

33527

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AERODİNAMİK GİRİŞİM PROBLEMLERİNİN İNCELENMESİ,
JET GİRİŞİMİ

HAYDAR EREN

DOKTORA TEZİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

1995

ELAZIĞ

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AERODİNAMİK GİRİŞİM PROBLEMLERİNİN İNCELENMESİ,
JET GİRİŞİMİ

HAYDAR EREN

DOKTORA TEZİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez , Tarihinde , Aşağıda Belirtilen Jüri Tarafından
Oybirliği / Oyçokluğu ile Başarılı / Başarısız Olarak Değerlendirilmiştir.

(İmza)

Danışman

(İmza)

(İmza)

ÖZET

Doktora Tezi

**AERODİNAMİK GİRİŞİM PROBLEMLERİNİN İNCELENMESİ,
JET GİRİŞİMİ**

Haydar EREN

Fırat Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makina Müh. Anabilim Dalı

1995, Sayfa 127

Bu çalışmada muhtelif jetlerin girişimi sonucu oluşan akış alanının bilgisayarda incelenmesi amaçlanmıştır. Zamana bağlı Hareket denklemleri sıkıştırılabilen bir akışkan için düşük subsonik hızlarda, sonlu fark yöntemi ile ve kartezyen koordinatlarda çözülmüştür. Serbest jet, paralel jet, çapraz jet ve zıt jet durumlarında değişik Reynolds sayıları için akım incelenmiştir.

Sonuçların tek jet halinde verilen benzerlik çözümleri ve deneysel sonuçlarla iyi bir uyum sağladığı görülmektedir. Sonuçlar incelendiğinde tek jet durumunda eksenel hızın x eksenini boyunca gittikçe azaldığı ve jetin y eksenini boyunca yayıldığı görülmüştür. Re sayısı arttıkça jetin y eksenini boyunca yayılması azalmakta, aksine x yönündeki jetin hızının sıfırlama mesafesi ise artmaktadır.

Paralel jet durumunda da benzer bir gelişme olmaktadır.

Eksenleri çapraz iki jet durumunda ise girişim bölgesinde akımda karışma, dönme ve negatif hızlarda artmalar görülmektedir.

Ortak eksenli, zıt yönlü iki jet durumunda etkileşim bölgesinin merkezinde ortak jet eksenine dik doğru boyunca u hızının sıfırlandığı, buna karşılık v hızının attığı ve jetin aynı doğrultu boyunca her iki yönde yayılmaya başladığı görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELER : Jet akışı, aerodinamik girişim, jet girişimi, serbest jet, paralel jet, çapraz jet, zıt jet.

ABSTRACT

PhD Thesis

**THE INVESTIGATION OF THE AERODYNAMIC INTERACTION PROBLEMS,
JET INTERACTION**

Haydar EREN

Firat University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering

1995, Page:127

The aim of this study, is the numerical investigation of the flow field resulting from the interaction of jets. Momentum equations are solved in cartesian coordinates by using a finite difference method. Compressible fluid and unsteady flow is considered. Flow field is computed for different Reynolds numbers for free jet, parallel jets, cross jets, opposite jets.

It is shown that the results given for the free jet have a good agreement with the similarity solutions and the experimental results. It is observed that the axial velocity for free jet flowing along x-axis decreases in the jet direction and the jet expands along y-axis. With the increasing Reynolds numbers, while the expansion of the jet along y axis slows down, the distance on which the jet velocity vanishes increases.

A similar situation is found to be valid for the parallel jets.

In the case of two jets with perpendicularly intersecting flow directions, in the interaction region, the flow is mixed, rotational and negative flow velocities are magnified.

For co-axial opposing jets, it is observed that in the center of the interaction region u-velocity component vanishes along a vertical line while v-velocity component increases and consequently the jet expands laterally.

KEY WORDS : Jet flow, aerodynamic interaction, jet interaction, free jet, parallel jets, cross jets, opposit jets.

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca her türlü yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ö. Erkin PEREMECİ ' ye sonsuz şükranlarımı bir borç bilirim. Tezin hazırlanması sırasında yakın ilgi ve yardımlarını esirgemeyen İ.T.Ü Uçak Fakültesi hocalarından Prof. Dr. Fevzi ÜNAL ve Doç. Dr. Süleyman TOLUN ' a , eleştiri ve önerileriyle yol gösteren Bölüm Başkanı Kazım PIHTILI ' ya, Doç. Dr. Vedat TANYILDIZI 'na , Dr. İhsan DAĞTEKİN 'e, Yrd.Doç. Dr. Mustafa İNALLI 'ya, Yük.Müh. Aydın ÇITLAK' a, Dr. Mustafa GÜR 'e ve tüm bölüm elemanlarına teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca çalışmalarım süresince yardımlarını esirgemeyen, her zaman hoşgörü ile karşılayan aileme teşekkür ederim.

Haydar EREN
Makina Yüksek Mühendisi

**ÖZET
ABSTRACT****TEŞEKKÜR****İÇİNDEKİLER****ŞEKİLLER LİSTESİ****TABLolar LİSTESİ****SİMGELER LİSTESİ**

	<u>Sayfa</u>
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	2
2.1. Subsonik Jetlerin Akışkanlar Mekanığı	2
2.1.1. Laminar jet durumu	3
2.1.2. Türbülanslı jet durumu	4
3. FORMÜLASYON	6
3.1. Hareket Denklemleri	6
3.1.1. Denklemlerin boyutsuzlaştırılması	6
3.1.2. Denklemlerin tipinin bulunuşu ve karakteristik yüzeyler	7
3.2. Sonlu Fark Denklemleri	10
3.3. Sınır Şartları ve Çözüm Yöntemi	12
3.3.1. Tek jet için sınır şartları	13
3.3.2. Paralel jet için sınır şartları	14
3.3.3. Çapraz jet için sınır şartları	15
3.3.4. Zıt jet için sınır şartları	16
4. SONUÇLAR	18
4.1. Tek Jet İçin Sonuçlar	18
4.2. Paralel Jet İçin Sonuçlar	19
4.3. Çapraz Jet İçin Sonuçlar	19
4.4. Zıt Jet İçin Sonuçlar	20
4.5. Sonuçların Değerlendirilmesi	21

KAYNAKLAR**EKLER**

Ek 1. Fortran77 bilgisayar programları

Ek 2. Hız vektörü doğrultuları için Qbasic bilgisayar programı

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Jet yapısı	2
Şekil 2.2. Karışım tabakasının sınırı	2
Şekil 3.1. Tek jet için hesaplama bölgesindeki sınır şartları	13
Şekil 3.2. Tek jet için grid sistemi	13
Şekil 3.3. Paralel jet için sınır şartları	14
Şekil 3.4. Paralel jet için grid sistemi	15
Şekil 3.5. Çapraz jet için sınır şartları	15
Şekil 3.6. Çapraz jet için grid sistemi	16
Şekil 3.7. Zıt jet için sınır şartları	17
Şekil 3.8. Zıt jet için grid sistemi	17
Şekil 4.1. Tek jet için boyutsuz hız dağılımının teorik ve deneysel sonuçlarla kıyaslanması ($Re=30$)	22
Şekil 4.1.1. Tek jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=1s$) [$\Delta x=1/6, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, $JBS=12$].....	24
Şekil 4.1.2. Tek jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=1s$) [$\Delta x=1/6, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, $JBS=12$]	24
Şekil 4.1.3. Tek jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=1s$) [$\Delta x=1/6, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, $JBS=12$]	24
Şekil 4.1.4. Tek jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=3s$) [$\Delta x=1/6, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, $JBS=12$]	25
Şekil 4.1.5. Tek jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=3s$) [$\Delta x=1/6, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, $JBS=12$]	25
Şekil 4.1.6. Tek jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=3s$) [$\Delta x=1/6, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, $JBS=12$]	25
Şekil 4.1.7. Tek jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=5s$) [$\Delta x=1/6, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, $JBS=12$]	26
Şekil 4.1.8. Tek jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=5s$) [$\Delta x=1/6, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, $JBS=12$]	26
Şekil 4.1.9. Tek jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=5s$) [$\Delta x=1/6, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, $JBS=12$]	26
Şekil 4.1.10. Tek jet durumunda v hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=5s$) [$\Delta x=1/6, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, $JBS=12$]	27

Şekil 4.1.11. Tek jet durumunda basıncın y doğrultusundaki değişimi (Re=0.5, T=5s) [$\Delta x=1/6$, $\Delta y=1/12$, (151x151) grid, JBS=12]	27
Şekil 4.1.12. Tek jet durumunda basıncın y doğrultusundaki değişimi (Re=0.5, T=5s) [$\Delta x=1/6$, $\Delta y=1/12$, (151x151) grid, JBS=12] **	27
Şekil 4.1.13. Tek jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=5s) [$\Delta x=1/60$, $\Delta y=1/24$, (151x151) grid, JBS=24]	28
Şekil 4.1.14. Tek jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=5s) [$\Delta x=1/60$, $\Delta y=1/24$, (151x151) grid, JBS=24]	28
Şekil 4.1.15. Tek jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=5s) [$\Delta x=1/60$, $\Delta y=1/24$, (151x151) grid, JBS=24]	28
Şekil 4.1.16. Tek jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=10s) [$\Delta x=1/60$, $\Delta y=1/24$, (151x151) grid, JBS=24]	29
Şekil 4.1.17. Tek jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=10s) [$\Delta x=1/60$, $\Delta y=1/24$, (151x151) grid, JBS=24]	29
Şekil 4.1.18. Tek jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=10s) [$\Delta x=1/60$, $\Delta y=1/24$, (151x151) grid, JBS=24]	29
Şekil 4.1.19. Tek jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=20s) [$\Delta x=1/60$, $\Delta y=1/24$, (151x151) grid, JBS=24]	30
Şekil 4.1.20. Tek jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=20s) [$\Delta x=1/60$, $\Delta y=1/24$, (151x151) grid, JBS=24]	30
Şekil 4.1.21. Tek jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=20s) [$\Delta x=1/60$, $\Delta y=1/24$, (151x151) grid, JBS=24]	30
Şekil 4.1.22. Tek jet durumunda v hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=20s) [$\Delta x=1/60$, $\Delta y=1/24$, (151x151) grid, JBS=24]	31
Şekil 4.1.23. Tek jet durumunda basıncın y doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=20s) [$\Delta x=1/60$, $\Delta y=1/24$, (151x151) grid, JBS=24]	31
Şekil 4.1.24. Tek jet durumunda basıncın y doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=20s) [$\Delta x=1/60$, $\Delta y=1/24$, (151x151) grid, JBS=24] **	31
Şekil 4.1.25. Tek jet için hız vektörü doğrultuları (Re=0.5, T=5s)	32
Şekil 4.1.26. Tek jet için hız vektörü doğrultuları (Re=25, T=25s)	32
Şekil 4.2.1. Paralel jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=0.5, T=1s) [$\Delta x=1/6$, $\Delta y=1/12$, (151x151) grid, JBS=12, JBSX=10]	33
Şekil 4.2.2. Paralel jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=0.5, T=1s) [$\Delta x=1/6$, $\Delta y=1/12$, (151x151) grid, JBS=12, JBSX=10]	33
Şekil 4.2.3. Paralel jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi (Re=0.5, T=1s) [$\Delta x=1/6$, $\Delta y=1/12$, (151x151) grid, JBS=12, JBSX=10]	33

Şekil 4.2.4. Paralel jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=0.5,T=3s) [$\Delta x=1/6$, $\Delta y=1/12$, (151x151) grid, JBS=12, JBSX=10]	34
Şekil 4.2.5. Paralel jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=0.5,T=3s) [$\Delta x=1/6$, $\Delta y=1/12$, (151x151) grid, JBS=12, JBSX=10]	34
Şekil 4.2.6. Paralel jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi (Re=0.5,T=3s) [$\Delta x=1/6$, $\Delta y=1/12$, (151x151) grid, JBS=12, JBSX=10]	34
Şekil 4.2.7. Paralel jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=0.5,T=5s) [$\Delta x=1/6$, $\Delta y=1/12$, (151x151) grid, JBS=12, JBSX=10]	35
Şekil 4.2.8. Paralel jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=0.5,T=5s) [$\Delta x=1/6$, $\Delta y=1/12$, (151x151) grid, JBS=12, JBSX=10]	35
Şekil 4.2.9. Paralel jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi (Re=0.5,T=5s) [$\Delta x=1/6$, $\Delta y=1/12$, (151x151) grid, JBS=12, JBSX=10]	35
Şekil 4.2.10. Paralel jet durumunda v hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=0.5,T=5s) [$\Delta x=1/6$, $\Delta y=1/12$, (151x151) grid, JBS=12, JBSX=10]	36
Şekil 4.2.11. Paralel jet durumunda basıncın y doğrultusundaki değişimi (Re=0.5,T=5s) [$\Delta x=1/6$, $\Delta y=1/12$, (151x151) grid, JBS=12, JBSX=10]	36
Şekil 4.2.12. Paralel jet durumunda basıncın y doğrultusundaki değişimi (Re=0.5,T=5s) [$\Delta x=1/6$, $\Delta y=1/12$, (151x151) grid, JBS=12, JBSX=10] **	36
Şekil 4.2.13. Paralel jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=25,T=5s) [$\Delta x=1/12$, $\Delta y=1/12$, (151x151) grid, JBS=12, JBSX=10]	37
Şekil 4.2.14. Paralel jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=25,T=5s) [$\Delta x=1/12$, $\Delta y=1/12$, (151x151) grid, JBS=12, JBSX=10]	37
Şekil 4.2.15. Paralel jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi (Re=25,T=5s) [$\Delta x=1/12$, $\Delta y=1/12$, (151x151) grid, JBS=12, JBSX=10]	37
Şekil 4.2.16. Paralel jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=15) [$\Delta x=1/12$, $\Delta y=1/12$, (151x151) grid, JBS=12, JBSX=10]	38
Şekil 4.2.17. Paralel jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=15) [$\Delta x=1/12$, $\Delta y=1/12$, (151x151) grid, JBS=12, JBSX=10]	38
Şekil 4.2.18. Paralel jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=5s) [$\Delta x=1/12$, $\Delta y=1/12$, (151x151) grid, JBS=12, JBSX=10]	38
Şekil 4.2.19. Paralel jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=25,T=25s) [$\Delta x=1/12$, $\Delta y=1/12$, (151x151) grid, JBS=12, JBSX=10]	39
Şekil 4.2.20. Paralel jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=25,T=25s) [$\Delta x=1/12$, $\Delta y=1/12$, (151x151) grid, JBS=12, JBSX=10]	39
Şekil 4.2.21. Paralel jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi (Re=25,T=25s) [$\Delta x=1/12$, $\Delta y=1/12$, (151x151) grid, JBS=12, JBSX=10]	39

Şekil 4.2.22. Paralel jet durumunda v hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=25s$) [$\Delta x=1/12, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, JBS=12, JBSX=10]	40
Şekil 4.2.23. Paralel jet durumunda basıncın y doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=25s$) [$\Delta x=1/12, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, JBS=12, JBSX=10]	40
Şekil 4.2.24. Paralel jet durumunda basıncın y doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=25s$) [$\Delta x=1/12, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, JBS=12, JBSX=10] **	40
Şekil 4.2.25. Paralel jet için hız vektörü doğrultuları ($Re=0.5, T=5s$)	41
Şekil 4.2.26. Paralel jet için hız vektörü doğrultuları ($Re=25, T=25s$)	41
Şekil 4.3.1 Çapraz jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=1s$) [$\Delta x=1/6, \Delta y=1/6, (31 \times 31)$ grid, JBS=6]	42
Şekil 4.3.2. Çapraz jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=1s$) [$\Delta x=1/6, \Delta y=1/6, (31 \times 31)$ grid, JBS=6] **	42
Şekil 4.3.3. Çapraz jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=1s$) [$\Delta x=1/6, \Delta y=1/6, (31 \times 31)$ grid, JBS=6]	43
Şekil 4.3.4. Çapraz jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=1s$) [$\Delta x=1/6, \Delta y=1/6, (31 \times 31)$ grid, JBS=6]	43
Şekil 4.3.5. Çapraz jet durumunda v hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=1s$) [$\Delta x=1/6, \Delta y=1/6, (31 \times 31)$ grid, JBS=6] **	44
Şekil 4.3.6. Çapraz jet durumunda v hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=1s$) [$\Delta x=1/6, \Delta y=1/6, (31 \times 31)$ grid, JBS=6]	44
Şekil 4.3.7. Çapraz jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=3s$) [$\Delta x=1/6, \Delta y=1/6, (31 \times 31)$ grid, JBS=6]	45
Şekil 4.3.8. Çapraz jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=3s$) [$\Delta x=1/6, \Delta y=1/6, (31 \times 31)$ grid, JBS=6] **	45
Şekil 4.3.9 Çapraz jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=3s$) [$\Delta x=1/6, \Delta y=1/6, (31 \times 31)$ grid, JBS=6]	46
Şekil 4.3.10. Çapraz jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=3s$) [$\Delta x=1/6, \Delta y=1/6, (31 \times 31)$ grid, JBS=6]	46
Şekil 4.3.11. Çapraz jet durumunda v hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=3s$) [$\Delta x=1/6, \Delta y=1/6, (31 \times 31)$ grid, JBS=6] **	47
Şekil 4.3.12. Çapraz jet durumunda v hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=3s$) [$\Delta x=1/6, \Delta y=1/6, (31 \times 31)$ grid, JBS=6]	47
Şekil 4.3.13. Çapraz jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=5s$) [$\Delta x=1/6, \Delta y=1/6, (31 \times 31)$ grid, JBS=6]	48
Şekil 4.3.14. Çapraz jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=5s$) [$\Delta x=1/6, \Delta y=1/6, (31 \times 31)$ grid, JBS=6] **	48

Şekil 4.3.15. Çapraz jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=5s$) [$\Delta x=1/6$, $\Delta y=1/6$, (31x31) grid, JBS=6]	49
Şekil 4.3.16. Çapraz jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=5s$) [$\Delta x=1/6$, $\Delta y=1/6$, (31x31) grid, JBS=6]	49
Şekil 4.3.17. Çapraz jet durumunda v hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=5s$) [$\Delta x=1/6$, $\Delta y=1/6$, (31x31) grid, JBS=6] **	50
Şekil 4.3.18. Çapraz jet durumunda v hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=5s$) [$\Delta x=1/6$, $\Delta y=1/6$, (31x31) grid, JBS=6]	50
Şekil 4.3.19. Çapraz jet durumunda v hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=5s$) [$\Delta x=1/6$, $\Delta y=1/6$, (31x31) grid, JBS=6]	51
Şekil 4.3.20. Çapraz jet durumunda basıncın y doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=5s$) [$\Delta x=1/6$, $\Delta y=1/6$, (31x31) grid, JBS=6]	51
Şekil 4.3.21. Çapraz jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=5s$) [$\Delta x=1/12$, $\Delta y=1/12$, (61x61) grid, JBS=12]	52
Şekil 4.3.22. Çapraz jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=5s$) [$\Delta x=1/12$, $\Delta y=1/12$, (61x61) grid, JBS=12] **	52
Şekil 4.3.23. Çapraz jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=5s$) [$\Delta x=1/12$, $\Delta y=1/12$, (61x61) grid, JBS=12]	53
Şekil 4.3.24. Çapraz jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=5s$) [$\Delta x=1/12$, $\Delta y=1/12$, (61x61) grid, JBS=12]	53
Şekil 4.3.25. Çapraz jet durumunda v hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=5s$) [$\Delta x=1/12$, $\Delta y=1/12$, (61x61) grid, JBS=12] **	54
Şekil 4.3.26. Çapraz jet durumunda v hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=5s$) [$\Delta x=1/12$, $\Delta y=1/12$, (61x61) grid, JBS=12]	54
Şekil 4.3.27. Çapraz jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=15s$) [$\Delta x=1/12$, $\Delta y=1/12$, (61x61) grid, JBS=12]	55
Şekil 4.3.28. Çapraz jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=15s$) [$\Delta x=1/12$, $\Delta y=1/12$, (61x61) grid, JBS=12] **	55
Şekil 4.3.29. Çapraz jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=15s$) [$\Delta x=1/12$, $\Delta y=1/12$, (61x61) grid, JBS=12]	56
Şekil 4.3.30. Çapraz jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=15s$) [$\Delta x=1/12$, $\Delta y=1/12$, (61x61) grid, JBS=12]	56
Şekil 4.3.31. Çapraz jet durumunda v hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=15s$) [$\Delta x=1/12$, $\Delta y=1/12$, (61x61) grid, JBS=12] **	57
Şekil 4.3.32. Çapraz jet durumunda v hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=15s$) [$\Delta x=1/12$, $\Delta y=1/12$, (61x61) grid, JBS=12]	57

Şekil 4.3.33. Çapraz jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=25,T=25s) [$\Delta x=1/12$, $\Delta y=1/12$, (61x61) grid, JBS=12]	58
Şekil 4.3.34. Çapraz jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=25,T=25s) [$\Delta x=1/12$, $\Delta y=1/12$, (61x61) grid, JBS=12] **	58
Şekil 4.3.35. Çapraz jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=25,T=25s) [$\Delta x=1/12$, $\Delta y=1/12$, (61x61) grid, JBS=12]	59
Şekil 4.3.36. Çapraz jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi (Re=25,T=25s) [$\Delta x=1/12$, $\Delta y=1/12$, (61x61) grid, JBS=12]	59
Şekil 4.3.37. Çapraz jet durumunda v hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=25,T=25s) [$\Delta x=1/12$, $\Delta y=1/12$, (61x61) grid, JBS=12] **	60
Şekil 4.3.38. Çapraz jet durumunda v hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=25,T=25s) [$\Delta x=1/12$, $\Delta y=1/12$, (61x61) grid, JBS=12]	60
Şekil 4.3.39. Çapraz jet durumunda v hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=25,T=25s) [$\Delta x=1/12$, $\Delta y=1/12$, (61x61) grid, JBS=12]	61
Şekil 4.3.40. Çapraz jet durumunda basıncın y doğrultusundaki değişimi (Re=25,T=25s) [$\Delta x=1/12$, $\Delta y=1/12$, (61x61) grid, JBS=12]	61
Şekil 4.3.41. Çapraz jet durumunda hız vektörü doğrultuları (Re=0.5, T=5s)	62
Şekil 4.3.42. Çapraz jet durumunda hız vektörü doğrultuları (Re=25, T=25s)	62
Şekil 4.4.1. Zıt jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=0.5,T=1s) [$\Delta x=1/6$, $\Delta y=1/12$, (61x201) grid, JBS=12, JBSX=10]	63
Şekil 4.4.2. Zıt jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=0.5,T=1s) [$\Delta x=1/6$, $\Delta y=1/12$, (61x201) grid, JBS=12, JBSX=10]	63
Şekil 4.4.3. Zıt jet durumunda v hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=0.5,T=1s) [$\Delta x=1/6$, $\Delta y=1/12$, (61x201) grid, JBS=12, JBSX=10]	64
Şekil 4.4.4. Zıt jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi (Re=0.5,T=1s) [$\Delta x=1/6$, $\Delta y=1/12$, (61x201) grid, JBS=12, JBSX=10]	64
Şekil 4.4.5. Zıt jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=0.5,T=3s) [$\Delta x=1/6$, $\Delta y=1/12$, (61x201) grid, JBS=12, JBSX=10]	65
Şekil 4.4.6. Zıt jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=0.5,T=3s) [$\Delta x=1/6$, $\Delta y=1/12$, (61x201) grid, JBS=12, JBSX=10]	65
Şekil 4.4.7. Zıt jet durumunda v hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=0.5,T=3s) [$\Delta x=1/6$, $\Delta y=1/12$, (61x201) grid, JBS=12, JBSX=10]	66
Şekil 4.4.8. Zıt jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi (Re=0.5,T=3s) [$\Delta x=1/6$, $\Delta y=1/12$, (61x201) grid, JBS=12, JBSX=10]	66
Şekil 4.4.9. Zıt jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=0.5,T=5s) [$\Delta x=1/6$, $\Delta y=1/12$, (61x201) grid, JBS=12, JBSX=10]	67

Şekil 4.4.10. Zıt jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=0.5, T=5s) [$\Delta x=1/6$, $\Delta y=1/12$, (61x201) grid, JBS=12, JBSX=10]	67
Şekil 4.4.11. Zıt jet durumunda v hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=0.5, T=5s) [$\Delta x=1/6$, $\Delta y=1/12$, (61x201) grid, JBS=12, JBSX=10]	68
Şekil 4.4.12. Zıt jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi (Re=0.5, T=5s) [$\Delta x=1/6$, $\Delta y=1/12$, (61x201) grid, JBS=12, JBSX=10]	68
Şekil 4.4.13. Zıt jet durumunda v hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=0.5, T=5s) [$\Delta x=1/6$, $\Delta y=1/12$, (61x201) grid, JBS=12, JBSX=10]	69
Şekil 4.4.14. Zıt jet durumunda basıncın y doğrultusundaki değişimi (Re=0.5, T=5s) [$\Delta x=1/6$, $\Delta y=1/12$, (61x201) grid, JBS=12, JBSX=10]	69
Şekil 4.4.15. Zıt jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=0.5, T=1s) [$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]	70
Şekil 4.4.16. Zıt jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=0.5, T=1s) [$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]	70
Şekil 4.4.17. Zıt jet durumunda v hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=0.5, T=1s) [$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]	71
Şekil 4.4.18. Zıt jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi (Re=0.5, T=1s) [$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]	71
Şekil 4.4.19. Zıt jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=0.5, T=3s) [$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]	72
Şekil 4.4.20. Zıt jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=0.5, T=3s) [$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]	72
Şekil 4.4.21. Zıt jet durumunda v hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=0.5, T=3s) [$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]	73
Şekil 4.4.22. Zıt jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi (Re=0.5, T=3s) [$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]	73
Şekil 4.4.23. Zıt jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=0.5, T=5s) [$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]	74
Şekil 4.4.24. Zıt jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=0.5, T=5s) [$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]	74
Şekil 4.4.25. Zıt jet durumunda v hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=0.5, T=5s) [$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]	75
Şekil 4.4.26. Zıt jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi (Re=0.5, T=5s) [$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]	75
Şekil 4.4.27. Zıt jet durumunda v hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=0.5, T=5s) [$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]	76

Şekil 4.4.28. Zıt jet durumunda basıncın y doğrultusundaki değişimi (Re=0.5, T=5s) [$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]	76
Şekil 4.4.29. Zıt jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=5s) [$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]	77
Şekil 4.4.30. Zıt jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=5s) [$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]	77
Şekil 4.4.31. Zıt jet durumunda v hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=5s) [$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]	78
Şekil 4.4.32. Zıt jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=5s) [$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]	78
Şekil 4.4.33. Zıt jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=15s) [$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]	79
Şekil 4.4.34. Zıt jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=15s) [$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]	79
Şekil 4.4.35. Zıt jet durumunda v hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=15s) [$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]	80
Şekil 4.4.36. Zıt jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=15s) [$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]	80
Şekil 4.4.37. Zıt jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=25s) [$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]	81
Şekil 4.4.38. Zıt jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=25s) [$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]	81
Şekil 4.4.39. Zıt jet durumunda v hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=25s) [$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]	82
Şekil 4.4.40. Zıt jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=25s) [$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]	82
Şekil 4.4.41. Zıt jet durumunda v hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=25s) [$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]	83
Şekil 4.4.42. Zıt jet durumunda basıncın y doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=25s) [$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]	83
Şekil 4.4.43. Zıt jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=50, T=5s) [$\Delta x=1/60$, $\Delta y=1/24$, (101x301) grid, JBS=24, JBSX=20]	84
Şekil 4.4.44. Zıt jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=50, T=5s) [$\Delta x=1/60$, $\Delta y=1/24$, (101x301) grid, JBS=24, JBSX=20]	84
Şekil 4.4.45. Zıt jet durumunda v hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=50, T=5s) [$\Delta x=1/60$, $\Delta y=1/24$, (101x301) grid, JBS=24, JBSX=20]	85

Şekil 4.4.46. Zıt jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi (Re=50, T=5s) [$\Delta x=1/60$, $\Delta y=1/24$, (101x301) grid, JBS=24, JBSX=20]	85
Şekil 4.4.47. Zıt jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=50, T=15s) [$\Delta x=1/60$, $\Delta y=1/24$, (101x301) grid, JBS=24, JBSX=20]	86
Şekil 4.4.48. Zıt jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=50, T=15s) [$\Delta x=1/60$, $\Delta y=1/24$, (101x301) grid, JBS=24, JBSX=20]	86
Şekil 4.4.49. Zıt jet durumunda v hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=50, T=15s) [$\Delta x=1/60$, $\Delta y=1/24$, (101x301) grid, JBS=24, JBSX=20]	87
Şekil 4.4.50. Zıt jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi (Re=50, T=15s) [$\Delta x=1/60$, $\Delta y=1/24$, (101x301) grid, JBS=24, JBSX=20]	87
Şekil 4.4.51. Zıt jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=50, T=25s) [$\Delta x=1/60$, $\Delta y=1/24$, (101x301) grid, JBS=24, JBSX=20]	88
Şekil 4.4.52. Zıt jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=50, T=25s) [$\Delta x=1/60$, $\Delta y=1/24$, (101x301) grid, JBS=24, JBSX=20]	88
Şekil 4.4.53. Zıt jet durumunda v hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=50, T=25s) [$\Delta x=1/60$, $\Delta y=1/24$, (101x301) grid, JBS=24, JBSX=20]	89
Şekil 4.4.54. Zıt jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi (Re=50, T=25s) [$\Delta x=1/60$, $\Delta y=1/24$, (101x301) grid, JBS=24, JBSX=20]	89
Şekil 4.4.55. Zıt jet durumunda v hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=50, T=25s) [$\Delta x=1/60$, $\Delta y=1/24$, (101x301) grid, JBS=24, JBSX=20]	90
Şekil 4.4.56. Zıt jet durumunda basıncın y doğrultusundaki değişimi (Re=50, T=25s) [$\Delta x=1/60$, $\Delta y=1/24$, (101x301) grid, JBS=24, JBSX=20]	90
Şekil 4.4.57. Zıt jet için hız vektörü doğrultuları (Re=0.5, T=5s)	91
Şekil 4.4.58. Zıt jet için hız vektörü doğrultuları (Re=25, T=25s)	91

TABLolar LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1. Laminar jetlerin karakteristikleri	4
Tablo 2.2. Türbülanslı jetlerin karakteristikleri	5



SİMGELER LİSTESİ

b	: $(1/2)u_m$ 'e karşılık gelen jet genişliği	(m)
b_o	: Jet çıkışındaki kanal yarı genişliği	(m)
D	: Nozul çapı	(m)
L	: Kanal genişliği	(m)
P	: Boyutsuz akışkan basıncı	-
Q	: Hacimsel debi	(m ³ /s)
Q_o	: Jet çıkışındaki hacimsel debi	(m ³ /s)
Re	: Akışkanın Reynolds sayısı	-
r_o	: Jet çıkışındaki nozul yarıçapı	(m)
t	: Boyutsuz zaman	-
U_o	: Jet çıkış hızı	(m/s)
u_m	: Boyutsuz merkez hattı hızı	-
u	: x yönündeki boyutsuz hız bileşeni	-
v	: y yönündeki boyutsuz hız bileşeni	-
v_e	: Sürüklenme hızı	(m/s)
x,y	: Kartezyen geometride boyutsuz koordinatlar	-
μ	: Akışkanın dinamik viskozitesi	(N/m ² s)
ν	: Akışkanın kinematik viskozitesi	(m ² /s)
ρ	: Boyutsuz akışkan yoğunluğu	-
ρ_∞	: Ortamdaki akışkan yoğunluğu	kg/m ³
α	: Jet çıkışındaki basınç katsayısı	-
ε	: Yakınsama kriteri	-
ψ	: Akım fonksiyonu	-
Δx	: x yönünde gridler arası mesafe (boyutsuz)	-
Δy	: y yönünde gridler arası mesafe (boyutsuz)	-
Δt	: Zaman adımı (boyutsuz)	-
**	: Girişim bölgesi şartları	-

1. GİRİŞ

Muhtelif jetlerin girişimi, birçok mühendislik problemlerinde ilginç bir araştırma konusu olmuştur. Tek jet için literatürde pek çok deneysel ve kuramsal çalışma bulunmasına rağmen, birden fazla jetin girişimi ile ilgili deneysel ve kuramsal çalışmalar oldukça azdır. Hele bu konuda sayısal çalışmalar yok denecek kadar azdır.

Son yıllarda bilgisayar teknolojisinde görülen ilerlemeler sayesinde pek çok mühendislik probleminin sayısal analizi mümkün olabilmektedir. Deneysel çalışmaların çok pahalıya mal olması sebebiyle jet problemlerinin sayısal analiz yöntemleriyle incelenmesi gittikçe daha fazla önem kazanmaktadır. Literatür incelendiğinde günümüze kadar sıkıştırılmaz akışkan kabülü ile tek jet için yapılan sayısal çalışmaların gittikçe arttığı görülmektedir. Buna karşılık sıkıştırılabilir akış durumunda bilinmeyen ve denklem sayısı arttığından bununla orantılı olarak bilgisayar hafızası ve çalışma süresi de artmakta, dolayısıyla çözüm uzamaktadır.

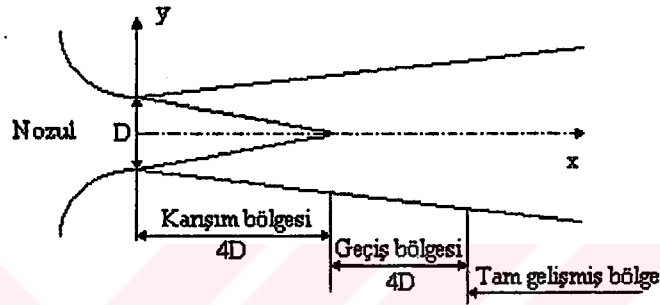
Bu çalışmada serbest jet, paralel jet, çapraz jet ve zıt jet durumlarında değişik Reynolds sayılarında hareket denklemlerinin çözümü sayısal olarak gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışma 4 bölümden ibarettir. İkinci bölümde çalışma ile ilgili literatür araştırması yapılmıştır. Üçüncü bölümde, hareket denklemleri verilmiş, denklemlerin sonlu fark halinde yazılışı açıklanmıştır. Ayrıca çalışmada kullanılan ağ sistemi, problemin sınır şartları ile beraber çözüm yöntemi ve hesaplama detayları da açıklanmıştır. Dördüncü ve son bölümde, jetlerin girişimi problemi için elde edilen sayısal sonuçların bir münakaşası sunulmuştur. Tek jet durumunda elde edilen sonuçlarla ikinci bölümde verilen teorik sonuçlar ve bazı araştırmacılar tarafından verilen deneysel sonuçlar karşılaştırılmış ve bundan sonraki çalışmalara ışık tutması amacı ile bazı tavsiye ve öneriler verilmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Subsonik Jetlerin Akışkanlar Mekanikliği

Yüksek Reynolds sayısında daralan bir lüleden (oldukça üniform U_0 hızıyla) durgun bir akışkan içine yayılan hava jetini göz önüne alalım. Bu Şekil 2.1 de görülmektedir.



Şekil 2.1. Jet yapısı

Jet lüleden ayrılırken halka şeklinde, hareketli akışkan ile çevresindeki sakin akışkan arasında bir karışım tabakası meydana gelir. Bu bölgedeki akış jet altakış çapının yarısı civarında türbülanslı olur. Sonra altakış çapının 4 ya da 5 katında tüm jeti doldurana kadar her iki yönde lineer olarak yayılır. Karışım tabakasının kalınlığı yaklaşık $0.2x$ ile $0.25x$ civarındadır. Türbülanslı akım ile çevrili konik bölge içerisinde hareket laminar kaldığından genellikle bu bölgeye potansiyel çekirdek denir. Şüphesiz karışım tabakasının sınırı Şekil 2.1' de gösterildiği gibi düz değildir. Şekil 2.2 'de daha uygun bir görünüş görülmektedir.

Önce karışım tabakası jeti doldurur, üniform gelişmesi durur ve farklı bir gelişme başlar, buna geçiş bölgesi denir. Sonuç olarak altakışmdan yaklaşık 8 çap kadar sonra tam gelişmiş bölge başlar. Bu bölge x ile lineer olarak fakat karışım tabakasından farklı bir hızda büyür.



Şekil 2.2. Karışım tabakasının sınırı

2.1.1. Laminar jet durumu

Andrade (1939) düzlemsel laminar bir hava jetinin $U_0(2b_0)/\nu=30$ un üzerindeki Reynolds sayılarında akış içerisinde karışıklıkların meydana geldiğini ve türbülans kararsızlıklarının farkedilebilir bir seviyeye ulaştığını buldu.

Jetlerin en önemli özelliklerinden birisi aşırı derecede kararsız olmalarıdır. Laminar bir jetin kararlılığı jetin maksimum hız ve aralık genişliği ile ifade edilen Reynolds sayısı ile karakterize edilir. Reynolds sayısı 10 ve yaklaşık 50 arasında olduğunda jetde periyodik hız değişimleri bulunur. Bu periyodik hız değişimleri düzensiz değişimlere dönüşmeden akım yönünde gidildikçe yok olurlar. Reynolds sayısı yaklaşık olarak 50' yi geçtiği zaman periyodik değişimler düzensiz türbülanslı değişimlere dönüşürler. Periyodik değişimlerin frekansı kabaca jet hızının karesi ile orantılıdır.

Mc Naughton ve Sinclair (1966) eksenel simetrik bir jet için $U_0(2r_0)/\nu =1000$ Reynolds sayısına kadar jetin laminar kaldığını ve 3000 değerinin üzerinde ise tamamen türbülanslı olduğunu gözlemlediler.

Schlichting (1979) ve diğer bazı araştırmacılar jet yarı genişliği (b) nin düzlemsel jet halinde laminar ve türbülanslı akım için sırasıyla $x^{2/3}$ ve x ile orantılı olarak değiştiğini, merkez hattı hızının ise laminar akım halinde $x^{-1/3}$ ile , türbülanslı jetde ise $x^{-1/2}$ ile orantılı olarak değiştiğini buldular. Eksenel simetrik jetde ise hem laminar hem de türbülanslı akış için b mesafesi x ile orantılı iken, merkez hattı hızı x^{-1} ile orantılı olarak değişmektedir.

Laminar jetlerin karakteristik özellikleri Tablo 2.1 de özetlenmiştir. Merkez hattında akım hızı eksenel mesafe ile ters orantılı olarak azalır ve jet genişliği eksenel mesafe ile artar. Böylece jet yayılır ve hızı azalır. Jet tarafından sürüklenen akışkanın hacmi ise eksenel mesafe ile artar. Jet , ortamdaki akışkanı jete çekerek sürükler. Bu sürüklenme, jetlerin temel bir özelliğidir. Merkez hattı akış hızı ve çapraz genişliğe bağlı olan jet Reynolds sayısı düzlemsel jet için eksenel mesafe ile artar. Reynolds sayısı eksenel simetrik jet için ise sabittir. Sonuç olarak düzlemsel laminar jet, türbülanslı akıma geçmeye eksenel simetrik bir jet 'den daha meyillidir.

Tablo 2.1. Laminar jetlerin karakteristikleri

Jet Karakteristikleri	Düzlemsel Jet	Eksenel Simetrik Jet
1. Akım fonksiyonu ψ	$\psi = 1.651(M_0 \nu x)^{1/3} \tanh \xi$ Burada $\xi = 0.2752 \left(\frac{M_0}{\nu^2} \right)^{1/3} \frac{y}{x^{2/3}}$ $M_0 = \int_{-\infty}^{\infty} u^2 dy = \text{sabit}$	$\psi = \nu x \frac{\xi^2}{1 + \frac{1}{4}\xi^2}$ Burada $\xi = \left(\frac{3}{16\pi} \right)^{1/2} \frac{M_0^{1/2}}{\nu} \frac{r}{x}$ $M_0 = 2\pi \int_0^{\infty} u^2 r dr = \text{sabit}$
2. Merkez hattı hızı, u_m	$0.4543 \left(\frac{M_0^2}{\nu x} \right)^{1/3}$	$\frac{3 M_0}{8\pi \nu x}$
3. u hızı	$0.4543 \left(\frac{M_0^2}{\nu x} \right)^{1/3} (1 - \tanh^2 \xi)$	$\frac{3 M_0}{8\pi \nu x} \frac{1}{\left(1 + \frac{1}{4}\xi^2\right)^2}$
4. v hızı	$0.5503 \left(\frac{M_0 \nu}{x^2} \right)^{1/2} [2\xi(1 - \tanh^2 \xi) - \tanh \xi]$	$\frac{1}{4} \left(\frac{3}{\pi} \right)^{1/2} \frac{M_0^{1/2}}{x} \frac{\xi - \frac{1}{4}\xi^3}{\left(1 + \frac{1}{4}\xi^2\right)^2}$
5. Genişlik, b	$3.203 \left(\frac{\nu^2}{M_0} \right)^{1/3} x^{2/3}$	$5.269 \left(\frac{\nu^2}{M_0} \right)^{1/2} x$
6. Hacimsel Debi, Q	$3.3019 (M_0 \nu x)^{1/3}$, yanığın birim uzunluğu başına	$8\pi \nu x$
7. Reynolds Sayısı $u_m b/\nu$	$1.455 \left(\frac{M_0 x}{\nu} \right)^{1/3}$	$0.6289 \frac{M_0^{1/2}}{\nu}$
8. Laminar Akış İçin Max. Reynolds Sayısı	$\frac{u_0 (2 b_0)}{\nu} \approx 30$	$\frac{u_0 (2 r_0)}{D} \approx 1000$

2.1.2. Türbülanslı jet durumu

Türbülanslı bir jet Şekil 2.1 'de gösterilmiş üç bölgenin toplamıdır. Bunlar karışım bölgesi,geçiş bölgesi ve tam gelişmiş bölgedir. Tablo 2.2 'de verilmiş olan türbülanslı jetlerin karakteristikleri jet 'in teorik gelişimini de göz önüne alan deneysel olarak ölçülmüş katsayılara sahip zaman ortalamalı özelliklerdir.

Jet 'in tam gelişmiş bölgesindeki herhangi bir noktadaki aksenal hız Tablo 2.2 'nin 2. ve 3. sütunlarındaki ifadeler kullanılarak elde edilirler.

$$\text{Düzlemsel jet} \quad u(x,y) = 3.5(b_0/x)^{1/2} u_0 e^{-57(y/x)^2}$$

$$\text{Eksenel simetrik jet} \quad u(x,r) = 12(r_0/x)^{1/2} u_0 e^{-94(r/x)^2}$$

Tablo2.2. Türbülanslı jetlerin karakteristikleri

Jet Karakteristikleri	Düzlemsel Jet	Eksenel simetrik Jet	Radyal Jet
1. Karışım Tabakası Uzunluğu	$12 b_o$	$10 r_o$	$4(R_o b_o)^{1/2}$
2. Merkez Hattı Hızı	$3.4 \left(\frac{b_o}{x}\right)^{1/2} U_o$	$12 \frac{r_o}{x} U_o$	$3.5 \frac{(R_o b_o)^{1/2}}{r^{1/2}(R_o - r)^{1/2}}$
3. Hız Profili u/u_m	$e^{-57(y/x)^2}$	$e^{-94(r/x)^2}$	$e^{-57(y/r)^2}$
4. Genişlik, b	$0.11 x$	$0.086 x$	$0.11 r$
5. Hacimsel Debi, Q	$0.44 \left(\frac{x}{b_o}\right)^{1/2} Q_o$	$0.16 \frac{x}{r_o} Q_o$	---
6. Sürüklenme Hızı v_e	$0.053 u_m$	$0.031 u_m$	---

3. FORMÜLASYON

3.1. Hareket Denklemleri

Kartezyen Koordinatlarda, zamana bağlı, sıkıştırılabilen bir akışın kısmi differansiyel denklemleri iki boyutlu durumda aşağıdaki gibi yazılabilir.

x momentum ,

$$\rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} \right) = - \frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + \frac{1}{3} \mu \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) \quad (3.1)$$

y momentum ,

$$\rho \left(\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} \right) = - \frac{\partial p}{\partial y} + \mu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + \frac{1}{3} \mu \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) \quad (3.2)$$

Süreklilik ,

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} = 0 \quad (3.3)$$

Durum Denklemleri ,

$$p \cdot \rho^{-k} = \text{sabit} \quad (3.4)$$

3.1.1. Denklemlerin boyutsuzlaştırılması

$$x^* = \frac{x}{L} \quad , \quad y^* = \frac{y}{L} \quad , \quad u^* = \frac{u}{u_0} \quad , \quad v^* = \frac{v}{u_0}$$

$$\rho^* = \frac{\rho}{\rho_\infty} \quad , \quad t^* = \frac{t}{L/u_0} \quad , \quad p^* = \frac{p}{\rho_\infty u_0^2}$$

Boyutsuz sayılardan, boyutlu büyüklükler çekilip yukarıdaki denklemlerde yerine yazılırsa boyutsuz hareket denklemleri elde edilir.

x momentum ,

$$\rho^* \left(\frac{\partial u^*}{\partial t^*} + u^* \frac{\partial u^*}{\partial x^*} + v^* \frac{\partial u^*}{\partial y^*} \right) = -\frac{\partial p^*}{\partial x^*} + \frac{1}{\text{Re}} \left\{ \left[\frac{\partial^2 u^*}{\partial x^{*2}} + \frac{\partial^2 u^*}{\partial y^{*2}} \right] + \frac{1}{3} \frac{\partial}{\partial x^*} \left(\frac{\partial u^*}{\partial x^*} + \frac{\partial v^*}{\partial y^*} \right) \right\} \quad (3.5)$$

y momentum ,

$$\rho^* \left(\frac{\partial v^*}{\partial t^*} + u^* \frac{\partial v^*}{\partial x^*} + v^* \frac{\partial v^*}{\partial y^*} \right) = -\frac{\partial p^*}{\partial y^*} + \frac{1}{\text{Re}} \left\{ \left[\frac{\partial^2 v^*}{\partial x^{*2}} + \frac{\partial^2 v^*}{\partial y^{*2}} \right] + \frac{1}{3} \frac{\partial}{\partial y^*} \left(\frac{\partial u^*}{\partial x^*} + \frac{\partial v^*}{\partial y^*} \right) \right\} \quad (3.6)$$

Süreklilik ,

$$\frac{\partial \rho^*}{\partial t^*} + \frac{\partial(\rho^* u^*)}{\partial x^*} + \frac{\partial(\rho^* v^*)}{\partial y^*} = 0 \quad (3.7)$$

Durum Denklemi,

$$p^* \cdot \rho^{*-k} = \text{sabit} \quad (3.8)$$

bulunur. Burada $\text{Re} = \rho_\infty u_0 L / \mu$ alınacaktır.

3.1.2. Denklemlerin tipinin bulunuşu ve karakteristik yüzeyler

(3.1 ... 3.4) denklemleri ikinci dereceden kısmi diferansiyel denklem sistemi oluşturur ve birinci dereceden sisteme indirgenebilir. Karakteristik yüzeylerin bulunmasında sadece en yüksek türevli terimleri gözönüne almak yeterlidir (Courant-Hilbert, 1965).

$$\frac{\partial u}{\partial x} = l, \quad \frac{\partial u}{\partial y} = m, \quad \frac{\partial v}{\partial x} = r, \quad \frac{\partial v}{\partial y} = s$$

tanımlarıyla (3.1),(3.2),(3.3) ve (3.4) denklem sistemi şu hale gelir.

$$\frac{\partial l}{\partial y} - \frac{\partial m}{\partial x} = 0 \quad (3.9)$$

$$\frac{\partial r}{\partial y} - \frac{\partial s}{\partial x} = 0 \quad (3.10)$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} \right) = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + v \left(\frac{\partial l}{\partial x} + \frac{\partial m}{\partial y} \right) + \frac{1}{3} v \left(\frac{\partial(1+s)}{\partial x} \right) \quad (3.11)$$

$$\left(\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} \right) = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + v \left(\frac{\partial r}{\partial x} + \frac{\partial s}{\partial y} \right) + \frac{1}{3} v \left(\frac{\partial(1+s)}{\partial y} \right) \quad (3.12)$$

$$\left(\frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho \frac{\partial u}{\partial x} + \rho \frac{\partial v}{\partial y} \right) = -u \frac{\partial \rho}{\partial x} - v \frac{\partial \rho}{\partial y} \quad (3.13)$$

$$\rho^{-k} \frac{\partial \rho}{\partial \phi} - k \rho \rho^{-k-1} \frac{\partial \rho}{\partial \phi} = 0 \quad (3.14)$$

Bu denklem sisteminden karakteristik yüzeylerin yani $\phi(x,y,t)=st$ yüzeylerin denklemine geçerse, çözeceğimiz $\partial u/\partial \phi$, $\partial v/\partial \phi$, ... türevlerini bilinmeyenler olarak kabul eden lineer cebirsel denklem sisteminin katsayılar matrisi aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & \frac{\partial \phi}{\partial y} & 0 & -\frac{\partial \phi}{\partial x} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{\partial \phi}{\partial y} & 0 & -\frac{\partial \phi}{\partial x} & 0 & 0 \\ \frac{\partial \phi}{\partial t} + u \frac{\partial \phi}{\partial x} + v \frac{\partial \phi}{\partial y} & 0 & -\frac{4}{3} v \frac{\partial \phi}{\partial x} & 0 & -v \frac{\partial \phi}{\partial y} & -\frac{1}{3} v \frac{\partial \phi}{\partial x} & 0 & \frac{1}{\rho} \frac{\partial \phi}{\partial x} \\ 0 & \frac{\partial \phi}{\partial t} + u \frac{\partial \phi}{\partial x} + v \frac{\partial \phi}{\partial y} & -\frac{1}{3} v \frac{\partial \phi}{\partial y} & -v \frac{\partial \phi}{\partial x} & 0 & -\frac{4}{3} v \frac{\partial \phi}{\partial y} & 0 & \frac{1}{\rho} \frac{\partial \phi}{\partial y} \\ \rho \frac{\partial \phi}{\partial x} & \rho \frac{\partial \phi}{\partial y} & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{\partial \phi}{\partial t} + u \frac{\partial \phi}{\partial x} + v \frac{\partial \phi}{\partial y} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -k \rho \rho^{-k-1} & \rho^{-k} \end{bmatrix}$$

Bu matristen elde edilebilecek determinantı sıfır olmayan (6x6) lık matrislerden birini şu şekilde yazabiliriz.

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial \phi}{\partial y} & 0 & -\frac{\partial \phi}{\partial x} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\partial \phi}{\partial y} & 0 & -\frac{\partial \phi}{\partial x} & 0 & 0 \\ -\frac{4}{3} v \frac{\partial \phi}{\partial x} & 0 & -v \frac{\partial \phi}{\partial y} & -\frac{1}{3} v \frac{\partial \phi}{\partial x} & 0 & \frac{1}{\rho} \frac{\partial \phi}{\partial x} \\ \frac{1}{3} v \frac{\partial \phi}{\partial y} & -v \frac{\partial \phi}{\partial x} & 0 & -\frac{4}{3} v \frac{\partial \phi}{\partial y} & 0 & \frac{1}{\rho} \frac{\partial \phi}{\partial y} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{\partial \phi}{\partial t} + u \frac{\partial \phi}{\partial x} + v \frac{\partial \phi}{\partial y} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -k \rho \rho^{-k-1} & \rho^{-k} \end{bmatrix}$$

Bu matrisin determinanı,

$$D = -\frac{4}{3} v^2 \rho^{-k} \left(\frac{\partial \phi}{\partial t} + u \frac{\partial \phi}{\partial x} + v \frac{\partial \phi}{\partial y} \right) \left\{ \left(\frac{\partial \phi}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial \phi}{\partial y} \right)^2 \right\}^2 \quad (3.15)$$

olarak bulunur. Karakteristik yüzeylerin bulunması için bu determinantın sıfıra eşitlenmesi gerekir. Buradan,

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + u \frac{\partial \phi}{\partial x} + v \frac{\partial \phi}{\partial y} = 0$$

bulunur. Bu denklemin çözümü,

$$\frac{dt}{1} = \frac{dx}{u} = \frac{dy}{v} = \frac{d\phi}{0} = 0$$

denklemleri ile belirlenebilir. Yani karakteristik yüzeyler ($\phi = \text{st. yüzeyleri}$) üzerinde

$$\begin{aligned} dx &= u dt \\ dy &= v dt \\ dy &= (v/u) dx \end{aligned}$$

bağıntılarından herhangi ikisi sağlanmalıdır. Bu ise herhangi bir noktadaki hız vektörü ile karakteristik yüzeyin o noktadaki teğetinin çakıştığını ifade etmektedir. Burada iki nokta önem kazanmaktadır.

