

NIĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PİMLİ YÜZEYLERDE ISI TRANSFERİNİN VE BASINÇ
KAYBININ TEORİK VE DENEYSEL İNCELENMESİ

Feridun KARAKOÇ

78435

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞUBAT,1998

78435

MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne;

Bu çalışma jürimiz tarafından **MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof.Dr.Kemal ALTINIŞIK (Niğde Üniversitesi)

Üye : Yrd.Doç.Dr.Nurettin AKÇAKOYUN (Niğde Üniversitesi)

Üye : Yrd.Doç.Dr.Yüksel KAPLAN (Niğde Üniversitesi)

ONAY:

Bu tez, 21.01/1998 tarihinde, Enstitü Yönetim Kurulu'nca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun kararıyla kabul edilmiştir.

21/01/1998 Kaye

Prof.Dr.Kadriye KAYAKIRILMAZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET**PİMLİ YÜZEYLERDE ISI TRANSFERİNİN VE BASINÇ
KAYBININ TEORİK VE DENEYSEL İNCELENMESİ**

KARAKOÇ, Feridun

Niğde Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Kemal ALTINIŞIK

Şubat 1998, 117 sayfa

Bu çalışmada ısı taşınım katsayısı ve basınç kaybı, dikdörtgen kesitli bir kanal içine yerleştirilen saptırmalı ve saptırmasız kesik kısa konik pimler üzerinde deneysel olarak incelenmiştir. Bütün pimler levhaya tutturulmuştur. Akış yönüne paralel ve dik olan pimlerin eksenleri arasındaki mesafeler her bir deney için değiştirilmiştir.

Korelasyonlar, saptırmalı ve saptırmasız dizilişlerdeki basınç kayıp katsayısı f ve $Nu-Re$ sayılarının değişimleri için, en küçük kareler metodu kullanılarak geliştirilmiştir. Geliştirilen korelasyonlar deneysel veri ve diğer bazı önemli korelasyonlarla karşılaştırılmıştır. Korelasyonların, deneysel veri ve diğerleri ile uygunluk gösterdiği görülmüştür. L/D oranı 4.4 ve $690 \leq Re \leq 3110$ olduğunda saptırmalı ve saptırmasız dizilmiş pimler için ısı taşınım korelasyon katsayıları sırasıyla 0.9497 ve 0.7742 dir. Aynı dizilişler için basınç kaybı korelasyon katsayıları 0.8252 ve 0.7555 dir.

Anahtar Sözcükler: Isı transferi, zorlanmış konveksiyon, pim kanat, basınç kaybı.

SUMMARY**THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDY OF
HEAT TRANSFER AND PRESSURE DROP IN PIN FIN ARRAYS**

KARAKOÇ, Feridun

Niğde University
Graduate School of Natural and Applied Science
Department of Mechanical Engineering

Supervisor :Prof.Dr.Kemal ALTINIŞIK

February 1998,117 pages

In this study, the heat transfer coefficient and the pressure drop have been experimentally examined on truncated short conic pins staggered and in-line arrays pins which have been inserted into the channel having rectangular cross-section. All pins are attached on the plate. The axis intervals of the pins, which are perpendicular and parallel to the direction of flow, have been changed for the each experiment.

The correlations have been developed by using the least-squares method for the change of Nu-Re numbers and the pressure drop coefficient, f , in staggered and in-line arrays. The correlations being developed have been compared with experimental data and other some well-known correlations. It has been seen that the correlations are in accordance with experimental data and others. When L/D ratio is equal to 4.4 and $690 \leq Re \leq 3110$, the correlation coefficients of heat transfer for staggered and in-line arrays of the pins are 0.9497 and 0.7742 respectively. The correlation coefficients of pressure drop for same arrays are 0.8252 and 0.7555.

Key words: Heat Transfer, Forced convection, Pin Fin, Pressure drop.

ÖNSÖZ

Bu çalışmayı yöneten, destekleyen ve yönlendiren danışmanım değerli Hocam Sayın Prof.Dr.Kemal ALTINIŞIK'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, Niğde Üniversitesi Araştırma Fonu Yetkililerine, Bor 600. Levazım Ana Depo ve Fabrika Komutanlığı personeline, bu fabrikada bana yardımcı olan Sayın Ütgm.Mak.Müh.Gökhan YENİCİL'e, elektronik ve bilgisayar donanım ve yazılımını oluşturan 5C Bilgisayar Ltd.Şti.sahibi Elektronik Müh.Sayın Alpaslan MUTLU'ya teşekkür ediyorum.

Muhakkak ki, ortaya bilimsel bir çalışma koymak kolay değil, maddi ve manevi özveri gerektirir. Bu noktada beni her zaman destekleyen ve aynı özveriyi gösteren eşime minnet borçlu olduğumu ifade etmek istiyorum.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iii
SUMMARY.....	iv
ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
SİMGE VE KISALTMALAR.....	xiii
BÖLÜM 1.GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
BÖLÜM 3.MATERYAL VE METOT.....	6
3.1 Deney ünitesi.....	6
3.2 Dikdörtgen kesitli hava kanalı boyutları.....	10
3.3 Deney ünitesinde kullanılan fan, anemometre ve ısıtıcı özellikleri.....	11
3.4 Sıcaklık ölçmeleri.....	12
3.4.1 Bilgisayarlı kontrol sistemleri.....	12
3.5 Basınç ölçmeleri.....	15
3.6 Kesik konik pim kanatlı yüzeyler.....	16
BÖLÜM 4.TEORİ.....	23
4.1 Yüzeyde bir kesik konik pim olması durumunda ısı transferi.....	23
4.2 Kesik konik pim kanatlı yüzeylerde ısı transferi.....	28
4.2.1 Boş ortam payı.....	30
4.2.2 Kesik konik pim kanatlı levhalarda ısı transferi hesabı.....	31
4.2.3 Isı taşınım katsayısının tesbiti.....	32
4.3 Boru demetlerinde ortalama ısı taşınım katsayısının hesabı.....	33
4.4 Korelasyonun geliştirilmesi.....	35
4.4.1 Nu sayısı için korelasyon.....	35

4.4.2 Basınç kayıp katsayısı f için korelasyon.....	38
BÖLÜM 5. DENEYSEL ÇALIŞMA.....	41
5.1 Deneilerin yapılışı.....	41
BÖLÜM 6. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	42
BÖLÜM 7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	97
KAYNAKLAR.....	99
EKLER.....	100
EK 1. DENEYLERDE ÖLÇÜLEN DATALAR.....	101
EK 2. DENEYLERDE ÖLÇÜLEN DATALARLA YAPILAN HESAPLAR.....	108
EK 3. BİLGİSAYAR PROGRAMI.....	115



ÇİZELGELER DİZİNİ

Tablo Ek 1.1 $S_{\check{c}}=21\text{mm.}, Sp=21\text{mm.}$ Saptırmasız dizilişte datalar.....	102
Tablo Ek 1.2 $S_{\check{c}}=21\text{mm.}, Sp=21\text{mm.}$ Saptırmalı dizilişte datalar.....	102
Tablo Ek 1.3 $S_{\check{c}}=21\text{mm.}, Sp=17\text{mm.}$ Saptırmasız dizilişte datalar.....	103
Tablo Ek 1.4 $S_{\check{c}}=21\text{mm.}, Sp=17\text{mm.}$ Saptırmalı dizilişte datalar.....	103
Tablo Ek 1.5 $S_{\check{c}}=21\text{mm.}, Sp=14\text{mm.}$ Saptırmasız dizilişte datalar.....	104
Tablo Ek 1.6 $S_{\check{c}}=21\text{mm.}, Sp=14\text{mm.}$ Saptırmalı dizilişte datalar.....	104
Tablo Ek 1.7 $S_{\check{c}}=17\text{mm.}, Sp=17\text{mm.}$ Saptırmasız dizilişte datalar.....	105
Tablo Ek 1.8 $S_{\check{c}}=17\text{mm.}, Sp=17\text{mm.}$ Saptırmalı dizilişte datalar.....	105
Tablo Ek 1.9 $S_{\check{c}}=17\text{mm.}, Sp=14\text{mm.}$ Saptırmasız dizilişte datalar.....	106
Tablo Ek 1.10 $S_{\check{c}}=17\text{mm.}, Sp=14\text{mm.}$ Saptırmalı dizilişte datalar.....	106
Tablo Ek 1.11 $S_{\check{c}}=17\text{mm.}, Sp=12\text{mm.}$ Saptırmasız dizilişte datalar.....	107
Tablo Ek 1.12 $S_{\check{c}}=17\text{mm.}, Sp=12\text{mm.}$ Saptırmalı dizilişte datalar.....	107
Tablo Ek 2.1 $S_{\check{c}}=21\text{mm.}, Sp=21\text{mm.}$ Saptırmasız dizilişte deney sonuçları.....	109
Tablo Ek 2.2 $S_{\check{c}}=21\text{mm.}, Sp=21\text{mm.}$ Saptırmalı dizilişte datalar.....	109
Tablo Ek 2.3 $S_{\check{c}}=21\text{mm.}, Sp=17\text{mm.}$ Saptırmasız dizilişte datalar.....	110
Tablo Ek 2.4 $S_{\check{c}}=21\text{mm.}, Sp=17\text{mm.}$ Saptırmalı dizilişte datalar.....	110
Tablo Ek 2.5 $S_{\check{c}}=21\text{mm.}, Sp=14\text{mm.}$ Saptırmasız dizilişte datalar.....	111
Tablo Ek 2.6 $S_{\check{c}}=21\text{mm.}, Sp=14\text{mm.}$ Saptırmalı dizilişte datalar.....	111
Tablo Ek 2.7 $S_{\check{c}}=17\text{mm.}, Sp=17\text{mm.}$ Saptırmasız dizilişte datalar.....	112
Tablo Ek 2.8 $S_{\check{c}}=17\text{mm.}, Sp=17\text{mm.}$ Saptırmalı dizilişte datalar.....	112
Tablo Ek 2.9 $S_{\check{c}}=17\text{mm.}, Sp=14\text{mm.}$ Saptırmasız dizilişte datalar.....	113
Tablo Ek 2.10 $S_{\check{c}}=17\text{mm.}, Sp=14\text{mm.}$ Saptırmalı dizilişte datalar.....	113
Tablo Ek 2.11 $S_{\check{c}}=17\text{mm.}, Sp=12\text{mm.}$ Saptırmasız dizilişte datalar.....	114
Tablo Ek 2.12 $S_{\check{c}}=17\text{mm.}, Sp=12\text{mm.}$ Saptırmalı dizilişte datalar.....	114

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 (a) Kesiti değişmeyen düz kanat	(b) Kesiti değişen düz kanat	
(c) Dairesel kanat	(d) Pim kanat.....	1
Şekil 1.2 Modern içten soğutmalı bir türbin kanadı kesit görünüşü.....		2
Şekil 3.1 Deney ünitesi.....		7
Şekil 3.2 Deney ünitesinin fotoğrafları.....		9
Şekil 3.3 Kanal geometrisi.....		10
Şekil 3.4 Isıtıcı devre şeması.....		11
Şekil 3.5 Bilgisayar kontrol sistemi.....		13
Şekil 3.6 Test bölgesi çıkışında termoelemanların yerleştirilişi.....		14
Şekil 3.7 Termoelemanların yüzeye yerleştirilişi.....		15
Şekil 3.8 Statik basınç prizlerinin kanala monte edilmiş şekli.....		15
Şekil 3.9 Kesik konik pim kanadın boyutları ve levhaya montesi.....		16
Şekil 3.10 Pim kanatların saptırmasız dizilişi. $S_{\phi}=21$ mm, $S_p=21$ mm.....		17
Şekil 3.11 Pim kanatların saptırmalı dizilişi. $S_{\phi}=21$ mm, $S_p=21$ mm.....		17
Şekil 3.12 Pim kanatların saptırmasız dizilişi. $S_{\phi}=21$ mm, $S_p=17$ mm.....		18
Şekil 3.13 Pim kanatların saptırmalı dizilişi. $S_{\phi}=21$ mm, $S_p=17$ mm.....		18
Şekil 3.14 Pim kanatların saptırmasız dizilişi. $S_{\phi}=21$ mm, $S_p=14$ mm.....		19
Şekil 3.15 Pim kanatların saptırmalı dizilişi. $S_{\phi}=21$ mm, $S_p=14$ mm.....		19
Şekil 3.16 Pim kanatların saptırmasız dizilişi. $S_{\phi}=17$ mm, $S_p=17$ mm.....		20
Şekil 3.17 Pim kanatların saptırmalı dizilişi. $S_{\phi}=17$ mm, $S_p=17$ mm.....		20
Şekil 3.18 Pim kanatların saptırmasız dizilişi. $S_{\phi}=17$ mm, $S_p=14$ mm.....		21
Şekil 3.19 Pim kanatların saptırmalı dizilişi. $S_{\phi}=17$ mm, $S_p=14$ mm.....		21
Şekil 3.20 Pim kanatların saptırmasız dizilişi. $S_{\phi}=17$ mm, $S_p=12$ mm.....		22
Şekil 3.21 Pim kanatların saptırmalı dizilişi. $S_{\phi}=17$ mm, $S_p=12$ mm.....		22
Şekil 4.1 Kesik konik pim kanatçıkta enerji dengesi ve koordinat sistemi.....		24
Şekil 4.2 Kesik konik pim kanatların dizilişleri (a) saptırmasız (b) saptırmalı.....		29
Şekil 4.3 Boş(kanatsız) ortam hacmi.....		30

Şekil 6.1 Isı transferi büyüklüklerinin Re sayısına bağlı olarak değişmesi. Sç = 21mm, Sp=21 mm.....	43
Şekil 6.2 Isı transferi büyüklüklerinin Re sayısına bağlı olarak değişmesi. Sç = 21mm, Sp=21 mm.....	44
Şekil 6.3 Isı transferi büyüklüklerinin Re sayısına bağlı olarak değişmesi. Sç = 21mm, Sp=17 mm.....	45
Şekil 6.4 Isı transferi büyüklüklerinin Re sayısına bağlı olarak değişmesi. Sç = 21mm, Sp=17 mm.....	46
Şekil 6.5 Isı transferi büyüklüklerinin Re sayısına bağlı olarak değişmesi. Sç = 21mm, Sp=14 mm.....	47
Şekil 6.6 Isı transferi büyüklüklerinin Re sayısına bağlı olarak değişmesi. Sç = 21mm, Sp=14 mm.....	48
Şekil 6.7 Isı transferi büyüklüklerinin Re sayısına bağlı olarak değişmesi. Sç = 17mm, Sp=17 mm.....	49
Şekil 6.8 Isı transferi büyüklüklerinin Re sayısına bağlı olarak değişmesi. Sç = 17mm, Sp=17 mm.....	50
Şekil 6.9 Isı transferi büyüklüklerinin Re sayısına bağlı olarak değişmesi. Sç = 17mm, Sp=14 mm.....	51
Şekil 6.10 Isı transferi büyüklüklerinin Re sayısına bağlı olarak değişmesi. Sç = 17mm, Sp=14 mm.....	52
Şekil 6.11 Isı transferi büyüklüklerinin Re sayısına bağlı olarak değişmesi. Sç = 17mm, Sp=12 mm.....	53
Şekil 6.12 Isı transferi büyüklüklerinin Re sayısına bağlı olarak değişmesi. Sç = 17mm, Sp=12 mm.....	54
Şekil 6.13 Re-Nu değişimleri.....	55
Şekil 6.14 Re-Nu değişimleri.....	56
Şekil 6.15 Re-Nu değişimleri.....	57
Şekil 6.16 Re-Nu değişimleri.....	58
Şekil 6.17 Re-Nu değişimleri.....	59
Şekil 6.18 Re-Nu değişimleri.....	60
Şekil 6.19 Re-Nu değişimleri.....	61
Şekil 6.20 Re-Nu değişimleri.....	62

Şekil 6.21 (76) ve (77) kullanılarak hesaplanan ve deney sonuçlarından elde edilen Nu sayılarının Re sayısı ile değişimi.....	64
Şekil 6.22 (76) ve (77) kullanılarak hesaplanan ve deney sonuçlarından elde edilen Nu sayılarının Re sayısı ile değişimi.....	65
Şekil 6.23 (76) ve (77) kullanılarak hesaplanan ve deney sonuçlarından elde edilen Nu sayılarının Re sayısı ile değişimi.....	66
Şekil 6.24 (76) ve (77) kullanılarak hesaplanan ve deney sonuçlarından elde edilen Nu sayılarının Re sayısı ile değişimi.....	67
Şekil 6.25 (76) ve (77) kullanılarak hesaplanan ve deney sonuçlarından elde edilen Nu sayılarının Re sayısı ile değişimi.....	68
Şekil 6.26 (76) ve (77) kullanılarak hesaplanan ve deney sonuçlarından elde edilen Nu sayılarının Re sayısı ile değişimi.....	69
Şekil 6.27 (76) ve (77) kullanılarak hesaplanan ve deney sonuçlarından elde edilen Nu sayılarının Re sayısı ile değişimi.....	70
Şekil 6.28 (76) ve (77) kullanılarak hesaplanan ve deney sonuçlarından elde edilen Nu sayılarının Re sayısı ile değişimi.....	71
Şekil 6.29 (76) ve (77) kullanılarak hesaplanan ve deney sonuçlarından elde edilen Nu sayılarının Re sayısı ile değişimi.....	72
Şekil 6.30 (76) ve (77) kullanılarak hesaplanan ve deney sonuçlarından elde edilen Nu sayılarının Re sayısı ile değişimi.....	73
Şekil 6.31 (76) ve (77) kullanılarak hesaplanan ve deney sonuçlarından elde edilen Nu sayılarının Re sayısı ile değişimi.....	74
Şekil 6.32 (76) ve (77) kullanılarak hesaplanan ve deney sonuçlarından elde edilen Nu sayılarının Re sayısı ile değişimi.....	75
Şekil 6.33 Ref. 9 ve 14 ile, bu çalışmada bulunan korelasyonun karşılaştırılması.....	63
Şekil 6.34 Re-f değişimleri.....	77
Şekil 6.35 Re-f değişimleri.....	78
Şekil 6.36 Re-f değişimleri.....	79
Şekil 6.37 Re-f değişimleri.....	80
Şekil 6.38 Re-f değişimleri.....	81
Şekil 6.39 Re-f değişimleri.....	82
Şekil 6.40 Re-f değişimleri.....	83

Şekil 6.41 Re-f değişimleri.....	84
Şekil 6.42 (92) ve (93) eşitlikleri kullanılarak hesaplanan ve deney sonuçlarından elde edilen f sayılarının Re sayısı ile değişimleri.....	85
Şekil 6.43 (92) ve (93) eşitlikleri kullanılarak hesaplanan ve deney sonuçlarından elde edilen f sayılarının Re sayısı ile değişimleri.....	86
Şekil 6.44 (92) ve (93) eşitlikleri kullanılarak hesaplanan ve deney sonuçlarından elde edilen f sayılarının Re sayısı ile değişimleri.....	87
Şekil 6.45 (92) ve (93) eşitlikleri kullanılarak hesaplanan ve deney sonuçlarından elde edilen f sayılarının Re sayısı ile değişimleri.....	88
Şekil 6.46 (92) ve (93) eşitlikleri kullanılarak hesaplanan ve deney sonuçlarından elde edilen f sayılarının Re sayısı ile değişimleri.....	89
Şekil 6.47 (92) ve (93) eşitlikleri kullanılarak hesaplanan ve deney sonuçlarından elde edilen f sayılarının Re sayısı ile değişimleri.....	90
Şekil 6.48 (92) ve (93) eşitlikleri kullanılarak hesaplanan ve deney sonuçlarından elde edilen f sayılarının Re sayısı ile değişimleri.....	91
Şekil 6.49 (92) ve (93) eşitlikleri kullanılarak hesaplanan ve deney sonuçlarından elde edilen f sayılarının Re sayısı ile değişimleri.....	92
Şekil 6.50 (92) ve (93) eşitlikleri kullanılarak hesaplanan ve deney sonuçlarından elde edilen f sayılarının Re sayısı ile değişimleri.....	93
Şekil 6.51 (92) ve (93) eşitlikleri kullanılarak hesaplanan ve deney sonuçlarından elde edilen f sayılarının Re sayısı ile değişimleri.....	94
Şekil 6.52 (92) ve (93) eşitlikleri kullanılarak hesaplanan ve deney sonuçlarından elde edilen f sayılarının Re sayısı ile değişimleri.....	95
Şekil 6.53 (92) ve (93) eşitlikleri kullanılarak hesaplanan ve deney sonuçlarından elde edilen f sayılarının Re sayısı ile değişimleri.....	96

SİMGE VE KISALTMALAR

A	Akışa dik kanal kesit alanı, m^2
B	Deney levhası genişliği, mm.
b_p	Paralel doğrultudaki boyutsuz sayı
$b_ç$	Çapraz doğrultudaki boyutsuz sayı
C_p	Sabit basınç altında özgül ısı, kJ/kg.
d	Pim çapı, mm.
d_e	Eşdeğer çap, m.
D	Pim çapı, mm.
f	Basınç kayıp katsayısı
h	Isı taşınım katsayısı, W/m^2K
H	Koni yüksekliği, mm.
k	Isı İletim katsayısı, W/mK
l_a	Aşma uzunluğu, mm.
L	Pim boyu, mm.
L_L	Deney levhası uzunluğu, mm.
n	Deney sayısı
Nu	Nusselt sayısı
Pr	Prandtl sayısı
Q	Isı debisi, W
r	Korelasyon katsayısı
Re	Reynolds sayısı
$Re_{q,l}$	l_a aşma uzunluğu ile hesaplanan reynolds sayısı
$S_ç$	Kanatçık merkezleri arasındaki çapraz uzaklık, mm.
S_p	Kanatçık merkezleri arasındaki paralel uzaklık, mm.
T_{ag}	Levha girişinde havanın ortalama sıcaklığı, °C
$T_{aç}$	Levha çıkışında havanın ortalama sıcaklığı, °C
T_m	Ortalama akışkan sıcaklığı, °C

T_y	Yüzey sıcaklığı, °C
U	Kanal çevresi, m.
V_m	Hacim Debisi, m ³ /h
w_m	Ortalama akışkan hızı, m/s
z	Pim sayısı
ν	Kinematik Vizkosite, m ² /s
δ	Yüzde olarak sapma
η	Dinamik vizkosite, kg/ms
AD/DA	Anolog-Dijital / Dijital-Analog

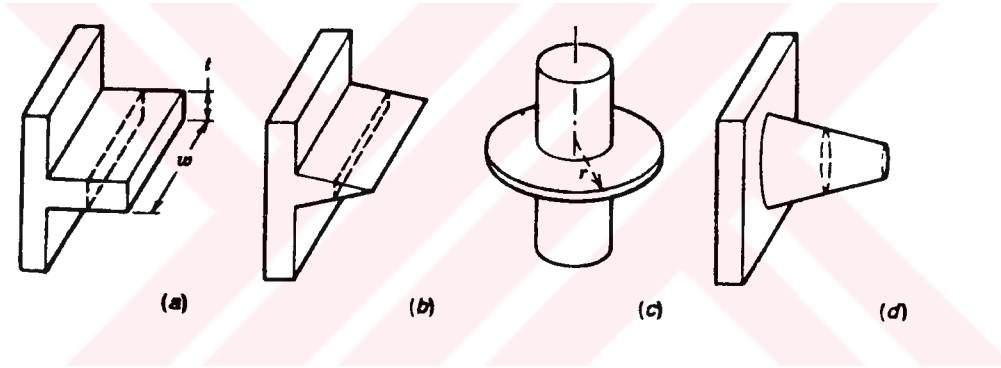


BÖLÜM 1

GİRİŞ

Isı değiştiricilerinde ısı bir akışkandan diğerine bir metal yüzey aracılığı ile iletilir ve ısı transfer hızı yüzey alanı ve sıcaklık farkı ile doğru orantılıdır. Sıcaklık farkı genellikle sınırlı olduğu için, ısı transferini arttırmak gayesiyle yüzey alanı artırılır ve bunun için de genişletilmiş yüzeyler kullanılır.

Kanatçıklar çeşitli tiplerde olabilir. En çok kullanılan kanatçıklardan bazıları Şekil 1.1 de görölmektedir.



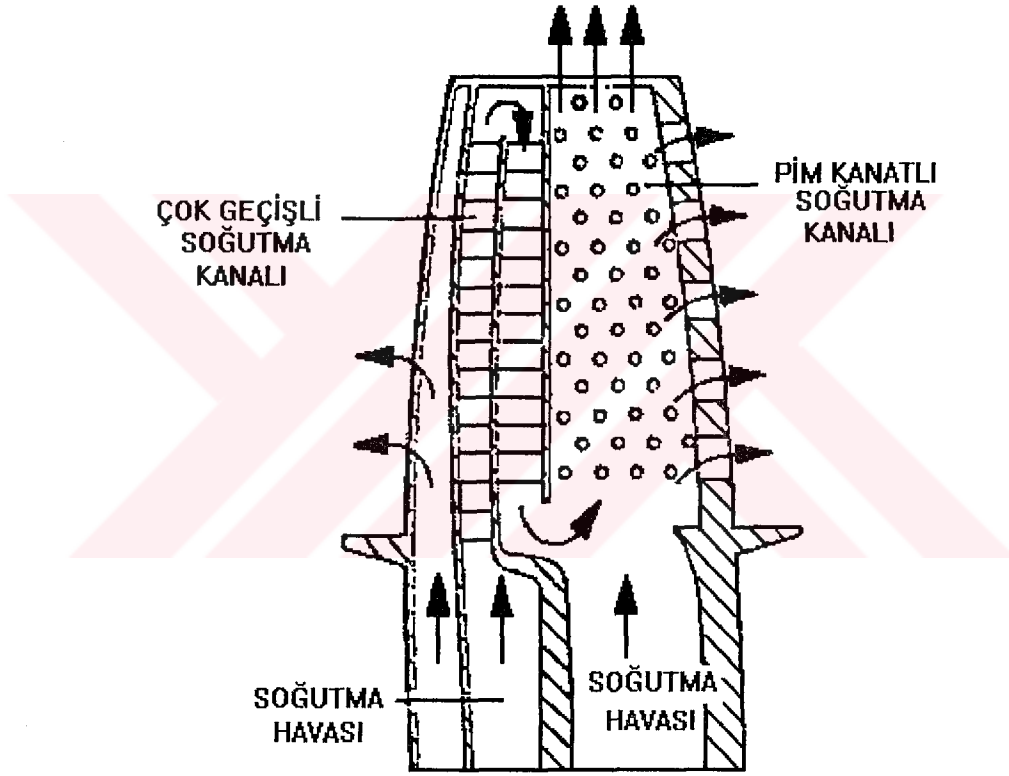
Şekil 1.1 (a) Kesiti değişmeyen düz kanat (b) Kesiti değişen düz kanat
(c) Dairesel kanat (d) Pim kanat

Yüzeylerde pim kanatlar kullanılması ile hem ısı geçen yüzey alanı artırılmakta hem de yapay türbölans sebebiyle ısı taşınım katsayısı yükseltilmektedir. Bunun yanında basınç kayıplarının değişimi de göz önünde bulundurulmalıdır. Pim kanatlı yüzeylerde çeşitli diziliş şekillerine göre basınç düşüşleri de farklı olup, enerji sarfi sebebiyle gözönünde bulundurulması gereken önemli bir noktadır.

Bu tezin amacı, bir fan yardımıyla emilen havanın dikdörtgen kesitli bir kanal içine yerleştirilen ve kanalı tamamen dolduran uzunluk / çap oranı 4.4 olan pim kanatlı

yüzeylerde ısı transferinin ve akış esnasında meydana gelen basınç kayıplarının deneysel olarak tespit edilmesi ve verilerden hareketle bir korelasyon denklemi elde edilmesidir.

Yüzey ve dar kanallara yerleştirilen, çeşitli geometriye sahip farklı yerleştirme düzenindeki pim kanatların kullanım yerleri çeşitlidir. Özellikle gaz türbinlerinde, yüksek basınç ve sıcaklık altında çalışan parçaların soğutulması amacıyla kullanılmaktadırlar. Örnek olarak şekil 1.2 deki gaz türbini kanadının soğutma kanallarına yerleştirilen pim kanatlar verilebilir.



Şekil 1.2. Modern içten soğutmalı bir türbin kanadı kesit görünüşü

BÖLÜM 2

KAYNAK ARAŞTIRMASI

Isı transferini artırmak amacıyla düzlem yüzeye monte edilmiş pim kanatlar, ısı değiştiricilerinde sıkça kullanılmaktadır. Küçük kesitli akış kanallarındaki ısı transferi problemleri ve buna örnek olarak verilen türbin kanatlarındaki iç soğutma problemi, pim kanatlı yüzeyleri gündeme getirmiştir. Literatürde tüm pim kanatlı yüzeylerle yapılan çalışmalarda pim kanadın yükseklik / çap oranı (L/D) 1/4 ve 8 arasında değişmiştir. Literatürde L/D oranı 8 'e kadar olan pim kanatlar kısa pimler, L/D oranı 8 ve daha büyük olanlar ise, uzun pimler olarak ifade edilmektedir.

Pim kanatlarla ilgili ilk çalışma Theoclitus [6] tarafından yapılmıştır. Burada çeşitli saptırmaz kare diziliş şekilleri için değişik kanal yüksekliklerinde ve uzunluğu kanal yüksekliğine eşit silindirik bakır pim kanat yüzeylerinde ısı transferi ve basınç kayıpları araştırılmıştır. Ayrıca özellikle saptırmaz yerleştirme düzeninde söz konusu olan titreşim ve onun sebep olduğu gürültü incelenmiş ve deneylerde bulunan sonuçlar, benzer geometriler için boru demetleri ile karşılaştırılmıştır.

Sparrow ve Ramsey [7], kanalı tamamen doldurmayan silindirik pim kanatlarda, kanat ucu ile kanalın üst kısmı arasındaki boşluğun ısı transferine etkisini araştırmışlardır. Deneylerde naftalin-süblimasyon metodunu kullanmışlar, ısı transferi özelliklerini tespit edebilmek için de pim kanatları naftalinle kaplamışlar ve süblimasyona uğrayan miktarı ölçmüşlerdir. Sonuç olarak, L/D oranı büyüdükçe buna bağlı olarak ta kanat ucu ile kanalın üst yüzeyi arasındaki boşluk küçüldükçe transfer edilen ısının arttığını belirlemişlerdir.

Yine süblimasyon tekniğini kullanarak Sparrow, Ramsey ve Altemani [8], kanalı tamamen doldurmayan silindirik pim kanatların tam gelişmiş akışta saptırmaz ve saptırmalı dizilişler için ısı transferi ve basınç düşüşü deneylerini gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında ortalama değerlerden çok lokal ısı transferini incelemişlerdir. Daha önce

yapılan çalışmalara benzer sonuçlar elde etmişler ve saptırmalı dizilişteki pim kanatlarda ısı transferinin ve basınç kaybının daha fazla olduğunu, ayrıca kanatların ilk dört dizisinden sonra katsayıların sabitleştiğini belirlemişlerdir.

Vanfossen [9], L/D oranı 1/2 ve 2 arasında değişen ve kanalı tamamen dolduran silindirik kısa pimleri incelemişlerdir. Balsa ağacı ve bakırdan yapılan kısa pimlerle yapılan deneyler $300 \leq Re \leq 60000$ aralığında yapılmış olup, en küçük kareler metoduyla tüm kısa pimler için ;

$$Nu = 0.153 Re^{0.685} \quad (1)$$

korelasyonunu geliştirmiştir.

Brigham ve Vanfossen [10], L/D oranının ve sıra sayısının ısı transferine etkisini incelemişlerdir. L/D oranı 4 olan silindirik pim kanatlarla yapılan deneylerde ısı transfer katsayısının, düzlem yüzeydekine nazaran % 35 daha yüksek olduğunu görmüşlerdir. Yine bu çalışmayı daha önceki çalışmalarla kıyaslamışlar, L/D oranı 4 olan pim kanatlardaki ısı transferinin L/D oranı 1/2 ve 2 olan pim kanatlardan daha yüksek olduğunu, akış yönünde pim ilavesinin ısı transferinde yaklaşık olarak % 50 artış meydana getirdiğini gözlemişlerdir.

Metzger, Fan ve Haley [11], L/D oranı 1 olan silindirik pim kanatları, ısı transferi yüzeyinin ilk 1/3 lük bölümüne saptırmalı, kalan 2/3 lük bölümüne ise saptırmaz yerleştirerek ısı transferindeki ve basınç kaybındaki değişimleri incelemişlerdir. Sonuçta saptırmalı duruma göre %18 lik basınç kaybı azalması tespit etmişlerdir. Ayrıca silindirik pim kanatlarla elips pim kanatları karşılaştırmışlar ve elips kesitli pim kanatlarda hem ısı transferinde azalma hem de basınç kaybında artma olduğunu görmüşlerdir.

Chyu [12], makara şeklindeki pim kanatlarla silindirik pim kanatları karşılaştırmışlar, sonuçta saptırmaz ve saptırmalı dizilişte yerleştirilen makara şeklindeki pim kanatların ısı transferinde ve basınç kaybında olumsuz etkisi olduğunu ifade etmiştir.

Lau, Han ve Kim [13], silindirik pim kanatların yerleştirildiği kanalın yan yüzeylerinden kanal dışına akış olması halini incelemişlerdir. Çalışmalarında yan yüzeylerden atılan

havanın hızı arttıkça ısı transferinin çok etkilenmediğini, bunun yanında basınç kaybının büyük ölçüde arttığını belirtmişlerdir.

Olson [14], silindirik boru, dikdörtgen kanal ve 18° lik açı ile yerleştirilmiş kesik konik pim kanatlı yüzeyleri bir helyum gazı akışının olduğu test bölgesinde denemiştir. $450 \leq Re \leq 12000$ aralığında yaptığı deneylerle bulduğu sonuçları Vanfossen'in [9] bulduğu sonuçlarla karşılaştırmıştır. Ayrıca silindirik boru, dikdörtgen kanal ve pim kanatlı yüzeylerdeki ısı geçişini karşılaştırmış ve 18° açı ile yerleştirilmiş L/D oranı 1/4 ve 1/2 olan kesik konik pimlerle yaptığı deney sonuçlarından elde edilen verilerle aşağıda verilen korelasyonu geliştirmiştir.

$$Nu = 0.0357 Re^{0.837} \quad (2)$$

Türkiye'de bu konuda yapılan ilk çalışma Binark [15] tarafından gerçekleştirilmiştir. Binark, kanalı tamamen doldurmayan, L/D oranı 4 ve 6 olan, kanalı tamamen dolduran L/D oranı 8 olan silindirik pimlerin saptırmaz ve saptırmalı dizilişte ısı transferi ve basınç kaybına etkisini incelemiştir. Yapılan korelasyon hesapları sonucunda $360 \leq Re \leq 1400$ aralığında;

saptırmaz diziliş için;

$$NuPr^{-1/3} = 0.1102 Re^{0.8331} \quad (3)$$

saptırmalı diziliş için;

$$NuPr^{-1/3} = 0.2876 Re^{0.7381} \quad (4)$$

eşitliklerinin kullanılabileceğini belirtmiştir.

BÖLÜM 3

MATERYAL VE METOT

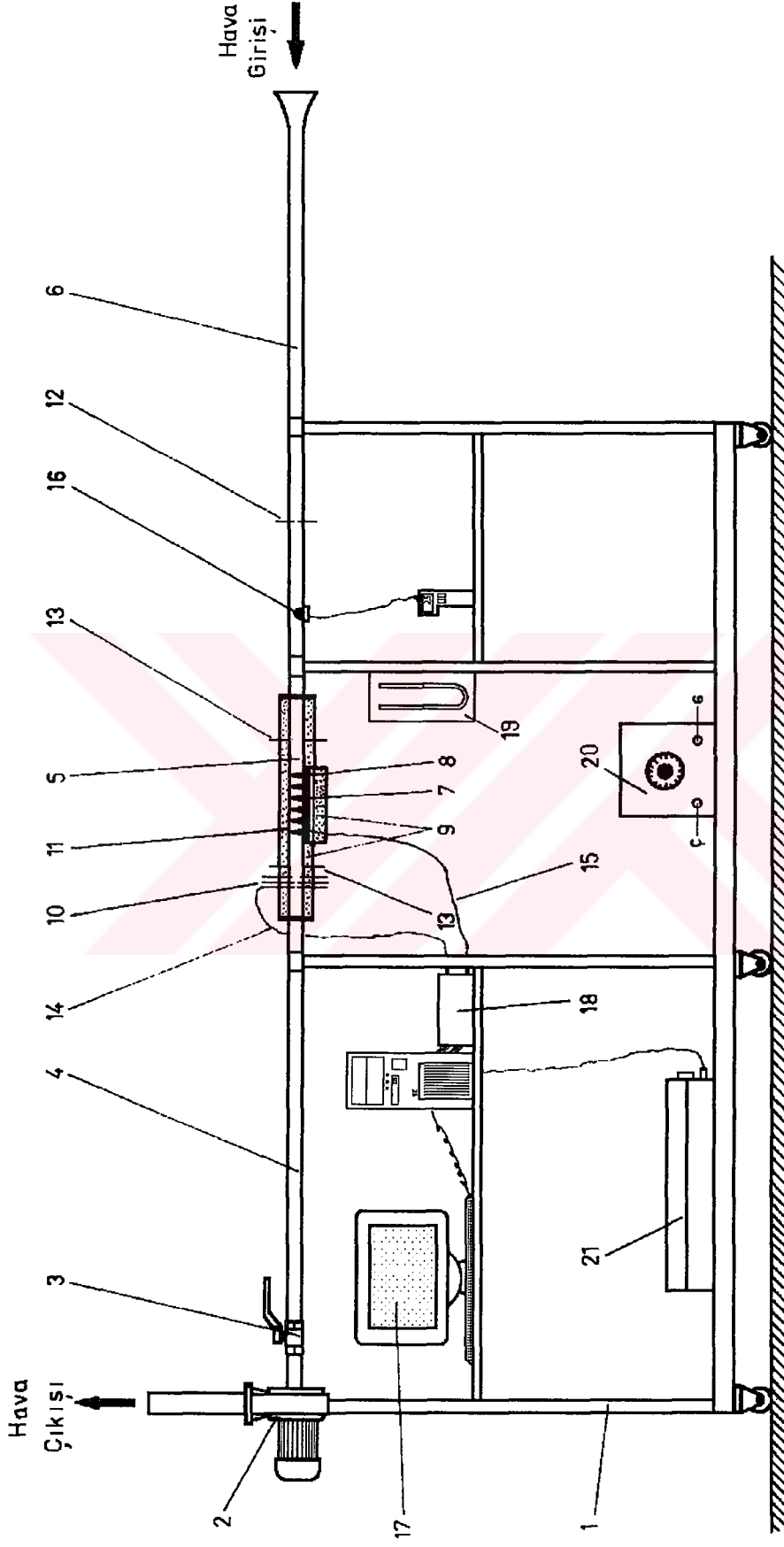
3.1 Deney Ünitesi

Deney ünitesinin şematik resmi şekil 3.1 de, fotoğrafları ise şekil 3.2 de görülmektedir.

2 nolu fanın girişine bağlanan 4, 5 ve 6 nolu parçalardan oluşan dikdörtgen kesitli kanal aracılığıyla atmosferden emilen hava, kanalın 5 nolu test bölgesinden geçerken alt yüzeyinden 8 nolu ısıtıcı ile sabit ısı akısında ısıtılan 7 nolu pim kanatlı saç levhayla temas ederek ısınmakta, 4 nolu çıkış bölgesinden 3 nolu küresel vanaya ve sonra 2 nolu fandan geçerek dışarı atılmaktadır.

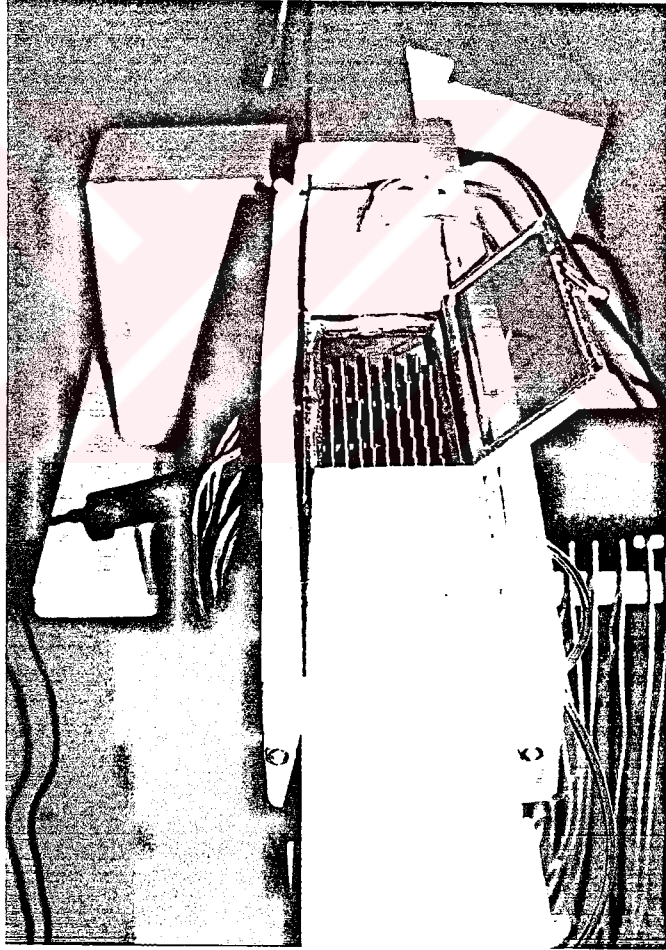
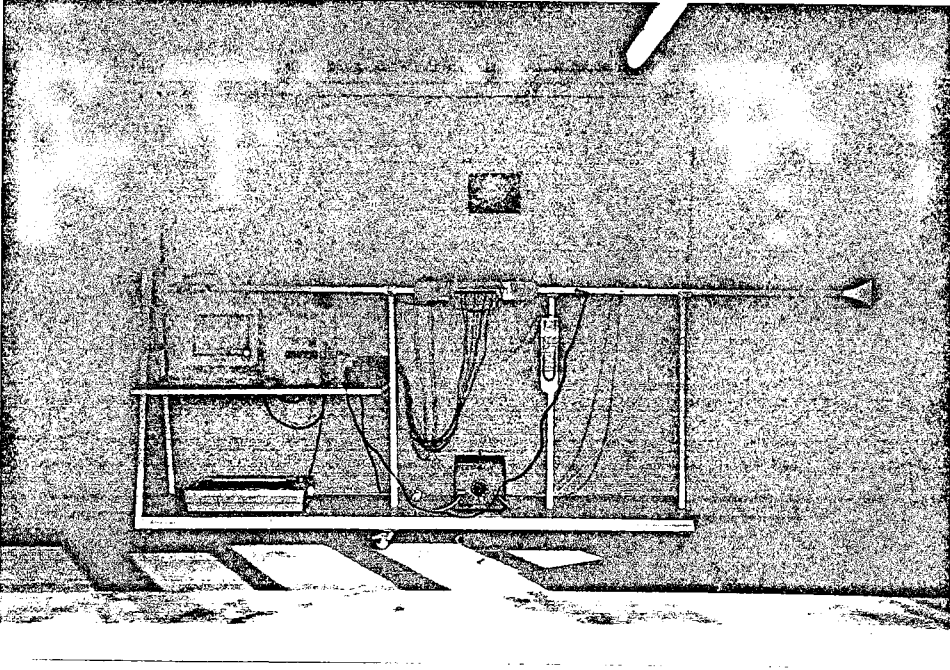
Test bölgesinden geçen havanın hızı m/s olarak 16 nolu dijital anemometre ile, test bölgesinde akış esnasında meydana gelen statik basınç farkı mmSS olarak test bölgesinin giriş ve çıkışına takılan 13 nolu basınç prizlerinin bağlandığı 19 nolu alkollü manometre ile ölçülmektedir.

Havanın test bölgesine giriş (2 adet) ve çıkış (6 adet) sıcaklıkları termistörler ile, levha yüzey (6 adet) sıcaklıkları termokupllar ile ölçülmektedir. Bilgisayara yerleştirilen AD/DA kart yardımıyla sıcaklıklar bilgisayardan okunabilmektedir. Şekil 3.1 de termoelemanların temas yerleri; havanın test bölgesine giriş sıcaklığı ölçme noktası 12, pim kanatlı yüzey sıcaklığı ölçme noktası 11, çıkış havası sıcaklığı ölçme noktası 10 ile gösterilmiştir. Deney ünitesinin birimleri sayfa 8 de numaraları ile verilmiştir.



Şekil 3.1 Deney Ünitesi

<u>Parça No</u>	<u>Parçanın adı</u>
1	Deney ünitesi şasesi
2	Fan
3	Küresel vana
4	Dikdörtgen kesitli hava kanalı(Çıkış bölgesi)
5	Dikdörtgen kesitli hava kanalı(Test bölgesi)
6	Dikdörtgen kesitli hava kanalı(Giriş bölgesi)
7	Pim kanatlı saç levha
8	Isıtıcı
9	Yalıtım malzemesi
10	Termoeleman temas noktası (6 adet çıkış sıcaklığı için)
11	Termoeleman temas noktası (6 adet yüzey sıcaklığı için)
12	Termoeleman temas noktası (2 adet giriş sıcaklığı için)
13	Statik basınç prizleri
14	Termoeleman(Termistör 8 adet)
15	Termoeleman(Termokupl 6 adet)
16	Dijital anemometre
17	Bilgisayar
18	Analog sinyal işleme kartı ve dağıtıcı
19	Alkollü manometre
20	Varyak
21	Yazıcı

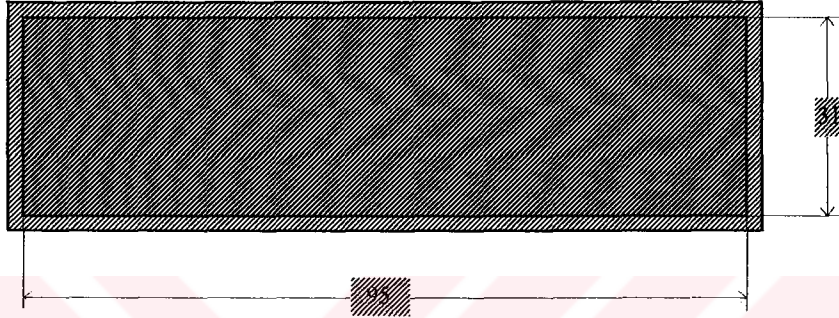


Şekil 3.2 Deney ünitesinin fotoğrafları

3.2 Dikdörtgen Kesitli Hava Kanalı Boyutları

Deney ünitesinde kullanılan hava kanalı, 4 nolu çıkış bölgesi, 5 nolu test bölgesi ve 6 nolu giriş bölgesinden meydana gelmiştir. Bu bölgeler birbirlerine flanşlarla sızdırmazlık sağlanacak şekilde monte edilmişlerdir.

Dikdörtgen kesitli kanalın eni 95 mm., yüksekliği ise pim kanat yüksekliğine eşit ve 31mm.dir (Şekil 3.3)



Şekil 3.3 Kanal geometrisi

Zorlanmış konveksiyonla ısı transferinde, dairesel olmayan değişik kesitli kanallarda karakteristik uzunluk olarak eşdeğer çap hesaplanır. A, akışa dik kanal kesiti alanı, U ise kanal çevresini göstermek kaydıyla kanal kesitinin eşdeğer çapı;

$$d_e = 4A / U \quad (5)$$

ifadesi ile hesaplanır. Şekil 3.3 deki boyutlara göre (5) eşitliği ile $d_e = 0.0467$ m. olarak bulunur.

Deneyle gelişmiş akımda yapılacağından hidrodinamik giriş uzunluğu dikkate alınmalıdır. Tamamen gelişmiş akışta bu uzunluğun hesabı için Latzko tarafından, hidrodinamik giriş uzunluğu x, eşdeğer çap d_e , ortalama akışkan hızı w ve akışkanın kinematik vizkositesi ν olmak kaydıyla;

$$\frac{x}{d_e} = 0.0693 \left(\frac{wd_e}{\nu} \right)^{\frac{1}{4}} \quad (6)$$

ifadesi önerilmiştir. Deney ünitemizde test bölgesi uzunluğu 1620 mm.dir. Bu mesafe de (6) eşitliği ile hesap edilen uzunluktan daha büyüktür.

