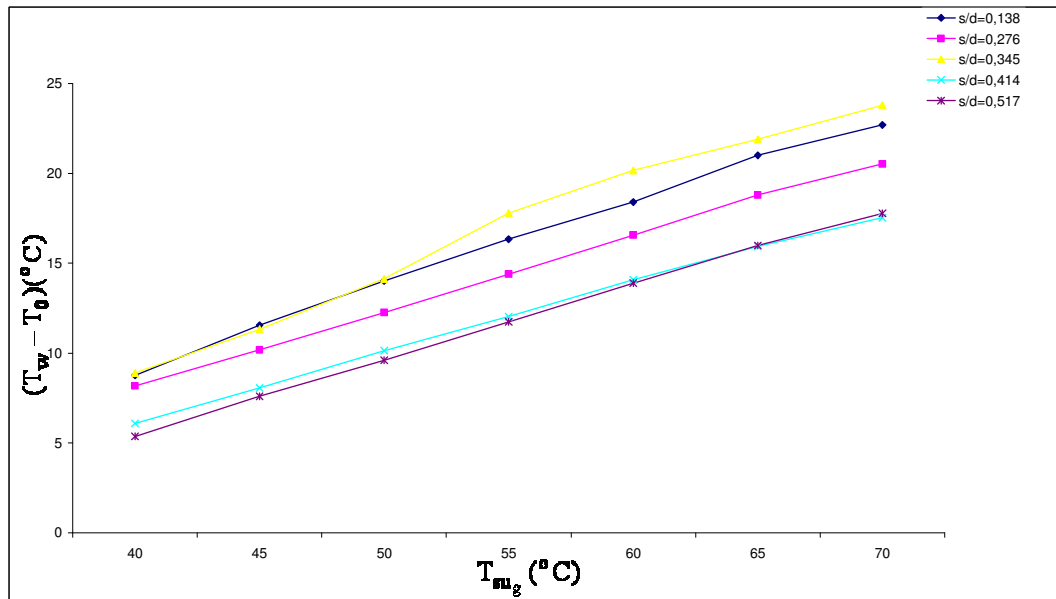
Şekil 6.49  $\Theta=60^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *emme ters akış* durumunda,  $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



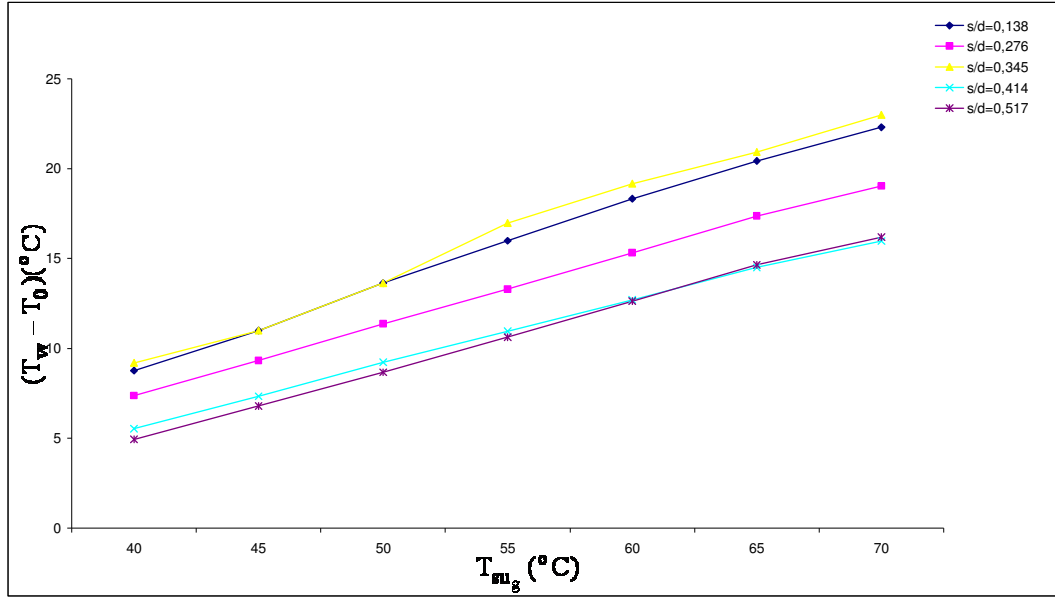
Şekil 6.50  $\Theta=60^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *emme ters akış* durumunda,  $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



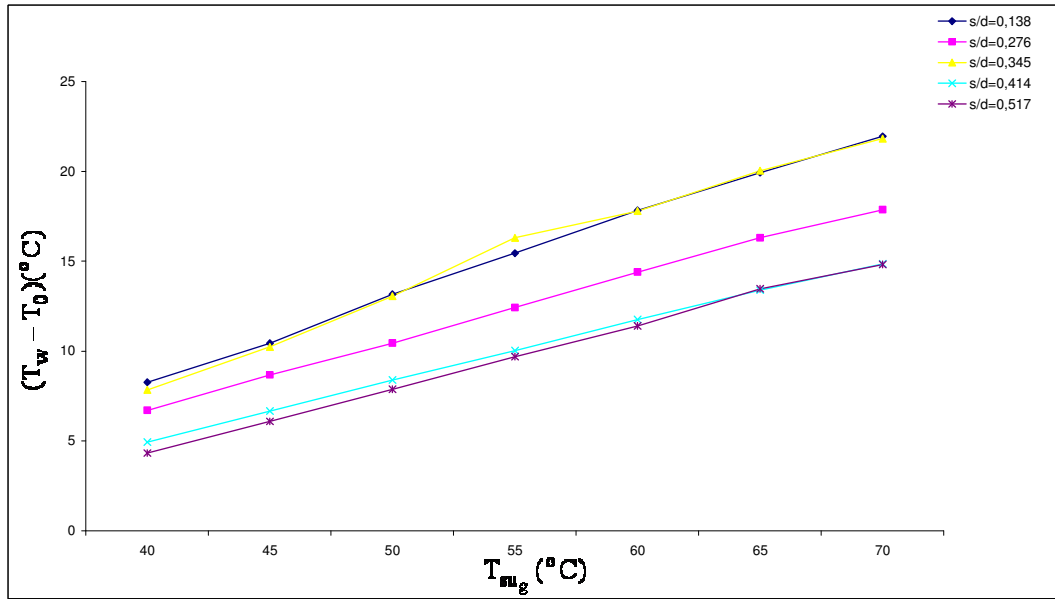
Şekil 6.51  $\Theta=60^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *emme ters akış* durumunda,  $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



Şekil 6.52  $\Theta=60^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *basma paralel akış* durumunda,  $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



Şekil 6.53  $\Theta=60^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, basma paralel akış durumunda,  $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



Şekil 6.54  $\Theta=60^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, basma paralel akış durumunda,  $(T_w - T_0)$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi

Emme paralel, emme ters ve basma paralel akış durumlarında, 0,04 kg/s, 0,06 kg/s ve 0,08 kg/s hava debilerinde, hem  $\Theta=30^0$  hem de  $\Theta=60^0$  açısal delik konumlarında,  $s/d=0,345$ 'deki  $(T_w - T_0)$  değerleri, diğer  $s/d$ 'lerdeki  $(T_w - T_0)$  değerlerinden daha büyük olmaktadır.

Bu durumlar, Şekil 6.37 ile Şekil 6.54 arasındaki diyagramlarda görülmektedir.

### **6.2.2. Reynolds sayısı ( $\overline{Re}_d$ ) ile Nusselt sayısı ( $Nu_d$ ) arasındaki ilişkinin, farklı $s/d$ geometrik oranına göre, değişiminin incelenmesi**

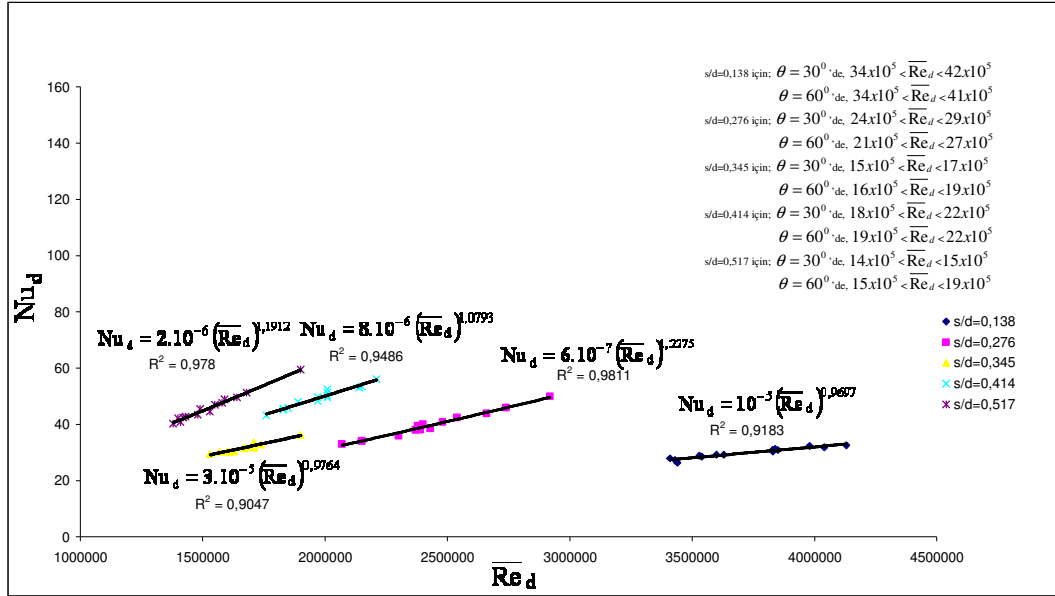
6.2 nolu kısımda belirtilen kanatlı ısıtıcı boruların,  $\Theta=30^0$  ve  $\Theta=60^0$  açısal konumları için, 0,04 kg/s, 0,06 kg/s ve 0,08 kg/s değerlerindeki üç farklı hava debisinde, emme paralel, emme ters ve basma paralel akış durumlarında, bulunan  $\overline{Re}_d$  ve  $Nu_d$  değerleri,  $s/d=0,345$  için, Tablo 6.10, Tablo 6.11, Tablo 6.12, Tablo 6.16, Tablo 6.17, Tablo 6.18'de gösterilmiştir.

$s/d$  geometrik faktörünün sınır tabaka oluşumundaki etkisi dikkate alınarak, bunun Reynolds ve Nusselt boyutsuz sayılarına olan etkisini ortaya koyabilmek için farklı  $s/d$  oranları olan, 0,138, 0,276, 0,414 ve 0,517 değerleri için de deneysel çalışmalar yapılmıştır.

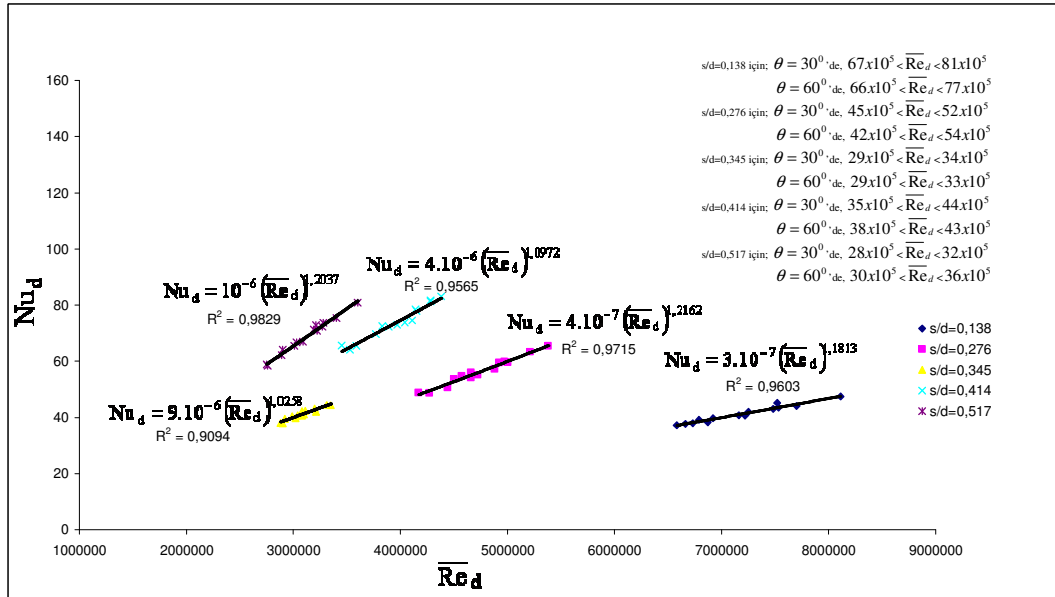
Sonuçlar, Tablo 6.22 ile Tablo 6.45 arasındaki tablolarda gösterilmektedir.

Bu sonuçlara göre,  $30^0 \leq \theta \leq 60^0$  açısal konumlarında, farklı  $s/d$ 'lerde,  $\overline{Re}_d$ 'e göre  $Nu_d$ 'lerin değişimi Şekil 6.55 ile Şekil 6.63 arasındaki diyagramlarda gösterilmektedir.

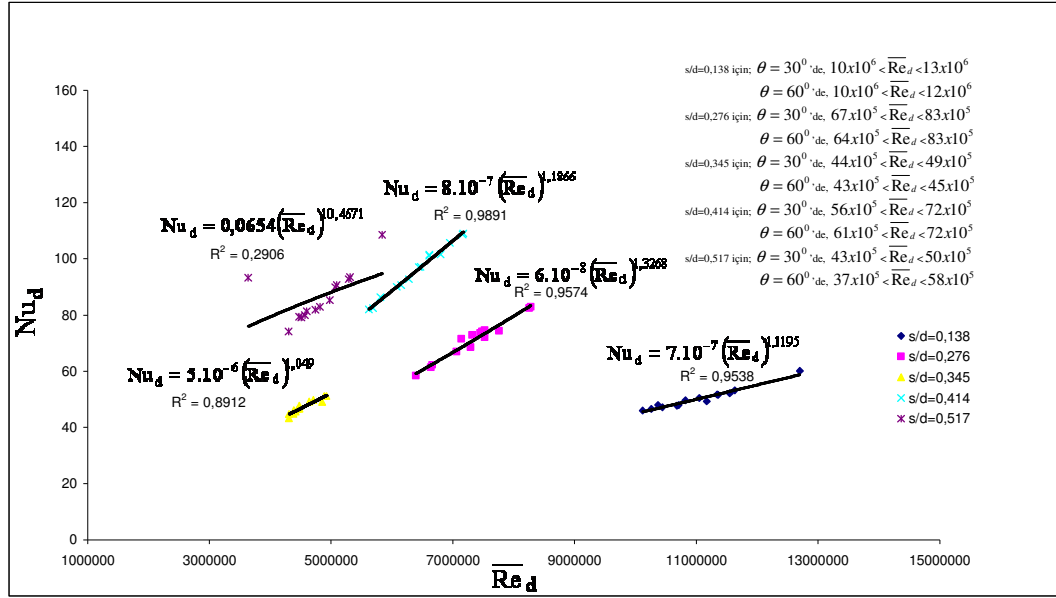




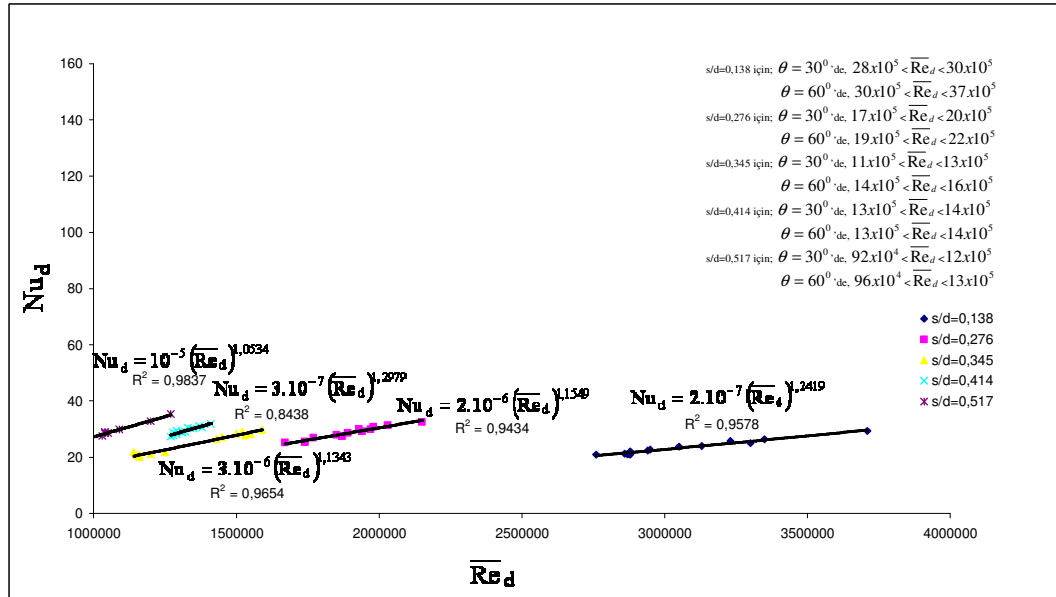
Şekil 6.55  $30^{\circ} \leq \theta \leq 60^{\circ}$  aralığında,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$ ,  $s/d=0,517$  hallerinde, emme paralel akış durumunda,  $\overline{Re}_d$ 'ye göre  $Nu_d$ 'nin değişimi