1) Hız vektörünün mevcut olduğu (sıfır olmadığı) her noktada denklemler parabolik denklem karakteri göstermektedir.

2) Hız vektörünün değeri önceden bilinmeyeceği için karakteristik doğrultular ancak problem çözüldüğünde hız vektörü ile birlikte elde edilebilecektir. Bu doğrultular mesela Şekil 4.1.26 daki gibi bulunabilirler.

Yukarıdaki analize göre bu tezde ele alınacak problemlerin "iyi vaz edilmiş" problemler olarak nasıl kurulacağı matematik kesinlik taşımamaktadır. Böyle durumlarda fiziksel şartların yol gösterici olması gerekir. Özellikle iki jet halinde ve girişim bölgesinde bu husus önem kazanmaktadır.

Bu tezde olayın fiziğinden hareket edilerek ve fiziksel büyüklüklerin zamanla değişiminin ($\partial u/\partial t$, $\partial v/\partial t$...) çok hızlı olmadığı kabul edilerek şöyle bir mantık kullanılmıştır: Bir t zamanından diğer $t+\Delta t$ zamanına geçişte denklemlerin parabolik karakteri gözlenmiş ancak belirli bir t anında ($t=\text{st}$, x , y) düzleminde) denklemler eliptik

denklem gibi işleme tabi tutulmuştur. Zaten denklemlerle birlikte verilen bütün sınır şartlarının zamandan bağımsız olması da böyle bir kabulü zorunlu kılmaktadır. Diğer sözlerle zaman değişkeni t bu tezde ($t=st$, x , y) düzlemleri arasında bir skala çarpanı gibi mülâhaza edilmiştir. Gerçekten de tek jet halinde bulunan çözümün, iyi bilinen benzerlik çözümleri ile uyuşması bu fikri desteklemektedir.

3.2. Sonlu Fark Denklemleri

Sonlu fark denklemleri yazılırken yakınsamanın ve kararlılığın her zaman adımı için geçerli olabilmesi amacıyla Crank-Nicholson İmplicit Metodu kullanıldı. Yazım kolaylığı sebebiyle şu andan itibaren boyutsuz denklemlerdeki * işareti kullanılmayacaktır.

x momentum,

$$\begin{aligned} \rho_{ij}^n \left\{ \frac{u_{ij}^n - u_{ij}^{n-1}}{\Delta t} + u_{ij}^n \frac{1}{4\Delta x} (u_{i,j+1}^n - u_{i,j-1}^n + u_{i,j+1}^{n-1} - u_{i,j-1}^{n-1}) \right. \\ \left. + v_{ij}^n \frac{1}{4\Delta y} (u_{i+1,j}^n - u_{i-1,j}^n + u_{i+1,j}^{n-1} - u_{i-1,j}^{n-1}) \right\} = -\frac{1}{4\Delta x} (p_{i,j+1}^n - p_{i,j-1}^n + p_{i,j+1}^{n-1} - p_{i,j-1}^{n-1}) \\ + \frac{1}{\text{Re}} \left\{ \frac{2}{3\Delta x^2} (u_{i,j+1}^n + u_{i,j-1}^n - 2u_{ij}^n + u_{i,j+1}^{n-1} + u_{i,j-1}^{n-1} - 2u_{ij}^{n-1}) \right. \\ \left. + \frac{1}{2\Delta y^2} (u_{i+1,j}^n + u_{i-1,j}^n - 2u_{ij}^n + u_{i+1,j}^{n-1} + u_{i-1,j}^{n-1} - 2u_{ij}^{n-1}) \right. \\ \left. + \frac{1}{6\Delta x \Delta y} (v_{i+1,j+1}^n + v_{i-1,j-1}^n - v_{i+1,j-1}^n - v_{i-1,j+1}^n + v_{i+1,j+1}^{n-1} + v_{i-1,j-1}^{n-1} - v_{i+1,j-1}^{n-1} - v_{i-1,j+1}^{n-1}) \right\} \end{aligned}$$

y momentum ,

$$\begin{aligned} \rho_{ij}^n \left\{ \frac{v_{ij}^n - v_{ij}^{n-1}}{\Delta t} + u_{ij}^n \frac{1}{4\Delta x} (v_{i,j+1}^n - v_{i,j-1}^n + v_{i,j+1}^{n-1} - v_{i,j-1}^{n-1}) \right. \\ \left. + v_{ij}^n \frac{1}{4\Delta y} (v_{i+1,j}^n - v_{i-1,j}^n + v_{i+1,j}^{n-1} - v_{i-1,j}^{n-1}) \right\} = -\frac{1}{4\Delta y} (p_{i+1,j}^n - p_{i-1,j}^n + p_{i+1,j}^{n-1} - p_{i-1,j}^{n-1}) \\ + \frac{1}{\text{Re}} \left\{ \frac{1}{2\Delta x^2} (v_{i,j+1}^n + v_{i,j-1}^n - 2v_{ij}^n + v_{i,j+1}^{n-1} + v_{i,j-1}^{n-1} - 2v_{ij}^{n-1}) \right. \\ \left. + \frac{2}{3\Delta y^2} (v_{i+1,j}^n + v_{i-1,j}^n - 2v_{ij}^n + v_{i+1,j}^{n-1} + v_{i-1,j}^{n-1} - 2v_{ij}^{n-1}) \right. \\ \left. + \frac{1}{6\Delta x \Delta y} (u_{i+1,j+1}^n + u_{i-1,j-1}^n - u_{i+1,j-1}^n - u_{i-1,j+1}^n + u_{i+1,j+1}^{n-1} + u_{i-1,j-1}^{n-1} - u_{i+1,j-1}^{n-1} - u_{i-1,j+1}^{n-1}) \right\} \end{aligned}$$

Süreklilik,

$$\frac{\rho_{ij}^n - \rho_{ij}^{n-1}}{\Delta t} + \frac{1}{4\Delta x} (\rho_{ij+1}^n u_{ij+1}^n - \rho_{ij-1}^n u_{ij-1}^n + \rho_{ij+1}^{n-1} u_{ij+1}^{n-1} - \rho_{ij-1}^{n-1} u_{ij-1}^{n-1}) \\ + \frac{1}{4\Delta y} (\rho_{i+1,j}^n v_{i+1,j}^n - \rho_{i-1,j}^n v_{i-1,j}^n + \rho_{i+1,j}^{n-1} v_{i+1,j}^{n-1} - \rho_{i-1,j}^{n-1} v_{i-1,j}^{n-1}) = 0$$

Durum Denklemi,

$$p_{ij} \rho_{ij}^{-k} = p_{ij-1} \rho_{ij-1}^{-k}$$

$$ER = 1 / Re$$

$$TDX = 1 / \Delta x$$

$$TDY = 1 / \Delta y$$

$$TDX2 = 1 / \Delta X^2$$

$$TDY2 = 1 / \Delta Y^2$$

$$TDT = 1 / \Delta T$$

$$TDXDY = 1 / (\Delta X \Delta Y)$$

Tanımlarıyla x momentumdan u_{ij} 'yi , y momentumdan v_{ij} 'yi , süreklilikten ρ_{ij} 'yi ve durum denkleminde p_{ij} 'yi çekersek,

$$A1 = TDT \rho_{ij}^n + 0.25 TDX \rho_{ij}^n (u_{ij+1}^n - u_{ij-1}^n + u_{ij+1}^{n-1} - u_{ij-1}^{n-1}) + ER (TDY2 + \frac{4}{3} TDX2)$$

$$B1 = ER (2/3) TDX2$$

$$C1 = ER (2/3) TDX2$$

$$D1 = ER 0.5 TDY2 - 0.25 TDY \rho_{ij}^n v_{ij}^n$$

$$E1 = ER 0.5 TDY2 + 0.25 TDY \rho_{ij}^n v_{ij}^n$$

$$F1 = TDT \rho_{ij}^n - ER TDY2 - ER (4/3) TDX2$$

$$G1 = ER (1/6) TDXDY (v_{i+1,j+1}^n + v_{i-1,j-1}^n - v_{i+1,j-1}^n - v_{i-1,j+1}^n + v_{i+1,j+1}^{n-1} \\ + v_{i-1,j-1}^{n-1} - v_{i+1,j-1}^{n-1} - v_{i-1,j+1}^{n-1}) - 0.25 TDX (p_{ij+1}^n - p_{ij-1}^n - p_{ij+1}^{n-1} - p_{ij-1}^{n-1})$$

$$u_{ij}^n = \frac{1}{A1} [B1(u_{ij+1}^n + u_{ij+1}^{n-1}) + C1(u_{ij-1}^n + u_{ij-1}^{n-1}) + D1(u_{i+1,j}^n + u_{i+1,j}^{n-1}) \\ + E1(u_{i-1,j}^n + u_{i-1,j}^{n-1}) + F1 u_{ij}^{n-1} + G1]$$

$$A2 = TDT \rho_{ij}^n + 0.25 TDY \rho_{ij}^n (v_{i+1,j}^n - v_{i-1,j}^n + v_{i+1,j}^{n-1} - v_{i-1,j}^{n-1}) + ER (TDX2 + \frac{4}{3} TDY2)$$

$$B2 = ER 0.5 TDX2 - 0.25 TDX \rho_{ij}^n u_{ij}^n$$

$$C2 = ER 0.5 TDX2 + 0.25 TDX \rho_{ij}^n u_{ij}^n$$

$$D2 = ER (2/3) TDY2$$

$$E2 = ER (2/3) TDY2$$

$$F2 = TDT \rho_{ij}^n - ER TDX2 - ER (4/3) TDY2$$

$$G2 = ER (1/6) TDXDY (u_{i+1,j+1}^n + u_{i-1,j-1}^n - u_{i+1,j-1}^n - u_{i-1,j+1}^n + u_{i+1,j+1}^{n-1} + u_{i-1,j-1}^{n-1} - u_{i+1,j-1}^{n-1} - u_{i-1,j+1}^{n-1}) - 0.25 TDY (p_{i+1,j}^n - p_{i-1,j}^n + p_{i+1,j}^{n-1} - p_{i-1,j}^{n-1})$$

$$v_{ij}^n = \frac{1}{A2} [B2 (v_{ij+1}^n + v_{ij+1}^{n-1}) + C2 (v_{ij-1}^n + v_{ij-1}^{n-1}) + D2 (v_{i+1,j}^n + v_{i+1,j}^{n-1}) + E2 (v_{i-1,j}^n + v_{i-1,j}^{n-1}) + F2 v_{ij}^{n-1} + G2]$$

$$A3 = TDT$$

$$B3 = -0.25 TDX \rho_{ij+1}^n$$

$$C3 = 0.25 TDX \rho_{ij-1}^n$$

$$D3 = -0.25 TDY \rho_{i+1,j}^n$$

$$E3 = 0.25 TDY \rho_{i-1,j}^n$$

$$F3 = TDT \rho_{ij}^{n-1}$$

$$\rho_{ij}^n = \frac{1}{A3} [B3 (u_{ij+1}^n + u_{ij+1}^{n-1}) + C3 (u_{ij-1}^n + u_{ij-1}^{n-1}) + D3 (v_{i+1,j}^n + v_{i+1,j}^{n-1}) + E3 (v_{i-1,j}^n + v_{i-1,j}^{n-1}) + F3]$$

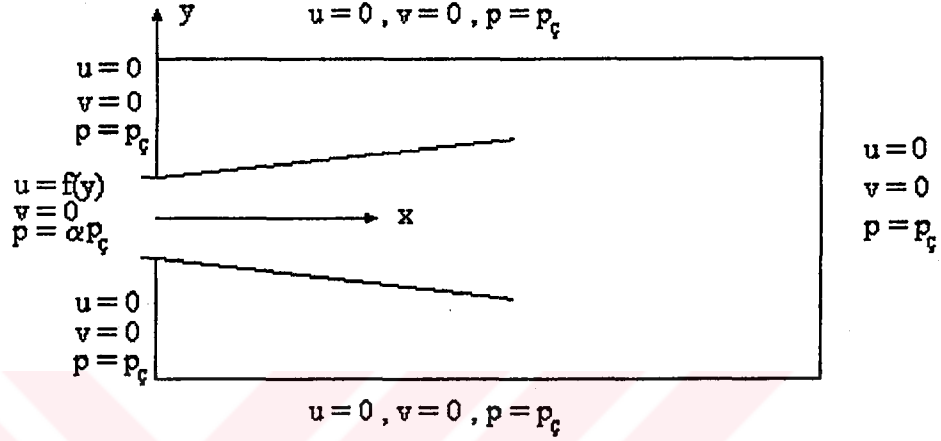
$$p_{ij}^n = p_{ij-1}^n \left(\frac{\rho_{ij}^n}{\rho_{ij}^{n-1}} \right)^{-k}$$

3.3. Sınır Şartları ve Çözüm Yöntemi

Jet problemlerinde sonsuz bölgelerle çalışmak gereklidir, ancak bu problemin bilgisayarda çözümü sonlu bir bölge içine sığdırılmalıdır. Dolayısıyla probleme keyfi sınırlar yüklemek gerekir. Bu sınırlar ilgi duyulan bölgenin çok uzağına yerleştirilmelidir. İstenen sonucu elde etmek için geniş bir hesaplama bölgesinde çalışmak bilgisayar hafızasının ve programın çalışma süresinin artması anlamına gelir. Dolayısıyla bu sınırların çok iyi seçilmesi gerekir.

Hız dağılımının bulunması için jet çıkışından itibaren x ve y yönünde lüle çıkış hızına bağlı yeterli bir mesafede hızın sıfır olacağı kabul edilmelidir.

3.3. 1. Tek jet için sınır şartları



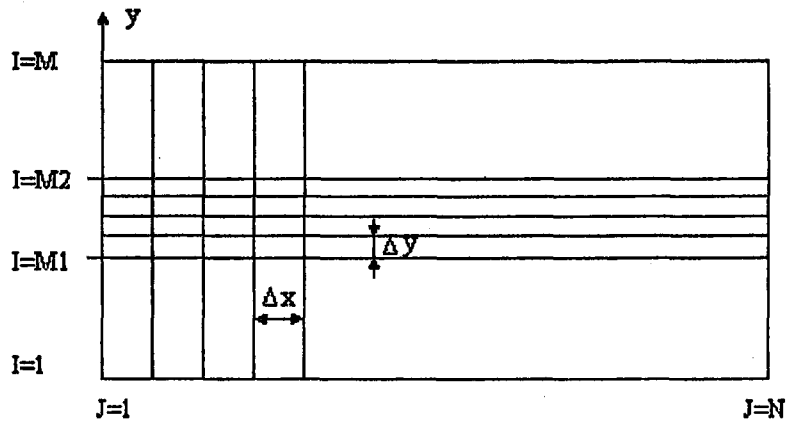
Şekil 3.1. Tek jet için hesaplama bölgesindeki sınır şartları

Jet çıkışında parabolik bir hız dağılımı seçildi. $u = 4(1/4 - y^2)$, $(-\frac{1}{2} \leq y \leq \frac{1}{2})$

Tam gelişmiş laminar bir hız dağılımı kabulü ile $v=0$ alındı ve jet çıkış basıncı çevre basıncının α katı seçildi.

Grid Sistemi

Simetri şartlarının sağlanması amacıyla jet bölgesi çift sayıda parçalara bölündü (JBS). Bu bölüntü sayısı bize Δy 'yi vermektedir ($\Delta y = 1/JBS$). x yönündeki grid aralığı ise Reynolds sayısına bağlı olarak keyfi seçildi.



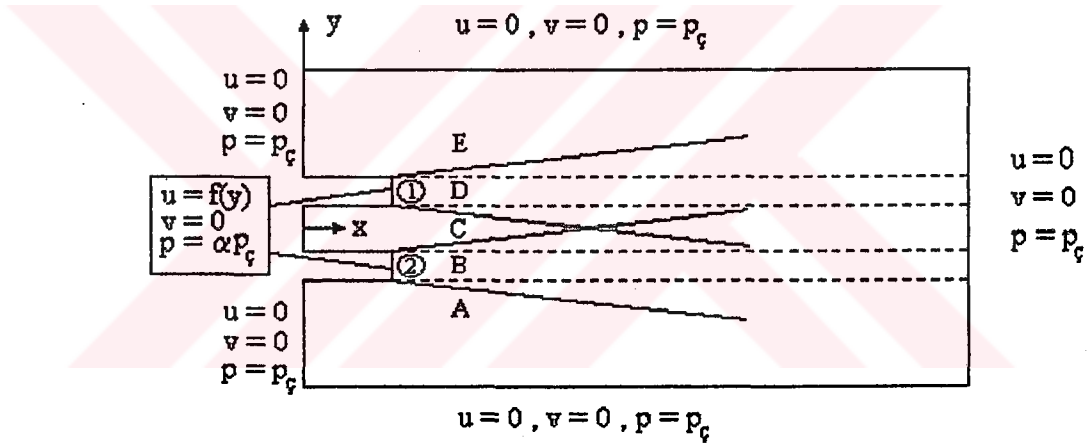
Şekil 3.2. Tek jet için grid sistemi

Bu tanımların yardımıyla M1 ve M2 noktaları şöyle tayin edilir.

$$M1 = (M - JBS + 1) / 2 , \quad M2 = M1 + JBS$$

Verilen sınır şartlarına uygun çözüm elde edebilmek için kontrol hacmi cidarlarda $\partial u / \partial y = \partial u / \partial x = 0$ şartlarını sağlayacak derecede büyük seçilmelidir. Başlangıçta jet çıkışından itibaren uç bölgeye doğru lineer olarak azalan bir u hızı seçilmiş, $v=0$ kabul edilmiştir. Sonra sırasıyla y momentumdan v hızı, x momentumdan u hızı, süreklilikten ρ ve durum denkleminde ise p hesaplanmış $\epsilon = 10^{-5}$ gibi bir yakınsama kriterine erişilinceye kadar iterasyon işlemine devam edilmiştir. Yakınsamayı kolaylaştırmak için bir underrelaxation faktörü kullanılmıştır.

3.3.2. Paralel jet için sınır şartları

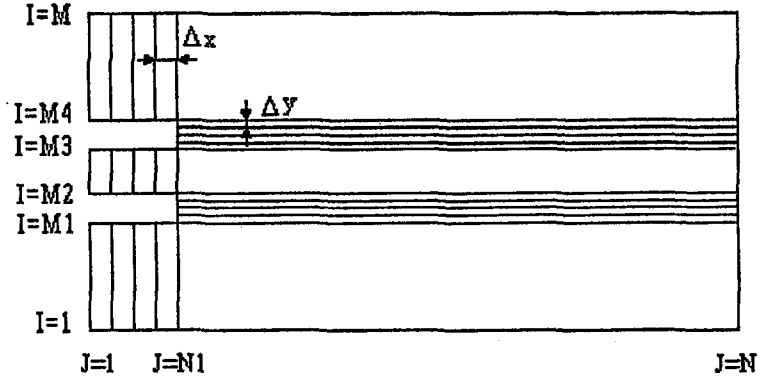


Şekil 3.3. Paralel jet için sınır şartları

Her iki jet için de aynı hız dağılımı seçildi. Kontrol hacmini jetlerin başlangıç bölgesinden daha geriden seçmek suretiyle sınır şartlarının yansımaları ihtimali en aza indirilmiştir. Fakat bu, hesaplamalarda birtakım zorlukları da beraberinde getirmiştir. Verilen sınır şartlarına uygun bir çözüm elde edebilmek için kontrol hacmi 5 ayrı hesaplama bölgesine ayrılmıştır.

- | | |
|--------------------|-----------------|
| A - I = 2, M1-1 | , J = 2, N-1 |
| B - I = M1, M2 | , J = N1+1, N-1 |
| C - I = M2+1, M3-1 | , J = 2, N-1 |
| D - I = M3, M4 | , J = N1+1, N-1 |
| E - I = M4+1, M-1 | , J = 2, N-1 |

Grid Sistemi



Şekil 3.4. Paralel jet için grid sistemi

Jet bölgeleri çift sayıda parçalara bölündü (JBS). Bu bize Δy 'yi vermektedir. Jet çıkışının kontrol hacminin başlangıç bölgesine olan uzaklığı ise keyfi sayıda parçalara ayrıldı (JBSX). Bu ise bize Δx mesafesini vermektedir. Yine jetler arası mesafe simetri şartının sağlanması amacıyla çift sayıda parçalara bölündü (JABS).

Bu tanımların ışığı altında M1,M2,M3,M4 ve N1 grid noktalarını şu şekilde belirleyebiliriz.

$$M1 = (M - 2 \cdot JBS - JABS + 1) / 2$$

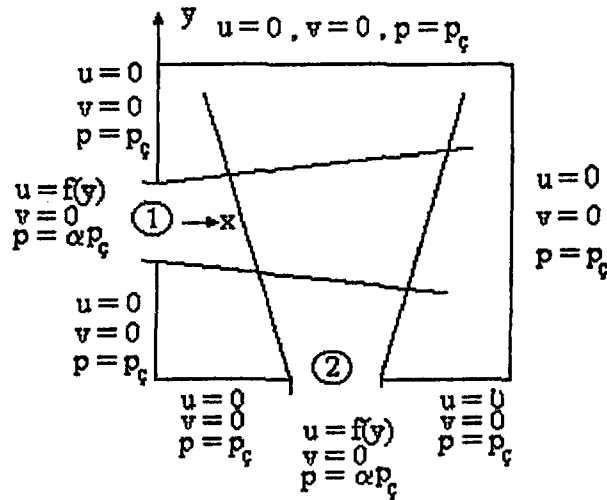
$$M2 = M1 + JBS$$

$$M3 = M2 + JABS$$

$$M4 = M3 + JBS$$

$$N1 = JBSX + 1$$

3.3.3. Çapraz jet için sınır şartları

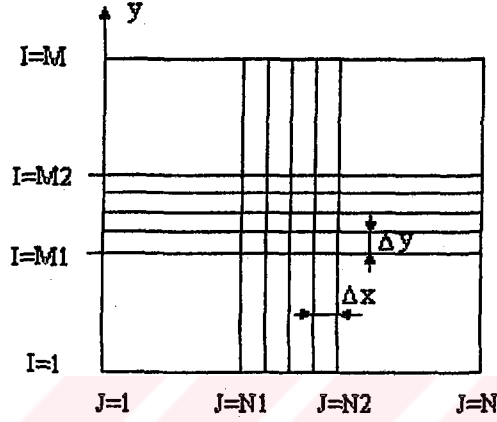


Şekil 3.5. Çapraz jet için sınır şartları

Her iki jet için de aynı hız dağılımı seçildi. $u=4(1/4 - y^2)$, $(-\frac{1}{2} \leq y \leq \frac{1}{2})$

Yine her iki jet çıkışında da aynı basınç dağılımı kabul edildi.

Grid Sistemi



Şekil 3.6. Çapraz jet için grid sistemi

Jet bölgesi çift sayıda parçalara bölündü (JBS). Bu bize Δy ve Δx 'i vermektedir. Problemede $\Delta y = \Delta x$ seçildi. Bunun dışında cidarlarda tek jet için verilen sınır şartları geçerlidir.

$M1, M2, N1, N2$ noktaları şöyle belirlenebilir.

$$M1 = (M - JBS + 1) / 2, \quad M2 = (N - JBS + 1) / 2$$

$$N1 = M1 + JBS, \quad N2 = N1 + JBS$$

Problemin çözümü için tek jet 'dekine benzer bir yöntem seçilmiştir. Burada dikkat edilmesi gereken tek nokta girişimin gözlenebilmesi amacıyla jetlerin birbirine olan yakınlığı önem kazanmaktadır. Bu durumda jet çıkış sınır şartları kontrol hacminin tam ortasında olmayabilir. Hatta jetlerin değişik konumlarında girişimin gözlenebilmesi amacıyla bu sınırların program içerisinde kolayca değiştirilebilmesi gerekir.

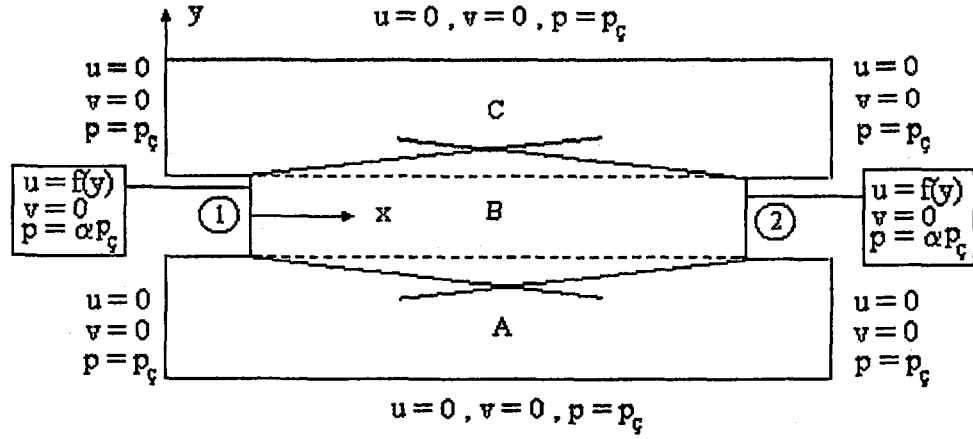
3.3.4. Zıt jet için sınır şartları

Paralel jet durumuna benzer şekilde sınır şartlarının yansımaları ihtimalini en aza indirmek için kontrol hacmi jet çıkışının daha gerisinde seçildi. Bu durumda verilen sınır şartlarına uygun bir çözüm elde etmek için kontrol hacmi üç bölgeye ayrıldı.

$$A - I = 2, M1 - 1, \quad J = 2, N - 1$$

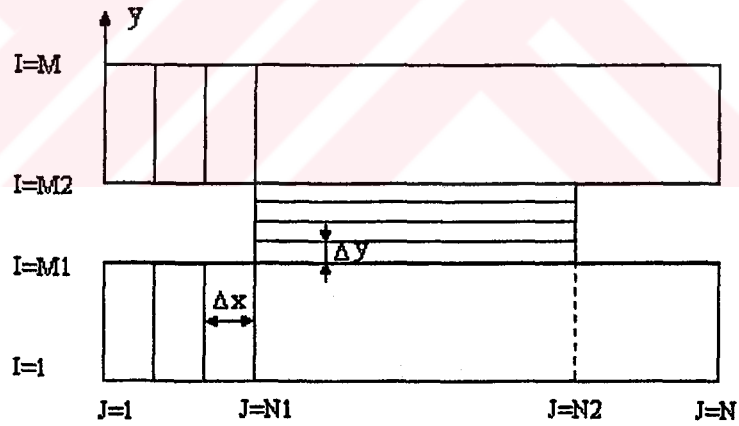
B - $I = M1, M2$, $J = N1+1, N2-1$

C - $I = M2+1, M-1$, $J = 2, N-1$



Şekil 3.7. Zıt jet için sınır şartları

Grid Sistemi



Şekil 3.8. Zıt jet için grid sistemi

Δx ve Δy ' nin seçimi paralel jet 'dekine benzerdir. JBS bize Δy ' yi ; JBSX ise bize Δx ' i vermektedir. $M1, M2, N1$ ve $N2$ grid noktaları şu şekilde tayin edilebilir.

$$M1 = (M - JBS + 1) / 2$$

$$M2 = M1 + JBS$$

$$N1 = JBSX + 1$$

$$N2 = N - JBSX$$

4. SONUÇLAR

Laminar akış Şartlarında serbest jet, çapraz jet, zıt jet ve paralel jet için kartezyen koordinatlarda sıkıştırılabilir akış durumunda, zamana bağlı, boyutsuz hareket denklemleri, Crank-Nicholson Implicit metoduyla çözülmüştür. Elde edilen sonlu fark denklemleri Fortran 77 bilgisayar dilinde hazırlanan programlar yardımıyla sayısal olarak çözülmüştür.

Bütün sayısal hesaplamalar $Re=0.5$ ve 25 için yapılmış ve sonuçlar grafikler halinde sunulmuştur.

4.1. Tek Jet İçin Sonuçlar

Tek jet için kullanılan geometri ve sınır şartları 3. bölümde verilmiştir. Re sayısına bağlı olarak, sınırlarda jetin sıfırlanmasına müsade edecek şekilde matris boyutu (151x151) oranında seçilmiştir. Mevcut bilgisayar kapasitesi sebebiyle bu sınırları daha fazla genişletmek, dolayısıyla çok daha büyük Re sayılarına çıkabilmek pek mümkün olmamıştır. Re sayısına bağlı olarak jet bölüntü sayısı 12 ya da 24 seçilmiştir. $JBS=12$ için $M1=70$, $M2=82$; $JBS=24$ için $M1=64$, $M2=88$ alındı.

Tek jet için elde edilen sonuçların ortak özelliği tam gelişmiş akış elde edilene kadar her bir kesitteki hızların artması, dolayısıyla jetin x ve y ekseni boyunca yayılmasıdır. Örneğin $Re=0.5$ için merkez hattı hızı 1 saniye sonra onbeşinci grid noktasında 1 ' den 0 ' a düşmüş iken 3. saniyede 25. grid noktasında ve 5. saniyede ise 34. grid noktasında 0 ' a düşmektedir (Şekil 4.1.2 , 4.1.5 ve 4.1.8). $Re=25$ için hız dağılımı incelendiğinde 5. saniyede merkez hattı hızı ilk birkaç gride ani bir düşüş göstermekte, sonraki birkaç gride hız değişimi azalmakta ve yine hızlı bir inişle 45. grid noktasından sonra sıfıra düşmektedir. 10. saniyede merkez hattı incelendiğinde yine benzer bir hız dağılımı görülmekte ve 70. grid noktasından sonra hız sıfıra düşmektedir. 20. saniyede ise hız 115. grid noktasında sıfıra düşmektedir (Şekil 4.1.14, 4.1.17, 4.1.20). Re sayısı arttıkça jetin y ekseni boyunca yayılması azalmakta, aksine x yönündeki jetin sıfırlama mesafesi ise artmaktadır.

Basıncın x yönündeki değişimi gözönüne alındığında $Re=0.5$ için ilk grid noktalarında ani bir yükselme meydana gelmekte ve sonraki gridlerde çıkış basıncına

düşmektedir (Şekil 4.1.3). $Re=25$ için şekiller incelendiğinde yine ilk birkaç gridda basıncın x yönündeki değişiminde ani bir artış, sonra jetin çekirdek bölgesinde yaklaşık olarak sabit bir basınç ve daha sonraki gridlerde ise gittikçe düşen bir basınç dağılımı görülmektedir. Basıncın y yönündeki değişimi gözönüne alındığında jet çıkışına yakın bölgelerde jet merkezinde yüksek ve cidarlara doğru ise düşük bir basınç gözlenirken, ilerleyen x mesafesi ile merkezdeki basınç azalmakta, buna karşılık y yönünde yayılarak dalga halini almaktadır (Şekil 4.1.11, 4.1.12). Şekil 4.1.25 ve 4.1.26 da tek jet için hız vektörü doğrultuları görülebilir.

4.2. Paralel Jet İçin Sonuçlar

Paralel jet durumunda tek jet'dekine benzer olarak (151x151) lik grid sistemi seçildi. Bu grid sisteminde jet bölüntü sayısı 12 ve jetler arası bölüntü sayısı 10 seçilmiştir. Buna bağlı olarak $M1=59$, $M2=71$, $M3=81$, $M4=93$ ve $N1=11$ alındı.

Paralel jet için elde edilen sonuçlara bakıldığında hızda tek jetdekine benzer bir gelişme olmaktadır. Tek fark paralel iki jetin mevcudiyeti ve girişimin etkisiyle jetler arasındaki mesafenin önem kazanmasıdır.

Paralel jetin bir özelliği de jetin dışarıdan sürüklediği akışkan tabakasının gözlenebilmesi amacıyla kontrol hacminin sınırlarının jet çıkışından daha geride seçilmesidir. Şekil 4.2.1 ' de bu sürüklenme hızı görülebilir. Şekil 4.2.25 ve 4.2.26 da paralel jet için hız vektörü doğrultuları görülmektedir.

4.3. Çapraz Jet İçin Sonuçlar

Çapraz jet durumunda da zıt jet' dekine benzer bazı kısıtlamalar sözkonusudur. Çalışmada kullanılan grid sistemi yine Re sayısına bağlı olarak (31x31) ya da (61x61) seçildi. (31x31) lik grid sisteminde $M1=N1=13$, $M2=N2=19$; (61x61) lik grid sisteminde ise $M1=N1=25$, $M2=N2=37$ alındı.

$Re=0.5$ için u hızının y doğrultusundaki değişimi incelendiğinde ilk birkaç kesitte girişimin etkisi görülememektedir (Şekil 4.1.3). Girişim bölgesinde ise ikinci jetin etkisiyle iki jetin ara bölgesinde akımda dönmeler ve negatif hıza artmalar görülmektedir. $Re=25$ durumunda girişimin etkisi artmakta ve girişim bölgesinde akımda karışmalar meydana gelmektedir (Şekil 4.1.28).

Birinci jet için merkez hattı hızı incelendiğinde gittikçe azalan bir hız dağılımı elde edilmektedir. $Re=0.5$ için yapılan çalışmada ilk 1.saniyede merkez hattı hızı 15. grid noktasında sıfıra düşerken, 3. saniyede 30.grid noktasında ve 5. saniyede ise 31. grid noktasında sıfıra düşmektedir. $Re=25$ durumunda ise 5. saniyede 12. grid noktasında merkez hattı hızı sıfıra düşerken 15. saniyede 27. grid noktasında sıfıra düşmektedir. 25. saniyede ise 30. grid noktasına kadar 0.05' e düştükten sonra ikinci jetin etkisiyle bir miktar artmakta ve 58. grid noktasından sonra sıfıra düşmektedir.

v hızının x yönündeki değişimi gözönüne alındığında $Re=0.5$ için girişimin etkisi fazla görünmediğinden $y=0$ ' da hız, tek jetdekine benzer olarak sıfıra yakın bir değer alırken, $Re=25$ de girişimin etkisiyle artmaktadır.

Basınç dağılımı incelendiğinde $Re=0.5$ için girişimin etkisi fazla hissedilmediğinden tek jet'dekine benzer bir basınç dağılımı görülmektedir. $Re=25$ durumunda ise girişimin etkisiyle oluşan negatif hızların da etkisiyle önce basınç ani olarak yükselmekte daha sonra yine ani bir şekilde düşmektedir. Negatif hızlardan pozitif hızlara geçişin olduğu bölgede basınç yaklaşık olarak sabit kalmaktadır.

4.4 Zıt Jet İçin Sonuçlar

Zıt jet için geometri ve sınır şartları 3. bölümde verilmiştir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta jetlerin etkileşiminin sağlanması için jetler arası mesafenin uygun seçilmesidir. Jetler arası mesafe çok büyük seçildiğinde iki jetin birbirine etkisi gözlenemeyecek, aksine çok küçük seçildiğinde ise problemde geri yansıyan sınır şartlarının oluşması sebebiyle sonuçların doğruluğu tartışmalı olabilecektir. Etkileşim sebebiyle kontrol hacminin merkezinde y eksenini boyunca u hızı sıfırlanacak, buna karşılık v hızı artacak ve jet y eksenini boyunca her iki yönde yayılmaya başlayacaktır. Bu sebeple y eksenini boyunca jetin sıfırlama meafesinin artacağı düşünülerek kontrol hacmi y eksenini boyunca her iki yönde büyütülmüş ve buna bağlı olarak grid sayısı da artırılmıştır.

Yukarıda bahsedilen sebepler gözönüne alınarak grid sistemi Re sayısına bağlı olarak (61x201), (65x201) ya da (101x301) boyutlarında seçildi. (61x201) lik grid sisteminde $M1=95$, $M2=107$, $N1=11$, $N2=51$, $JBS=12$, $JBSX=10$; (65x201) lik grid sisteminde $M1=89$, $M2=113$, $N1=21$, $N2=45$, $JBS=24$, $JBSX=20$ ve (101x301) lik grid sisteminde ise $M1=139$, $M2=163$, $N1=21$, $N2=81$, $JBS=24$, $JBSX=20$ alındı.

Zıt jet probleminde $Re=0.5$ için yapılan hesaplarda merkez hattı hızının girişimin etkisiyle hızlı bir şekilde sifıra düştüğü gözlemlenmektedir. Eksenel hız dağılımı incelendiğinde $T=1$ sn için jet çıkışından sonraki ilk kesitte negatif hızlar görülmekte, zaman adımı artırıldıkça girişimin etkisiyle bu negatif hızların büyüklüğü de artmaktadır. Her bir kesitteki u hızı ilk birkaç zaman diliminde artmakta, girişimin meydana gelmesiyle bir miktar azalmaktadır.

Girişimin etkisiyle v hızının artışı ve jetin y eksenini boyunca her iki yönde yayılışı Şekil 4.4.3 ' de görülmektedir. Artan zaman adımlarına karşılık sürekli rejim haline gelene kadar v hızı da artmakta ve gittikçe parabolik bir hız dağılımı elde edilebilmektedir. Jet'ler arası mesafeye bağlı olarak da girişimin etkisi azalabilir ya da artabilir. Bu amaçla $Re=0.5$ için jetler arası mesafenin iki farklı durumu incelenmiştir.

Basıncın x yönündeki değişimi göz önüne alındığında $Re=0.5$ için ilk birkaç gridda ani bir artma gözlenmekte sonra gittikçe düşmektedir. $Re=25$ ve 50 durumunda ise basınç girişim bölgesinin merkezine doğru artarak jet çıkışından daha yüksek bir basınca ulaşmaktadır.

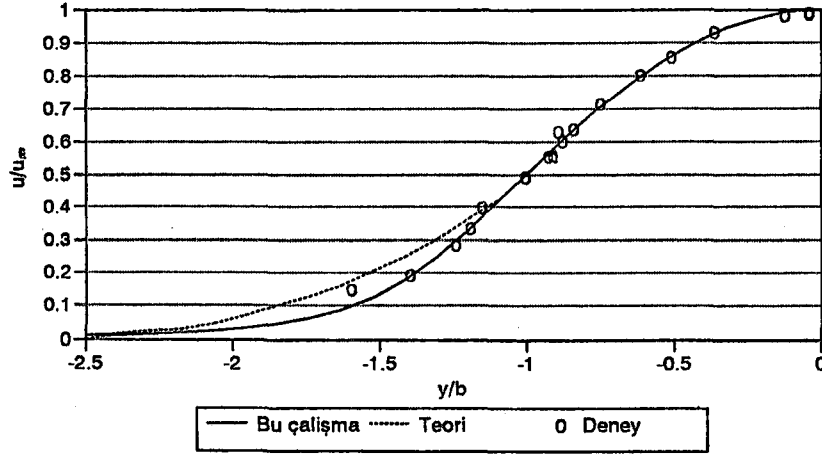
Reynolds sayısı arttıkça merkez hattı hızı jetin çekirdek bölgesi diyebileceğimiz birkaç grid noktasında sabit kalmakta ve ardından parabolik olarak azalan bir hız dağılımı elde edilmektedir. Jet çıkış Re sayısı arttıkça, jet çıkışına yakın bölgelerde negatif hızlar da artmaktadır.

4.5. Sonuçların Değerlendirilmesi

Kullanılan sayısal metodun doğruluğunu sınamak için öncelikle düzlemsel serbest jet problemi çözüldü. Bu Schlichting (1933) ve Bickley (1939) in analitik sınır-tabaka çözümleri ile kıyaslandı ve Reynolds sayısı (Re_j) $30'$ a kadar olan jetler için Andrade (1939) tarafından yapılmış deneysel sonuçlarla karşılaştırıldı.

Bu karşılaştırmanın yapılabilmesi için mutlak hız yerine, yerel hızın jet eksenini üzerindeki hıza oranı (u / u_m) ve jet ekseninden mesafe (y) yerine ise , bu mesafenin jet eksenini üzerindeki hızın yarı değerine ulaştığı nokta ile eksen arasındaki mesafeye oranını (y / b) ele alarak u / u_m ile y / b arasındaki eğri çizildi (Şekil 4.1).

Jetin tüm kesitlerinde hız profilleri benzerdir. Yani, jetin herhangi iki kesitinin eşdeğer iki noktasındaki boyutsuz hızlar (u / u_m) aynıdır. Jetde eşdeğer noktalar için



Şekil 4.1. Tek jet için boyutsuz hız dağılımının teorik ve deneysel sonuçlarla kıyaslanması (Re=30)

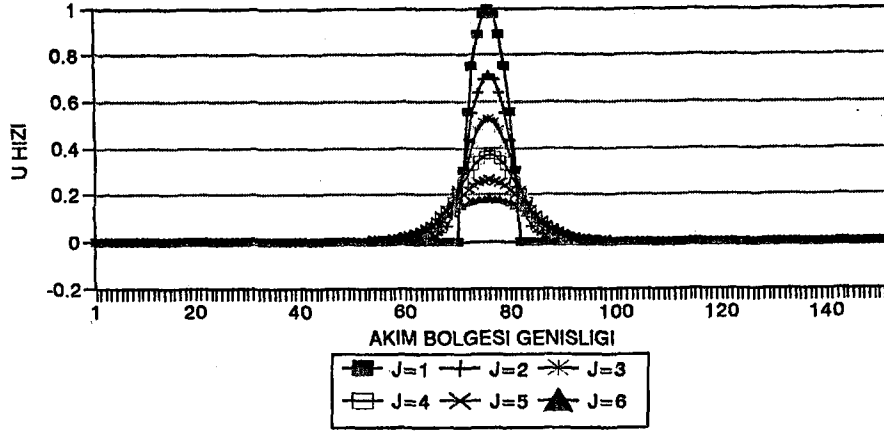
boyutsuz hızların eşitliğinden ($y_1 / b_1 = y_2 / b_2$) $u_1 / u_{1m} = u_2 / u_{2m}$ yazılabilir. Dolayısıyla jetin her bir kesitindeki mutlak hızlar yerine boyutsuz tek bir hız dağılımı seçmek yeterlidir.

Şekil 4.1 incelendiğinde bu çalışmada bulunan sayısal sonuçların teoriye kıyasla deneysel sonuçlarla daha iyi bir uyum sağladığı görülmektedir. Sonuç olarak bu çalışmada kullanılan sayısal metodun doğru olduğuna karar verildi ve diğer jet akımları (paralel jet, çapraz jet, zıt jet) için de geçerli olacağı kabul edildi.

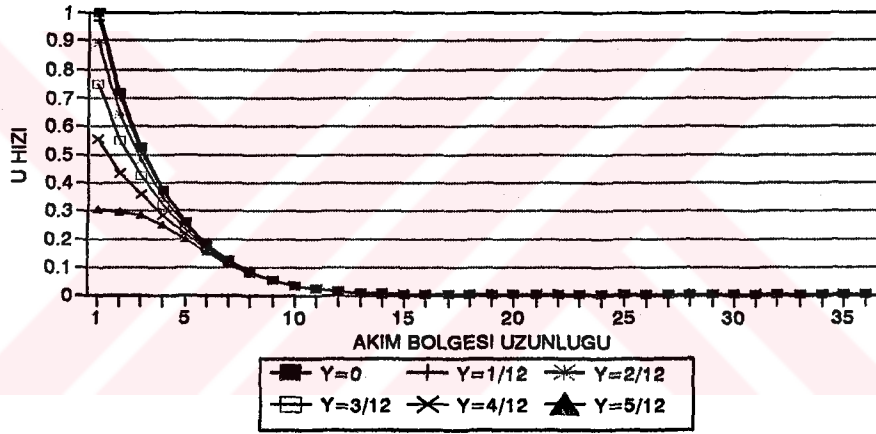
Reynolds sayısı arttıkça hesaplama bölgesinin boyutlarını da büyütme gerekmektedir. Bu ise ya grid sayısını artırmak, ya da gridler arası mesafeyi artırmakla mümkün olur. Gridler arası mesafenin aşırı büyütülmesi sonuçların doğruluğunu tartışmalı hale getirebilir. Grid sayısını artırmak ise hem bilgisayar kapasitesinin hem de programın çalışma süresinin artması anlamına gelir. Örneğin bir 486 DX-2 66 PC bilgisayarında tek jet için yapılan çalışmada (Re=30), 151x151 grid sayısında 25 saniyelik zaman dilimine ulaşmak için programın çalışma süresi yaklaşık olarak 125 dakika iken aynı şartlarda 211x211 grid sayısında bu süre yaklaşık olarak iki katına çıkmaktadır. Aynı şekilde sonuçların hard diskte kapladığı yer de iki kat artacaktır. Bütün bu kısıtlamalar sebebiyle Reynolds sayısını daha fazla artırmak mümkün olmamıştır.

Bundan sonra yapılacak çalışmalarda eldeki imkanlar nispetinde daha yüksek Re sayılarına çıkmaya çalışılacaktır. Jetler arasındaki mesafeye ve farklı jet çıkış Re sayılarına bağlı olarak girişimin etkisi araştırılacaktır. Yine aynı metodu kullanarak hareketli bir akım içerisine gönderilen bir jet ya da bir duvar jeti incelenebilir.