Test bölgesinde tüm yüzeyler 20 mm. kalınlığında yalıtım malzemesi ile yalıtılmıştır. Test bölgesindeki kanalın alt yüzeyine kanal yüzeyi ile aynı seviyede yerleştirilen pim kanatlı yüzeyin uzunluğu, ısıtıcının uzunluğuna eşittir. Levhanın altına yerleştirilen ısıtıcının alt yüzeyi de amyant ile yalıtılmıştır.

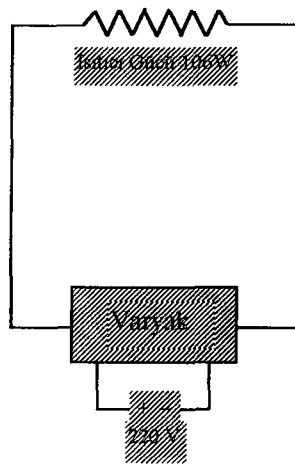
Kanalın çıkış bölgesine fandan önce bir küresel vana yerleştirilmiştir. Böylece kanaldan geçen hava debisi ayarlanabilmektedir.

3.3 Deney Ünitesinde Kullanılan Fan, Anemometre ve Isıtıcı Özellikleri

Deney ünitesinde kullanılan fan, 220 V., 1470 d /dak. devre sahip bir elektrik motoru tarafından tahrik edilmektedir. Fanın boştaki yani giriş kısmına kanallar takılı değil iken hava debisi $65 \text{ m}^3/\text{h}$ dir.

Dikdörtgen kesitli kanalın içindeki havanın ortalama hızı, 0-40 m/s ölçme aralığı olan dijital göstergeli bir anemometre ile ölçülmüştür.

Pim kanatlı yüzeyin altına monte edilen ısıtıcının toplam gücü 106 Watt'dır. Isıtıcı devreye bağlanan 20 nolu varyak ile tüm deneylerde ısıtıcı gücünün sabit kalması sağlanmıştır.



Şekil 3.4 Isıtıcı devre şeması

3.4 Sıcaklık Ölçmeleri

Yaptığımız deneylerde test bölgesine giriş hava sıcaklığı 2 noktada, test bölgesinden çıkış hava sıcaklığı 6 noktada ve pim kanatlı levha yüzey sıcaklığı 6 noktada bilgisayarlı kontrol sistemi ile ölçülüp, değerlendirilmektedir. Burada bilgisayarlı kontrol sistemlerinden bahsedelim.

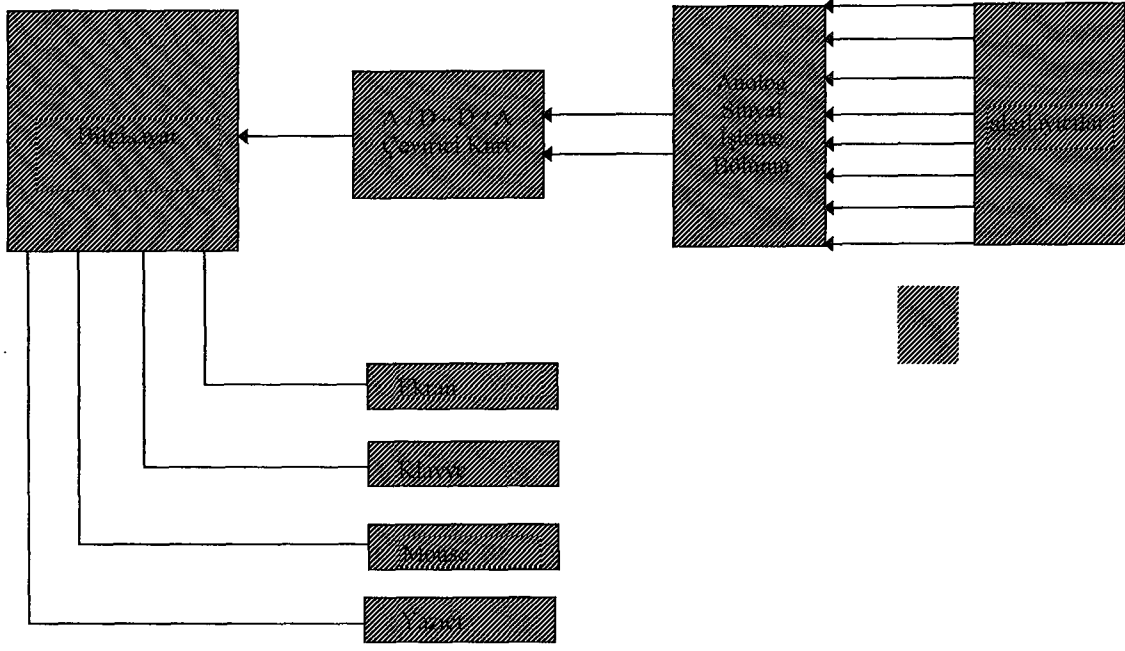
3.4.1 Bilgisayarlı Kontrol sistemleri

Günümüzde bilgisayarlı kontrol sistemleri mühendislik, tıp, ziraat ve birçok bilim dalında, laboratuvarlarda ve uygulamada pek çok fiziksel büyüklüğün ölçülmesi ve kontrol edilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bilgisayarlı kontrol sistemleri kullanılarak dış ortamdaki herhangi bir fiziksel büyüklük, algılayıcının uçları arasındaki gerilimin değişmesi ile ölçülerek kullanıcının anlayacağı sayısal ifadelerle çevrilebilir ve bu bilgiler çeşitli şekillerde saklanabilir. Ayrıca dış ortama herhangi bir zamanda bir elektrik akımı iletilebilir. Yani ölçülen değerle olması gereken değer mukayese edilerek yapılacak işlem bilgisayar tarafından yapılır.

Bu sistemlerin tercih edilmesinin sebebi, ölçüm ve kontrolde insan faktörünün olumsuz etkilerini en aza indirmektir. Bu sistemlerin kullanılması ile ölçüm ve kontroller, verilerin saklanması veriler ile her türlü mantıksal ve sayısal işlemlerin yapılması en az hata ve en kısa zamanda yapılması gerçekleştirilebilir.

Bilgisayarlı kontrol sistemlerinin çalışma prensibi şu şekildedir: Öncelikle algılayıcı elemanlar tarafından üretilen analog işaretler, analog/sayısal çevirici (A/D Konvertör) kart ile sayısal hale getirilerek bilgisayara iletilir. Bilgisayar, elde edilen veriler üzerinde kullanıcının istediği hesaplama ve mantıksal işlemleri yaparak sonuçları istenilen şekilde kullanıcıya verir. Elde edilen sonuçlara göre bilgisayar, gerekli sayısal işaretleri noktasında bulunan sürücü ve güç katlarına gönderir.

Kullanılan sistemi temel olarak bilgisayar ve algılayıcılar olmak üzere 2 bölüme ayırabiliriz.



Şekil 3.5 Bilgisayar kontrol sistemi

Bilgisayar, yukarıda anlatılan işlemleri kullanıcının hazırladığı program aracılığı ile ve bilgisayar içinde bulunan analog / sayısal çevirici kart ile gerçekleştirir. Analog / sayısal çevirici kart sayısal ve analog bilgi giriş-çıkışını sağlayan elektronik elemanlar topluluğudur.

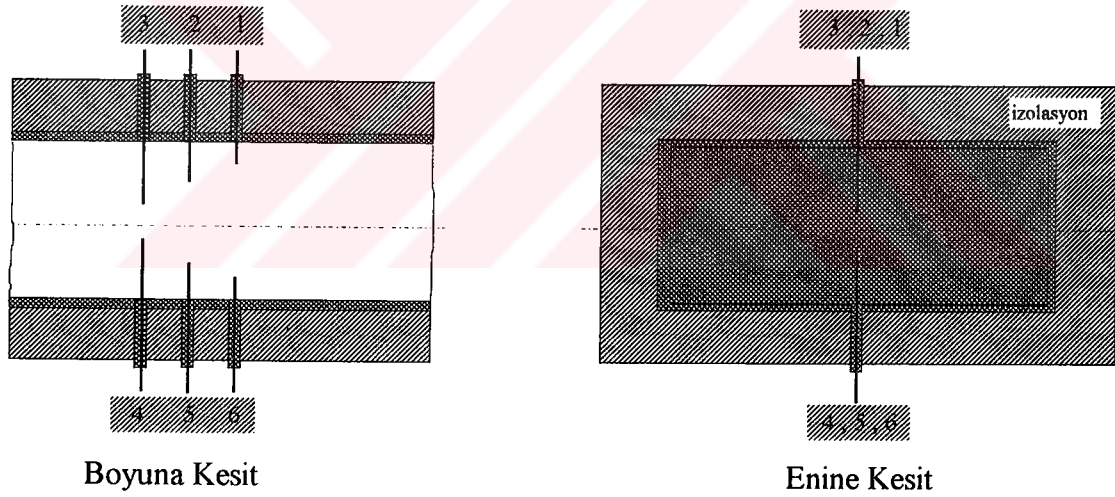
Bu çalışmada kullanılan kartta 16 adet analog giriş, 1 adet te analog çıkış mevcuttur. Kartın giriş ve çıkışı tek kutuplu (0;9 V) veya çift kutuplu (-9;+9 V) olarak ayarlanabilir. Bu çalışmada, algılayıcılardan gelen analog sinyaller sinyal işleme bölümünde 0;9 V aralığında olacak hale getirildiğinden girişler tek kutuplu olarak ayarlanmıştır. Girişlerden 14 adedi sıcaklık ölçümleri için kullanılmıştır. Çıkış kanalı ise kullanılmamıştır. Kartın herhangi bir girişindeki analog bilgiyi dijitalle çevirip okumak için belli adreslere bilgi gönderilerek istenen kanal seçilir. Kartın analog sinyali çevirmesi için gereken adreslere komutlar gönderilir. Tüm bu değerlerden sonra istenilen değer dijital olarak okunur.

Program, bu işlemlerin gereken zamanda ve sırasıyla tüm algılayıcılar için yapılmasını sağlayarak istenen şekilde bilgisayarın herhangi bir çevre birimine(ekrana veya yazıcıya) ulaştırır ve/veya bu verileri istenen şekilde saklar. Program, pascal programlama dilinde yazılmıştır.

Sıcaklık algılayıcı olarak giriş ve çıkış sıcaklıklarının ölçümünde sıcaklık aralığı dikkate alınarak termistörler kullanılmıştır. Bu termistörler 0°C de 2.73 V verecek şekilde kalibre edildikleri zaman her 1°C sıcaklık artışı için 10 mV gerilim artışı sağlarlar. Böylece sıcaklığı $^{\circ}\text{C}$ olarak voltaj cinsinden ifade etmiş olurlar. Sıcaklık ölçülmesinde tercih edilmesinin sebebi bu termistörlerin ölçüm aralığında ($0-100^{\circ}\text{C}$) lineer olmalarıdır. Bu sebeple hassas ölçüm yapılmasını sağlarlar.

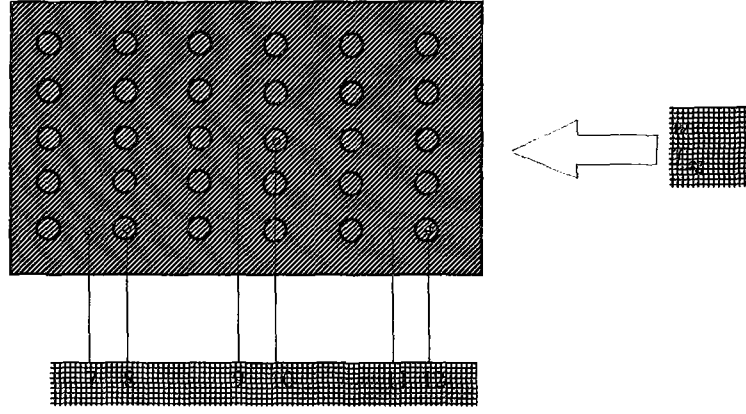
Yüzey sıcaklıklarının ölçülmesinde sıcaklık aralığı dikkate alınarak ve yüzey sıcaklığı ölçebilecek tipte $0-200^{\circ}\text{C}$ aralığında ölçme yapabilen Fe-Constantan tipi termokupullar kullanılmıştır. 1, 2, 3, 4, 5 ve 6 nolu termistörler havanın test bölgesinden çıkış sıcaklığını, 7, 8, 9, 10, 11 ve 12 nolu termokupullar yüzey sıcaklığını, 13 ve 14 nolu termistörler ise havanın test bölgesine giriş sıcaklığını ölçmektedirler.

Şekil 3.6 da test bölgesi çıkış hava sıcaklığının ölçülmesinde termoelemanların yerleşimi görülmektedir.



Şekil 3.6 Test bölgesi çıkışında termoelemanların yerleştirilişi

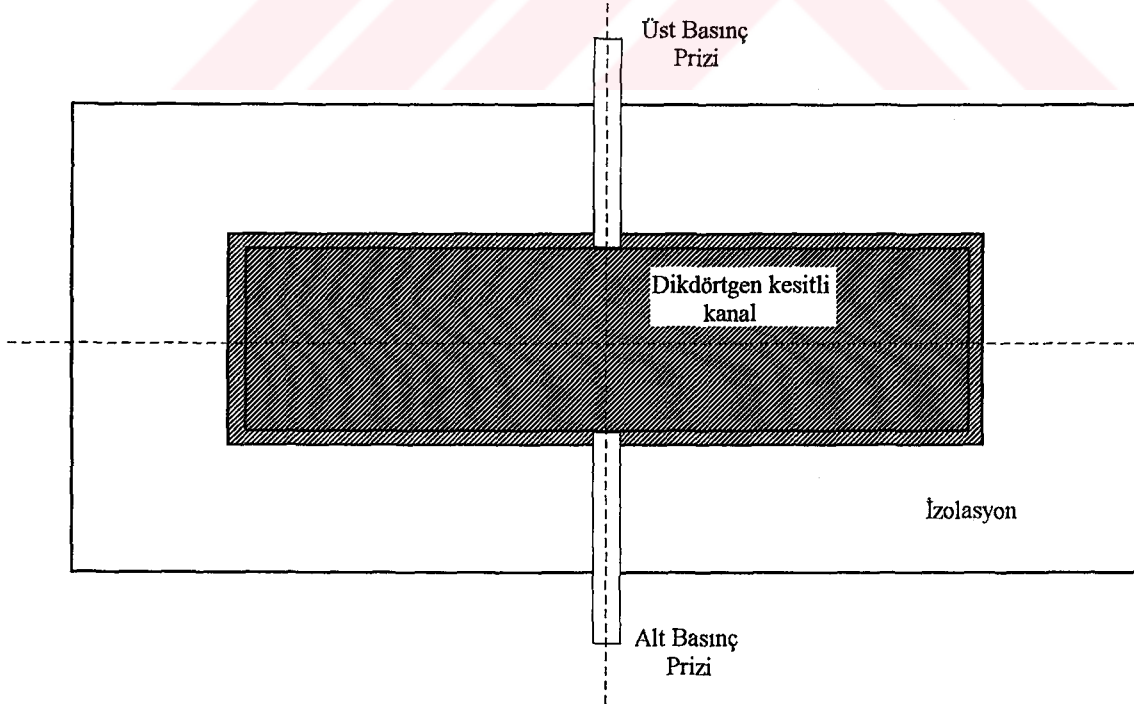
Şekil 3.7 de de termoelemanların yüzeye yerleştiriliş biçimleri görülmektedir. Yapılan her deneyde termoelemanlar aynı noktalara monte edilmiştir.



Şekil 3.7 Termoelemanların yüzeye yerleştirilişi

3.5 Basınç Ölçmeleri

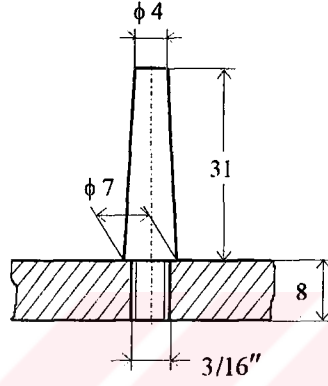
12 adet pim kanatlı levha ile yaptığımız deneylerde pim kanatların akış esnasında sebep olduğu basınç kaybını ölçmek için alkollü bir manometre kullanılmıştır. Manometrenin bir ucu yüksek diğer ucu alçak basınç kısmına 13 nolu basınç prizleri yardımıyla irtibatlandırılmıştır. Montaj yapılırken hava akımını etkilememesi için basınç prizlerinin yüzeye aynı seviyede olacak şekilde alt ve üst kanal yüzeylerinin ortasına takılmasına dikkat edilmiştir (Şekil 3.8)



Şekil 3.8 Statik basınç prizlerinin kanala montesi

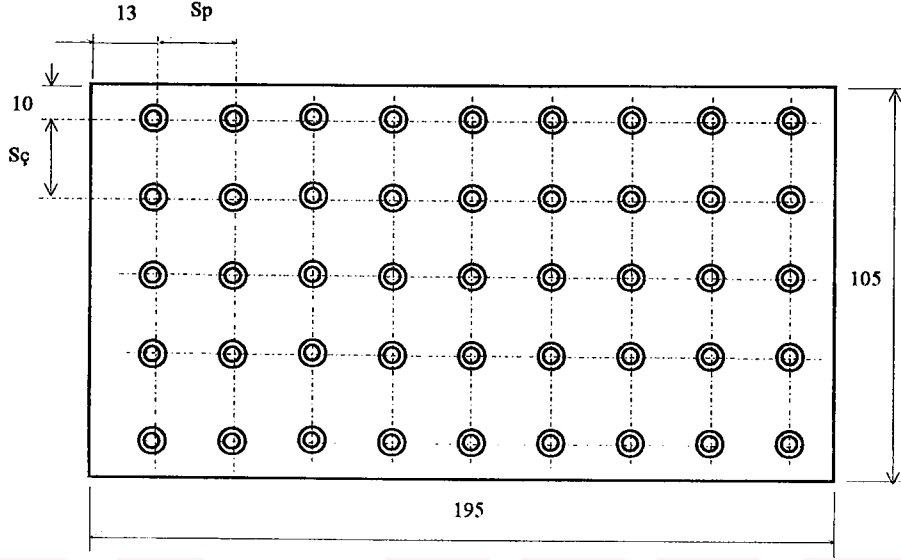
3.6 Kesik Konik Pim Kanatlı Yüzeyler

Kanalın test bölgesine kanalın alt yüzeyi ile aynı seviyede olacak şekilde yerleştirilen levhaların uzunluğu $L_L=195$ mm., genişliği $B=105$ mm.ve kalınlığı 8mm.dir. Saç levha malzemesi olarak Ç1020, pim kanat malzemesi olarak da otomat çeliği kullanılmıştır. Kesik konik pim kanadın büyük çapı $D=7$ mm., küçük çapı $d=4$ mm.ve yüksekliği $L=31$ mm. olarak imal edilmiştir. Pim kanatlar saç levhaya şekil 3.9 da görüldüğü gibi vidalanarak tutturulmuştur.

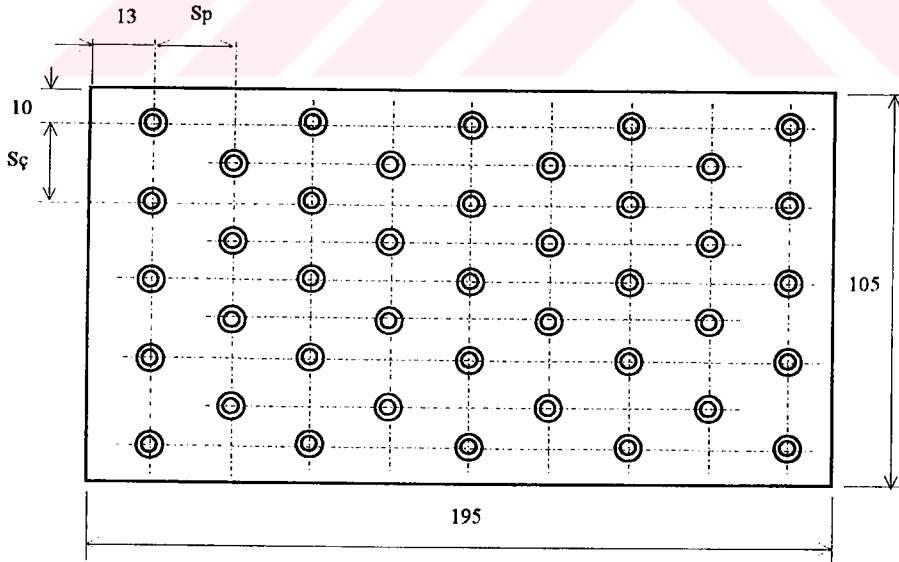


Şekil 3.9 Kesik konik pim kanatın boyutları ve levhaya montesi

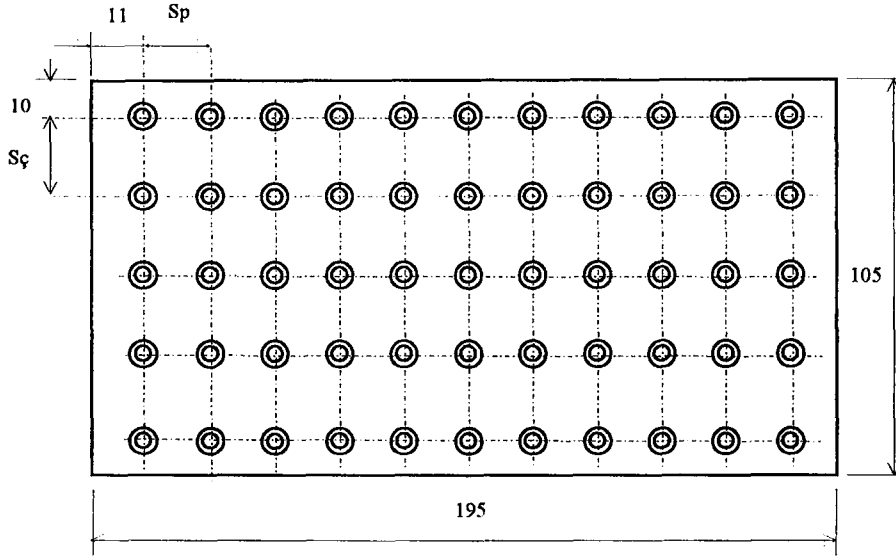
Kesik konik pim kanatlar yüzeye saptırmasız ve saptırmalı olarak monte edilmişlerdir. Akışa dik yönde pim kanatların eksenleri arasındaki mesafeler $S_c = 21,17$ mm., akış yönünde pim kanatların eksenleri arasındaki mesafeler $S_p = 21, 17, 14, 12$ mm.alınmışlardır. Deneylerde kullanılan 12 adet pim kanatlı levha, 1:2 ölçekli olarak şekil 3.10'dan şekil 3.21'e kadar gösterilmiştir.



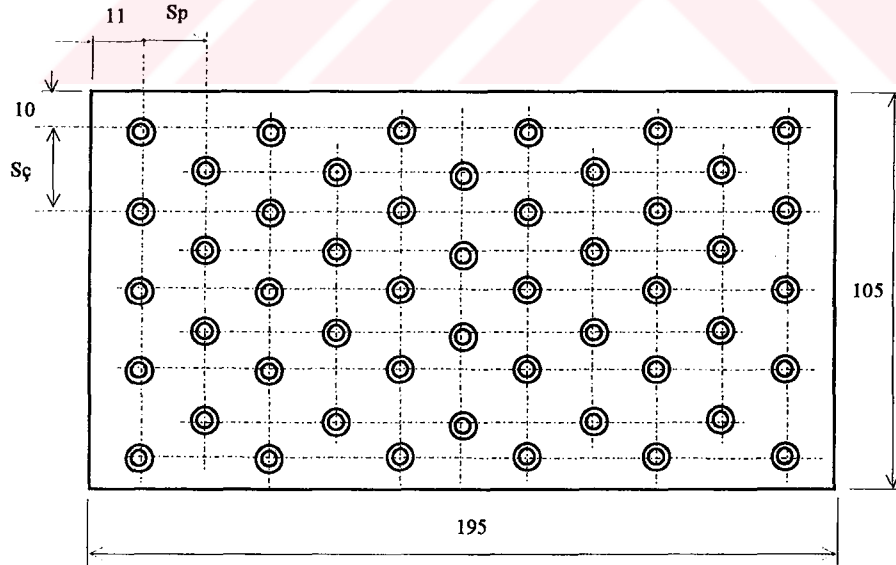
Şekil 3.10 Pim kanatların saptırmasız dizilişi. $S_{\text{ç}}=21\text{mm}$., $S_p=21\text{mm}$.



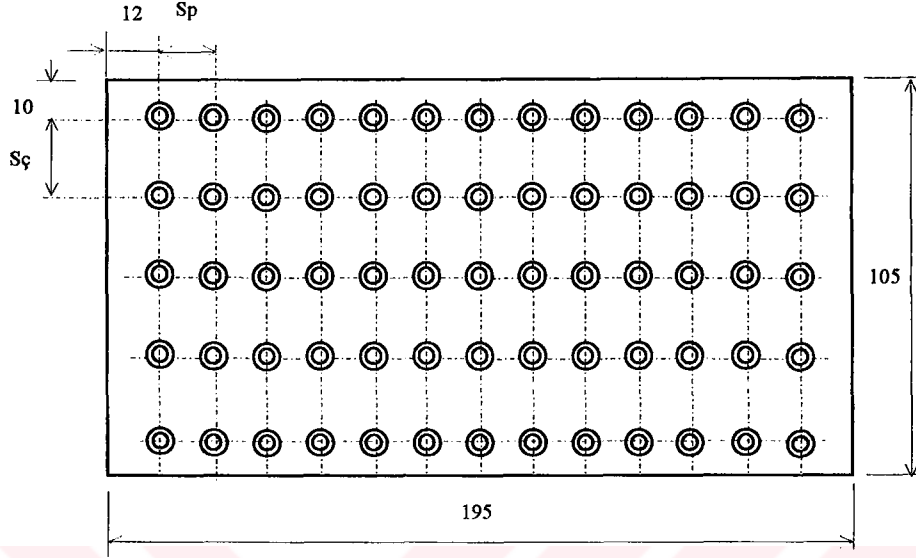
Şekil 3.11 Pim kanatların saptırmalı dizilişi. $S_{\text{ç}}=21\text{mm}$., $S_p=21\text{mm}$.



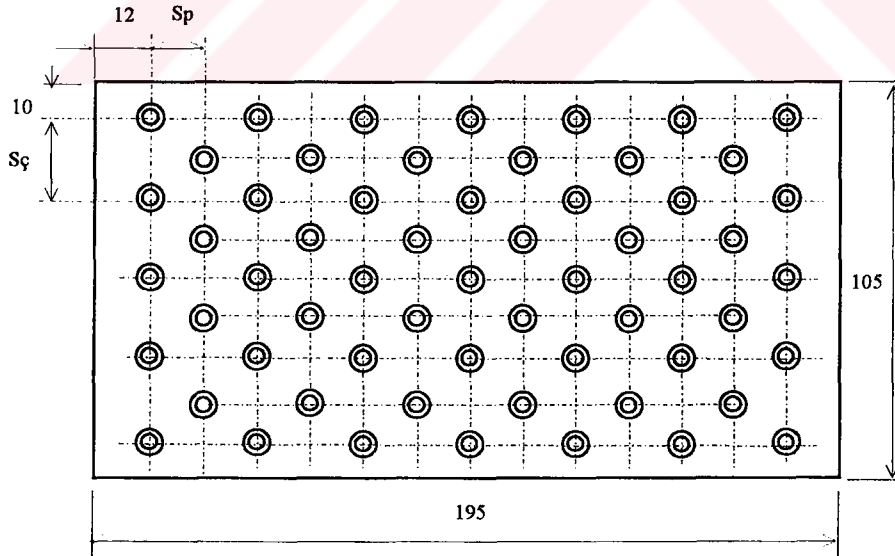
Şekil 3.12 Pim kanatların saptırmasız dizilişi. $S_ç=21\text{mm.}$, $S_p=17\text{mm.}$



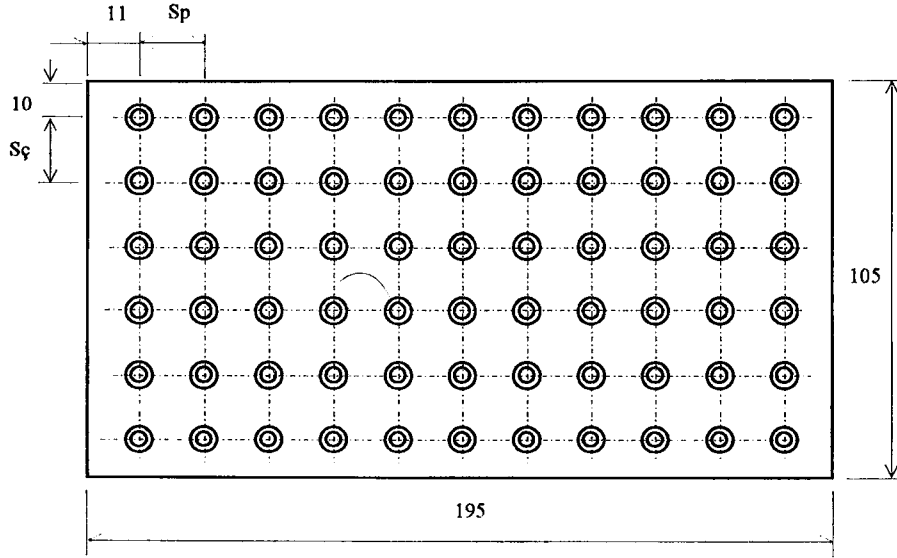
Şekil 3.13 Pim kanatların saptırmalı dizilişi. $S_ç=21\text{mm.}$, $S_p=17\text{mm.}$



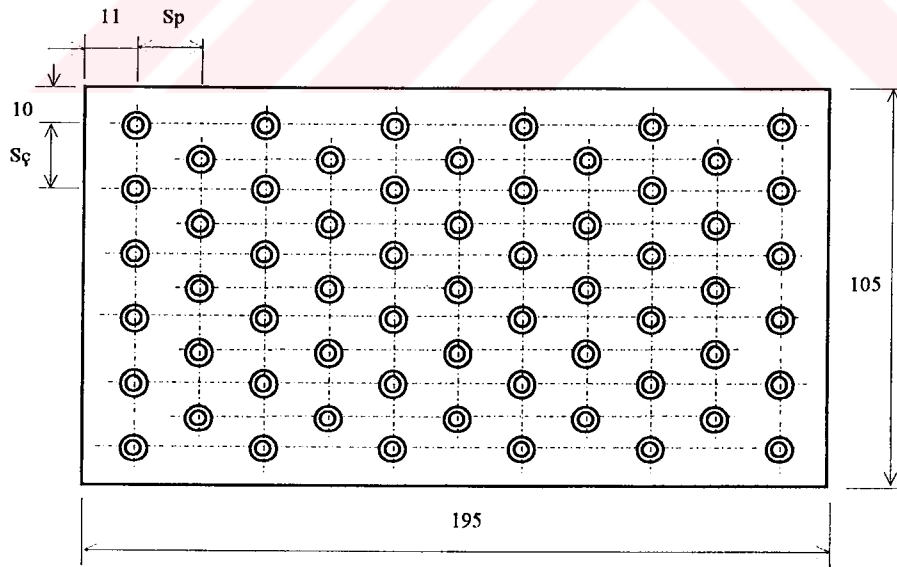
Şekil 3.14 Pim kanatların saptırmasız dizilişi. $S_ç=21\text{ mm}$., $S_p=14\text{ mm}$.



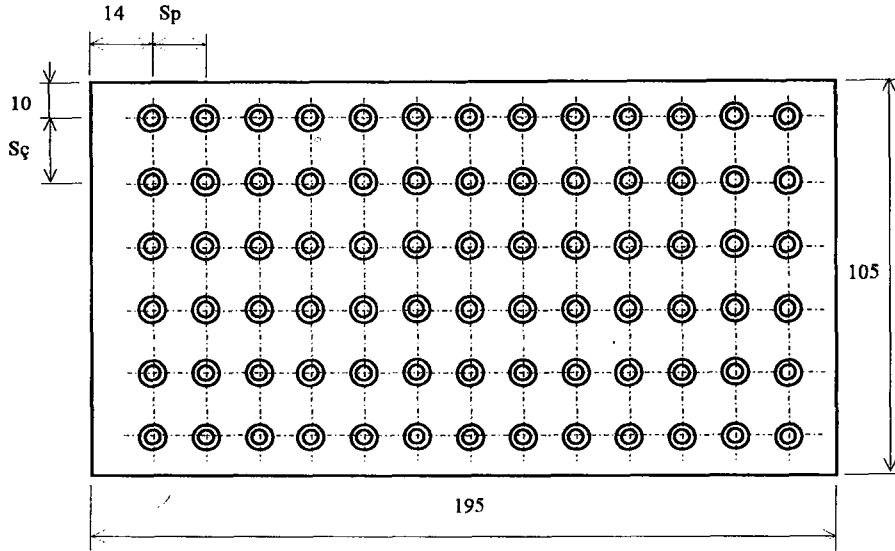
Şekil 3.15 Pim kanatların saptırmalı dizilişi. $S_ç=21\text{ mm}$., $S_p=14\text{ mm}$.



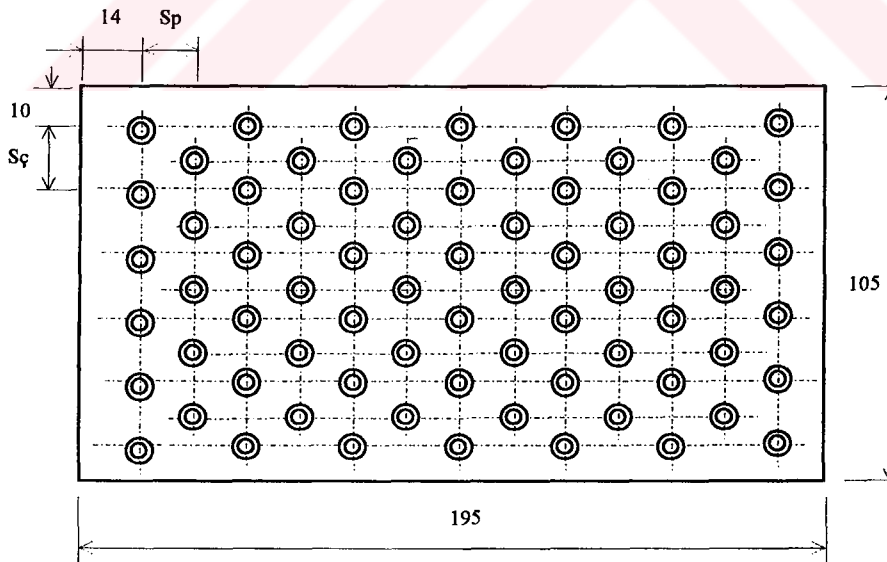
Şekil 3.16 Pim kanatların saptırmasız dizilişi. $S_ç=17\text{mm}$., $S_p=17\text{mm}$.



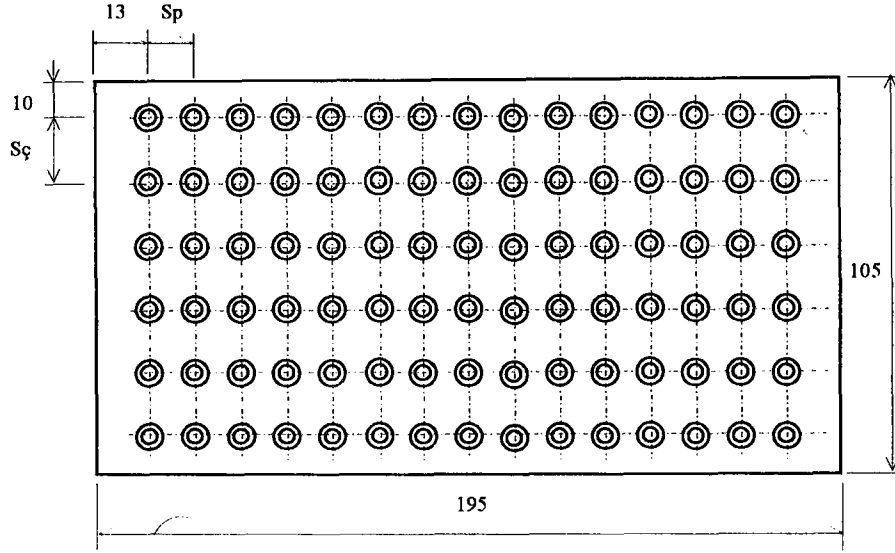
Şekil 3.17 Pim kanatların saptırmalı dizilişi. $S_ç=17\text{mm}$., $S_p=17\text{mm}$.



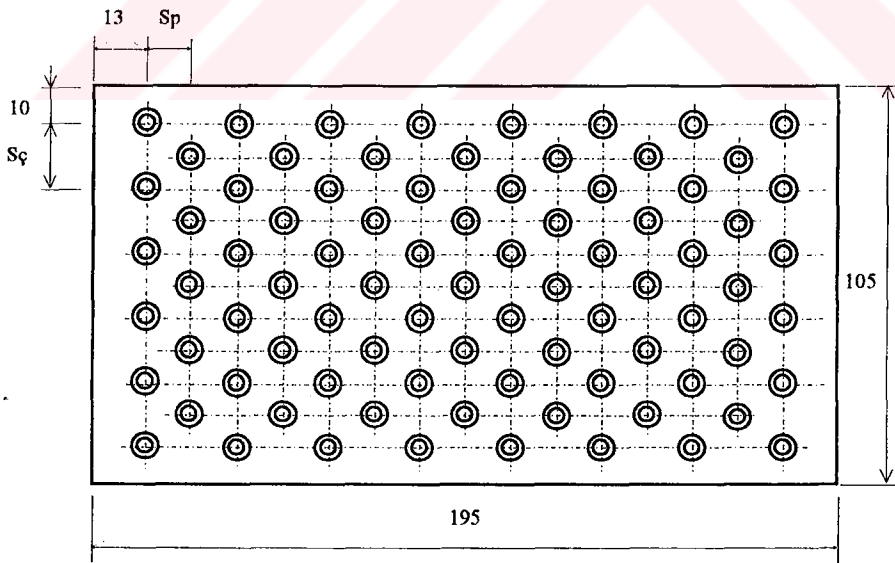
Şekil 3.18 Pim kanatların saptırmasız dizilişi. $Sç=17\text{mm.}$, $Sp=14\text{mm.}$



Şekil 3.19 Pim kanatların saptırmalı dizilişi. $Sç=17\text{mm.}$, $Sp=14\text{mm.}$



Şekil 3.20 Pim kanatların saptırmaz dizilişi. $S_ç=17\text{mm.}$, $S_p=12\text{mm.}$



Şekil 3.21 Pim kanatların saptırmalı dizilişi. $S_ç=17\text{mm.}$, $S_p=12\text{mm.}$

BÖLÜM 4

TEORİ

Bu bölümde, yüzeyde bir kesik konik pim kanat olması halinde ve kesik konik pim kanatlı yüzeylerdeki ısı transferi incelenecektir. Kanatçıkların sürekli rejim performansları, aşağıdaki varsayımlarla incelenecektir:

- Isı akışı sürekli rejimdedir.
- Kanatçık malzemesinin ısı iletkenlik katsayısı k sabittir.
- Kanatçıkta herhangi bir ısı kaynağı yoktur.
- Çevre akışkanının sıcaklığı sabittir.
- Kanatçık yüzeyi ile çevre akışkanı arasındaki ısı taşınım katsayısı h sabittir ve taşınım ve ışınım etkilerini birlikte ifade etmektedir.
- Kanatçığın taban yüzey sıcaklığı sabittir.
- Kanatçığın kalınlığı uzunluğuna nazaran küçük olduğundan uzunluk yönüne dik doğrultudaki sıcaklık gradyanları ihmal edilebilir ve böylece kanatçıkta ısı geçişi bir boyutlu varsayılabilir.

4.1 Yüzeyde Bir Kesik Konik Pim Kanat Olması Durumunda Isı Transferi

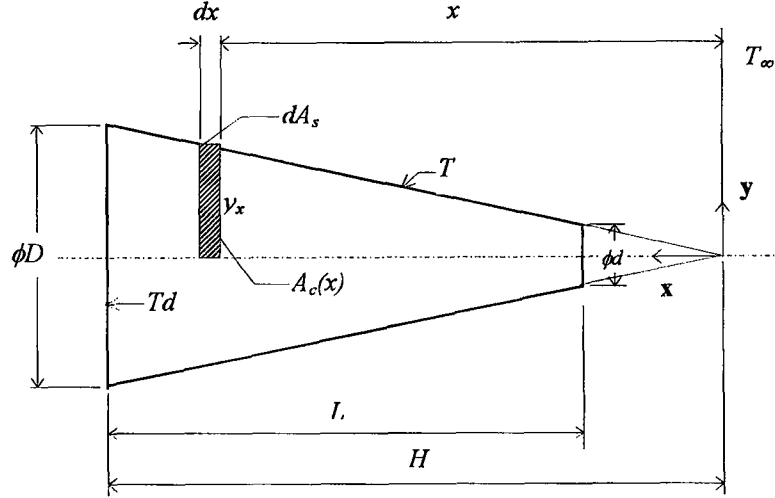
Yüzeydeki bir kanatta, kanat yüzey sıcaklığı yükseklikle değişir. Bunun sonucu birim yüzeyden geçen ısı miktarı kanat ucuna doğru azalır.

Önce şekil 4.1 de görülen kanatçıkta ısı iletiminin diferansiyel denklemini elde edelim. Enerjinin korunumundan;

$$\dot{Q}_x = \dot{Q}_{x+dx} + d\dot{Q}_{Konv.} \quad (7)$$

yazılır. dx hacim elemanına kondüksiyonla giren ısı debisi Fourier Kanunu'na göre sıcaklık farkı,

$$\theta = T - T_\infty \quad (8)$$



Şekil 4.1 Kesik konik pim kanatçıkta enerji dengesi ve koordinat sistemi

olmak kaydıyla

$$\dot{Q}_x = -kA_c \frac{d\theta}{dx} \quad (9)$$

dir. Burada A_c , tepe noktasına x mesafede dx hacim elemanının kesit alanıdır. Bu dilimden çıkan ısı debisi;

$$\dot{Q}_{x+dx} = \dot{Q}_x + \frac{\partial \dot{Q}_x}{\partial x} dx \quad (10)$$

(9) denklemini yerine yazılırsa;

$$\dot{Q}_{x+dx} = -kA_c \frac{d\theta}{dx} - k \frac{d}{dx} \left(A_c \frac{d\theta}{dx} \right) dx \quad (11)$$

bulunur. Dilimin yüzeyinden konveksiyonla çevreye yayılan ısı debisi;

$$d\dot{Q}_{Konv.} = h dA_s (T - T_\infty) \quad (12)$$

Burada dA_s , dx hacim elemanının çevre yüzey alanıdır.

(7) denklemini gereğince ;

$$-kA_c \frac{d\theta}{dx} - \left(-kA_c \frac{d\theta}{dx} - k \frac{d}{dx} \left(A_c \frac{d\theta}{dx} \right) dx \right) - h dA_s (T - T_\infty) = 0 \quad (13)$$

bulunur. İşlem yapılırsa;

$$\frac{d}{dx} \left(A_c \frac{d\theta}{dx} \right) - \frac{h}{k} \frac{dA_s}{dx} (T - T_\infty) = 0 \quad (14)$$

ya da

$$A_c \frac{d^2\theta}{dx^2} + \frac{dA_c}{dx} \frac{d\theta}{dx} - \frac{h}{k} \frac{dA_s}{dx} (T - T_\infty) = 0 \quad (15)$$

elde edilir. Burada A_c , x mesafesinin bir fonksiyonu olup;

$$A_c = \pi y_x^2 \quad (16)$$

ile ifade edilir. Şekil 4.1'den ;

$$y_x = x(D/2)/H \quad (17)$$

yazılabileceğinden (16) eşitliğinde yerine konursa;

$$A_c = \pi \left[x(D/2)/H \right]^2 = \frac{\pi D^2}{4H^2} x^2 \quad (18)$$

şeklini alır. İşlem yapılarak,

$$\frac{d^2\theta}{dx^2} + \left(\frac{1}{\frac{\pi D^2}{4H^2} x^2} \frac{2\pi \frac{D^2}{4}}{H^2} x \right) \frac{d\theta}{dx} - \left(\frac{1}{\frac{\pi D^2}{4H^2} x^2} \frac{h \frac{2\pi \frac{D}{2} x}{H}}{k} \right) \theta = 0 \quad (19)$$

$$\frac{d^2\theta}{dx^2} + \frac{2}{x} \frac{d\theta}{dx} - \frac{h}{k} \frac{4H}{D} \frac{1}{x} \theta = 0 \quad (20)$$

bulunur.

$$\frac{4h}{Dk} = m^2 \quad (21)$$

yazılarak (20) nolu eşitlik

$$\theta'' + \frac{2}{x}\theta' - m^2 \frac{H}{x}\theta = 0 \quad (22)$$

şeklinde ifade edilir. Bu sonuç, kesik konik pim kanatçıkta bir boyutlu şartlar için sıcaklık dağılımının diferansiyel denklemidir. Bu tip tadil edilmiş Bessel diferansiyel denkleminin genel çözümü;

$$\theta(x) = \frac{1}{\sqrt{x}} \left(AJ_1(bx^{1/2}) + BY_1(bx^{1/2}) \right) \quad (23)$$

şeklinde. Buna göre;

$$-m^2 H = b^2/4$$

yazılarak

$$b^2 = -4m^2 H$$

$$b = 2im\sqrt{H} \quad (24)$$

dönüşümü ile sıcaklık dağılım ifadesi

$$\theta(x) = \frac{1}{\sqrt{x}} \left[AJ_1(2im\sqrt{Hx}) + BY_1(2im\sqrt{Hx}) \right] \quad (25)$$

ya da başka bir ifadeyle

$$\theta(x) = \frac{1}{\sqrt{x}} \left[AiI_1(2m\sqrt{Hx}) + Bi^{-1}K_1(2m\sqrt{Hx}) \right] \quad (26)$$

şeklinde verilir. Sınır şartları için;

$$x = 0 \text{ için } \theta(0) = 0 \quad (27)$$

olduğu kabul edilerek $B = 0$ bulunur. $x = H$ için kanat dibi sıcaklığı $T = T_d$ ile

$$\theta = \theta_d = T_d - T_\infty$$

sınır şartından

$$\theta_d = \frac{A i I_1(2mH)}{\sqrt{H}} \quad (28)$$

ve

$$A = \frac{\theta_d \sqrt{H}}{i I_1(2mH)} \quad (29)$$

olur. Bulunan A ve B sayıları yerine konulduğunda sıcaklık dağılımı için;

$$\theta(x) = \theta_d \left(\frac{\sqrt{H}}{\sqrt{x}} \right) \frac{I_1(2m\sqrt{Hx})}{I_1(2mH)} \quad (30)$$

elde edilir. Kanat gövdesine kanat ayağındaki kesitten kondüksiyonla geçen ısı debisi;

$$Q_{x=H} = kF \left(\frac{d\theta}{dx} \right)_{x=H} \quad (31)$$

dır. Bu bağıntıdan

$$Q_{x=H} = k \frac{\pi D^2}{4} \frac{d}{dx} \left(\theta_d \frac{\sqrt{H}}{\sqrt{x}} \frac{I_1(2m\sqrt{Hx})}{I_1(2mH)} \right)_{x=H} \quad (32)$$

veya düzenleme yapıldığında

$$Q_{x=H} = k \frac{\pi D^2}{4} \theta_d \frac{\sqrt{H}}{I_1(2mH)} \frac{d}{dx} \left(\frac{I_1(2m\sqrt{Hx})}{\sqrt{x}} \right)_{x=H} \quad (33)$$

elde edilir. Ara işlemler yapılarak

$$\frac{d}{dx}(I_1(2m\sqrt{Hx})) = \frac{1}{2\sqrt{x}} \left[2m\sqrt{H}I_2(2m\sqrt{Hx}) + \frac{1}{\sqrt{x}}I_1(2m\sqrt{Hx}) \right]$$

ile

$$\frac{d}{dx} \left(\frac{I_1(2m\sqrt{Hx})}{\sqrt{x}} \right)_{x=H} = \left\{ \frac{\sqrt{x}}{2x\sqrt{x}} \left[2m\sqrt{H}I_2(2m\sqrt{Hx}) + \frac{1}{\sqrt{x}}I_1(2m\sqrt{Hx}) \right] - \frac{1}{2x\sqrt{x}}I_1(2m\sqrt{Hx}) \right\}_{x=H}$$

$$= \left[\frac{1}{2x} 2m\sqrt{H}I_2(2m\sqrt{Hx}) \right]_{x=H} = \frac{m\sqrt{H}}{H} I_2(2mH)$$

bulunur. (33) eşitliği ile

$$Q_{x=H} = k \frac{\pi}{4} D^2 \theta_d \frac{\sqrt{H}}{I_1(2mH)} \left[m \frac{\sqrt{H}}{H} I_2(2mH) \right] \quad (34)$$

elde edilir. Düzenleme yapıldığında

$$Q_{x=H} = k \frac{\pi}{4} D^2 \theta_d m \frac{I_2(2mH)}{I_1(2mH)} \quad (35)$$

bulunur. (21) eşitliği ile konik cismin tabanından kondüksiyonla geçen ısı için

$$Q_{x=H} = k \frac{\pi}{2} \theta_d \sqrt{\frac{hD^3}{k}} \frac{I_2(2mH)}{I_1(2mH)} \quad (36)$$

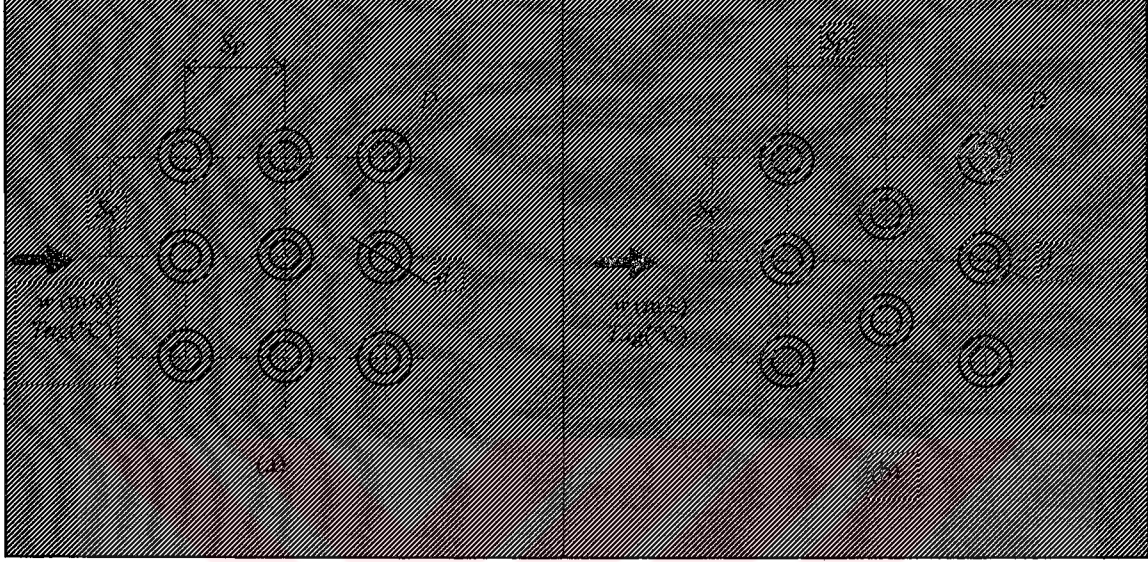
yazılır.

