

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

PANJUR KANATLI ISI DEĞİŞTİRİCİLERİNİN OPTİMİZASYONU

MERVE ÖZTÜRK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISI-PROSES PROGRAMI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. ALİ PINARBAŞI**

İSTANBUL, 2017

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PANJUR KANATLI ISI DEĞİŞTİRİCİLERİNİN OPTİMİZASYONU

Merve ÖZTÜRK tarafından hazırlanan tez çalışması 15.06.2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Ali PINARBAŞI
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Ali PINARBAŞI
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Zehra YUMURTACI
Yıldız Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Işıl UZUN
Okan Üniversitesi

Bu alışma, Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü' nün 0649.STZ.2014 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, panjur kanatlı ısı değiştiricilerinin performanslarını etkileyen parametreler incelenmiştir. Hesaplmalı akışkanlar dinamiği (HAD) yazılımı olan ANSYS Fluent ile akış analizleri gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar ortaya konularak, birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

Bu yüksek lisans çalışmalarını yöneten, yönlendiren, değerli görüş ve eleştirileri ile tez çalışmamı destekleyen çok değerli danışman hocam Sn. Prof. Dr. Ali PINARBAŞI'na teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Yüksek lisans tez çalışmamda değerli yardımlarıyla tez çalışmamı destekleyen Araş. Gör. Abdulkerim OKBAZ'a çok teşekkür ederim.

Ayrıca, tez çalışmam boyunca bana vermiş olduğu destek ve yardımlar için Onur ORUÇ'a çok teşekkür ederim.

Son olarak, tüm hayatım boyunca her daim yanımda olan, bugünlere gelmemde maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen çok kıymetli aileme en derin duygularıyla teşekkür ederim.

Mayıs, 2017

Merve ÖZTÜRK

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	vii
KISALTMA LİSTESİ	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
ÇİZELGE LİSTESİ	xiv
ÖZET	xv
ABSTRACT	xvii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	2
1.1.1 Deneysel Çalışmalar	2
1.1.2 Sayısal Çalışmalar	5
1.2 Tezin Amacı	9
1.3 Hipotez	10
BÖLÜM 2	
TEORİK BİLGİLER.....	11
2.1 Kanat Türleri.....	12
2.1.1 Düz Kanatlar	12
2.1.2 Delikli Kanatlar	12
2.1.3 Tırtıllı Kanatlar	13
2.1.4 Dalgalı Kanatlar	13
2.1.5 Panjurlu Kanatlar	13
2.2 Isı Transferi İyileştirme Teknikleri	14
BÖLÜM 3	
SAYISAL ÇALIŞMALAR.....	15

3.1	2B Çalışmalar.....	15
3.1.1	Ağ Yapısının Oluşturulması	15
3.1.2	Model ve Malzeme Seçimi	16
3.1.3	Sınır Şartları.....	17
3.1.4	Çözücü Ayarları	17
3.1.5	Isı Taşınım Katsayısının Hesaplanması	19
3.1.6	Boyutsuz Basınç Düşümü Katsayısının Hesaplanması	19
3.1.7	2B Analiz Sonuçları.....	20
3.2	3B Çalışmalar.....	32
3.2.1	Ağ Yapısının Oluşturulması	32
3.2.2	Sınır Şartları ve Çözüm Metodu	33
3.2.3	Verilerin Değerlendirilmesi	34
3.2.4	3B Sonuçların Yorumlanması	34
BÖLÜM 4		
SONUÇ VE ÖNERİLER		49
KAYNAKLAR.....		59
ÖZGEÇMİŞ.....		61

SİMGE LİSTESİ

A	Toplam yüzey alanı
b	Hücredeki net akış oranı
c_p	Sabit basınçta özgül ısı katsayısı
C_f	Yüzey sürtünme faktörü
C_p	Boyutsuz basınç düşümü katsayısı
f	Yüzey sürtünme faktörü
f_0	Üniform panjur açısı durumunda yüzey sürtünme faktörü
F_l	kanat uzunluğu
F_p	Kanat adımı
g_i	i yönündeki yer çekimi ivmesi
G_b	Kaldırma kuvvetine bağlı türbülans üretimi
G_k	Ortalama hız gradyanına bağlı türbülans kinetik enerjisi üretimi
h	Isı taşınım katsayısı
H	Kanat adımı
j	Colburn faktörü
j_0	Üniform panjur açısı durumunda colburn faktörü
J_f	Düzeltilmiş yüzey akısı
J'_f	Yüzey akısı için düzeltme faktörü
J_f^*	Sonuçlanmış yüzey akısı
k	Türbülans kinetik enerjisi
L	Akış uzunluğu
L_p	Panjur adımı
L_l	Panjur uzunluğu
L_α	Panjur açısı
Nu	Nusselt sayısı
p	Hücre basıncı
p'	Hücre basınç doğrulaması
p^*	Tahmin edilmiş basınç alanı
Pr	Prandtl sayısı
Pr_t	Türbülans Prandtl sayısı
q	Isı akısı
Q	Isı transferi oranı
Re	Reynolds sayısı

Re_H	Kanat adımına bağlı Reynolds sayısı
S_k	Kullanıcı tanımlı kaynak terimi
S_ϵ	Kullanıcı tanımlı kaynak terimi
t_f	Kanat kalınlığı
T_w	Kanat cidar sıcaklığı
T_∞	Serbest akım sıcaklığı
U	Havanın x doğrultusundaki hızı
U_{in}	Havanın giriş hızı
U_τ	Boyutsuz hız parametresi
U_∞	Serbest akım hızı
V	x doğrultusundaki hız
y^+	Boyutsuz duvar uzaklık katsayısı
Y_M	Sıkıştırılabilir akıştaki kararsız genişleme katsayısı
α_p	Basınç için rahatlatma faktörü
β	Panjur açısı
ΔP	Giriş ve çıkış arasındaki basınç farkı
ΔT_{lg}	Ortalama logaritmik sıcaklık farkı
ϵ	Türbülans yayılma hızı
μ	Havanın dinamik viskozitesi
μ_t	Türbülans viskozitesi
ρ	Havanın yoğunluğu
σ_k	k için türbülans Prandtl sayısı
σ_ϵ	ϵ için türbülans Prandtl sayısı
τ_d	Duvar kayma gerilmesi
ν	Kinematik viskozite

KISALTMA LİSTESİ

AMG	Algebraic Multigrid
CFD	Computational Fluid Dynamics
HAD	Hesaplamalı Akışkanlarr Dinamiği
NTU	Number of Transfer Units
SIMPLE	Semi Implicit Method for Pressure Linked Equations

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Kanat geometrileri (a) dikdörtgenel (b) üçgensel (c) tırtıllı (d) dalgalı (e) panjurlu ve (f) delikli kanatlar	12
Şekil 3.1 2B panjurlu kanat modeli ve sınır şartları	15
Şekil 3.2 Ağ yapısının görünümü	16
Şekil 3.3 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta=10^\circ$ ve serbest akım hızı $V=1$ m/s için akım çizgileri.....	20
Şekil 3.4 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta=15^\circ$ ve serbest akım hızı $V=1$ m/s için akım çizgileri.....	20
Şekil 3.5 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ$ ve serbest akım hızı $V=1$ m/s için akım çizgileri.....	21
Şekil 3.6 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta=30^\circ$ ve serbest akım hızı $V=1$ m/s için akım çizgileri.....	21
Şekil 3.7 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta=40^\circ$ ve serbest akım hızı $V=1$ m/s için akım çizgileri.....	21
Şekil 3.8 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta=10^\circ$ ve serbest akım hızı $V=1.75$ m/s için akım çizgileri	22
Şekil 3.9 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ$ ve serbest akım hızı $V=1.75$ m/s için akım çizgileri	22
Şekil 3.10 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta=30^\circ$ ve serbest akım hızı $V=1.75$ m/s için akım çizgileri	23
Şekil 3.11 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta=40^\circ$ ve serbest akım hızı $V=1.75$ m/s için akım çizgileri	23
Şekil 3.12 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta=10^\circ$ ve serbest akım hızı $V=2.5$ m/s için akım çizgileri	24
Şekil 3.13 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta=15^\circ$ ve serbest akım hızı $V=2.5$ m/s için akım çizgileri	24
Şekil 3.14 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ$ ve serbest akım hızı $V=2.5$ m/s için akım çizgileri	24
Şekil 3.15 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta=30^\circ$ ve serbest akım hızı $V=2.5$ m/s için akım çizgileri	25
Şekil 3.16 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta=40^\circ$ ve serbest akım hızı $V=2.5$ m/s için akım çizgileri	25

Şekil 3.17	Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta =10^\circ$ ve serbest akım hızı $V=1$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri.....	26
Şekil 3.18	Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta =15^\circ$ ve serbest akım hızı $V=1$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri.....	26
Şekil 3.19	Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta =20^\circ$ ve serbest akım hızı $V=1$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri.....	26
Şekil 3.20	Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta =30^\circ$ ve serbest akım hızı $V=1$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri.....	27
Şekil 3.21	Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta =40^\circ$ ve serbest akım hızı $V=1$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri.....	27
Şekil 3.22	Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta =10^\circ$ ve serbest akım hızı $V=1.75$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri	27
Şekil 3.23	Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta =15^\circ$ ve serbest akım hızı $V=1.75$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri	28
Şekil 3.24	Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta =30^\circ$ ve serbest akım hızı $V=1.75$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri	28
Şekil 3.25	Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta =40^\circ$ ve serbest akım hızı $V=1.75$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri	28
Şekil 3.26	Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta =10^\circ$ ve serbest akım hızı $V=2.5$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri	29
Şekil 3.27	Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta =15^\circ$ ve serbest akım hızı $V=2.5$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri	29
Şekil 3.28	Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta =20^\circ$ ve serbest akım hızı $V=2.5$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri	29
Şekil 3.29	Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta =30^\circ$ ve serbest akım hızı $V=2.5$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri	30
Şekil 3.30	Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta =40^\circ$ ve serbest akım hızı $V=2.5$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri	30
Şekil 3.31	Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı (I) $\beta=10^\circ$, (II) $\beta=15^\circ$, (III) $\beta=20^\circ$, (IV) $\beta=30^\circ$, (V) $\beta=40^\circ$ ve serbest akım hızı $V=1$ m/s için basınç eş düzey eğrileri	31
Şekil 3.32	Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı açısı (I) $\beta=10^\circ$, (II) $\beta=15^\circ$, (III) $\beta=20^\circ$, (IV) $\beta=30^\circ$, (V) $\beta=40^\circ$ ve serbest akım hızı $V=1.75$ m/s için basınç eş düzey eğrileri	31
Şekil 3.33	Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı açısı (I) $\beta=10^\circ$, (II) $\beta=15^\circ$, (III) $\beta=20^\circ$, (IV) $\beta=30^\circ$, (V) $\beta=40^\circ$ ve serbest akım hızı $V=2.5$ m/s için basınç eş düzey eğrileri	31
Şekil 3.34	3B akış alanı ve sınır şartları.....	32
Şekil 3.35	Ağ yapısının genel görünümü	32
Şekil 3.36	Kanat adımı $F_p=2$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için akım çizgileri	35
Şekil 3.37	Kanat adımı $F_p=2$ mm, panjur açısı $\beta=30^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için akım çizgileri	35
Şekil 3.38	Kanat adımı $F_p=2$ mm, panjur açısı $\beta=40^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için akım çizgileri	36
Şekil 3.39	Kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için akım çizgileri	37

Şekil 3.40	Kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=30^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için akım çizgileri	37
Şekil 3.41	Kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=40^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için akım çizgileri	38
Şekil 3.42	Kanat adımı $F_p=6$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için akım çizgileri	39
Şekil 3.43	Kanat adımı $F_p=6$ mm, panjur açısı $\beta=30^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için akım çizgileri	39
Şekil 3.44	Kanat adımı $F_p=6$ mm, panjur açısı $\beta=40^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için akım çizgileri	40
Şekil 3.45	Kanat adımı $F_p=2$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için hız vektörleri	40
Şekil 3.46	Kanat adımı $F_p=2$ mm, panjur açısı $\beta=30^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için hız vektörleri	40
Şekil 3.47	Kanat adımı $F_p=2$ mm, panjur açısı $\beta=40^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için hız vektörleri	41
Şekil 3.48	Kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için hız vektörleri	41
Şekil 3.49	Kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=30^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için hız vektörleri	41
Şekil 3.50	Kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=40^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için hız vektörleri	41
Şekil 3.51	Kanat adımı $F_p=6$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için hız vektörleri	41
Şekil 3.52	Kanat adımı $F_p=6$ mm, panjur açısı $\beta=30^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için hız vektörleri	42
Şekil 3.53	Kanat adımı $F_p=2$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri	42
Şekil 3.54	Kanat adımı $F_p=2$ mm, panjur açısı $\beta=30^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri	42
Şekil 3.55	Kanat adımı $F_p=2$ mm, panjur açısı $\beta=40^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri	42
Şekil 3.56	Kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri	43
Şekil 3.57	Kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=30^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri	43
Şekil 3.58	Kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=40^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri	43
Şekil 3.59	Kanat adımı $F_p=6$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri	43
Şekil 3.60	Kanat adımı $F_p=6$ mm, panjur açısı $\beta=30^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri	44
Şekil 3.61	Kanat adımı $F_p=6$ mm, panjur açısı $\beta=40^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri	44
Şekil 3.62	Kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=30^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için akım çizgileri (Orta düzlem).....	45

Şekil 3.63	Kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=30^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için akım çizgileri (Yan düzlem, giriş bölgesi)	45
Şekil 3.64	Kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=30^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için akım çizgileri (Yan düzlem, çıkış bölgesi).....	45
Şekil 3.65	Kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=30^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için hız vektörleri (Orta düzlem)	46
Şekil 3.66	Kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=30^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için hız vektörleri (Yan düzlem, giriş bölgesi).....	47
Şekil 3.67	Kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=30^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri (Orta düzlem).....	47
Şekil 3.68	Kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=30^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri (Yan düzlem, giriş bölgesi)	48
Şekil 3.69	Kanat adımı 2 mm, panjur açısı $\beta=20^\circ, 30^\circ$ ve 40° için ısı taşınım katsayısının Reynolds sayısına göre değişimi	52
Şekil 3.70	Kanat adımı 3 mm, panjur açısı $\beta=20^\circ, 30^\circ$ ve 40° için ısı taşınım katsayısının Reynolds sayısına göre değişimi	52
Şekil 3.71	Kanat adımı 6 mm, panjur açısı $\beta=20^\circ, 30^\circ$ ve 40° için ısı taşınım katsayısının Reynolds sayısına göre değişimi	53
Şekil 3.72	Kanat adımı $F_p=2$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ, 30^\circ$ ve 40° için Colburn faktörü j' 'nin Reynolds sayısı ile değişimi	53
Şekil 3.73	Kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ, 30^\circ$ ve 40° için Colburn faktörü j' 'nin Reynolds sayısı ile değişimi	54
Şekil 3.74	Kanat adımı $F_p=6$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ, 30^\circ$ ve 40° için Colburn faktörü j' 'nin Reynolds sayısı ile değişimi	54
Şekil 3.75	Kanat adımı $F_p=2$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ, 30^\circ$ ve 40° için basınç düşümünün Reynolds sayısı ile değişimi.....	55
Şekil 3.76	Kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ, 30^\circ$ ve 40° için basınç düşümünün Reynolds sayısı ile değişimi.....	55
Şekil 3.77	Kanat adımı $F_p=2$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ, 30^\circ$ ve 40° için basınç düşümünün Reynolds sayısı ile değişimi.....	55
Şekil 3.78	Kanat adımı $F_p=2$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ, 30^\circ$ ve 40° için sürtünme faktörü f' 'nin Reynolds sayısı ile değişimi.....	56
Şekil 3.79	Kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ, 30^\circ$ ve 40° için sürtünme faktörü f' 'nin Reynolds sayısı ile değişimi.....	56
Şekil 3.80	Kanat adımı $F_p=6$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ, 30^\circ$ ve 40° için sürtünme faktörü f' 'nin Reynolds sayısı ile değişimi.....	56
Şekil 3.81	Kanat adımı $F_p=2$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ, 30^\circ$ ve 40° için j/f' 'nin Reynolds sayısı ile değişimi.....	57
Şekil 3.82	Kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ, 30^\circ$ ve 40° için j/f' 'nin Reynolds sayısı ile değişimi.....	57
Şekil 3.83	Kanat adımı $F_p=6$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ, 30^\circ$ ve 40° için j/f' 'nin Reynolds sayısı ile değişimi.....	58

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 3.1 H=4 mm için boyutsuz basınç katsayısının panjur açısı ve hız ile değişimi	49
Çizelge 3.2 H=2.5 mm için boyutsuz basınç katsayısının panjur açısı ve hız ile değişimi	49
Çizelge 3.3 H=4 mm için ısı taşınım katsayılarının panjur açısı ve hız ile değişimi	50
Çizelge 3.4 H=2.5 mm için ısı taşınım katsayılarının panjur açısı ve hız ile değişimi .	51

PANJUR KANATLI ISI DEĞİŞTİRİCİLERİNİN OPTİMİZASYONU

Merve ÖZTÜRK

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ali PINARBAŞI

Isıtma, soğutma, iklimlendirme, termik santraller ve kimya endüstrisi gibi bir çok mühendislik uygulamasında ısı değıştiricileri kullanımı görölmektedir. Günümüzde enerji verimliliğinin öneminin artması, bir çok alanda kullanılan ısı değıştiricilerinin performanslarının artırılmasını amaçlayan çalışmaları beraberinde getirmiştir. Bu çalışmalar ısı transfer katsayısının düşük olduğu hava tarafında yoğunlaşmıştır. Hava tarafındaki ısı transferinin artması akışkanların sıcaklıkları arasındaki fark, toplam ısı transfer yüzey alanı veya ısı transfer katsayısını artırarak mümkün olmaktadır. Bu tez çalışmasında hava tarafına panjurlu kanat yapıları eklenerek, yüzey alanının artırılması ve sınır tabakanın incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla 2B ve 3B modeller oluşturularak HAD analizleri gerçekleştirilmiştir.

2B çalışmada kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta=10^\circ$, 15° , 20° , 30° ve 40° değerlerinde serbest akım hızı $V=1$ m/s, 1.75 m/s ve 2.5 m/s için analizler gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerin sonucunda $\beta=30^\circ$ 'ye çıkarıldığında her hız değeri için akış ayrılmaları meydana gelmiş fakat hız arttığında akış ayrılmalarının büyüdüğü gözlenmiştir. Akış ayrılmasının olduğu bölgelerde ısı art izi oluşmuş, ısı transfer katsayısı azalırken basınç düşümü artmıştır.

3B çalışmada kanat adımı $F_p=2$ mm, 3 mm ve 6 mm, panjur açısı $\beta=20^\circ$, 30° ve 40° ile çalışma hızları $V=1$ m/s, 1.5 m/s ve 2.5 m/s için analizler gerçekleştirilmiştir. Akışın üç boyutlu etkisi ve ısı değıştiricisinde boruların akışı bozma etkisi de dikkate alınmıştır. Kanat adımı arttıkça akışın kanatlar arasında aldığı yolun azaldığı görölmüştür.

Reynolds sayısının artması ile birlikte ise ısı taşınım katsayısı ve basınç düşümü değerleri artmıştır.

Anahtar Kelimeler: Panjurlu kanat, ısı değiştirici, basınç düşümü, ısı transferi, Hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD)

OPTIMIZATION OF LOUVERED FIN HEAT EXCHANGERS

Merve ÖZTÜRK

Department of Mechanical Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Prof. Dr. Ali PINARBAŞI

It is seen that heat exchangers are used widely applications such as heating, cooling, air conditioning, thermal power plant and chemical industry. Nowadays increasing importance of energy efficiency brings with studies aiming of improving performance of heat exchanger which are used in many applications. These studies concentrate on air side which has lower heat transfer coefficient. It is possible to improve of the heat transfer coefficient at the air side with increasing temperature difference between fluids, total heat transfer area or heat transfer coefficient. In this thesis, increasing of heat transfer area and thinning of boundary layer are aimed with adding louvered fin structures at the air side. For this purpose, CFD analyses have been performed with 2D and 3D models.

In 2D study, the analyses were performed with the values of fin pitch $F_p=4$ mm, louver angle $\beta=10^\circ, 15^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ and 40° and free stream velocity $V=1$ m/s, 1.75 m/s and 2.5 m/s. At the result of analyses, flow separations occurred for each velocity value when the louver angle reach to $\beta=30^\circ$. Flow separations increased with increasing of velocity. Where the flow separations were, thermal wake occurred. Therefore, heat transfer coefficient decreased and pressure drop increased.

In 3D study, the analyses have been performed with the value of fin pitch $F_p=2$ mm, 3 mm and 6 mm, louver angle $\beta=20^\circ, 30^\circ$ and 40° and operating velocities $V=1$ m/s, 1.5 m/s ve 2.5 m/s. 3D flow effects and tube effects in the heat exchangers were considered. It was seen that the way taken by the flow was reduced with increasing fin

pitch. Heat transfer coefficient and pressure drop values increased with increasing Reynolds number.

Keywords: Louvered fin, heat exchanger, pressure drop, heat transfer, Computational fluid dynamics (CFD)

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Günümüzde, bir çok endüstri alanında çeşitli ısı değiştircileri kullanılmaktadır. Isı değiştircileri transfer şekline, akışkan sayısına, yüzey yoğunluğunun derecesine, yapı özelliklerine, akış düzenine ve ısı transfer mekanizmalarına göre sınıflandırılmıştır. Bir ısı değiştircisi iki veya daha fazla akışkan, bir katı yüzey ve bir akışkan ya da katı partiküller ile bir akışkan arasında ısıl enerjiyi (entalpi) aktarmak için kullanılır. Isı değiştircileri genel olarak akışkanın soğutulmasında, ısıtılmasında, buharlaştırılmasında veya yoğunlaştırılmasında kullanılmaktadır. Bazı ısı değiştircilerinde sıcaklığı değişen akışkanlar doğrudan temas halindedir. Çoğu ısı değiştircilerinde, akışkanlar bir ısı transfer yüzeyi ile ayrılmışlardır ve ideal olarak karışmazlar. Isı değiştircilerinin en yaygın örnekleri gövde borulu ısı değiştirciler, otomobil radyatörleri, kondenserler, evaporatörler, hava ön ısıtıcıları ve soğutma kuleleridir [1].

Enerji dönüşüm sistemlerinin çoğunda, ısı değiştirilerinin bir çok tipi kullanılmaktadır. Son zamanlarda enerji verimliliği için daha etkin ısı değiştircileri kullanımı dikkat çekici bir konu olmuştur. Isı değiştircisinin performansını artırmak, enerjinin ekonomik olarak kullanılmasını, ısı değiştircisinin alanının, ağırlılığının ve maliyetinin azalmasını sağlar. Hava tarafının düşük ısı transfer katsayısını iyileştirmek için, çoğu kompakt ısı değiştirci uygulamalarında kesilmiş kanat yüzeyleri kullanılmaktadır. Panjurlu kanatlar kompakt ısı değiştircilerinin ısı transfer performansını iyileştirir. Panjurlu kanatlar ısıl dayanımı daha düşük olan ince sınır tabakaları yaratarak, kanat yüzeyindeki sınır tabaka büyümesini etkiler. Panjurların arasındaki ve etrafındaki akış yapısı karakteristikleri, tasarım ve optimizasyon amaçları için önemlidir. Çünkü ısı değiştircisinin ısıl ve hidrolik performansı akış davranışı ile büyük oranda bağlantılıdır. Araştırmacılar daha etkin

panjur kanatlı ısı değiştiricileri sağlamak için, deneysel ve sayısal olarak çeşitli geometrik parametrelerle çalışırlar [2].

1.1 Literatür Özeti

Yapılan çalışmalar deneysel ve sayısal çalışmalar başlıkları altında incelenecektir.

1.1.1 Deneysel Çalışmalar

Aoki vd. [3] de çok panjurlu kanatların ısı transfer katsayılarının dağılımını ölçmek için deneysel bir çalışma yapmışlardır. Panjur sıralamasındaki her bir panjur için ortalama ısı transfer katsayısı, lokal olarak buharlaştırılmış nikel filmi için elektrik güç girişi ve eleman ile hava arasındaki sıcaklık farkının ölçümü ile belirlenir. Bu methodun geçerliliği, düz bir levhanın analitik çözümü ile iki boyutlu panjur sıralamasının sayısal çözümlerinin ve ortalama ısı transfer katsayısının ölçümü için yapılan farklı bir methodun karşılaştırılması ile onaylanmıştır. Kanat geometrileri ile panjurlu kanatların ısı transfer katsayılarının dağılımı arasındaki ilişki açıklanmıştır.

Webb ve Trauger [4] te otomotiv ısı değiştiricilerinde kullanılan panjurlu kanat geometrisini boya enjekte tekniği ile 10:1 oranında büyütölmüş model kullanarak akış görselleştirme çalışması yapmışlardır. Panjur adımı, panjur açısı ve kanat adımı gibi geometrik parametrelerin akış yapısına etkilerini incelemişlerdir. Panjur adımı baz alınarak hesaplanan 400 ile 4000 aralığındaki Reynolds sayıları ile testler gerçekteştirilmiştir. Korelasyonlar Reynolds sayısı ve boyutsuz geometrik grupların fonksiyonu olarak akış verimini tahmin etmek için geliştirilmiştir. Akış yapısı ayrıca tartışılmıştır.

Wang vd. [5] de yuvarlak boru düzenine sahip panjur kanatlı geometri için genel ısı transferi ve sürtünme korelasyonları önermişlerdir. Toplam 49 adet panjur kanatlı ve borulu ısı değiştiricisi farklı panjur adımı, panjur yüksekliği, enine ve boyuna boru adımı, boru çapı ve kanat adımında korelasyonlar geliştirmek için kullanılmıştır. Önerilen ısı transfer korelasyonları %5.72 ortalama sapma ile test datalarını \pm %15 aralığında, %95.5 oranında tanımlamıştır. Önerilen sürtünme korelasyonu ise %8.73 ortalama sapma ile sonuçları \pm %15 aralığında, %90.8 oranında tanımlamıştır.

Kim ve Bullard [6] da çok panjur kanatlı ve düz borulu ısı değiştiricileri için hava tarafındaki ısı transferi ve basınç düşümü karakteristikleri üzerine deneysel bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. 45 ısı değiştiricisi, hava tarafındaki Reynolds sayısının 100 ile 600 aralığında, farklı panjur açıları (15°-29°), kanat adımları (1.0, 1.2, 1.4 mm) ve akış derinlikleri (16, 20, 24 mm) için test edilmiştir. Sabit boru tarafı su akış debisi 0.32 m³/h, havanın ve suyun giriş sıcaklıkları sırasıyla 21°C ve 45°C alınmıştır. Hava tarafı termal performansı iki akışkanında karışmadığı çapraz akışlı ısı değiştiricisi için ϵ -NTU metodu kullanılarak analiz edilmiştir. Isı değiştiricisi için ısı transfer katsayısı ve basınç düşümü verileri, farklı geometrik düzenlemeler için panjur adımı baz alınarak hesaplanan Reynolds sayısının fonksiyonları olan Colburn j faktör ve yüzey sürtünme faktörü f cinsinden raporlanmıştır. j ve f faktörleri için genel korelasyonlar geliştirilmiştir ve diğer korelasyonlar ile karşılaştırılmıştır. f korelasyonu akış derinliğinin basınç düşümü için en önemli parametrelerden biri olduğunu göstermiştir. Isı transfer katsayısı akış derinliği ile düşerken, ön taraftaki hava hızı ile katlanarak artar. Panjur açısının ısı transferine etkisi akış derinliği, lamel mesafesi ve Reynolds sayısına göre farklılık gösterir. Fakat lamel mesafesi etkisi nispeten düşüktür. Basınç düşümü ise panjur açısı ve akış derinliği ile artarken, kanat adımının artımıyla azalır. Lamel mesafesinin basınç düşümüne etkisi panjur açısıyla azalır. Colburn j ve yüzey sürtünme f faktörleri için genel korelasyonlar $\pm\%14.5$ ve $\pm\%7$ etkin değer hataları ile geliştirilmiştir.

Dejong ve Jacobi [7] de naftalin süblimleşirme tekniği ve tamamlayıcı akış görselleştirme kullanarak akıştaki sınırlayıcı duvar ve panjurlu kanat sıralarındaki ısı transferi etkilerini araştırmışlardır. Duvarlardan uzaktaki periyodik akış sonuçları ile sınırlayıcı yüzey etkisinin önemli olduğu duvar yakını akış sonuçları karşılaştırılmıştır. Mekansal olarak periyodik akışa zıt olarak, duvar yakınındaki akış panjurlar arasında yüksek ayrılma bölgeleri tarafından karakterize edilir ve mekansal olarak periyodik bölgelere göre daha düşük Reynolds sayılarında düzensizlik görülür. Düşük Reynolds sayılarında ($Re \approx 600$) büyük ayrılma bölgeleri ısı transferini %50 oranına kadar düşürür; fakat yüksek Reynolds sayılarında akış düzensizlikleri ısı transferini artırır. Diğer yandan, Reynolds sayısı 1400 olduğunda duvar yakınlarında ısı transferi sonuçları %15'e kadar artış gösterirken basınç düşümü sonuçları ek basınç düşümleri gösterir.

Dong vd. [8] de 20 farklı tipte çok panjur kanatlı ve düz borulu ısı değiştirici için hava tarafında ısı transferi ve basınç düşümü karakteristiklerini deneysel olarak araştırmışlardır. Havanın Reynolds sayısının 200 ile 2500 aralığında ve sabit boru tarafı akış debisi $2.8 \text{ m}^3/\text{h}$ için farklı kanat adımı, kanat yüksekliği, kanat kalınlığı, panjur adımı ve akış genişliği değerleri test edilmiştir. Hava tarafı termal performansı ϵ -NTU metodu kullanılarak analiz edilmiştir. Isı transfer katsayısı ve basınç düşümü verileri, farklı geometrik parametreler için panjur adımı baz alınarak hesaplanan Reynolds sayısının fonksiyonları olan Colburn j faktörü ve yüzey sürtünme faktörü f cinsinden raporlanmıştır. j ve f korelasyonları $\pm\%10$ ve $\pm\%12$ etkin değer hataları ile test verilerini tahmin eder. Ortalama sapma değerleri j ve f için sırasıyla $\%4.1$ ve $\%5.6$ olmaktadır. Aynı ön taraftaki hava hızında ısı transfer katsayısı kanat yüksekliği azaldıkça, kanat uzunluğu ve kanat adımı arttıkça azalır, basınç düşümü ise aynı ön taraftaki hava hızı değerlerinde kanat uzunluğu azaldıkça, kanat adımı ve kanat yüksekliği arttıkça azalır. Karşılaştırma sonuçları aynı şartlarda düşük kanat uzunluğunun daha avantajlı olduğunu göstermiştir.