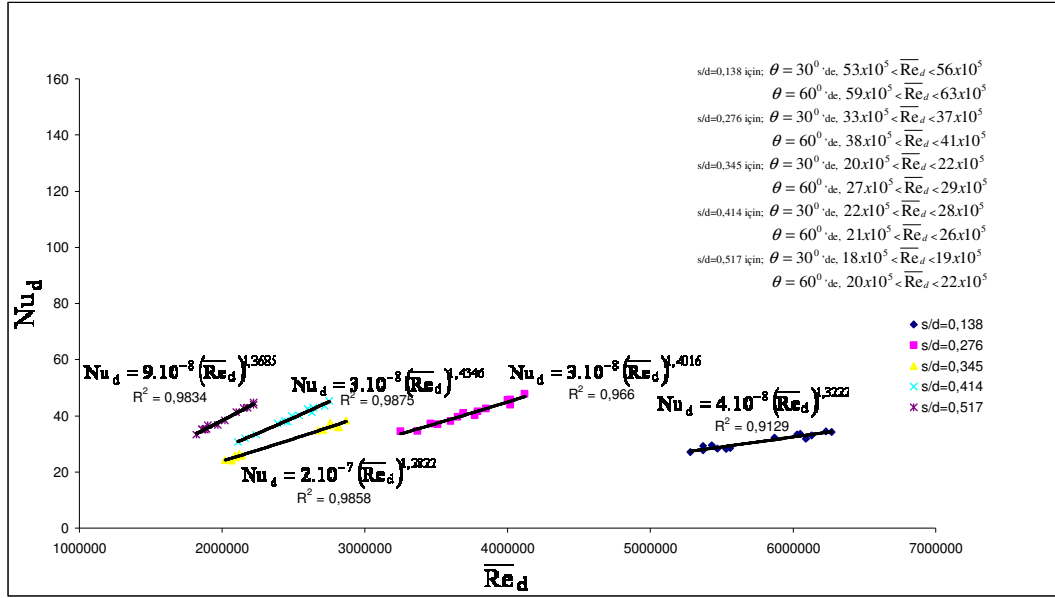
Şekil 6.56  $30^{\circ} \leq \theta \leq 60^{\circ}$  aralığında,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$ ,  $s/d=0,517$  hallerinde, emme paralel akış durumunda,  $\overline{Re}_d$ 'ye göre  $Nu_d$ 'nin değişimi



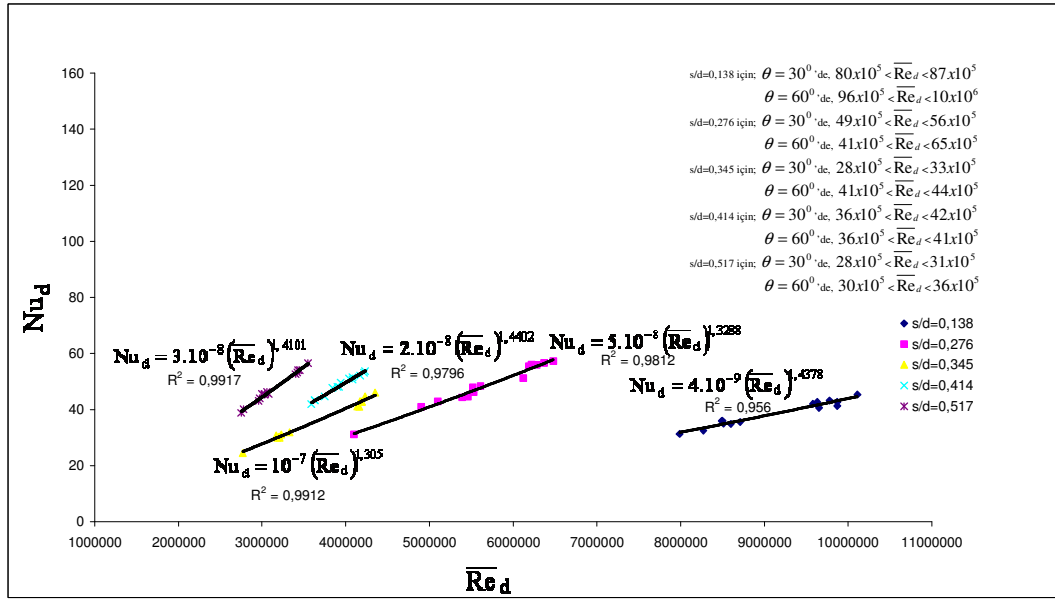
Şekil 6.57  $30^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$  aralığında,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$ ,  $s/d=0,517$  hallerinde, emme paralel akış durumunda,  $\overline{Re}_d$  'ye göre  $Nu_d$ 'nin değişimi



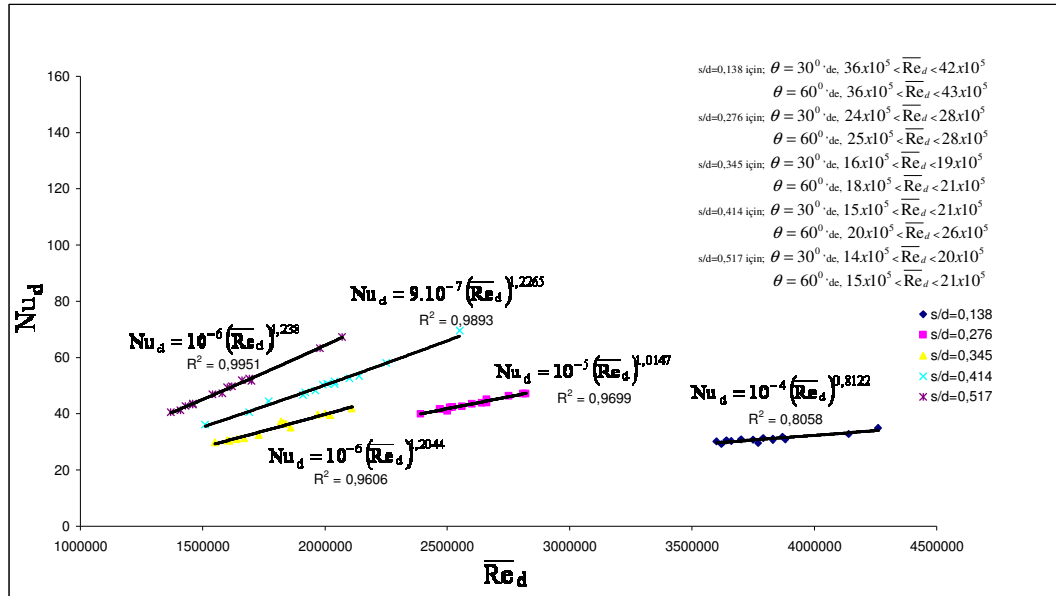
Şekil 6.58  $30^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$  aralığında,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$ ,  $s/d=0,517$  hallerinde, emme ters akış durumunda,  $\overline{Re}_d$  'ye göre  $Nu_d$ 'nin değişimi



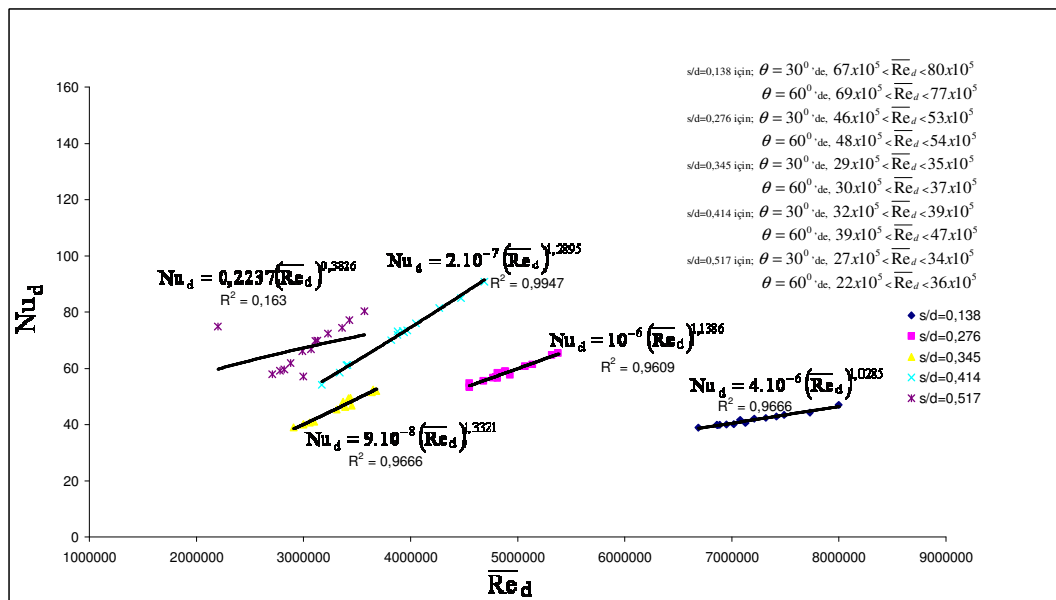
Şekil 6.59  $30^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$  aralığında,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$ ,  $s/d=0,517$  hallerinde, *emme ters akış* durumunda,  $\overline{Re}_d$  'ye göre  $Nu_d$  'nin değişimi



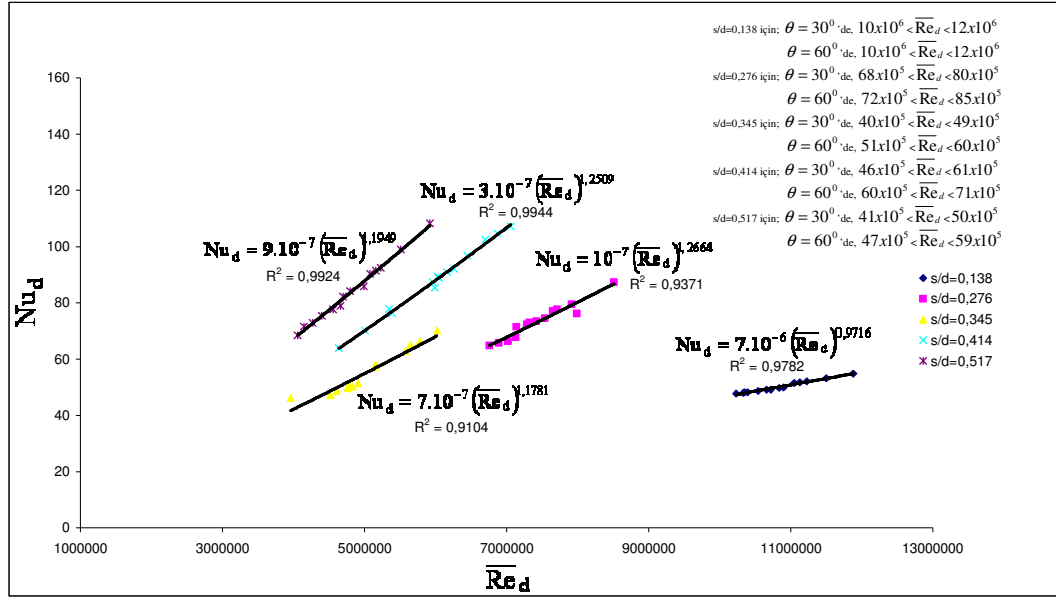
Şekil 6.60  $30^\circ \leq \theta \leq 60^\circ$  aralığında,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$ ,  $s/d=0,517$  hallerinde, *emme ters akış* durumunda,  $\overline{Re}_d$  'ye göre  $Nu_d$  'nin değişimi



Şekil 6.61  $30^0 \leq \theta \leq 60^0$  aralığında,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$ ,  $s/d=0,517$  hallerinde, basma paralel akış durumunda,  $\overline{Re}_d$  'ye göre  $Nu_d$  'nin değişimi



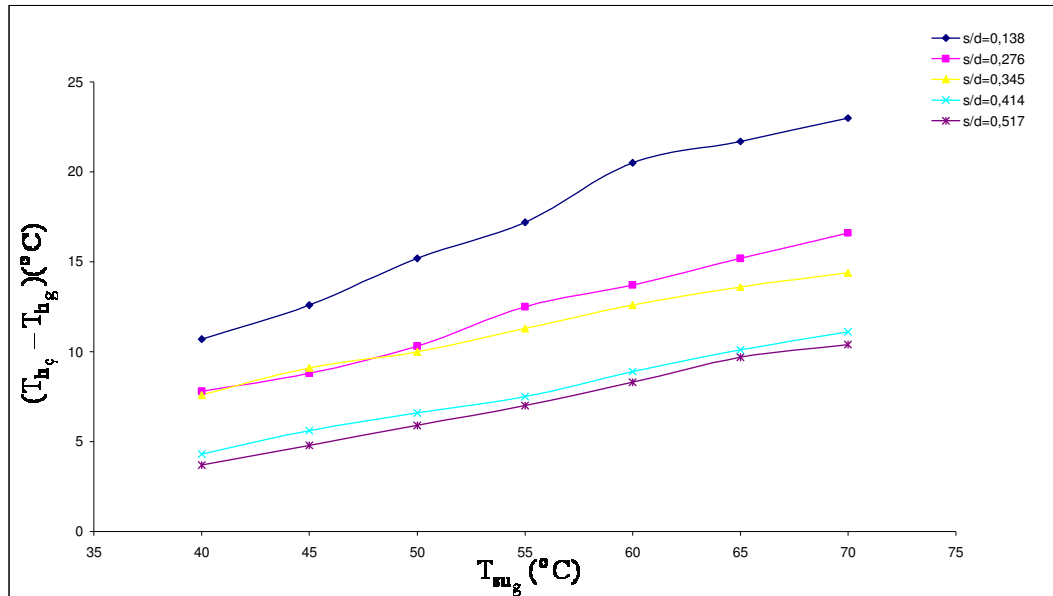
Şekil 6.62  $30^0 \leq \theta \leq 60^0$  aralığında,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$ ,  $s/d=0,517$  hallerinde, basma paralel akış durumunda,  $\overline{Re}_d$  'ye göre  $Nu_d$  'nin değişimi



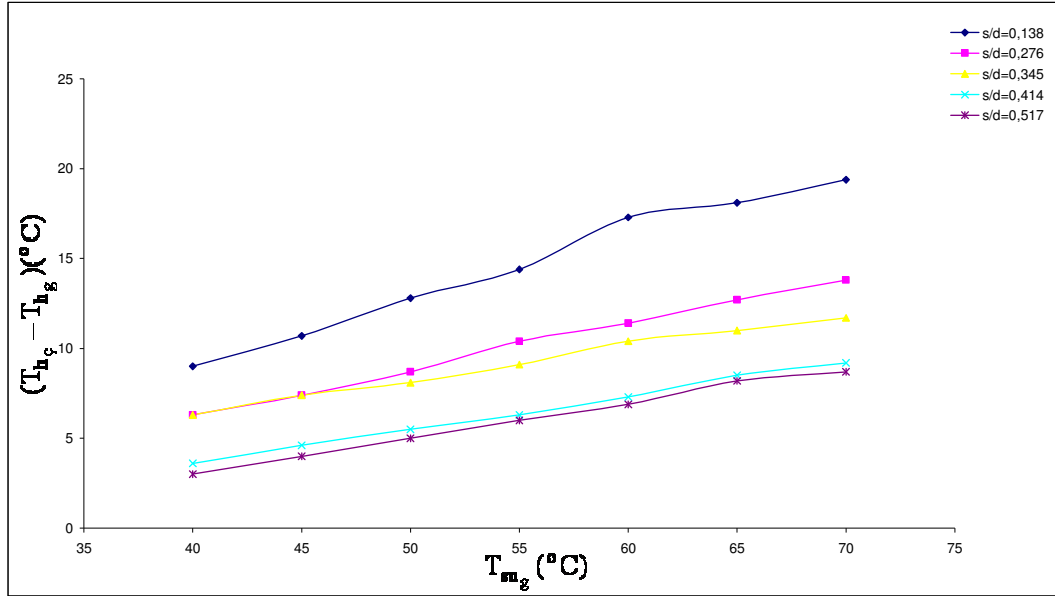
bu yöndeki görüşü desteklemektedir. Yani burada termal tabakanın gelişimi ile hidrodinamik sınır tabaka gelişmeleri birbirlerinden farklı olarak gerçekleşmektedir.