4.2 Kesik Konik Pim Kanatlı Yüzeylerde Isı Transferi

Kesik konik pim kanatlı yüzeylerden ısı geçişi için boru demetlerinden çapraz akışla ısı geçişinin hesaplanmasında kullanılan metodun geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu bölümde bu metod ve bunun kesik konik pim kanatlı yüzeylerde kullanılabilmesi için gerekli bazı

düzenlemelerle kesik konik pim kanatlı yüzeylerdeki ısı transferi için teorik hesaplar izah edilecektir.

Kanatlı yüzeyler, belli bir geometrik düzenle yerleştirilmiş pim kanatlardan oluşurlar. Kanatlar saptırmaz ve saptırmalı olarak yerleştirilebilirler Şekil 4.2



Şekil 4.2 Kesik konik pim kanatların dizilişleri (a) Saptırmaz (b) Saptırmalı

Saptırmaz dizilişte kanatlar akış yönünde ve buna dik doğrultuda birbiri arkasına yerleştirilmişlerdir. Saptırmalı dizilişte ise bir kanat dizisinin kanatları, önündeki dizinin kanatlarının arasına gelecek şekilde yerleştirilir.

Kanatlar arasındaki mesafeler akışa dik ve paralel doğrultuda değiştirilerek farklı kanat dizilişleri elde edilebilir. Şekil 4.2 de akışkan hızı w , sıcaklığı T_{ag} , kanatçıkların büyük çapı D , küçük çapı d , kanatçık merkezleri arasındaki akışa paralel doğrultudaki uzaklık S_p , çapraz doğrultudaki uzaklık S_c ile gösterilir. Boyutsuz sayılar;

$$b_p = S_p / D \quad (37)$$

ve

$$b_c = S_c / D \quad (38)$$

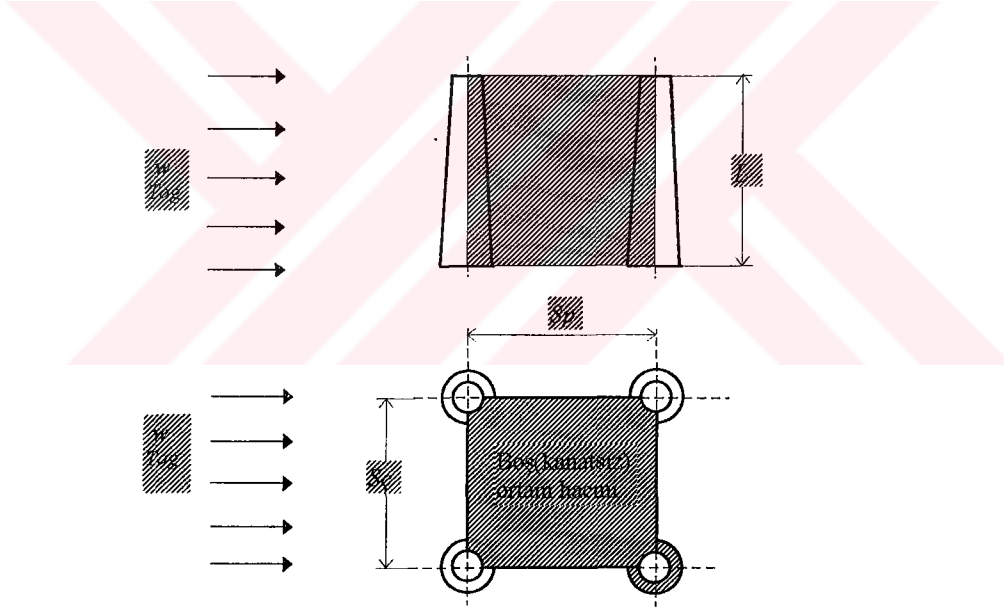
ile ifade edilirler.

4.2.1 Boş Ortam Payı

Kanal içine yerleştirilen pim kanatlı yüzelerde, pim kanatlar arasındaki akış kesitinin küçülmesi akışı ve dolayısıyla Re sayısını etkilediği açıktır. Bilhassa akış kesitinin küçülmesi sonunda akış hızı artmakta ve bundan ısı transferi de etkilenmektedir. Bu sebeple *boş ortam payı* ψ tarif edilir.

Boş ortam payı, akış yönündeki boş ortam hacminin toplam hacme oranı olarak ifade edilir. Buna göre şekil 4.3 deki kanatçıklı yüzeyin boş ortam payı;

$$\psi = \frac{s_p s_\zeta L - 4 \left[\frac{\pi \cdot L}{12} (D^2 + Dd + d^2) \right]}{s_p s_\zeta L} \quad (39)$$



Şekil 4.3 Boş (kanatsız) ortam hacmi

eşitliği yazılır. Sadeleştirme işlemleri yapılarak;

$$\psi = \frac{s_p s_\zeta - \frac{\pi}{12} (D^2 + Dd + d^2)}{s_p s_\zeta} = 1 - \frac{\pi}{12 s_p s_\zeta} (D^2 + Dd + d^2) \quad (40)$$

eşitliği bulunur.

4.2.2 Kesik Konik Pim Kanatlı Levhalarda Isı Transferi Hesabı

Kanal içine yerleştirilen kesik konik pim kanatlı düzlem levhalardan transfer edilen ısının hesaplanmasında izlenen yol aşağıda açıklandığı gibidir:

Deney ünitesinin levha çıkışında havanın ortalama sıcaklığı $T_{a\phi}$, bu kesitin 6 noktasında ölçülen T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 ve T_6 sıcaklıklarının aritmetik ortalaması;

$$T_{a\phi} = (T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6) / 6 \quad (^\circ\text{C}) \quad (41)$$

ile, levha yüzeyinde ortalama yüzey sıcaklığı T_y , yüzeyde 6 noktadan ölçülen $T_7, T_8, T_9, T_{10}, T_{11}$ ve T_{12} sıcaklıklarının aritmetik ortalaması ;

$$T_y = (T_7 + T_8 + T_9 + T_{10} + T_{11} + T_{12}) / 6 \quad (^\circ\text{C}) \quad (42)$$

ile ve levha girişinde havanın ortalama sıcaklığı T_{ag} , bu kesitin 2 noktasında ölçülen T_{13} ve T_{14} sıcaklıklarının aritmetik ortalaması ;

$$T_{ag} = (T_{13} + T_{14}) / 2 \quad (^\circ\text{C}) \quad (43)$$

ile hesaplanır.

Test bölgesindeki hacim debisi V_m , hava hızı w ve kanalın kesit alanı $A_{\text{kanal}} = 0,002945 \text{ m}^2$ ile;

$$V_m = 10,602 w (\text{m}^3 / \text{h}) \quad (44)$$

bağıntısı ile bulunur.

Kesik konik pim kanatlı levhalarla yaptığımız deneylerde hacim debisi ve ortalama hız,

$$10,07 \text{ m}^3 / \text{h} \leq V_m \leq 44,53 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$0,95 \text{ m} / \text{s} \leq w \leq 4,2 \text{ m} / \text{s}$$

sınırları arasında kalmıştır.

4.2.3 Isı Taşınım Katsayısının Tespiti

Transfer edilen ısı debisi Q ile ortalama ısı taşınım katsayısı h arasında;

$$Q = h A \Delta T_m \quad (45)$$

eşitliği vardır. Bu eşitlikteki ΔT_m , kanatçıkların dışındaki akışın giriş sıcaklığı T_{ag} ve pim kanatlı yüzeyden çıkış sıcaklığı ile kanatçıkların ortalama dış yüzey sıcaklığı T_y nin logaritmik sıcaklık farkıdır ve

$$\Delta T_m = \frac{T_{a\phi} - T_{ag}}{\ln \frac{T_y - T_{ag}}{T_y - T_{a\phi}}} \quad (46)$$

eşitliği kullanılarak hesaplanır.

Kesik konik pim kanatlı bir yüzeyde ortalama ısı taşınım katsayısını hesaplamak için önce ortalama Nu sayısı sayısı hesaplanır. Nu sayısının hesabında kullanılan Reynolds sayısı Re , boş ortam payı ψ ve aşma uzunluğu l_a ile elde edilir. Aşma uzunluğu l_a , ısı transfer yüzeyi boyunca akışkan moleküllerinin katedeceği mesafedir. Aşma uzunluğu;

$$l_a = \pi D / 2 \quad (47)$$

ile hesaplanarak ;

$$Re_{\psi,l} = \frac{w l_a}{\psi \nu} \quad (48)$$

eşitliği ile $Re_{\psi,l}$ bulunur. Buradaki ν , ortalama akışkan sıcaklığı ;

$$T_m = (T_{a\phi} + T_{ag}) / 2 \quad (49)$$

ile hesaplanan kinematik vizkositedir.

Pim kanatlı levha ile yapılan deneylerde test bölümüne giriş ve çıkış kesitleri arasında havaya transfer edilen ısı debisi;

$$Q = V_m \rho C_p (T_{a\phi} - T_{ag}) \quad (W) \quad (50)$$

eşitliği ile bulunur.

Pim kanatlı yüzeyde z pim sayısını göstermek üzere ısı transfer yüzey alanı;

$$A_{top} = (B L_L - \frac{\pi \cdot D^2 z}{4}) + 0,5 \pi z (D + d) \sqrt{L^2 + ((D - d)/2)^2} \quad (m^2) \quad (51)$$

eşitliği ile hesaplanır. Burada B levhanın genişliği, L_L ise levhanın uzunluğudur. Enerji eşitliği yazılarak;

$$h A \Delta T_m = V_m \rho C_p (T_{a\phi} - T_{ag})$$

ısı taşınım katsayısı h için;

$$h = V_m \rho C_p (T_{a\phi} - T_{ag}) / A \Delta T_m \quad (52)$$

eşitliği yazılır ve bununla bulunan deney sonuçlarıyla hesaplanan Nu sayısı ;

$$Nu_l = \frac{h l_a}{k} \quad (53)$$

ile bulunur.

Havanın fiziksel özellikleri T_m ortalama hava sıcaklığına göre [4] den alınan datalara eğri uydurmak suretiyle bulunmuştur.

4.3 Boru Demetlerinde Ortalama Isı Taşınım Katsayısının Hesabı

Kesik konik pim kanatlı yüzeyler üzerindeki akış ve ısı transferi, çapraz akışlı boru demetlerine benzerlik gösterdiğinden deneylerde bulunan sonuçların boru demetleri için literatürde verilen bağıntılarla nasıl hesap edileceği araştırılacaktır. Ancak burada literatürde boru demetleri için verilen bağıntılardan bahsedilmesi uygun görülmüştür.

Boru demetlerinden çapraz akışla ısı geçişinde, ısı taşınım katsayısını hesaplayabilmek için ortalama Nu sayısının bulunması gerekir. Karakteristik uzunluk olarak $l_a = \pi D/2$ alınarak (47) eşitliği kullanılarak Re sayısı bulunur. Akışın laminer veya türbülanslı olduğu ayırt edilmeksizin

$10 < Re_{\psi,1} < 10^7$ ve $0.6 < Pr < 1000$ aralıklarında;

$$Nu_l = f_d (0.3 + \sqrt{Nu_{l,lam}^2 + Nu_{l,turb}^2}) (Pr / Pr_d)^{0.25} \quad (54)$$

eşitliği kullanılarak Nu_l sayısı hesaplanır. Burada $Nu_{l,lam}$ ve $Nu_{l,turb}$ için;

$$Nu_{l,lam} = 0.664 Re_l^{0.5} Pr^{0.333} \quad (55)$$

$$Nu_{l,turb} = \frac{0.037 Re_l^{0.8} Pr}{1 + 2.443 Re_l^{-0.1} (Pr^{0.67} - 1)} \quad (56)$$

eşitlikleri kullanılır. Ayrıca boru diziliş faktörü f_d için;

saptırmasız dizilişte;

$$f_d = 1 + \frac{1.9b_p - 1.8}{b_p (4b_c \psi / \pi - 0.4)} \quad (57)$$

saptırmalı dizilişte ise ;

$$f_d = 1 + \frac{1.87b_p - 1.7}{b_p (4b_c \psi / \pi - 0.4)} \quad (58)$$

ifadeleri verilmiştir[1].

Başka bir araştırma ise (54),(55) ve (56) eşitliklerini kullanmış ancak boru diziliş faktörü f_d için;

saptırmasız dizilişte;

$$f_{dv} = 1 + \frac{0.7 (b_p / b_c - 0.3)}{\psi^{1.5} (b_p / b_c + 0.7)^2} \quad (59)$$

saptırmalı dizilişte;

$$f_{dv} = 1 + \frac{2}{3b_p} \quad (60)$$

eşitliklerini önermişlerdir.

Diğer bir araştırmaya göre boru diziliş faktörü için (57) ve (58) eşitlikleri kullanılarak Nu sayısı;

$$Nu_D = f_d [1.556 + 0.1701Re^{0.4} Pr^{0.115}]^2 Pr^{0.19} \quad (61)$$

eşitliğiyle hesaplanmaktadır[3]. Isı taşınım katsayısı h, bulunan Nu sayısı ile (53) eşitliği kullanılarak hesaplanmaktadır.

4.4 Korelasyonun Geliştirilmesi

4.4.1 Nu Sayısı İçin Korelasyon

Deney sonuçlarına uygun bir hesaplama için Nu sayısının Re sayısı ile lineer değiştiği gözönüne alınarak;

$$Nu = A Re^B \quad (62)$$

yazılabilir. Burada A ve B denklem sabitleri sıfırdan farklı herhangi bir reel sayı olup, en küçük kareler metodu kullanılarak hesaplanabilir. Doğrusal grafiklerden denklem sabitleri bulunabileceği halde eğrisel grafiklerden, grafiğin karşılığı olan analitik bağıntıyı yazmak ve denklem sabitlerini bulmak mümkün değildir. Bu nedenle eğrisel grafiklerin önce doğrusal hale dönüştürülmesi gerekir.

Denklem (62) teki kuvvet fonksiyonunu, lineer fonksiyon haline getirmek için her iki tarafın logaritması alınır;

$$\ln Nu = \ln A + B \ln Re \quad (63)$$

bulunur.

$$\ln Nu = y;$$

$$\ln A = c ;$$

$$\ln Re = x;$$

dönüşümleri yapılırsa denklem (63) ;

$$y = B x + c \quad (64)$$

şeklinde bir doğru denklemine dönüşür.

En küçük kareler metoduna göre deney sayısı $i = 1$ den $n = 48$ e kadar olmak üzere (64) eşitliğinden bulunan $y(x_i)$ değerlerinin deneyden elde edilen y_i değerlerine yaklaşabilmesi için aradaki farkların kareleri toplamı, minimum olmalıdır [5]

$$\sum_{i=1}^n [y_i - y(x_i)]^2 = \min \quad (65)$$

Bunun için

$$\frac{\partial}{\partial c} \sum_{i=1}^n [y_i - (Bx_i + c)]^2 = 0 \quad (66)$$

$$\frac{\partial}{\partial B} \sum_{i=1}^n [y_i - (Bx_i + c)]^2 = 0 \quad (67)$$

olmalıdır. Türev alınırsa;

$$c n + B \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n y_i \quad (68)$$

$$c \sum_{i=1}^n x_i + B \sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n (x_i y_i) \quad (69)$$

ifadeleri bulunur.

Bu iki eşitlikten;

$$B = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i y_i) - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left[\sum_{i=1}^n x_i \right]^2} \quad (70)$$

$$c = \frac{\sum_{i=1}^n y_i - B \sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (71)$$

ve

$$A = e^c \quad (72)$$

elde edilir. Yüzde olarak sapma değerleri;

$$\delta_a = \frac{(Nu)_{deney} - (A Re^B)}{(Nu)_{deney}} \times 100 \quad (73)$$

ve ortalama sapma ;

$$\delta = \frac{\sum_{i=1}^n |\delta_{ai}|}{n} \quad (74)$$

eşitliği ve korelasyon katsayısı ise;

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n [(Nu)_{deney} - (A Re^B)]}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Nu)_{deney}^2 \sum_{i=1}^n (A Re^B)^2}} \quad (75)$$

ile hesaplanır.

Yapılan deneylerde ortalama sapma değerleri yüzde olarak saptırmasız diziliş için 22.85, saptırmalı diziliş için 10.06, korelasyon katsayısı r ise saptırmasız diziliş için 0.7742, saptırmalı diziliş için 0.9497 olarak bulunmuştur.

En küçük kareler metoduyla hesaplanan A ve B sayıları kullanılarak;

saptırmasız dizilişte;

$$Nu = 0.016 Re^{1.0078} \quad (76)$$

saptırmalı dizilişte;

$$Nu = 0.0186 Re^{1.0384} \quad (77)$$

eşitlikleri bulunmuştur.

4.4.2 Basınç Kayıp Katsayısı f için Korelasyon

Pim kanatlı yüzey üstündeki akış için basınç kayıp katsayısının hesaplanmasında alkollü manometreden okunan statik basınç farkı Δp , test bölgesindeki akışkanın ortalama hızı w , Re sayısı ve akışkanın ortalama sıcaklığındaki yoğunluğu ρ ile her yerleştirme düzeni için;

$$f = (2\Delta p / \rho w^2) = M Re^N \quad (78)$$

şeklinde ifadeler bulunmuştur. (78) bağıntısı ile verilen kuvvet fonksiyonu çift logaritmik eksenli grafikte bir doğru şeklindedir. Buradaki M ve N sayıları en küçük kareler metoduna göre bulunmuştur. (78) eşitliğinin her iki tarafının logaritması alınırsa;

$$\ln (2\Delta p / \rho w^2) = \ln M + N \ln Re \quad (79)$$

$$\ln (2\Delta p / \rho w^2) = y ;$$

$$\ln M = s ;$$

$$\ln Re = x ;$$

dönüşümleri yapılırsa denklem (79) ;

$$y = Nx + s \quad (80)$$

şeklinde bir doğru denklemine dönüşür.

En küçük kareler metoduna göre deney sayısı $i = 1$ den $n = 48$ e kadar olmak üzere (80) eşitliğinden bulunan $y(x_i)$ değerlerinin deneyden elde edilen y_i değerlerine yaklaşabilmesi için aradaki farkların kareleri toplamı minimum olmalıdır[5].

$$\sum_{i=1}^n [y_i - y(x_i)]^2 = \min \quad (81)$$

Bunun için

$$\frac{\partial}{\partial s} \sum_{i=1}^n [y_i - (Nx_i + s)]^2 = 0 \quad (82)$$

$$\frac{\partial}{\partial N} \sum_{i=1}^n [y_i - (Nx_i + s)]^2 = 0 \quad (83)$$

olmalıdır. Türev alınırsa;

$$s n + N \sum_{i=1}^n x_i = \sum_{i=1}^n y_i \quad (84)$$

$$s \sum_{i=1}^n x_i + N \sum_{i=1}^n x_i^2 = \sum_{i=1}^n (x_i y_i) \quad (85)$$

ifadeleri bulunur. Bu iki eşitlikten;

$$N = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i y_i) - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left[\sum_{i=1}^n x_i \right]^2} \quad (86)$$

$$s = \frac{\sum_{i=1}^n y_i - N \sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (87)$$

ve

$$M = e^s \quad (88)$$

elde edilir. Yüzde olarak sapma değerleri;

$$\delta_a = \frac{(2\Delta p / \rho w^2)_{deney} - (M Re^N)}{(2\Delta p / \rho w^2)_{deney}} \times 100 \quad (89)$$

ve ortalama sapma ;

$$\delta = \frac{\sum_{i=1}^n |\delta_{ai}|}{n} \quad (90)$$

eşitliği ve korelasyon katsayısı ise;

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n [(2\Delta p / \rho w^2)_{deney} - (M Re^N)]}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (2\Delta p / \rho w^2)_{deney}^2 \sum_{i=1}^n (M Re^N)^2}} \quad (91)$$

ile hesaplanır.

Yapılan deneylerde ortalama sapma değerleri yüzde olarak saptırmazsız dizilişte 12.43, saptırmalı dizilişte 12.18, korelasyon katsayısı r ise saptırmazsız dizilişte 0.7555, saptırmalı dizilişte 0.8252 olarak bulunmuştur.

En küçük kareler metoduyla hesaplanan M ve N sayıları kullanılarak;

saptırmazsız dizilişte;

$$f = (2\Delta p / \rho w^2) = 2464,3 Re^{-0.8723} \quad (92)$$

saptırmalı dizilişte;

$$f = (2\Delta p / \rho w^2) = 12752 Re^{-1.0523} \quad (93)$$

eşitlikleri bulunmuştur.

BÖLÜM 5

DENEYSEL ÇALIŞMA

5.1 Deneylerin Yapılışı

Deneylerde, 6 adet saptırmasız ve 6 adet saptırmalı dizilişe sahip toplam 12 adet kesik konik pim kanatlı düzlem levha kullanılmıştır. Levhalar test bölgesine yerleştirildikten sonra sistem çalıştırılmıştır. Kanaldan geçen hava hızı (w) istediğimiz debiyi sağlayacak şekilde küresel vana yardımıyla ayarlanmıştır. Bu ayarlardan sonra sistemin rejime girmesi için yaklaşık olarak 2.5 saat beklenmiştir. Sistemin rejime girip girmediğine, bilgisayar programındaki sıcaklık-zaman grafiğine bakılmak suretiyle karar verilmiştir. Sıcaklığın zamanla değişmediği an sistem rejime girmiş demektir. Sistem rejime girip sıcaklık değerleri kaydedilmek istendiğinde statik basınç farkı Δp , alkollü manometreden okunmuştur. Daha sonra anemometreden okunan hava hızı w (m/s) ve alkollü manometreden okunan statik basınç farkı Δp (mmSS) bilgisayara dışarıdan girilmiş ve kaydedilmiştir.

Aynı levha ile bir sonraki hava debisi için küresel vana ile ayar yapılmış ve rejim haline gelmesi için beklenmiştir.

Ölçmeler 8 farklı debide yapılmıştır.

Deneylerde şu büyüklükler ölçülmüştür:

- Kanaldan geçen havanın hızı w , m/s olarak dijital anemometre ile,
- Test bölgesindeki statik basınç farkı Δp , mmSS olarak alkollü manometre ile,
- Test bölgesi çıkış sıcaklıkları T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 ve T_6 ,
- Pim kanatlı levhanın yüzey sıcaklıkları $T_7, T_8, T_9, T_{10}, T_{11}$ ve T_{12} ,
- Test bölgesi giriş sıcaklıkları T_{13} ve T_{14} ,

Analog-Dijital /Dijital-Analog kart yardımıyla doğrudan bilgisayardan okunmuştur.

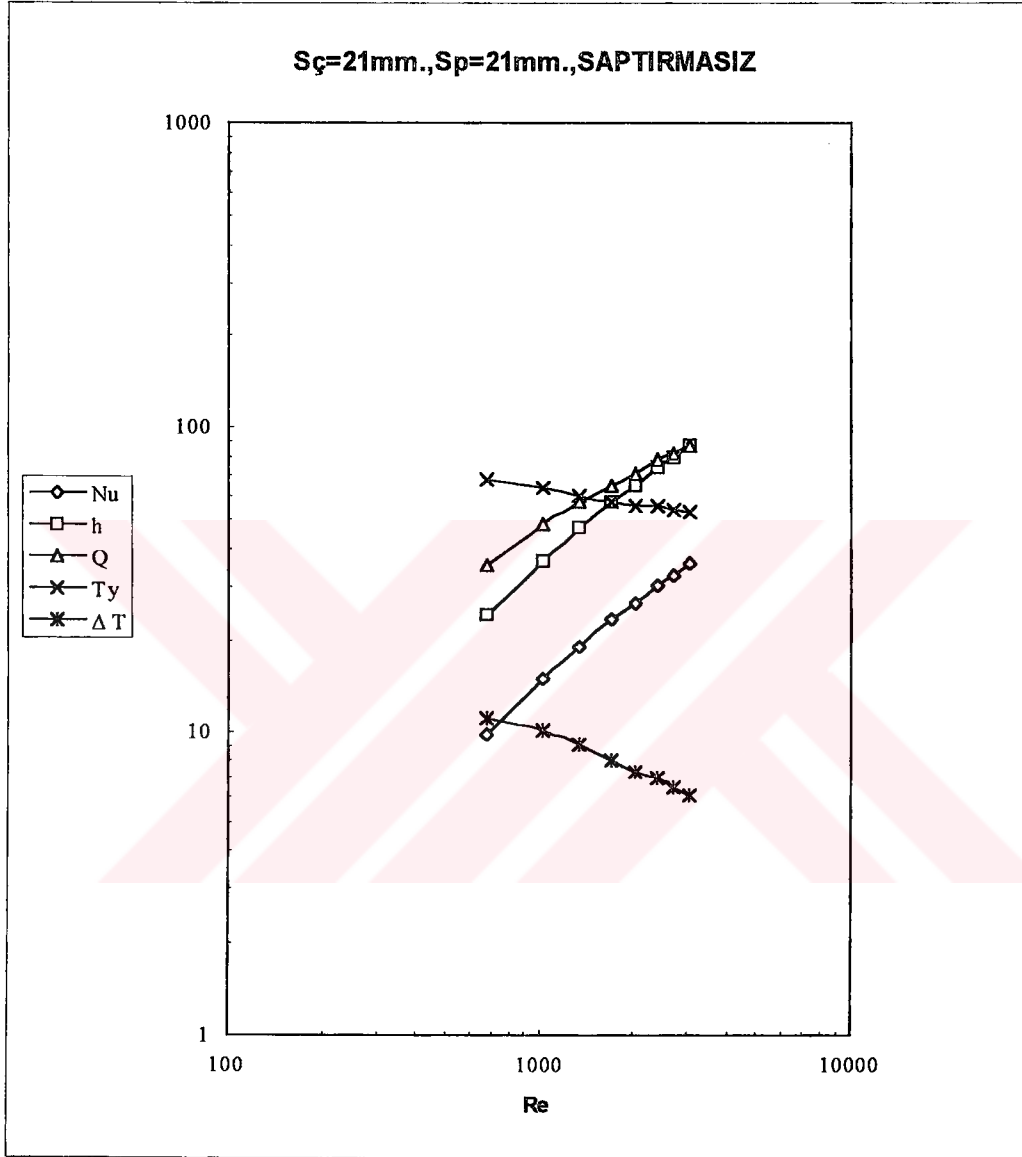
BÖLÜM 6

DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

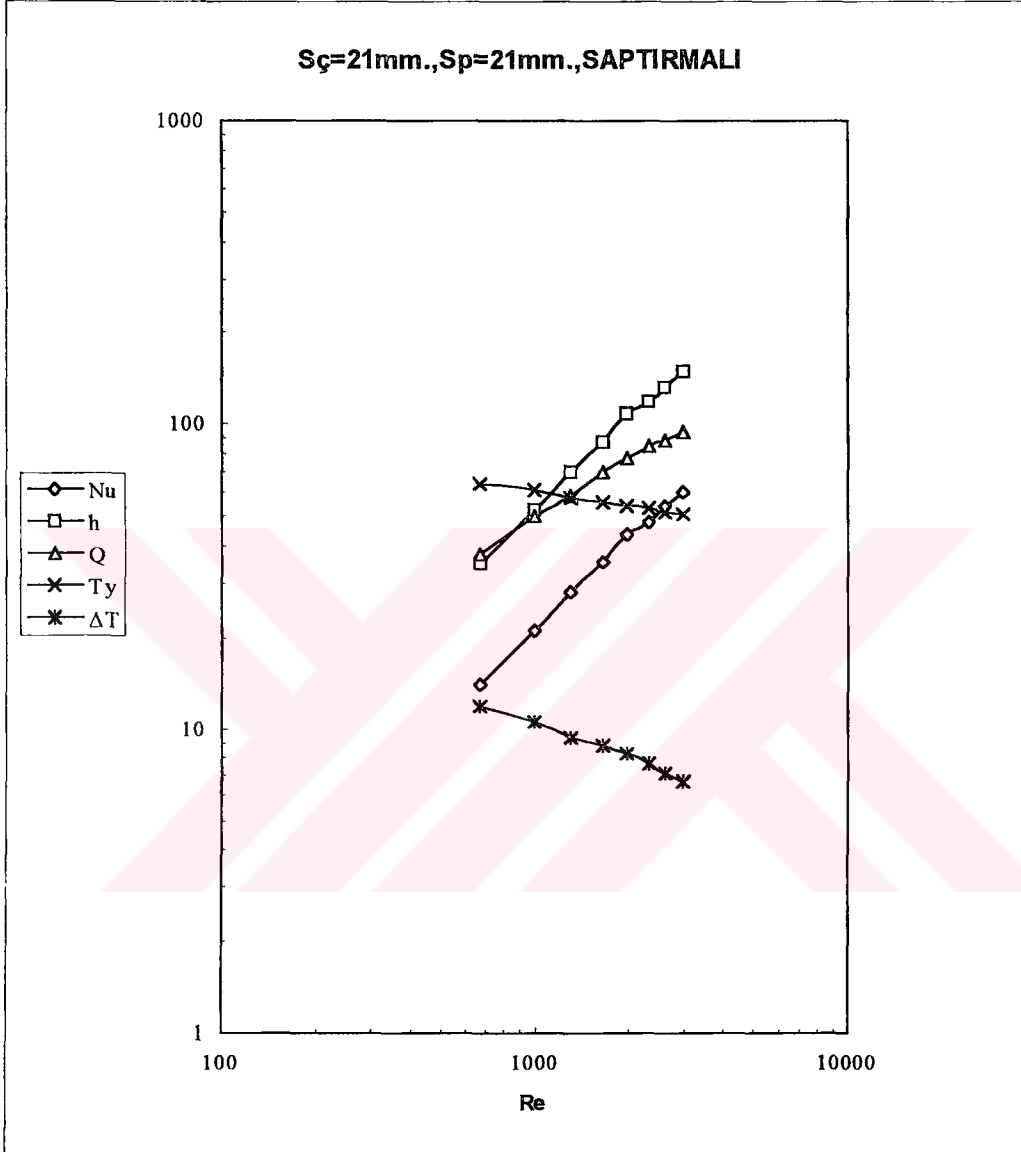
Deneyleerde ölçülerek elde edilen datalar Tablo Ek 1.1'den Tablo Ek 1.12'ye kadar verilmiştir. Bu datalar kullanılarak havanın test bölümüne giriş sıcaklığı T_{ag} , çıkış sıcaklığı T_{aq} , ortalama hava sıcaklığı T_m , havanın test bölgesine giriş ve çıkış sıcaklığı arasındaki fark ΔT , hava debisi V_m , hava hızı w , levhanın yüzey sıcaklığı T_y , logaritmik sıcaklık farkı ΔT_m , havaya transfer edilen ısı debisi Q , ısı taşınım katsayısı h , reynolds sayısı Re , Nusselt sayısı Nu , boş ortam payı ψ , havanın yoğunluğu ρ , havanın sabit basınç altındaki özgül ısı c_p , havanın kinematik vizkositesi ν , havanın ısı iletme katsayısı k ve Prandtl sayısı Pr , pascal dilinde hazırlanan bir bilgisayar programı ile hesaplandılar. Bu hesaplar Ek 2'de Tablo Ek 2.1'den Tablo Ek 2.12'ye kadar verilmiştir.

Şekil 6.1'den şekil 6.12'ye kadar, program çıktıları kullanılarak çizilen diyagramlarda, ısı transferi büyüklüklerin Re sayısına bağlı olarak değişimleri görülmektedir. Çizilen çift logaritmik eksenli diyagramlardan görüldüğü gibi kesik konik pim kanatlı yüzeylerle yapılan deneylerde Re sayısı artarken Nu sayısı, ısı taşınım katsayısı ve transfer edilen ısı debisi lineer artmakta, buna karşılık yüzey sıcaklığı ve sıcaklık farkı lineer azalmaktadır. Bu özellikler, pim kanatların dizildiği bütün yüzeylerde tekrarlanmaktadır.

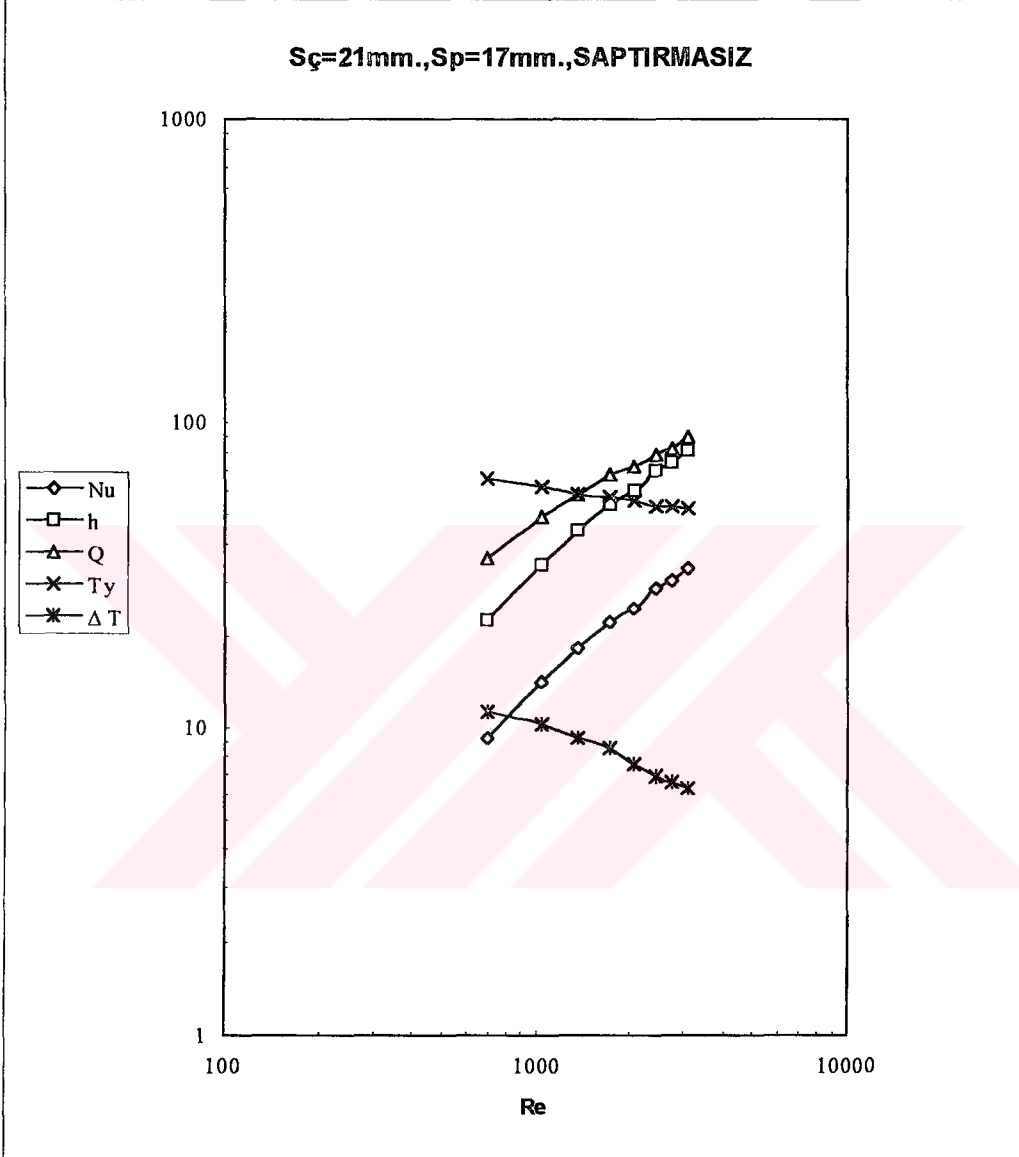
Şekil 6.13'den şekil 6.20'ye kadar çizilen çift logaritmik eksenli diyagramlarda Re - Nu değişimleri görülmektedir. Bu diyagramlardan tespit edilen genel sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir: 1) Nu sayısı ve buna bağlı olarak ısı taşınım katsayısı h , saptırmalı dizilişlerde, saptırmasız dizilişlerdekinden daha büyüktür. 2) Saptırmasız dizilişte, pim kanat eksenleri arasındaki akışa dik yöndeki S_\perp mesafesi sabit kalmak şartıyla, akışa paralel yöndeki S_p mesafesi azaldıkça Nu sayısı dolayısıyla ısı taşınım katsayısı artmaktadır. Buna karşılık aynı S_p değerleri için S_\perp değeri azaldıkça ısı debisi artmaktadır. En küçük S_\perp ve S_p değerlerinde hava, kesik konik pim kanatların ayağında daha büyük dirençle karşılaştığından kesik konik pim kanatların üst kısmındaki daha az dirençli bölgeden geçmekte ve ısı debisi azalmaktadır.



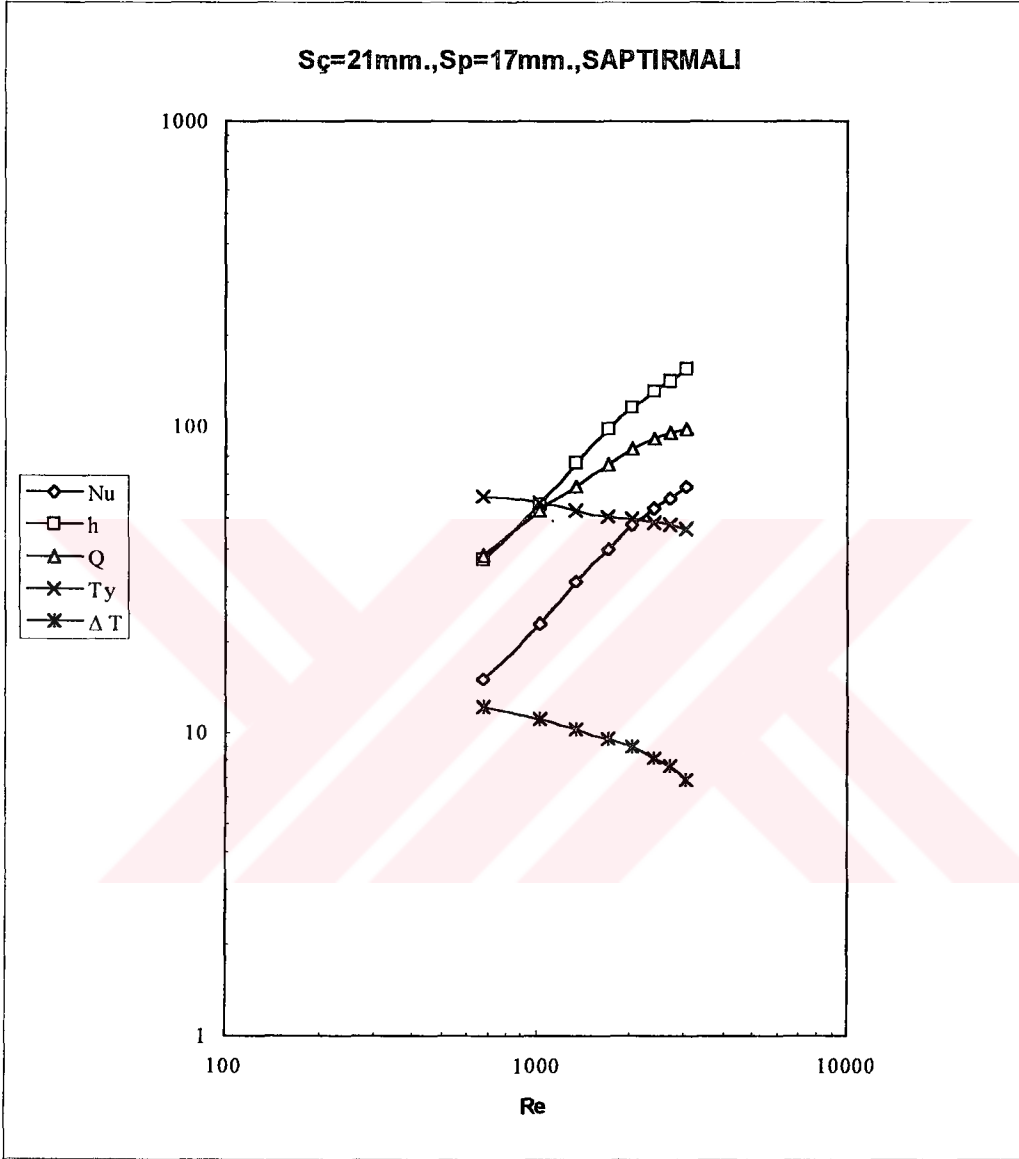
Şekil 6.1 Pim kanatlı yüzeylerle yapılan deneylerdeki ısı transferi büyüklüklerinin Re sayısına bağlı olarak değişmesi. S_ç=21mm. Sp=21mm.



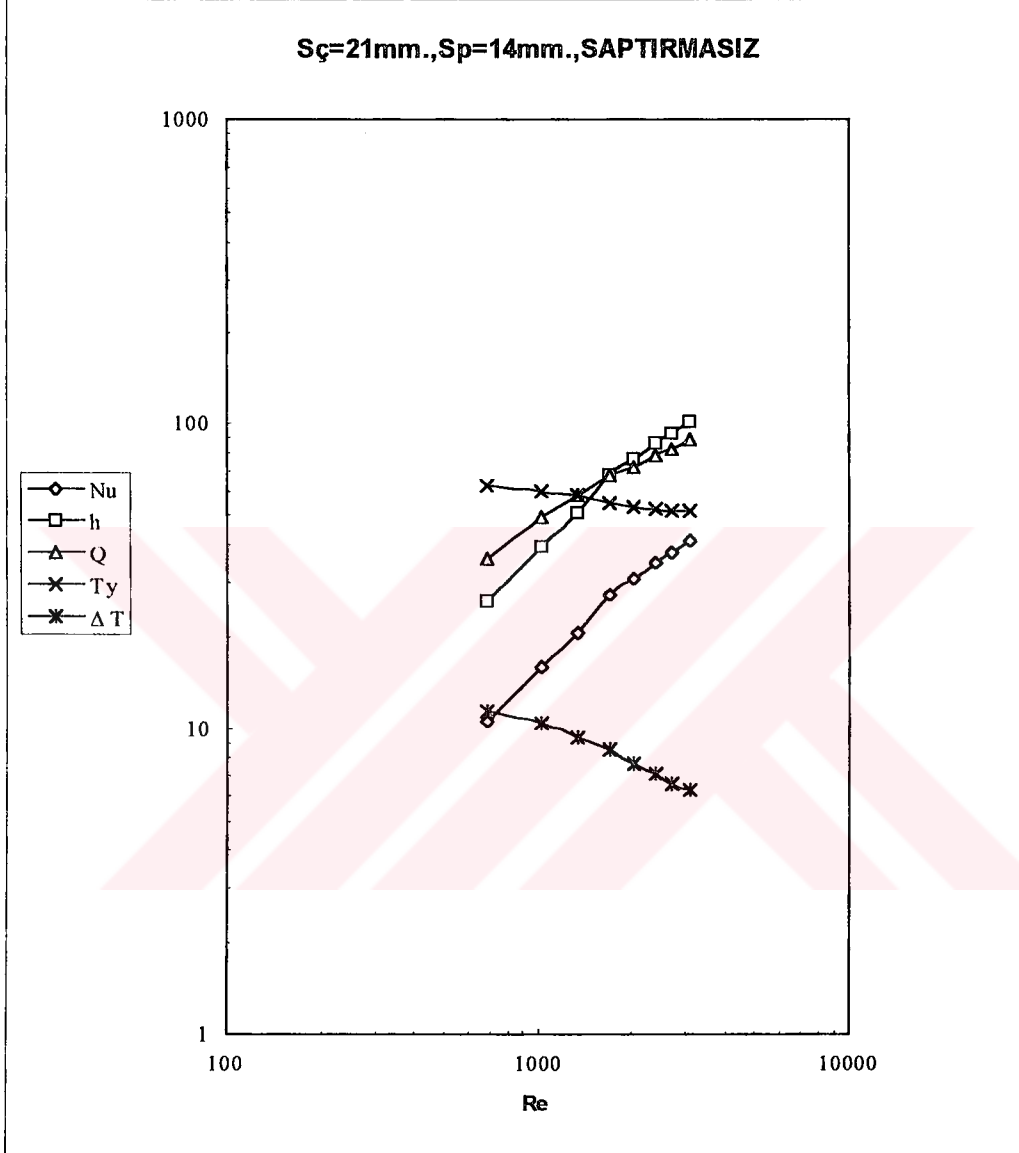
Şekil 6.2 Pim kanatlı yüzeylerle yapılan deneylerdeki ısı transferi büyüklüklerinin Re sayısına bağlı olarak değişmesi. Sç=21mm.Sp=21mm.



