

**T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**SEKİZ BAŞLANGIÇ SPİRALLİ TÜPÜN
AKIŞ KARAKTERİSTİĞİ VE
TERMAL ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nuri Caner CANBOLAT

Enerji Ana Bilim Dalı

Makina Mühendisliği Programı

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Oktay ÖZCAN
Eş Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Erman ASLAN**

AĞUSTOS, 2019

**T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**SEKİZ BAŞLANGIÇ SPİRALLİ TÜPÜN
AKIŞ KARAKTERİSTİĞİ VE
TERMAL ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Nuri Caner CANBOLAT
(Y1713.080011)**

Enerji Ana Bilim Dalı

Makina Mühendisliği Programı

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Oktay ÖZCAN
Eş Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Erman ASLAN**

AĞUSTOS, 2019



T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

Yüksek Lisans Tez Onay Belgesi

Enstitümüz Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı Makine Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı Y1713.080011 numaralı öğrencisi **Nuri Caner CANBOLAT**' ın "**SEKİZ BAŞLANGIÇ SİRALLİ TÜPÜN AKIŞ KARAKTERİSTİĞİ VE TERMAL ANALİZİ**" adlı tez çalışması Enstitümüz Yönetim Kurulunun 16.07.2019 tarih ve 2019/14 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından **2019/15** ile Tezli Yüksek Lisans tezi olarak **Kabul** edilmiştir.

Öğretim Üyesi Adı Soyadı

İmzası

Tez Savunma Tarihi : 08/08/2019

1) **Tez Danışmanı:** Prof. Dr. Oktay ÖZCAN

.....
Oktay Özcan

2) **Jüri Üyesi :** Prof. Dr. Hasan Alpay HEPERKAN

.....
Hasan Alpay HEPERKAN

3) **Jüri Üyesi :** Doç. Dr. Selim DALKILIÇ

.....
Selim DALKILIÇ

Not: Öğrencinin Tez savunmasında **Başarılı** olması halinde bu form **imzalanacaktır**. Aksi halde geçersizdir.

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Sekiz Başlangıç Spiralli Tüpün Akış Karakteristiği ve Termal Analizi” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (29/01/2018)

NURİ CANER CANBOLAT

Sevgili Eşime,

ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanmasında bana yardımcı olan danışmanım Prof. Dr. Oktay Özcan, İstanbul Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümünde görev yapan değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Erman Aslan'a ve Uludağ Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünde görev yapmakta olan Arş. Gör. Bahadır Erman Yüce'ye teşekkür ederim.

AĞUSTOS, 2019

Nuri Caner Canbolat
(Makine Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖNSÖZ.....	xi
İÇİNDEKİLER	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xlixv
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xvii
SEMBOL LİSTESİ.....	xliiii
ÖZET.....	xliv
ABSTRACT.....	xlviiv
1.GİRİŞ.	1
1.1 Isı Transferi İyileştirme Yöntemleri.....	2
1.1.1 Pasif ısı transferi iyileştirme yöntemleri.....	2
1.1.2 Aktif ısı transferi iyileştirme yöntemleri.....	4
1.1.3 Hibrit ısı transferi iyileştirme yöntemleri.....	5
1.2 Isı Değiştiricilerinin Sınıflandırılması.....	5
1.2.1 Isı değişim şekline göre ısı değiştiricileri.....	5
1.2.2 Isı geçiş yüzeyinin ısı geçiş hacim oranına göre ısı değiştiricileri.....	6
1.2.3 Akışkan sayısına göre ısı değiştiricileri	6
1.2.4 Isı geçiş mekanizmaları ve akış düzenlemelerine göre ısı değiştiricileri ...	6
1.2.5 Konstrüksiyon özelliklerine göre ısı değiştiricileri	7
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	11
2.1 Dalgalı Kanal Akışıyla Alakalı Yapılmış Deneysel Çalışmalar	11
2.2 Dalgalı Kanal Akışıyla Alakalı Yapılmış Nümerik Çalışmalar	13
2.3 Dalgalı Kanal Akışıyla Alakalı Yapılmış Hem Deneysel Hem De Nümerik Çalışmalar	16
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	21
3.1 Ağdan Bağımsızlık Çalışması	22
3.2 Validasyon	24
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	25
4.1 Validasyon Sonuçları	25

4.2 Altı Spiralli Tüp	26
4.2.1 Altı spiralli tüpün geometrik detayları	26
4.2.2 Altı spiralli tüpün analiz sonuçları	26
4.3 Sekiz Spiralli Tp.....	27
4.3.1 Sekiz spiralli tüpün geometrik detayları.....	27
4.3.2 Sekiz spiralli tüpün analiz sonuçları.....	27
4.3.2.1 Spiral apı 0.75 mm olan tüpler.....	26
4.3.2.2 Spiral apı 1 mm olan tüpler.....	48
4.3.2.3 Spiral apı 1.25 mm olan tüpler.....	68
4.3.2.4 Spiral apı 1.5 mm olan tüpler	88
4.4 Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması	1098
KAYNAKLAR.....	1165
ZGEMIŐ.....	1209

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Ağdan Bağımsızlık Çalışması Parametreleri.....	21
--------------------------------------------------------------	----

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

- Şekil 1.1:** Tek Fazlı Isı Transferinin Arttırılması İçin Geliştirilmiş Tüpler. a) İç Çıkıntılara Sahip Oluklu veya Spiral Olarak Girintili Tüp b) Bütünleşik Dış Kanatlar c) Bütünleşik İç Kanatlar. d) Derin Spiral Oluklu Tüp e) Statik Karıştırıcı Ek. f) Tel Sargılı Kesici Uç.....3
- Şekil 1.2 :** Direk Temaslı Isı Değiştirici Şeması.....5
- Şekil 1.3 :** Isı Değiştiricilerinin Konstrüksiyon Özelliklerine Göre Sınıflandırılması.....7
- Şekil 3.1 :** Model Geometrisi Ve Şeması.....20
- Şekil 4.1 :** Düz Tüp Mesh.....24
- Şekil 4.2 :** Ampirik Formüller ile Analiz Sonuçlarının Kıyaslanması a) Nusselt Sayısı b) Sürtünme Faktörü.....25
- Şekil 4.3 :** Altı Spiralli Tüpün Mesh Görüntüsü.....25
- Şekil 4.4 :** Altı Spiralli Tüpün 6×10^4 Reynolds'taki a) Hız Profili b) Sıcaklık Profili.....26
- Şekil 4.5 :** 35 mm Spiral Adımlı Sekiz Spiralli Modellerin Meshleri a) 0.75 mm Spiral Çap b) 1 mm Oluk Yüksekliği c) 1.25 mm Oluk Yüksekliği d) 1.5 mm Oluk Yüksekliği.....26
- Şekil 4.6 :** Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....27
- Şekil 4.7 :** Spiral Adımı 35 mm Olan Tüpün Sıcaklık Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....27
- Şekil 4.8 :** Spiral Adımı 35 mm Olan Tüpün Çıkıştaki Hız Dağılımları a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....27

Reynolds.....	28
Şekil 4.9 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	28
Şekil 4.10 : Spiral Adımı 35 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılım.....	28
Şekil 4.11 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	29
Şekil 4.12 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	29

Şekil 4.13 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki	Hız		
Dağılımı.....	29		
Şekil 4.14 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	30		
Şekil 4.15 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	30		
Şekil 4.16 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	30		
Şekil 4.17 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	30		
Şekil 4.18 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	31		
Şekil 4.19 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki	Türbülans	Kinetik	Enerji
Dağılımı.....	31		
Şekil 4.20 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki	Türbülans	Kinetik	Enerji
Dağılımı.....	31		
Şekil 4.21 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki	Türbülans	Kinetik	Enerji
Dağılımı.....	31		
Şekil 4.22 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki	Türbülans	Kinetik	Enerji
Dağılımı.....	32		
Şekil 4.23 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki	Türbülans	Kinetik	Enerji
Dağılımı.....	32		
Şekil 4.24 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....	32		
Şekil 4.25 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün Sıcaklık Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....	33		
Şekil 4.26 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün Çıkıştaki Hız Dağılımları a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....	33		
Şekil 4.27 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki	Hız		
Dağılımı.....	33		

Şekil 4.28 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine

Kesitindeki Hız
Dağılımı.....34

Şekil 4.29 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine

Kesitindeki Hız
Dağılımı.....34

Şekil 4.30 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine

Kesitindeki Hız
Dağılımı.....34

Şekil 4.31 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine

Kesitindeki Hız
Dağılımı.....35

Şekil 4.32 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine

Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....35

Şekil 4.33 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine

Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....35

Şekil 4.34 : Sarmal Adımı 37.5mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine

Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....35

Şekil 4.35 : Sarmal Adımı 37.5mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine

Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....36

Şekil 4.36 : Sarmal Adımı 37.5mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine

Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....36

Şekil 4.37 : Sarmal Adımı 37.5mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine

Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji
Dağılımı.....36

Şekil 4.38 : Sarmal Adımı 37.5mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine

Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji
Dağılımı.....36

Şekil 4.39 : Sarmal Adımı 37.5mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine

Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji
Dağılımı.....37

Şekil 4.40 : Sarmal Adımı 37.5mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine				
	Kesitindeki	Türbülans	Kinetik	Enerji
Dağılımı.....				
				37
Şekil 4.41 : Sarmal Adımı 37.5mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine				
	Kesitindeki	Türbülans	Kinetik	Enerji
Dağılımı.....				
				37
Şekil 4.42 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....				38
Şekil 4.43 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün Sıcaklık Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....				38
Şekil 4.44 : Spiral Adımı 40 mm Olan Tüpün Çıkıştaki Hız Dağılımları a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....				39
Şekil 4.45 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine				
	Kesitindeki			Hız
Dağılımı.....				
				39
Şekil 4.46 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine				
	Kesitindeki			Hız
Dağılımı.....				
				39
Şekil 4.47 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine				
	Kesitindeki			Hız
Dağılımı.....				
				39
Şekil 4.48 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine				
	Kesitindeki			Hız
Dağılımı.....				
				40
Şekil 4.49 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine				
	Kesitindeki			Hız
Dağılımı.....				
				40
Şekil 4.50 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine				
	Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....			40
Şekil 4.51 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine				
	Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....			40
Şekil 4.52 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine				
	Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....			41
Şekil 4.53 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine				
	Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....			41
Şekil 4.54 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine				
	Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....			41

Şekil 4.55 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....	41
Şekil 4.56 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....	42
Şekil 4.57 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....	42
Şekil 4.58 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....	42
Şekil 4.59 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....	42
Şekil 4.60 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....	43
Şekil 4.61 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün Sıcaklık Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....	43
Şekil 4.62 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün Çıkıştaki Hız Dağılımları a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....	44
Şekil 4.63 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	44
Şekil 4.64 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	44
Şekil 4.65 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	45
Şekil 4.66 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	45
Şekil 4.67 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	45

Şekil 4.68 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	45
Şekil 4.69 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	46
Şekil 4.70 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	46
Şekil 4.71 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	46
Şekil 4.72 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	46
Şekil 4.73 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....	47
Şekil 4.74 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....	47
Şekil 4.75 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....	47
Şekil 4.76 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....	47
Şekil 4.77 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....	48
Şekil 4.78 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....	48
Şekil 4.79 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....	49
Şekil 4.80 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün Çıkıştaki Hız Dağılımları a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....	49

Şekil 4.81 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	49
Şekil 4.82 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	50
Şekil 4.83 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	50
Şekil 4.84 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	50
Şekil 4.85 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	50
Şekil 4.86 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	51
Şekil 4.87 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	51
Şekil 4.88 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	51
Şekil 4.89 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	51
Şekil 4.90 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	52
Şekil 4.91 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....	52
Şekil 4.92 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....	52
Şekil 4.93 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....	52
Şekil 4.94 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....	53
Şekil 4.95 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....	53
Şekil 4.96 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4	

Reynolds.....	53
Şekil 4.97 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds c) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....	54
Şekil 4.98 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün Çıkıştaki Hız Dağılımları a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....	54
Şekil 4.99 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	54
Şekil 4.100 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	55
Şekil 4.101 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	55
Şekil 4.102 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	55
Şekil 4.103 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	55
Şekil 4.104 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	56
Şekil 4.105 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	56
Şekil 4.106 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	56
Şekil 4.107 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	56
Şekil 4.108 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	57
Şekil 4.109 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....	57
Şekil 4.110 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....	57

Şekil 4.111 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....	57
Şekil 4.112 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....	58
Şekil 4.113 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....	58
Şekil 4.114 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....	58
Şekil 4.115 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....	59
Şekil 4.116 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün Çıkıştaki Hız Dağılımları a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....	59
Şekil 4.117 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	59
Şekil 4.118 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	60
Şekil 4.119 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	60
Şekil 4.120 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	60
Şekil 4.121 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	60
Şekil 4.122 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	61
Şekil 4.123 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	61

Şekil 4.124 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	61
Şekil 4.125 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	61
Şekil 4.126 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	62
Şekil 4.127 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....	62
Şekil 4.128 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....	62
Şekil 4.129 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....	62
Şekil 4.130 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....	63
Şekil 4.131 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....	63
Şekil 4.132 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....	63
Şekil 4.133 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....	64
Şekil 4.134 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün Çıkıştaki Hız Dağılımları a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....	64
Şekil 4.135 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	64
Şekil 4.136 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	65

- Şekil 4.137** : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre
Enine Kesitindeki Hız
Dağılımı.....65
- Şekil 4.138** : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre
Enine Kesitindeki Hız
Dağılımı.....65
- Şekil 4.139** : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre
Enine Kesitindeki Hız
Dağılımı.....65
- Şekil 4.140** : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre
Enine Kesitindeki Sıcaklık
Dağılımı.....66
- Şekil 4.141** : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre
Enine Kesitindeki Sıcaklık
Dağılımı.....66
- Şekil 4.142** : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre
Enine Kesitindeki Sıcaklık
Dağılımı.....66
- Şekil 4.143** : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre
Enine Kesitindeki Sıcaklık
Dağılımı.....66
- Şekil 4.144** : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre
Enine Kesitindeki Sıcaklık
Dağılımı.....67
- Şekil 4.145** : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre
Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji
Dağılımı.....67
- Şekil 4.146** : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre
Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji
Dağılımı.....67
- Şekil 4.147** : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre
Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji
Dağılımı.....67
- Şekil 4.148** : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre
Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji
Dağılımı.....68
- Şekil 4.149** : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre
Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji
Dağılımı.....68
- Şekil 4.150** : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds
b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds
e) 2×10^4 Reynolds.....68
- Şekil 4.151** : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds
b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds

e) 2×10^4 Reynolds.....	69
Şekil 4.152 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün Çıkıştaki Hız Dağılımları a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....	69
Şekil 4.153 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	69
Şekil 4.154 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	70
Şekil 4.155 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	70
Şekil 4.156 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	70
Şekil 4.157 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	70
Şekil 4.158 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	71
Şekil 4.159 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	71
Şekil 4.160 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	71
Şekil 4.161 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	71
Şekil 4.162 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	72
Şekil 4.163 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....	72
Şekil 4.164 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....	72

Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji
Dağılımı.....72

Şekil 4.165 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine

Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji
Dağılımı.....72

Şekil 4.166 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine

Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji
Dağılımı.....73

Şekil 4.167 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine

Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji
Dağılımı.....73

Şekil 4.168 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....73

Şekil 4.169 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....74

Şekil 4.170 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün Çıkıştaki Hız Dağılımları a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....74

Şekil 4.171 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....74

Şekil 4.172 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....75

Şekil 4.173 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....75

Şekil 4.174 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....75

Şekil 4.175 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....75

Şekil 4.176 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....76

Şekil 4.177 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....76

- Şekil 4.178** : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....76
- Şekil 4.179** : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....76
- Şekil 4.180** : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....77
- Şekil 4.181** : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....77
- Şekil 4.182** : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....77
- Şekil 4.183** : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....77
- Şekil 4.184** : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....78
- Şekil 4.185** : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....78
- Şekil 4.186** : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....78
- Şekil 4.187** : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....79
- Şekil 4.188** : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün Çıkıştaki Hız Dağılımları a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....79
- Şekil 4.189** : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....79
- Şekil 4.190** : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....80
- Şekil 4.191** : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....80

Şekil 4.192 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Dağılımı.....	Hız	80		
Şekil 4.193 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Dağılımı.....	Hız	80		
Şekil 4.194 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....		81		
Şekil 4.195 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....		81		
Şekil 4.196 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....		81		
Şekil 4.197 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....		81		
Şekil 4.198 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....		82		
Şekil 4.199 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Dağılımı.....	Türbülans	Kinetik	Enerji	82
Şekil 4.200 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Dağılımı.....	Türbülans	Kinetik	Enerji	82
Şekil 4.201 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Dağılımı.....	Türbülans	Kinetik	Enerji	82
Şekil 4.202 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Dağılımı.....	Türbülans	Kinetik	Enerji	83
Şekil 4.203 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Dağılımı.....	Türbülans	Kinetik	Enerji	83
Şekil 4.204 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4				

Reynolds.....	83
Şekil 4.205 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....	84
Şekil 4.206 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün Çıkıştaki Hız Dağılımları a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....	84
Şekil 4.207 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	84
Şekil 4.208 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	85
Şekil 4.209 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	85
Şekil 4.210 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	85
Şekil 4.211 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	85
Şekil 4.212 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	86
Şekil 4.213 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	86
Şekil 4.214 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	86
Şekil 4.215 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	86
Şekil 4.216 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	87
Şekil 4.217 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....	87
Şekil 4.218 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....	87

Şekil 4.219 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....	87
Şekil 4.220 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....	88
Şekil 4.221 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....	88
Şekil 4.222 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....	88
Şekil 4.223 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....	89
Şekil 4.224 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün Çıkıştaki Hız Dağılımları a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....	89
Şekil 4.225 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	89
Şekil 4.226 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	90
Şekil 4.227 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	90
Şekil 4.228 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	90
Şekil 4.229 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	90
Şekil 4.230 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	91
Şekil 4.231 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	91

Şekil 4.232 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	91
Şekil 4.233 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	91
Şekil 4.234 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	92
Şekil 4.235 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....	92
Şekil 4.236 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....	92
Şekil 4.237 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....	92
Şekil 4.238 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....	93
Şekil 4.239 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....	93
Şekil 4.240 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....	93
Şekil 4.241 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....	94
Şekil 4.242 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün Çıkıştaki Hız Dağılımları a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....	94
Şekil 4.243 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	94
Şekil 4.244 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	95

- Şekil 4.245** : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre
Enine Kesitindeki Hız
Dağılımı.....95
- Şekil 4.246** : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre
Enine Kesitindeki Hız
Dağılımı.....95
- Şekil 4.247** : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre
Enine Kesitindeki Hız
Dağılımı.....95
- Şekil 4.248** : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre
Enine Kesitindeki Sıcaklık
Dağılımı.....96
- Şekil 4.249** : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre
Enine Kesitindeki Sıcaklık
Dağılımı.....96
- Şekil 4.250** : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre
Enine Kesitindeki Sıcaklık
Dağılımı.....96
- Şekil 4.251** : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre
Enine Kesitindeki Sıcaklık
Dağılımı.....96
- Şekil 4.252** : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre
Enine Kesitindeki Sıcaklık
Dağılımı.....97
- Şekil 4.253** : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre
Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji
Dağılımı.....97
- Şekil 4.254** : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre
Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji
Dağılımı.....97
- Şekil 4.255** : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre
Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji
Dağılımı.....97
- Şekil 4.256** : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre
Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji
Dağılımı.....98
- Şekil 4.257** : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre
Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji
Dağılımı.....98
- Şekil 4.258** : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds
b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4
Reynolds.....98
- Şekil 4.259** : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds
b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4

	Reynolds.....	99
Şekil 4.260	: Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün Çıkıştaki Hız Dağılımları a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....	99
Şekil 4.261	: Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	99
Şekil 4.262	: Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	100
Şekil 4.263	: Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	100
Şekil 4.264	: Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	100
Şekil 4.265	: Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....	100
Şekil 4.266	: Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	101
Şekil 4.267	: Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	101
Şekil 4.268	: Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	101
Şekil 4.269	: Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	101
Şekil 4.270	: Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....	102
Şekil 4.271	: Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....	102
Şekil 4.272	: Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine	

	Kesitindeki	Türbülans	Kinetik	Enerji
Dağılımı.....				102
Şekil 4.273 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine				
	Kesitindeki	Türbülans	Kinetik	Enerji
Dağılımı.....				102
Şekil 4.274 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine				
	Kesitindeki	Türbülans	Kinetik	Enerji
Dağılımı.....				103
Şekil 4.275 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine				
	Kesitindeki	Türbülans	Kinetik	Enerji
Dağılımı.....				103
Şekil 4.276 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....				
				103
Şekil 4.277 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....				
				104
Şekil 4.278 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün Çıkıştaki Hız Dağılımları a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds.....				
				104
Şekil 4.279 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....				
				104
Şekil 4.280 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....				
				105
Şekil 4.281 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....				
				105
Şekil 4.282 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....				
				105
Şekil 4.283 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı.....				
				105
Şekil 4.284 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....				
				106
Şekil 4.285 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....				
				106

- Şekil 4.286** : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....106
- Şekil 4.287** : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....106
- Şekil 4.288** : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı.....107
- Şekil 4.289** : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....107
- Şekil 4.290** : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....107
- Şekil 4.291** : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....107
- Şekil 4.292** : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....108
- Şekil 4.293** : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı.....108
- Şekil 4.294** : Düz, Altı Ve Sekiz Spiralli Tüplerin Karşılaştırılması a) Sürtünme Faktörü b) Nusselt Sayısı.....109
- Şekil 4.295** : Sekiz Spiralli Tüpün Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüplerin Oluk Yüksekliğine Göre Karşılaştırılması a) Sürtünme Faktörü b) Nusselt Sayısı.....109
- Şekil 4.296** : Sekiz Spiralli Tüpün Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüplerin Spiral Çaplarına Göre Karşılaştırılması a) Sürtünme Faktörü b) Nusselt Sayısı.....110
- Şekil 4.297** : Sekiz Spiralli Tüpün Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüplerin Oluk Yüksekliğine Göre Karşılaştırılması a) Sürtünme Faktörü b) Nusselt Sayısı.....110
- Şekil 4.298** : Sekiz Spiralli Tüpün Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüplerin Spiral Çaplarına Göre Karşılaştırılması a) Sürtünme Faktörü b) Nusselt Sayısı.....111
- Şekil 4.299** : Sekiz Spiralli Tüpün Oluk Yüksekliği 0.75 mm Olan Tüplerin Spiral Adımlarına Göre Karşılaştırılması a) Sürtünme Faktörü b) Nusselt Sayısı.....111
- Şekil 4.300** : Sekiz Spiralli Tüpün Oluk Yüksekliği 1 mm Olan Tüplerin Spiral Adımlarına Göre Karşılaştırılması a) Sürtünme Faktörü b) Nusselt Sayısı.....112
- Şekil 4.301** : Sekiz Spiralli Tüpün Oluk Yüksekliği 1.25 mm Olan Tüplerin Spiral Adımlarına Göre Karşılaştırılması a) Sürtünme Faktörü b) Nusselt Sayısı.....112

Sayısı.....	113
Şekil 4.302 : Sekiz Spiralli Tüpün Oluk Yüksekliği 1.5 mm Olan Tüplerin Spiral Adımlarına Göre Karşılaştırılması a) Sürtünme Faktörü b) Nusselt Sayısı.....	113

SEMBOL LİSTESİ

e	: Oluk Yüksekliği
f	: Sürtünme Faktörü
D	: Tüpün Çapı
h	: Isı Transferi Katsayısı
k	: Akışkanın Isı İletim Katsayısı
L	: Tüpün Uzunluğu
Nu	: Nusselt Sayısı
p	: Sarmal Adımı
Pr	: Prandtl Sayısı
ρ	: Akışkanın Yoğunluğu
Re	: Reynolds Sayısı
T_{outlet}	: Çıkış Sıcaklığı
ΔT_{ln}	: Logaritmik Sıcaklık Farkı
u	: Akışkanın Ortalama Hızı
ΔP	: Basınç Düşümü
β	: Kompaktlık Oranı

SEKİZ BAŞLANGIÇ SİRALLİ TÜPÜN AKIŞ KARAKTERİSTİĞİ VE TERMAL ANALİZİ

ÖZET

Günümüzde fosil enerji kaynaklarının tükenme durumuna gelmesinden dolayı enerji verimliliği farkındalığı artmıştır. Bu yüzden bu çalışmada da sanayide geniş kullanım alanı bulunan dalgalı kanalların termal performansı ve akış karakteristiği üzerine nümerik analiz gerçekleştirilmiştir. Ayrıca farklı oluk yükseklikleri(e) ve sarmal adımlarındaki(p) sekiz spiralli tüpler için uygun bir konfigürasyon aranmıştır. Analizler 20000-60000 Reynolds aralığında beş farklı Re için gerçekleştirilmiştir. 16 adet sekiz spiralli, 1'er adet altı spiralli ve düz tüp modeli kullanılmıştır. Akışkan olarak 290 K° sıcaklığında ki su kullanılmıştır. Tüplerin çeperlerine ise 330 K° sabit sıcaklık konulmuştur. Modeller Solidworks programı kullanılarak oluşturulmuştur. Analizler de Ansys Fluent programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Öncelikle çapı 8 mm olan düz tüpün analizi 60000 Re için gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar ampirik formüllerle kıyaslanmıştır. Bu kıyaslama sonunda elde edilen en yüksek fark %5.5 olmuştur. Daha sonra artırılmış çapları 8 mm, e = 0.75 mm ve p= 35 mm olan altı ve sekiz spiralli tüplerin 60000 Re'de analizleri gerçekleştirilip düz tüp ile kıyaslanmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda sekiz spiralli tüpte 60000 Re'de düz tüpe kıyasla Nusselt sayısında %5.12'lik bir iyileşme görülmüştür. Ancak sekiz spiralli tüpün sürtünme faktörü de düz tüpün sürtünme faktöründen %24 fazla çıkmıştır. Ayrıca sekiz spiralli tüpler hem spiral çaplarına göre hem de spiral adımlarına göre ayrı ayrı incelenmiştir. Bu incelemeler sonunda sarmal adımı 35 mm, 37.5 mm, 40 mm ve 42.5 mm olan tüplerde en yüksek sürtünme faktörü 1 mm spiral çaplı ve en yüksek Nusselt sayısı da 1.25 mm oluk yüksekliğindeki tüpte elde edilmiştir. Ayrıca oluk yüksekliği 0.75 mm olan tüplerde en yüksek sürtünme faktörü 35 mm sarmal adımı ve en yüksek Nusselt sayısı da 37.5 mm sarmal adımı elde edilmiştir. Oluk yüksekliği 1 mm olan tüplerde ise en yüksek sürtünme faktörü 35 mm sarmal adımı en yüksek Nusselt sayısı ise 37.5 mm sarmal adımı elde edilmiştir. Oluk yüksekliği 1.25 mm ve 1.5 mm olan tüplerde ise en yüksek sürtünme faktörü ve en yüksek Nusselt sayısı 35 mm sarmal adımı elde edilmiştir. Sonuç olarak en iyi konfigürasyonun oluk yüksekliği 1.25 mm ve sarmal adımı 35 mm olan tüpte olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler : *Dalgalı Kanallar, Spiralli Tüpler, Sekiz Spiral, Akış Karakteristiği, Termal Performans*

EIGHT STARTED SPIRAL TUBE FLOW CHARACTERISTIC AND THERMAL ANALYSIS

ABSTRACT

Today, due to the depletion of fossil energy sources, the awareness of energy efficiency has increased. Therefore, in this study, numerical analysis on the thermal performance and flow characteristics of the corrugated channels with wide usage area in the industry was carried out. In addition, a suitable configuration for different corrugation heights(e) and spiral pitches(p) of eight spiral tubes is investigated. The analyses were performed for five different Re in the Reynolds range of 20000-60000. Sixteen eight spiral and six spiral and straight tube models were used. Water at a temperature of 290 K° was used. 330 K° constant temperature was employed on the walls of the tubes. Models were created using the Solidworks program. The analyses were performed using the Ansys Fluent program. First, the analysis of the flat tube with a diameter of 8 mm was carried out for 60000 Re . The results were compared with empirical formulas. The highest error obtained at the end of this comparison was 5.5%. Then, six and eight spiral tubes with enhanced tube diameters of 8 mm, $e = 0.75\text{ mm}$ and $p = 35\text{ mm}$ were analysed at 60000 Re and compared with flat tube. As a result of this comparison, an improvement of %5.12 in the Nusselt number was observed in the eight spiral tubes compared to the flat tube at 60000 Reynolds. However, the friction factor of the eight spiral tubes was %24 higher than the friction factor of the flat tube. In addition, eight spiral tubes were examined separately according to corrugation heights and spiral pitches. At the end of these investigations, the highest friction factor was found in tubes with spiral pitch of 35 mm, 37.5 mm, 40 mm and 42.5 mm, with a corrugation height of 1 mm and the highest Nusselt number of 1.25 mm in corrugation height tube. In addition, the highest friction factor in corrugation height of 0.75 mm tubes was obtained in 35 mm spiral pitch and the highest Nusselt number was obtained in 37.5 mm spiral pitch. The highest friction factor was found in the 35 mm spiral pitch in tubes with a corrugation height of 1 mm while the highest Nusselt number was obtained in the spiral pitch of 37.5 mm. The highest friction factor and the highest Nusselt number were obtained in the 35 mm spiral pitch in tubes with a corrugation height of 1.25 mm and 1.5 mm. As a result, the best configuration was found in the tube with a corrugation height of 1.25 mm and a spiral pitch of 35 mm.

Key Words : *Wavy Ducts, Spiral Tubes, Eight Spirals, Flow Characteristics, Thermal Performance*

1. GİRİŞ

Kömür ve doğal gaz gibi fosil yakıtlar, sanayi devriminin başlamasından bu yana ana enerji kaynakları olarak kullanılmaktadır. Geleneksel olarak, fosil yakıtlar, içten yanmalı motor, buhar türbini ve gaz türbini gibi farklı teknolojiler kullanılarak elektrik ve ısı enerjilerine dönüştürülmüştür. Günümüzde fosil yakıt rezervlerinin azalması ve bu enerji kaynaklarının kullanımından dolayı oluşan ozon tabakasının incilmesi, hava kirliliği, asit yağmurları, küresel ısınma ya da soğuma gibi çevresel sorunlar artmıştır. Bu nedenler de enerji verimliliğinin önemini anlaşılmasını sağlamıştır ve araştırmacılar hem daha verimli hem de yenilenebilir enerji kaynaklarıyla enerji üretebilecek yüksek verimli teknolojiler geliştirmeye başlamışlardır. Özellikle endüstriyel uygulamalardaki ısı kazanım metodları enerjinin verimli kullanımında çok önemli birer uygulama haline gelmiştir. Bu yüzden ki bu sistemlerdeki ısı transferi artırımı enerjinin verimli kullanımı için çoğu proseste tercih edilen bir yöntem olmuştur.

Farklı metodlar kullanılarak birçok cihaz meydana getirilmiştir. Bu cihazlardan en geniş alanda kullanıma sahip olanları ısı değiştiricisi diye adlandırılan ısı cihazlarıdır. Bu cihazlar iki veya daha fazla akışkan arasında ısı transferi gerçekleştirirler (Kılıç & Yiğit, 2010). Genel uygulamalarda iki akışkandan biri sıcak diğeri soğuktur. Isı değiştiricilerindeki ısı transferi genelde taşınım ve iletimle olur. Bazı durumlarda ışınım da etkili olmaktadır.

Isı transferi miktarının artırımı ısı değiştiricilerinin verimliliğinin artırımı konusunda en önemli kriterlerden biridir. Isı değiştiricilerinin verimliliğini artırmak için ısı değiştiricisinin geometrisinin optimize edilmesi, daha yüksek ısı performansına sahip akışkan kullanımı gibi birçok yöntem bulunmaktadır.

1.1 Isı Transferi İyileştirme Yöntemleri

Isı transferi iyileştirme yöntemlerini aktif, pasif ve hibrit olmak üzere üç ana başlık altında toplayabiliriz.

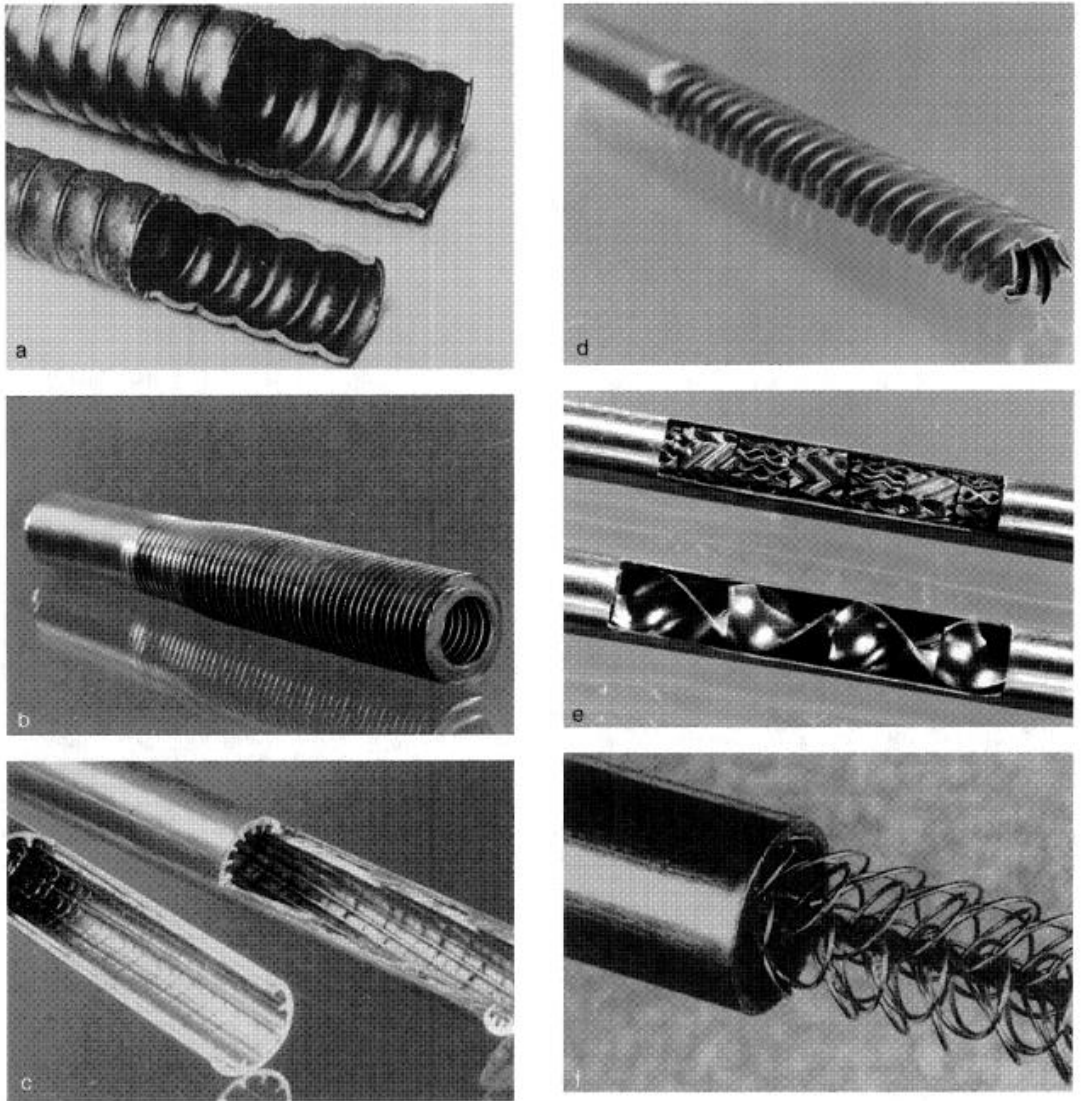
1.1.1 Pasif ısı transferi iyileştirme yöntemleri

Pasif ısı transferi iyileştirme yöntemleri yüzey geometrisinin optimize edilmesi, malzemenin pürüzlülüğü, akışkan özellikleri ya da nesne tutturulması gibi yöntemlerle yüzey alanının ve türbülansın artırılması ile ısı transferi miktarını iyileştiren dolaylı yöntemlerdir. Bu yöntemlerin ortak amacı, yüzeydeki sınır katmanını bozarak onu daha merkeze yakın akışkanla değiştirip yüksek sıcaklık gradyanına sahip yeni sınır katmanı oluşturmaktır (Özbolet, 2015). Bükülmüş bantlar, tel bobinleri, panjurlar, kaburgalar ve ofset kanatları bu yöntemle alakalı örnekler olarak verilebilirler.

Pasif ısı transferi yöntemleri dışarıdan bir güç desteğine ihtiyaç duymazlar. Ancak meydana gelen basınç düşümünden dolayı gerekli ilk kurulum gücü daha fazladır. Akış kanalının yüzeyi veya geometrisi ilave parçalar yada diğer kesici uçlar eklenerek modifiye edilir. Böylece yüzey alanı genişler ve bu sebeple de ısı transferi arttırılmış olur. Kompakt geometriler altında aktif ısı transferi iyileştirme yöntemlerinin uygulanması uygun olmadığından pasif ısı transferi iyileştirme yöntemleri aktif ısı transferi iyileştirme yöntemlerine göre daha avantajlıdır (Özbolet, 2015). Çok sayıda pasif ısı transferi iyileştirme yöntemleri olmakla birlikte, aşağıdakiler farklı endüstriyel uygulamalarda en sık kullanılan yöntemlerdir (Liu & Sakr, 2013):

- **İşlenmiş yüzeyler:** Isı transferi yüzeylerinde kaplama ile sürekli ya da kesikli olarak küçük bir ölçek değişikliğiyle çok küçük değerde pürüzlülük elde edilir. Bu da tek fazla ısı transferinin artmasına sebep verir. Genelde bu uygulama yoğuşma ve kaynama uygulamalarında kullanılır.
- **Pürüzlü yüzeyler:** Isı transfer yüzey alanını değiştirmeden yüzeyin pürüzlülüğünü artırarak gerçekleştirilen pasif yöntemdir. Pürüzlü yüzeyler ısı sınır tabaka kalınlığını düşürerek türbülans geçişinin daha erken olmasını sağlayarak ısı transferinin iyileşmesine sebep verir. Şekil 1.1a'da bir örnek gösterilmektedir.

- **Uzatılmış yüzeyler:** Isı transfer yüzey alanını artıran ve aynı zamanda akış alanını rahatsız ederek ısı transfer katsayılarını iyileştiren modifiye edilmiş fin yüzeyleri kullanılarak ısı transferinin geliştirilmesi sağlanabilir. Şekil 1.1b ve Şekil 1.1c’de örnek uygulamaları görülmektedir.
- **Yerinden çıkarılan yüzeler:** Bu yöntem öncelikle zorlanmış taşınım elde etmek için kullanılır. Isıtılmış yada soğutulmuş yüzeye enerji akışını iyileştirmek için dolaylı yoldan kanalın içine yerleştirilen araçlarla akışkan kütle halinde çekirdek akışına geçmeye zorlanır ve bu şekilde ısı transferinde iyileştirme sağlanır. Şekil 1.1e ve Şekil 1.1f ‘de gösterilmektedir.



Şekil 1.1 : Tek Fazlı Isı transferinin Arttırılması İçin Geliştirilmiş Tüpler. a) İç Çıkıntılara Sahip Oluşlu Veya Spiral Olarak Girintili Tüp b) Bütünlüştük Dış Kanatlar c) Bütünlüştük İç Kanatlar d) Derin Spiral Oluşlu Tüp e) Statik Karıştırıcı Ek f) Tel Sargılı Kesici Uç (Bergles, 2011)

- **Girdap akışlı cihazlar:** Hem tek fazlı hem de iki fazlı akışlı ısı eşanjörleri için kullanılabilen bu cihazlar, bir kanaldaki aksel akışta girdap akışı veya ikincil akış oluşturur. Bu cihazlara sargılı tüpler, giriş vorteks jeneratörleri, bükülmüş bant uçları ve vida tipi sargılı aksel çekirdek uçları örnek olarak verilebilir.
- **Sarmal borular:** Bu borular pasif ısı transferi geliştirme tekniklerinden biri olarak sınıflandırılmıştır ve kompakt yapılara sahip olduklarından yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Akışkan kavisli tüplerden akarken, tüplerin eğriliği nedeniyle merkezkaç kuvveti üretilir. Santrifüj kuvveti tarafından üretilen ikincil bir akış ve girdaplar ısı transfer hızını artırır. Spiral ve helezonik bobinler iki yaygın kıvrımlı tüp tipidir ve klima, soğutma sistemleri, ısı geri kazanım prosesleri, kimyasal reaktörler vb. alanlarda kullanılmaktadırlar.
- **Yüzey gerilimi cihazları:** Bu cihazlar kaynama ve yoğuşma içindeki sıvı akışını yönlendirmek için fitilleme veya oluklu yüzeylerden oluşur.
- **Sıvı katkı maddeleri:** Bir faz değiştirici malzeme (PCM) içeren küçük parçacıkların eklenmesi, PCM'nin varlığının akışkanın ısı kapasitesini değiştirmesinden dolayı ısı transfer gelişimini artırabilir. Bunlar aynı zamanda nanokışkanlar adıyla bilinmektedir.

1.1.2 Aktif ısı transferi iyileştirme yöntemleri

Aktif ısı transferi iyileştirme yöntemleri, ısı transferinin artırılması için sisteme bir miktar harici güç girişi gerektirir. Bu kontrol teknikleri, sisteme gereken karmaşıklık ve güç girişi nedeniyle fazla potansiyel göstermedi. Sisteme giriş, elektrik, güç, harici pompa veya radyo frekansı sinyalleri şeklinde olabilir (Özbolet, 2015).

- **Mekanik yardımlar:** Bu tür aletler, sıvıyı mekanik yollarla veya yüzeyi döndürerek karıştırır. Bunlar arasında döner borulu ısı eşanjörleri ve kazınmış yüzey ısı ve kütle eşanjörleri bulunur.
- **Titreşim:** Akışkan veya yüzeydeki titreşim, ısı transfer geliştirme tekniklerinin aktif kontrolü olarak kullanılabilir. Tek fazlı akış için ön kullanılırlar. Sıvı titreşim teknikleri, ısı aktarımı geliştirmesi için en pratik titreşim tipleridir.

- **Elektrostatik alanlar:** Elektrik veya manyetik alanlar ya da bu iki formun kombinasyonu AC veya DC kaynakları kullanılarak uygulanabilir.
- **Enjeksiyon:** Bu teknik aynı veya farklı akışkanın toplu akışkan içine enjekte edilmesiyle kullanılabilir.
- **Emme:** Bu yöntemde tek fazlı akışta kabarcıklı ya da ince yüzey kaynama ile buharın ya da sıvının ısıtılmış gözenekli bir yüzeyden çıkarılmasıyla uygulanmaktadır.
- **Püskürtme:** Akışkanın yönünü ısı transferi yüzeyine dik ya da eğik biçimde çarpacak şekilde yönlendirerek gerçekleştirilen bir yöntemdir.

1.1.3 Hibrit ısı transferi iyileştirme yöntemleri

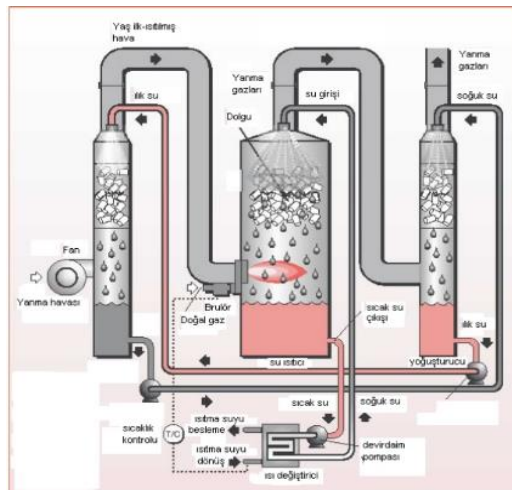
Aktif ve pasif ısı transferi iyileştirme yöntemlerinden iki yada daha fazlasının bir arada uygulanarak elde edilmiş yöntemlerdir. Karmaşık tasarımlara ihtiyaç duyduğundan sınırlı uygulamaları vardır.

1.2 Isı Değiştiricilerinin Sınıflandırılması

Isı değiştiricileri kullanılacakları yere ve kapasitelerine göre tasarlanmaktadır. Isı değiştiriciler temel olarak ısı değişim şekillerine, ısı geçişi yüzeyinin ısı geçişi hacim oranına, akışkan sayısına, ısı geçişi mekanizmasına ve akış düzenlemelerine ve konstrüksiyon özelliklerine göre olmak üzere 5 ana başlıkta birbirlerinden ayrılırlar (Bergman ve diğerleri, 2011).

1.2.1 Isı değişim şekline göre ısı değiştiricileri

Akışkanların temas şekillerine göre direkt temaslı ya da indirekte temaslı olarak ikiye ayrılırlar. Direkt temaslı ısı değiştiricileri Şekil 1.2’de şeması gösterildiği gibi iki farklı fazdaki akışkanın birbirleri ile doğrudan temas halinde olduğu ısı değiştiricisi tipleridir.



İndirekt ısı değiştiricileri akışkanların doğrudan birbirlerine temas etmediği iki akışkan arasında bir yüzey bulunan ısı değiştiricileridir. Tüp-kabuk ısı değiştiricileri bunlara örnek verilebilir.

1.2.2 Isı geçiş yüzeyinin ısı geçiş hacmine oranına göre ısı değiştiricileri

Isı geçiş yüzeyinin ısı geçiş hacmine oranına kompaktlık oranı denmektedir. Ve de β ile gösterilmektedir. Eğer $\beta > 700 \text{ m}^2/\text{m}^3$ ise kompakt değil ise kompakt olmayan ısı değiştiricisi olarak kendi içinde sınıflandırılmaktadır.

1.2.3 Akışkan sayısına göre ısı değiştiricileri

Isı değiştiricileri iki, üç ve çok akışkanlı ısı değiştiricileri olarak akışkan sayısına göre sınıflandırılabilirler. Çoğunlukla iki akışkanlı ısı değiştiricileri kullanılmaktadır. Üç akışkanlı ısı değiştiricileri kriyojinide geniş uygulama alanı bulmakla birlikte hava ayırma sistemleri, saflaştırma, hidrojenin sıvılaştırılması, amonyak sentezi gibi kimyasal ve proses endüstrilerinde de çokça karşımıza çıkmaktadırlar (Çalı, 2018).

1.2.4 Isı geçiş mekanizmaları ve akış düzenlemelerine göre ısı değiştiricileri

Bu sınıflandırma ısı değiştiricisinde kullanılan akışkanların hangi fazda olduklarına göre yapılmaktadır. Akışkanlar tek fazda olabilecekleri gibi çift fazda da olabilirler. Genel olarak iki tarafta da tek fazlı akış, bir tarafta tek fazlı diğer tarafta çift fazlı akış, her iki tarafta da çift fazlı akış ve hem taşınım hem de ışınlama beraber ısı geçişi yapan ısı değiştiricileri olarak gruplandırılabilir.