### 6.2.3. Havanın gövdeye girişteki ve gövdeden çıktığı sıcaklıkları arasındaki farkın, değişik s/d geometrik oranlarına göre, değişiminin incelenmesi

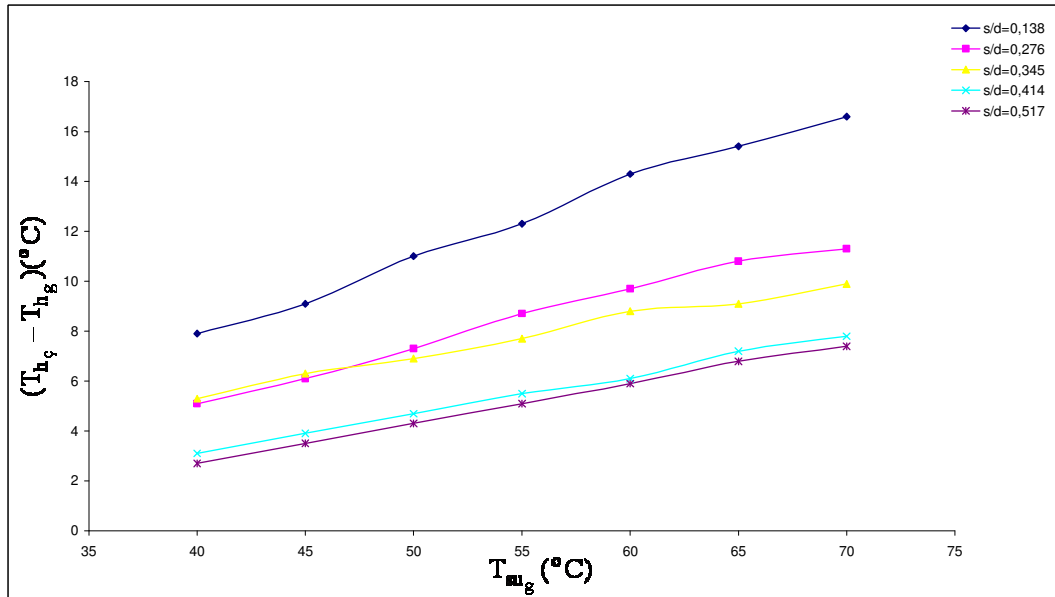
Havanın ısıtıcıya giriş ve çıkış değerleri arasındaki farkın, ısıtıcıdaki s/d geometrik oranına göre değişiminin incelenmesi de ısı transferi açısından çok önemlidir. Bu maksatla, 6.2 nolu kısımda belirtilen kanatlı ısıtıcı boruların,  $\Theta=30^\circ$  ve  $\Theta=60^\circ$  açısal delik konumları için, 0,04 kg/s, 0,06 kg/s ve 0,08 kg/s değerlerindeki üç farklı hava debisinde, emme paralel, emme ters ve basma paralel akış durumlarında, elde edilen deney sonuçları, s/d=0,345 için, Tablo 6.10, Tablo 6.11, Tablo 6.12, Tablo 6.16, Tablo 6.17, Tablo 6.18'de verilmiştir. s/d'nin, 0,138, 0,276, 0,414 ve 0,517 değerleri için de deneyler yapılmış ve sonuçlar, Tablo 6.22 ile Tablo 6.45 arasındaki tablolarda gösterilmektedir. Bu sonuçlara göre,  $\Theta=30^\circ$  ve  $\Theta=60^\circ$  açısal konumlarında, farklı su giriş sıcaklıkları ile  $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerlerinin değişimleri Şekil 6.64 ile Şekil 6.81 arasındaki diyagramlarda gösterilmektedir.



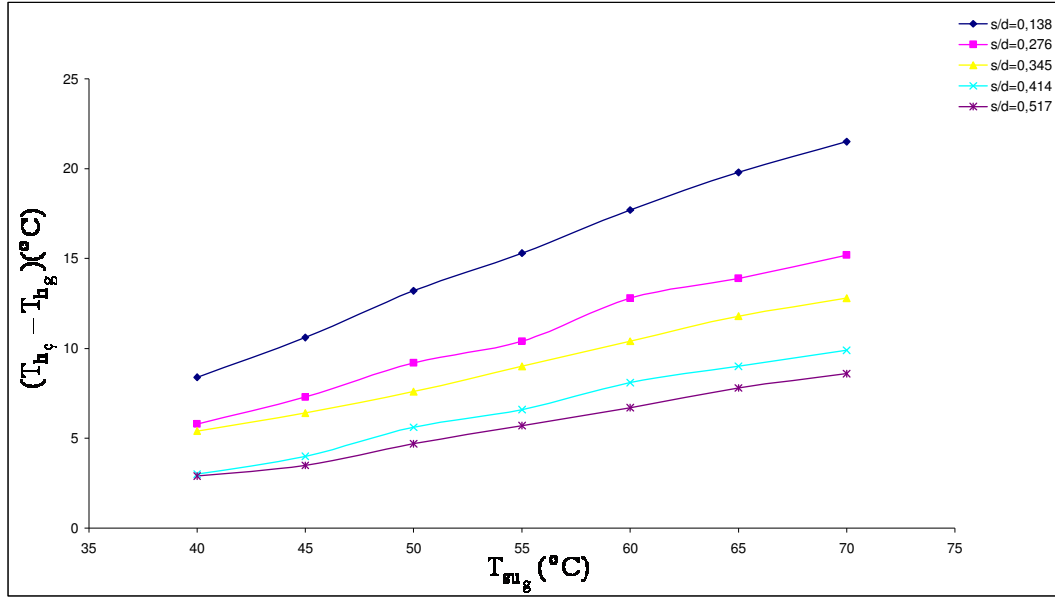
Şekil 6.64  $\Theta=30^\circ$ ,  $\dot{m}_h=0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su}=1,1$  kg/s için, s/d=0,138, s/d=0,276, s/d=0,345, s/d=0,414 ve s/d=0,517 hallerinde, emme paralel akış durumunda,  $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



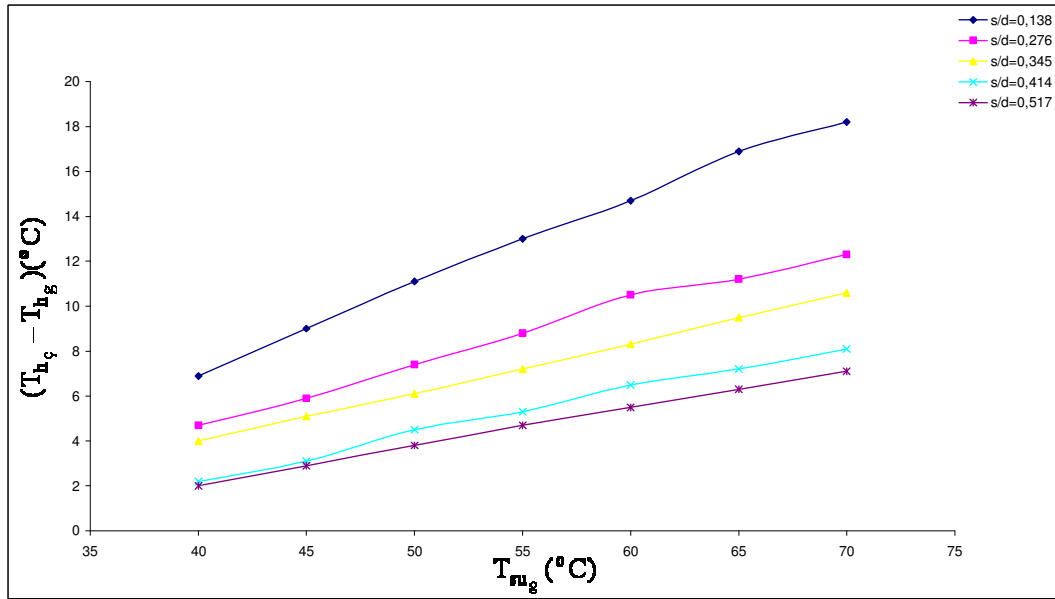
Şekil 6.65  $\Theta=30^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, emme paralel akış durumunda,  $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



Şekil 6.66  $\Theta=30^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, emme paralel akış durumunda,  $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi

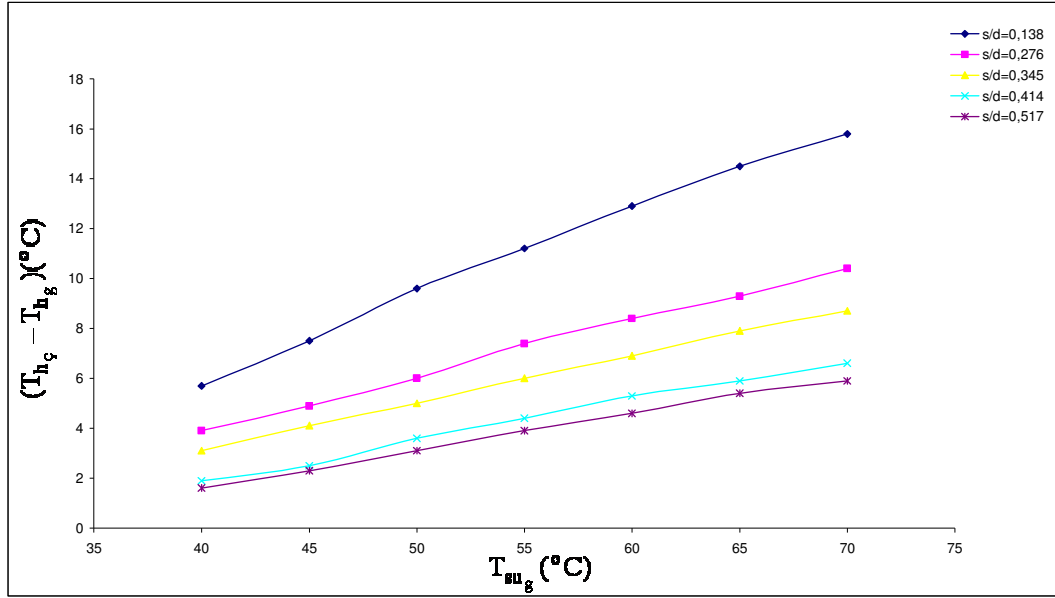


Şekil 6.67  $\Theta=30^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *emme ters akış* durumunda,  $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi

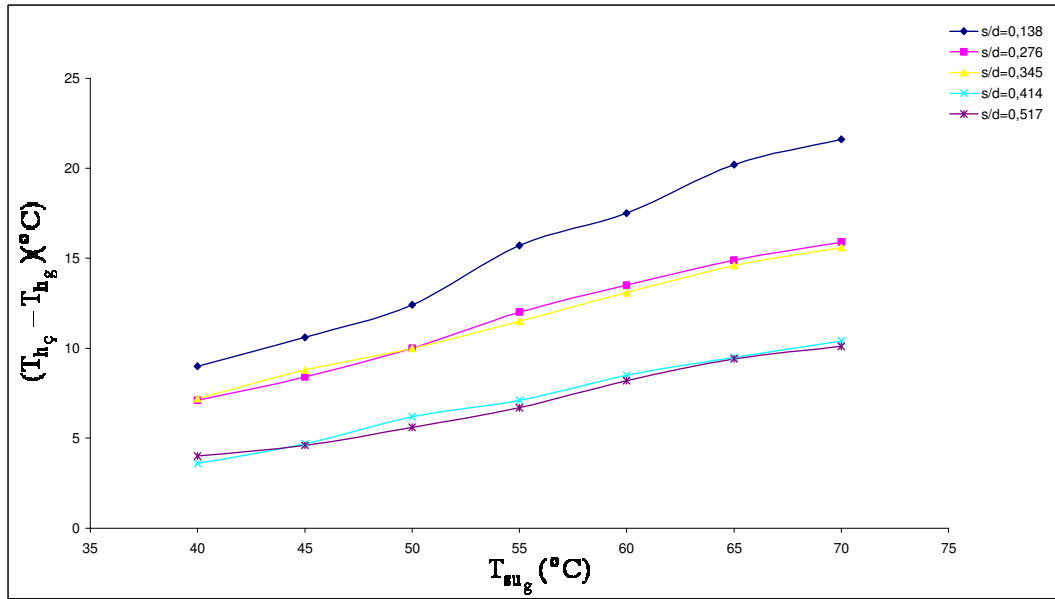


Şekil 6.68  $\Theta=30^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *emme ters akış* durumunda,  $(T_{h_c} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi

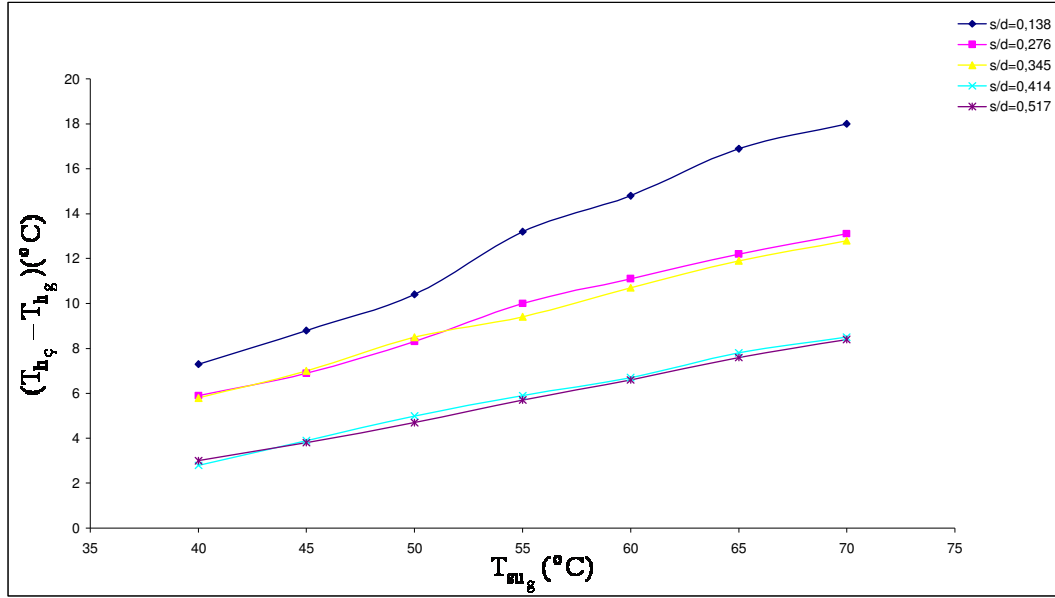




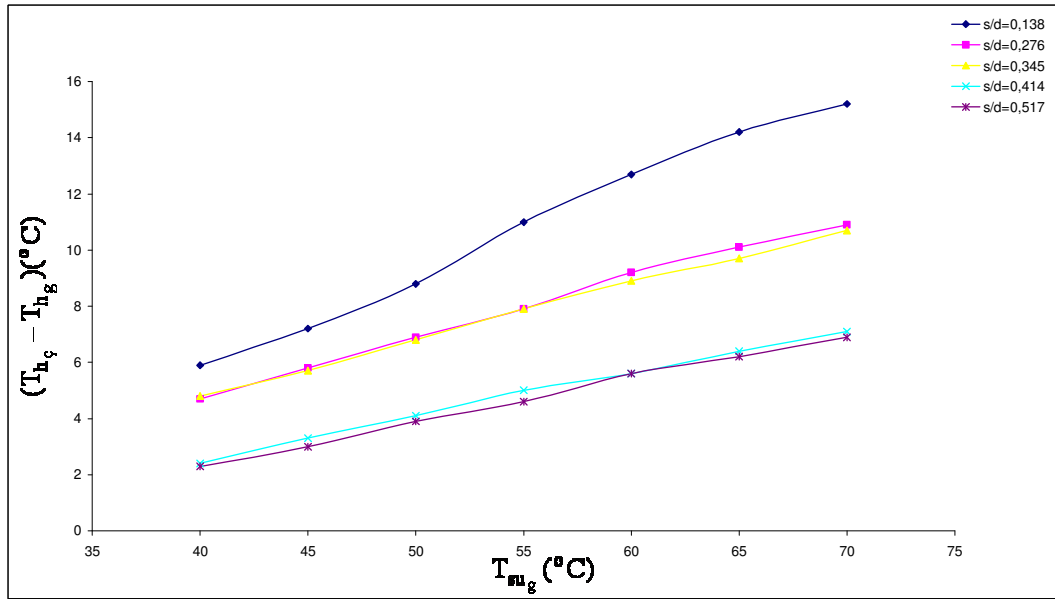
Şekil 6.69  $\Theta=30^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *emme ters akış* durumunda,  $(T_{h_ç} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



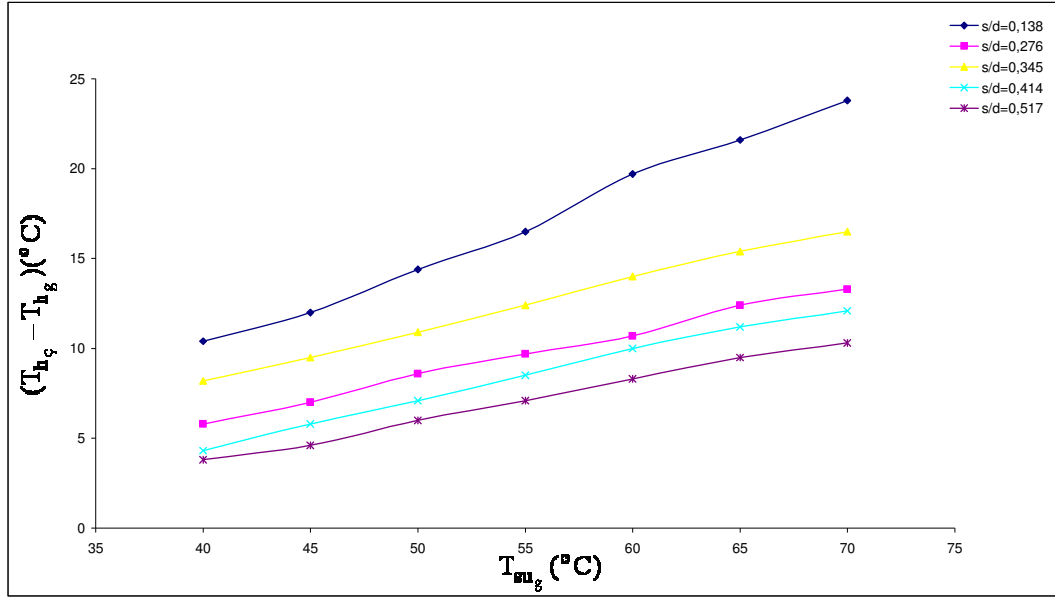
Şekil 6.70  $\Theta=30^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *basma paralel akış* durumunda,  $(T_{h_ç} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