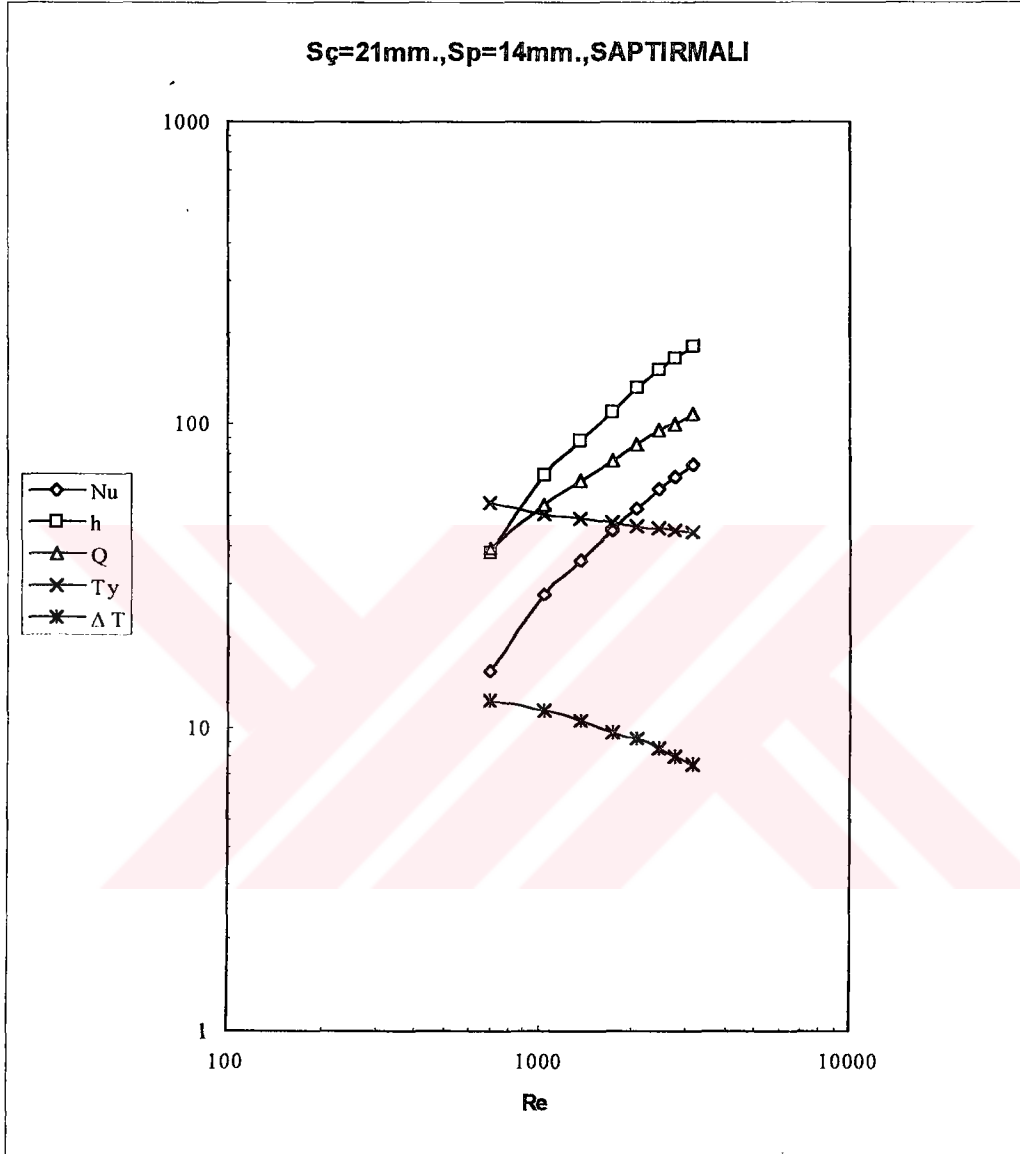
Şekil 6.3 Pim kanatlı yüzeylerle yapılan deneylerdeki ısı transferi büyüklüklerinin Re sayısına bağlı olarak değişmesi. S_ç=21mm.Sp=17mm.



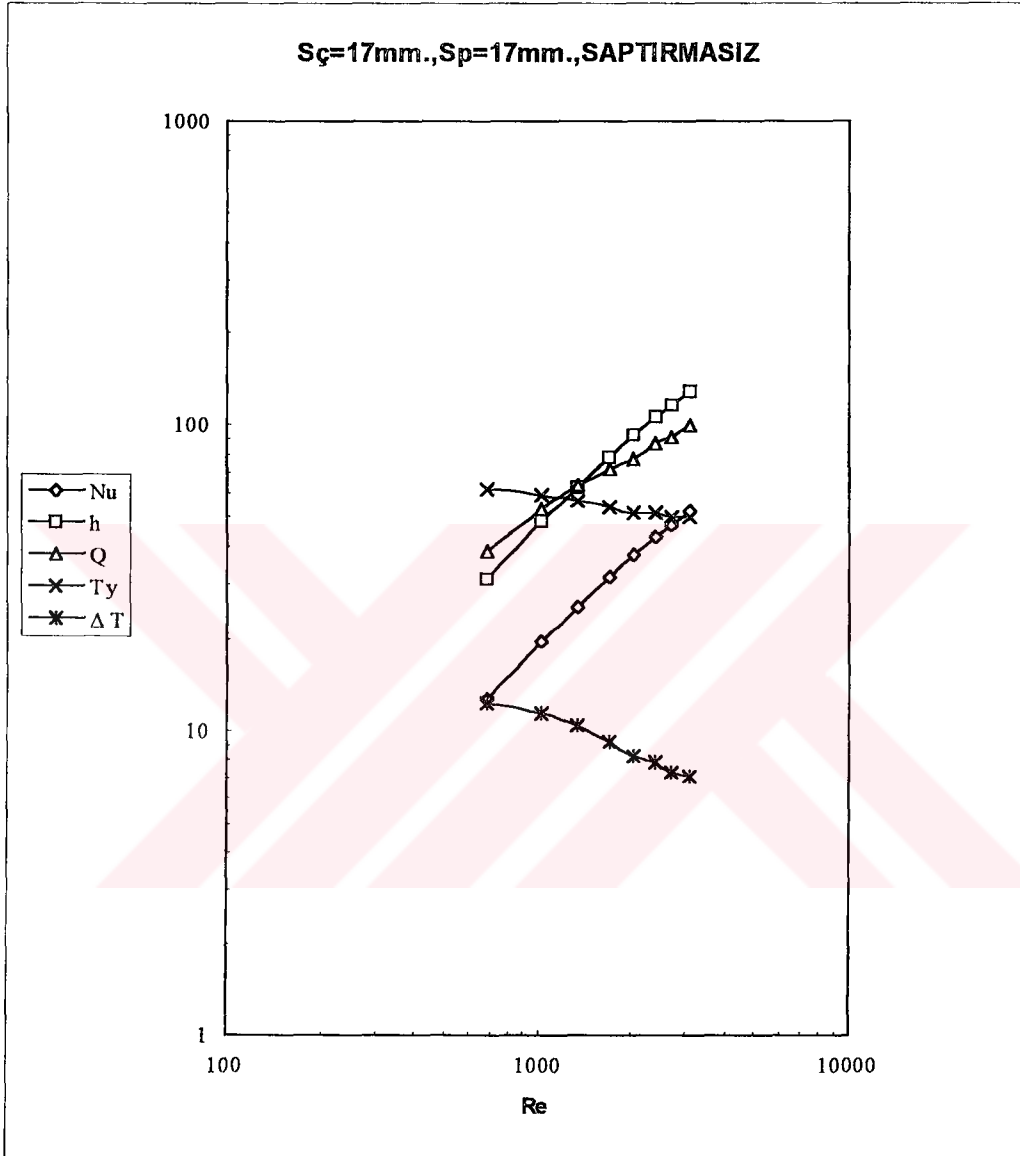
Şekil 6.4 Pim kanatlı yüzeylerle yapılan deneylerdeki ısı transferi büyüklüklerinin Re sayısına bağlı olarak değişmesi. S_ç=21mm.Sp=17mm.



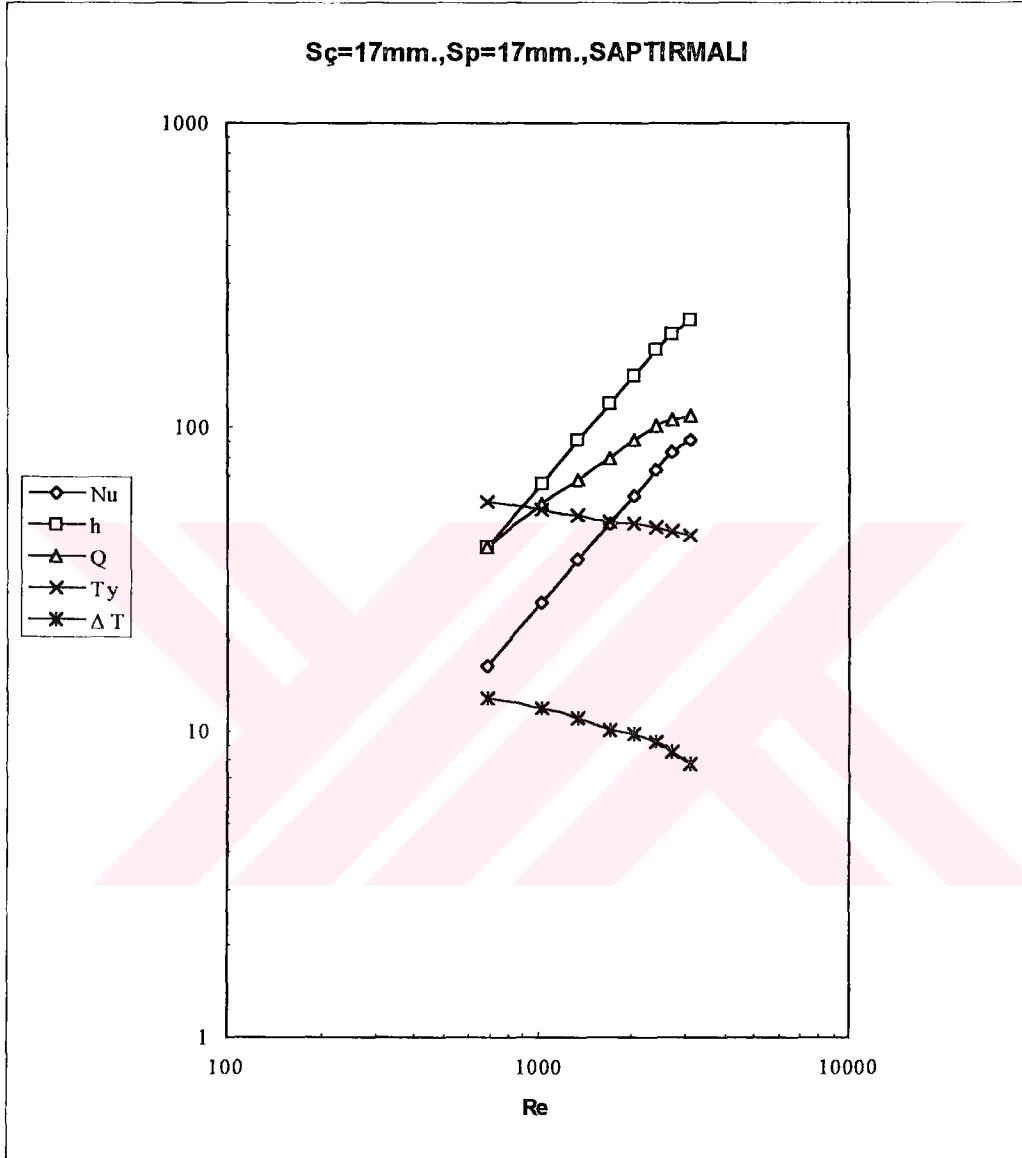
Şekil 6.5 Pim kanatlı yüzeylerle yapılan deneylerdeki ısı transferi büyüklüklerinin Re sayısına bağlı olarak değişmesi. S_ç=21mm.Sp=14mm.



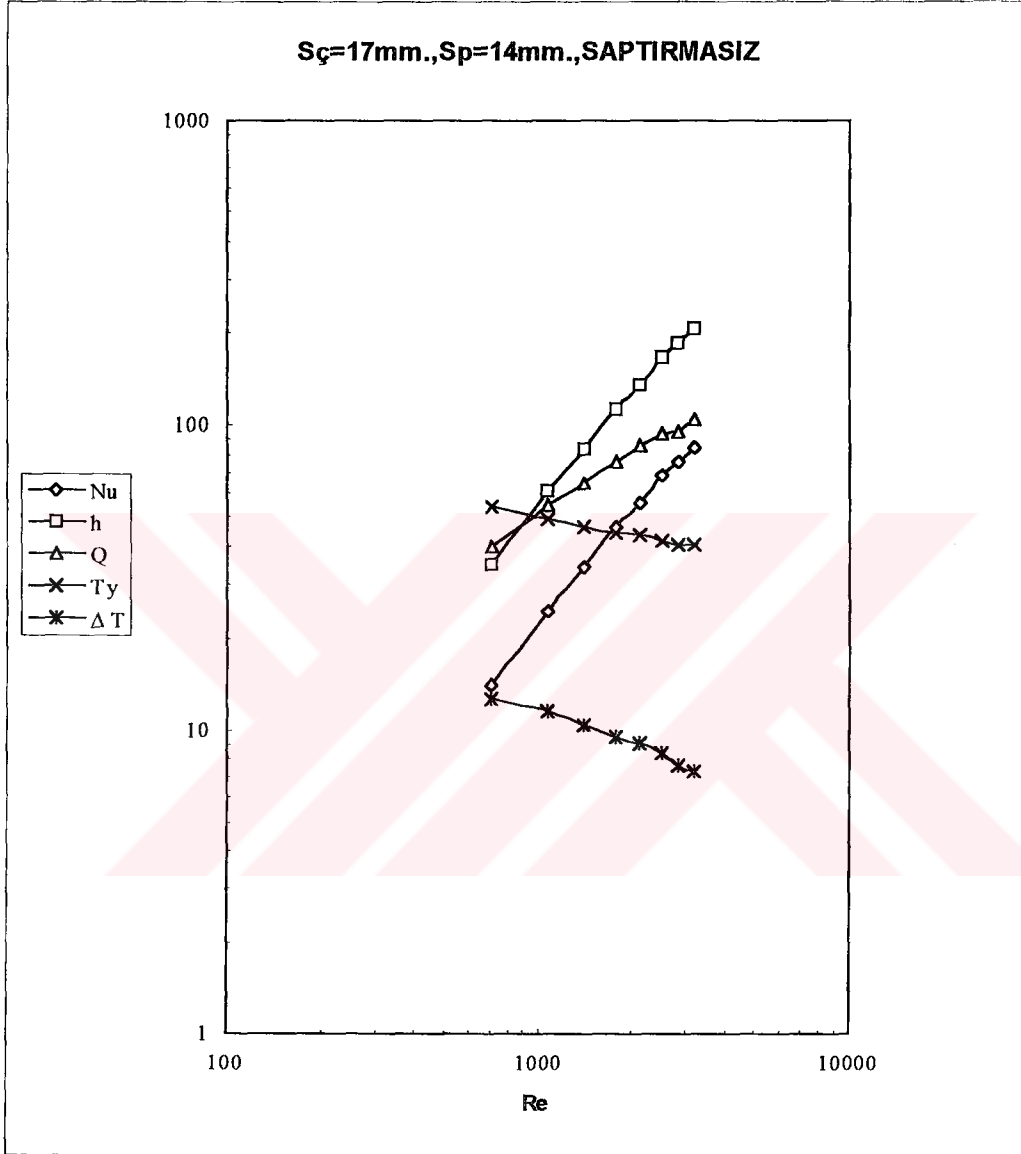
Şekil 6.6 Pim kanatlı yüzeylerle yapılan deneylerdeki ısı transferi büyüklüklerinin Re sayısına bağlı olarak değişmesi. S_ç=21mm.Sp=14mm.



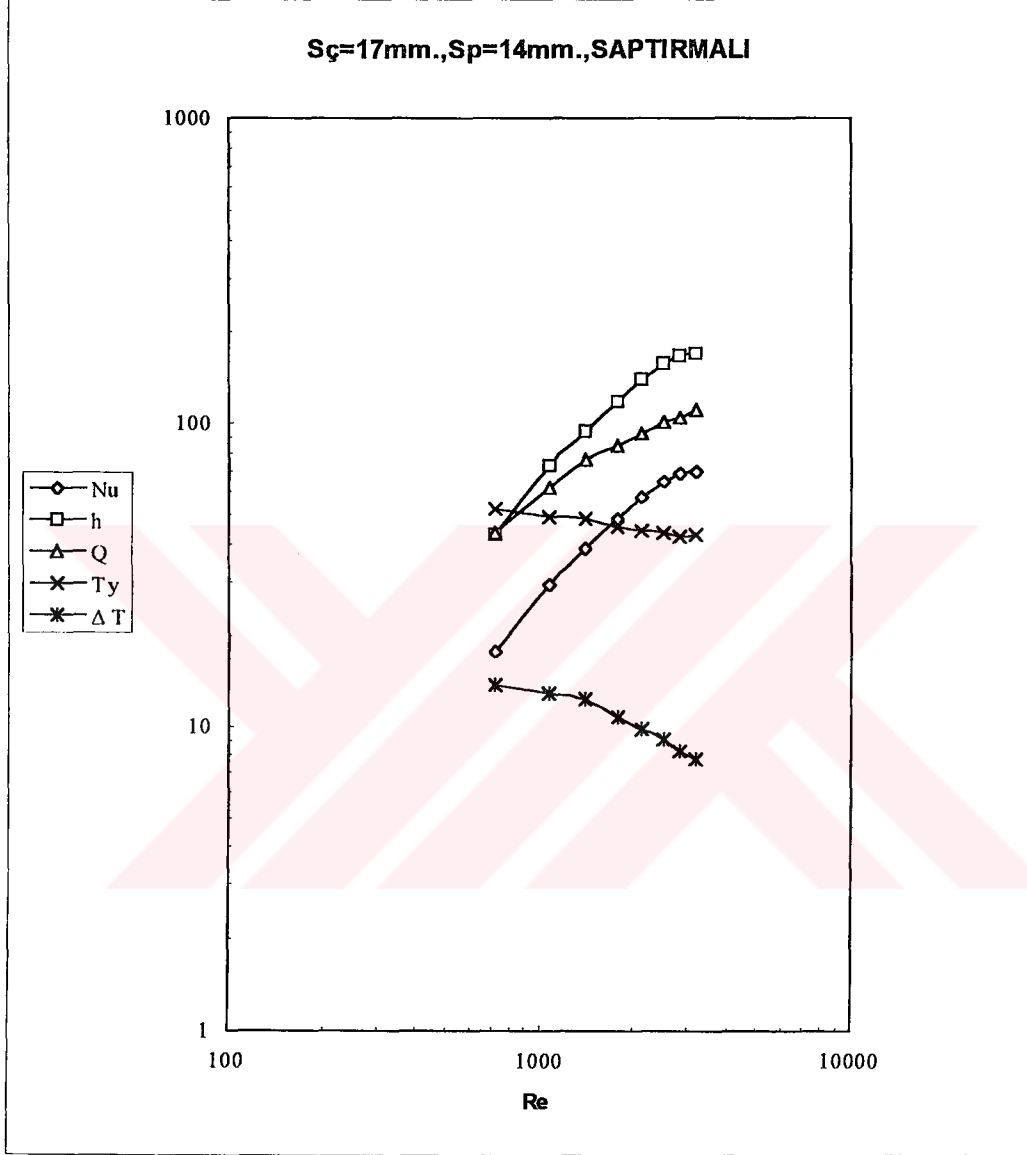
Şekil 6.7 Pim kanatlı yüzeylerle yapılan deneylerdeki ısı transferi büyüklüklerinin Re sayısına bağlı olarak değişmesi. Sç=17mm.Sp=17mm.



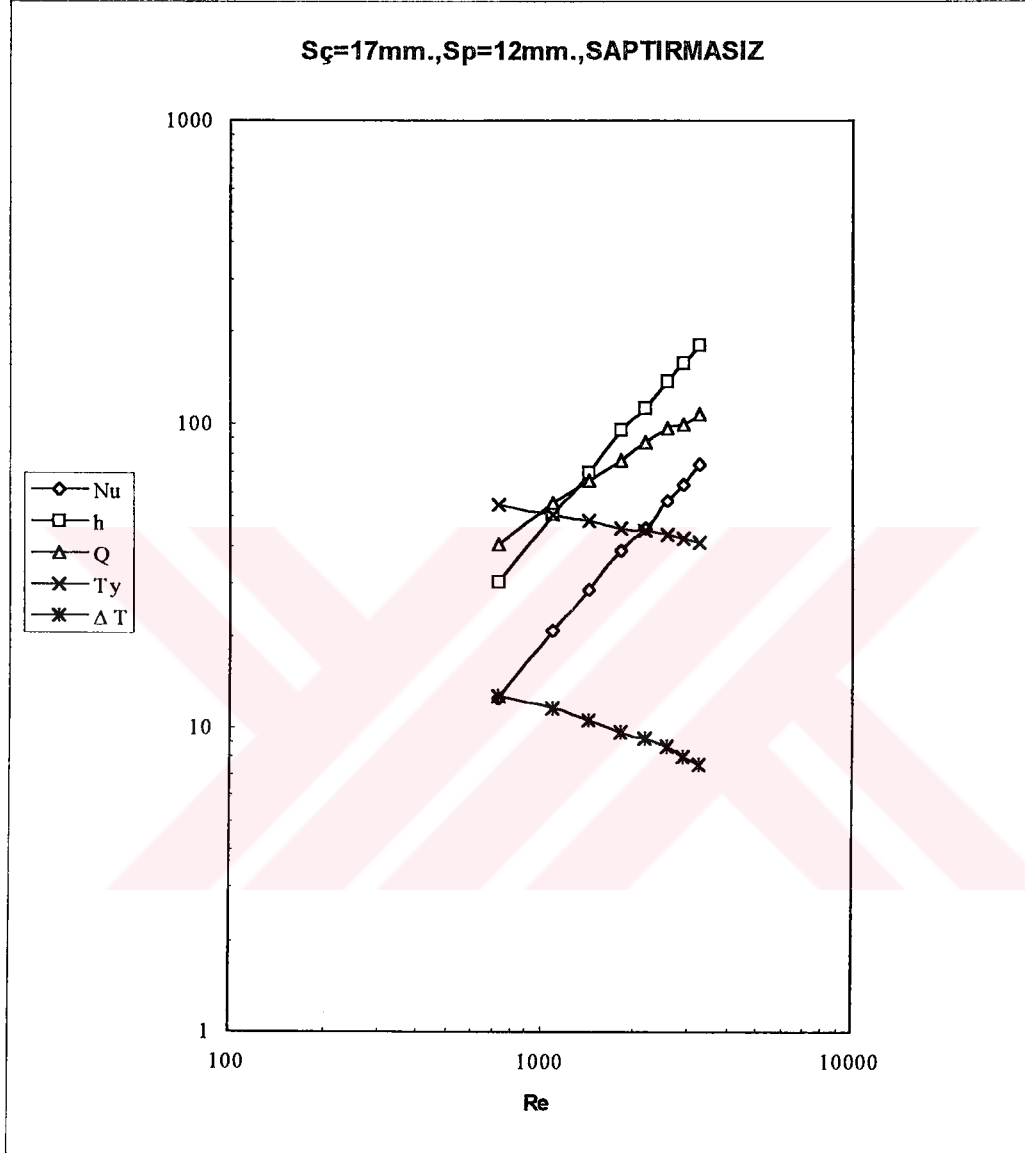
Şekil 6.8 Pim kanatlı yüzeylerle yapılan deneylerdeki ısı transferi büyüklüklerinin Re sayısına bağlı olarak değişmesi. Sç=17mm.Sp=17mm.



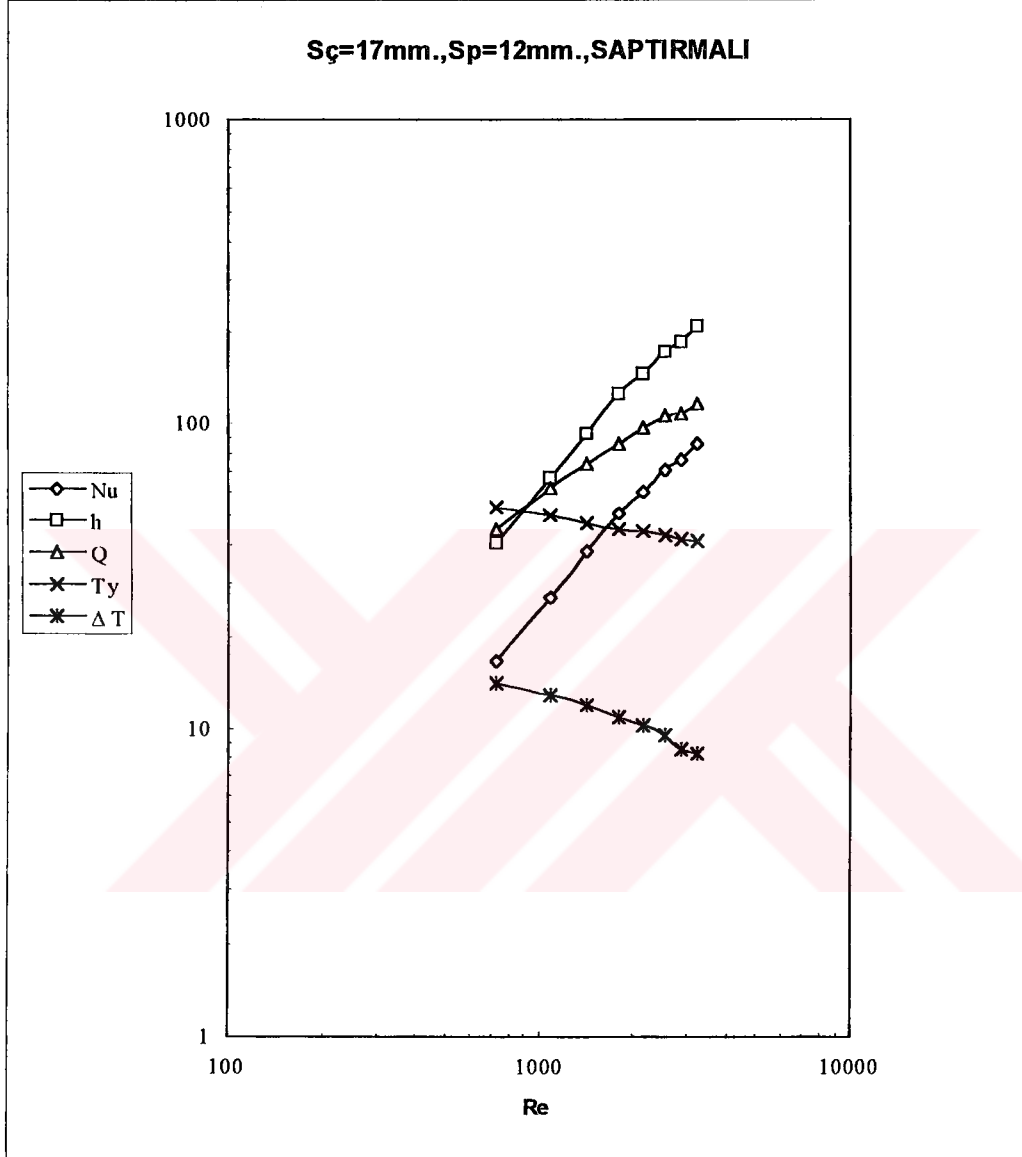
Şekil 6.9 Pim kanatlı yüzeylerle yapılan deneylerdeki ısı transferi büyüklüklerinin Re sayısına bağlı olarak değişmesi. S_ç=17mm.Sp=14mm.



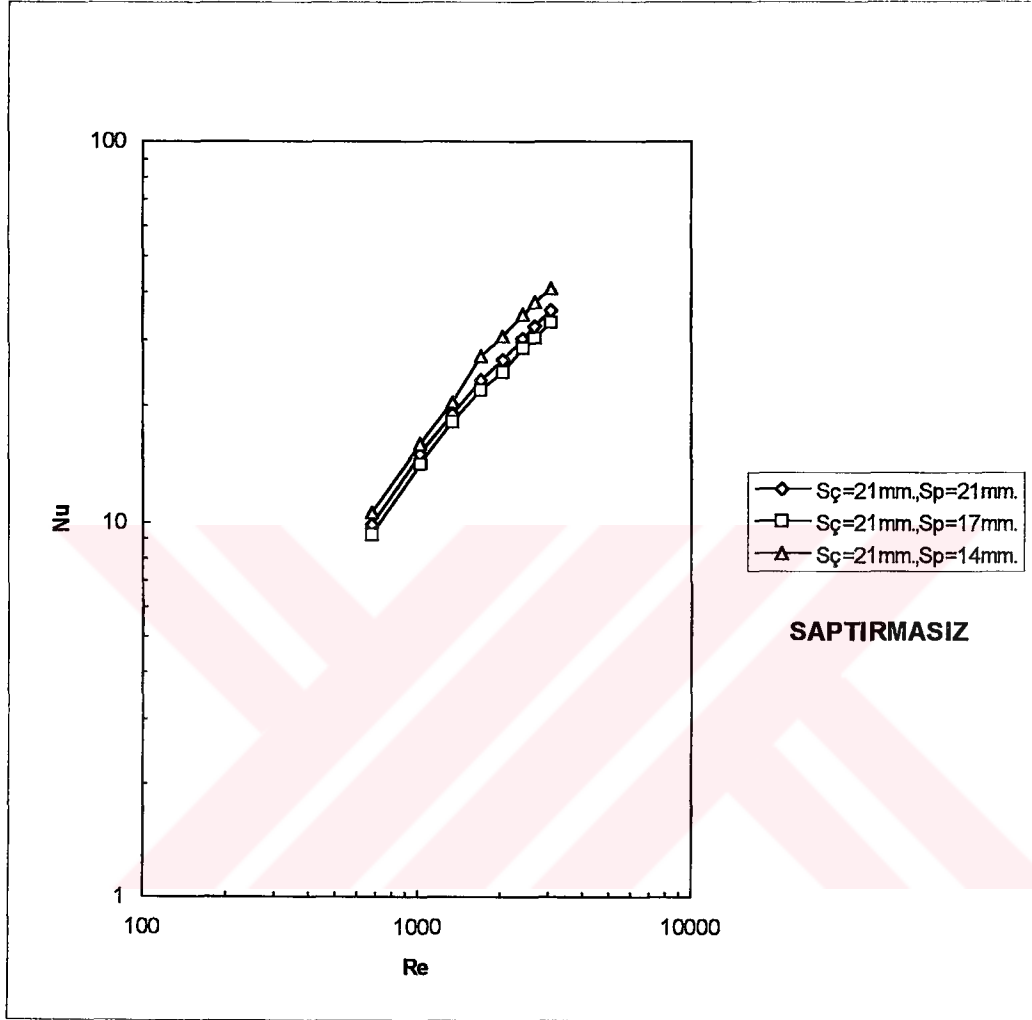
Şekil 6.10 Pim kanatlı yüzeylerle yapılan deneylerdeki ısı transferi büyüklüklerinin Re sayısına bağlı olarak değişmesi. S_ç=17mm.Sp=14mm.



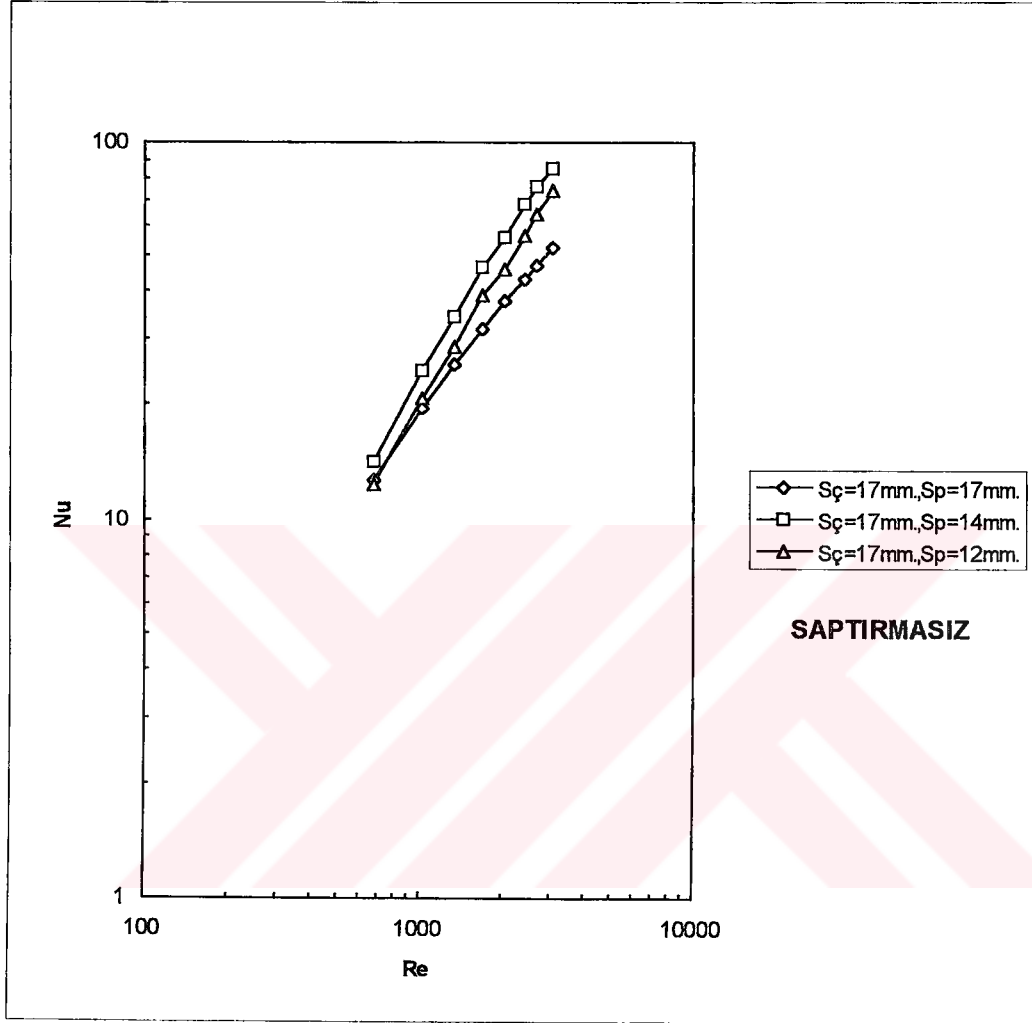
Şekil 6.11 Pim kanatlı yüzeylerle yapılan deneylerdeki ısı transferi büyüklüklerinin Re sayısına bağlı olarak değişmesi. Sç=17mm.Sp=12mm.



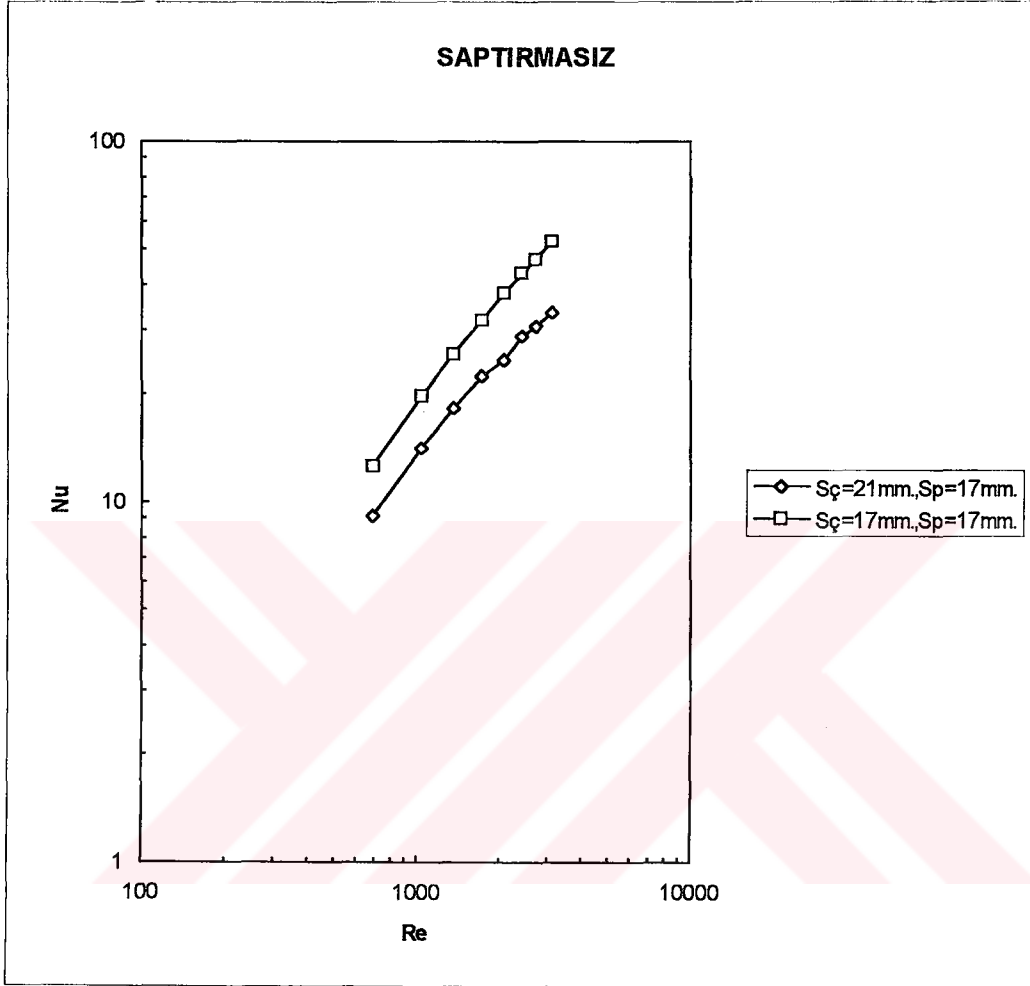
Şekil 6.12 Pim kanatlı yüzeylerle yapılan deneylerdeki ısı transferi büyüklüklerinin Re sayısına bağlı olarak değişmesi. Sç=17mm.Sp=12mm.



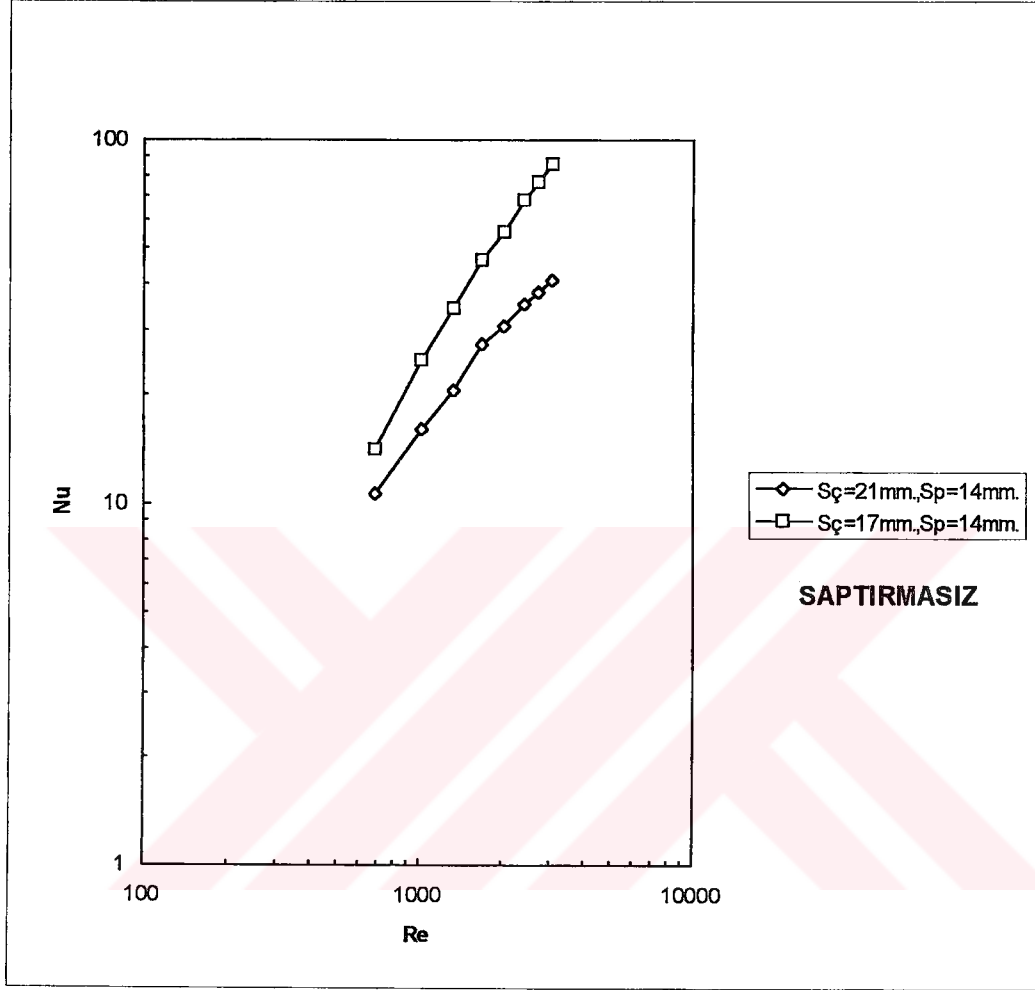
Şekil 6.13 Pim kanatlı yüzeylerle yapılan deneylerdeki Re-Nu değişimleri.



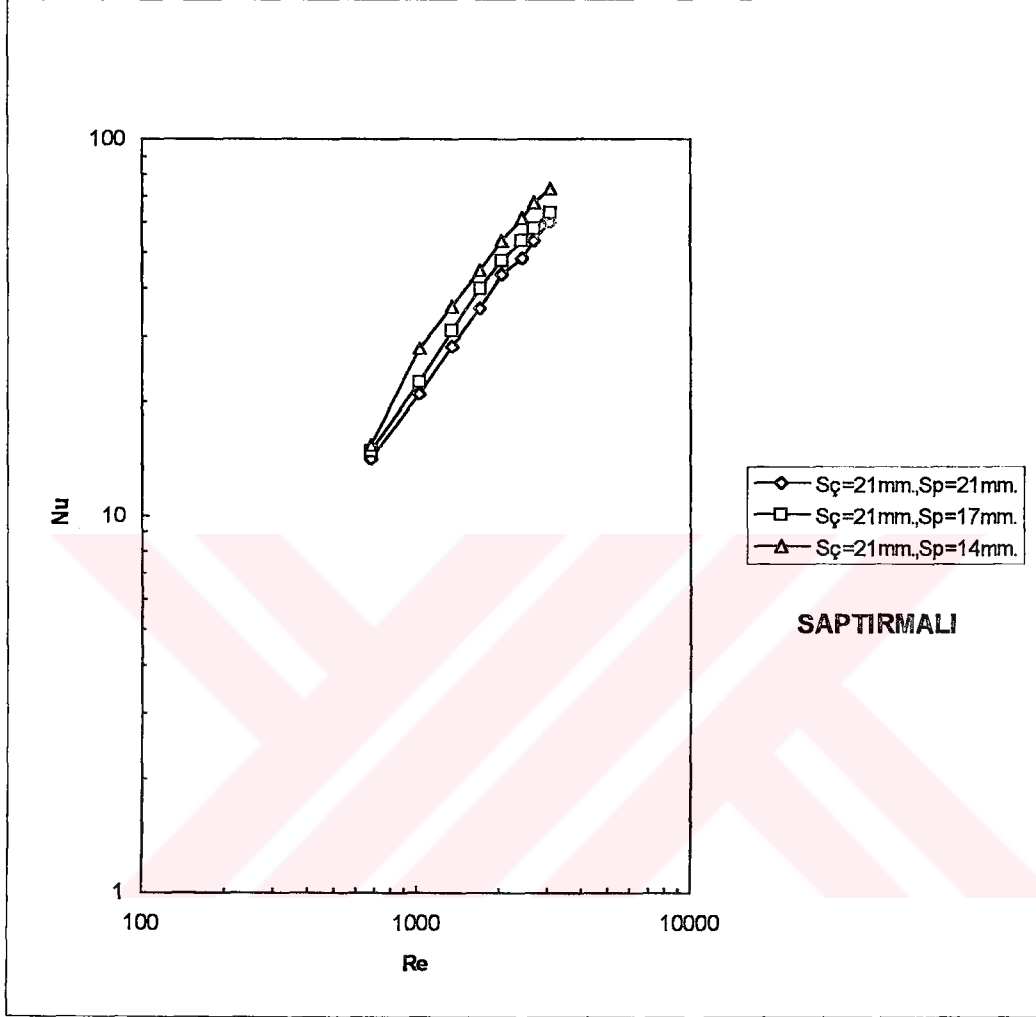
Şekil 6.14 Pim kanatlı yüzeylerle yapılan deneylerdeki Re-Nu değişimleri



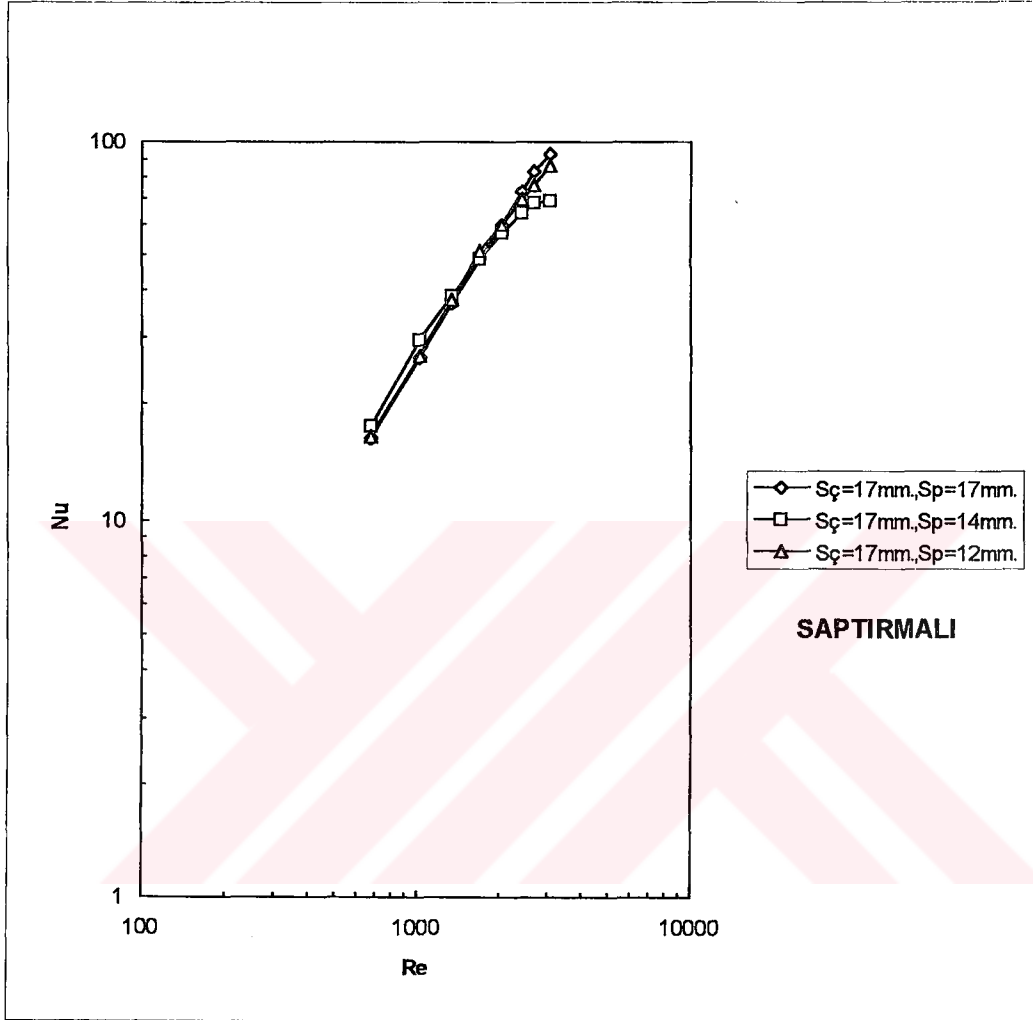
Şekil 6.15 Pim kanatlı yüzeylerle yapılan deneylerdeki Re-Nu değişimleri