Isı değiştiricilerinin büyük bölümünde her iki akışkan ısı değiştiricisine girdikleri fazda onu terk ederler. Bu tip ısı değiştiricileri her iki tarafta da tek fazlı akışa sahip ısı değiştiricisi olarak adlandırılmaktadır. Bu ısı değiştiricilerinin iki tarafındaki ısı taşınımı zorlanmış ya da doğal taşınım olabilir (Çalı, 2018). Radyatör ve konvektörleri bu tipe örnek olarak gösterebiliriz.

Bir tarafta tek fazlı diğer tarafta çift taraflı akışa sahip ısı değiştiricilerinin tek taraflarında zorlanmış ya da tek fazlı bir akış olmaktadır diğer kısımlarında ise iki fazlı akış mevcuttur. Termik santrallerin ve soğutma sistemlerin yoğunlaştırıcıları ile

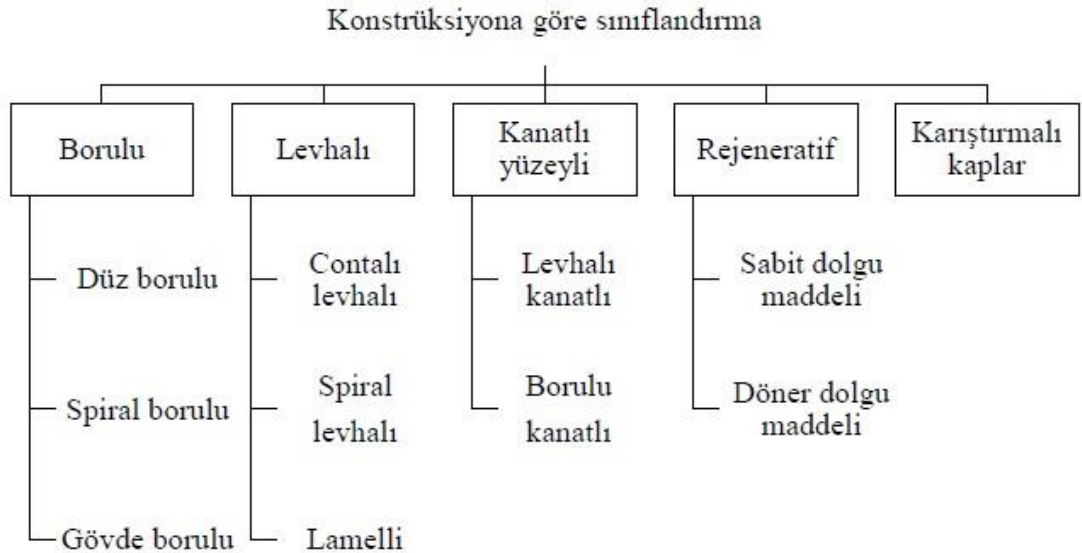
buharlaştırıcıları ve buhar kazanları bu tip ısı değiştircilerine örnek olarak verilebilir (alı, 2018).

İki tarafta da çift fazlı akış olan ısı değiştircilerinin bir taraflarında yoğuşma diğer taraflarında ise buharlaşma işlemi gerçekleşmektedir. Bu tip ısı değiştircileri hidrokarbonların distilasyonunda ve yüksek basıncılı buhar kullanılarak alçak basıncılı buhar elde edilmesinde kullanılmaktadırlar (Cimşit, 2009). Su püskürtmeli soğutucular ve su püskürtmeli buharlaştırıcıları bu tip ısı eşanjörlerine örnek olarak verebiliriz.

Özellikle bir tarafında yüksek sıcaklıkta gaz olan ısı değiştircilerinde taşınım ile birlikte, ışınım ile ısı geçişi bir arada görülür (Cimşit, 2009). Bu tip ısı değiştircileri hem taşınım ile hem de ışınım ile beraber ısı geçişi yapan ısı değiştircileri olarak tasvir edilirler. Yüksek sıcaklıkta dolgu maddeli rejeneratörler, fosil yakacak yakan ısıtıcılar, buhar kazanları bu tip ısı değiştircilerine örnek olarak gösterilebilirler.

1.2.5 Konstrüksiyon zelliklerine göre ısı değiştircileri

Buraya kadar anlattığımız ısı değiştircisi sınıflandırma türleri kabul edilmekle birlikte genelde ısı değiştircileri konstrüktif özelliklerine göre sınıflandırılırlar. Şekil 1.3'te bu sınıflandırmanın nasıl yapıldığı gösterilmiştir.



Şekil 1.3 ısı Değiştircilerinin Konstrüksiyon zelliklerine Göre Sınıflandırılması (Arbak, 2014)

Borulu ısı değiştircileri eliptik, dikdörtgen ve çoğunlukla da dairesel kesitli tüplerin kullanıldığı ısı değiştircileridir. Boru çapının, boyunun ve boruların düzeninin kolayca değiştirilebildiği için projelerde büyük kolaylık sağlamaktadır. Özellikle

dairesel kesitli boruların kullanıldığı ısı değıştircileri yüksek basınçlarda rahatlıkla kullanılabilir (Cimşit, 2009). Tüplü ısı değıştircileri düz, spiral ve gövde borulu ısı değıştircileri olarak gruplandırılmıştır. Düz borulu ısı değıştircilerinin aynı eksenindeki iki borudan yapılan çift borulu sistemleri en basitleridir. Bu ısı değıştircilerinin çalışma prensibi akışkanlardan biri içindeki borudan akarken diğeri ise dıştaki borudan akmasıdır. Akım yönleri paralel veya ters yönlü olabilir. Seri bağlama yöntemiyle ısı transfer oranını arttırmak mümkündür. Spiral borulu ısı değıştircileri adından da anlaşılacağı gibi bir veya daha fazla spiral borudan oluşurlar. Genleşme problemleri bu tip ısı değıştircilerinde yoktur. Genelde havuz ve depolarda akışkan sıcaklık kontrolü amacıyla kullanılmaktadırlar. Temizlenmeleri kolaydır. Borulu ısı değıştircilerinin son çeşidi olan gövde borulu ısı değıştircileri silindirik bir gövde ve bu gövdenin içine yerleştirilen paralel borulardan oluşmaktadır. Bu tip ısı değıştircilerinde akışkanlardan bir tanesi boruların içerisinden akarken diğeri ise gövdenin içerisinden akmaktadır. Borular veya boru demeti, gövde, iki baştaki kafalar, boruların tespit edildiği ön ve arka aynalar ile gövde içindeki akışı yönlendiren borulara destek olabilen şaşırtma levhaları veya destek çubukları bu ısı değıştirci tipinin elemanlarıdır (Cimşit, 2009). Bu ısı değıştircileri petrol rafinerileri, termik santraller gibi emdüstriyel alanlarda kullanılmaktadırlar.

Levhalı ısı değıştircileri küçük boyutları, yüksek verimleri, kolay temizlenebilir olmaları ve kompakt olmaları sebebiyle hijyenik ortamlara gereksinim duyan kimya ve gıda sektörleri gibi birçok endüstride kullanılmaktadırlar (Khanları, 2018). Plaka tipi, geometrisi, sayısı, akış yönü ve akışkanın termofiziksel özellikleri bu tip ısı değıştircilerinin verimini etkileyen en önemli faktörlerdir (Arsenyeva ve diğeri, 2013). Bu tip ısı değıştircilerin plakalarının üzerlerinde akışkan için giriş ve çıkış bağlantıları mevcuttur. Bu plakalar düşük hızlarda bile yüksek türbülans değerleri elde etme amacıyla balık sırtı desenli imal edilmişlerdir. Bazı özel uygulamalar haricinde ısı değıştirciler tek geçişli akış tercih edilir. Bu tip ısı değıştircilerin contalı, spiral levhalı ve lamelli çeşitleri mevcuttur. Contalı levhalı ısı değıştircileri, sıcak ve soğuk akışkanların birbirine karışmaması amacıyla dört köşesinde delik olacak şekilde imal edilmiş ve düşey olarak yerleştirilen levhalardaki bu deliklere uygun contalar konularak üretilirler. Spiral levhalı ısı değıştircileri ise uzun ince iki metal levhanın sarılmasıyla imal edilmişlerdir. Saplamalarla bu iki levha arasındaki

mesafa ayarlanabilmektedir. Levhaların her iki tarafına da contalı kapaklar konarak sızdırmazlık sağlanır. Bu tip ısı değiştiricileri özellikle kağıt selülöz endüstrisinde, sülfat fabrikalarında kullanılmaktadırlar. Lamelli ısı değiştiriciler de lamel adı verilen bir gövde içerisine yassılaştırılarak imal edilmiş bir boru demeti yerleştirilerek elde edilmektedir. Genelde dikiş veya punto kaynağıyla birbirlerine monte edilirler.

Kanatlı yüzeyli ısı değiştiricileri levhalı ve borulu kanatlı olmak üzere iki çeşitir. Bu tip ısı değiştiricileri borulu ve levhalı ısı değiştiricilerinin ısı transferi katsayılarını artırmak amacıyla kanatçıklar eklenerek elde edilmişlerdir. Bu kanatçıklar sayesinde daha fazla ısı geçişi elde edilmektedir. Ancak kanatçıklardan dolayı basınç kayıpları gerçekleşir. Levhalı kanatlı ısı değiştiricilerinde düz, delikli, tırtıklı ve zikzak şeklinde olabilen kanatlar, paralel levhalar arasındaki yüzeylere mekanik olarak preslenerek, lehimlenerek veya kaynak edilerek tespit edilir. Borulu kanatlı ısı değiştiricilerinde ise yüksek basınçlı akışkan dairesel veya oval kesitli boru içerisinden akıtılır (Cimşit, 2009).

Rejeneratif ısı değiştiricilerinin çalışma prensibi gerekli termal kapasiteye sahip bir yatak içinde aktarılan ısının geçici olarak depolanmasını içerir. Bu tip ısı değiştiricilerde aynı akışkan alanında değişik sıcak ve soğuk akışkan geçişleri mevcuttur (Çengel, 2012). Bunun bir sonucu, rejeneratif ısı eşanjörlerinde veya termal rejeneratörlerde, sıcak ve soğuk akışkanların, aynı yüzey alanını yıkayan her iki akışkanın da yatak içindeki aynı kanallardan geçmesidir. Sıcak ve soğuk akışkanlar aynı anda farklı, fakat bitişik kanallardan geçer. Sabit ve döner dolgu maddeli olmak üzere iki çeşidi mevcuttur. Prosesin devamı için en belirgin teknik, bir rejeneratör sıcak akışkanı tedarike ederken, diğer rejeneratör veya rejeneratörler de sıcak akışkandan ısı depolamak için çalışacak iki veya daha fazla rejeneratör kullanmaktır. Bunu yapmanın kolay bir yolu, bir işlem süresinin sonunda rejeneratörlerin değişmesini kolaylaştırmak için bir dizi rejeneratör setini bir kanal sistemi veya valflerle donatılmış borular içine yerleştirmektir. Bir valf takımı kapanırken, tersine çevrildiğinde, bir başka ayar daha açılır: örneğin sıcak gazın akışı, bir rejeneratörden diğerine bu tür bir valf setinin kapanması ve diğerinin açılması ile yönlendirilir. Eş zamanlı olarak, soğuk gazın akışı, diğer rejeneratörden simetrik bir tarzda değiştirilir. Bu düzenleme ile kısaca tarif edilen ısı değiştiricisi döner jeneratörün aksine, sabit yataklı rejeneratör sistemidir. Döner rejeneratif ısı

değiştiricisinde ise gözenekli salmastra bir eksen etrafında döndürölür. Salmastra, en basit haliyle, iki gaz sızdırmaz kısma bölünmüştür ve sıcak ile soğuk gazlar, aynı anda bu akışın farklı bölümleri boyunca, genellikle ters akış halinde, bu eksene paralel bir yönde aynı anda akar. Salmastra sıcak gaz akımı boyunca döndükçe, sabit yataklı bir rejeneratörün sıcak döneminde olduğu gibi ısıyı depolar. Bu termal enerji, salmastra döndürölüdüğu zaman kelimenin tam anlamıyla soğuk gaz akışına taşınır. Diğer gaz akışında bir kez ısı yenilenir ve sabit bir yatak sisteminin soğuk çalışma döneminde olduğu gibi soğuk gaza geçirilir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1 Dalgalı Kanal Akışıyla Alakalı Yapılmış Deneysel Çalışmalar

Goldstein ve Sparrow (1977) muhtemelen dalgalı duvar kanallarının yerel ısı ve kütle transfer özelliklerini inceleyen ilk kişilerdi. Oluklu bir duvar kanalında akışın yerel ve ortalama transfer özelliklerini belirlemek için naftalin süblimasyon tekniğine dayalı deneyler yapmışlardır. İki oluklu boru laminer, geçişli ve düşük Reynolds sayılı türbülanslı akış rejimleri için kullanılmıştır. Lokal kütle transfer ölçümlerini hem çapraz akışta hem de akış yönünde yapmışlar ve toplam ısı transfer oranını da belirlemişlerdir. Oluklu duvarın, laminer akış rejiminde ısı transfer oranı üzerindeki etkisinin önemsiz olduğu sonucuna varmalarıyla birlikte düşük Reynolds sayılı türbülanslı rejimde ise ısı transfer oranında geleneksel düz kanalinkine göre üç kat daha etkili olduğu sonucuna varmışlardır.

O'brien ve Sparrow (1982) oluklu kanallarda zorlanmış akışta ısı transfer katsayıları ve sürtünme faktörlerini belirlemek için deneyler yapmışlardır. Bu deneylerde oluk açısı 30° alınmıştı ve duvarlar arası boşluk oluk yüksekliğine eşitti. Kanal hidrolik çapına bağlı olarak Reynolds sayısı 1500 ile 25.000 arasında, Prandtl sayısı ise 4-8 (su) arasında değiştirilmiştir. Geleneksel bir paralel plaka kanalına kıyasla ısı transferinin arttırılması yaklaşık olarak 2.5 kat daha fazla olduğu sonucuna varmışlardır. Ancak oluklu kanalın sürtünme faktörü düz kanalın sürtünme faktöründen kayda değer ölçüde daha büyük olduğu görülmüştür.

Sparrow ve Comb (1983) bir oluklu kanal için, duvarları arasındaki boşlukları, O'Brien ve Sparrow (1982) tarafından kullanılan kanaldan yaklaşık %45 daha büyük olan oluklu bir kanal için benzer bir çalışma yapmış ve daha sonra bu varyasyonun etkilerini araştırmıştır. Boşluklardaki %45'lik artışın Nusselt sayısı tamamen gelişmiş olan Nusselt sayısında %30'luk bir artışa yol açtığını, ancak sürtünme faktörünün iki katından daha fazla arttığını gösterdiler.

Mendes ve Sparrow (1984) giriş bölgesindeki türbülanslı akışı, periyodik olarak birbirine yaklaşan farklı tüplerde tam gelişmiş akış için analiz eden kapsamlı bir deneysel çalışma yapmışlardır. Tüplerin uçtan uca yerleştirilmiş dönüşümlü olarak yakınsak ve uzaklaşan konik bölümlerini art arda olacak şekilde incelemiştirler. Reynolds sayısında, yakınsak ve uzaklaşan modüllerin konik açısı ve modül en boy oranında sistematik değişiklikler yapmışlardır. Yağ görselleştirme tekniği kullanılarak akış görselleştirmeleri yapmışlardır. Deneysel olarak belirlenmiş ısı transfer katsayıları ve giriş olarak sürtünme faktörleri kullanılarak periyodik tüpleri ve geleneksel düz tüpleri karşılaştıran bir performans analizi yaptılar. Eşit kütle akış hızı ve eşit transfer yüzey alanı için, eşlik eden büyük basınç düşüşleriyle beraber periyodik tüpler için ısı transfer katsayısında büyük gelişmeler elde ettiler. Eşit pompalama gücü ve eşit transfer yüzey alanı için, yüzde 30-60 aralığındaki artışlarla karşılaşılmış. Bu bulgularla, periyodik yakınsak-uzaklaşan tüplerin olumlu geliştirme özelliklerine sahip olduğunu gözler önüne sermişlerdir.

Oyakawa ve diğerleri (1989) dalgalı sinüzoidal bir kanalda ısı transferinin ve akışkan akışının kanal genişliğinden nasıl etkilendiğini araştırmışlardır. Periyodik olarak tamamen gelişmiş rejimlerdeki ortalama Nusselt sayıları, zirvenin tepesinden ayrılan akışın yeniden bağlanma noktasındaki maksimum Nusselt sayısına bağlı olduğunu ve adım-genişlik oranı 2.0~1.6 seviyesinde maksimum değerine ulaştığını gözler önüne sermişlerdir. Sürtünme faktörü de aynı adım-genişlik oranında maksimal hale geldiğini göstermişlerdir. Eşit pompalama gücündeki performans oranı ise adım-genişlik oranı 2.29~2.0'da maksimuma ulaşmıştır. Böylece, kanalın ısı transferini arttırmak için adım-genişlik oranının 2.0'da optimal olduğu sonucuna varmışlardır.

Nishimura ve Kojima (1995) farklı akış parametreleriyle darbeli akış için sinüzoidal dalgalı duvarlı bir kanalda kütle transfer özelliklerini deneysel olarak araştırmışlardır. Net akış, genlik ve sıvı salınımının sıklığını değiştirerek akışkan salınımı ve akış ayırma kombinasyonunun laminer akış koşulları altında önemli kütle transfer hızı artışı ile sonuçlandığını belirtmişler.

Chen ve diğerleri (2001), bir dizi dört spiralli tüpü bir adet çift borulu ısı değiştiricisi içinde ısı transferi ve hidrodinamik testlere tabi tutmuşlardır. Asimetrik borular kullanmışlardır. Oluk açılarının ısı transferi ve hidrodinamik performans üzerindeki etkisinin araştırmışlardır. Ayrıca bu çalışmada kullandıkları Prandtl sayısı aralığı 2.3-2.6, Reynolds sayısı aralığı 13000-41000'dir. Deney sonuçlarını ısı transferi ve

sürtünme katsıyısı parametreleri için bazı popüler korelasyon modelleriyle kıyaslamışlardır.

Aly ve diğeri (2010), fraktal şekilli orifislerden sonra basınç düşüşünü araştırmış, bu da kendi kendine benzerliklerinden dolayı bir borunun akışındaki akış karıştırma özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir ve akışkanın aşağı akışındaki farklı istasyonlardaki basınç geri kazanımını ölçmüşlerdir. Elde edilen sonuçların fraktal şeklinde olduğunu gösterdiler. Deliklerin basınç düşmesi üzerinde önemli bir etkisi olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca, fraktal şekilli açıklıklar boyunca ölçtükleri basınç düşüşü, aynı akış alanlarının normal dairesel açıklıklarından daha düşük olduğunu bulmuşlardır. Bu sonuç, boru sistemlerinin kayıplar açısından tasarlanmasında önemli olabilir.

Mei ve diğeri (2019), Fe_3O_4 -su nanoakışkanlarının oluklu bir tüpte çeşitli manyetik alanlar altındaki termo-hidrolik performansını araştırmak için deneysel bir sistem kurmuşlardır. Bu çalışmalarında manyetik indüksiyon yoğunluklarının, nanopartikül kütle fraksiyonlarının, tüp çeşitlerinin ve farklı Reynolds sayılarının akış ve ısı transferi özellikleri üzerindeki etkilerinin araştırmışlardır. Isı transferi artışının yüksek nanopartikül kütle fraksiyonuna, yüksek manyetik indüksiyon yoğunluğuna, iki taraflı kademeli elektromıknatısa ve oluklu boruya daha duyarlı olduğu sonucuna varmışlardır. Son olarak da oluklu borunun pürüzlü yüzeyinin kritik Reynolds sayısına elde edilmesini geciktirdiği göstermişlerdir.

2.2 Dalgalı Kanal Akışıyla Alakalı Yapılmış Nümerik Çalışmalar

Coder ve Buckley (1974) bir tüp içindeki bir delikten laminer akış için kararsız Navier-Stokes denkleminin sayısal çözümü için bir teknik sunmuşlardır. Çözelti, hareket denkleminin bir vortisite taşınım denklemi ve vortisite tanımı denklemine yeniden düzenlenmesi yoluyla bir kapalı sayısal yöntemle çözülmüştür. Reynolds sayısı 5 olana kadar sürekli artan akış durumunda akış yönü ve tersindeki gelişimini analiz etmek için bir ilk çalışma serisi gerçekleştirmişlerdir, ardından sürekli akışa yaklaşılan kadar sürekli akış süresi takip etmişlerdir. Bu çalışma serileri sırasında çözüm çok büyük zaman artışları kullandıklarından sönümlü bir kararsızlık gözlemlenmesine rağmen, hiçbir zaman yakınsak sonuçlar üretmediler.

Ahmed ve diğeri (2013), trapez oluklu kanalda bakır-su nanoakışkanının laminer zorlanmış konveksiyonla ısı transferini sayısal olarak incelemiştir. Boruya

yerleştirilmiş koordinatlardaki iki boyutlu süreklilik, momentum ve enerji denklemleri sonlu hacim yaklaşımı kullanılarak çözümler ve SIMPLE tekniğini kullanılarak tekrarlamalı olarak çözümlerdir. Bu çalışmalarında Reynolds sayısı ve nanoparçacık hacim fraksiyonları sırasıyla %100 ile %700 ve %0 ile %5 aralığında seçmişlerdir. Oluklu kanalın genliği ve dalga boyu, nanoparçacık hacim fraksiyonu ve Reynolds sayısı gibi geometrik parametrelerin hız vektörlerini, sıcaklık hatlarını, basınç düşüşünü ve ortalama Nusselt sayısı üzerindeki etkisini belirtmişlerdir ve analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlar ise ortalama Nusselt sayısının nanopartiküllerin hacim fraksiyonundaki artışla ve oluklu kanalın genliği ile arttığı ancak bu artışa rağmen basınç düşüşünün de bu parametrelerin artışlarıyla birlikte arttığıdır. Ayrıca, oluklu kanalın dalga boyu azaldıkça ortalama Nusselt sayısının arttığını ve basınç düşüşünün de azaldığını göstermişlerdir.

Jin ve diğerleri (2016), iç çapı 8 mm olan düz tüp ile dört spiralli ve altı spiralli tüpleri $10000 \leq Re \leq 60000$ arasında nümerik simülasyonla karşılaştırmışlardır. Modelleri oluşturmak için UG üç boyutlu modelleme programını kullanmışlardır. Üç farklı akışkan kullanarak akışkan özelliklerinin altı spiralli tüpün akış direnci üzerindeki etkisini ölçmüşlerdir. Elde ettikleri sonuçlardan ilki altı spiralli tüpün hem dairesel hem de dört spiralli tüpten daha iyi bir ısı transferi performansına sahip olduğunu görmüşlerdir. Akış direnci parametresinde ise altı spiralli tüp dört spiralli tüp ile düz tüpün arasında bir performansa sahip olduğu bilgisini elde etmişlerdir. İkinci olarak altı spiralli tüpün sarmal adımı arttıkça hem basınç düşümünün hem de sürtünme katsayısının yavaş yavaş düştüğünü görmüşlerdir.

Smaisim (2017), Ansys Fluent 14 programı kullanarak yaptığı sayısal çalışmada sabit ısı akısında ve 300 ila 1500 Reynolds sayısı aralığında dört spiralli tüpün ısı transferi ve basınç düşümü açısından özelliklerini açıklamaya çalışmıştır. Elde ettiği sonuçlarda sürtünme faktöründeki artış pürüzsüz değerlerin 1.8 ile 2.93 katı arasında çıkmasına rağmen ısı transferinde %6.15 oranında bir artış elde etmiştir. Elde ettiği en önemli bulgu ise kazanılan ısı transferinin, Reynolds sayısı yaklaşık 900 olan belirli bir eşik değerine kadar basınç kaybındaki artıştan çok daha fazla olması ve daha sonra basınç kaybının artması ve kazanılan ısı üzerinde baskın olmasıdır.

Yang ve diğerleri (2018), hibrit, pürüzsüz ve altı spiralli bir borunun ısı transfer performansını incelemişlerdir. Ayrıca doğrulanmış bir sayısal modelde, oluklu kısım uzunluğunun, akış aşağı düz borudaki girdap üzerindeki etkileri, oluklu kısımların

varlığının ikincil akışı açıp ısı transferini artırabildiği bir dizi yüksek Reynolds sayısı için incelemiştirlerdir. Bu arada kıvrımlı akışkan kısmının, dalgalanma kısmının uzunluğu sürekli artsa bile, maksimum bir uzunluğa ulaşabileceğini bulmuşlardır. Böylece bir dizi kritik oluk uzunluğu elde edilebileceği kanısına vardılar.

Aslan ve diğerleri (2018), konvektif ısı transferinin özellikleri ve periyodik oluklu kanallar için sürtünme faktörü sayısal olarak incelemiştirlerdir. Sayısal çalışmada, sonlu hacim yöntemi kullanılmışlardır. $K-\omega$, kayma gerilmesi taşıma (SST) modeli ve geçiş SST modeli olmak üzere üç farklı türbülans modeli kullanıp bu modelleri de birbirleriyle karşılaştırmışlardır. Sayısal sonuçların değerlendirilmesinde önceki çalışmalardan elde edilen deneysel sonuçları kullanılmışlar. Oluklu kanallardan 30° 'lik bir eğim açısı ile akan havanın araştırılmasını yapmışlardır. Reynolds sayısı 2.000 ila 11.000 arasında değişirken, Prandtl sayısını 0.7 değerinde sabit tutmuşlardır. Reynolds sayısı ile Nusselt sayısı, Colburn faktörü, sürtünme faktörü ve iyilik faktörü varyasyonları incelemiştirlerdir. Ele alınan türbülans modellerinin genel performanslarının oldukça benzer olduğunu göstermişlerdir. SST modelinin biraz daha iyi bir genel performans gösterdiğini belirtmişlerdir.

Yang ve diğerleri (2018), bu çalışmalarında 30° , 45° , 60° ve 90° oluklu kanalların titreşimli akıştaki ısı transferi ve akış karakteristiği üzerinde çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada SST $k-\omega$ türbülans modeli kullanmışlardır. İkincil akışlar ve Nusselt sayısı dağılımını hem sürekli hem de titreşimli akış için sorgulamışlardır. Ayrıca elde ettikleri sonuçlar titreşimli akışın dikey ikincil akış ile çapraz ikincil akışı farklı şekillerde etkilediğini göstermiştir. Titreşimli akışın oluklu yüzeydeki zaman ortalamalı Nusselt sayısının özellikle 90° oluklu yüzey için normal akıştan daha yüksek olduğunu ve titreşim genliği ile Reynolds sayısı arttırıldıkça ısı transferinin iyileştiğini göstermişlerdir. Titreşimli akışın büyük basınç kaybı getirmesine rağmen yüksek Reynolds sayılarında ısı transferinde önemli derecede iyileşme olduğunu gözlemlemişlerdir.

Ashmawy (2019), bu çalışmasında yüzey pürüzlülüğünün sinüzoidal bir oluklu boru içerisindeki birkaç gerilme akışkanının akış hızı ve ortalama hızı üzerindeki etkisini araştırmıştır. Akışkan hareketinin sabit olduğu varsayılarak ve düşük Reynolds sayısının Stokesian varsayımı uygulayarak analizi gerçekleştirmiştir. Hem boyuna hem de enine oluklu tüpün enine kesiti incelemiştir. Her durumda çözümü elde etmek için sınır pertürbasyon tekniği kullanmıştır. Toplam akış hızını ve ortalama

hızı analitik olarak iki sraya kadar pertürbasyon parametresi açısından elde etmiştir. Sonuçları çift stres viskozite katsayısı, pertürbasyon parametresi ve dalgalanmaların dalga sayısı farklı değerleri için grafiksel olarak göstermiştir. Ayrıca boyuna oluklanma durumunda dalga sayısındaki artışla birlikte akış hızının monoton bir biçimde azaldığını gözlemiştir. Enine dalgalanmalar için dalga sayısının akış hızı üzerinde hafif bir etkisi olduğunu göstermiş bunlara ek olarak da çift stres viskozite parametresindeki artışın her iki durumda da akış hızında bir düşüşe yol açtığı gözlemiştir. Son olarak, çift gerilmeli viskozite parametresinin sıfır alınması durumunda klasik viskoz akışkan akışı durumunda geri kazanıldığını belirtmiştir.

Navickaite ve diğerleri (2019), bu çalışmalarında sabit pompalama gücü koşullarındaki termal performansı elips ve süper elips bazlı çift oluklu tüplerde sayısal olarak incelemiştir. Modellenen durumlar için çift oluklu tüplerin ısı verimlerindeki önemli derecedeki artışın akışın azaltılmasıyla beraber gerçekleştiğini göstermişlerdir. Bir elips ve bir süper elips bazlı çift oluklu boruları hidrolik olarak geliştirilmiş sıkıştırılmaz akışta laminer olarak modellenmişlerdir. Her bir taban geometrisi, hidrolik çap sabiti veya kesit alanı sabiti parametrelerini kullanarak analiz gerçekleştirdiler. Basınç düşüşünü pompalama gücünü korumak için her bir modellenen tüpün uzunluğuna normalleştirdiler. Isıl analizi sabit duvar sıcaklığı sınır şartı altında gerçekleştirmişlerdir. İzotermal olmayan akış için geçerli olan denklemleri sonlu elemanlar yöntemini kullanılarak çözmüşler ve simülasyonların sonuçlarını eşdeğer bir düz tüple kıyaslayarak sonuçları doğrulamışlardır. Sayısal sonuçlar olarak aynı basınç düşüşünde çift oluklu tüplerde 4.2 kat daha düşük hacimsel akış hızını koruyarak %400 oranında arttırılmış bir termal verim elde etmişlerdir. Ayrıca küresel performansın ise elips bazlı çift oluklu borular için %14'e ve süper elips bazlı olan tüpler için %11'e kadar arttığını göstermişlerdir.

2.3 Dalgalı Kanal Akışıyla Alakalı Yapılmış Hem Deneysel Hem De Nümerik Çalışmalar

Çapraz oluklu geçitlerde akış ve ısı transferi artışını nümerik olarak Ciofalo ve diğerleri (1996), deneysel olarak da Stasiek ve diğerleri (1996) sorgulamıştır. Çalışmalarında optimum tasarım parametresini tanımlamak amacıyla oluk açısının ve Reynolds sayısının ısı transferinin artırılmasındaki etkilerini analiz ettiler. Ortalama Nusselt sayısının Reynolds sayısı ile birlikte arttığını göstermişlerdir. Öte yandan sürtünme katsayısının ise Reynolds sayısı arttıkça düştüğünü tespit etmişlerdir.

Ayrıca oluk açısı hem Nusselt sayısını hem de sürtünme katsayısına etki ettiği sonuçlar elde etmiş olsalar da oluk açısının Nusselt sayısına kıyasla sürtünme katsayısına daha fazla etki ettiğini göstermişlerdir.

Nishimura ve Matsune (1996), 180° ve 0° faz açılı sinüzoidal dalgalı kanallarda laminer darbeli akışının kütle transfer artışını analiz etmek için deneyler yapmışlardır. Ayrıca girdap dinamiklerini hem deneysel hem de sayısal olarak görselleştirdiler. 0° faz açılı kanalın kütle transferini artırma faktörünün, girdap dinamiğinin neden olduğu spesifik sıvı karışımından dolayı, 180° faz açısı olan kanalıkinden daha büyük olduğunu buldular.

İslamoğlu ve Parmaksızoğlu (2004), sayısal ve deneysel olarak oluklu ısı değiştirici kanallarında konvektif ısı transferi ve basınç düşüşünü inceledi. Bu çalışmada tüm duvarlar faz düzeninde ve oluk açısı 20° idi.

Tan ve diğerleri (2012), kıvrımlı oval borunun ısı transferi ve basınç düşümü performansını deneysel ve sayısal olarak incelemişlerdir. Bu çalışmanın deneysel kısmında oval borunun ısı transferinin düz boruyla kıyasladıklarında daha yüksek olduğunu görmüşler fakat oval borunun basınç düşümünün de düz borudan daha fazla olduğunu görmüşlerdir. Bu çalışmanın sayısal kısmında ise oval tüpün geometrik parametrelerinin etkilerini araştırmışlardır. Sonuç olarak a/b eksen oranı arttıkça ısı transfer katsayısı ve sürtünme faktörünü parametrelerinin ikisinin de arttığını ancak kıvrım adımının artmasıyla da bu iki parametrenin ikisinin de düştüğünü gözlemlemişlerdir. Bu analizden tüpte kıvrımların olmasının ikincil akışa sebep olduğu sonucu çıkarılmıştır. İkincil akışın a/b oranı büyük olduğunda spiral akış şeklini almakta olduğunu, a/b oranı küçüldükçe aşağı-yukarı bir salınım halini aldığını göstermişlerdir.

Ahmed ve diğerleri (2015), farklı şekillere sahip kanallardaki SiO_2 -su nanoakışkanının taşınımı ısı transferini sayısal ve deneysel olarak 400-4000 Reynolds sayılarında incelemişlerdir. Bu çalışmada trapez, sinüzoidal ve düz olmak üzere üç farklı kanalı test etmişlerdir. Ayrıca farklı hacim fraksiyonlarında akışkan hazırlanıp bu akışkanın tüm fiziksel özelliklerini ölçmüşlerdir. Bu çalışmanın sayısal yönündeki yönetim denklemlerini eşzamanlı sonlu hacim yöntemini kullanarak ayırtmışlar ve SIMPLE algoritmasını kullanarak ve yinelemeli olacak şekilde çözmüşlerdir. Ayrıca bu çalışmada türbülanslı izotermal olmayan akışı hesaplamak

için düşük Reynolds sayısı k-ε modeli kullanmışlardır. Çalışmalarının sonunda basınç düşümünün artmasına rağmen ortalama Nusselt sayısının ve ısı transferinin nano partiküllerinin hacim fraksiyonu arttıkça arttığını göstermişlerdir. Ayrıca trapezoidal oluklu kanal sinüsoidal ve düz kanallarda elde edilen ısı transferi miktarından daha yüksek ısı transferi miktarına sahiptir. Sayısal sonuçları karşılık gelen deneysel verilerle karşılaştırmışlar ve sonuçların iyi bir uyum içinde olduğunu göstermişlerdir.

Khdher ve diğerleri (2015), farklı oluk boyutlarında çevresel oluğa sahip tüpleri Al203/su nanoakışkan akışı için ısı transfer katsayı ve basınç düşümü analizini hem deneysel hem de sayısal olarak incelemişlerdir. Bu çalışmada nanoparçacık boyutunu 13nm boyutuna ayarlamışlar ve %0 ile %3 arasında değişen farklı hacim fraksiyonları için çalışmışlardır. Ayrıca 0.5 mm'den 1 mm'ye değişen çevresel derinlik ve 5 mm'den 15 mm'ye kadar değişen eksenel aralıklarda 14.9 mm iç çapa sahip olan oluklu bakır boruları kullanmışlardır. Türbülanslı nanoakışkanın giriş sıcaklığını 25⁰C ve sabit duvar ısı akısını 5000 W/m² seçmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlarda akışkanın ısıl iletkenliği, kütle hız ve çevresel geometrik parametrelere bağlı olarak oluklu borunun ısı transferi katsayısı %92 ila % 621 ve sürtünme katsayısı ise %25 ila %241 oranında düz borudan daha fazla çıkmıştır.

Kareem ve diğerleri (2015), düşük Reynolds sayısında akışkan olarak suyun kullanıldığı spiral oluklu tüplerin ısı performansını belirlemek amacıyla hem deneysel hem de sayısal bir analiz gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada tüm termal performansları oluklu tüpler için hesaplamışlar. Hem Nusselt sayısının hem de sürtünme faktörünün sayısal verilerini standart düz ve oluklu tüp için deneysel verilerle karşılaştırılmışlardır. Oluklu tüpün sürtünme faktöründe düz tüpe göre 1.7 ila 2.4 kat arasında bir artış gerçekleşmesine rağmen ısı transferinde ise düz tüpe göre 2.4-3.7 kat bir artış gerçekleştiğini göstermişlerdir.

Lorenzini-Gutierrez ve diğerleri (2015), periyodik olarak blok ısıtıcıları ve kavisli akış deflektörleri yerleştirilmiş paralel plakalardan oluşan yatay bir kanalda ısı transferi gelişimi değerlendirilmişlerdir. Deflektörlerin temel işlevi, bu alandaki akışkan hareketini arttırmak ve sıkışmış akışkanı çıkarmak için akışın bir kısmını bloklar arasındaki boşluğa yönlendirmektir. Bu çalışmadaki amaçları minimum basınç düşüşü, maksimum değer düşüp düşmediği gibi farklı konfigürasyonlar önermek için saptırıcı yarıçapı, saptırıcı konumu ve kanal yüksekliği gibi farklı

geometrik parametrelerin etkilerini sayısal simülasyonlardan elde etmek üzere çok faktörlü bir analiz yoluyla tanımlamaktı. Çok faktörlü analiz için kullanılan sayısal sonuçlar, farklı saptırıcı faktörlerin, tek saptırıcı boyutu yerine soğutma performansı üzerindeki güçlü etkisini gösteren deneysel bir kurulumla doğrulamışlardır. Uygulamaya göre belirli geliştirmeler için üç farklı geometrik yapılandırma önermişlerdir.

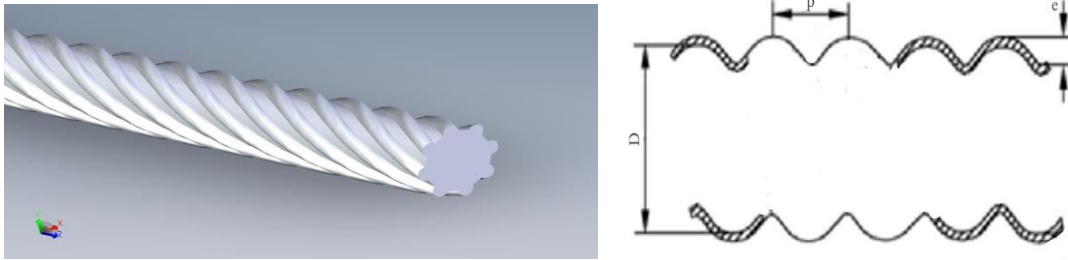
Huang ve diğerleri (2018), ısı transferi artışı ve basınç düşümü karakteristiğini oluklu kanaldaki lamier darbeleri akış için farklı oluk uzunlukları kullanarak sayısal ve deneysel olarak araştırmışlardır. 300-525 arası Reynolds sayılarında çalışmışlardır. İki boyutlu analiz yaparak akış ve ısı transfer özelliklerini çıkarmışlardır. Sayısal çalışmadan elde ettikleri sonuçlar darbeleri akış yüksek salınımlı ve ılımlı bir frekanstayken yivli kanalda ısı transferinin arttığını göstermiştir. Ayrıca basınç düşüşünün olduğu deneyde beş tip oluklu kanal bir elektro-manyetik debimetre kullanılarak ölçülmüştür.

Wang ve diğerleri (2019), helisel olarak sarılmış trilobal borulu ısı eşanjörünün kabuk tarafındaki ısı transferi ve akış karakteristiklerini deneysel ve 3 boyutlu sayısal simülasyon ile incelemişlerdir. Deneysel testler ve mevcut ampirik formüller ile karşılaştırıldığında, hesaplanan sonuçlar helisel olarak sarılmış trilobal ısı eşanjörünün kabuk tarafındaki sıvının, dönme ve sınır katmanını bozma konusunda güçlü bir yetenek gösterdiğini göstermişlerdir. Ek olarak, hız vektörü sıcaklık gradyanı ile iyi bir etkileşime girdiğinden boru çeperi yakınındaki çevresel ve radyal hızların iyileştirildiğini göstermişlerdir. Reynolds sayısı arttıkça helisel olarak sarılmış trilobal borunun kabuk tarafında Nusselt sayısı arttığını ve sürtünme faktörünün azaldığını göstermişlerdir. Aynı koşulda, helisel olarak sarılmış trilobal borunun ısı transferi performansındaki artış, helisel olarak sarılmış düz boruya kıyasla yaklaşık 1.16 ile 1.66 kat arasında, sürtünme faktörünün keskinliği ise 0.96 ile 1.1 kat arasında arttığını gözlemlemişlerdir. Performans değerlendirme kriterinin 1,32'ye kadar olabileceğini belirtmişlerdir. Saha sinerjisi prensibine dayanan ve helisel olarak sarılmış trilobal borunun akış ve ısı transferinin etkili bir şekilde iyileştirildiğini gösteren saha sinerjisinin sayısı helisel olarak sarılmış düz tüp ve helisel olarak sarılmış eliptik tüpten daha yüksek olduğunu göstermişlerdir. Helisel olarak sarılmış trilobal tüp ısı eşanjörünün kabuk tarafındaki korelasyon

denklemlerinin ortogonal deneysel tasarım noktalarına uygun olduğunu göstermişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada üç boyutlu görüntüsü Şekil 3.1’de görüldüğü gibi olan sekiz spiralli bakır tüpün 0.75, 1, 1.25 ve 1.5 mm spiral çapları ve 35, 37.5, 40 ve 42.5 mm spiral adımları için ve 2, 3, 4, 5, 6×10^4 Reynolds sayılarında akış karakteristiği ve termal analizi yapılarak uygun konfigürasyon elde edilmeye çalışılmıştır. Akışkanın giriş sıcaklığı 290 K° ve duvar sıcaklığı da 330 K° olarak belirlenmiştir. Akışkan olarak su kullanılmıştır. Tüpün uzunluğu(L) 200 mm ve de tüpün artırılmış çapı(D) 8 mm olarak seçilmiştir. Ayrıca aynı çap ve uzunluktaki düz tüp, 0.75 mm spiral çapında(e) 35 mm sarmal adımındaki(p) altı spiralli tüplerle aynı boyuttaki sekiz spiralli tüpler birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Tüplerin modellenmesinde Solidworks 2018 ve analiz



inde Ansys Fluent 19.2 programları kullanılmıştır.

Şekil 3.1 : Model Geometrisi Ve Şeması

Ayrıca Reynolds sayısının hesaplanmasında aşağıdaki bağıntı kullanılmıştır(3.1).

$$Re = \frac{u * D}{\nu} \quad (3.1)$$

Burada u ortalama akışkan hızı, D tüpün çapı ve ν akışkanın kinematik viskozitesidir.

Nusselt sayısı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır(3.2)

$$Nu = \frac{h * D}{k} \quad (3.2)$$

Burada h ısı transferi katsayısı, D tüpün çapı ve k akışkanın ısı iletim katsayısıdır.

Sürtünme faktörü de aşağıdaki formülle hesaplanmıştır(3.3)

$$f = \frac{2 * \Delta P * D}{L * \rho * u^2} \quad (3.3)$$

Burada ΔP tüpün basınç düşümünü, D tüpün çapını, L tüpün uzunluğunu, ρ akışkanın yoğunluğunu ve u ise ortalama akışkan hızını göstermektedir.

Akış karakteristikleri ve termal performansın analizinde, programlar bazı denklemleri çözer. Bu denklemler özellikle analiz mantığını anlamak için önemlidir. Bu çalışmada kullanılan denklemler aşağıda listelenmiştir:

Sürekli denklemleri(3.4):

$$\nabla(\rho \vec{u}) + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0 \quad (3.4)$$

Bu denklemlerde, ρ akışkanın yoğunluğunu, \vec{u} akışkan hızını, ∇ ise gradyan operatörünü göstermektedir.

Momentum denklemleri(3.5):

$$\begin{aligned} \frac{\partial u_x}{\partial t} &= f_x - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + \nu \left(\frac{\partial^2 u_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u_x}{\partial z^2} \right) \\ \frac{\partial u_y}{\partial t} &= f_y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} + \nu \left(\frac{\partial^2 u_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u_y}{\partial z^2} \right) \\ \frac{\partial u_z}{\partial t} &= f_z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial z} + \nu \left(\frac{\partial^2 u_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_z}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u_z}{\partial z^2} \right) \end{aligned} \quad (3.5)$$

Burada f_x , f_y , f_z mikro hücrelerdeki hacim kuvvetlerini, P mikro hücrelerdeki basıncı ve ν ise akışkanın kinematik viskozitesini göstermektedir.

Enerji denklemleri(3.6):

$$\frac{\partial(\rho T)}{\partial t} + \nabla(\rho \vec{u} T) = \nabla \left(\frac{k}{C_p} \text{grad } T \right) \quad (3.6)$$

Burada, T sıcaklığı, k akışkanın iletim katsayısını ve C_p akışkanın sabit basınçtaki özgül ısısını göstermektedir.

3.1 Ağdan Bağımsızlık Çalışması

Hesaplama akışkanlar dinamiğinde yapılan analizin güvenilirliği için modelin ağdan bağımsız olup olmadığı çok önemlidir. Bu yüzden ağdan bağımsızlık çalışması

yapılarak modellerin meshlenebileceği en uygun element boyutu tayin edilir. Bu çalışmada da oluk yüksekliği 0.75 mm ve sarmal adımı 35 mm olan sekiz spiralli model için en yüksek Reynolds sayımız olan 6×10^4 Reynolds sayısında ağdan bağımsızlık çalışması gerçekleştirildi. Çizelge 3.1’de görüldüğü üzere 8 ayrı mesh sayısıyla analizler gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerde basınç düşümü (ΔP), sürtünme faktörü (f), çıkış sıcaklığı (T_{outlet}), logaritmik sıcaklık farkı (ΔT_{ln}), ısı transfer katsayısı (h) ve Nusselt (Nu) sayısı değerleri dikkate alınmıştır. En uygun mesh sayımızın 4,17 milyon mesh olduğunu tayin ettik. Dolayısıyla optimum element boyutumuz bu geometriyi bu mesh sayısında meshlerken kullandığımız 0.3 mm element boyutudur.

Çizelge 3.1 : Ağdan Bağımsızlık Çalışması Parametreleri

Mesh sayısı (milyon)	ΔP (Pa)	f			h (W/m ² *K)	Nu
		T_{outlet} (K)	ΔT_{ln} (K)			
1.27	31554.14	0.00892	307.0	30.7	85623	1141.6
1.52	30103.22	0.00851	305.7	31.5	76937	1025.8
2.13	28600.74	0.00809	306.1	31.3	79542	1060.6
2.43	28503.31	0.00806	305.3	31.7	74436	992.5
3.00	26813.24	0.00758	305.3	31.7	74754	996.7
3.49	26477.65	0.00749	305.4	31.7	75079	1001.1
4.17	26098.68	0.00738	305.4	31.7	75103	1001.4
4.67	26204.02	0.00741	305.4	31.7	75177	1002.4

Buna ek olarak, logaritmik sıcaklık farkını hesaplamak için aşağıdaki denklem kullanılmıştır(3.7):

$$\Delta T_{\text{ln}} = \frac{(T_s - T_i) - (T_s - T_o)}{\ln \left| \frac{T_s - T_i}{T_s - T_o} \right|} \quad (3.7)$$

Burada, T_s tüpün duvar sıcaklığını, T_i akışkan sıcaklığını ve T_o ise akışkanın çıkış sıcaklığını göstermektedir. Logaritmik sıcaklık farkı da aşağıdaki denklemde ortalama ısı transfer katsayısını hesaplamak için kullanılmıştır(3.8):

$$h = \frac{\dot{m} c_p (T_o - T_i)}{A \Delta T_{\text{ln}}} \quad (3.8)$$

Burda, \dot{m} akışkanın kütleli dabisini, c_p akışkanın sabit basınçtaki özgül ısını ve A ise ısı transferinin gerçekleştiği yüzey alanını göstermektedir.