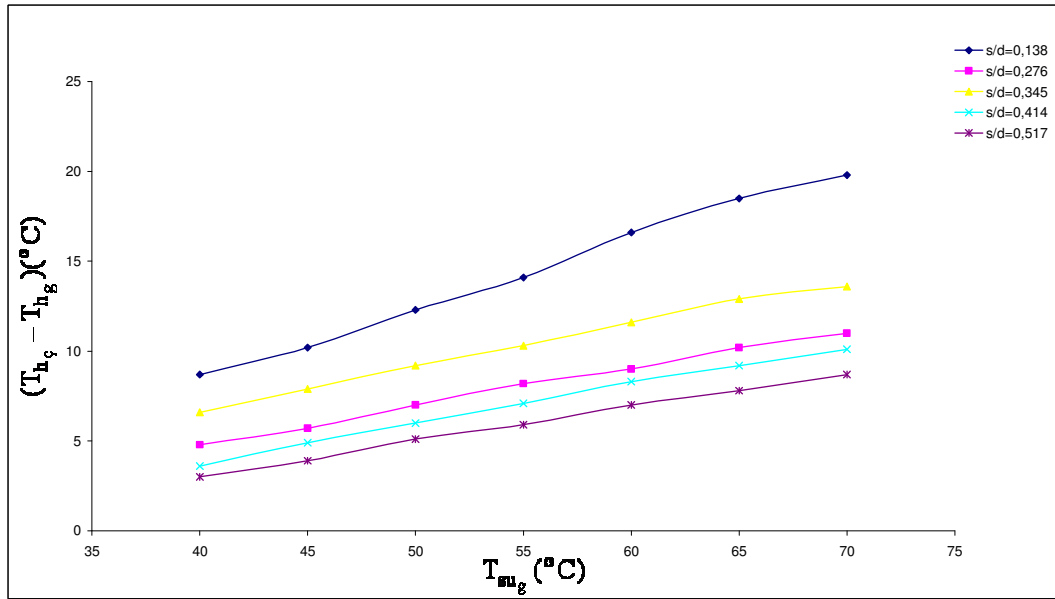
Şekil 6.71  $\Theta=30^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, basma paralel akış durumunda,  $(T_{h_\ç} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



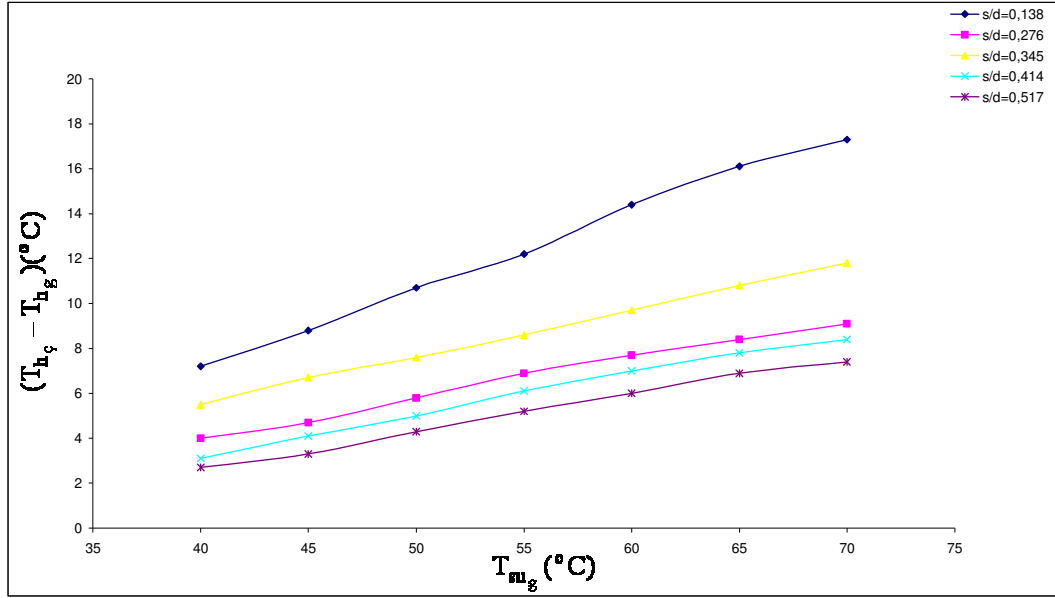
Şekil 6.72  $\Theta=30^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, basma paralel akış durumunda,  $(T_{h_\ç} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



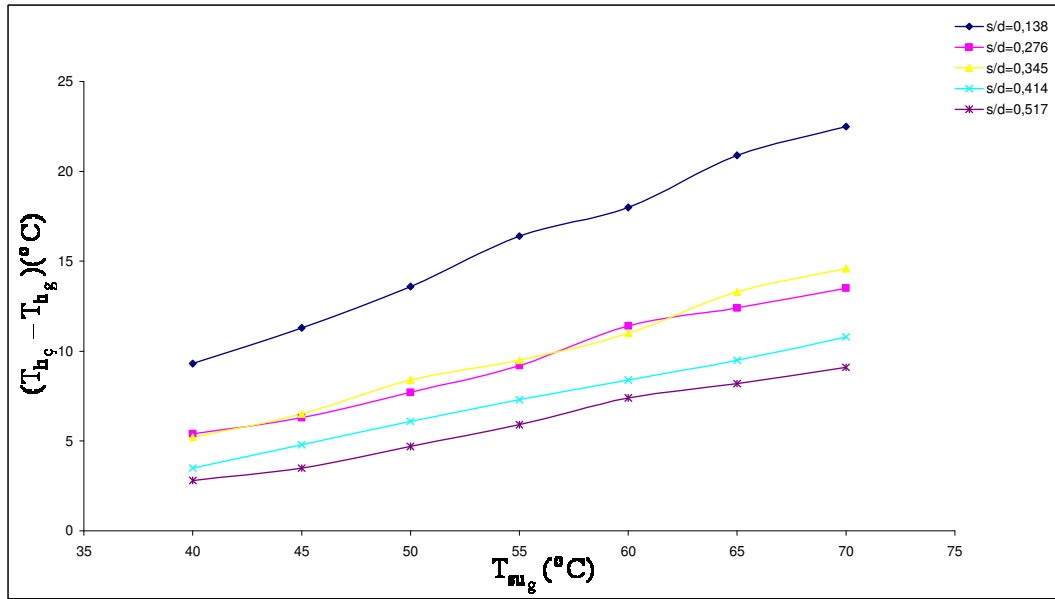
Şekil 6.73  $\Theta=60^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, emme paralel akış durumunda,  $(T_{h_ç} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



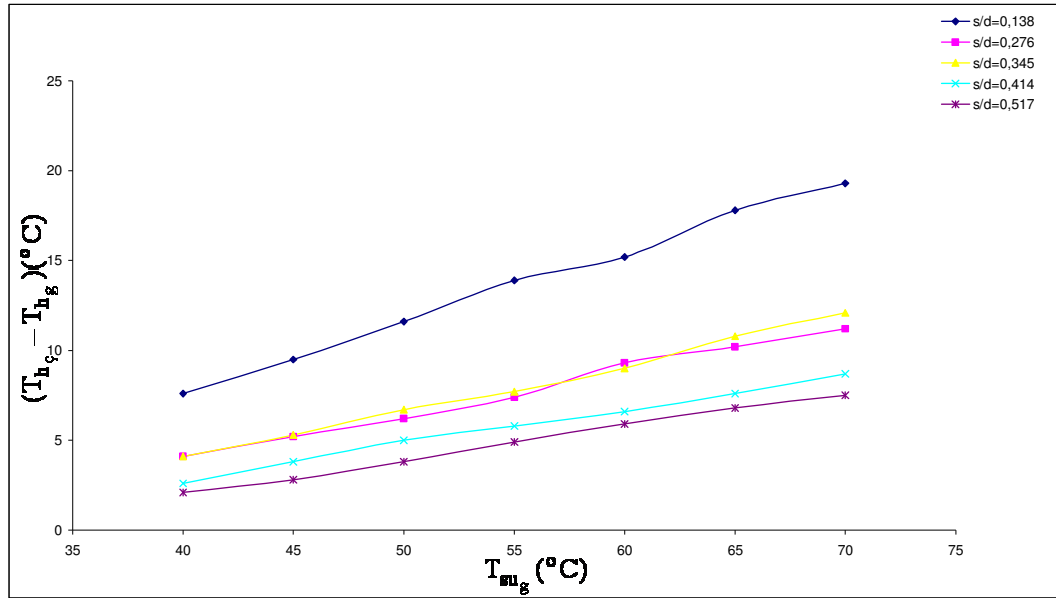
Şekil 6.74  $\Theta=60^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, emme paralel akış durumunda,  $(T_{h_ç} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



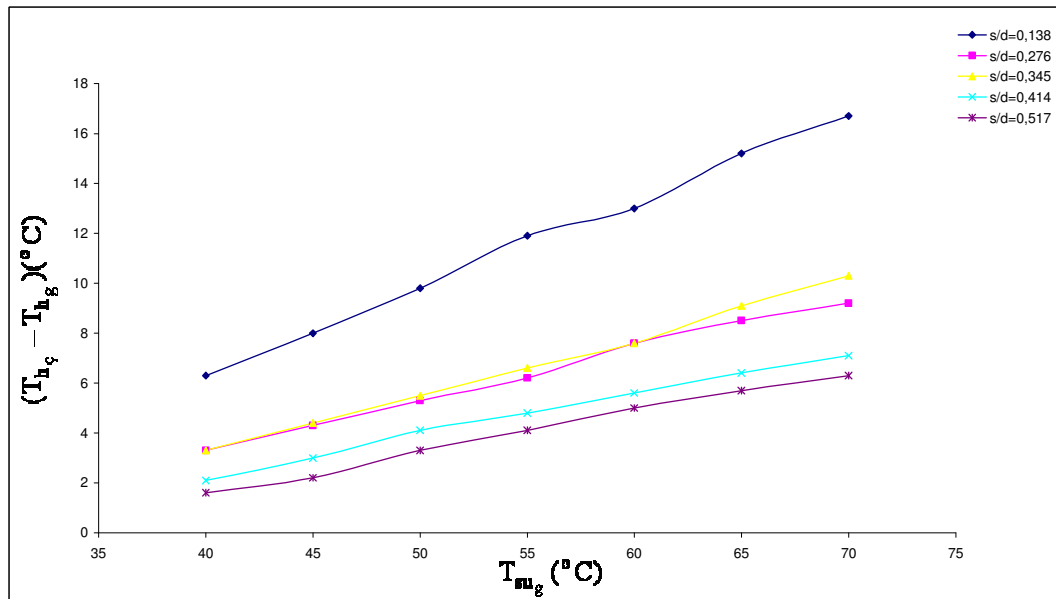
Şekil 6.75  $\Theta=60^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, emme paralel akış durumunda,  $(T_{h_ç} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



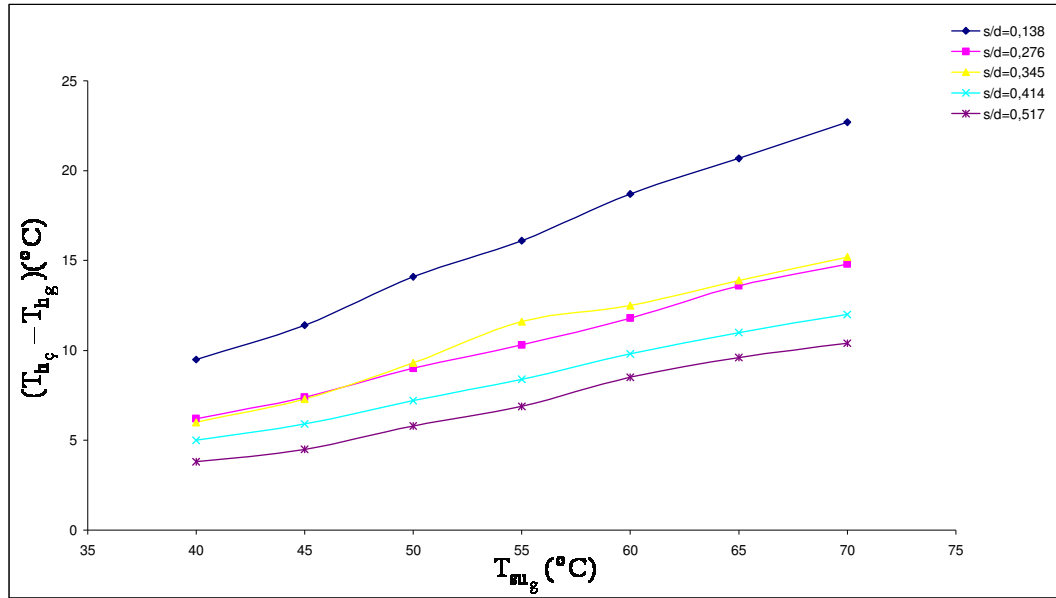
Şekil 6.76  $\Theta=60^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, emme ters akış durumunda,  $(T_{h_ç} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



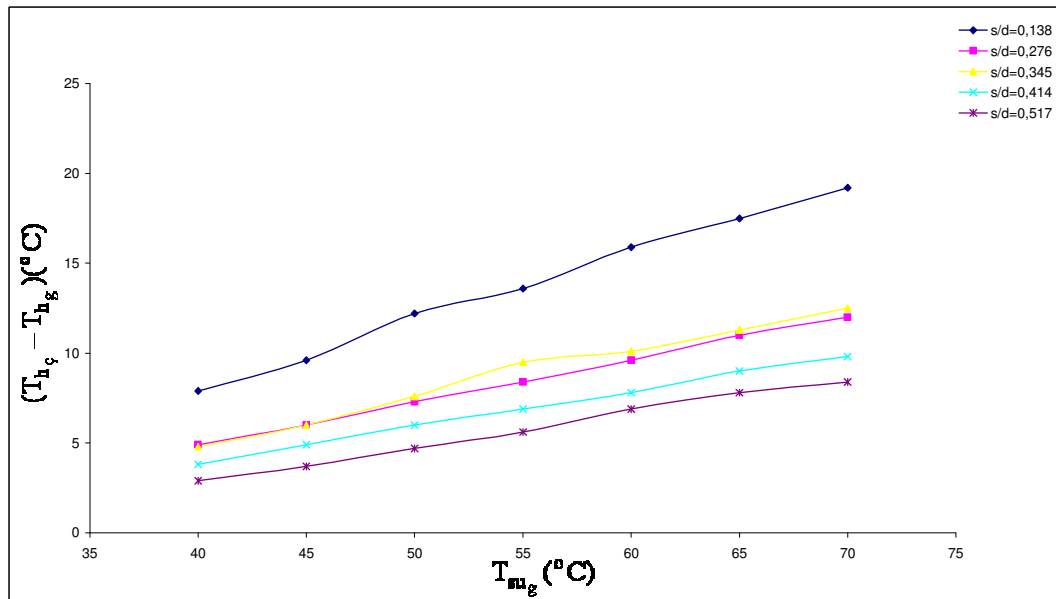
Şekil 6.77  $\Theta=60^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *emme ters akış* durumunda,  $(T_{h_ç} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



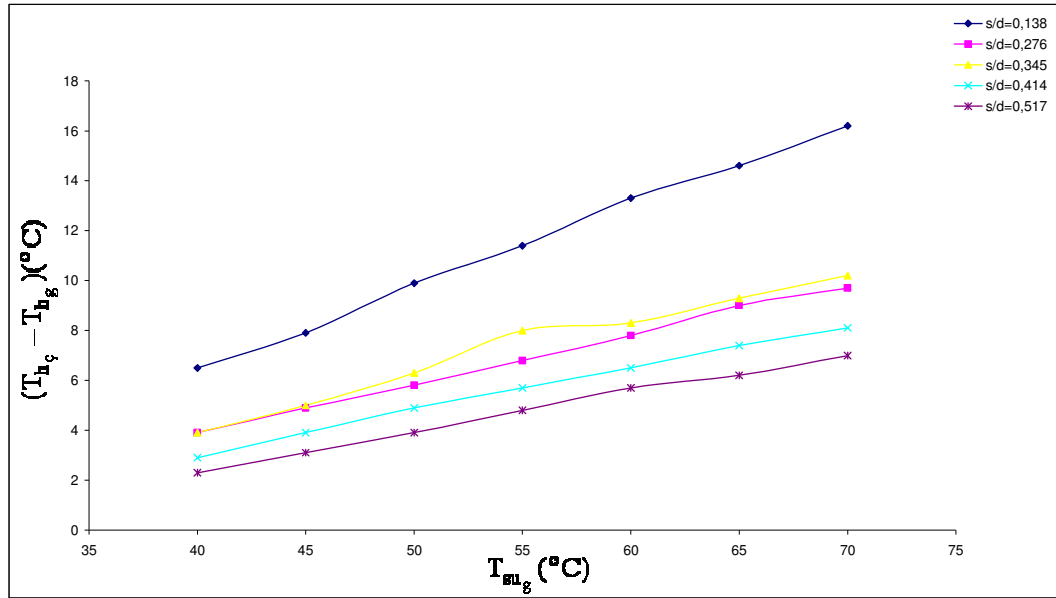
Şekil 6.78  $\Theta=60^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, *emme ters akış* durumunda,  $(T_{h_ç} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



Şekil 6.79  $\Theta=60^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,04$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, basma paralel akış durumunda,  $(T_{h_\varphi} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



Şekil 6.80  $\Theta=60^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,06$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,276$ ,  $s/d=0,345$ ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, basma paralel akış durumunda,  $(T_{h_\varphi} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi



**Şekil 6.81**  $\Theta=60^\circ$  ,  $\dot{m}_h = 0,08$  kg/s ve  $\dot{m}_{su} = 1,1$  kg/s için,  $s/d=0,138$  ,  $s/d=0,276$  ,  $s/d=0,345$  ,  $s/d=0,414$  ve  $s/d=0,517$  hallerinde, basma paralel akış durumunda,  $(T_{h_ç} - T_{h_g})$  değerinin su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre değişimi

Hava debisinin, 0,04 kg/s, 0,06 kg/s ve 0,08 kg/s değerlerinde, emme paralel, emme ters ve basma paralel akış durumlarının, hem  $\Theta=30^\circ$  hem de  $\Theta=60^\circ$  açısız delik konumlarında,  $s/d=0,138$ 'deki  $(T_{h_ç} - T_{h_g})$  değerlerinin diğer  $s/d$ 'lerdeki  $(T_{h_ç} - T_{h_g})$  değerlerine göre daha iyi olduğu Şekil 6.64 ile Şekil 6.81 arasındaki diyagramlarda gösterilmektedir. Bunun nedeninin ise, emme paralel, emme ters ve basma paralel akış durumlarının hepsinde, her üç debi değerinde de,  $s/d=0,138$  için ısıtıcıda oluşan hücre sayısının diğer  $s/d$  oranlarına göre artması, bu nedenle, havanın sistem içinde daha uzun dolaşarak, temas süresinin artması sonucu oluşan, daha fazla ısınmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

### 6.3. Kanatlar Üzerine Açılan Deliklerin Basınç Düşümü Üzerine Etkisi

Boru çapı ( $d$ ) 29 mm, kanat çapı ( $D$ ) 87 mm, kanatlar arası mesafe ( $s$ ) 10 mm ve boru uzunluğu ( $L$ ) 900 mm olan kanatlı boruların; kanat üzerine açılan deliklerin birbirine göre , deliksiz,  $0^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  açısız konumları için, 0,04 kg/s, 0,06 kg/s, 0,08 kg/s olan farklı hava debilerinde ve emme ters akış, emme paralel akış ve

basma paralel akış durumları için yapılan deney sonuçları Tablo 6.1 ile Tablo 6.21 arasındaki tablolarda gösterilmektedir.