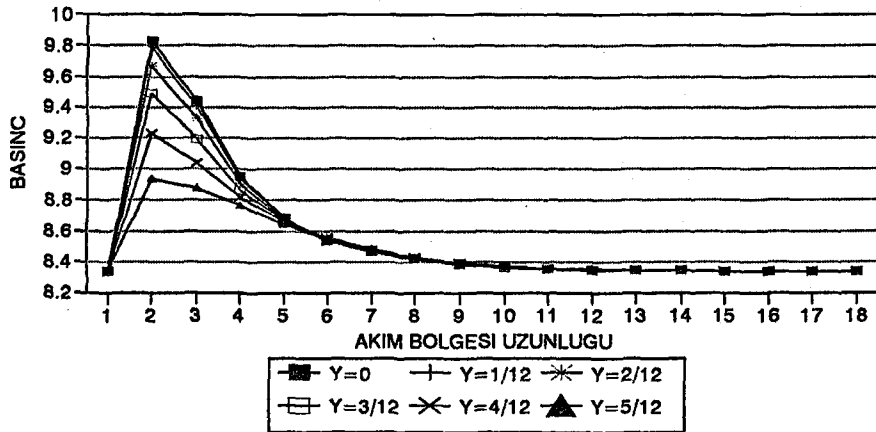




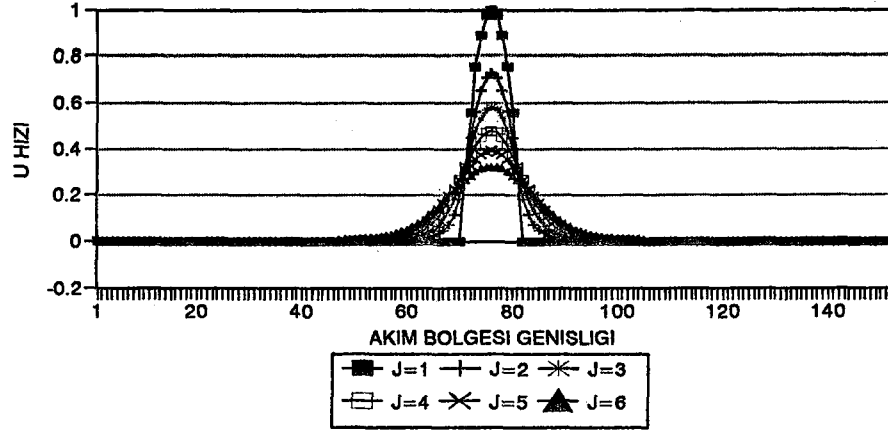
Şekil 4.1.1 Tek jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=1s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, $JBS=12$]



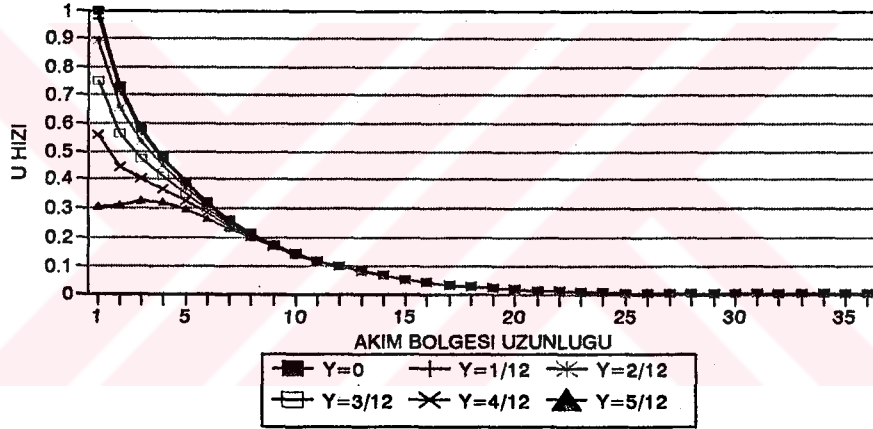
Şekil 4.1.2 Tek jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=1s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, $JBS=12$]



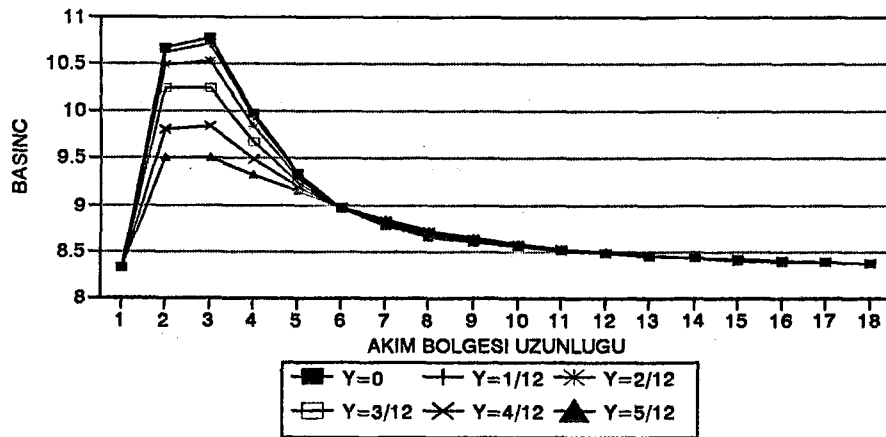
Şekil 4.1.3 Tek jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=1s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, $JBS=12$]



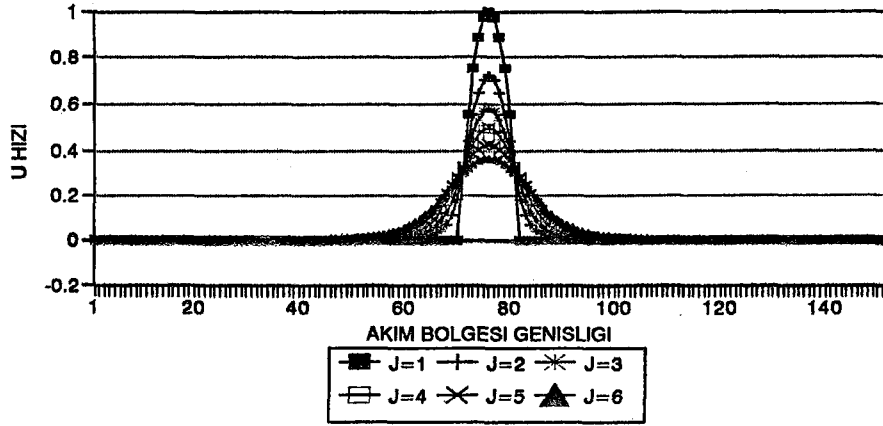
Şekil 4.1.4 Tek jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=3s$)
[$\Delta x=1/6, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, JBS=12]



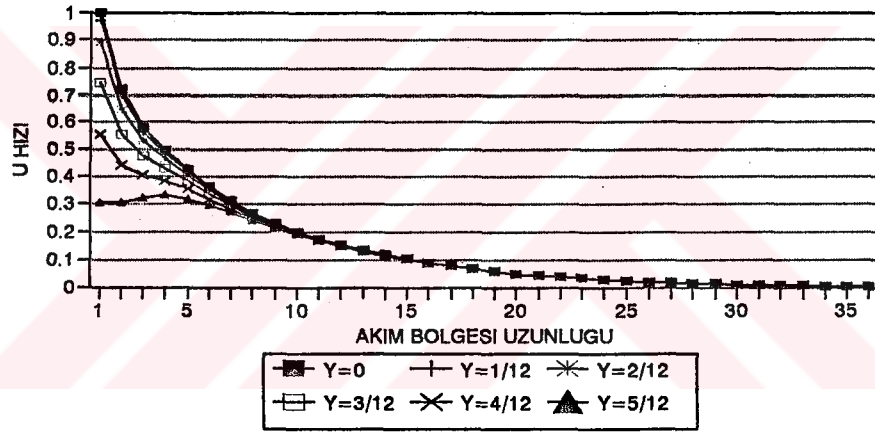
Şekil 4.1.5 Tek jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=3s$)
[$\Delta x=1/6, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, JBS=12]



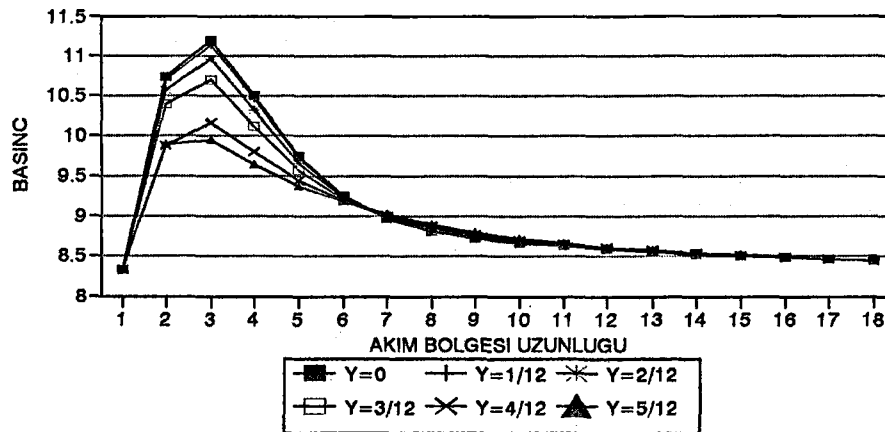
Şekil 4.1.6 Tek jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=3s$)
[$\Delta x=1/6, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, JBS=12]



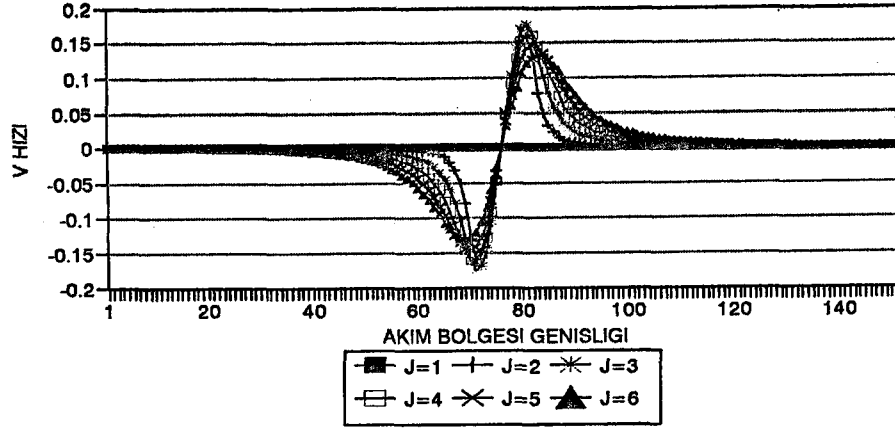
Şekil 4.1.7 Tek jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=5s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, $JBS=12$]



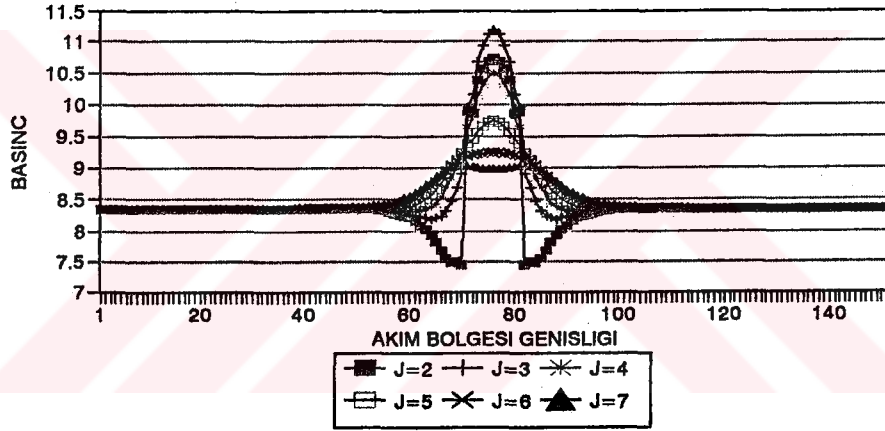
Şekil 4.1.8 Tek jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=5s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, $JBS=12$]



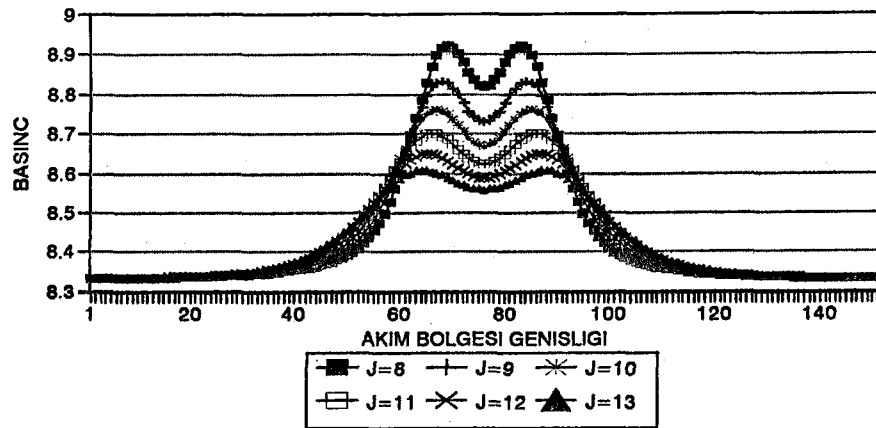
Şekil 4.1.9 Tek jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=5s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, $JBS=12$]



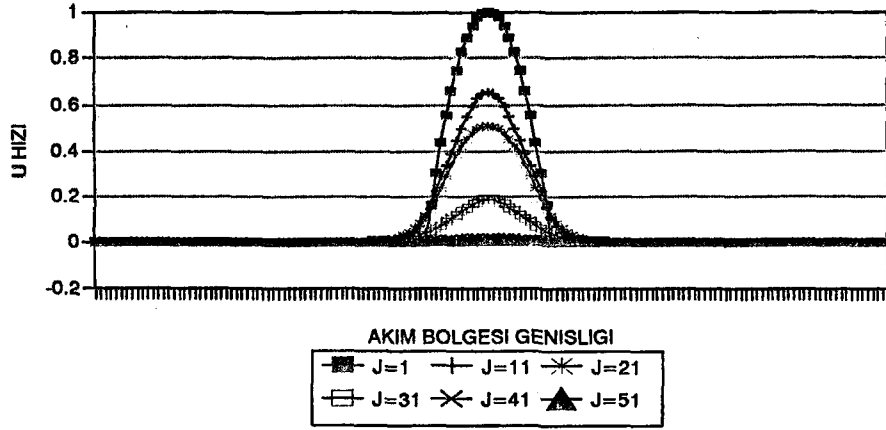
Şekil 4.1.10 Tek jet durumunda v hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=5s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, JBS=12]



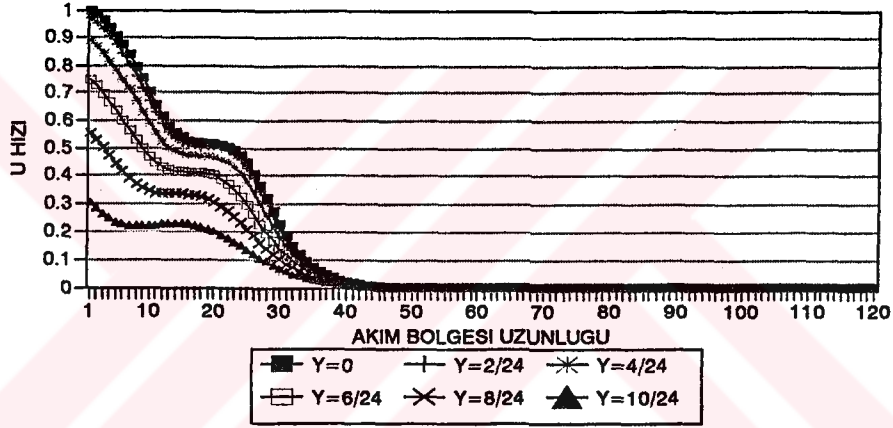
Şekil 4.1.11 Tek jet durumunda basıncın y doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=5s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, JBS=12]



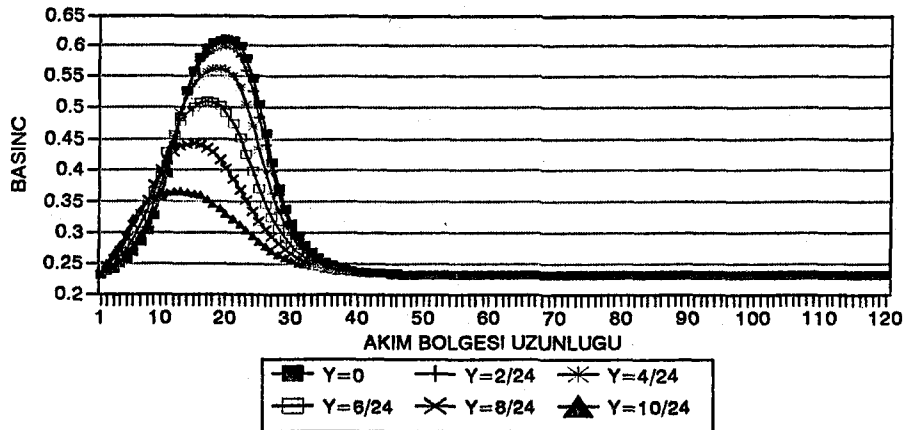
Şekil 4.1.12 Tek jet durumunda basıncın y doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=5s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, JBS=12] **



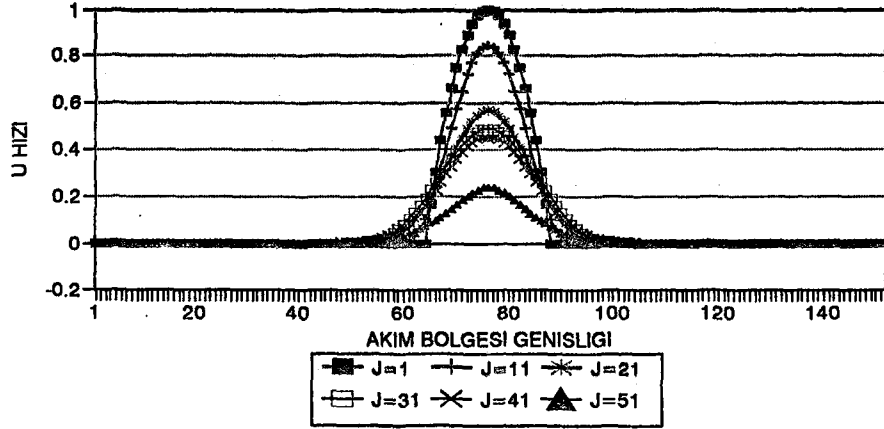
Şekil 4.1.13 Tek jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=5s$)
 $[\Delta x=1/60, \Delta y=1/24, (151 \times 151)$ grid, $JBS=24$]



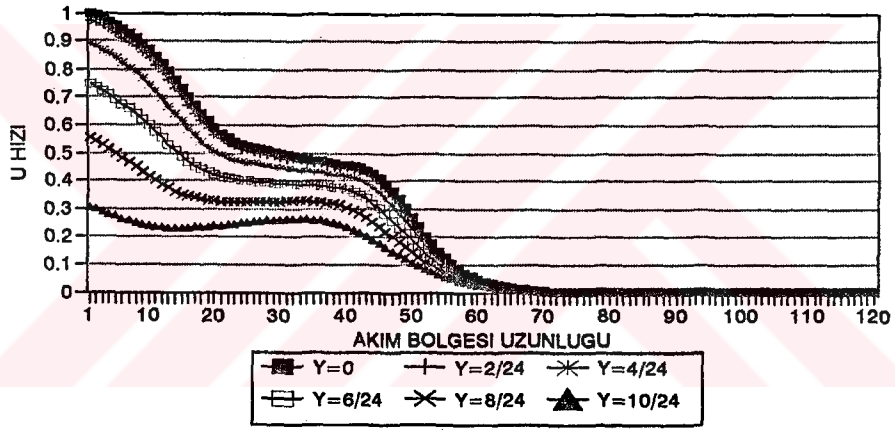
Şekil 4.1.14 Tek jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=5s$)
 $[\Delta x=1/60, \Delta y=1/24, (151 \times 151)$ grid, $JBS=24$]



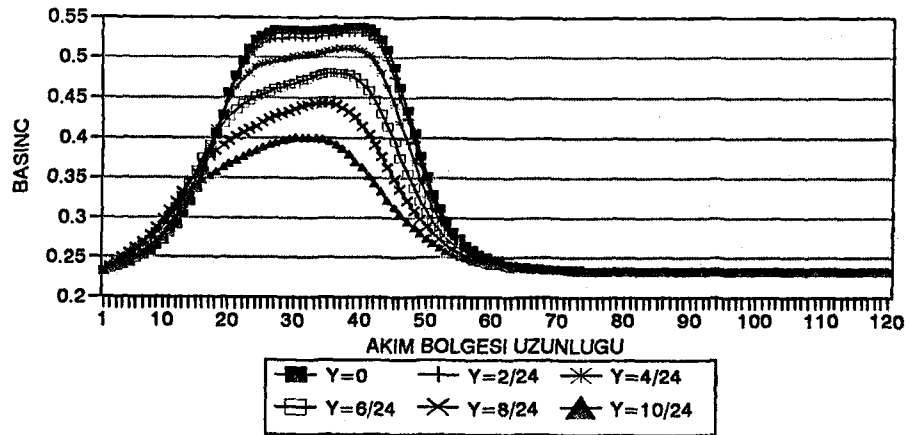
Şekil 4.1.15 Tek jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=5s$)
 $[\Delta x=1/60, \Delta y=1/24, (151 \times 151)$ grid, $JBS=24$]



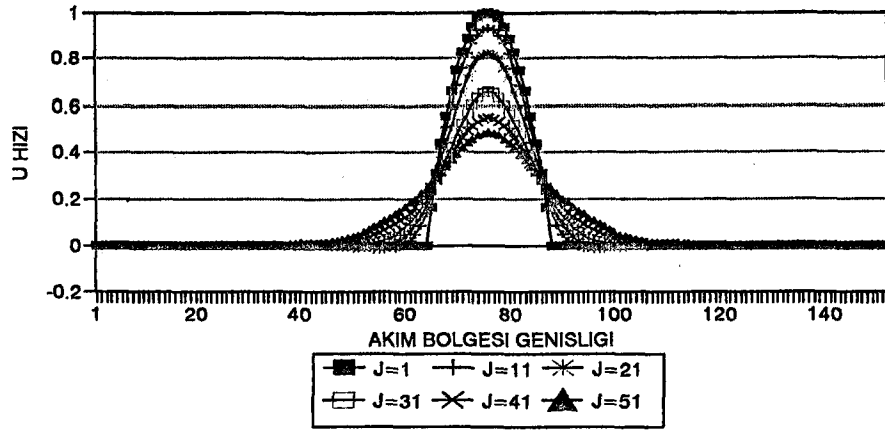
Şekil 4.1.16 Tek jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=10s$)
 $[\Delta x=1/60, \Delta y=1/24, (151 \times 151)$ grid, $JBS=24$]



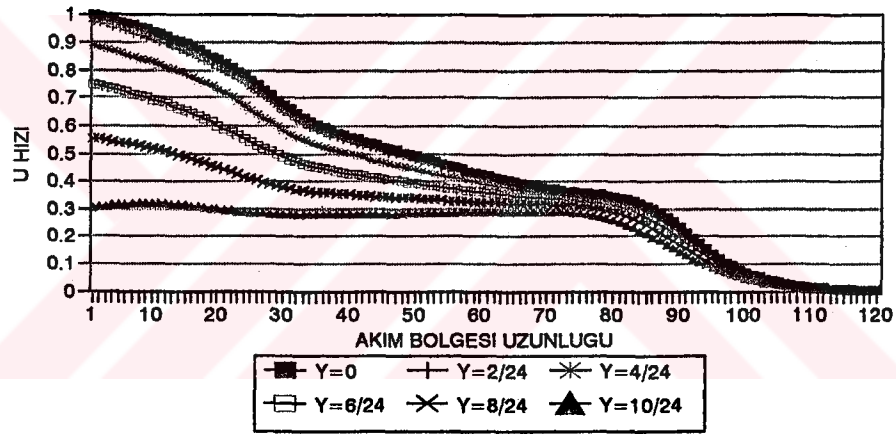
Şekil 4.1.17 Tek jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=10s$)
 $[\Delta x=1/60, \Delta y=1/24, (151 \times 151)$ grid, $JBS=24$]



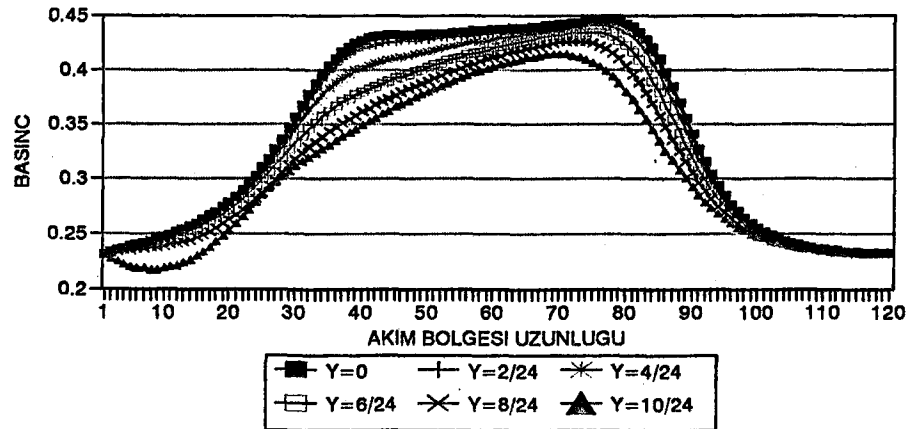
Şekil 4.1.18 Tek jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=10s$)
 $[\Delta x=1/60, \Delta y=1/24, (151 \times 151)$ grid, $JBS=24$]



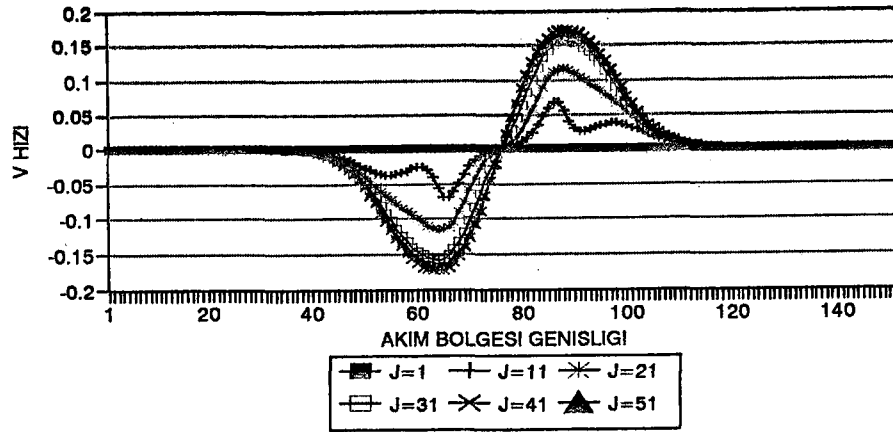
Şekil 4.1.19 Tek jet durumunda u hızının ve doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=20s$)
 $[\Delta x=1/60, \Delta y=1/24, (151 \times 151)$ grid, $JBS=24$]



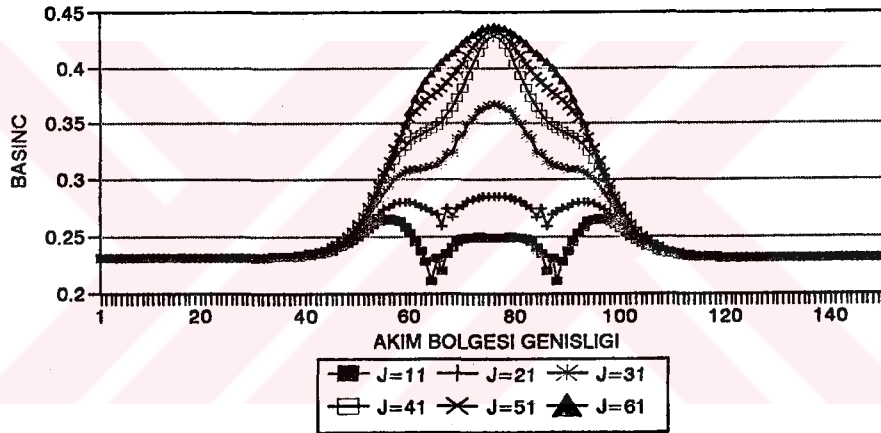
Şekil 4.1.20 Tek jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=20s$)
 $[\Delta x=1/60, \Delta y=1/24, (151 \times 151)$ grid, $JBS=24$]



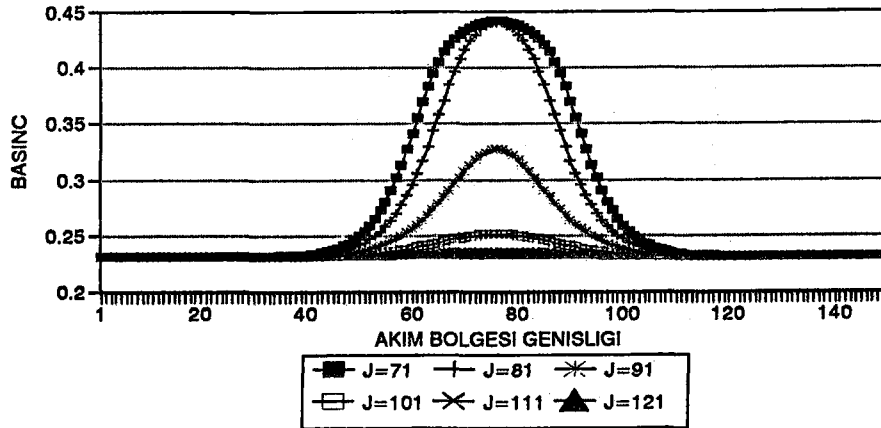
Şekil 4.1.21 Tek jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=20s$)
 $[\Delta x=1/60, \Delta y=1/24, (151 \times 151)$ grid, $JBS=24$]



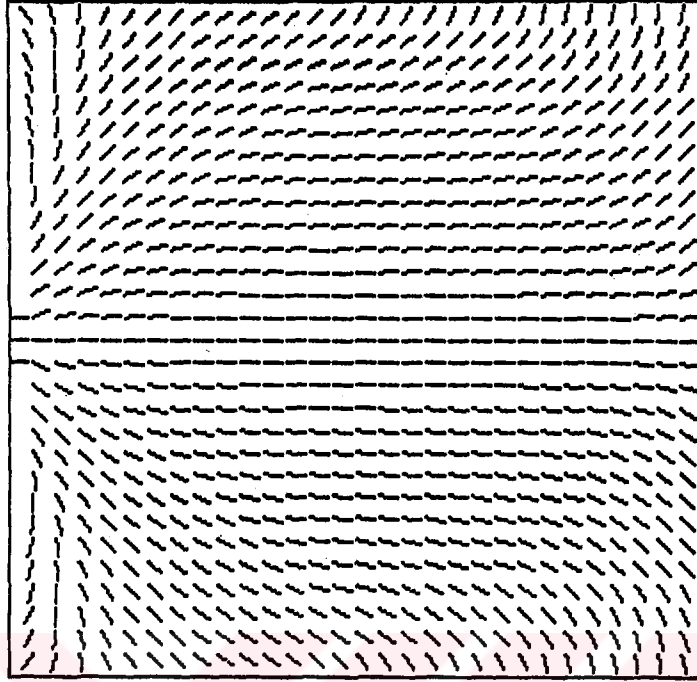
Şekil 4.1.22 Tek jet durumunda v hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=20s$)
 $[\Delta x=1/60, \Delta y=1/24, (151 \times 151)$ grid, $JBS=24$]



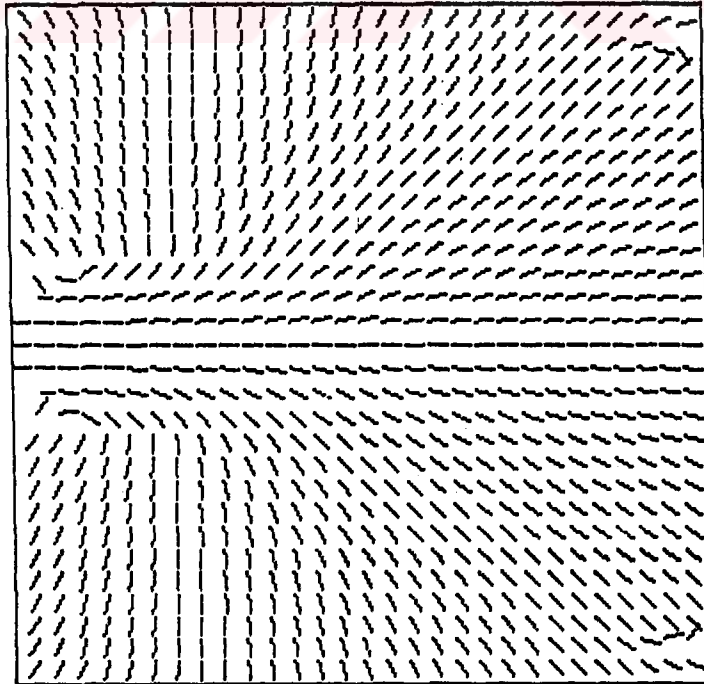
Şekil 4.1.23 Tek jet durumunda basıncın y doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=20s$)
 $[\Delta x=1/60, \Delta y=1/24, (151 \times 151)$ grid, $JBS=24$]



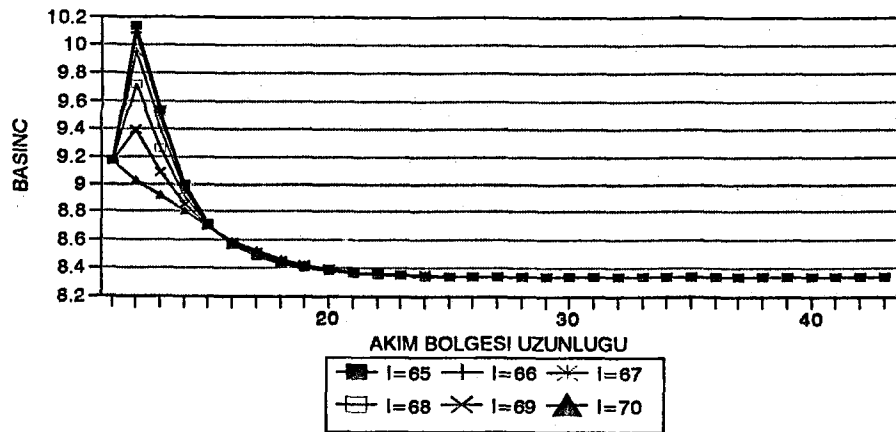
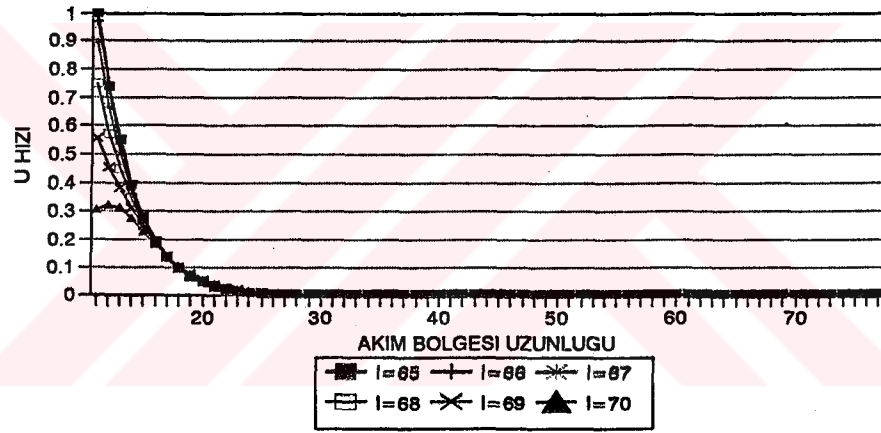
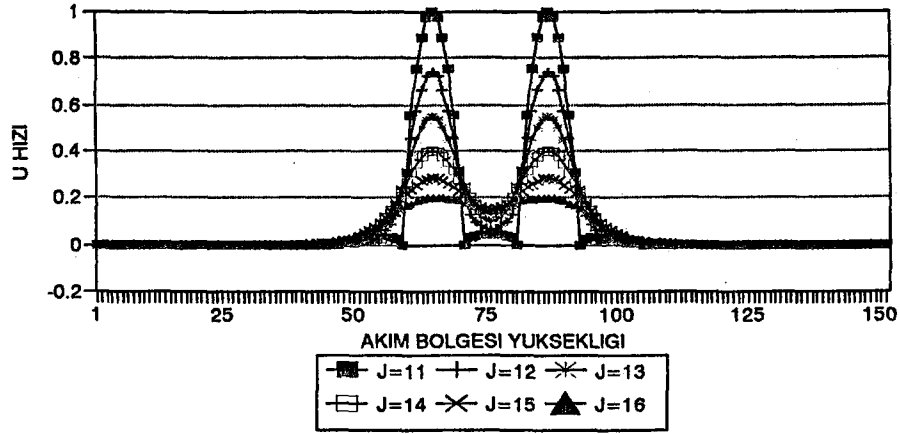
Şekil 4.1.24 Tek jet durumunda basıncın y doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=20s$)
 $[\Delta x=1/60, \Delta y=1/24, (151 \times 151)$ grid, $JBS=24$] **

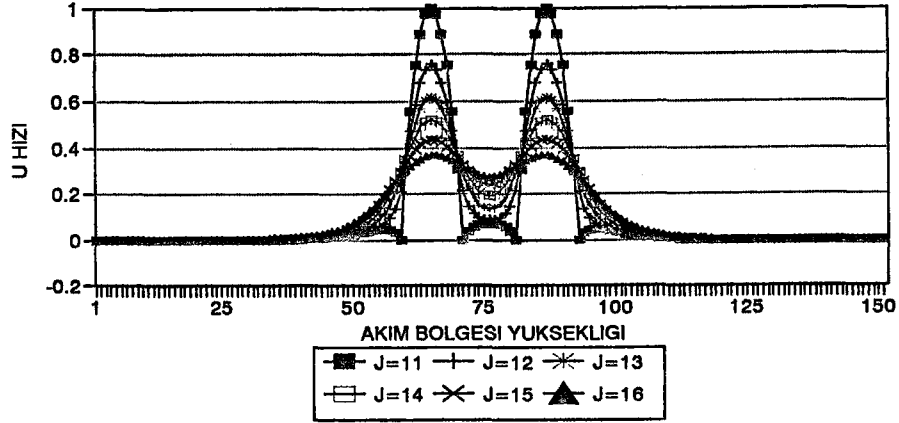


Şekil 4.1.25. Tek jet için hız vektörü doğrultuları ($Re=0.5$, $T=5$ s)

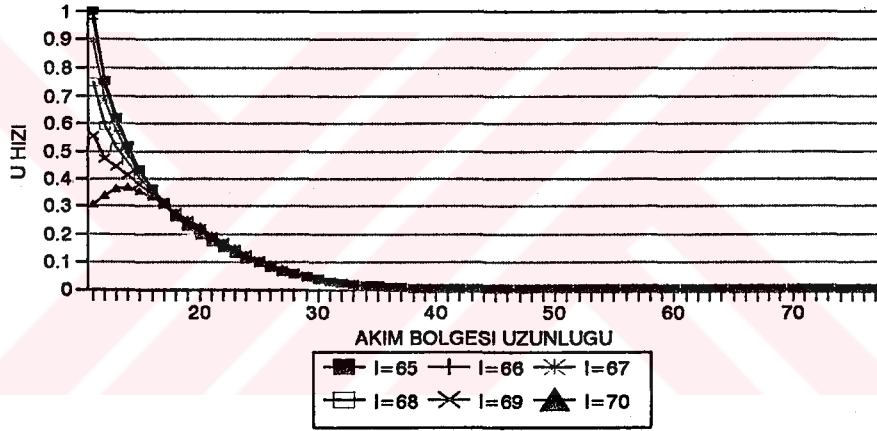


Şekil 4.1.26. Tek jet için hız vektörü doğrultuları ($Re=25$, $T=25$ s)

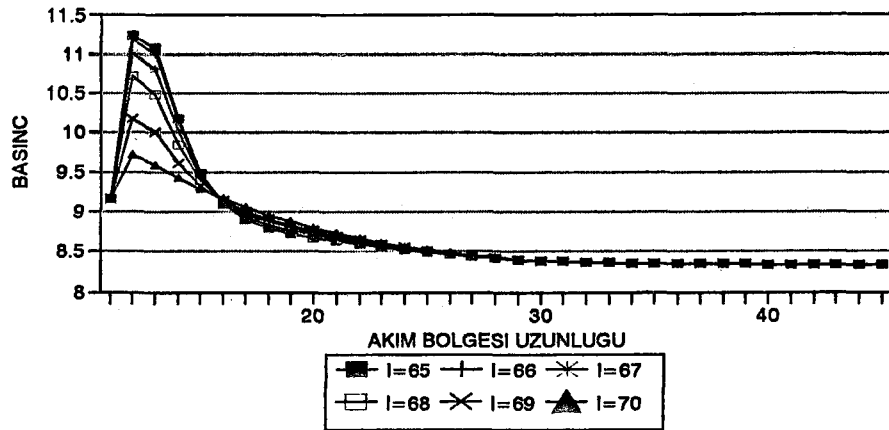




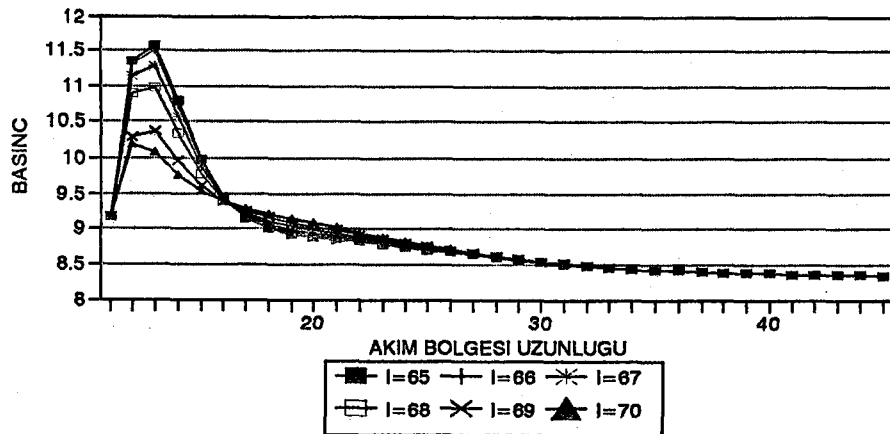
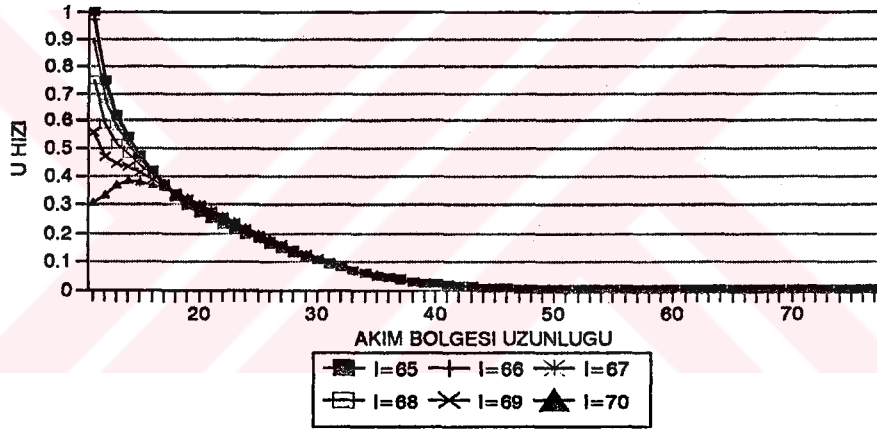
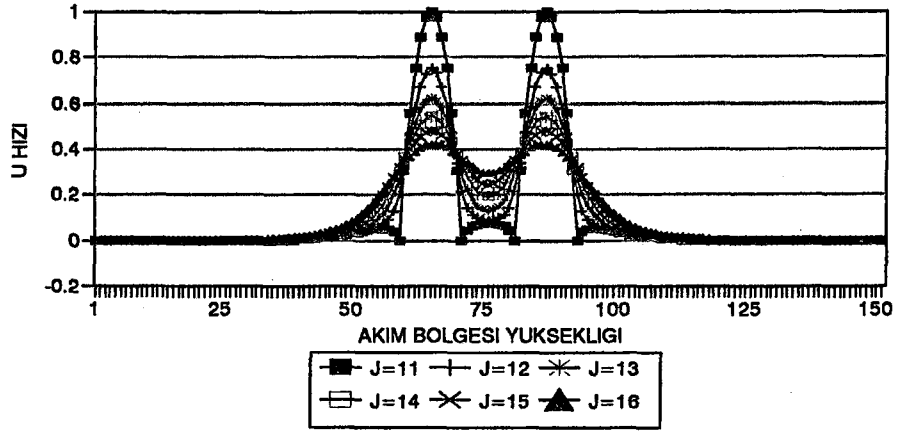
Şekil 4.2.4 Paralel jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=3s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, $JBS=12, JBSX=10]$

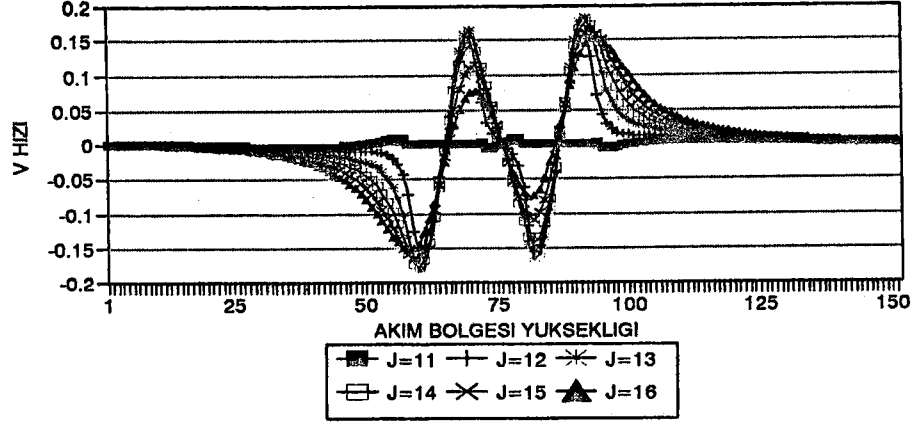


Şekil 4.2.5 Paralel jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=3s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, $JBS=12, JBSX=10]$

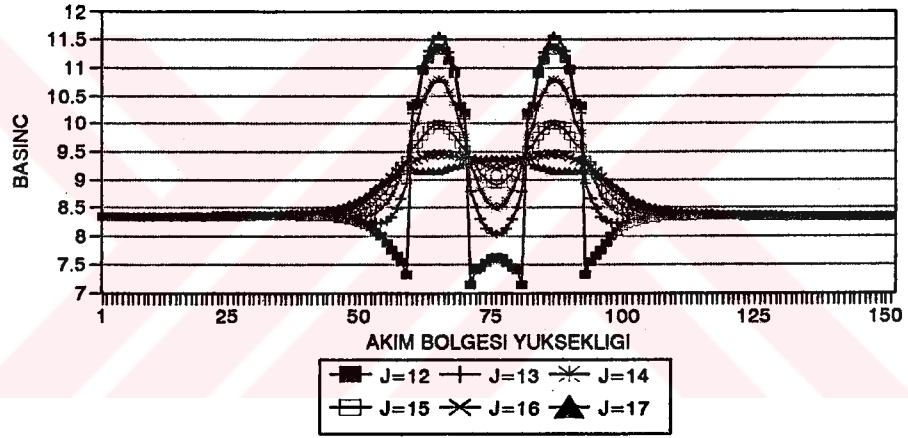


Şekil 4.2.6 Paralel jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=3s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, $JBS=12, JBSX=10]$

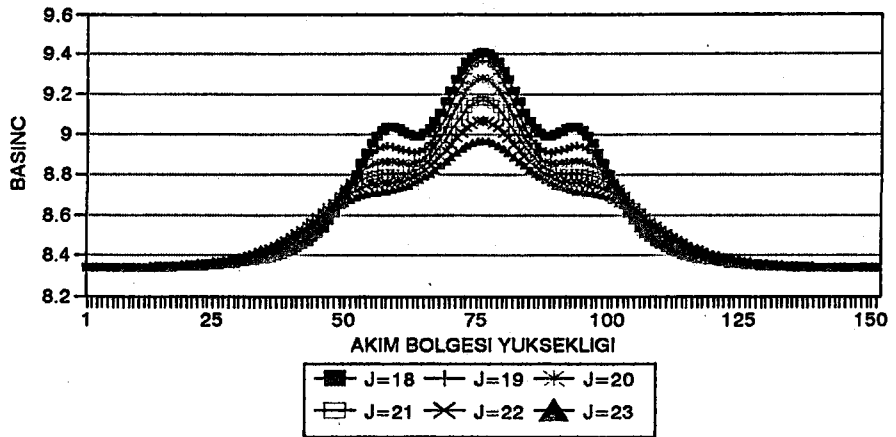




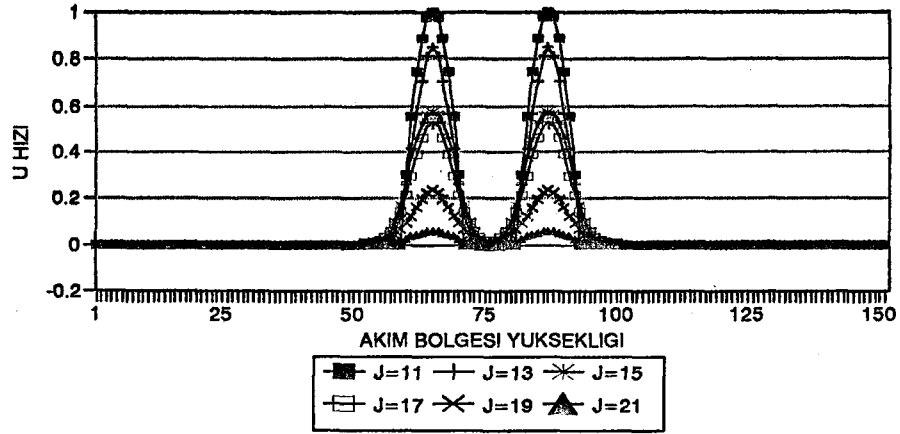
Şekil 4.2.10 Paralel jet durumunda v hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=5s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, JBS=12, JBSX=10]



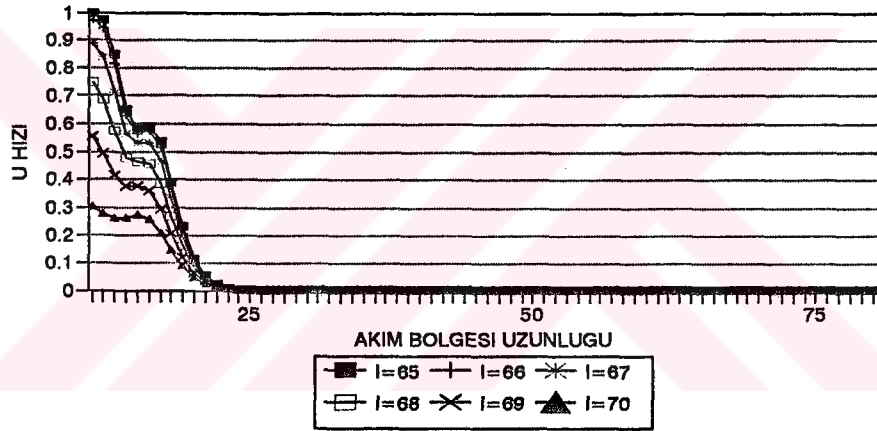
Şekil 4.2.11 Paralel jet durumunda basıncın y doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=5s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, JBS=12, JBSX=10]



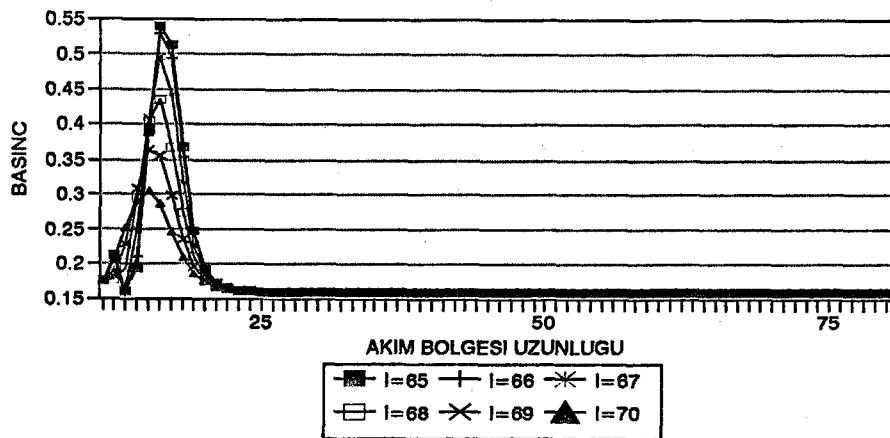
Şekil 4.2.12 Paralel jet durumunda basıncın y doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=5s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, JBS=12, JBSX=10] **



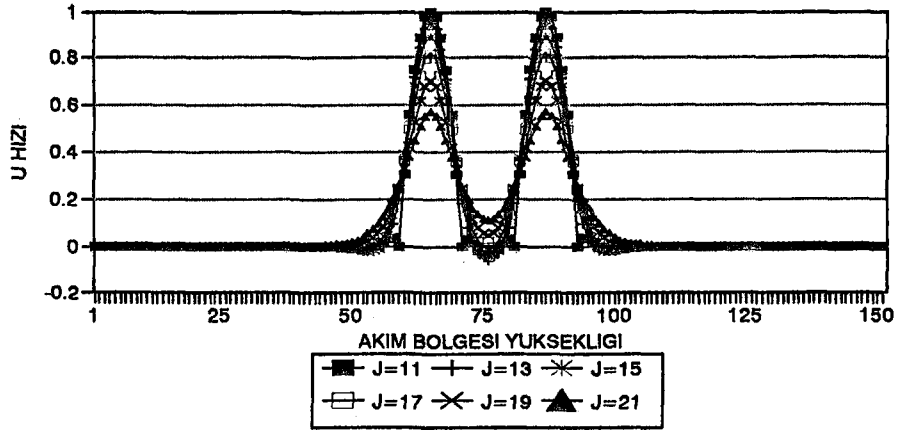
Şekil 4.2.13 Paralel jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=5s)
 $[\Delta x=1/12, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, JBS=12, JBSX=10]



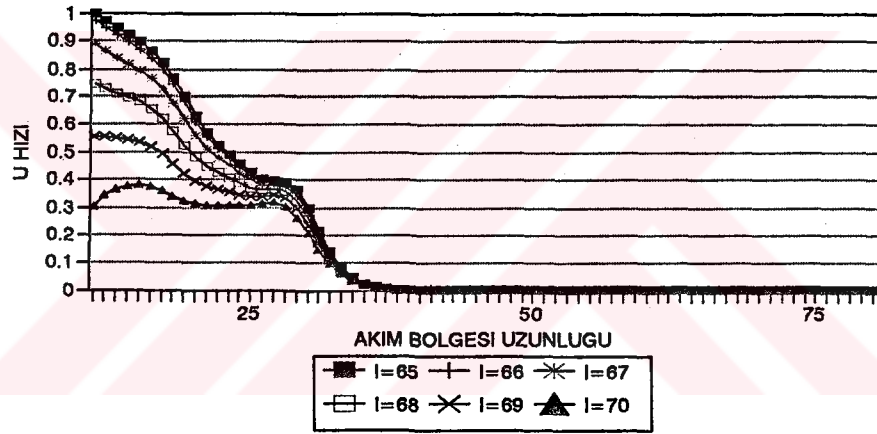
Şekil 4.2.14 Paralel jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=5s)
 $[\Delta x=1/12, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, JBS=12, JBSX=10]



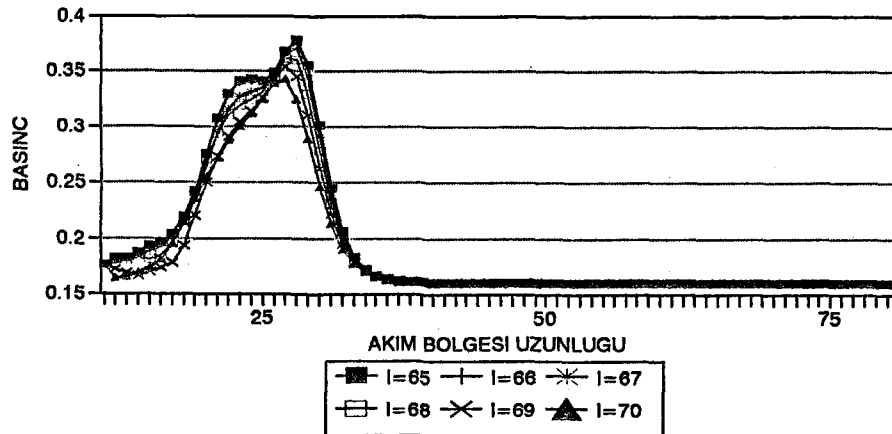
Şekil 4.2.15 Paralel jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi (Re= 25, T=5s)
 $[\Delta x=1/12, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, JBS=12, JBSX=10]