Vaisi vd. [9] da kompakt ısı değiştiricilerindeki panjurlu kanatların üzerinden akan akışın hava tarafı ısı transferi ve basınç düşümü karakteristiklerini deneysel olarak incelemişlerdir. Test modelleri iki tip kanat düzeneğinden oluşmuştur. Bu iki simülasyonun sonuçları ϵ -NTU verileriyle karşılaştırılmıştır. Panjur adımı, panjurlu bölgelerin sayısı ve panjur dizilimi gibi parametrelerin incelenmesi için bir takım testler yapılmıştır. Yapılan testler sonucunda, panjurlu kanatların simetrik dizilimi asimetrik dizilime göre ısı transfer performansında $\%9.3$ oranında artışa, basınç düşümünde ise $\%18.2$ oranında azalışa neden olduğu görülmüştür. Kanatların simetrik diziliminin sabit bir ısı transfer ve basınç düşümü oranında, kanat ağırlığını $\%17.6$ düşürdüğü gözlenmiştir. Bu durum ısı değiştiricinin toplam ağırlığını ve maliyetini önemli ölçüde düşürmüştür. Her bir boru sırasındaki panjurlu kanatların diziliminin değişmesi; panjur açısı, panjur yüksekliği ve panjur kalınlığı gibi ana parametreleri değiştirmeden, ısı transferi ve basınç karakteristiklerini iyileştirebilmektedir. Ayrıca her bir boru sırasındaki panjurlu kanatların sayısı arttıkça ısı transfer oranı artacaktır. Komşu borular arasındaki boşluklarda ısı transfer etkileşimi olmadığından panjurlu kanatlara gereksinim yoktur.

Dogan vd. [10] da hava tarafı performansını tahmin etmek için iki ve üç sıralı çok panjur kanatlı ısı değiştiricilerinin deneysel karşılaştırmasını yapmışlardır. Benzer ısıl şartlar altında testler gerçekleştirilmiştir. Çalışılan ısı değiştiricileri benzer ön alan ve derinliklere sahiptir. Zamana bağlı ve kararlı durumlar göz önünde bulundurulmuştur. Hava tarafı termal performansı iki akışkanın da karışmadığı çapraz akışlı ısı değiştiricisi için ϵ -NTU metodu kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuçlar hava tarafı için j/f faktörü kullanılarak geliştirilmiştir. Deneysel çalışmaların sonucu olarak, ϵ ve NTU değerleri cinsinden iki sıra kanatlı ısı değiştirici daha efektif bulunmuştur. Bu çalışmanın sonuçları aynı zamanda literatürdeki korelasyonlarla karşılaştırılmış ve literatürde bulunan değerlerle her iki modelin sürtünme faktörü değerleri uyum göstermiştir. Geometrik uyuşmazlıklar nedeniyle sürtünme faktörünün maksimum sapma değeri %15 iken Colburn j faktörünün maksimum sapma değeri %72 bulunmuştur.

Springer ve Thole [11] de akış alanı ölçümlerine izin vermek için 20 kat büyütölen iki boyutlu panjur kanatlı geometrinin deneysel modelini tasarlamakta kullanılan bir metod tanımlamışlardır. Bu deneyler için kullanılan özel panjur geometrisi, 27° panjur açısı ve $0.76 F_p/L_p$ oranına sahiptir. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) kullanılarak yapılan simölasyonlar hem büyük ölçekli panjur modelinin tasarımında yol göstermiş hem de akış alanının nerede periyodik olarak göz önünde bulundurulabileceğini tanımlamıştır. Büyütölen model Reynolds sayısının 230, 450 ve 1016 değerleri için incelenmiştir. Bütün Reynolds sayıları için akış panjur doğrultusundadır. Sonuçlar bu üç Reynolds sayısı arasında önemli farklılıklar olduğunu göstermiştir. $Re=230$ için akış alanındaki farklılıklar, $Re=1016$ alınarak elde edilen değerlerle karşılaştırılmıştır. Bu farklılıklar ortalama ve zaman özömlü hız ölçümleri tarafından belirlenmiştir. Hız ölçümleri panjurun aşağı akış tarafındaki sınır tabaka yukarı akıştakinden biraz daha kalın olduğunu göstermiştir.

1.1.2 Sayısal alışmalar

Zhang ve Tafti [12] de çok panjurlu kanatlarda oluşan ısıl çevrinti etkileşiminin etkilerini sınıflandırmış ve izole etmişlerdir. Kanat arası etkileşimi panjurların komşu sıraları arasında oluşmuştur ve akış panjur doğrultusunda olduğunda yüksek akış verimlerinde baskındır. Kanat içi etkileşimi ise aynı sıranın veya kanadın sonrasında meydana gelir ve

akış büyük bir çoğunlukla kanal doğrultusunda olduğunda ya da düşük akış verimlerinde baskındır. Çok panjurlu kanatların ısı transferi kapasitesi, ısıl çevrıntiler çıkarıldığında her koşulda artar. Buna rağmen panjurların yakınında ısıl çevrıntilerin bağıl konumuna bağlı olarak ısı transfer katsayısı artar veya azalır. Isı transfer katsayısını belirlerken ısıl çevrinti etkilerini ihmal eden deneysel prosedürler yüksek akış verimlerinde yüksek hatalar ortaya çıkarmazken, düşük akış verimlerinde %100'e kadar yüksek hatalar ortaya çıkarabilirler.

Perrotin ve Clodic [13] de tek sıralı otomobil kondenserlerinin Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) hesaplamalarını deneysel sonuçlar ve literatür korelasyonlarıyla karşılaştırmışlardır. Hesaplamalar farklı hava ön hızlarında yapılmıştır. Sabit kanat sıcaklığına sahip 2B modeller, ısı transfer katsayısını önemli ölçüde fazla tahmin ederler. Kanat boyunca boru etkilerinin, birleşik ısı transferi ve iletimin dikkate alındığı 3B modeller, deneysel sonuçlarla daha iyi uyum gösterirler. Aynı zamanda 2B düzensiz akış için bir deneme yapılmıştır. 3B modeller ile hesaplanan ısı transfer katsayısı deneysel verilere daha yakındır (%13).

Hsieh ve Jang [14] te artan veya azalan panjur açılı modeller amaçlamışlardır, bu nedenle ısı ve akışkan akışı için 3B sayısal analiz gerçekleştirmişlerdir. Artan veya azalan panjur açılarını beş farklı durum için (+2°, +4°, -2°, -4° ve üniform açı 20°) incelemişlerdir. A durumu (20°, 22°, 24°, 26°, 24°, 22°, 20°), B durumu (20°, 24°, 28°, 32°, 28°, 24°, 20°), C durumu (26°, 24°, 22°, 20°, 22°, 24°, 26°), D durumu (32°, 28°, 24°, 20°, 24°, 28°, 32°), E durumu (üniform açı 20°). A, B, C ve D durumları için maximum ısı transferi iyileştirmesi %115, %118, %109 ve %107 değerlerindeki j/j_0 tarafından buna karşılık gelen %116, %119, %110 ve %108 değerlerindeki f/f_0 tarafından değerlendirilmiştir. j/j_0 ve f/f_0 değerleri geçerli panjur açılarıyla üniform açılar arasındaki Colburn faktör oranı ve sürtünme faktörü oranıdır. Ayrıca B durumu için maksimum alan düşümü, düz kanat yüzeyi ile karşılaştırıldığında %25.5 değerine kadar ulaşabilir. Sonuçlar ısı değiştiricilerinde uygulanan geçerli panjur açısı modellerinin ısı transferi performansını etkili bir şekilde artıracığını göstermiştir.

Okbaz vd. [15] de deneysel ölçüm için panjur kanatlı ısı değiştiricisi model tasarımını amaçlamışlardır. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) kullanarak kanat sırası

sayısının etkisini incelemişlerdir. Bu simülasyonu gerçekleştirirken, akışı türbülanslı kabul etmişler ve akışı çözmek için standart $k-\epsilon$ türbülans modelini kullanmışlardır. Sıra sayısının $N=1, 2$ ve 3 değerleri için, akışın kanal doğrultusunda olduğunu belirlemişlerdir. Akım çizgisi sonuçlarını değerlendirip, akışın periyodik akış koşullarından uzak olduğunu göstermişlerdir. Sıra sayıları $N=5$ ve 7 ye artırıldığında, orta sıralardaki panjurların etrafında akış panjur doğrultusunda davranış göstermeye başlamıştır. Sıra sayısının $N=15$ olduğu durumda ısı transfer modelinin orta bölgesindeki altı panjur sırasında akış periyodik karakteristiği göstermiştir. Fakat ısı değiştirici modellerinin bütün sıra sayıları için üst ve alttaki kanat sıralarında, dip duvar etkisinden dolayı panjurların arasında büyük ayrılma ve yeniden oluşma bölgeleri oluşmuştur. Isı transfer sonuçları incelendiğinde, büyük ayrılma bölgeleri ısıl çevrinti etkilerinden ve ana akış ile yeniden oluşma bölgelerinin düşük karışma kapasitelerinden dolayı ısı transfer katsayısında bir düşüşe sebep olmuştur. Diğer yandan akış ayrılması bu bölgelerde ek basınç düşümüne neden olmuştur. Bu çalışmanın ana amacı deneysel ölçümlere yol gösteren uygun akış alanı ile periyodik akış şartları sağlayan minimum sıra sayısını bulmaktır. Yeterli kanat sıra sayısı ile periyodik akış şartlarını sağlayan deneysel bir model tasarlamak çok önemlidir. Ek olarak, ölçüm bölgeleri periyodik akış bölgesi ve deneysel modelin dip duvar etkilerinden uzakta olması dikkatli bir şekilde belirlenmelidir. Bu sebeple, bu çalışma ısı değiştiricilerinin deneysel kurulumunun tasarımında ve dip duvar etkilerinin termal ve hidrolik performansa etkilerini anlamak için yardımcı olmuştur.

Ryu ve Lee [16] da dalgalı panjur kanatları kullanılan ısı değiştiricilerinin performansını tanımlamak için, ısı transfer ve akışkan akışı korelasyonlarını raporlamışlardır. Sürtünme faktörü f ve Colburn faktörü j , kanat adımının panjur adımına oranı (F_p/L_p) değerine göre sayısal olarak incelenmiştir. Önceki korelasyonlar $F_p/L_p > 1$ değeri için uygulanamazken, bu çalışmadaki korelasyonlar geniş bir F_p/L_p oranında kullanılabilir. j ve f korelasyonları $0.8 < L_1/F_1 < 0.9$ aralığı içinde L_1/F_1 değerinden bağımsızdır. Ayrıca $0.3 < L_p \sin \alpha / F_p < 0.7$ için uygulanabilir akış verimliliği korelasyonları $100 < Re < 3000$ aralığındaki Reynolds sayıları için $\pm 15\%$ hata ile türetilmiştir.

Karthik vd. [17] de Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) kullanılarak, kompakt ısı değiştiricinin termal ve hidrolik performansı üzerine bir parametrik analiz

gerçekleştirmişlerdir. Analiz kanat adımı, enine ve boyuna boru adımları, panjur adımı ve panjur açısı gibi çeşitli geometrik parametreler tarafından farklı hava hızlarında gerçekleştirilmiştir. Isı değiştiricinin hava tarafı performansı Colburn j faktör ve yüzey sürtünme faktörü f 'nin hesaplanmasıyla değerlendirilmiştir. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) ile deneysel verilerin sonuçları iyi bir uyum göstermiştir. Basınç düşümü, ısı transfer katsayısı ve j/f faktörü için, seçilen değer aralıklarında çeşitli geometrik parametrelerin etkisi analiz edilmiştir. Kanat adımındaki azalış, hava tarafındaki yüksek dayanımdan dolayı verilen bir ön hava hızında yüksek basınç düşümüne neden olur. Bu etki kanat adımının kesin aralığında etkili değildir. Taşınım ısı transfer katsayısı kanat adımıyla orantılı olarak artar. Optimum kanat adımı j/f faktörü baz alınarak seçilmelidir. Panjur adımının düşümü yüksek basınç düşümüne ve ısı transfer katsayısında sadece küçük bir artışa katkıda bulunur. Kompakt ısı değiştiricisinin alan iyilik faktörü önemli bir şekilde azalır. Daha düşük panjur açılarında yüksek giriş ve çıkış kayıpları ve yüksek panjur açılarında büyük akış engeli nedenleriyle kompakt ısı değiştiricisinin içindeki basınç düşümü yüksektir. Daha yüksek ısı transfer katsayısına ulaşabilmek için panjur doğrultusunda akış sağlayan doğru panjur açısını seçmek istenmektedir.

Okbaz vd. [2] de iki sıralı çok panjur kanatlı ısı değiştiricisinin ısı ve akışkan akış karakteristiği üzerine 3B sayısal simülasyonlar yapmışlardır. Isı transferi iyileştirmesi ve ilgili basınç düşümü miktarları $20^\circ \leq \beta \leq 30^\circ$ aralığındaki panjur açılara, panjur adımı $L_p=2.7, 3.5$ ve 3.8 mm değerlerine ve U_{in} 1.22 m/s ile 3 m/s ön hızlarına bağlı olarak incelenmiştir. Sonuçlar panjur açısı, panjur adımı ve Reynolds sayısına bağlı olarak, Colburn j faktörü, yüzey sürtünme faktörü f ve alan iyilik faktörü cinsinden raporlanmıştır. Artan panjur açıları taşınım ısı transferini artırırken, hidrolik performans artan basınç düşümüyle azalır. Fakat panjur adımı $L_p=2.7$ mm için, ısı transfer kapasitesi üzerine panjur açısı etkisi düşüktür. Diğer taraftan basınç düşümü karakteristiği önemli ölçüde panjur açısına bağlıdır. Bütün panjur açıları için akış panjur doğrultusundadır ve farklı kanatlar arasında kolayca geçiş yapabilir. Panjur adımı $L_p=3.5$ ve 3.8 mm'ye artarken panjur açısı ısı transfer kapasitesi üzerine daha etkin hale gelir. En yüksek sürtünme faktörü panjur adımı $L_p=2.7$ mm ve panjur açısı 30° için 0.153 değerindedir. Minimum sürtünme faktörü ise panjur adımı $L_p=2.8$ mm ve panjur açısı 22° için 0.077

değerindedir. En büyük alan iyilik faktörü ise panjur açısı 22° ve panjur adımı 3.8 mm için bulunmuştur.

Čarija vd. [18] de çok sıra kanatlı ve borulu ısı değiştiricisinin hava tarafındaki akışkan akışı ve ısı değişimini analiz etmişlerdir. Reynolds sayısı (lamel mesafesi ve hava ön hızlarının baz alındığı) tanımlanan çalışma şartlarının geniş bir oranında kanatlı ve borulu ısı değiştirici ile düz ve panjurlu kanatlar arasında bir karşılaştırma vermişlerdir. Panjurlu ısı değiştiriciler için hesaplanan verilerin detaylı gösterimi daha iyi ısı transfer karakteristikleri ve az oranda yüksek basınç düşümünü göstermiştir. En küçük ortalama Nusselt sayısı sapması ve hemen hemen mükemmel şekilde uyumlu olan basınç düşümünü gösteren deneysel sonuçlar ile sayısal simülasyonların karşılaştırılması ile Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) prosedürü onaylanmıştır. Re_H sayılarının incelenen bütün aralığında, hesaplanan Nusselt sayısı değerlerinin ortalama değerinin %10 oranında fazla tahmin edildiği görülmüştür. $Re_H=280$ değerindeki analizler ısı değişimi gelişiminde en büyük ve hemen hemen doğrusal etkiye sahip olan panjur uzunluğundaki artışı belirlemiştir. Isı değişimi gelişimi aynı zamanda enine boru adımı tarafından sınırlandırılmıştır. Panjur sayısını ve panjur açısını arttırarak ısı değişimi performansını geliştirmek mümkündür.

1.2 Tezin Amacı

Bu tezin amacı, soğutma sistemlerinde kullanılan ısı değiştiricilerinin hava tarafı kanat yapısında, panjurların adımını, açısını, yüksekliğini ve dizilimini değiştirerek yeni tasarımlar ve optimizasyonlarla akış yapısını ve ısı transfer performansını iyileştirip etkinliği arttırılmış yeni ısı değiştiricisi kanatları tasarlamaktır. Böylelikle ısı değiştiricilerinin ısı transferi performanslarını basınç düşümünün en az olduğu durumda arttırarak, soğutma sistemlerinde enerji sarfiyatının önemli ölçüde azaltılması, Soğutma Tesir Katsayısı (STK) değerlerinin mümkün olduğunca yükseltilmesi ve ısı değiştiricilerini olabildiğince kompakt yaparak malzeme sarfiyatının önüne geçilmesi öngörülmektedir. Bu tezde çalışılacak ısı değiştiricisi türü soğutma sistemlerinde kullanılan buharlaştırıcılar ve yoğunlaştırıcılar.

1.3 Hipotez

Kanatlar üzerindeki panjurların yukarıda bahsedilen parametrelerin akış şartlarına göre optimizasyonu ile tasarlanıp uygulanması hava tarafı toplam ısı transfer katsayısını artırmıştır. Toplam ısı transfer katsayısının artması ile buharlaştırıcı ve yoğuşturucunun etkinliği artmış ve ısı enerjisinin boşa gitmesi engellenmiştir.

Aynı şekilde kanatlar üzerindeki panjurların optimizasyonunda basınç düşümü de dikkate alınmıştır. Çünkü basınç düşümü doğrudan fan gücü ile ilişkilidir ve enerji tasarrufu sağlamak için mümkün olduğunca düşük olması gerekmektedir. Basınç düşümünün azaltılması ile gerekli fan gücü azalacak enerji tasarrufunun yanı sıra fan kaynaklı gürültüler de azaltılmış olacaktır.

BÖLÜM 2

TEORİK BİLGİLER

Kompakt ısı değiştiricileri çok çeşitli uygulamalarda kullanılır. Hafif, yer kaplamayan ve ekonomik ısı değiştiricilerine olan gereksinim, kompakt yüzeylerin gelişimini sağlamıştır.

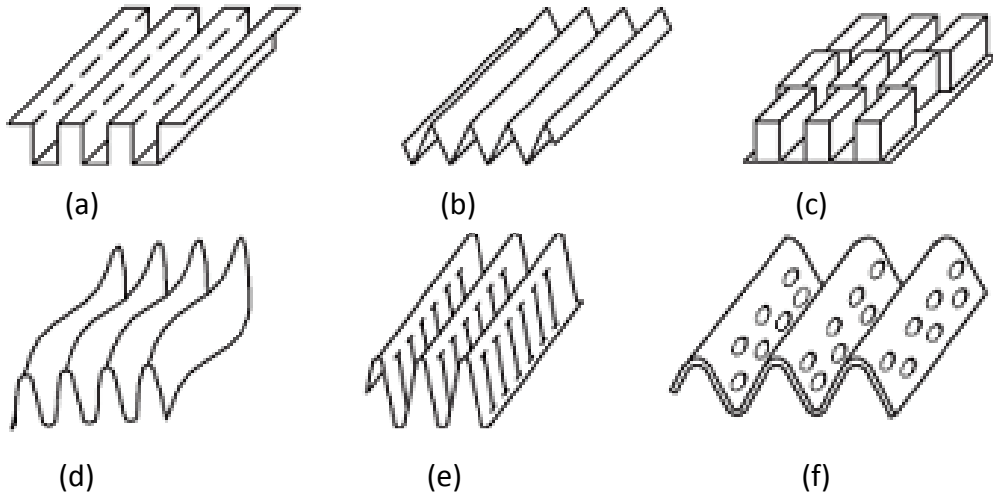
Kompakt ısı değiştiricilerinin karakteristikleri aşağıdaki gibidir:

- Genellikle genişletilmiş yüzeylere sahiplerdir.
- Birim hacim başına yüksek ısı transfer yüzey alanı sağlarlar.
- Küçük hidrolik çapa sahiplerdir.
- Genellikle akışkanlardan bir tanesi gazdır.
- Akışkan temiz olmalı ve nispeten kirlenmemelidir.
- Akışkan pompalama gücünü (basınç düşümü) göz önüne almak ısı transfer oranı kadar önemlidir.
- İnce kanatlar, kanatların yüzeylere veya borulara kaynaklanması, mekanik genişleme gibi durumlardan dolayı çalışma basınçları ve sıcaklıkları gövde boru tipi ısı değiştiricilere göre daha kısıtlıdır.
- Yüksek kompakt yüzey kullanımı büyük cephe alanı ve kısa akış uzunluğuna yol açar. Bu nedenle kompakt ısı değiştiricisi tasarımı üniform akış dağılımı için önemlidir.
- Farklı yüzey alan yoğunluğu mertebesine sahip bir çok alan mevcuttur.

- Sıcak veya soğuk taraftaki dağılım yüzey alanının esnekliği tasarımcı tarafından belirlenir.

2.1 Kanat Türleri

Levhalı kanatlı yüzeyler düz üçgensel, dikdörtgen biçiminde, dalgalı, tırtıllı, panjurlu veya delikli kanat geometrilerine sahiptir. Bu kanat geometrileri Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Kanat geometrileri (a) dikdörtgenel (b) üçgensel (c) tırtıllı (d) dalgalı (e) panjurlu ve (f) delikli kanatlar [19]

2.1.1 Düz Kanatlar

Kanat tiplerinin en basitidir. Bu yüzeyler akış doğrultusundaki kesilmemiş düz kanatlardır. Üçgensel ve dikdörtgen biçimli olanlar yaygındır. Düşük ısı transferi ve basınç düşümüne sahiplerdir fakat ısı transferinin basınç düşümüne oranı büyüktür. Düz kanat yapıları çok düşük Reynolds sayısına sahip uygulamalarda ve basınç düşümünün çok kritik olduğu uygulamalarda tercih edilirler.

2.1.2 Delikli Kanatlar

Delikli kanatlar yuvarlak veya dikdörtgen biçimli deliklerden oluşur. Delikli oyuklar türbülansı artırarak yerel ısı transfer katsayısını artırır, fakat delikli oyuklar yüzdesinin artması ile ısı transfer yüzeyinin kaybı olduğundan bu avantajı azaltır.

Ayrıca delikli yüzeyler akış kaynaklı gürültü ve vibrasyona yatkındır. Bu tür kanatlı yapılar yağ soğutucularındaki türbülatorlerde, kazan uygulamalarında kullanılırlar.

2.1.3 Tırtıllı Kanatlar

Tırtıllı kanatlar genellikle düz kanatlı ısı değiştiricilerinde kullanılan geometrilerdir. Kanat dikdörtgen biçimli kesite sahiptir. Tırtıllı geometriler, birim hacim başına yüksek ısı transfer alanı ve yüksek ısı transfer katsayıları ile karakterize edilirler.

2.1.4 Dalgalı Kanatlar

Akış yönündeki dalgalı form akış için etkin kesintiler sağlar ve çok kompleks akışlara neden olur. Dalgalı kanatlar genellikle yüksek Reynolds sayılarında iyi bir tercihtir. Düzgün yüzey Reynolds sayısı arttıkça sürtünme katsayısının düşümüne izin verir.

2.1.5 Panjurlu Kanatlar

Panjurlara genellikle kanatlı saç metalin kesilmesiyle form verilir ve metal şeritlerin döndürülmesiyle kanadın yüzeyden şekil alması sağlanır. Panjurlar birçok farklı geometrilerde olabilir. Panjurlu kanatlar yüzey alanının genişlemesinden dolayı daha yüksek ısı transferi sağlarlar.

Panjurlu kanatların göze çarpan özellikleri şunlardır:

- Panjurlu kanatların şerit uzunluğu genellikle tırtıllı kanatlarınkinden daha uzun, panjurlu kanatların ölçekleri tırtıllı kanatlara göre daha incedir.
- Kanatlar genellikle üçgensel olarak şekillendirilirler. Bu yüzden tırtıllı kanatlara göre daha güçsüzdürler.
- Panjurlu kanatlar tırtıllılara göre biraz daha yüksek kirlenme potansiyeline sahiptir.
- Panjurlu kanatlar tırtıllı kanatlara göre daha iyi ısı transfer katsayısı sağlayabilirler. Fakat j/f oranı bükülen kanatlardaki şekil direncinden dolayı daha düşük olma eğilimindedir.

- Panjurlu kanatlar eş panjursuz yüzeylere göre iki üç kat yüksek ısı transferi sağlarlar.
- Değişken panjur açısı, panjur genişliği ve panjur formu sayesinde geniş oranda performans sağlarlar.

Çalışma Reynolds sayıları 100 ile 5000 arasında, panjur geometrisine göre değişiklik gösterir.

2.2 Isı Transferi İyileştirme Teknikleri

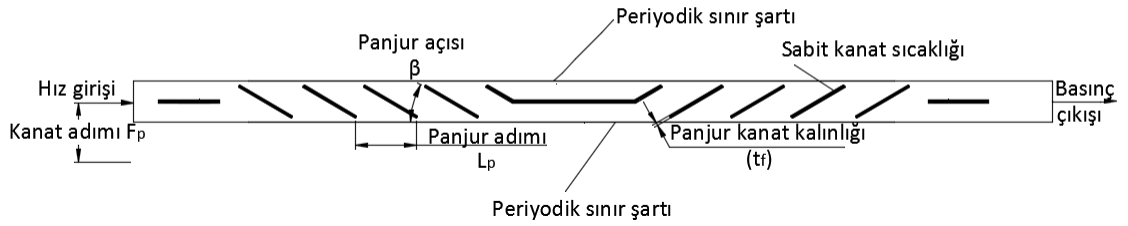
Isı transferi iyileştirme mekanizmaları iç ve dış akışların ısı değiştirici etkinliğini geliştirebilir. Tipik olarak, akış girdapları, düzensizlik ve türbülansı artırarak veya ısı transfer yüzeyine yakın ısı sınır tabakanın büyümesini sınırlayarak akışkanın karışmasını iyileştirirler.

Isı transferini iyileştirmek için aşağıdaki yaklaşımlar uygulanabilir:

- Sınır tabakanın kesilip yeniden başlatılması, ikincil akışın yaratılması,
- Laminer akıştan türbülanslı akışa geçişi hızlandıran pürüzlülüğün artırılması,
- Isı transfer yüzeyi değişimleri ikincil veya düzensiz akışları üreten tümsekler veya 3B şekiller gibi çıkıntılar tanımlamak,
- Isı transfer yüzeyinin yakınındaki akışkan akışını iyileştirmek için akış kanalının içerisine ekler yerleştirilebilir ya da boruların içerisine dönen ve/veya ikincil akım yaratan aletler eklenebilir [19].

SAYISAL ÇALIŞMALAR**3.1 2B Çalışmalar**

Bilgisayar destekli tasarım programı Solidworks ile çizimi tamamlanan 2B geometrik model Şekil 3.1’de gösterilmektedir. Panjur adımı $L_p=1.7$ mm, kanat adımı 4 mm ve panjur açısı $\beta=10^\circ, 15^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ ve 40° ’dir. Akış alanında akışın giriş kısmı ile ilk panjur arasında L_p kadar, akışın çıkış kısmı ile son panjur arasında ise ters akışa izin vermemek için $4L_p$ kadar mesafe bırakılmıştır. Panjurların kalınlığı $t_f=0.075$ mm’dir.

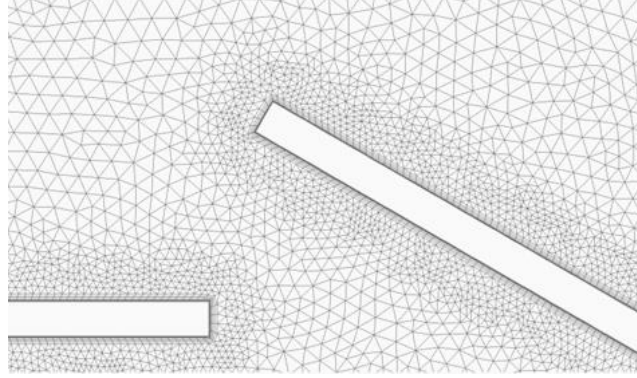


Şekil 3.1 2B panjurlu kanat modeli ve sınır şartları

3.1.1 Ağ Yapısının Oluşturulması

Ağ oluşturma sırasında ağ yapılarının kalitesi dikkate alınmıştır. Bütün durumlar için sonuçların ağ sayısından bağımsızlığı kontrol edilmiştir. Ağ yapılarını kontrol etmek için giriş–çıkış basınç farkları dikkate alınmış ve %2’lik fark elde edilinceye kadar ağ sayıları değiştirilmiştir. Panjur kanat cidarında oluşan hız ve ısı sınır tabaka gradyanlarının net

olarak belirlenebilmesi ve akış ayrılmalarının daha iyi görülebilmesi için bu bölgeye diğer yerlere göre 20 kat daha sık ağ yapısı oluşturulmuştur (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Ağ yapısının görünümü

3.1.2 Model ve Malzeme Seçimi

Akış sürekli ve türbülanslı kabul edilmiş ve çözümlerinde standart k-ε türbülans modeli kullanılmıştır. k-ε türbülans modeli ısı akış ayrılmalarının olduğu akış ve ısı transferi için güvenilir sonuçlar veren kendini ispatlamış bir türbülans modelidir.

Kullanılan k-ε modeli için türbülans kinetik enerjisi k ve onun yayılma hızı ε aşağıdaki transport denklemlerinden elde edilir:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + G_k + G_b - \rho \varepsilon - Y_M + S_k \quad (3.1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho \varepsilon u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + C_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} (G_k + C_{3\varepsilon} G_b) - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} + S_\varepsilon \quad (3.2)$$

Denklem (3.1)'deki türbülans viskozitesi μ_t , k ve ε un kombinasyonu ile hesaplanır:

$$\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon} \quad (3.3)$$

Burada $C_\mu = 0.09$ dur.