Tablo 6.1 ile Tablo 6.21 arasındaki tablolarda görüldüğü gibi, emme paralel, emme ters ve basma paralel akış durumlarının, 0,04 kg/s, 0,06 kg/s, 0,08 kg/s hava debilerinde, deliksiz durum ile delikli durumların  $(p_{h_g} - p_{h_c})$  değerleri arasında çok büyük farklar olmadığı görülmektedir. Bu durumun ise, ısıtıcı boyunun yeterince uzun olmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu nedenle, akışkanın ısıtıcı üniteye hareketinin emme ya da basma şeklinde olmasından kaynaklanan farklar yeterince ayırt edici büyüklükte elde edilememiştir. Ancak kütleli debi arttıkça basınç kaybının da arttığı ilgili tablolarda görülmektedir.



## 7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 7.1. Sonuçlar

Bu çalışmada, deneysel verilerin irdelenmesinden elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmaktadır.

1) Dairesel kanatlı ve yatay konumlu silindirik ısıtıcıya uygulanan belli bir toplam yüzey ısı akısı,  $q_t$  ( $Q_t/A_0$ ), ile ısıtıcıda elde edilen sıcaklık farkı,  $(T_w - T_0)$ , arasında,  $\lambda=D/d=3$  ve  $\gamma=s/d=0,345$  kanat parametreleri ve deliksiz hal için;

#### Emme Paralel Akış;

a)  $\dot{m}_h = 0,04\text{kg/s}$  için,

$$q_t = 182,56(T_w - T_0)^{0,4854} \quad (19 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 23 \times 10^5)$$

b)  $\dot{m}_h = 0,06\text{kg/s}$  için,

$$q_t = 194,6(T_w - T_0)^{0,5392} \quad (35 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 44 \times 10^5)$$

c)  $\dot{m}_h = 0,08\text{kg/s}$  için,

$$q_t = 224,47(T_w - T_0)^{0,4978} \quad (56 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 74 \times 10^5)$$

#### Basma paralel Akış;

a)  $\dot{m}_h = 0,04\text{kg/s}$  için,

$$q_t = 179,56(T_w - T_0)^{0,4842} \quad (19 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 27 \times 10^5)$$

b)  $\dot{m}_h = 0,06 \text{ kg/s}$  için,

$$q_t = 192,36(T_w - T_0)^{0,5139} \quad (37 \times 10^5 < \overline{Re}_d \leq 50 \times 10^5)$$

c)  $\dot{m}_h = 0,08 \text{ kg/s}$  için,

$$q_t = 200,66(T_w - T_0)^{0,5364} \quad (59 \times 10^5 < \overline{Re}_d \leq 83 \times 10^5)$$

Emme Ters Akış;

a)  $\dot{m}_h = 0,04 \text{ kg/s}$  için,

$$q_t = 150,96(T_w - T_0)^{0,4339} \quad (15 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 17 \times 10^5)$$

b)  $\dot{m}_h = 0,06 \text{ kg/s}$  için,

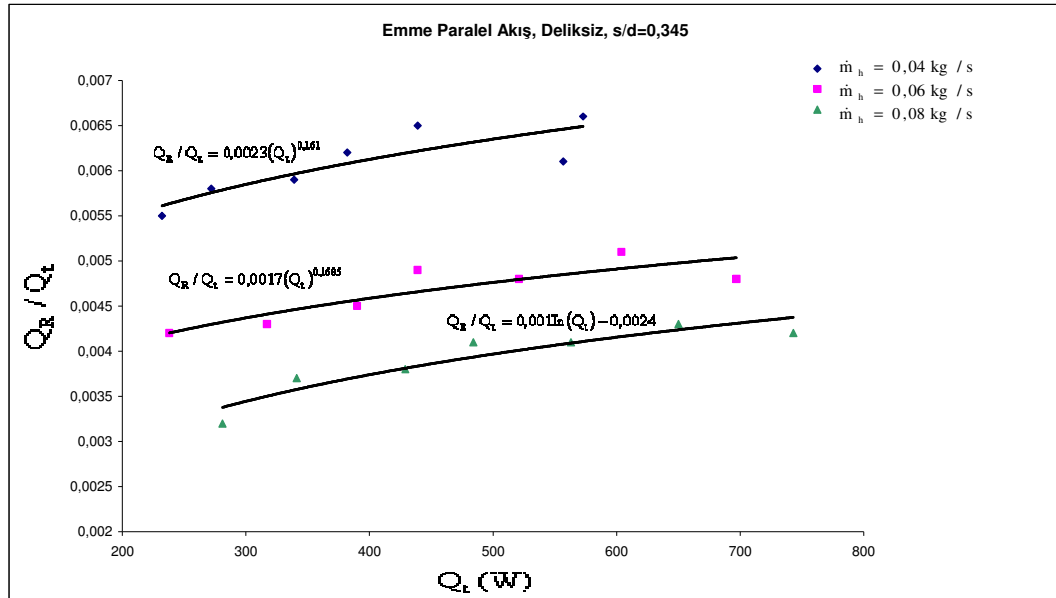
$$q_t = 181,03(T_w - T_0)^{0,4611} \quad (27 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 31 \times 10^5)$$

c)  $\dot{m}_h = 0,08 \text{ kg/s}$  için,

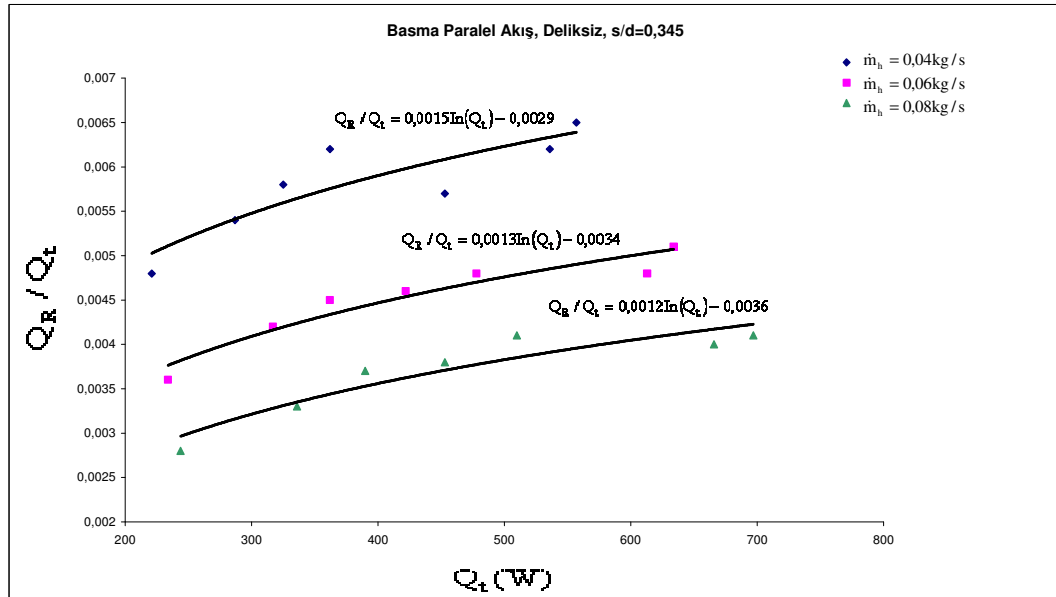
$$q_t = 181,68(T_w - T_0)^{0,5119} \quad (41 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 47 \times 10^5)$$

bağıntıları elde edilmiştir.

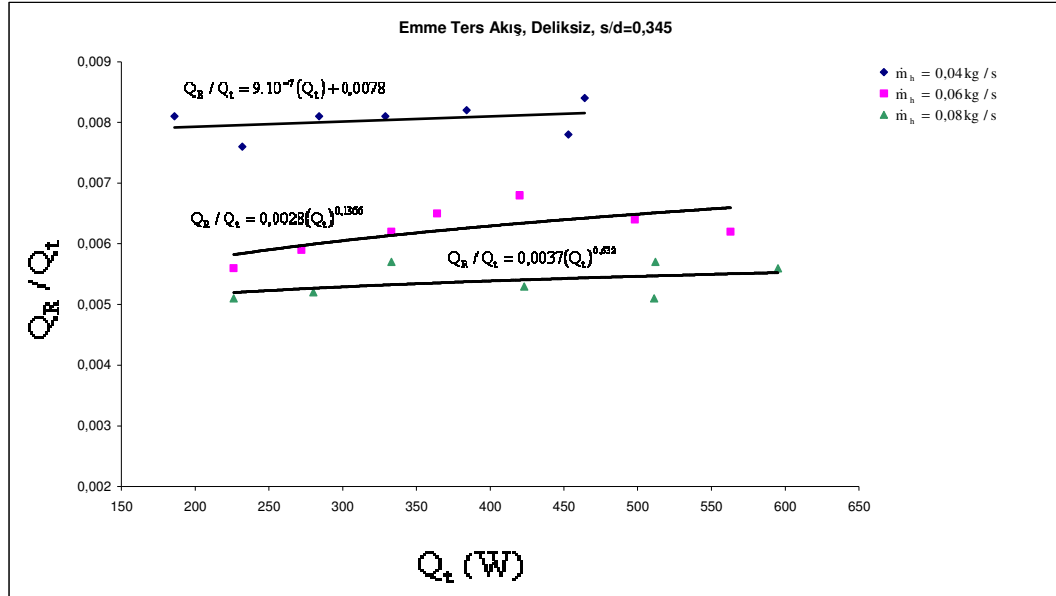
2) Deliksiz hal için, ısıtıcıya uygulanan güç girdisinin büyüklüğünün, radyasyonla ısı transferinin toplam ısı transferine oranına göre değişimi, üç farklı hava debisinde, üç farklı akış şekli için ayrı ayrı incelendiğinde, Şekil 7.1, Şekil 7.2 ve Şekil 7.3'de gösterildiği gibi olmaktadır.



**Şekil 7.1** Üç farklı hava debisinde, deliksiz ve  $s/d=0,345$  halleri için, *emme paralel akış* durumunda, ısıtıcıya uygulanan güç girdisinin büyüklüğünün, radyasyonla ısı transferinin toplam ısı transferine oranına göre değişimi



**Şekil 7.2** Üç farklı hava debisinde, deliksiz ve  $s/d=0,345$  halleri için, *Basma paralel akış* durumunda, ısıtıcıya uygulanan güç girdisinin büyüklüğünün, radyasyonla ısı transferinin toplam ısı transferine oranına göre değişimi



**Şekil 7.3** Üç farklı hava debisinde, deliksiz ve  $s/d=0,345$  halleri için, *emme ters akış* durumunda, ısıtıcıya uygulanan güç girdisinin büyüklüğünün, radyasyonla ısı transferinin toplam ısı transferine oranına göre değişimi

3) Deliksiz haldeki dairesel kanatlı ve yatay konumlu silindirik ısıtıcı için  $Nu_d$  ve  $\overline{Re}_d$  sayıları arasında ( $\lambda = D/d = 3$  ve  $\gamma = s/d = 0,345$  kanat parametreleri için),

#### Emme Paralel Akış;

a)  $\dot{m}_h = 0,04 \text{ kg/s}$  için,

$$Nu_d = 9 \times 10^{-7} (\overline{Re}_d)^{1,2122} \quad (19 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 23 \times 10^5)$$

b)  $\dot{m}_h = 0,06 \text{ kg/s}$  için,

$$Nu_d = 3 \times 10^{-6} (\overline{Re}_d)^{1,1087} \quad (37 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 44 \times 10^5)$$

c)  $\dot{m}_h = 0,08 \text{ kg/s}$  için,

$$Nu_d = 10^{-8} (\overline{Re}_d)^{1,4452} \quad (56 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 74 \times 10^5)$$

Emme Ters Akış;

a)  $\dot{m}_h = 0,04\text{kg/s}$  için,

$$\text{Nu}_d = 10^{-7} (\overline{\text{Re}}_d)^{1,34} \quad (15 \times 10^5 < \overline{\text{Re}}_d < 17 \times 10^5)$$

b)  $\dot{m}_h = 0,06\text{kg/s}$  için,

$$\text{Nu}_d = 2 \times 10^{-8} (\overline{\text{Re}}_d)^{1,4262} \quad (27 \times 10^5 < \overline{\text{Re}}_d < 31 \times 10^5)$$

c)  $\dot{m}_h = 0,08\text{kg/s}$  için,

$$\text{Nu}_d = 5 \times 10^{-6} (\overline{\text{Re}}_d)^{1,0546} \quad (41 \times 10^5 < \overline{\text{Re}}_d < 47 \times 10^5)$$

Basma Paralel Akış;

a)  $\dot{m}_h = 0,04\text{kg/s}$  için,

$$\text{Nu}_d = 10^{-6} (\overline{\text{Re}}_d)^{1,2041} \quad (19 \times 10^5 < \overline{\text{Re}}_d < 27 \times 10^5)$$

b)  $\dot{m}_h = 0,06\text{kg/s}$  için,

$$\text{Nu}_d = 10^{-7} (\overline{\text{Re}}_d)^{1,3312} \quad (37 \times 10^5 < \overline{\text{Re}}_d \leq 50 \times 10^5)$$

c)  $\dot{m}_h = 0,08\text{kg/s}$  için,

$$\text{Nu}_d = 2 \times 10^{-7} (\overline{\text{Re}}_d)^{1,266} \quad (59 \times 10^5 < \overline{\text{Re}}_d < 83 \times 10^5)$$

bağıntıları bulunmuştur.

4) Kanatlar üzerinde deliklerin açılması ve delikli kanatların birbirine göre ayrı ayrı  $\Theta=0^0$ ,  $\Theta=15^0$ ,  $\Theta=30^0$ ,  $\Theta=45^0$ ,  $\Theta=60^0$  ve  $\Theta=90^0$  açısal konfigürasyonda yerleştirilmeleri durumlarına ilişkin veriler, akışkanın ısıtıcıya emme, basma şeklinde verilmesi ile su ve havanın birbirine göre ters / paralel akış durumları için incelendiğinde, su sıcaklığına göre ,

a)  $\Theta=30^0$ 'lik açısal yerleştirmede en yüksek  $(T_w - T_0)$  sıcaklık farkının elde edildiği ve bunun değerinin deliksiz hale göre,  $T_{su_g} < 55$  °C için % 25 seviyesinde,  $T_{su_g} > 55$  °C için ise giderek artmak üzere, ortalama % 32 oranında daha büyük olduğu tespit edilmiştir (emme ters akış için).

b) Buna karşılık emme ters akış durumu için  $(T_w - T_0)$  sıcaklık farkının,  $\Theta=90^0$ 'lik yerleşimde,  $T_{su_g} > 60$  °C için deliksiz hale göre daha düşük değerler aldığı görülmüştür.

c) Basma ve paralel akış için  $(T_w - T_0)$  sıcaklık farkının en fazla olduğu açısal yerleşimin yine  $\Theta=30^0$  olduğu görülmüştür. Bu durumda elde edilen değerlerin, deliksiz kanat durumuna göre, yaklaşık % 40'lar seviyesinde, daha yüksek değerde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca hem bu akış koşulunda hem de diğer tüm açısal yerleşimlerde de deliksiz hale göre daha yüksek değerler elde edildiği belirlenmiştir.

d) Emme paralel akış durumunda ise en yüksek  $(T_w - T_0)$  sıcaklık farkı,  $\Theta=60^0$  konumu için elde edilmiştir. Bu akış koşulu için en düşük  $(T_w - T_0)$  farklarının,  $\Theta=0^0$  yerleşim durumunda olduğu görülmüştür.  $\Theta=60^0$ 'lik yerleşim uygulamasında, deliksiz hale göre,  $(T_w - T_0)$ , değerleri için ortalama % 43 mertebesinde daha yüksek değerler elde edildiği tespit edilmiştir.