3.2 Validasyon

Bu çalışmamızda analiz ayarlarını doğrulamak amacıyla 8 mm çapında 200 mm uzunluğundaki düz tüp için analizi gerçekleştirdik. Daha sonra sürtünme faktörü ve Nusselt sayısı parametreleri için ampirik formülleri kullandık. Sürtünme faktörü için kullanılan ampirik formül literatürde birinci Petukhov kapalı denklemi diye geçen pürüzsüz borularda türbülanslı akış için elde edilmiş bağıntı kullanılmıştır(3.4).

$$f = (0.796 \ln(Re) - 1.64)^{-2} \quad 3000 < Re < 5 \times 10^6$$

(3.4)

Bu deklemdede sürtünme faktörü f ile ve Reynolds sayısı ise Re ile sembolize edilmiştir.

Nusselt sayısı için literatürde ikinci Petukhov denklemi diye geçen ve de hata oranını yüzde 10'un altına düşüren diğer bağıntılara göre daha karmaşık ve duyarlı bir bağıntı kullanılmıştır(3.2).

$$Nu = \frac{\left(\frac{f}{8}\right)(Re-1000)Pr}{1+12.7\left(\frac{f}{8}\right)^{0.5}\left(Pr^{\frac{2}{3}}-1\right)} \quad \left(\begin{array}{l} 0.5 \leq Pr \leq 2000 \\ 3 \times 10^3 < Re < 5 \times 10^6 \end{array} \right)$$

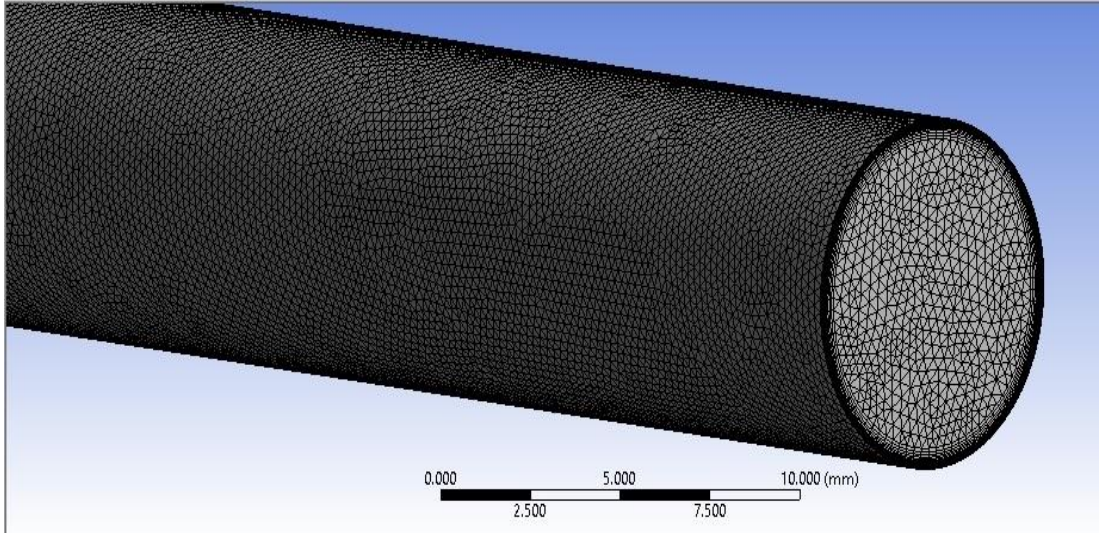
(3.5)

Bu bağıntıda geçmekte olan Nu Nusselt sayısını, f sürtünme faktörünü, Re Reynolds sayısını ve Pr ise Prandtl sayısını göstermektedir. Bu denklemde akışkanımız su olduğu için suyun Prandtl sayısı yani 6.99 kullanılmıştır.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

4.1 Validasyon Sonuçları

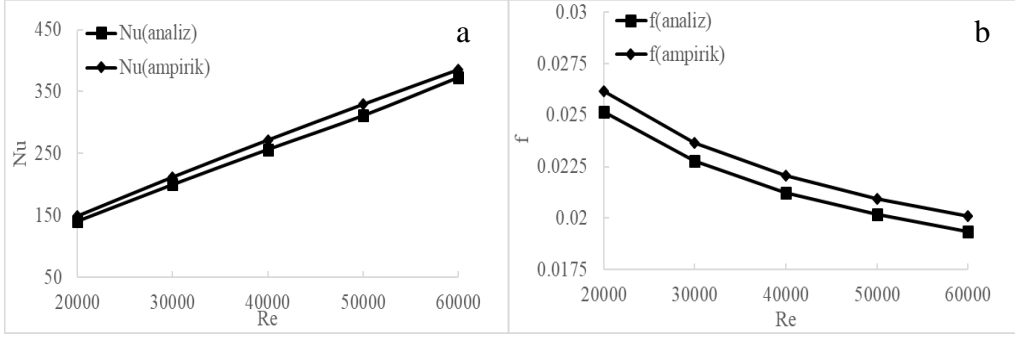
Şekil 4.1’de meshlenmiş halini gördüğümüz 8 mm çapında 200 mm uzunluğundaki tüpün analizi 2×10^4 ile 6×10^4 arasındaki beş farklı Reynolds için k-omega SST turbülans modeliyle gerçekleştirilmiştir ve bütün Reynolds değerleri için $y^+ < 0.6$



çıkmıştır. Böylece viskoz alt sınır tabaka şartı elde edilmiştir.

Şekil 4.1 : Düz Tüp Mesh

Şekil 4.2’de görüldüğü üzere ampirik formüllerle elde edilen analiz sonuçları Nusselt sayısı ve sürtünme faktörü parametreleri cinsinden karşılaştırılmıştır. İki parametrede de elde edilen fark oranları Nusselt sayısı için 20000 Reynolds’ta %5.25 iken 40000 Reynolds’ta %5.5 değerini göreyerek en yüksek fark oranına tekabül etmiştir. 60000 Reynolds’taki fark oranı ise %3.23 olarak en düşük fark oranı olmuştur. Sürtünme faktöründe ise fark oranı bütün Reynolds değerleri için yaklaşık olarak %3.75 değerinde elde edilmiştir.

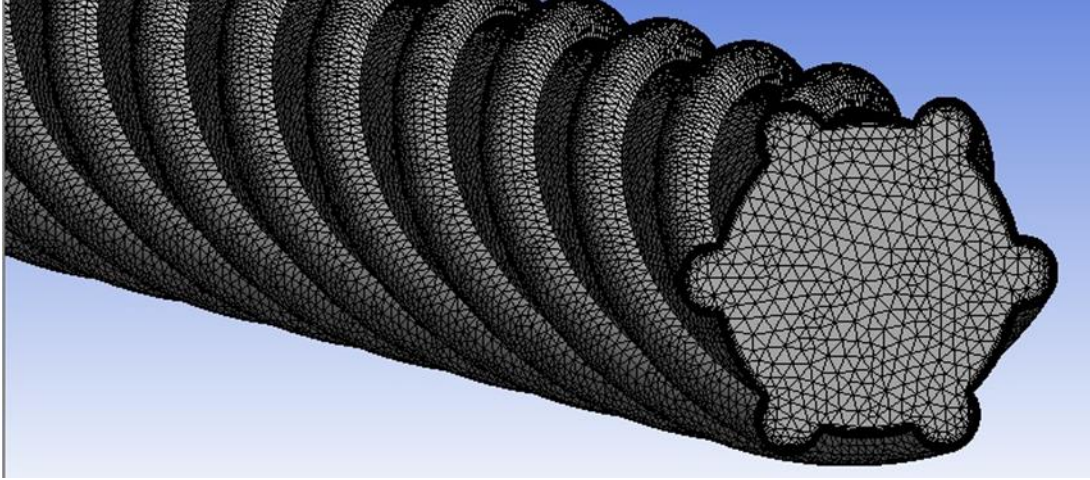


Şekil 4.2 : Ampirik Formüller İle Analiz Sonuçlarının Kıyaslanması a) Nusselt Sayısı b) Sürtünme Faktörü

4.2 Altı Spiralli Tüp

4.2.1 Altı spiralli tüpün geometrik detayları

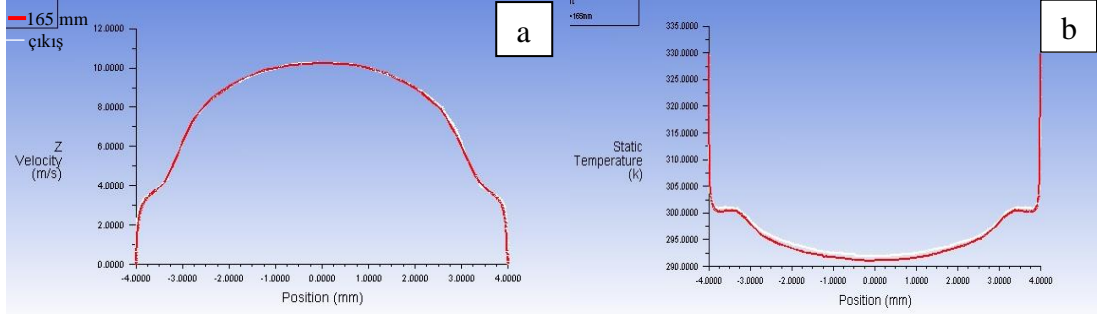
Spiral çapı 0.75 mm ve sarmal adımı 35 mm olan altı spiralli tüpün meshlenmiş hali Şekil 4.3'te görülmektedir. 0.3 mm element boyutunda ve tetragonal mesh kullanılmıştır. Bu tüp de sekiz spiralli ve düz tüp ile kıyaslanabilmesi için aynı uzunlukta yani 200 mm boyutunda seçilmiştir.



Şekil 4.3 : Altı Spiralli Tüpün Mesh Görüntüsü

4.2.2 Altı spiralli tüpün analiz sonuçları

Altı spiralli tüpün bütün analizlerinde hem termal hem de akış olarak tam gelişmiş akış elde edilmiştir. Şekil 4.4'te gösterilen hız ve sıcaklık profilleri Reynolds 60000 için yapılan analizin sonuçlarıdır. Bu profiller tüpün çıkışıyla çıkıştan önceki bir adım mesafesindeki hız ve sıcaklık profilleri karşılaştırılmıştır. Bu iki bölgenin profillerinin, hem hız hem de sıcaklık profillerinde, birbirleriyle çakıştıkları görülmüştür.

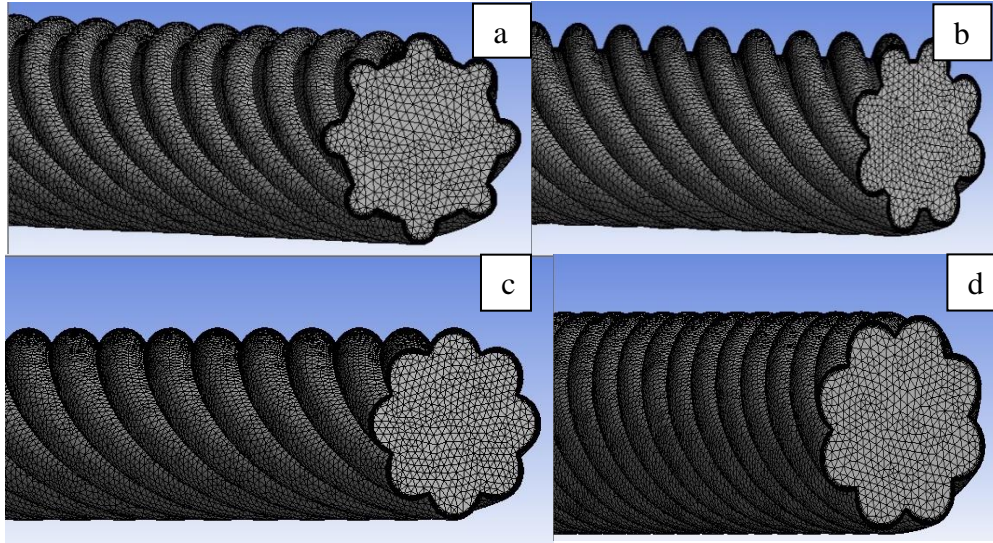


Şekil 4.4 : Altı spiralli tüpün 60000 Reynolds'taki a) Hız Profili b) Sıcaklık Profili

4.3 Sekiz Spiralli Tüp

4.3.1 Sekiz spiralli tüpün geometrik detayları

Spiral çapları 0.75, 1, 1.25, 1.5 mm ve sarmal adımı 35 mm olan sekiz spiralli tüplerin meshlenmiş halleri Şekil 4.5'te gösterilmektedir. Hepsi 0.3 mm element boyutunda ve tetragonal olarak meshlenmiştir. Ayrıca tüpün cidarları da viskoz alt sınır tabaka akışını elde edebilmek amacıyla sık meshlenmiştir.

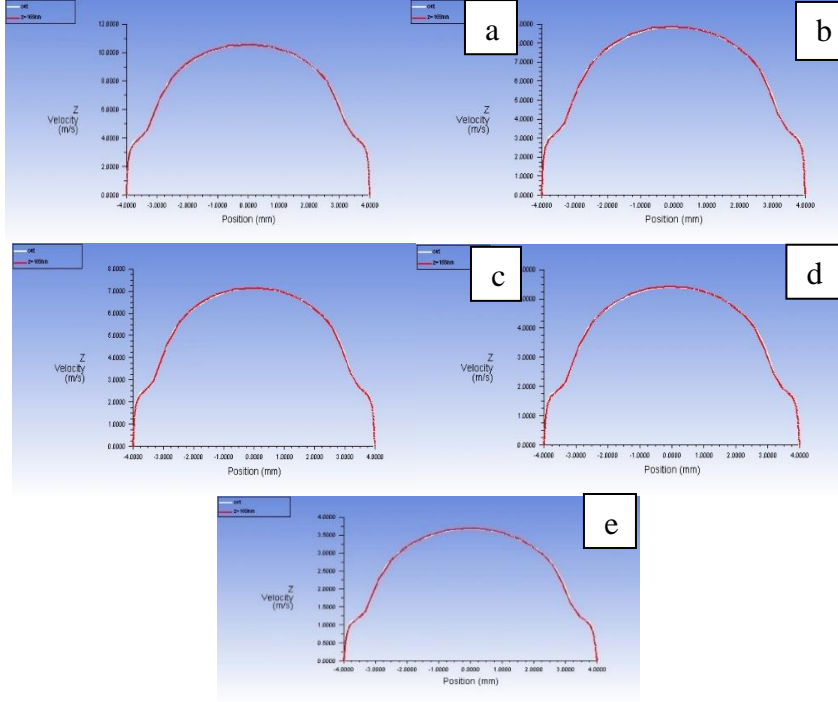


Şekil 4.5 : 35 mm Spiral Adımlı Sekiz Spiralli Modellerin Meshleri a) 0.75 mm Oluk Yüksekliği b) 1 mm Oluk Yüksekliği c) 1.25 mm Oluk Yüksekliği d) 1.5 mm Oluk Yüksekliği

4.3.2 Sekiz spiralli tüpün analiz sonuçları

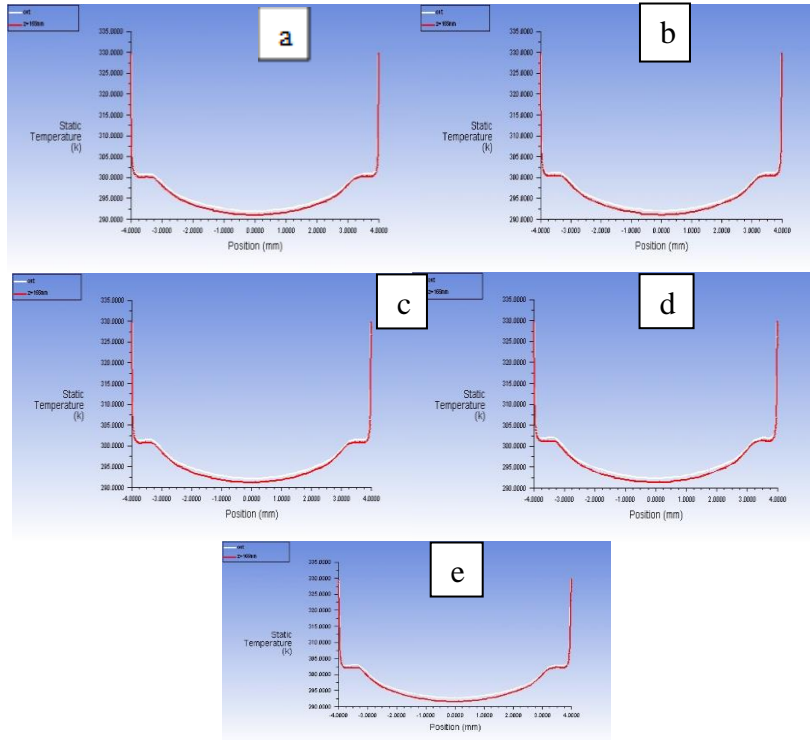
4.3.2.1 Spiral çapı 0.75 mm olan tüpler

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün hız profili farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında tam gelişmiş akış elde edilmiştir. Beyaz ile gösterilen tüpün çıkışındaki hız profili kırmızı olan ise tüpün çıkışının bir sarmal adımı kadar yani 35 mm kadar öncesi alınmıştır.



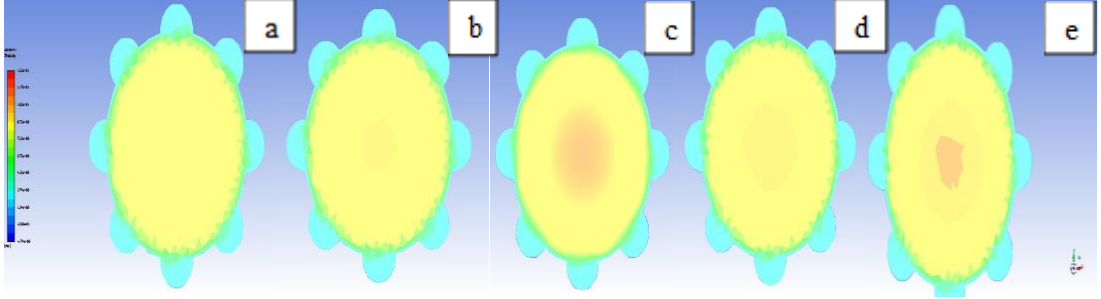
Şekil 4.6 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün sıcaklık profili farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.7’de gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında ısıl tam gelişmişlik elde edilmiştir.



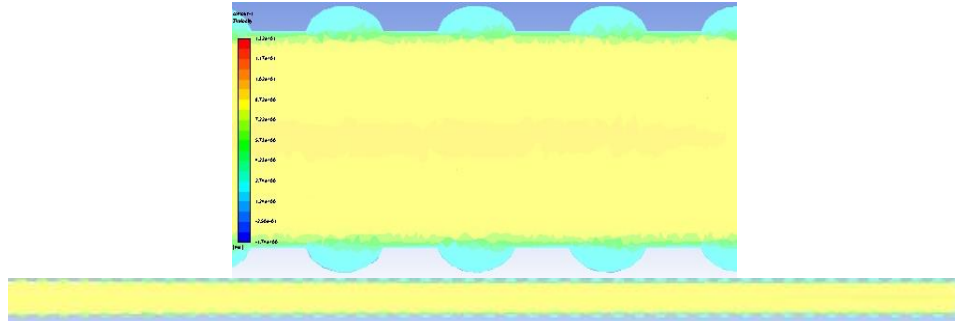
Şekil 4.7 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün Sıcaklık Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün hız dağılımları farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.8’de gösterilmiştir. Görüldüğüne bütün Reynolds sayılarında tüpün merkezinden cidarlara doğru gidildikçe hız düşmektedir.



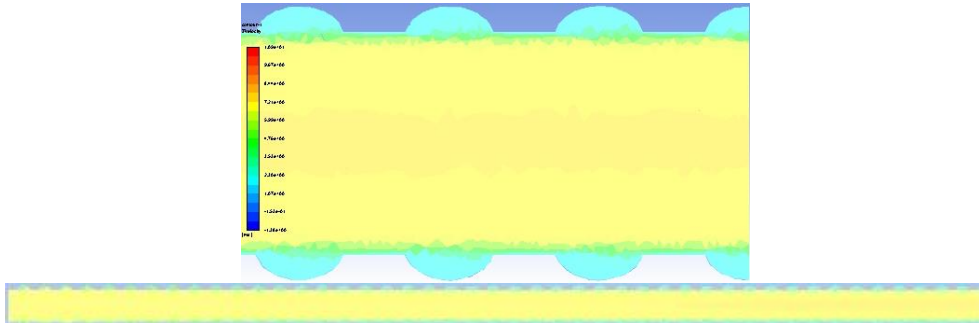
Şekil 4.8 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün Çıkıştaki Hız Dağılımları a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımları Şekil 4.9’da gösterilmiştir.



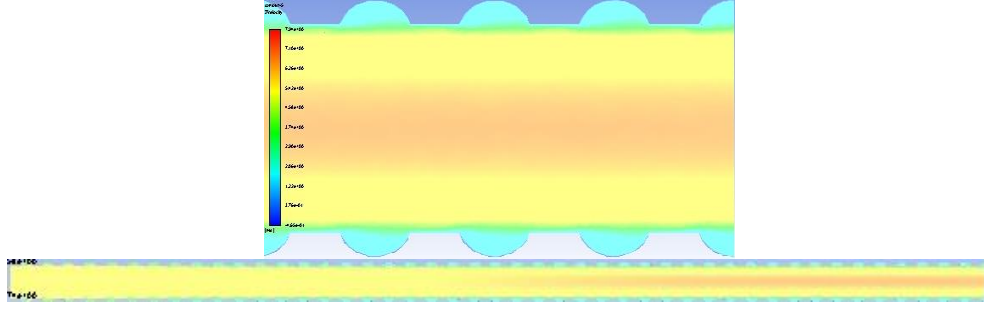
Şekil 4.9 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımları

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımları Şekil 4.10’da gösterilmiştir.



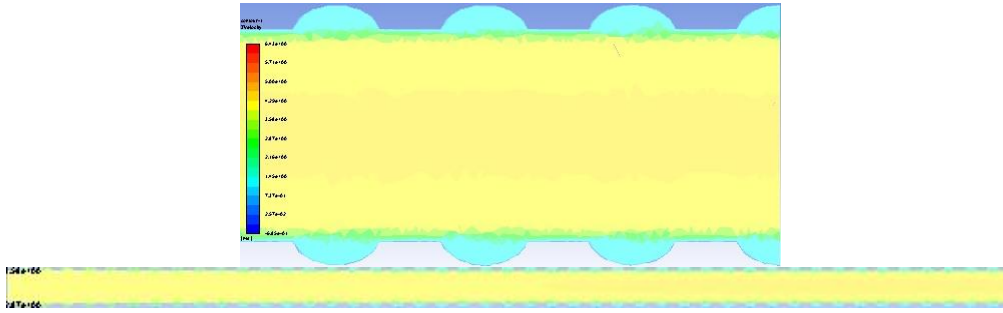
Şekil 4.10 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımları

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımları Şekil 4.11’de gösterilmiştir.



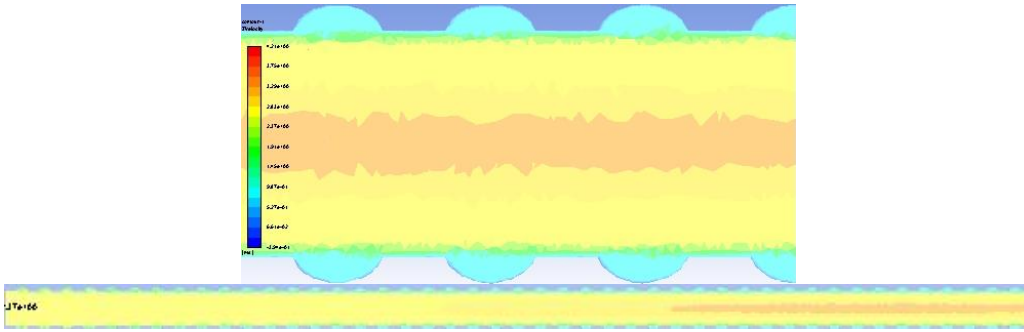
Şekil 4.11 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımı Şekil 4.12’de gösterilmiştir.



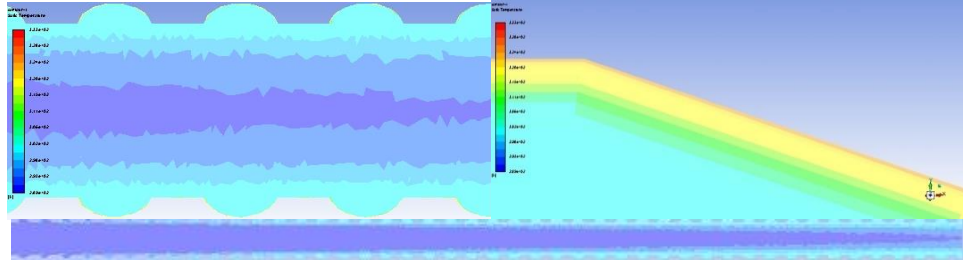
Şekil 4.12 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımı Şekil 4.13’de gösterilmiştir.



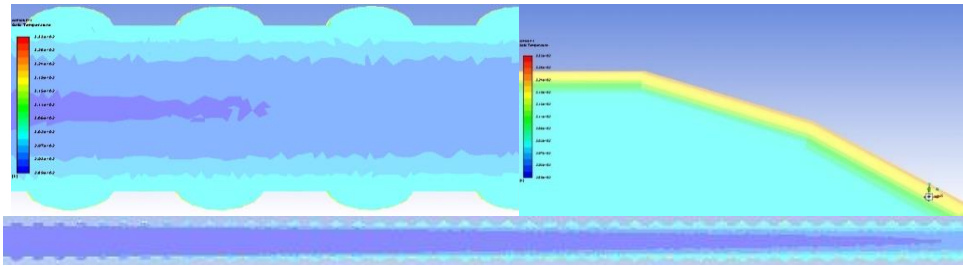
Şekil 4.13 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.14’te gösterilmiştir.



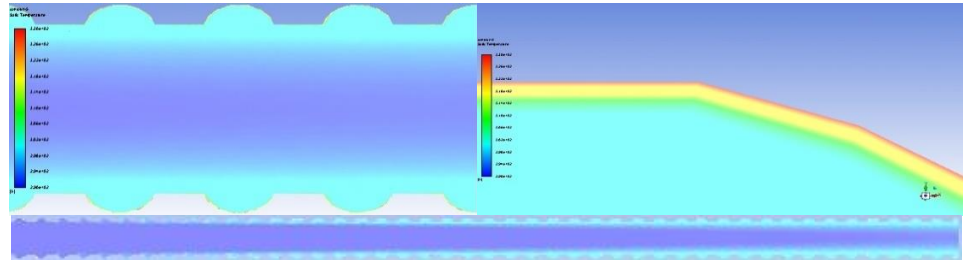
Şekil 4.14 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.15'te gösterilmiştir.



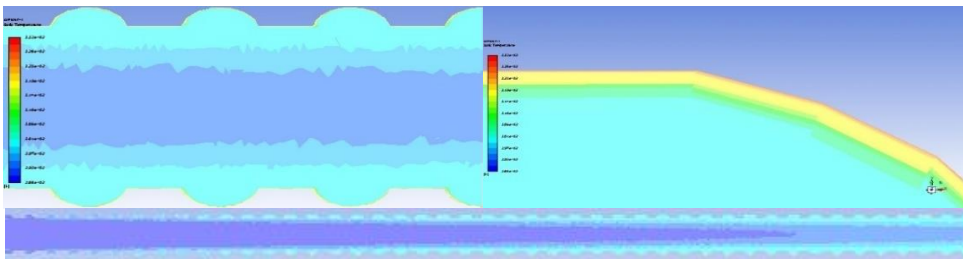
Şekil 4.15 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.16'da gösterilmiştir.



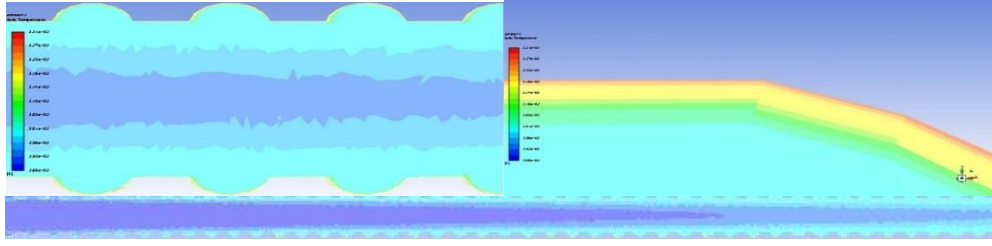
Şekil 4.16 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.17'de gösterilmiştir.



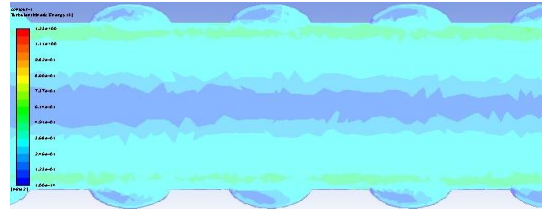
Şekil 4.17 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.18’de gösterilmiştir.



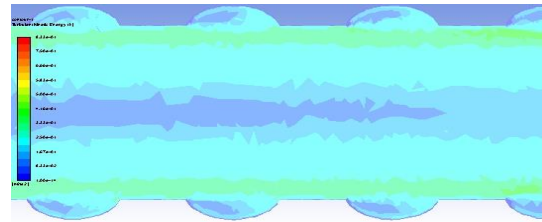
Şekil 4.18 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.19’da gösterilmiştir.



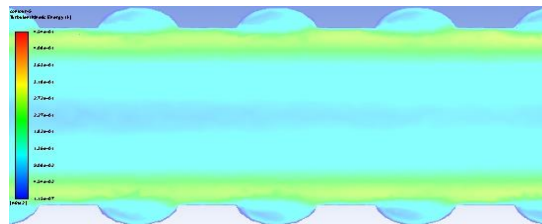
Şekil 4.19 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.20’de gösterilmiştir.



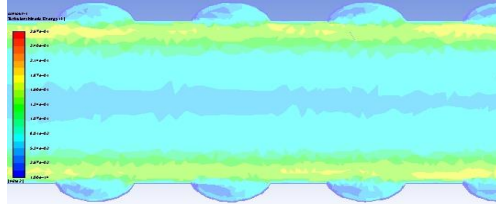
Şekil 4.20 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.21’de gösterilmiştir.



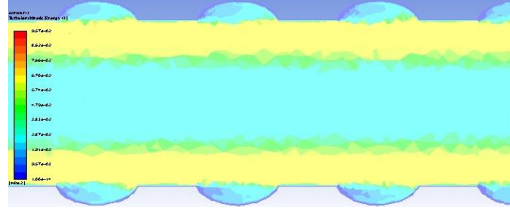
Şekil 4.21 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımlı Şekil 4.22’de gösterilmiştir.



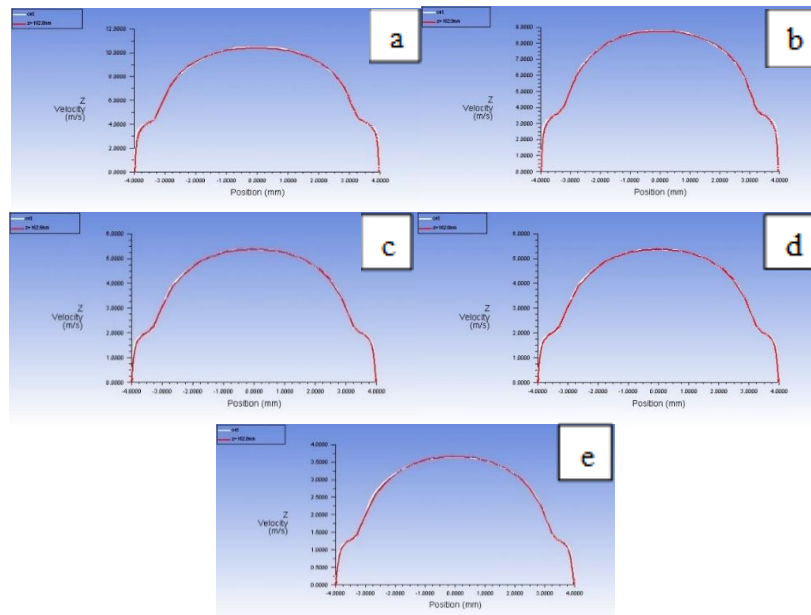
Şekil 4.22 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımlı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımlı Şekil 4.23’de gösterilmiştir.



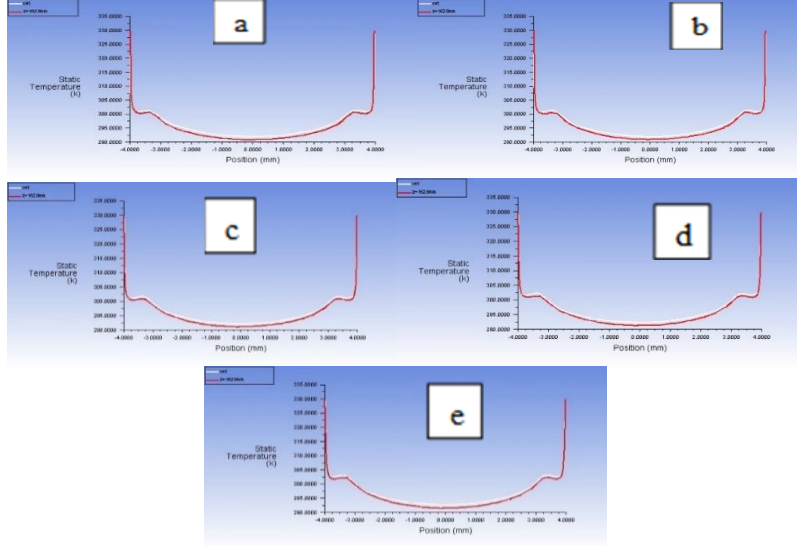
Şekil 4.23 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımlı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün hız profili farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.24’te gösterilmiştir. Grldğge bütün Reynolds sayılarında tam gelişmiş akış elde edilmiştir. Beyaz ile gösterilen tüpün çıkışındaki hız profili kırmızı olan ise tüpün çıkışının bir sarmal adımı kadar yani 37.5 mm kadar öncesi alınmıştır.



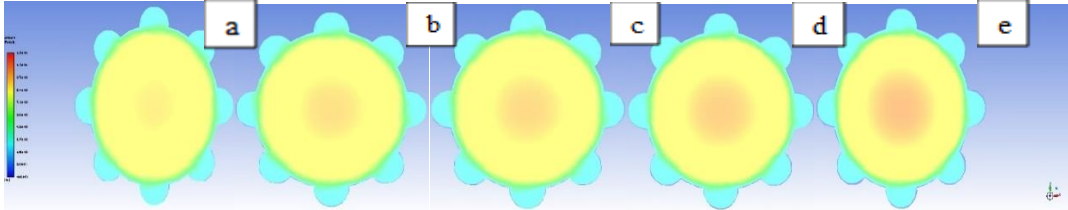
Şekil 4.24 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 37.5 mm olan tütün sıcaklık profili farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.25'te gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında ısıl tam gelişmişlik elde edilmiştir.



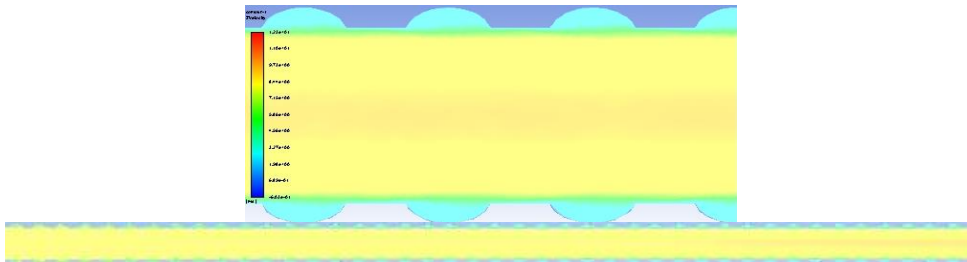
Şekil 4.25 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tütün Sıcaklık Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 37.5 mm olan tütün hız dağılımı farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.26'da gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında tütün merkezinden cidarlara doğru gidildikçe hız düşmektedir.



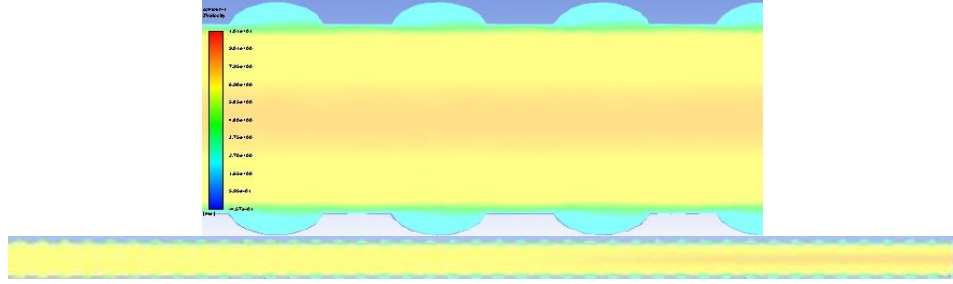
Şekil 4.26 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tütün Çıkıştaki Hız Dağılımları a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 37.5 mm olan tütün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımı Şekil 4.27'de gösterilmiştir.



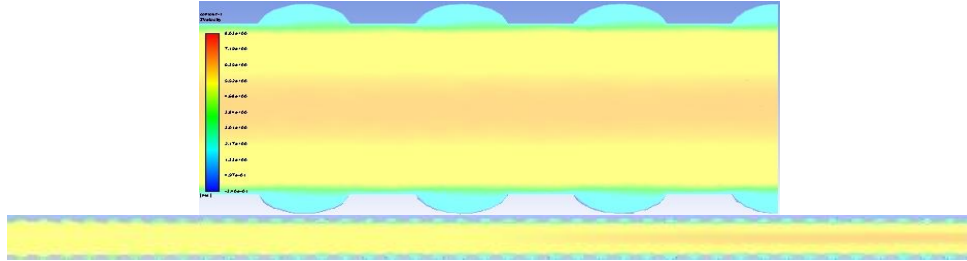
Şekil 4.27 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tütün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımlı Şekil 4.28'de gösterilmiştir.



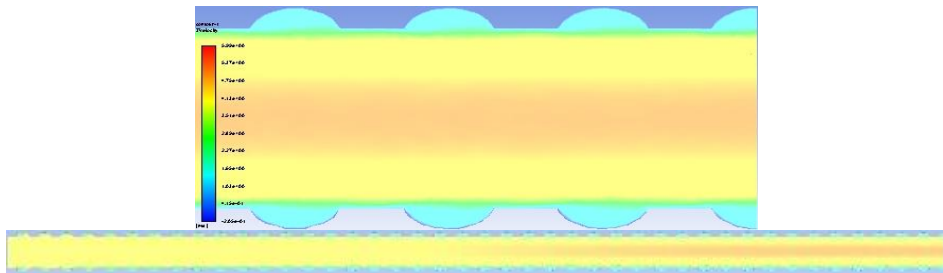
Şekil 4.28 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımlı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımlı Şekil 4.29'da gösterilmiştir.



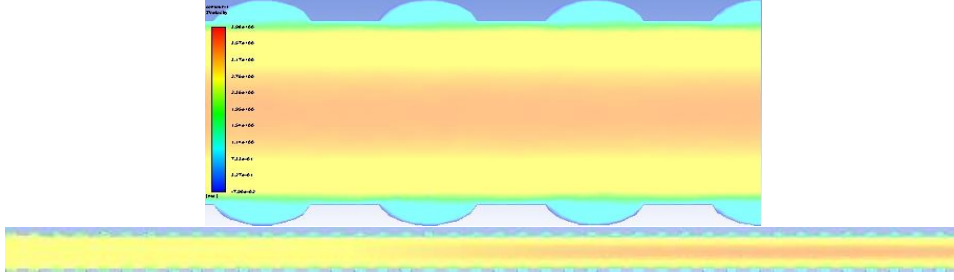
Şekil 4.29 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımlı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımlı Şekil 4.30'da gösterilmiştir.



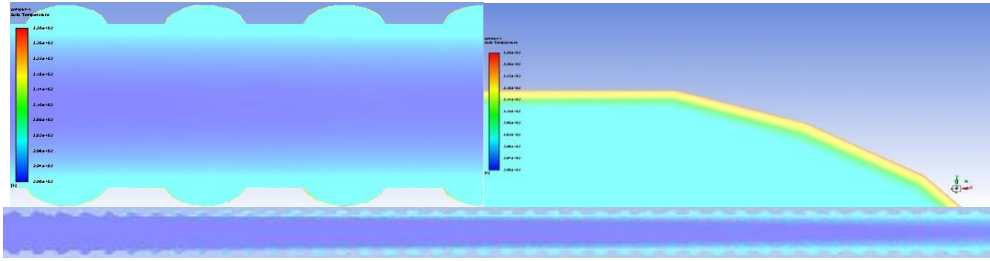
Şekil 4.30 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımlı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımlı Şekil 4.31'de gösterilmiştir.



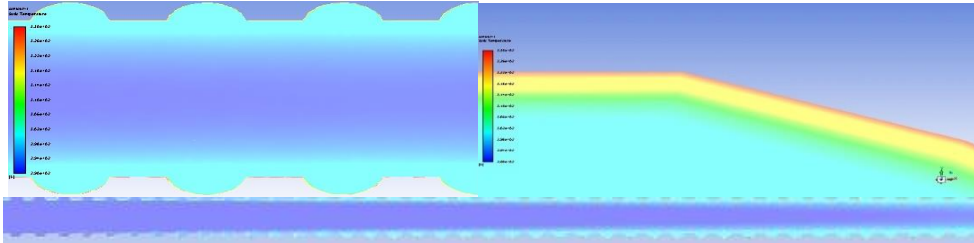
Şekil 4.31 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.32’de gösterilmiştir.



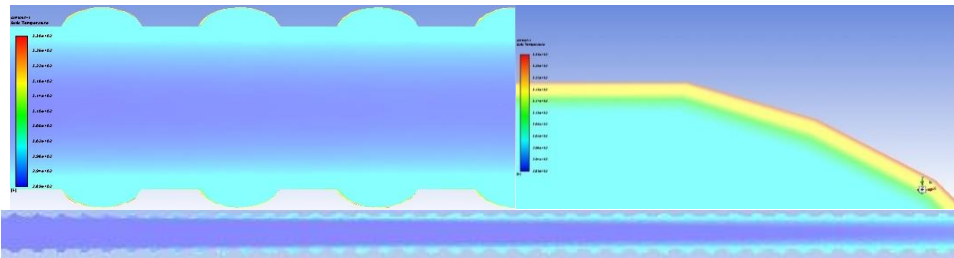
Şekil 4.32 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.33’de gösterilmiştir.



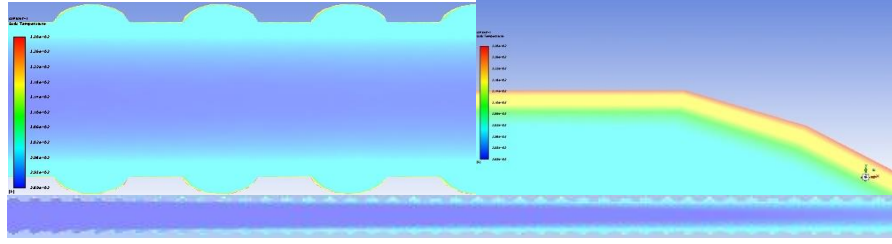
Şekil 4.33 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.34’te gösterilmiştir.



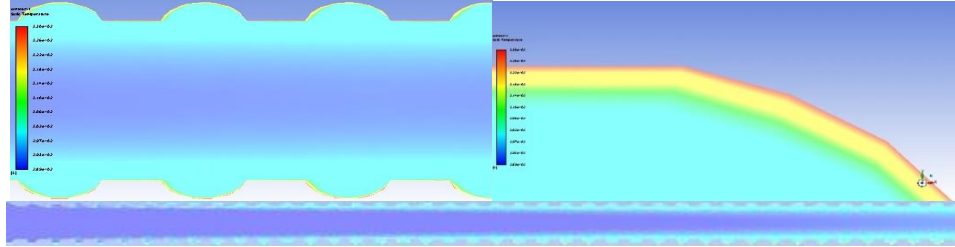
Şekil 4.34 : Sarmal Adımı 37.5mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.35'te gösterilmiştir.



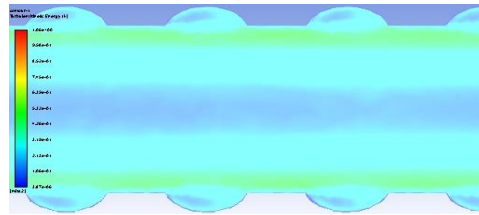
Şekil 4.35 : Sarmal Adımı 37.5mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.36'da gösterilmiştir.



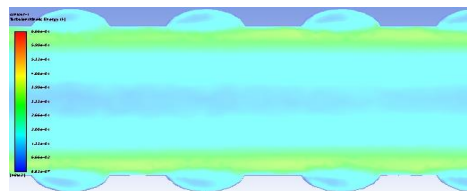
Şekil 4.36 : Sarmal Adımı 37.5mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.37'de gösterilmiştir.



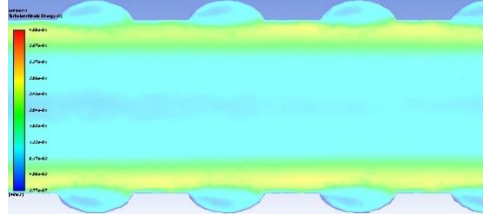
Şekil 4.37 : Sarmal Adımı 37.5mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.38'de gösterilmiştir.



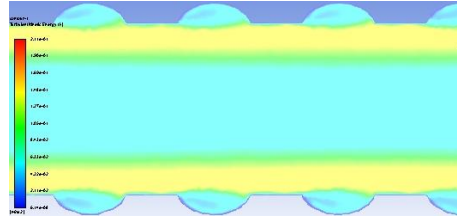
Şekil 4.38 : Sarmal Adımı 37.5mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımlı Şekil 4.39’da gösterilmiştir.



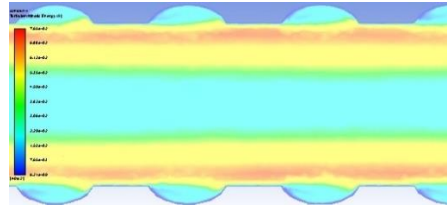
Şekil 4.39 : Sarmal Adımı 37.5mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımlı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımlı Şekil 4.40’da gösterilmiştir.