Denklem (3.1)'deki ortalama hız gradyenlerine bağlı türbülans kinetik enerji üretimi olan G_k aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$G_k = -\rho \overline{u'_i u'_j} \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \quad (3.4)$$

Denklem (3.1)'deki kaldırma kuvvetlerine bağlı türbülans üretimi olan G_b aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$G_b = \beta g_i \frac{\mu_t}{Pr_t} \frac{\partial T}{\partial x_i} \quad (3.5)$$

Burada Pr_t türbülans Prandtl sayısı ve g_i yer çekimi vektörünün i yönündeki bileşenidir. Standart k- ϵ modelinde Pr_t için varsayılan değer 0.85 tir.

Isıl genleşme katsayısı β aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$\beta = -\frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \rho}{\partial T} \right)_p \quad (3.6)$$

Denklem (3.1)'deki Y_M değeri sıkıştırılabilir akıştaki kararsız genişleme dağılımını gösterir. $C_{1\epsilon}$, $C_{2\epsilon}$, $C_{3\epsilon}$, sabit değerlerdir. S_k , S_ϵ , k ve ϵ için türbülans Prandtl sayılarıdır. Bu sabitler için varsayılan değerler aşağıdaki gibidir:

$$C_{1\epsilon} = 1.44, C_{2\epsilon} = 1.92, \sigma_k = 1.0 \text{ ve } \sigma_\epsilon = 1.3$$

$$C_{3\epsilon} = \tanh \left| \frac{v}{u} \right| \quad (3.7)$$

Denklem (3.1) ve (3.2)'deki S_k ve S_ϵ kullanıcı tanımlı kaynak terimleridir [20].

İş akışkanı olan havanın termofiziksel özellikleri ortalama sıcaklık değerlerine göre sabit olarak kabul edilmiştir. Kanat olarak sabit özelliklerde alüminyum seçilmiştir.

3.1.3 Sınır Şartları

Giriş kısmında üniform olarak x doğrultusunda $V=1$ m/s, 1.75 m/s ve 2.5 m/s hızlarında hava girişi sağlanmış ve hava sıcaklığı 300 K olarak ayarlanmıştır. Çıkışta bağıl basınç 0 Pa olarak ayarlanmıştır. Panjur cidarlarına 323 K sabit sıcaklık şartı, üst ve alt kısma periyodik sınır şartı uygulanmıştır. Panjur kanatlara ve alt üst cidarlara kaymama akış şartı verilmiştir.

3.1.4 Çözücü Ayarları

Navier-Stokes denklemlerini çözmek ve daha doğru sonuçlar elde etmek için çifte hassasiyetli çözücü kullanılmıştır. Hız-basınç ilişkisinde, akış sürekli halde olduğu için

SIMPLE algoritması uygulanmıştır. SIMPLE algoritması kütle korunumunu uygulamak ve basınç alanını elde etmek için hız ve basınç doğrulamaları arasında bir bağ kullanır. Eğer momentum denklemi tahmin edilmiş bir basınç alanı p^* ile çözülyorsa, sonuçlanmış yüzey akısı J_f^* aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$J_f^* = \hat{J}_f^* + d_f (p_{c0}^* - p_{c1}^*) \quad (3.8)$$

ve süreklilik denklemini karşılamaz. Sonuç olarak J_f^* yüzey akısına bir düzeltme faktörü olan J'_f eklenir ve böylece düzeltilmiş yüzey akısı J_f ,

$$J_f = J_f^* + J'_f \quad (3.9)$$

halini alır ve süreklilik denklemini karşılar. SIMPLE algoritması J'_f değerinin

$$J'_f = d_f (p'_{c0} - p'_{c1}) \quad (3.10)$$

olarak yazılmasını öne sürer. Burada p' hücre basınç doğrulamasıdır.

SIMPLE algoritması hücredeki basınç doğrulaması için bir ayrık denklem elde etmek amacıyla ayrık süreklilik denkleminin içine akı doğrulama denklemlerini yerleştirir.

$$a_p p' = \sum_{nb} a_{nb} p'_{nb} + b \quad (3.11)$$

Buradaki kaynak terimi b , hücredeki net akış oranıdır ve aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$b = \sum_f^{N_{\text{yüzeyler}}} J_f^* A_f \quad (3.12)$$

Basınç doğrulama denklemi cebirsel çok hücreli (AMG) metodu kullanılarak çözülebilir. Çözüm bir kez elde edildiğinde, hücre basıncı ve yüzey akısı

$$p = p^* + \alpha_p p' \quad (3.13)$$

$$J_f = J_f^* + d_f (p'_{c0} - p'_{c1}) \quad (3.14)$$

kullanarak doğrulanır. Burada α_p basınç için rahatlatma faktörüdür. Doğrulanmış yüzey akısı, J_f her bir iterasyon boyunca benzer olarak süreklilik denklemini tamamlar [20].

Denklemdaki taşınımsal terimlerin ayrıştırılması için ikinci dereceden ileri farklar, yayınımsal terimler için ikinci dereceden merkezi farklar yöntemi uygulanmıştır.

Momentum denklemlerindeki basınç gradyanı ikinci dereceden ayrıştırma yöntemi ile çözülmüştür. Yakınsama kriterleri süreklilik, hız ve enerji bileşenleri için 10^{-6} olarak alınmıştır.

3.1.5 Isı Taşınım Katsayısının Hesaplanması

Isı taşınım katsayıları iki farklı yöntem kullanılarak hesaplanmıştır. Bunun nedeni elde edilen taşınım katsayılarının literatürdeki diğer çalışmalarda daha kolay karşılaştırılabilmesidir. İlk olarak logaritmik sıcaklık farkı yöntemi kullanılmıştır. İkinci yöntemde ise serbest akım sıcaklığı akışkanın ısı değiştiricisine giriş sıcaklığı olarak kabul edilmiş ve bu şekilde hesaplanmıştır.

$$q = h_1 \Delta T_{lg} \quad (3.15)$$

Burada ΔT_{lg} ortalama logaritmik sıcaklık farkı olup, aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$\Delta T_{lg} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln(\Delta T_1 / \Delta T_2)} \quad (3.16)$$

$$q = h_2 (T_w - T_\infty) \quad (3.17)$$

Burada q (W/m^2) ısı akısı, h (W/m^2K) ısı taşınım katsayısı, T_w kanat cidar sıcaklığı ve T_∞ serbest akım sıcaklığıdır [21]. Bu değerler sonuç ve değerlendirme kısmında gösterilmiştir.

3.1.6 Boyutsuz Basınç Düşümü Katsayısının Hesaplanması

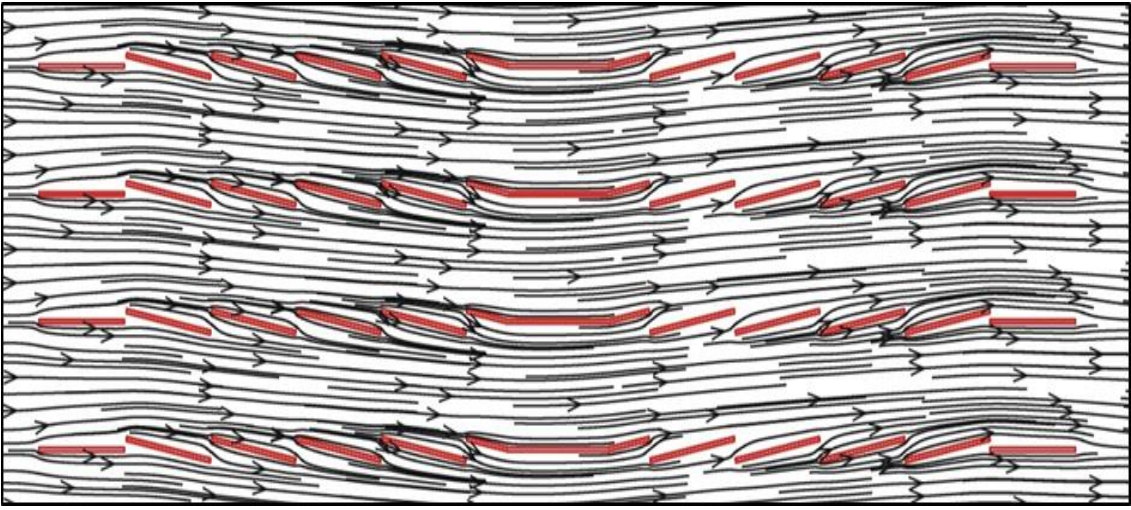
Hidrolik performansı değerlendirmek için boyutsuz basınç düşümü değeri (C_p) kullanılmıştır. Boyutsuz basınç katsayıları panjur açısı ile artarken, aynı zamanda panjur kanat adımının 4 mm'den 2.5 mm'ye düşmesi ile de önemli ölçüde artış göstermiştir.

$$C_p = \frac{\Delta P}{0.5 \rho V^2} \quad (3.18)$$

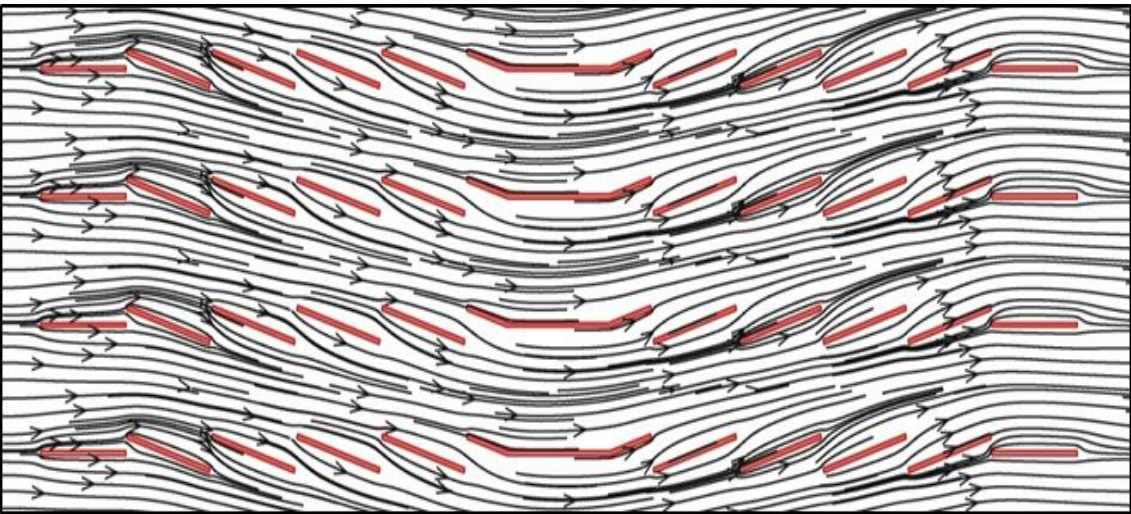
Burada ΔP , ρ , V sırasıyla giriş ve çıkış basınç farkı, havanın ortalama yoğunluğu ve akışkan giriş hızıdır [22]. Bu değerler sonuç ve değerlendirme kısmında gösterilmiş ve farklı kanat adımları için karşılaştırılmıştır.

3.1.7 2B Analiz Sonuçları

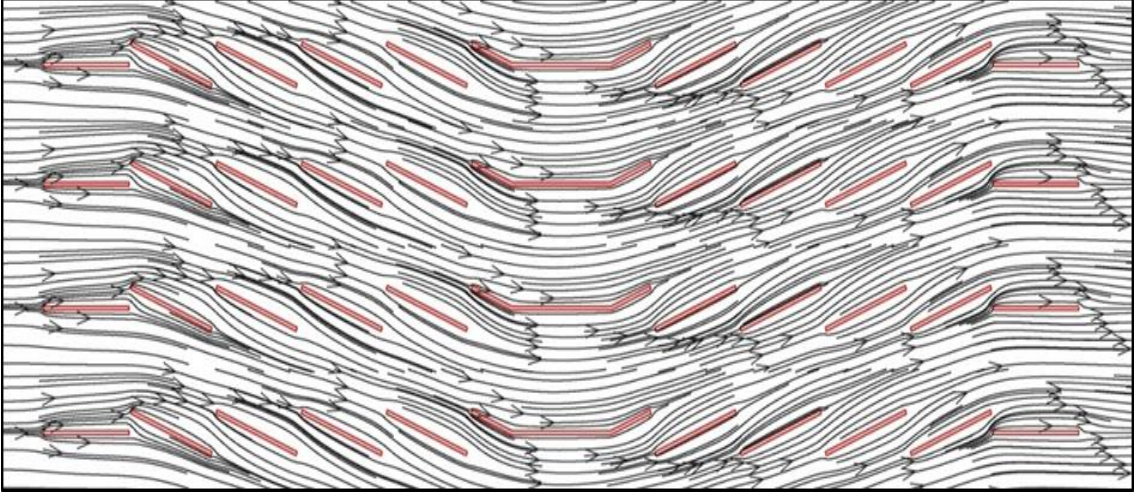
Kanat adımı $F_p=4$ mm, serbest akım hızı $V=1$ m/s değerlerinde, panjur açısının $\beta=10^\circ$, 15° , 20° , 30° ve 40° değerleri için akım çizgileri Şekil 3.3, 3.4, 3.5, 3.6 ve 3.7'de gösterilmiştir. Akım çizgilerinden görüldüğü üzere panjur kanat adımı 4 mm ve 2.5 mm için akış kanat yüzeyini takip edebilmektedir. Panjur açısı $\beta=30^\circ$ ye çıkarıldığında ise giriş ve çıkış panjurlarında akış ayrılmaları meydana gelmiştir. Panjur açısı $\beta=40^\circ$ ye çıkarıldığında da bu akış ayrılmalarının arttığı ve ısıl art izlerinin büyüdüğü görülmüştür. Bu durum ısı transfer katsayısının azalmasına, basınç düşümünün artmasına neden olmuştur.



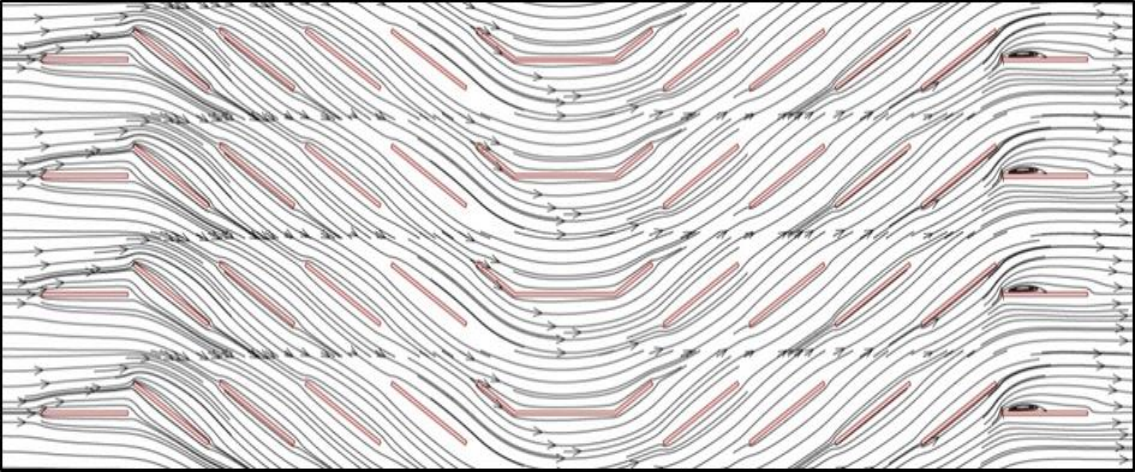
Şekil 3.3 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta=10^\circ$ ve serbest akım hızı $V=1$ m/s için akım çizgileri



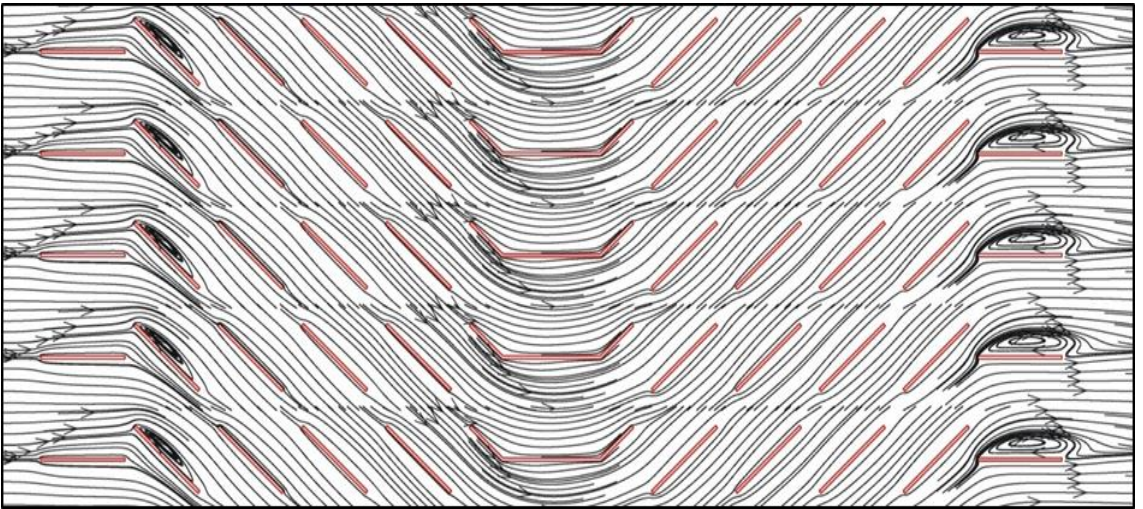
Şekil 3.4 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta=15^\circ$ ve serbest akım hızı $V=1$ m/s için akım çizgileri



Şekil 3.5 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ$ ve serbest akım hızı $V=1$ m/s için akım çizgileri

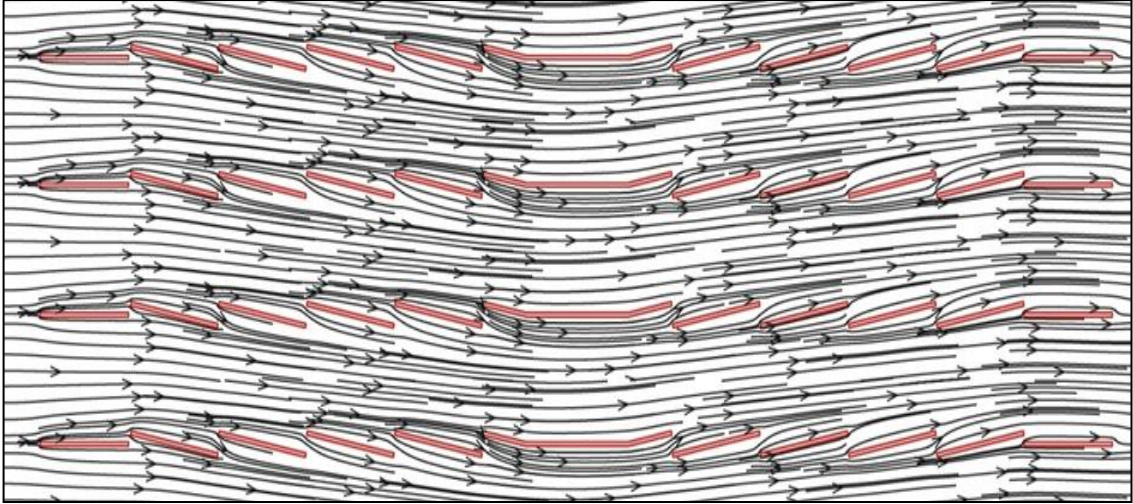


Şekil 3.6 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta=30^\circ$ ve serbest akım hızı $V=1$ m/s için akım çizgileri

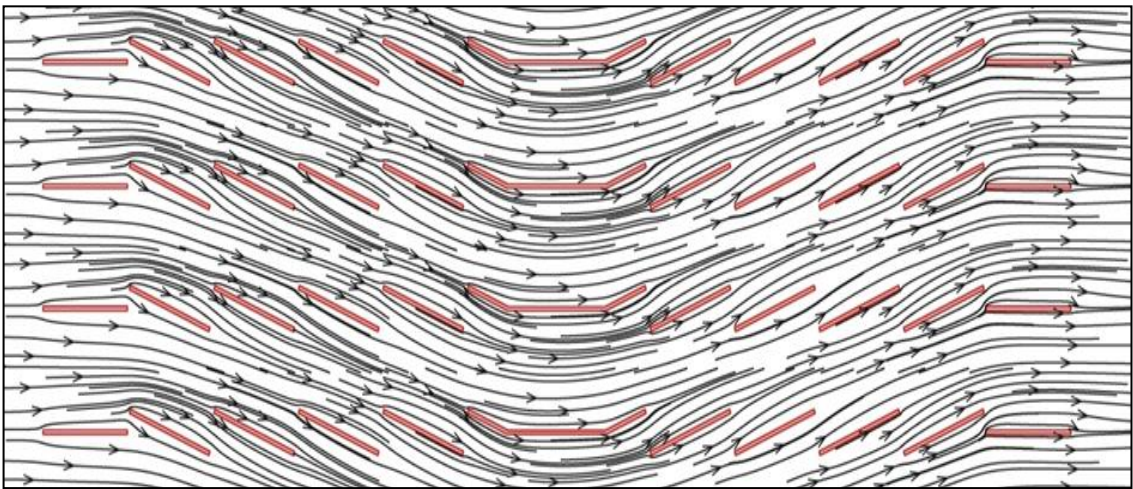


Şekil 3.7 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta=40^\circ$ ve serbest akım hızı $V=1$ m/s için akım çizgileri

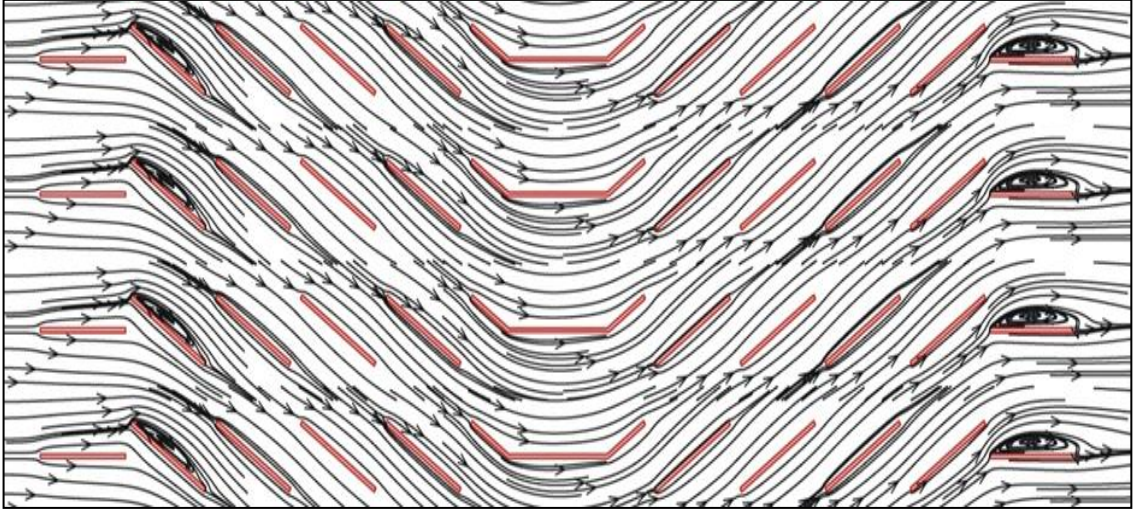
Kanat adımı $F_p=4$ mm, serbest akım hızı $V=1.75$ m/s değerinde, panjur açısının $\beta=10^\circ$, 20° , 30° ve 40° değerleri için akım çizgileri Şekil 3.8, 3.9, 3.10 ve 3.11'de gösterilmiştir. Akım çizgilerinden görüldüğü üzere akış kanat yüzeyini takip edebilmektedir. Yine panjur açısı $\beta=30^\circ$ ye çıkarıldığında ise giriş ve çıkış panjurlarında akış ayrılmaları meydana gelmiştir. Fakat hızın artmasıyla birlikte oluşan akış ayrılmalarında artış olduğu görülmektedir. Aynı şekilde panjur açısı $\beta=40^\circ$ ye çıkarıldığında da bu akış ayrılmalarının arttığı ve ısıl art izlerinin büyüdüğü görülmüştür. Bu durum ısı transfer katsayısının azalmasına, basınç düşümünün artmasına neden olmuştur. $\beta=40^\circ$ panjur açısıyla birlikte yönlendirici panjurun alt bölgelerinde de akış ayrılmaları başlamıştır. Hızın artışı bu durumdaki akış ayrılmalarını da gözle görülür derecede artırmıştır.



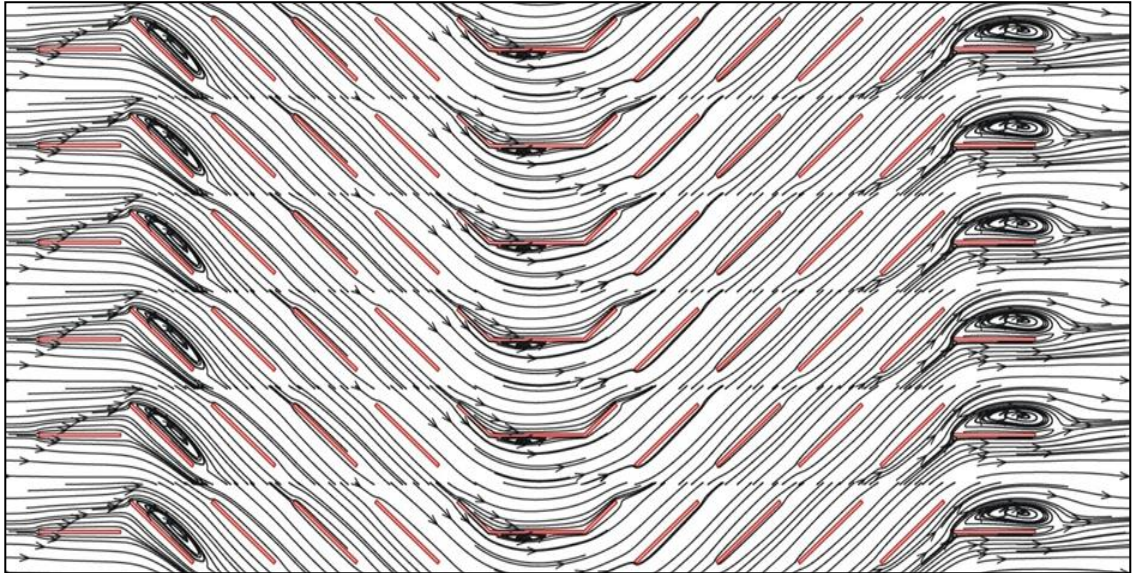
Şekil 3.8 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta =10^\circ$ ve serbest akım hızı $V=1.75$ m/s için akım çizgileri



Şekil 3.9 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta =20^\circ$ ve serbest akım hızı $V=1.75$ m/s için akım çizgileri

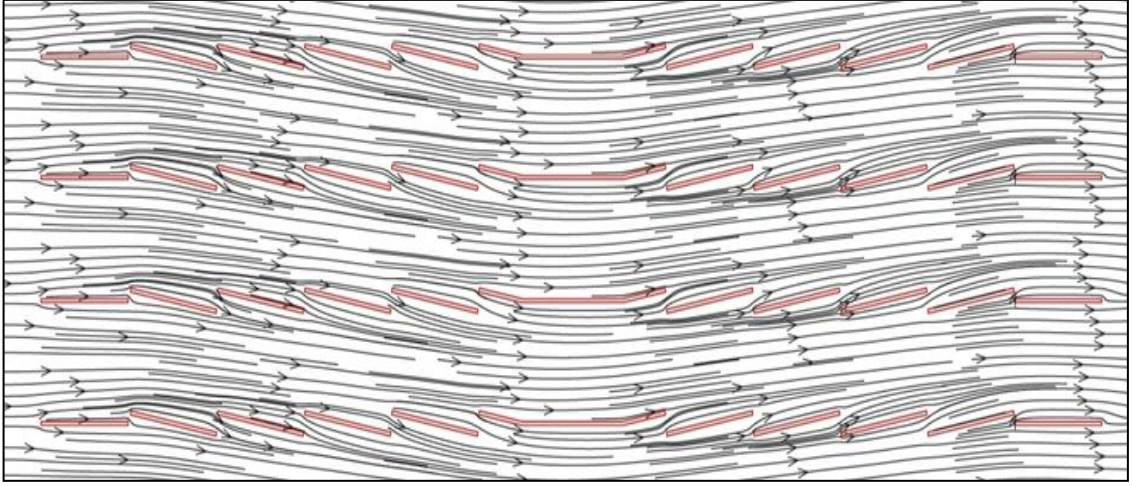


Şekil 3.10 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta =30^\circ$ ve serbest akım hızı $V=1.75$ m/s için akım çizgileri

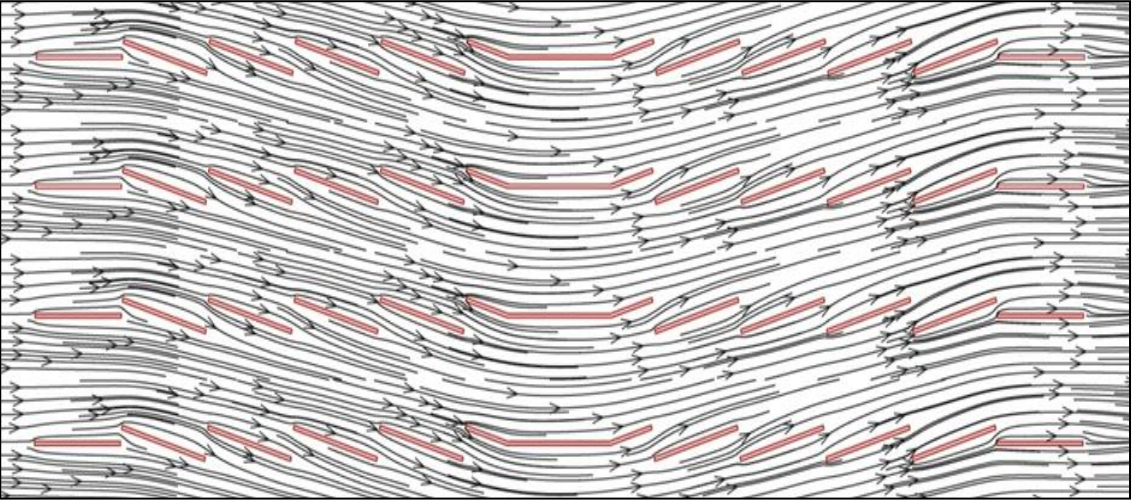


Şekil 3.11 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta =40^\circ$ ve serbest akım hızı $V=1.75$ m/s için akım çizgileri

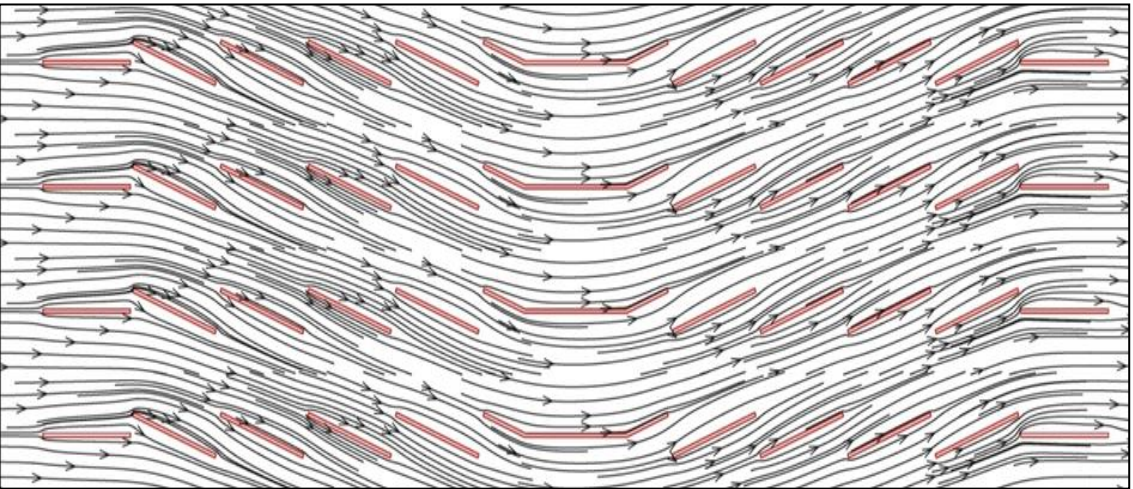
Kanat adımı $F_p=4$ mm, serbest akım hızı $V=2.5$ m/s değerinde, panjur açısının $\beta=10^\circ$, 15° , 20° , 30° ve 40° değerleri için akım çizgileri Şekil 3.12, 3.13, 3.14, 3.15 ve 3.16'da gösterilmiştir. Akım çizgilerinden görüldüğü üzere akış kanat yüzeyini takip edebilmektedir. Yine panjur açısı $\beta=30^\circ$ ye çıkarıldığında ise giriş ve çıkış panjurlarında akış ayrılmaları meydana gelmiştir. Fakat hızın artmasıyla birlikte oluşan akış ayrılmaları diğer hız değerlerine göre daha fazla artış göstermiştir. $\beta=40^\circ$ panjur açısıyla birlikte yönlendirici panjurun alt bölgelerinde de akış ayrılmalarının arttığı gözlenmiştir. Hızın artışı bu durumdaki akış ayrılmalarını da göze görülür derecede artırmıştır.