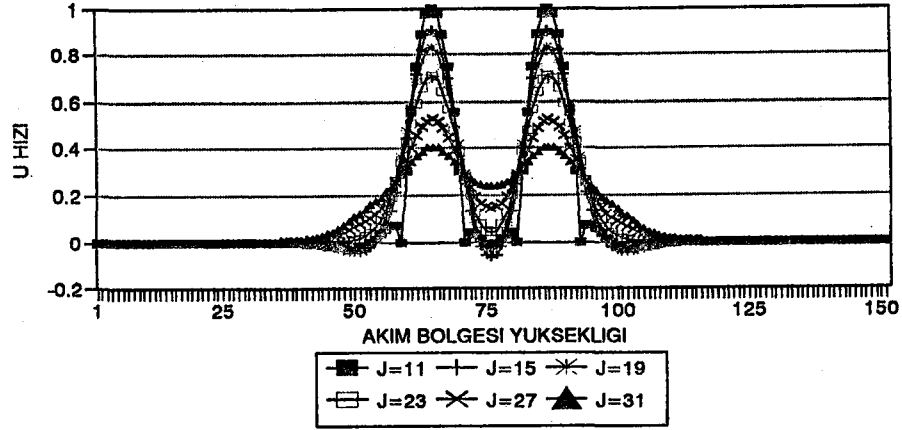
Şekil 4.2.16 Paralel jet durumunda u hızının ve doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=15s$)
 $[\Delta x=1/12, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, $JBS=12, JBSX=10]$



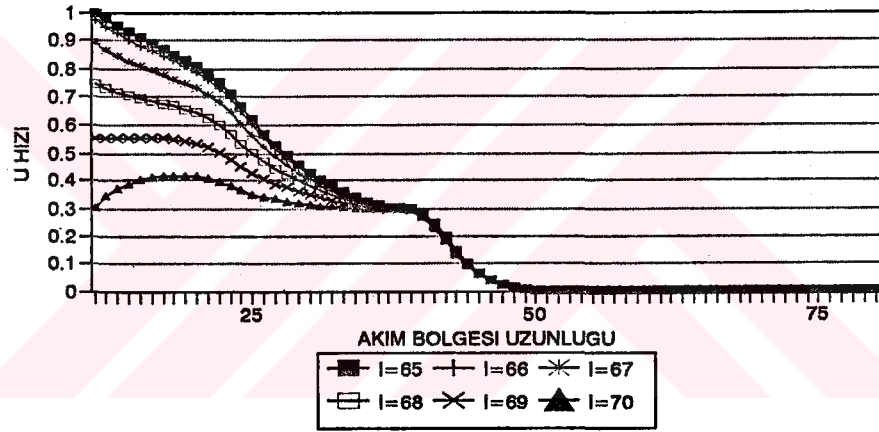
Şekil 4.2.17 Paralel jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=15s$)
 $[\Delta x=1/12, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, $JBS=12, JBSX=10]$



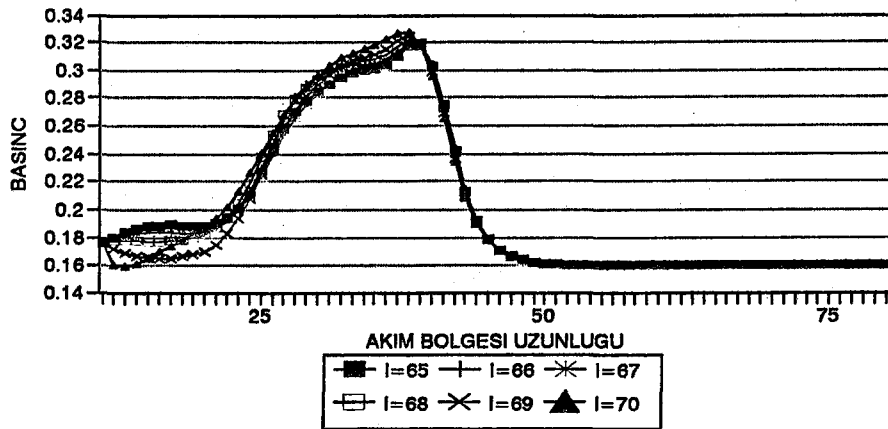
Şekil 4.2.18 Paralel jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=15s$)
 $[\Delta x=1/12, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, $JBS=12, JBSX=10]$



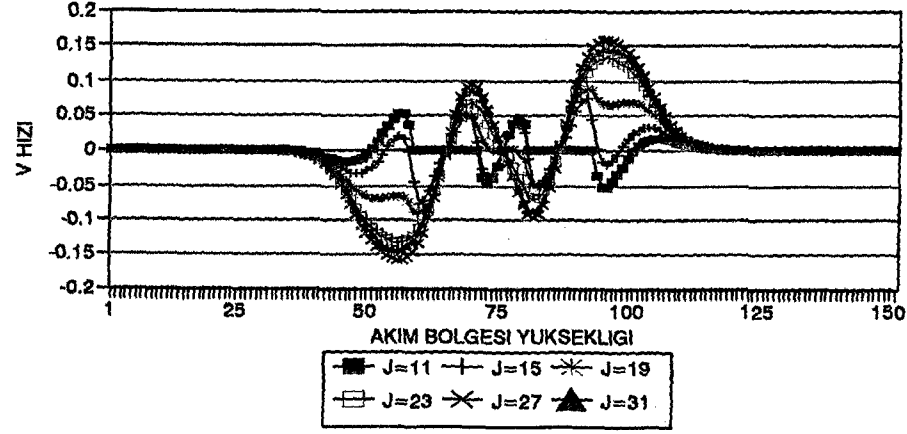
Şekil 4.2.19 Paralel jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=25s$)
 $[\Delta x=1/12, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, $JBS=12, JBSX=10$]



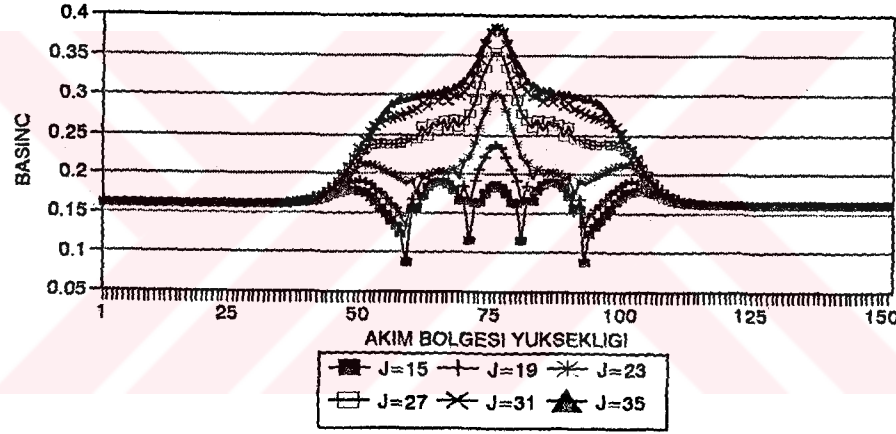
Şekil 4.2.20 Paralel jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=25s$)
 $[\Delta x=1/12, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, $JBS=12, JBSX=10$]



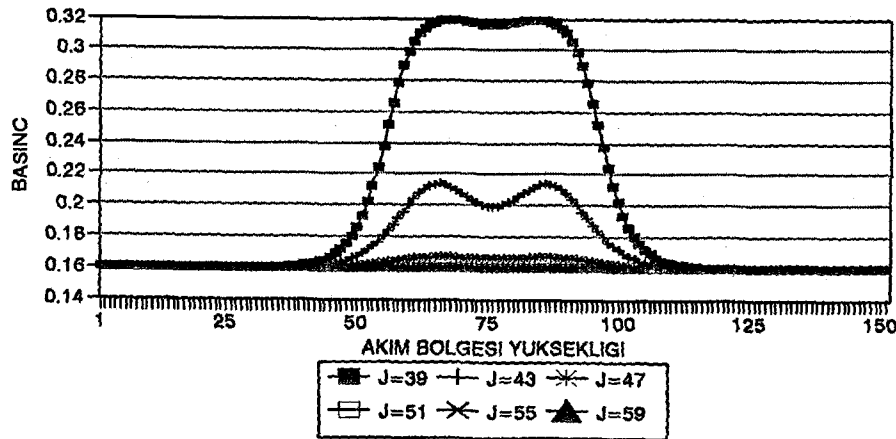
Şekil 4.2.21 Paralel jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=25s$)
 $[\Delta x=1/12, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, $JBS=12, JBSX=10$]



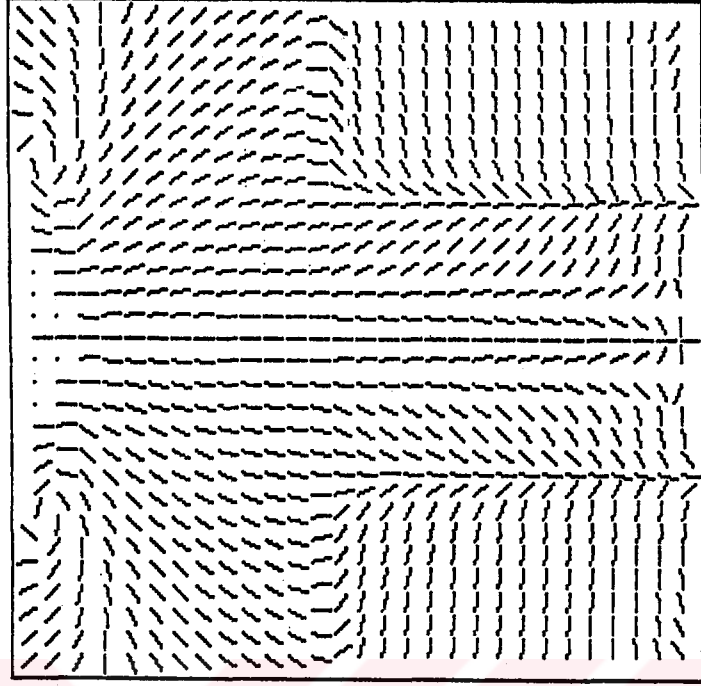
Şekil 4.2.22 Paralel jet durumunda v hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=25s$)
 $[\Delta x=1/12, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, $JBS=12, JBSX=10]$



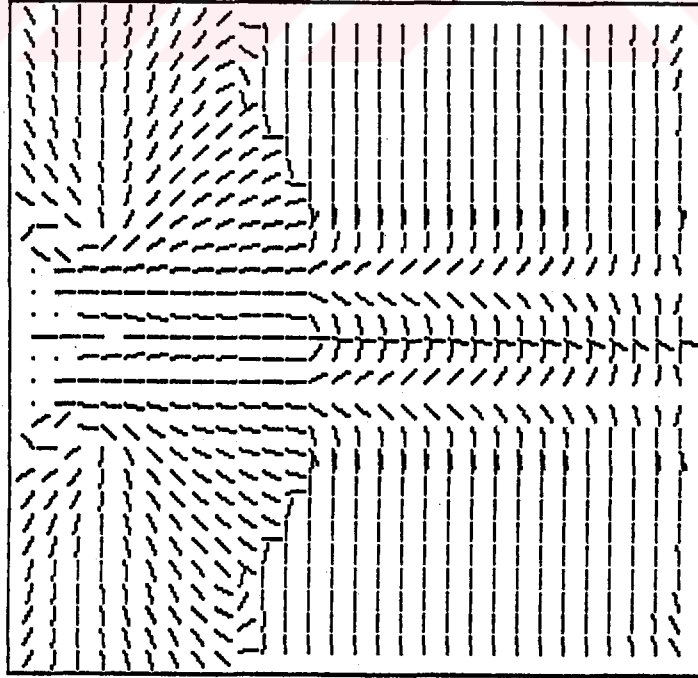
Şekil 4.2.23 Paralel jet durumunda basıncın y doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=25s$)
 $[\Delta x=1/12, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, $JBS=12, JBSX=10]$



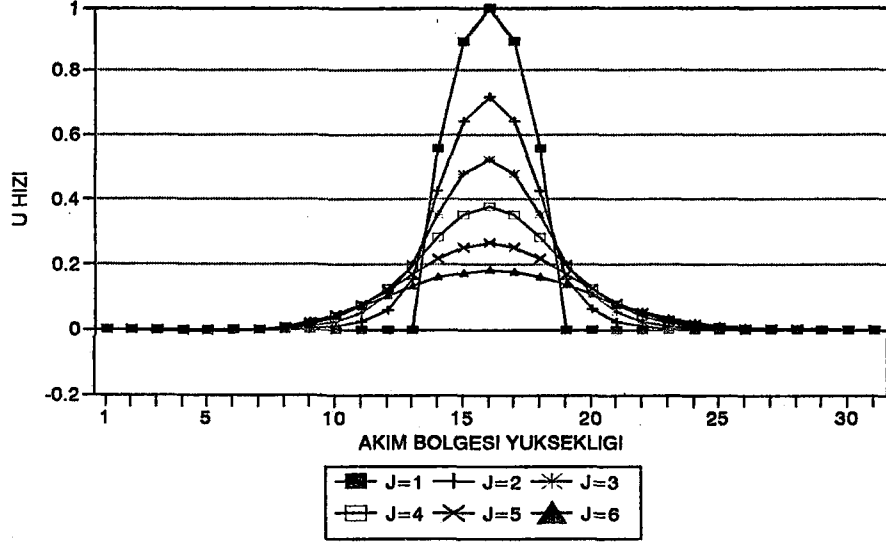
Şekil 4.2.24 Paralel jet durumunda basıncın y doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=25s$)
 $[\Delta x=1/12, \Delta y=1/12, (151 \times 151)$ grid, $JBS=12, JBSX=10]$ **



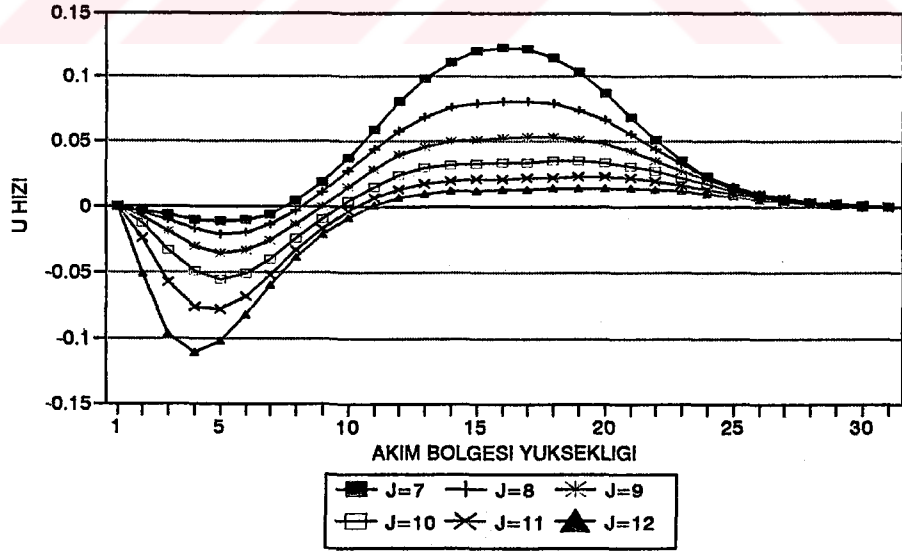
Şekil 4.2.25. Paralel jet için hız vektörü doğrultuları ($Re=0.5$, $T=5$ s)



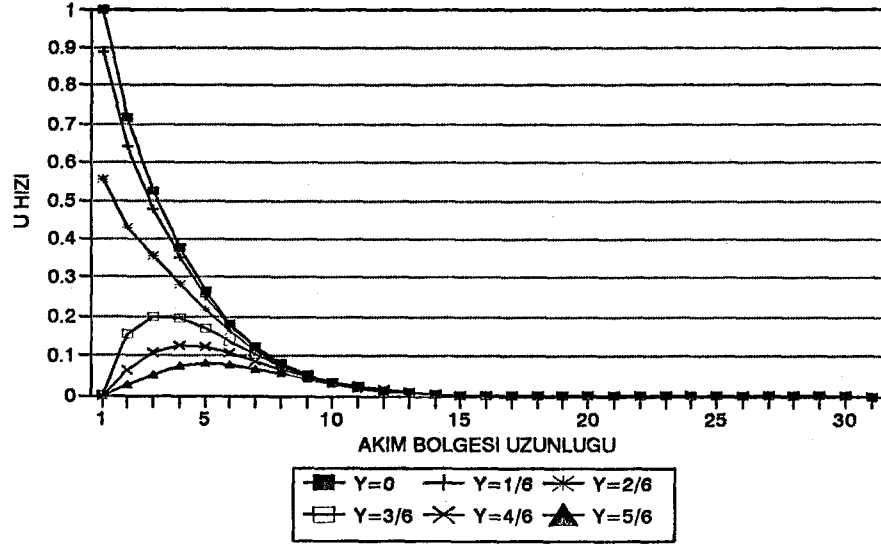
Şekil 4.2.26. Paralel jet için hız vektörü doğrultuları ($Re=25$, $T=25$ s)



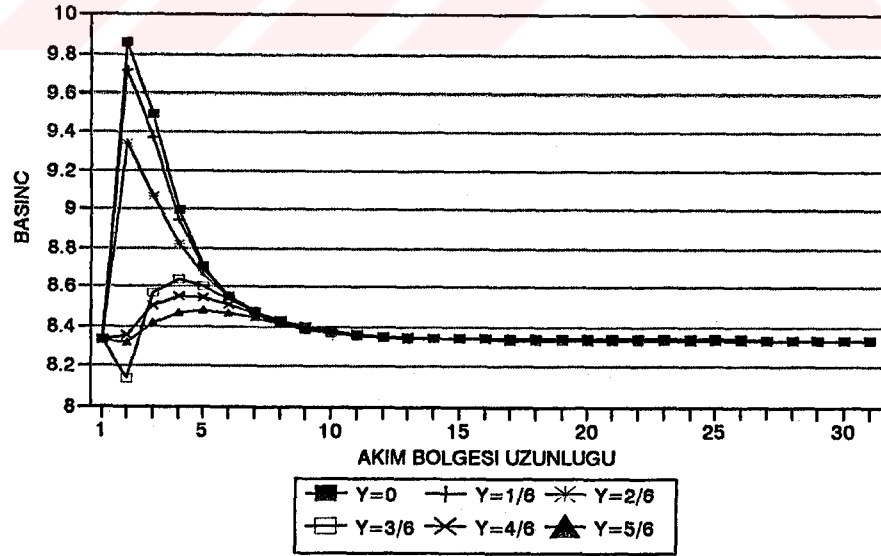
Şekil 4.3.1 Çapraz jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=0.5, T=1s)
[$\Delta x=1/6$, $\Delta y=1/6$, (31x31) grid, JBS=6]



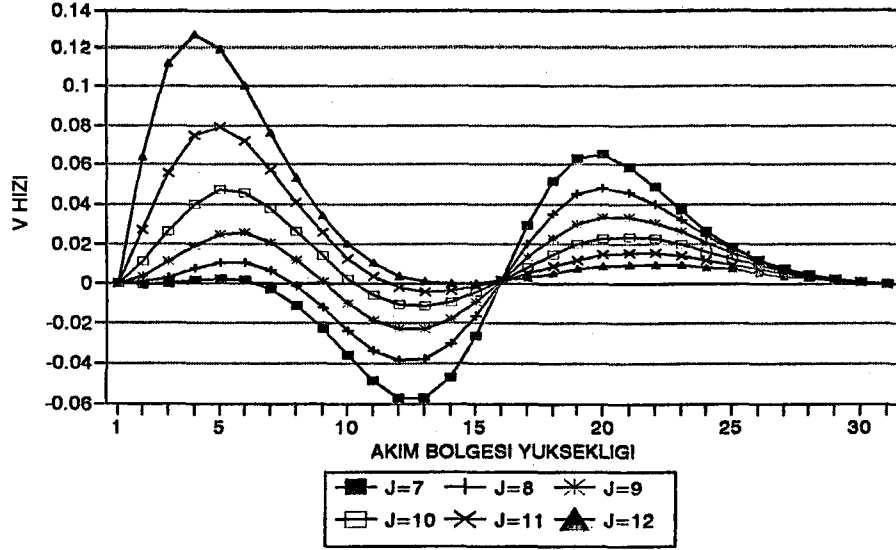
Şekil 4.3.2 Çapraz jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=0.5, T=1s)
[$\Delta x=1/6$, $\Delta y=1/6$, (31x31) grid, JBS=6] **



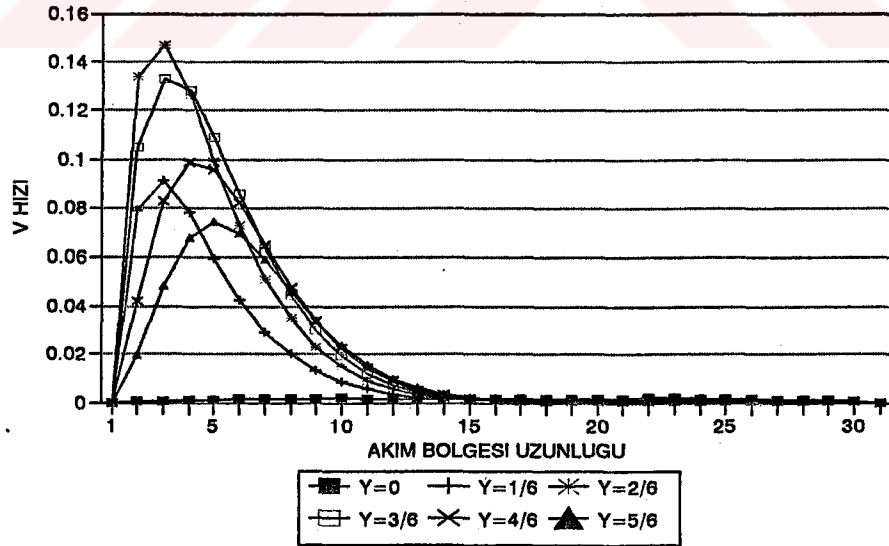
Şekil 4.3.3 Çapraz jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=1s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/6, (31 \times 31)$ grid, $JBS=6$]



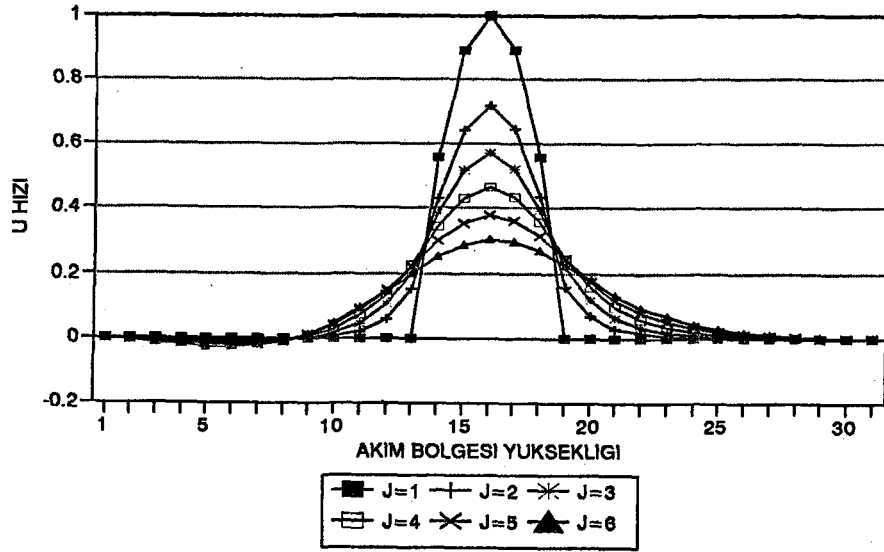
Şekil 4.3.4 Çapraz jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=1s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/6, (31 \times 31)$ grid, $JBS=6$]



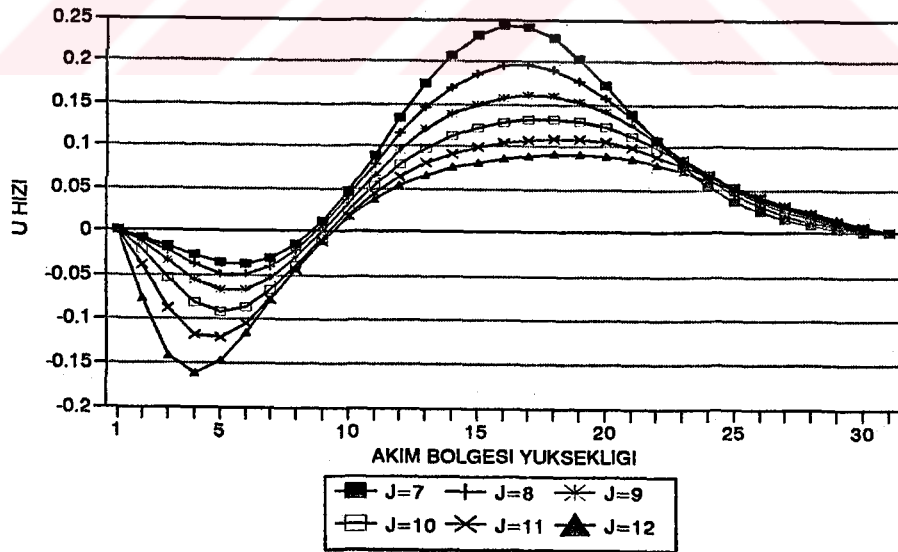
Şekil 4.3.5 Çapraz jet durumunda v hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=1s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/6, (31 \times 31)$ grid, $JBS=6$] **



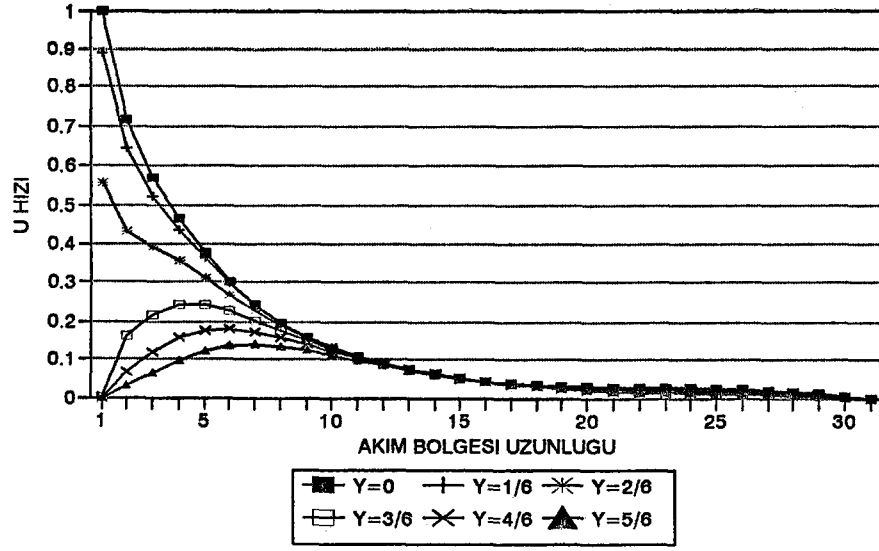
Şekil 4.3.6 Çapraz jet durumunda v hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=1s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/6, (31 \times 31)$ grid, $JBS=6$]



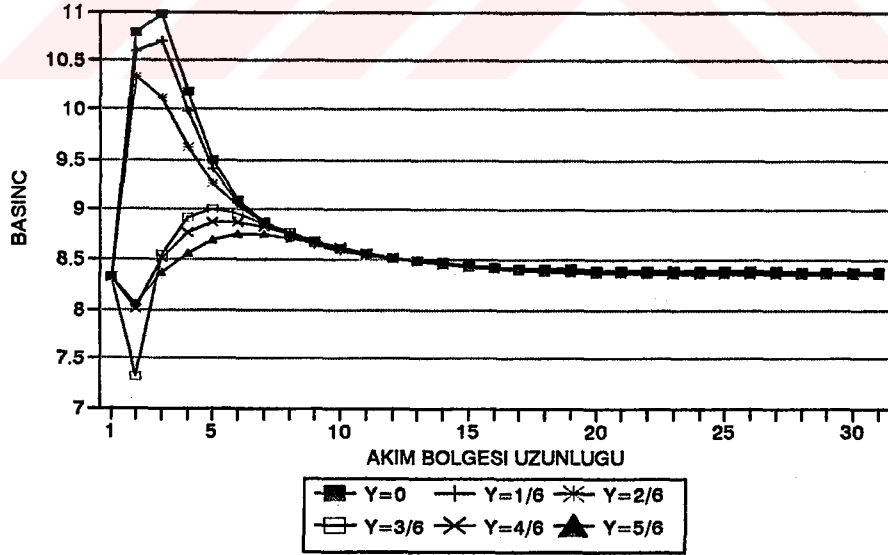
Şekil 4.3.7 Çapraz jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=3s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/6, (31 \times 31)$ grid, $JBS=6$]



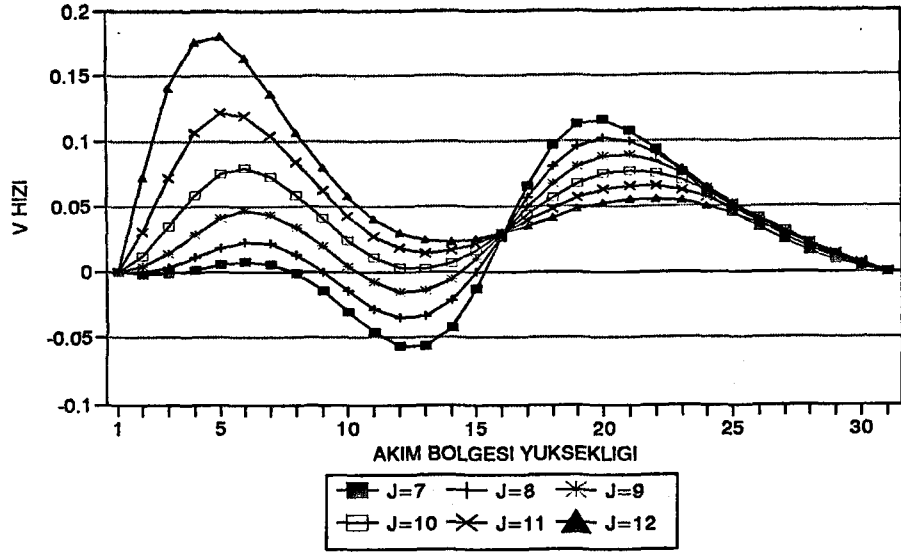
Şekil 4.3.8 Çapraz jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=3s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/6, (31 \times 31)$ grid, $JBS=6$] **



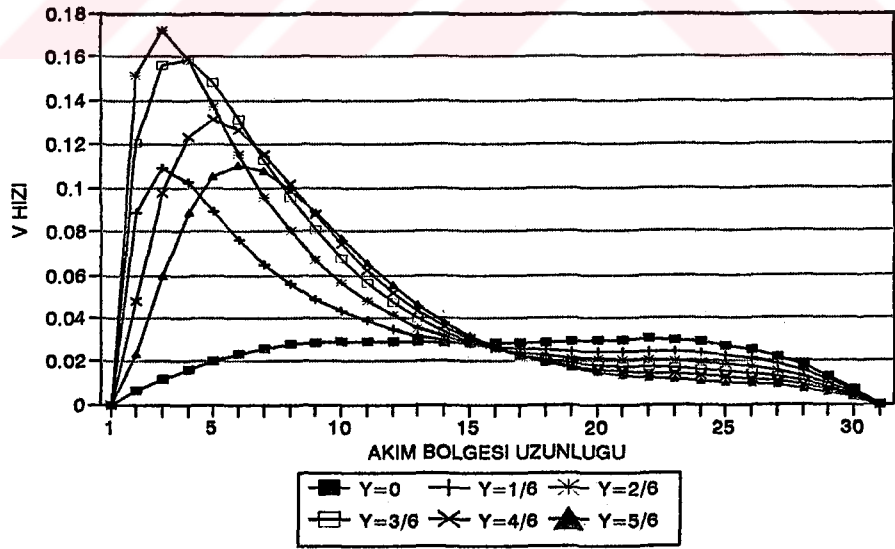
Şekil 4.3.9 Çapraz jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=3s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/6, (31 \times 31)$ grid, JBS=6]



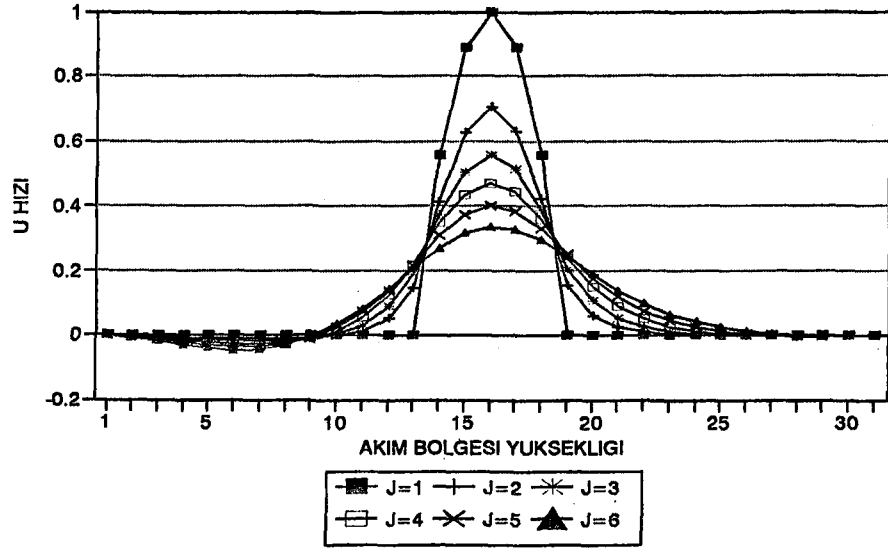
Şekil 4.3.10 Çapraz jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=3s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/6, (31 \times 31)$ grid, JBS=6]



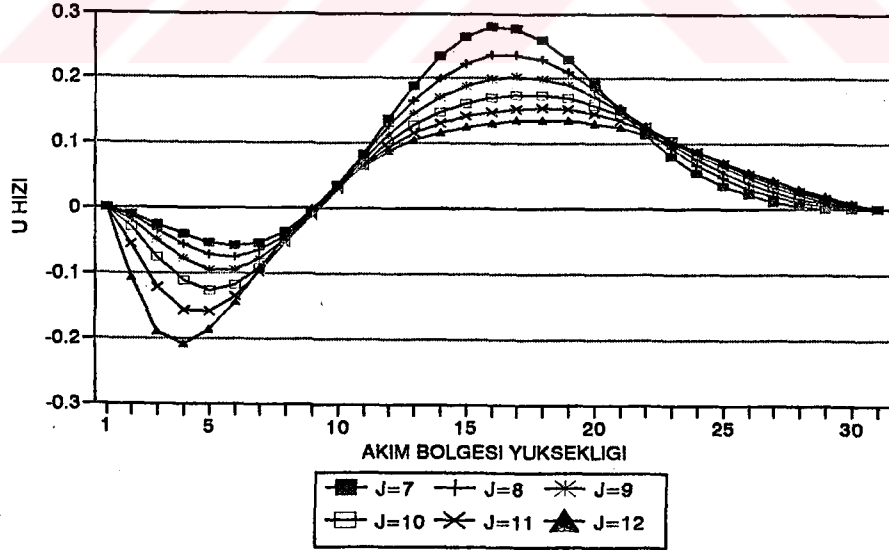
Şekil 4.3.11 Çapraz jet durumunda v hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=3s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/6, (31 \times 31)$ grid, $JBS=6]$ **



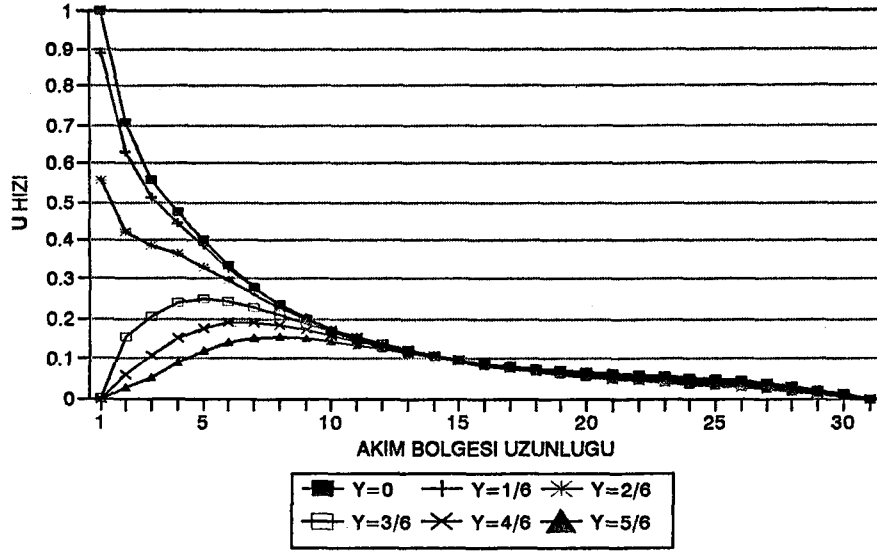
Şekil 4.3.12 Çapraz jet durumunda v hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=3s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/6, (31 \times 31)$ grid, $JBS=6]$



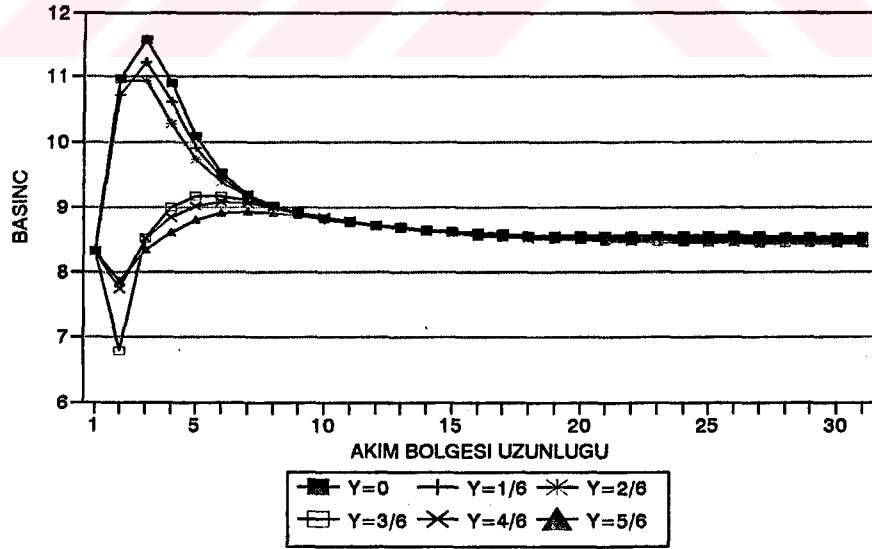
Şekil 4.3.13 Çapraz jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=0.5, T=5s) [$\Delta x=1/6$, $\Delta y=1/6$, (31x31) grid, JBS=6]



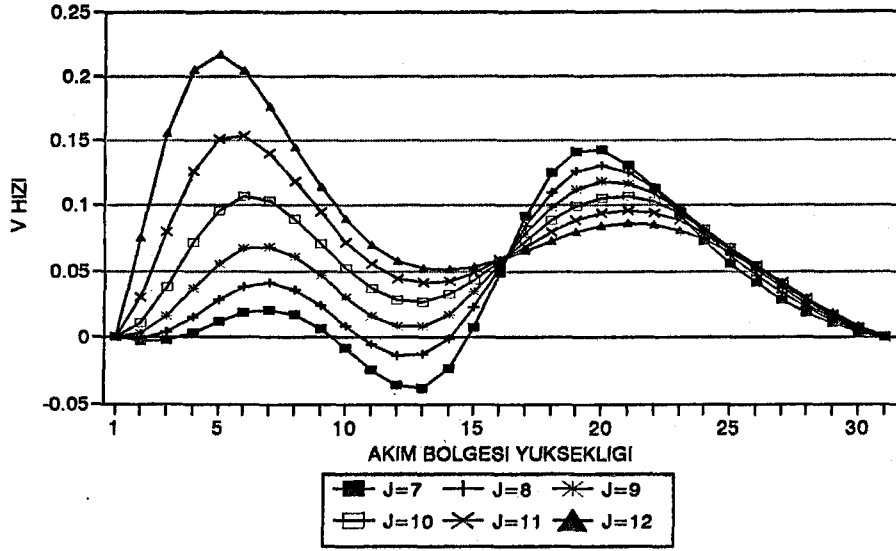
Şekil 4.3.14 Çapraz jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=0.5, T=5s) [$\Delta x=1/6$, $\Delta y=1/6$, (31x31) grid, JBS=6] **



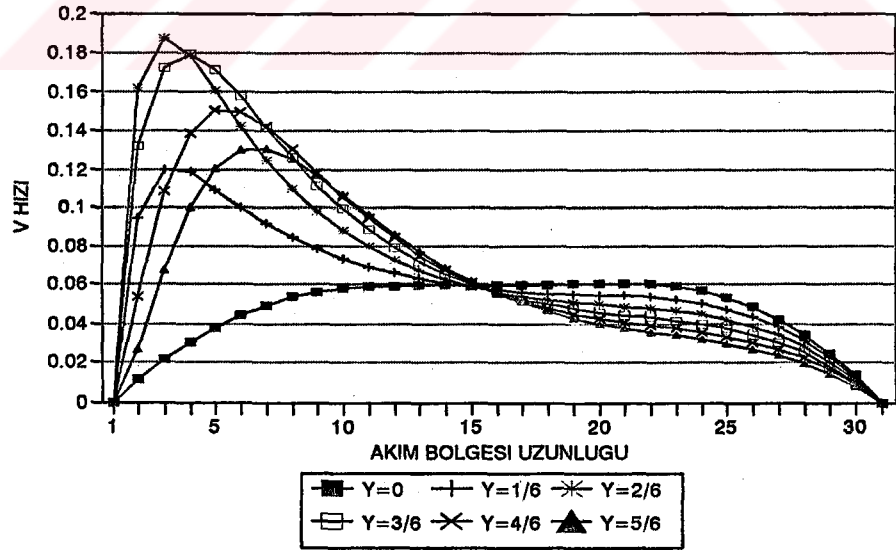
Şekil 4.3.15 Çapraz jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=5s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/6, (31 \times 31)$ grid, $JBS=6$]



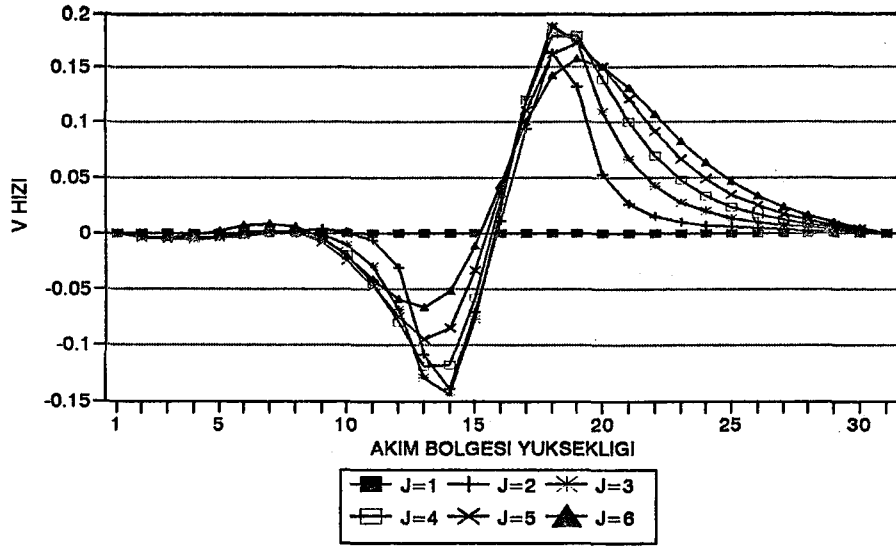
Şekil 4.3.16 Çapraz jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=5s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/6, (31 \times 31)$ grid, $JBS=6$]



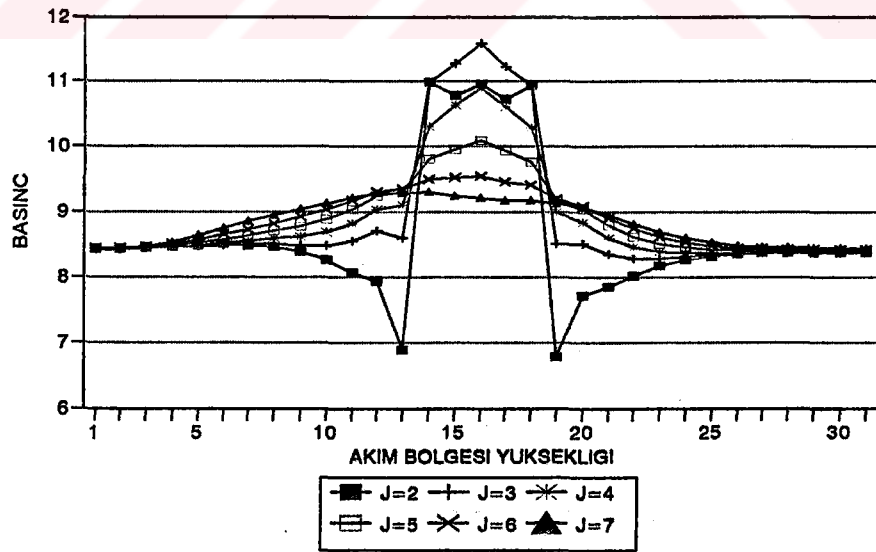
Şekil 4.3.17 Çapraz jet durumunda v hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=5s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/6, (31 \times 31)$ grid, JBS=6] **



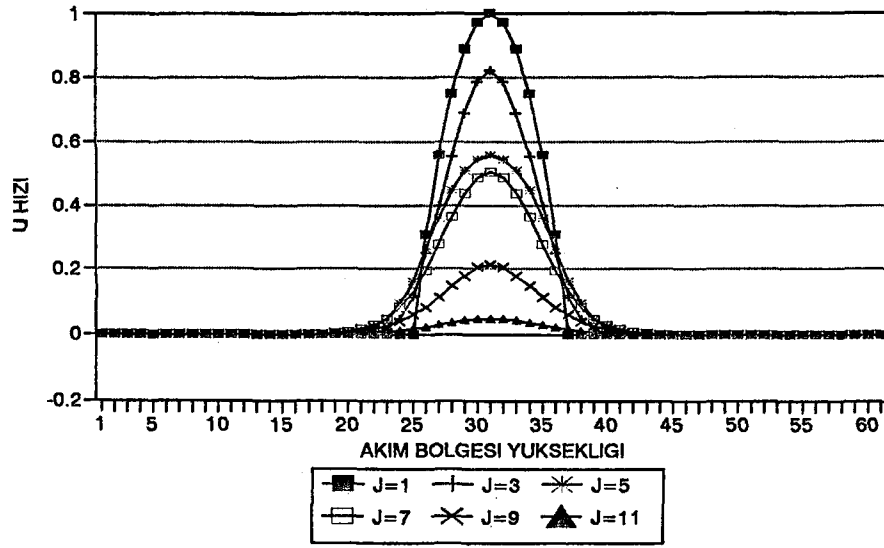
Şekil 4.3.18 Çapraz jet durumunda v hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=5s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/6, (31 \times 31)$ grid, JBS=6]



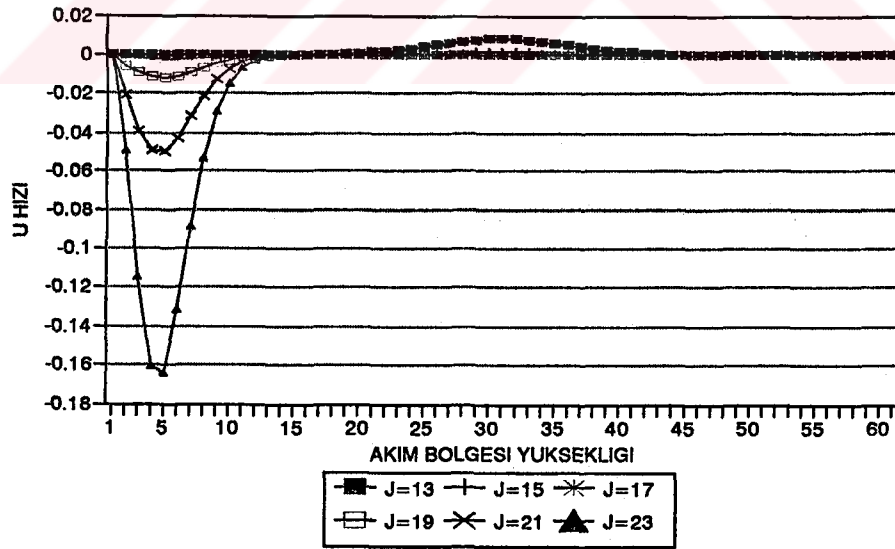
Şekil 4.3.19 Çapraz jet durumunda v hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=5s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/6, (31 \times 31)$ grid, JBS=6]



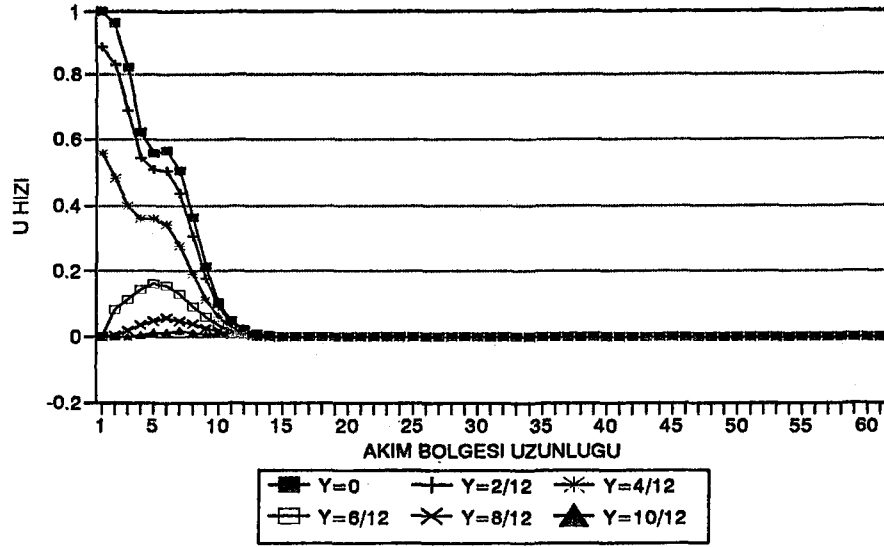
Şekil 4.3.20 Çapraz jet durumunda basıncın y doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=5s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/6, (31 \times 31)$ grid, JBS=6]



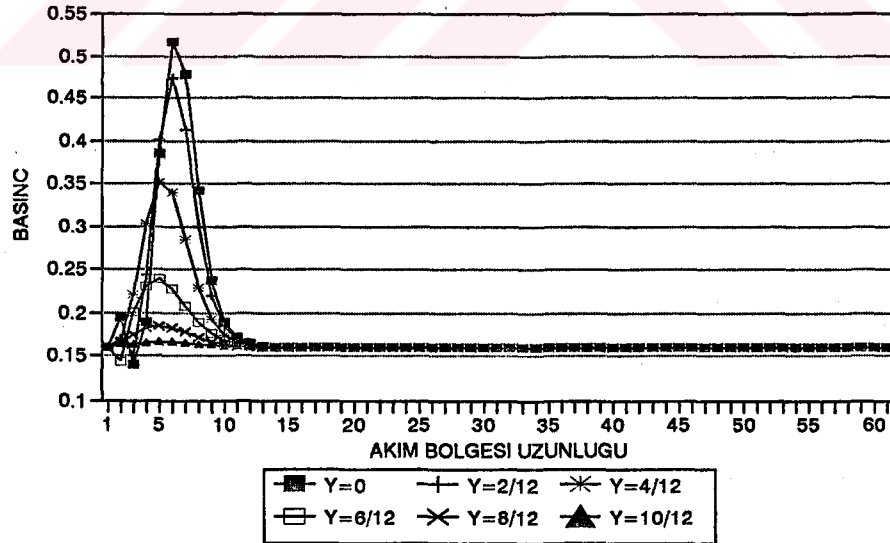
Şekil 4.3.21 Çapraz jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=5s)
 $[\Delta x=1/12, \Delta y=1/12, (61 \times 61)$ grid, JBS=12]