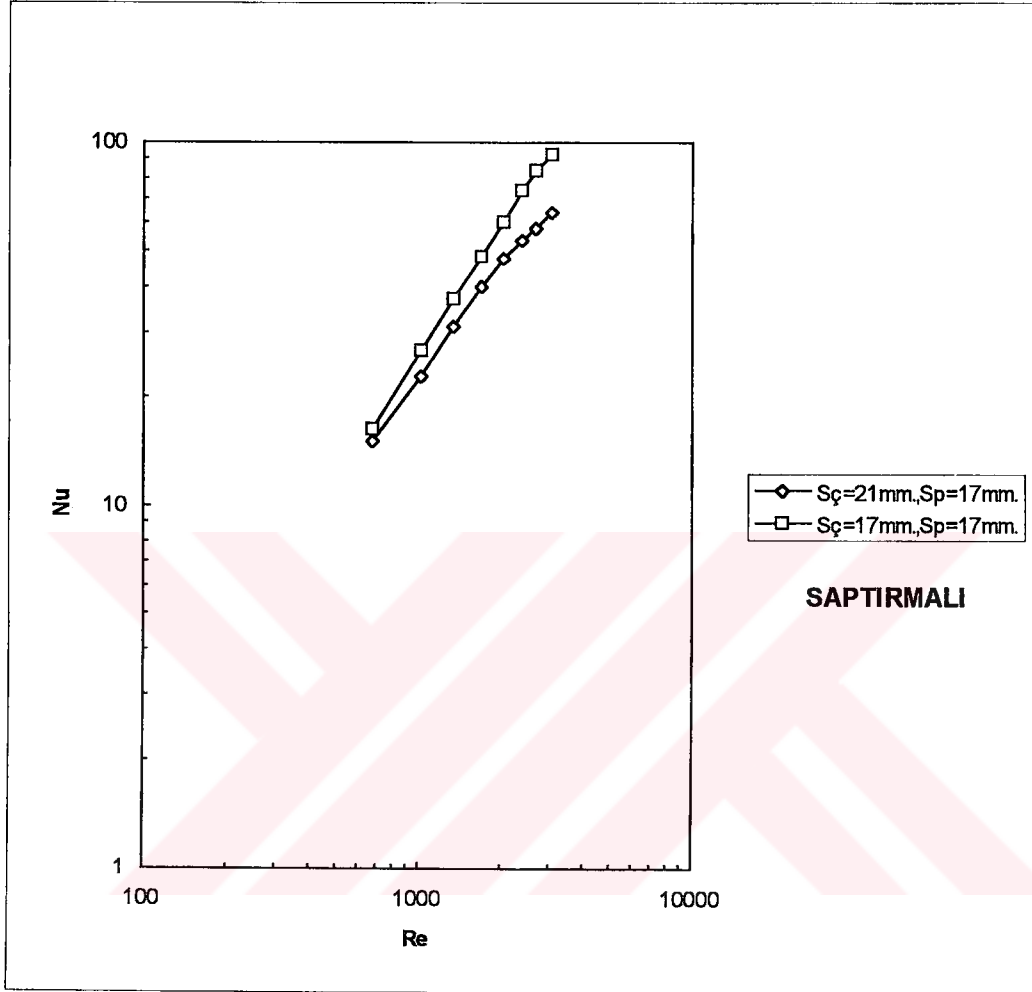
Şekil 6.16 Pim kanatlı yüzeylerle yapılan deneylerdeki Re-Nu değişimleri



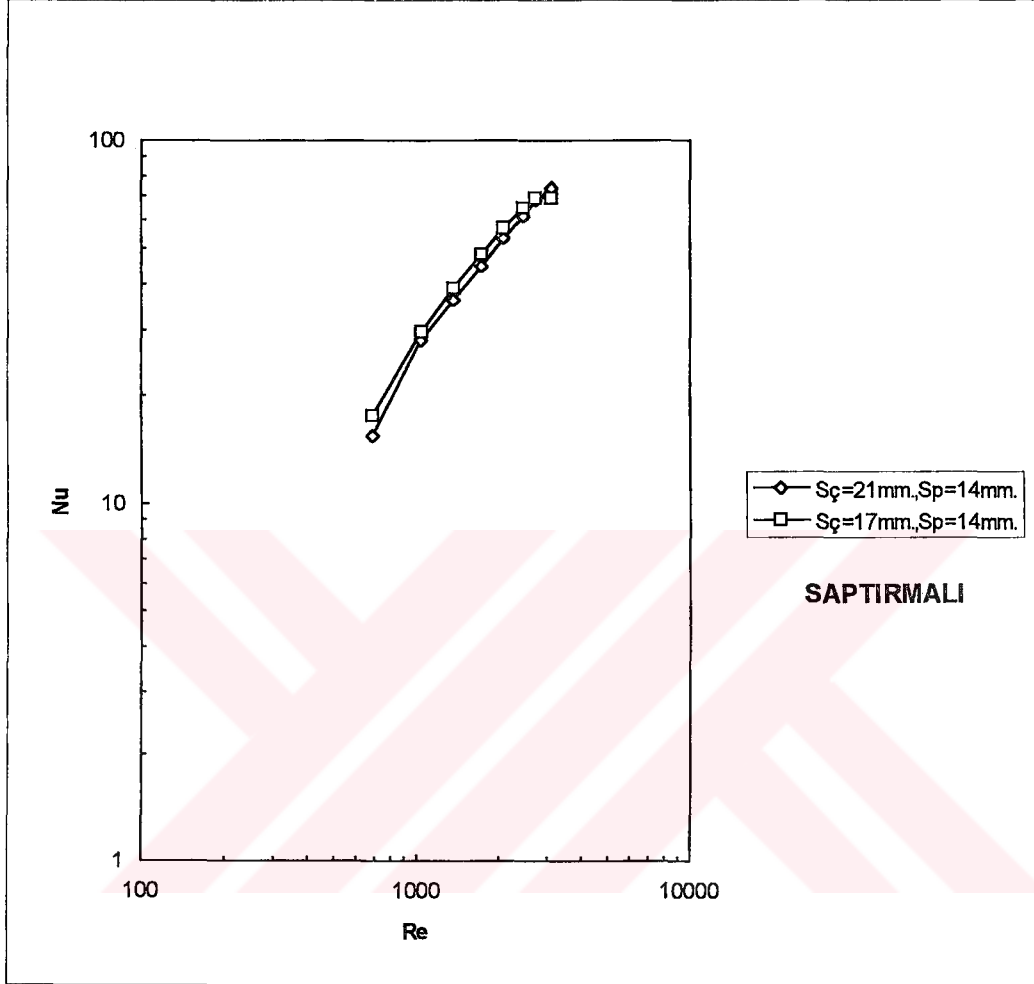
Şekil 6.17 Pim kanatlı yüzeylerle yapılan deneylerdeki Re-Nu değişimleri



Şekil 6.18 Pim kanatlı yüzeylerle yapılan deneylerdeki Re-Nu değişimleri



Şekil 6.19 Pim kanatlı yüzeylerle yapılan deneylerdeki Re-Nu değişimleri

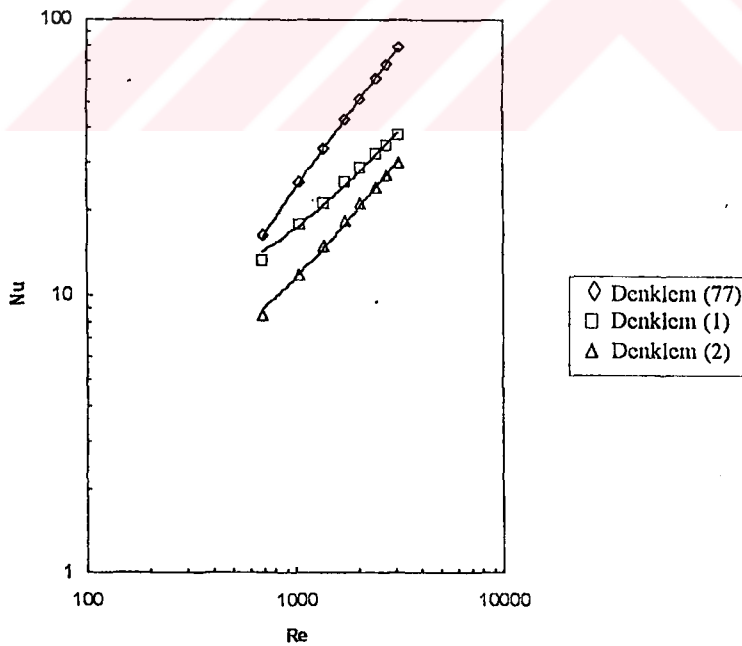


Şekil 6.20 Pim kanatlı yüzeylerle yapılan deneylerdeki Re-Nu değişimleri

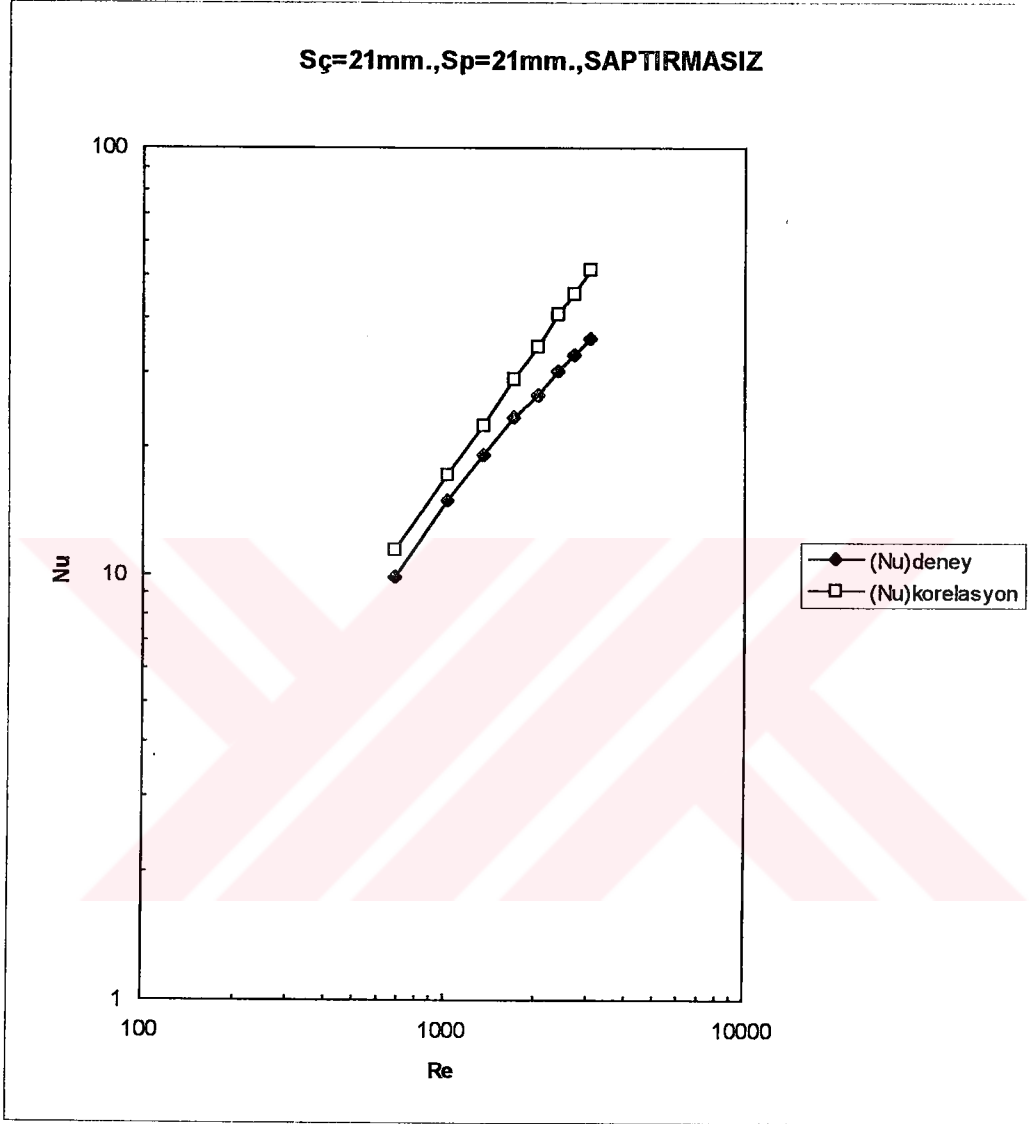
3) Saptırmalı dizilişte, pim kanat eksenleri arasındaki akışa dik S_ϕ mesafesi sabit kalmak şartıyla, akışa paralel yöndeki S_p mesafesi azaldıkça daha fazla türbülans oluştuğundan Nu sayısı yani ısı taşınım katsayısı h , dolayısıyla ısı debisi artmaktadır. Ancak bu sonuç $S_\phi=21\text{mm}, S_p=21\text{mm}$.diziliş, $S_\phi=21\text{mm}, S_p=17\text{mm}$.diziliş ve $S_\phi=21\text{mm}, S_p=14\text{mm}$.dizilişler için geçerlidir. Diğer dizilişlerde havanın, kanat ayağında karşılaştığı direnç arttığından hava kanalın üst kısmındaki daha geniş olan geçiş bölgesinden geçmekte ve transfer edilen ısı debisi azalmaktadır. Aynı S_p değerine sahip yüzeylerde S_ϕ mesafesi küçüldükçe yine türbülansın artmasıyla Nu sayısı yani ısı debisi artmaktadır.

76 ve 77 eşitlikleri kullanılarak elde edilen Nu sayıları ile, deney sonuçları ile bulunan Nu sayılarının karşılaştırılması şekil 6.21'den şekil 6.32'ye kadar gösterilmiştir.

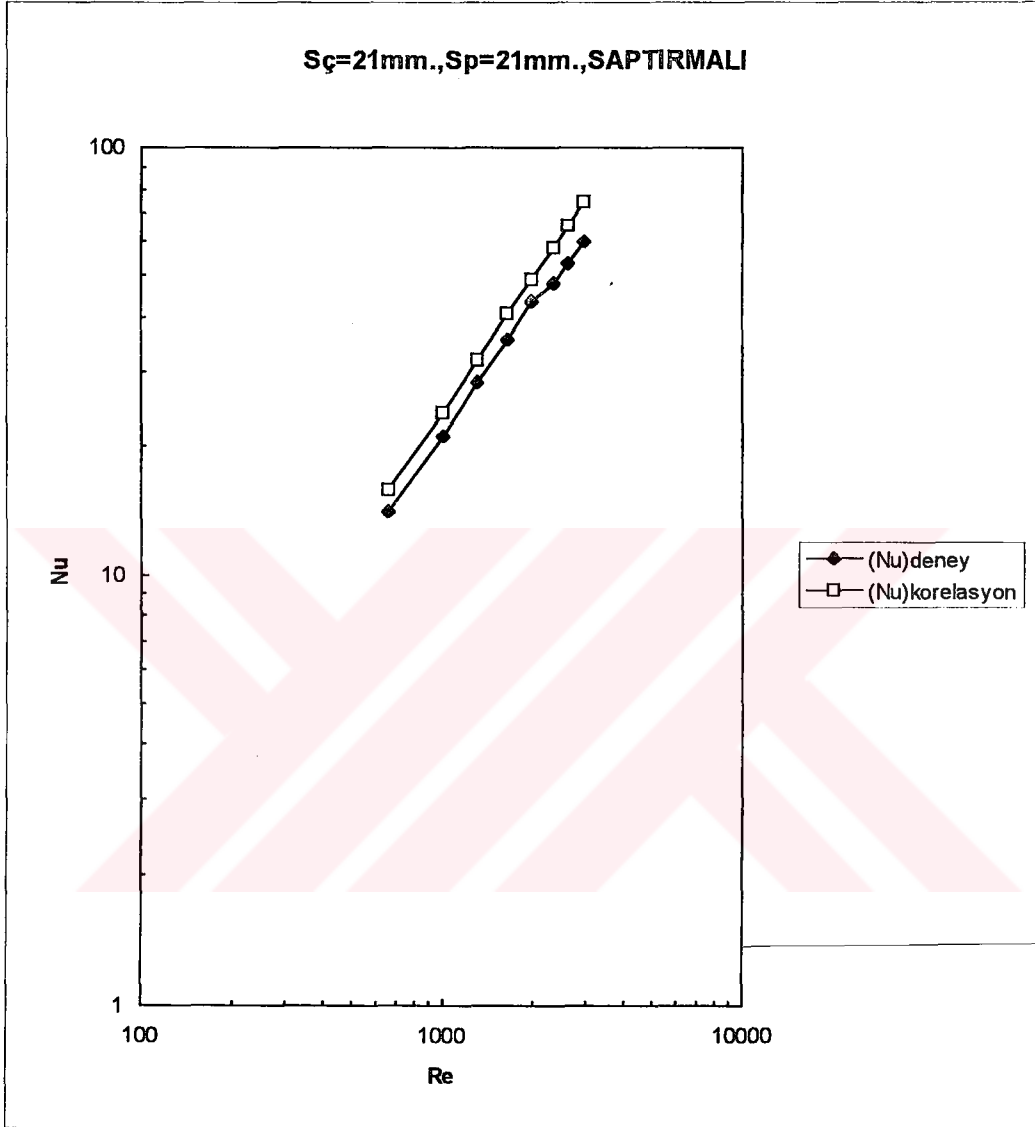
Şekil 6.33'de ise, Vanfossen'in L/D oranı $1/2$ ve 2 için $300 \leq Re \leq 60000$ aralığında bulunduğu ifadeden elde edilen sonuçlar, Olson'un L/D oranı $1/4$ ve $1/2$ için $450 \leq Re \leq 1200$ aralığında bulunduğu korelasyon ile bu çalışma sonucunda geliştirilen korelasyonun bir karşılaştırılması verilmiştir. Şekilden görüleceği üzere L/D oranı arttıkça Nu sayısı dolayısıyla ısı transferi artmaktadır. Bu durum, referans[10] ile de doğrulanmaktadır.



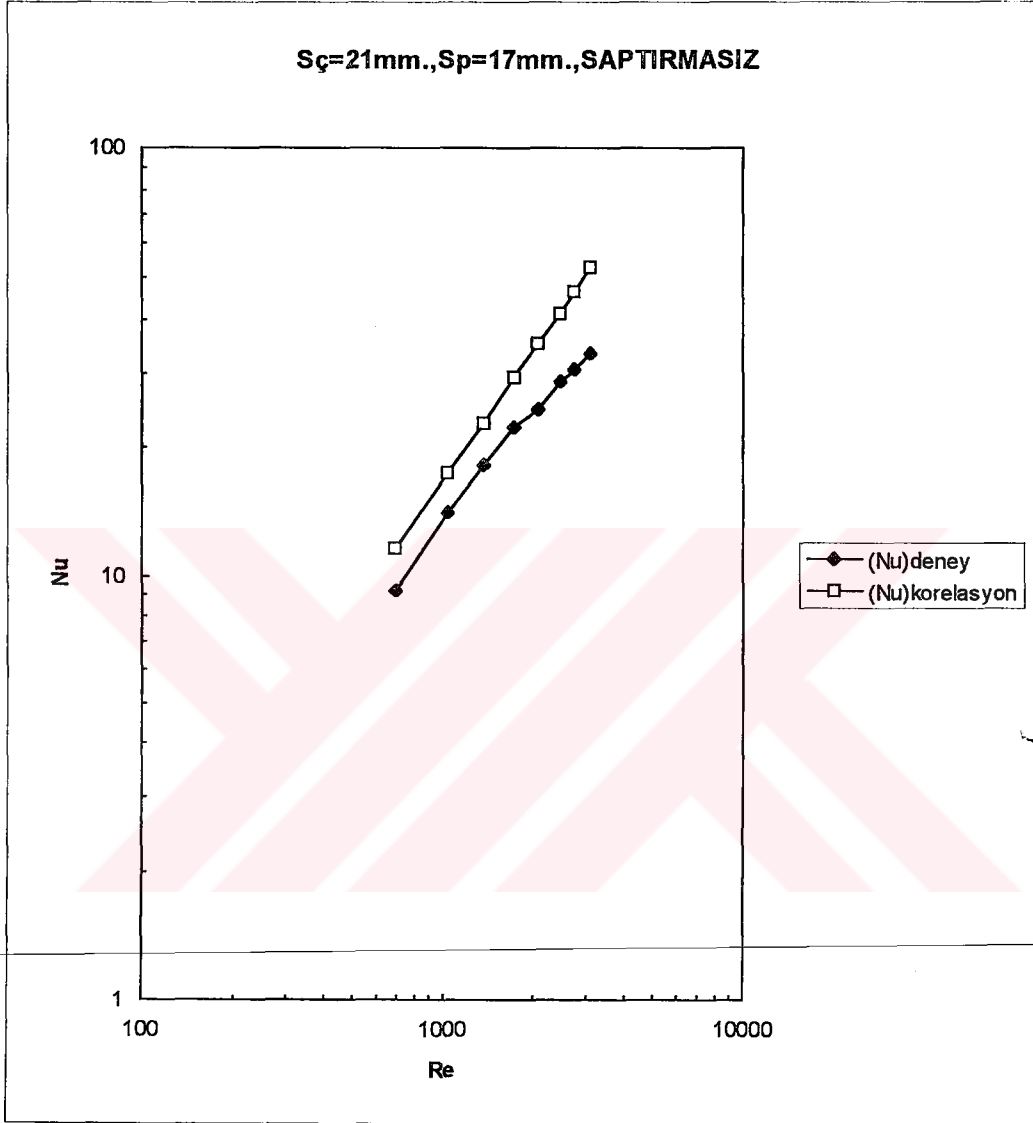
Şekil 6.33 Saptırmalı dizilişte referans [9] ve [14] ile, bu çalışmada bulunan korelasyonun karşılaştırılması



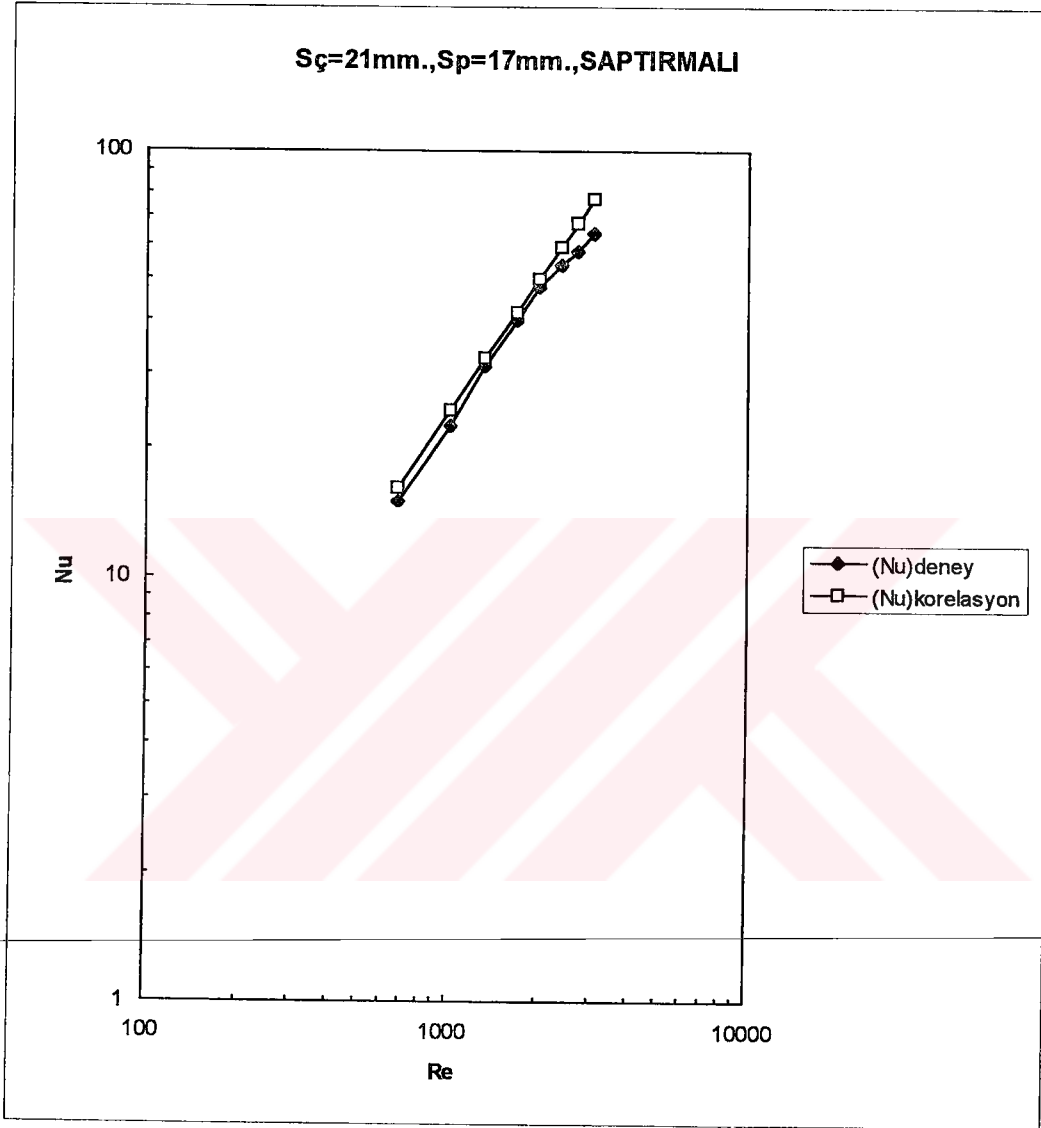
Şekil 6.21 (76) ve (77) eşitlikleri kullanılarak hesaplanan ve deney sonuçlarından elde edilen Nu sayılarının Re sayıları ile değişimleri



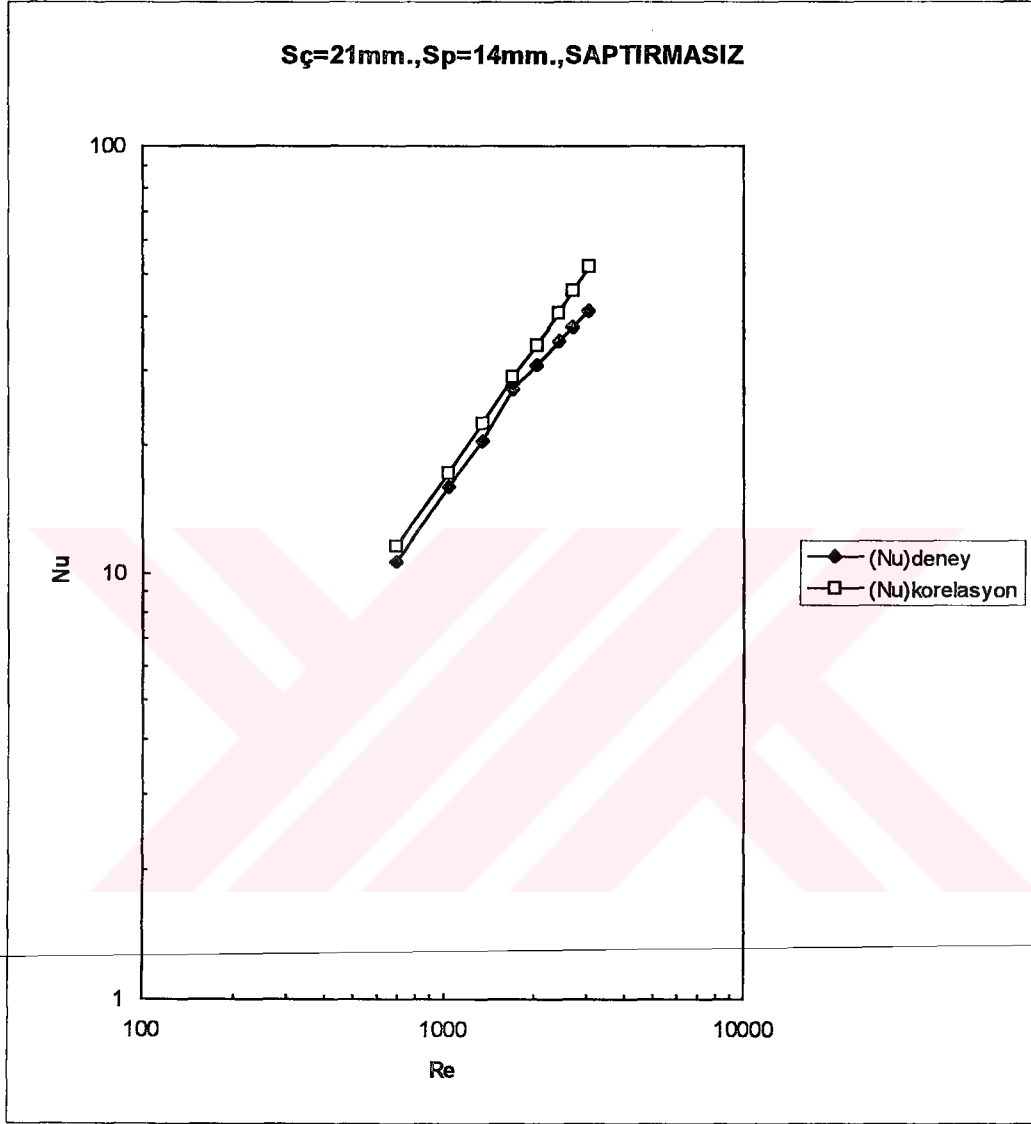
Şekil 6.22 (76) ve (77) eşitlikleri kullanılarak hesaplanan ve deney sonuçlarından elde edilen Nu sayılarının Re sayıları ile değişimleri



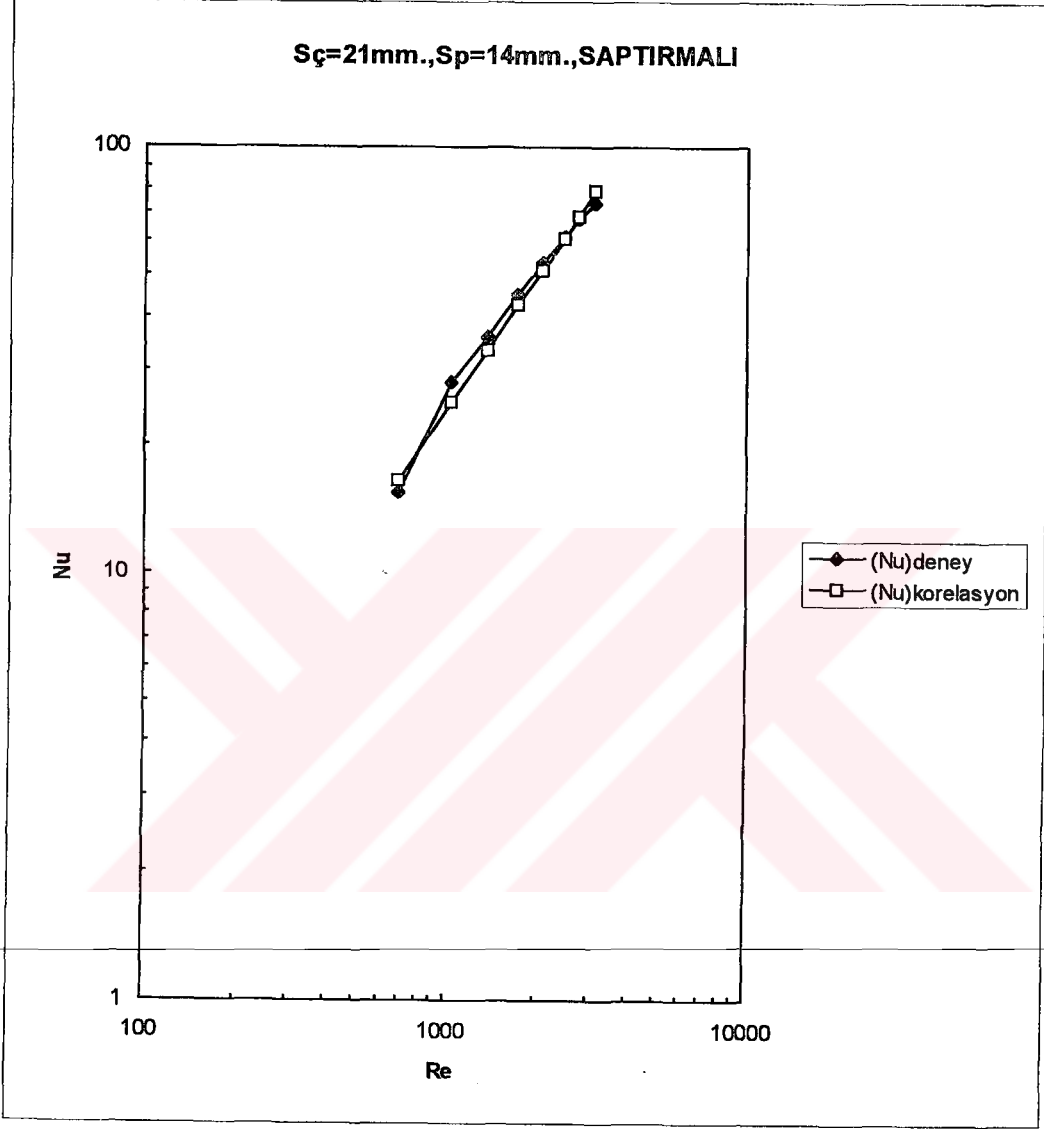
Şekil 6.23 (76) ve (77) eşitlikleri kullanılarak hesaplanan ve deney sonuçlarından elde edilen Nu sayılarının Re sayıları ile değişimleri



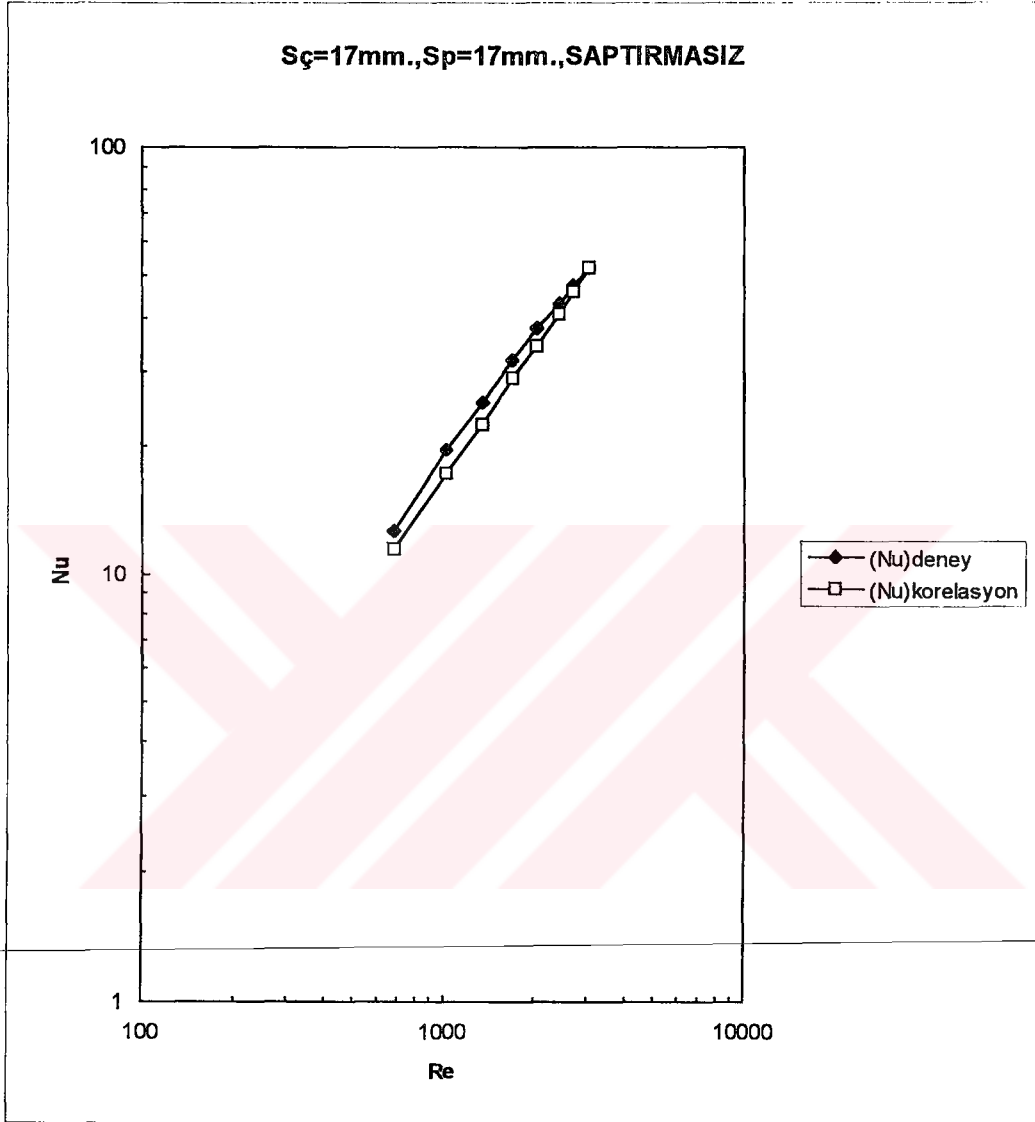
Şekil 6.24 (76) ve (77) eşitlikleri kullanılarak hesaplanan ve deney sonuçlarından elde edilen Nu sayılarının Re sayıları ile değişimleri



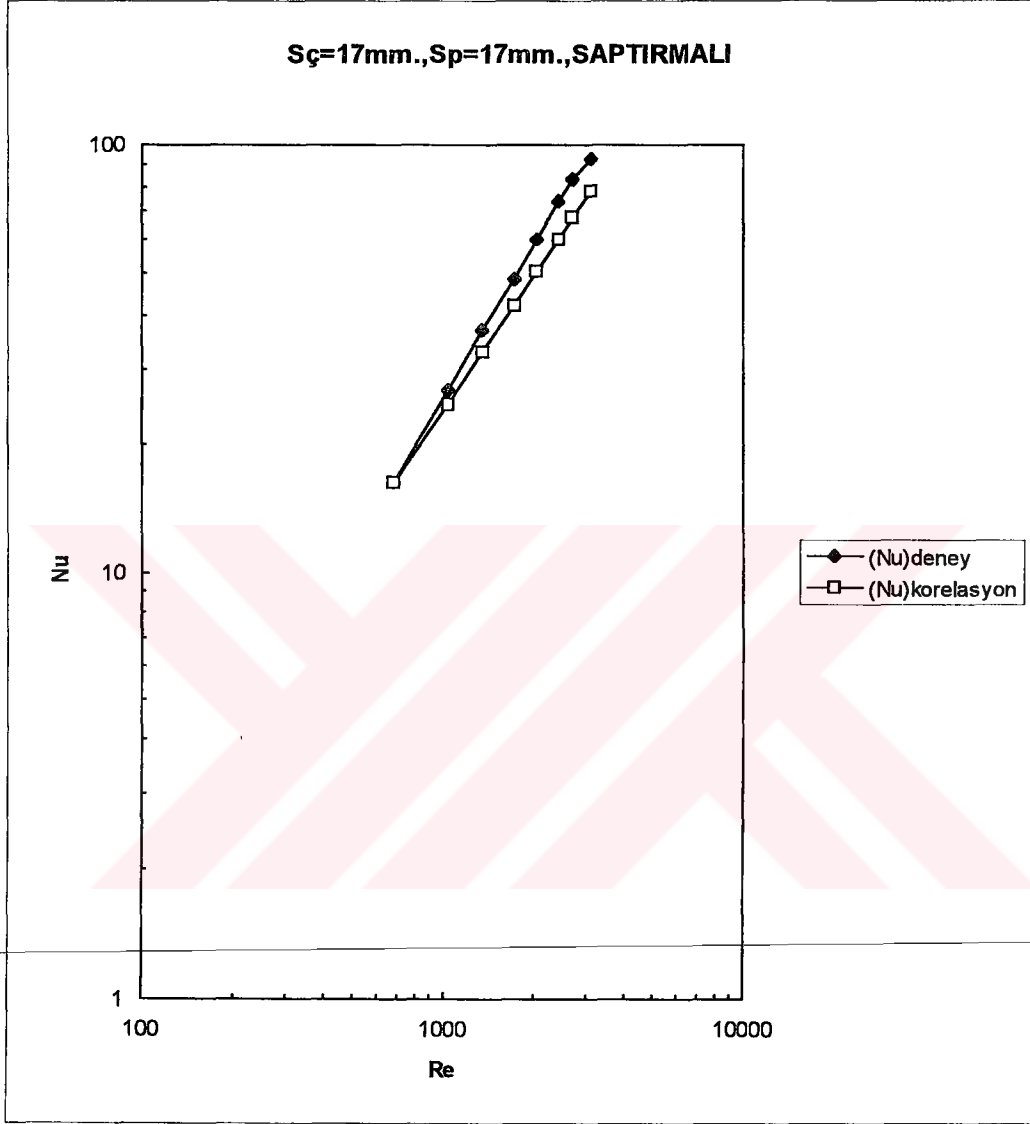
Şekil 6.25 (76) ve (77) eşitlikleri kullanılarak hesaplanan ve deney sonuçlarından elde edilen Nu sayılarının Re sayıları ile değişimleri



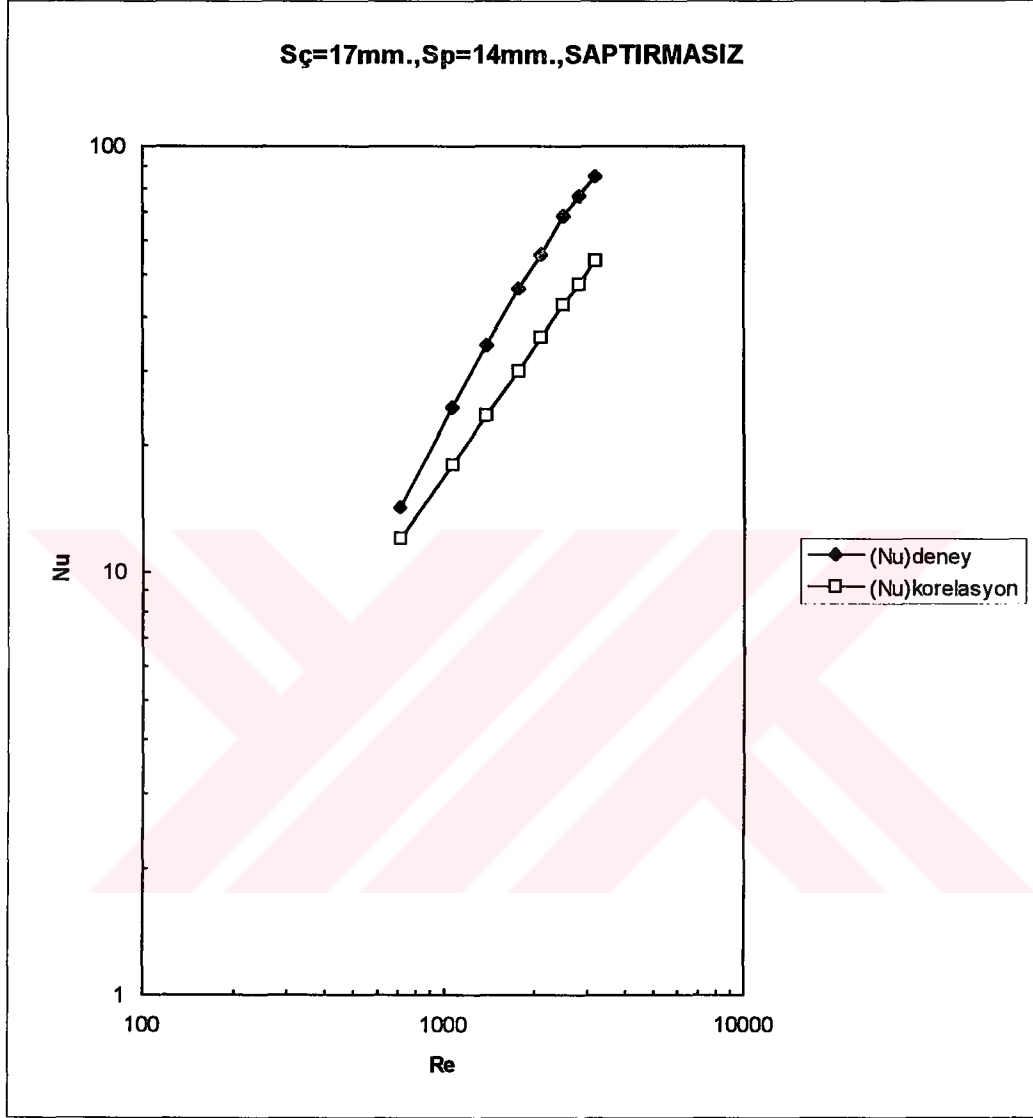
Şekil 6.26 (76) ve (77) eşitlikleri kullanılarak hesaplanan ve deney sonuçlarından elde edilen Nu sayılarının Re sayıları ile değişimleri



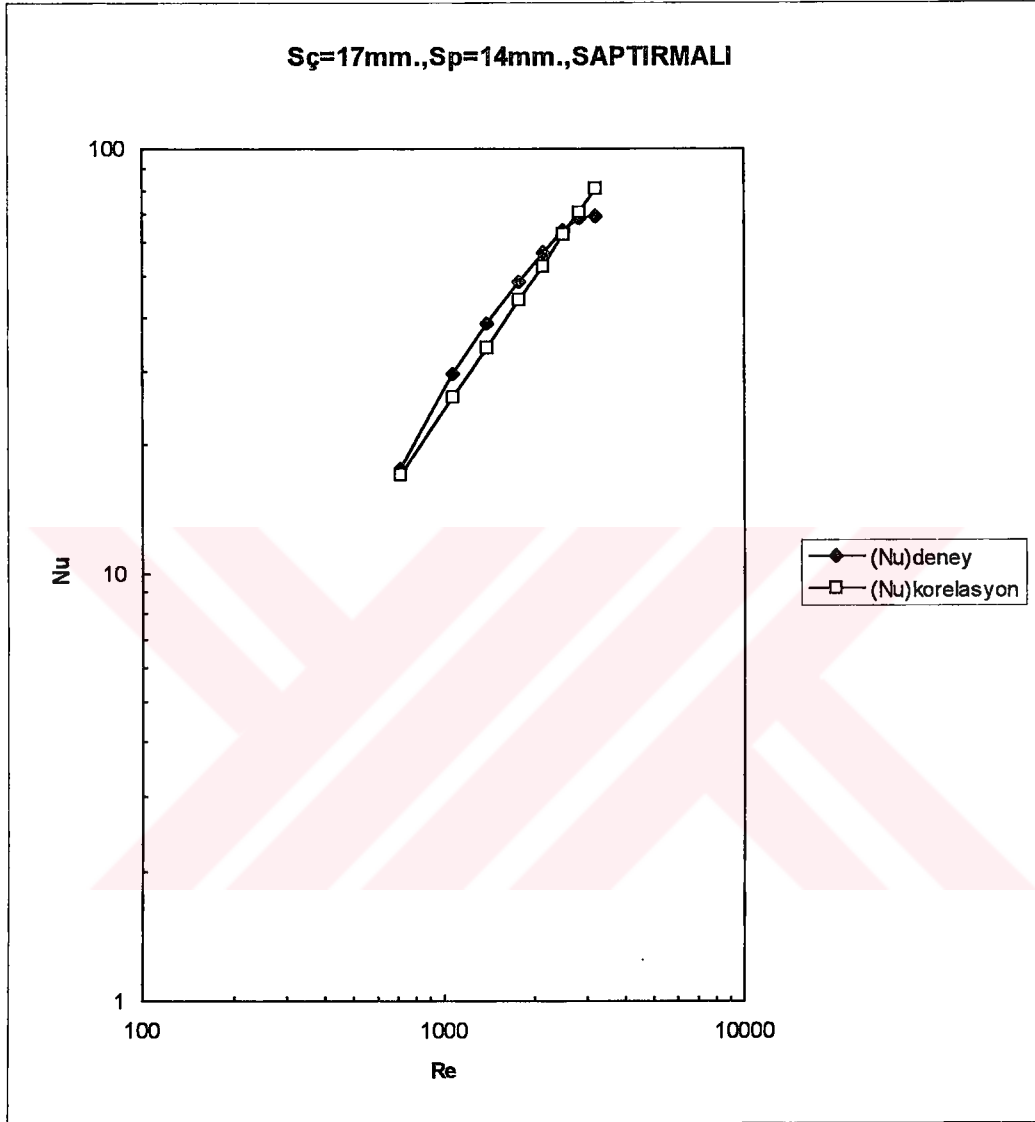
Şekil 6.27 (76) ve (77) eşitlikleri kullanılarak hesaplanan ve deney sonuçlarından elde edilen Nu sayılarının Re sayıları ile değişimleri