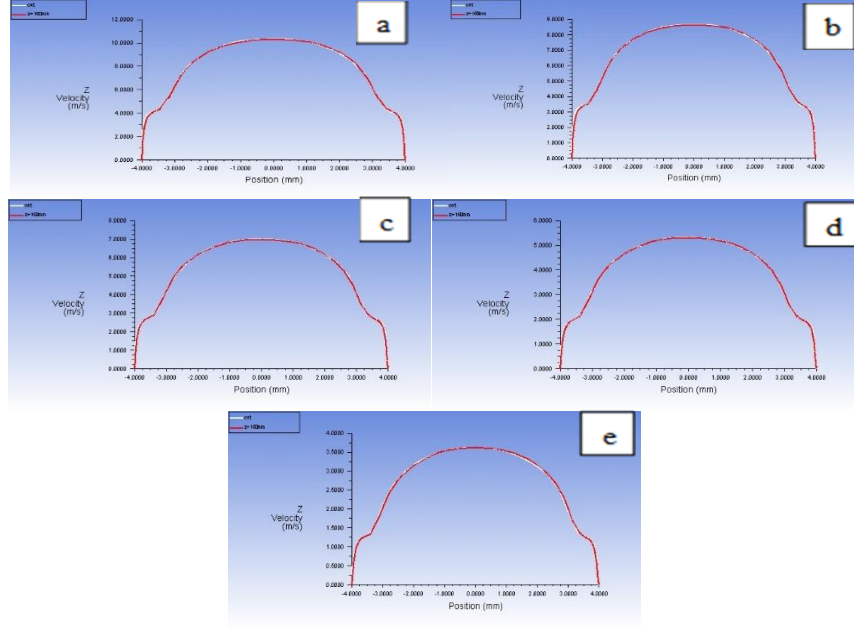
Şekil 4.40 : Sarmal Adımı 37.5mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımlı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımlı Şekil 4.41’de gösterilmiştir.



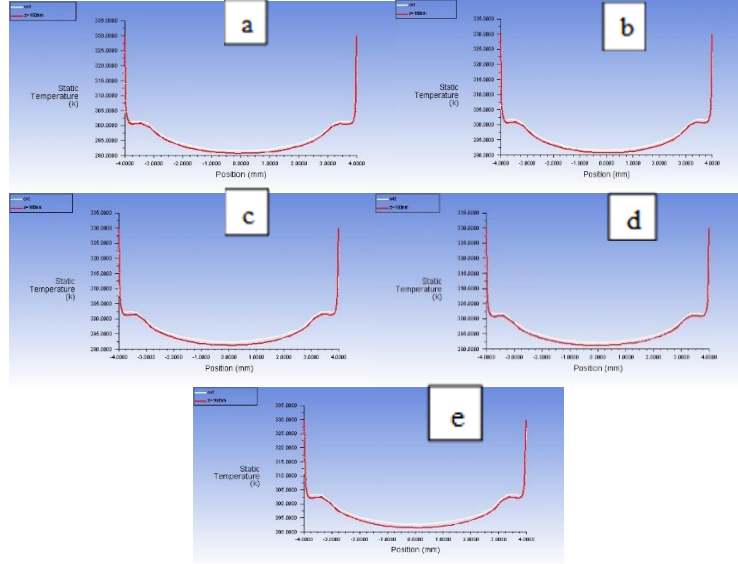
Şekil 4.41 : Sarmal Adımı 37.5mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımlı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün hız profili farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.42’de gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında tam gelişmiş akış elde edilmiştir. Beyaz ile gösterilen tüpün çıkışındaki hız profili kırmızı olan ise tüpün çıkışının bir sarmal adımı kadar yani 40 mm kadar öncesi alınmıştır.



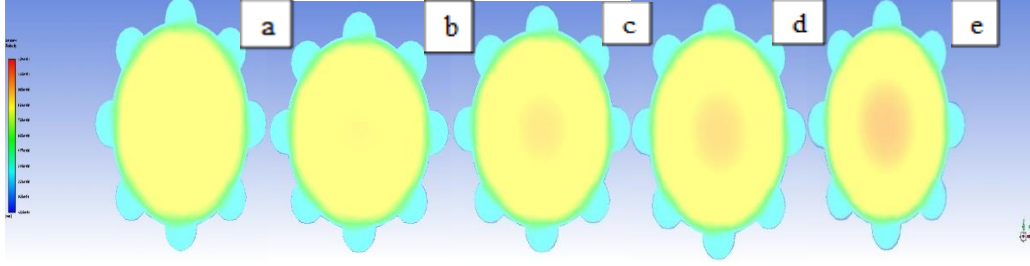
Şekil 4.42 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün sıcaklık profili farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.43'te gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında ısıl tam gelişmişlik elde edilmiştir.



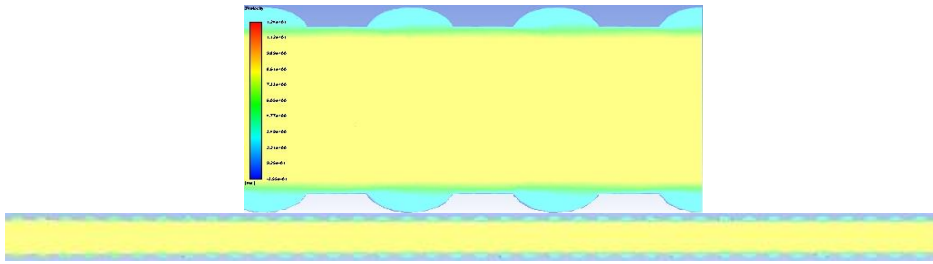
Şekil 4.43 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün Sıcaklık Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün hız dağılımı farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.44'de gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında tüpün merkezinden cidarlara doğru gidildikçe hız düşmektedir.



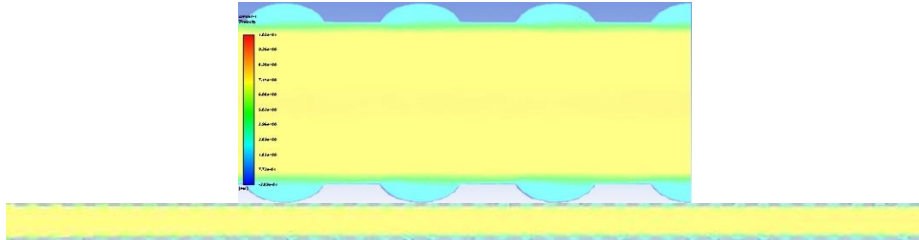
Şekil 4.44 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün Çıkıştaki Hız Dağılımları a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımı Şekil 4.45'te gösterilmiştir.



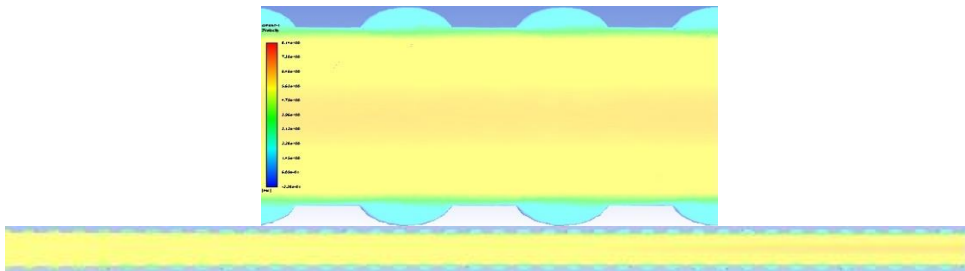
Şekil 4.45 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımı Şekil 4.46'da gösterilmiştir.



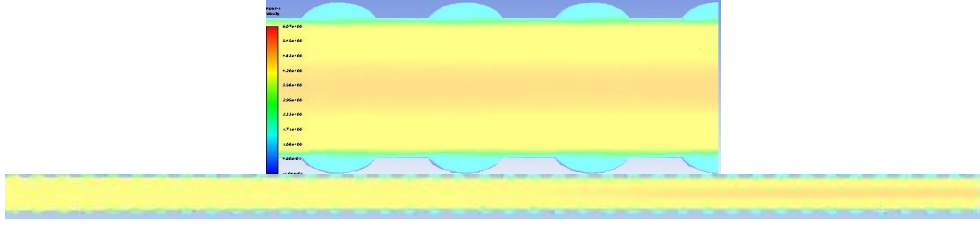
Şekil 4.46 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımı Şekil 4.47'de gösterilmiştir.



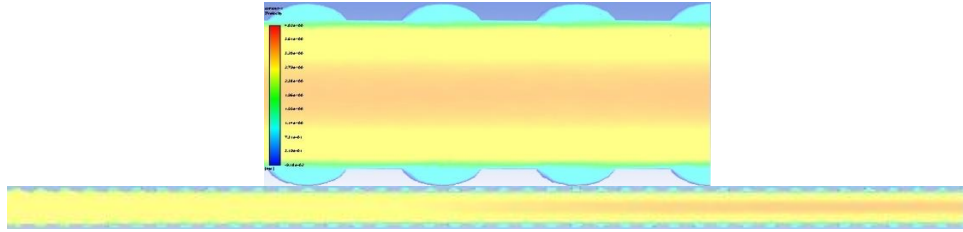
Şekil 4.47 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımlı Şekil 4.48'de gösterilmiştir.



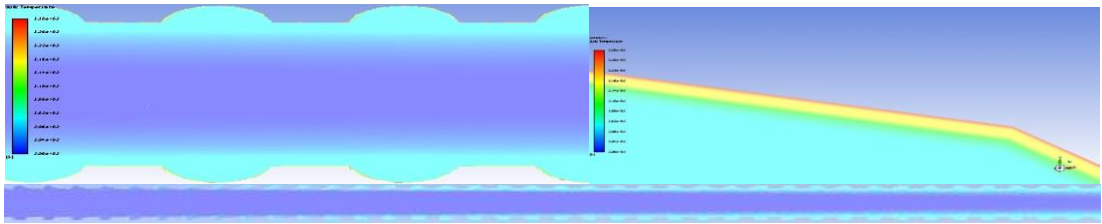
Şekil 4.48 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımlı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımlı Şekil 4.49'da gösterilmiştir.



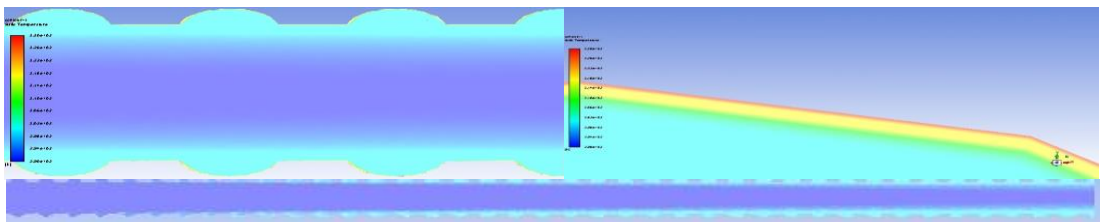
Şekil 4.49 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımlı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımlı Şekil 4.50'de gösterilmiştir.



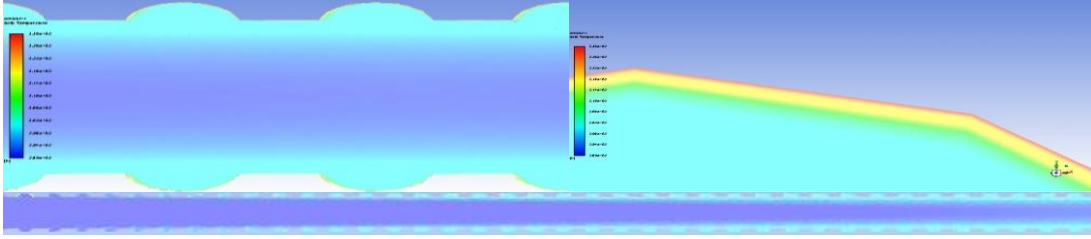
Şekil 4.50 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımlı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımlı Şekil 4.51'de gösterilmiştir.



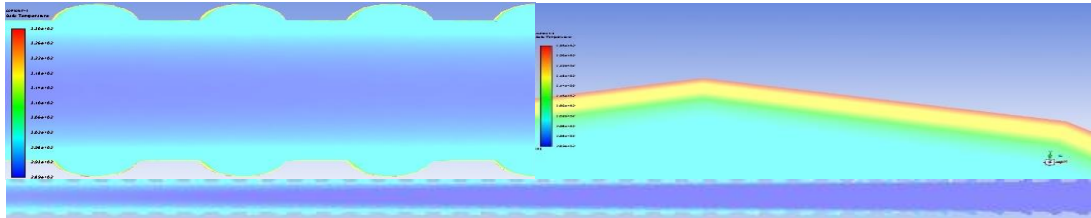
Şekil 4.51 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımlı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımlı Şekil 4.52’de gösterilmiştir.



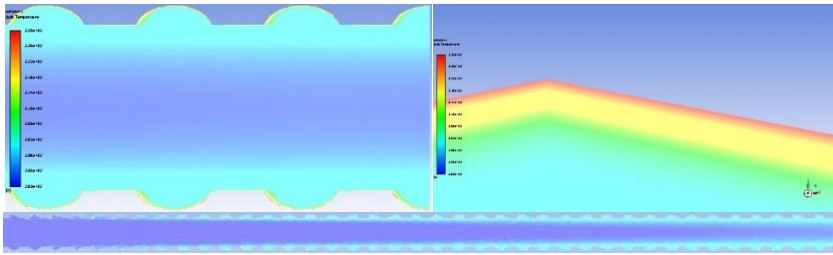
Şekil 4.52 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımlı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımlı Şekil 4.53’te gösterilmiştir.



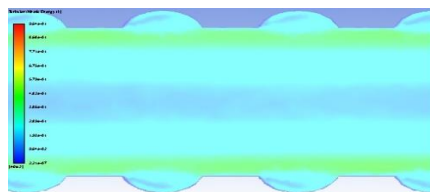
Şekil 4.53 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımlı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımlı Şekil 4.54’te gösterilmiştir.



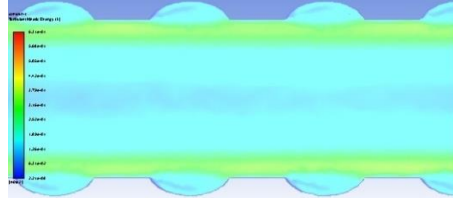
Şekil 4.54 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımlı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımlı Şekil 4.55’te gösterilmiştir.



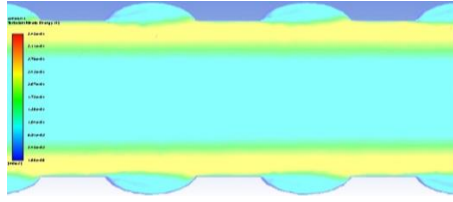
Şekil 4.55 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımlı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.56'da gösterilmiştir.



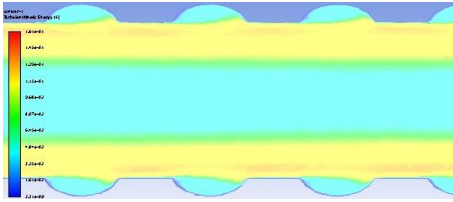
Şekil 4.56 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.57'de gösterilmiştir.



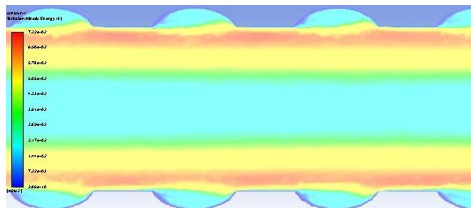
Şekil 4.57 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.58'de gösterilmiştir.



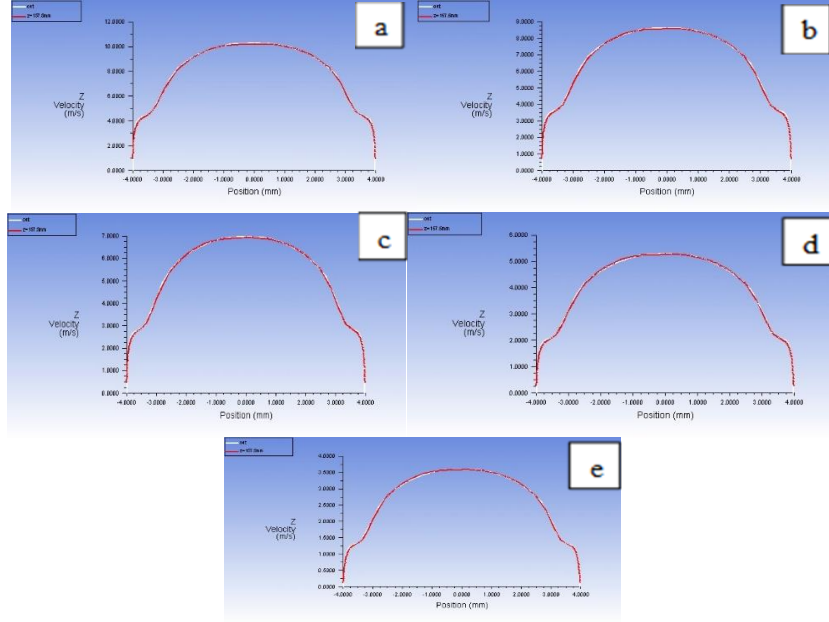
Şekil 4.58 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.59'da gösterilmiştir.



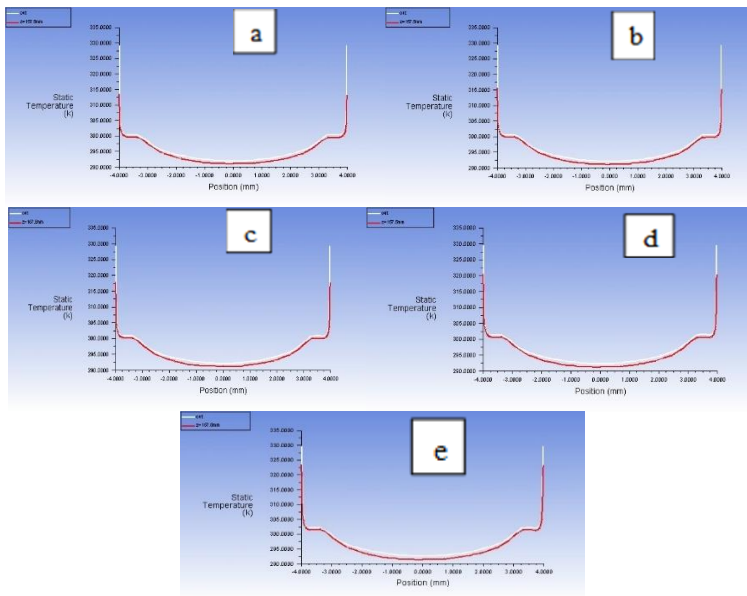
Şekil 4.59 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün hız profili farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.60'da gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında tam gelişmiş akış elde edilmiştir. Beyaz ile gösterilen tüpün çıkışındaki hız profili kırmızı olan ise tüpün çıkışının bir sarmal adımı kadar yani 42.5 mm kadar öncesi alınmıştır.



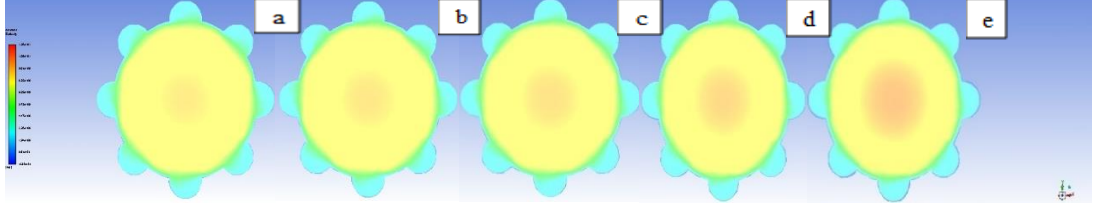
Şekil 4.60 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün sıcaklık profili farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.61'de gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında ısıl tam gelişmişlik elde edilmiştir.



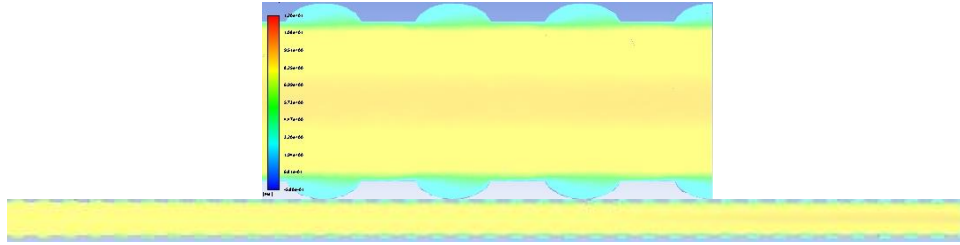
Şekil 4.61 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün Sıcaklık Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün hız dağılımları farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.62’de gösterilmiştir. Grldğge bütün Reynolds sayılarında tüpün merkezinden cidarlara doğru gidildikçe hız düşmektedir.



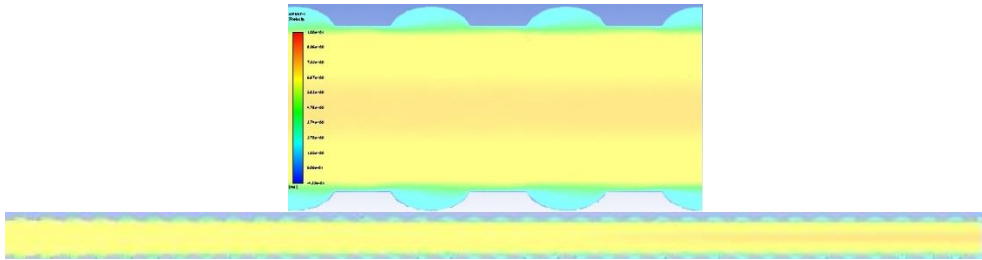
Şekil 4.62 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün Çıkıştaki Hız Dağılımları a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımları Şekil 4.63’te gösterilmiştir.



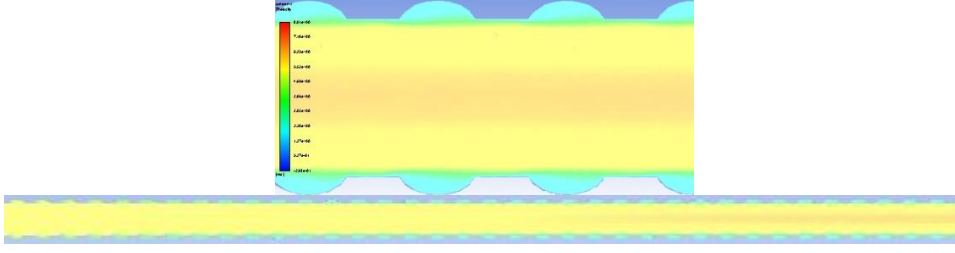
Şekil 4.63 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımları

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımları Şekil 4.64’te gösterilmiştir.



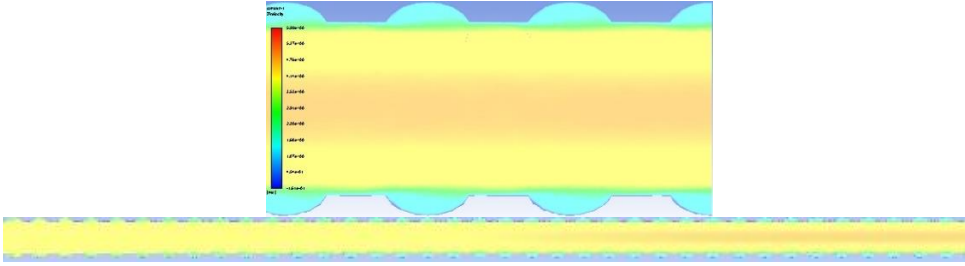
Şekil 4.64 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımları

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımları Şekil 4.65’te gösterilmiştir.



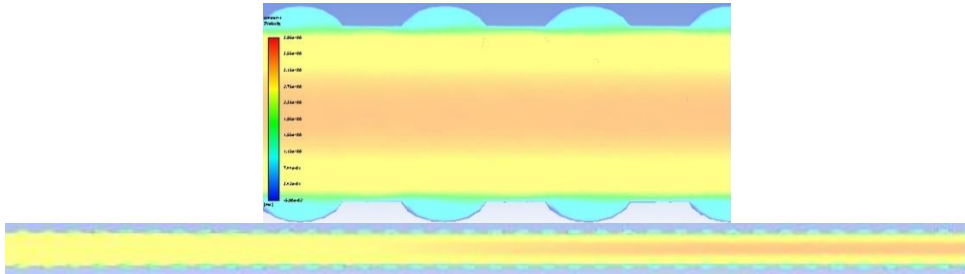
Şekil 4.65 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımı Şekil 4.66'te gösterilmiştir.



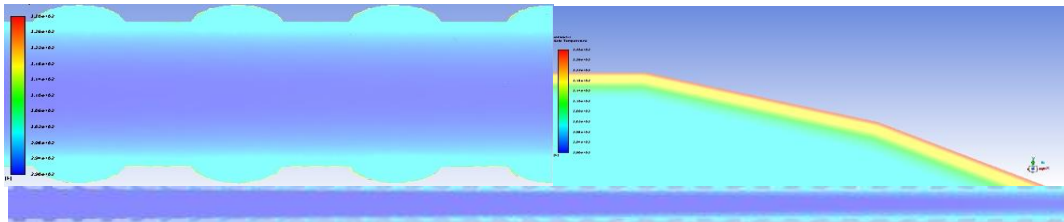
Şekil 4.66 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımı Şekil 4.67'de gösterilmiştir.



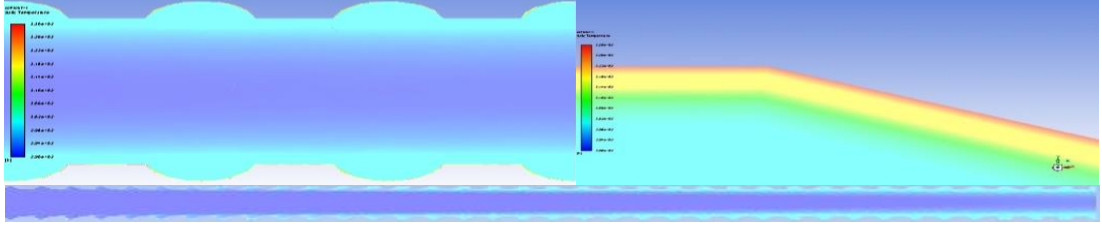
Şekil 4.67 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.68'de gösterilmiştir.



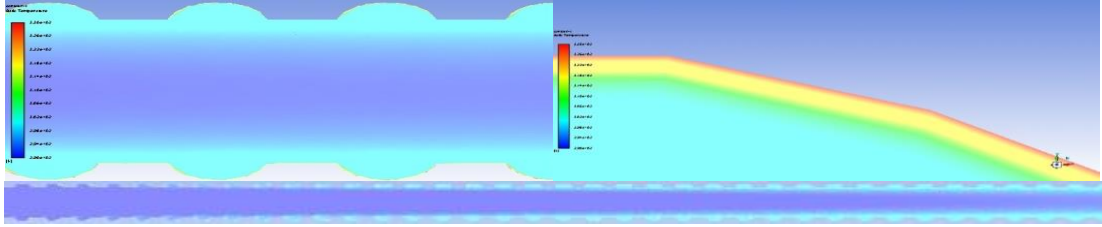
Şekil 4.68 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.69’da gösterilmiştir.



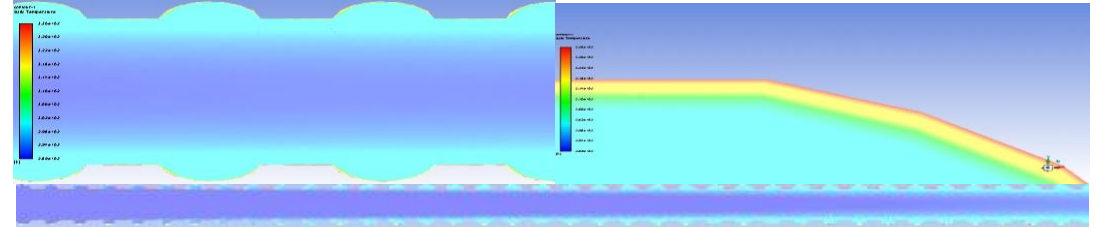
Şekil 4.69 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.70’te gösterilmiştir.



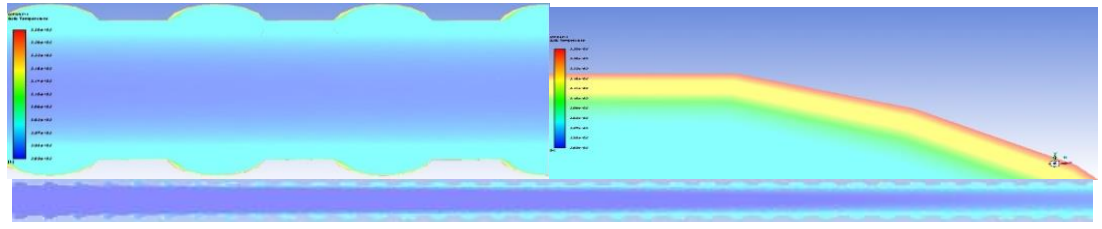
Şekil 4.70 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.71’de gösterilmiştir.



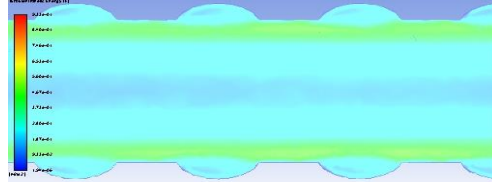
Şekil 4.71 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.72’de gösterilmiştir.



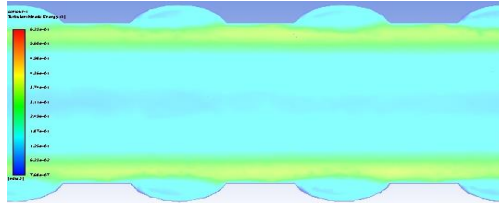
Şekil 4.72 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımlı Şekil 4.73'te gösterilmiştir.



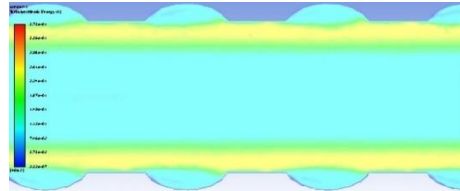
Şekil 4.73 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımlı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımlı Şekil 4.74'te gösterilmiştir.



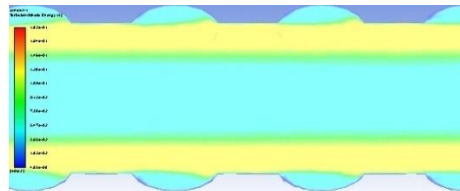
Şekil 4.74 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımlı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımlı Şekil 4.75'te gösterilmiştir.



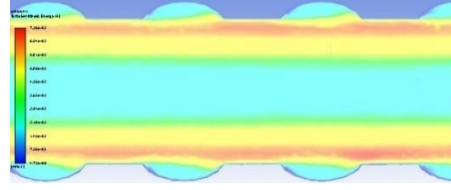
Şekil 4.75 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımlı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımlı Şekil 4.76'da gösterilmiştir.



Şekil 4.76 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımlı

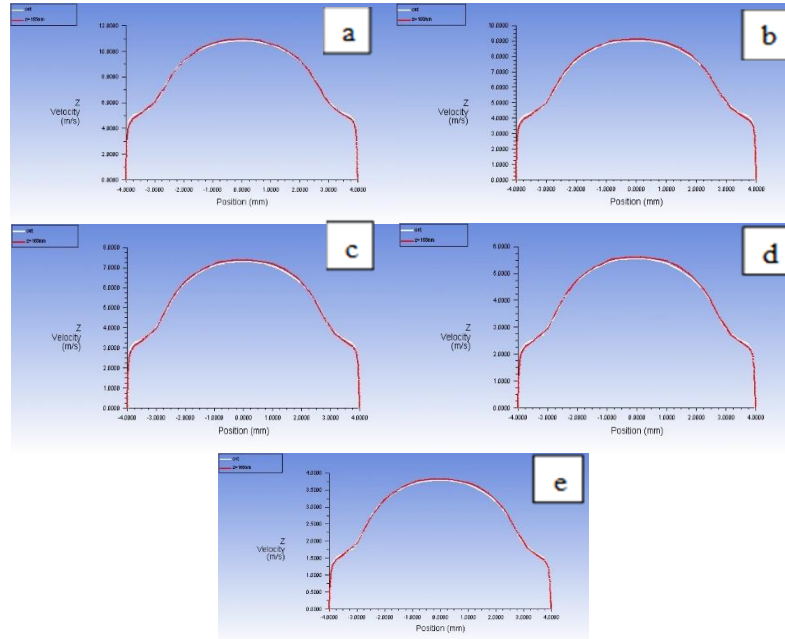
Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımlı Şekil 4.77’de gösterilmiştir.



Şekil 4.77 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımlı

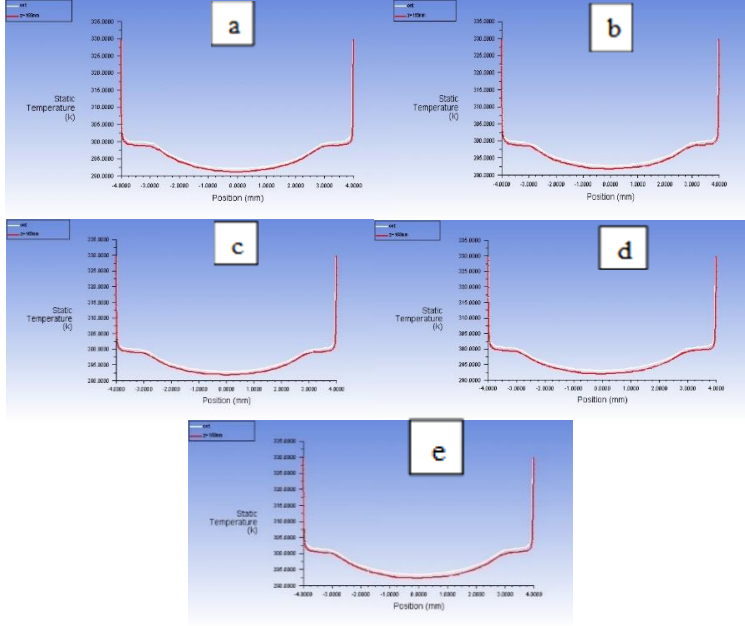
4.3.2.2 Spiral apı 1 mm olan tüpler

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün hız profili farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.78’de gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında tam gelişmiş akış elde edilmiştir. Beyaz ile gösterilen tüpün çıkışındaki hız profili kırmızı olan ise tüpün çıkışının bir sarmal adımı kadar yani 35 mm kadar öncesi alınmıştır.



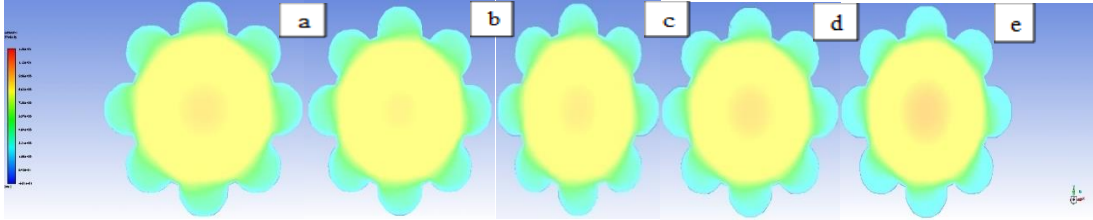
Şekil 4.78 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün sıcaklık profili farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.79’da gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında ısıl tam gelişmişlik elde edilmiştir.



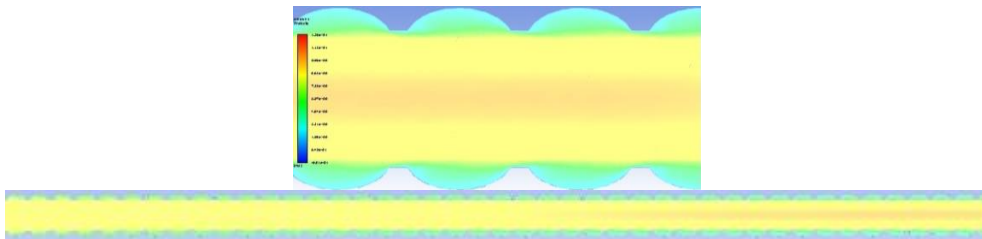
Şekil 4.79 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün hız dağılımı farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.80’de gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında tüpün merkezinden cidarlara doğru gidildikçe hız düşmektedir.



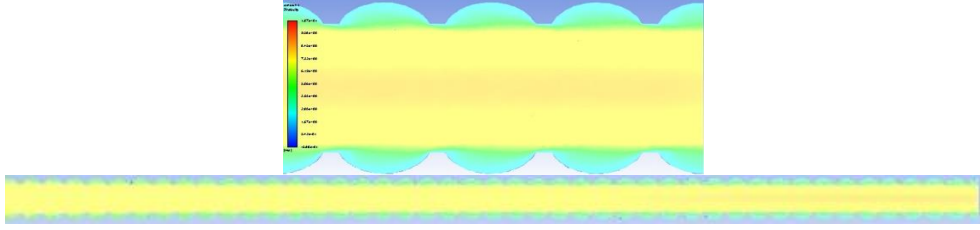
Şekil 4.80 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün Çıkıştaki Hız Dağılımları a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımı Şekil 4.81’de gösterilmiştir.



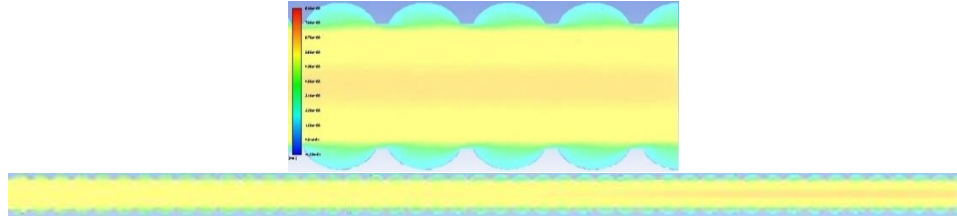
Şekil 4.81 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımı Şekil 4.82’de gösterilmiştir.



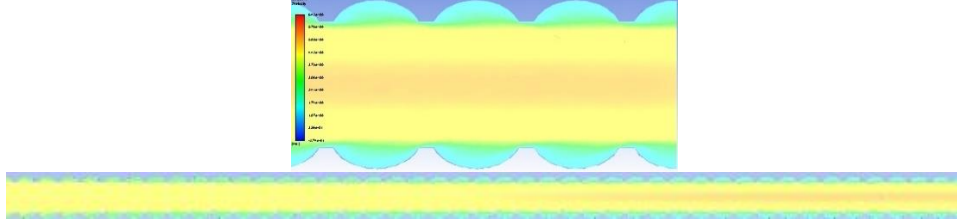
Şekil 4.82 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımı Şekil 4.83'te gösterilmiştir.



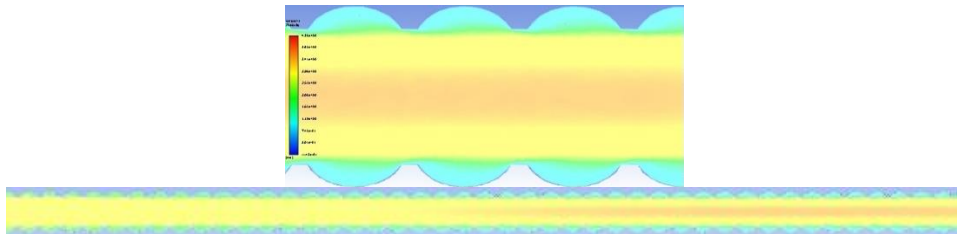
Şekil 4.83 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımı Şekil 4.83'te gösterilmiştir.



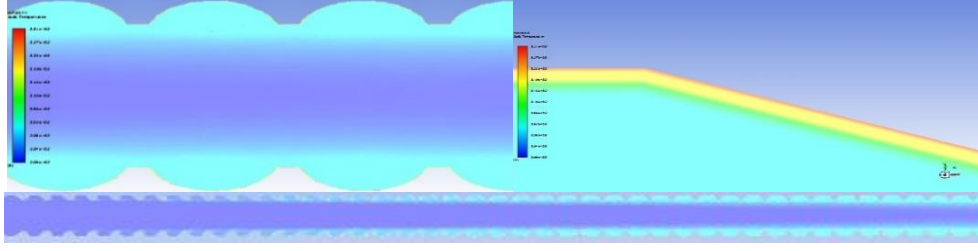
Şekil 4.84 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımı Şekil 4.85'te gösterilmiştir.



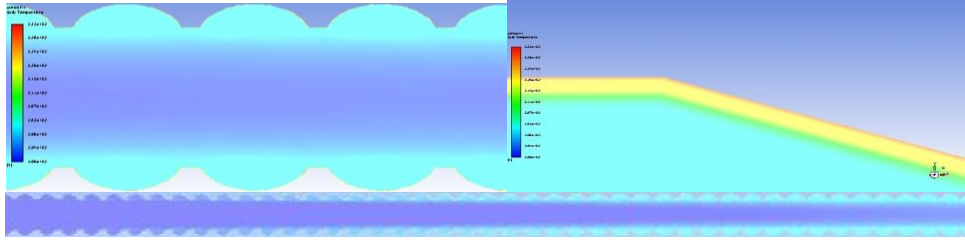
Şekil 4.85 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.86'da gösterilmiştir.



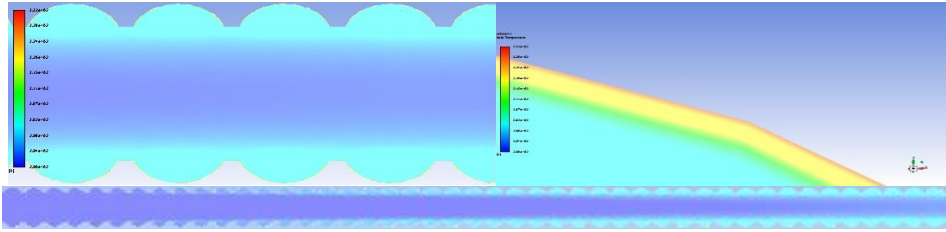
Şekil 4.86 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.87’te gösterilmiştir.



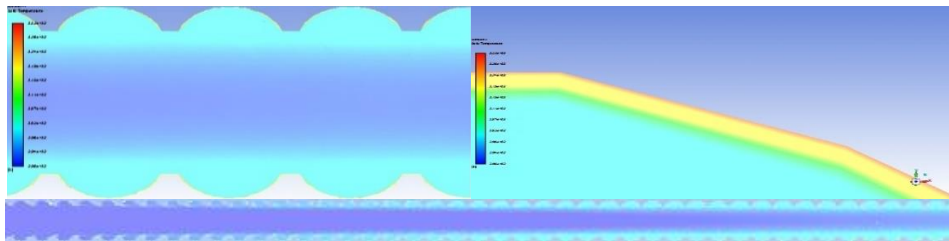
Şekil 4.87 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.88’de gösterilmiştir.



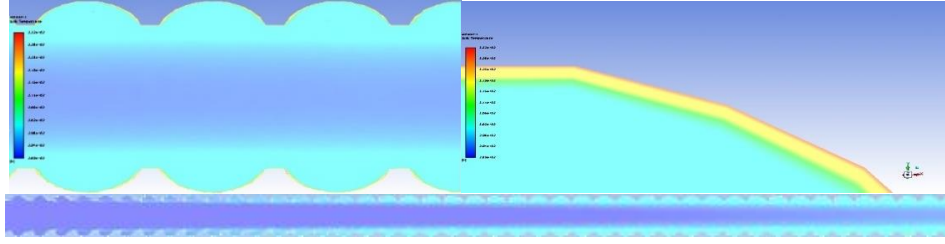
Şekil 4.88 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.89’da gösterilmiştir.



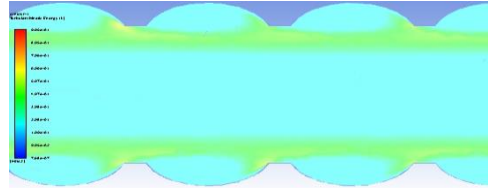
Şekil 4.89 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.90'da gösterilmiştir.



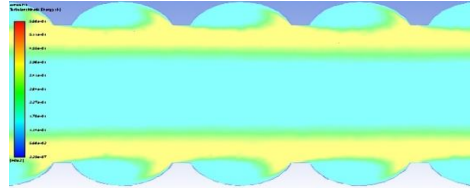
Şekil 4.90 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.91'de gösterilmiştir.



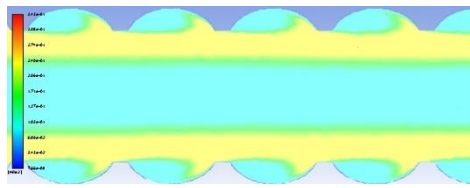
Şekil 4.91 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.92'de gösterilmiştir.



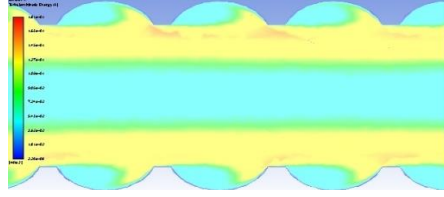
Şekil 4.92 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.93'te gösterilmiştir.



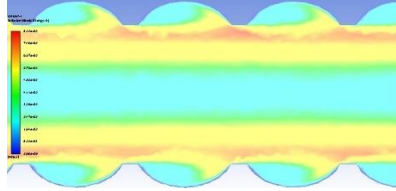
Şekil 4.93 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.94'te gösterilmiştir.



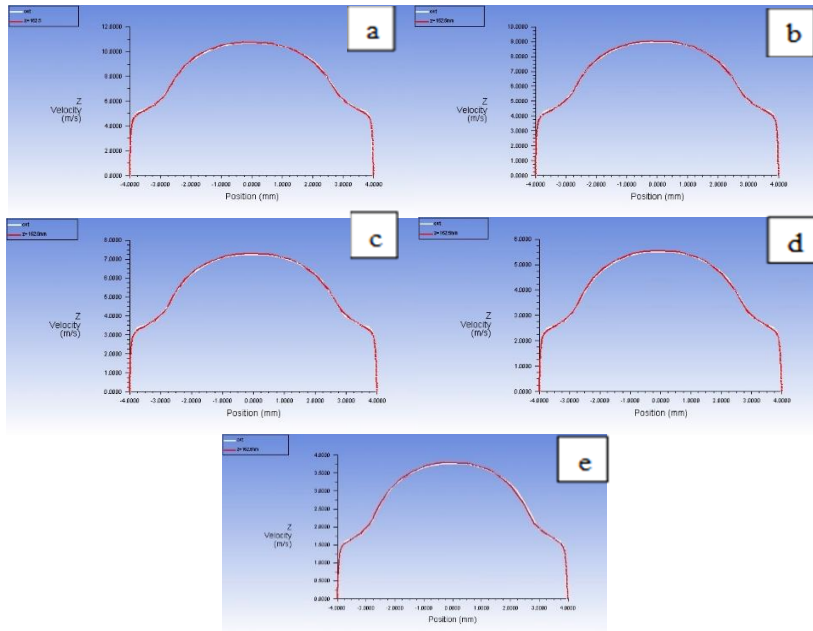
Şekil 4.94 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.95'te gösterilmiştir.