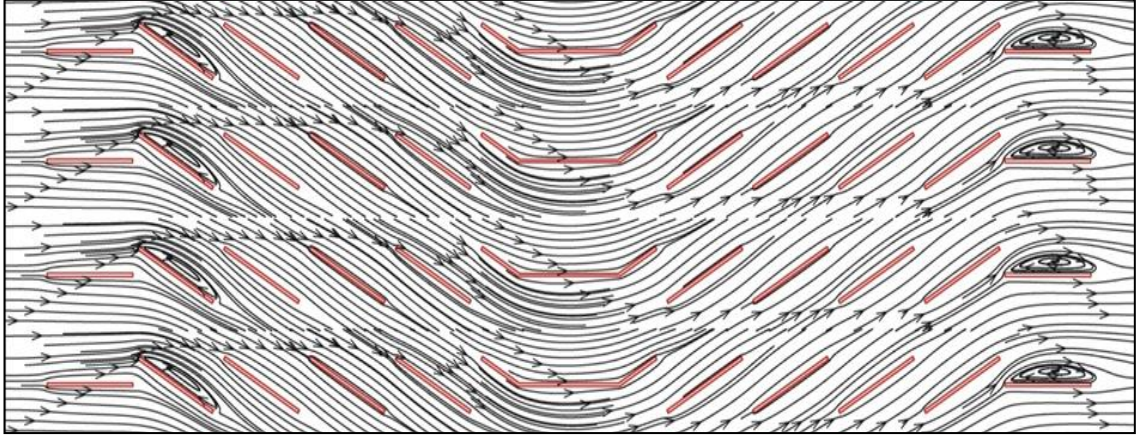
Şekil 3.12 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta =10^\circ$ ve serbest akım hızı $V=2.5$ m/s için akım çizgileri



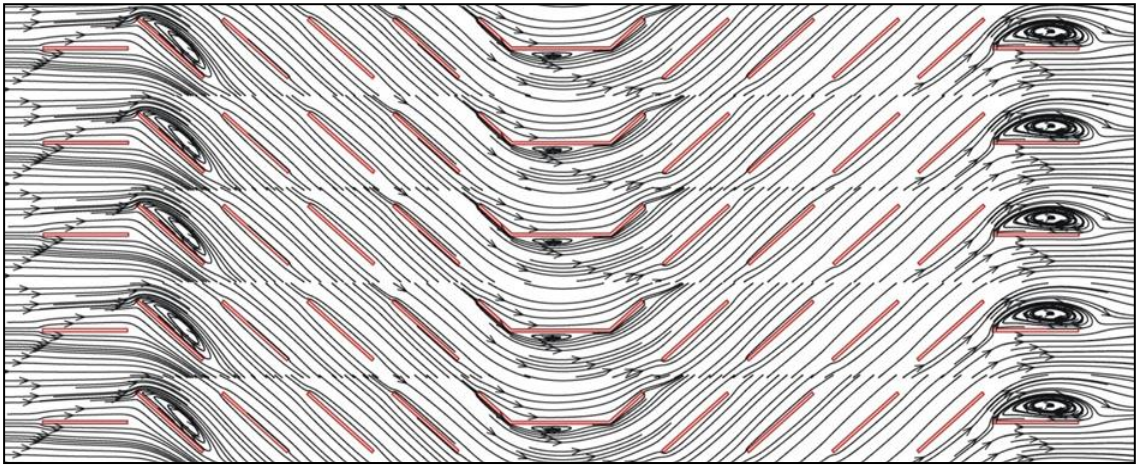
Şekil 3.13 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta =15^\circ$ ve serbest akım hızı $V=2.5$ m/s için akım çizgileri



Şekil 3.14 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta =20^\circ$ ve serbest akım hızı $V=2.5$ m/s için akım çizgileri

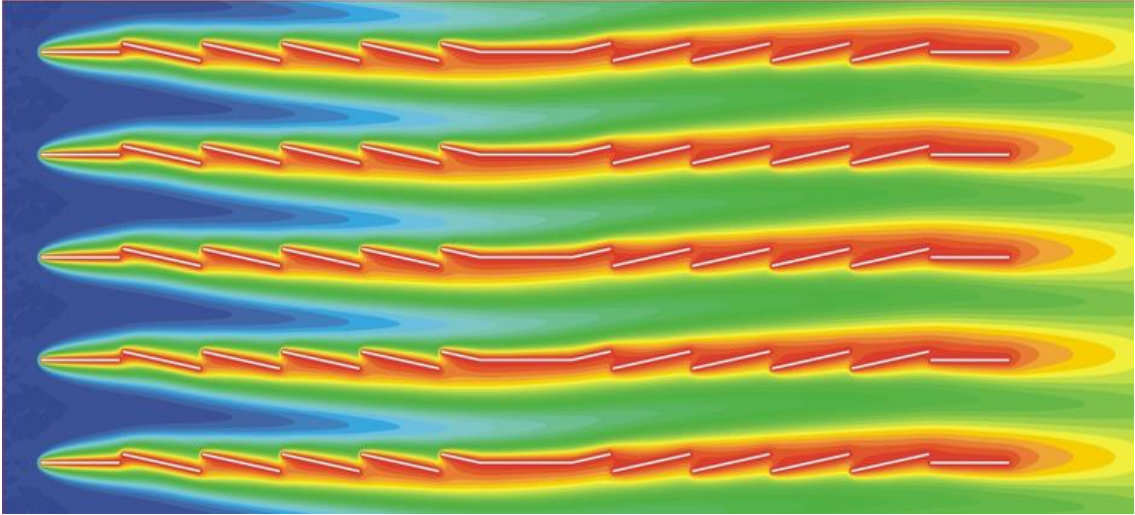


Şekil 3.15 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta=30^\circ$ ve serbest akım hızı $V=2.5$ m/s için akım çizgileri

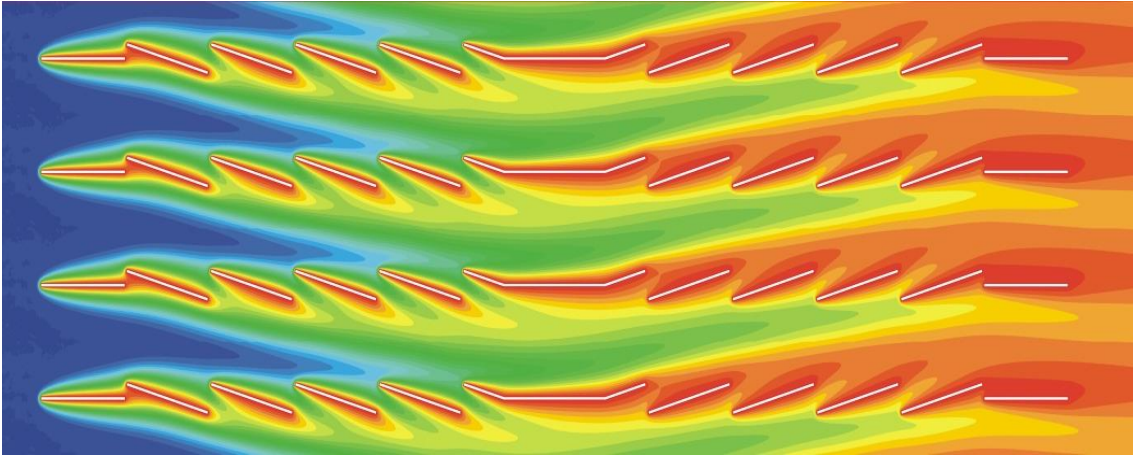


Şekil 3.16 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta=40^\circ$ ve serbest akım hızı $V=2.5$ m/s için akım çizgileri

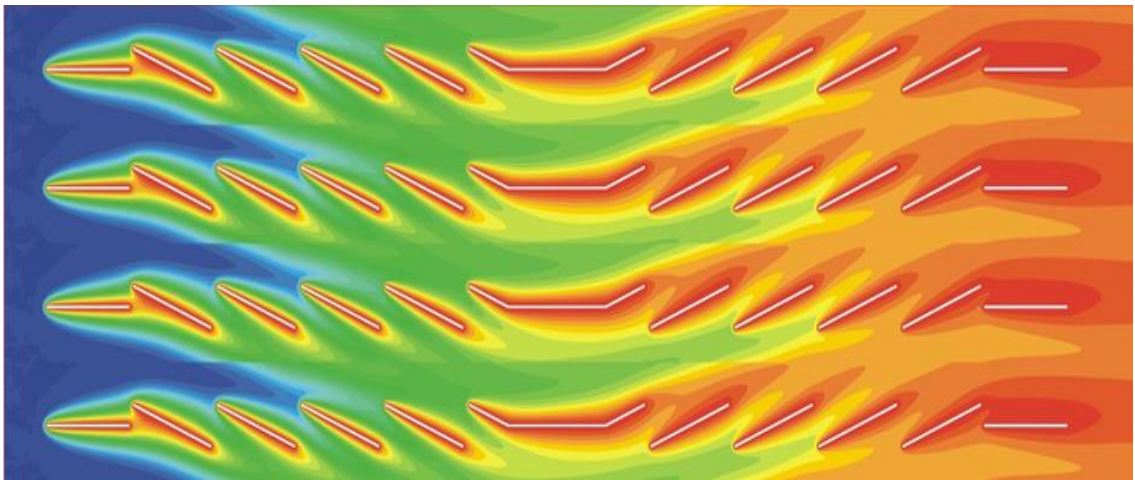
Kanat adımı $F_p=4$ mm, serbest akım hızı $V=1$ m/s değerinde, panjur açısının $\beta=10^\circ$, 15° , 20° , 30° ve 40° değerleri için sıcaklık eş düzey eğrileri Şekil 3.17, 3.18, 3.19, 3.20 ve 3.21'de verilmiştir. Kanat adımı $F_p=4$ mm, serbest akım hızı $V=1.75$ m/s değerinde, panjur açısının $\beta=10^\circ$, 15° , 30° ve 40° değerleri için sıcaklık eş düzey eğrileri Şekil 3.22, 3.23, 3.24 ve 3.25'de verilmiştir. Kanat adımı $F_p=4$ mm, serbest akım hızı $V=2.5$ m/s değerinde, panjur açısının $\beta=10^\circ$, 15° , 20° , 30° ve 40° değerleri için sıcaklık eş düzey eğrileri Şekil 3.26, 3.27, 3.28, 3.29 ve 3.30'de verilmiştir. Sıcaklık eş düzey eğrilerine baktığımızda panjur açısı $\beta=30^\circ$ 'ye çıkarıldığında giriş ve çıkış panjurlarında akış ayrılmaları meydana geldiğinden, bu bölgelerde sıcak akışkan bölgelerinin oluştuğu görülmüştür. Bu bölgeler ısı art izi olarak adlandırılabilir. Isıl art izi oluşan bölgelerde ısı transfer katsayısında azalma gözlenir.



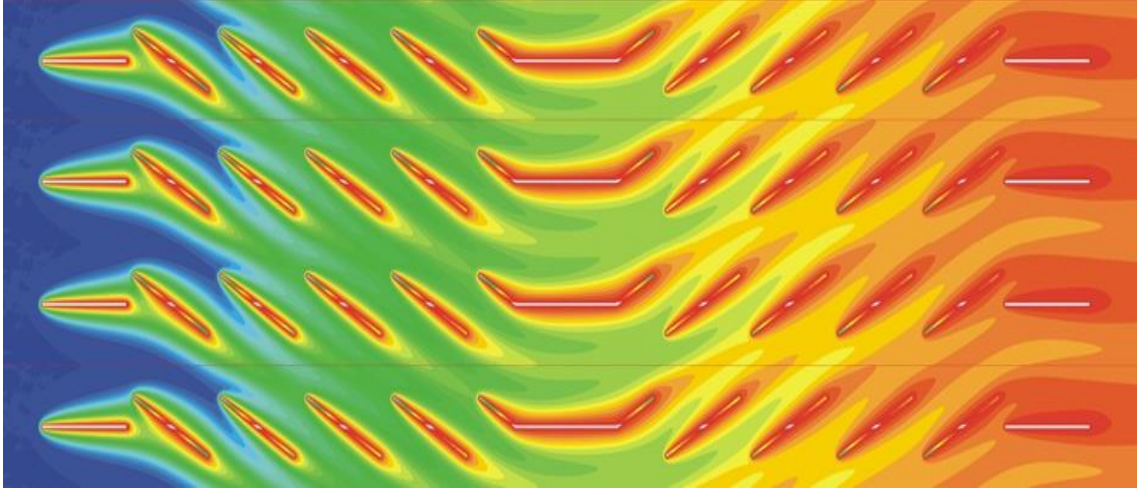
Şekil 3.17 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta =10^\circ$ ve serbest akım hızı $V=1$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri



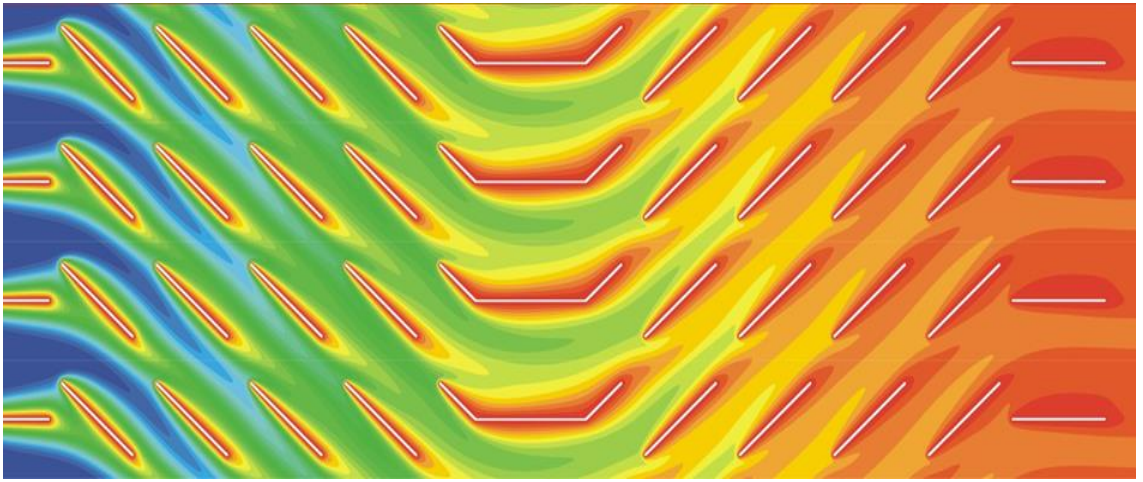
Şekil 3.18 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta =15^\circ$ ve serbest akım hızı $V=1$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri



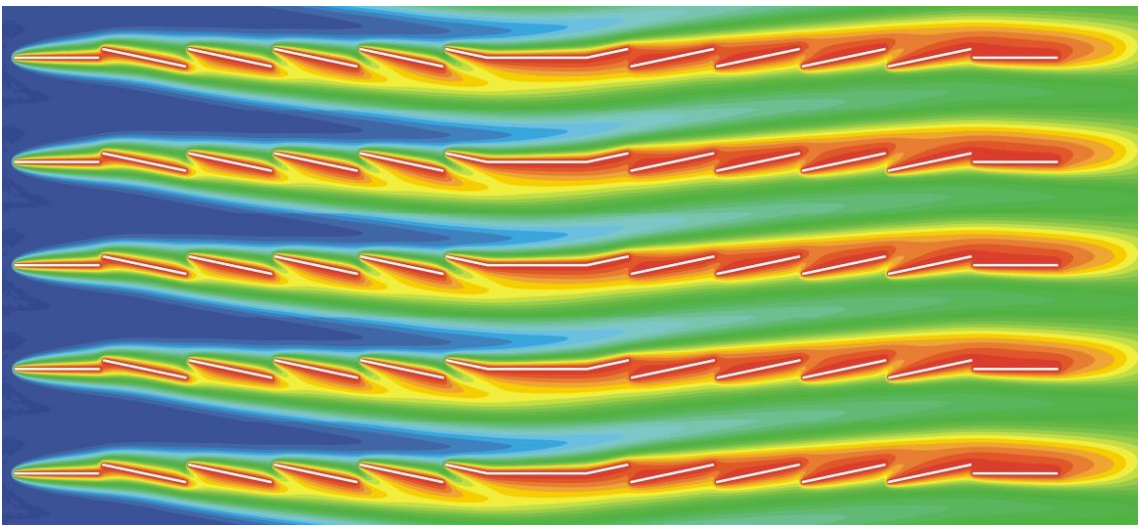
Şekil 3.19 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta =20^\circ$ ve serbest akım hızı $V=1$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri



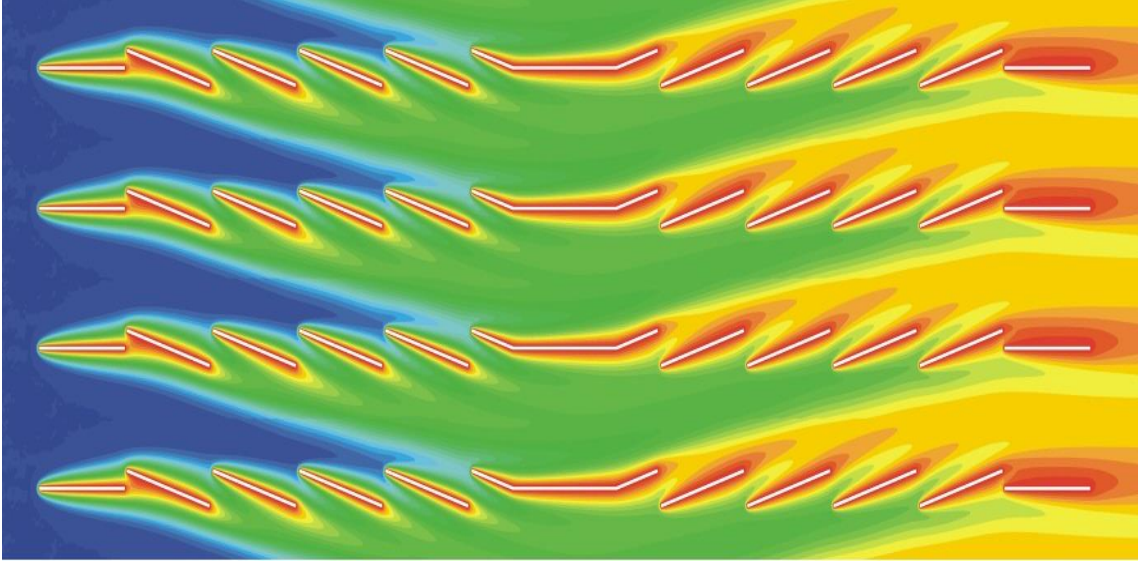
Şekil 3.20 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta =30^\circ$ ve serbest akım hızı $V=1$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri



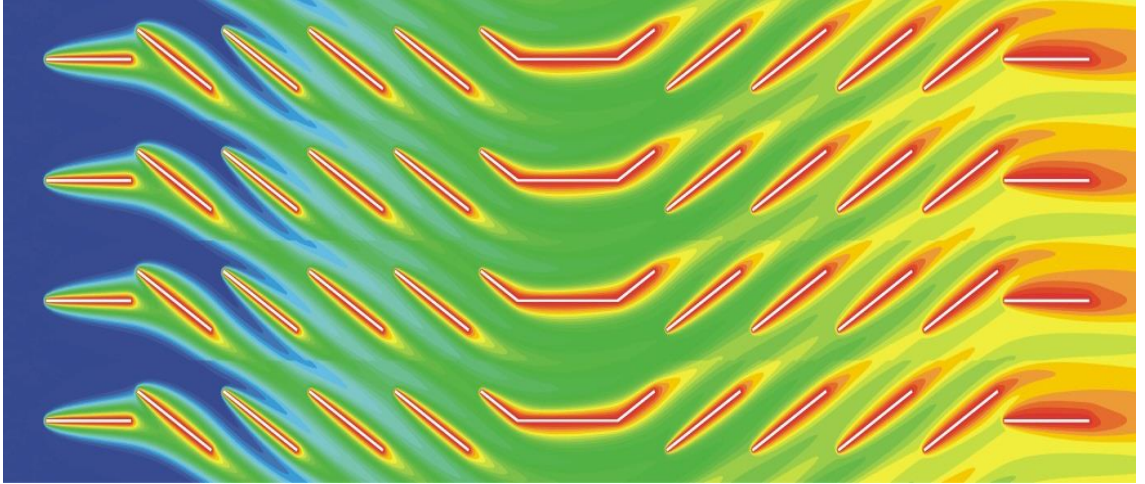
Şekil 3.21 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta =40^\circ$ ve serbest akım hızı $V=1$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri



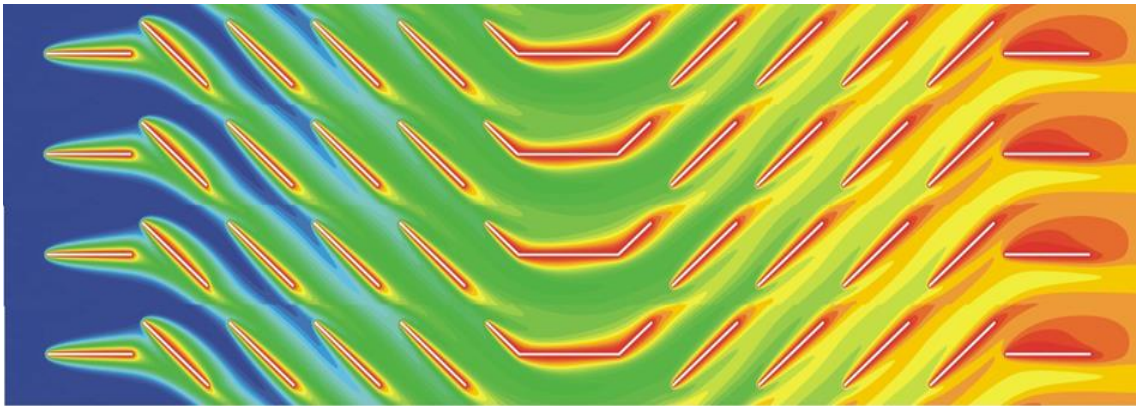
Şekil 3.22 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta =10^\circ$ ve serbest akım hızı $V=1.75$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri



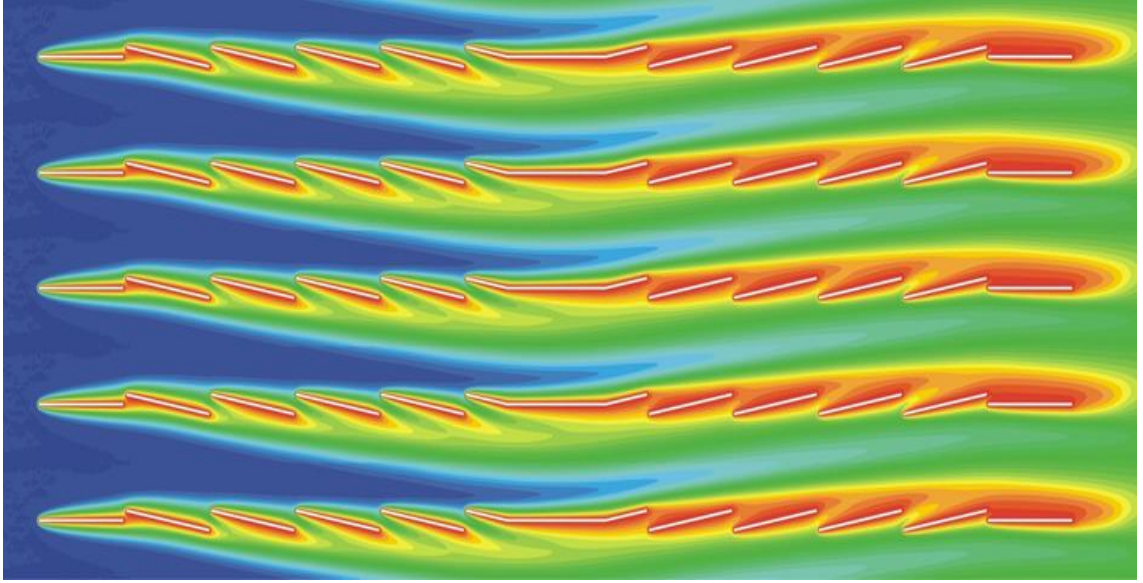
Şekil 3.23 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta =15^\circ$ ve serbest akım hızı $V=1.75$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri



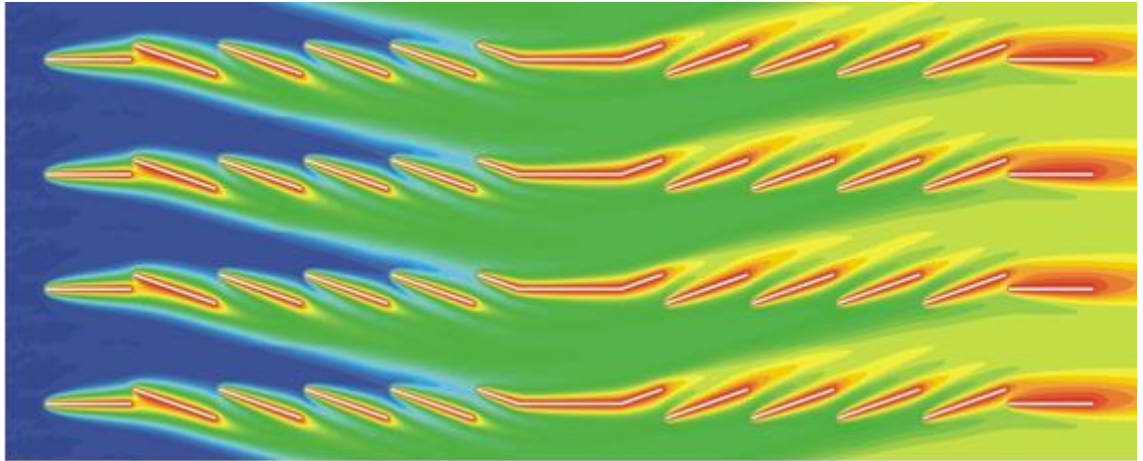
Şekil 3.24 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta =30^\circ$ ve serbest akım hızı $V=1.75$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri



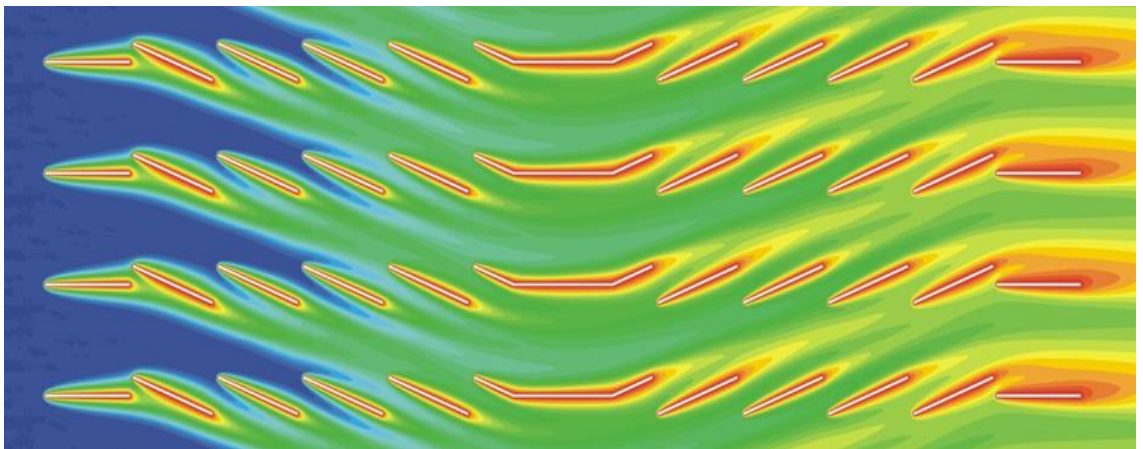
Şekil 3.25 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta =40^\circ$ ve serbest akım hızı $V=1.75$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri



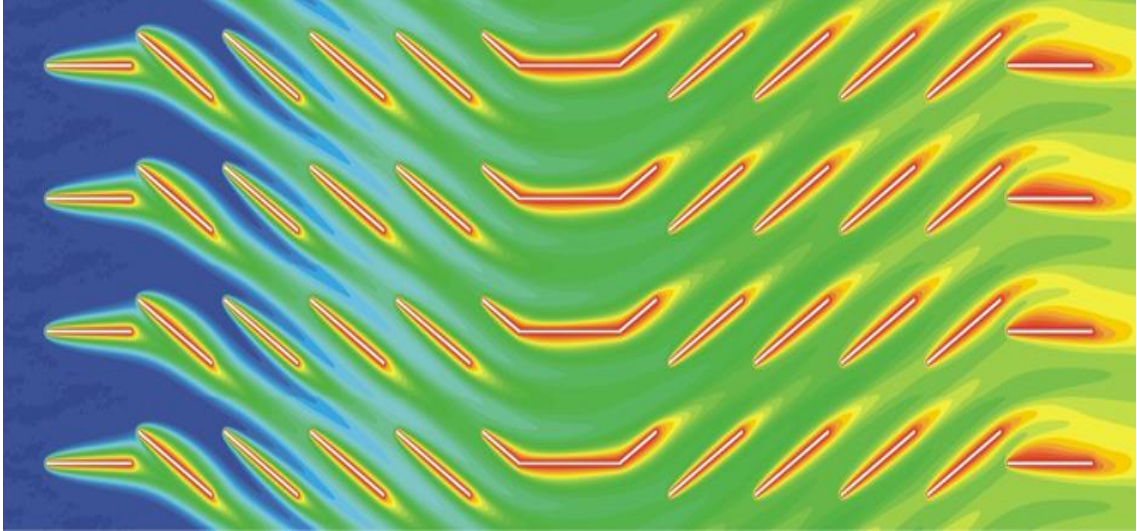
Şekil 3.26 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta =10^\circ$ ve serbest akım hızı $V=2.5$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri



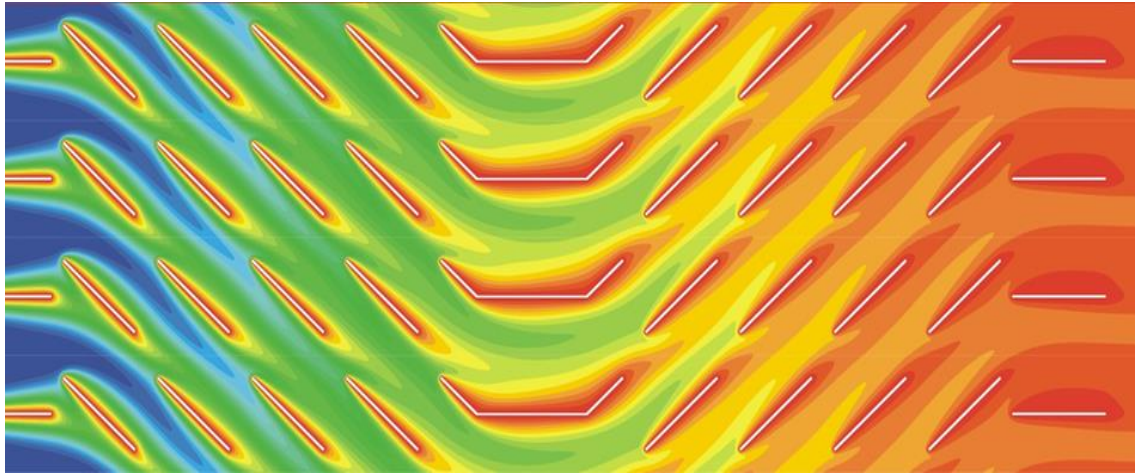
Şekil 3.27 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta =15^\circ$ ve serbest akım hızı $V=2.5$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri



Şekil 3.28 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta =20^\circ$ ve serbest akım hızı $V=2.5$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri

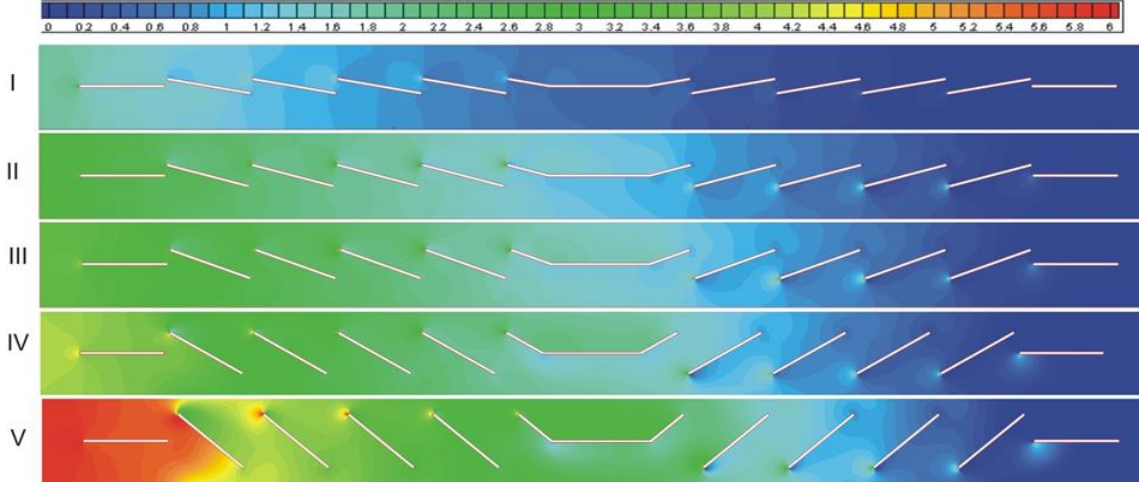


Şekil 3.29 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta =30^\circ$ ve serbest akım hızı $V=2.5$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri

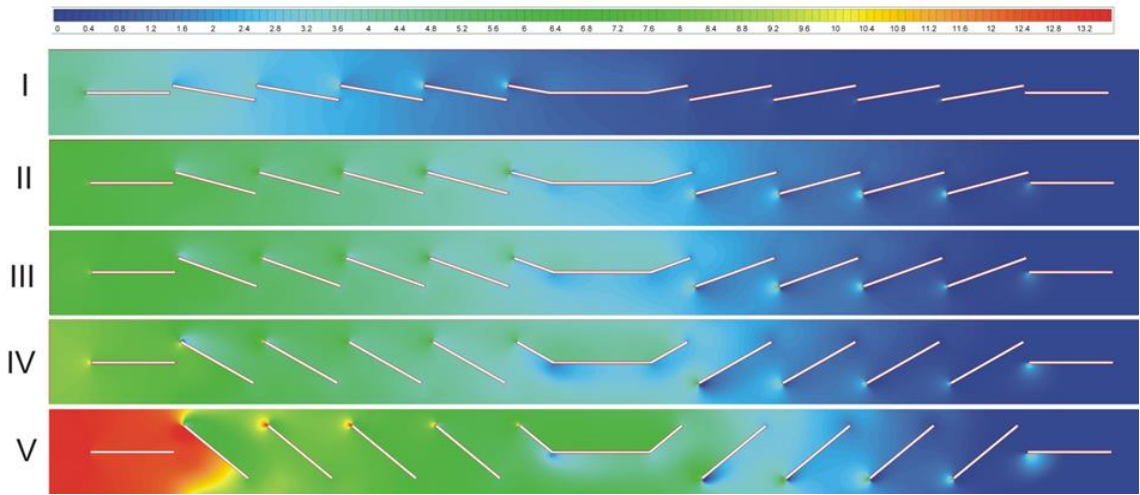


Şekil 3.30 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı $\beta =40^\circ$ ve serbest akım hızı $V=2.5$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri

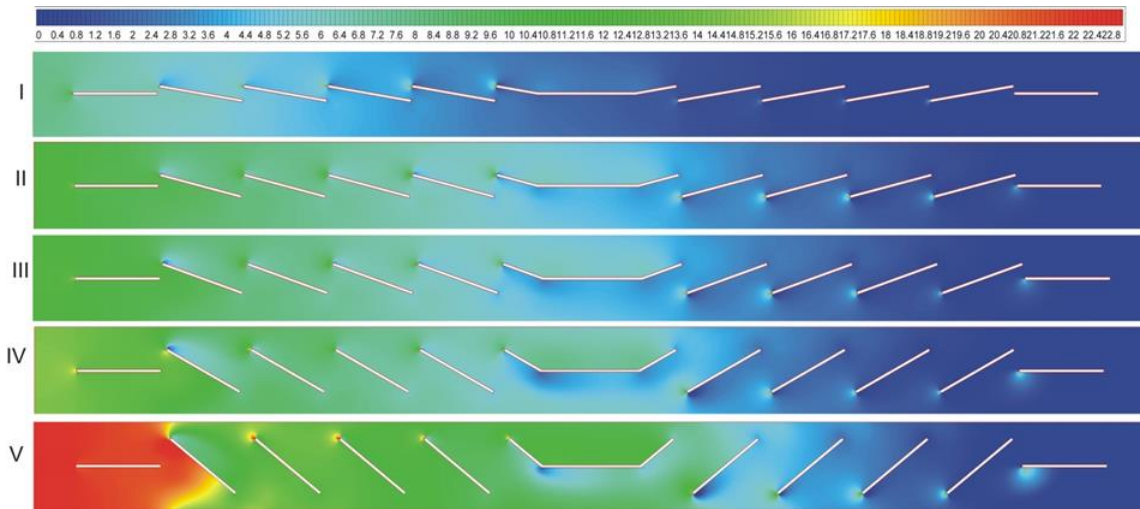
Kanat adımı $F_p=4$ mm, serbest akım hızı $V=1$ m/s değerlerinde, panjur açısının $\beta=10^\circ$, 15° , 20° , 30° ve 40° değerleri için basınç eş düzey eğrileri Şekil 3.31'de verilmiştir. Kanat adımı $F_p=4$ mm, serbest akım hızı $V=1.75$ m/s değerinde, panjur açısının $\beta=10^\circ$, 15° , 20° , 30° ve 40° değerleri için Şekil 3.32'de verilmiştir. Kanat adımı $F_p=4$ mm, serbest akım hızı $V=2.5$ m/s değerinde, panjur açısının $\beta=10^\circ$, 15° , 20° , 30° ve 40° değerleri için Şekil 3.33'de verilmiştir. Basınç eş düzey eğrilerine bakıldığında panjur açısı arttığında basınç düşümünün arttığı ve ısı art izi bölgelerinde basınç düşümünün yüksek olduğu görülmüştür. Hız değerleri 1.75 m/s ve 2.5 m/s'ye yükseldiğinde basınç düşüm değerleri her bir açı değeri için önemli ölçüde artmıştır.



Şekil 3.31 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı (I) $\beta=10^\circ$, (II) $\beta=15^\circ$, (III) $\beta=20^\circ$, (IV) $\beta=30^\circ$, (V) $\beta=40^\circ$ ve serbest akım hızı $V=1$ m/s için basınç eş düzey eğrileri



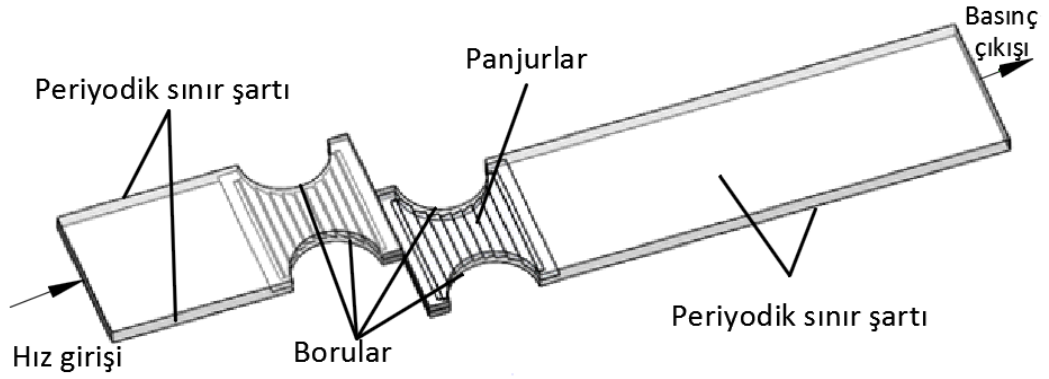
Şekil 3.32 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı açısı (I) $\beta=10^\circ$, (II) $\beta=15^\circ$, (III) $\beta=20^\circ$, (IV) $\beta=30^\circ$, (V) $\beta=40^\circ$ ve serbest akım hızı $V=1.75$ m/s için basınç eş düzey eğrileri



Şekil 3.33 Kanat adımı $F_p=4$ mm, panjur açısı açısı (I) $\beta=10^\circ$, (II) $\beta=15^\circ$, (III) $\beta=20^\circ$, (IV) $\beta=30^\circ$, (V) $\beta=40^\circ$ ve serbest akım hızı $V=2.5$ m/s için basınç eş düzey eğrileri

3.2 3B Çalışmalar

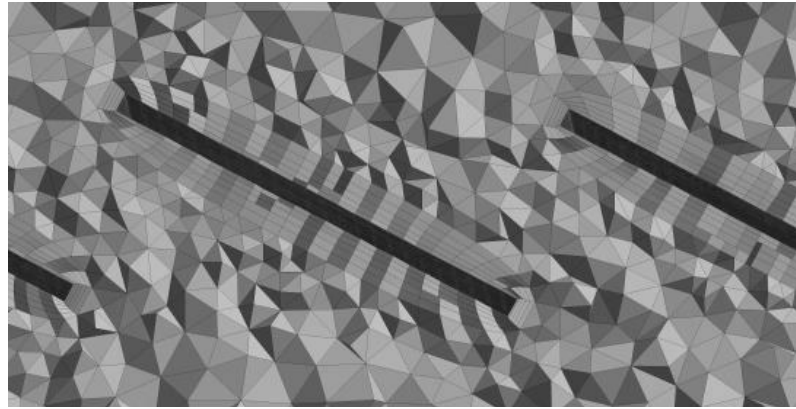
Panjur kanatlı ısı değiştiricisinde kanat adımı $F_p=2$ mm, 3mm ve 6mm için panjur açısı $\beta=20^\circ$, 30° ve 40° ve panjurların kalınlığı $t_f=0.075$ mm için çalışma hızları $V=1$ m/s, 1.5 m/s ve 2.5 m/s için üç boyutlu sayısal çalışma gerçekleştirilmiştir. Akışın üç boyutlu etkisi ve ısı değiştiricisinde boruların akışı bozma etkisi de dikkate alınmıştır. Çalışmalarda FLUENT 16 paket yazılımı kullanılmıştır.



Şekil 3.34 3B akış alanı ve sınır şartları

3.2.1 Ağ Yapısının Oluşturulması

Ağ oluşturma sırasında ağ yapılarının kalitesi dikkate alınmıştır. Bütün durumlar için sonuçların ağ sayısından bağımsızlığı kontrol edilmiştir. Sonuçların ağ yapısından bağımsızlığını kontrol etmek için Colburn faktörü j ve boyutsuz sürtünme faktörü f sonuçları dikkate alınmıştır ve %2'lik fark elde edilinceye kadar ağ sayıları değiştirilmiştir.



Şekil 3.35 Ağ yapısının genel görünümü

3.2.2 Sınır Şartları ve Çözüm Metodu

Giriş kısmında üniform olarak x doğrultusunda $V=1$ m/s, 1.5 m/s ve 2.5 m/s hava girişi sağlanmış ve hava sıcaklığı 27°C olarak ayarlanmıştır. Çıkışta gösterge basıncı 0 Pa olarak ayarlanmıştır. Boru ve panjur kanat yüzeylerine 50°C sabit yüzey sıcaklığı ve kaymama sınır koşulu tanımlanmıştır. Girişte türbülans yoğunluğu %5 olarak kabul edilmiştir.

Akış sürekli ve türbülanslı kabul edilmiş ve üç boyutlu türbülanslı akış bölgesini çözmek için standart k- ϵ türbülans modeli kullanılmış, kanat ve boru yüzeyindeki laminer bölgeyi hassas bir şekilde dikkate alabilmek için duvar fonksiyonlarından Enhance Wall Treatment kullanılmıştır. Boyutsuz duvar uzaklık katsayısı y^+ değeri aşağıdaki gibi hesaplanabilir [20]:

$$y^+ = \frac{yU_{\tau}}{\nu} \quad (3.19)$$

Buradaki boyutsuz hız parametresi aşağıdaki gibidir:

$$U_{\tau} = \sqrt{\frac{\tau_d}{\rho}} \quad (3.20)$$

Buradaki duvar kayma gerilmesi yüzey sürtünme faktörüne bağlıdır ve aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$\tau_d = \frac{1}{2} C_f \rho U_{\infty}^2 \quad (3.21)$$

Kanat ve boru üzerinde birinci ağ tabakasında $y^+ < 1$ olarak elde edilmiştir. Akış alanının karmaşık olmasından dolayı üçgenel ağ elemanları kullanılmıştır. Çözüm bölgesi giriş, kanat bölgesi ve çıkış bölgesi olmak üzere daha hassas çözüm yapabilmek için üç bölgeye ayrılmıştır. Kanat bölgesinde daha çok sayıda eleman kullanılmıştır. Akış bölgesinin üst-alt kısımlarına ve yan taraflarına periyodik sınır şartları uygulanmıştır.

Navier-Stokes denklemlerini çözmek için çifte hassasiyetli çözücü kullanılmıştır. Hız-basınç ilişkisi için SIMPLE algoritması uygulanmıştır. Denklemdaki taşınımsal terimlerin ayrıştırılması için ikinci dereceden ileri farklar yayınsal terimler için ikinci dereceden merkezi farklar yöntemi uygulanmıştır.

Momentum denklemlerindeki basınç gradyanı ikinci dereceden ayrıştırma yöntemi ile çözülmüştür. Yakınsama kriterleri süreklilik, hız ve enerji bileşenleri için 10^{-6} olarak alınmıştır. Havanın termo-fiziksel özellikleri ortalama sıcaklık değerlerine göre sabit olarak kabul edilmiştir:

$$c_p=1,00643 \text{ (kJ/kgK)}, \mu=0.000017894 \text{ (kg/ms)}, \rho=1.225 \text{ (kg/m}^3\text{)}, k= 0,0242 \text{ (W/mK)}$$

3.2.3 Verilerin Değerlendirilmesi

Kanatlı-borulu ısı değıştiricilerinde performans parametreleri geometriye ve akış koşullarına bağlıdır.

Reynolds sayısının ve diğere parametrelerin tanımı aşığıdaki gibi verilmiştir.

$$Re = \frac{\rho U H}{\mu} \quad (3.22)$$

Burada U havanın hızı, μ havanın dinamik viskozitesi, ρ havanın yoğunluğu ve H kanat adımıdır.

Isı taşınım katsayısı aşığıdaki gibi hesaplanabilir:

$$h = \frac{Q}{A \Delta T} \quad (3.23)$$

Burada Q ısı transfer oranı, A toplam yüzey alanı ve ΔT sıcaklık farkıdır.

Colburn j faktörü ve yüzey sürtünme faktörü f aşığıdaki denklemlerle hesaplanabilir:

$$j = \frac{Nu}{Re Pr^{2/3}} = \frac{h}{\rho U c_p} Pr^{2/3} \quad (3.24)$$

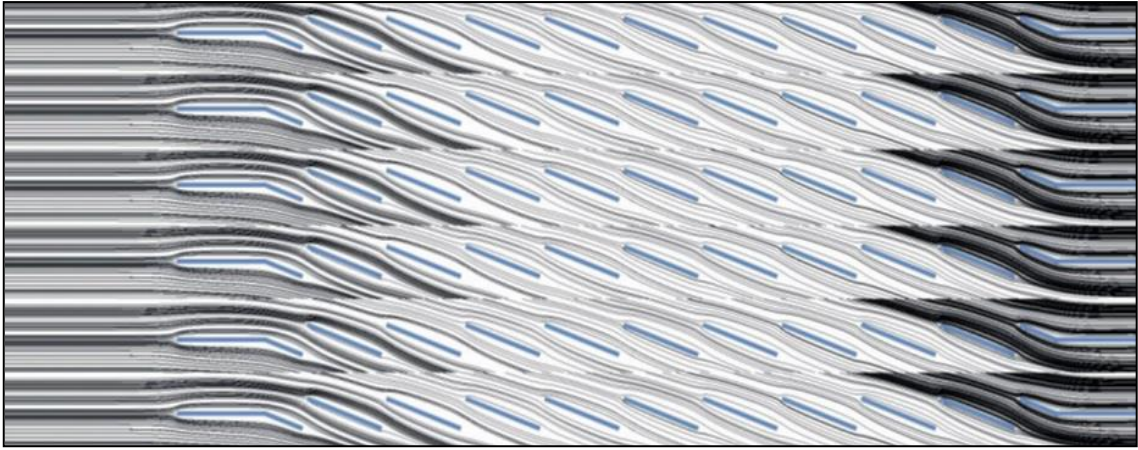
$$f = \frac{\Delta P}{0.5 \rho U^2} \frac{H}{L} \quad (3.25)$$

3.2.4 3B Sonuçların Yorumlanması

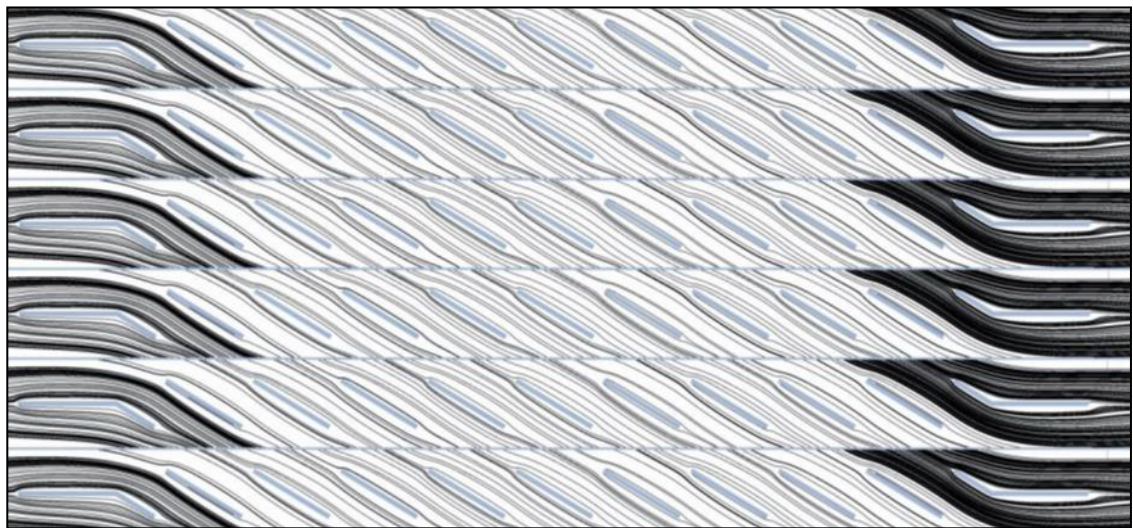
Akış görselleştirme panjur kanatlı ısı değıştiricilerinin ısıl-hidrolik performansının iyileştirilmesi ve değerlendirilmesi için oldukça önemlidir. Akış yapısının bütünü anlayabilmek, problemin çözümünde daha etkin bir görüş sağlar. Bu nedenle panjur

kanatların farklı düzlemlerinde ve bölgelerinde akım çizgileri, hız vektörleri, eş düzey sıcaklık eğrileri elde edilip gösterilmiştir.

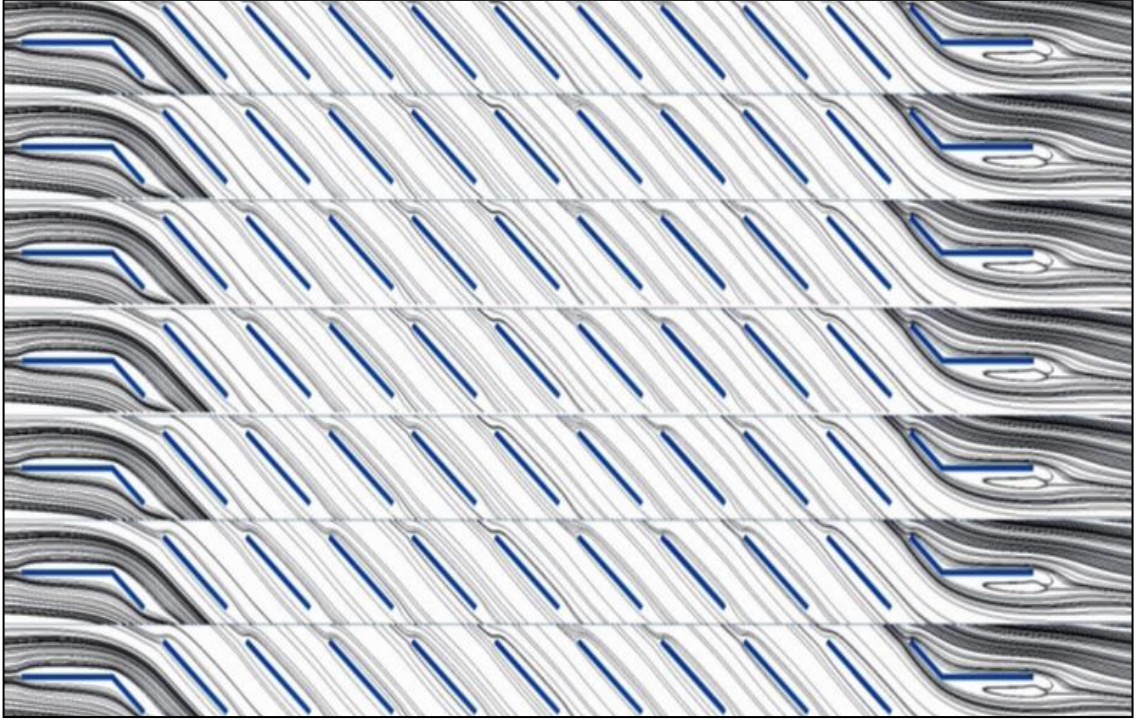
Kanat adımı $F_p=2$ mm ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için, Şekil 3.36, 3.37 ve 3.38'de sırası ile panjur açısı $\beta=20^\circ$, 30° ve 40° için akım çizgileri görülmektedir. Akım çizgilerinden görüldüğü üzere akış bütün kanat açılarında panjurları rahatlıkla takip edebilmektedir. Panjur kanat açısının 40° olduğu durumda, son sırada bulunan çıkış panjurunda akış ayrılması meydana gelmiş ve akım çizgileri büyük bir ayrılma baloncuğu oluşturmuştur. Bu durum akışın çok fazla saptırılıp çıkış bölgesinde panjuru takip edememesinden kaynaklanmaktadır. Aynı zamanda bu durum fazladan basınç düşümü oluştururken o bölgede taşınım ile ısı transferini azaltıcı etkiye de sahiptir.