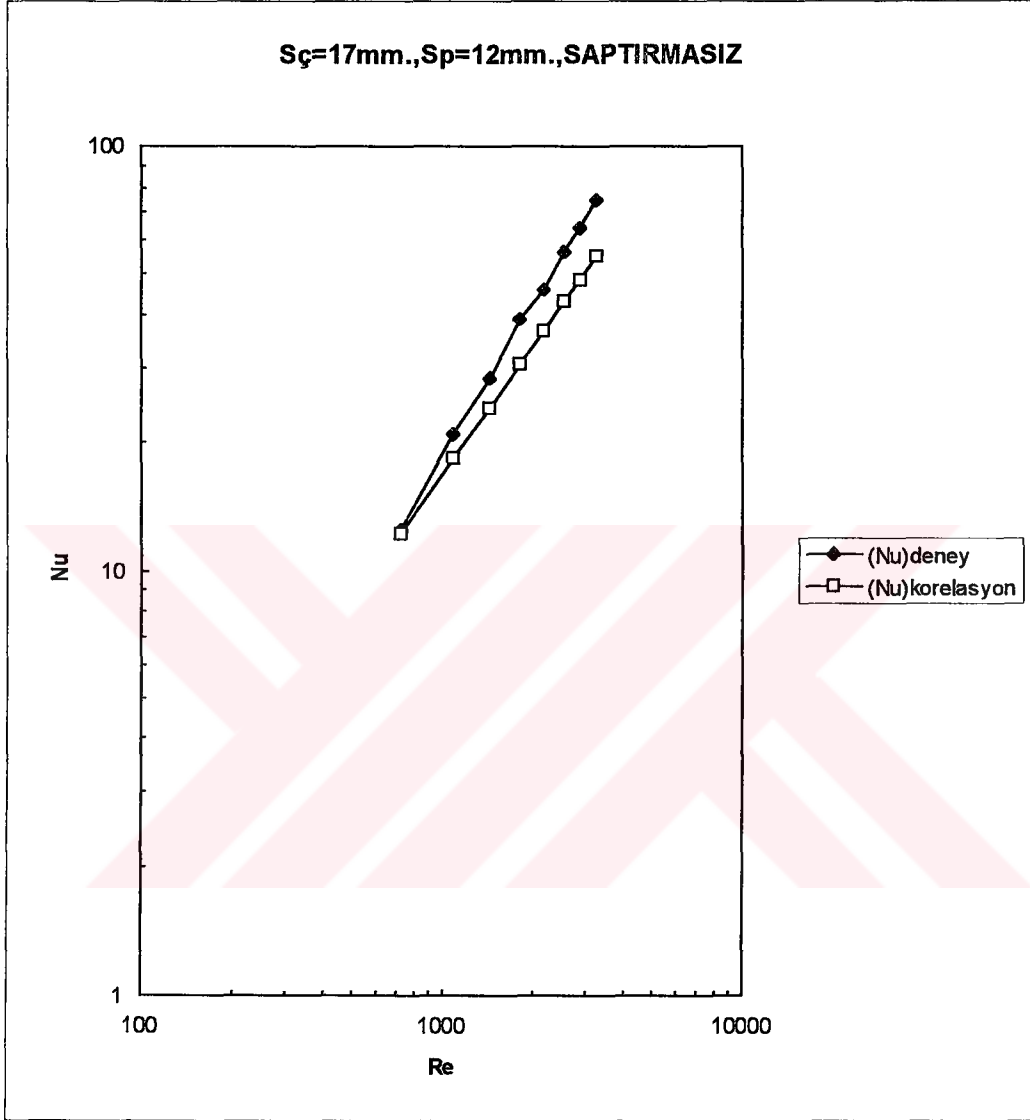
Şekil 6.28 (76) ve (77) eşitlikleri kullanılarak hesaplanan ve deney sonuçlarından elde edilen Nu sayılarının Re sayıları ile değişimleri



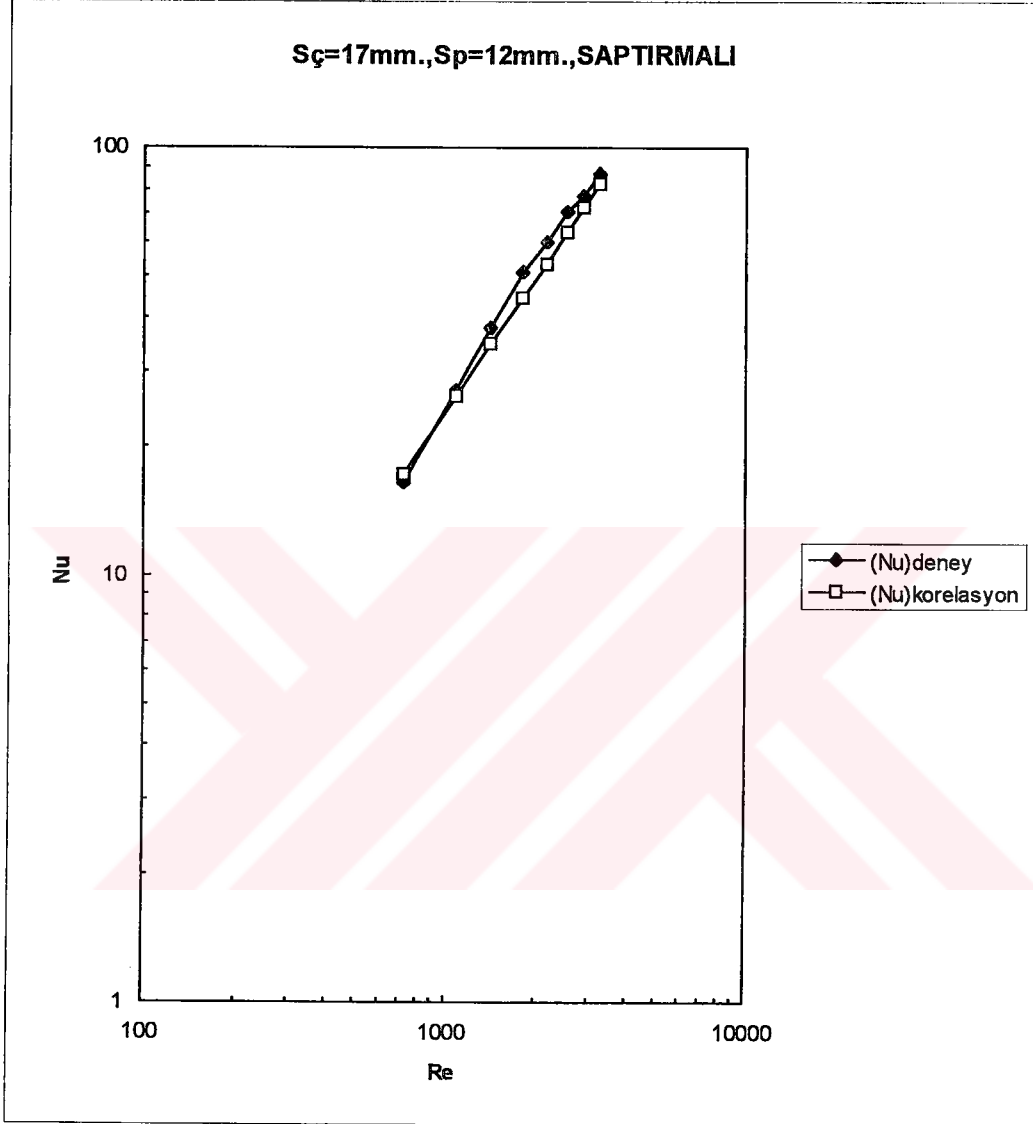
Şekil 6.29 (76) ve (77) eşitlikleri kullanılarak hesaplanan ve deney sonuçlarından elde edilen Nu sayılarının Re sayıları ile değişimleri



Şekil 6.30 (76) ve (77) eşitlikleri kullanılarak hesaplanan ve deney sonuçlarından elde edilen Nu sayılarının Re sayıları ile değişimleri



Şekil 6.31 (76) ve (77) eşitlikleri kullanılarak hesaplanan ve deney sonuçlarından elde edilen Nu sayılarının Re sayıları ile değişimleri



Şekil 6.32 (76) ve (77) eşitlikleri kullanılarak hesaplanan ve deney sonuçlarından elde edilen Nu sayılarının Re sayıları ile değişimleri

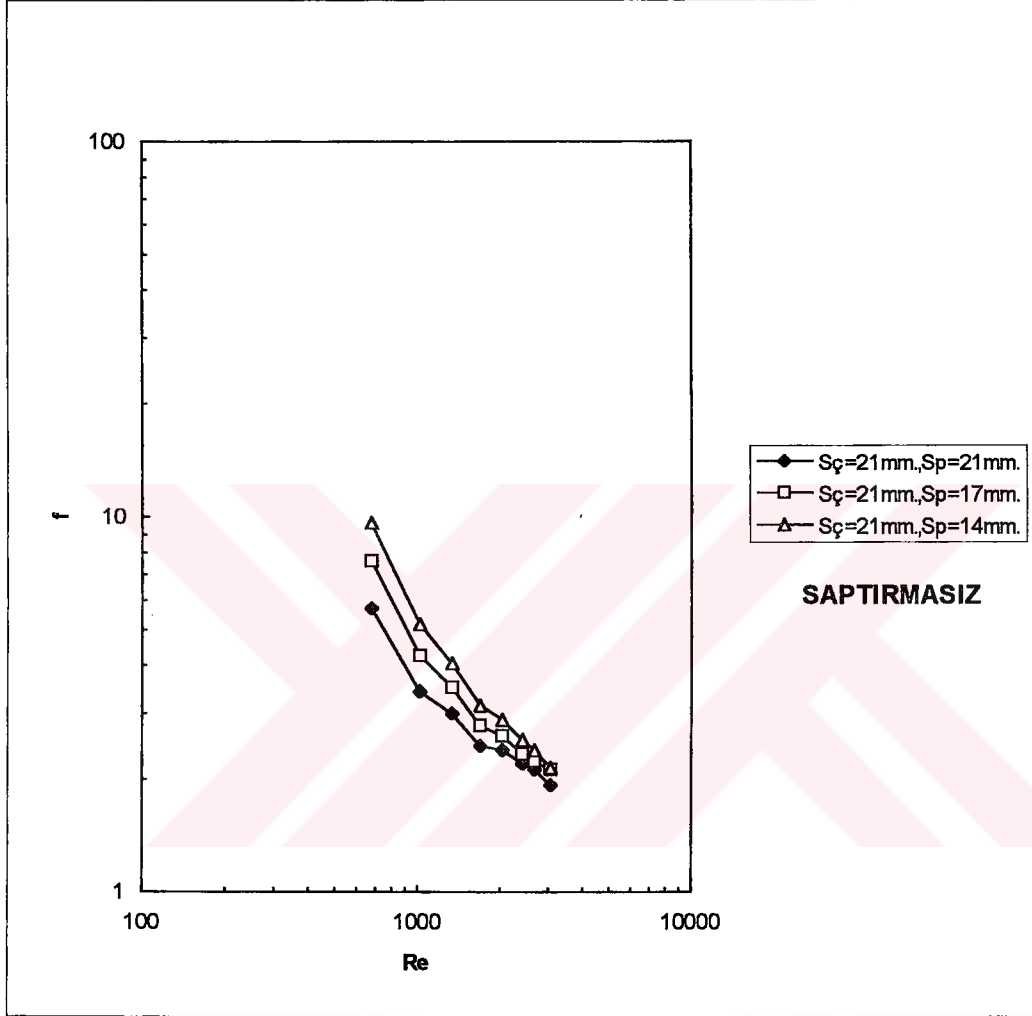
Şekil 6.34'den şekil 6.41'e kadar çizilen Re - f değişimleri ve (92) ve (93) eşitlikleri kullanılarak elde edilen basınç kayıp katsayısı f ile, deney sonuçları ile bulunan basınç kayıp katsayılarının karşılaştırılmasının yapıldığı şekil 6.42'den şekil 6.53'e kadar olan diyagramlardan tespit edilen genel sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1) Kesik konik pim kanatlı yüzeylerde basınç kayıp katsayısı $f = (2\Delta p / \rho w^2)$, Re sayısı artarken lineer olarak azalmaktadır.

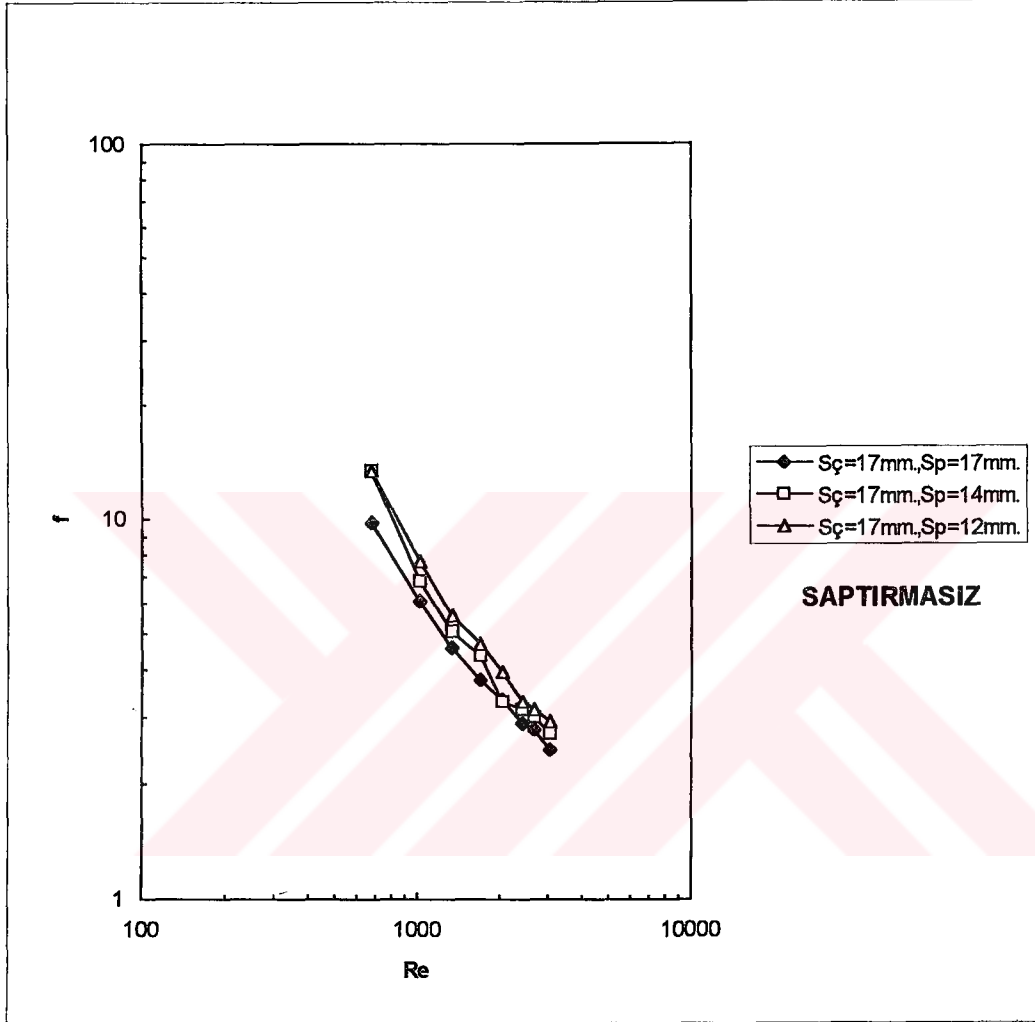
2) Basınç kayıpları saptırmalı dizilişlerde, saptırmaz dizilişlerdekinden daha fazladır.

3) Pim kanat eksenleri arasındaki mesafe akışa dik yönde sabit, akış yönünde arttıkça pim kanatların oluşturduğu direncin küçülmesi sebebiyle saptırmalı dizilişteki basınç kayıpları ile saptırmaz dizilişteki basınç kayıpları arasındaki fark küçülmektedir.

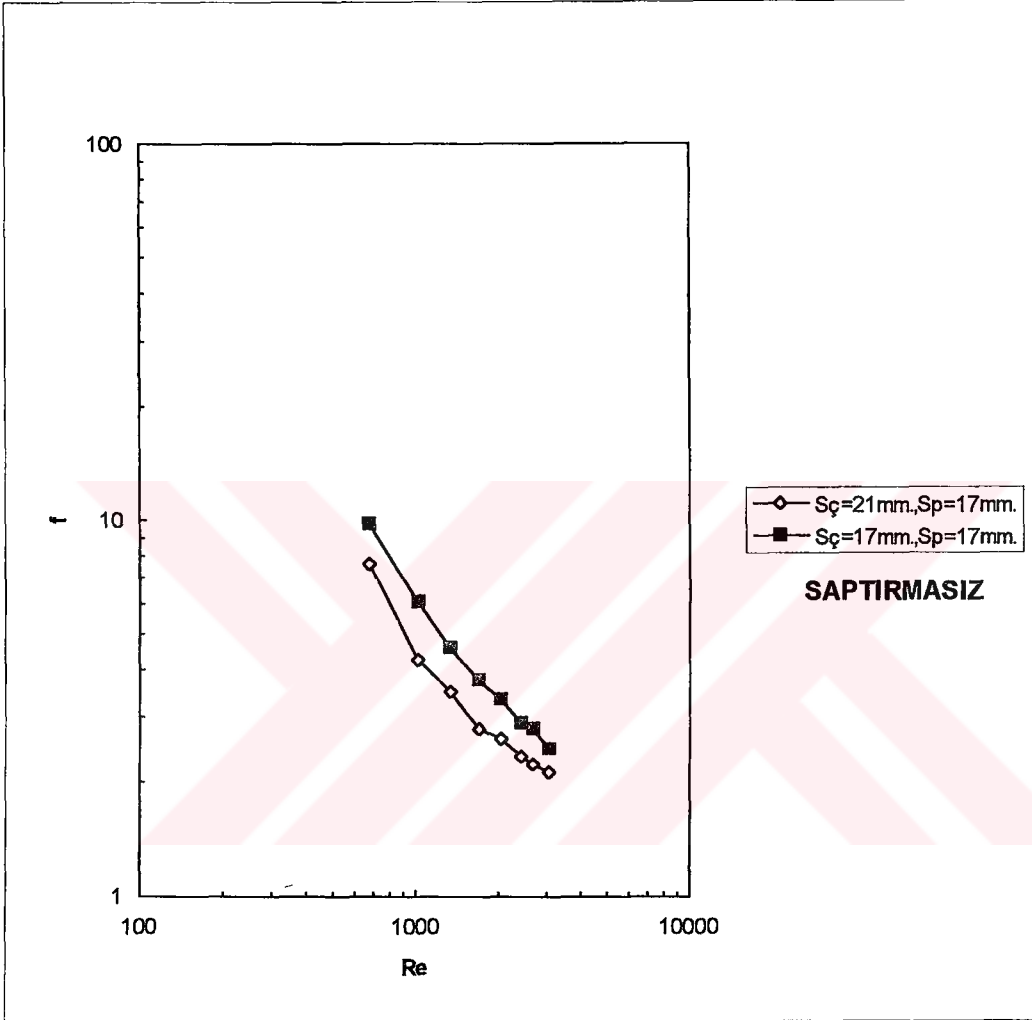
4) Kesik konik pim kanatların eksenleri arasındaki mesafeler gerek akış yönünde gerekse akışa dik yönde küçüldükçe basınç kayıpları artmaktadır. Bu sonuç hem saptırmaz hem de saptırmalı dizilişlerde geçerlidir.



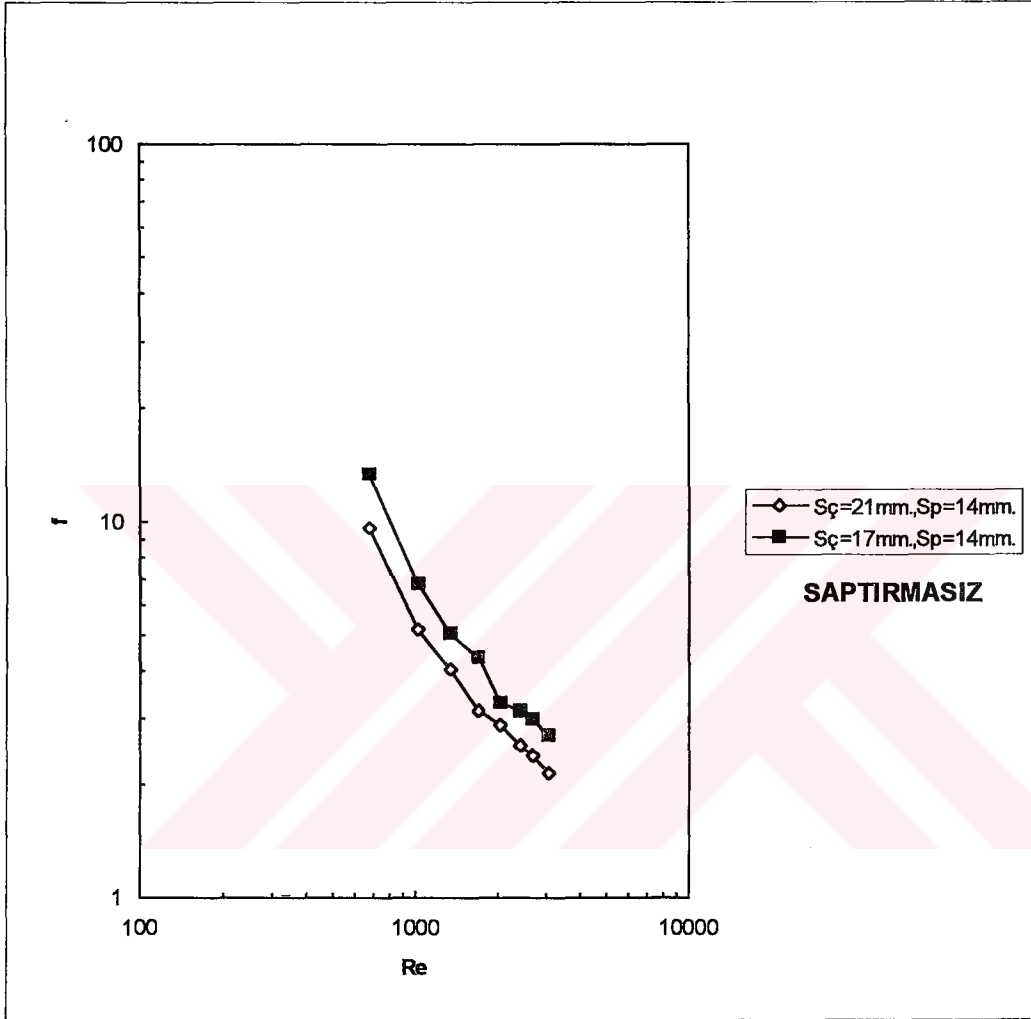
Şekil 6.34 Pim kanatlarla yapılan deneylerde Re - f değişimleri



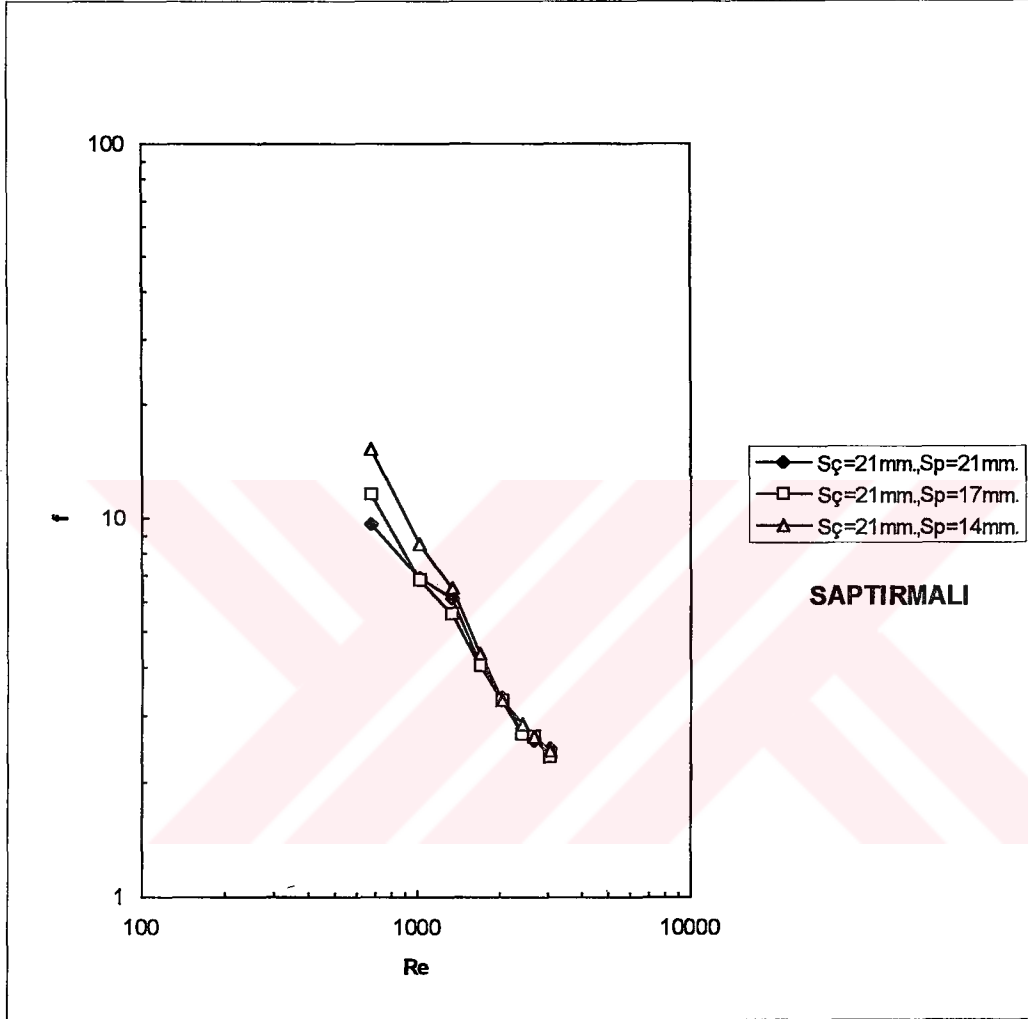
Şekil 6.35 Pim kanatlarla yapılan deneylerde Re - f değişimleri



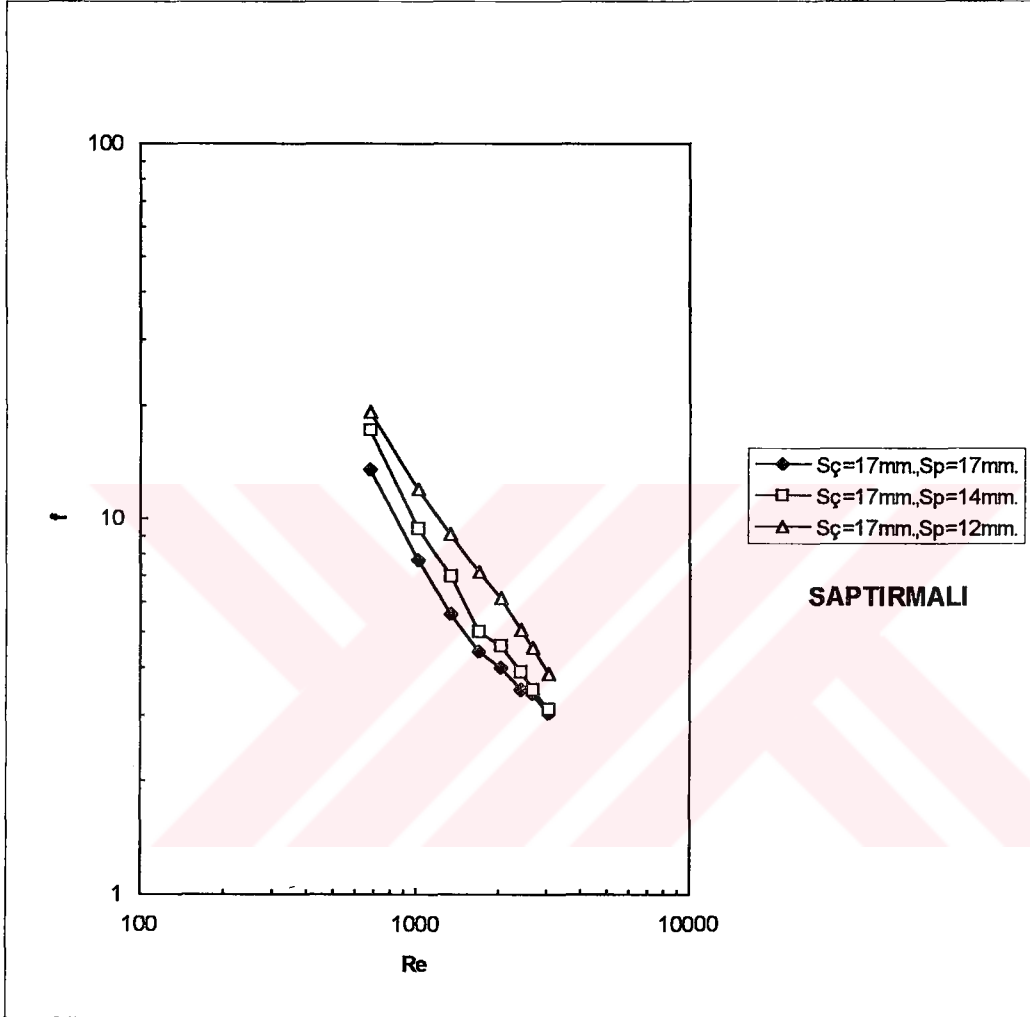
Şekil 6.36 Pim kanatlarla yapılan deneylerde Re - f değişimleri



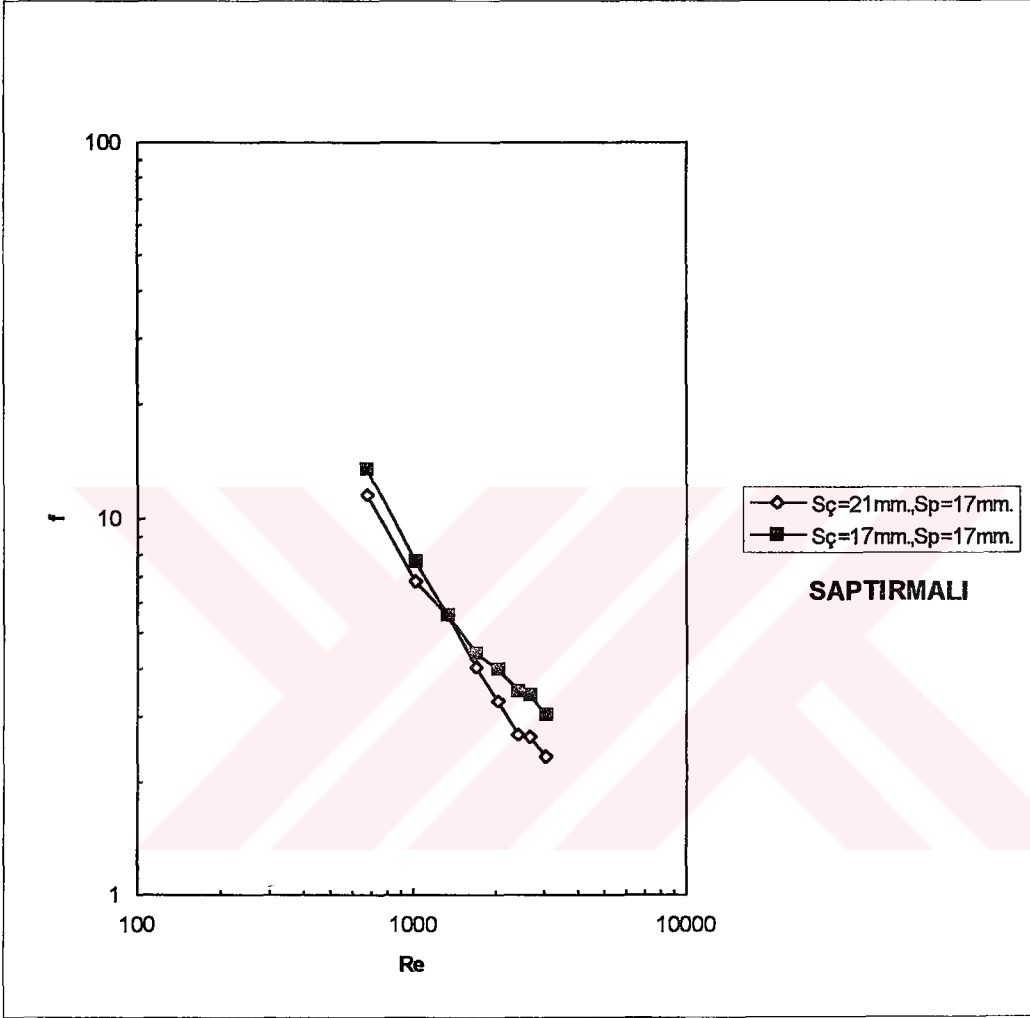
Şekil 6.37 Pim kanatlarla yapılan deneylerde Re - f değişimleri



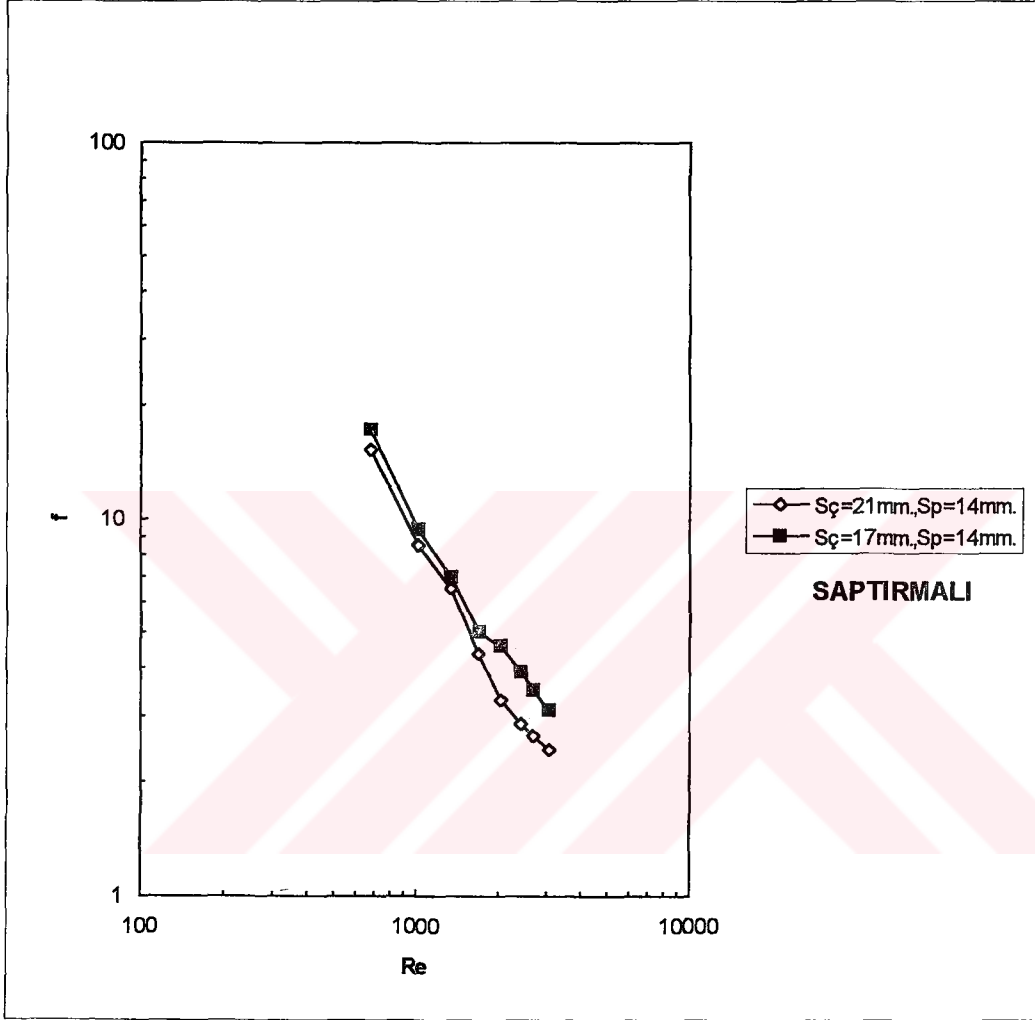
Şekil 6.38 Pim kanatlarla yapılan deneylerde Re - f değişimleri



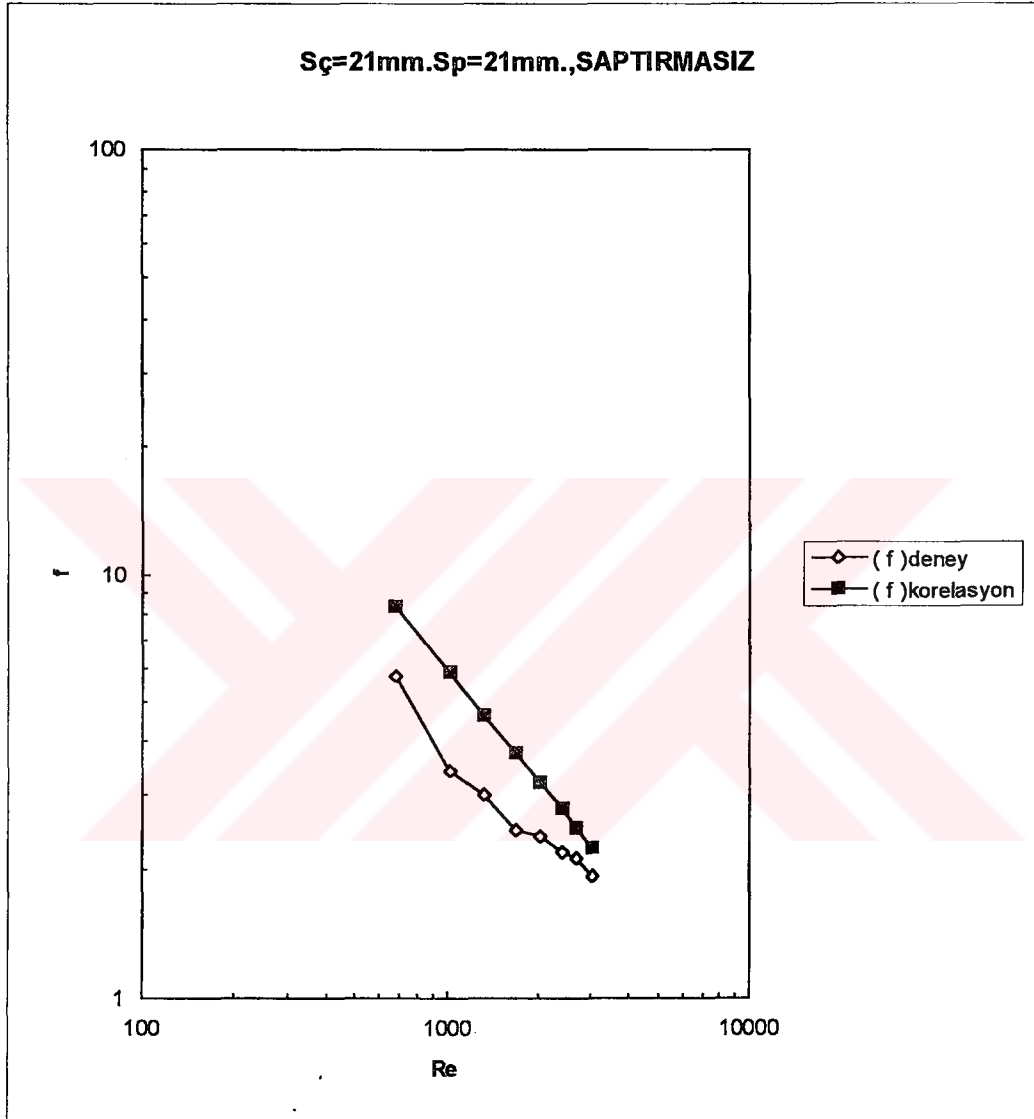
Şekil 6.39 Pim kanatlarla yapılan deneylerde Re-f değişimleri



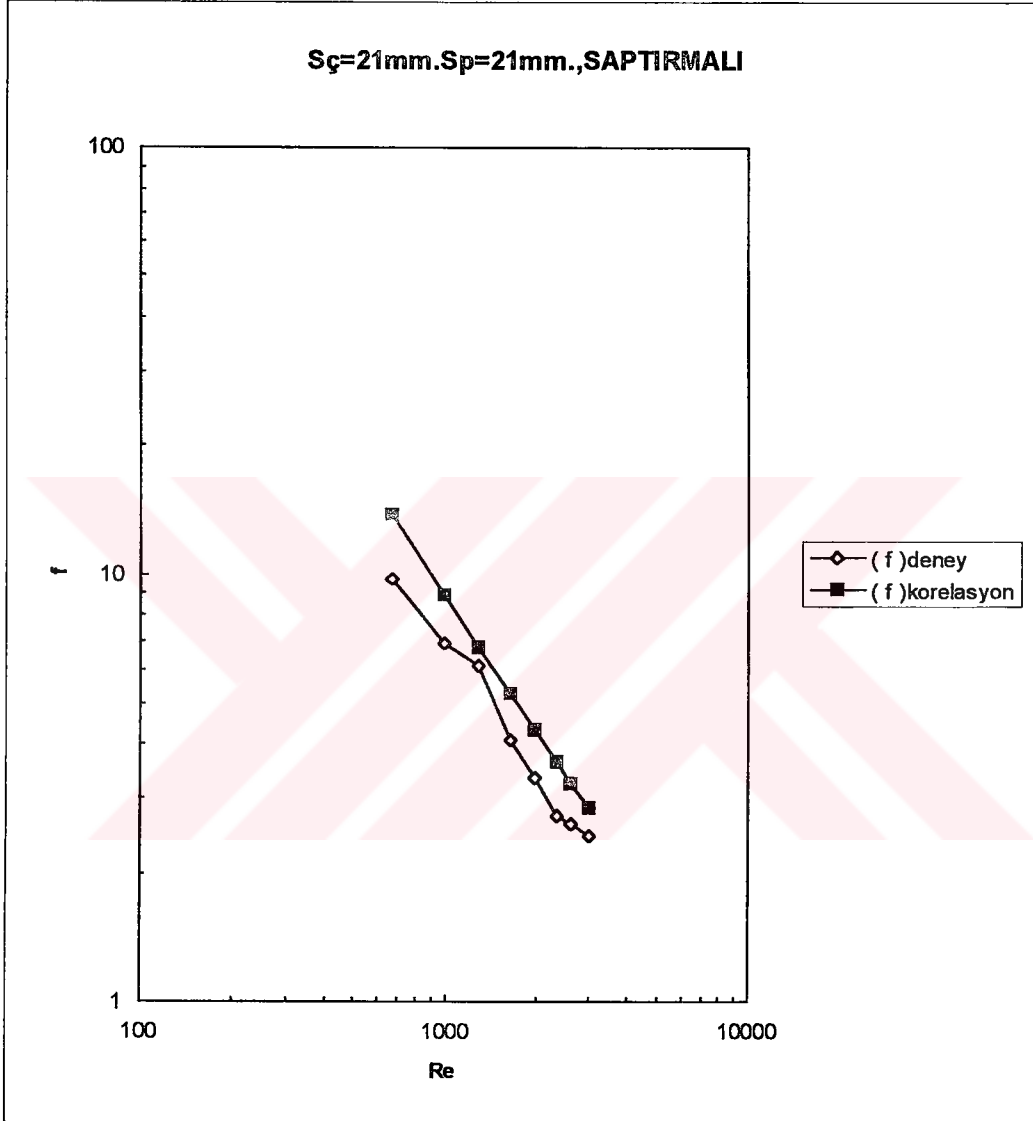
Şekil 6.40 Pim kanatlarla yapılan deneylerde Re - f değişimleri



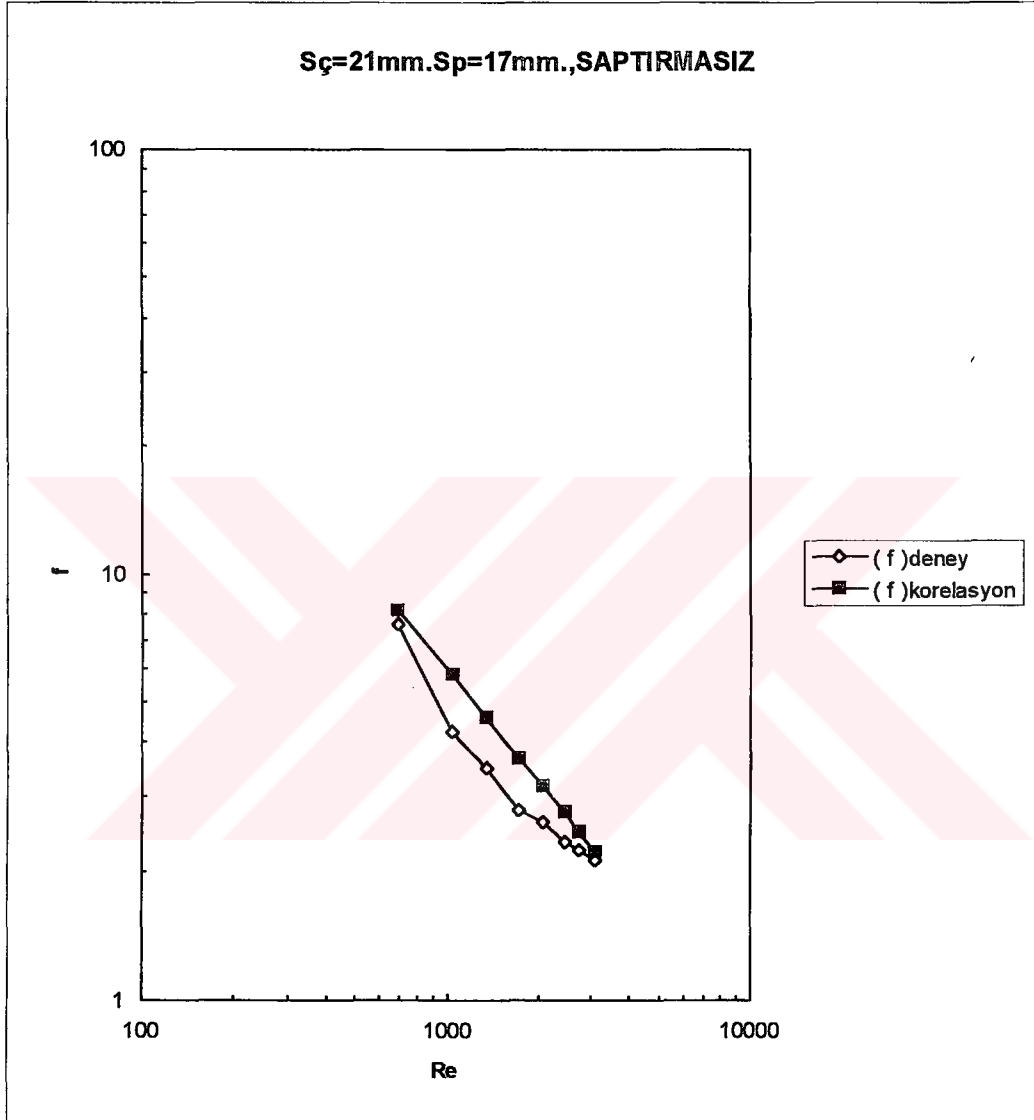
Şekil 6.41 Pim kanatlarla yapılan deneylerde Re-f değişimleri