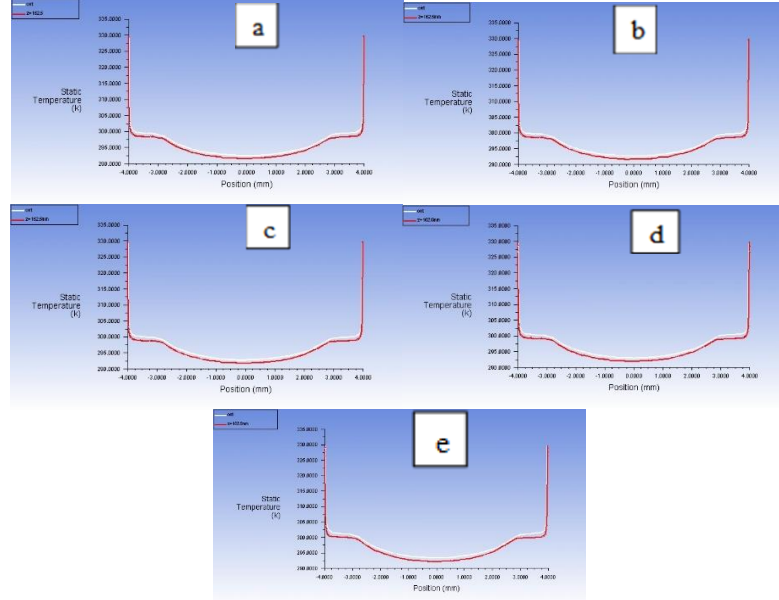
Şekil 4.95 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün hız profili farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.96'da gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında tam gelişmiş akış elde edilmiştir. Beyaz ile gösterilen tüpün çıkışındaki hız profili kırmızı olan ise tüpün çıkışının bir sarmal adımı kadar yani 37.5 mm kadar öncesi alınmıştır.



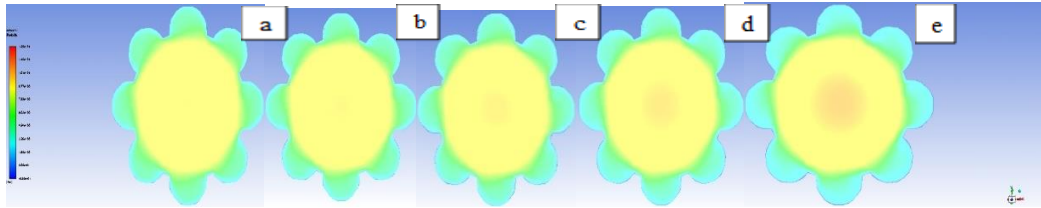
Şekil 4.96 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün sıcaklık profili farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.97’de gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında ısıl tam gelişmişlik elde edilmiştir.



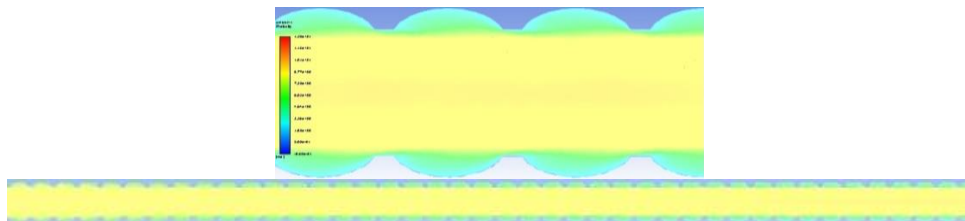
Şekil 4.97 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün hız dağılımı farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.98’de gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında tüpün merkezinden cidarlara doğru gidildikçe hız düşmektedir.



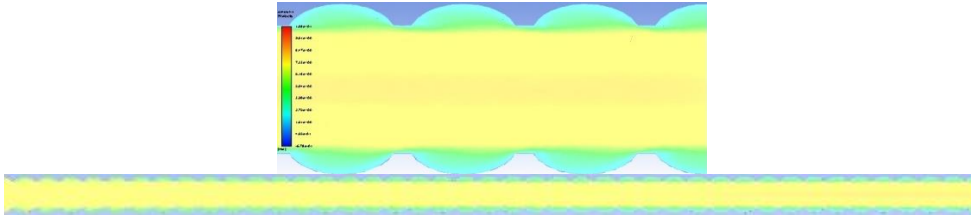
Şekil 4.98 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün Çıkıştaki Hız Dağılımları a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımı Şekil 4.99’da gösterilmiştir.



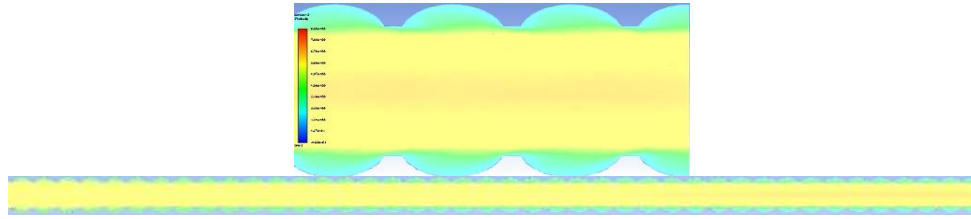
Şekil 4.99 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımları Şekil 4.100’de gösterilmiştir.



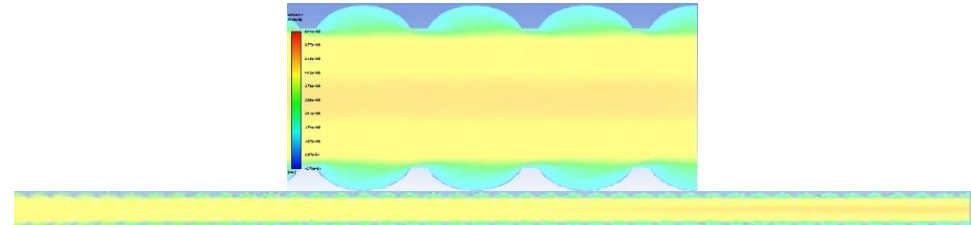
Şekil 4.100 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımları

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımları Şekil 4.101’de gösterilmiştir.



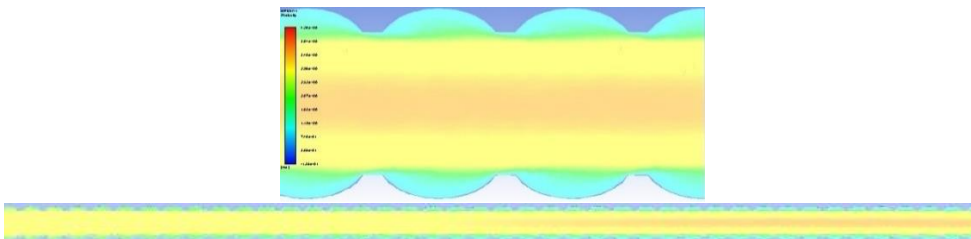
Şekil 4.101 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımları

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımları Şekil 4.102’de gösterilmiştir.



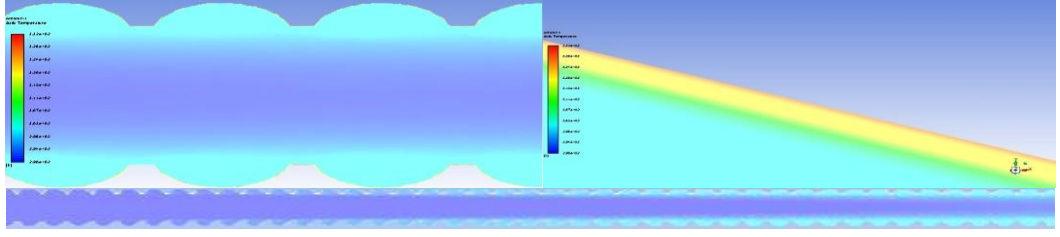
Şekil 4.102 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımları

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımları Şekil 4.103’te gösterilmiştir.



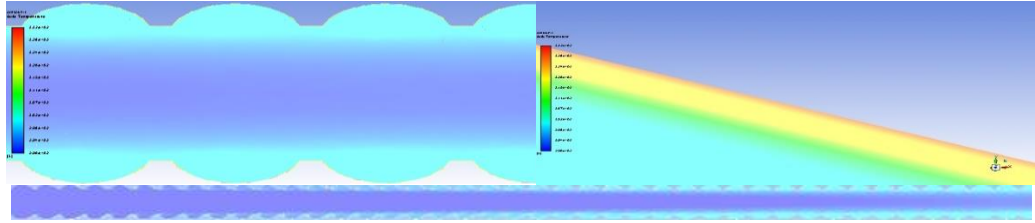
Şekil 4.103 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımları

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.104'te gösterilmiştir.



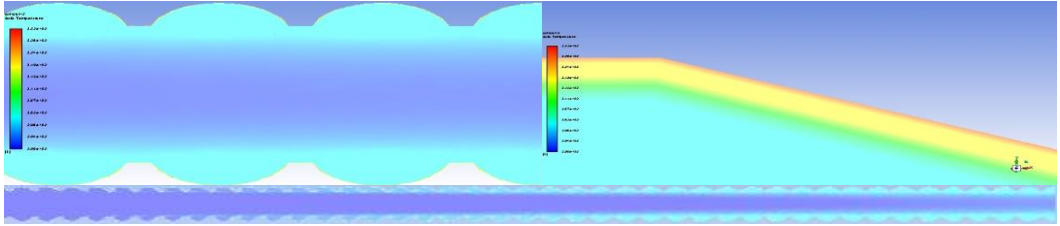
Şekil 4.104 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.105'te gösterilmiştir.



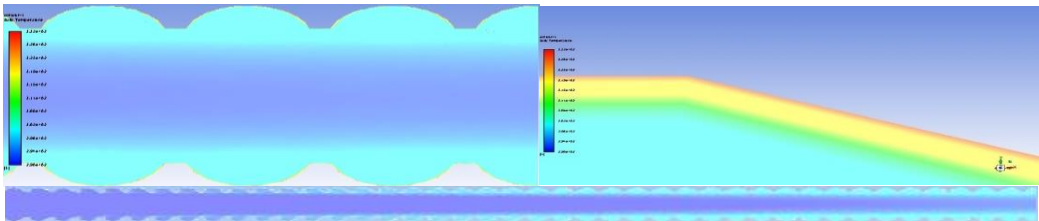
Şekil 4.105 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.106'da gösterilmiştir.



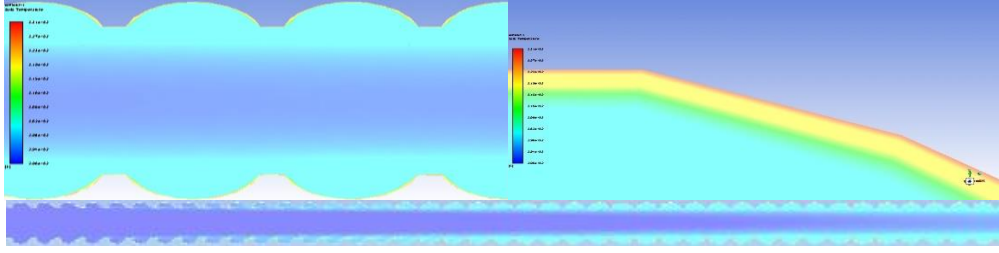
Şekil 4.106 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.107'de gösterilmiştir.



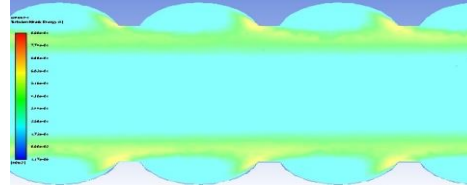
Şekil 4.107 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.108’de gösterilmiştir.



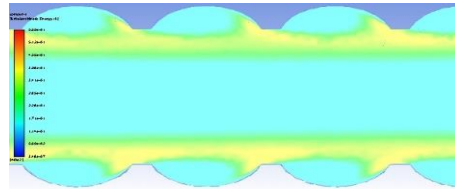
Şekil 4.108 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.109’da gösterilmiştir.



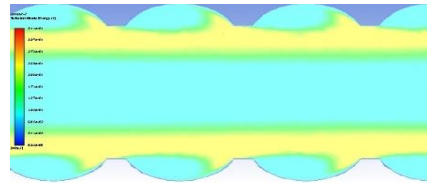
Şekil 4.109 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.110’da gösterilmiştir.



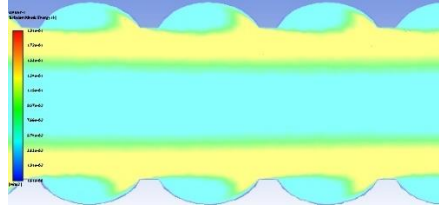
Şekil 4.110 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.111’de gösterilmiştir.



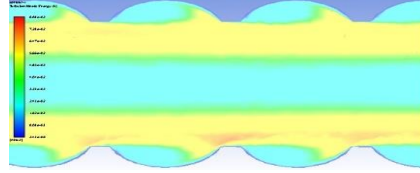
Şekil 4.111 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımlı Şekil 4.112’de gösterilmiştir.



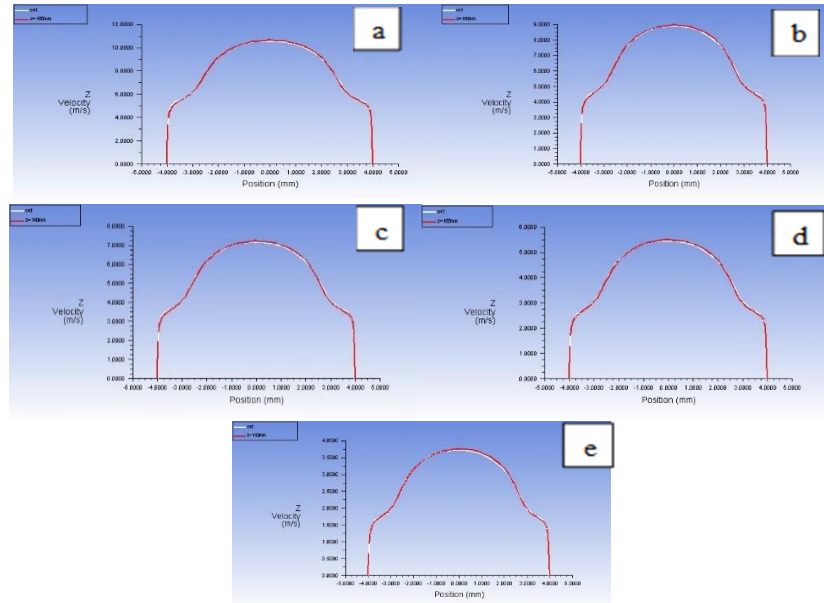
Şekil 4.112 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımlı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımlı Şekil 4.113’te gösterilmiştir.



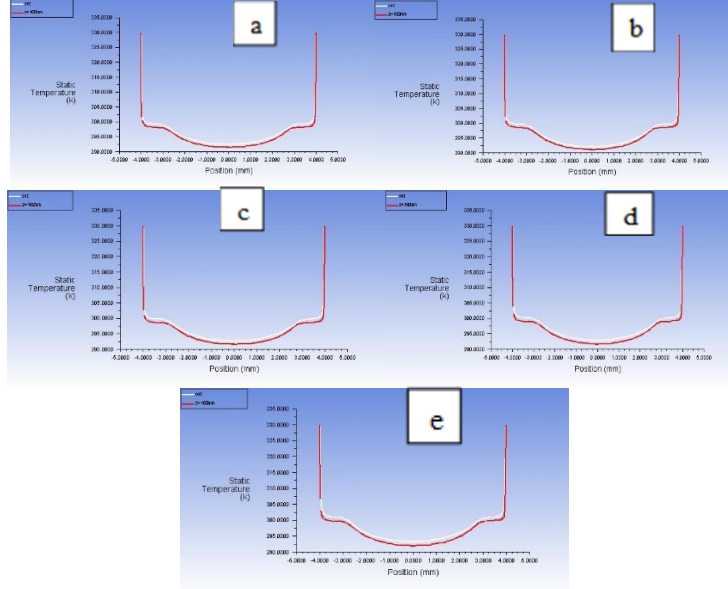
Şekil 4.113 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımlı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün hız profili farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.114’te gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında tam gelişmiş akış elde edilmiştir. Beyaz ile gösterilen tüpün çıkışındaki hız profili kırmızı olan ise tüpün çıkışının bir sarmal adımı kadar yani 40 mm kadar öncesi alınmıştır.



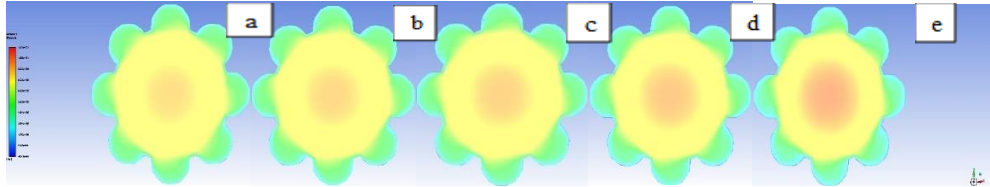
Şekil 4.114 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün sıcaklık profili farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.115’de gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında ısıl tam gelişmişlik elde edilmiştir.



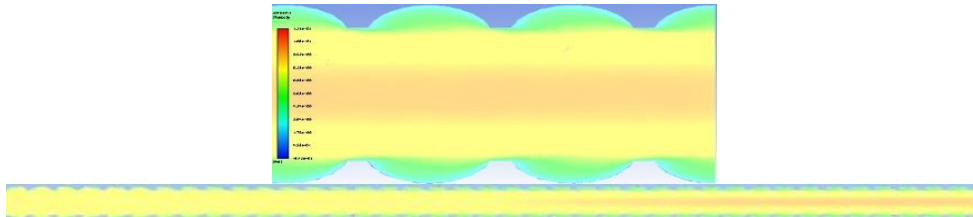
Şekil 4.115 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün hız dağılımı farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.116’da gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında tüpün merkezinden cidarlara doğru gidildikçe hız düşmektedir.



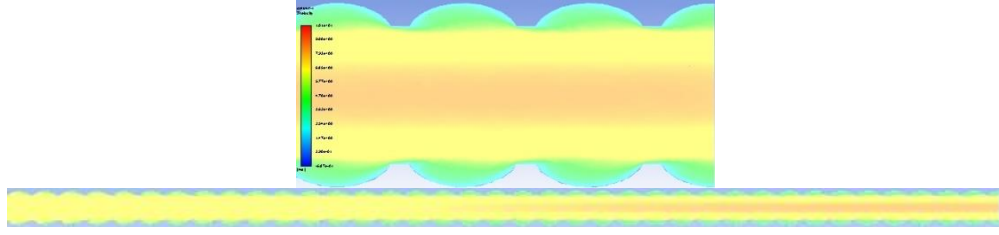
Şekil 4.116 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün Çıkıştaki Hız Dağılımları a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımı Şekil 4.117’de gösterilmiştir.



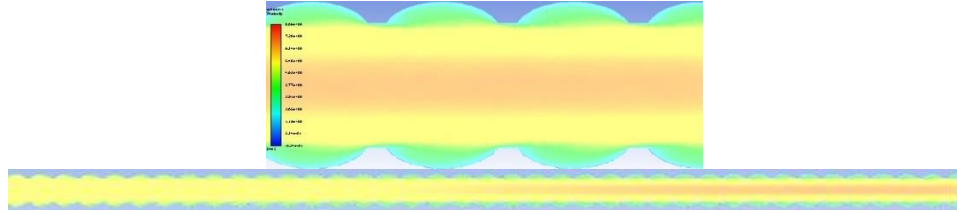
Şekil 4.117 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımları Şekil 4.118’de gösterilmiştir.



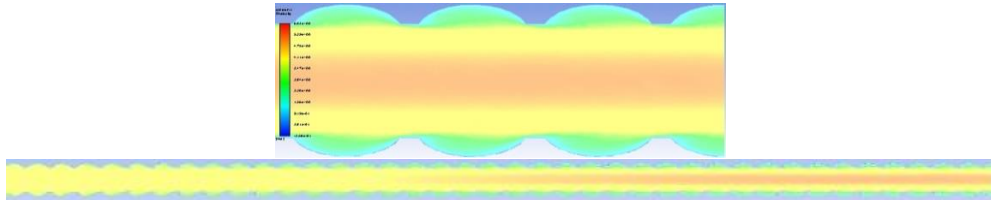
Şekil 4.118 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımları

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımları Şekil 4.119’da gösterilmiştir.



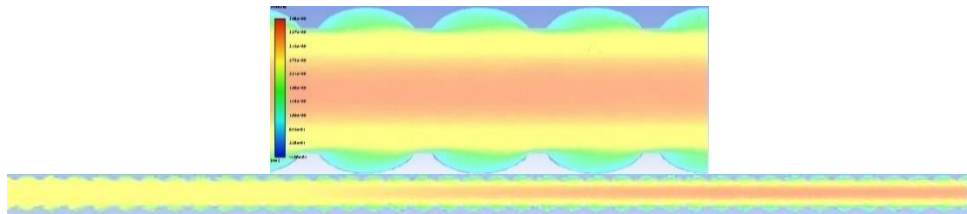
Şekil 4.119 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımları

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımları Şekil 4.120’de gösterilmiştir.



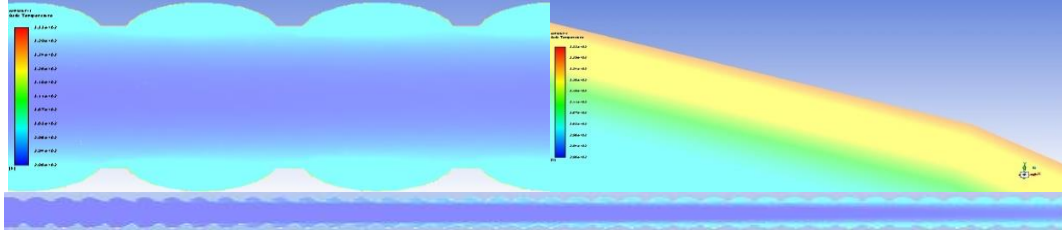
Şekil 4.120 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımları

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımları Şekil 4.121’de gösterilmiştir.



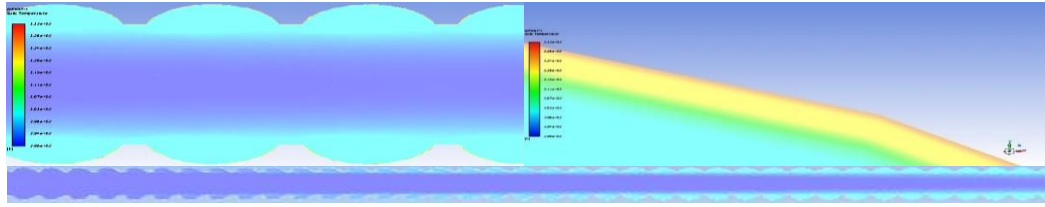
Şekil 4.121 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımları

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımlı Şekil 4.122’de gösterilmiştir.



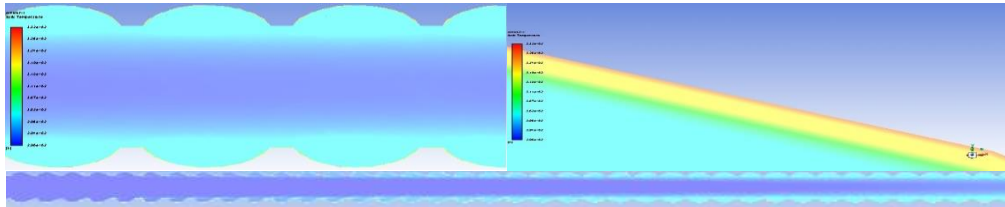
Şekil 4.122 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımlı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımlı Şekil 4.123’te gösterilmiştir.



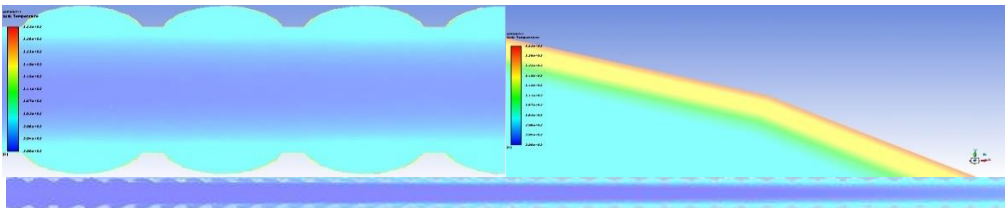
Şekil 4.123 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımlı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımlı Şekil 4.124’te gösterilmiştir.



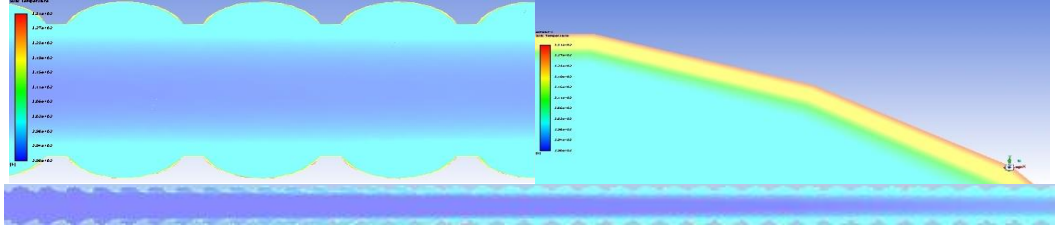
Şekil 4.124 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımlı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımlı Şekil 4.125’de gösterilmiştir.



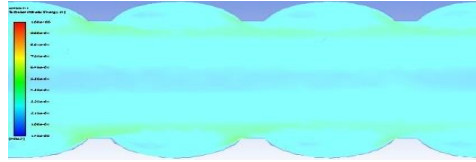
Şekil 4.125 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımlı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.126'da gösterilmiştir.



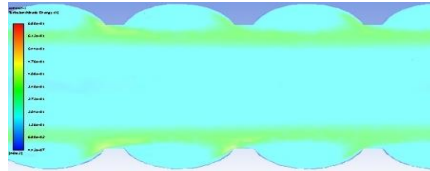
Şekil 4.126 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.127'de gösterilmiştir.



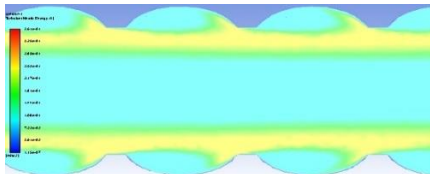
Şekil 4.127 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.128'de gösterilmiştir.



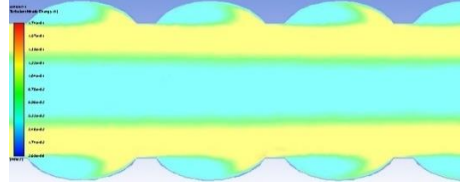
Şekil 4.128 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.129'da gösterilmiştir.



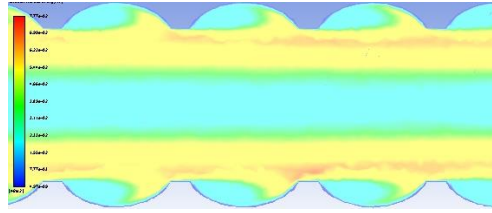
Şekil 4.129 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.130'da gösterilmiştir.



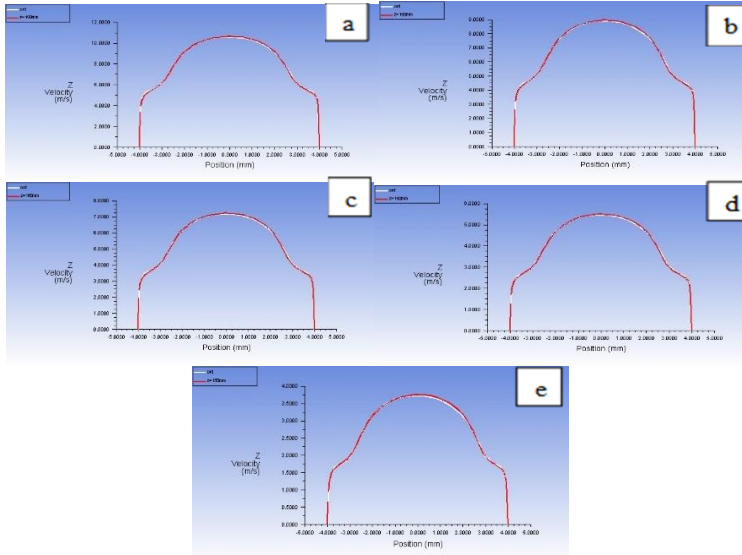
Şekil 4.130 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.131’de gösterilmiştir.



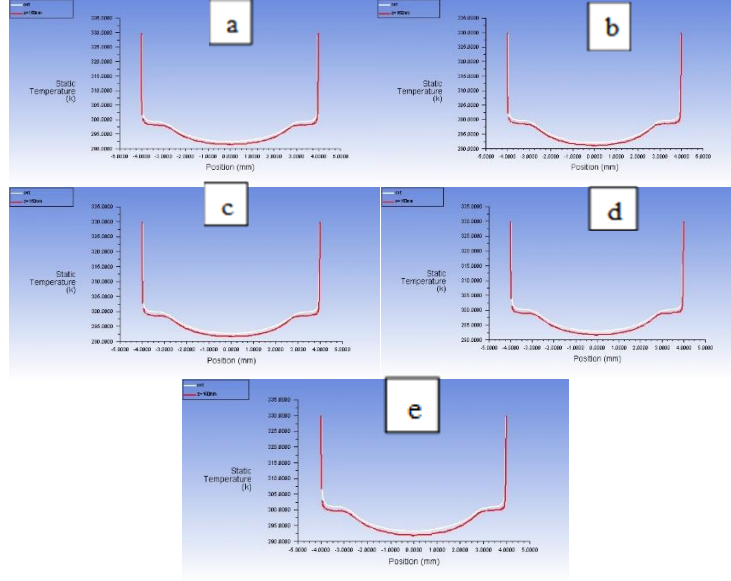
Şekil 4.131 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün hız profili farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.132’de gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında tam gelişmiş akış elde edilmiştir. Beyaz ile gösterilen tüpün çıkışındaki hız profili kırmızı olan ise tüpün çıkışının bir sarmal adımı kadar yani 42.5 mm kadar öncesi alınmıştır.



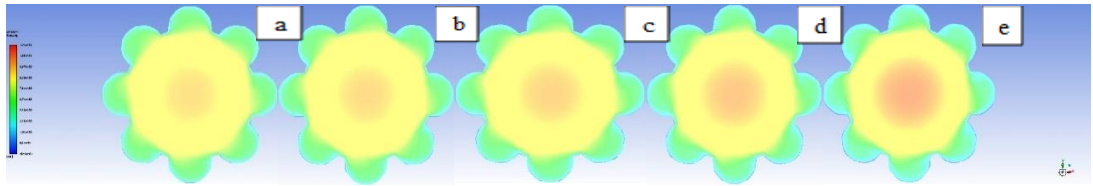
Şekil 4.132 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün sıcaklık profili farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.133’te gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında ısıl tam gelişmişlik elde edilmiştir.



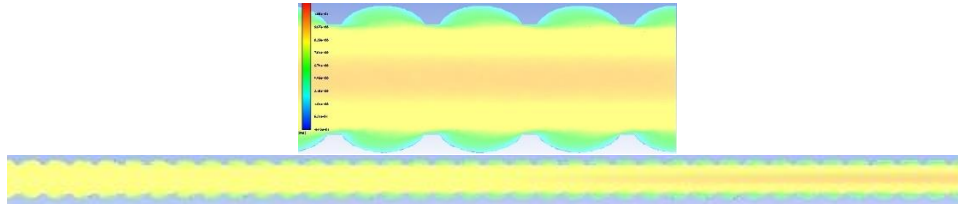
Şekil 4.133 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün hız dağılımı farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.134'te gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında tüpün merkezinden cidarlara doğru gidildikçe hız düşmektedir.



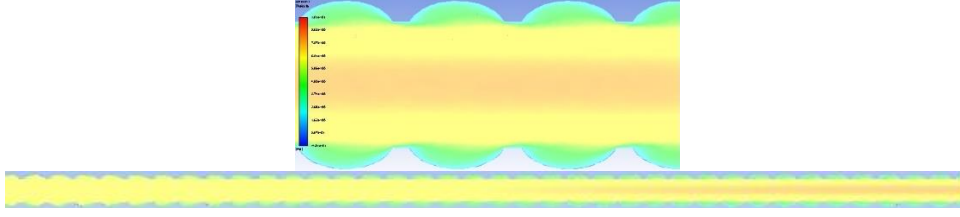
Şekil 4.134 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün Çıkıştaki Hız Dağılımları a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımı Şekil 4.135'de gösterilmiştir.



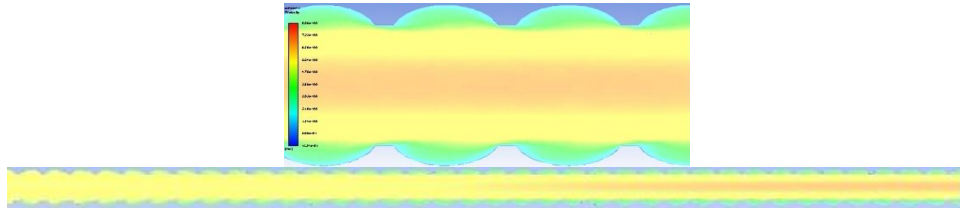
Şekil 4.135 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımı Şekil 4.136'da gösterilmiştir.



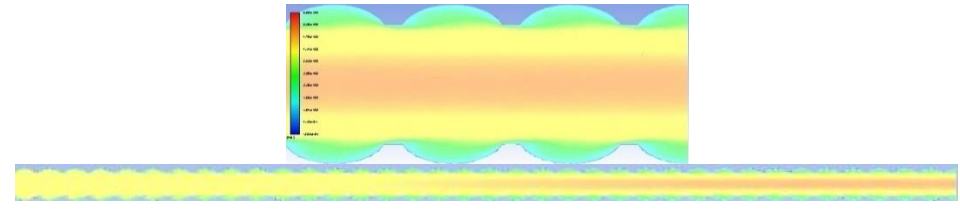
Şekil 4.136 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımı Şekil 4.137’de gösterilmiştir.



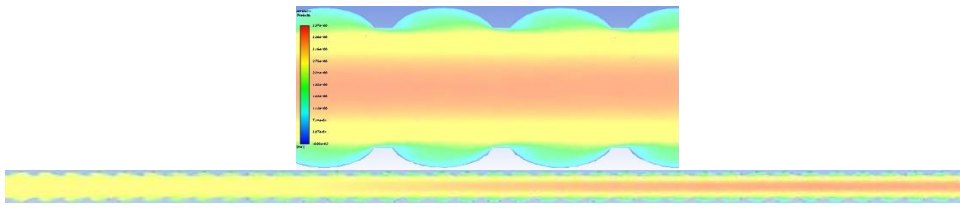
Şekil 4.137 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımı Şekil 4.138’de gösterilmiştir.



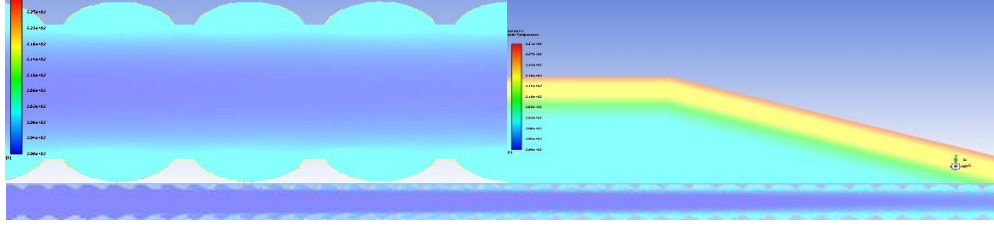
Şekil 4.138 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımı Şekil 4.139’da gösterilmiştir.



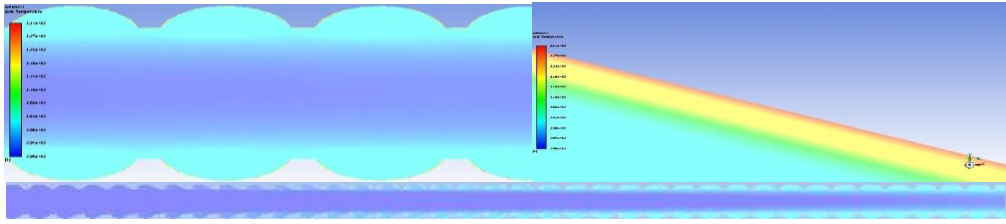
Şekil 4.139 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.140’da gösterilmiştir.



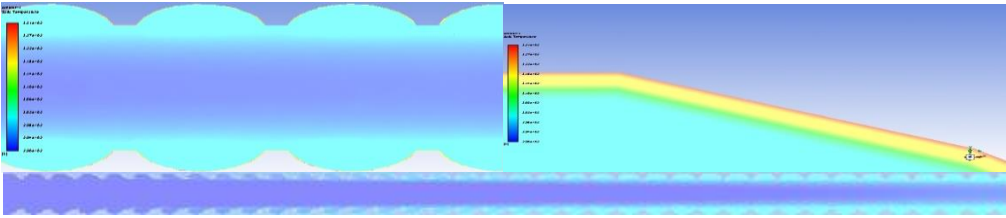
Şekil 4.140 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.141’de gösterilmiştir.



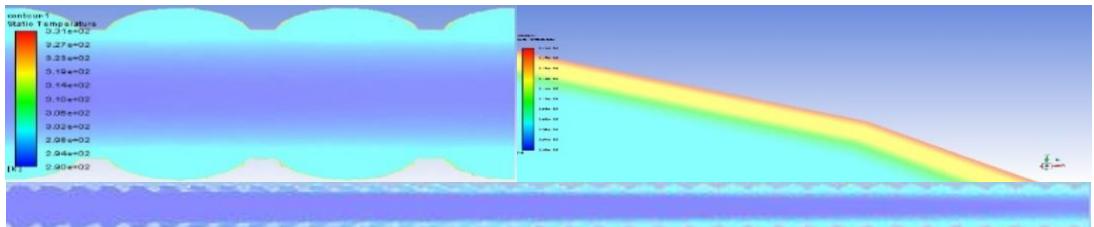
Şekil 4.141 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.142’de gösterilmiştir.



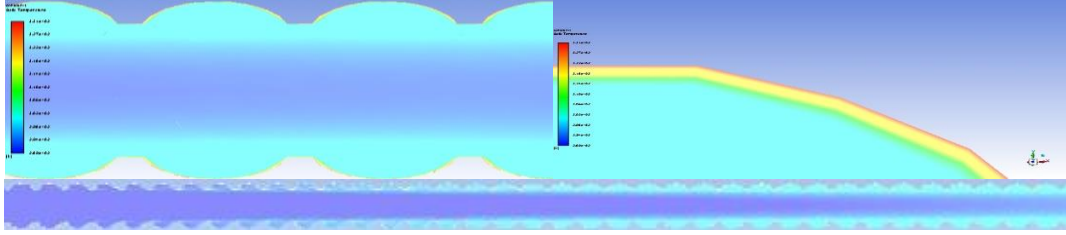
Şekil 4.142 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.143’te gösterilmiştir.



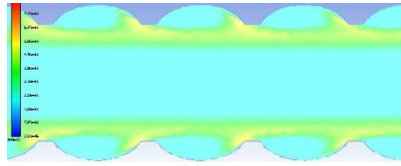
Şekil 4.143 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.144’te gösterilmiştir.



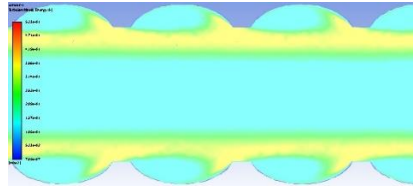
Şekil 4.144 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.145'te gösterilmiştir.



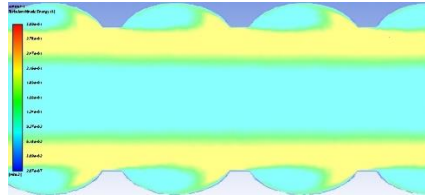
Şekil 4.145 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.146'da gösterilmiştir.



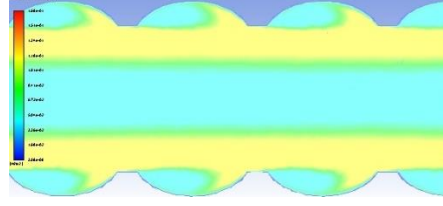
Şekil 4.146 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.147'de gösterilmiştir.



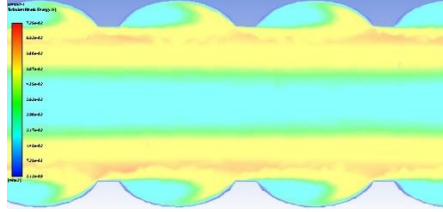
Şekil 4.147 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.148'de gösterilmiştir.



Şekil 4.148 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

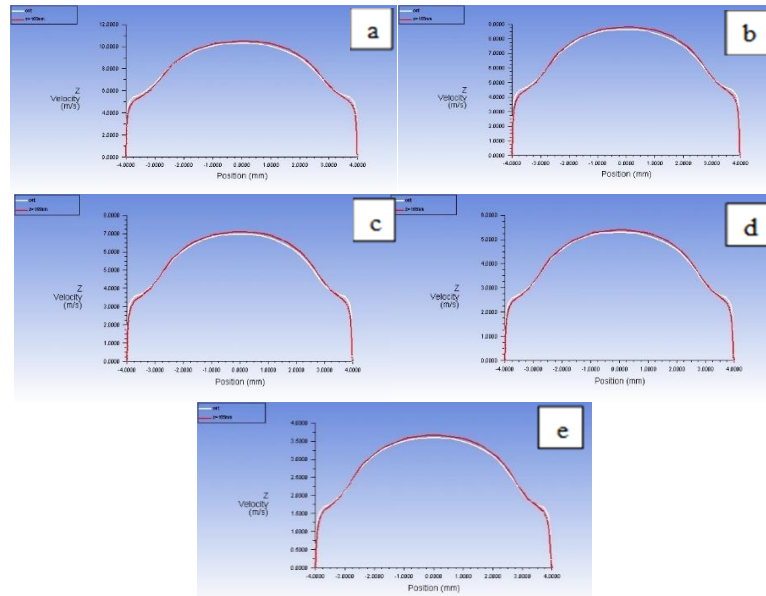
Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.149’da gösterilmiştir.



Şekil 4.149 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

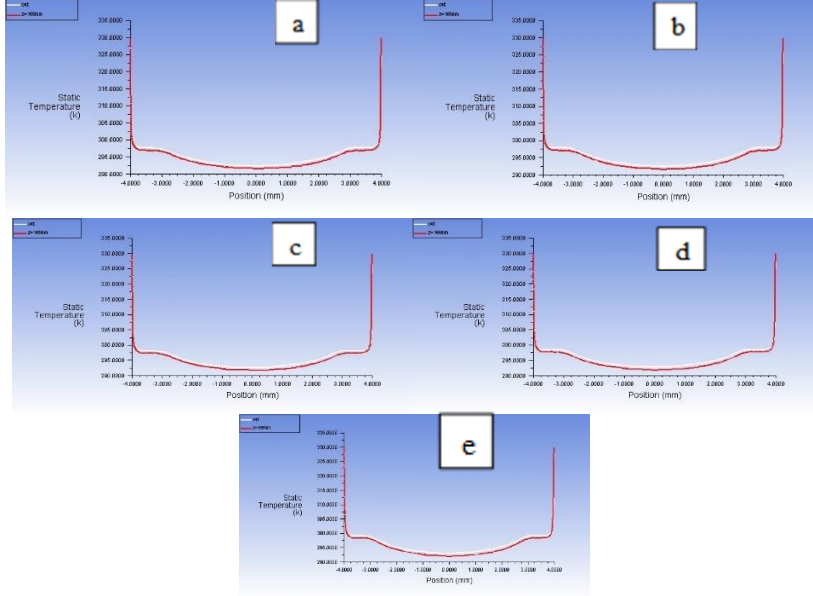
4.3.2.3 Spiral çapı 1.25 mm olan tüpler

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün hız profili farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.150’de gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında tam gelişmiş akış elde edilmiştir. Beyaz ile gösterilen tüpün çıkışındaki hız profili kırmızı olan ise tüpün çıkışının bir sarmal adımı kadar yani 35 mm kadar öncesi alınmıştır.



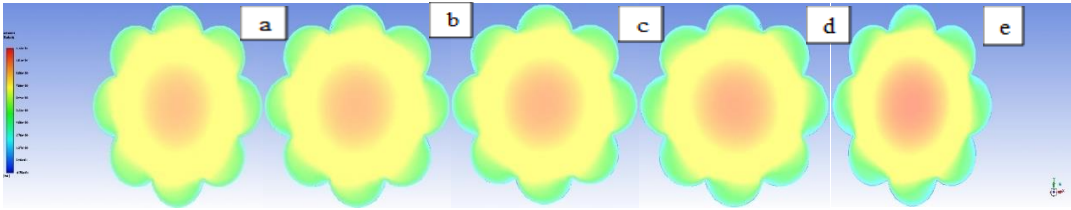
Şekil 4.150 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 35 mm olan tütün sıcaklık profili farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.151'de gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında ısıl tam gelişmişlik elde edilmiştir.



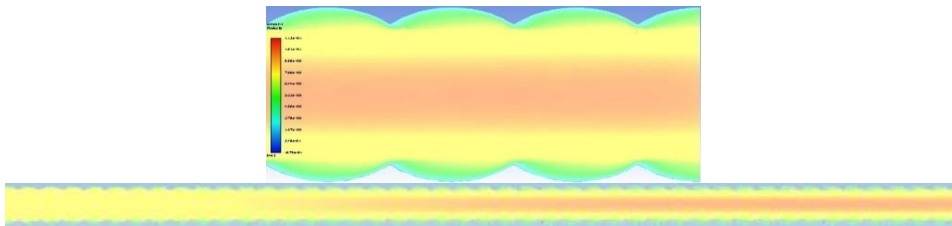
Şekil 4.151 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tütün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 35 mm olan tütün hız dağılımı farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.152'de gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında tütün merkezinden cidarlara doğru gidildikçe hız düşmektedir.



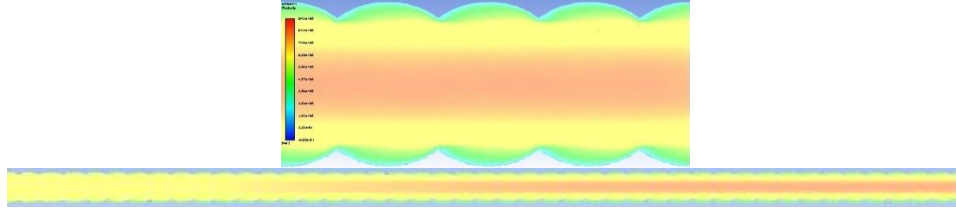
Şekil 4.152 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tütün Çıkıştaki Hız Dağılımları a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 35 mm olan tütün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımı Şekil 4.153'te gösterilmiştir.