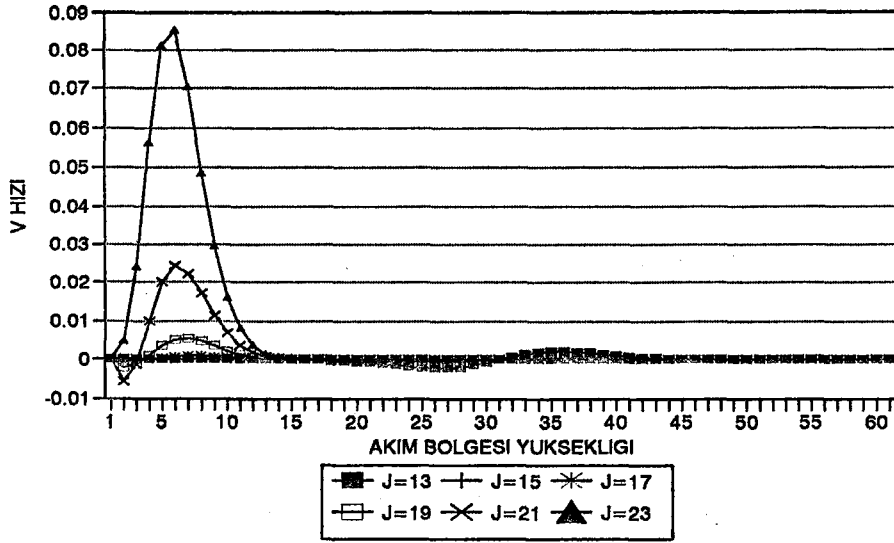
Şekil 4.3.22 Çapraz jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=5s)
 $[\Delta x=1/12, \Delta y=1/12, (61 \times 61)$ grid, JBS=12] **



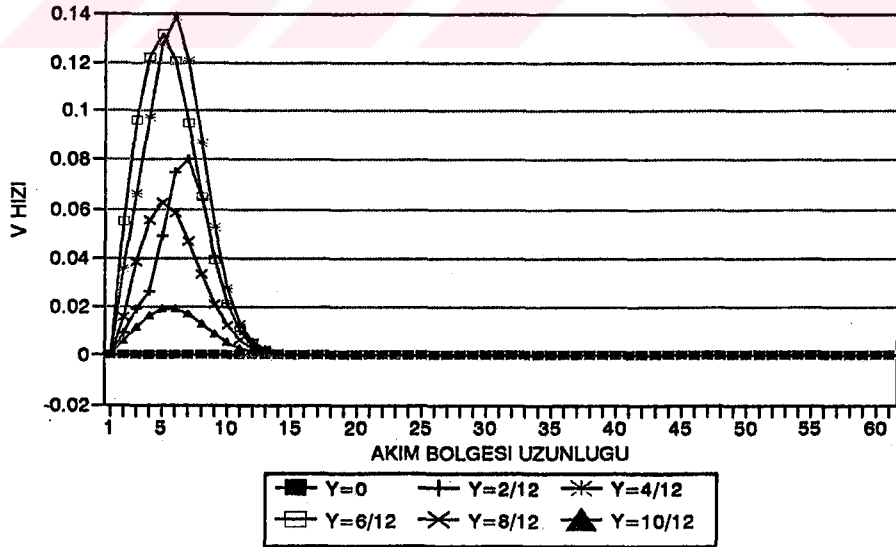
Şekil 4.3.23 Çapraz jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=5s$)
 $[\Delta x=1/12, \Delta y=1/12, (61 \times 61)$ grid, $JBS=12]$



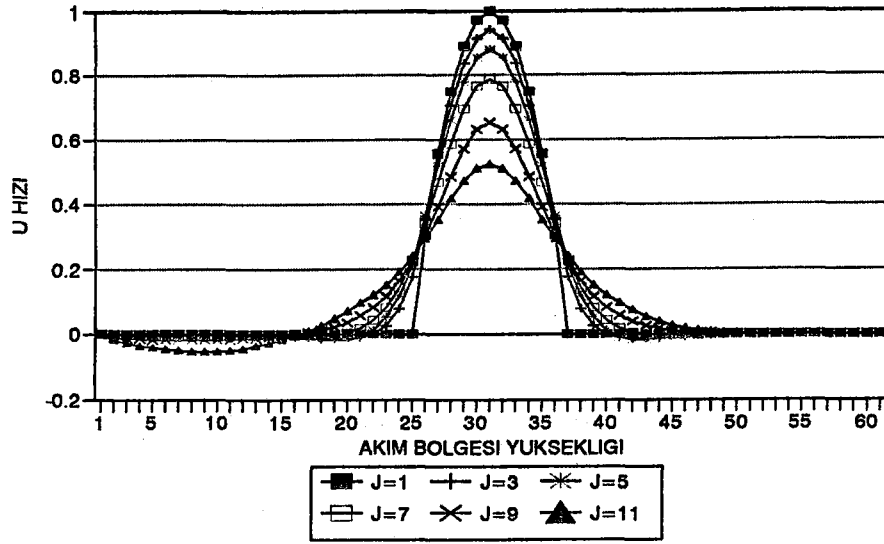
Şekil 4.3.24 Çapraz jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=5s$)
 $[\Delta x=1/12, \Delta y=1/12, (61 \times 61)$ grid, $JBS=12]$



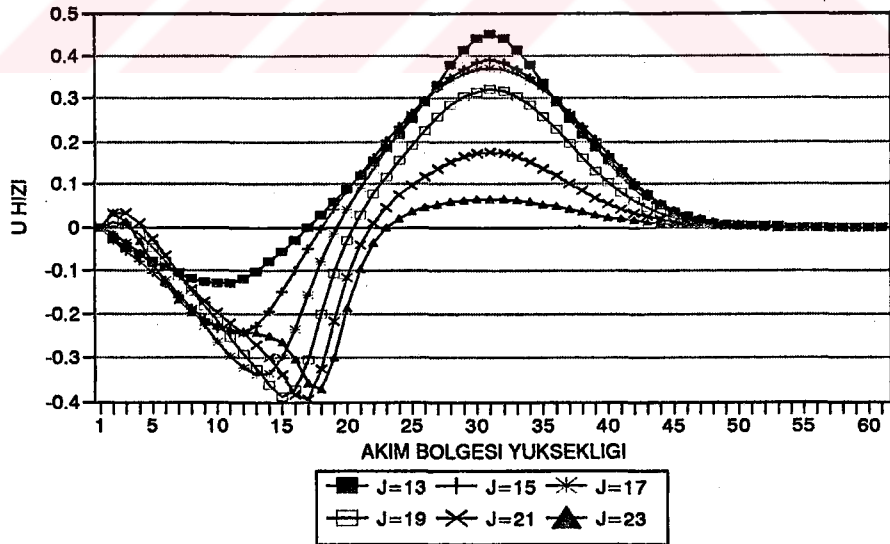
Şekil 4.3.25 Çapraz jet durumunda v hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=5s$)
 $[\Delta x=1/12, \Delta y=1/12, (61 \times 61)$ grid, $JBS=12]$ **



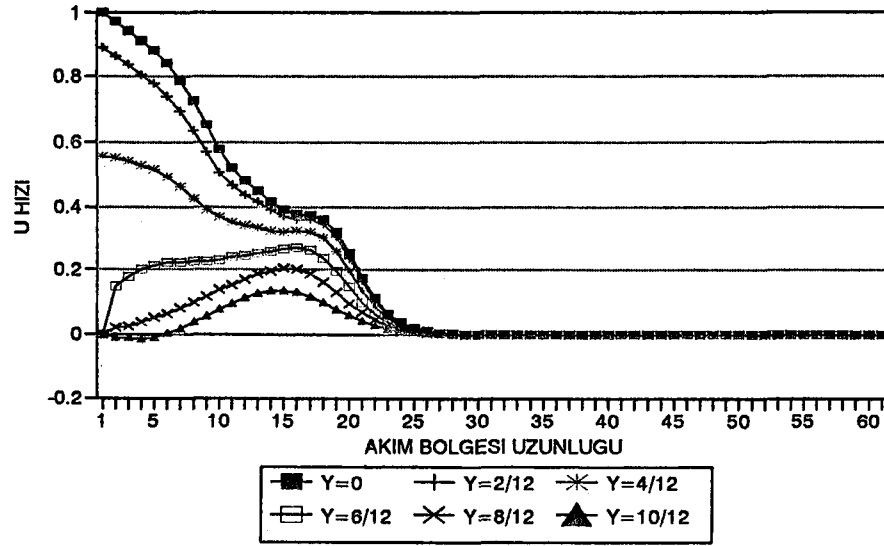
Şekil 4.3.26 Çapraz jet durumunda v hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=5s$)
 $[\Delta x=1/12, \Delta y=1/12, (61 \times 61)$ grid, $JBS=12]$



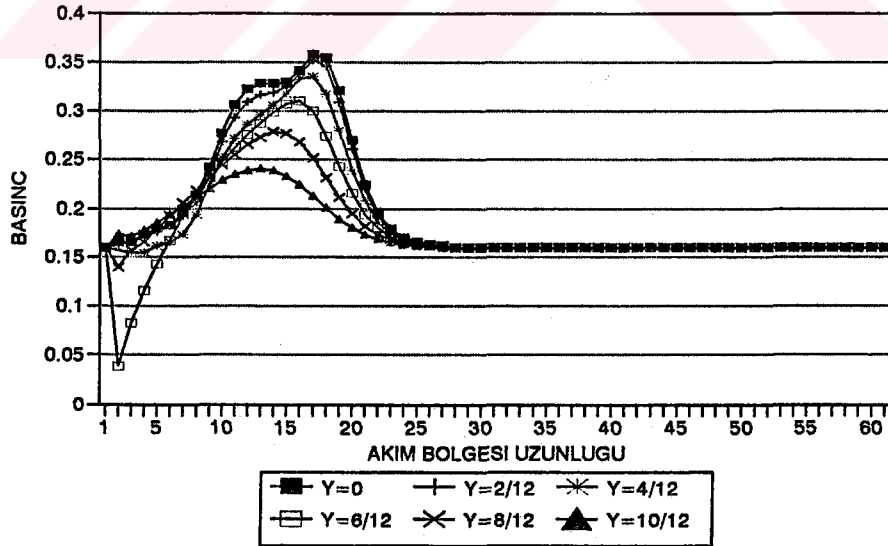
Şekil 4.3.27 Çapraz jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=15s)
[$\Delta x=1/12$, $\Delta y=1/12$, (61x61) grid, JBS=12]



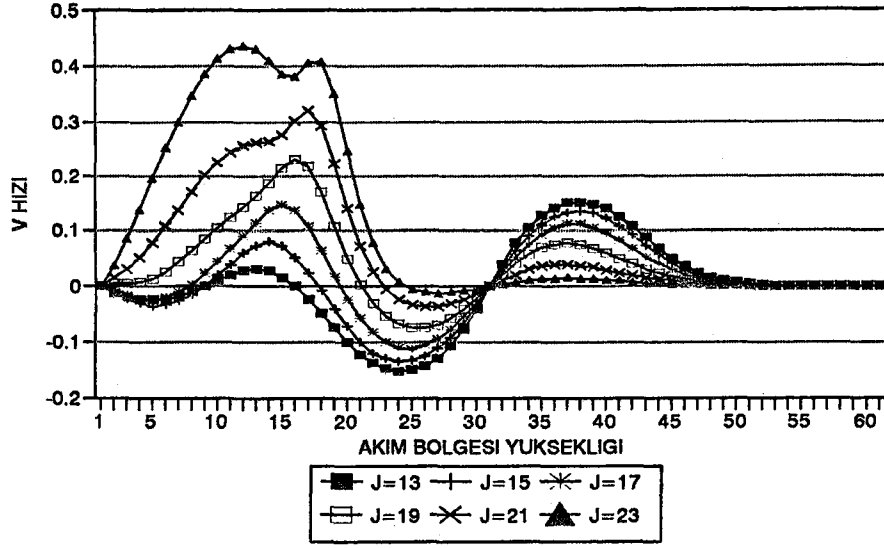
Şekil 4.3.28 Çapraz jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=15s)
[$\Delta x=1/12$, $\Delta y=1/12$, (61x61) grid, JBS=12] **



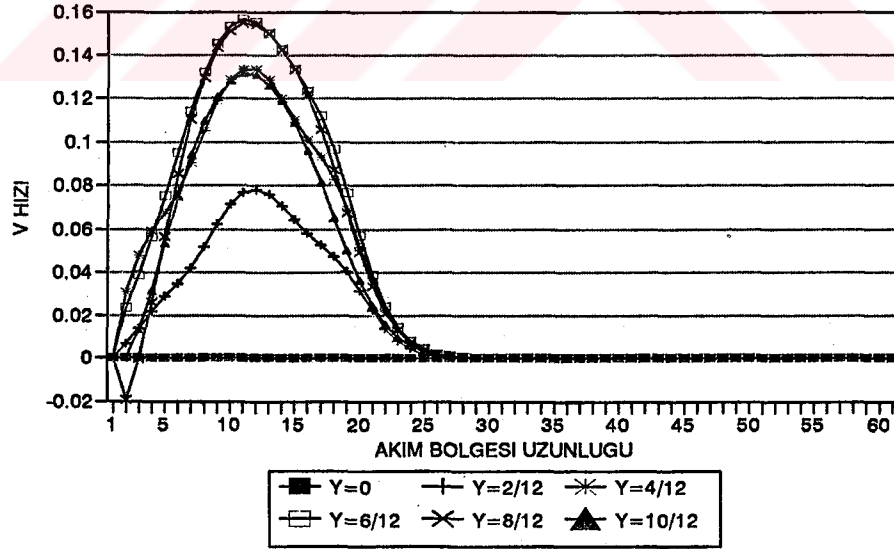
Şekil 4.3.29 Çapraz jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=15s$)
 $[\Delta x=1/12, \Delta y=1/12, (61 \times 61)$ grid, $JBS=12$]



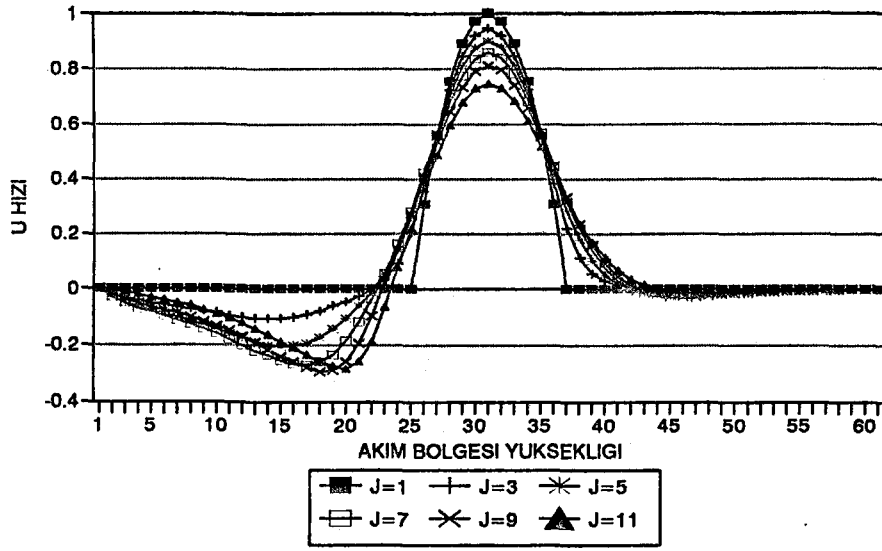
Şekil 4.3.30 Çapraz jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=15s$)
 $[\Delta x=1/12, \Delta y=1/12, (61 \times 61)$ grid, $JBS=12$]



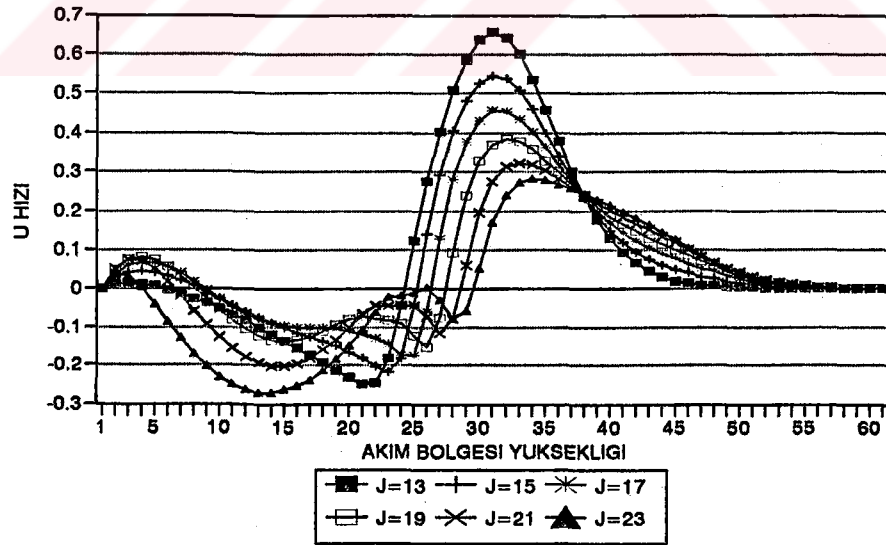
Şekil 4.3.31 Çapraz jet durumunda v hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=15s)
 $[\Delta x=1/12, \Delta y=1/12, (61 \times 61)$ grid, JBS=12] **



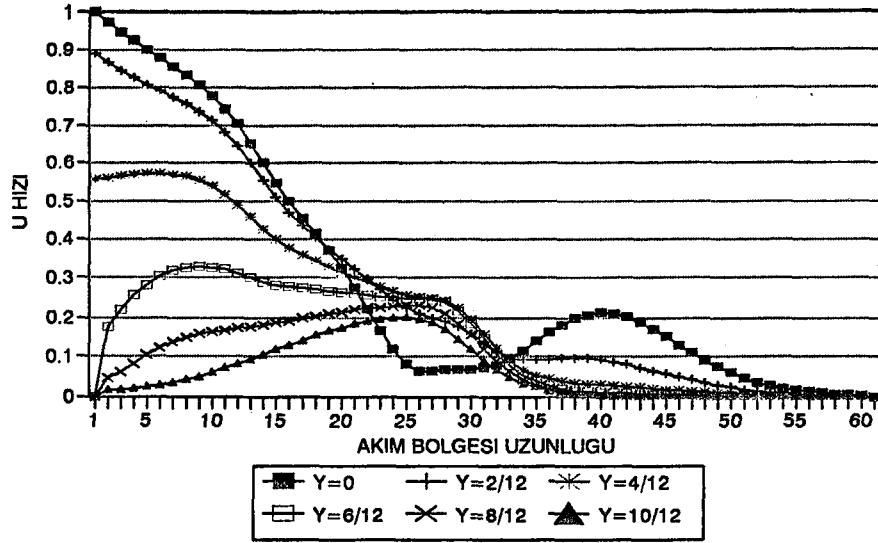
Şekil 4.3.32 Çapraz jet durumunda v hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=15s)
 $[\Delta x=1/12, \Delta y=1/12, (61 \times 61)$ grid, JBS=12]



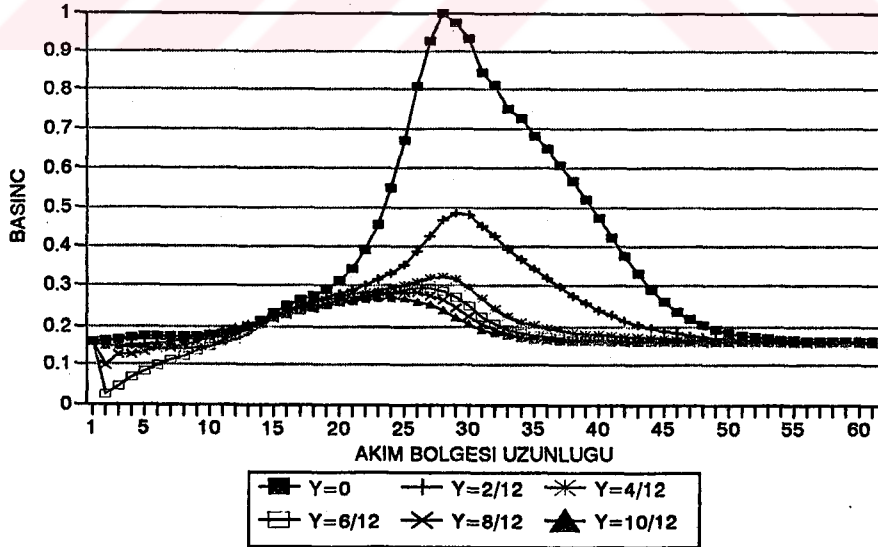
Şekil 4.3.33 Çapraz jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=25s)
 $[\Delta x=1/12, \Delta y=1/12, (61 \times 61)$ grid, JBS=12]



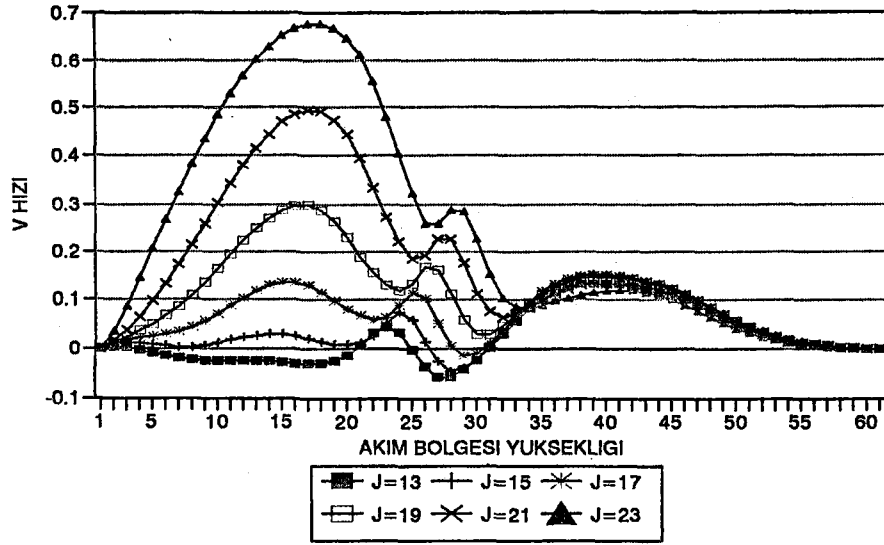
Şekil 4.3.34 Çapraz jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=25s)
 $[\Delta x=1/12, \Delta y=1/12, (61 \times 61)$ grid, JBS=12] **



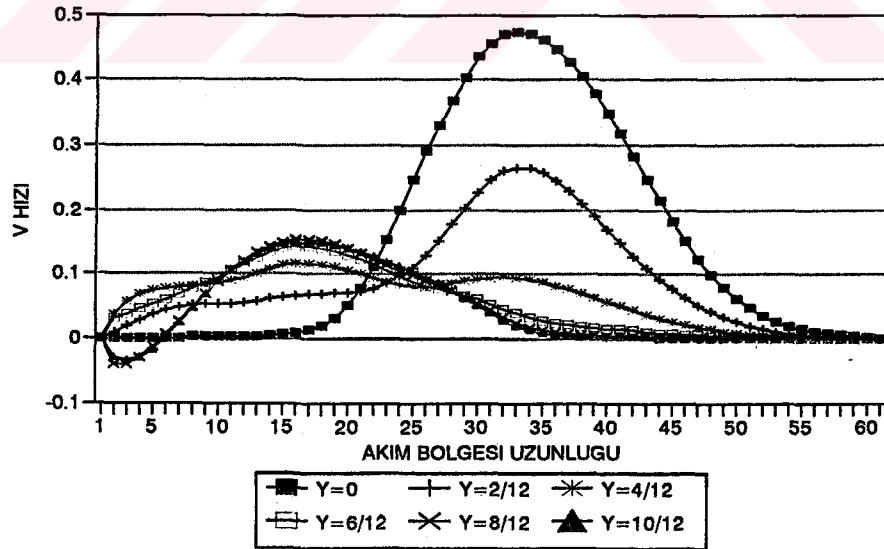
Şekil 4.3.35 Çapraz jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=25s)
[$\Delta x=1/12$, $\Delta y=1/12$, (61x61) grid, JBS=12]



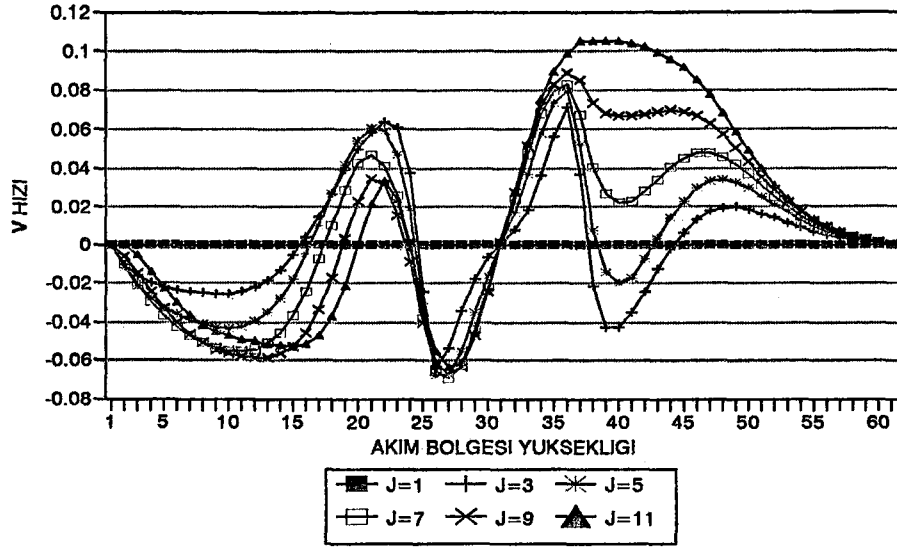
Şekil 4.3.36 Çapraz jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=25s)
[$\Delta x=1/12$, $\Delta y=1/12$, (61x61) grid, JBS=12]



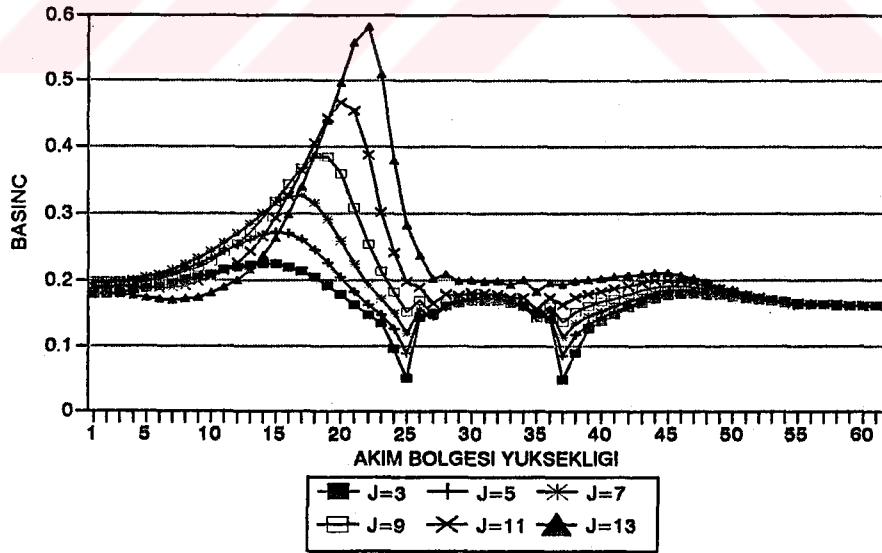
Şekil 4.3.37 Çapraz jet durumunda v hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=25s$)
 $[\Delta x=1/12, \Delta y=1/12, (61 \times 61)$ grid, $JBS=12]$ **



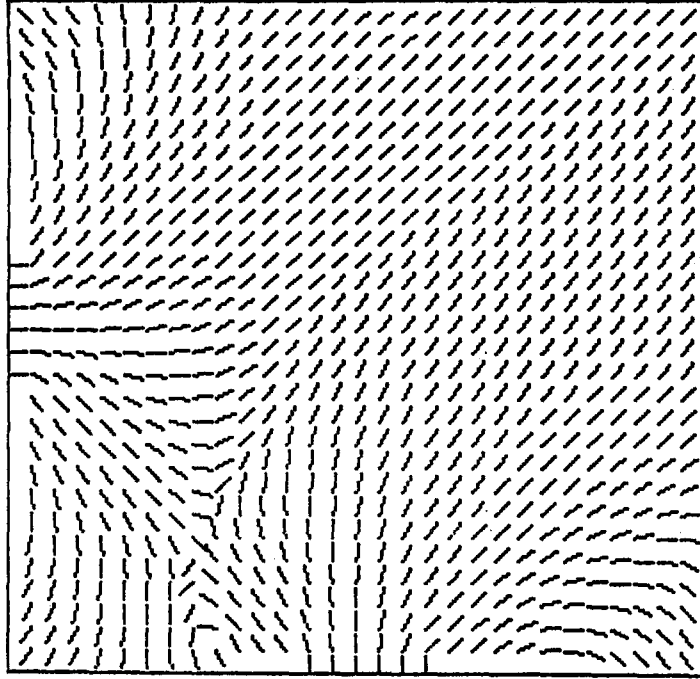
Şekil 4.3.38 Çapraz jet durumunda v hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=25s$)
 $[\Delta x=1/12, \Delta y=1/12, (61 \times 61)$ grid, $JBS=12]$



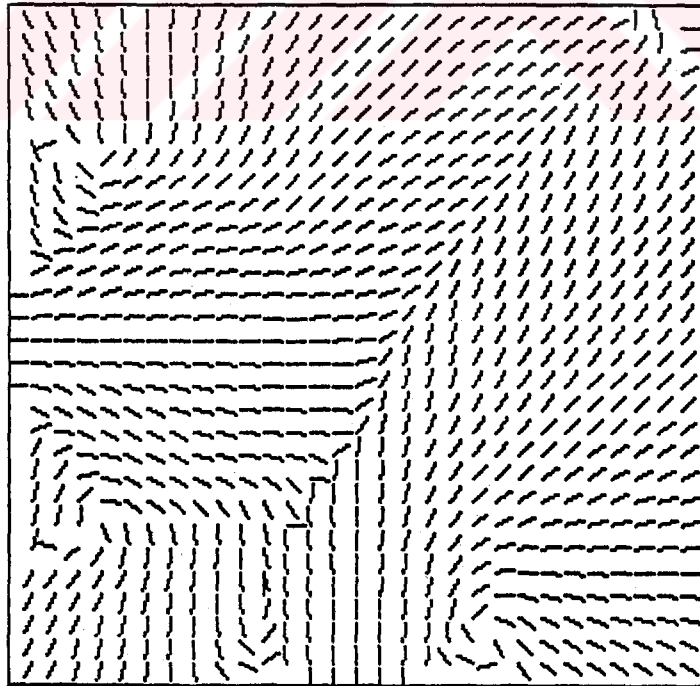
Şekil 4.3.39 Çapraz jet durumunda v hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=25s$)
 $[\Delta x=1/12, \Delta y=1/12, (61 \times 61)$ grid, JBS=12]



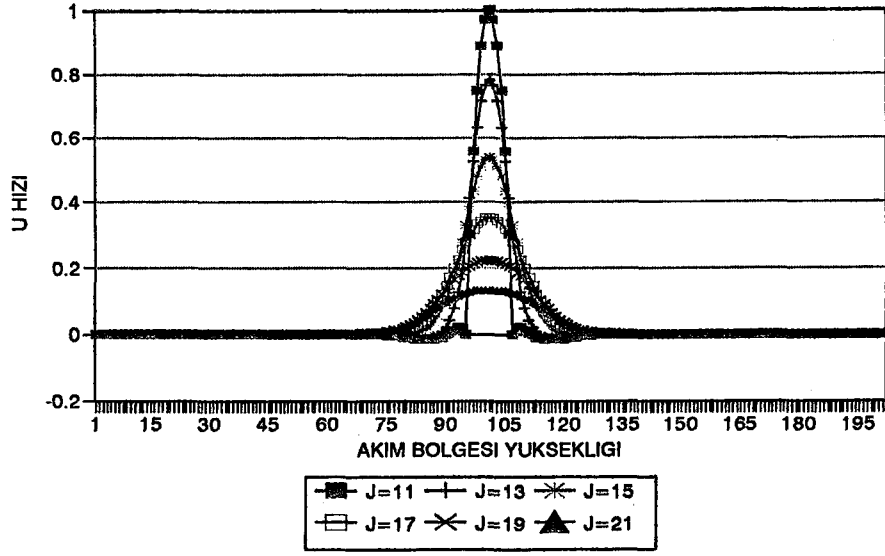
Şekil 4.3.40 Çapraz jet durumunda basıncın y doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=25s$)
 $[\Delta x=1/12, \Delta y=1/12, (61 \times 61)$ grid, JBS=12]



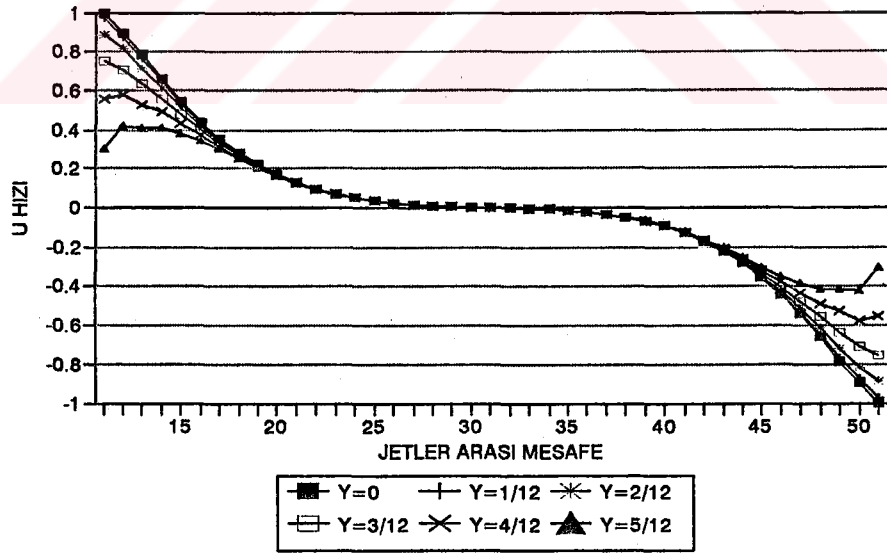
Şekil 4.3.41. Çapraz jet için hız vektörü doğrultuları ($Re=0.5$, $T=5$ s)



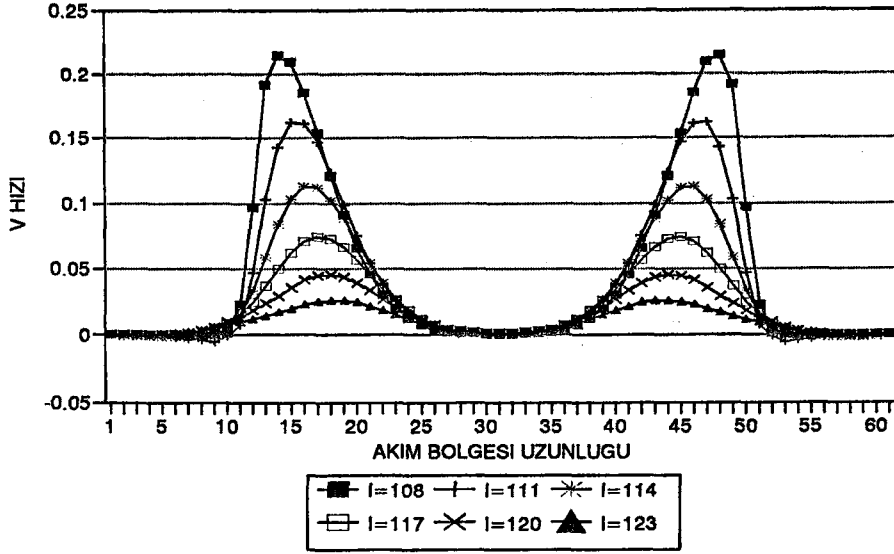
Şekil 4.3.42. Çapraz jet için hız vektörü doğrultuları ($Re=25$, $T=25$ s)



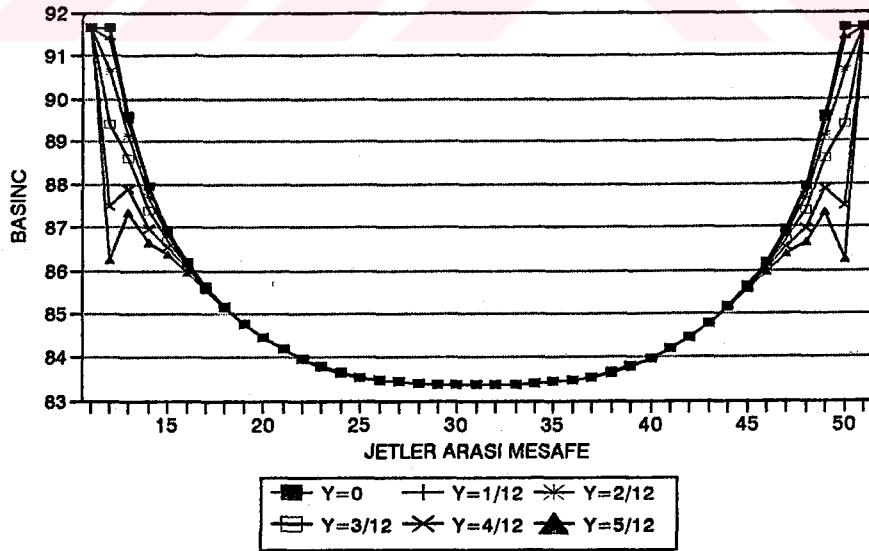
Şekil 4.4.1 Zıt jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=1s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/12, (61 \times 201)$ grid, $JBS=12, JBSX=10]$



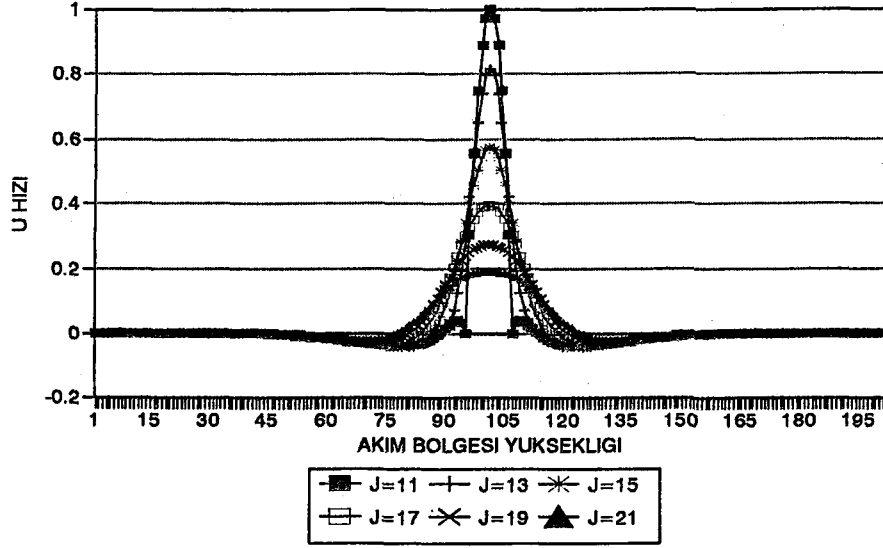
Şekil 4.4.2 Zıt jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=1s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/12, (61 \times 201)$ grid, $JBS=12, JBSX=10]$



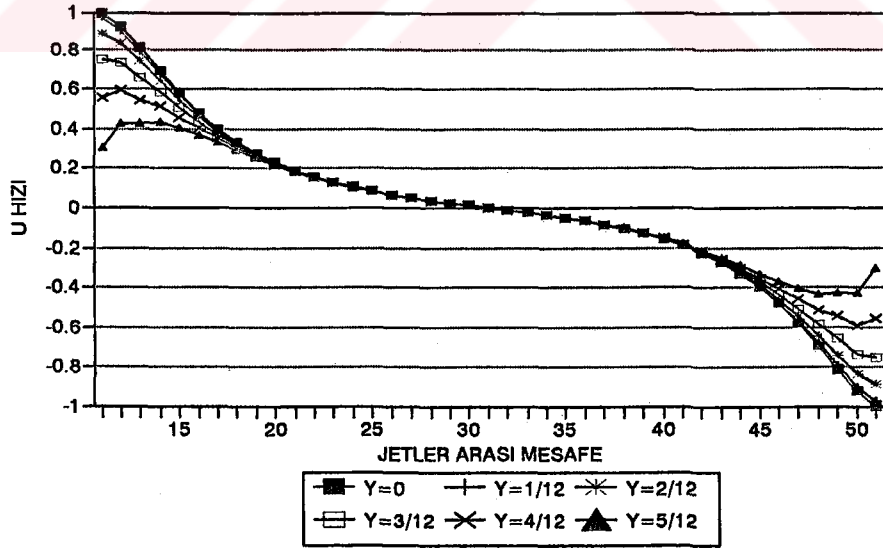
Şekil 4.4.3 Zıt jet durumunda v hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=1s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/12, (61 \times 201)$ grid, JBS=12, JBSX=10]



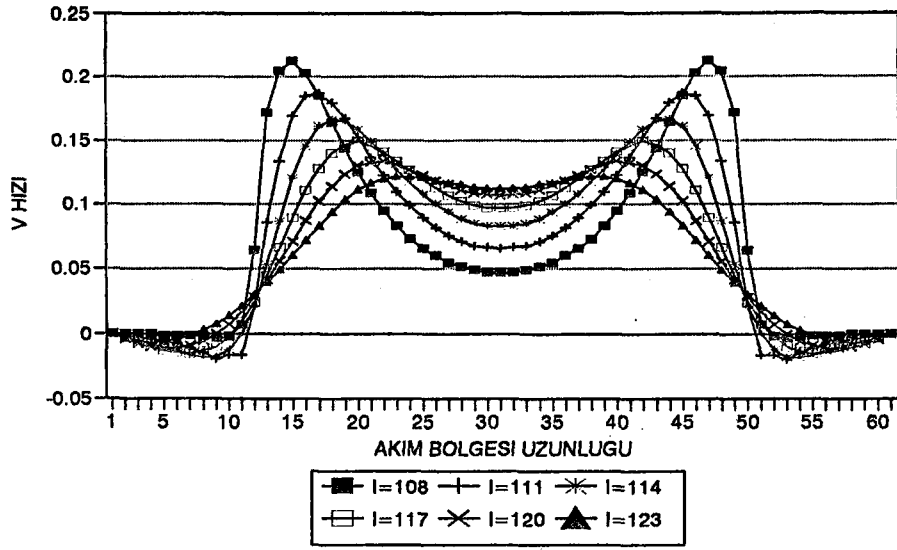
Şekil 4.4.4 Zıt jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=1s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/12, (61 \times 201)$ grid, JBS=12, JBSX=10]



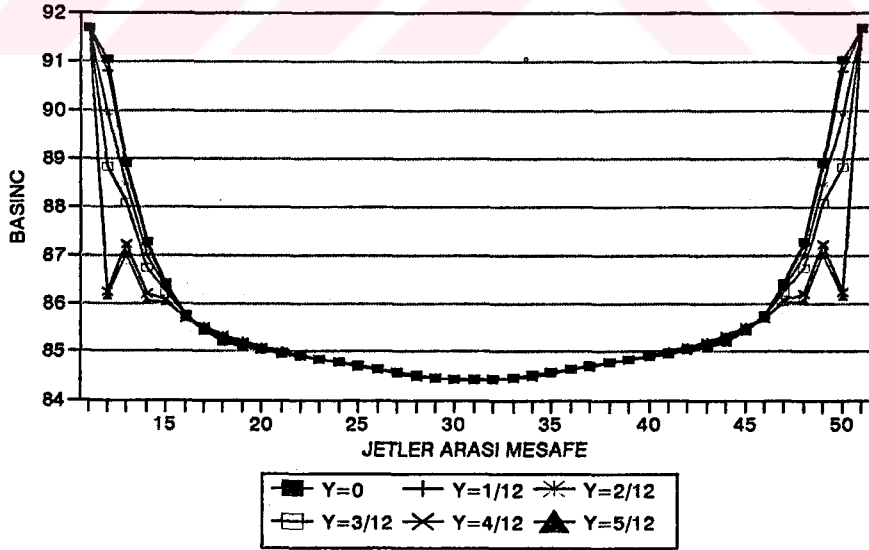
Şekil 4.4.5 Zıt jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=3s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/12, (61 \times 201)$ grid, $JBS=12, JBSX=10$]



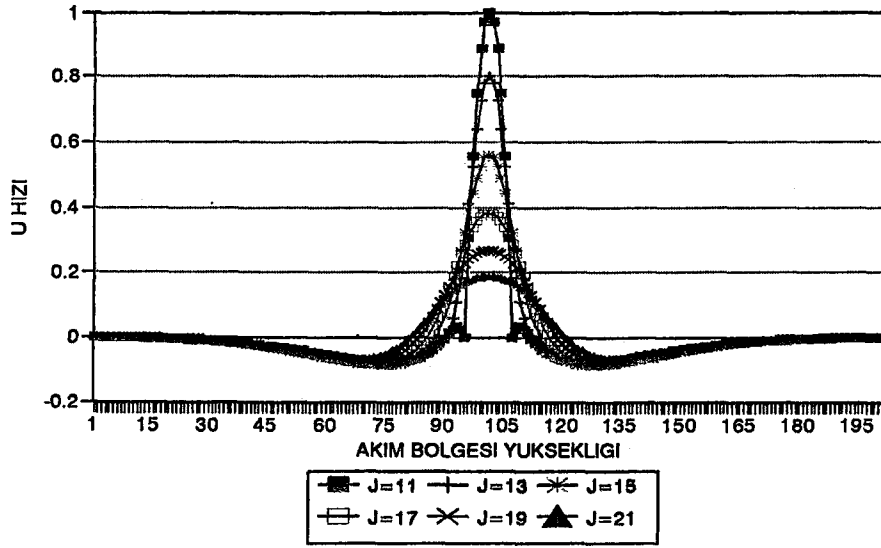
Şekil 4.4.6 Zıt jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=3s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/12, (61 \times 201)$ grid, $JBS=12, JBSX=10$]



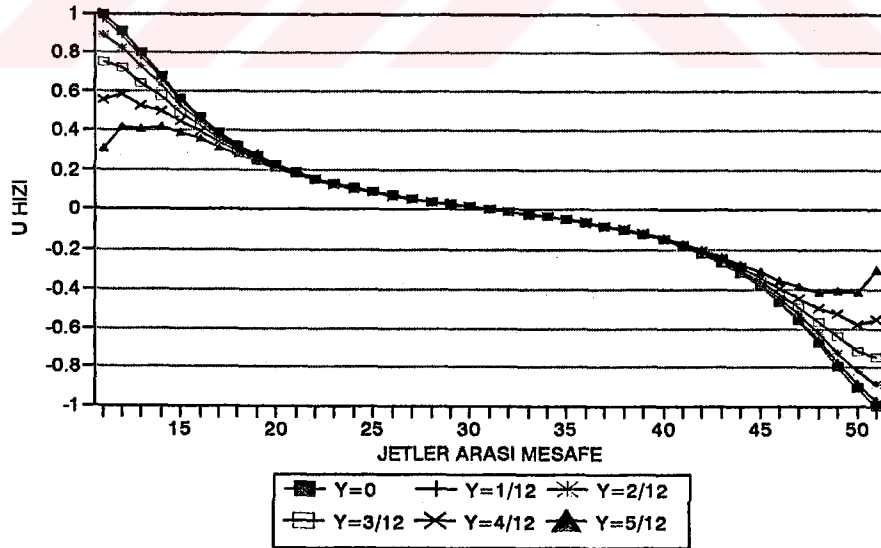
Şekil 4.4.7 Zıt jet durumunda v hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=0.5, T=3s)
[$\Delta x=1/6$, $\Delta y=1/12$, (61x201) grid, JBS=12, JBSX=10]



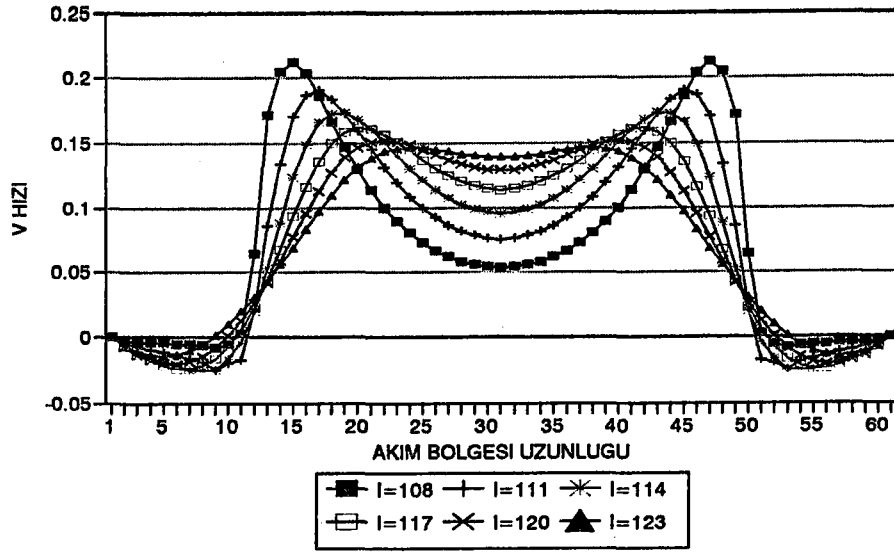
Şekil 4.4.8 Zıt jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi (Re=0.5, T=3s)
[$\Delta x=1/6$, $\Delta y=1/12$, (61x201) grid, JBS=12, JBSX=10]



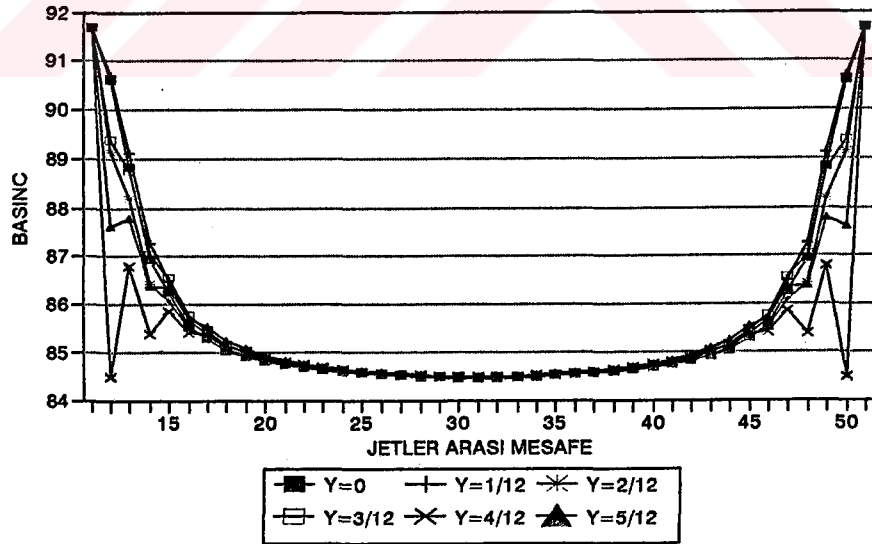
Şekil 4.4.9 Zıt jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=5s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/12, (61 \times 201)$ grid, $JBS=12, JBSX=10$]



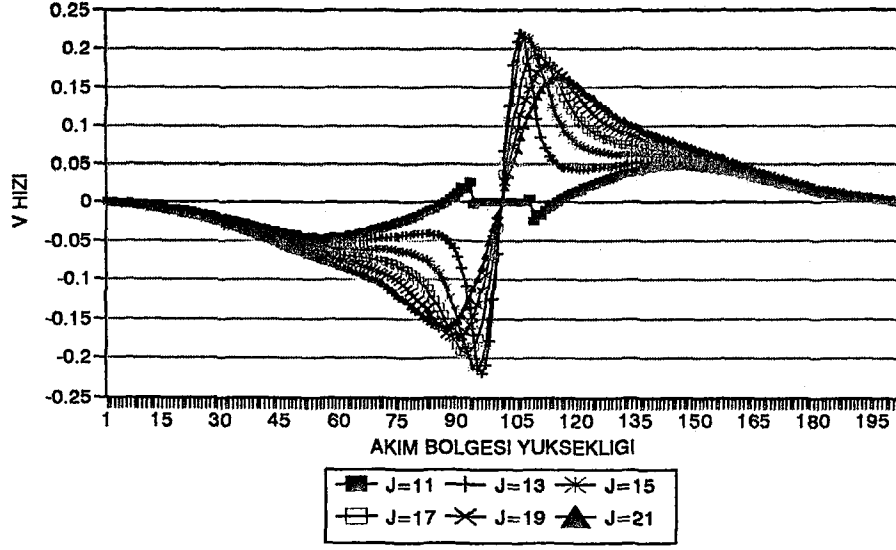
Şekil 4.4.10 Zıt jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=5s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/12, (61 \times 201)$ grid, $JBS=12, JBSX=10$]