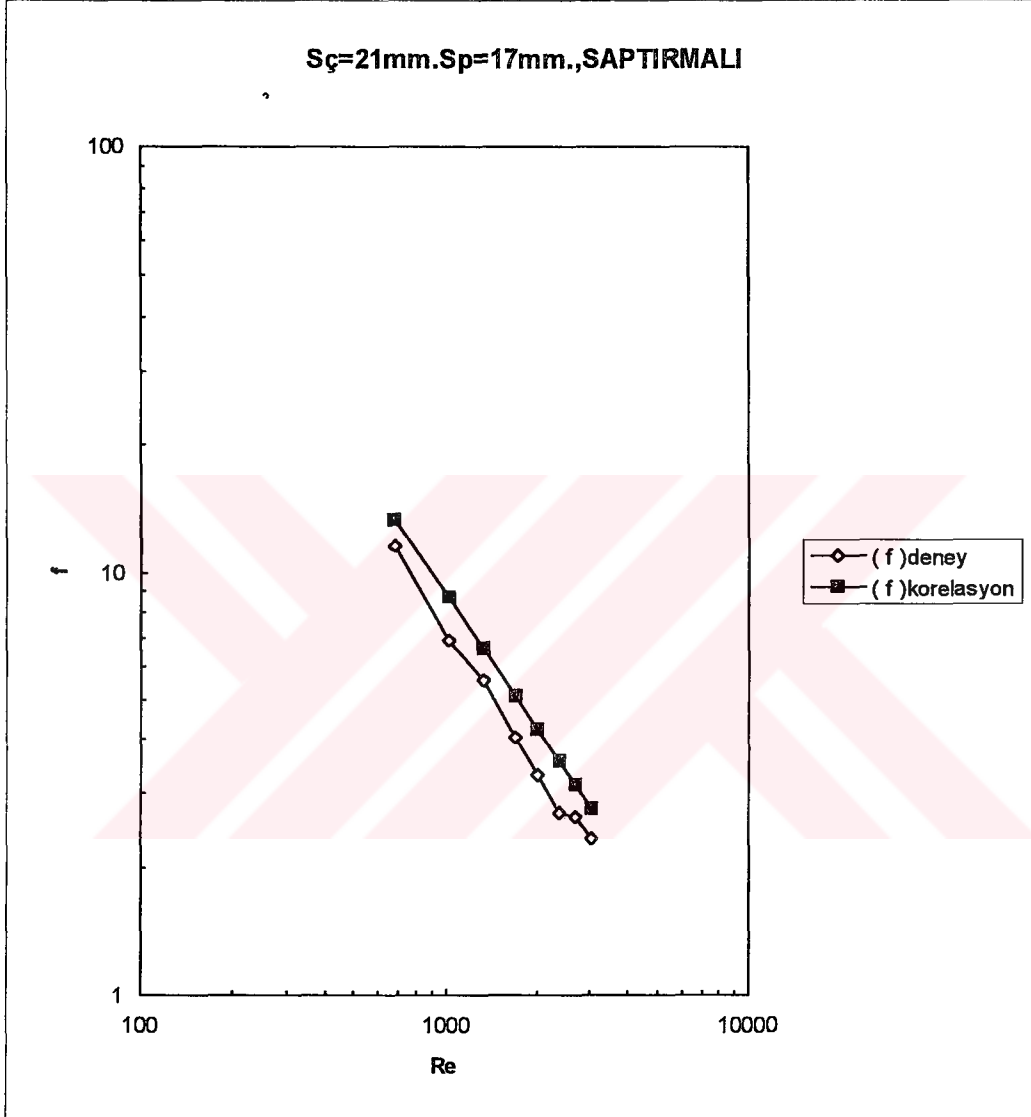
Şekil 6.42 (92) ve (93) eşitlikleri kullanılarak hesaplanan f sayıları ve deney sonuçlarından elde edilen f sayılarının Re sayıları ile değişimleri



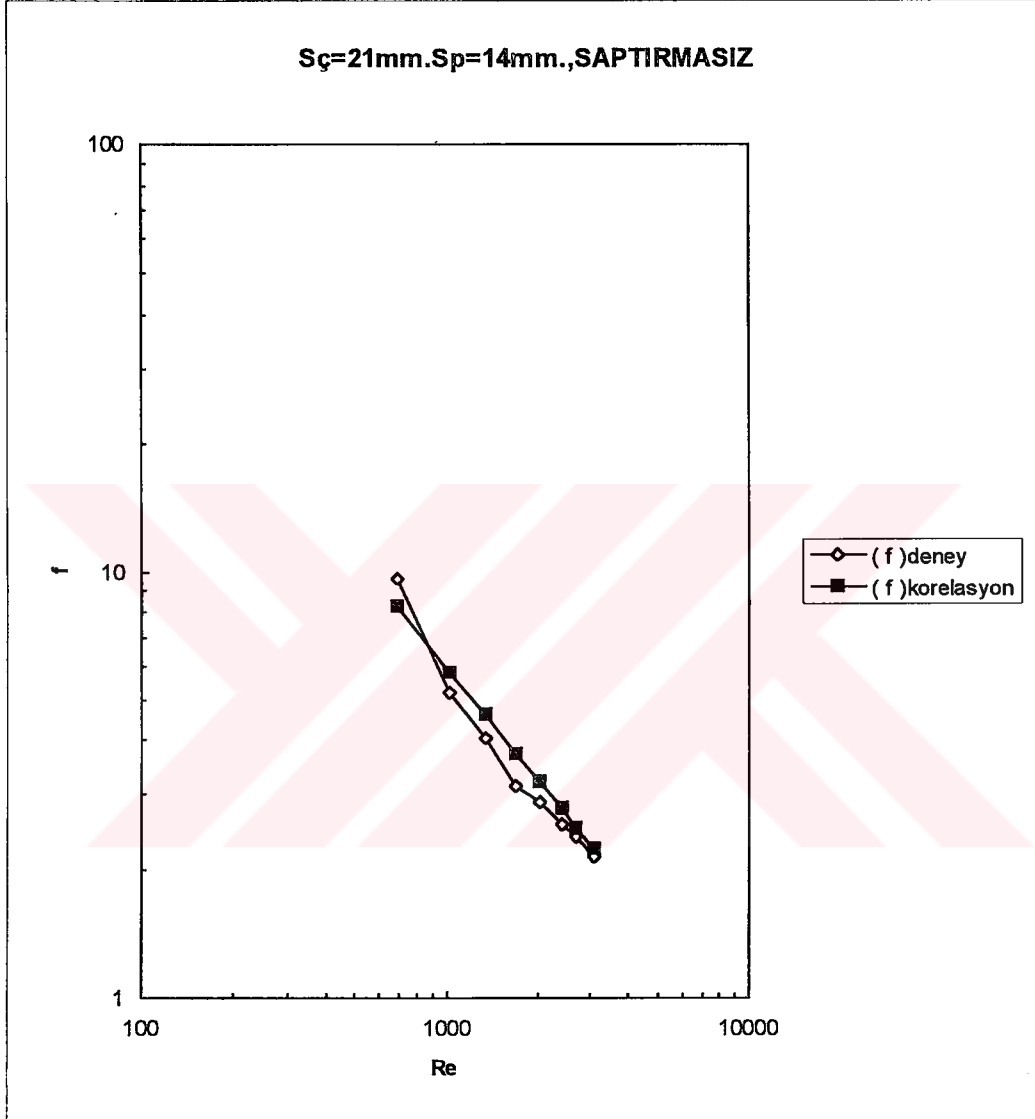
Şekil 6.43 (92) ve (93) eşitlikleri kullanılarak hesaplanan f sayıları ve deney sonuçlarından elde edilen f sayılarının Re sayıları ile değişimleri



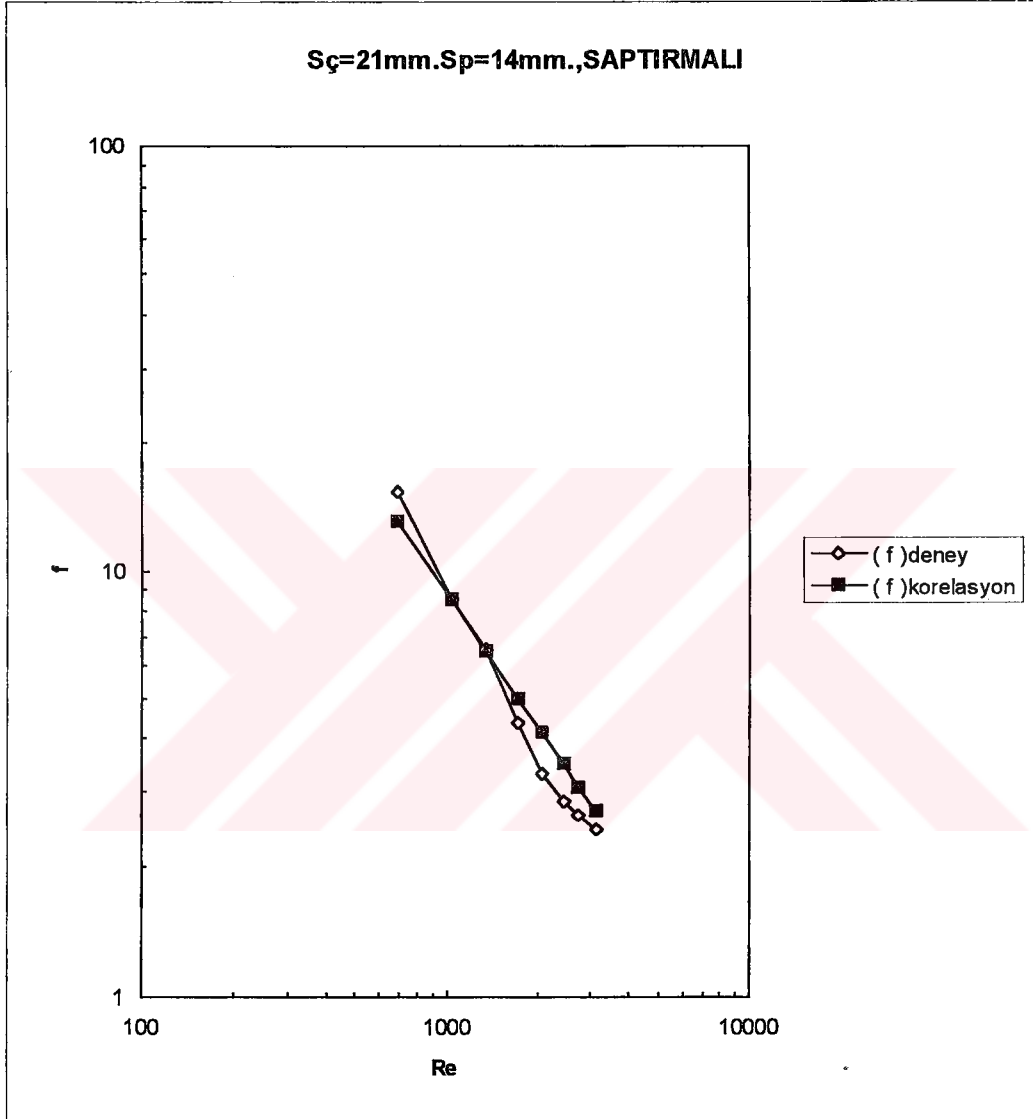
Şekil 6.44 (92) ve (93) eşitlikleri kullanılarak hesaplanan f sayıları ve deney sonuçlarından elde edilen f sayılarının Re sayıları ile değişimleri



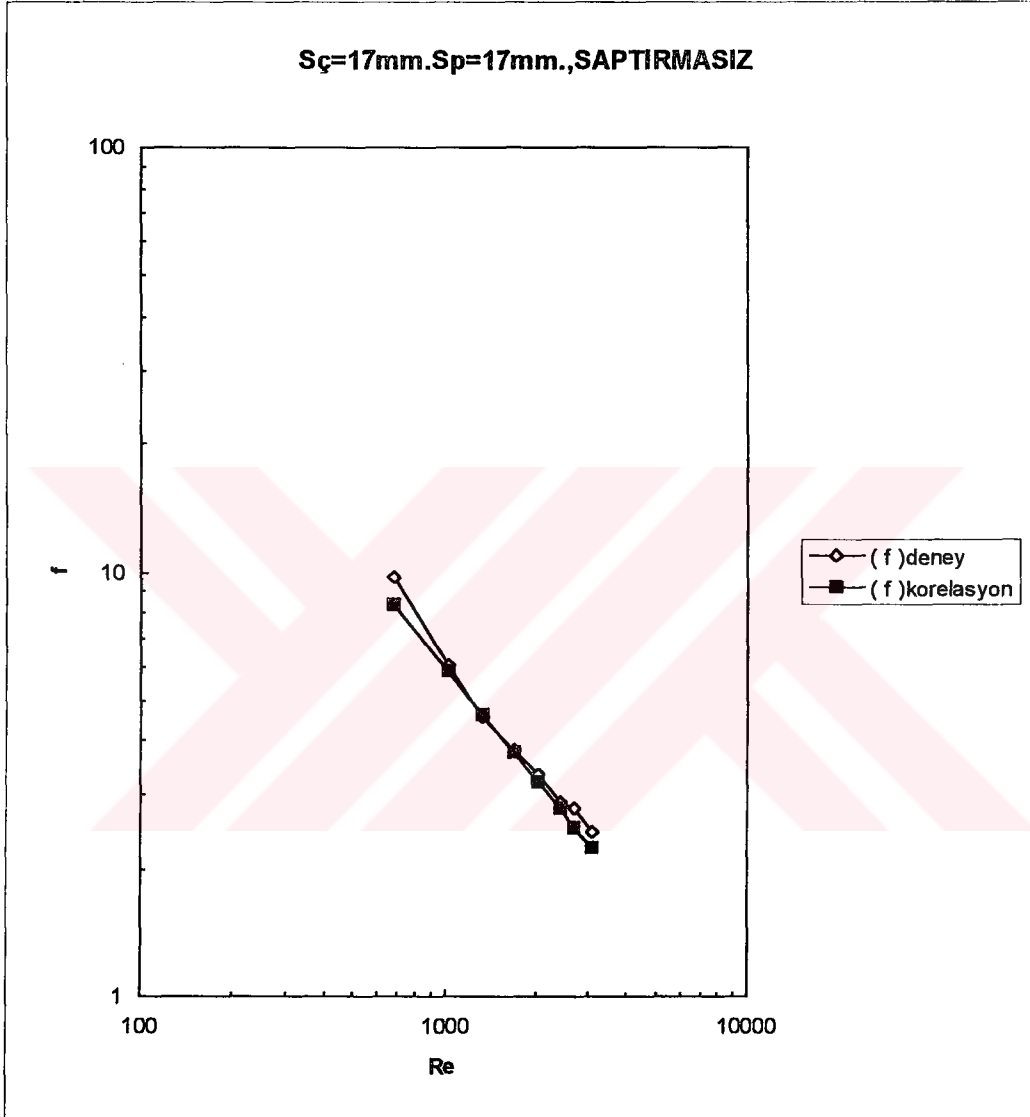
Şekil 6.45 (92) ve (93) eşitlikleri kullanılarak hesaplanan f sayıları ve deney sonuçlarından elde edilen f sayılarının Re sayıları ile değişimleri



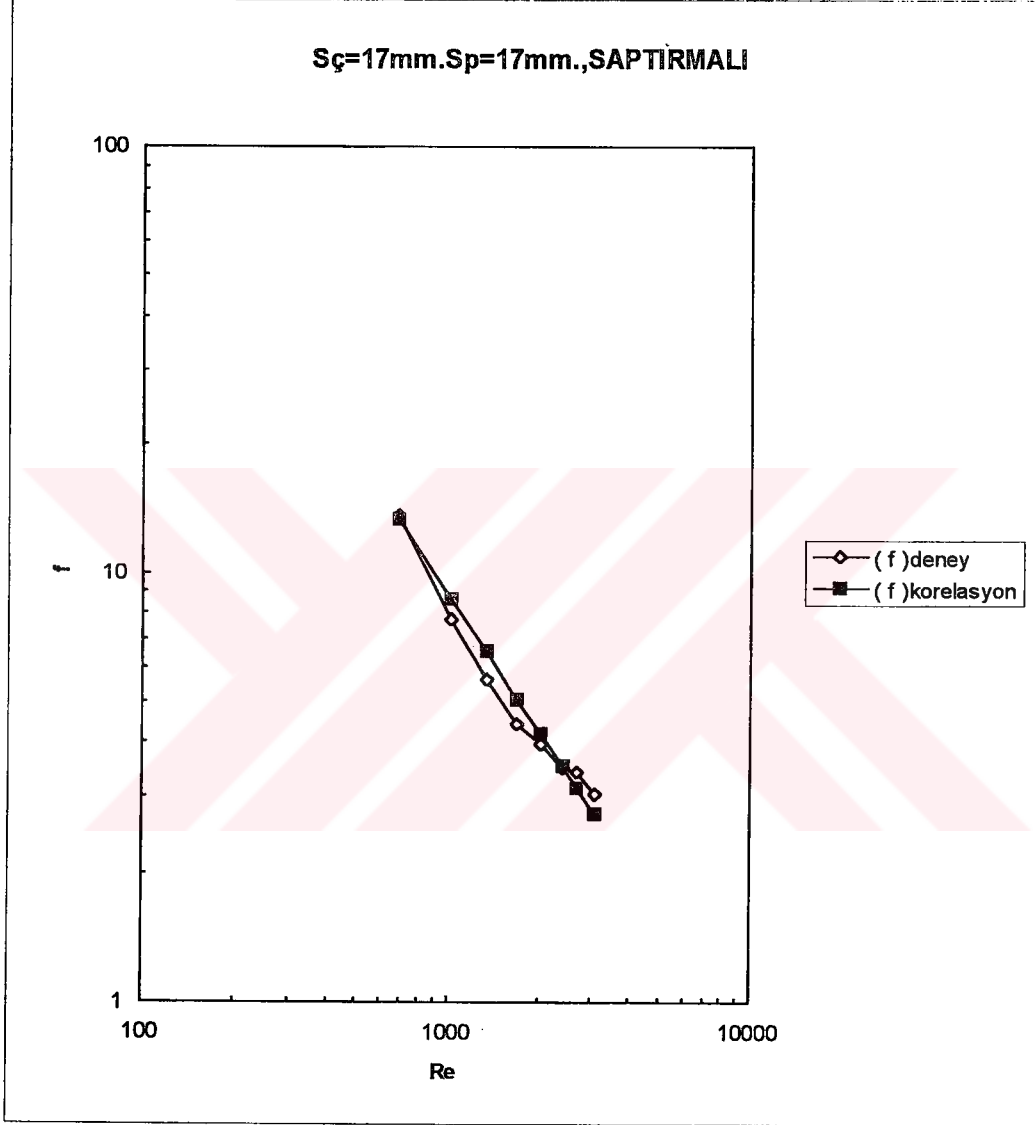
Şekil 6.46 (92) ve (93) eşitlikleri kullanılarak hesaplanan f sayıları ve deney sonuçlarından elde edilen f sayılarının Re sayıları ile değişimleri



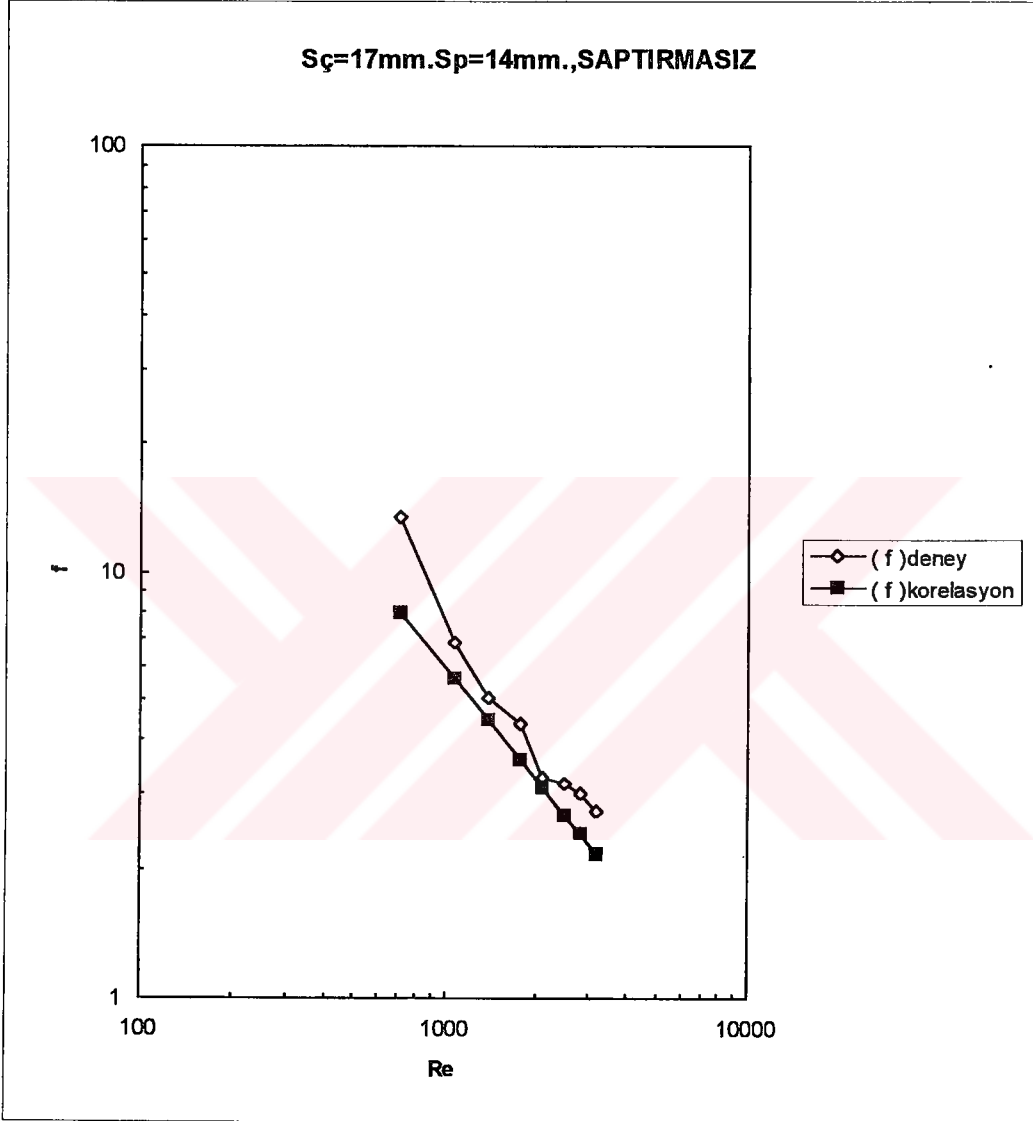
Şekil 6.47 (92) ve (93) eşitlikleri kullanılarak hesaplanan f sayıları ve deney sonuçlarından elde edilen f sayılarının Re sayıları ile değişimleri



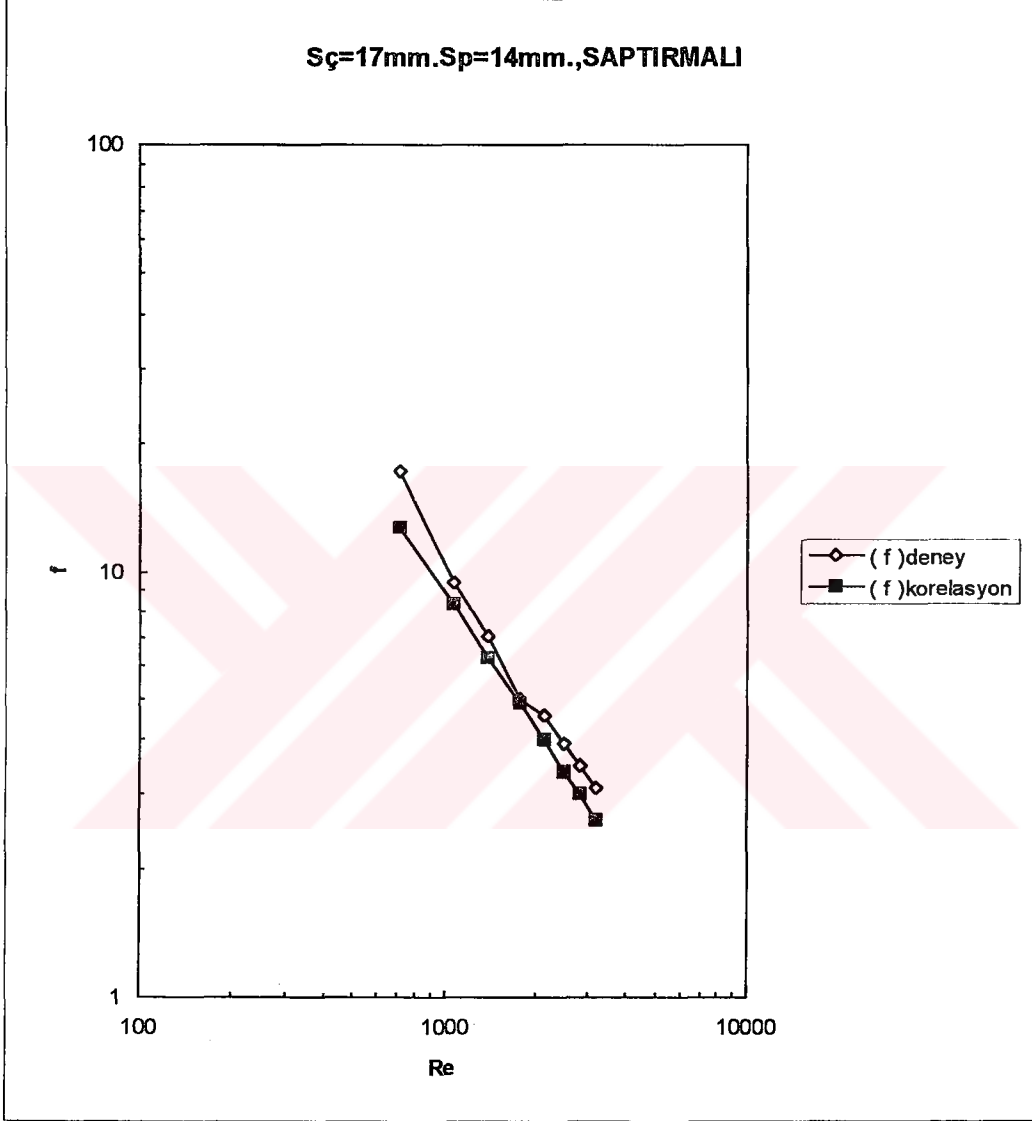
Şekil 6.48 (92) ve (93) eşitlikleri kullanılarak hesaplanan f sayıları ve deney sonuçlarından elde edilen f sayılarının Re sayıları ile değişimleri



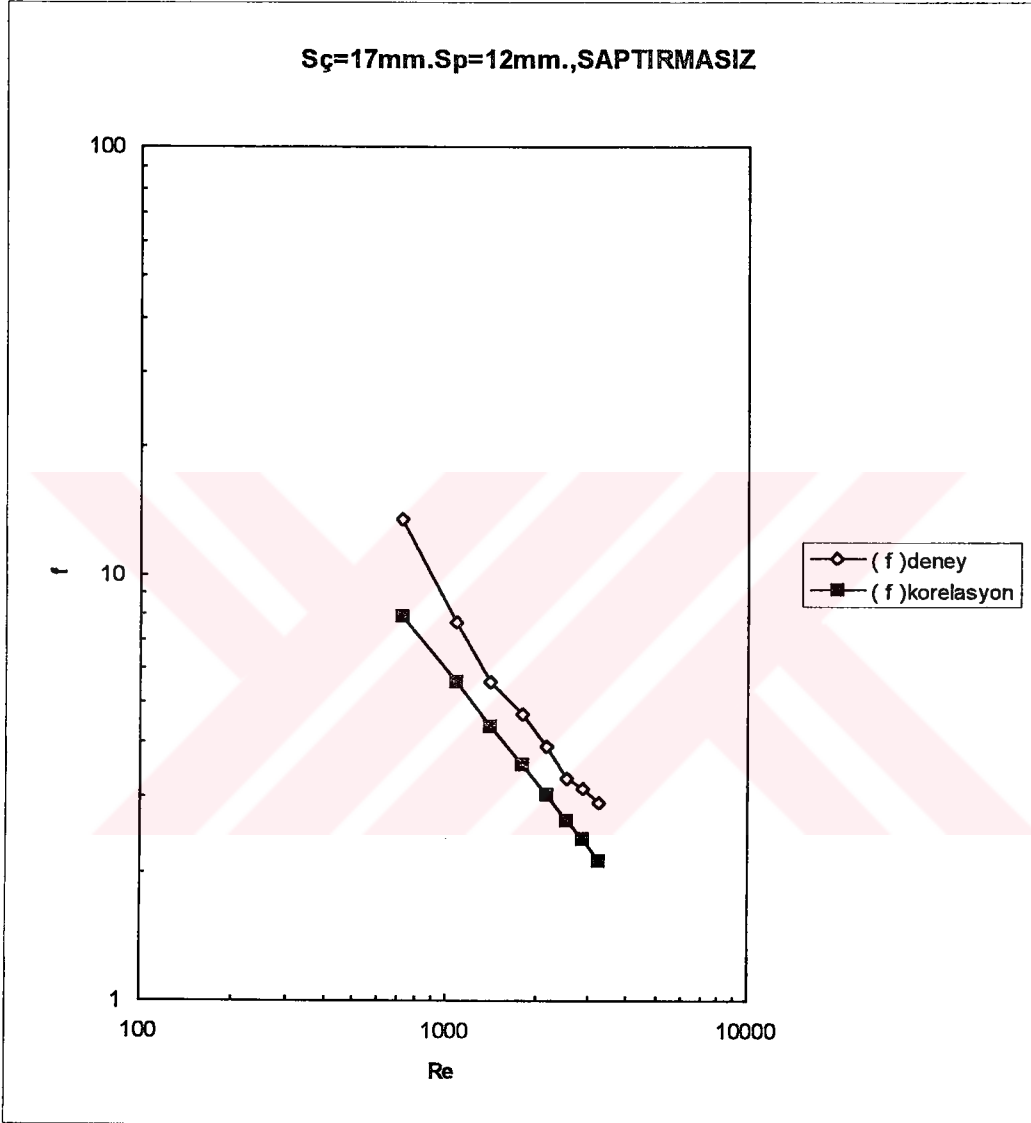
Şekil 6.49 (92) ve (93) eşitlikleri kullanılarak hesaplanan f sayıları ve deney sonuçlarından elde edilen f sayılarının Re sayıları ile değişimleri



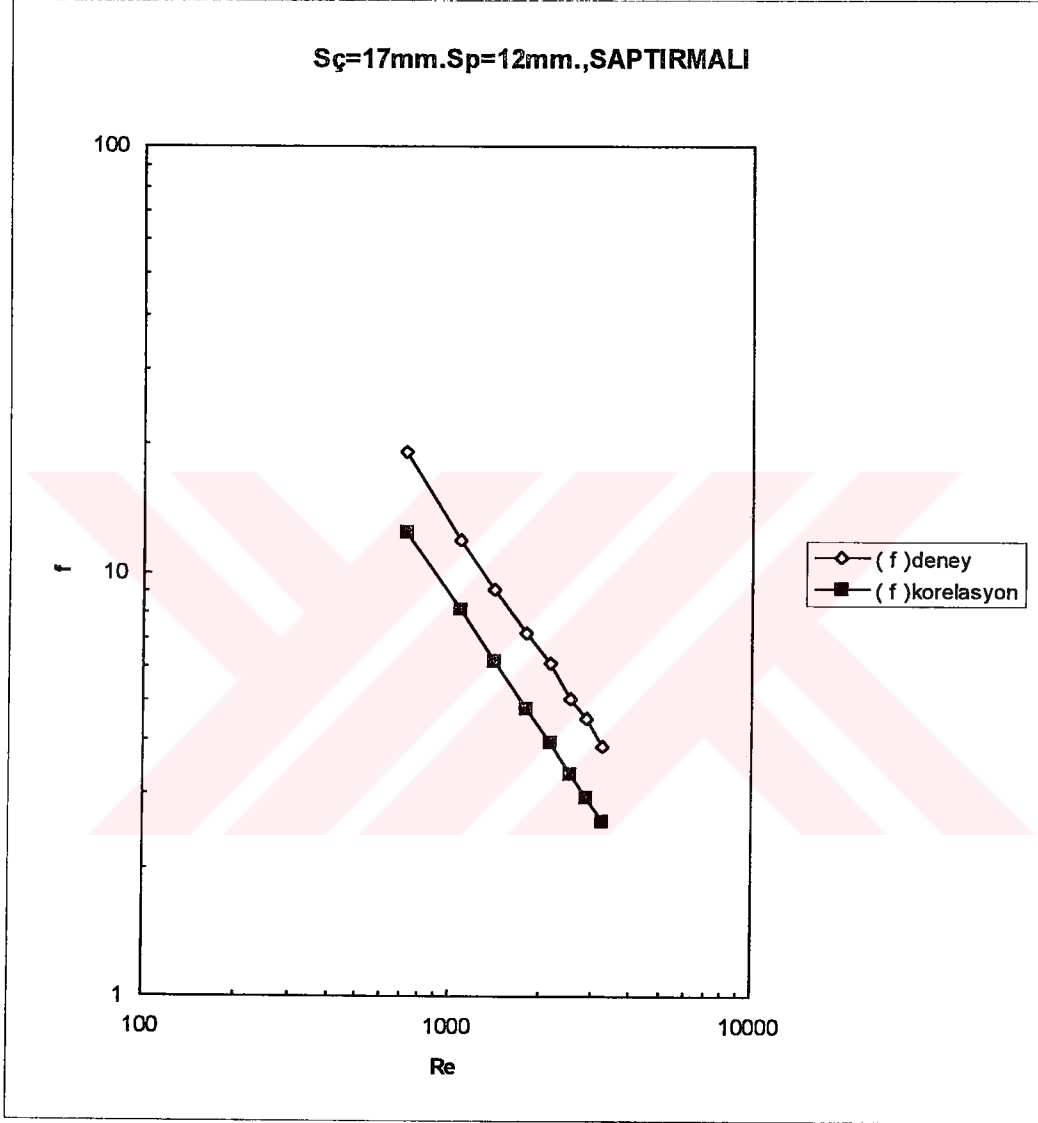
Şekil 6.50 (92) ve (93) eşitlikleri kullanılarak hesaplanan f sayıları ve deney sonuçlarından elde edilen f sayılarının Re sayıları ile değişimleri



Şekil 6.51 (92) ve (93) eşitlikleri kullanılarak hesaplanan f sayıları ve deney sonuçlarından elde edilen f sayılarının Re sayıları ile değişimleri



Şekil 6.52 (92) ve (93) eşitlikleri kullanılarak hesaplanan f sayıları ve deney sonuçlarından elde edilen f sayılarının Re sayıları ile değişimleri



Şekil 6.53 (92) ve (93) eşitlikleri kullanılarak hesaplanan f sayıları ve deney sonuçlarından elde edilen f sayılarının Re sayıları ile değişimleri

BÖLÜM 7

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, 6 adet saptırmaz ve 6 adet saptırmalı dizilişe sahip toplam 12 adet kesik konik geometriye sahip pim kanatlı düzlem levha denenmiştir. Kesik konik pim kanatlı düzlem yüzeylerde, $690 \leq Re \leq 3110$ aralığında bulunan eşitliklerin kullanılarak Nusselt sayısının ve basınç kaybı katsayısının hesaplanması yeni bir sonuç olarak bulunmuştur. Buna göre kesik konik pim kanatlı düzlem yüzeylerdeki ısı transferi hesaplarında boş ortam payı;

$$\psi = 1 - \frac{\pi}{12s_p s_\varphi} (D^2 + Dd + d^2) \quad (94)$$

ile bulunmalıdır. Karakteristik uzunluk;

$$l_a = \pi D / 2 \quad (95)$$

ile hesaplanarak ;

$$Re_{\psi, l} = \frac{w l_a}{\psi \nu} \quad (96)$$

ve $690 \leq Re \leq 3110$ aralığında Nu sayısı ve basınç kaybı katsayısı ;

a) Saptırmaz dizilişler için;

$$Nu = 0.016 Re^{1.0078} \quad (97)$$

$$f = (2\Delta p / \rho w^2) = 2464,3 Re^{-0.8723} \quad (98)$$

eşitlikleriyle;

b) Saptırmalı dizilişler için;

$$Nu = 0.0186 Re^{1.0384} \quad (99)$$

$$f = (2\Delta p / \rho w^2) = 12752 Re^{-1.0523} \quad (100)$$

eşitlikleriyle hesaplanmalıdırlar. Bulunan Nu sayısı kullanılarak ortalama ısı taşınım katsayısı

$$h = \frac{kNu}{l_a} \quad (101)$$

eşitliği ile, transfer edilen ısı debisi ise

$$Q = hA\Delta T_m \quad (102)$$

bağıntısı ile verilebilir.

Yukarıda ifade edildiği gibi deneysel çalışmada farklı dizilişe sahip 12 adet levha test edilmiştir. Başlangıçta fan motorunun küçük seçilmesi nedeniyle, hız değerleri 0.95-4.2 m/s arasında değişmektedir. Bu değerlere göre daha düşük Reynolds sayıları elde edildi. İleri çalışma için daha yüksek hız değerlerinde aynı deneyler yapıp yeni korelasyonlar elde edilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] GÖKÇE, A.T., “Isı Transferine Giriş “, Selçuk Üniv.Müh.-Mim Fak., Konya, 1985
- [2] KAKAÇ, S., “ Isı Transferine Giriş I : Isı İletimi “, ODTÜ Müh.Fak., Ankara, 1976
- [3] DAĞSÖZ, A.K., “Isı Geçişi “, İTÜ, İstanbul, 1990
- [4] INCROPERA, F.P., WITT, D.P., “Fundamentals of Heat and Mass Transfer”, John Wiley& Sons,Inc., New York.Chichester.Brisbane.Toronto.Singapore.,1990
- [5] ÇEŞME, İ., “Fiziksel Ölçmeler ve Değerlendirilmesi“, Marmara Üniv.Atatürk Eğt.Fak., İstanbul, 1993
- [6] THEOCLITUS, G.,”Heat Transfer and Flow Friction Characteristics of Nine Pin Fin Surfaces”, Journal of Heat Transfer, 1966, pp.383-390
- [7] SPARROW, E.M., RAMSEY, J.W., ”Heat Transfer And Pressure Drop For A Staggered Wall-Attached Array Of Cylinders With Tip Clearance”, Int.J.Heat Mass Transfer,1978, Vol.21, pp.1369-1377
- [8] SPARROW, E.M., RAMSEY, J.W., ALTEMANI, C.A.C.,”Experiments On In-Line Pin Fin Arrays And Performance Comparisons With Staggered Arrays”, Journal of Heat Transfer, 1980, Vol.102,pp.44-50
- [9] VANFOSSSEN, G.J.,”Heat Transfer Coefficients For Staggered Arrays of Short Pin Fins”, Journal of Engineering For Power, 1982, Vol.104, pp.268-274
- [10] BRIGHAM, B.A., VANFOSSSEN, G.J.,”Length to Diameter Ratio and Row Number Effects in Short Pin Fin Heat Transfer”, Journal of Engineering for Gas Turbines and Power, 1984, Vol.106, pp.241-245
- [11] METZGER, D.E., FAN, C.S., HALEY, S.W.,”Effects of Pin Shape and Array Orientation on Heat Transfer and Pressure Loss in Pin Fin arrays”, Journal of Engineering for Gas Turbines and Power,1984, Vol.106, pp.252-257
- [12] CHYU, M.K., “Heat Transfer and Pressure Drop for short Pin-Fin Arrays with Pin-Endwall Fillet”, Presented at the Gas Turbine and Aeroengine Congress and Exposition, 1989, pp.1-7
- [13] LAU, S.C., HAN, J.C., KIM, Y.S., “Turbulent Heat Transfer and Friction in Pin Fin Channels with Lateral Flow Ejection”,Journal of Heat Transfer,1989, Vol.111, pp.51-58
- [14] OLSON, D.A.,”Heat Transfer in Thin, Compact Heat Exchangers with Circular, Rectangular, or Pin-Fin Flow Passages”, Journal of Heat Transfer, 1992, Vol.114,pp.373-382
- [15] BINARK, A.K.,”Pimli Yüzeylerde Isı Taşınımı”, Doktora Tezi, İTÜ,İstanbul, 1989

EKLER



EK 1: DENEYLERDE ÖLÇÜLEN DATALAR



RETİM KONTROL
MAYIS 2014

Tablo Ek 1.1 $S_{\phi}=21\text{mm.}$, $S_p=21\text{ mm.}$ saptırmasız dizilişte datalar

S ϕ =21mm.,Sp=21mm.ve Pim Sayısı=45 Saptırmasız Dizilişte Datalar								
Deney No	1	2	3	4	5	6	7	8
Hız, m/s	0.95	1.42	1.85	2.35	2.8	3.3	3.7	4.2
Debi, m ³ /h	10.07	15.05	19.61	24.91	29.69	34.99	39.23	44.53
ΔP , mmSS	0.3	0.4	0.6	0.8	1.1	1.4	1.7	2
T1, °C	38.63	37.50	36.50	35.40	34.73	34.41	33.91	33.51
T2, °C	38.76	37.18	35.91	34.61	33.85	33.42	32.82	32.33
T3, °C	39.08	37.36	35.97	34.61	33.81	33.36	32.73	32.25
T4, °C	38.29	36.91	35.77	34.65	33.92	33.52	32.98	32.60
T5, °C	38.29	37.04	35.96	34.90	34.20	33.84	33.36	32.97
T6, °C	38.27	37.22	36.27	35.28	34.61	34.27	33.81	33.44
T7, °C	75.38	71.07	66.90	63.72	62.67	61.63	60.32	59.10
T8, °C	65.96	63.25	60.38	58.35	57.04	56.86	55.46	55.05
T9, °C	70.70	66.33	62.80	59.26	58.13	57.33	55.58	55.02
T10, °C	72.94	69.26	66.26	63.07	61.58	60.77	59.33	58.37
T11, °C	52.19	46.89	43.62	39.94	38.70	37.76	36.98	35.90
T12, °C	67.48	64.07	61.57	59.55	58.85	58.76	57.52	56.71
T13, °C	27.56	27.12	26.98	26.88	26.84	26.81	26.78	26.76
T14, °C	27.51	27.03	26.89	26.77	26.73	26.69	26.68	26.64

Tablo Ek 1.2 $S_{\phi}=21\text{mm.}$, $S_p=21\text{ mm.}$ saptırmalı dizilişte datalar

S ϕ =21mm.,Sp=21mm.ve Pim Sayısı=41 Saptırmalı Dizilişte Datalar								
Deney No	1	2	3	4	5	6	7	8
Hız, m/s	0.95	1.42	1.85	2.35	2.80	3.30	3.70	4.20
Debi, m ³ /h	10.07	15.05	19.61	24.91	29.69	34.99	39.23	44.53
ΔP , mmSS	0.50	0.80	1.20	1.30	1.50	1.70	2.20	2.50
T1, °C	43.48	42.58	41.61	40.90	40.50	40.24	39.70	39.34
T2, °C	43.29	42.07	40.95	40.60	39.85	39.17	38.55	38.10
T3, °C	43.53	42.19	41.02	40.60	39.82	39.09	38.46	38.01
T4, °C	42.86	41.79	40.82	40.57	39.86	39.19	38.62	38.21
T5, °C	42.92	41.95	41.01	40.50	40.16	39.52	38.97	38.58
T6, °C	43.02	42.21	41.33	40.68	40.62	40.01	39.47	39.09
T7, °C	82.32	78.77	71.93	70.98	68.14	67.32	65.33	64.44
T8, °C	51.04	44.97	44.46	43.56	42.44	41.54	40.02	39.14
T9, °C	71.14	68.28	62.67	61.98	59.69	58.63	58.06	56.86
T10, °C	51.78	49.20	47.32	44.37	43.54	42.51	41.45	40.44
T11, °C	54.37	51.68	49.57	48.80	45.28	46.80	44.53	44.20
T12, °C	72.87	72.04	66.76	66.37	64.95	63.41	62.36	61.23
T13, °C	31.18	31.35	31.56	31.60	31.62	31.69	31.69	31.71
T14, °C	31.45	31.64	31.88	31.91	31.99	32.04	31.97	31.92

Tablo Ek 1.3 $S_{\phi}=21\text{mm.}$, $Sp=17\text{ mm.}$ saptırmaz dizilişte datalar

S ϕ =21mm.,Sp=17mm.ve Pim Sayısı=55 Saptırmaz Dizilişte Datalar								
Deney No	1	2	3	4	5	6	7	8
Hız, m/s	0.95	1.42	1.85	2.35	2.80	3.30	3.70	4.20
Debi, m ³ /h	10.07	15.05	19.61	24.91	29.69	34.99	39.23	44.53
ΔP , mmSS	0.40	0.50	0.70	0.90	1.20	1.50	1.80	2.20
T1, °C	37.95	36.96	36.01	35.32	34.35	33.82	33.43	33.16
T2, °C	37.83	36.42	35.23	34.36	33.31	32.65	32.18	31.82
T3, °C	38.12	36.52	35.27	34.30	33.24	32.53	32.05	31.69
T4, °C	37.83	36.52	35.55	34.80	33.81	33.20	32.78	32.48
T5, °C	37.95	36.76	35.86	35.19	34.24	33.68	33.29	32.99
T6, °C	38.06	37.09	36.30	35.70	34.76	34.26	33.88	33.62
T7, °C	78.80	73.46	70.46	68.39	66.32	64.27	63.31	62.54
T8, °C	53.54	49.85	47.15	46.02	43.38	40.28	40.13	41.17
T9, °C	58.90	56.04	54.02	53.31	52.31	51.37	51.11	50.26
T10, °C	73.44	67.94	64.33	62.42	60.37	58.74	58.09	57.31
T11, °C	72.56	67.61	62.92	60.95	58.75	57.61	57.70	57.12
T12, °C	58.65	55.06	53.44	51.89	51.28	49.47	49.02	48.36
T13, °C	26.83	26.58	26.51	26.48	26.43	26.42	26.39	26.39
T14, °C	26.77	26.49	26.43	26.38	26.34	26.35	26.32	26.30

Tablo Ek 1.4 $S_{\phi}=21\text{mm.}$, $Sp=17\text{ mm.}$ saptırmalı dizilişte datalar

S ϕ =21mm.,Sp=17mm.ve Pim Sayısı=50 Saptırmalı Dizilişte Datalar								
Deney No	1	2	3	4	5	6	7	8
Hız, m/s	0.95	1.42	1.85	2.35	2.80	3.30	3.70	4.20
Debi, m ³ /h	10.07	15.05	19.61	24.91	29.69	34.99	39.23	44.53
ΔP , mmSS	0.60	0.80	1.10	1.30	1.50	1.70	2.10	2.40
T1, °C	41.73	40.76	39.86	39.26	38.78	38.11	37.56	36.83
T2, °C	41.73	40.50	39.12	38.30	37.61	36.78	36.15	35.38
T3, °C	42.04	40.50	39.16	38.26	37.47	36.59	35.94	35.15
T4, °C	41.54	40.50	39.31	38.57	38.01	37.21	36.56	35.85
T5, °C	41.57	40.55	39.60	38.92	38.43	37.70	37.08	36.40
T6, °C	41.58	40.82	39.97	39.39	38.95	38.29	37.68	36.98
T7, °C	73.65	70.79	66.57	65.58	64.18	62.44	61.31	59.70
T8, °C	56.55	53.93	50.42	49.13	47.88	46.04	45.26	42.58
T9, °C	69.75	65.97	61.93	60.26	58.50	57.85	56.89	55.38
T10, °C	66.12	63.25	60.13	58.34	57.61	56.43	55.35	54.19
T11, °C	36.72	34.45	32.63	28.72	28.65	28.46	28.27	28.06
T12, °C	52.13	50.16	46.73	45.63	43.22	42.57	41.40	40.78
T13, °C	29.60	29.46	29.30	29.25	29.24	29.21	29.18	29.16
T14, °C	29.64	29.48	29.31	29.28	29.23	29.22	29.20	29.14

Tablo Ek 1.5 $S\check{c}=21\text{mm.}$, $Sp=14\text{ mm.}$ saptırmaz dizilişte datalar

S $\check{c}=21\text{mm.}$, $Sp=14\text{mm.}$ ve Pim Sayısı=65 Saptırmaz Dizilişte Datalar								
Deney No	1	2	3	4	5	6	7	8
Hız, m/s	0.95	1.42	1.85	2.35	2.80	3.30	3.70	4.20
Debi, m ³ /h	10.07	15.05	19.61	24.91	29.69	34.99	39.23	44.53
ΔP , mmSS	0.50	0.60	0.80	1.00	1.30	1.60	1.90	2.20
T1, °C	42.65	41.99	41.19	40.61	39.83	39.39	38.95	38.61
T2, °C	42.62	41.53	40.51	39.76	38.91	38.38	37.85	37.45
T3, °C	42.95	41.68	40.55	39.76	38.89	38.33	37.78	37.38
T4, °C	42.25	41.34	40.50	39.71	38.93	38.44	37.95	37.60
T5, °C	41.87	41.32	40.52	39.96	39.23	38.80	38.35	38.03
T6, °C	41.93	41.57	40.90	40.35	39.62	39.22	38.80	38.51
T7, °C	74.25	72.27	69.73	65.54	64.03	62.92	61.88	61.02
T8, °C	71.63	68.22	66.19	63.05	60.98	59.85	59.19	58.99
T9, °C	70.63	67.04	64.81	61.62	59.74	59.23	58.24	57.57
T10, °C	63.33	61.03	59.49	57.89	56.98	56.39	55.86	55.68
T11, °C	44.09	42.02	39.36	37.27	35.79	34.99	34.29	33.73
T12, °C	54.37	51.27	48.40	44.53	43.98	43.35	42.31	41.82
T13, °C	30.90	31.05	31.18	31.29	31.37	31.42	31.46	31.48
T14, °C	31.16	31.41	31.47	31.64	31.75	31.77	31.77	31.82

Tablo Ek 1.6 $S\check{c}=21\text{mm.}$, $Sp=14\text{ mm.}$ saptırmalı dizilişte datalar