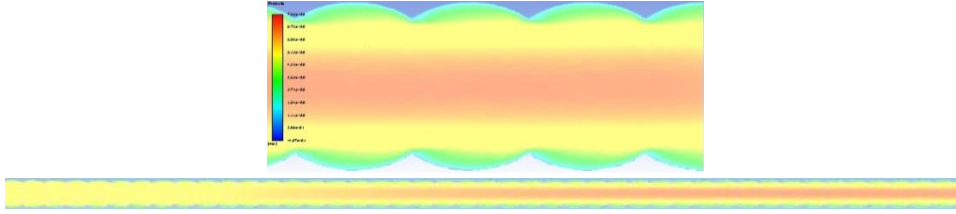
Şekil 4.153 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tütün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımlı Şekil 4.154'te gösterilmiştir.



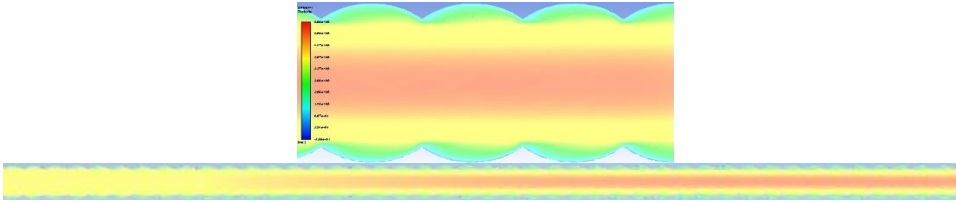
Şekil 4.154 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımlı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımlı Şekil 4.155'te gösterilmiştir.



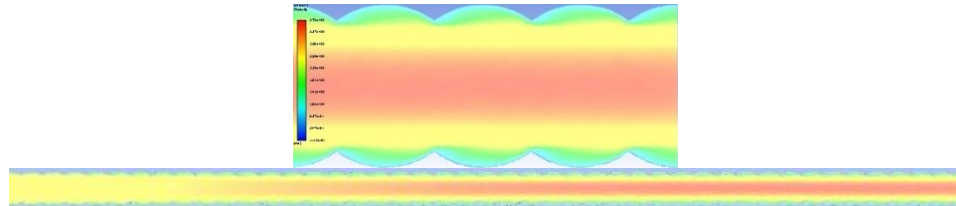
Şekil 4.155 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımlı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımlı Şekil 4.156'da gösterilmiştir.



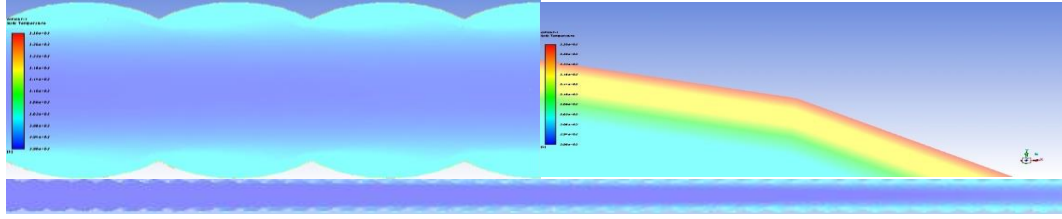
Şekil 4.156 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımlı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımlı Şekil 4.157'de gösterilmiştir.



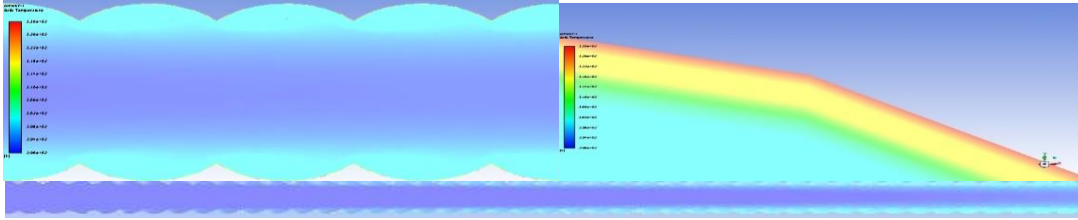
Şekil 4.157 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımlı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.158’de gösterilmiştir.



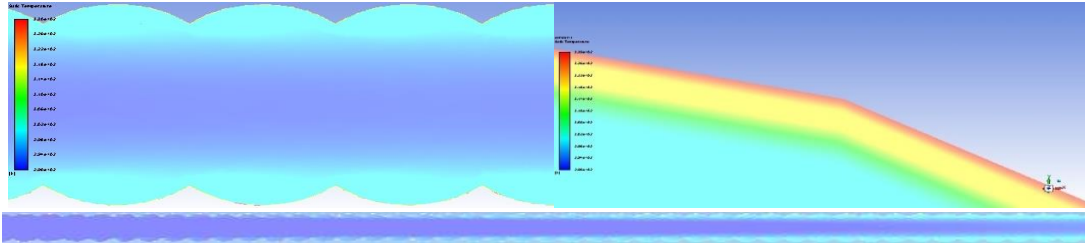
Şekil 4.158 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.159’da gösterilmiştir.



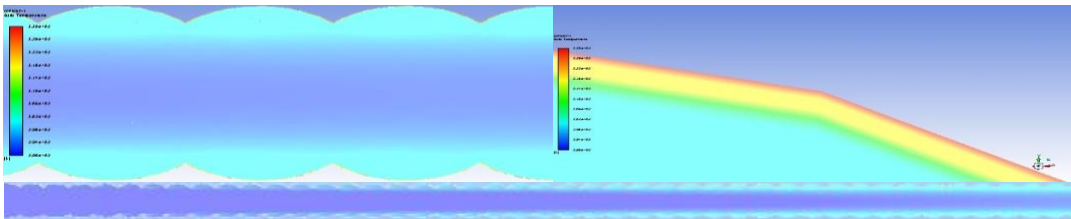
Şekil 4.159 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.160’da gösterilmiştir.



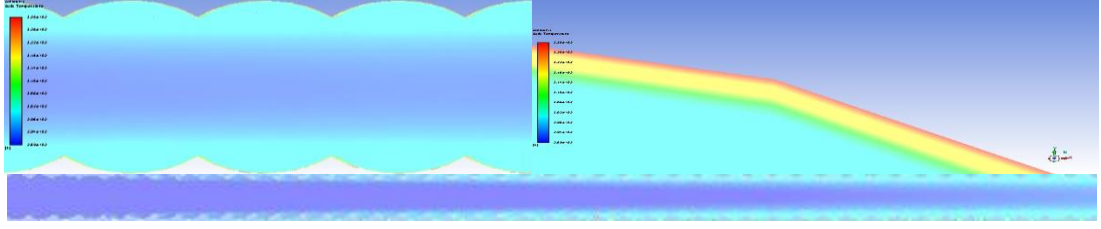
Şekil 4.160 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.161’de gösterilmiştir.



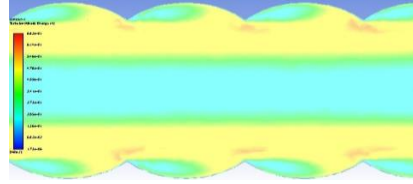
Şekil 4.161 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.162’de gösterilmiştir.



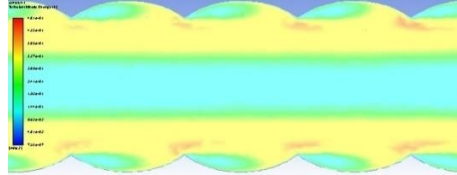
Şekil 4.162 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.163’te gösterilmiştir.



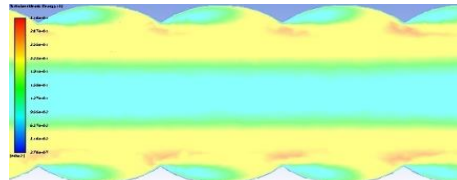
Şekil 4.163 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.164’te gösterilmiştir.



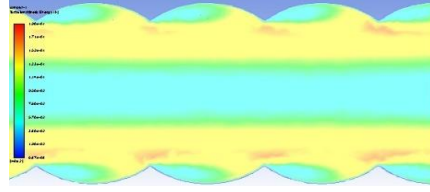
Şekil 4.164 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.165’te gösterilmiştir.



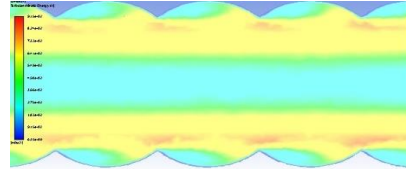
Şekil 4.165 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.166’da gösterilmiştir.



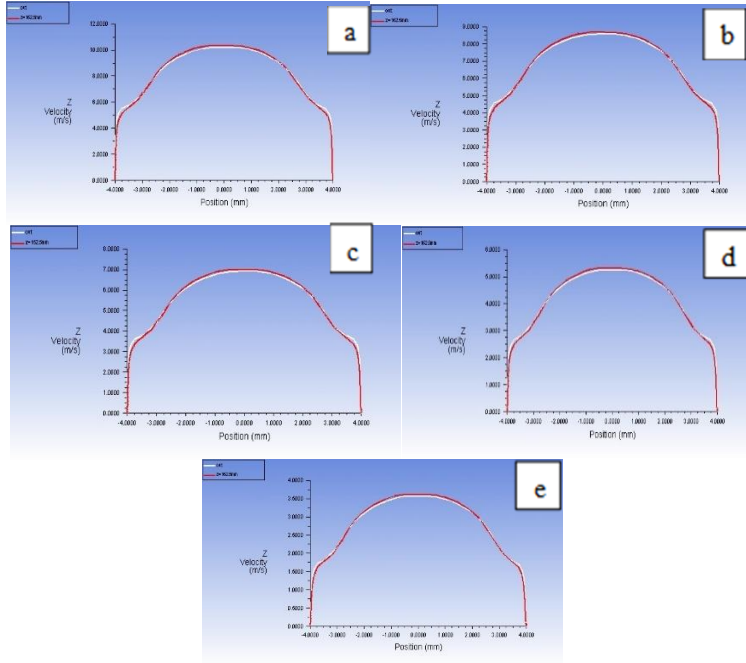
Şekil 4.166 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.167’de gösterilmiştir.



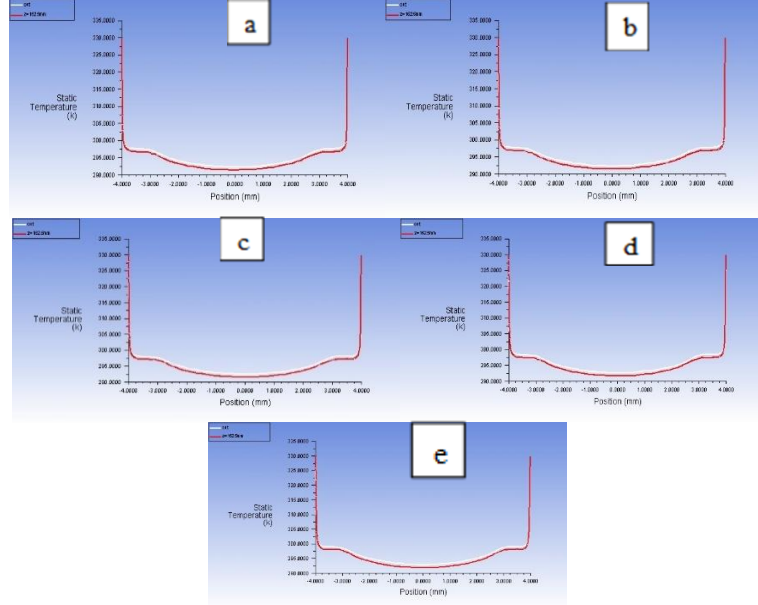
Şekil 4.167 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün hız profili farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.168’de gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında tam gelişmiş akış elde edilmiştir. Beyaz ile gösterilen tüpün çıkışındaki hız profili kırmızı olan ise tüpün çıkışının bir sarmal adımı kadar yani 37.5 mm kadar öncesi alınmıştır.



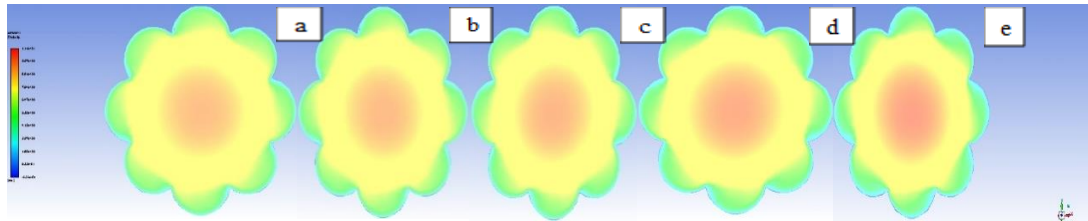
Şekil 4.168 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün sıcaklık profili farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.169'da gösterilmiştir. Grldğg üzere bütün Reynolds sayılarında ısıl tam gelişmişlik elde edilmiştir.



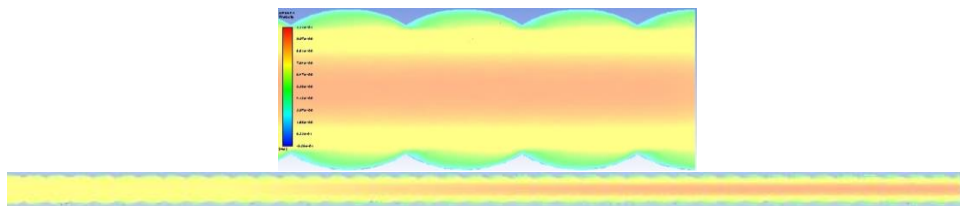
Şekil 4.169 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün hız dağıllımı farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.170'de gösterilmiştir. Grldğg üzere bütün Reynolds sayılarında tüpün merkezinden cidarlara doğru gidildikçe hız düşmektedir.



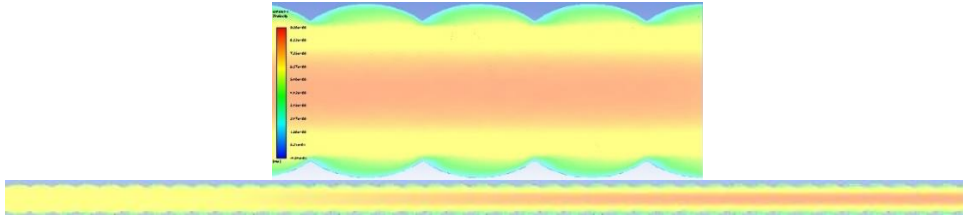
Şekil 4.170 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün Çıkıştaki Hız Dağıllımları a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağıllımı Şekil 4.171'de gösterilmiştir.



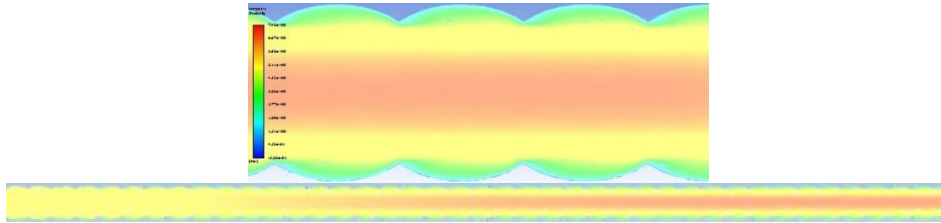
Şekil 4.171 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağıllımı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımları Şekil 4.172’de gösterilmiştir.



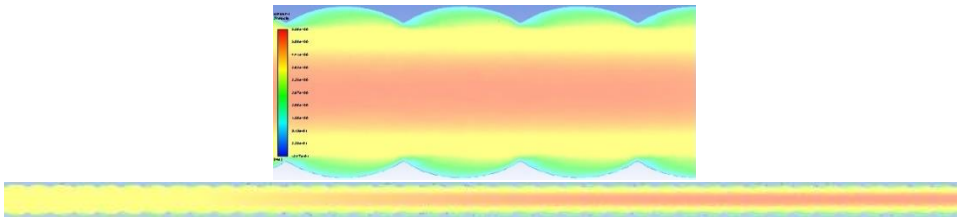
Şekil 4.172 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımları

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımları Şekil 4.173’te gösterilmiştir.



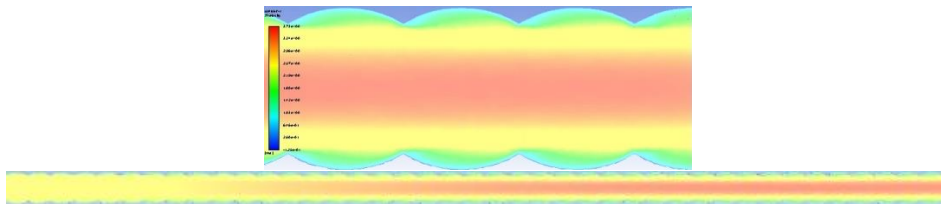
Şekil 4.173 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımları

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımları Şekil 4.174’te gösterilmiştir.



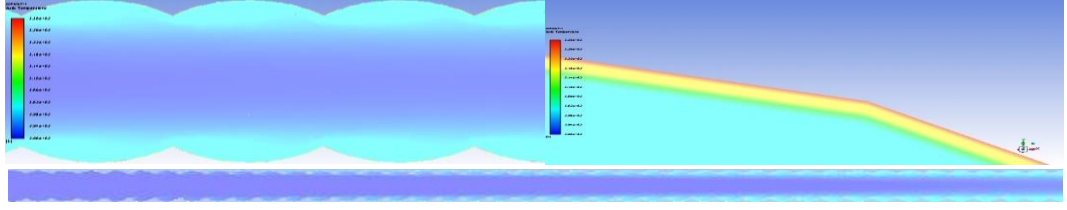
Şekil 4.174 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımları

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımları Şekil 4.175’te gösterilmiştir.



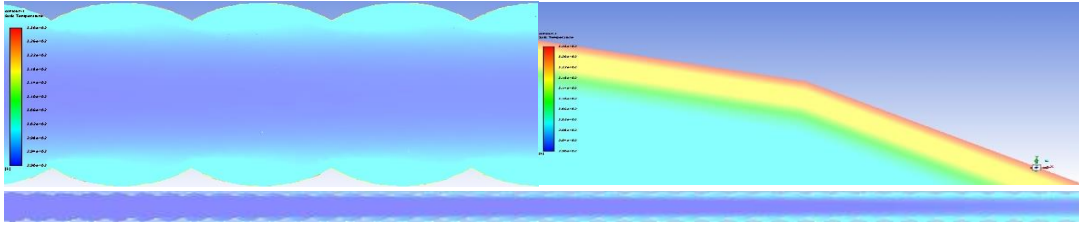
Şekil 4.175 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımları

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.176'da gösterilmiştir.



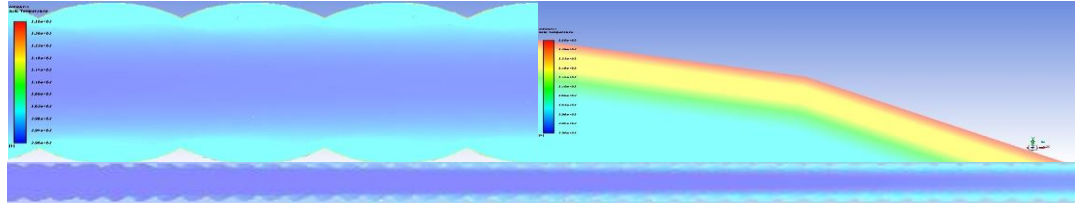
Şekil 4.176 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.177'de gösterilmiştir.



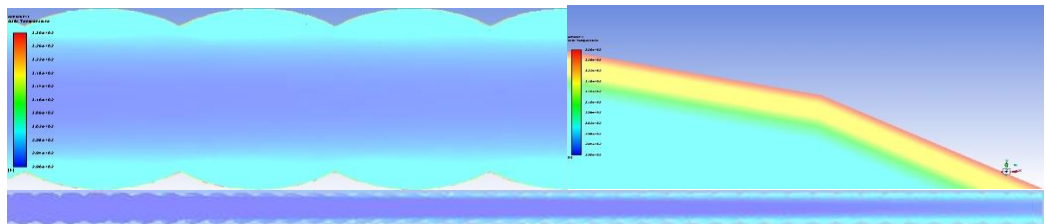
Şekil 4.177 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.178'de gösterilmiştir.



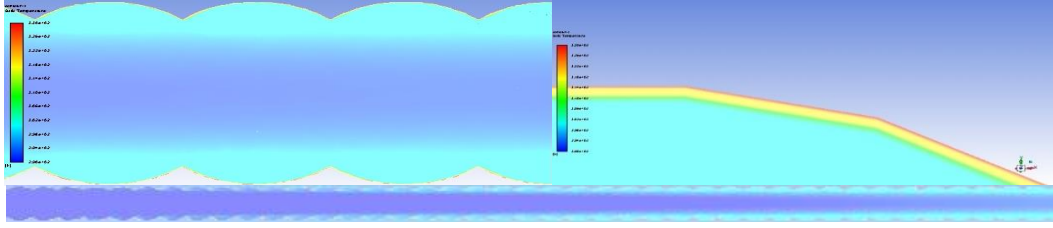
Şekil 4.178 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.179'da gösterilmiştir.



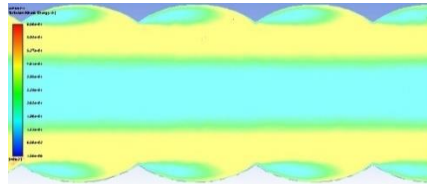
Şekil 4.179 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.180’de gösterilmiştir.



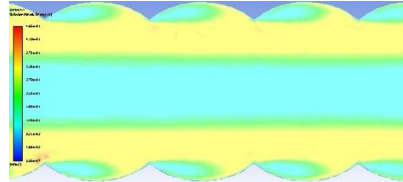
Şekil 4.180 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.181’de gösterilmiştir.



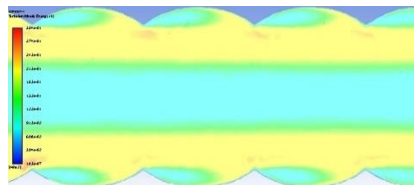
Şekil 4.181 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.182’de gösterilmiştir.



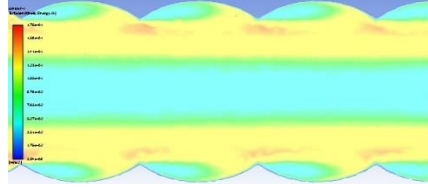
Şekil 4.182 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.183’te gösterilmiştir.



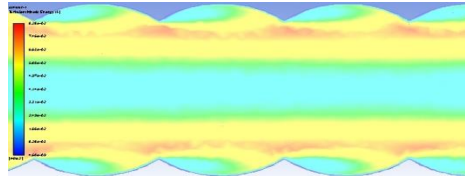
Şekil 4.183 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.184’te gösterilmiştir.



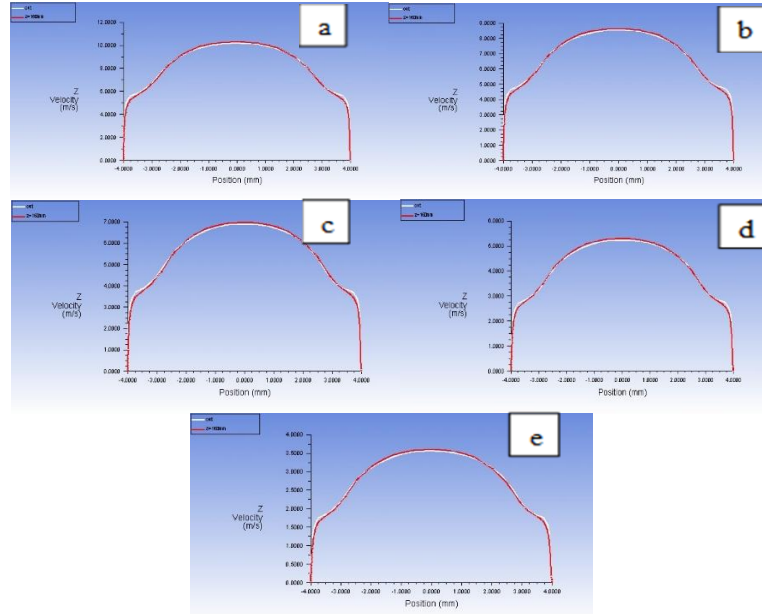
Şekil 4.184 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.185'te gösterilmiştir.



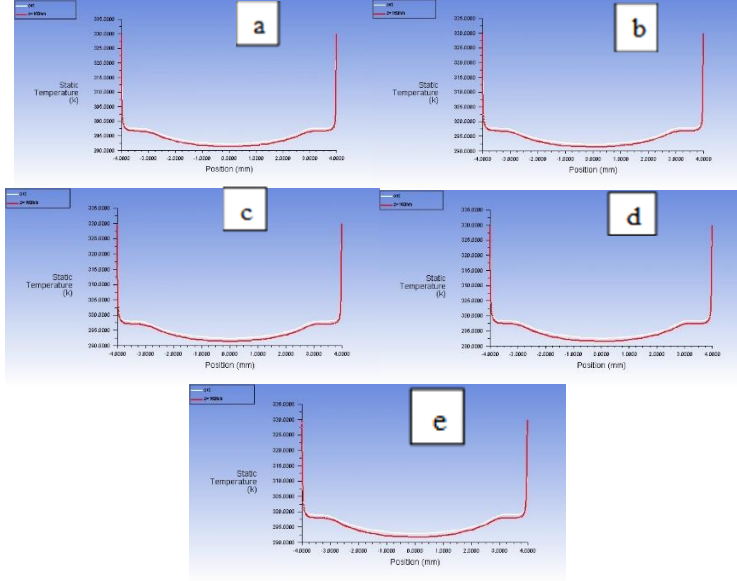
Şekil 4.185 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün hız profili farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.186'da gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında tam gelişmiş akış elde edilmiştir. Beyaz ile gösterilen tüpün çıkışındaki hız profili kırmızı olan ise tüpün çıkışının bir sarmal adımı kadar yani 40 mm kadar öncesi alınmıştır.



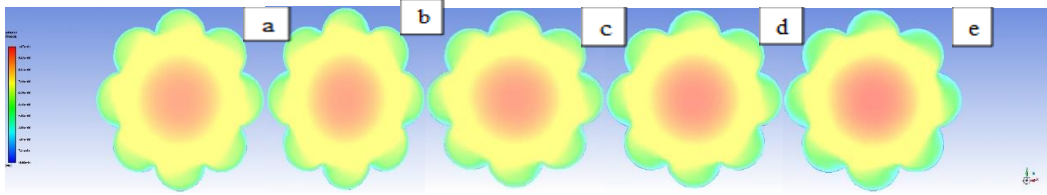
Şekil 4.186 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün sıcaklık profili farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.187'de gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında ısıl tam gelişmişlik elde edilmiştir.



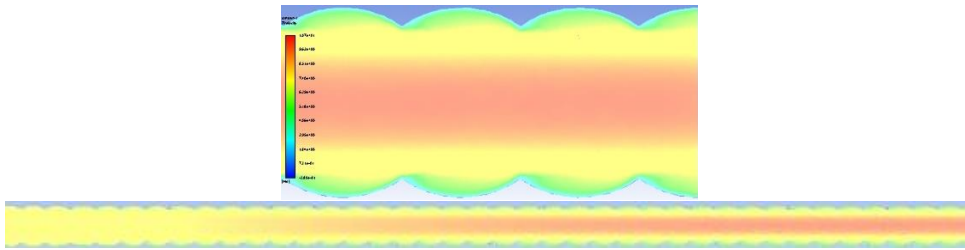
Şekil 4.187 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün hız dağılımı farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.188’de gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında tüpün merkezinden cidarlara doğru gidildikçe hız düşmektedir.



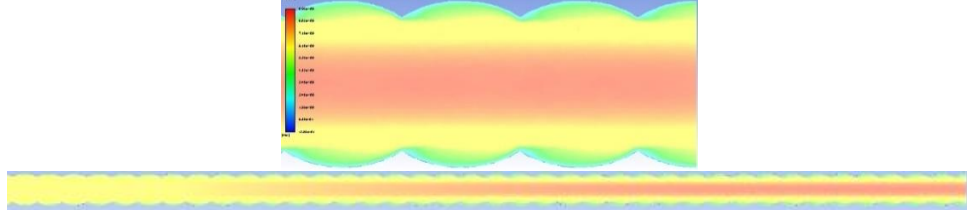
Şekil 4.188 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün Çıkıştaki Hız Dağılımları a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımı Şekil 4.189’da gösterilmiştir.



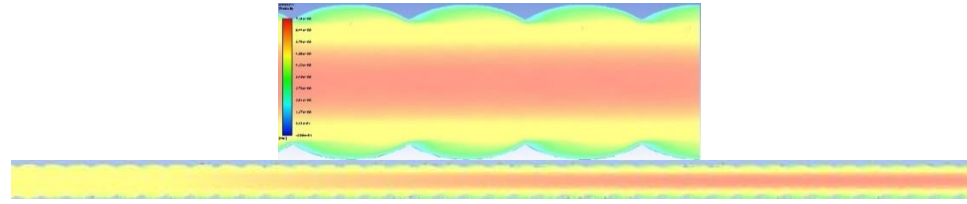
Şekil 4.189 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımı Şekil 4.190’da gösterilmiştir.



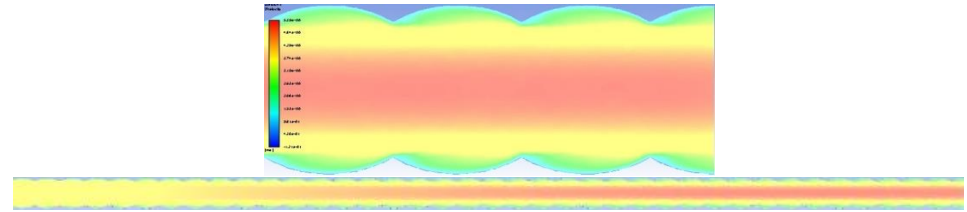
Şekil 4.190 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımı Şekil 4.191’de gösterilmiştir.



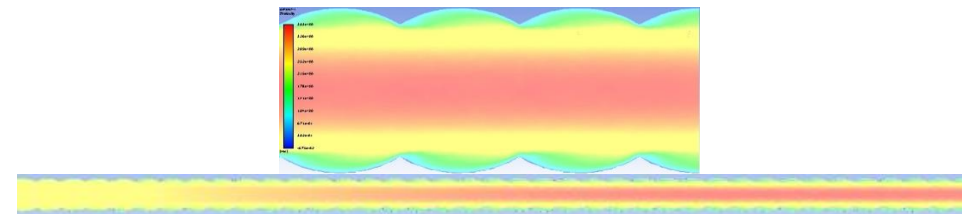
Şekil 4.191 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımı Şekil 4.192’de gösterilmiştir.



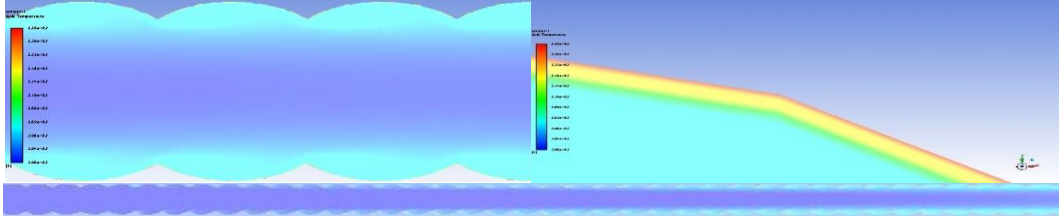
Şekil 4.192 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımı Şekil 4.193’te gösterilmiştir.



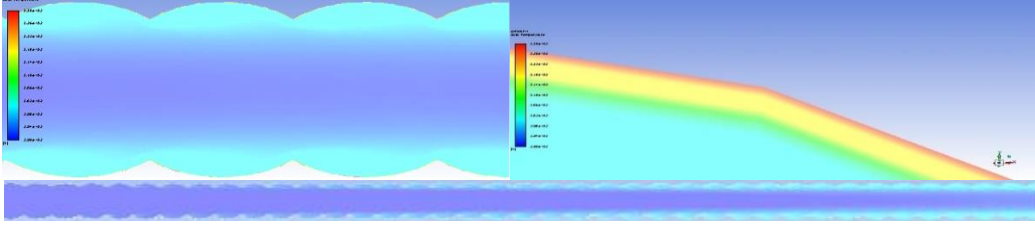
Şekil 4.193 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.194’te gösterilmiştir.



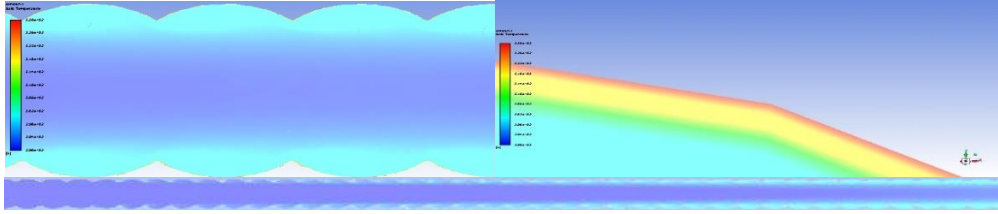
Şekil 4.194 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.195'te gösterilmiştir.



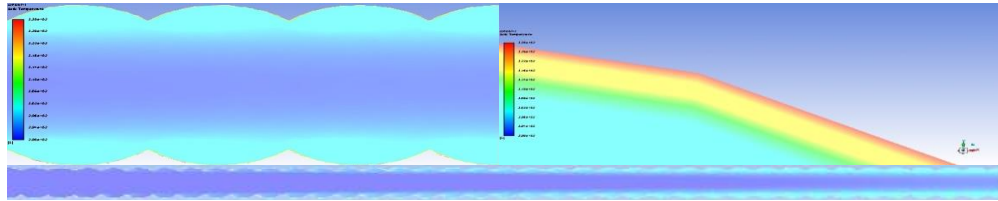
Şekil 4.195 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.196'da gösterilmiştir.



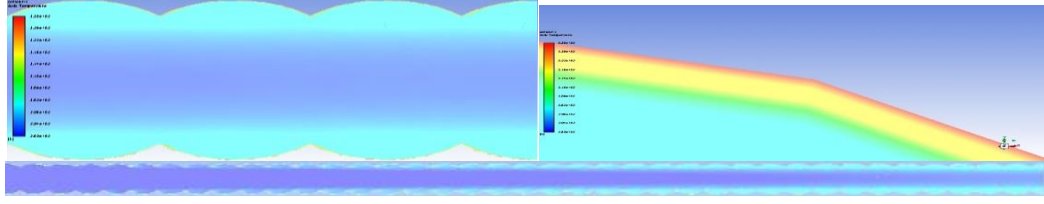
Şekil 4.196 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.197'de gösterilmiştir.



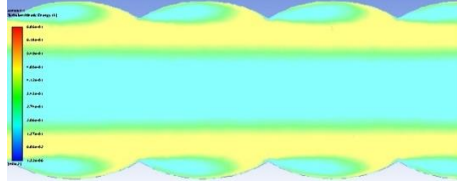
Şekil 4.197 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.198'de gösterilmiştir.



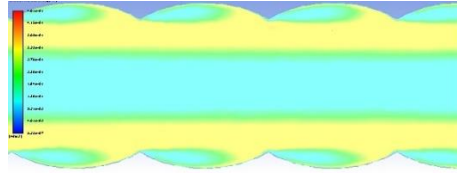
Şekil 4.198 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.199’da gösterilmiştir.



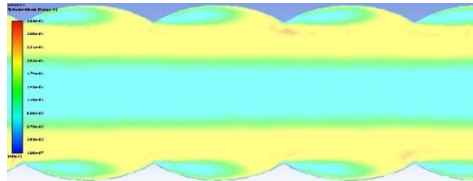
Şekil 4.199 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.200’de gösterilmiştir.



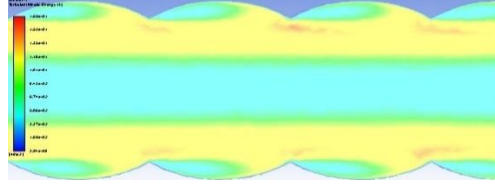
Şekil 4.200 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.201’de gösterilmiştir.



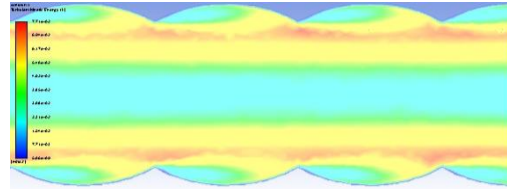
Şekil 4.201 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.202’de gösterilmiştir.



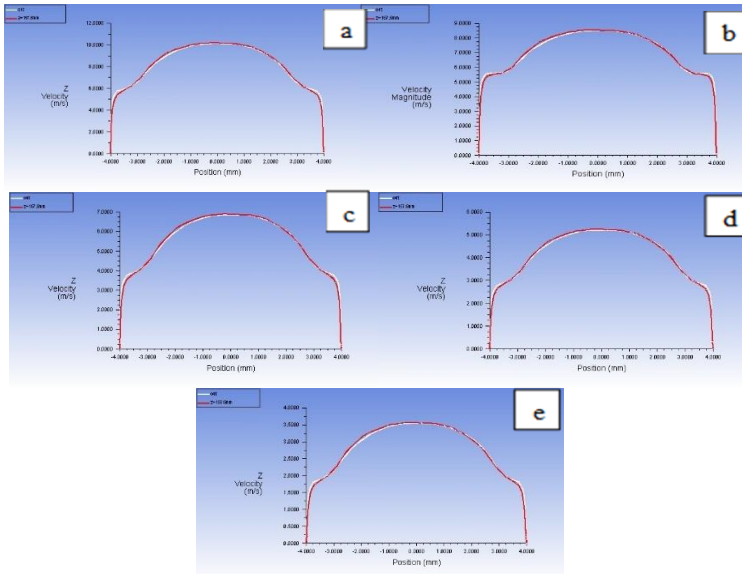
Şekil 4.202 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.203'te gösterilmiştir.



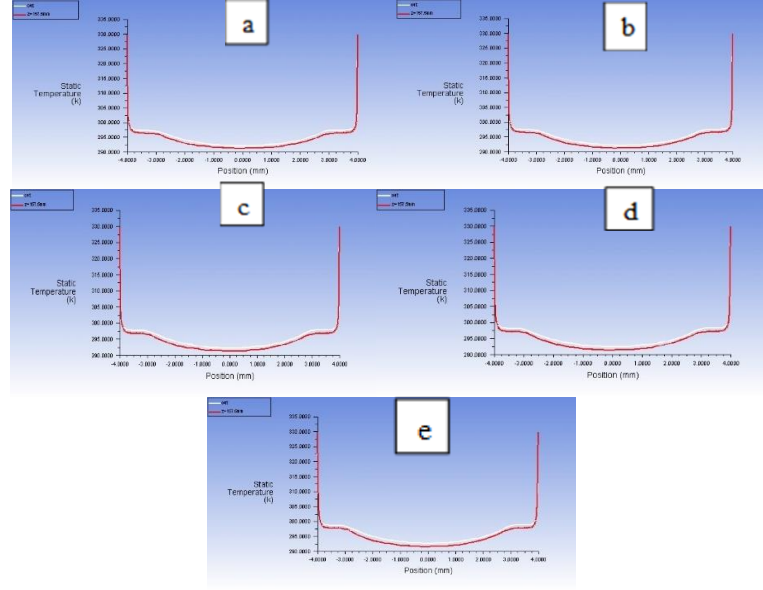
Şekil 4.203 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün hız profili farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.204'te gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında tam gelişmiş akış elde edilmiştir. Beyaz ile gösterilen tüpün çıkışındaki hız profili kırmızı olan ise tüpün çıkışının bir sarmal adımı kadar yani 42.5 mm kadar öncesi alınmıştır.



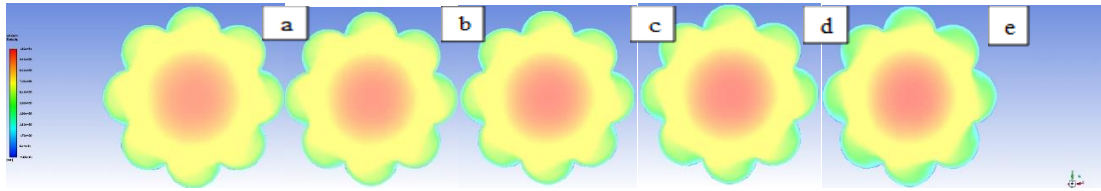
Şekil 4.204 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün sıcaklık profili farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.205'te gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında ısıl tam gelişmişlik elde edilmiştir.



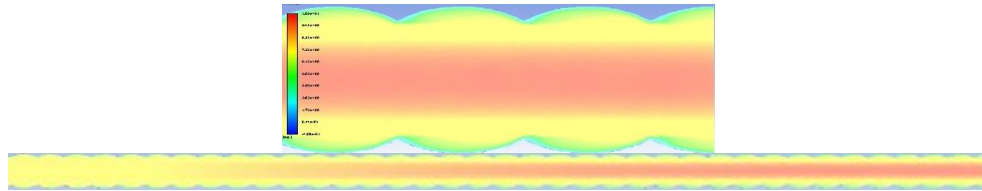
Şekil 4.205 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün hız dağılımı farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.206'da gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında tüpün merkezinden cidarlara doğru gidildikçe hız düşmektedir.



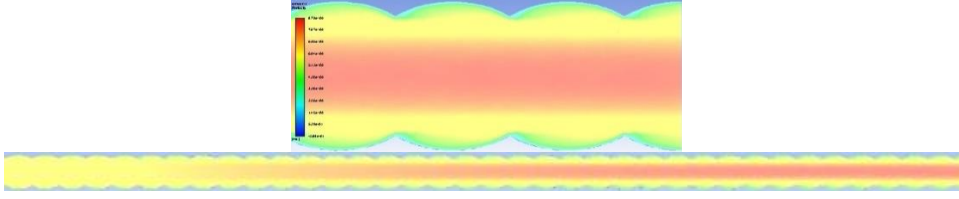
Şekil 4.206 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün Çıkıştaki Hız Dağılımları a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımı Şekil 4.207'de gösterilmiştir.



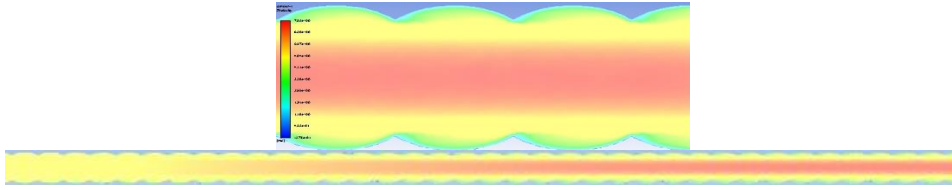
Şekil 4.207 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımı Şekil 4.208'de gösterilmiştir.



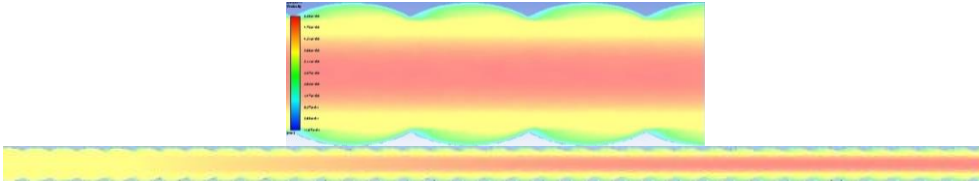
Şekil 4.208 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımı Şekil 4.209’da gösterilmiştir.



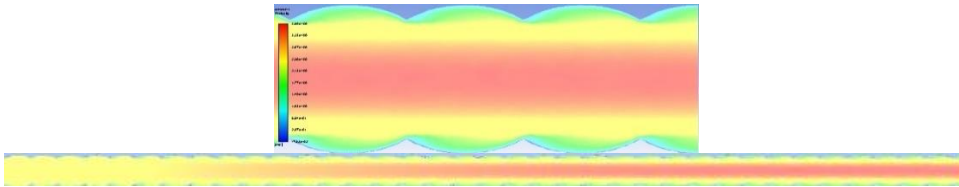
Şekil 4.209 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımı Şekil 4.210’da gösterilmiştir.



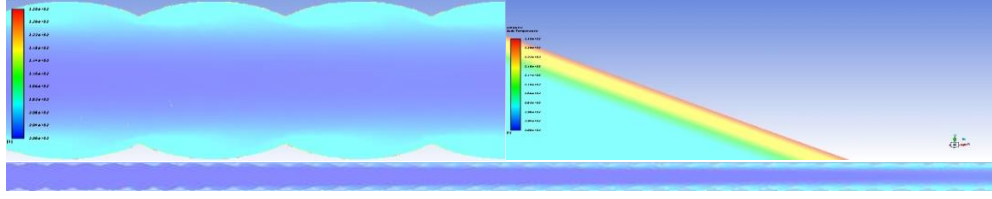
Şekil 4.210 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımı Şekil 4.211’de gösterilmiştir.



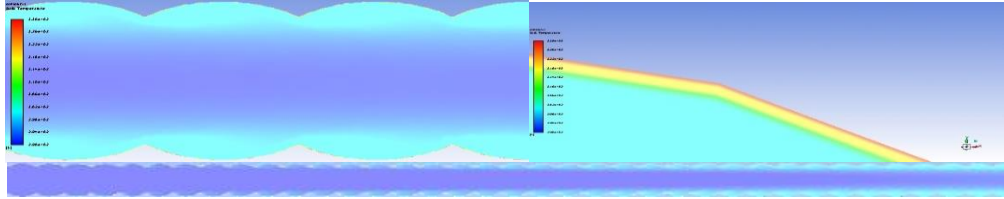
Şekil 4.211 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.212’de gösterilmiştir.



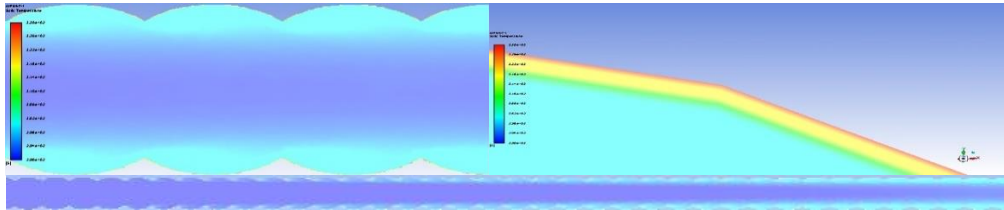
Şekil 4.212 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.213'te gösterilmiştir.



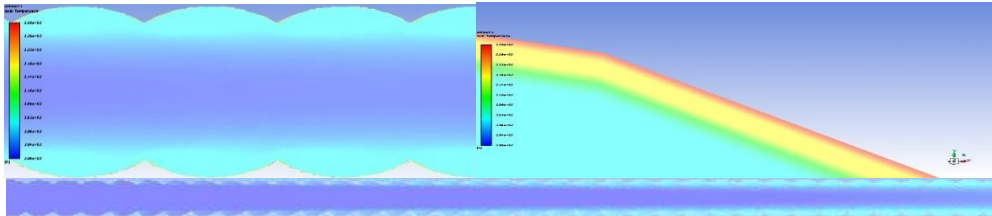
Şekil 4.213 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.214'de gösterilmiştir.