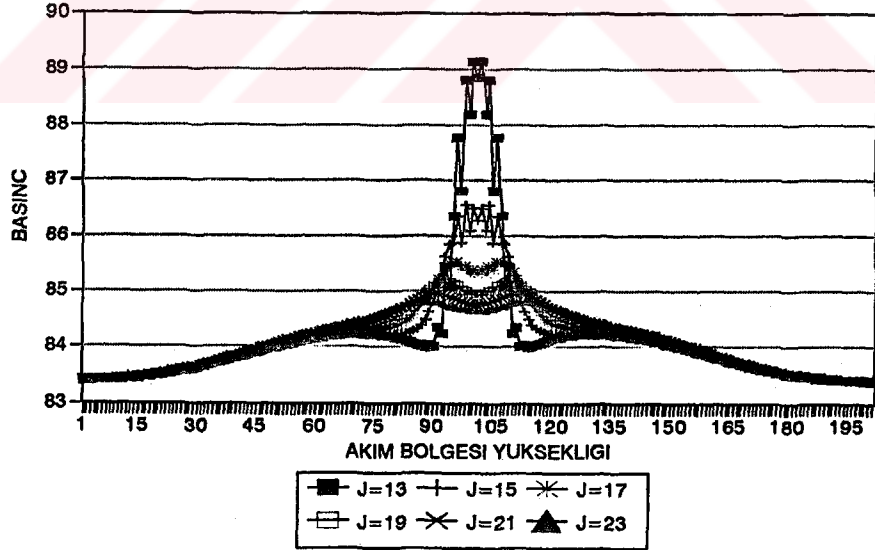
Şekil 4.4.11 Zıt jet durumunda v hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=5s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/12, (61 \times 201)$ grid, $JBS=12, JBSX=10]$



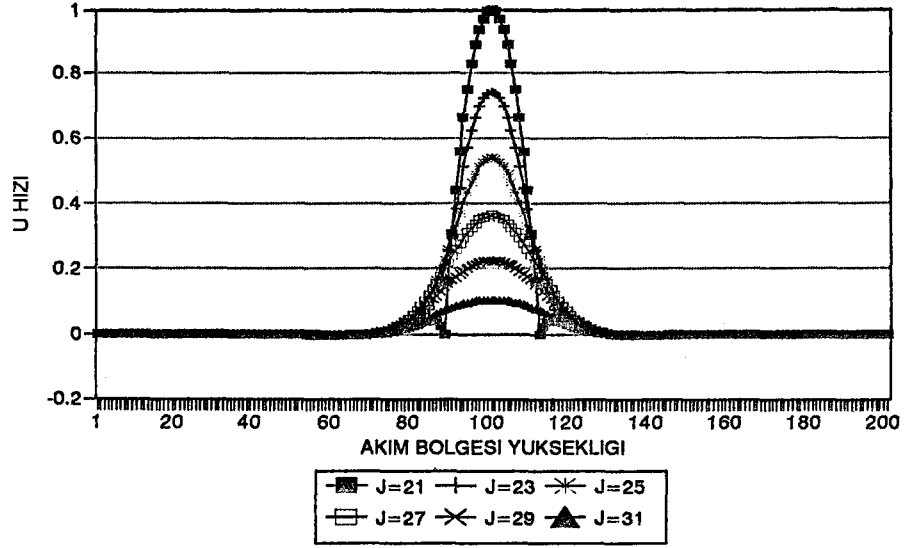
Şekil 4.4.12 Zıt jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=5s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/12, (61 \times 201)$ grid, $JBS=12, JBSX=10]$



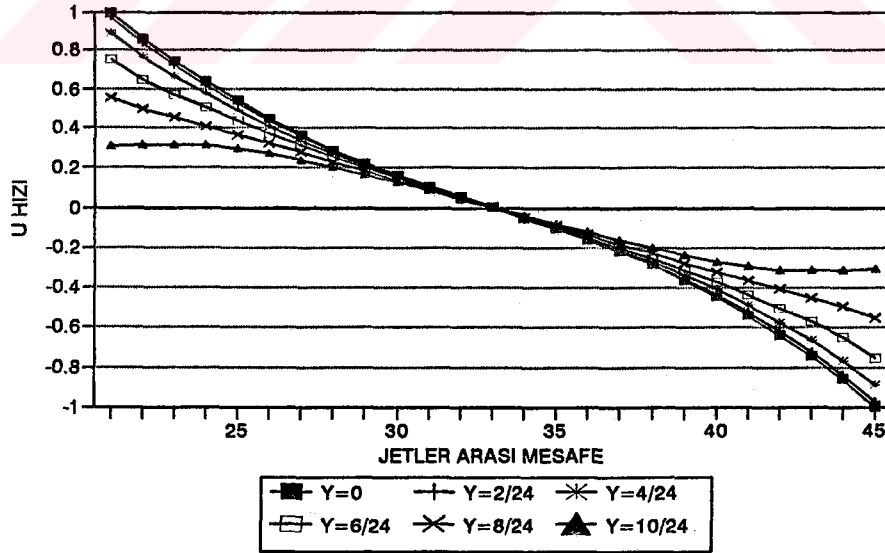
Şekil 4.4.13 Zıt jet durumunda v hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=5s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/12, (61 \times 201)$ grid, $JBS=12, JBSX=10]$



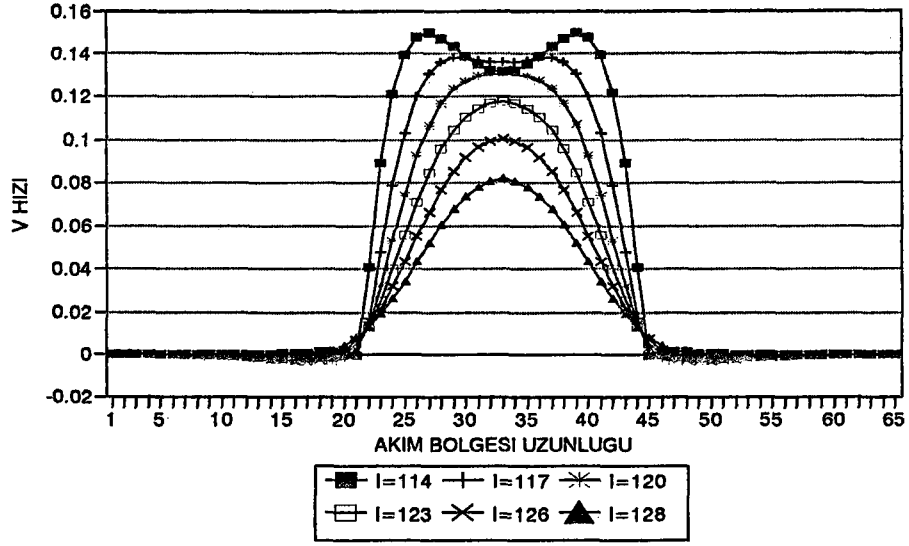
Şekil 4.4.14 Zıt jet durumunda basıncın y doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=5s$)
 $[\Delta x=1/6, \Delta y=1/12, (61 \times 201)$ grid, $JBS=12, JBSX=10]$



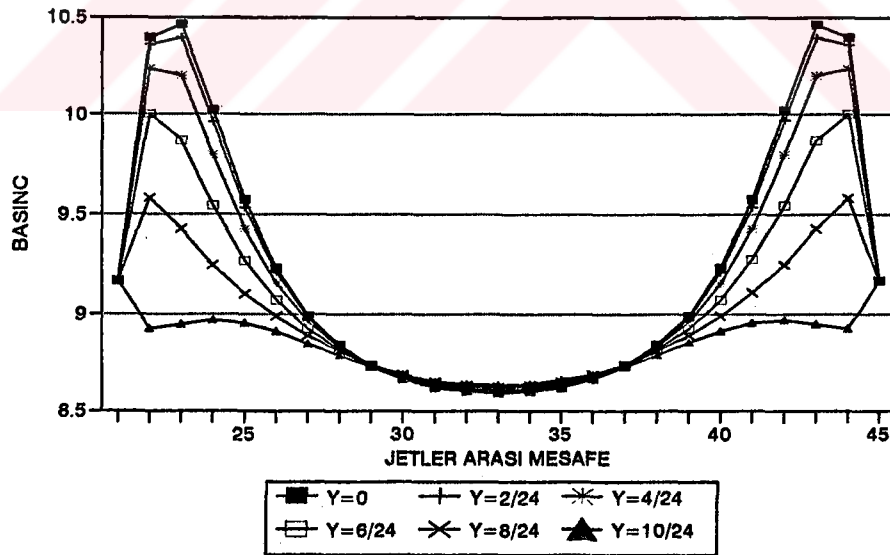
Şekil 4.4.15 Zıt jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=0.5, T=1s)
[$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]



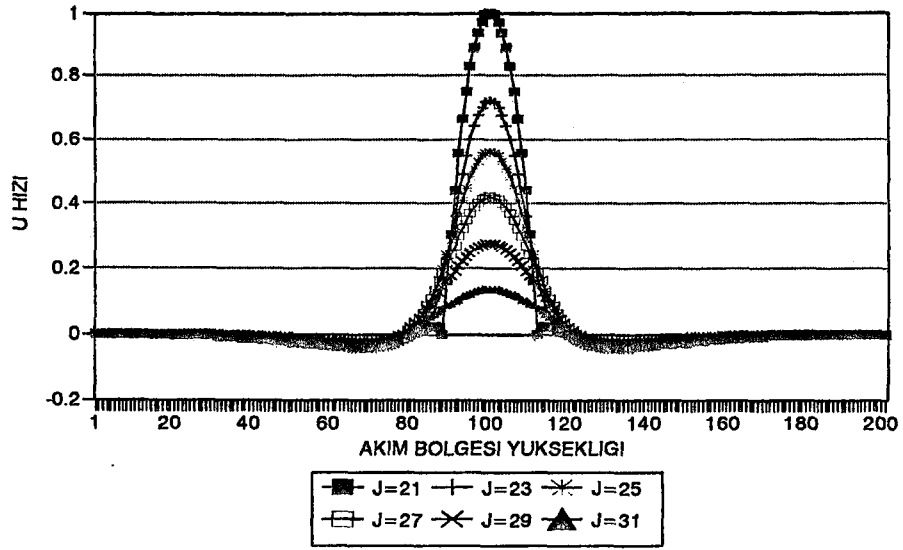
Şekil 4.4.16 Zıt jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=0.5, T=1s)
[$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]



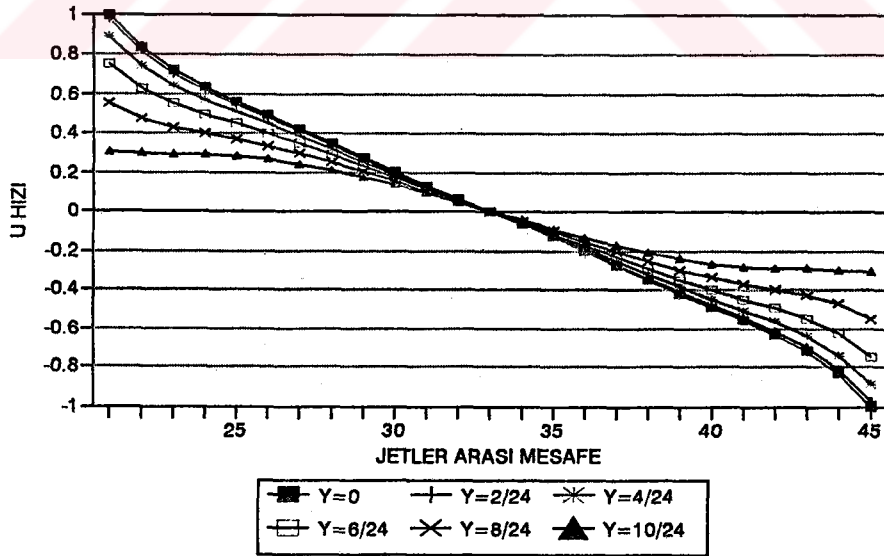
Şekil 4.4.17 Zıt jet durumunda v hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=1s$)
 $[\Delta x=1/24, \Delta y=1/24, (65 \times 201)$ grid, $JBS=24, JBSX=20$]



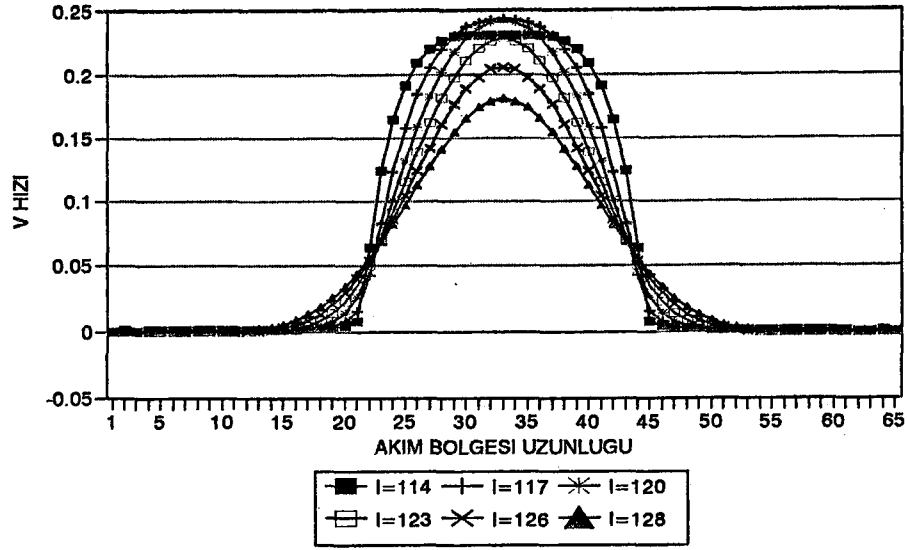
Şekil 4.4.18 Zıt jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=1s$)
 $[\Delta x=1/24, \Delta y=1/24, (65 \times 201)$ grid, $JBS=24, JBSX=20$]



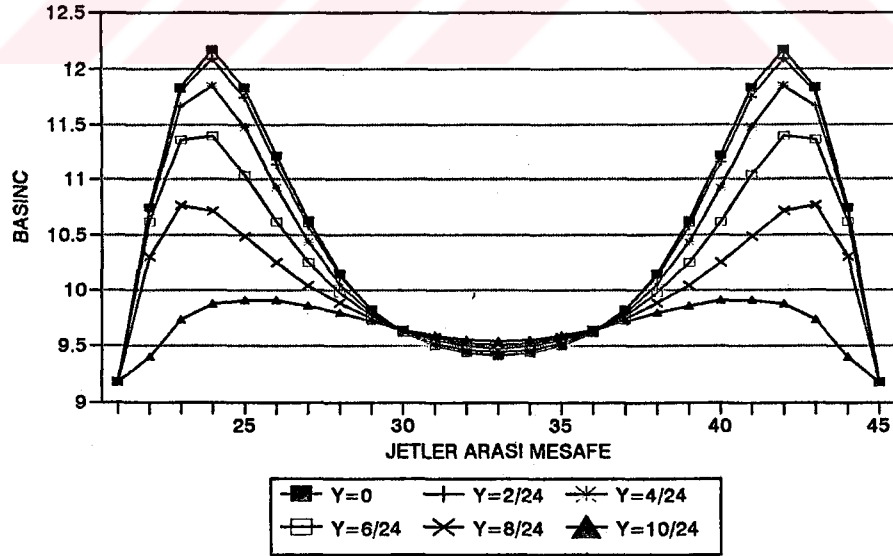
Şekil 4.4.19 Zıt jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=3s$)
 $[\Delta x=1/24, \Delta y=1/24, (65 \times 201)$ grid, $JBS=24, JBSX=20]$



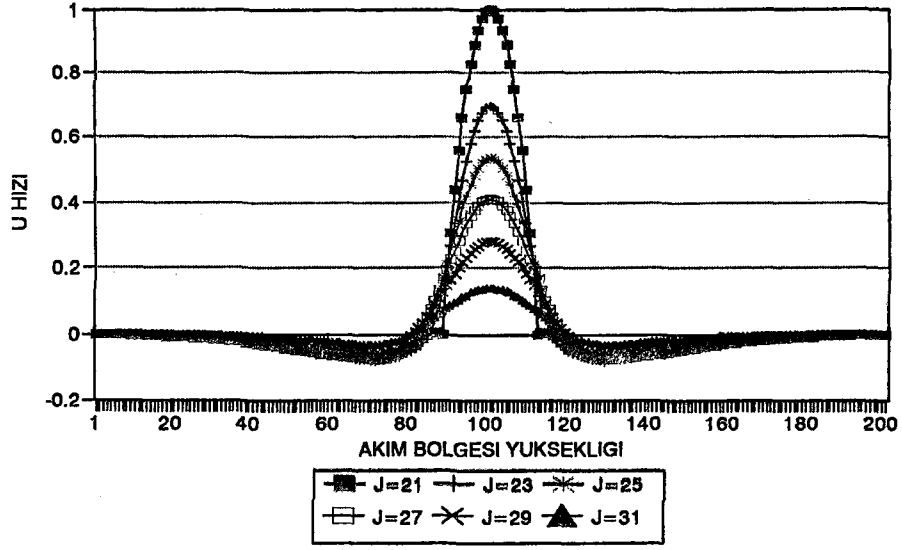
Şekil 4.4.20 Zıt jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=3s$)
 $[\Delta x=1/24, \Delta y=1/24, (65 \times 201)$ grid, $JBS=24, JBSX=20]$



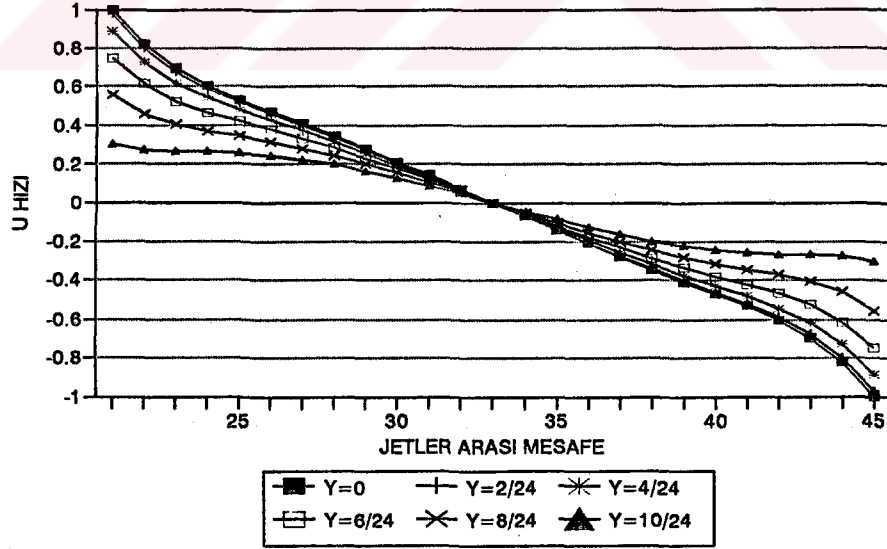
Şekil 4.4.21 Zıt jet durumunda v hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=3s$)
 $[\Delta x=1/24, \Delta y=1/24, (65 \times 201)$ grid, $JBS=24, JBSX=20]$



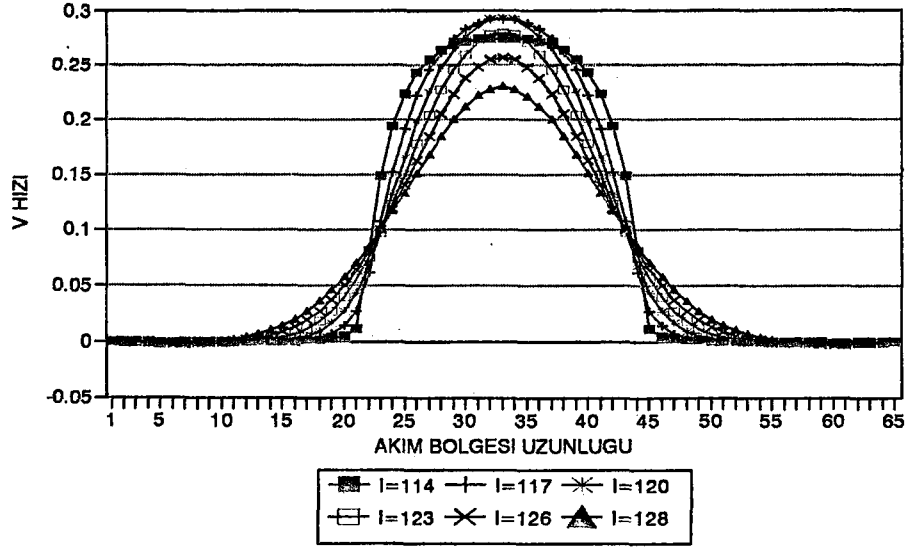
Şekil 4.4.22 Zıt jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=3s$)
 $[\Delta x=1/24, \Delta y=1/24, (65 \times 201)$ grid, $JBS=24, JBSX=20]$



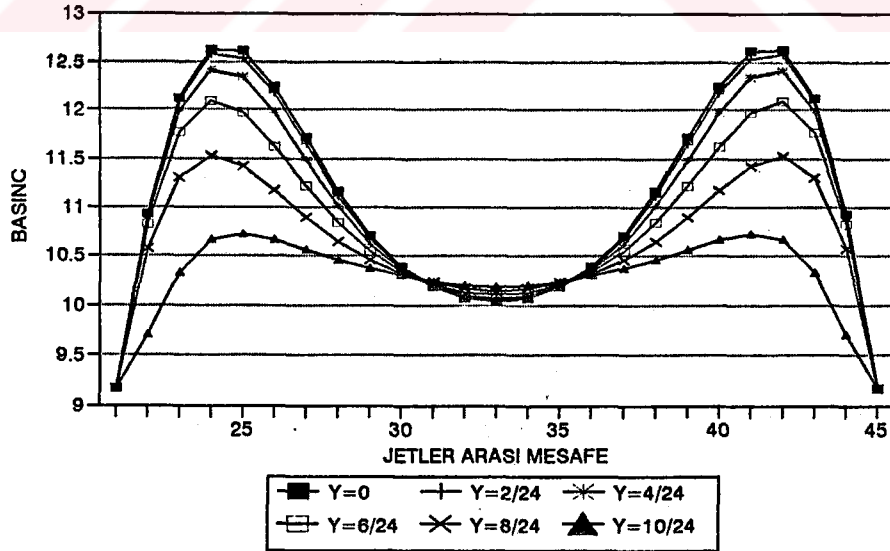
Şekil 4.4.23 Zıt jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=0.5, T=5s)
[$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]



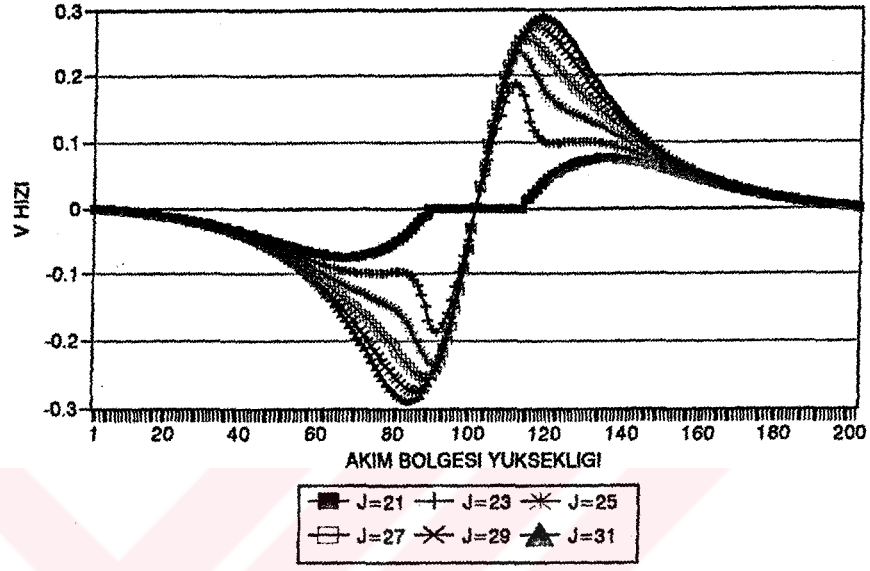
Şekil 4.4.24 Zıt jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=0.5, T=5s)
[$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]



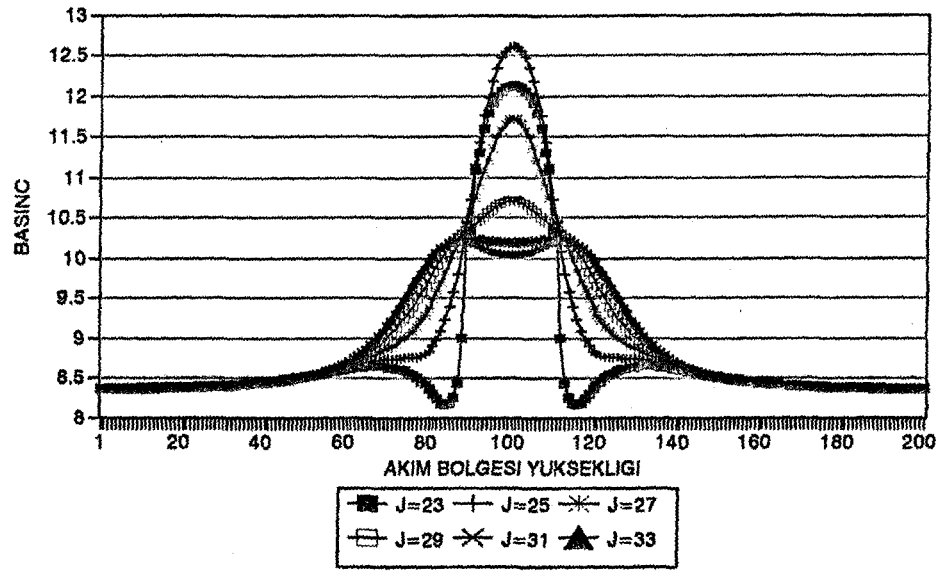
Şekil 4.4.25 Zıt jet durumunda v hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=5s$)
 $[\Delta x=1/24, \Delta y=1/24, (65 \times 201)$ grid, $JBS=24, JBSX=20$]



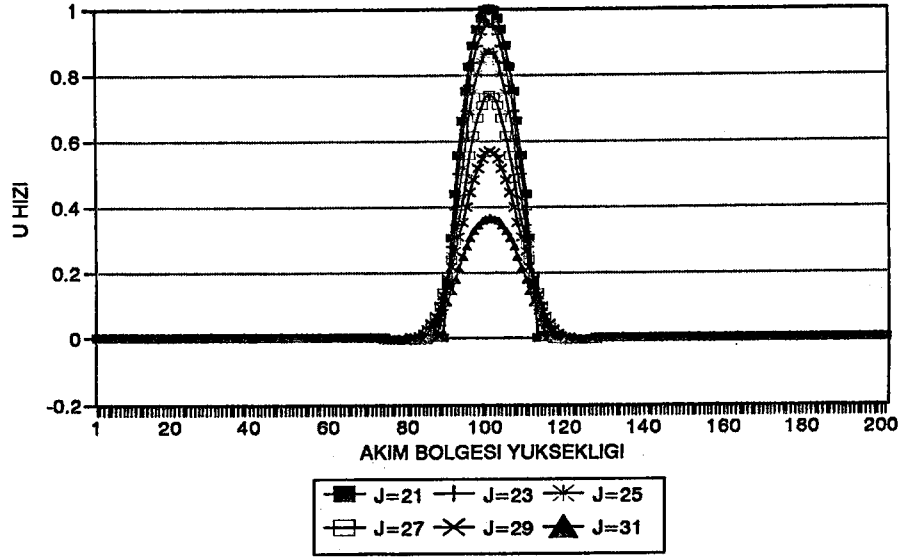
Şekil 4.4.26 Zıt jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=5s$)
 $[\Delta x=1/24, \Delta y=1/24, (65 \times 201)$ grid, $JBS=24, JBSX=20$]



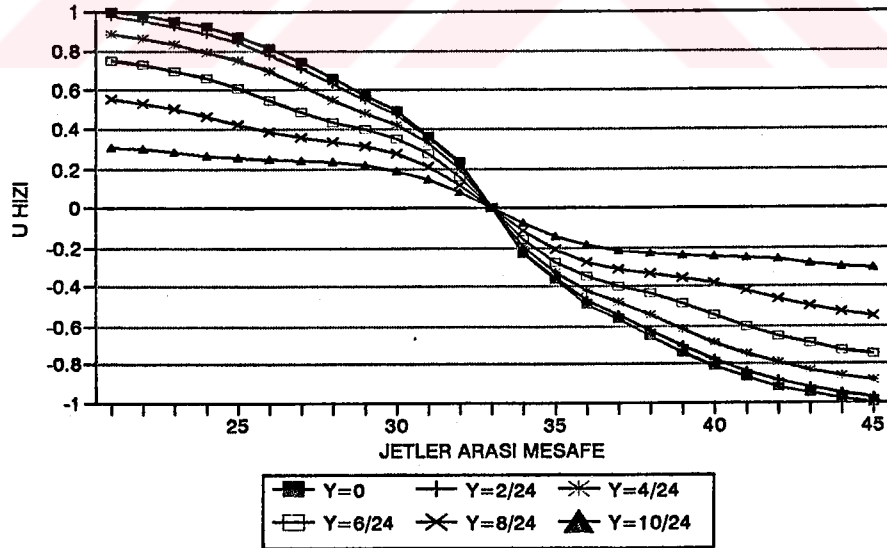
Şekil 4.4.27 Zıt jet durumunda v hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=5s$)
 $[\Delta x=1/24, \Delta y=1/24, (65 \times 201)$ grid, $JBS=24, JBSX=20]$



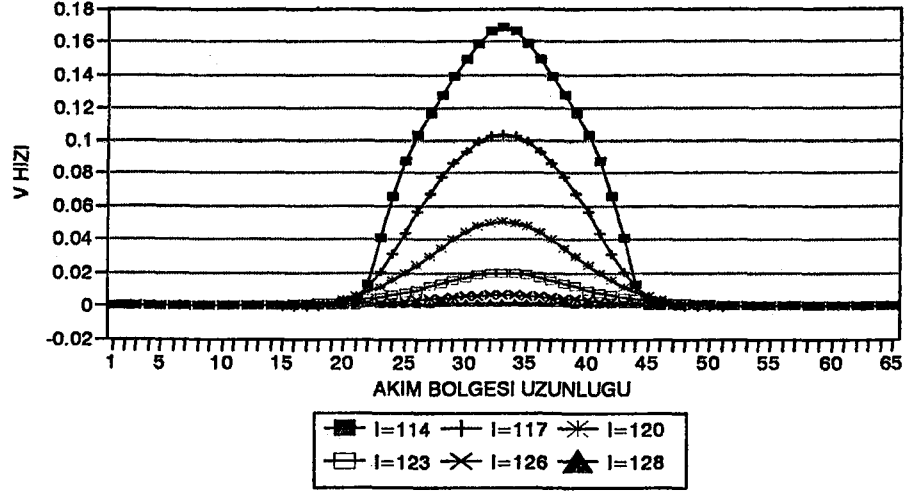
Şekil 4.4.28 Zıt jet durumunda basıncın y doğrultusundaki değişimi ($Re=0.5, T=5s$)
 $[\Delta x=1/24, \Delta y=1/24, (65 \times 201)$ grid, $JBS=24, JBSX=20]$



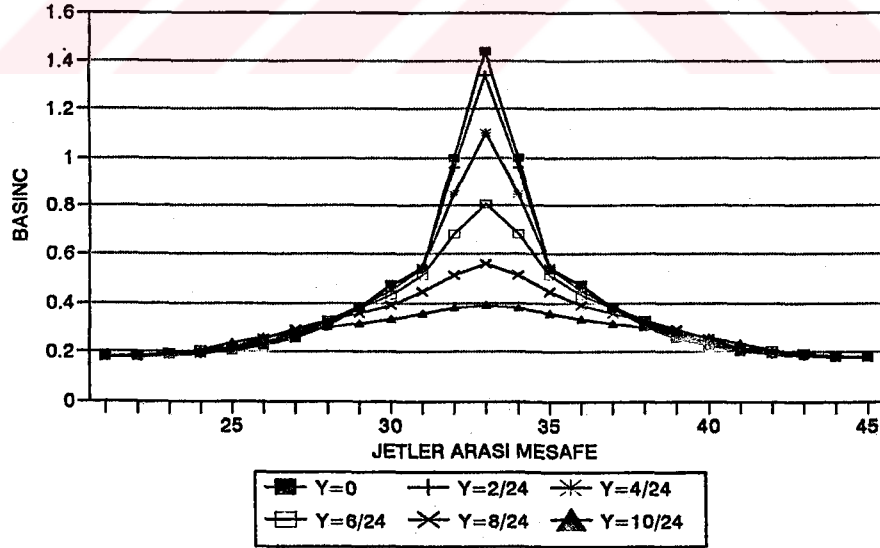
Şekil 4.4.29 Zıt jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=5s) [$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]



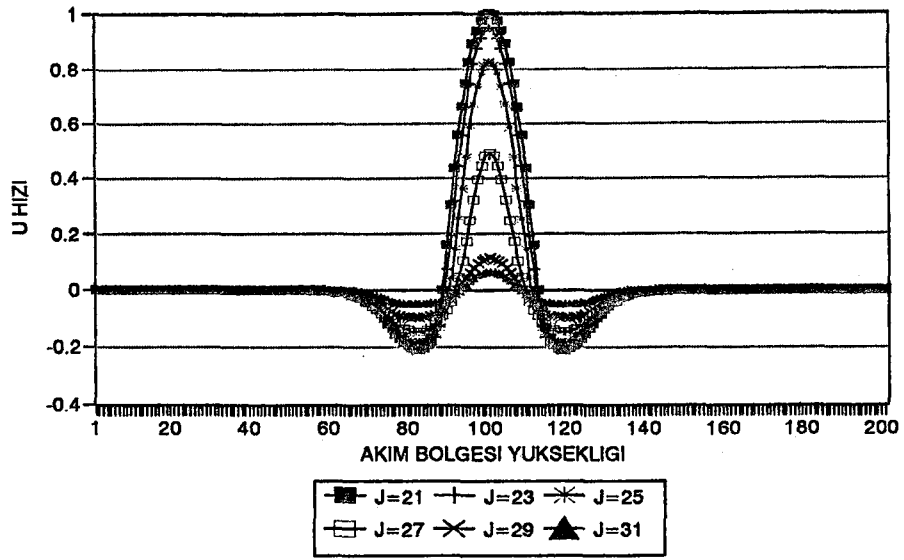
Şekil 4.4.30 Zıt jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=5s) [$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]



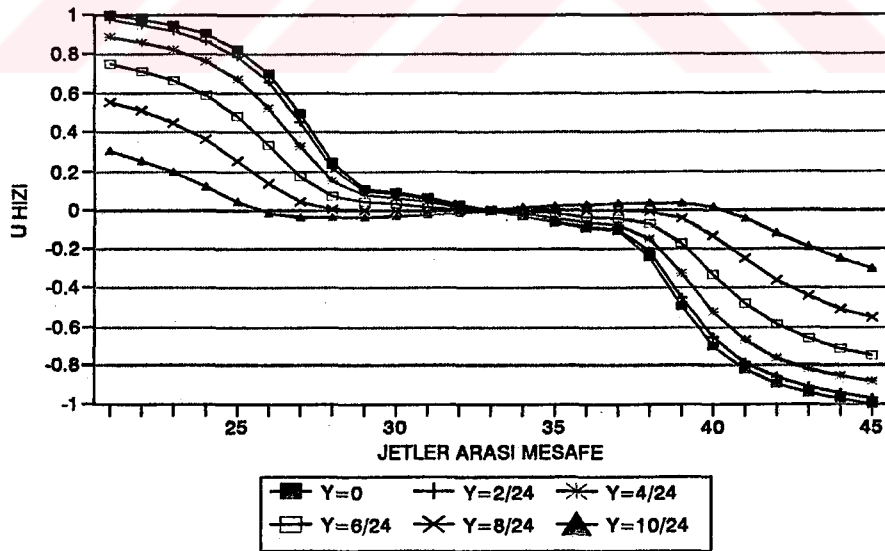
Şekil 4.4.31 Zıt jet durumunda v hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=5s)
[$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]



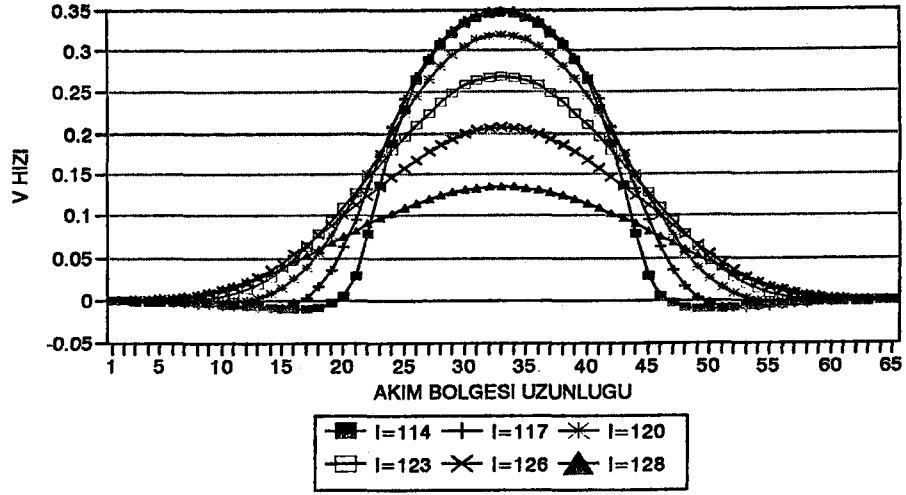
Şekil 4.4.32 Zıt jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=5s)
[$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]



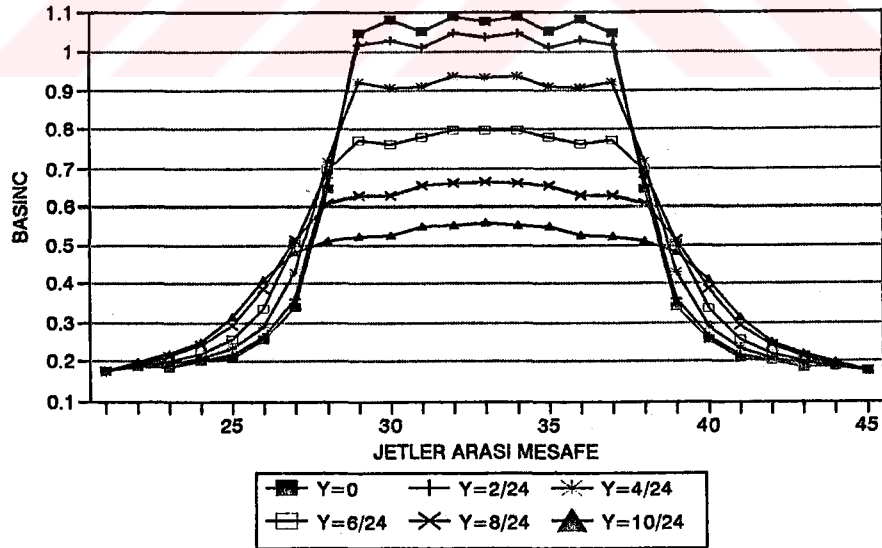
Şekil 4.4.33 Zıt jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=15s)
[$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]



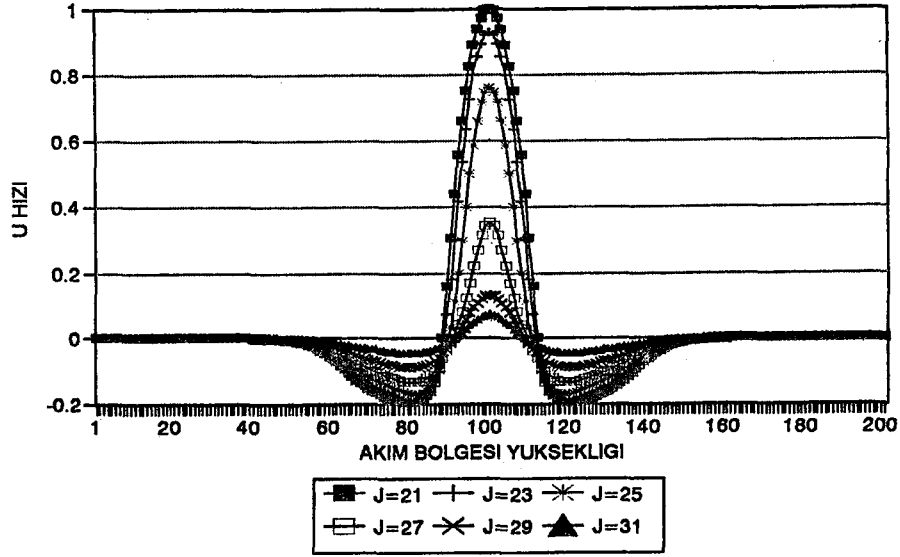
Şekil 4.4.34 Zıt jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=15s)
[$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]



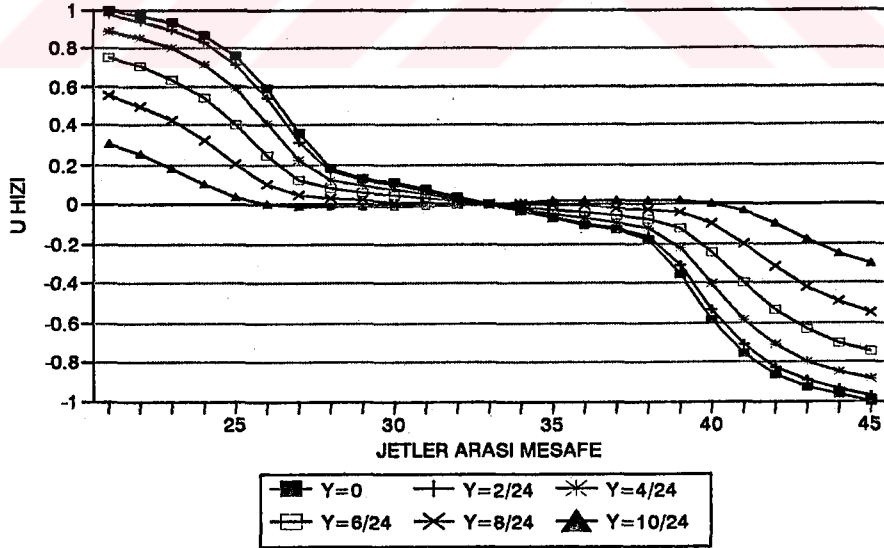
Şekil 4.4.35 Zıt jet durumunda v hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=15s)
[$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]



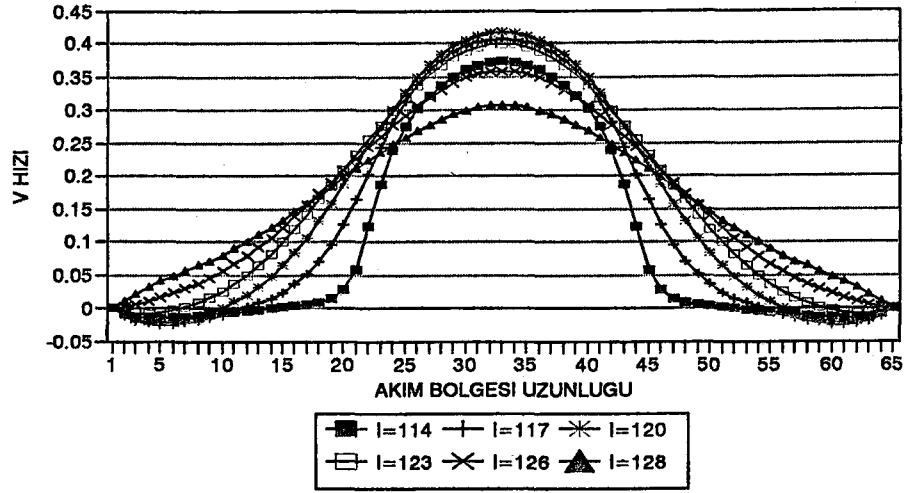
Şekil 4.4.36 Zıt jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=15s)
[$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]



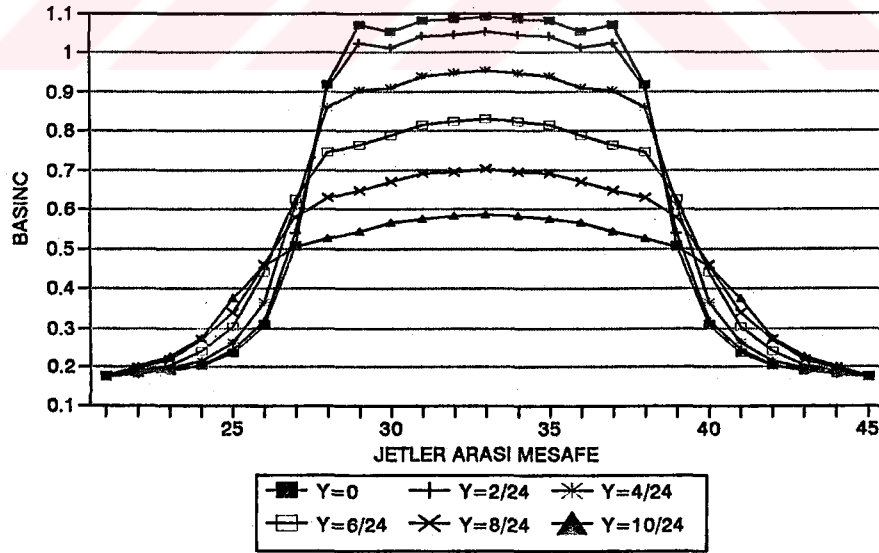
Şekil 4.4.37 Zıt jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=25s$)
 $[\Delta x=1/24, \Delta y=1/24, (65 \times 201)$ grid, $JBS=24, JBSX=20$]



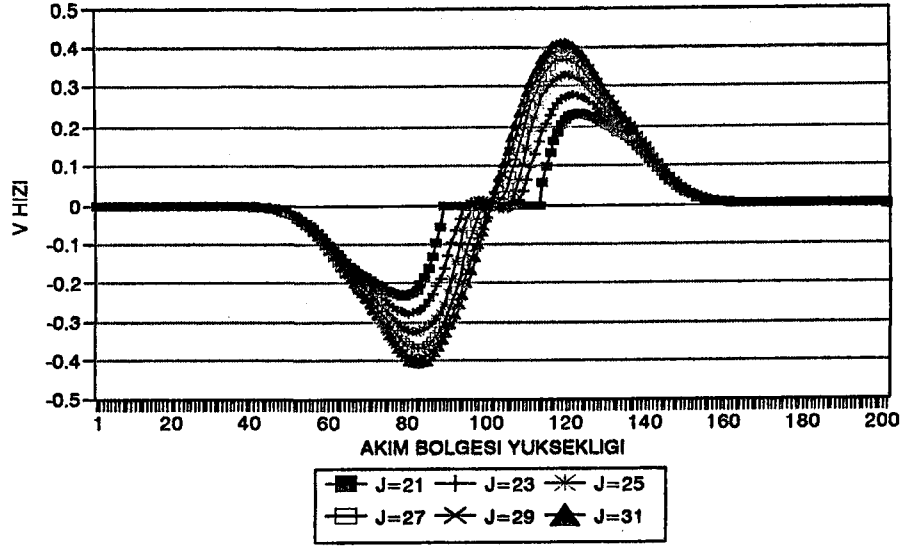
Şekil 4.4.38 Zıt jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=25s$)
 $[\Delta x=1/24, \Delta y=1/24, (65 \times 201)$ grid, $JBS=24, JBSX=20$]



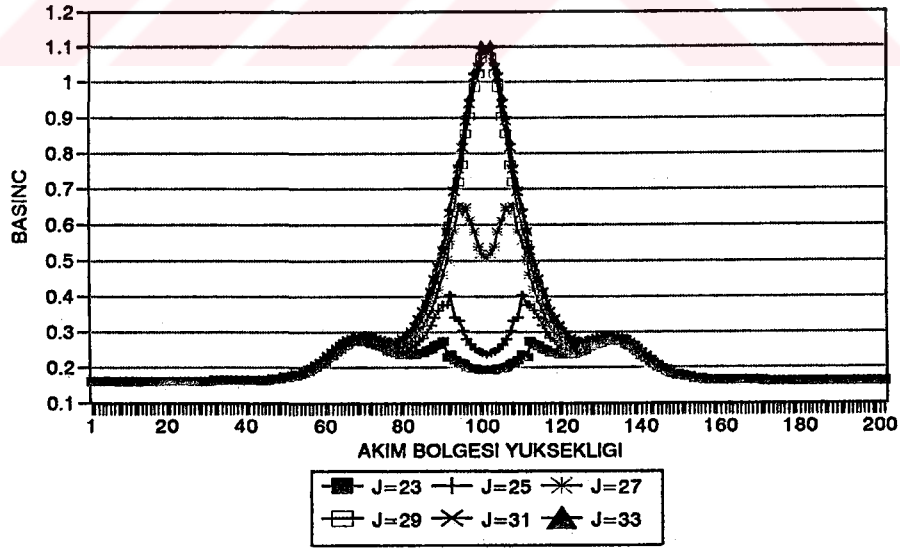
Şekil 4.4.39 Zıt jet durumunda v hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=25s)
[$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]



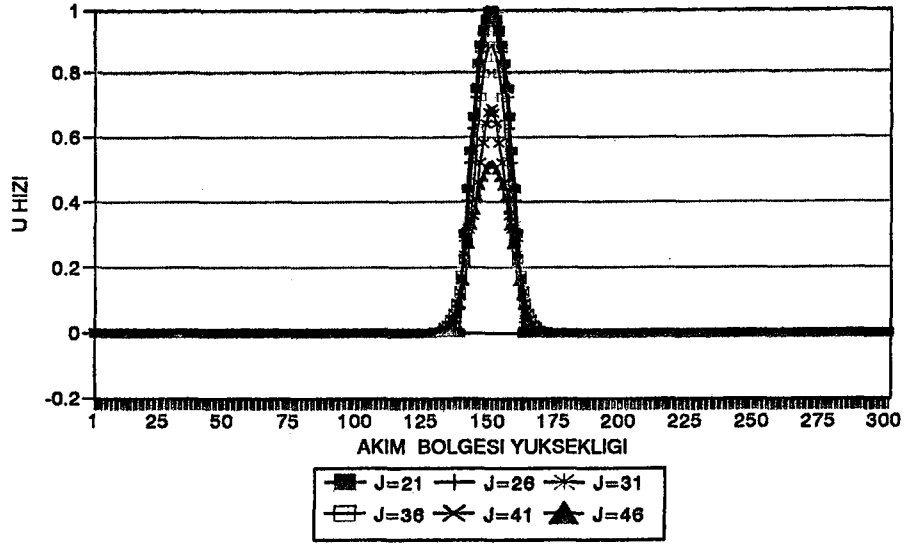
Şekil 4.4.40 Zıt jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi (Re=25, T=25s)
[$\Delta x=1/24$, $\Delta y=1/24$, (65x201) grid, JBS=24, JBSX=20]