5) Su sıcaklıklarına göre  $\overline{Re}_d$  sayısının değişimi, deliksiz ve farklı  $\Theta$  açısal yerleşim koşullarına ait bulgular incelendiğinde, emme ters akış için,  $T_{su_g} < 60$  °C'de deliksiz hal ve  $T_{su_g} > 60$  °C'de ise  $\Theta=90^0$ 'lik yerleşimde daha büyük olduğu, buna karşılık en düşük  $\overline{Re}_d$  sayılarının  $\Theta=30^0$ 'lik açısal yerleşim başta olmak üzere  $\Theta=15^0$  ve  $\Theta=45^0$  için elde edildiği belirlenmiştir. Bu durum ise, söz konusu olan açısal yerleşimler için sınır

tabaka etkileşiminin diğer lokasyonlara göre daha fazla olduğunu göstermektedir (emme ters akış için).

6)  $T_{su_g}$  sıcaklığının  $50\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 55\text{ }^{\circ}\text{C}$  aralığındaki değerlerinde, havanın fiziksel özelliklerinin oldukça etkilendiği ve bu nedenle de  $\overline{Re}_d$  sayısının açısal yerleşime göre düzenli bir değişim göstermediği tespit edilmiştir. Bu bölgedeki  $\overline{Re}_d$  sayısı değişiminin oldukça küçük olduğu ve  $\Theta$  yerleşim parametrelerinin de en az etkili olduğu bölgenin bu bölge olduğu görülmüştür.

7) Emme paralel akış durumu için ise,  $\overline{Re}_d$  sayısının, su giriş sıcaklığına ( $T_{su_g}$ ) göre durumu incelendiğinde, en yüksek  $\overline{Re}_d$  sayılarının deliksiz,  $\Theta=0^0$  ve  $\Theta=90^0$  durumları için elde edildiği görülmektedir. Özellikle  $\Theta=0^0$  açısal konumun diğer konumlardan daha iyi olduğu görülmektedir. Bu akış koşulu için en düşük  $\overline{Re}_d$  sayıları,  $\Theta=15^0$ ,  $\Theta=30^0$ ,  $\Theta=45^0$  ve  $\Theta=60^0$  durumları için elde edilmektedir. En düşük  $\overline{Re}_d$  sayısı değeri  $\Theta=15^0$  konumunda tespit edilmektedir. Yukarıda da açıklandığı gibi, bu durum, söz konusu açısal yerleşimde sınır tabaka etkileşiminin oldukça fazla olduğu anlamına gelmektedir.

8) Basma paralel akış durumunda ise,  $\overline{Re}_d$  sayısının su giriş sıcaklığına göre değişimi incelendiğinde, en yüksek  $\overline{Re}_d$  sayılarının,  $\Theta=0^0$  açısal yerleşim için elde edildiği, bunu  $\Theta=90^0$  ve deliksiz halin takip ettiği görülmektedir. O halde bu geometrik yerleşimler sınır tabaka etkileşiminin en az olduğu durumlardır. Buna karşılık, en düşük  $\overline{Re}_d$  sayılarının da, başta  $\Theta=15^0$ 'lik yerleşim olmak üzere  $\Theta=30^0$  ve  $\Theta=45^0$ 'lik yerleşim geometrilerinde olduğu tespit edilmiştir.

9) Genel olarak su giriş sıcaklığına göre  $\overline{Re}_d$  sayısının değişimi, akış koşulları ve ısıtıcıya havanın besleme şekli birlikte dikkate alındığında, en yüksek  $\overline{Re}_d$  sayılarının, akışkanların birbirine göre paralel / ters ve havayı besleme şekli olan, emme / basma şeklinden etkilendiği;

a) Emme ters akış için en yüksek  $\overline{Re}_d$  sayılarının,  $T_{su_g} < 55\text{ }^{\circ}\text{C}$  için deliksiz,  $T_{su_g} > 60\text{ }^{\circ}\text{C}$  için  $\Theta=90^0$  açısal geometrik konumlarında elde edildiği,

b) Emme paralel akış için ise en yüksek  $\overline{Re}_d$  sayılarının da, başta  $\Theta=0^0$  olmak üzere  $\Theta=90^0$  için elde edildiği,

c) Basma paralel akış için de büyük  $\overline{Re}_d$  sayılarının,  $T_{su_g} < 60$  °C için  $\Theta=0^0$  ve  $T_{su_g} > 60$  °C için de  $\Theta=90^0$ 'lik konumlarda elde edildiği tespit edilmiştir.

10) Dairesel kanatlı ve yatay konumlu silindirik ısıtıcıda, kanatlar üzerinde açılan dairesel delikler esas alınarak,  $D/d = 3$  ve  $s/d = 0,345$  kanat parametrelerinde, ayrı ayrı  $\Theta=0^0$ ,  $\Theta=15^0$ ,  $\Theta=30^0$ ,  $\Theta=60^0$  ve  $\Theta=90^0$  açısız yerleştirmeye bağlı olarak elde edilen deneysel sonuçlara göre,  $0^0 \leq \Theta \leq 90^0$  aralığında,  $Nu_d$  sayısı ile  $\overline{Re}_d$  sayısı arasındaki ilişki de;

#### Emme paralel akış;

a)  $\dot{m}_h = 0,04 \text{ kg/s}$  için,

$$Nu_{d_0} = 4 \times 10^{-7} (\overline{Re}_d)^{1,2731} \quad 0^0 \leq \Theta \leq 90^0$$

$$\theta = 0^0 \text{ için; } 20 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 27 \times 10^5$$

$$\theta = 15^0 \text{ için; } 14 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 18 \times 10^5$$

$$\theta = 30^0 \text{ için; } 15 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 18 \times 10^5$$

$$\theta = 45^0 \text{ için; } 16 \times 10^5 \leq \overline{Re}_d < 21 \times 10^5$$

$$\theta = 60^0 \text{ için; } 16 \times 10^5 < \overline{Re}_d \leq 19 \times 10^5$$

$$\theta = 90^0 \text{ için; } 20 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 27 \times 10^5$$

b)  $\dot{m}_h = 0,06 \text{ kg/s}$  için,

$$Nu_{d_0} = 5 \times 10^{-8} (\overline{Re}_d)^{1,3771} \quad 0^0 \leq \Theta \leq 90^0$$

$$\theta = 0^0 \text{ için; } 39 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 56 \times 10^5$$

$$\theta = 15^0 \text{ için; } 28 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 37 \times 10^5$$

$$\theta = 30^0 \text{ için; } 29 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 35 \times 10^5$$



$$\theta = 45^0 \text{ için; } 30 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 36 \times 10^5$$

$$\theta = 60^0 \text{ için; } 29 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 33 \times 10^5$$

$$\theta = 90^0 \text{ için; } 40 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 51 \times 10^5$$

c)  $\dot{m}_h = 0,08 \text{ kg/s}$  için,

$$Nu_{d_0} = 2 \times 10^{-8} (\overline{Re}_d)^{1,4157} \quad 0^0 \leq \theta \leq 90^0$$

$$\theta = 0^0 \text{ için; } 65 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 90 \times 10^5$$

$$\theta = 15^0 \text{ için; } 41 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 52 \times 10^5$$

$$\theta = 30^0 \text{ için; } 43 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 50 \times 10^5$$

$$\theta = 45^0 \text{ için; } 46 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 54 \times 10^5$$

$$\theta = 60^0 \text{ için; } 43 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 45 \times 10^5$$

$$\theta = 90^0 \text{ için; } 64 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 83 \times 10^5$$

Emme ters akış;

a)  $\dot{m}_h = 0,04 \text{ kg/s}$  için,

$$Nu_{d_0} = 10^{-6} (\overline{Re}_d)^{1,2052} \quad 0^0 \leq \theta \leq 90^0$$

$$\theta = 0^0 \text{ için; } 13 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 17 \times 10^5$$

$$\theta = 15^0 \text{ için; } 11 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 14 \times 10^5$$

$$\theta = 30^0 \text{ için; } 11 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 13 \times 10^5$$

$$\theta = 45^0 \text{ için; } 11 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 12 \times 10^5$$

$$\theta = 60^0 \text{ için; } 14 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 16 \times 10^5$$

$$\theta = 90^0 \text{ için; } 13 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 17 \times 10^5$$

b)  $\dot{m}_h = 0,06 \text{ kg/s}$  için,

$$Nu_{d_0} = 2 \times 10^{-7} (\overline{Re}_d)^{1,2748} \quad 0^0 \leq \theta \leq 90^0$$

$$\theta = 0^0 \text{ için; } 25 \times 10^5 < \overline{\text{Re}}_d < 29 \times 10^5$$

$$\theta = 15^0 \text{ için; } 18 \times 10^5 < \overline{\text{Re}}_d < 24 \times 10^5$$

$$\theta = 30^0 \text{ için; } 20 \times 10^5 < \overline{\text{Re}}_d < 22 \times 10^5$$

$$\theta = 45^0 \text{ için; } 20 \times 10^5 \leq \overline{\text{Re}}_d \leq 22 \times 10^5$$

$$\theta = 60^0 \text{ için; } 26 \times 10^5 < \overline{\text{Re}}_d < 29 \times 10^5$$

$$\theta = 90^0 \text{ için; } 26 \times 10^5 < \overline{\text{Re}}_d < 33 \times 10^5$$

c)  $\dot{m}_h = 0,08 \text{ kg/s}$  için,

$$\text{Nu}_{d_0} = 10^{-7} (\overline{\text{Re}}_d)^{1,3046} \quad 0^0 \leq \theta \leq 90^0$$

$$\theta = 0^0 \text{ için; } 37 \times 10^5 < \overline{\text{Re}}_d < 44 \times 10^5$$

$$\theta = 15^0 \text{ için; } 26 \times 10^5 < \overline{\text{Re}}_d < 34 \times 10^5$$

$$\theta = 30^0 \text{ için; } 27 \times 10^5 < \overline{\text{Re}}_d < 34 \times 10^5$$

$$\theta = 45^0 \text{ için; } 30 \times 10^5 < \overline{\text{Re}}_d < 39 \times 10^5$$

$$\theta = 60^0 \text{ için; } 41 \times 10^5 < \overline{\text{Re}}_d < 44 \times 10^5$$

$$\theta = 90^0 \text{ için; } 37 \times 10^5 < \overline{\text{Re}}_d < 51 \times 10^5$$

Basma paralel akış;

a)  $\dot{m}_h = 0,04 \text{ kg/s}$  için,

$$\text{Nu}_{d_0} = 4 \times 10^{-7} (\overline{\text{Re}}_d)^{1,2747} \quad 0^0 \leq \theta \leq 90^0$$

$$\theta = 0^0 \text{ için; } 21 \times 10^5 < \overline{\text{Re}}_d < 28 \times 10^5$$

$$\theta = 15^0 \text{ için; } 14 \times 10^5 < \overline{\text{Re}}_d < 17 \times 10^5$$

$$\theta = 30^0 \text{ için; } 15 \times 10^5 < \overline{\text{Re}}_d < 19 \times 10^5$$

$$\theta = 45^0 \text{ için; } 16 \times 10^5 < \overline{\text{Re}}_d < 18 \times 10^5$$

$$\theta = 60^0 \text{ için; } 18 \times 10^5 < \overline{\text{Re}}_d < 22 \times 10^5$$

$$\theta = 90^0 \text{ için; } 21 \times 10^5 < \overline{\text{Re}}_d < 25 \times 10^5$$

b)  $\dot{m}_h = 0,06 \text{ kg/s}$  için,

$$Nu_{d_0} = 10^{-7} (\overline{Re}_d)^{1,3236} \quad 0^0 \leq \Theta \leq 90^0$$

$$\theta = 0^0 \text{ için; } 39 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 56 \times 10^5$$

$$\theta = 15^0 \text{ için; } 27 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 33 \times 10^5$$

$$\theta = 30^0 \text{ için; } 29 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 35 \times 10^5$$

$$\theta = 45^0 \text{ için; } 29 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 35 \times 10^5$$

$$\theta = 60^0 \text{ için; } 30 \times 10^5 \leq \overline{Re}_d < 37 \times 10^5$$

$$\theta = 90^0 \text{ için; } 41 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 50 \times 10^5$$

c)  $\dot{m}_h = 0,08 \text{ kg/s}$  için,

$$Nu_{d_0} = 3 \times 10^{-8} (\overline{Re}_d)^{1,3777} \quad 0^0 \leq \Theta \leq 90^0$$

$$\theta = 0^0 \text{ için; } 64 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 94 \times 10^5$$

$$\theta = 15^0 \text{ için; } 39 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 52 \times 10^5$$

$$\theta = 30^0 \text{ için; } 39 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 50 \times 10^5$$

$$\theta = 45^0 \text{ için; } 45 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 51 \times 10^5$$

$$\theta = 60^0 \text{ için; } 51 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 61 \times 10^5$$

$$\theta = 90^0 \text{ için; } 64 \times 10^5 < \overline{Re}_d < 75 \times 10^5$$

olarak bulunmuştur.

11) Kanatları üzerinde delik açılmamış konumdaki ısıtıcı ile kanatları üzerinde delik açılmış ve  $\Theta=0^0$ 'lik açı ile konumlandırılmış,  $s/d=0,345$  olan ısıtıcıda, aynı hava debisi ( $\dot{m}_h = 0,06 \text{ kg/s}$ ) ve emme ters akış için aynı  $\overline{Re}_d$  sayısında,  $Nu_d$  değerleri incelendiğinde; delikli haldeki  $Nu_d$  sayısının, deliksiz hale göre % 2,43 oranında daha fazla olduğu, buna karşılık basınç kaybında ise % 3,84 oranında azalma olduğu tespit edilmiştir.

12)  $s/d=0,345$  durumunda, emme paralel akış için ise, aynı  $\overline{Re}_d$  sayısının,  $\Theta=0^0$  için ve deliksiz hal için de,  $\dot{m}_h = 0,06 \text{ kg/s}$  debi ile elde edilebildiği, bu durumda delikli

haldeki  $Nu_d$  sayısının deliksiz hale göre % 1,13 oranında arttığı buna karşılık basınç düşümünün ise %4,16 oranında arttığı tespit edilmiştir.

13)  $s/d=0,345$  durumunda, basma paralel akış için ise, aynı  $\overline{Re}_d$  sayısı,  $\dot{m}_h = 0,06 \text{ kg/s}$  hava debisi için, deliksiz kanat ve  $\Theta=0^0$  açısal yerleştirmeler için elde edilmekte, bu durumda delikli halin  $Nu_d$  sayısı, deliksiz hale göre % 0,47 oranında artarken, basınç düşümü değişmeden aynı kalmaktadır.

14)  $s/d=0,345$  durumunda,  $\Theta=90^0$ 'lik açısal yerleşim tarzı ile deliksiz hal için, aynı  $\overline{Re}_d$  sayılarında, emme ters akış için  $Nu_d$  sayıları incelendiğinde; delikli haldeki  $Nu_d$  sayısının deliksiz hale göre %2,94 oranında fazla olduğu, buna karşılık basınç kaybında bir değişimin olmadığı tespit edilmiştir.

15)  $\gamma = s/d$  oranı küçüldükçe ısıtıcı içindeki kanatlar arası boşluk yani hücre sayısı artmaktadır. Bu durumda hücre akış kesit alanı küçülmektedir. Belli bir kütleli debi için azalan hücre alanı, dolayısıyla hacminden aynı miktar kütle geçebilmesi için havanın hızı artmaktadır. Artan hız,  $\overline{Re}_d$  sayısının değişimine yani artmasına neden olmaktadır. Buna karşılık hidrodinamik sınır tabaka gelişimi, aynı oranda termik sınır tabakada sağlanamadığından  $Nu_d$  sayısı düşük kalmaktadır.  $\gamma = s/d$  oranı azaldıkça ve kütleli debi arttıkça, bu eğilimde, aynı akış koşulları ve kütleli debiler için büyümektedir.

16) Farklı  $\overline{Re}_d$  sayılarında en uygun  $s/d$  oranının değiştiği ve ısı transferi açısından en uygun akış koşulunun da emme paralel akış durumunda olduğu görülmüştür. Yani,  $s/d=0,138$ ,  $s/d=0,345$  ve  $s/d=0,414$  için en uygun akışın emme paralel akış ve en uygun açısal konumun  $\Theta=60^0$  olduğu,  $s/d=0,276$  ve  $s/d=0,517$  için ise en uygun akışın yine emme paralel akış olduğu ve en uygun açısal konumun ise  $\Theta=30^0$  olduğu görülmüştür.

17) Farklı  $s/d$  oranları gözetildiğinde, emme paralel akış durumunda, emme ters akışa göre, ısı transferi açısından, ortalama olarak,  $\Theta=30^0$  için %11 ve  $\Theta=60^0$  için de yaklaşık %8,56 oranında daha iyi sonuçlar elde edildiği görülmüştür.

18) Farklı s/d oranlarında, emme paralel akış durumunda emme ters akışa göre, ortalama olarak,  $\Theta=30^0$  için %3,48 ve  $\Theta=60^0$  için %3,78 daha az basınç düşümü olduğu görülmüştür.

19) 16, 17 ve 18'de belirtilen durumlar göz önüne alındığında, ısı transferi ve basınç düşümü açısından en uygun akışın emme paralel akış ve en uygun açısız konumunda, s/d'ye bağlı olarak; s/d=0,138, s/d=0,345 ve s/d=0,414 için  $\Theta=60^0$ , s/d=0,276 ve s/d=0,517 için de  $\Theta=30^0$  olduğu görülmüştür.