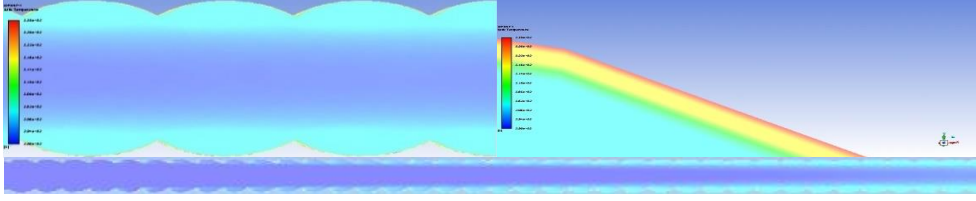
Şekil 4.214 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.215'te gösterilmiştir.



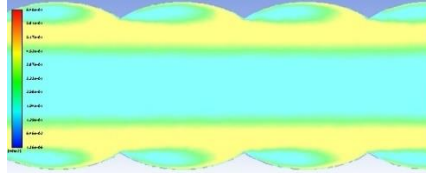
Şekil 4.215 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.216'da gösterilmiştir.



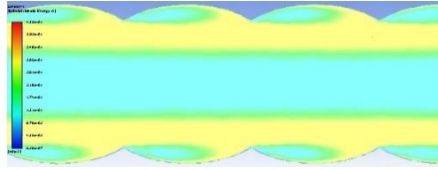
Şekil 4.216 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.217'de gösterilmiştir.



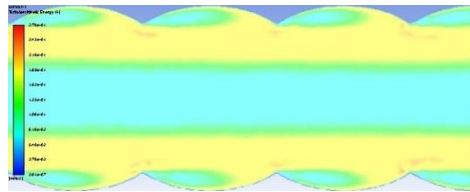
Şekil 4.217 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.218'de gösterilmiştir.



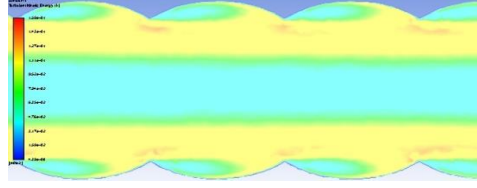
Şekil 4.218 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.219'da gösterilmiştir.



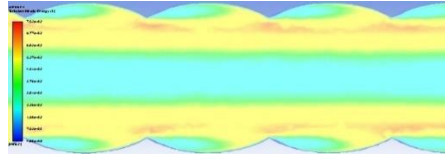
Şekil 4.219 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.220'de gösterilmiştir.



Şekil 4.220 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

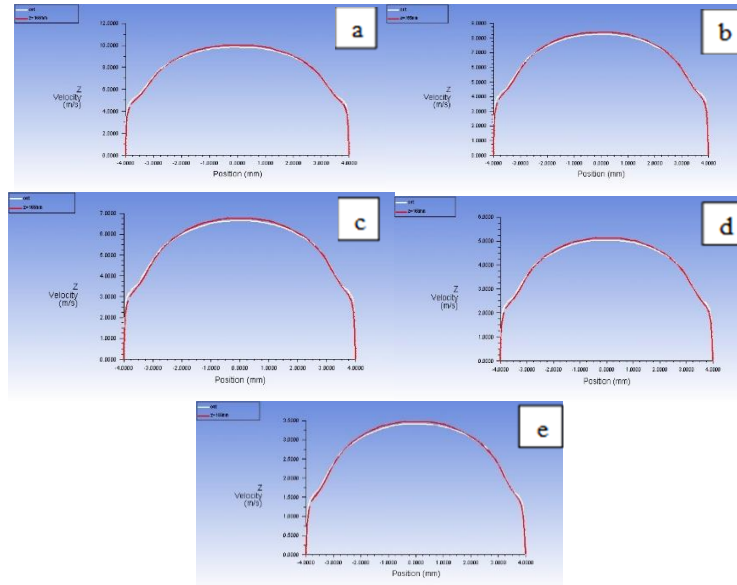
Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.221’de gösterilmiştir.



Şekil 4.221 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

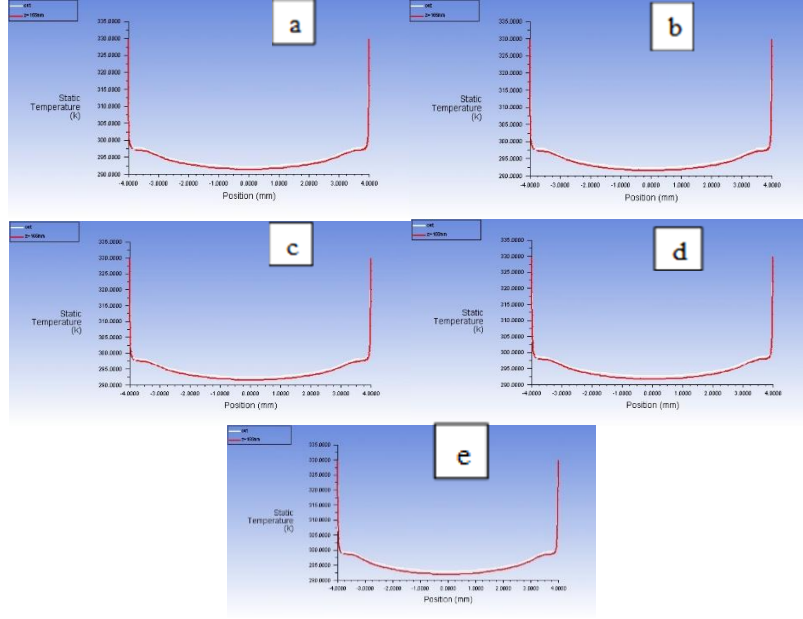
4.3.2.3 Spiral çapı 1.5 mm olan tüpler

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün hız profili farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.222’de gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında tam gelişmiş akış elde edilmiştir. Beyaz ile gösterilen tüpün çıkışındaki hız profili kırmızı olan ise tüpün çıkışının bir sarmal adımı kadar yani 35 mm kadar öncesi alınmıştır.



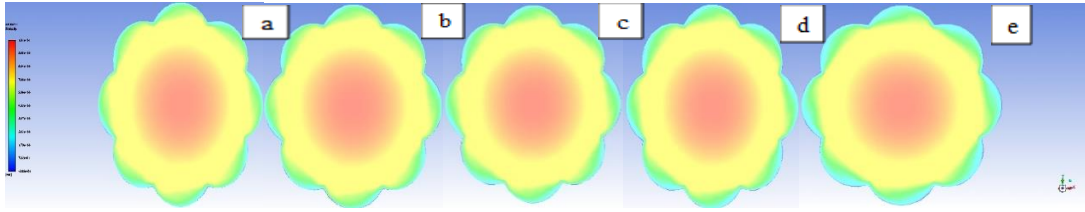
Şekil 4.222 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün sıcaklık profili farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.223’te gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında ısıl tam gelişmişlik elde edilmiştir.



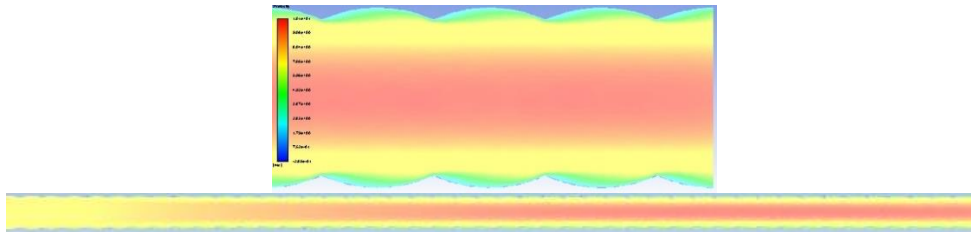
Şekil 4.223 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün hız dağılımı farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.224'te gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında tüpün merkezinden cidarlara doğru gidildikçe hız düşmektedir.



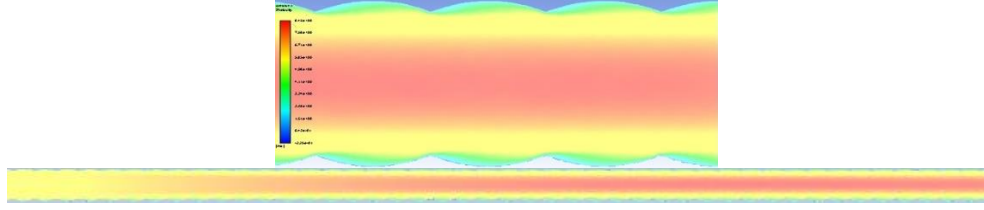
Şekil 4.224 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün Çıkıştaki Hız Dağılımları a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımı Şekil 4.225'te gösterilmiştir.



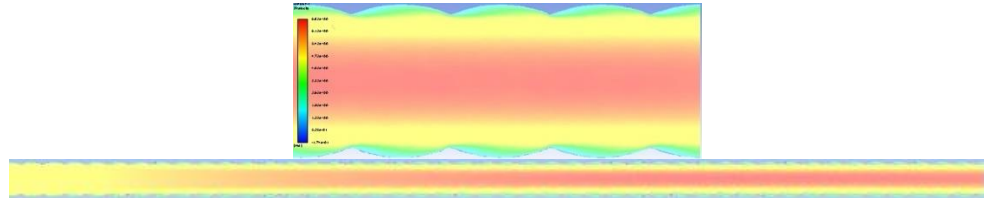
Şekil 4.225 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımı Şekil 4.226'da gösterilmiştir.



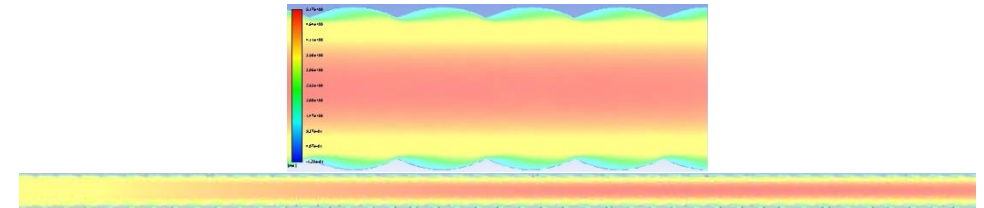
Şekil 4.226 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımı Şekil 4.227’de gösterilmiştir.



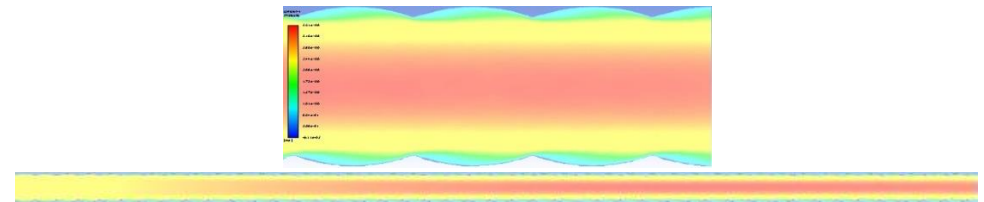
Şekil 4.227 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımı Şekil 4.228’de gösterilmiştir.



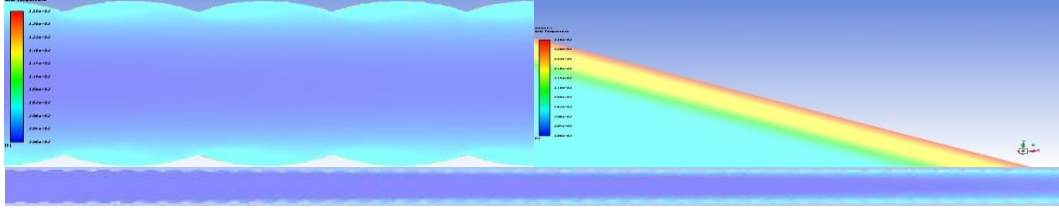
Şekil 4.228 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımı Şekil 4.229’da gösterilmiştir.



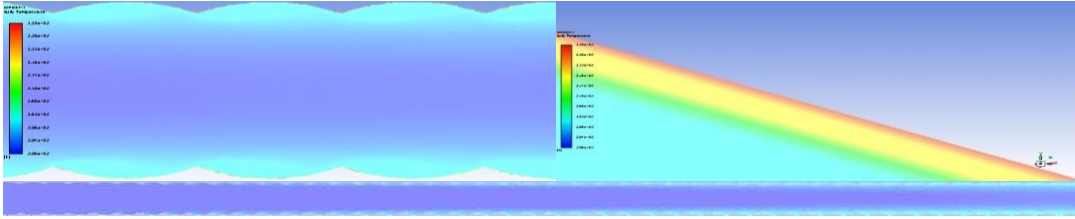
Şekil 4.229 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.230’da gösterilmiştir.



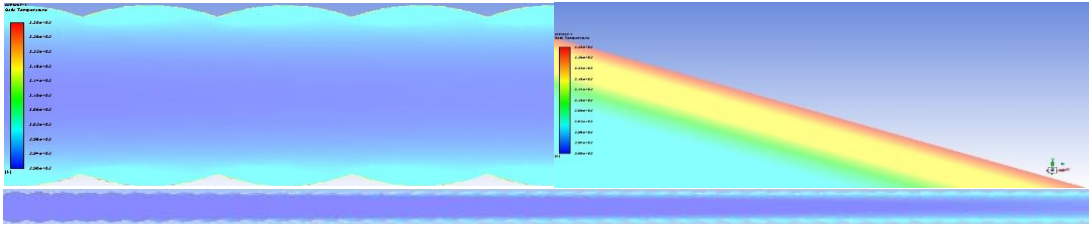
Şekil 4.230 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.231’de gösterilmiştir.



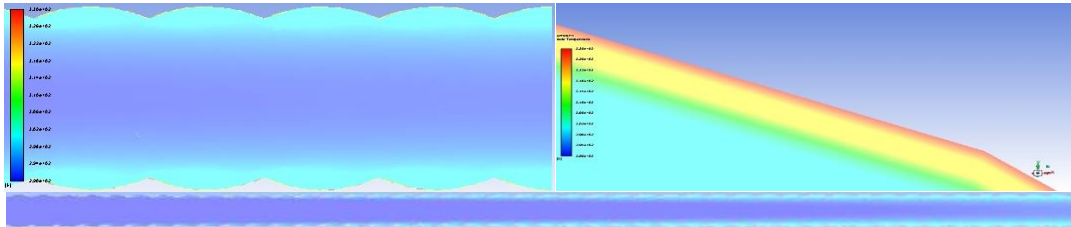
Şekil 4.231 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.232’de gösterilmiştir.



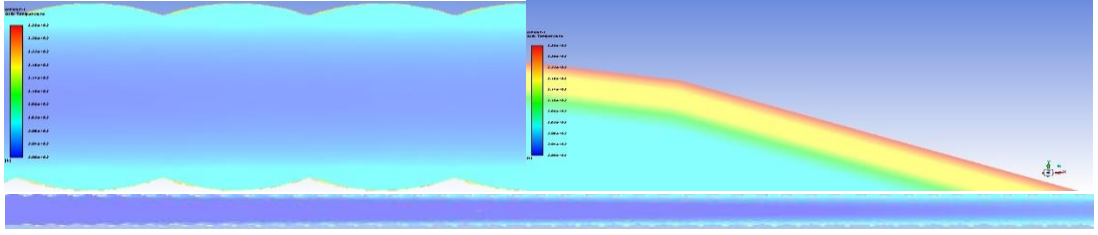
Şekil 4.232 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.233’te gösterilmiştir.



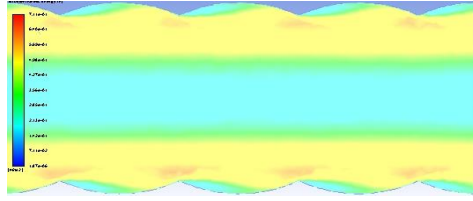
Şekil 4.233 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.234’te gösterilmiştir.



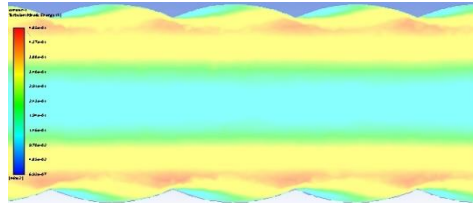
Şekil 4.234 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.235’te gösterilmiştir.



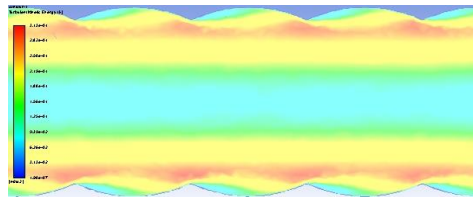
Şekil 4.235 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.236’da gösterilmiştir.



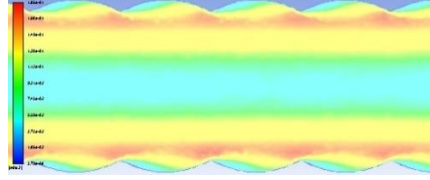
Şekil 4.236 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.237’de gösterilmiştir.



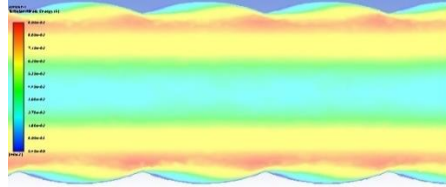
Şekil 4.237 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.238’de gösterilmiştir.



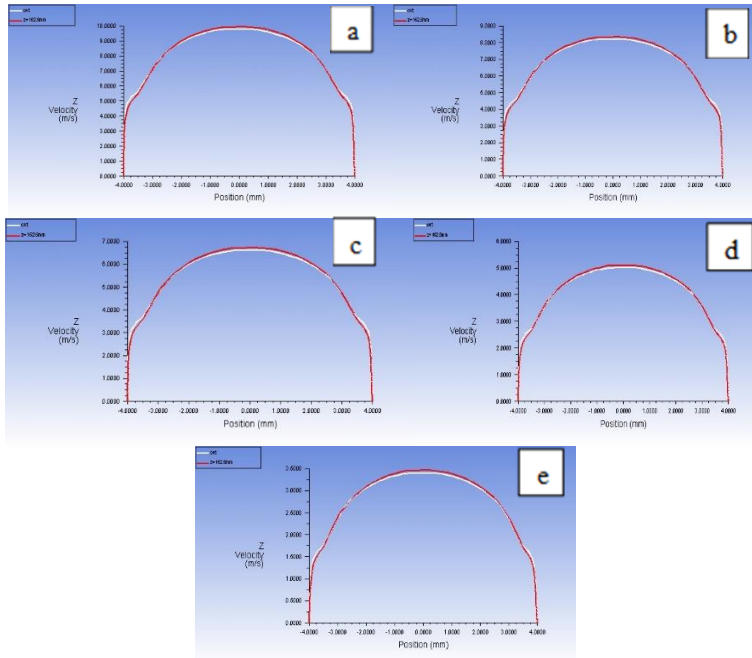
Şekil 4.238 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 35 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.239'da gösterilmiştir.



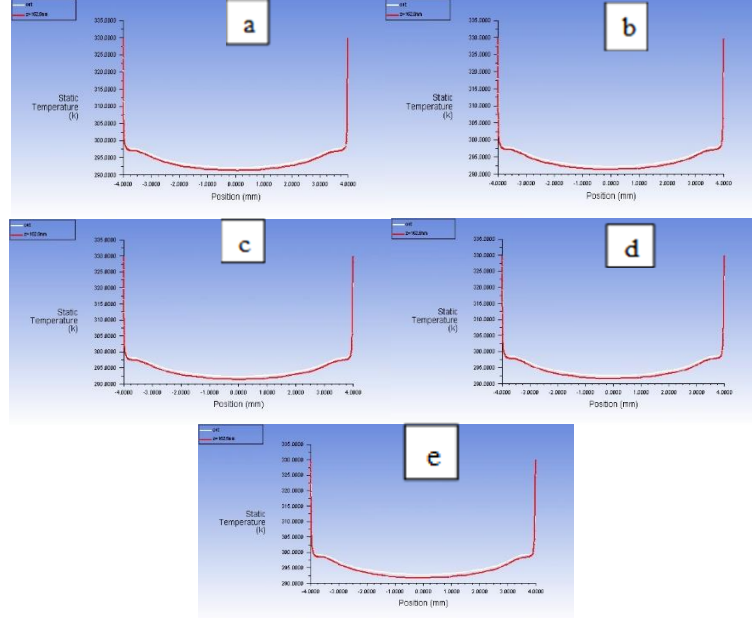
Şekil 4.239 : Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün hız profili farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.240'da gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında tam gelişmiş akış elde edilmiştir. Beyaz ile gösterilen tüpün çıkışındaki hız profili kırmızı olan ise tüpün çıkışının bir sarmal adımı kadar yani 37.5 mm kadar öncesi alınmıştır.



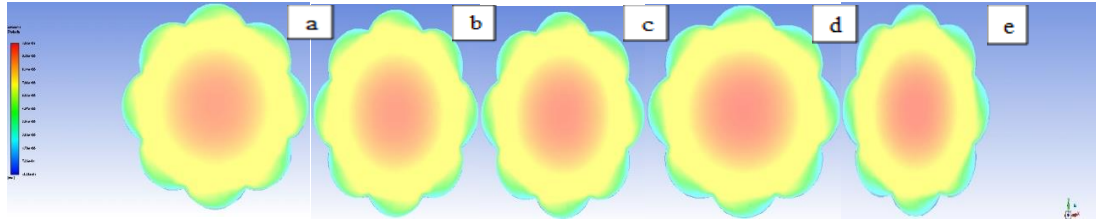
Şekil 4.240 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 37.5 mm olan tütün sıcaklık profili farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.241’de gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında ısıl tam gelişmişlik elde edilmiştir.



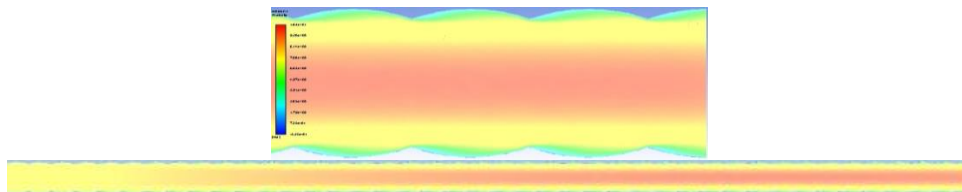
Şekil 4.241 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tütün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 37.5 mm olan tütün hız dağılımı farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.242’de gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında tütün merkezinden cidarlara doğru gidildikçe hız düşmektedir.



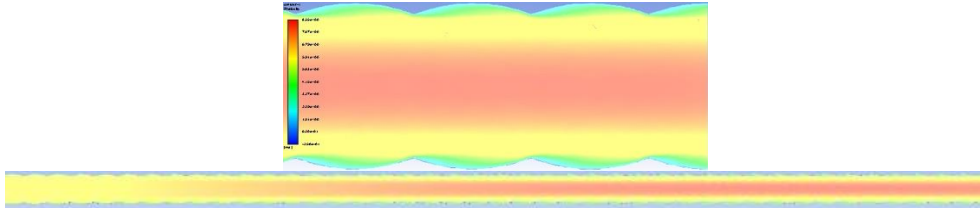
Şekil 4.242 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tütün Çıkıştaki Hız Dağılımları a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 37.5 mm olan tütün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımı Şekil 4.243’te gösterilmiştir.



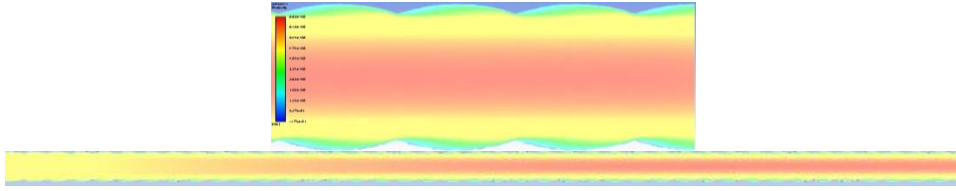
Şekil 4.243 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tütün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımları Şekil 4.244'te gösterilmiştir.



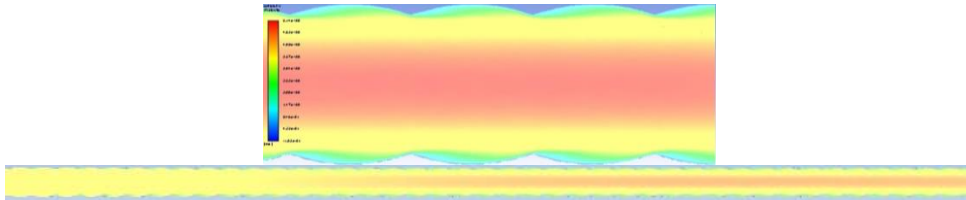
Şekil 4.244 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımları

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımları Şekil 4.245'te gösterilmiştir.



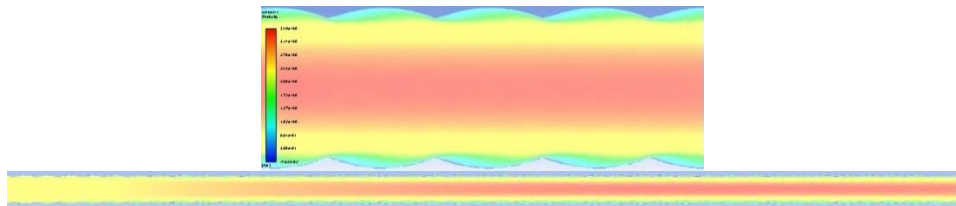
Şekil 4.245 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımları

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımları Şekil 4.246'da gösterilmiştir.



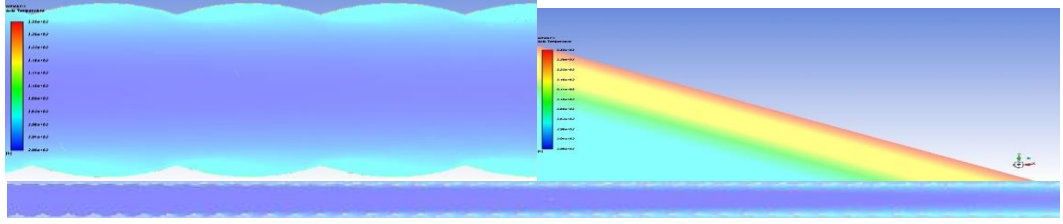
Şekil 4.246 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımları

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımları Şekil 4.247'de gösterilmiştir.



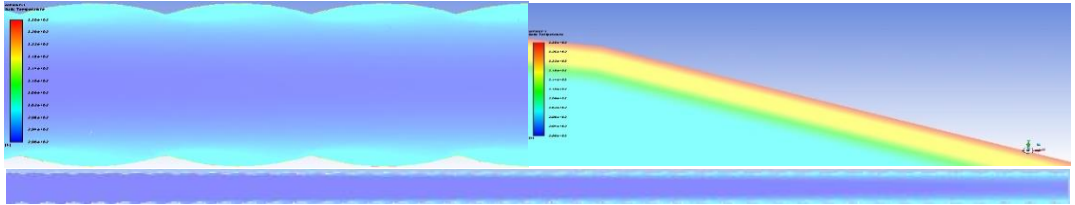
Şekil 4.247 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımları

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımlı Şekil 4.248'de gösterilmiştir.



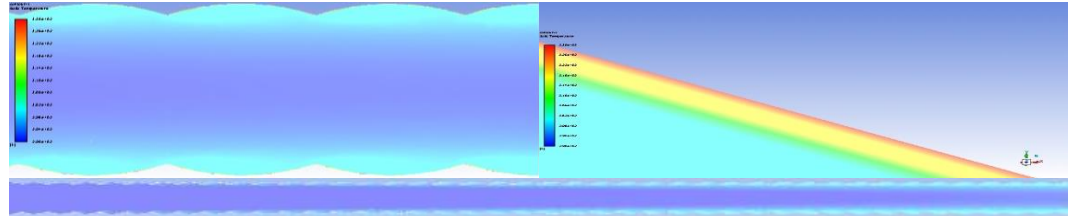
Şekil 4.248 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımlı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımlı Şekil 4.249'da gösterilmiştir.



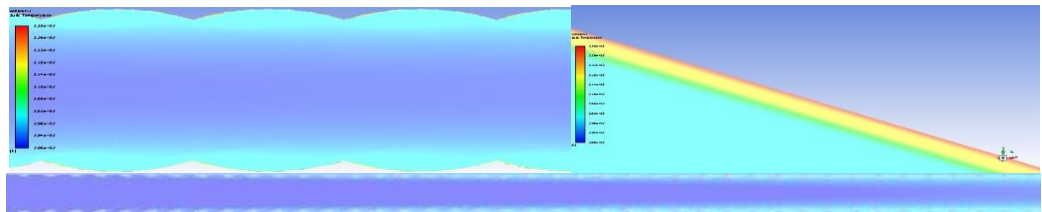
Şekil 4.249 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımlı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımlı Şekil 4.250'de gösterilmiştir.



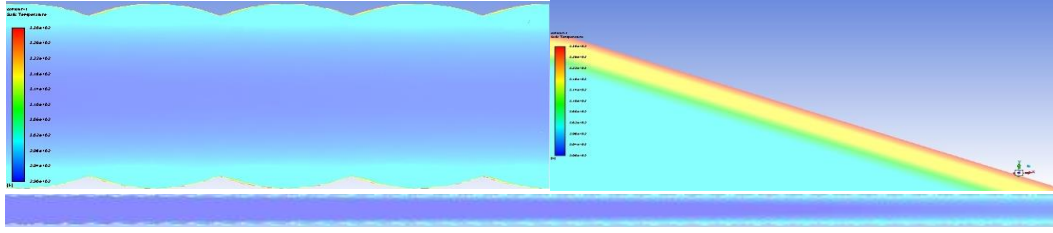
Şekil 4.250 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımlı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımlı Şekil 4.251'de gösterilmiştir.



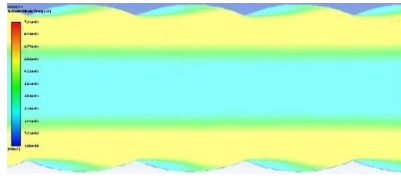
Şekil 4.251 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımlı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.252’de gösterilmiştir.



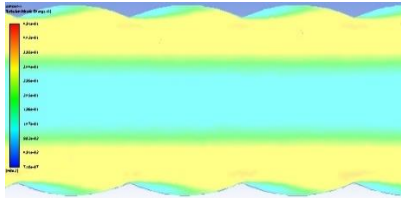
Şekil 4.252 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.253’te gösterilmiştir.



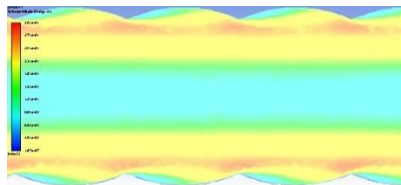
Şekil 4.253 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.254’te gösterilmiştir.



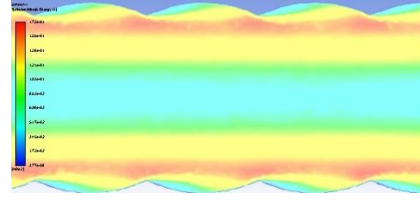
Şekil 4.254 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.255’te gösterilmiştir.



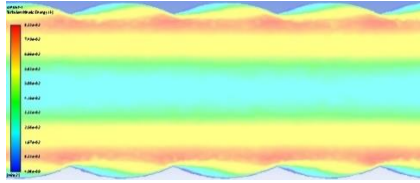
Şekil 4.255 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.256'da gösterilmiştir.



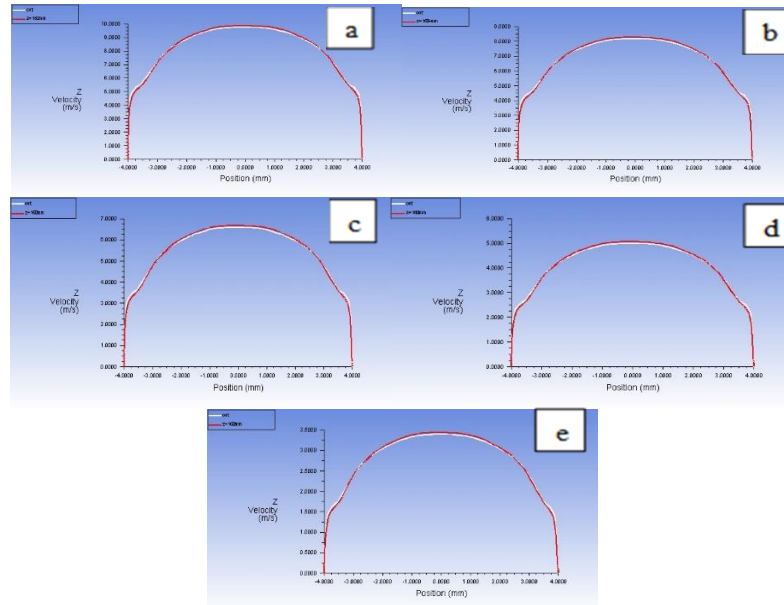
Şekil 4.256 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 37.5 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.257'de gösterilmiştir.



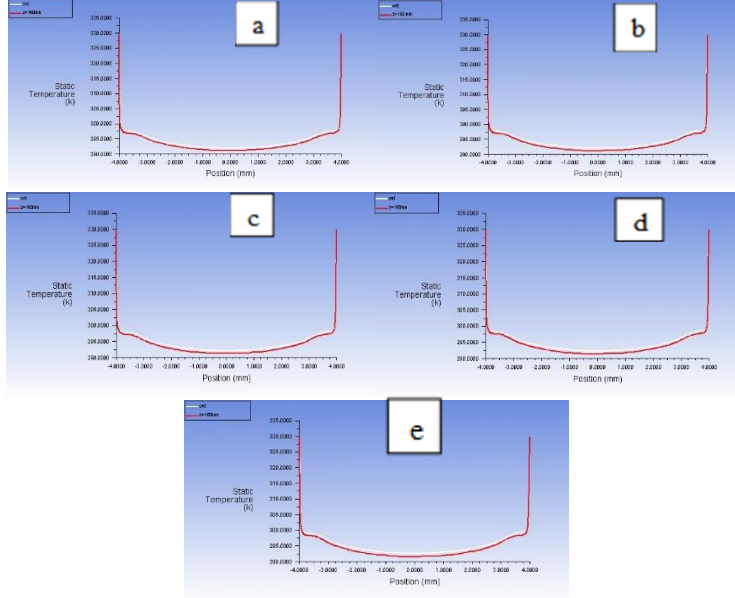
Şekil 4.257 : Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün hız profili farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.258'de gösterilmiştir. Görüldüğüne bütün Reynolds sayılarında tam gelişmiş akış elde edilmiştir. Beyaz ile gösterilen tüpün ııkıŐındaki hız profili kırmızı olan ise tüpün ııkıŐının bir sarmal adımı kadar yani 40 mm kadar öncesi alınmıştır.



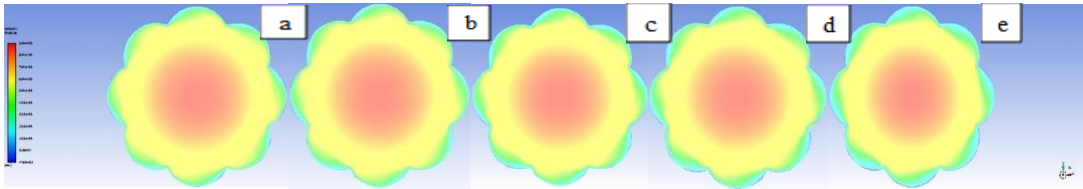
Şekil 4.258 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 40 mm olan tütün sıcaklık profili farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.259'da gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında ısıl tam gelişmişlik elde edilmiştir.



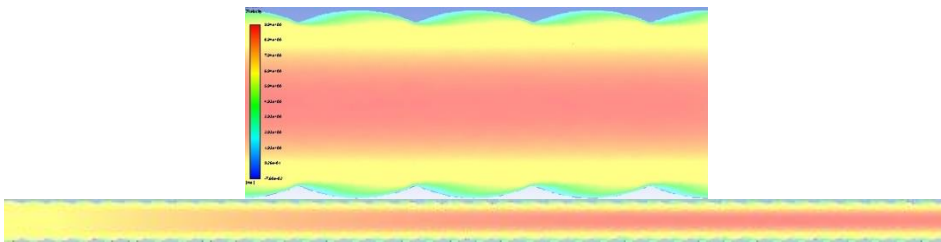
Şekil 4.259 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tütün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 40 mm olan tütün hız dağılımı farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.260'da gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında tütün merkezinden cidarlara doğru gidildikçe hız düşmektedir.



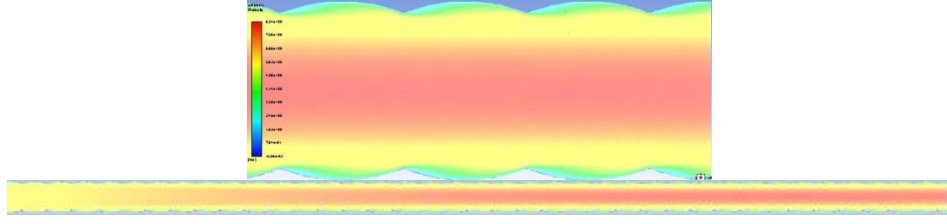
Şekil 4.260 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tütün Çıkıştaki Hız Dağılımları a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 40 mm olan tütün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımı Şekil 4.261'de gösterilmiştir.



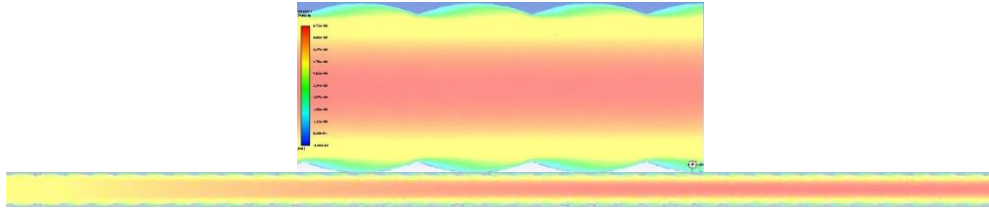
Şekil 4.261 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tütün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımlı Şekil 4.262’de gösterilmiştir.



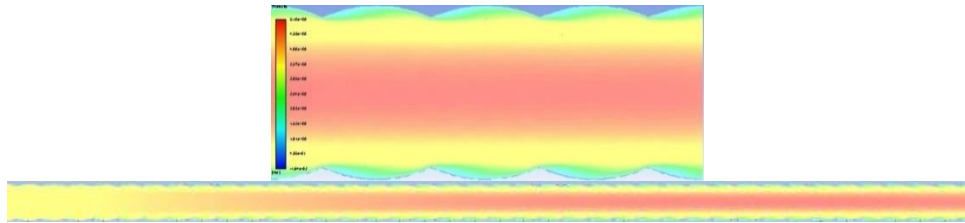
Şekil 4.262 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımlı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımlı Şekil 4.263’te gösterilmiştir.



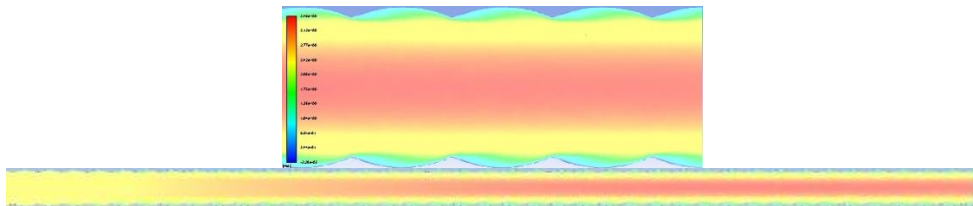
Şekil 4.263 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımlı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımlı Şekil 4.264’te gösterilmiştir.



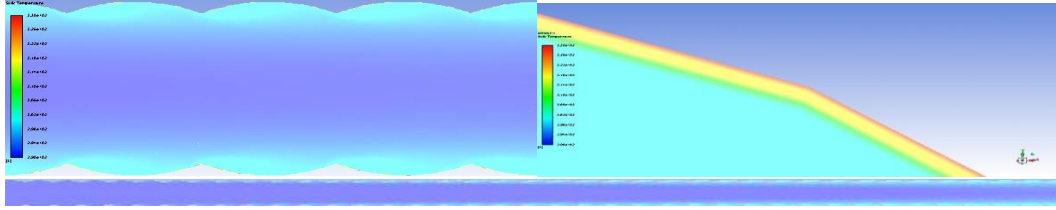
Şekil 4.264 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımlı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımlı Şekil 4.265’te gösterilmiştir.



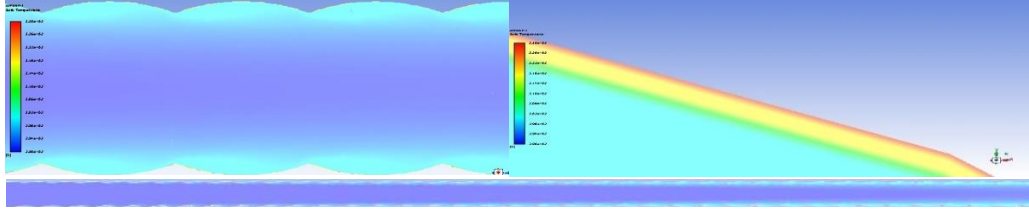
Şekil 4.265 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımlı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımlı Şekil 4.266'da gösterilmiştir.



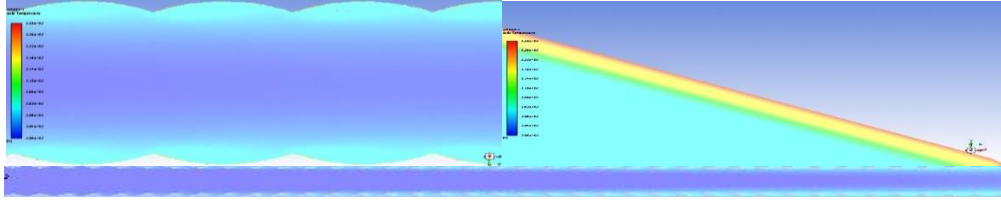
Şekil 4.266 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımlı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımlı Şekil 4.267'de gösterilmiştir.



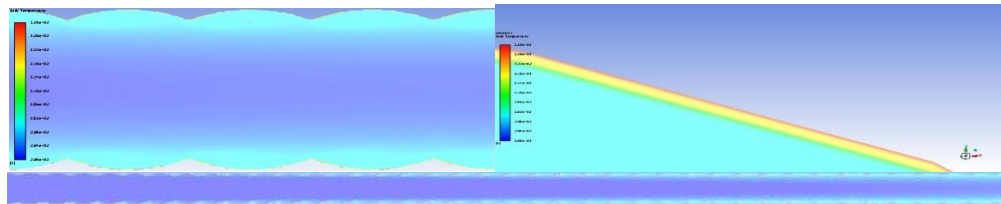
Şekil 4.267 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımlı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımlı Şekil 4.268'de gösterilmiştir.



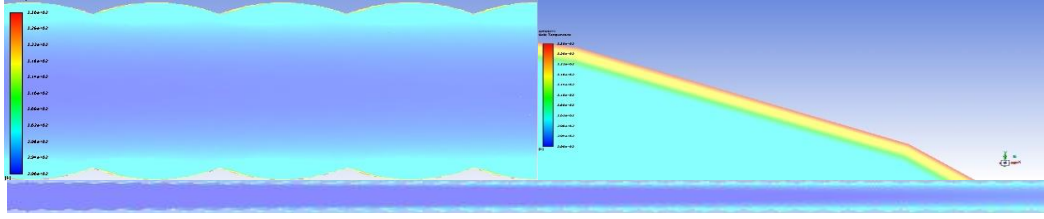
Şekil 4.268 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımlı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımlı Şekil 4.269'da gösterilmiştir.



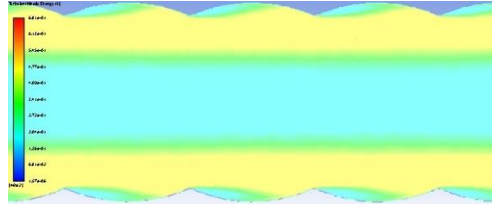
Şekil 4.269 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımlı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.270'te gösterilmiştir.



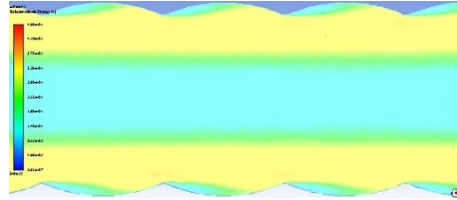
Şekil 4.270 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.271'de gösterilmiştir.



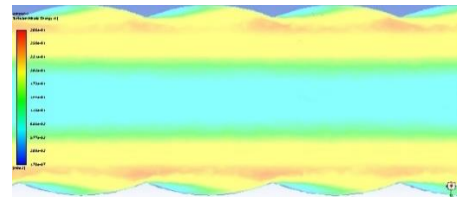
Şekil 4.271 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.272'de gösterilmiştir.



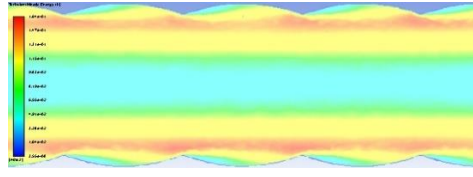
Şekil 4.272 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 40 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.273'te gösterilmiştir.



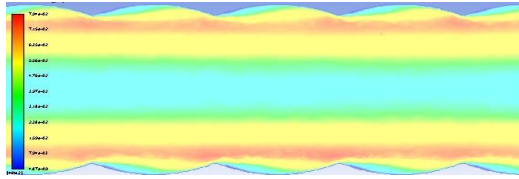
Şekil 4.273 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 40 mm olan tütün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.274'te gösterilmiştir.



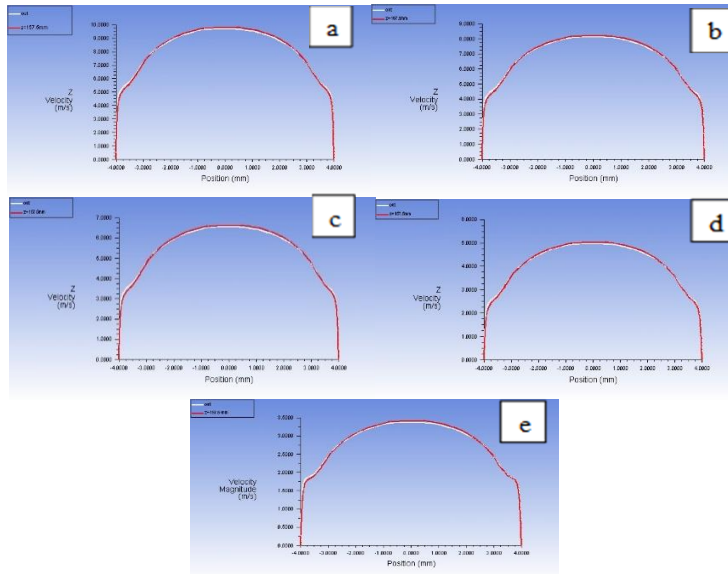
Şekil 4.274 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tütünün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 40 mm olan tütün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.275'te gösterilmiştir.