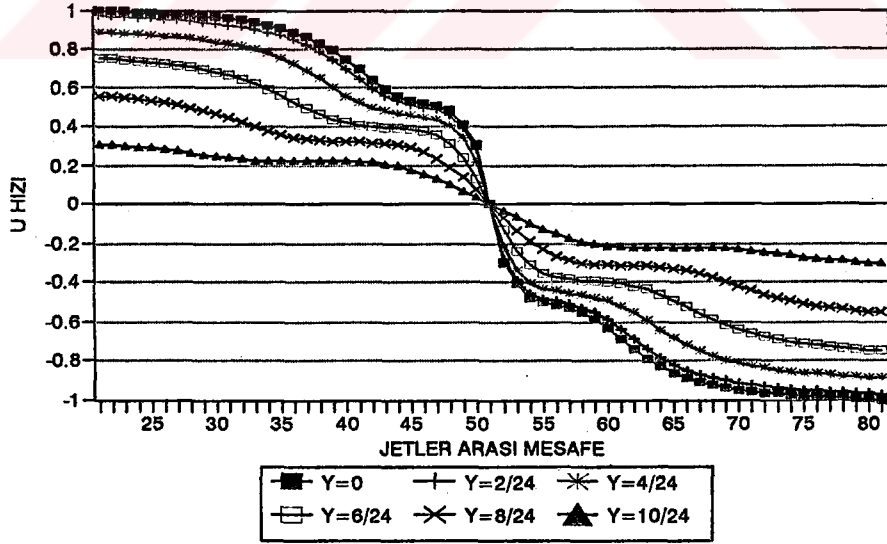
Şekil 4.4.41 Zıt jet durumunda v hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=25s$)
 $[\Delta x=1/24, \Delta y=1/24, (65 \times 201)$ grid, $JBS=24, JBSX=20]$



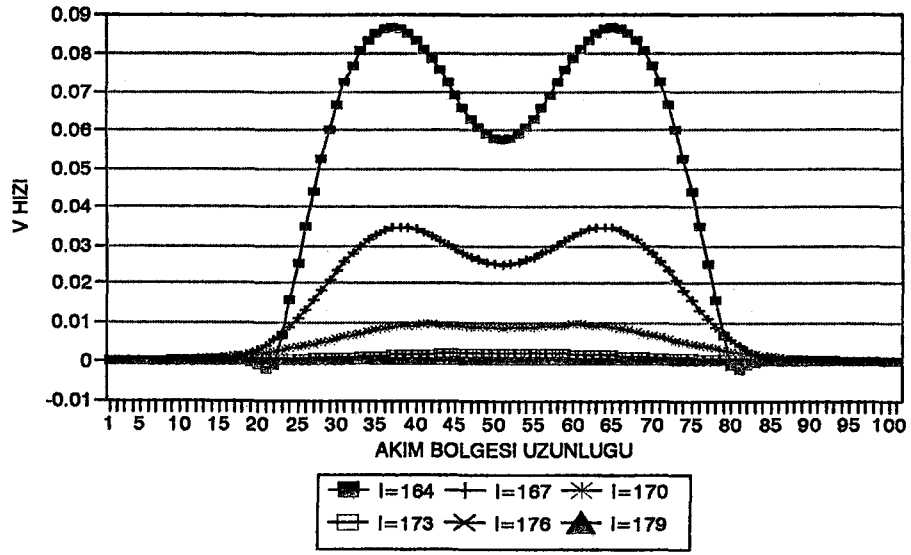
Şekil 4.4.42 Zıt jet durumunda basıncın y doğrultusundaki değişimi ($Re=25, T=25s$)
 $[\Delta x=1/24, \Delta y=1/24, (65 \times 201)$ grid, $JBS=24, JBSX=20]$



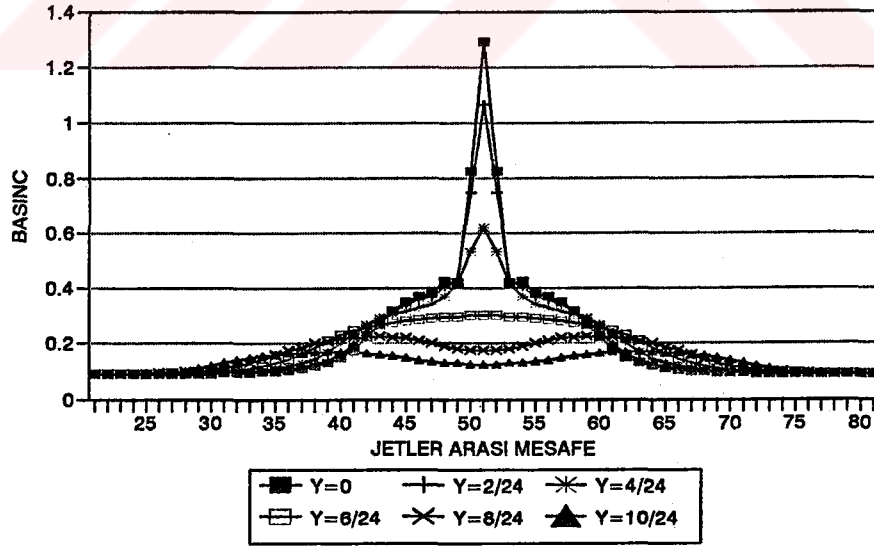
Şekil 4.4.43 Zıt jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=50, T=5s$)
 $[\Delta x=1/60, \Delta y=1/24, (101 \times 301)$ grid, $JBS=24, JBSX=20]$



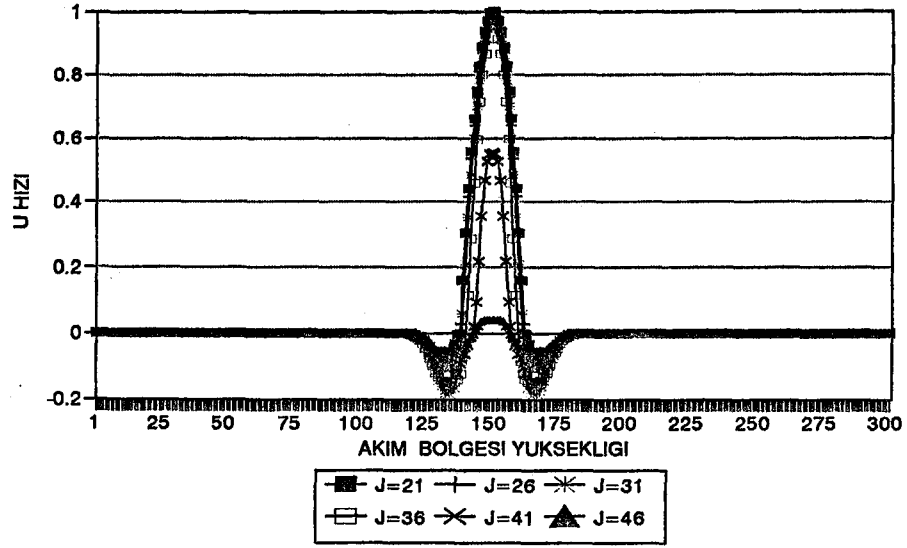
Şekil 4.4.44 Zıt jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=50, T=5s$)
 $[\Delta x=1/60, \Delta y=1/24, (101 \times 301)$ grid, $JBS=24, JBSX=20]$



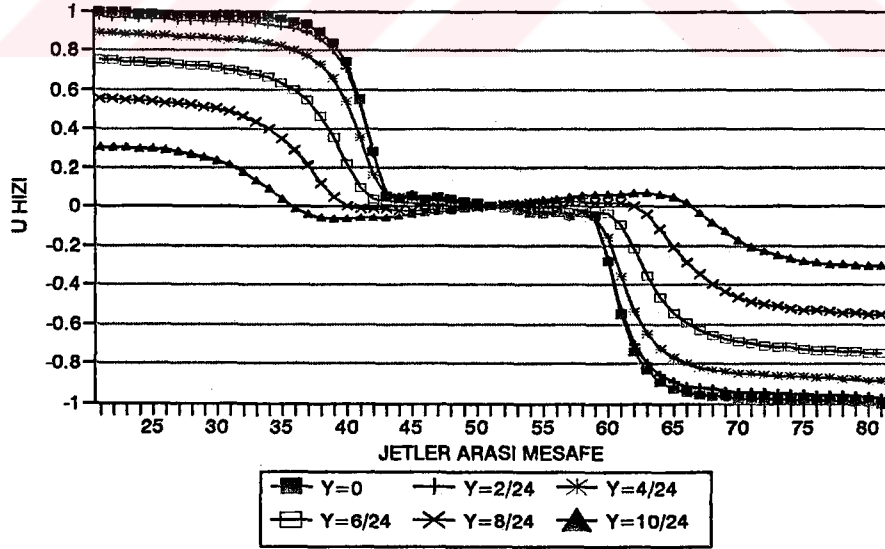
Şekil 4.4.45 Zıt jet durumunda v hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=50, T=5s$)
 $[\Delta x=1/60, \Delta y=1/24, (101 \times 301)$ grid, JBS=24, JBSX=20]



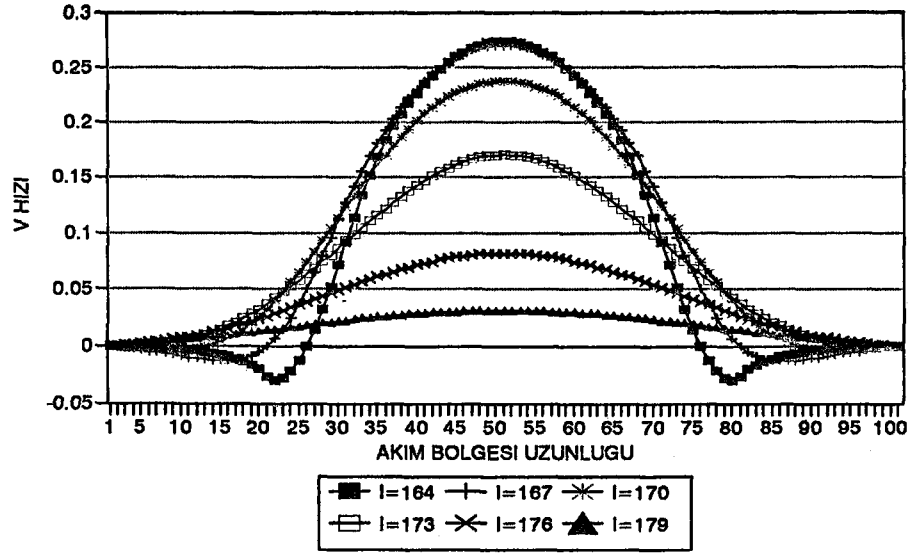
Şekil 4.4.46 Zıt jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi ($Re=50, T=5s$)
 $[\Delta x=1/60, \Delta y=1/24, (101 \times 301)$ grid, JBS=24, JBSX=20]



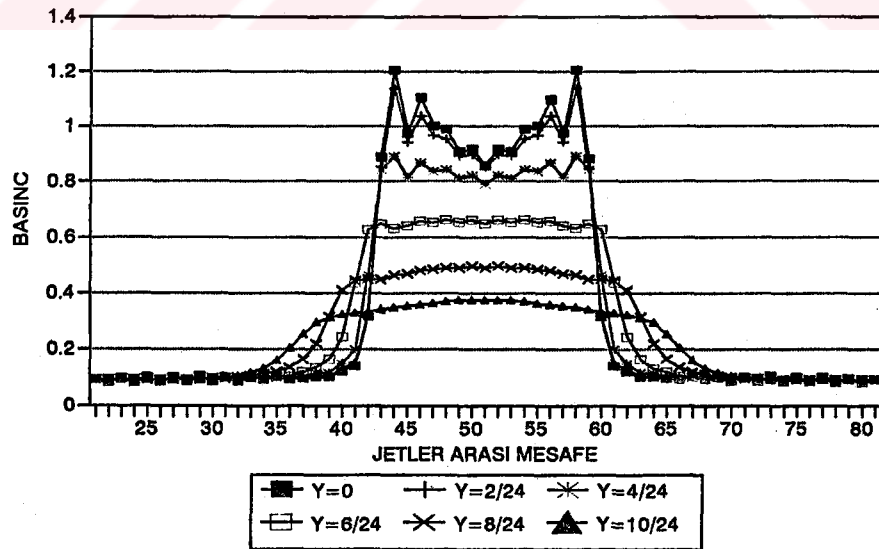
Şekil 4.4.47 Zıt jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi (Re=50, T=15s)
[$\Delta x=1/60$, $\Delta y=1/24$, (101x301) grid, JBS=24, JBSX=20]



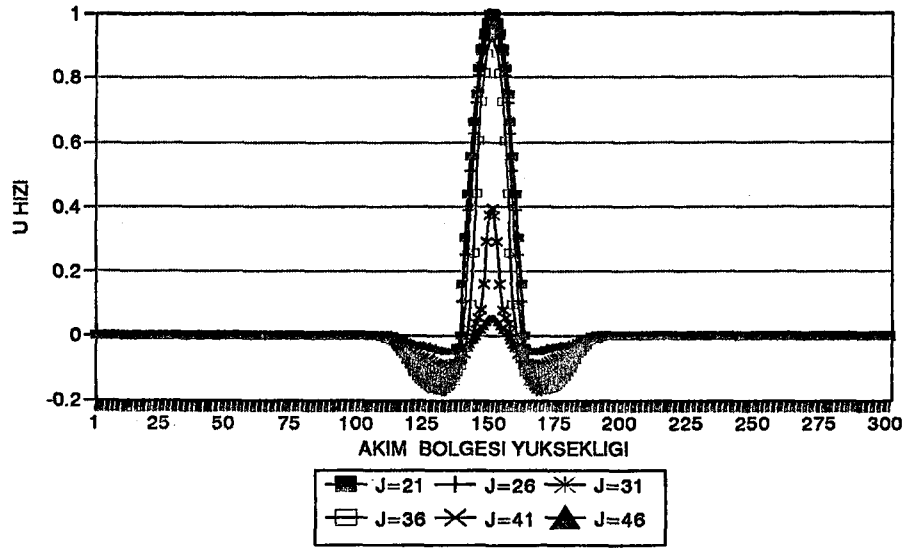
Şekil 4.4.48 Zıt jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi (Re=50, T=15s)
[$\Delta x=1/60$, $\Delta y=1/24$, (101x301) grid, JBS=24, JBSX=20]



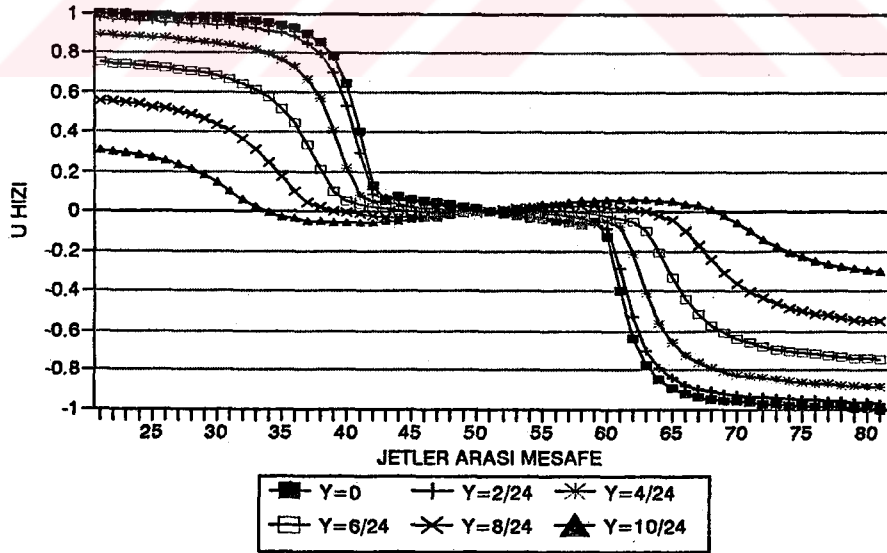
Şekil 4.4.49 Zıt jet durumunda v hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=50, T=15s$)
 $[\Delta x=1/60, \Delta y=1/24, (101 \times 301)$ grid, $JBS=24, JBSX=20$]



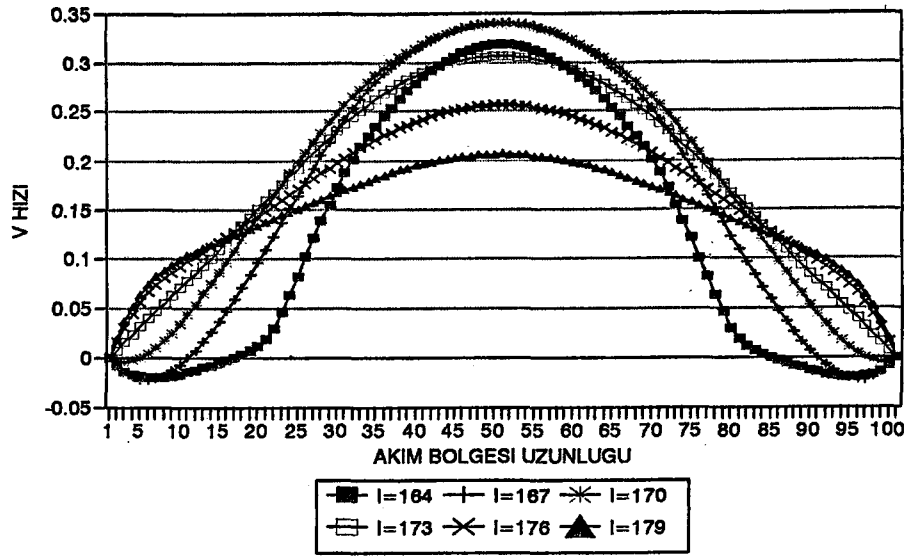
Şekil 4.4.50 Zıt jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi ($Re=50, T=15s$)
 $[\Delta x=1/60, \Delta y=1/24, (101 \times 301)$ grid, $JBS=24, JBSX=20$]



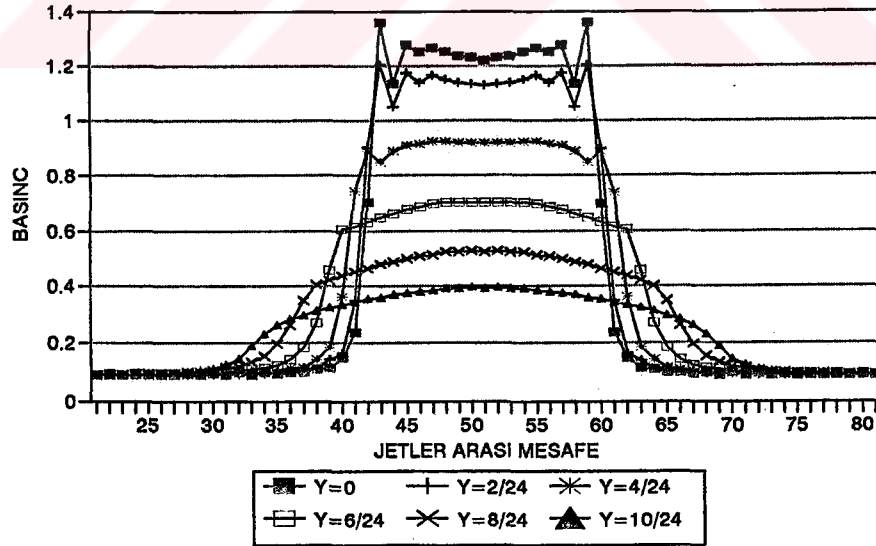
Şekil 4.4.51 Zıt jet durumunda u hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=50, T=25s$)
 $[\Delta x=1/60, \Delta y=1/24, (101 \times 301)$ grid, $JBS=24, JBSX=20]$



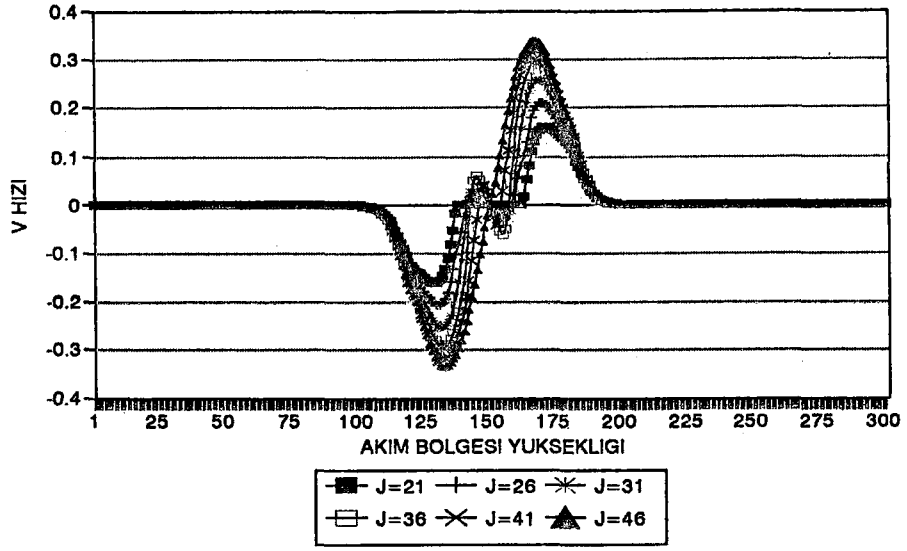
Şekil 4.4.52 Zıt jet durumunda u hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=50, T=25s$)
 $[\Delta x=1/60, \Delta y=1/24, (101 \times 301)$ grid, $JBS=24, JBSX=20]$



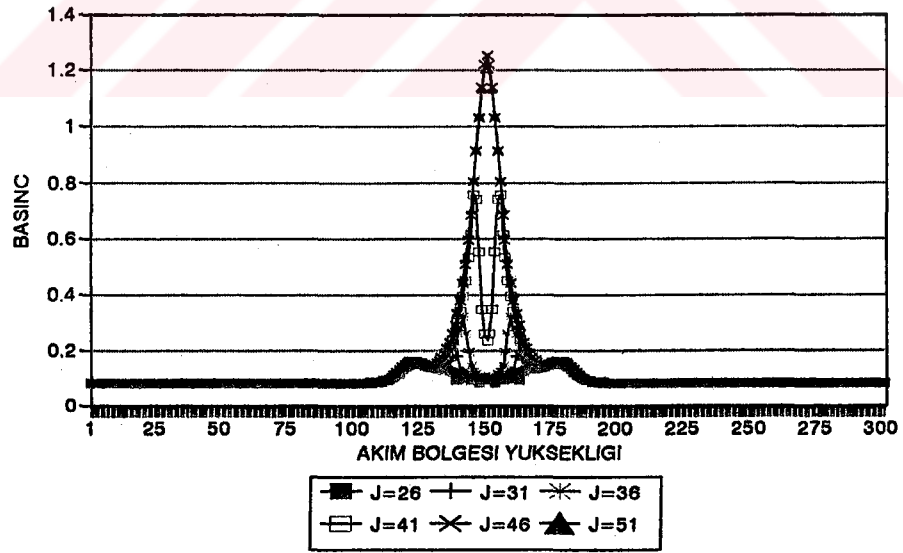
Şekil 4.4.53 Zıt jet durumunda v hızının x doğrultusundaki değişimi ($Re=50, T=25s$)
 $[\Delta x=1/60, \Delta y=1/24, (101 \times 301)$ grid, JBS=24, JBSX=20]



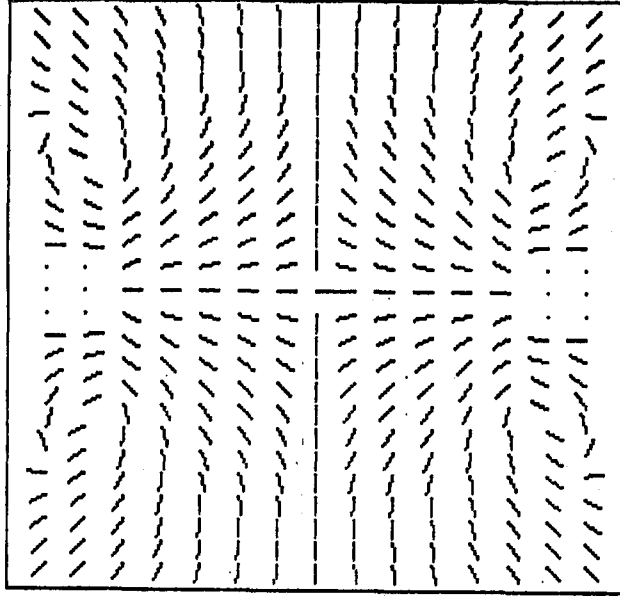
Şekil 4.4.54 Zıt jet durumunda basıncın x doğrultusundaki değişimi ($Re=50, T=25s$)
 $[\Delta x=1/60, \Delta y=1/24, (101 \times 301)$ grid, JBS=24, JBSX=20]



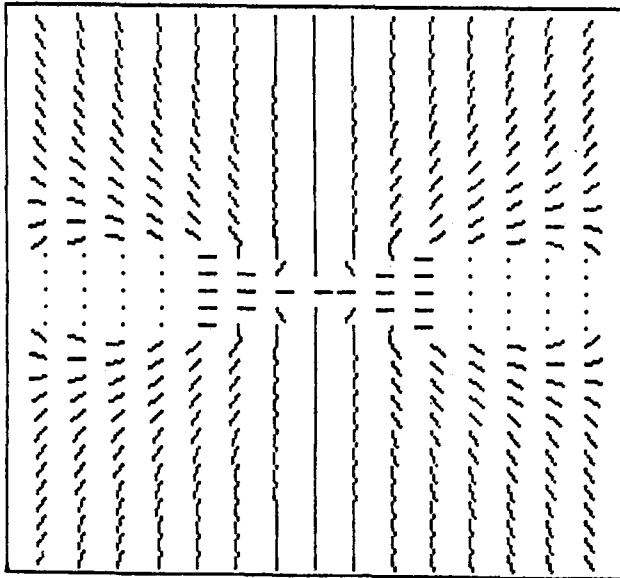
Şekil 4.4.55 Zıt jet durumunda v hızının y doğrultusundaki değişimi ($Re=50, T=25s$)
 $[\Delta x=1/60, \Delta y=1/24, (101 \times 301)$ grid, $JBS=24, JBSX=20$]



Şekil 4.4.56 Zıt jet durumunda basıncın y doğrultusundaki değişimi ($Re=50, T=25s$)
 $[\Delta x=1/60, \Delta y=1/24, (101 \times 301)$ grid, $JBS=24, JBSX=20$]



Şekil 4.4.57. Zıt jet için hız vektörü doğrultuları ($Re=0.5$, $T=5$ s)



Şekil 4.4.58. Zıt jet için hız vektörü doğrultuları ($Re=25$, $T=25$ s)

KAYNAKLAR

- ABRAMOVICH, G. N., (1963). "**The Theory of Turbulent Jets**", M.I.T Press, Cambridge.
- SCHLICHTING, H., (1979). "**Boundary Layer Theory**", 7 th Ed., Mc Graw-Hill, New York.
- BLEVINS, R.D., (1992). "**Applied Fluid Dynamics Handbook**",Krieger Publishing Company, Florida.
- LOONEY, M.K, and WALSH, J.J., (1984). "Mean-flow and characteristics of free and impinging jet flows". **J. Fluid Mech** , Vol.147, pp. 397-429.
- AKAIKE, S. and NEMOTO, M., (1988). "Potential Core of a Submerged Laminar Jet". **Journal of Fluid Engineering** , Vol.110 , pp.392-398.
- PATANKAR, S. V., (1980). "**Numerical Heat Transfer and Fluid Flow**", Mc Graw Hill New York.
- SIMITH, G. D., (1969). "**Numerical Solution of Partial Differential Equations**", London Oxford University Press.
- GOLDSTEIN, M. E., (1976). "**Aeroacoustics**", Mc Graw Hill, New York.
- SATO, H. and SAKAO, F., (1964). "An investigation of the instability of a two-dimensional jet at low Reynolds numbers", **J.Fluid Mech.** , Vol.20, part2, pp. 337-352.
- COURANT, R. and HILBERT, D., (1953). "**Methods of Mathematical Physics**", Interscience Publishers, New York.
- PARK, W. J. and CIMBALA, J. M., (1991). "The effect of jet injection geometry on two-dimensional momentumless wakes", **J. Fluid Mech.** , Vol. 224, pp. 29-47.

EVERITT, K. W. and ROBINS, A. G., (1978). "The development and structure of turbulent plane jets", **J. Fluid Mech.** Vol.88, part 3, pp. 563-583.

MOUSSA, Z. M., (1977). "The near field in the mixing of a round jet with a cross-stream", **J. Fluid Mech.** Vol.80, part 1, pp. 49-80.

KYLE, D. M. and SREENIVASAN, K. R., (1993). "The instability and breakdown of a round variable-density jet", **J. Fluid Mech.** Vol.249, pp. 619-664.



```

C *****
C * BU PROGRAM CRANK NICHOLSON YÖNTEMİYLE SERBEST JET İÇİN *
C * JET ÇIKIŞINDAKİ BOYUTSUZ HIZ VE BASINÇ DAĞILIMINI HESAPLAR. *
C * BAZI DEĞİŞKENLERİN SONUNDAKİ 1 RAKAMI BOYUTLU SAYILARI *
C * GÖSTERMEKTEDİR. *
C *****
PARAMETER(M=255,N=255)
DIMENSION U(M,N),V(M,N),P(M,N),RO(M,N)
DIMENSION U0(M,N),V0(M,N),P0(M,N),RO0(M,N)
DIMENSION UI(M,N),VI(M,N),PI(M,N),ROI(M,N)
INTEGER XGS,YGS,ROS,Z,QW,REYN,TT
REAL MU1,PS,PS1,T1,DELT1
OPEN(5,FILE='TAHMIN.J1')
OPEN(6,FILE='DATA2.DAT',STATUS='OLD')
OPEN(7,FILE='U.J1')
OPEN(8,FILE='V.J1')
OPEN(9,FILE='P.J1')
OPEN(10,FILE='RO.J1')
DATA K,ROS,ROS1,T1,MAXIT,EPS/0,1,1.2,0.1,2500,1E-5/
READ(6,*)
READ(6,*)
READ(6,*)
READ(6,*)XGS,YGS,UJM,JBS,REYN
READ(6,*)
READ(6,*)
READ(6,*)
READ(6,*)MU1,DELX1,DJ1,ALFA,PS1
DELY1=DJ1/JBS
DELT1=0.1
DELX=DELX1/DJ1
DELY=DELY1/DJ1
TDX=1/DELX
TDY=1/DELY
TDX2=TDX**2
TDY2=TDY**2
DXDY=DELX/DELY
TDXDY=TDX*TDY
PS=PS1/(ROS1*UJM**2)
TT=(YGS-JBS+1)/2
C *****
C ***** t=0 ANINDAKİ DEGERLER *****
C *****
DO 40 I=1,YGS
DO 40 J=1,XGS
RO0(I,J)=ROS
P0(I,J)=PS
U0(I,J)=0
V0(I,J)=0
C 40 CONTINUE
C *****
C ***** JET ÇIKIŞI BOYUNCA SINIR SARTI *****
C *****
J=1
Y=-1./2.
DO 50 I=TT,TT+JBS
U(I,J)=4*(0.25-Y**2)
U(I,J)=ABS(U(I,J))

```

```

      V(I,J)=0
C      RO(I,J)=ROS+0.9*(4*(0.25-Y**2))
      RO(I,J)=ROS
      P(I,J)=PS*(RO(I,J)**1)
      Y=Y+1./JBS
50     CONTINUE
      RE=UJM*DJ1*ROS1/MU1
      ER=1./RE
      IF(REYN.EQ.1) ER=0
      DELT=DELT1/(DJ1/UJM)
      T=T1/(DJ1/UJM)
      TDT=1./DELT
C      *****
C      ***** SONSUZDAKI SINIR SARTLARI *****
C      *****
      I=1
70     IF (I.GT.YGS) GOTO 90
      DO 80 J=1,XGS
          U(I,J)=0
          V(I,J)=0
          RO(I,J)=1
          P(I,J)=PS
80     CONTINUE
      I=I+YGS-1
      GOTO 70
C      *****
C      *JETIN ALTINDA KALAN BOLGEDE (J=1) Y DOGRULTUSUNDAKI HIZ SINIR SARTI*
C      *****
90     J=1
          DO 100 I=1,TT-1
              U(I,J)=0
              V(I,J)=0
              RO(I,J)=1
              P(I,J)=PS
100    CONTINUE
C      *****
C      *JETIN USTUNDE KALAN BOLGEDE (J=1) Y DOGRULTUSUNDAKI HIZ SINIR SARTI*
C      *****
          DO 110 I=TT+JBS+1,YGS
              U(I,J)=0
              V(I,J)=0
              RO(I,J)=1
              P(I,J)=PS
110    CONTINUE
C      *****
C      ***** TAHMINI HIZ ALANININ GIRILMESI *****
C      *****
      Z=2
          DO 120 I=2,YGS-1
              DO 130 J=2,XGS-1
                  U(I,J)=U(I,J-1)-(U(Z,1)/(XGS-1))
                  U(I,J)=ABS(U(I,J))
                  V(I,J)=0
                  RO(I,J)=ALFA*1
130    CONTINUE
          Z=Z+1
120    CONTINUE

```



```

C *****
C ***** UC SINIR SARTLARI *****
C *****
J=XGS
  DO 140 I=1,YGS
    U(I,J)=0.00
    V(I,J)=0
    RO(I,J)=1
    P(I,J)=PS
140  CONTINUE
C *****
C ***** YOGUNLUGUN TAHMINI DEGERLERI *****
C *****
  DO 150 I=2,YGS-1
    DO 150 J=2,XGS-1
      RO(I,J)=ROS
150  CONTINUE
  READ(*,*)IREAD,T2
  IF(IREAD.EQ.1) GOTO 550
  WRITE(*,*)XGS,YGS
C *****
C ***** TAHMINI DEGERLERIN YAZDIRILMASI *****
C *****
  WRITE(5,*)
  WRITE(5,160)
160  FORMAT(13X,' U',15X,' V',14X,'P',12X,' RO')
  WRITE(5,170)
170  FORMAT(12X,'-----',5X,'-----',5X,'-----'
*    ,5X,'-----')
  DO 180 I=1,YGS
    DO 180 J=1,XGS
  WRITE(5,185)I,J,U(I,J),V(I,J),P(I,J),RO(I,J)
185  FORMAT(13,' ',13,3X,E13.5,3X,E13.5,3X,E13.5,5X,F8.6)
  UI(I,J)=U(I,J)
  VI(I,J)=V(I,J)
  PI(I,J)=P(I,J)
  ROI(I,J)=RO(I,J)
180  CONTINUE
  ITER=1
C *****
C ***** ANA DENKLEMLER *****
C *****
190  DO 200 I=2,YGS-1
    DO 200 J=2,XGS-1
      A2=TDT*ROI(I,J)+0.25*TDY*ROI(I,J)*(VI(I+1,J)-VI(I-1,J)+V0(I+1,J)
*    -V0(I-1,J))+ER*(TDX2+(4./3.)*TDY2)
      B2=ER*0.5*TDX2-0.25*TDX*ROI(I,J)*UI(I,J)
      C2=ER*0.5*TDX2+0.25*TDX*ROI(I,J)*UI(I,J)
      D2=ER*(4./6.)*TDY2
      E2=ER*(4./6.)*TDY2
      F2=TDT*ROI(I,J)-ER*TDX2-ER*(4./3.)*TDY2
      G2=ER*(1./6.)*TDXDY*(UI(I+1,J+1)+UI(I-1,J-1)-UI(I+1,J-1)
*    -UI(I-1,J+1)+U0(I+1,J+1)+U0(I-1,J-1)-U0(I+1,J-1)-U0(I-1,J+1))
      -0.25*TDY*(PI(I+1,J)-PI(I-1,J)+P0(I+1,J)-P0(I-1,J))
      V(I,J)=(1./A2)*(B2*(VI(I,J+1)+V0(I,J+1))+C2*(VI(I,J-1)+V0(I,J-1))
*    +D2*(VI(I+1,J)+V0(I+1,J))+E2*(VI(I-1,J)+V0(I-1,J))+F2*V0(I,J)+G2)
200  CONTINUE

```

```

DO 205 I=2,YGS-1
DO 205 J=2,XGS-1
  A1=TDT*ROI(I,J)+0.25*TDX*ROI(I,J)*(UI(I,J+1)-UI(I,J-1)+U0(I,J+1)
*   -U0(I,J-1))+ER*(TDY2+(4./3.)*TDX2)
  B1=ER*(4./6.)*TDX2
  C1=ER*(4./6.)*TDX2
  D1=ER*0.5*TDY2-0.25*TDY*ROI(I,J)*VI(I,J)
  E1=ER*0.5*TDY2+0.25*TDY*ROI(I,J)*VI(I,J)
  F1=TDT*ROI(I,J)-ER*TDY2-ER*(4./3.)*TDX2
  G1=ER*(1./6.)*TDXDY*(VI(I+1,J+1)+VI(I-1,J-1)-VI(I+1,J-1)
*   -VI(I-1,J+1)+V0(I+1,J+1)+V0(I-1,J-1)-V0(I+1,J-1)-V0(I-1,J+1))
*   -0.25*TDX*(PI(I,J+1)-PI(I,J-1)+P0(I,J+1)-P0(I,J-1))
  U(I,J)=(1./A1)*(B1*(UI(I,J+1)+U0(I,J+1))+C1*(UI(I,J-1)+U0(I,J-1))
*   +D1*(UI(I+1,J)+U0(I+1,J))+E1*(UI(I-1,J)+U0(I-1,J))+F1*U0(I,J)+G1)
205 CONTINUE
DO 210 I=2,YGS-1
DO 210 J=2,XGS-1
  A3=TDT
  B3=-0.25*TDX*ROI(I,J+1)
  C3=0.25*TDX*ROI(I,J-1)
  D3=-0.25*TDY*ROI(I+1,J)
  E3=0.25*TDY*ROI(I-1,J)
  F3=TDT*ROI(I,J)
  RO(I,J)=(1./A3)*(B3*(UI(I,J+1)+U0(I,J+1))+C3*(UI(I,J-1)
*   +U0(I,J-1))+D3*(VI(I+1,J)+V0(I+1,J))+E3*(VI(I-1,J)+V0(I-1,J))+F3)
C   RO(I,J)=1
  P(I,J)=P(I,J-1)*(RO(I,J)/RO(I,J-1))
210 CONTINUE
DO 220 J=1,XGS
  RO(1,J)=RO(2,J)
  P(1,J)=P(2,J)
220 CONTINUE
DO 224 I=1,YGS
  RO(I,XGS)=RO(I,XGS-1)
  P(I,XGS)=P(I,XGS-1)
224 CONTINUE
DO 226 J=1,XGS
  RO(YGS,J)=RO(YGS-1,J)
  P(YGS,J)=P(YGS-1,J)
226 CONTINUE
DO 230 I=1,YGS
DO 230 J=1,XGS
  FARK=(U(I,J)-UI(I,J))
  IF(ITER.EQ.MAXIT) GOTO 280
  IF (ABS(FARK).LT.EPS) GOTO 230
C   IF (U(I,J).GT.UI(I,J)) U(I,J)=U(I,J)+(FARK)/2
C   IF (U(I,J).LT.UI(I,J)) U(I,J)=U(I,J)-(FARK)/2
  GOTO 240
230 CONTINUE
GOTO 280
240 DO 250 I=1,YGS
DO 250 J=1,XGS
  UI(I,J)=U(I,J)
  VI(I,J)=V(I,J)
  PI(I,J)=P(I,J)
  ROI(I,J)=RO(I,J)
250 CONTINUE

```

```

ITER=ITER+1
C IF(ITER.EQ.(10+K)) GOTO 260
C GOTO 270
260 QW=((YGS-1)/2)+1
WRITE(*,*)ITER,U(QW,2),U(QW,3),U(QW,4),U(QW,5),RO(QW,2)
* ,U(QW-1,2)
C K=K+10
270 GOTO 190
C *****
C ***** SONUCLARIN YAZDIRILMASI *****
C *****
280 IF (T1.LT.T2) GOTO 770
WRITE(7,284)XGS,YGS,UJM
WRITE(8,284)XGS,YGS,UJM
WRITE(9,284)XGS,YGS,UJM
WRITE(10,284)XGS,YGS,UJM
284 FORMAT(3X,'X GRID SA=',I3,3X,'Y GRID SA=',I3,3X,'MAX JET CIKIS
* HIZI=',F7.3)
WRITE(7,286)MU1,DELX1,DJ1,ALFA
WRITE(8,286)MU1,DELX1,DJ1,ALFA
WRITE(9,286)MU1,DELX1,DJ1,ALFA
WRITE(10,286)MU1,DELX1,DJ1,ALFA
286 FORMAT(3X,'MU=',E10.3,4X,'DELX1=',F7.4,4X,'DJ1=',F7.4,3X,
* 'ALFA=',F3.1)
WRITE(7,288)RE
WRITE(8,288)RE
WRITE(9,288)RE
WRITE(10,288)RE
288 FORMAT(3X,'REYNOLDS SAYISI=',E10.3)
C *****
C ***** U , V , P , RO *****
C *****
WRITE(7,290)
WRITE(8,290)
WRITE(9,290)
WRITE(10,290)
290 FORMAT(/,35X,' X YÖNÜ ---')
K1=1
K2=15
300 IF(K2.GE.XGS) K2=XGS
WRITE(7,310) (J,J=K1,K2)
WRITE(8,310) (J,J=K1,K2)
WRITE(9,310) (J,J=K1,K2)
WRITE(10,310) (J,J=K1,K2)
310 FORMAT(/,3X,'0',6X,15(I3,11X))
WRITE(7,320)
WRITE(8,320)
WRITE(9,320)
WRITE(10,320)
320 FORMAT(216('_',),)
DO 330 I=1,YGS
WRITE(7,340) I,(U(I,J),J=K1,K2)
WRITE(8,340) I,(V(I,J),J=K1,K2)
WRITE(9,340) I,(P(I,J),J=K1,K2)
WRITE(10,344) I,(RO(I,J),J=K1,K2)
340 FORMAT(1X,I3,1X,15(E13.5,1X))
344 FORMAT(1X,I3,1X,15(F10.6,1X))

```

```

330     CONTINUE
      IF(K2.LT.XGS) THEN
      K1=K1+15
      K2=K2+15
      GOTO 300
      ENDIF
      WRITE(7,346)T1
      WRITE(8,346)T1
      WRITE(9,346)T1
      WRITE(10,346)T1
346   FORMAT(1X,F7.3)
C     *****
      GOTO 800
C     *****
C     ***** SONUCLARIN KUTUKTEN OKUTULMASI *****
C     *****
550   K1=1
      K2=15
          DO 552 LL=1,5
              READ(7,*)
              READ(8,*)
              READ(9,*)
              READ(10,*)
552   CONTINUE
580   IF(K2.GE.XGS) K2=XGS
      DO 582 LL=1,4
          READ(7,*)
          READ(8,*)
          READ(9,*)
          READ(10,*)
582   CONTINUE
          DO 590 I=1,YGS
              READ(7,600) L,(U(I,J),J=K1,K2)
              READ(8,600) L,(V(I,J),J=K1,K2)
              READ(9,600) L,(P(I,J),J=K1,K2)
              READ(10,605) L,(RO(I,J),J=K1,K2)
600   FORMAT(1X,I3,1X,15(E13.5,1X))
605   FORMAT(1X,I3,1X,15(F10.6,1X))
590   CONTINUE
      IF(K2.LT.XGS) THEN
      K1=K1+15
      K2=K2+15
      GOTO 580
      ENDIF
      READ(7,607)T1
607   FORMAT(1X,F7.3)
      REWIND 7
      REWIND 8
      REWIND 9
      REWIND 10
C     *****
      DO 760 I=1,YGS
          DO 760 J=1,XGS
              U0(I,J)=U(I,J)
              V0(I,J)=V(I,J)
              P0(I,J)=P(I,J)
              RO0(I,J)=RO(I,J)

```

```
      UI(I,J)=U(I,J)
      VI(I,J)=V(I,J)
      PI(I,J)=P(I,J)
      ROI(I,J)=RO(I,J)
760    CONTINUE
      GOTO 280
770    DO 780 I=1,YGS
      DO 780 J=1,XGS
          U0(I,J)=U(I,J)
          V0(I,J)=V(I,J)
          P0(I,J)=P(I,J)
          RO0(I,J)=RO(I,J)
          UI(I,J)=U(I,J)
          VI(I,J)=V(I,J)
          PI(I,J)=P(I,J)
          ROI(I,J)=RO(I,J)
780    CONTINUE
      ITER=1
      K=0
      WRITE(*,790)T1
790    FORMAT(F7.3,' .NCI ZAMAN DILIMI')
      T1=T1+0.1
      GOTO 190
800    STOP
      END
```

```

C *****
C * BU PROGRAM CRANC NICHOLSON YÖNTEMİYLE LAMİNAR AKIŞ *
C * DURUMUNDA PARALEL İKİ JET İÇİN BOYUTSUZ HIZ VE BASINÇ *
C * DAĞILIMINI HESAPLAR. BAZI DEĞİŞKENLERİN SONUNDAKİ 1 RAKAMI *
C * BOYUTLU SAYILARI GÖSTERMEKTEDİR. *
C *****
PARAMETER(MM=310,NN=310)
DIMENSION U(MM,NN),V(MM,NN),P(MM,NN),RO(MM,NN)
DIMENSION U0(MM,NN),V0(MM,NN),P0(MM,NN),RO0(MM,NN)
DIMENSION UI(MM,NN),VI(MM,NN),PI(MM,NN),ROI(MM,NN)
INTEGER ROS,Z,QW,W,REYN
REAL MU1,PS,PS1,T1,DELT1
OPEN(5,FILE='TAHMIN.J1')
OPEN(6,FILE='DATA3.DAT',STATUS='OLD')
OPEN(7,FILE='U.J1')
OPEN(8,FILE='V.J1')
OPEN(9,FILE='P.J1')
OPEN(10,FILE='RO.J1')
DATA K,ROS,ROS1,T1,MAXIT,EPS/0,1,1.2,0.1,100,1E-5/
READ(6,*)
READ(6,*)
READ(6,*)
READ(6,*)N,M,UJM,JBS,REYN,JBSX,JABS
READ(6,*)
READ(6,*)
READ(6,*)
READ(6,*)MU1,DETX1,DJ1,ALFA,PS1
DELY1=DJ1/JBS
DELT1=0.1
DETX=DETX1/DJ1
DELY=DELY1/DJ1
TDX=1/DETX
TDY=1/DELY
TDX2=TDX**2
TDY2=TDY**2
DXDY=DETX/DELY
TDXDY=TDX*TDY
PS=PS1/(ROS1*UJM**2)
M1=(M-2*JBS-JABS+1)/2
M2=M1+JBS
M3=M2+JABS
M4=M3+JBS
N1=JBSX+1
C *****
C ***** İ=0 ANINDAKİ DEĞERLER *****
C *****
DO 400 I=1,M
DO 400 J=1,N
RO0(I,J)=ROS
P0(I,J)=PS
U0(I,J)=0
V0(I,J)=0
400 CONTINUE
C *****
C ***** 1. JET ÇIKIŞI BOYUNCA SINIR SARTI *****
C *****
J=N1

```

```

Y=-1./2.
DO 500 I=M1,M2
  U(I,J)=4*(0.25-Y**2)
C      U(I,J)=1
      U(I,J)=ABS(U(I,J))
      V(I,J)=0
      P(I,J)=ALFA*PS
      RO(I,J)=ROS*P(I,J)/PS
      Y=Y+1./JBS
500    CONTINUE
RE=UJM*DJ1*ROS1/MU1
ER=1./RE
IF(REYN.EQ.1) ER=0
DELT=DELT1/(DJ1/UJM)
T=T1/(DJ1/UJM)
TDT=1./DELT
C      *****
C      ***** SONSUZDAKI SINIR SARTLARI *****
C      *****
I=1
700    IF (I.GT.M) GOTO 820
      DO 800 J=1,N
        U(I,J)=0
        V(I,J)=0
        RO(I,J)=1
        P(I,J)=PS
800    CONTINUE
      I=I+M-1
      GOTO 700
C      *****
C      ***** 2. JET ICIN SINIR SARTLARI *****
C      *****
820    J=N1
      Y=-1./2.
      DO 850 I=M3,M4
        U(I,J)=4*(0.25-Y**2)
C      U(I,J)=-1
        U(I,J)=ABS(U(I,J))
        V(I,J)=0
        P(I,J)=ALFA*PS
        RO(I,J)=ROS*P(I,J)/PS
        Y=Y+1./JBS
850    CONTINUE
C      *****
C      *****JETIN ALTINDA KALAN BOLGEDE (J=1 DOGRULTUSUNDAKI) SINIR SARTI*
C      *****
      J=1
      DO 1000 I=1,M1-1
        U(I,J)=0
        V(I,J)=0
        RO(I,J)=1
        P(I,J)=PS
1000   CONTINUE
C      *****
C      *****JETIN USTUNDE KALAN BOLGEDE (J=1 DOGRULTUSUNDAKI) SINIR SARTI*
C      *****
      J=1

```

```

DO 1080 I=M4+1,M
  U(I,J)=0
  V(I,J)=0
  RO(I,J)=1
  P(I,J)=PS
1080 CONTINUE
C *****
C ***** ARA BOLGE ICIN SINIR SARTI *****
C *****
J=1
DO 1090 I=M2,M3
  U(I,J)=0
  V(I,J)=0
  RO(I,J)=1
  P(I,J)=PS
1090 CONTINUE
C *****
C ***** 1. JET ICIN CIDAR SINIR SARTI *****
C *****
I=M1
1110 IF(I.GT.M2) GOTO 1130
DO 1120 J=1,N1-1
  U(I,J)=0
  V(I,J)=0
  RO(I,J)=ROS
  P(I,J)=PS
1120 CONTINUE
I=I+JBS
GOTO 1110
C *****
C ***** 2. JET ICIN CIDAR SINIR SARTI *****
C *****
1130 I=M3
1140 IF(I.GT.M4) GOTO 1152
DO 1150 J=1,N1-1
  U(I,J)=0
  V(I,J)=0
  RO(I,J)=ROS
  P(I,J)=PS
1150 CONTINUE
I=I+JBS
GOTO 1140
C *****
C ***** HESABA KATILMAYAN BOLGELER *****
C *****
1152 DO 1154 I=M1+1,M2-1
DO 1154 J=1,N1-1
  U(I,J)=0
  V(I,J)=0
  P(I,J)=0
  RO(I,J)=1
1154 CONTINUE
DO 1158 I=M3+1,M4-1
DO 1158 J=1,N1-1
  U(I,J)=0
  V(I,J)=0
  P(I,J)=0

```



```

      RO(I,J)=1
1158      CONTINUE
C      *****
C      ***** UC SINIR SARTI *****
C      *****
      J=N
      DO 1164 I=1,M
        U(I,J)=0
        V(I,J)=0
        RO(I,J)=ROS
        P(I,J)=PS
1164      CONTINUE
C      *****
C      ***** TAHMINI HIZ ALANININ GIRILMESI *****
C      *****
      DO 1170 I=2,M1-1
      DO 1170 J=2,N
        U(I,J)=0
        V(I,J)=0
        RO(I,J)=ROS
        P(I,J)=PS
1170      CONTINUE
C
      Z=M1
      DO 1180 I=M1,M2
      DO 1190 J=N1+1,N-1
        U(I,J)=U(I,J-1)-(U(Z,N1)/(N-N1))
        U(I,J)=ABS(U(I,J))
        V(I,J)=0
        RO(I,J)=ALFA*1
        P(I,J)=PS*(RO(I,J)**1)
1190      CONTINUE
      Z=Z+1
1180      CONTINUE
C
1200      DO 1220 I=M2+1,M3-1
      DO 1220 J=2,N
        U(I,J)=0
        V(I,J)=0
        RO(I,J)=ROS
        P(I,J)=PS
1220      CONTINUE
C
      Z=M3
      DO 1250 I=M3,M4
      DO 1260 J=N1+1,N-1
        U(I,J)=U(I,J-1)-(U(Z,N1)/(N-N1))
        U(I,J)=ABS(U(I,J))
        V(I,J)=0
        RO(I,J)=ALFA*1
        P(I,J)=PS*(RO(I,J)**1)
1260      CONTINUE
      Z=Z+1
1250      CONTINUE
C
      DO 1300 I=M4+1,M
      DO 1300 J=2,N