Şekil 3.36 Kanat adımı $F_p=2$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için akım çizgileri

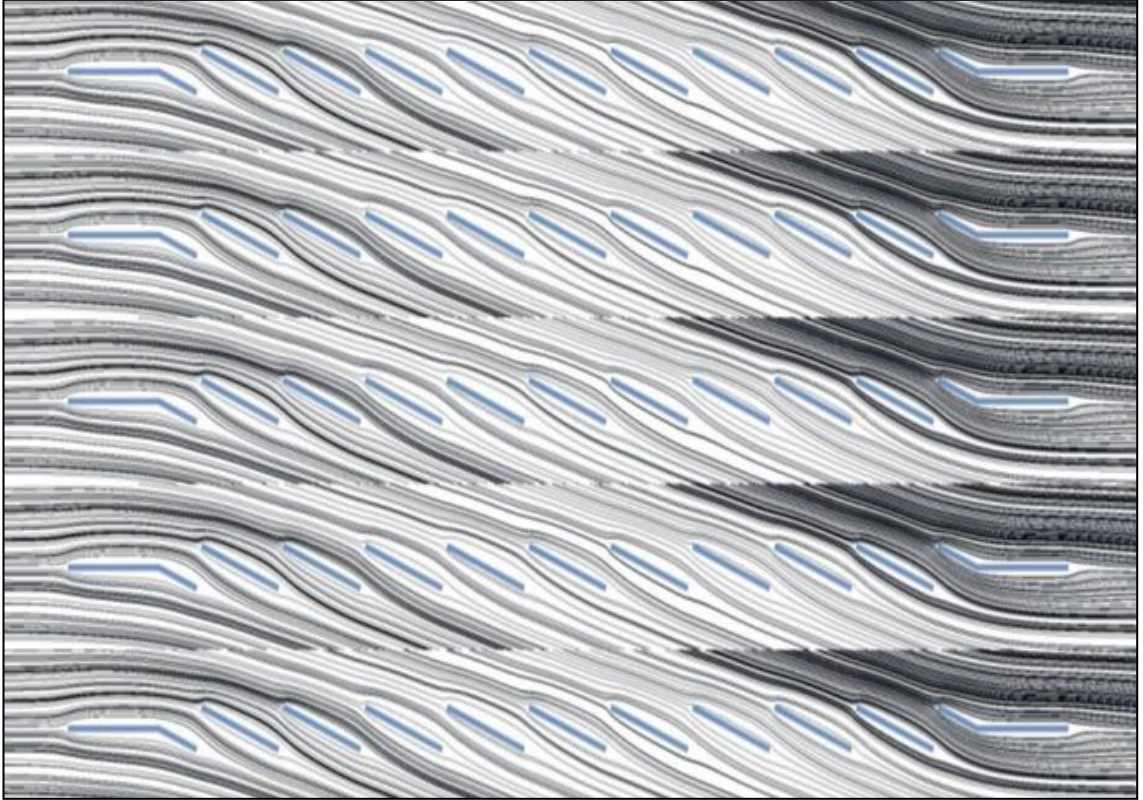


Şekil 3.37 Kanat adımı $F_p=2$ mm, panjur açısı $\beta=30^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için akım çizgileri

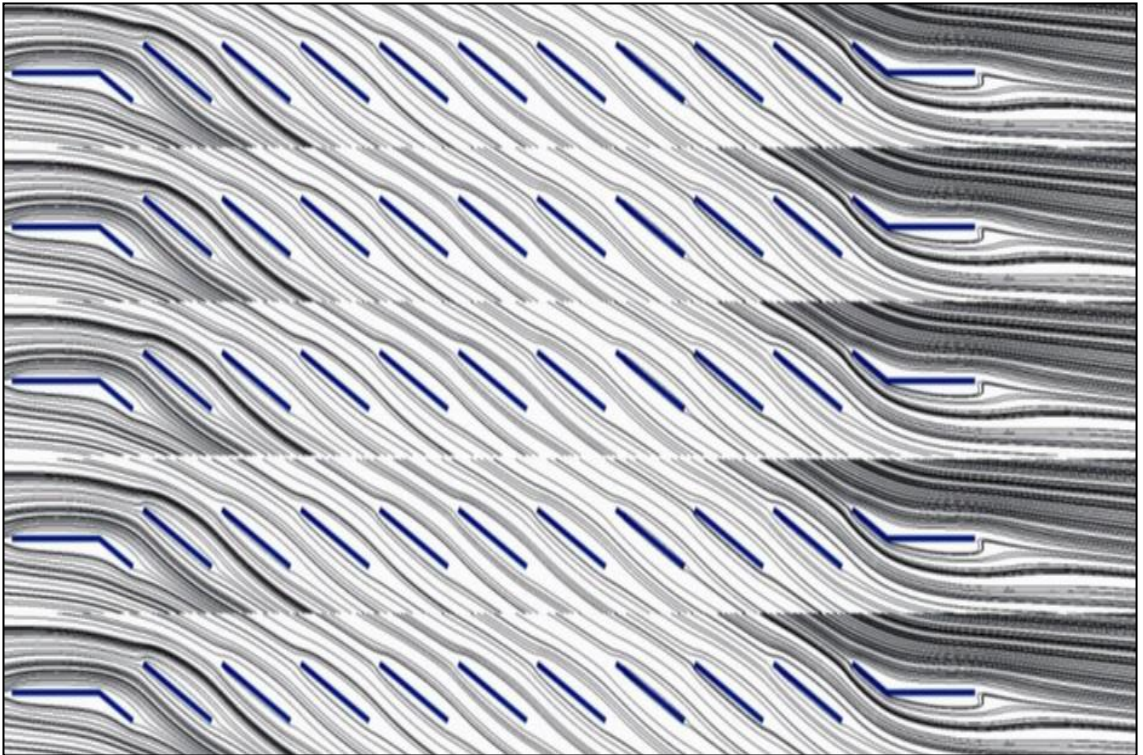


Şekil 3.38 Kanat adımı $F_p=2$ mm, panjur açısı $\beta=40^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için akım çizgileri

Kanat adımının artırılması akış yapısı üzerinde gözle görülebilir etkilere neden olmaktadır. Kanat adımı $F_p=3$ mm ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için, Şekil 3.39, 3.40 ve 3.41'de sırası ile panjur açısı $\beta=20^\circ$, 30° ve 40° için akım çizgileri gösterilmiştir. Akışın panjurları takip edebilme özelliğinde azalma olmamış, fakat akışın kanatlar arasında aldığı yol azalmıştır. İki kanat arasındaki mesafenin yani kanat adımının artması kanatlar arasından gelen akışın momentumunun yükselmesine neden olur. Kanatların arasında alınan yolun azalması, panjurların yönlendirdiği akışın momentumunun yönlendirmede etkisinin azalmasından kaynaklanmaktadır. Akış yapısında meydana gelen böyle bir değişimin iki önemli sonucu vardır. İlk olarak akış yolu kısaldığı için ısı transferi olumsuz etkilenecek, ancak akış yolunun azalması basınç kayıplarını azaltacaktır. Panjur açısı $\beta=20^\circ$ için akış 2-3 kanat arasında, $\beta=30^\circ$ için 3-4 kanat arasında ve $\beta=40^\circ$ için 4-6 kanat arasında yol alabilmektedir. Akış yapısında meydana gelen ikinci önemli değişim ise akış ayrılma miktarlarındaki artıştır. Panjur açısının $\beta=30^\circ$ olduğu durumda da çıkış panjurlarında küçük akış ayrılmaları başlarken, panjur açısının $\beta=40^\circ$ olduğu durumda çıkış panjurlarındaki akış ayrılması ciddi miktarda artış göstermiştir.



Şekil 3.39 Kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için akım çizgileri

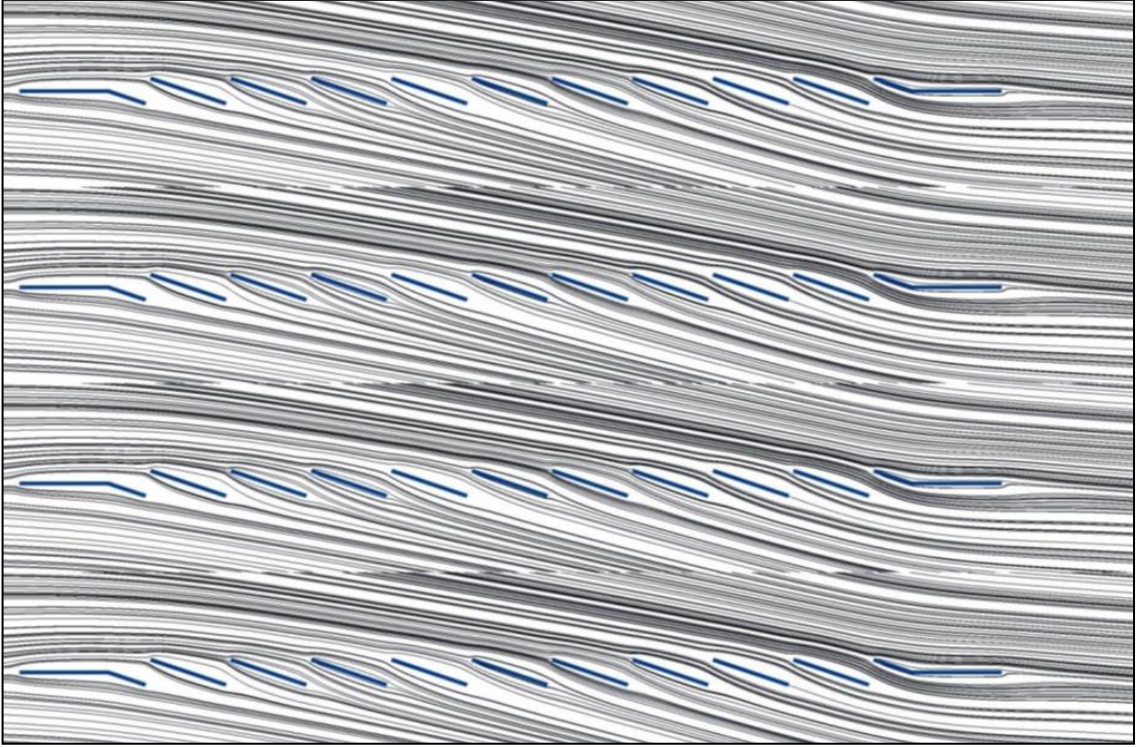


Şekil 3.40 Kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=30^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için akım çizgileri

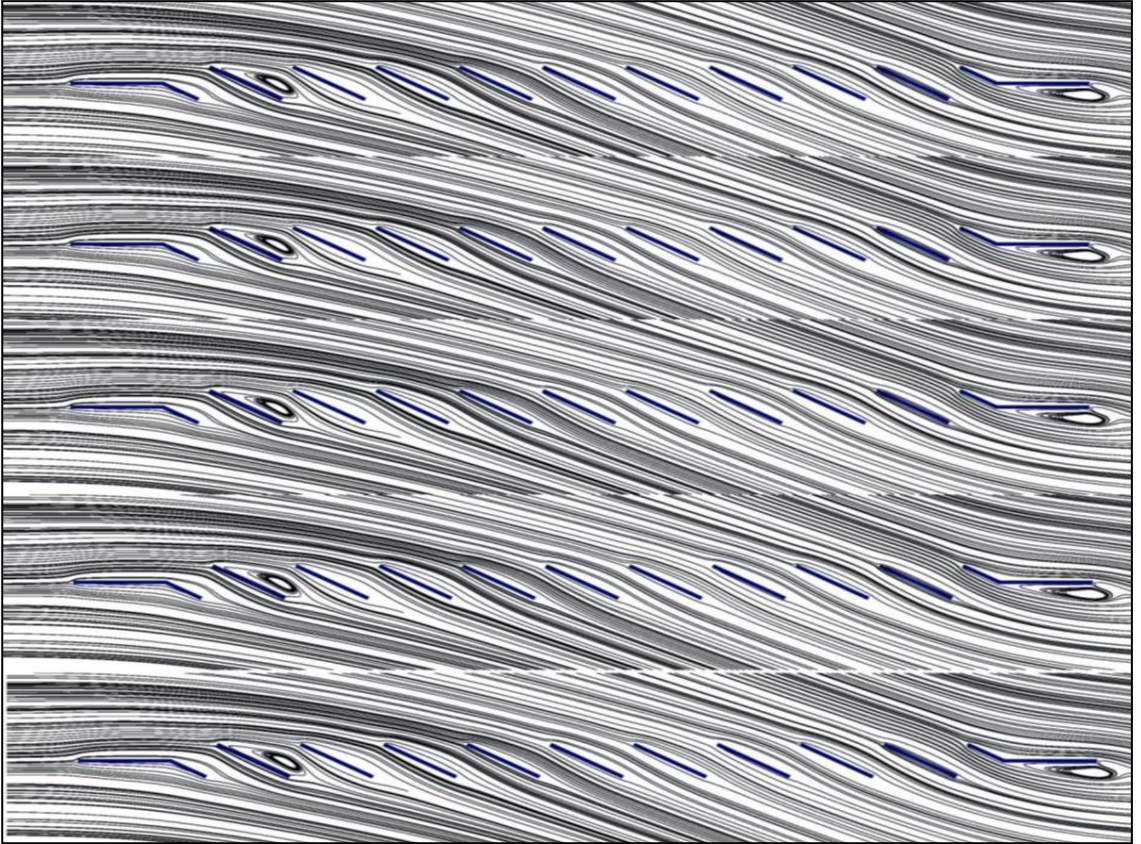


Şekil 3.41 Kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=40^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için akım çizgileri

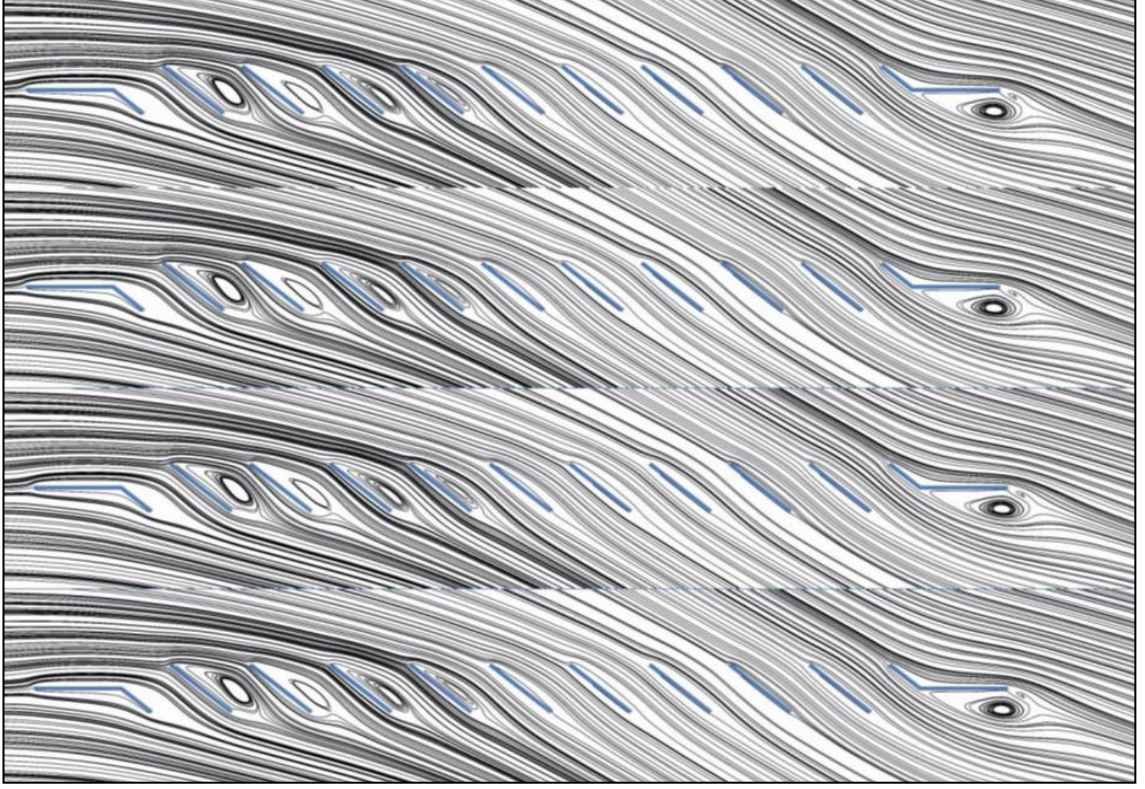
Kanat adımının $F_p=6$ mm'ye artırılması akış yapısında ciddi değişimlere neden olmuştur. Panjur açısı $\beta=20^\circ$, 30° ve 40° için akım çizgileri sırası ile Şekil 3.42, 3.43 ve 3.44'de gösterilmiştir. Panjur açısı $\beta=20^\circ$ için akışın panjuru takip edebilme eğilimi sürmektedir. Ancak akışın kanatlar arasında yol alabilme kapasitesi neredeyse kaybolmuştur. Akış artık yolunu sadece bir kanat kadar değiştirebilmektedir. Panjur açısı $\beta=30^\circ$ 'ye çıktığında akış yolunu sadece iki kanat arasında değiştirebilmektedir. Üstelik akışın panjurları takip edebilme yeteneği de azalmıştır. Giriş ve çıkış panjurlarında ciddi boyutlarda akış ayrılmaları meydana gelmiştir. Panjur açısı $\beta=40^\circ$ için akış sadece üç kanat arası boyunca yol alabilmekte ve panjuru takip eden akışta ciddi miktarda akış ayrılmaları meydana gelmektedir. Giriş bölgesinde ilk dört panjurda ve çıkış bölgesindeki son panjurda akış ayrılmaları ve sirkülasyon bölgeleri oluşmuştur. Bu durum ısı transferini azaltıcı, basınç düşümünü artırıcı etkiye sahiptir.



Şekil 3.42 Kanat adımı $F_p=6$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için akım çizgileri

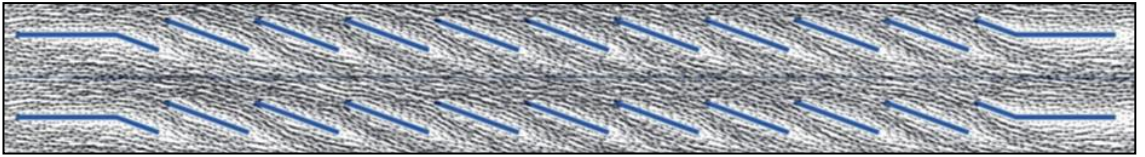


Şekil 3.43 Kanat adımı $F_p=6$ mm, panjur açısı $\beta=30^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için akım çizgileri

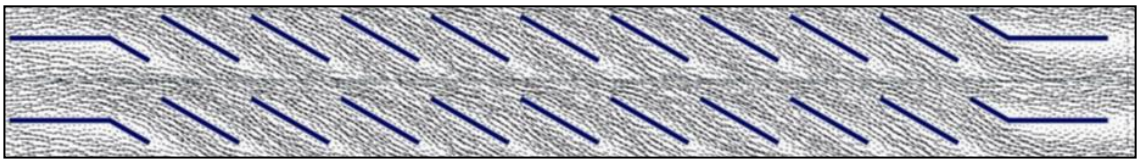


Şekil 3.44 Kanat adımı $F_p=6$ mm, panjur açısı $\beta=40^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için akım çizgileri

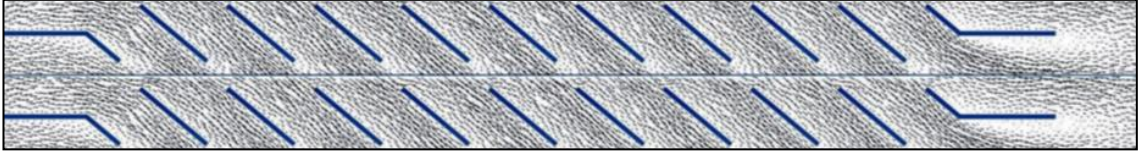
Şekil 3.45 ile 3.52 arasında hız vektörleri gösterilmiştir. Kanat adımının küçük olduğu değerlerde ($F_p=2$ mm ve 3 mm) hız vektörleri panjur doğrultusunda yönlenmiş, üst ve alt kanat arasında kalan bölgelerde panjur doğrultusundaki yönelim bozulmadan hareketine devam edebilmiştir. Ancak, kanat adımı $F_p=6$ mm olduğunda kanatlar arasında akış kanal boyunca bir yönelim göstermiştir. Bu durum, akışın farklı kanatlar arasında hareket etmediğinin başka bir göstergesidir.



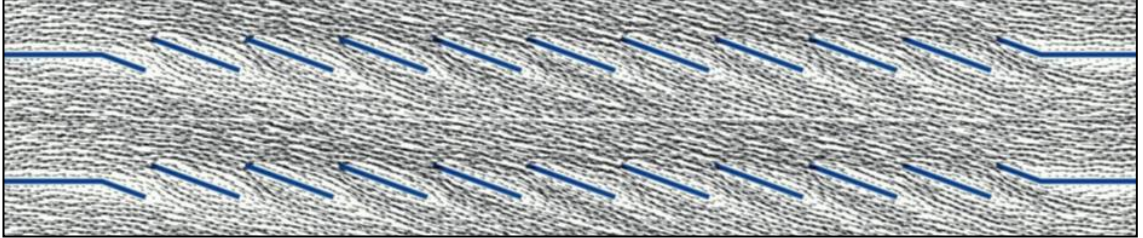
Şekil 3.45 Kanat adımı $F_p=2$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için hız vektörleri



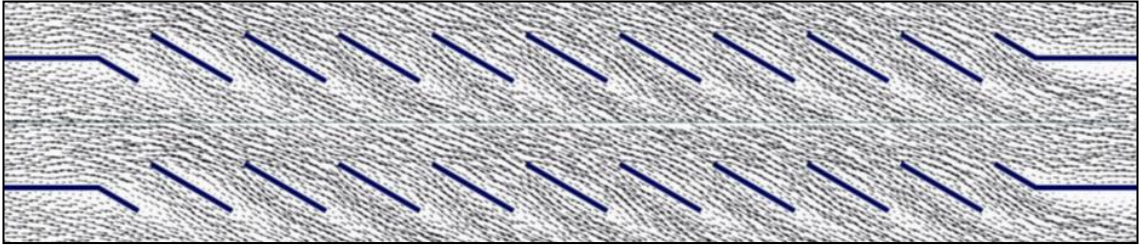
Şekil 3.46 Kanat adımı $F_p=2$ mm, panjur açısı $\beta=30^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için hız vektörleri



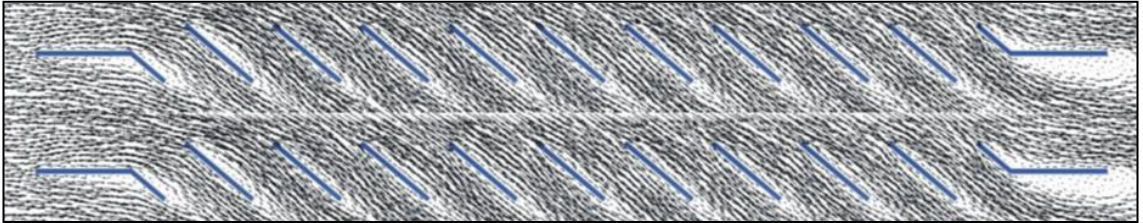
Şekil 3.47 Kanat adımı $F_p=2$ mm, panjur açısı $\beta=40^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için hız vektörleri



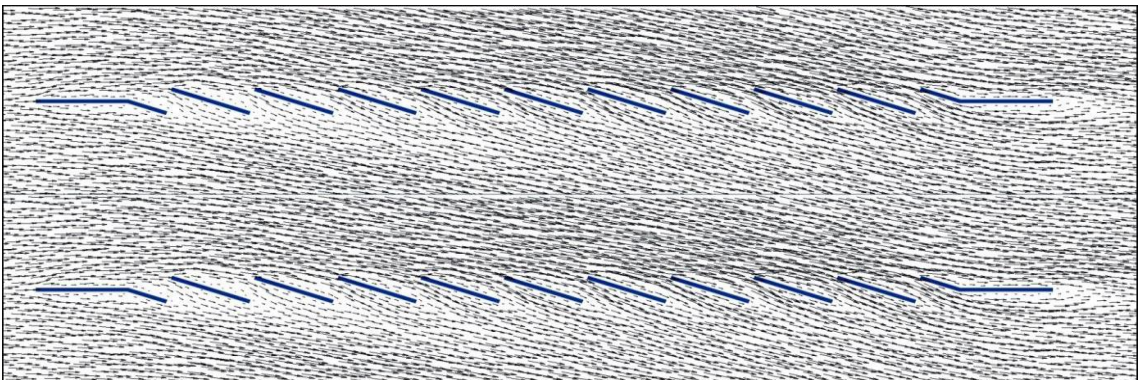
Şekil 3.48 Kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için hız vektörleri



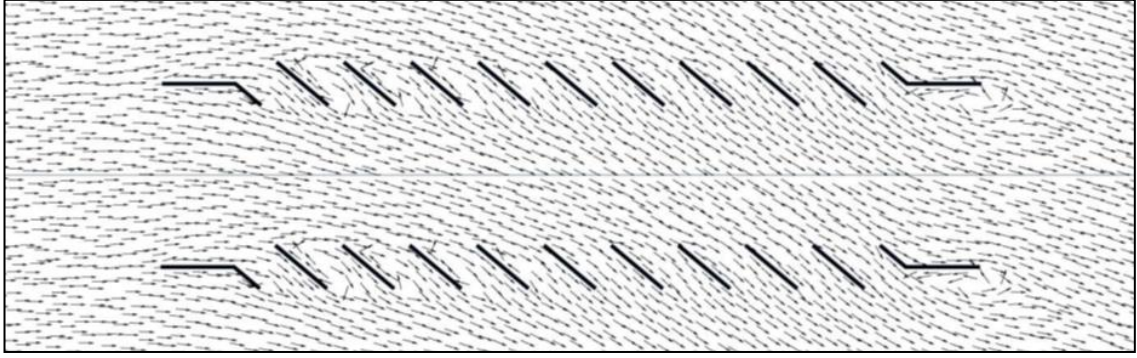
Şekil 3.49 Kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=30^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için hız vektörleri



Şekil 3.50 Kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=40^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için hız vektörleri

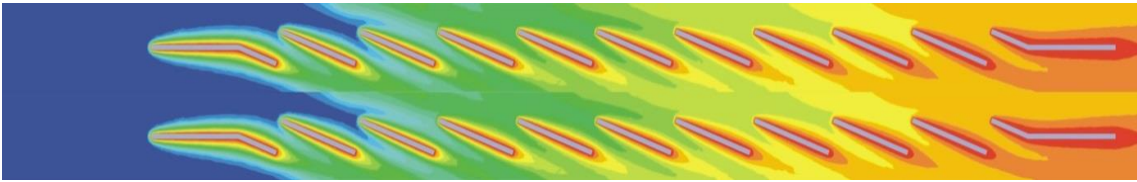


Şekil 3.51 Kanat adımı $F_p=6$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için hız vektörleri

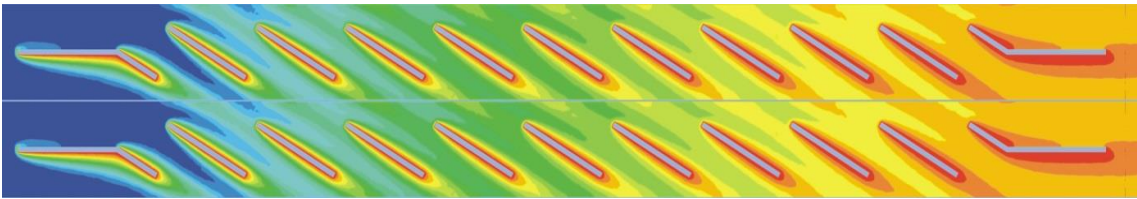


Şekil 3.52 Kanat adımı $F_p=6$ mm, panjur açısı $\beta=30^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için hız vektörleri

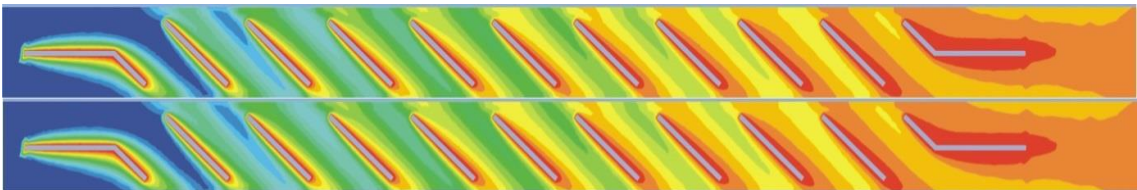
Şekil 3.53 ile 3.61 arasında ise yine aynı tasarımların sıcaklık eş düzey eğrileri, yan düzlemde elde edilerek gösterilmiştir. Kanat adımı $F_p=2$ mm ve 3 mm için çıkış sıcaklıkları panjur açısı arttıkça artmıştır. Panjur adımı $F_p=6$ mm'ye çıkarıldığında panjur açısı $\beta=20^\circ$ ve $\beta=30^\circ$ için kanatlar arasında dikkate değer bir bölge soğuk akışın etkisinde kalırken, panjur açısı $\beta=40^\circ$ 'ye çıkarıldığında sıcak akışla soğuk akış karışarak daha homojen bir akış alanı oluşturmuş ve aynı zamanda çıkış sıcaklığı daha yüksek olmuştur.