S $\check{c}=21\text{mm.}$, $Sp=14\text{mm.}$ ve Pim Sayısı=59 Saptırmalı Dizilişte Datalar								
Deney No	1	2	3	4	5	6	7	8
Hız, m/s	0.95	1.42	1.85	2.35	2.80	3.30	3.70	4.20
Debi, m ³ /h	10.07	15.05	19.61	24.91	29.69	34.99	39.23	44.53
ΔP , mmSS	0.80	1.00	1.30	1.40	1.50	1.80	2.10	2.50
T1, °C	40.73	40.07	39.32	38.60	38.14	37.63	37.17	36.69
T2, °C	41.11	39.90	38.77	37.80	37.18	36.47	35.92	35.40
T3, °C	41.63	40.17	38.99	37.80	37.12	36.39	35.79	35.27
T4, °C	41.09	39.84	38.76	37.80	37.20	36.55	36.00	35.49
T5, °C	40.52	39.69	38.82	38.02	37.51	36.94	36.44	35.98
T6, °C	40.50	39.84	39.15	38.45	37.98	37.45	36.99	36.52
T7, °C	74.93	65.50	63.26	60.60	59.69	58.16	56.66	56.21
T8, °C	49.52	42.20	41.40	40.44	39.37	38.69	37.62	36.94
T9, °C	52.40	48.36	45.99	44.50	41.72	41.33	40.53	39.83
T10, °C	46.85	41.74	40.16	39.06	38.22	36.56	36.11	35.56
T11, °C	52.11	49.47	48.41	47.37	47.11	46.42	46.02	45.79
T12, °C	60.88	57.75	56.13	55.10	54.26	53.64	52.99	52.58
T13, °C	28.63	28.50	28.45	28.41	28.39	28.39	28.37	28.37
T14, °C	28.57	28.41	28.34	28.32	28.28	28.26	28.25	28.24

Tablo Ek 1.7 S_ç=17 mm., Sp=17 mm. saptırmasız dizilişte datalar

S _ç =17mm.,Sp=17mm.ve Pim Sayısı=66 Saptırmasız Dizilişte Datalar								
Deney No	1	2	3	4	5	6	7	8
Hız, m/s	0.95	1.42	1.85	2.35	2.80	3.30	3.70	4.20
Debi, m ³ /h	10.07	15.05	19.61	24.91	29.69	34.99	39.23	44.53
ΔP, mmSS	0.50	0.70	0.90	1.20	1.50	1.80	2.20	2.50
T1, °C	44.76	43.89	42.94	41.80	40.58	40.15	39.58	39.32
T2, °C	44.68	43.51	42.35	41.00	39.72	39.17	38.53	38.23
T3, °C	44.97	43.67	42.42	41.01	39.72	39.15	38.48	38.16
T4, °C	44.51	43.41	42.33	41.09	39.91	39.40	38.77	38.46
T5, °C	44.24	43.37	42.43	41.33	40.21	39.76	39.16	38.89
T6, °C	44.35	43.62	42.74	41.70	40.55	40.16	39.57	39.30
T7, °C	71.61	68.13	65.44	63.19	60.96	60.40	59.07	58.66
T8, °C	55.34	53.12	50.73	46.34	45.22	44.56	43.52	42.94
T9, °C	65.84	62.39	60.22	58.50	56.96	56.10	54.42	54.11
T10, °C	59.20	56.59	53.50	51.45	46.82	46.56	45.77	45.31
T11, °C	57.54	54.51	52.61	50.41	46.79	46.30	45.44	45.18
T12, °C	63.45	59.91	57.87	56.30	55.08	54.40	53.59	53.31
T13, °C	32.18	32.20	32.18	32.08	31.74	31.68	31.61	31.58
T14, °C	32.32	32.25	32.17	32.07	31.80	31.73	31.69	31.66

Tablo Ek 1.8 S_ç=17mm., Sp=17 mm. saptırmalı dizilişte datalar

S _ç =17mm.,Sp=17mm.ve Pim Sayısı=61 Saptırmalı Dizilişte Datalar								
Deney No	1	2	3	4	5	6	7	8
Hız, m/s	0.95	1.42	1.85	2.35	2.80	3.30	3.70	4.20
Debi, m ³ /h	10.07	15.05	19.61	24.91	29.69	34.99	39.23	44.53
ΔP, mmSS	0.70	0.90	1.10	1.40	1.80	2.20	2.70	3.10
T1, °C	43.32	42.66	41.96	41.01	40.66	40.44	39.67	38.92
T2, °C	43.45	42.23	41.22	40.59	40.10	39.17	38.35	37.54
T3, °C	43.92	42.47	41.34	40.63	40.09	39.12	38.28	37.50
T4, °C	43.75	42.54	41.60	40.51	40.63	39.82	39.05	38.28
T5, °C	43.31	42.50	41.75	40.83	40.51	40.34	39.62	38.91
T6, °C	43.28	42.74	42.11	41.27	40.97	40.50	40.16	39.45
T7, °C	57.08	53.60	51.43	48.44	45.00	44.18	43.25	42.34
T8, °C	52.39	48.30	44.80	43.06	42.28	40.81	39.13	38.46
T9, °C	66.48	62.70	59.90	57.98	57.18	55.68	54.09	52.55
T10, °C	49.05	44.29	43.16	41.56	40.83	39.14	37.87	37.38
T11, °C	68.90	66.44	64.20	61.53	61.09	59.36	57.90	56.33
T12, °C	51.63	48.86	45.01	44.11	43.95	42.69	41.78	40.56
T13, °C	30.67	30.66	30.69	30.69	30.70	30.70	30.69	30.66
T14, °C	30.68	30.63	30.62	30.62	30.63	30.61	30.59	30.52

Tablo Ek 1.9 Sç=17mm., Sp=14 mm. saptırmasız dizilişte datalar

Sç=17mm.,Sp=14mm.ve Pim Sayısı=78 Saptırmasız Dizilişte Datalar								
Deney No	1	2	3	4	5	6	7	8
Hız, m/s	0.95	1.42	1.85	2.35	2.80	3.30	3.70	4.20
Debi, m ³ /h	10.07	15.05	19.61	24.91	29.69	34.99	39.23	44.53
ΔP, mmSS	0.70	0.80	1.00	1.40	1.50	2.00	2.40	2.80
T1, °C	40.74	39.68	38.68	37.92	37.51	36.91	36.17	35.83
T2, °C	40.54	39.50	38.18	37.19	36.70	35.91	35.02	34.67
T3, °C	40.94	39.66	38.22	37.15	36.61	35.78	34.88	34.52
T4, °C	40.65	39.14	37.88	36.98	36.50	35.79	34.96	34.62
T5, °C	40.14	38.99	37.94	37.17	36.75	36.13	35.37	35.05
T6, °C	40.12	39.20	38.26	37.56	37.17	36.58	35.85	35.52
T7, °C	55.04	50.41	47.53	45.29	44.20	41.11	40.45	40.27
T8, °C	52.62	48.28	45.22	41.33	43.35	40.47	39.35	38.94
T9, °C	66.52	59.55	55.69	53.66	52.60	49.81	48.22	47.71
T10, °C	53.04	48.86	46.51	44.62	41.41	43.03	40.29	39.78
T11, °C	41.08	38.45	36.54	35.04	34.19	33.85	33.13	32.80
T12, °C	57.71	52.28	48.62	47.01	46.21	44.37	43.17	42.66
T13, °C	27.96	27.87	27.82	27.79	27.77	27.76	27.73	27.73
T14, °C	27.92	27.82	27.76	27.72	27.68	27.69	27.66	27.66

Tablo Ek 1.10 Sç=17mm., Sp=14 mm. saptırmalı dizilişte datalar

Sç=17mm.,Sp=14mm.ve Pim Sayısı=72 Saptırmalı Dizilişte Datalar								
Deney No	1	2	3	4	5	6	7	8
Hız, m/s	0.95	1.42	1.85	2.35	2.80	3.30	3.70	4.20
Debi, m ³ /h	10.07	15.05	19.61	24.91	29.69	34.99	39.23	44.53
ΔP, mmSS	0.90	1.10	1.40	1.60	2.10	2.50	2.80	3.20
T1, °C	40.63	40.22	39.67	38.25	37.44	36.79	35.93	35.40
T2, °C	40.59	39.74	38.90	37.22	36.30	35.44	34.51	33.96
T3, °C	40.94	39.88	38.91	37.14	36.21	35.29	34.36	33.83
T4, °C	41.12	40.05	39.15	37.64	36.68	35.90	35.09	34.65
T5, °C	40.89	40.16	39.45	38.11	37.18	36.54	35.78	35.36
T6, °C	40.94	40.50	39.93	38.62	37.72	37.14	36.39	35.94
T7, °C	49.40	44.40	43.08	38.86	37.74	36.52	34.91	34.97
T8, °C	50.40	46.25	43.94	41.47	38.55	37.40	35.78	36.01
T9, °C	58.00	55.23	53.96	51.68	50.14	49.05	48.09	48.87
T10, °C	62.72	59.20	57.61	55.08	53.85	52.91	51.80	52.34
T11, °C	50.83	48.41	47.74	45.68	44.70	44.39	43.98	44.69
T12, °C	45.59	44.40	43.61	42.63	42.30	42.10	41.88	41.70
T13, °C	27.22	27.15	27.13	27.11	27.08	27.07	27.04	27.01
T14, °C	27.23	27.14	27.13	27.11	27.06	27.02	27.02	27.01

Tablo Ek 1.11 S_ç=17mm., Sp=12 mm. saptırmasız dizilişte datalar

S _ç =17mm.,Sp=12mm.ve Pim Sayısı=90 Saptırmasız Dizilişte Datalar								
Deney No	1	2	3	4	5	6	7	8
Hız, m/s	0.95	1.42	1.85	2.35	2.80	3.30	3.70	4.20
Debi, m ³ /h	10.07	15.05	19.61	24.91	29.69	34.99	39.23	44.53
ΔP, mmSS	0.70	0.90	1.10	1.50	1.80	2.10	2.50	3.00
T1, °C	40.50	39.81	38.77	37.91	37.42	36.99	36.33	35.90
T2, °C	40.46	39.05	37.92	36.93	36.32	35.77	35.05	34.56
T3, °C	40.62	39.01	37.82	36.78	36.16	35.57	34.85	34.35
T4, °C	40.63	39.14	38.05	37.09	36.55	36.03	35.33	34.83
T5, °C	40.51	39.69	38.64	37.76	37.30	36.81	36.16	35.66
T6, °C	41.15	40.47	39.41	38.56	38.13	37.68	37.01	36.51
T7, °C	56.21	53.32	50.58	48.41	47.29	45.96	44.17	43.40
T8, °C	59.19	54.95	52.16	49.34	48.60	47.04	45.23	44.37
T9, °C	52.87	48.06	44.71	40.91	40.32	39.87	38.73	38.07
T10, °C	57.86	53.23	50.59	48.41	47.27	46.20	44.17	41.10
T11, °C	50.17	45.89	43.73	41.13	40.83	40.45	39.60	39.19
T12, °C	55.09	50.85	48.05	45.56	44.59	41.27	40.98	40.45
T13, °C	27.96	27.87	27.84	27.80	27.78	27.76	27.77	27.73
T14, °C	27.99	27.90	27.84	27.81	27.78	27.79	27.76	27.73

Tablo Ek 1.12 S_ç=17mm., Sp=12 mm. saptırmalı dizilişte datalar

S _ç =17mm.,Sp=12mm.ve Pim Sayısı=83 Saptırmalı Dizilişte Datalar								
Deney No	1	2	3	4	5	6	7	8
Hız, m/s	0.95	1.42	1.85	2.35	2.80	3.30	3.70	4.20
Debi, m ³ /h	10.07	15.05	19.61	24.91	29.69	34.99	39.23	44.53
ΔP, mmSS	1.00	1.40	1.80	2.30	2.80	3.20	3.60	4.00
T1, °C	41.52	40.68	39.75	38.81	38.31	37.76	36.87	36.51
T2, °C	41.97	40.58	39.23	38.09	37.46	36.69	35.63	35.26
T3, °C	42.46	40.83	39.34	38.10	37.42	36.60	35.47	35.08
T4, °C	41.94	40.61	39.29	38.22	37.60	36.81	35.74	35.35
T5, °C	41.35	40.50	39.33	38.39	37.84	37.15	36.19	35.83
T6, °C	41.27	40.52	39.58	38.68	38.18	37.55	36.63	36.25
T7, °C	62.35	58.60	54.91	52.98	51.82	50.39	48.70	48.18
T8, °C	52.52	50.09	45.93	40.81	40.69	40.19	39.10	38.51
T9, °C	61.50	58.71	55.27	53.42	52.11	51.15	49.06	48.44
T10, °C	44.03	40.25	38.20	36.43	35.55	34.34	33.21	32.71
T11, °C	45.65	40.90	39.71	37.86	37.40	36.35	34.92	34.10
T12, °C	54.81	52.10	49.21	48.08	47.31	45.81	45.41	45.12
T13, °C	27.70	27.68	27.63	27.59	27.58	27.56	27.53	27.51
T14, °C	27.70	27.67	27.53	27.50	27.53	27.54	27.48	27.45

**EK 2. DENEYLERDE ÖLÇÜLEN DATALARLA YAPILAN
HESAPLAR**



Tablo Ek2.1 $S\phi=21\text{mm.}$, $Sp=21\text{mm}$ sapırmazsız dizilişte deney sonuçları

S $\phi=21\text{mm.}$, Sp=21mm., Pim Sayısı=45 ve $\psi = 0.9448$ ile Sapırmazsız Dizilişte Deney Sonuçları																										
Deney No	Giriş Sıcak. °C	Çıkış Ort. Sıcak. °C	Sic. Farkı ΔT °C	Vm m ³ /h	Wm m/s	Ty °C	Sıcak. Farkı ΔT_m °C	Q W	h W/m ² °C	Re	Re Sayısı	Film	Isı Debisi Q W	Log.Sic. Farkı	Isı Debisi Q W	Isı Farkı ΔT_m °C	Isı Debisi Q W	Nu	Nu Sayısı	Yoğunluk ρ kg/m ³	Isı C_p kJ/kgK	Vizko. ν [E-4] m ² /s	Kinem. Isı İletim Katsay. k W/m ² °C	Pr	Pr Sayısı	Basınc K.Kats. f
1	27.53	38.55	33.04	11.02	10.07	0.95	67.44	34.10	35.36	24.18	678.41	24.18	35.36	34.10	35.36	24.18	678.41	9.85	1.1385	1.0077	1.0077	0.1630	0.0270	0.6935	5.728	
2	27.08	37.20	32.14	10.13	15.05	1.42	63.48	31.07	48.72	36.58	1019.10	36.58	48.72	31.07	48.72	36.58	1019.10	14.94	1.1419	1.0076	1.0076	0.1622	0.0269	0.6939	3.408	
3	26.94	36.06	31.50	9.13	19.61	1.85	60.25	28.51	57.34	46.90	1332.40	46.90	57.34	28.51	57.34	46.90	1332.40	19.19	1.1443	1.0076	1.0076	0.1616	0.0269	0.6943	3.006	
4	26.82	34.91	30.87	8.08	24.91	2.35	57.32	26.24	64.64	57.44	1698.48	57.44	64.64	26.24	64.64	57.44	1698.48	23.55	1.1468	1.0075	1.0075	0.1610	0.0268	0.6946	2.478	
5	26.78	34.19	30.49	7.40	29.69	2.80	56.16	25.50	70.63	64.61	2027.99	64.61	70.63	25.50	70.63	64.61	2027.99	26.51	1.1482	1.0075	1.0075	0.1607	0.0268	0.6948	2.398	
6	26.75	33.80	30.28	7.05	34.99	3.30	55.52	25.08	79.35	73.80	2392.92	73.80	79.35	25.08	79.35	73.80	2392.92	30.30	1.1490	1.0075	1.0075	0.1605	0.0268	0.6949	2.195	
7	26.73	33.27	30.00	6.53	39.23	3.70	54.20	24.05	82.50	80.01	2687.14	80.01	82.50	24.05	82.50	80.01	2687.14	32.87	1.1501	1.0075	1.0075	0.1602	0.0268	0.6950	2.118	
8	26.70	32.85	29.78	6.15	44.53	4.20	53.36	23.45	88.18	87.72	3054.06	87.72	88.18	23.45	88.18	87.72	3054.06	36.06	1.1509	1.0075	1.0075	0.1600	0.0267	0.6951	1.933	

Tablo Ek 2.2 $S\phi=21\text{mm.}$, $Sp=21\text{mm}$ sapırmalı dizilişte deney sonuçları

S $\phi=21\text{mm.}$, Sp=21mm., Pim Sayısı=41 ve $\psi = 0.9448$ ile Sapırmalı Dizilişte Deney Sonuçları																										
Deney No	Giriş Sıcak. °C	Çıkış Ort. Sıcak. °C	Sic. Farkı ΔT °C	Vm m ³ /h	Wm m/s	Ty °C	Sıcak. Farkı ΔT_m °C	Q W	h W/m ² °C	Re	Re Sayısı	Film	Isı Debisi Q W	Log.Sic. Farkı	Isı Debisi Q W	Isı Farkı ΔT_m °C	Isı Debisi Q W	Nu	Nu Sayısı	Yoğunluk ρ kg/m ³	Isı C_p kJ/kgK	Vizko. ν [E-4] m ² /s	Kinem. Isı İletim Katsay. k W/m ² °C	Pr	Pr Sayısı	Basınc K.Kats. f
1	31.32	43.18	37.25	11.86	10.07	0.95	63.92	26.22	37.55	35.02	663.08	35.02	37.55	26.22	37.55	35.02	663.08	14.11	1.1225	1.0079	1.0079	0.1667	0.0273	0.6914	9.684	
2	31.50	42.13	36.82	10.63	15.05	1.42	60.82	23.61	50.38	52.19	993.45	52.19	50.38	23.61	50.38	52.19	993.45	21.05	1.1241	1.0078	1.0078	0.1664	0.0273	0.6916	6.925	
3	31.72	41.12	36.42	9.40	19.61	1.85	57.12	20.33	58.12	69.92	1297.03	69.92	58.12	20.33	58.12	69.92	1297.03	28.23	1.1256	1.0078	1.0078	0.1660	0.0272	0.6918	6.112	
4	31.76	40.64	36.20	8.88	24.91	2.35	56.01	19.47	69.81	87.69	1649.57	87.69	69.81	19.47	69.81	87.69	1649.57	35.43	1.1265	1.0078	1.0078	0.1658	0.0272	0.6919	4.099	
5	31.81	40.13	35.97	8.33	29.69	2.80	54.01	17.71	78.02	107.76	1967.87	107.76	78.02	17.71	78.02	107.76	1967.87	43.57	1.1273	1.0078	1.0078	0.1656	0.0272	0.6920	3.329	
6	31.86	39.54	35.70	7.67	34.99	3.30	53.37	17.39	84.80	119.30	2322.88	119.30	84.80	17.39	84.80	119.30	2322.88	48.27	1.1284	1.0078	1.0078	0.1654	0.0272	0.6922	2.714	
7	31.83	38.96	35.39	7.13	39.23	3.70	51.96	16.30	88.49	132.74	2608.53	132.74	88.49	16.30	88.49	132.74	2608.53	53.75	1.1295	1.0078	1.0078	0.1651	0.0272	0.6923	2.600	
8	31.81	38.56	35.18	6.74	44.53	4.20	51.05	15.63	94.99	148.69	2964.41	148.69	94.99	15.63	94.99	148.69	2964.41	60.24	1.1303	1.0078	1.0078	0.1649	0.0271	0.6924	2.460	

Tablo Ek 2.3 Sç=21mm., Sp=17mm saptırmasız dizilişte deney sonuçları

Sç=21mm., Sp=17mm., Pim Sayısı=55 ve $\psi = 0.9318$ ile Saptırmasız Dizilişte Deney Sonuçları																			
Deney No	Giriş Sıcak. °C	Çıkış Sıcak. °C	Ort. Sıcak. °C	Sic. Farkı ΔT °C	Vm m³/h	Wm m/s	Ty °C	Sıcak. Farkı ΔTm °C	Q W	h W/m²°C	Film Re Sayısı	Re Sayısı	Nu Sayı	Yoğunluk ρ kg/m³	İsı İletim Katsay. k W/m°C	Özgül Isı Cp kJ/kgK	Vizko. katsay. ν [E-4] m²/s	Kinem. Isı İletim Katsay. k Pr	Basınç Pr
1	26.80	37.96	32.38	11.16	10.07	0.95	65.98	33.29	35.88	22.52	690.38	9.20	1.1410	1.0076	0.1624	0.0269	0.6938	7.621	
2	26.54	36.71	31.62	10.18	15.05	1.42	61.66	29.75	49.05	34.46	1036.25	14.10	1.1439	1.0076	0.1617	0.0269	0.6942	4.250	
3	26.47	35.70	31.09	9.23	19.61	1.85	58.72	27.37	58.06	44.32	1354.08	18.16	1.1459	1.0076	0.1612	0.0268	0.6945	3.501	
4	26.43	34.94	30.69	8.51	24.91	2.35	57.16	26.24	68.12	54.25	1723.86	22.25	1.1474	1.0075	0.1609	0.0268	0.6947	2.787	
5	26.39	33.95	30.17	7.56	29.69	2.80	55.40	25.04	72.20	60.25	2059.92	24.74	1.1494	1.0075	0.1604	0.0268	0.6949	2.613	
6	26.38	33.36	29.87	6.97	34.99	3.30	53.62	23.58	78.55	69.61	2431.81	28.61	1.1505	1.0075	0.1601	0.0268	0.6951	2.349	
7	26.36	32.94	29.65	6.58	39.23	3.70	53.22	23.43	83.17	74.20	2729.99	30.52	1.1514	1.0075	0.1599	0.0267	0.6952	2.240	
8	26.35	32.63	29.49	6.28	44.53	4.20	52.79	23.17	90.13	81.31	3101.67	33.46	1.1520	1.0075	0.1598	0.0267	0.6953	2.124	

Tablo Ek 2.4 Sç=21mm., Sp=17mm saptırmasız dizilişte deney sonuçları

Sç=21mm., Sp=17mm., Pim Sayısı=50 ve $\psi = 0.9318$ ile Saptırmasız Dizilişte Deney Sonuçları																			
Deney No	Giriş Sıcak. °C	Çıkış Sıcak. °C	Ort. Sıcak. °C	Sic. Farkı ΔT °C	Vm m³/h	Wm m/s	Ty °C	Sıcak. Farkı ΔTm °C	Q W	h W/m²°C	Film Re Sayısı	Re Sayısı	Nu Sayı	Yoğunluk ρ kg/m³	İsı İletim Katsay. k W/m°C	Özgül Isı Cp kJ/kgK	Vizko. katsay. ν [E-4] m²/s	Kinem. Isı İletim Katsay. k Pr	Basınç Pr
1	29.62	41.70	35.66	12.08	10.07	0.95	59.15	22.97	38.43	36.89	678.12	14.93	1.1285	1.0078	0.1653	0.0272	0.6922	11.559	
2	29.47	40.61	35.04	11.13	15.05	1.42	56.43	20.89	53.06	55.98	1017.02	22.69	1.1309	1.0078	0.1648	0.0271	0.6925	6.883	
3	29.30	39.50	34.40	10.20	19.61	1.85	53.07	18.19	63.45	76.88	1329.60	31.22	1.1333	1.0077	0.1642	0.0271	0.6928	5.564	
4	29.26	38.78	34.02	9.52	24.91	2.35	51.28	16.81	75.32	98.80	1692.45	40.15	1.1347	1.0077	0.1639	0.0271	0.6930	4.070	
5	29.24	38.21	33.72	8.97	29.69	2.80	50.01	15.86	84.70	117.69	2019.85	47.87	1.1359	1.0077	0.1636	0.0270	0.6931	3.305	
6	29.22	37.45	33.33	8.23	34.99	3.30	48.97	15.27	91.69	132.40	2385.64	53.91	1.1374	1.0077	0.1632	0.0270	0.6933	2.693	
7	29.19	36.83	33.01	7.64	39.23	3.70	48.08	14.74	95.47	142.76	2679.54	58.18	1.1386	1.0077	0.1629	0.0270	0.6935	2.643	
8	29.15	36.10	32.62	6.95	44.53	4.20	46.78	13.87	98.70	156.87	3048.11	64.00	1.1401	1.0076	0.1626	0.0270	0.6937	2.341	

Tablo Ek 2.5 $S\psi=21\text{mm}.. Sp=14\text{mm}$ saptırmazsız dizilişte deney sonuçları

S $\psi=21\text{mm}.. Sp=14\text{mm}.. Pim$ Sayısı=65 ve $\psi = 0.9172$ ile Saptırmazsız Dizilişte Deney Sonuçları																		
Deney No	Giriş Sıcak. °C	Çıkış Ort. Sıcak. °C	Sic. Farkı °C	Debi V_m m ³ /h	Hız w_m m/s	Yüzey Sıcak. T_y °C	Log.Sic. Farkı ΔT_m °C	Isi Q W	Film Katsay. h W/m ² °C	Re Sayısı	Re Sayısı	Nu Sayı	Yoğunluk ρ kg/m ³	Isi c_p kJ/kgK	Kinem. Visko. ν [E-4] m ² /s	Isi İletim Katsay. k W/m ² °C	Pr Basiñ Kats. Sayısı f	
1	31.03	42.38	36.70	11.35	10.07	0.95	63.05	25.93	35.98	26.27	685.05	10.60	1.1245	1.0078	0.1663	0.0272	0.6916	9.666
2	31.23	41.57	36.40	10.34	15.05	1.42	60.31	23.53	49.05	39.45	1025.64	15.93	1.1257	1.0078	0.1660	0.0272	0.6918	5.186
3	31.33	40.69	36.01	9.37	19.61	1.85	58.00	21.65	57.98	50.69	1339.04	20.49	1.1272	1.0078	0.1656	0.0272	0.6920	4.069
4	31.47	40.03	35.75	8.56	24.91	2.35	54.98	18.92	67.95	67.39	1703.38	27.26	1.1282	1.0078	0.1654	0.0272	0.6921	3.149
5	31.56	39.23	35.40	7.57	29.69	2.80	53.59	17.92	72.03	76.09	2033.41	30.81	1.1295	1.0078	0.1651	0.0272	0.6923	2.880
6	31.59	38.76	35.18	7.17	34.99	3.30	52.79	17.36	79.33	86.48	2399.38	35.04	1.1304	1.0078	0.1649	0.0271	0.6924	2.550
7	31.62	38.28	34.95	6.66	39.23	3.70	51.96	16.79	82.76	93.27	2693.54	37.81	1.1312	1.0077	0.1647	0.0271	0.6925	2.407
8	31.65	37.93	34.79	6.28	44.53	4.20	51.47	16.48	88.60	101.77	3060.20	41.28	1.1318	1.0077	0.1645	0.0271	0.6926	2.162

Tablo Ek 2.6 $S\psi=21\text{mm}.. Sp=14\text{mm}$ saptırmalı dizilişte deney sonuçları

S $\psi=21\text{mm}.. Sp=14\text{mm}.. Pim$ Sayısı=59 ve $\psi = 0.9172$ ile Saptırmalı Dizilişte Deney Sonuçları																		
Deney No	Giriş Sıcak. °C	Çıkış Ort. Sıcak. °C	Sic. Farkı °C	Debi V_m m ³ /h	Hız w_m m/s	Yüzey Sıcak. T_y °C	Log.Sic. Farkı ΔT_m °C	Isi Q W	Film Katsay. h W/m ² °C	Re Sayısı	Re Sayısı	Nu Sayı	Yoğunluk ρ kg/m ³	Isi c_p kJ/kgK	Kinem. Visko. ν [E-4] m ² /s	Isi İletim Katsay. k W/m ² °C	Pr Basiñ Kats. Sayısı f	
1	28.60	40.93	34.77	12.33	10.07	0.95	56.11	20.74	39.35	38.07	692.27	15.44	1.1319	1.0077	0.1645	0.0271	0.6926	15.365
2	28.45	39.92	34.19	11.46	15.05	1.42	50.84	15.97	54.79	68.83	1038.04	27.96	1.1341	1.0077	0.1640	0.0271	0.6929	8.579
3	28.40	38.95	33.67	10.56	19.61	1.85	49.22	14.93	65.84	88.44	1356.18	35.98	1.1361	1.0077	0.1635	0.0270	0.6932	6.559
4	28.36	38.08	33.22	9.72	24.91	2.35	47.85	14.07	77.09	109.93	1726.99	44.78	1.1378	1.0077	0.1631	0.0270	0.6934	4.371
5	28.34	37.52	32.93	9.19	29.69	2.80	46.73	13.27	86.92	131.39	2060.97	53.56	1.1389	1.0076	0.1629	0.0270	0.6935	3.296
6	28.32	36.91	32.61	8.58	34.99	3.30	45.80	12.70	95.80	151.29	2433.22	61.72	1.1401	1.0076	0.1626	0.0270	0.6937	2.844
7	28.31	36.38	32.35	8.08	39.23	3.70	44.99	12.20	101.19	166.42	2732.19	67.95	1.1411	1.0076	0.1624	0.0269	0.6938	2.637
8	28.30	35.89	32.10	7.59	44.53	4.20	44.49	11.99	107.98	180.67	3105.67	73.81	1.1421	1.0076	0.1621	0.0269	0.6940	2.435

Tablo Ek 2.7 Sç=17mm., Sp=17mm saptırmasız dizilişte deney sonuçları

Sç=17mm.,Sp=17mm.,Pim Sayısı=66 ve $\psi = 0.9158$ ile Saptırmasız Dizilişte Deney Sonuçları																			
Deney No	Giriş Sıcak. °C	Çıkış Sıcak. °C	Ort. Sıcak. °C	Sic. Farkı	Debi m ³ /h	Hız m/s	Yüzey Log.Sic. Farkı	Isı Debisi Q W	Isı Film Katsay. h W/m ^{2o}	Re	Nu Say.	Yoğunluk ρ kg/m ³	Isı Vizko. Katsay. k W/m ^o C	Kinem. Viskozite ν [E-4] m ² /s	Isı İletim Katsay. Pr	Basınc Kats. f			
																	Taç °C	Tm °C	ΔT °C
1	32.25	44.58	38.42	12.33	10.07	0.95	62.16	23.20	38.89	31.43	679.85	12.62	1.1180	1.0079	0.1678	0.0274	0.6908	9.723	
2	32.23	43.58	37.90	11.35	15.05	1.42	59.11	20.89	53.60	48.58	1019.00	19.54	1.1200	1.0079	0.1673	0.0273	0.6910	6.081	
3	32.17	42.53	37.35	10.36	19.61	1.85	56.73	18.90	63.83	63.32	1331.48	25.51	1.1221	1.0079	0.1668	0.0273	0.6913	4.597	
4	32.07	41.32	36.70	9.25	24.91	2.35	54.37	17.26	72.55	78.82	1697.33	31.81	1.1246	1.0078	0.1662	0.0272	0.6917	3.791	
5	31.77	40.12	35.94	8.34	29.89	2.80	51.97	15.66	78.18	93.62	2030.58	37.86	1.1274	1.0078	0.1656	0.0272	0.6920	3.329	
6	31.71	39.63	35.67	7.93	34.99	3.30	51.39	15.38	87.62	106.82	2396.72	43.22	1.1285	1.0078	0.1653	0.0272	0.6922	2.874	
7	31.65	39.02	35.33	7.36	39.23	3.70	50.30	14.66	91.35	116.84	2692.13	47.32	1.1298	1.0078	0.1650	0.0271	0.6923	2.791	
8	31.62	38.73	35.17	7.10	44.53	4.20	49.92	14.46	100.11	129.85	3058.59	52.61	1.1304	1.0078	0.1649	0.0271	0.6924	2.460	

Tablo Ek 2.8 Sç=17mm., Sp=17mm saptırmasız dizilişte deney sonuçları

Sç=17mm.,Sp=17mm.,Pim Sayısı=61 ve $\psi = 0.9158$ ile Saptırmasız Dizilişte Deney Sonuçları																			
Deney No	Giriş Sıcak. °C	Çıkış Sıcak. °C	Ort. Sıcak. °C	Sic. Farkı	Debi m ³ /h	Hız m/s	Yüzey Log.Sic. Farkı	Isı Debisi Q W	Isı Film Katsay. h W/m ^{2o}	Re	Nu Say.	Yoğunluk ρ kg/m ³	Isı Vizko. Katsay. k W/m ^o C	Kinem. Viskozite ν [E-4] m ² /s	Isı İletim Katsay. Pr	Basınc Kats. f			
																	Taç °C	Tm °C	ΔT °C
1	30.67	43.51	37.09	12.83	10.07	0.95	57.59	19.81	40.64	40.35	684.70	16.27	1.1231	1.0079	0.1666	0.0273	0.6915	13.549	
2	30.64	42.52	36.58	11.88	15.05	1.42	54.03	16.75	56.34	66.15	1026.24	26.70	1.1250	1.0078	0.1661	0.0272	0.6917	7.784	
3	30.66	41.66	36.16	11.00	19.61	1.85	51.42	14.57	68.07	91.90	1340.05	37.14	1.1266	1.0078	0.1658	0.0272	0.6919	5.597	
4	30.66	40.81	35.73	10.15	24.91	2.35	49.45	13.06	79.88	120.26	1706.19	48.66	1.1282	1.0078	0.1654	0.0272	0.6921	4.408	
5	30.66	40.49	35.58	9.83	29.89	2.80	48.39	12.16	92.19	149.15	2034.61	60.37	1.1288	1.0078	0.1652	0.0272	0.6922	3.990	
6	30.65	39.90	35.28	9.24	34.99	3.30	46.98	11.06	102.30	181.89	2401.83	73.68	1.1300	1.0078	0.1650	0.0271	0.6924	3.507	
7	30.64	39.19	34.91	8.55	39.23	3.70	45.67	10.16	106.20	205.52	2698.29	83.33	1.1314	1.0077	0.1646	0.0271	0.6925	3.420	
8	30.59	38.43	34.51	7.85	44.53	4.20	44.61	9.56	110.79	227.84	3069.63	92.48	1.1329	1.0077	0.1643	0.0271	0.6927	3.043	

Tablo Ek 2.9 $S\phi=17\text{mm.}$, $Sp=14\text{mm}$ sapırmazsız dizilişte deney sonuçları

S $\phi=17\text{mm.}$, $Sp=14\text{mm.}$, Pim Sayısı=78 ve $\psi = 0.8977$ ile Sapırmazsız Dizilişte Deney Sonuçları																						
Deney No	Giriş Sıcak. °C	Çıkış Sıcak. °C	Ort. Sıcak. °C	Sic. Farkı °C	Debi ΔT °C	Vm m^3/h	Wm m/s	Ty °C	ΔT_m °C	Q W	h $\text{W}/\text{m}^2\text{C}$	Re	Film Katsay. Sayısı	Re	Nu	Yoğunluk ρ kg/m^3	Cp kJ/kgK	v [E-4] m^2/s	k $\text{W}/\text{m}^2\text{C}$	Pr	Basiñ K.Kats Sayısı	
																						Log.Sic. °C
1	27.94	40.52	34.23	12.58	10.07	0.95	54.34	19.43	40.23	34.92	709.36	14.18	1.1339	1.0077	0.1640	0.0271	0.6929	13.421				
2	27.85	39.36	33.60	11.51	15.05	1.42	49.64	15.32	55.14	60.69	1063.96	24.69	1.1363	1.0077	0.1635	0.0270	0.6932	6.850				
3	27.79	38.19	32.99	10.40	19.61	1.85	46.68	13.00	65.02	84.32	1390.79	34.37	1.1387	1.0076	0.1629	0.0270	0.6935	5.034				
4	27.76	37.33	32.54	9.57	24.91	2.35	44.49	11.28	76.12	113.77	1771.07	46.43	1.1404	1.0076	0.1625	0.0269	0.6937	4.361				
5	27.73	36.87	32.30	9.15	29.69	2.80	43.66	10.72	86.75	136.50	2113.02	55.74	1.1413	1.0076	0.1623	0.0269	0.6939	3.289				
6	27.72	36.18	31.95	8.46	34.99	3.30	42.10	9.53	94.66	167.43	2495.11	68.43	1.1426	1.0076	0.1620	0.0269	0.6940	3.154				
7	27.70	35.38	31.54	7.68	39.23	3.70	40.77	8.67	96.47	187.58	2804.02	76.76	1.1442	1.0076	0.1616	0.0269	0.6942	3.006				
8	27.69	35.04	31.36	7.34	44.53	4.20	40.36	8.48	104.79	208.50	3185.99	85.36	1.1449	1.0076	0.1615	0.0269	0.6943	2.720				

Tablo Ek 2.10 $S\phi=17\text{mm.}$, $Sp=14\text{mm}$ sapırmalı dizilişte deney sonuçları

S $\phi=17\text{mm.}$, $Sp=14\text{mm.}$, Pim Sayısı=72 ve $\psi = 0.8977$ ile Sapırmalı Dizilişte Deney Sonuçları																						
Deney No	Giriş Sıcak. °C	Çıkış Sıcak. °C	Ort. Sıcak. °C	Sic. Farkı °C	Debi ΔT °C	Vm m^3/h	Wm m/s	Ty °C	ΔT_m °C	Q W	h $\text{W}/\text{m}^2\text{C}$	Re	Film Katsay. Sayısı	Re	Nu	Yoğunluk ρ kg/m^3	Cp kJ/kgK	v [E-4] m^2/s	k $\text{W}/\text{m}^2\text{C}$	Pr	Basiñ K.Kats Sayısı	
																						Log.Sic. °C
1	27.22	40.85	34.04	13.63	10.07	0.95	52.82	17.93	43.60	43.18	710.12	17.55	1.1347	1.0077	0.1639	0.0271	0.6930	17.243				
2	27.15	40.09	33.62	12.95	15.05	1.42	49.65	15.12	61.99	72.82	1063.87	29.63	1.1363	1.0077	0.1635	0.0270	0.6932	9.419				
3	27.13	39.34	33.23	12.21	19.61	1.85	48.32	14.23	76.27	95.19	1388.97	38.77	1.1378	1.0077	0.1631	0.0270	0.6934	7.053				
4	27.11	37.83	32.47	10.72	24.91	2.35	45.90	12.68	85.26	119.39	1771.76	48.73	1.1406	1.0076	0.1625	0.0269	0.6938	4.984				
5	27.07	36.92	32.00	9.85	29.69	2.80	44.55	11.88	93.48	139.75	2116.57	57.11	1.1425	1.0076	0.1620	0.0269	0.6940	4.599				
6	27.04	36.18	31.61	9.14	34.99	3.30	43.73	11.52	102.39	157.89	2499.81	64.59	1.1439	1.0076	0.1617	0.0269	0.6942	3.937				
7	27.03	35.34	31.19	8.31	39.23	3.70	42.74	11.03	104.50	188.17	2809.44	68.88	1.1455	1.0076	0.1613	0.0268	0.6944	3.503				
8	27.01	34.86	30.93	7.84	44.53	4.20	43.10	11.73	112.09	169.69	3193.59	69.55	1.1465	1.0075	0.1611	0.0268	0.6945	3.104				

Tablo Ek 2.11 Sç=17mm., Sp=12mm sapırmassız dizilişte deney sonuçları

Sç=17mm., Sp=12mm., Pim Sayısı=90 ve $\psi = 0.8807$ ile Sapırmassız Dizilişte Deney Sonuçları																			
Deney No	Giriş Sıcak. °C	Çıkış Ort. Sıcak. °C	Sic. Farkı °C	Debi V_m m ³ /h	Hız w_m m/s	T_y °C	ΔT_m °C	Q W	Debisi Q W	Film Katsay. h W/m ² °C	Re Sayısı	Nu Sayısı	ρ kg/m ³	c_p kJ/kgK	v [E-4] m ² /s	Kinem. Isı İletim Katsay. k W/m°C	Pr Sayısı	Basınc K.Kats	
1	27.97	40.65	34.31	12.67	10.07	0.95	55.23	20.26	40.50	30.62	722.79	12.43	1.1336	1.0077	0.1641	0.0271	0.6928	13.424	
2	27.89	39.53	33.71	11.64	15.05	1.42	51.05	16.67	55.72	51.21	1083.94	20.83	1.1359	1.0077	0.1636	0.0270	0.6931	7.709	
3	27.84	38.44	33.14	10.60	19.61	1.85	48.30	14.53	66.21	69.82	1416.59	28.45	1.1381	1.0077	0.1631	0.0270	0.6934	5.540	
4	27.81	37.51	32.66	9.70	24.91	2.35	45.63	12.34	77.12	95.73	1804.22	39.05	1.1399	1.0076	0.1628	0.0270	0.6937	4.675	
5	27.78	36.98	32.38	9.20	29.69	2.80	44.82	11.84	87.20	112.79	2152.94	46.04	1.1410	1.0076	0.1624	0.0269	0.6938	3.948	
6	27.78	36.47	32.12	8.70	34.99	3.30	43.47	10.76	97.27	138.48	2541.02	56.57	1.1420	1.0076	0.1622	0.0269	0.6939	3.313	
7	27.76	35.79	31.78	8.03	39.23	3.70	42.15	9.83	100.75	156.99	2854.51	64.20	1.1433	1.0076	0.1618	0.0269	0.6941	3.134	
8	27.73	35.30	31.52	7.57	44.53	4.20	41.10	9.06	107.94	182.56	3244.89	74.70	1.1443	1.0076	0.1616	0.0269	0.6942	2.916	

Tablo Ek 2.12 Sç=17mm., Sp=12mm sapırmalı dizilişte deney sonuçları

Sç=17mm., Sp=12mm., Pim Sayısı=83 ve $\psi = 0.8807$ ile Sapırmalı Dizilişte Deney Sonuçları																			
Deney No	Giriş Sıcak. °C	Çıkış Ort. Sıcak. °C	Sic. Farkı °C	Debi V_m m ³ /h	Hız w_m m/s	T_y °C	ΔT_m °C	Q W	Debisi Q W	Film Katsay. h W/m ² °C	Re Sayısı	Nu Sayısı	ρ kg/m ³	c_p kJ/kgK	v [E-4] m ² /s	Kinem. Isı İletim Katsay. k W/m°C	Pr Sayısı	Basınc K.Kats	
1	27.70	41.75	34.73	14.05	10.07	0.95	53.48	17.84	44.84	40.69	721.15	16.51	1.1321	1.0077	0.1645	0.0271	0.6926	19.203	
2	27.67	40.62	34.15	12.95	15.05	1.42	50.11	15.04	61.88	66.57	1081.34	27.05	1.1343	1.0077	0.1640	0.0271	0.6929	12.009	
3	27.58	39.42	33.50	11.84	19.61	1.85	47.20	12.80	73.89	93.40	1413.77	38.02	1.1367	1.0077	0.1634	0.0270	0.6932	9.078	
4	27.54	38.38	32.96	10.84	24.91	2.35	44.93	11.10	86.05	125.48	1801.19	51.15	1.1388	1.0076	0.1629	0.0270	0.6935	7.175	
5	27.55	37.80	32.68	10.25	29.69	2.80	44.15	10.66	97.05	147.32	2149.46	60.10	1.1399	1.0076	0.1626	0.0270	0.6937	6.147	
6	27.55	37.09	32.32	9.55	34.99	3.30	43.04	9.97	106.69	173.22	2538.27	70.73	1.1412	1.0076	0.1623	0.0269	0.6938	5.051	
7	27.51	36.09	31.80	8.58	39.23	3.70	41.73	9.28	107.75	187.81	2854.17	76.79	1.1432	1.0076	0.1619	0.0269	0.6941	4.513	
8	27.48	35.71	31.60	8.24	44.53	4.20	41.18	8.96	117.43	212.16	3243.50	86.80	1.1440	1.0076	0.1617	0.0269	0.6942	3.886	

EK 3. BİLGİSAYAR PROGRAMI



```

{$A , B- , D+ , E+ , F- , G- , I+ , L+ , N- , O- , P- , Q- , R- , S+ , T- , V+ , X+ , Y+}
{+M 16384, 0, 655360 }
{$F+}
uses crt, superlib, Mouselib, klavye, Masaustu, Graph, IO_Card, Fonks;
var
Ana          :          Menu;
X            :          Word;
I            :          Byte;
Bilgi       :          VeriKutusu;
Dosyaismi   :          VeriKutusu;
Pen         :          Pencere;
GD,GM       :          integer;
Power       :          Word;
Text_SCR    :          Pointer; { Grafik ekrenda iken Text ekran Bilgisi }
{$i Hesaplar.Pas}
{$I Grafik.Pas}
Procedure Hakkında;
Begin
    Mesaj Kutusu (' SICAKLIK KONTROL SİSTEMİ',
                  ' 5C BİLGİSAYAR & ELEKTRONİK LTD.ŞTİ.' );
End ;
Function KutuSecimi : Byte;
Const Xcoor : Array (1..14, 1..2) of Word = (
    (70,305) , (125,305), (180,305),
    (235,305), (290,305), (345,305),
    (70,355), (125,355), (180,355),
    (235,355), (290,355), (345,355),
    (125,405), (235,405) ) ;

Var
i : integer ;
MX , MY : Word ;
Begin
MX :=GetMouseX;
MY :=GetMouseY ;
    For i:=1 to 14 do
        if (MX>Xcoor (i) (1)) And (MX<Xcoor (i) (1)+ 50)And
            (MY>Xcoor (i) (2))And (MY<Xcoor (i) (2)+15 ) Then Begin
                KutuSecimi : i ;
                Exit ;
            End ;
    End;
KutuSecimi:=0;
End;
Procedure Print XY (X,Y :integer;Msg:String);
Begin
    SetColor(0) ;
    OutTextXY (X+2, Y+2 ,Msg) ;
End;

```

```

.
.
.
Ana . ElemanEkle(1,1,'Deney', alt_D , 'Deney ve başlangıç Bilgilerinin Girilişi');
Ana . ElemanEkle(1,2,'Dosya Belirle', F3 , 'Hesaplamalarda Kullanılacak Dosyanın
Belirlenmesi');
Ana . ElemanEkle(1,3,'Baslangıç Bilgileri', F1 , 'Deney İçin Başlangıç Bilgilerinin Girilişi');
Ana . ElemanEkle(1,4,'Deney Baslat', F2 , 'Deney İşlemini Başlat');
Ana . ElemanEkle(2,1,'Tablo &Grafikler', alt_T , '');
Ana . ElemanEkle(2,2,'Data Tablosu', Shift_F1 , 'Data Tablosu');
Ana . ElemanEkle(2,3,'Sonuclar Tablosu', Shift_F2 , 'Sonuçlar Tablosu');
Ana . ElemanEkle(2,4,'Karsilastirma Tablosu',Shift_F3 , 'Karşılaştırmaların Yapıldığı
Tablo');
Ana . ElemanEkle(2,5,'Grafikler', Shift_F4 , 'Gerekli grafikleri çizdir....');
Ana . ElemanEkle(3,1,'Matlab', alt_M , '');
Ana . ElemanEkle(3,2,'Nu-Re Dataları', alt_F1 , '');
Ana . ElemanEkle(3,3,'δ-Re Dataları', alt_F2 , '');
Ana . ElemanEkle(3,4,'Q-Re Dataları', alt_F3 , '');
Ana . ElemanEkle(3,5,'ty-Re Dataları', alt_F4 , '');
Ana . ElemanEkle(3,6,'Δt-Re Dataları', alt_F5 , '');
Ana . ElemanEkle(3,7,'-BKS-Re Dataları', alt_F6 , '');
Ana . ElemanEkle(4,1,'Program', alt_P , '');
Ana . ElemanEkle(4,2,'Hakkında', alt_K , 'Program Hakkında' );
Ana . ElemanEkle(4,3,'Programı Bitir', alt_X , 'Programı bitir ve DOS'a geri dön');
i:=6;
Def_Chars;
Gözetle;
Ana.Secilen;
SetMouseCursor (320,80);
ShowMouseCursor ;
repeat
Gözetle;
X:=Ana.Secilen ;
if X<> 0 then DurumCubugu ('');
if X=101 Then DosyaYükle;
if X=101 Then InitVeri;
if X=101 Then Deney_Baslat;
if X=101 Then Malzeme_Bilgileri;
if X=101 Then Data_Tablosu;
if X=101 Then Sonuclar_Tablosu;
if X=101 Then Karsilastirma_Tablosu;
if X=101 Then Grafik_Bilgileri;
if (X> 300) And (X<310) Then Matlab (X);
if X=401 Then Hakkında;
until x=402;
TextBackGround(0) ; TextColor(7);
Clrscr;
Ana.Done
end.

```