```

```

      U(I,J)=0
      V(I,J)=0
      RO(I,J)=ROS
      P(I,J)=PS
1300  CONTINUE
C *****
C ***** SONUCLARIN KUTUKTEN YENIDEN OKUTULMASI *****
C *****
      READ(*,*)IREAD,T2
      IF(IREAD.EQ.1) GOTO 5500
      WRITE(*,*)N,M
C *****
C ***** TAHMİNİ DEĞERLERİN YAZDIRILMASI *****
C *****
      WRITE(5,*)
      WRITE(5,1600)
1600  FORMAT(13X,' U',15X,' V',14X,'P',12X,' RO')
      WRITE(5,1700)
1700  FORMAT(12X,'-----',5X,'-----',5X,'-----'
*      ,5X,'-----')
      DO 1800 I=1,M
      DO 1800 J=1,N
1850  WRITE(5,1850)I,J,U(I,J),V(I,J),P(I,J),RO(I,J)
      FORMAT(I3,',',I3,3X,E13.5,3X,E13.5,3X,E13.5,5X,F8.6)
      UI(I,J)=U(I,J)
      VI(I,J)=V(I,J)
      PI(I,J)=P(I,J)
      ROI(I,J)=RO(I,J)
1800  CONTINUE
      ITER=1
C *****
C ***** ANA DENKLEMLER *****
C *****
1900  IS=1
1950  CALL BOLG(I1,I2,J1,J2,IS,N1,M1,M2,M3,M4,N,M)
      DO 2000 I=I1,I2
      DO 2000 J=J1,J2
*      A2=TDY*ROI(I,J)+0.25*TDY*ROI(I,J)*(VI(I+1,J)-VI(I-1,J)+V0(I+1,J)
*      -V0(I-1,J))+ER*(TDX2+(4./3.)*TDY2)
      B2=ER*0.5*TDX2-0.25*TDX*ROI(I,J)*UI(I,J)
      C2=ER*0.5*TDX2+0.25*TDX*ROI(I,J)*UI(I,J)
      D2=ER*(4./6.)*TDY2
      E2=ER*(4./6.)*TDY2
      F2=TDY*ROI(I,J)-ER*TDX2-ER*(4./3.)*TDY2
      G2=ER*(1./6.)*TDXDY*(UI(I+1,J+1)+UI(I-1,J-1)-UI(I+1,J-1)
*      -UI(I-1,J+1)+U0(I+1,J+1)+U0(I-1,J-1)-U0(I+1,J-1)-U0(I-1,J+1))
*      -0.25*TDY*(PI(I+1,J)-PI(I-1,J)+P0(I+1,J)-P0(I-1,J))
*      V(I,J)=(1./A2)*(B2*(VI(I,J+1)+V0(I,J+1))+C2*(VI(I,J-1)+V0(I,J-1))
*      +D2*(VI(I+1,J)+V0(I+1,J))+E2*(VI(I-1,J)+V0(I-1,J))+F2*V0(I,J)+G2)
2000  CONTINUE
      IS=IS+1
      IF(IS.GT.5) GOTO 2010
      GOTO 1950
2010  IS=1
2020  CALL BOLG(I1,I2,J1,J2,IS,N1,M1,M2,M3,M4,N,M)
      DO 2050 I=I1,I2
      DO 2050 J=J1,J2

```

```

      A1=TDT*ROI(I,J)+0.25*TDX*ROI(I,J)*(UI(I,J+1)-UI(I,J-1))+U0(I,J+1)
*      -U0(I,J-1))+ER*(TDY2+(4./3.)*TDX2)
      B1=ER*(4./6.)*TDX2
      C1=ER*(4./6.)*TDX2
      D1=ER*0.5*TDY2-0.25*TDY*ROI(I,J)*VI(I,J)
      E1=ER*0.5*TDY2+0.25*TDY*ROI(I,J)*VI(I,J)
      F1=TDT*ROI(I,J)-ER*TDY2-ER*(4./3.)*TDX2
      G1=ER*(1./6.)*TDXDY*(VI(I+1,J+1)+VI(I-1,J-1)-VI(I+1,J-1)
*      -VI(I-1,J+1)+V0(I+1,J+1)+V0(I-1,J-1)-V0(I+1,J-1)-V0(I-1,J+1))
*      -0.25*TDX*(PI(I,J+1)-PI(I,J-1)+P0(I,J+1)-P0(I,J-1))
      U(I,J)=(1./A1)*(B1*(UI(I,J+1)+U0(I,J+1))+C1*(UI(I,J-1)+U0(I,J-1))
*      +D1*(UI(I+1,J)+U0(I+1,J))+E1*(UI(I-1,J)+U0(I-1,J))+F1*U0(I,J)+G1)
2050  CONTINUE
      IS=IS+1
      IF(IS.GT.5) GOTO 2060
      GOTO 2020
2060  IS=1
2070  CALL BOLG(I1,I2,J1,J2,IS,N1,M1,M2,M3,M4,N,M)
      DO 2100 I=I1,I2
      DO 2100 J=J1,J2
      A3=TDT
      B3=-0.25*TDX*ROI(I,J+1)
      C3=0.25*TDX*ROI(I,J-1)
      D3=-0.25*TDY*ROI(I+1,J)
      E3=0.25*TDY*ROI(I-1,J)
      F3=TDT*ROI(I,J)
*      RO(I,J)=(1./A3)*(B3*(UI(I,J+1)+U0(I,J+1))+C3*(UI(I,J-1)
      +U0(I,J-1))+D3*(VI(I+1,J)+V0(I+1,J))+E3*(VI(I-1,J)+V0(I-1,J))+F3)
C      RO(I,J)=1
      P(I,J)=P(I,J-1)*(RO(I,J)/RO(I,J-1))
2100  CONTINUE
      IS=IS+1
      IF(IS.GT.5) GOTO 2110
      GOTO 2070
2110  DO 2200 J=1,N
      RO(1,J)=RO(2,J)
      P(1,J)=P(2,J)
2200  CONTINUE
      DO 2240 I=1,M
      RO(I,N)=RO(I,N-1)
      P(I,N)=P(I,N-1)
2240  CONTINUE
      DO 2260 J=1,N
      RO(M,J)=RO(M-1,J)
      P(M,J)=P(M-1,J)
2260  CONTINUE
      DO 2280 I=1,M
      RO(I,1)=RO(I,2)
      P(I,1)=P(I,2)
2280  CONTINUE
C      DO 2300 I=1,M
      DO 2300 J=1,N
      FARK=(U(I,J)-UI(I,J))
      IF(ITER.EQ.MAXIT) GOTO 2800
      IF (ABS(FARK).LT.EPS) GOTO 2300
C      IF (U(I,J).GT.UI(I,J)) U(I,J)=U(I,J)+(FARK)/2

```

```

C          IF (U(I,J).LT.UI(I,J)) U(I,J)=U(I,J)-(FARK)/2
          GOTO 2400
2300      CONTINUE
          GOTO 2800
2400      DO 2500 I=1,M
          DO 2500 J=1,N
              UI(I,J)=U(I,J)
              VI(I,J)=V(I,J)
              PI(I,J)=P(I,J)
              ROI(I,J)=RO(I,J)
2500      CONTINUE
          ITER=ITER+1
C          IF(ITER.EQ.(10+K)) GOTO 2600
C          GOTO 2700
2600      QW=M1+JBS/2
          W=N1+1
          WRITE(*,*)ITER,U(QW,W),U(QW,W+1),U(QW,W+2),U(QW,W+3),RO(QW,W)
*          ,U(QW-1,W)
C          K=K+10
2700      GOTO 1900
C          *****
C          ***** SONUCLARIN YAZDIRILMASI *****
C          *****
2800      IF (T1.LT.T2) GOTO 7700
          WRITE(7,2840)N,M,UJM
          WRITE(8,2840)N,M,UJM
          WRITE(9,2840)N,M,UJM
          WRITE(10,2840)N,M,UJM
2840      FORMAT(3X,'X GRID SA=',I3,3X,'Y GRID SA=',I3,3X,'MAX JET CIKIS
*          HIZI=',F7.3)
          WRITE(7,2860)MU1,DELX1,DJ1,ALFA
          WRITE(8,2860)MU1,DELX1,DJ1,ALFA
          WRITE(9,2860)MU1,DELX1,DJ1,ALFA
          WRITE(10,2860)MU1,DELX1,DJ1,ALFA
2860      FORMAT(3X,'MU=',E10.3,4X,'DELX1=',F7.4,4X,'DJ1=',F7.4,3X,
*          'ALFA=',F3.1)
          WRITE(7,2880)RE
          WRITE(8,2880)RE
          WRITE(9,2880)RE
          WRITE(10,2880)RE
2880      FORMAT(3X,'REYNOLDS SAYISI=',E10.3)
C          *****
C          ***** U , V , P , RO *****
C          *****
          WRITE(7,2900)
          WRITE(8,2900)
          WRITE(9,2900)
          WRITE(10,2900)
2900      FORMAT(/,35X,' X YTMNŞ —')
          K1=1
          K2=15
3000      IF(K2.GE.n) K2=N
          WRITE(7,3100) (J,J=K1,K2)
          WRITE(8,3100) (J,J=K1,K2)
          WRITE(9,3100) (J,J=K1,K2)
          WRITE(10,3100) (J,J=K1,K2)
3100      FORMAT(/,3X,'0',6X,15(I3,11X))

```

```

WRITE(7,3200)
WRITE(8,3200)
WRITE(9,3200)
WRITE(10,3200)
3200  FORMAT(216('_',),)
      DO 3300 I=1,M
          WRITE(7,3400) I,(U(I,J),J=K1,K2)
          WRITE(8,3400) I,(V(I,J),J=K1,K2)
          WRITE(9,3400) I,(P(I,J),J=K1,K2)
          WRITE(10,3440) I,(RO(I,J),J=K1,K2)
3400      FORMAT(1X,I3,1X,15(E13.5,1X))
3440      FORMAT(1X,I3,1X,15(F10.6,1X))
3300      CONTINUE
      IF(K2.LT.N) THEN
          K1=K1+15
          K2=K2+15
          GOTO 3000
      ENDIF
      WRITE(7,3460)T1
      WRITE(8,3460)T1
      WRITE(9,3460)T1
      WRITE(10,3460)T1
3460  FORMAT(1X,F7.3)
C *****
      GOTO 8000
C ***** SONUCLARIN KUTUKTEN OKUTULMASI *****
5500  K1=1
      K2=15
          DO 5520 LL=1,5
              READ(7,*)
              READ(8,*)
              READ(9,*)
              READ(10,*)
5520  CONTINUE
5800  IF(K2.GE.N) K2=N
          DO 5820 LL=1,4
              READ(7,*)
              READ(8,*)
              READ(9,*)
              READ(10,*)
5820  CONTINUE
          DO 5900 I=1,M
              READ(7,6000) L,(U(I,J),J=K1,K2)
              READ(8,6000) L,(V(I,J),J=K1,K2)
              READ(9,6000) L,(P(I,J),J=K1,K2)
              READ(10,6050) L,(RO(I,J),J=K1,K2)
6000      FORMAT(1X,I3,1X,15(E13.5,1X))
6050      FORMAT(1X,I3,1X,15(F10.6,1X))
5900      CONTINUE
          IF(K2.LT.N) THEN
              K1=K1+15
              K2=K2+15
              GOTO 5800
          ENDIF
          READ(7,6070)T1
6070  FORMAT(1X,F7.3)
      REWIND 7

```

REWIND 8
 REWIND 9
 REWIND 10

C *****

```

    DO 7600 I=1,M
    DO 7600 J=1,N
      U0(I,J)=U(I,J)
      V0(I,J)=V(I,J)
      P0(I,J)=P(I,J)
      RO0(I,J)=RO(I,J)
      UI(I,J)=U(I,J)
      VI(I,J)=V(I,J)
      PI(I,J)=P(I,J)
      ROI(I,J)=RO(I,J)
7600   CONTINUE
      GOTO 2800
7700   DO 7800 I=1,M
    DO 7800 J=1,N
      U0(I,J)=U(I,J)
      V0(I,J)=V(I,J)
      P0(I,J)=P(I,J)
      RO0(I,J)=RO(I,J)
      UI(I,J)=U(I,J)
      VI(I,J)=V(I,J)
      PI(I,J)=P(I,J)
      ROI(I,J)=RO(I,J)
7800   CONTINUE
      ITER=1
      K=0
      WRITE(*,7900)T1
7900   FORMAT(F7.3,' .NCI ZAMAN DILIMI')
      T1=T1+DELT1
      GOTO 1900
8000   STOP
      END

```

C
 SUBROUTINE BOLG(I1,I2,J1,J2,IS,N1,M1,M2,M3,M4,N,M)
 IF(IS.EQ.1) GOTO 10
 IF(IS.EQ.2) GOTO 20
 IF(IS.EQ.3) GOTO 30
 IF(IS.EQ.4) GOTO 40
 IF(IS.EQ.5) GOTO 50

C
 10 I1=2
 I2=M1-1
 J1=2
 J2=N-1
 GOTO 60
 20 I1=M1
 I2=M2
 J1=N1+1
 J2=N-1
 GOTO 60
 30 I1=M2+1
 I2=M3-1
 J1=2
 J2=N-1

```
      GOTO 60
40      I1=M3
        I2=M4
        J1=N1+1
        J2=N-1
      GOTO 60
50      I1=M4+1
        I2=M-1
        J1=2
        J2=N-1
60     RETURN
      END
```



```

C *****
C * BU PROGRAM CRANK NICHOLSON YÖNTEMİYLE ÇAPRAZ İKİ JET İÇİN *
C * JET ÇIKIŞINDAKİ BOYUTSUZ HIZ VE BASINÇ DAĞILIMINI HESAPLAR *
C * BAZI DEĞİŞKENLERİN SONUNDAKİ 1 RAKAMI BOYUTLU SAYILARI *
C * GÖSTERMEKTEDİR. *
C *****
PARAMETER(M=255,N=255)
DIMENSION U(M,N),V(M,N),P(M,N),RO(M,N)
DIMENSION U0(M,N),V0(M,N),P0(M,N),RO0(M,N)
DIMENSION UI(M,N),VI(M,N),PI(M,N),ROI(M,N)
INTEGER XGS,YGS,ROS,Z,QW,REYN,TT
REAL MU1,PS,PS1,T1,DELTI
OPEN(5,FILE='TAHMIN.J1')
OPEN(6,FILE='DATA3.DAT',STATUS='OLD')
OPEN(7,FILE='U.J1')
OPEN(8,FILE='V.J1')
OPEN(9,FILE='P.J1')
OPEN(10,FILE='RO.J1')
DATA K,ROS,ROS1,T1,MAXIT,EPS/0,1,1.2,0.1,2500,1E-5/
READ(6,*)
READ(6,*)
READ(6,*)
READ(6,*)XGS,YGS,UJM,JBS,REYN
READ(6,*)
READ(6,*)
READ(6,*)
READ(6,*)MU1,DELX1,DJ1,ALFA,PS1
DELY1=DJ1/JBS
DELT1=0.1
DELX=DELX1/DJ1
DELY=DELY1/DJ1
TDX=1/DELX
TDY=1/DELY
TDX2=TDX**2
TDY2=TDY**2
DXDY=DELX/DELY
TDXDY=TDX*TDY
PS=PS1/(ROS1*UJM**2)
TT=(YGS-JBS+1)/2
C *****
C ***** t=0 ANINDAKİ DEGERLER *****
C *****
DO 40 I=1,YGS
DO 40 J=1,XGS
RO0(I,J)=ROS
P0(I,J)=PS
U0(I,J)=0
V0(I,J)=0
40 CONTINUE
C *****
C ***** JET ÇIKISI BOYUNCA SINIR SARTI *****
C *****
J=1
Y=-1./2.
DO 50 I=TT,TT+JBS
U(I,J)=4*(0.25-Y**2)
U(I,J)=ABS(U(I,J))

```



```

C      V(I,J)=0
      RO(I,J)=ROS+0.9*(4*(0.25-Y**2))
      RO(I,J)=ROS
      P(I,J)=PS*(RO(I,J)**1)
      Y=Y+1./JBS
50     CONTINUE
      RE=UJM*DJ1*ROS1/MU1
      ER=1./RE
      IF(REYN.EQ.1) ER=0
      DELT=DELT1/(DJ1/UJM)
      T=T1/(DJ1/UJM)
      TDT=1./DELT
C      *****
C      ***** SONSUZDAKI SINIR SARTLARI *****
C      *****
      I=1
70     IF (I.GT.YGS) GOTO 82
      DO 80 J=1,XGS
          U(I,J)=0
          V(I,J)=0
          RO(I,J)=1
          P(I,J)=PS
80     CONTINUE
      I=I+YGS-1
      GOTO 70
C      *****
C      ***** IKINCI JET ICIN SINIR SARTLARI *****
C      *****
82     I=1
      Y=-1./2.
      DO 84 J=TT,TT+JBS
          V(I,J)=4*(0.25-Y**2)
          V(I,J)=ABS(V(I,J))
          U(I,J)=0
          RO(I,J)=ROS*ALFA
          ORAN=(RO(I,J)/ROS)
          P(I,J)=PS*(ORAN**0.4)
          Y=Y+1./JBS
84     CONTINUE
C      *****
C      *JETIN ALTINDA KALAN BOLGEDE (J=1) Y DOGRULTUSUNDAKI HIZ SINIR SARTI*
C      *****
      J=1
      DO 100 I=1,TT-1
          U(I,J)=0
          V(I,J)=0
          RO(I,J)=1
          P(I,J)=PS
100    CONTINUE
C      *****
C      *JETIN USTUNDE KALAN BOLGEDE (J=1) Y DOGRULTUSUNDAKI HIZ SINIR SARTI*
C      *****
      DO 110 I=TT+JBS+1,YGS
          U(I,J)=0
          V(I,J)=0
          RO(I,J)=1
          P(I,J)=PS

```

```

110     CONTINUE
C     *****
C     ***** TAHMINI HIZ ALANININ GIRILMESI *****
C     *****
      Z=2
      DO 120 I=2,YGS-1
      DO 130 J=2,XGS-1
          U(I,J)=U(I,J-1)-(U(Z,1)/(XGS-1))
          U(I,J)=ABS(U(I,J))
          V(I,J)=0
          RO(I,J)=ALFA*1
130     CONTINUE
      Z=Z+1
120     CONTINUE
C     *****
C     ***** UC SINIR SARTLARI *****
C     *****
      J=XGS
      DO 140 I=1,YGS
          U(I,J)=0.0
          V(I,J)=0.0
          RO(I,J)=1.
          P(I,J)=PS
140     CONTINUE
C     *****
C     ***** YOGUNLUGUN TAHMINI DEGERLERI *****
C     *****
      DO 150 I=2,YGS-1
      DO 150 J=2,XGS-1
          RO(I,J)=ROS
150     CONTINUE
      READ(*,*)IREAD,T2
      IF(IREAD.EQ.1) GOTO 550
      WRITE(*,*)XGS,YGS
C     *****
C     ***** TAHMINI DEĞERLERİN YAZDIRILMASI *****
C     *****
      WRITE(5,*)
      WRITE(5,160)
160     FORMAT(13X,' U',15X,' V',14X,'P',12X,' RO')
      WRITE(5,170)
170     FORMAT(12X,'-----',5X,'-----',5X,'-----'
*      ,5X,'-----')
      DO 180 I=1,YGS
      DO 180 J=1,XGS
          WRITE(5,185)I,J,U(I,J),V(I,J),P(I,J),RO(I,J)
185     FORMAT(I3,',',I3,3X,E13.5,3X,E13.5,3X,E13.5,5X,F8.6)
          UI(I,J)=U(I,J)
          VI(I,J)=V(I,J)
          PI(I,J)=P(I,J)
          ROI(I,J)=RO(I,J)
180     CONTINUE
      ITER=1
C     *****
C     ***** ANA DENKLEMLER *****
C     *****
190     DO 200 I=2,YGS-1

```

```

DO 200 J=2,XGS-1
  A2=TDT*ROI(I,J)+0.25*TDY*ROI(I,J)*(VI(I+1,J)-VI(I-1,J)+V0(I+1,J)
*   -V0(I-1,J))+ER*(TDX2+(4./3.)*TDY2)
  B2=ER*0.5*TDX2-0.25*TDX*ROI(I,J)*UI(I,J)
  C2=ER*0.5*TDX2+0.25*TDX*ROI(I,J)*UI(I,J)
  D2=ER*(4./6.)*TDY2
  E2=ER*(4./6.)*TDY2
  F2=TDT*ROI(I,J)-ER*TDX2-ER*(4./3.)*TDY2
  G2=ER*(1./6.)*TDXDY*(UI(I+1,J+1)+UI(I-1,J-1)-UI(I+1,J-1)
*   -UI(I-1,J+1)+U0(I+1,J+1)+U0(I-1,J-1)-U0(I+1,J-1)-U0(I-1,J+1))
*   -0.25*TDY*(PI(I+1,J)-PI(I-1,J)+P0(I+1,J)-P0(I-1,J))
  V(I,J)=(1./A2)*(B2*(VI(I,J+1)+V0(I,J+1))+C2*(VI(I,J-1)+V0(I,J-1))
*   +D2*(VI(I+1,J)+V0(I+1,J))+E2*(VI(I-1,J)+V0(I-1,J))+F2*V0(I,J)+G2)
200 CONTINUE
DO 205 I=2,YGS-1
DO 205 J=2,XGS-1
  A1=TDT*ROI(I,J)+0.25*TDX*ROI(I,J)*(UI(I,J+1)-UI(I,J-1)+U0(I,J+1)
*   -U0(I,J-1))+ER*(TDY2+(4./3.)*TDX2)
  B1=ER*(4./6.)*TDX2
  C1=ER*(4./6.)*TDX2
  D1=ER*0.5*TDY2-0.25*TDY*ROI(I,J)*VI(I,J)
  E1=ER*0.5*TDY2+0.25*TDY*ROI(I,J)*VI(I,J)
  F1=TDT*ROI(I,J)-ER*TDY2-ER*(4./3.)*TDX2
  G1=ER*(1./6.)*TDXDY*(VI(I+1,J+1)+VI(I-1,J-1)-VI(I+1,J-1)
*   -VI(I-1,J+1)+V0(I+1,J+1)+V0(I-1,J-1)-V0(I+1,J-1)-V0(I-1,J+1))
*   -0.25*TDX*(PI(I,J+1)-PI(I,J-1)+P0(I,J+1)-P0(I,J-1))
  U(I,J)=(1./A1)*(B1*(UI(I,J+1)+U0(I,J+1))+C1*(UI(I,J-1)+U0(I,J-1))
*   +D1*(UI(I+1,J)+U0(I+1,J))+E1*(UI(I-1,J)+U0(I-1,J))+F1*U0(I,J)+G1)
205 CONTINUE
DO 210 I=2,YGS-1
DO 210 J=2,XGS-1
  A3=TDT
  B3=-0.25*TDX*ROI(I,J+1)
  C3=0.25*TDX*ROI(I,J-1)
  D3=-0.25*TDY*ROI(I+1,J)
  E3=0.25*TDY*ROI(I-1,J)
  F3=TDT*ROI(I,J)
  RO(I,J)=(1./A3)*(B3*(UI(I,J+1)+U0(I,J+1))+C3*(UI(I,J-1)
*   +U0(I,J-1))+D3*(VI(I+1,J)+V0(I+1,J))+E3*(VI(I-1,J)+V0(I-1,J))+F3)
C   RO(I,J)=1
   P(I,J)=P(I,J-1)*(RO(I,J)/RO(I,J-1))
210 CONTINUE
DO 220 J=1,XGS
  RO(1,J)=RO(2,J)
  P(1,J)=P(2,J)
220 CONTINUE
DO 224 I=1,YGS
  RO(I,XGS)=RO(I,XGS-1)
  P(I,XGS)=P(I,XGS-1)
224 CONTINUE
DO 226 J=1,XGS
  RO(YGS,J)=RO(YGS-1,J)
  P(YGS,J)=P(YGS-1,J)
226 CONTINUE
DO 230 I=1,YGS
DO 230 J=1,XGS
  FARK=(U(I,J)-UI(I,J))

```

```

          IF(ITER.EQ.MAXIT) GOTO 280
          IF (ABS(FARK).LT.EPS) GOTO 230
C       IF (U(I,J).GT.UI(I,J)) U(I,J)=U(I,J)+(FARK)/2
C       IF (U(I,J).LT.UI(I,J)) U(I,J)=U(I,J)-(FARK)/2
          GOTO 240
230      CONTINUE
          GOTO 280
240      DO 250 I=1, YGS
          DO 250 J=1, XGS
              UI(I,J)=U(I,J)
              VI(I,J)=V(I,J)
              PI(I,J)=P(I,J)
              ROI(I,J)=RO(I,J)
250      CONTINUE
          ITER=ITER+1
C       IF(ITER.EQ.(10+K)) GOTO 260
C       GOTO 270
260      QW=TT+JBS/2
          WRITE(*,*)ITER,U(QW,2),U(QW,3),U(QW,4),U(QW,5),RO(QW,2)
          * ,U(QW-1,2)
C       K=K+10
270      GOTO 190
C       *****
C       ***** SONUCLARIN YAZDIRILMASI *****
C       *****
280      IF (T1.LT.T2) GOTO 770
          WRITE(7,284)XGS,YGS,UJM
          WRITE(8,284)XGS,YGS,UJM
          WRITE(9,284)XGS,YGS,UJM
          WRITE(10,284)XGS,YGS,UJM
284      FORMAT(3X,'X GRID SA.=' ,I3,3X,'Y GRID SA.=' ,I3,3X,'MAX JET CIKIS
          * HIZI=' ,F7.3)
          WRITE(7,286)MU1,DELX1,DJ1,ALFA
          WRITE(8,286)MU1,DELX1,DJ1,ALFA
          WRITE(9,286)MU1,DELX1,DJ1,ALFA
          WRITE(10,286)MU1,DELX1,DJ1,ALFA
286      FORMAT(3X,'MU=' ,E10.3,4X,'DELX1=' ,F7.4,4X,'DJ1=' ,F7.4,3X,
          * 'ALFA=' ,F3.1)
          WRITE(7,288)RE
          WRITE(8,288)RE
          WRITE(9,288)RE
          WRITE(10,288)RE
288      FORMAT(3X,'REYNOLDS SAYISI=' ,E10.3)
C       *****
C       ***** U , V , P , RO *****
C       *****
          WRITE(7,290)
          WRITE(8,290)
          WRITE(9,290)
          WRITE(10,290)
290      FORMAT(/,35X,' X YÖNÜ—')
          K1=1
          K2=15
300      IF(K2.GE.XGS) K2=XGS
          WRITE(7,310) (J,J=K1,K2)
          WRITE(8,310) (J,J=K1,K2)
          WRITE(9,310) (J,J=K1,K2)

```

```

WRITE(10,310) (J,J=K1,K2)
310  FORMAT(/,3X,'0',6X,15(I3,11X))
      WRITE(7,320)
      WRITE(8,320)
      WRITE(9,320)
      WRITE(10,320)
320  FORMAT(216('_',),)
      DO 330 I=1,YGS
          WRITE(7,340) I,(U(I,J),J=K1,K2)
          WRITE(8,340) I,(V(I,J),J=K1,K2)
          WRITE(9,340) I,(P(I,J),J=K1,K2)
          WRITE(10,344) I,(RO(I,J),J=K1,K2)
340      FORMAT(1X,I3,1X,15(E13.5,1X))
344      FORMAT(1X,I3,1X,15(F10.6,1X))
330      CONTINUE
      IF(K2.LT.XGS) THEN
          K1=K1+15
          K2=K2+15
          GOTO 300
      ENDIF
      WRITE(7,346)T1
      WRITE(8,346)T1
      WRITE(9,346)T1
      WRITE(10,346)T1
346  FORMAT(1X,F7.3)
C *****
      GOTO 800
C *****
C ***** SONUCLARIN KUTUKTEN OKUTULMASI *****
C *****
550  K1=1
      K2=15
          DO 552 LL=1,5
              READ(7,*)
              READ(8,*)
              READ(9,*)
              READ(10,*)
552      CONTINUE
580  IF(K2.GE.XGS) K2=XGS
          DO 582 LL=1,4
              READ(7,*)
              READ(8,*)
              READ(9,*)
              READ(10,*)
582      CONTINUE
          DO 590 I=1,YGS
              READ(7,600) L,(U(I,J),J=K1,K2)
              READ(8,600) L,(V(I,J),J=K1,K2)
              READ(9,600) L,(P(I,J),J=K1,K2)
              READ(10,605) L,(RO(I,J),J=K1,K2)
600      FORMAT(1X,I3,1X,15(E13.5,1X))
605      FORMAT(1X,I3,1X,15(F10.6,1X))
590      CONTINUE
          IF(K2.LT.XGS) THEN
              K1=K1+15
              K2=K2+15
              GOTO 580

```

```

ENDIF
READ(7,607)T1
607  FORMAT(1X,F7.3)
      REWIND 7
      REWIND 8
      REWIND 9
      REWIND 10
C *****
      DO 760 I=1,YGS
      DO 760 J=1,XGS
        U0(I,J)=U(I,J)
        V0(I,J)=V(I,J)
        P0(I,J)=P(I,J)
        RO0(I,J)=RO(I,J)
        UI(I,J)=U(I,J)
        VI(I,J)=V(I,J)
        PI(I,J)=P(I,J)
        ROI(I,J)=RO(I,J)
760   CONTINUE
      GOTO 280
770   DO 780 I=1,YGS
      DO 780 J=1,XGS
        U0(I,J)=U(I,J)
        V0(I,J)=V(I,J)
        P0(I,J)=P(I,J)
        RO0(I,J)=RO(I,J)
        UI(I,J)=U(I,J)
        VI(I,J)=V(I,J)
        PI(I,J)=P(I,J)
        ROI(I,J)=RO(I,J)
780   CONTINUE
      ITER=1
      K=0
      WRITE(*,790)T1
790   FORMAT(F7.3,' .NCI ZAMAN DILIMI')
      T1=T1+DELT1
      GOTO 190
800   STOP
      END

```

```

C *****
C * BU PROGRAM CRANC NICHOLSON YÖNTEMİYLE LAMİNAR AKIŞ *
C * DURUMUNDA KARŞILIKLI İKİ JET İÇİN BOYUTSUZ HIZ VE BASINÇ *
C * DAĞILIMINI HESAPLAR. BAZI DEĞİŞKENLERİN SONUNDAKİ İ RAKAMI *
C * BOYUTLU SAYILARI GÖSTERMEKTEDİR. *
C *****
PARAMETER(M=310,N=310)
DIMENSION U(M,N),V(M,N),P(M,N),RO(M,N)
DIMENSION U0(M,N),V0(M,N),P0(M,N),RO0(M,N)
DIMENSION UI(M,N),VI(M,N),PI(M,N),ROI(M,N)
INTEGER XGS,YGS,ROS,Z,QW,W,REYN
REAL MU1,PS,PS1,T1,DELTI
OPEN(5,FILE='TAHMIN.J1')
OPEN(6,FILE='DATA3.DAT',STATUS='OLD')
OPEN(7,FILE='U.J1')
OPEN(8,FILE='V.J1')
OPEN(9,FILE='P.J1')
OPEN(10,FILE='RO.J1')
DATA K,ROS,ROS1,T1,MAXIT,EPS/0,1,1.2,0.1,1000,1E-4/
READ(6,*)
READ(6,*)
READ(6,*)
READ(6,*)XGS,YGS,UJM,JBS,REYN,JBSX
READ(6,*)
READ(6,*)
READ(6,*)
READ(6,*)MU1,DELX1,DJ1,ALFA,PS1
DELY1=DJ1/JBS
DELTI=0.1
DELX=DELX1/DJ1
DELY=DELY1/DJ1
TDX=1/DELX
TDY=1/DELY
TDX2=TDX**2
TDY2=TDY**2
DXDY=DELX/DELY
TDXDY=TDX*TDY
PS=PS1/(ROS1*UJM**2)
M1=(YGS-JBS+1)/2
M2=M1+JBS
N1=JBSX+1
N2=XGS-JBSX
C *****
C ***** t=0 ANINDAKİ DEGERLER *****
C *****
DO 400 I=1,YGS
DO 400 J=1,XGS
RO0(I,J)=ROS
P0(I,J)=PS
U0(I,J)=0
V0(I,J)=0
400 CONTINUE
C *****
C ***** 1. JET ÇIKIŞI BOYUNCA SINIR SARTI *****
C *****
J=N1
Y=-1./2.

```

```

DO 500 I=M1,M2
  U(I,J)=4*(0.25-Y**2)
C   U(I,J)=1
  U(I,J)=ABS(U(I,J))
  V(I,J)=0
  P(I,J)=ALFA*PS
  RO(I,J)=ROS*P(I,J)/PS
  Y=Y+1./JBS
500  CONTINUE
  RE=UJM*DJ1*ROS1/MU1
  ER=1./RE
  IF(REYN.EQ.1) ER=0
  DELT=DELT1/(DJ1/UJM)
  T=T1/(DJ1/UJM)
  TDT=1./DELT
C   *****
C   ***** SONSUZDAKI SINIR SARTLARI *****
C   *****
  I=1
700  IF (I.GT.YGS) GOTO 820
      DO 800 J=1,XGS
          U(I,J)=0
          V(I,J)=0
          RO(I,J)=1
          P(I,J)=PS
800  CONTINUE
      I=I+YGS-1
      GOTO 700
C   *****
C   ***** 2. JET ICIN SINIR SARTLARI *****
C   *****
820  J=N2
      Y=-1./2.
      DO 850 I=M1,M2
          U(I,J)=4*(0.25-Y**2)
C   U(I,J)=-1
          U(I,J)=-(ABS(U(I,J)))
          V(I,J)=0
          P(I,J)=ALFA*PS
          RO(I,J)=ROS*P(I,J)/PS
          Y=Y+1./JBS
850  CONTINUE
C   *****
C   *JETIN ALTINDA KALAN BOLGEDE (J=1 VE J=XGS DOGRULTUSUNDAKI) *
C   * SINIR SARTI *
C   *****
      J=1
900  IF(J.GT.XGS) GOTO 1020
      DO 1000 I=1,M1-1
          U(I,J)=0
          V(I,J)=0
          RO(I,J)=1
          P(I,J)=PS
1000 CONTINUE
      J=J+XGS-1
      GOTO 900
C   *****

```



```

C   *JETIN USTUNDE KALAN BOLGEDE (J=1 VE J=XGS DOGRULTUSUNDAKI) *
C   *SINIR SARTI *
C   *****
1020   J=1
1040   IF(J.GT.XGS) GOTO 1100
        DO 1080 I=M2+1,YGS
            U(I,J)=0
            V(I,J)=0
            RO(I,J)=1
            P(I,J)=PS
1080   CONTINUE
        J=J+XGS-1
        GOTO 1040
C   *****
C   ***** 1. JET ICIN CIDAR SINIR SARTI *****
C   *****
1100   I=M1
1110   IF(I.GT.M2) GOTO 1130
        DO 1120 J=1,N1-1
            U(I,J)=0
            V(I,J)=0
            RO(I,J)=ROS
            P(I,J)=PS
1120   CONTINUE
        I=I+JBS
        GOTO 1110
C   *****
C   ***** 2. JET ICIN CIDAR SINIR SARTI *****
C   *****
1130   I=M1
1140   IF(I.GT.M2) GOTO 1152
        DO 1150 J=N2+1,XGS
            U(I,J)=0
            V(I,J)=0
            RO(I,J)=ROS
            P(I,J)=PS
1150   CONTINUE
        I=I+JBS
        GOTO 1140
C   ***** HESABA KATILMAYAN BOLGELER *****
1152   DO 1154 I=M1+1,M2-1
        DO 1154 J=1,N1-1
            U(I,J)=0
            V(I,J)=0
            P(I,J)=0
            RO(I,J)=1
1154   CONTINUE
        DO 1158 I=M1+1,M2-1
        DO 1158 J=N2+1,XGS
            U(I,J)=0
            V(I,J)=0
            P(I,J)=0
            RO(I,J)=1
1158   CONTINUE
C   *****
C   ***** TAHMINI HIZ ALANININ GIRILMESI *****
C   *****

```

```

DO 1170 I=2,M1-1
DO 1170 J=2,XGS
  U(I,J)=0
  V(I,J)=0
  RO(I,J)=ROS
  P(I,J)=PS
1170 CONTINUE
Z=M1
DO 1180 I=M1,M2
DO 1190 J=N1+1,N2-1
  U(I,J)=U(I,J-1)-(U(Z,N1)/(N2-N1))
  U(I,J)=ABS(U(I,J))
  V(I,J)=0
  RO(I,J)=ALFA*1
  P(I,J)=PS*(RO(I,J)**1)
1190 CONTINUE
Z=Z+1
1180 CONTINUE
1200 DO 1220 I=M2+1,YGS
DO 1220 J=2,XGS
  U(I,J)=0
  V(I,J)=0
  RO(I,J)=ROS
  P(I,J)=PS
1220 CONTINUE
C *****
C ***** SONUCLARIN KUTUKTEN YENIDEN OKUTULMASI *****
C *****
  READ(*,*)IREAD,T2
  IF(IREAD.EQ.1) GOTO 5500
  WRITE(*,*)XGS,YGS
C *****
C ***** TAHMİNİ DEĞERLERİN YAZDIRILMASI *****
C *****
  WRITE(5,*)
  WRITE(5,1600)
1600 FORMAT(13X,' U',15X,' V',14X,'P',12X,' RO')
  WRITE(5,1700)
1700 FORMAT(12X,'-----',5X,'-----',5X,'-----'
* ,5X,'-----')
  DO 1800 I=1,YGS
  DO 1800 J=1,XGS
    WRITE(5,1850)I,J,U(I,J),V(I,J),P(I,J),RO(I,J)
1850 FORMAT(I3,',',I3,3X,E13.5,3X,E13.5,3X,E13.5,5X,F8.6)
    UI(I,J)=U(I,J)
    VI(I,J)=V(I,J)
    PI(I,J)=P(I,J)
    ROI(I,J)=RO(I,J)
1800 CONTINUE
ITER=1
C *****
C ***** ANA DENKLEMLER *****
C *****
1900 IS=1
1950 CALL BOLG(I1,I2,J1,J2,IS,N1,N2,M1,M2,XGS,YGS)
DO 2000 I=I1,I2
DO 2000 J=J1,J2

```

```

A2=TDT*ROI(I,J)+0.25*TDY*ROI(I,J)*(VI(I+1,J)-VI(I-1,J)+V0(I+1,J)
* -V0(I-1,J))+ER*(TDX2+(4./3.)*TDY2)
B2=ER*0.5*TDX2-0.25*TDX*ROI(I,J)*UI(I,J)
C2=ER*0.5*TDX2+0.25*TDX*ROI(I,J)*UI(I,J)
D2=ER*(4./6.)*TDY2
E2=ER*(4./6.)*TDY2
F2=TDT*ROI(I,J)-ER*TDX2-ER*(4./3.)*TDY2
G2=ER*(1./6.)*TDXDY*(UI(I+1,J+1)+UI(I-1,J-1)-UI(I+1,J-1)
* -UI(I-1,J+1)+U0(I+1,J+1)+U0(I-1,J-1)-U0(I+1,J-1)-U0(I-1,J+1))
* -0.25*TDY*(PI(I+1,J)-PI(I-1,J)+P0(I+1,J)-P0(I-1,J))
V(L,J)=(1./A2)*(B2*(VI(I,J+1)+V0(I,J+1))+C2*(VI(I,J-1)+V0(I,J-1))
* +D2*(VI(I+1,J)+V0(I+1,J))+E2*(VI(I-1,J)+V0(I-1,J))+F2*V0(I,J)+G2)
2000 CONTINUE
      IS=IS+1
      IF(IS.GT.3) GOTO 2010
      GOTO 1950
2010 IS=1
2020 CALL BOLG(I1,I2,J1,J2,IS,N1,N2,M1,M2,XGS,YGS)
      DO 2050 I=I1,I2
      DO 2050 J=J1,J2
      A1=TDT*ROI(I,J)+0.25*TDX*ROI(I,J)*(UI(I,J+1)-UI(I,J-1)+U0(I,J+1)
* -U0(I,J-1))+ER*(TDY2+(4./3.)*TDX2)
B1=ER*(4./6.)*TDX2
C1=ER*(4./6.)*TDX2
D1=ER*0.5*TDY2-0.25*TDY*ROI(I,J)*VI(I,J)
E1=ER*0.5*TDY2+0.25*TDY*ROI(I,J)*VI(I,J)
F1=TDT*ROI(I,J)-ER*TDY2-ER*(4./3.)*TDX2
G1=ER*(1./6.)*TDXDY*(VI(I+1,J+1)+VI(I-1,J-1)-VI(I+1,J-1)
* -VI(I-1,J+1)+V0(I+1,J+1)+V0(I-1,J-1)-V0(I+1,J-1)-V0(I-1,J+1))
* -0.25*TDX*(PI(I,J+1)-PI(I,J-1)+P0(I,J+1)-P0(I,J-1))
U(I,J)=(1./A1)*(B1*(UI(I,J+1)+U0(I,J+1))+C1*(UI(I,J-1)+U0(I,J-1))
* +D1*(UI(I+1,J)+U0(I+1,J))+E1*(UI(I-1,J)+U0(I-1,J))+F1*U0(I,J)+G1)
2050 CONTINUE
      IS=IS+1
      IF(IS.GT.3) GOTO 2060
      GOTO 2020
2060 IS=1
2070 CALL BOLG(I1,I2,J1,J2,IS,N1,N2,M1,M2,XGS,YGS)
      DO 2100 I=I1,I2
      DO 2100 J=J1,J2
      A3=TDT
      B3=-0.25*TDX*ROI(I,J+1)
      C3=0.25*TDX*ROI(I,J-1)
      D3=-0.25*TDY*ROI(I+1,J)
      E3=0.25*TDY*ROI(I-1,J)
      F3=TDT*ROI(I,J)
      RO(I,J)=(1./A3)*(B3*(UI(I,J+1)+U0(I,J+1))+C3*(UI(I,J-1)
* +U0(I,J-1))+D3*(VI(I+1,J)+V0(I+1,J))+E3*(VI(I-1,J)+V0(I-1,J))+F3)
C      RO(I,J)=1
      P(I,J)=P(I,J-1)*(RO(I,J)/RO(I,J-1))
2100 CONTINUE
      IS=IS+1
      IF(IS.GT.3) GOTO 2110
      GOTO 2070
2110 DO 2200 J=1,XGS
      RO(1,J)=RO(2,J)
      P(1,J)=P(2,J)

```

```

2200     CONTINUE
          DO 2240 I=1,YGS
            RO(L,XGS)=RO(L,XGS-1)
            P(L,XGS)=P(L,XGS-1)
2240     CONTINUE
          DO 2260 J=1,XGS
            RO(YGS,J)=RO(YGS-1,J)
            P(YGS,J)=P(YGS-1,J)
2260     CONTINUE
          DO 2280 I=1,YGS
            RO(I,1)=RO(I,2)
            P(I,1)=P(I,2)
2280     CONTINUE
C       DO 2290 I=M1,M2
C         RO(I,N1)=RO(I,N1+1)
C         RO(I,N2)=RO(I,N2-1)
C         P(I,N1)=P(I,N1+1)
C         P(I,N2)=P(I,N2-1)
C 2290     CONTINUE
          DO 2300 I=1,YGS
          DO 2300 J=1,XGS
            FARK=(U(I,J)-UI(I,J))
            IF(ITER.EQ.MAXIT) GOTO 2800
            IF (ABS(FARK).LT.EPS) GOTO 2300
C         IF (U(I,J).GT.UI(I,J)) U(I,J)=U(I,J)+(FARK)/2
C         IF (U(I,J).LT.UI(I,J)) U(I,J)=U(I,J)-(FARK)/2
            GOTO 2400
2300     CONTINUE
          GOTO 2800
2400     DO 2500 I=1,YGS
          DO 2500 J=1,XGS
            UI(I,J)=U(I,J)
            VI(I,J)=V(I,J)
            PI(I,J)=P(I,J)
            ROI(I,J)=RO(I,J)
2500     CONTINUE
          ITER=ITER+1
C       IF(ITER.EQ.(10+K)) GOTO 2600
C       GOTO 2700
2600     QW=M1+JBS/2
          W=N1+1
          WRITE(*,*)ITER,U(QW,W),U(QW,W+1),U(QW,W+2),U(QW,W+3),RO(QW,W)
          * ,U(QW-1,W)
C       K=K+10
2700     GOTO 1900
C       *****
C       ***** SONUCLARIN YAZDIRILMASI *****
C       *****
2800     IF (T1.LT.T2) GOTO 7700
          WRITE(7,2840)XGS,YGS,UJM
          WRITE(8,2840)XGS,YGS,UJM
          WRITE(9,2840)XGS,YGS,UJM
          WRITE(10,2840)XGS,YGS,UJM
2840     FORMAT(3X,'X GRID SA=',I3,3X,'Y GRID SA=',I3,3X,'MAX JET CIKIS
          * HIZI=',F7.3)
          WRITE(7,2860)MU1,DELX1,DJ1,ALFA
          WRITE(8,2860)MU1,DELX1,DJ1,ALFA

```

```

WRITE(9,2860)MU1,DELX1,DJ1,ALFA
WRITE(10,2860)MU1,DELX1,DJ1,ALFA
2860  FORMAT(3X,'MU=',E10.3,4X,'DELX1=',F7.4,4X,'DJ1=',F7.4,3X,
*    'ALFA=',F3.1)
WRITE(7,2880)RE
WRITE(8,2880)RE
WRITE(9,2880)RE
WRITE(10,2880)RE
2880  FORMAT(3X,'REYNOLDS SAYISI=',E10.3)
C *****
C ***** U, V, P, RO *****
C *****
WRITE(7,2900)
WRITE(8,2900)
WRITE(9,2900)
WRITE(10,2900)
2900  FORMAT(/,35X,' X YTMNŞ ---')
K1=1
K2=15
3000  IF(K2.GE.XGS) K2=XGS
WRITE(7,3100) (J,J=K1,K2)
WRITE(8,3100) (J,J=K1,K2)
WRITE(9,3100) (J,J=K1,K2)
WRITE(10,3100) (J,J=K1,K2)
3100  FORMAT(/,3X,'0',6X,15(I3,11X))
WRITE(7,3200)
WRITE(8,3200)
WRITE(9,3200)
WRITE(10,3200)
3200  FORMAT(216('_',),/)
DO 3300 I=1,YGS
WRITE(7,3400) I,(U(I,J),J=K1,K2)
WRITE(8,3400) I,(V(I,J),J=K1,K2)
WRITE(9,3400) I,(P(I,J),J=K1,K2)
WRITE(10,3440) I,(RO(I,J),J=K1,K2)
3400  FORMAT(1X,I3,1X,15(E13.5,1X))
3440  FORMAT(1X,I3,1X,15(F10.6,1X))
3300  CONTINUE
IF(K2.LT.XGS) THEN
K1=K1+15
K2=K2+15
GOTO 3000
ENDIF
WRITE(7,3460)T1
WRITE(8,3460)T1
WRITE(9,3460)T1
WRITE(10,3460)T1
3460  FORMAT(1X,F7.3)
C *****
GOTO 8000
C ***** SONUCLARIN KUTUKTEN OKUTULMASI *****
5500  K1=1
K2=15
DO 5520 LL=1,5
READ(7,*)
READ(8,*)
READ(9,*)

```

```

READ(10,*)
5520 CONTINUE
5800 IF(K2.GE.XGS) K2=XGS
      DO 5820 LL=1,4
        READ(7,*)
        READ(8,*)
        READ(9,*)
        READ(10,*)
5820 CONTINUE
      DO 5900 I=1,YGS
        READ(7,6000) L,(U(I,J),J=K1,K2)
        READ(8,6000) L,(V(I,J),J=K1,K2)
        READ(9,6000) L,(P(I,J),J=K1,K2)
        READ(10,6050) L,(RO(I,J),J=K1,K2)
6000 FORMAT(1X,I3,1X,15(E13.5,1X))
6050 FORMAT(1X,I3,1X,15(F10.6,1X))
5900 CONTINUE
      IF(K2.LT.XGS) THEN
        K1=K1+15
        K2=K2+15
        GOTO 5800
      ENDIF
      READ(7,6070)T1
6070 FORMAT(1X,F7.3)
      REWIND 7
      REWIND 8
      REWIND 9
      REWIND 10
C *****
      DO 7600 I=1,YGS
      DO 7600 J=1,XGS
        U0(I,J)=U(I,J)
        V0(I,J)=V(I,J)
        P0(I,J)=P(I,J)
        RO0(I,J)=RO(I,J)
        UI(I,J)=U(I,J)
        VI(I,J)=V(I,J)
        PI(I,J)=P(I,J)
        ROI(I,J)=RO(I,J)
7600 CONTINUE
      GOTO 2800
7700 DO 7800 I=1,YGS
      DO 7800 J=1,XGS
        U0(I,J)=U(I,J)
        V0(I,J)=V(I,J)
        P0(I,J)=P(I,J)
        RO0(I,J)=RO(I,J)
        UI(I,J)=U(I,J)
        VI(I,J)=V(I,J)
        PI(I,J)=P(I,J)
        ROI(I,J)=RO(I,J)
7800 CONTINUE
      ITER=1
      K=0
      WRITE(*,7900)T1
7900 FORMAT(F7.3,' .NCI ZAMAN DILIMI')
      T1=T1+DELT1

```

```
      GOTO 1900
8000  STOP
      END
      SUBROUTINE BOLG(I1,I2,J1,J2,IS,N1,N2,M1,M2,XGS,YGS)
      INTEGER XGS,YGS
      IF(IS.EQ.1) GOTO 10
      IF(IS.EQ.2) GOTO 20
      IF(IS.EQ.3) GOTO 30
10      I1=2
          I2=M1-1
          J1=2
          J2=XGS-1
          GOTO 40
20      I1=M1
          I2=M2
          J1=N1+1
          J2=N2-1
          GOTO 40
30      I1=M2+1
          I2=YGS-1
          J1=2
          J2=XGS-1
40      RETURN
      END
```

```
2  REM Hız vektörü doğrultularını bulan program
5  REM B ve C gridler arasını A ise çizgi uzunluğunu göstermektedir.
7  REM M, y eksenini boyunca ; N ise x eksenini boyunca grid sayısı
10 SCREEN 12
15 CLS
20 M = 31: N = 31: A = 7: B = 9: C = 9
30 DIM U(M, N), V(M, N)
40 OPEN "Uc25.J1" FOR INPUT AS #1
50 OPEN "Vc25.J1" FOR INPUT AS #2
60 FOR I = 1 TO M
70 FOR J = 1 TO N
80 INPUT #1, U(I, J)
90 INPUT #2, V(I, J)
100 NEXT J
110 NEXT I
130 FOR I = 1 TO M
140 FOR J = 1 TO N
150 II = I * B: JJ = J * C
155 LINE (C + 25, B) - (N * C + 25, M * B), 7, B
160 AA = U(I, J): BB = V(I, J)
170 IF (AA = 0 AND BB = 0) THEN GOTO 180 ELSE GOTO 190
180 X = 0: Y = 0: GOTO 200
190 X = A * AA / SQR(AA * AA + BB * BB): Y = A * BB / SQR(AA * AA + BB * BB)
200 X1 = X + JJ: Y1 = Y + II
210 LINE (25 + JJ, II) - (25 + X1, Y1)
230 NEXT J
240 NEXT I
250 CLOSE #1
260 CLOSE #2
350 END
```