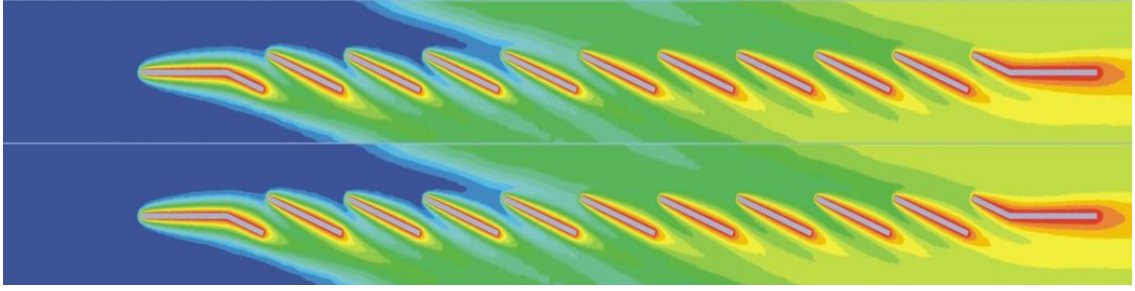
Şekil 3.53 Kanat adımı $F_p=2$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri



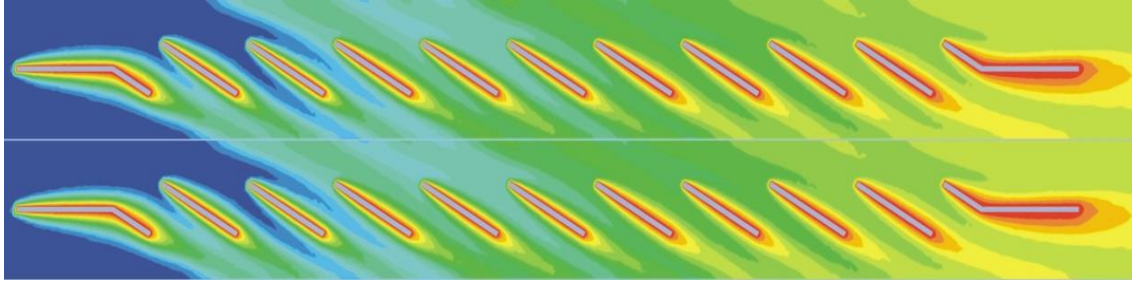
Şekil 3.54 Kanat adımı $F_p=2$ mm, panjur açısı $\beta=30^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri



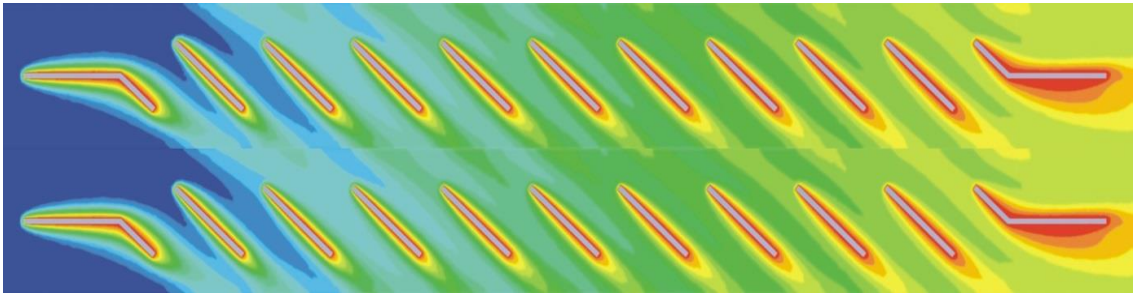
Şekil 3.55 Kanat adımı $F_p=2$ mm, panjur açısı $\beta=40^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri



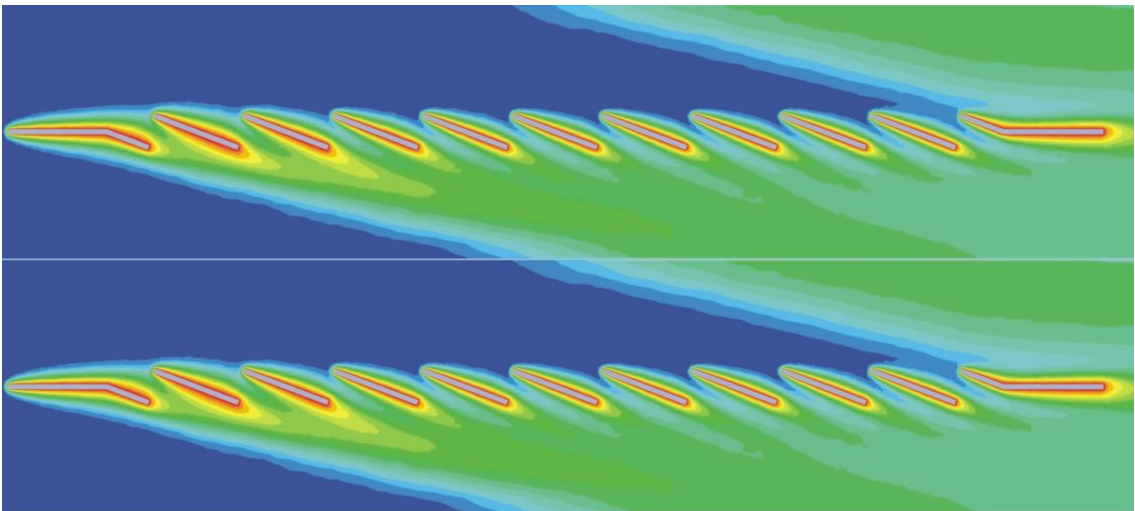
Şekil 3.56 Kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri



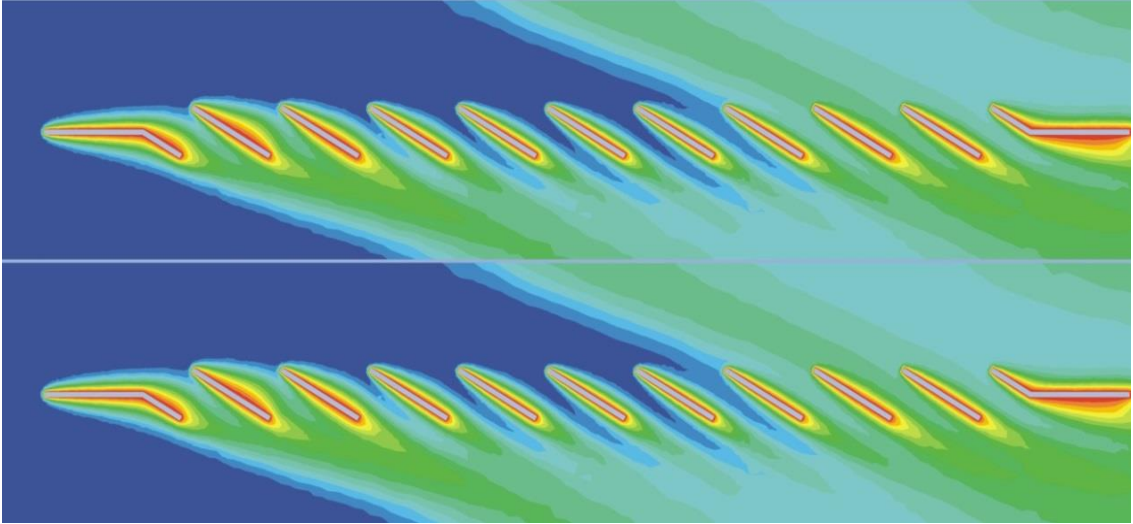
Şekil 3.57 Kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=30^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri



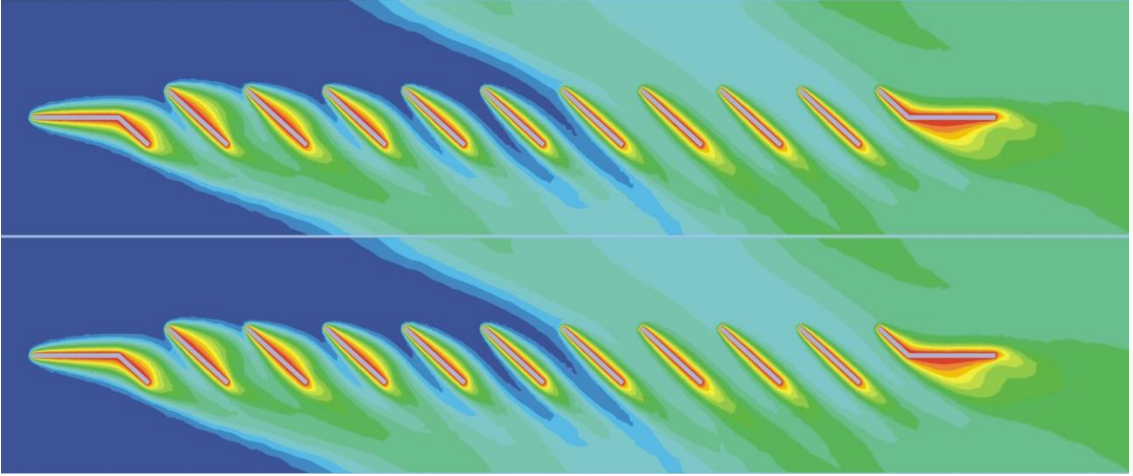
Şekil 3.58 Kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=40^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri



Şekil 3.59 Kanat adımı $F_p=6$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri

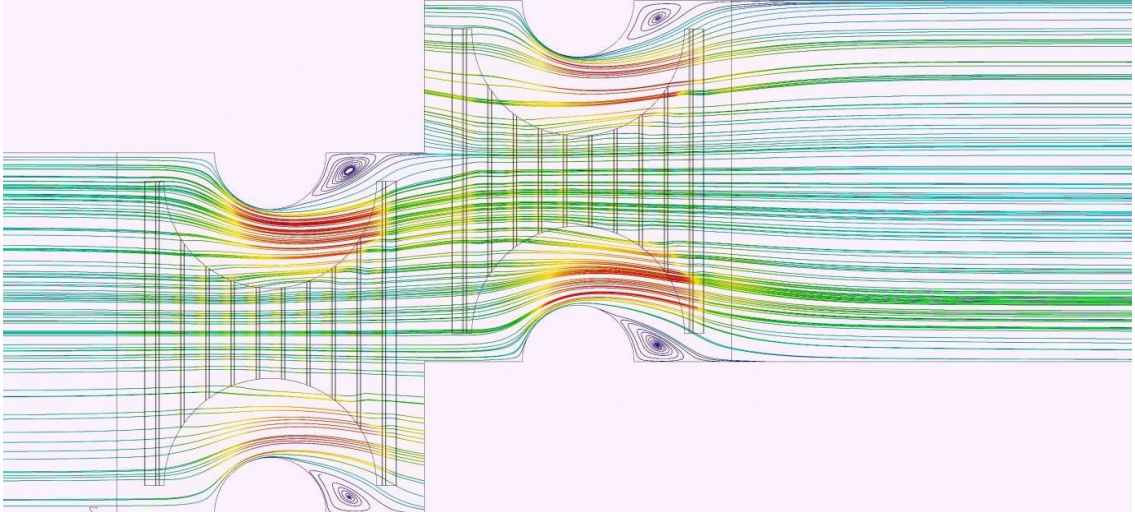


Şekil 3.60 Kanat adımı $F_p=6$ mm, panjur açısı $\beta=30^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri

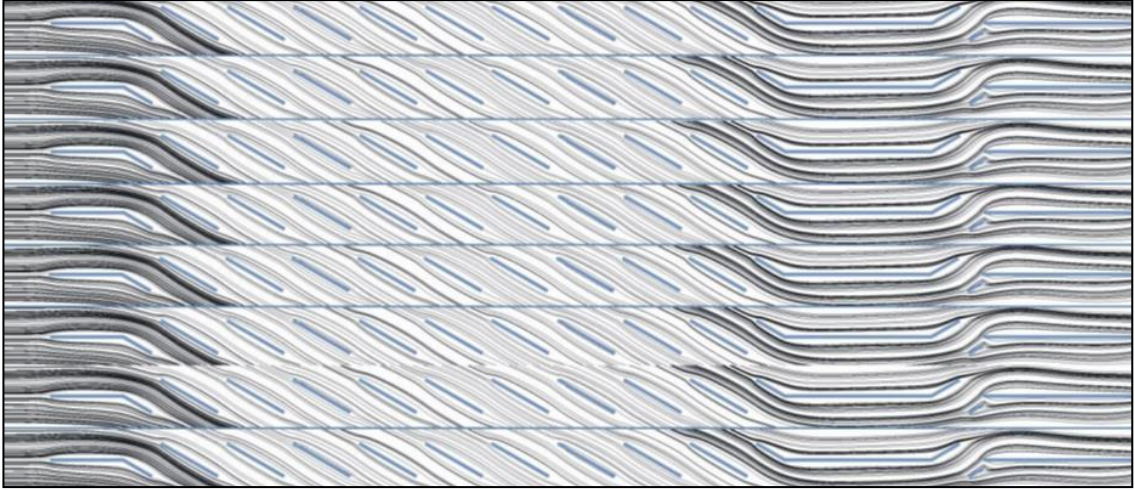


Şekil 3.61 Kanat adımı $F_p=6$ mm, panjur açısı $\beta=40^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri

Şekil 3.62’de iki sıra saptırmalı dizilimde kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=30^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için akım çizgileri iki kanat arasının tam orta düzleminde elde edilmiştir. Akış kanat üzerinde panjur açılmış bölgelerde daha hızlı akmaktadır. Boruların aşağı akım hızının yavaşladığı art izi bölgesi görülebilmektedir. Bu art izleri basınç düşümünü artırırken, ısı transfer miktarını da azaltmaktadır. Ayrıca borunun bozduğu ve yavaşlattığı akışın (akım çizgilerinin renkleri hızları simgelemektedir) panjurları takip edebilme özelliği azalmaktadır. Akışın göstermiş olduğu bu eğilim Şekil 3.63 ve Şekil 3.64’te aynı model için yan düzlemden sırasıyla, giriş ve çıkış panjurları için alınmış akım çizgilerinden rahatlıkla görülebilmektedir. Bu bölgedeki akım çizgileri boruların etkisi ile panjurları tam olarak takip edememektedir.



Şekil 3.62 Kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=30^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için akım çizgileri (Orta düzlem)

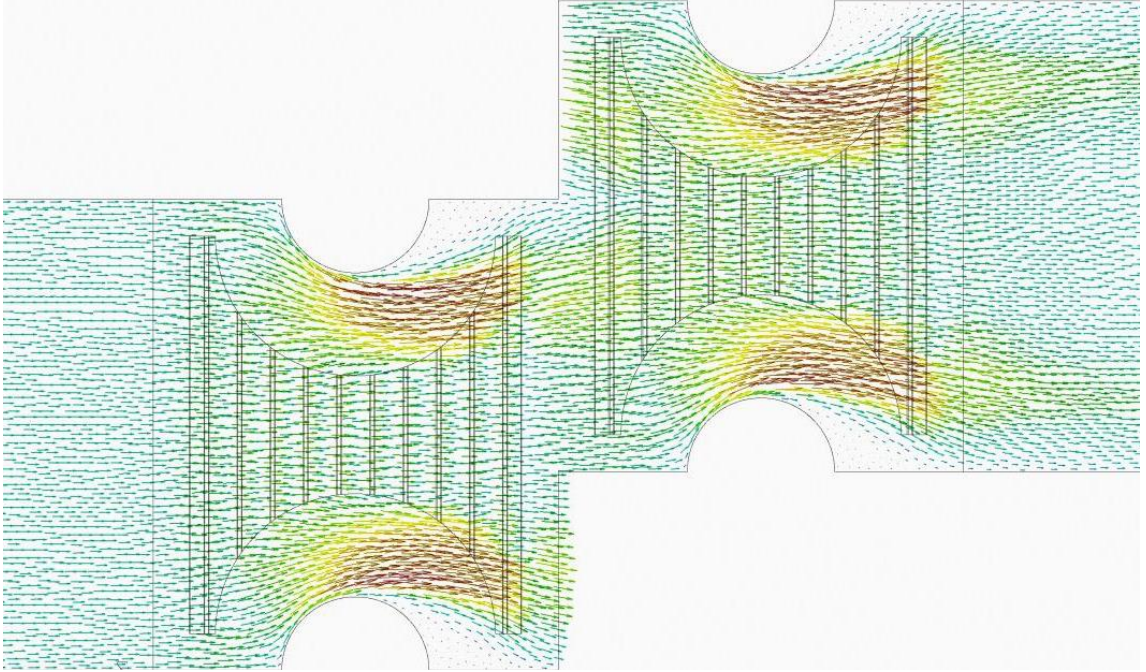


Şekil 3.63 Kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=30^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için akım çizgileri (Yan düzlem, giriş bölgesi)

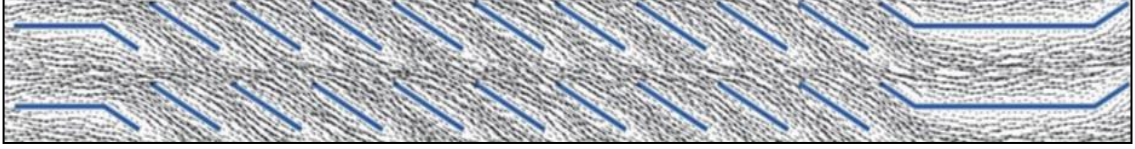


Şekil 3.64 Kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=30^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için akım çizgileri (Yan düzlem, çıkış bölgesi)

Borular ve kanatlar etrafındaki akım çizgileri incelenerek akış yapısı hakkında daha ayrıntılı bilgi elde etmek amaçlanmıştır. Bunun için Şekil 3.65 ve Şekil 3.66'da aynı panjurlu kanat modelleri için iki kanat arasındaki orta düzlemden ve kanatları ve panjurları ortadan kesen yan düzlemden elde edilen hız vektörleri gösterilmiştir. İki kanat arasındaki orta düzlemden elde edilen hız vektörleri boruların etkisini, kanatları ve panjurları ortadan kesen yan düzlemden elde edilen hız vektörleri ise akışın panjurları takip edebilme eğilimini belirlemek ve akışın kanatlar arasında ne kadar hareket edebildiğini görebilmek için çizilmiştir. Kanatlara akış paralel olarak girmekte ve giriş panjurları akışı rahatlıkla yönlendirebilmektedir. Kanat adımının çok olmamasından dolayı giriş panjurları tarafından yönlendirilmiş akış, kanatlar arasında kanatlara paralel olarak akan akışı bir kanattan diğer kanada rahatlıkla yönlendirebilmektedir. Kanatlar arasındaki orta düzlemdeki hız vektörleri incelendiğinde, boru art izi bölgesinde düşük hızların ve dönümlü akış bölgesinin oluştuğu görülmüştür. Bu bölgeyi gösteren ve panjurların yan düzleminde elde edilen hız vektörleri incelendiğinde ise akışın bu bölgede kanatlar arasında hareket edemediği görülmektedir.

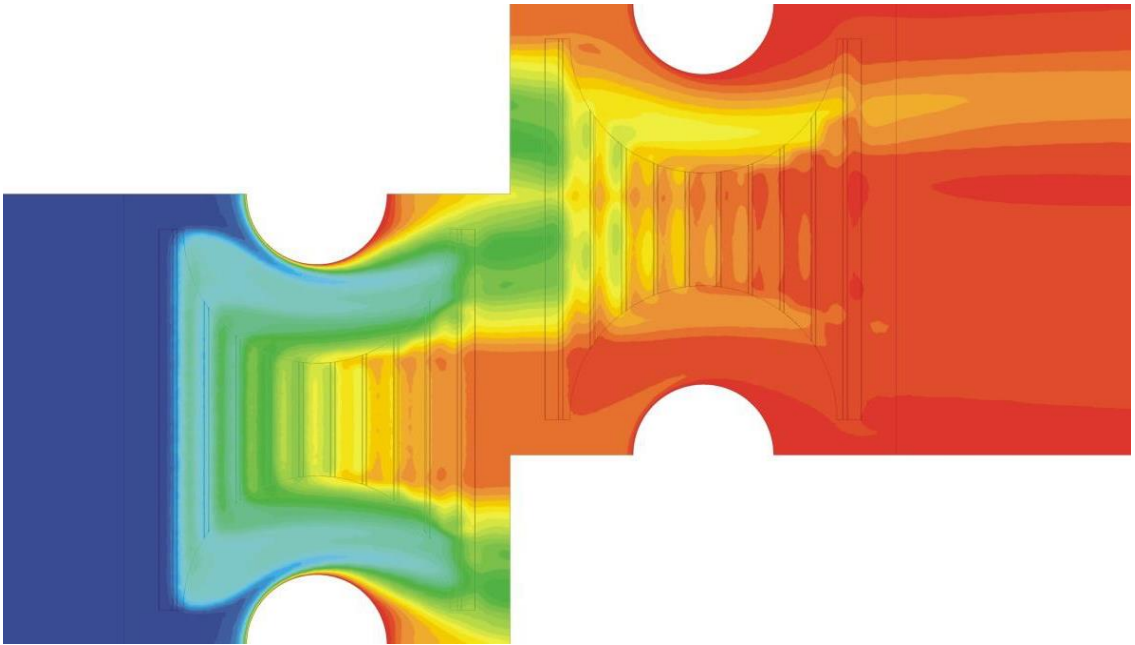


Şekil 3.65 Kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=30^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için hız vektörleri (Orta düzlem)



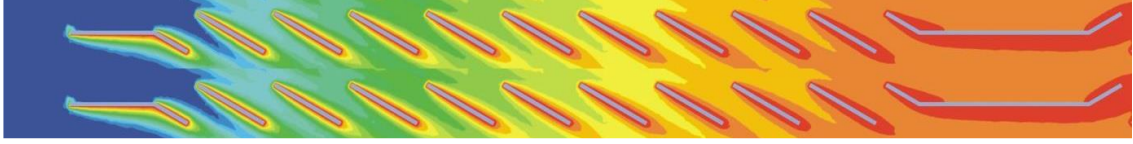
Şekil 3.66 Kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=30^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için hız vektörleri (Yan düzlem, giriş bölgesi)

Şekil 3.67’de kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=30^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri iki sıra şaşırtmalı dizilimde orta düzlem için, Şekil 3.68’de ise yan düzlem için gösterilmiştir. Şekil 3.67’de kanat üzerinde panjur açılmış bölgede, giriş panjurlarında akışkanın sıcaklığının hızlı bir şekilde arttığı, kanadın üzerinde panjur açılmadığı boruların montajının yapıldığı bölgede ise daha yavaş ısındığı ve akışkanın görece daha soğuk kaldığı sıcaklık eş düzey eğrilerinden görülebilmektedir. Akışkanın panjurları terk ettiği akış alanı incelendiğinde de panjursuz bölgenin aşağı akım yönünde kalan bölgede (eş düzey eğrilerinde sarı renkle gösterilmiş) tam olarak ısınmamış akışkan bölgesinin kaldığı ve bu bölgenin panjurların daha yoğun olduğu bölgeden gelen sıcak akışkanla tam olarak karışmadığı gözlenmiştir. Panjurların kanat üzerindeki kenar sınırları eğrisel bir yapıya sahiptir. Bu durum akışın panjurların sınır bölgelerinde kanatlar arasında tam olarak dolaşamamasına neden olmaktadır.



Şekil 3.67 Kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=30^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri (Orta düzlem)

Şekil 3.68’de gösterilen sıcaklık eş düzey eğrileri ise, panjur etkilerinin en yüksek olduğu bölge olan orta kısımdan alınmış sonuçlardır. Kanat ve panjurlarla temas edip ısınan akışkanın panjurlar tarafından ara bölgelere yönlendirilmesi ile, iki kanat arasında kalan bölgenin sıcaklığı hızlı bir şekilde artmıştır.



Şekil 3.68 Kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=30^\circ$ ve serbest akım hızı $U=1.5$ m/s için sıcaklık eş düzey eğrileri (Yan düzlem, giriş bölgesi)

BÖLÜM 4

SONUÇ VE ÖNERİLER

2B çalışmada kanat adımı $F_p=4$ mm, serbest akım hızı $V=1$ m/s, 1.75 m/s ve 2.5 m/s değerlerinde, panjur açısının $\beta=10^\circ$, 15° , 20° , 30° ve 40° değerleri için analizler yapılmıştır ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Hidrolik performansı değerlendirmek için boyutsuz basınç düşümü değeri kullanılmıştır. Boyutsuz basınç katsayıları panjur açısı ile artış göstermiş, panjur kanat adımının 4 mm'den 2.5 mm'ye düşmesi ile de önemli ölçüde artmıştır. Bu değerler Çizelge 3.1 ve 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 H=4 mm için boyutsuz basınç katsayısının panjur açısı ve hız ile değişimi

H=4 mm	$\beta=10^\circ$	$\beta=15^\circ$	$\beta=20^\circ$	$\beta=30^\circ$	$\beta=40^\circ$
V =1 (m/s)	Cp=1.286	Cp=1.845	Cp=2.791	Cp=3.957	Cp=5.337
V =1.75 (m/s)	Cp=0.986	Cp=1.594	Cp=2.213	Cp=2.958	Cp=4.222
V =2.5 (m/s)	Cp=0.88	-	Cp=1.856	Cp=2.485	Cp=3.750

Çizelge 3.2 H=2.5 mm için boyutsuz basınç katsayısının panjur açısı ve hız ile değişimi

H=2.5 mm	$\beta=10^\circ$	$\beta=15^\circ$	$\beta=20^\circ$	$\beta=30^\circ$	$\beta=40^\circ$
V =1 (m/s)	Cp=3.276	Cp=5.246	Cp=6.120	Cp=7.246	Cp=10.330
V =1.75 (m/s)	Cp=2.516	Cp=3.944	Cp=4.224	Cp=4.964	Cp=10.713
V =2.5 (m/s)	Cp=2.218	Cp=3.206	Cp=3.343	Cp=4.095	Cp=6.459

- Akım çizgilerinden görüldüğü üzere panjur kanat adımı 4 mm ve 2.5 mm için akış kanat yüzeyini takip edebilmektedir.
- Panjur açısı $\beta=30^\circ$ ye çıkarıldığında giriş ve çıkış panjurlarında akış ayrılmaları meydana gelmiştir. Panjur açısı $\beta=40^\circ$ ye çıkarıldığında ise akış ayrılmalarının arttığı ve ısı art izlerinin büyüdüğü görülmüştür. Akış ayrılmalarının ve ısı art izlerinin oluşumu ısı transfer katsayısının azalmasına, basınç düşümünün artmasına neden olmuştur.
- Havanın hızının artmasıyla birlikte oluşan akış ayrılmalarında ciddi miktarda artış olduğu görülmüştür. Bu durum ısı art izlerinin büyümesine neden olmuş ve panjur açısı $\beta=40^\circ$ ile birlikte yönlendirici panjurun alt bölgelerinde de akış ayrılmaları başlamıştır.
- Basınç eş düzey eğrilerine bakıldığında panjur açısı arttığında basınç düşümünün arttığı ve ısı art izi bölgelerinde basınç düşümünün yüksek olduğu görülmüştür. Hız değerleri 1.75 m/s ve 2.5 m/s'ye yükseldiğinde basınç düşüm değerleri her bir açı değeri için önemli ölçüde artmıştır.
- Logaritmik sıcaklık farkı yöntemi kullanılarak bulunan ısı taşınım katsayısı h_1 ve serbest akım sıcaklığı akışkanın ısı değiştiricisine giriş sıcaklığı olarak kabul edilip hesaplanan ısı taşınım katsayısı h_2 değerleri her bir panjur açısı ve hız değerleri için Çizelge 3.3 ve 3.4'de verilmiştir.

Çizelge 3.3 H=4 mm için ısı taşınım katsayılarının panjur açısı ve hız ile değişimi

H=4 mm	$\beta=10^\circ$	$\beta=15^\circ$	$\beta=20^\circ$	$\beta=30^\circ$	$\beta=40^\circ$
V =1 (m/s)	$h_1=37.058$ $h_2=29.356$	$h_1=50.428$ $h_2=36.863$	Değerler okunmamıştır.	$h_1=96.813$ $h_2=54.826$	$h_1=96.736$ $h_2=54.782$
V =1.75 (m/s)	$h_1=49.161$ $h_2=41.132$	$h_1=81.594$ $h_2=61$	$h_1=119.543$ $h_2=78.96$	$h_1=116.539$ $h_2=77.7$	$h_1=121.45$ $h_2=79.71$
V =2.5 (m/s)	$h_1=64.839$ $h_2=54.965$	Değerler okunmamıştır.	$h_1=141.917$ $h_2=100$	$h_1=135.638$ $h_2=97.03$	$h_1=144.73$ $h_2=101.38$

Çizelge 3.4 H=2.5 mm için ısı taşınım katsayılarının panjur açısı ve hız ile değişimi

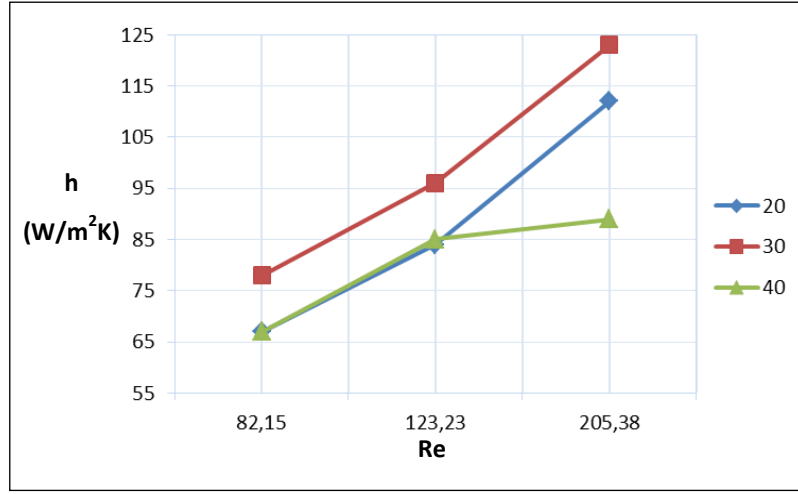
H=2.5 mm	$\beta=10^\circ$	$\beta=15^\circ$	$\beta=20^\circ$	$\beta=30^\circ$	$\beta=40^\circ$
V =1 (m/s)	$h_1=56.20$	$h_1=98.816$	$h_1=111.673$	$h_1=110.271$	$h_1=116.72$
	$h_2=32.865$	$h_2=41.70$	$h_2=43$	$h_2=42.918$	$h_2=43.70$
V =1.75 (m/s)	$h_1=99.756$	$h_1=139.22$	$h_1=134.723$	$h_1=126.884$	$h_1=148.94$
	$h_2=67.578$	$h_2=67.50$	$h_2=66.693$	$h_2=65.233$	$h_2=69.379$
V =2.5 (m/s)	$h_1=75.763$	$h_1=162.55$	$h_1=151.8$	$h_1=146.233$	$h_1=171.60$
	$h_2=49.782$	$h_2=88.56$	$h_2=85.818$	$h_2=84.205$	$h_2=90.877$

3B çalışmada kanat adımı $F_p=2, 3$ ve 6 mm, serbest akım hızı $V=1.5$ m/s, panjur açısının $\beta=20^\circ, 30^\circ$ ve 40° değerleri için analizler yapılmış, aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

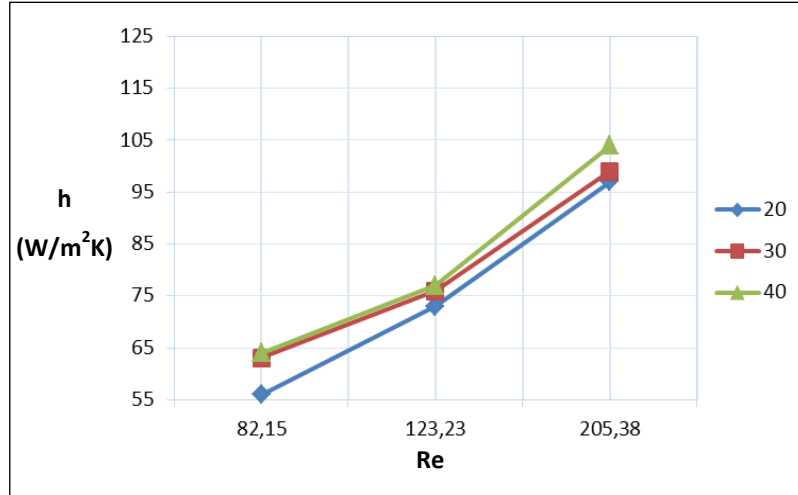
- Kanat adımı $F_p=2$ mm için akış bütün kanat açılarında panjurları rahatlıkla takip edebilmektedir. Panjur kanat açısının 40° olduğu durumda, son sırada bulunan çıkış panjurunda akış ayrılması meydana gelmiş ve akım çizgileri büyük bir ayrılma baloncuğu oluşturmuştur. Bu durum fazladan basınç düşümü oluştururken o bölgede taşınım ile ısı transferini azaltıcı etki göstermiştir.
- Kanat adımı $F_p=3$ mm için akışın panjurları takip edebilme özelliğinde azalma olmamış, fakat akışın kanatlar arasında aldığı yol azalmıştır. Akış yolu kısaldığı için ısı transferi olumsuz etkilenmiş, ancak akış yolunun azalması basınç kayıplarını azaltmıştır. Akış yapısında meydana gelen diğer önemli değişim ise akış ayrılma miktarlarındaki artıştır. Panjur açısının $\beta=30^\circ$ olduğu durumda da çıkış panjurlarında küçük akış ayrılmaları başlarken, panjur açısının $\beta=40^\circ$ olduğu durumda çıkış panjurlarındaki akış ayrılması ciddi miktarda artış göstermiştir.
- Kanat adımı $F_p=6$ mm'ye çıkarıldığında panjur açısı $\beta=20^\circ$ için akışın panjuru takip edebilme eğilimi sürmektedir. Ancak akışın kanatlar arasında yol alabilme kapasitesi neredeyse kaybolmuştur. Akış artık yolunu sadece bir kanat kadar değiştirebilmektedir. Panjur açısı $\beta=30^\circ$ 'ye çıktığında akış yolunu sadece iki kanat arasında değiştirebilmektedir. Üstelik akışın panjurları takip edebilme yeteneği de azalmıştır. Giriş ve çıkış panjurlarında ciddi boyutlarda akış ayrılmaları meydana gelmiştir. Panjur açısı $\beta=40^\circ$ için akış sadece üç kanat arası boyunca yol

alabilmekte ve panjuru takip eden akışta ciddi miktarda akış ayrılmaları meydana gelmektedir. Giriş bölgesinde ilk dört panjurda ve çıkış bölgesindeki son panjurda akış ayrılmaları ve sirkülasyon bölgeleri oluşmuştur. Bu durum ısı transferini azaltıcı, basınç düşümünü artırıcı etkiye sahiptir.