20) Ayrıca ısı transferi açısından en uygun s/d'nin, emme paralel akış ve  $\Theta=60^0$  için s/d=0,138, emme paralel akış ve  $\Theta=30^0$  için de s/d=0,276 olduğu görülmüştür. Bu durumlardaki basınç düşümlerinin de hemen hemen aynı olduğu tespit edilmiştir.

## 7.2. Öneriler

Bu çalışmada, pratikte çok karşılaşılan sıvı/gaz akışkanlı ısı değiştiricilerinde gaz tarafına uygulanan kanatların konumlandırılmasında; birbirine komşu kanatlar arasındaki sınır tabaka etkileşimini azaltabilmek amacıyla, kanatlar üzerinde dairesel deliklerin açılması ve bunların belirli açısız doğrultularda, ısıtıcı boru etrafına yerleştirilmesinin sağlayacağı avantajları tespit etmek üzere deneysel bir çalışma yapılmıştır. Kanat dibine yakın ve ısıtıcı silindirik gövde borusunun hemen üzerinde açılan dairesel delikler yardımıyla, kanatlar arasında oluşturulan ilave akışkan hareketi ile iki kanat arasında oluşan sınır tabaka oluşumu bozularak ısı transferinde iyileşme sağlanması hususu araştırılmıştır. İleride yapılacak yeni çalışmalarda dairesel delikler yerine, üçgen, dörtgen vs. gibi başka geometrik şekilli deliklerin açılarak çalışmaların yapılması yanında, bu deliklerin kanat üzerindeki yeri ve sayısı değiştirilerek yapılacak çalışmalarla bu konudaki bilgi birikiminin artırılması yararlı olacaktır. Yapılacak yeni çalışmalarda, basınç kayıplarının tespit edilmesi de şüphesiz önemli olacaktır. Çalışmada kullanılan delinmiş kanatlı boruların, aynı eksende yerleşimi ya da çapraşık düzende yerleşimi ile oluşturulacak ısıtıcı boru demetinde, borular arası mesafenin akış ve ısı geçişine etkisinin incelenmesi de faydalı olacaktır. Ayrıca paket tipi ısıtıcıda, boru yerleşim düzenine bağlı olarak ısıtıcı performansının incelenmesinin de gerekli olduğu düşünülmektedir.

## 8. KAYNAKLAR

- Algifri, A.H., and Bhardwaj, R.K., (1985) Prediction of the Heat Transfer for Decaying Turbulent Swirl Flow in a Tube. *Heat Mass Transfer*, 28: 1637 – 1643.
- Algifri, A.H., Bhardwaj, R.K., and Rao, Y.V.N., (1988) Heat Transfer in Turbulent Decaying Swirl Flow in a Circular Pipe. *Heat Mass Transfer*, 31: 1563 – 1568.
- Biswas, G., Mitra, N.K., and Fiebig, M., (1994) Heat Transfer Enhancement in Fin – Tube Heat Exchangers by Winglet Type Vortex Generators. *Heat Mass Transfer*, 37: 283 – 291.
- Çınar, G., ve Yılmaz, İ., (2003) Kanatlı Borulu Isı Değiştirici Dizaynı”, *I. Ege Enerji Sempozyumu ve Sergisi*, Denizli, s. 95 – 103.
- Fan, J., Zhou, D., Zeng, K., and Cen, K., (1992) Numerical and Experimental Study of Finned Tube Erosion Protection Methods. *Wear*, 152:1 – 19.
- Genceli, F. G., (1998) Ölçme Tekniği, *Birsen Yayınevi*, İstanbul, 387s.
- Genceli, F. G., (1999) Isı Değiştiricileri, *Birsen Yayınevi*, İstanbul, 424s.
- Genic, S. B., Jacimovic, B. M., and Latinovic, B. R., (2006) Research on Air Pressure Drop in Helically – Finned Tube Heat Exchangers. *Applied Thermal Engineering*, 26: 478 – 485.
- Guglielmini, G., Nannei, E., and Tanda, G., (1987) Natural Convection and Radiation Heat Transfer from Staggered Vertical Fins. *Heat Mass Transfer*, 30: 1941 – 1948.
- Halıcı, F., Taymaz, İ., and Gündüz, M., (2001) The Effect of The Number of Tube Rows on Heat, Mass and Momentum Transfer in Flat – Plate Finned Tube Heat Exchangers. *Energy*, 26: 963 – 972.
- Hirai, S., Takagi, T., and Higashiya, T., (1989) Numerical Prediction of Flow Characteristics and Retardation of Mixing in a Turbulent Swirling Flow. *Heat Mass Transfer*, 32: 121 – 130.
- Holman, J.P., (1976) Heat Transfer, *Mc Graw – Hill Kogakusha*, Tokyo, 530s.
- Incropera, F.P., and De Witt, D.P., (2001) Isı ve Kütle Geçişinin Temelleri, (Derbentli, T., Genceli, O., Güngör, A., Hepbaşlı, A., İlken, Z., Özbalta, N., Özgüç, F., Parmaksızoğlu, C., ve Uralcan, Y.), *Literatür Yayıncılık*, İstanbul, 960s.

- İlken, Z., (1996) Isı Taşınımı, *TMMOB, Makine Mühendisleri Odası*, yayın no:10, İzmir, 133s.
- Jang, Y.J., Wu, M.C., and Chang, W.J., (1996) Numerical and Experimental Studies of Three – Dimensional Plate – Fin and Tube Heat Exchangers. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 39: 3057 – 3066.
- Jang, J.Y., and Chen L.K., (1997) Numerical Analysis of Heat Transfer and Fluid Flow in a Three – Dimensional Wavy – Fin and Tube Heat Exchanger. *Heat Mass Transfer*, 40: 3981 – 3990.
- Kakaç, S., and Liu, H., (1997) Heat Exchangers Selection, Rating and Thermal Design, *CRC Press*, Florida, 432s.
- Kang, H.C., and Kim, M.H., (1999) Effect of Strip Location on the Air – Side Pressure Drop and Heat Transfer in Strip Fin – and – Tube Heat Exchanger. *Refrigeration*, 22: 302 – 312.
- Karabacak, R., (1992) The Effects of Fin Parameters on the Radiation and Free Convection Heat Transfer From a Finned Horizontal Cylindrical Heater. *Energy Conversion and Management*, 33: 997-1005.
- Karabacak R., (1996) Experimental Relationships For Heat Flux, Nusselts Number and Temperature Difference in a Finned Heater. *Energ Conversion and Management*, 37: 591-597.
- Karabacak, R., (1989) Kanatlı Yatay Konumlu Silindirik Bir Isıtıcıda Doğal Taşınım İle Isı Transferine Kanat Parametrelerinin Etkisi., Doktora Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 108 s.
- Kayansayan, N., (1993a) Thermal Characteristics of Fin – and – Tube Heat Exchanger Cooled By Natural Convection. *Experimental thermal and Fluid Science*, 7: 177 – 188.
- Kayansayan, N., and Acar, A. A., (2006) Ice Formation Around a Finned – Tube Heat Exchanger for Cold Thermal Energy Storage. *International Journal of Thermal Sciences*, 45: 405 – 418.
- Kayansayan, N., (1993b) Heat Transfer Characterization of Flat Plain Fins and Round Tube Heat Exchangers. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 6: 263 – 272.
- Kim, Y., and Kim, Y., (2005) Heat Transfer Characteristics of Flat Plate Finned – Tube Heat Exchangers with Large Fin Pitch. *International Journal of Refrigeration*, 28: 851 – 858.
- Kim, T., Zhao, C. Y., Lu, T. J., and Hodson, H. P., (2001) Convective Heat Dissipation with Lattice – Frame Materials. *Mechanics of Materials*, 36: 767-780.

- Knudsen, S., and Furbo, S., (2004) Thermal Stratification in Vertical Mantle Heat Exchangers with Application to Solar Domestic Hot-Water Systems. *Applied Energy*, 78: 257-272.
- Kwon, J. T., Lim, H. J., Kwon, Y. C., Koyama, S., Kim, D. H., and Kondou, C., (2006) An Experimental Study on Frosting of Laminar Air Flow on a Cold Surface with Local Cooling. *International Journal of Refrigeration*, 29: 754 – 760.
- Lee, K. S., and Oh, S. J., (2004) Optimal Shape of The Multi – Passage Branching System in a Single – Phase Parallel – Flow Heat Exchanger. *International Journal of Refrigeration*, 27: 82-88.
- Leu, J. S., Liu, M. S., Liaw, J. S., and Wang, C. C., (2001) A Numerical Investigation of Louvered Fin and Tube Heat Exchangers Having Circular and Oval Tube Configurations. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 44: 4235 – 4243.
- Madi, M.A., Johns, R.A., and Heikal, M.R., (1998) Performance Characteristics Correlation for Round Tube and Plate Finned Heat Exchangers. *International Journal of Refrigeration*, 11: 507 – 517.
- Mon, M. S., and Gross, U., (2004) Numerical Study of Fin – Spacing Effects in Annular – Finned Tube Heat Exchangers. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 47: 1953-1964.
- Peerhossaini, H., Castelain, C., and Guer, Y.L., (1993) Heat Exchanger Design Based on Chaotic Advection. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 7: 333 – 344.
- Snyder, B., Li, K.T., and Wirtz, R.A., (1993) Heat Transfer Enhancement in a Serpentine Channel. *Heat Mass Transfer*, 36: 2965 – 2976.
- Souidi, N., and Bontemps, A., (2001) Countercurrent Gas – Liquid Flow in Plate – Fin Heat Exchangers with Plain and Perforated Fins, *International Journal of Heat and Fluid Flow*, 22: 450 – 459.
- Starner, K.E., and Mc Manus, H.N.JR., (1963) An Experimental Investigation of Free – Convection Heat Transfer From Rectangular – Fin Arrays. *Journal of Heat Transfer (ASME)*, 85: 273.
- Şeker, D., Karataş, H., and Eğrican, N., (2004a) Frost Formation on Fin and Tube Heat Exchangers. Part I – Modeling of Frost Formation on Fin – and – Tube Heat Exchangers. *International Journal of Refrigeration*, 27: 367-374.
- Şeker, D., Karataş, H., and Eğrican, N., (2004b) Frost Formation on Fin – and – Tube Heat Exchangers. Part II – Experimental Investigation of Frost Formation on Fin – and – Tube Heat Exchangers. *International Journal of Refrigeration*, 27: 375-377.
- Tuztaş, M., and Eğrican, A.N., (2002) Mathematical Model of Finned Tube Heat Exchangers For Thermal Simulation Software of Air Conditioners. *Heat Mass Transfer*, 29: 547 – 556.



- Ullmann, A., and Kalman, H., (1989) Efficiency and Optimized Dimensions of Annular Fins of Different Cross – Section Shapes. *Heat Mass Transfer*, 32: 1105 – 1110.
- Wang, C. C., Hwang, Y. M., and Lin, Y. T., (2001) Empirical Correlations for Heat Transfer and Flow Friction Characteristic of Herringbone Wavy Fin and Tube Heat Exchangers. *International Journal of Refrigeration*, 25: 673 – 680.
- Wang, C.C., Chang, Y.J., Hsieh, Y.C., and Lin, Y.T., (1996) Sensible Heat and Friction Characteristics of Plate Fin – and – Tube Heat Exchangers Having Plane Fins. *Refrigeration*, 19: 223 – 230.
- Wang, C.C., Fu, W.L., and Chang C.T., (1997) Heat Transfer and Friction Characteristics of Typical Wavy Fin – and – Tube Heat Exchangers. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 14: 174 – 186.
- Wang, C.C., Hwang, Y.M., and Lin, Y.T., (2002) Empirical Correlations for Heat Transfer and Flow Friction Characteristics of Herringbone Wavy Fin – and – Tube Heat Exchangers. *Refrigeration*, 25: 673 – 680.
- Wierzbowski, M., and Stasiek, J., (2002) Liquid Crystal Technique Application for Heat Transfer Investigation in a Fin – Tube Heat Exchanger Element. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 26: 319 – 323.
- Xia, Y., Zhong, Y., Hrnjak, A. M., and Jacobi, A. M., (2006) Frost, Defrost and Refrost and its Impact on the Air – Side Thermal – Hydraulic Performance of Louvered – Fin, Flat – Tube Heat Exchangers. *International Journal of Refrigeration*, 29: 1066 – 1079.
- Xiao, Q., and Tao, W.Q., (1990) Effect of Fin Spacing on Heat Transfer and Pressure Drop of Two – Row Corrugated – Fin and Tube Heat Exchangers. *Heat Mass Transfer*, 17: 577 – 586.
- Yakut, K., and Şahin, B., (2004) Flow – Induced Vibration Analysis of Conical Rings Used for Heat Transfer Enhancement in Heat Exchangers. *Applied Energy*, 78: 273-288.
- Yan, W.M., Li, H.Y., Wu, Y.J., Lin, J.Y., and Chang, W.R., (2003) Performance of Finned Tube Heat Exchangers Operating Under Frosting Conditions. *Heat and Mass Transfer*, 46: 871 – 877.
- Yan, W.M., and Sheen, P.J., (2000) Heat Transfer and Friction Characteristics of Fin – and – Tube Heat Exchangers. *Heat and Mass Transfer*, 43: 1651 – 1659.
- Yıldız, C., ve Çakmak, G., (2002) Boru Girişinde Düzgün Sıralı Enjektörlü Türbülans Üretici Bulunan Isı Değiştirgeçlerinde Isı Geçişinin ve Basınç Düşümünün İncelenmesi. *Mühendis ve Makine*, 514: 32 – 37.
- Yu, L.T., and Chen, C.K., (1999) Optimization of Circular Fins with Variable Thermal Parameters. *Journal of The Franklin Institute*, 336B: 77 – 95.

- Yun, J.Y., and Lee, K.S., (1999) Investigation of Heat Transfer Characteristics on Various Kinds of Fin – and – Tube Heat Exchangers with Interrupted Surfaces. *Heat and Mass Transfer*, 42: 2375 – 2385.
- Zhao, C. Y., Lu, W., and Tassou, S. A., (2006) Thermal Analysis on Metal – Foam Filled Heat Exchangers. Part II: Tube Heat Exchangers. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 49: 2762 – 2770.

# EKLER

## Ek - 1 Kuru havanın 760 mm Hg basıncında özellikleri

<p>T = Sıcaklık (°C)  <math>\rho</math> = Yoğunluk (kg/m<sup>3</sup>)  <math>c_p</math> = Özgül ısı (kcal/kg°C)  <math>\lambda'</math> = Isı iletim kat. (W/m°C)  <math>\lambda</math> = Isı iletim kat. (kcal/mh°C)</p> <p><math>\beta</math> = Isıl genişleme kat. (1/K)  <math>\mu</math> = kg/ms  <math>\mu'</math> = kg/s/m<sup>2</sup>  <math>\nu</math> = m<sup>2</sup>/s  <math>a</math> = m<sup>2</sup>/s</p> <p>Pr = Prandtl sayısı (<math>\frac{c_p \mu}{\lambda} = \nu / a</math>)</p>										
T	$\rho$	$c_p$	$\lambda'$	$\lambda$	$10^3 \beta$	$10^3 \mu$	$10^6 \mu'$	$10^6 \nu$	$10^6 a$	Pr
-150	2,793	0,245	0,0120	0,0103	8,21	0,870	0,887	3,11	4,19	0,74
-100	1,980	0,241	0,0165	0,0142	5,82	1,18	1,203	5,96	8,28	0,72
-50	1,534	0,240	0,0206	0,0177	4,51	1,47	1,494	9,55	13,4	0,715
0	1,2930	0,240	—	—	3,67	1,72	1,754	13,30	18,7	0,711
20	1,2045	0,240	0,0257	0,0221	3,43	1,82	1,855	15,11	21,4	0,713
40	1,1267	0,241	0,0271	0,0233	3,20	1,91	1,950	16,97	23,9	0,711
60	1,0595	0,241	0,0285	0,0245	3,00	2,00	2,042	18,90	26,7	0,709
80	0,9908	0,241	0,0299	0,0257	2,83	2,10	2,134	20,94	29,6	0,708
100	0,9458	0,242	0,0314	0,0270	2,68	2,18	2,224	23,06	32,8	0,704
120	0,8980	0,242	0,0328	0,0282	2,55	2,27	2,311	25,23	36,1	0,70
140	0,8535	0,242	0,0343	0,0295	2,43	2,35	2,397	27,55	39,7	0,694
160	0,8150	0,243	0,0358	0,0308	2,32	2,43	2,481	29,85	43,0	0,693
180	0,7785	0,244	0,0372	0,0320	2,21	2,51	2,564	32,29	46,7	0,69
200	0,7475	0,245	0,0386	0,0332	2,11	2,58	2,635	34,63	50,5	0,685
250	0,6745	0,247	0,0421	0,0362	1,91	2,78	2,832	41,17	60,3	0,68
300	0,6157	0,250	0,0390	0,0390	1,75	2,95	3,005	47,85	70,3	0,68
350	0,5662	0,252	0,0485	0,0417	1,61	3,12	3,178	55,05	81,1	0,68
400	0,5242	0,255	0,0516	0,0443	1,49	3,28	3,340	62,53	91,9	0,68
450	0,4875	0,258	0,0543	0,0467	—	3,44	3,508	70,54	103,1	0,685
500	0,4564	0,261	0,0570	0,0490	—	3,86	3,938	70,48	114,2	0,69
600	0,4041	0,266	0,0621	0,0534	—	3,58	3,653	95,57	138,2	0,69
700	0,3625	0,271	0,0667	0,0573	—	4,12	4,202	113,7	162,2	0,70
800	0,3287	0,276	0,0706	0,0607	—	4,37	4,450	132,8	185,8	0,715
900	0,301	0,280	0,0741	0,0637	—	4,59	4,68	152,5	210	0,725
1000	0,277	0,283	0,0770	0,0662	—	4,80	4,89	175	235	0,735