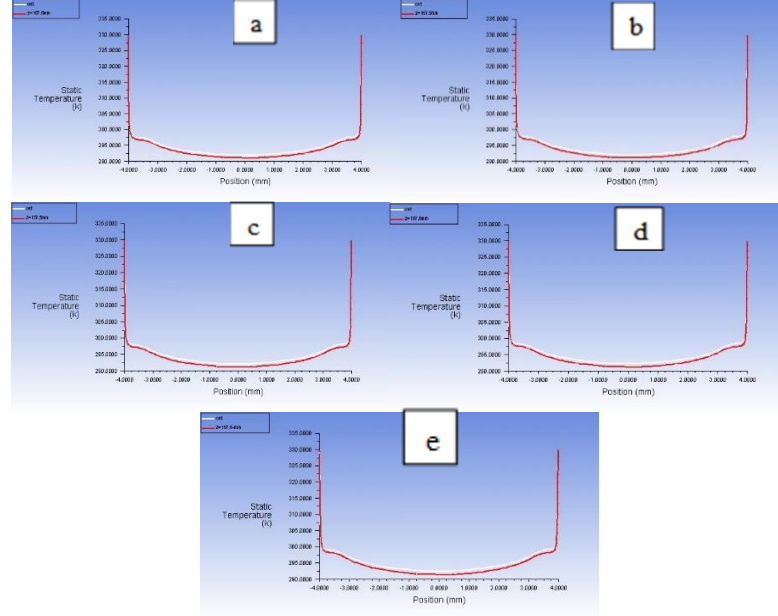
Şekil 4.275 : Sarmal Adımı 40 mm Olan Tütünün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tütün hız profili farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.276'da gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında tam gelişmiş akış elde edilmiştir. Beyaz ile gösterilen tütün çıkışındaki hız profili kırmızı olan ise tütün çıkışının bir sarmal adımı kadar yani 42.5 mm kadar öncesi alınmıştır.



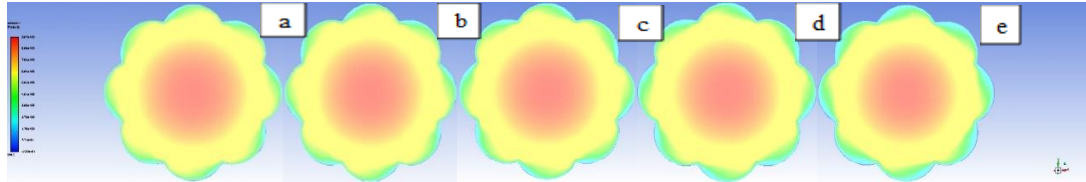
Şekil 4.276 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tütünün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 42.5 mm olan tütün sıcaklık profili farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.277'de gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında ısıl tam gelişmişlik elde edilmiştir.



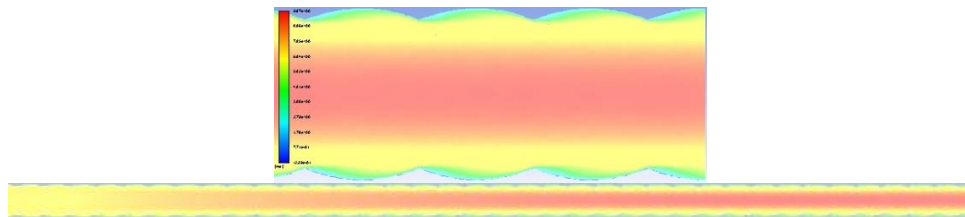
Şekil 4.277 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tütün Hız Profilleri a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 42.5 mm olan tütün hız dağılımı farklı Reynolds sayılarına göre Şekil 4.278'de gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bütün Reynolds sayılarında tütün merkezinden cidarlara doğru gidildikçe hız düşmektedir.



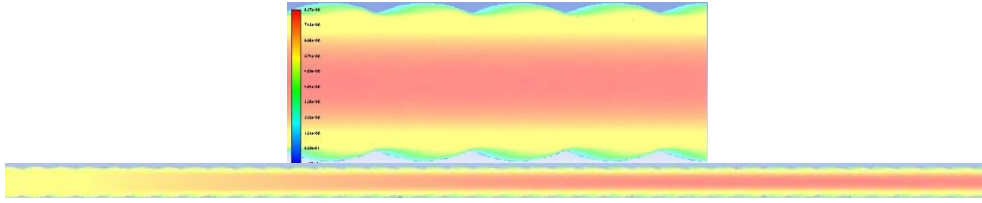
Şekil 4.278 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tütün Çıkıştaki Hız Dağılımları a) 6×10^4 Reynolds b) 5×10^4 Reynolds c) 4×10^4 Reynolds d) 3×10^4 Reynolds e) 2×10^4 Reynolds

Sarmal adımı 42.5 mm olan tütün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımı Şekil 4.279'da gösterilmiştir.



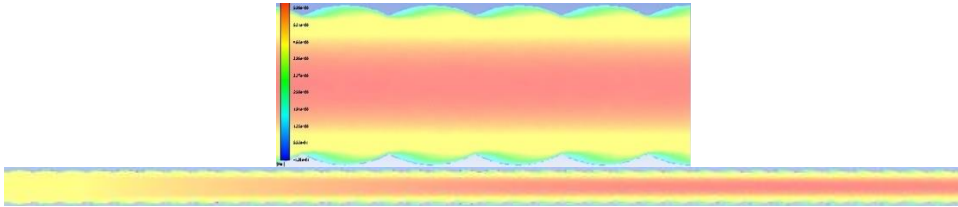
Şekil 4.279 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tütün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımları Şekil 4.280’de gösterilmiştir.



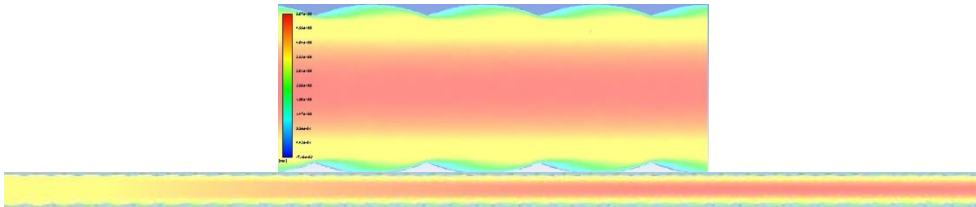
Şekil 4.280 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımları

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımları Şekil 4.281’de gösterilmiştir.



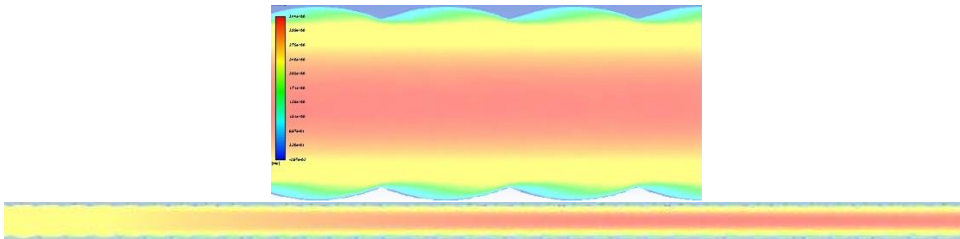
Şekil 4.281 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımları

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımları Şekil 4.282’de gösterilmiştir.



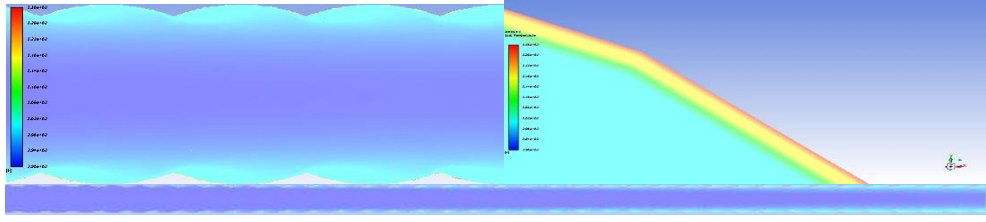
Şekil 4.282 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımları

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki hız dağılımları Şekil 4.283’te gösterilmiştir.



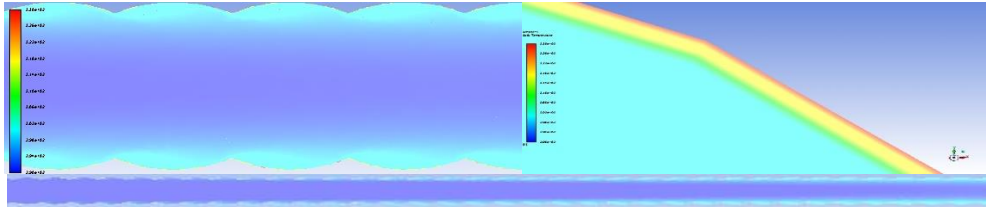
Şekil 4.283 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Hız Dağılımları

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.284'te gösterilmiştir.



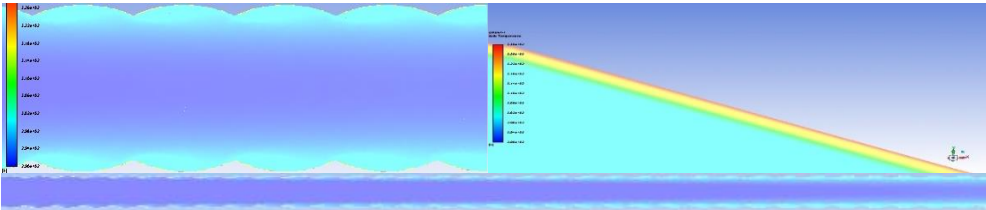
Şekil 4.284 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.285'te gösterilmiştir.



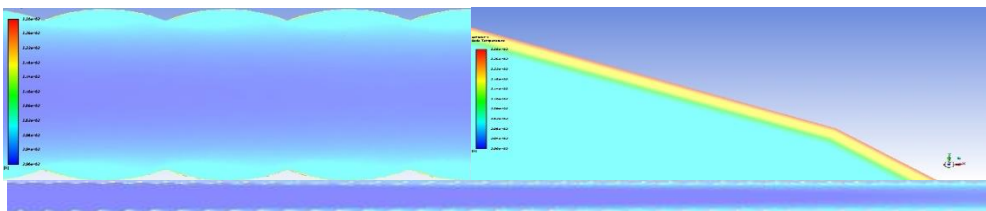
Şekil 4.285 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.286'da gösterilmiştir.



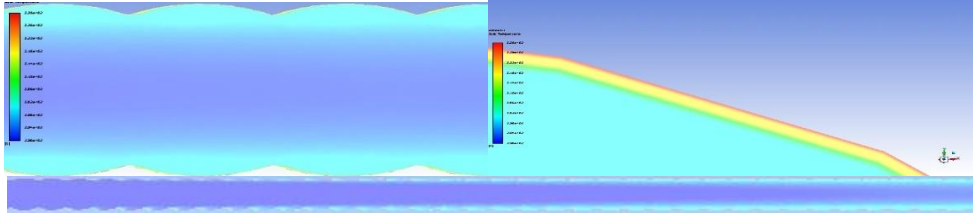
Şekil 4.286 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.287'de gösterilmiştir.



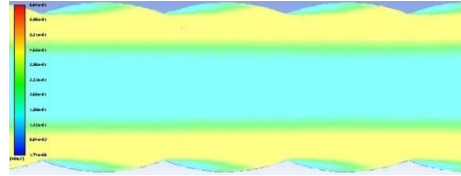
Şekil 4.287 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki sıcaklık dağılımı Şekil 4.288’de gösterilmiştir.



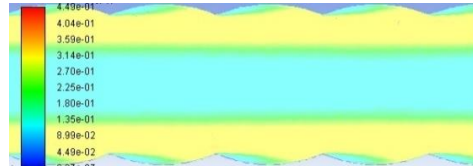
Şekil 4.288 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Sıcaklık Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 60000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.289’da gösterilmiştir.



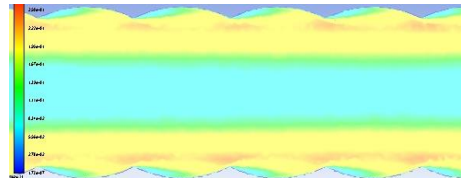
Şekil 4.289 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 60000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 50000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.290’da gösterilmiştir.



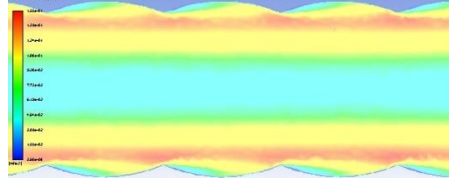
Şekil 4.290 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 50000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 40000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.291’de gösterilmiştir.



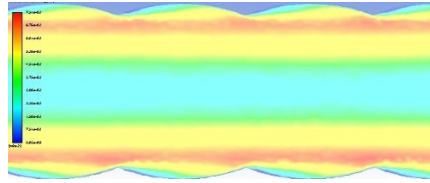
Şekil 4.291 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 40000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 30000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.292’de gösterilmiştir.



Şekil 4.292 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 30000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

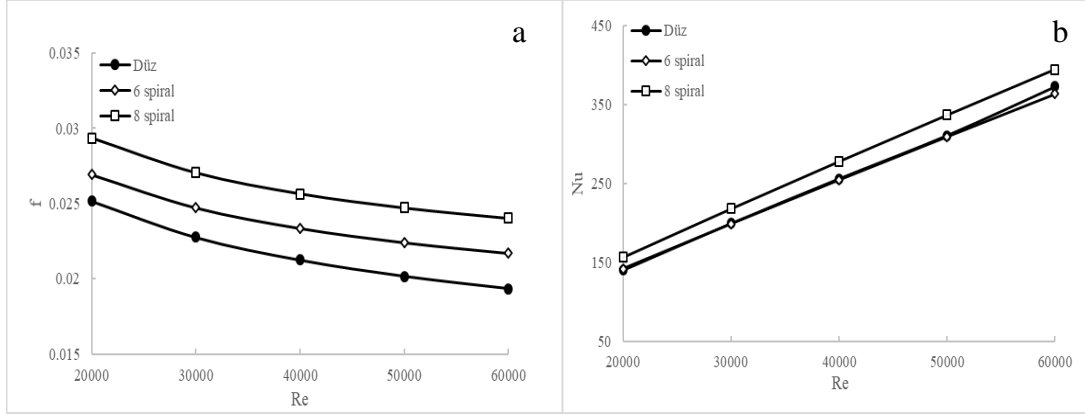
Sarmal adımı 42.5 mm olan tüpün 20000 Reynolds sayısına göre enine kesitindeki türbülans kinetik enerji dağılımı Şekil 4.293'te gösterilmiştir.



Şekil 4.293 : Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüpün 20000 Reynolds Sayısına Göre Enine Kesitindeki Türbülans Kinetik Enerji Dağılımı

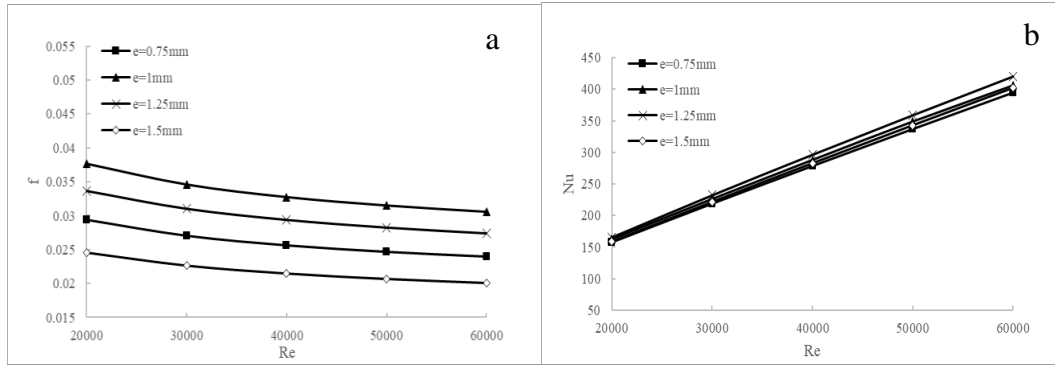
4.4 Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

Düz, altı ve sekiz spiralli tüpleri Nusselt sayısı ve sürtünme faktörü parametreleri bakımından karşılaştırmıştır ve sonuçları grafik olarak Şekil 4.294'te verilmiştir. En yüksek sürtünme faktörü bütün Reynolds sayıları için sekiz spiralli tüpte meydana gelmiştir. En yüksek Nusselt sayıları da bütün Reynolds sayıları için sekiz spiralli tüpte elde edilmiştir. Sekiz spiralli tüpün sürtünme faktörü ile düz tüpün sürtünme faktörü arasında en büyük fark düz tüpteki sürtünme faktörünün %24 fazlası ile 60000 Reynolds'ta gerçekleşmiştir. Nusselt sayılarında ise en büyük fark 20000 Reynolds'ta %11.74 ile sekiz spiralli tüp lehine gerçekleşmiştir. 60000 Reynolds'ta ise düz tüp ile sekiz spiralli tüp arasında %5.9'luk bir fark elde edilmiştir. Altı spiralli tüpün sürtünme faktörü ile düz tüpün sürtünme faktörü arasındaki en büyük fark 60000 Reynolds'ta gerçekleşmiştir ve düz tüpteki sürtünme faktörü değerinin %12.19 fazlası çıkmıştır. Nusselt sayısında ise altı spiralli tüp düz tüpü bir tek 20000 Reynolds'ta %1.04'lük ufak bir farkla geçebilmiştir. 60000 Reynolds'ta ise altı spiralli tüp düz tüpün %2.34 aşağısında kalmıştır.



Şekil 4.294 : Düz, Altı Ve Sekiz Spiralli Tüplerin Karşılaştırılması a) Sürtünme Faktörü b) Nusselt Sayısı

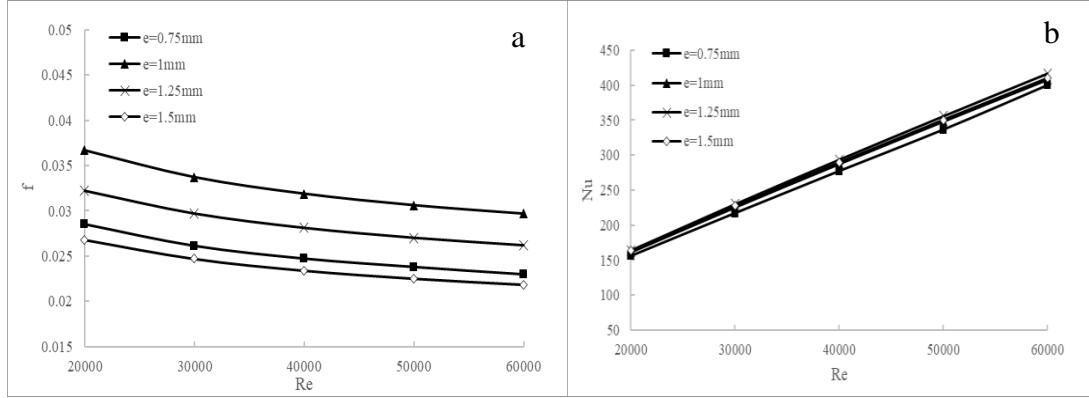
Sekiz spiralli tüpün sarmal adımı 35 mm olan tüplerinin sürtünme faktörü ve Nusselt sayısı parametrelerine göre farklı spiral çaplarına göre karşılaştırılmaları Şekil 4.295'te gösterilmektedir. En yüksek sürtünme faktörü 1 mm spiral çapında ve en yüksek Nusselt sayısı da 1.25 mm spiral çapında elde edilmiştir. 1.25 mm spiral çapının sürtünme faktörü ise en yüksek ikinci sürtünme faktörü olmuştur. Üçüncü ve dördüncü sürtünme faktörleri ise sırasıyla 0.75 mm ve 1.5 mm spiral çaplarında elde edilmiştir. En yüksek ikinci Nusselt sayısı ise 1 mm spiral çapında, üçüncü Nusselt sayısı ise 1.5 mm spiral çapında elde edilmiştir. 0.75 mm spiral çapının Nusselt sayısı ise dördüncü olmuştur.



Şekil 4.295 : Sekiz Spiralli Tüpün Sarmal Adımı 35 mm Olan Tüplerin Oluk Yüksekliğine Göre Karşılaştırılması a) Sürtünme Faktörü b) Nusselt Sayısı

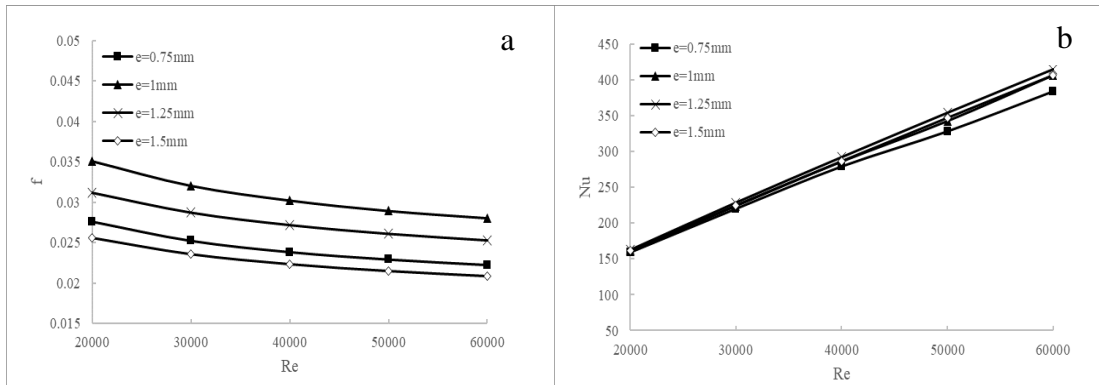
Sekiz spiralli tüpün sarmal adımı 37.5 mm olan tüplerinin sürtünme faktörü ve Nusselt sayısı parametrelerine göre farklı spiral çaplarına göre karşılaştırılmaları Şekil 4.296'da gösterilmektedir. En yüksek sürtünme faktörü 1 mm spiral çapında ve en yüksek Nusselt sayısı da 1.25 mm spiral çapında elde edilmiştir. 1.25 mm spiral çapının sürtünme faktörü ise en yüksek ikinci sürtünme faktörü olmuştur. Üçüncü ve dördüncü sürtünme faktörleri ise sırasıyla 0.75 mm ve 1.5 mm spiral çaplarında elde

edilmiştir. En yüksek ikinci Nusselt sayısı ise çok az farkla 1.5 mm spiral çapında, üçüncü Nusselt sayısı ise 1 mm spiral çapında elde edilmiştir. 0.75 mm spiral çapının Nusselt sayısı ise dördüncü olmuştur.



Şekil 4.296 : Sekiz Spiralli Tüpün Sarmal Adımı 37.5 mm Olan Tüplerin Oluk Yüksekliğine Göre Karşılaştırılması a) Sürtünme Faktörü b) Nusselt Sayısı

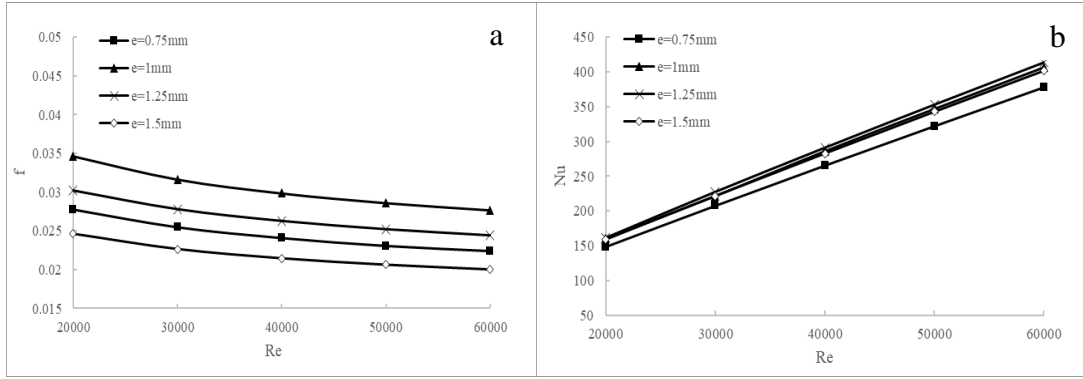
Sekiz spiralli tüpün sarmal adımı 40 mm olan tüplerinin sürtünme faktörü ve Nusselt sayısı parametrelerine göre farklı spiral çaplarına göre karşılaştırılmaları Şekil 4.297'de gösterilmektedir. En yüksek sürtünme faktörü 1 mm spiral çapında ve en yüksek Nusselt sayısı da 1.25 mm spiral çapında elde edilmiştir. 1.25 mm spiral çapının sürtünme faktörü ise en yüksek ikinci sürtünme faktörü olmuştur. Üçüncü ve dördüncü sürtünme faktörleri ise sırasıyla 0.75 mm ve 1.5 mm spiral çaplarında elde edilmiştir. En yüksek ikinci Nusselt sayısı ise çok az farkla 1.5 mm spiral çapında, üçüncü Nusselt sayısı ise 1 mm spiral çapında elde edilmiştir. 0.75 mm spiral çapının Nusselt sayısı ise dördüncü olmuştur.



Şekil 4.297 : Sekiz Spiralli Tüpün Sarmal Adımı 40 mm Olan Tüplerin Oluk Yüksekliğine Göre Karşılaştırılması a) Sürtünme Faktörü b) Nusselt Sayısı

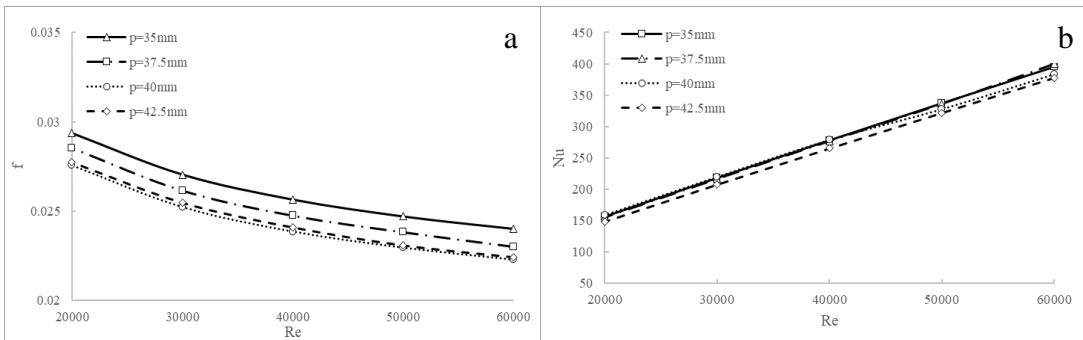
Sekiz spiralli tüpün sarmal adımı 42.5 mm olan tüplerinin sürtünme faktörü ve Nusselt sayısı parametrelerine göre farklı spiral çaplarına göre karşılaştırılmaları

Şekil 4.298’de gösterilmektedir. En yüksek sürtünme faktörü 1 mm spiral çapında ve en yüksek Nusselt sayısı da 1.25 mm spiral çapında elde edilmiştir. 1.25 mm spiral çapının sürtünme faktörü ise en yüksek ikinci sürtünme faktörü olmuştur. Üçüncü ve dördüncü sürtünme faktörleri ise sırasıyla 0.75 mm ve 1.5 mm spiral çaplarında elde edilmiştir. En yüksek ikinci Nusselt sayısı ise çok az farkla 1 mm spiral çapında, üçüncü Nusselt sayısı ise 1.5 mm spiral çapında elde edilmiştir. 0.75 mm spiral çapının Nusselt sayısı ise dördüncü olmuştur.



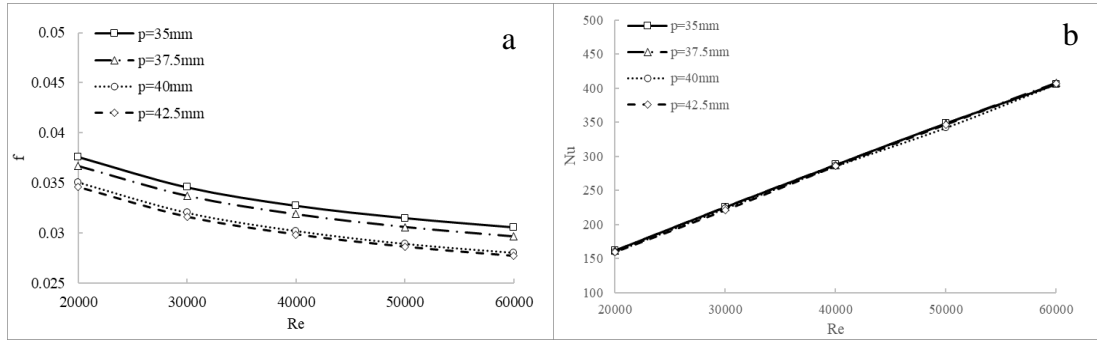
Şekil 4.298 : Sekiz Spiralli Tüpün Sarmal Adımı 42.5 mm Olan Tüplerin Oluk Yüksekliğine Göre Karşılaştırılması a) Sürtünme Faktörü b) Nusselt Sayısı

Sekiz spiralli tüpün spiral çapı 0.75 mm olan tüplerinin sürtünme faktörü ve Nusselt sayısı parametrelerine göre farklı spiral adımlarına göre karşılaştırılmaları Şekil 4.299’da gösterilmektedir. En yüksek sürtünme faktörü 35 mm sarmal adımında ve en yüksek Nusselt sayısı da 37.5 mm sarmal adımında elde edilmiştir. 37.5 mm sarmal adımının sürtünme faktörü ise en yüksek ikinci sürtünme faktörü olmuştur. Üçüncü ve dördüncü sürtünme faktörleri ise sırasıyla 42.5 mm ve 40 mm spiral adımlarında elde edilmiştir. En yüksek ikinci Nusselt sayısı ise 35 mm sarmal adımında, üçüncü Nusselt sayısı ise 40 mm sarmal adımında elde edilmiştir. 42.5 mm sarmal adımının Nusselt sayısı ise dördüncü olmuştur.



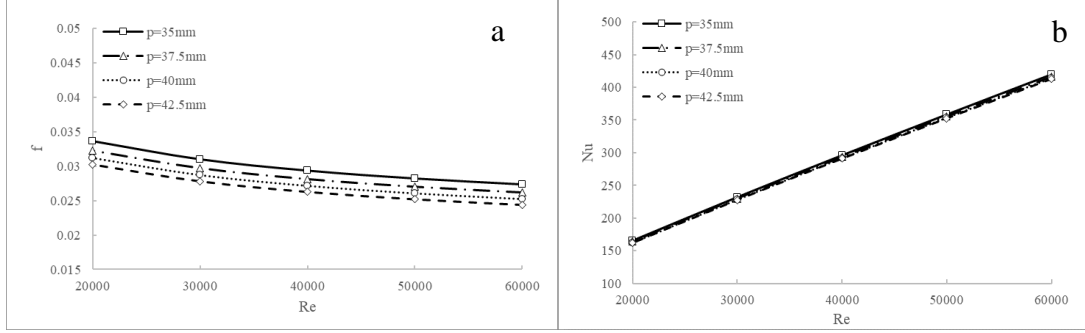
Şekil 4.299 : Sekiz Spiralli Tüpün Oluk Yüksekliği 0.75 mm Olan Tüplerin Spiral Adımlarına Göre Karşılaştırılması a) Sürtünme Faktörü b) Nusselt Sayısı

Sekiz spiralli tüpün spiral çapı 1 mm olan tüplerinin sürtünme faktörü ve Nusselt sayısı parametrelerine göre farklı spiral adımlarına göre karşılaştırılmaları Şekil 4.300'de gösterilmektedir. En yüksek sürtünme faktörü 35 mm sarmal adımında elde edilmiştir. 37.5 mm sarmal adımının sürtünme faktörü ise en yüksek ikinci sürtünme faktörü olmuştur. nc ve dördüncü sürtünme faktörleri ise sırasıyla 42.5 mm ve 40 mm spiral adımlarında elde edilmiştir. Bütün Reynolds sayısında Nusselt sayıları bütün spiral adımları için neredeyse çakışık çıkmıştır. Yalnız çok küçük farklarla en yüksek Nusselt sayısı ise 37.5 mm sarmal adımında, ikinci 35 mm sarmal adımında, nc Nusselt sayısı ise 42.5 mm sarmal adımında elde edilmiştir. 40 mm sarmal adımının Nusselt sayısı ise dördüncü olmuştur.



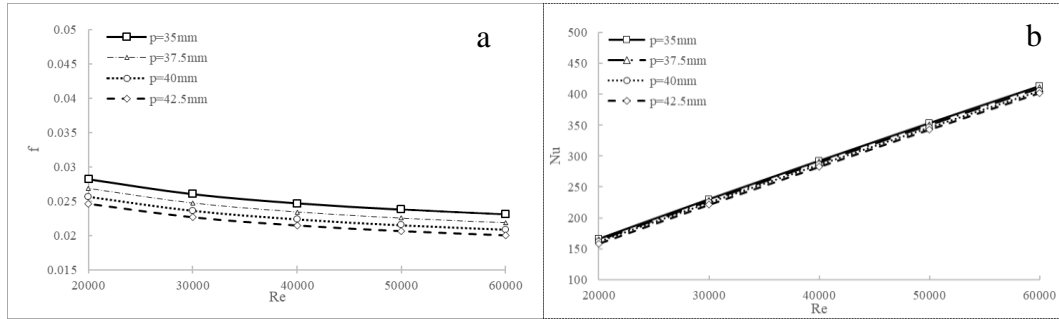
Şekil 4.300 : Sekiz Spiralli Tüpün Oluk Yükseklği 1 mm Olan Tüplerin Spiral Adımlarına Göre Karşılaştırılması a) Sürtünme Faktörü b) Nusselt Sayısı

Sekiz spiralli tüpün spiral çapı 1.25 mm olan tüplerinin sürtünme faktörü ve Nusselt sayısı parametrelerine ve farklı spiral adımlarına göre karşılaştırılmaları Şekil 4.301'de gösterilmektedir. En yüksek sürtünme faktörü 35 mm sarmal adımında ve en yüksek Nusselt sayısı da çok az bir farkla da olsa aynı sarmal adımında elde edilmiştir. 37.5 mm sarmal adımının sürtünme faktörü ise en yüksek ikinci sürtünme faktörü olmuştur. nc ve dördüncü sürtünme faktörleri ise sırasıyla 42.5 mm ve 40 mm spiral adımlarında elde edilmiştir. En yüksek ikinci Nusselt sayısı ise çok az farkla 37.5 mm sarmal adımında, nc Nusselt sayısı ise 40 mm sarmal adımında elde edilmiştir. 42.5 mm sarmal adımının Nusselt sayısı ise dördüncü olmuştur.



Şekil 4.301 : Sekiz Spiralli Tüpün Oluk Yüksekliği 1.25 mm Olan Tüplerin Spiral Adımlarına Göre Karşılaştırılması a) Sürtünme Faktörü b) Nusselt Sayısı

Sekiz spiralli tüpün spiral çapı 1.5 mm olan tüplerinin sürtünme faktörü ve Nusselt sayısı parametrelerine göre farklı spiral adımlarına göre karşılaştırılmaları Şekil 4.302’de gösterilmektedir. En yüksek sürtünme faktörü 35 mm sarmal adımında ve en yüksek Nusselt sayısı da çok az bir farkla da olsa aynı sarmal adımında elde edilmiştir. 37.5 mm sarmal adımının sürtünme faktörü ise en yüksek ikinci sürtünme faktörü olmuştur. Üçüncü ve dördüncü sürtünme faktörleri ise sırasıyla 42.5 mm ve 40 mm spiral adımlarında elde edilmiştir. En yüksek ikinci Nusselt sayısı ise çok az farkla 37.5 mm sarmal adımında, üçüncü Nusselt sayısı ise 40 mm sarmal adımında elde edilmiştir. 42.5 mm sarmal adımının Nusselt sayısı ise dördüncü olmuştur.



Şekil 4.302 : Sekiz Spiralli Tüpün Oluk Yüksekliği 1.5 mm Olan Tüplerin Spiral Adımlarına Göre Karşılaştırılması a) Sürtünme Faktörü b) Nusselt Sayısı

Bu çalışmada verilen sonuçlardan da anlaşılacağı gibi tüpü termal performansı ve akış karakteristiği sadece spiral çapı arttıkça ya da sadece sarmal adımı arttıkça artar denemez. Bu çalışma sonucunda iki parametrenin birbirlerini etkiledikleri görülmüştür. Dolayısı ile bu iki parametrenin beraber ele alınması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca en yüksek Nusselt sayısına sahip konfigürasyonun 1.25 mm spiral çaplı ve 35 mm sarmal adımına sahip tüpteki konfigürasyon olduğu tespit edilmiştir. Bu konfigürasyonun 60000 Reynolds’taki Nusselt sayısı 419.87’dir. Bu durum analizi yapılan tüpler arasında en yüksek ısı verime sahip olduğunu

göstermekle beraber aynı tüpün sürtünme faktörü de yaklaşık 0.027 değerindedir. 60000 Reynolds için en yüksek sürtünme faktörü değeri de yaklaşık 0.031 değerine sahip olan 1 mm spiral çaplı 35 mm spiral adımlı tüptür.

KAYNAKLAR

- Ahmed, M. A., Yusoff, M. Z., & Shuaib, N. H.** (2013). Effects of geometrical parameters on the flow and heat transfer characteristics in. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 42, 69-74. doi:10.1016/j.icheatmasstransfer.2012.12.012
- Ahmed, M. A., Yusoff, M. Z., Ng, K. C., & Shuaib, N. H.** (2015). Numerical and experimental investigations on the heat transfer enhancement in corrugated channels using SiO₂-water nanofluid. *Case Studies in Thermal Engineering*, 6, 77-92.
- Aly, A. E.-A., Chong, A., Nicolleau, F., & Beck, S.** (2010). Experimental study of the pressure drop after fractal-shaped orifices in turbulent pipe flows. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 34(1), 104-111. doi:10.1016/j.expthermflusci.2009.09.008
- Arbak, A.**, (2014), 'Havanın soğutulması ve neminin alınması amacıyla kullanılan kanatlı borulu ısı değiştiricilerin deneysel ve kuramsal incelenmesi', Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Arsenyeva, O., Kapustenko, P. O., Tovazhnyanskyy, L., & Khavin, G.** (2013). The influence of plate corrugations geometry on plate heat exchanger performance in specified process conditions. *Energy*, 57, 201-207. doi:10.1016/j.energy.2012.12.034
- Ashmawy, E. A.** (2019). Effects of surface roughness on a couple stress fluid flow through. *European Journal of Mechanics / B Fluids*, 76, 365-374. doi:10.1016/j.euromechflu.2019.04.003
- Aslan, E., Taymaz, İ., İslamoğlu, Y., Engin, M., Colpan, İ., Karabaş, G., & Özçelik, G.** (2018). Computational investigation of the velocity and temperature fields in corrugated heat exchanger channels using RANS based turbulence models with experimental validation. *Computational Fluid Dynamics*, 18(1), 33-45.
- Bergman, T. L., Lavine, A. S., Incropera, F. P., & Dewitt, D. P.** (2011). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer 7th Edition*. USA: John Wiley & Sons.
- Çengel, Y. A.** (2012). *Isı ve Kütle Transferi* (Üçüncü basım b.). İzmir: Güven Bilimsel.

- Chen, X. D., Xu, X. Y., Nguang, S. K., & Bergles, A. E.** (2001). Characterization of the Effect of Corrugation Angles on Hydrodynamic and Heat Transfer Performance of Four-Start Tubes. *Journal of Heat Transfer*, 123(6), 1149-1158. doi:10.1115/1.1409261
- Cimşit, Y. M.,** (2009), 'Doğal sirkülasyonla ısı geri kazanım çevirimi', Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ciofalo, M., Stasiak, J., & Colins, M. W.** (1996). Investigation of flow and heat transfer in corrugated passages—II. Numerical simulations. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 39(1), 165-192. doi:10.1016/S0017-9310(96)85014-9
- Coder, D. W., & Buckley, F. T.** (1974). Implicit solutions of the unsteady Navier-Stokes equation for laminar flow through an orifice within a pipe. *Computers & Fluids*, 2(3-4), 295-315. doi:10.1016/0045-7930(74)90022-X
- Goldstein, L., & Sparrow, E. M.** (1977). Heat/mass transfer characteristics for flow in a corrugated wall channel. *Journal of Heat Transfer*, 99(2), 187-195. doi:10.1115/1.3450667
- Huang, H., Bian, Y., Liu, Y., Zhang, F., Airma, H., & İkegami, Y.** (2018). Numerical and experimental analysis of heat transfer enhancement and pressure drop characteristics of laminar pulsatile flow in grooved channel with different groove lengths. *Applied Thermal Engineering*, 137(5), 632-648. doi:10.1016/j.applthermaleng.2018.04.013
- İslamoğlu, Y., & Parmaksızoğlu, C.** (2004). Numerical investigation of convective heat transfer and pressure drop in a corrugated heat exchanger channel. *Applied Thermal Engineering*, 24(1), 141-147.
- Jin, Z.-J., Liu, B.-Z., Chen, F.-Q., Gao, Z.-X., Gao, X.-F., & Qian, J.-Y.** (2016). CFD analysis on flow resistance characteristics of six-start spirally. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, (103), 1198-1207. doi:10.1016/j.ijheatmasstransfer.2016.08.070
- Kareem, Z. S., Abdullah, S., Lazim, T. M., Jaafar, M. M., & Wahid, A. A.** (2015). Heat transfer enhancement in three-start spirally corrugated. *Chemical Engineering Science*, 134, 746-757. doi:10.1016/j.ces.2015.06.009
- Khanları, A.,** (2018), 'Plakalı ısı değiştiricilerin deneysel ve sayısal analizi', Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Khdher, A. M., Sidik, N. A., Mamat, R., & Wan Hamzah, W. A.** (2015). Experimental and numerical study of thermo-hydraulic performance of circumferentially ribbed tube with Al₂O₃ nanofluid. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 69, 35-40.
- Kılıç, M., & Yiğit, A.** (2010). *Isı Transferi*. Bursa: Alfa Aktüel.
- Liu, S., & Sakr, M.** (2013, Mart). A comprehensive review on passive heat transfer enhancements in pipe exchangers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 19(64-81), 64-81. doi:10.1016/j.rser.2012.11.021
- Lorenzini-Gutierrez, D., Hernandez-Guerrero, A., Luviano-Ortiz, J. L., & Leon-Conejo, J. C.** (2015). Numerical and experimental analysis of heat

- transfer enhancement in a grooved channel with curved flow deflectors. *Applied Thermal Engineering*, 75, 800-808. doi:10.1016/j.applthermaleng.2014.10.002
- Mei, S., Qi, C., Luo, T., Zhai, X., & Yan, Y.** (2019). Effects of magnetic field on thermo-hydraulic performance. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 128, 24-45. doi:10.1016/j.ijheatmasstransfer.2018.08.071
- Mendes, P. S., & Sparrow, E. M.** (1984). Periodically converging–diverging tubes and their turbulent heat transfer, pressure drop, fluid flow, and enhancement characteristics. *Journal of Heat Transfer*, 106(1), 55-63. doi:10.1115/1.3246659
- Navickaite, K., Cattani, L., Bahl, C. R., & Engelbrecht, K.** (2019). Elliptical double corrugated tubes for enhanced heat transfer. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 128, 363-377.
- Nishimura, T., & Kojima, N.** (1995). Mass transfer enhancement in a symmetric sinusoidal wavy-walled channel for pulsatile flow. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 38(9), 1719-1731. doi:10.1016/0017-9310(94)00275-Z
- Nishimura, T., & Matsune, S.** (1996). Mass transfer enhancement in a sinusoidal wavy channel for pulsatile flow. *Heat and Mass Transfer*, 32(1-2), 65-72.
- O'brien, J. E., & Sparrow, E. M.** (1982). Corrugated-duct heat transfer, pressure drop, and flow visualization. *Journal of Heat Transfer*, 104(3), 410-416. doi:10.1115/1.3245108
- Oyakawa, K., Shinzato, T., & Mabuchi, I.** (1989). The effects of the channel width on heat transfer augmentation in a sinusoidal wave channel. *JSME International Journal, Series II*, 32(3), 403-410. doi:10.1299/jsmeb1988.32.3_403
- Özbolat, V.** (2015). “Flow characteristics and heat transfer enhancement of sinusoidal corrugated channels”, PhD Thesis, Institute of Natural and Applied Sciences, Çukurova University, Adana.
- Smaisim, G. F.** (2017). Augmentation of heat transfer in corrugated tube using four-start spiral wall. *Al-Qadisiyah Journal For Engineerings Sciences*, 10(4), 457-461.
- Sparrow, E. M., & Comb, J. W.** (1983). Effect of interval spacing and fluid flow inlet conditions on a corrugated wall heat exchanger. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 26(7), 993-1005.
- Stasiek, J. A., Collins, M. W., Ciofalo, M., & Chew, P. E.** (1996). Investigation of flow and heat transfer in corrugated passages-I. Experimental results. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 39(1), 149-164.
- Tan, X.-H., Zhu, D.-S., Zhou, G.-Y., & Zeng, L.-D.** (2012). Experimental and numerical study of convective heat transfer and fluid flow in twisted oval tubes. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 55(17-18), 4701-4710.

- Wang, G., Wang, D., Peng, X., Han, L., Xiang, S., & Ma, F.** (2019). Experimental and numerical study on heat transfer and flow characteristics in the shell side of helically coiled trilobal tube heat exchanger. *Applied Thermal Engineering*, 149, 772-787.
- Yang, B., Gao, T., Gong, J., & Li, J.** (2018). Numerical investigation on flow and heat transfer of pulsating flow in various ribbed channels. *Applied Thermal Engineering*, 145, 576-589. doi:10.1016/j.applthermaleng.2018.09.041
- Yang, C., Chen, M.-R., Qian, J.-Y., Wu, Z., Jin, Z.-J., & Sunden, B.** (2018). Heat transfer study on a hybrid smooth and spirally. *MATEC Web Conferences*, 240, 4. doi:10.1051/mateconf/201824001038

İnternet Kaynakları:

- Bergles, A. E.** (2011, February 02). *A-to-Z Guide to Thermodynamics, Heat & Mass Transfer, and Fluids Engineering*. April 26, 2019 tarihinde Thermopedia: http://www.thermopedia.com/content/574/#AUGMENTATION_OF_HEAT_TRANSFER_SINGLE_PHASE_FIG2 adresinden alındı
- Çalı, Ç.** (2018, Mart 14). *Ders.im*. Nisan 15, 2019 tarihinde <https://ders.im/dokuman/isi-degistiriciler> adresinden alındı
- Foodelphi science of food engineering.** (2019, Mayıs 1). Isı değiştiricilerinin sınıflandırılması: <https://www.foodelphi.com/isi-degistiricilerinin-siniflandirilmesi/> adresinden alındı

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyadı : Nuri Caner CANBOLAT

Doğum yeri ve tarihi : Beyoğlu 1986

E-posta : canercanbo@gmail.com



ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2017, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği

AKADEMİK GÖREVLER:

Katıldığı Festival ve Sempozyumlar:

- 2019** Milli Yazılım Çalıştayı
- 2018** Hidrodinamik Modelleme Uygulamaları
- 2018** Enerjinin Geleceği Konferansı
- 2017** Cnr Expo Engelsiz Yaşam Fuarı
- 2017** 22. Dünya Petrol Kongresi ve Fuarı
- 2017** TMMOB Sanayii Kongresi “Sanayisizleşen Türkiye ve Mühendisler”
- 2016** 16. Uluslararası Malzeme Sempozyumu
- 2016** Isıl İşlem Sempozyumu
- 2015** KalDer Türkiye Kalite Derneği “Kalite personeli yetiştirme programı”
- 2015** Alüminyum Sempozyumu
- 2013** III. Uluslararası Kompozit Malzemeler Sempozyumu