- Şekil 3.69'da kanat adımı $F_p=2$ mm, Şekil 3.70'de $F_p=3$ mm ve Şekil 3.71'de $F_p=6$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ$, 30° ve 40° için ısı taşınım katsayılarının h (W/m^2K) Reynolds sayısı ile değişimi verilmiştir.



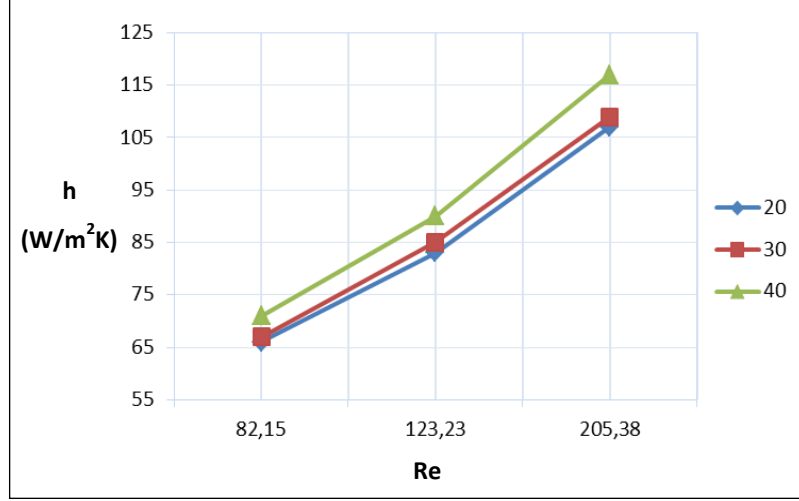
Şekil 3.69 Kanat adımı 2 mm, panjur açısı $\beta=20^\circ$, 30° ve 40° için ısı taşınım katsayısının Reynolds sayısına göre değişimi



Şekil 3.70 Kanat adımı 3 mm, panjur açısı $\beta=20^\circ$, 30° ve 40° için ısı taşınım katsayısının Reynolds sayısına göre değişimi

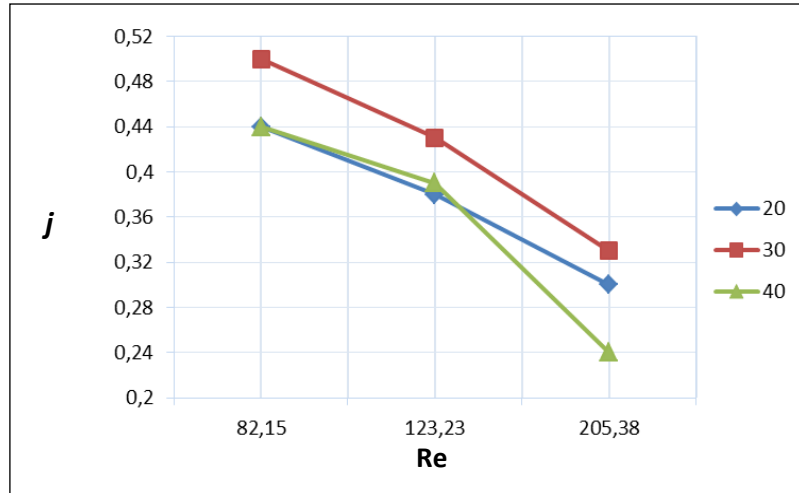
- Kanat adımı $F_p=2$ mm için ısı taşınım katsayısı bütün Reynolds sayılarında panjur açısı $\beta=30^\circ$ için en yüksek çıkmıştır. Panjur açısı $\beta=20^\circ$ ve 40° için Reynolds sayısı

Re=82.15 ve 123.23 değerleri için aynı çıkarken Re=205.38 değeri için panjur açısı $\beta=40^\circ$ 'de daha yüksek çıkmıştır. Kanat adımı $F_p=3\text{mm}$ olduğunda Panjur açısı $\beta=30^\circ$ ve 40° için sonuçlar yakın çıkmıştır. Kanat adımı $F_p=6\text{mm}$ olduğunda ise en yüksek sonuçlar panjur açısı 40° için elde edilmiştir.

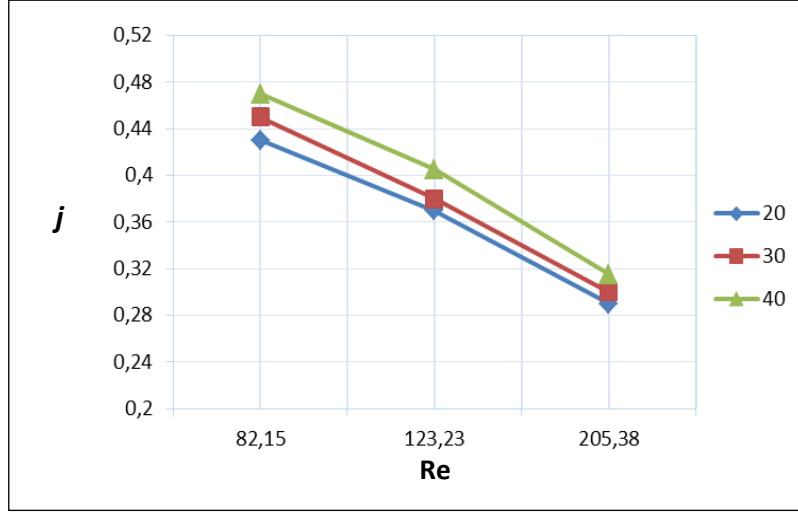


Şekil 3.71 Kanat adımı 6 mm, panjur açısı $\beta=20^\circ$, 30° ve 40° için ısı taşınım katsayısının Reynolds sayısına göre değişimi

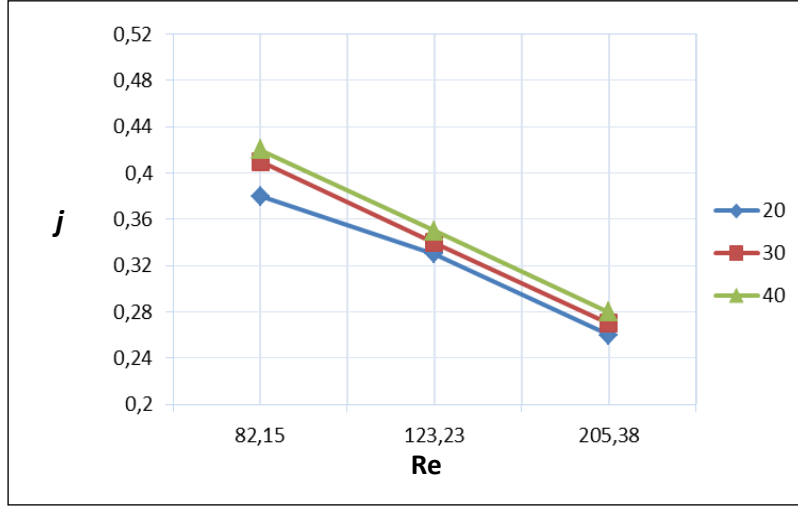
- Şekil 3.72'de kanat adımı $F_p=2\text{ mm}$, Şekil 3.73'de $F_p=3\text{ mm}$ ve Şekil 3.74'de $F_p=6\text{ mm}$, panjur açısı $\beta=20^\circ$, 30° ve 40° için Colburn faktörü j' 'nin Reynolds sayısı ile değişimi verilmiştir. Panjur açlarına bağlılık açısından ısı taşınım katsayıları ile benzer sonuçlar çıkarken Reynolds sayısı ile Colburn j' 'de azalma görülmüştür.



Şekil 3.72 Kanat adımı $F_p=2\text{ mm}$, panjur açısı $\beta=20^\circ$, 30° ve 40° için Colburn faktörü j' 'nin Reynolds sayısı ile değişimi

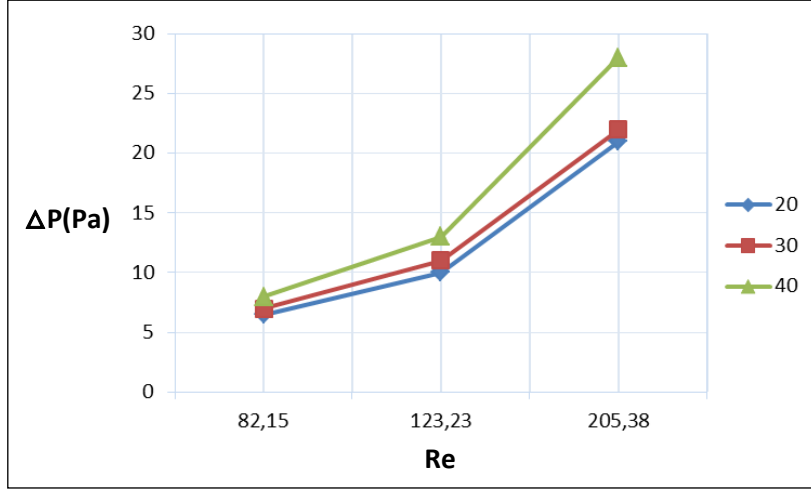


Şekil 3.73 Kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ$, 30° ve 40° için Colburn faktörü j 'nin Reynolds sayısı ile değişimi

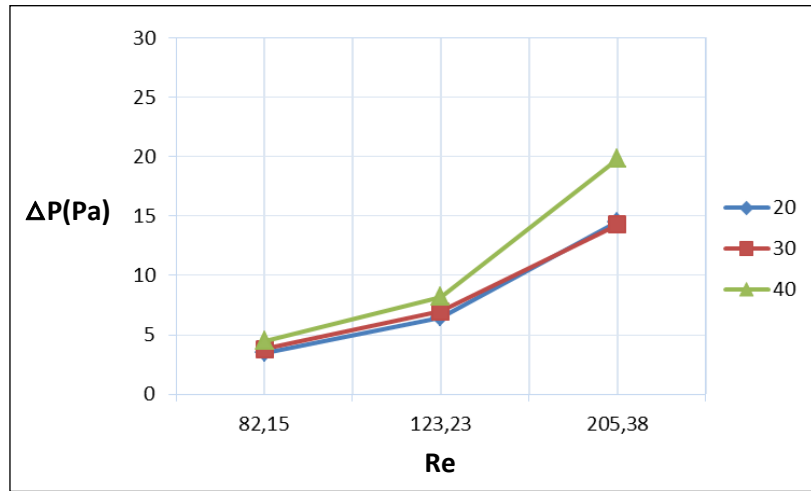


Şekil 3.74 Kanat adımı $F_p=6$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ$, 30° ve 40° için Colburn faktörü j 'nin Reynolds sayısı ile değişimi

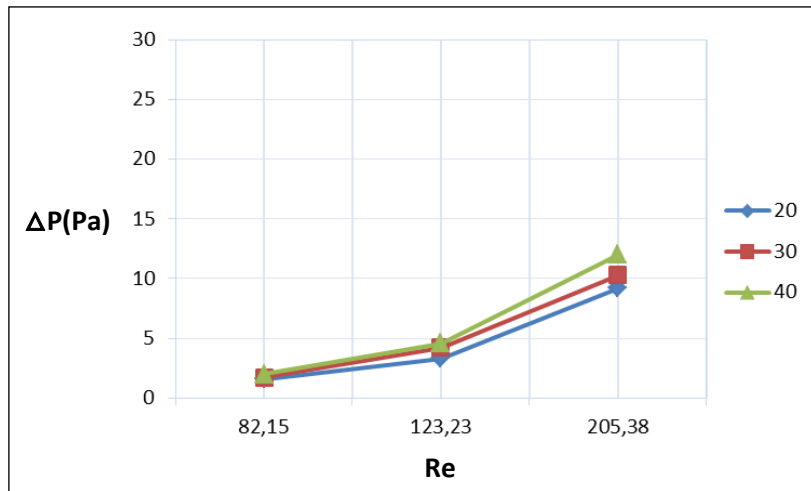
- Kanat adımı $F_p=2$ mm, $F_p=3$ mm ve $F_p=6$ mm panjur açısı $\beta=20^\circ$, 30° ve 40° için basınç düşümü $\Delta P(\text{Pa})$ 'nin ve yüzey sürtünme faktörü f 'nin Reynolds sayısı ile değişimi Şekil 3.75 ve 3.80 arasında verilmiştir. Doğal bir eğilim olarak basınç düşümleri Reynolds sayısı ile artmakta, kanat adımı ile azalmaktadır. Boyutsuz basınç düşümü katsayısı yüzey sürtünme faktörü f ise Reynolds sayısı ile düşmektedir. Kanat adımı $F_p=2$ mm'den $F_p=3$ mm'ye yükseldiğinde f değerleri bütün Reynolds sayıları için düşmekte ancak, $F_p=6$ mm'ye yükseldiğinde tekrar artmaktadır.



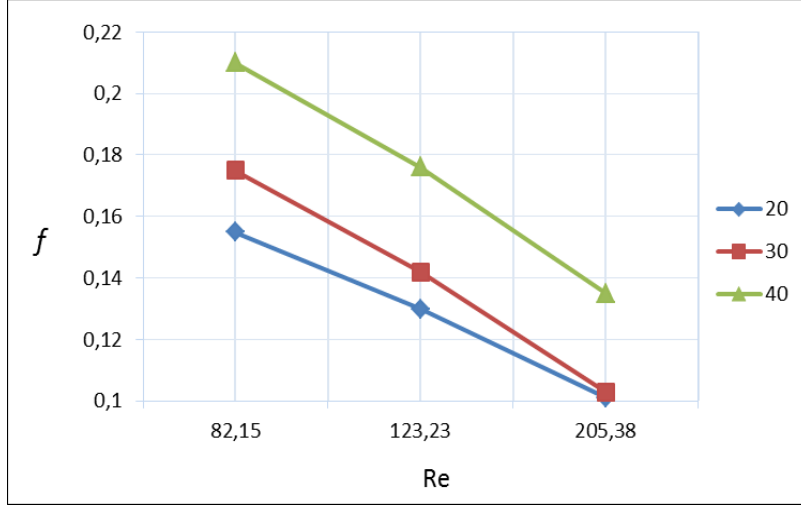
Şekil 3.75 Kanat adımı $F_p=2$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ$, 30° ve 40° için basınç düşümünün Reynolds sayısı ile değişimi



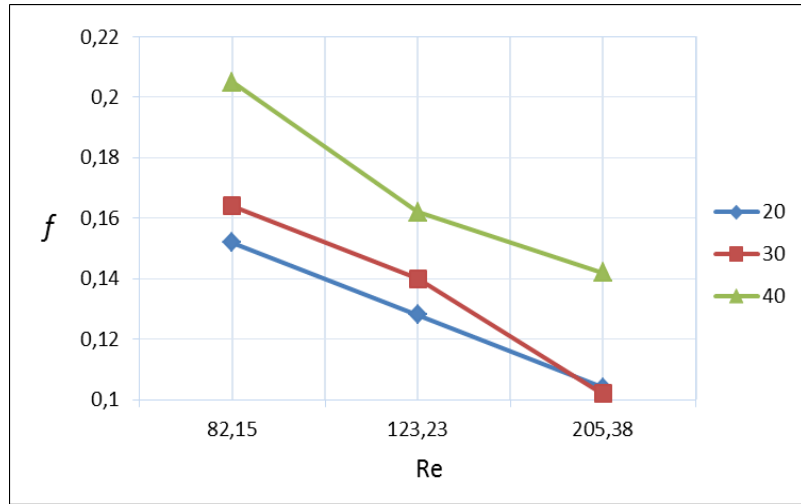
Şekil 3.76 Kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ$, 30° ve 40° için basınç düşümünün Reynolds sayısı ile değişimi



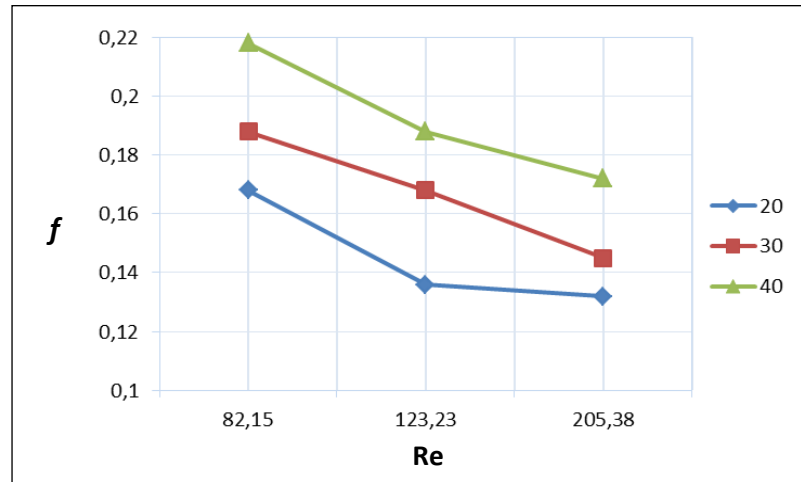
Şekil 3.77 Kanat adımı $F_p=2$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ$, 30° ve 40° için basınç düşümünün Reynolds sayısı ile değişimi



Şekil 3.78 Kanat adımı $F_p=2$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ$, 30° ve 40° için sürtünme faktörü f nin Reynolds sayısı ile değişimi



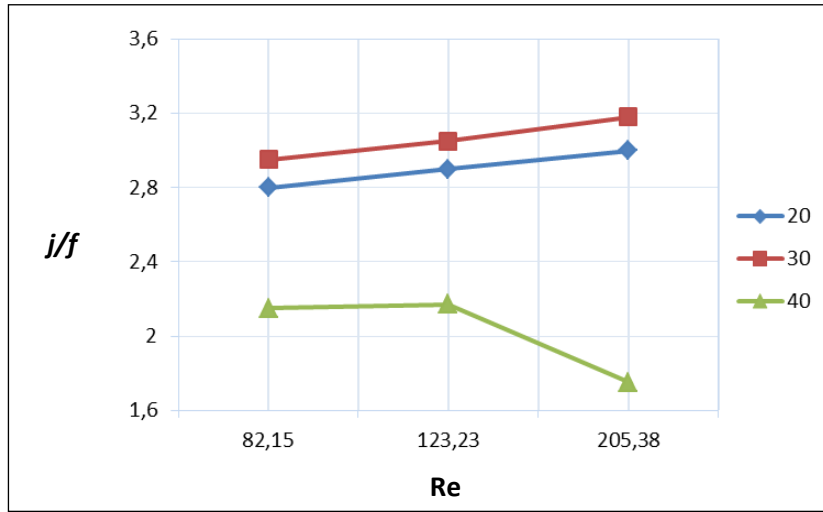
Şekil 3.79 Kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ$, 30° ve 40° için sürtünme faktörü f nin Reynolds sayısı ile değişimi



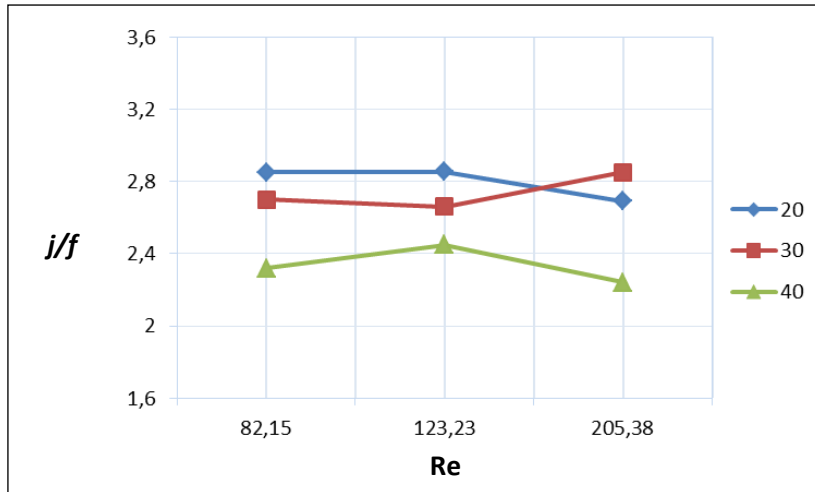
Şekil 3.80 Kanat adımı $F_p=6$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ$, 30° ve 40° için sürtünme faktörü f nin Reynolds sayısı ile değişimi

Isı değiştiricisinde performansı değerlendirmek için ısı transfer miktarının ve basınç dūřuřunun birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Bunun için Colburn j faktörü ile yüzey sürtünme faktörü f oranına (j/f) bakılmıştır (şekil 3.81, şekil 3.82 ve şekil 3.83). Aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Kanat adımı $F_p=2$ mm için j/f oranı, panjur açısı $\beta=30^\circ$ için en yüksek değerini almıştır. Reynolds sayısı (akış hızı) arttıķça j/f oranı artmıştır. j/f oranı, en düşük değerini panjur açısı $\beta=40^\circ$ için almıştır. Reynolds sayısı $Re=123,23$ 'ten sonra j/f oranı dūřmüřtür.

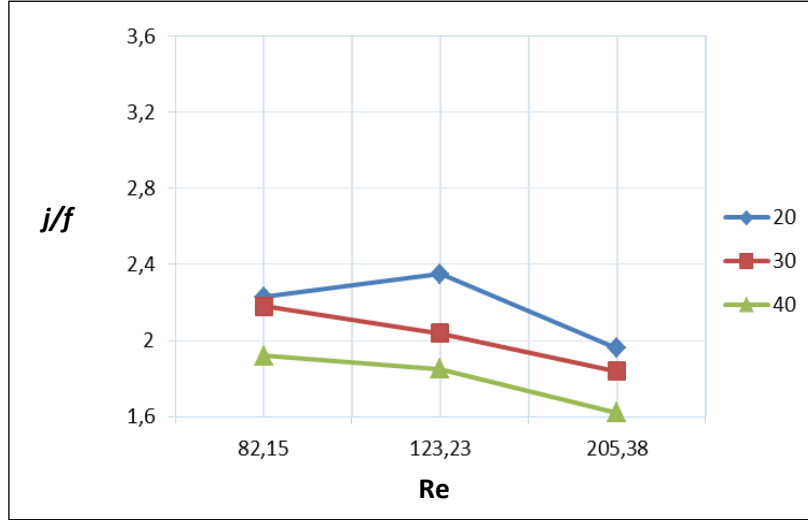


şekil 3.81 Kanat adımı $F_p=2$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ$, 30° ve 40° için j/f 'nin Reynolds sayısı ile değişimi



şekil 3.82 Kanat adımı $F_p=3$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ$, 30° ve 40° için j/f 'nin Reynolds sayısı ile değişimi

- Kanat adımı $F_p=3$ mm, $Re=82.15$ ve $Re=123.23$ 'de, j/f oranı en yüksek değerini panjur açısı $\beta=20^\circ$ için almıştır. Reynolds sayısı $Re=205,38$ değeri için j/f oranı en yüksek panjur açısı $\beta=30^\circ$ için almıştır. Bütün Reynolds sayılarında j/f oranı en düşük değerini panjur açısı $\beta=40^\circ$ için almıştır.
- Kanat adımı $F_p=6$ mm için, j/f oranı en yüksek değerini panjur açısı $\beta=20^\circ$ için almıştır. Reynolds sayısı arttıkça j/f oranı düşmüştür.



Şekil 3.83 Kanat adımı $F_p=6$ mm, panjur açısı $\beta=20^\circ$, 30° ve 40° için j/f 'nin Reynolds sayısı ile değişimi

Sonuç olarak, 3B analizlerde 2B analizlere göre boru etkisi ve panjurların şekli dikkate alındığı için daha doğru sonuçlar elde edilmiştir. Optimum kanat adımı ve panjur açısı seçilerek ısı değiştiricisi performansının %8-9 oranında artış gösterdiği görülmüştür.

KAYNAKLAR

- [1] Shah, R.K. ve Sekulić, D.P., (2003). *Fundamentals of Heat Exchanger Design*, First Edition, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.
- [2] Okbaz, A., Pınarbaşı, A. ve Olcay, A.B., (2016). "3D Computational Analysis of Thermal&Hydraulic Performance of Louvered Fin Heat Exchanger with Variable Louver Angle and Louver Pitch", ASME 2016 International Mechanical Engineering Congress and Exposition, 11-17 November 2016, Phoenix.
- [3] Aoki, H., Shinagawa, T. ve Suga, K., (1989). "An Experimental Study of the Local Heat Transfer Characteristics in Automotive Louvered Fins", *Experimental Thermal and Fluid Science*, 2(3): 293–300.
- [4] Webb, R.L. ve Trauger, P., (1991). "How Structure in the Louvered Fin Heat Exchanger Geometry", *Experimental Thermal and Fluid Science*, 4(2):205–217.
- [5] Wang, C.C., Lee, C.J., Chang, C.T. ve Lin, S.P., (1999). "Heat Transfer and Friction Correlation for Compact Louvered Fin-and-Tube Heat Exchangers", *International Journal of Heat and Mass Transfer* 42: 1945-1956.
- [6] Kim, M.H. ve Bullard, C.W., (2002). "Air-side Thermal Hydraulic Performance of Multi-Louvered Fin Aluminum Heat Exchangers", *International Journal of Refrigeration* 25: 390–400.
- [7] DeJong, N.C. ve Jacobi, A.M., (2003). "Flow, Heat Transfer and Pressure Drop in the Near-Wall Region of Louvered-Fin Arrays", *Experimental Thermal and Fluid Science*, 27: 237–250.
- [8] Dong, J., Chen, J., Chen, Z., Zhang, W. ve Zhou, Y., (2007). "Heat Transfer and Pressure Drop Correlations for the Multi-Louvered Fin Compact Heat Exchangers", *Energy Conversion and Management*, 48: 1506–1515.
- [9] Vaisi, A., Esmailpour, M. ve Taherian, H., (2011). "Experimental Investigation of Geometry Effects on the Performance of a Compact Louvered Heat Exchanger", *Applied Thermal Engineering*, 31: 3337-3346.
- [10] Dogan, B., Altun, Ö., Ugurlubilek, N., Tosun, M., Sarıçay, T. ve Erbay, L.B., (2015). "An Experimental Comparison of Two Multi-Louvered Fin Heat Exchangers with Different Numbers of Fin Rows", *Applied Thermal Engineering*, 91: 270-278.

- [11] Springer, M.E. ve Thole, K.A., (1998). "Experimental Design for Flowfield Studies of Louvered Fins", *Experimental Thermal and Fluid Science*, 18: 258–269.
- [12] Zhang, X. ve Tafti, D.K., (2001). "Classification and Effects of Thermal Wakes on Heat Transfer in Multilouvered Fins", *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 44: 2461-2473.
- [13] Perrotin, T. ve Clodic, D., (2004). "Thermal-Hydraulic CFD Study in Louvered Fin-and-Flat-Tube Heat Exchangers", *International Journal of Refrigeration*, 27: 422-432.
- [14] Hsieh, C.T. ve Jang, J.Y., (2006). "3D Thermal-Hydraulic Analysis for Louver Fin Heat Exchangers with Variable Louver Angle", *Applied Thermal Engineering*, 26: 1629-1639.
- [15] Okbaz, A. ve Pinarbaşı, A., (2016). "Numerical Investigation of Thermal & Hydraulic Performance of Louvered Fin Heat Exchangers with Various Louver Angles and Fin Pitches", *International Conference on Engineering and Natural Sciences (ICENS)*, 24-28 May 2016, Sarajevo.
- [16] Ryu, K. ve Lee, K.S., (2015). "Generalized Heat Transfer and Fluid Flow Correlations for Corrugated Louvered Fins", *International of Heat and Mass Transfer*, 83: 604-612.
- [17] Karthik, P., Kumaresan, V. ve Velraj, R., (2015). "Experimental and Parametric Studies of a Louvered Fin and Flat Tube Compact Heat Exchanger Using Computational Fluid Dynamics", *Alexandria Engineering Journal*, 54: 905-915.
- [18] Čarija, Z., Franković, B., Perčić, M. ve Čavrak, M., (2014). "Heat Transfer Analysis of Fin-and-Tube Heat Exchangers with Flat and Louvered Fin Geometries", *International Journal of Refrigeration*, 45: 160-167.
- [19] Thulukkanam, K., (2013). *Heat Exchanger Design Handbook*, Second Edition, CRC Press, Boca Raton.
- [20] ANSYS Inc., (2013). *Fluent Theory Guide*, Release 15.0, Canonsburg.
- [21] Incropera, F.P. ve Dewitt D.P., (2002). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, Fifth Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- [22] White, F.M., (2011). *Fluid Mechanics*, Seventh Edition, Mc Graw Hill, New York.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Merve ÖZTÜRK
Doğum Tarihi ve Yeri : 06.11.1991 Bakırköy
Yabancı Dili : İngilizce, Almanca
E-posta : merveoz@yildiz.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Mak. Müh.(Isı-Proses)	Yıldız Teknik Üniversitesi	2017
Lisans	Makine Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniversitesi	2014
Lise	Fen Bilimleri	Plevne Lisesi	2009

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2017 -...	Yıldız Teknik Üniversitesi	Araştırma Görevlisi
2014	Erensan A.Ş.	Stajyer
2013	Aselsan A.Ş.	Stajyer
2012	Arçelik A.Ş.	Stajyer

YAYINLARI

Bildiri

1. Öztürk, M. and Pınarbaşı, A., (2017). "Review of Literature Study for Louvered Fin Heat Exchangers", International Conference on Energy and Thermal Engineering, 25-28 April, İstanbul.
2. Dalkılıç, A. S., Öztürk, M., Celen, A., Çebi, A., Göktepe, E. and Wongwises, S., (2013). "Fundamental Basis and Application of Cold-Room Project Design: A Case Study of Frigoship", ASME Summer Heat Transfer Conference, 14-19 July, Minnesota.

Proje

1. SANTEZ Projesi "Isı Değiştirici Kanat Geometrilerinin Isıl ve Hidrolik Performansa Etkisi"

ÖDÜLLERİ

1. Yüksek Onur Öğrencisi, 2014, Yıldız Teknik Üniversitesi.