**Ek - 2** Elde edilen deneysel ölçümlerin değerlendirilmesine ait örnek

D kanat çapı 87 mm, ısıtıcı boru dış çapı 29 mm, kanatlar arası mesafe 10 mm olan kanatlı borunun deliksiz, delikli  $\Theta=0^\circ$ ,  $\Theta=15^\circ$ ,  $\Theta=30^\circ$ ,  $\Theta=45^\circ$ ,  $\Theta=60^\circ$  olan durumlarına göre; kanatlı ısıtıcı boruya havanın basılması ve akışkanların paralel akış durumu, kanatlı ısıtıcı boruya doğru havanın emilmesi ve akışkanların paralel akış durumu ve kanatlı ısıtıcı boruya doğru havanın emilmesi ve akışkanların ters akış durumu şeklindeki üç duruma ait deneysel ölçümler yapılmıştır. Ölçümlerin değerlendirilmesi örnek olarak şöyle yapılmıştır. Örneğin;

$T_{su \text{ giriş}} = 40^\circ\text{C}$  değerinde ve kanatlar arası mesafesi, s, 10 mm olan delikli ( $\Theta=15^\circ$ ) kanatlı ısıtıcı boruya havanın emilmesi ve akışkanların paralel akış durumu ve  $\dot{m}_h = 0,06 \text{ kg/s}$  için, 5. bölümde verilen ısı transferi ifadeleri kullanılarak, deneysel sonuçlar şu şekilde değerlendirilmektedir;

Belirtilen geometrik konumdaki, yatay duran ve 86 adet dairesel kanatın oluşturduğu ısıtıcıda, ışınlama tüm ısıtıcı hücrelerinden olan ısı transferi denklem (5.17)'den,

$$Q_{R1} = K(T_w/100)^4 + M(T_f/100)^4 - N(T_o/100)^4$$

denklem (5.17)'de yer alan K, M, N katsayıları da Tablo 5.3'den alınarak,

$$Q_{R1} = 0,063 \left( \frac{34,73 + 273}{100} \right)^4 + 0,151 \left( \frac{32,63 + 273}{100} \right)^4 - 0,214 \left( \frac{28,47 + 273}{100} \right)^4$$

$$Q_{R1} = 1,149 \text{ W}$$

olarak bulunmaktadır.

Kanat uçlarından ışınlama olan toplam ısı transferi de, denklem (5.18)'den,

$$Q_{R2} = \sum (A_F)_{uç} \sigma \epsilon \left[ \left( \frac{T_{f_{uç}}}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_0}{100} \right)^4 \right]$$

$$Q_{R2} = 86 \times 0,0005 \times \pi \times 0,087 \times 5,669 \times 0,06 \left[ \left( \frac{30,53 + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{28,47 + 273}{100} \right)^4 \right]$$

$$Q_{R2} = 0,00912 \text{ W}$$

olarak bulunmaktadır.

Böylece tüm ısıtıcı yüzeylerinden ışınlama olan toplam ısı transferi denklem (5.19)'dan,

$$\Sigma Q_R = Q_{R1} + Q_{R2}$$

$$\Sigma Q_R = 1,149 + 0,00912$$

$$\Sigma Q_R = 1,158 \text{ W}$$

olarak bulunur. Diğer taraftan ısıtıcıya suyun bıraktığı toplam ısı,  $Q_t = \dot{m}_{su} c_{su} \Delta T_{su}$  ifadesinden,  $Q_t = 229 \text{ W}$  olduğundan, taşınım ile toplam ısı miktarı ise,

$$Q_c = Q_t - \Sigma Q_R - Q_{\text{çevre}} \quad (1)$$

ifadesi ile bulunmaktadır. Denklem (1)'deki  $Q_{\text{çevre}}$ 'nin bulunması ise aşağıdaki gibi olmaktadır.

Deneylerin yapıldığı ortamda, kapı ve pencereler kapalı ve ölçüm anında ortam havasını harekete geçirecek hiçbir eleman çalıştırılmadığından, ısıtıcı dış gövdesinden ortam havasına ısı transferi, doğal taşınım ile ısı transferi prensibine göre gerçekleştirilecektir. Yatay konumlu ısıtıcıda hava ısınarak, aşağıdan yukarıya doğru hareket edeceğinden, bu duruma ait ortalama ısı taşınım katsayısı,

$$h = 1,05 \left( \frac{T_{\text{gövde}} - T_{\text{ortam}}}{D_{\text{gövde}}} \right)^{0,25} \quad (2)$$

bağıntısı ile bulunmaktadır.

Burada,  $T_{\text{ortam}}=27,1$  °C,  $T_{\text{gövde}}=28$  °C ve  $D_{\text{gövde}}=0,154$  m değerindedirler. Denklem (2)'de bu değerler yerine konduğunda,

$$h = 1,05 \left( \frac{28 - 27,1}{0,154} \right)^{0,25}$$

$$h = 1,633 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

olarak bulunmaktadır.

Buradan da çevreye taşınımıyla geçen ısı miktarı ise;

$$Q_{\text{çevre}} = hA_d (T_{\text{gövde}} - T_{\text{ortam}}) \quad (3)$$

şeklinde olup, denklem (3) yardımıyla,

$$Q_{\text{çevre}} = 1,633 \left[ \pi \cdot 0,154 \cdot 0,9 + 2 \frac{\pi (0,154)^2}{4} \right] (28 - 27,1)$$

$$Q_{\text{çevre}} = 0,695 \text{ W}$$

olarak bulunmaktadır.

Denklem (1)'de bilinenler yerine konduğunda,

$$Q_c = 229 - 1,158 - 0,695$$

$$Q_c = 227,147 \text{ W}$$

şeklinde bulunmaktadır.

Toplam ısı geçiş yüzeyi,

$$A_o = A_w + \Sigma A_f$$

Burada,

$A_w$  – Isıtıcı yüzeyin toplam kanat yüzeyi dışındaki alanı ( $m^2$ )

$\Sigma A_f$  – Isıtıcı yüzey üzerindeki toplam kanatların alanı ( $m^2$ )

$(n-1)$  – Isıtıcıdaki kanatlı hücre sayısı

olmak üzere;

$$A_w = (n - 1)\pi Ds$$

$$A_w = (86 - 1) \pi 0,087 \cdot 0,01$$

$$A_w = 0,232 \text{ m}^2$$

olmaktadır.

$$\Sigma A_f = n\pi/4 \cdot [D^2 - d^2] \cdot 2 + n\pi D t$$

$$\Sigma A_f = 86 \cdot \pi/4 \cdot [(0,087)^2 - (0,029)^2] \cdot 2 + \pi 0,087 \cdot 86 \cdot 0,0005$$

$$\Sigma A_f = 0,92063 \text{ m}^2$$

olmaktadır.

Bu durum da  $A_o$ ,

$$A_o = 0,232 + 0,92063$$

$$A_o = 1,15263 \text{ m}^2$$

olarak bulunmaktadır.



Kanatlandırılmış, yatay konumdaki ısıtıcı boru içinden geçen sıcak sudan ısı alan havanın hacimsel debisi,

$$\dot{V} = D.s.u_m \quad (4)$$

şeklinde ifade edilmektedir.

Burada,

D –Kanat çapı (m)

dır.

Denklem (4)'den havanın ortalama hızı ( $u_m$ ),

$$194,6/3600 = 0,087.0,01.u_m$$

$$u_m = 62,13 \text{ m/s}$$

olarak bulunmaktadır.

Kanatsız hal ısıtıcı boru çapına bağlı Reynolds sayısı,

$$Re_d = \frac{u_m d}{\nu} \quad (5)$$

şeklinde tanımlanmaktadır.

Burada,

d – Isıtıcı boru çapı (m)

$\nu$  – Kinematik viskozite ( $m^2/s$ )

dir.

Denklem (5)'den,

$$Re_d = 62,13.0,029/15,89771.10^{-6}$$

$$Re_d = 113340,3397$$

olarak bulunmaktadır.

Denklem (5)'de yer alan kinematik viskozite Ek - 1'den  $T_o = 28,47 \text{ }^\circ\text{C}$  için bulunmaktadır.

$Re_d = 113340,3397$  değerine göre Tablo 5.5'den uygun  $Nu_d$  ifadesi,

$$Nu_d = 0,26(Re)^{0,6} (Pr)^{0,37} \left( \frac{Pr}{Pr_s} \right)^{0,25}$$

olduğundan, bilinenler yerine konursa (Ek - 1'den,  $T_o = 28,47 \text{ }^\circ\text{C}$  için  $Pr=0,712153$  ve  $T_w = 34,73 \text{ }^\circ\text{C}$  için  $Pr_s = 0,711527$  olarak alınmıştır),

$$Nu_d = 0,26(113340,3397)^{0,6} (0,712153)^{0,37} (0,712153/0,711527)^{0,25}$$

$$Nu_d = 247,259$$

değeri bulunmaktadır.

Kanatsız haldeki ısıtıcı boru dış çapına bağlı  $Nu_d$  sayısı,

$$Nu_d = \frac{h.d}{\lambda}$$

ifadesinden,

$$247,259 = h.0,029/0,0262929$$

$$h = 224,1775665 \text{ W/m}^2\text{K}$$

şeklinde kanatsız ısıtıcı boruya ait ısı taşınım katsayısı bulunmaktadır. Burada havanın ısı iletim katsayısı ( $\lambda$ ) değeri  $T_o = 28,47^\circ\text{C}$  için Ek - 1'den bulunmaktadır.

Kanat verimi için;

$L_c=L+t/2$  ifadesinde,  
 $t$  – Kanat kalınlığı (0,5 mm)  
 $L=(D-d)/2$   
 $L=(87-29)/2$   
 $L=29$  mm  
 olup, buradan,  
 $L_c=29+0,5/2$   
 $L_c=29,25$  mm olmaktadır.

$A_p=L_c t$  eşitliğinden,  
 $A_p=0,02925.0,0005$   
 $A_p=1,4625.10^{-5}$  m<sup>2</sup>  
 olmaktadır.

$r_{2c}=r_2+t/2$   
 İfadesinde,  
 $r_2$  – Kanat yarıçapı olmak üzere,  
 $r_{2c}=(87/2)+(0,5/2)$   
 $r_{2c}=43,75$  mm  
 olmaktadır. Burada da,  $r_1$  ısıtıcı boru yarıçapı olmak üzere,  
 $(r_{2c}/r_1)=(43,75/14,5)=3,017$   
 olarak bulunmaktadır.

$$X_1 = (L_c)^{3/2} \left( \frac{h}{\lambda_f A_p} \right)^{1/2} \quad (6)$$

Bu aşamada gerekli olan galvanizli sac'ın ısı iletim katsayısı,  $\lambda_f$  değeri ise Gazi Üniversitesi, Mimarlık Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölüm'ünde, TS 388 standardına göre, plaka yöntemi ile  $112,9 \pm 3,5$  W/mK olarak belirlenmiştir.

Denklem (6)'da, değerler yerine konduğunda,

$$X_1 = (0,02925)^{3/2} \left( \frac{224,1775665}{112,9.1,4625.10^{-5}} \right)^{1/2}$$

$X_1=1,843$  olarak bulunmuştur.

$X_1=1,843$  ve  $r_{2c}/r_1=3,017$  değerleri için Şekil 4.13'den  $\eta_{f1}=0,267$  olarak bulunarak, kanatlı yüzeye ait verim denklem (5.26)'dan,

$$\eta_{o1} = 1 - \frac{\Sigma A_f}{A_o} (1 - \eta_f)$$

$$\eta_{o1} = 1 - \frac{0,921}{1,15263} (1 - 0,267)$$

$$\eta_{o1} = 0,414$$

bulunmaktadır.

Toplam ısıtıcı yüzeyine ait görünür ısı transferi katsayısı ise denklem (5.30)'dan,

$$h_o = Q/\eta_o A_o (T_w - T_o)$$

$$h_{o1} = \frac{227,147}{0,414 \cdot 1,15263 \cdot (34,73 - 28,47)}$$

$$h_{o1} = 76,04 \text{ W/m}^2\text{K}$$

değeri bulunmuştur.

Burada  $h_{o1}$  değeri  $h'$ 'den çok küçük olduğu için iterasyona devam edilmektedir. Aynı işlemler tekrarlandığında  $\eta_{f2} = 0,467$  ve buna bağlı olarak  $\eta_{o2} = 0,574$  olarak bulunmuştur.

Bu durumda görünür (etkili) ısı transferi katsayısı ise,  $h_{o2} = 55,00 \text{ W/m}^2\text{K}$  olmaktadır.  $h_{o2} \ll h_{o1}$  olduğu için iterasyona devam edilmelidir. Aynı işlemler tekrarlandığında,  $h_{o3}=49,31 \text{ W/m}^2\text{K}$ 'dir ve  $h_{o3} \ll h_{o2}$  olduğu için bir iterasyon daha

yapılırsa,  $h_{04}=47,36 \text{ W/m}^2\text{K}$  bulunmaktadır. Bu değer  $h_{03}$ 'e yakın olduğu için,  $h_{04}=47,36 \text{ W/m}^2\text{K}$  değerine göre, denklem (5.31)'den,

$$Nu_d = 47,36 \cdot 0,029 / 0,0265143$$

$$Nu_d = 51,80$$

olarak bulunmaktadır. Burada havanın ısı iletim katsayısı ( $\lambda$ ) değeri,

$$T_{\text{film}} = \frac{T_w + T_0}{2} = \frac{34,73 + 28,47}{2} = 31,6^\circ\text{C} \text{ için Ek - 1'den bulunmaktadır.}$$

Düzeltilmiş Reynolds sayısı ise denklem (5.32)'den,

$$\overline{Re}_d = Re_d Nu_d = \frac{q_c \dot{G} d^2}{\mu \lambda (T_w - T_0)}$$

Burada,

$$q_c = \frac{Q_c}{A_0} = \frac{227,147}{1,15263} = 197,07 \text{ W/m}^2$$

olmaktadır.

İki kanat arasındaki referans kesit alan,

$$A_s = D \cdot s = 0,087 \cdot 0,01$$

$$A_s = 87 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

olmaktadır.

kütleli hız,

$$\dot{G} = \frac{\dot{m}_h}{A_s} = \frac{0,06}{87 \times 10^{-5}}$$

$$\dot{G} = 68,966 \text{ kg / m}^2\text{s}$$

dir.

Bu değerler denklem (5.32)'de yerine konursa (havanın dinamik viskozite ( $\mu$ ) değeri,

$$T_{\text{film}} = \frac{T_w + T_0}{2} = \frac{34,73 + 28,47}{2} = 31,6^{\circ}\text{C} \text{ için Ek - 1'den bulunmaktadır,}$$

$$\overline{\text{Re}}_d = \frac{197,07.68,966.(0,029)^2}{1,872.10^{-5}.0,0265143.(34,73 - 28,47)}$$

$$\overline{\text{Re}}_d = 368.10^4$$

olarak bulunur.

### Ek - 3 Çalışmada ölçülen debi değerinin belirsizliği

Çalışmada, hava debisinin ölçümünde, (0,6.....40 m/s) ölçüm aralığında çalışan,  $\pm 0,2$  m/s hassasiyetine sahip, pervane tipi, Testo 435 debi ölçer kullanılmıştır.

Bu tip cihazlarda debiyi veren bağıntı, denklem (4.4)'den,

$$\dot{m}_h = v_h \frac{\pi d_i^2}{4}$$

dür. Burada,

ortam havasının gövdeye girişteki hızı,  $v_h = (0,6.....40 \text{ m/s}) \pm 0,2 \text{ m/s}$   
ortam havasının gövdeye girişini sağlayan borunun çapı,  $d_i = 70 \pm 2 \text{ mm}$

Bu durumda debi iki değişkenin fonksiyonudur,

$$\dot{m}_h = f(v_h, d_i)$$

Analiz için gerekli hata oranı ifadesi denklem (4.5)'den;

$$w_{\dot{m}_h} = \left[ \left( \frac{\partial \dot{m}_h}{\partial v_h} w_{v_h} \right)^2 + \left( \frac{\partial \dot{m}_h}{\partial d_i} w_{d_i} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$\frac{w_{\dot{m}_h}}{\dot{m}_h} = \left[ \left( \frac{w_{v_h}}{v_h} \right)^2 + \left( \frac{2w_{d_i}}{d_i} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$\frac{w_{\dot{m}_h}}{\dot{m}_h} = \left[ \left( \frac{0,2}{0,6} \right)^2 + \left( \frac{2,2}{70} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$\frac{w_{\dot{m}_h}}{\dot{m}_h} = \%0,34$$

değeri elde edilmektedir.

## ÖZGEÇMİŞ

Gülay YAKAR, 1973 yılında Ankara'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Ankara'da tamamladı. 1990 yılında girdiği Dokuz Eylül Üniversitesi Denizli Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nden 1995 yılında mezun oldu. 1997 yılında girdiği Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda 2001 yılında yüksek lisans öğrenimini tamamladı. 1997 yılından beri Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi'nde araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır.