

บทที่ 5

การประยุกต์ใช้เทคนิค CFD

ในการทำนายการผสมกันของของไหลในเครื่องผสมรูปตัวที

5.1 บทนำ

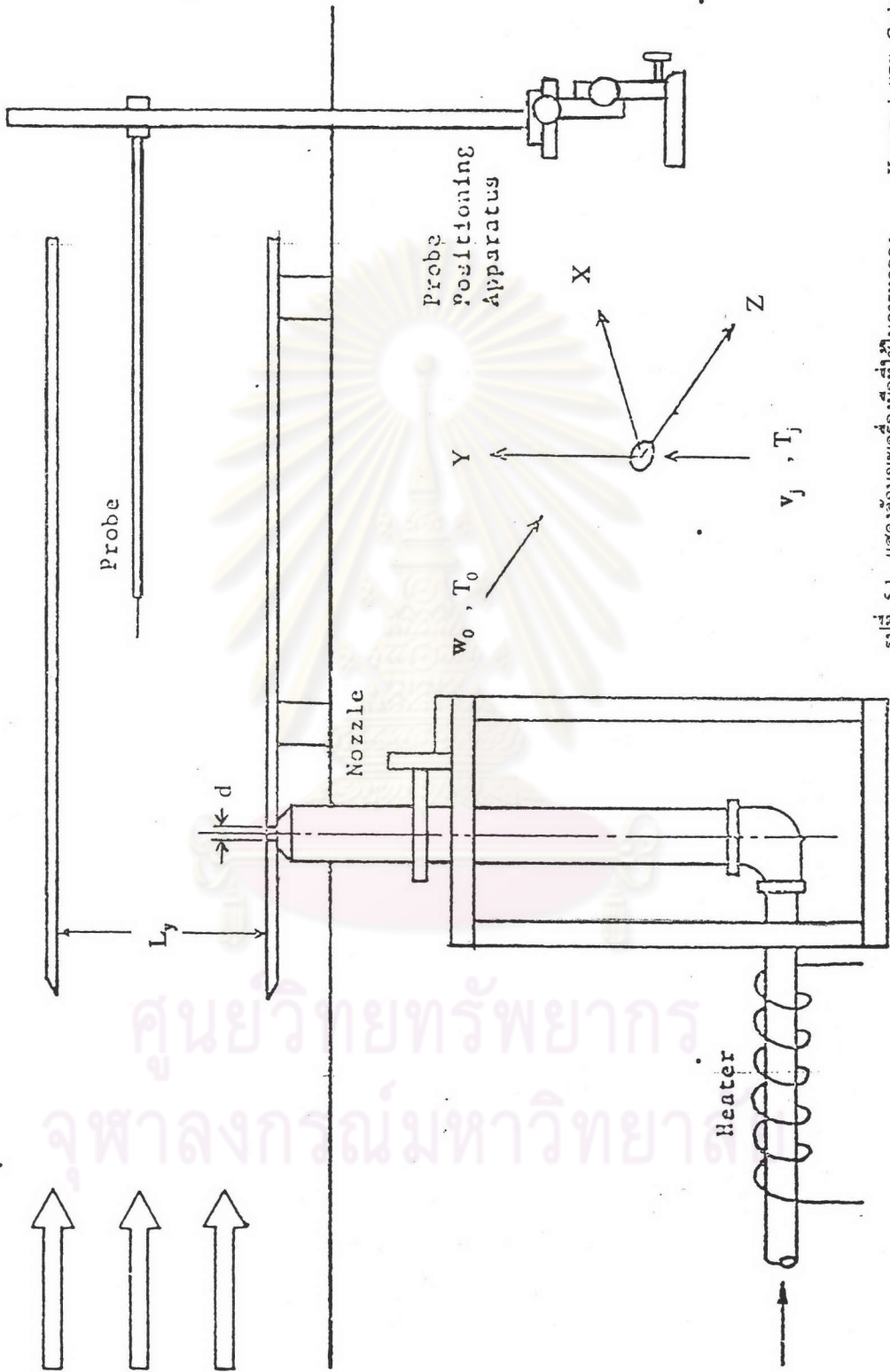
ในบทนี้กล่าวถึงการตรวจสอบความถูกต้องของการประยุกต์ใช้เทคนิค CFD ในการทำนายการผสมกันของของไหลในเครื่องผสมรูปตัวที โดยนำผลของการทำนายมาเปรียบเทียบกับผลการทดลอง

5.2 ข้อมูลที่นำมาใช้ในการเปรียบเทียบผล

ในการตรวจสอบความถูกต้องของการทำนายผลเมื่อใช้เทคนิค CFD จะนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับข้อมูลการทดลองที่ได้มาจาก Kamotani และ Greber [1974] ซึ่งลักษณะเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองเป็นดังรูปที่ (5.1) โดยทำการทดลองในอุโมงค์ลมขนาดพื้นที่หน้าตัด 71 ตารางเซนติเมตร โดยใช้ความเร็วอากาศอยู่ในช่วง 6 - 9 เมตรต่อวินาที ส่วนที่ใช้ในการทดสอบ (test section) ใช้แผ่นผนัง ทำจาก plexiglas ซึ่งมีความกว้าง 42.5 เซนติเมตร และมีความยาว 60 เซนติเมตร 2 แผ่นมากขึ้นเป็นแผ่นคู่ขนานกัน โดยผนังกระทบ (impinging wall) สามารถปรับขึ้นลงได้ และผนังฉีด (injection wall) สูงจากผนังของท่อลม 7.6 เซนติเมตร เพื่อป้องกันผลที่เกิดจากสภาวะขอบเขตของผนังของอุโมงค์ลม ส่วนท่อข้างจะใช้ท่อเหล็กตรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง .635 เซนติเมตร และมีความยาว 18 เซนติเมตร มาต่อตรงทางออกของเจ็ตที่เจาะไว้ โดยฉีดอากาศร้อนเข้ามาผสมกับอากาศที่อุณหภูมิห้องในสายของไหลหลัก ซึ่งมีอุณหภูมิแตกต่างกัน 167 องศาเซลเซียส

ส่วนเครื่องมือที่ใช้ในการวัดแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ เครื่องมือที่ใช้วัดความเร็ว ได้แก่ Hot wire anemometer และ เครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิ ได้แก่ Iron-constantan thermocouple

Wind Tunnel Test Section
71 cm X 71 cm



รูปที่ 5.1 แสดงลักษณะเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

Kamolani และ Greber [1974]

5.2.1 ปัจจัยที่ใช้เป็นกรณีศึกษาเพื่อเปรียบเทียบผล

1. อัตราส่วนโมเมนต์ของของไหลที่เป็นเจ็ตต่อโมเมนต์ของสายของไหลหลัก

$$J = \frac{1}{\rho_j v_j^2 A_j} \int \rho_0 w_0^2 dA_j \approx R^2 \quad (5.1)$$

โดยใช้อัตราส่วนโมเมนต์ระหว่างของไหลที่เป็นเจ็ตต่อของไหลในสายของไหลหลักที่แตกต่างกัน 2 ค่า คือ 32 และ 72 ตามลำดับ

2. อัตราส่วนระยะห่างระหว่างแผ่นผนังต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อข้าง (L_y/d) โดยใช้อัตราส่วนระยะห่างระหว่างแผ่นผนังต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อข้างที่แตกต่างกัน 3 ค่า คือ 8, 12 และ 24 ตามลำดับ ดังรวบรวมไว้ในตารางที่ 5.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.1 ตารางแสดงกรณีศึกษาเพื่อใช้เปรียบเทียบผล

กรณีศึกษา	อัตราส่วนความกว้าง ต่อระยะห่างของแผ่นผนัง (L_x/L_y)	ระยะห่างระหว่างแผ่น ผนังต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง ของท่อข้าง (L_y/d)	อัตราส่วนโมเมนต์ของ ท่อในสายของไหลหลัก (J)	เรย์โนลด์สของไหลหลัก (Re_0)	เรย์โนลด์สของ ของไหลที่เป็นเจ็ต (Re_j)
1	9.3	12	32	62,464	6,758
2	9.3	12	72	62,464	10,095
3	14	8	32	41,940	6,758
4	4.7	24	32	111,543	6,758

5.3 รายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในเทคนิค CFD

5.3.1 จำนวนและระยะห่างระหว่างเส้นกริดที่ใช้ในแต่ละกรณีศึกษา

โดยพิจารณาแผ่นผนังเพียงครึ่งซีก โดยตัดในแนวระนาบสมมาตรของแผ่นผนังผ่านเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อข้าง ซึ่งให้จำนวนเส้นกริดของความกว้างของแผ่นผนัง ระยะห่างระหว่างแผ่นผนัง และความยาวของแผ่นผนัง เท่ากับ $20 \times 18 \times 42$, $20 \times 14 \times 42$ และ $20 \times 30 \times 42$ โดยใช้ในกรณีศึกษาที่ 1 กับ 2, 3 และ 4 ตามลำดับ และบริเวณทางออกของเจ็ตเป็นกริดที่ $IX = 1$ ถึง 4 และ $IZ = 9$ ถึง 16 ดังรูปที่ (5.1) ถึง (5.3) และกำหนดให้ระยะห่างระหว่างเส้นกริดมีขนาดเล็ก เมื่ออยู่ในบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรแสดงคุณสมบัติการไหลของไหลอย่างมาก เช่น ความเร็วบริเวณใกล้ๆแผ่นผนัง เป็นต้น โดยแสดงตำแหน่งที่เก็บค่าตัวแปร (IX, IY, IZ) และตำแหน่งที่เก็บค่าองค์ประกอบของความเร็ว (NX, NY, NZ) ในแต่ละกรณีไว้ในภาคผนวก ก.

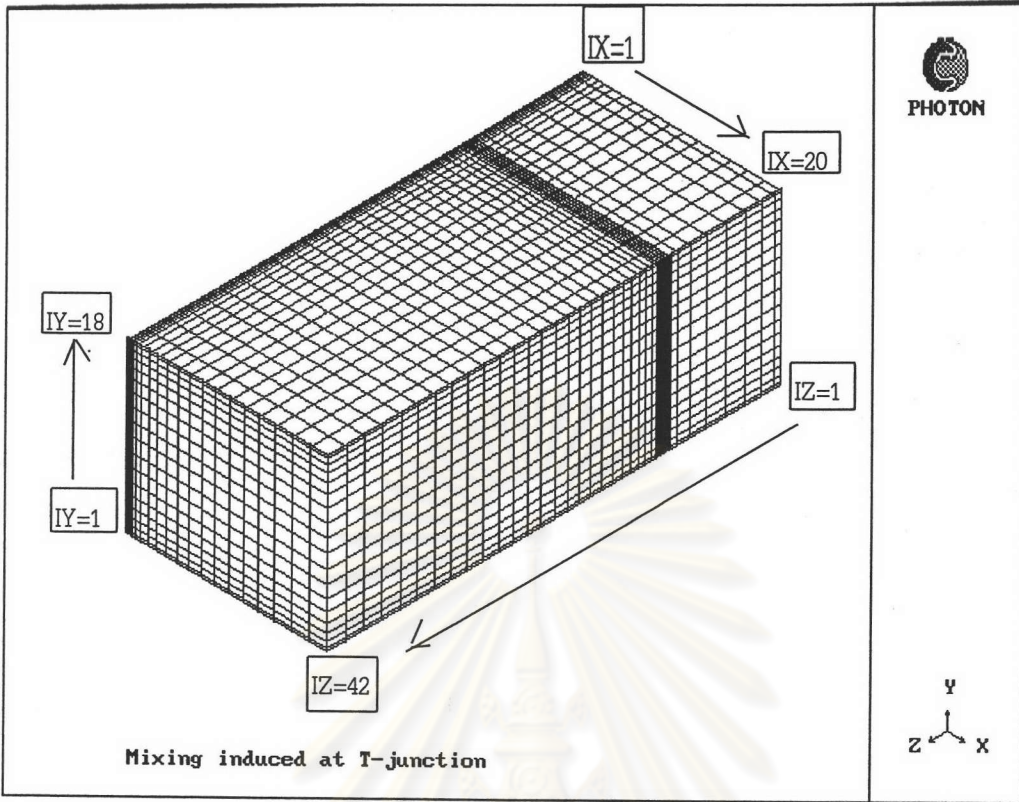
สำหรับบริเวณทางออกของเจ็ต สมมติให้รูปร่างบริเวณทางออกเป็นรูปสี่เหลี่ยมแทนรูปวงกลม โดยให้มีขนาดพื้นที่หน้าตัดเท่ากัน ซึ่งจะให้อัตราการเคลื่อนที่ของอนุภาคน้ำของไหลที่เป็นเจ็ตใกล้เคียงกัน [Hawthorne และคณะ [1944]] ดังนั้นจึงสามารถพิจารณาแผ่นผนังออกเป็น 3 บริเวณ คือ บริเวณต้นทางการไหลก่อนถึงทางออกของเจ็ต (upstream) บริเวณทางออกของเจ็ต (jet exit) และบริเวณปลายทางการไหลหลังผ่านทางออกของเจ็ต (downstream)

5.3.2 สภาวะขอบเขตที่ใช้ในแต่ละกรณีศึกษา

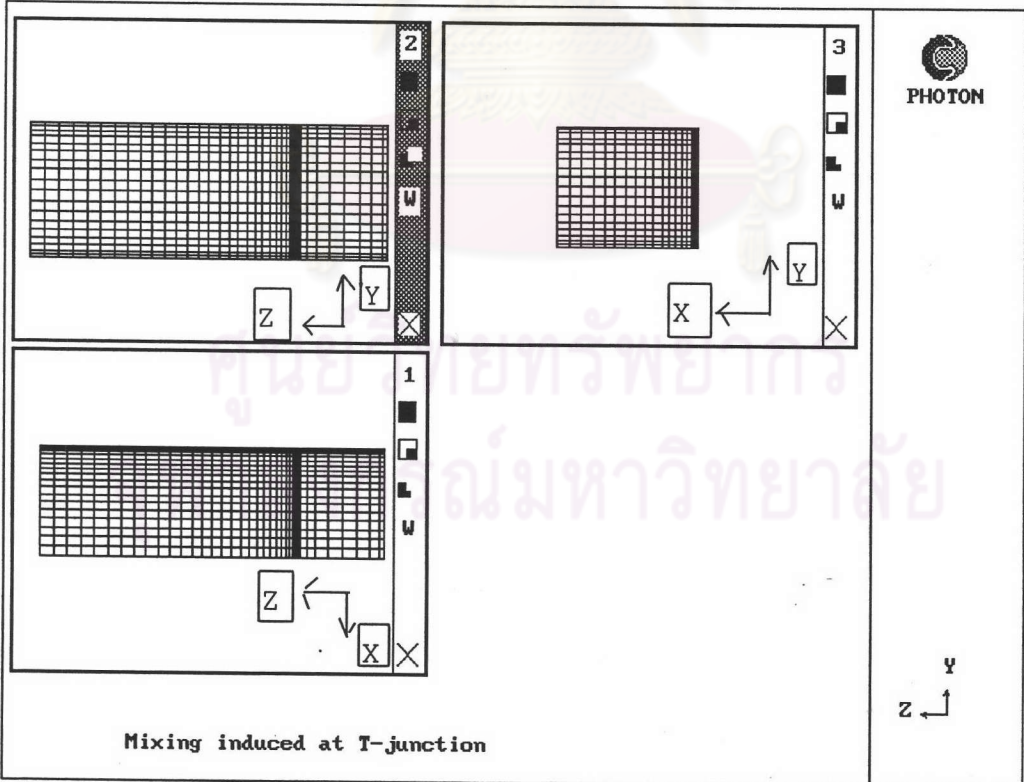
5.3.2.1 ที่บริเวณทางเข้าของของไหลในสายของไหลหลัก ดังรูปที่ (5.5)

กำหนดให้ตัวแปรแสดงคุณสมบัติการไหลของของไหลในสายของไหลหลักได้แก่

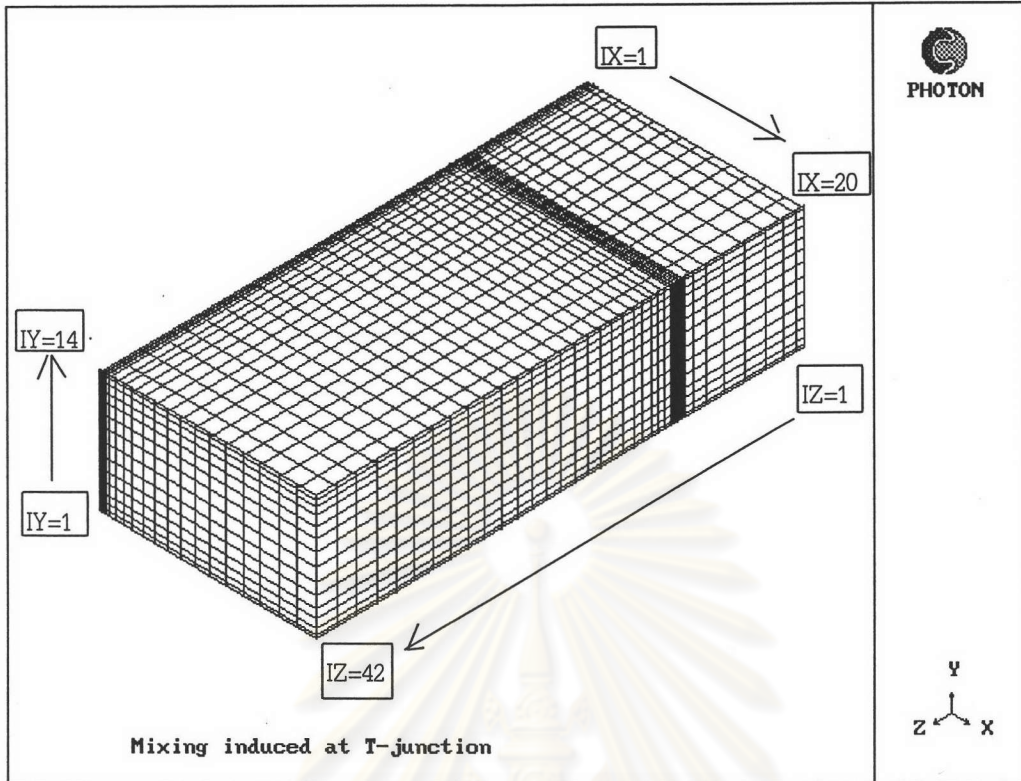
1. มวล เท่ากับ อัตราของมวลที่ไหลเข้า ($=\rho_0 w_0 A_0$)
2. โมเมนตัม เท่ากับ อัตราของโมเมนตัมที่ไหลเข้า ($=\rho_0 w_0^2 A_0$) และกำหนดให้ตัวแปรแสดงคุณสมบัติเชิงปริมาณ ได้แก่
3. พลังงานจลน์ที่สันไปมาต่อหนึ่งหน่วยมวลของของไหล เท่ากับ อัตราของพลังงานจลน์ที่สันไปมาต่อหนึ่งหน่วยมวลของของไหล ($=\rho_0 w_0 k_0 A_0$)
4. อัตราการสูญเสียพลังงานจลน์ที่สันไปมาต่อหนึ่งหน่วยมวลของของไหล เท่ากับ อัตราของอัตราการสูญเสียพลังงานจลน์ที่สันไปมาต่อหนึ่งหน่วยมวลของของไหล ($=\rho_0 w_0 \epsilon_0 A_0$)
5. ความร้อน เท่ากับ อัตราของความร้อนที่ไหลเข้า ($=\rho_0 w_0 C_p T_0 A_0$)



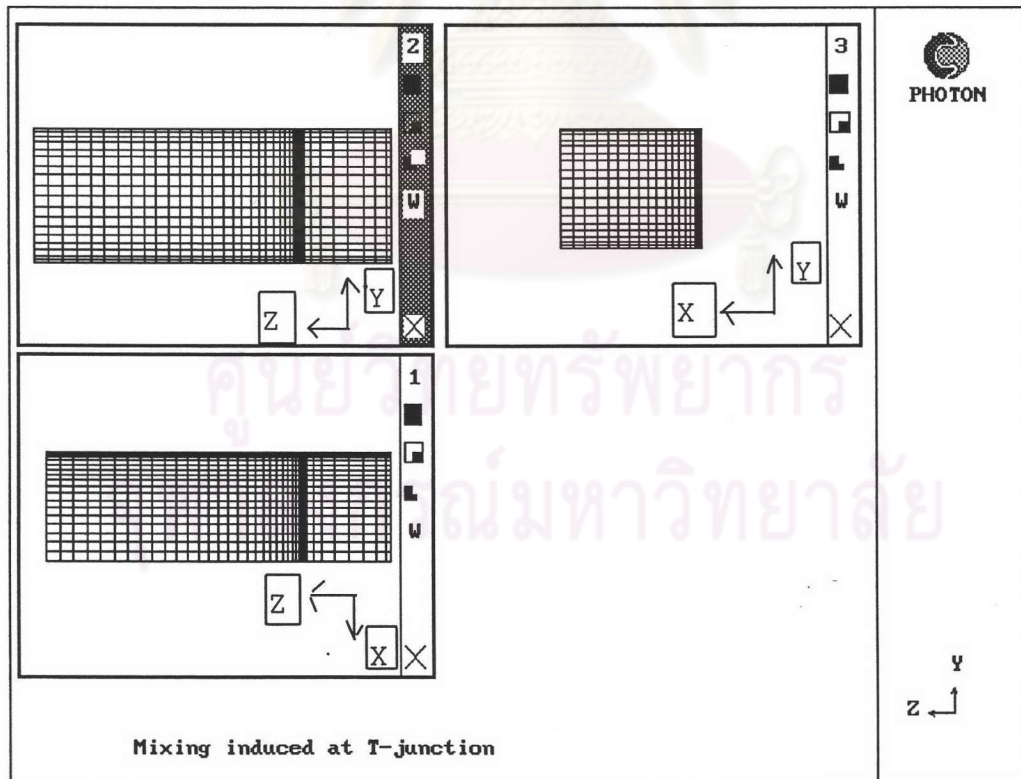
รูปที่ 5.2 a แสดงจำนวนและระยะห่างระหว่างเส้นกริดใน 3 มิติ ที่ใช้ในกรณีศึกษาที่ 1,2



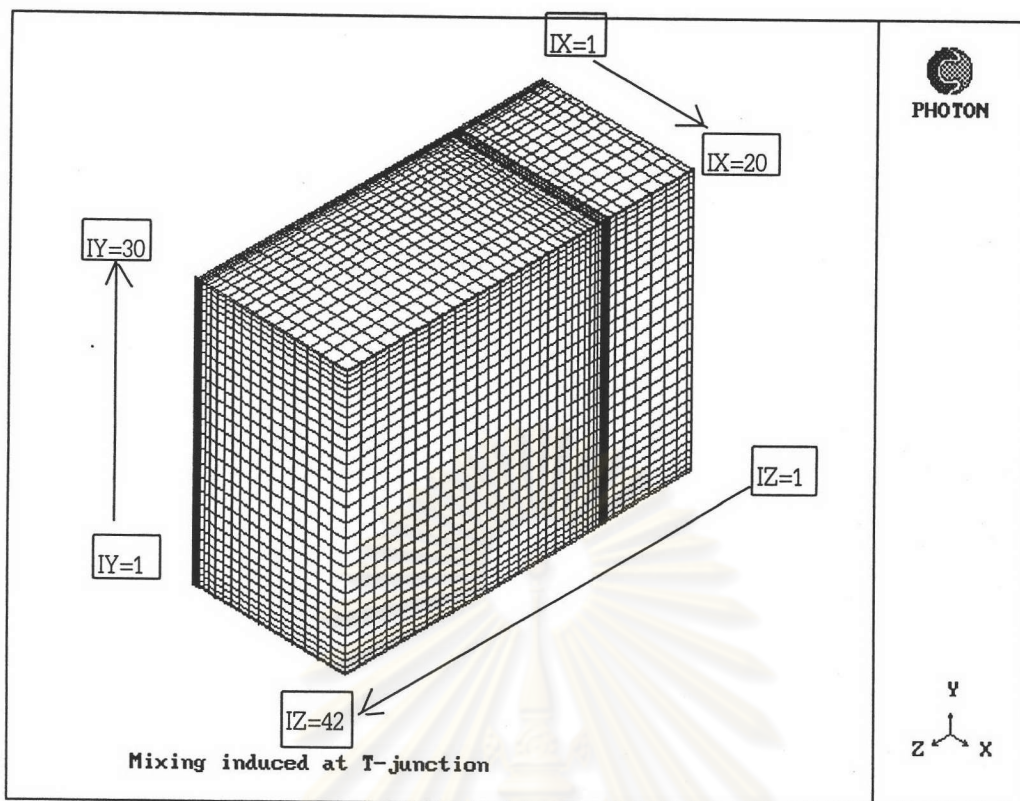
รูปที่ 5.2 b แสดงจำนวนและระยะห่างระหว่างเส้นกริดในระนาบ x-y ,y-z และ x-z ที่ใช้ในกรณีศึกษาที่ 1,2



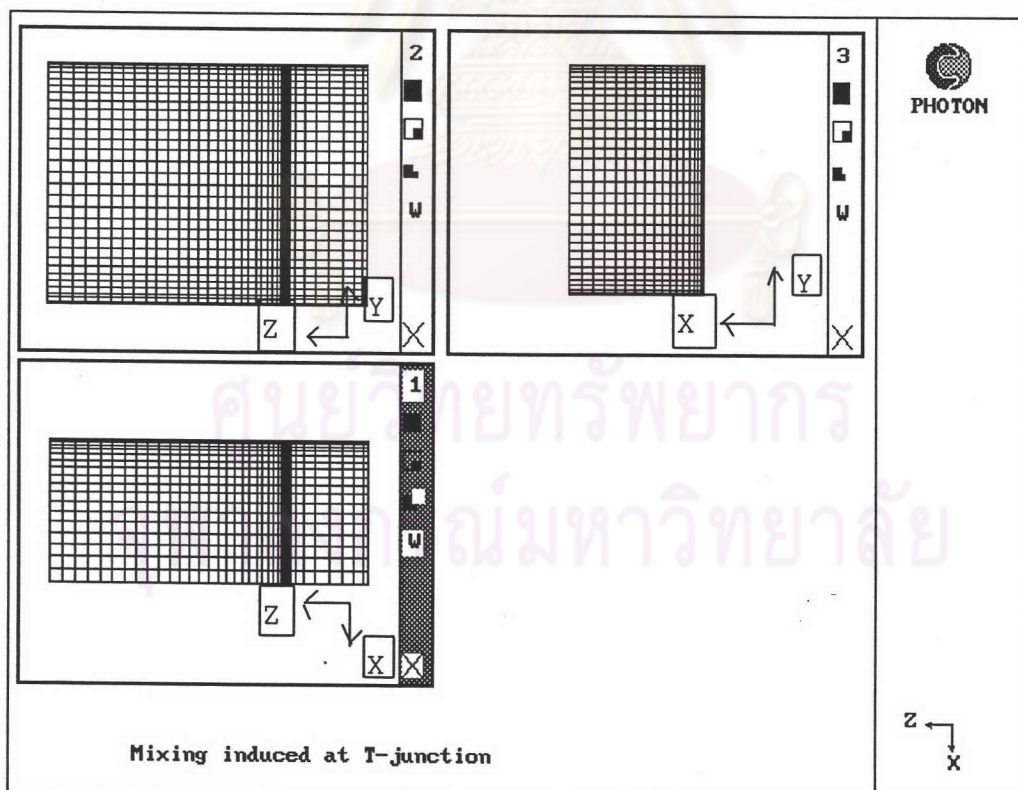
รูปที่ 5.3 a แสดงจำนวนและระยะห่างระหว่างเส้นกริดใน 3 มิติ ที่ใช้ในกรณีศึกษาที่ 3



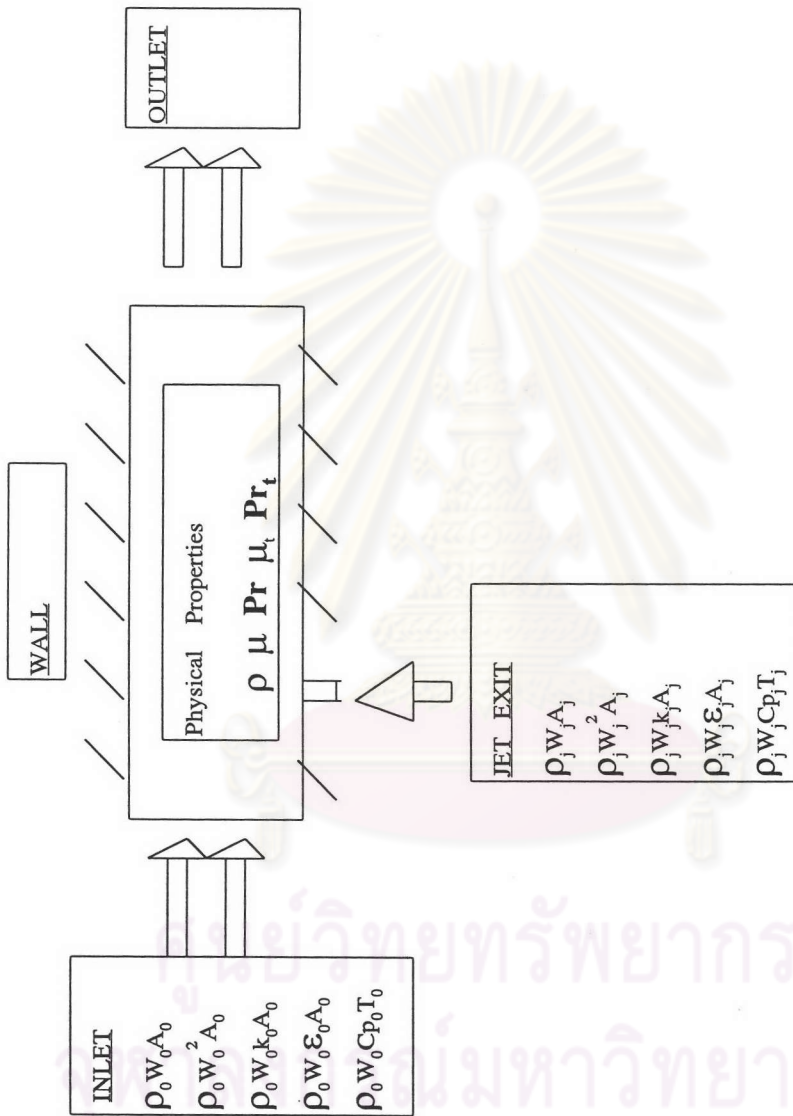
รูปที่ 5.3 b แสดงจำนวนและระยะห่างระหว่างเส้นกริดในระนาบ x-y ,y-z และ x-z ที่ใช้ในกรณีศึกษาที่ 3



รูปที่ 5.4 a แสดงจำนวนและระยะห่างระหว่างเส้นกริดใน 3 มิติ ที่ใช้ในกรณีศึกษาที่ 4



รูปที่ 5.4 b แสดงจำนวนและระยะห่างระหว่างเส้นกริดในระนาบ x-y ,y-z และ x-z ที่ใช้ในกรณีศึกษาที่ 4



รูปที่ 5.5 แสดงสภาวะขอบเขตและคุณสมบัติทางกายภาพของไหล
ที่ใช้ในแต่ละกรณีศึกษา

5.3.2.2 ที่บริเวณทางออกของเจ็ต ดังรูปที่ (5.5)

กำหนดให้ตัวแปรแสดงคุณสมบัติการไหลของของไหลที่เป็นเจ็ต ได้แก่

1. ความดัน เท่ากับ อัตราของมวลที่ไหลเข้า ($=\rho_j v_j A_j$)

2. โมเมนตัม เท่ากับ อัตราของโมเมนตัมที่ไหลเข้า ($=\rho_j v_j^2 A_j$)

และกำหนดให้ตัวแปรแสดงคุณสมบัติเชิงปริมาณ ได้แก่

3. พลังงานจลน์ที่สันไปมาต่อหนึ่งหน่วยมวลของของไหล เท่ากับ อัตราของพลังงานจลน์ที่สันไปมาต่อหนึ่งหน่วยมวลของของไหลที่ไหลเข้า ($=\rho_j v_j k_j A_j$)

4. อัตราการสูญเสียพลังงานจลน์ที่สันไปมาต่อหนึ่งหน่วยมวลของของไหล เท่ากับ อัตราของอัตราการสูญเสียพลังงานจลน์ที่สันไปมาต่อหนึ่งหน่วยมวลของของไหล ($=\rho_j v_j \epsilon_j A_j$)

5. ความร้อน เท่ากับ อัตราของความร้อนที่ไหลเข้า ($=\rho_j v_j C_p T_j A_j$)

และแสดงค่าของตัวแปรต่างๆที่บริเวณทางเข้าของอากาศในสายของไหลหลัก และที่บริเวณทางออกของเจ็ตในแต่ละกรณี ไว้ในภาคผนวก ข.

5.3.2.3 ที่ผนัง (ดังรูปที่ 5.5) กำหนดให้องค์ประกอบของความเร็วทุกทิศทางที่ผนังมีค่าเป็นศูนย์ และมีการนำความร้อนที่ผนัง โดยมีค่าการนำความร้อนเท่ากับวัสดุที่ใช้ทำเป็นผนัง

5.3.2.4 ที่บริเวณใกล้ๆผนัง กำหนดให้ความเร็วที่ขนานกับผนัง พลังงานจลน์ที่สันไปมาต่อหนึ่งหน่วยมวลของของไหล และอัตราการสูญเสียพลังงานจลน์ต่อหนึ่งหน่วยมวลของของไหล เป็นไปตามฟังก์ชันผนัง (wall function)

5.3.2.5 ที่ระนาบสมมาตร กำหนดให้เกรเดียนต์ของความเร็ว พลังงานจลน์ที่สันไปมาต่อหนึ่งหน่วยมวลของของไหล อัตราการสูญเสียพลังงานจลน์ที่สันไปมาต่อหนึ่งหน่วยมวลของของไหล และความร้อนในแนวตั้งฉากกับระนาบสมมาตรมีค่าเป็นศูนย์

5.3.2.6 ที่ทางออกของสายของไหลหลัก กำหนดให้ตัวแปรแสดงคุณสมบัติการไหลของของไหล ไม่ทำให้เกิดการไหลย้อนกลับไปทางด้านทาง และแสดงรายละเอียดของสภาวะขอบเขตสรุปไว้ในตารางที่ 5.2

5.3.3 คุณสมบัติทางกายภาพของของไหลที่ใช้ในแต่ละกรณีศึกษา

คุณสมบัติทางกายภาพของของไหล ดังรูปที่ (5.5)

ในที่นี้จะกล่าวถึงการประมาณค่าอุณหภูมิเฉลี่ย เพื่อหาค่า $C_{p_{ave}}$, k_{ave} , และ Pr_1 ดังสมการ (5.1)

$$T_{ave} = \left(\frac{\rho_0 w_0 A_0}{\rho_0 w_0 A_0 + \rho_j v_j A_j} \right) T_0 + \left(\frac{\rho_j v_j A_j}{\rho_0 w_0 A_0 + \rho_j v_j A_j} \right) T_j \quad (5.2)$$

ซึ่งเป็นการถ่วงน้ำหนักหาอุณหภูมิเฉลี่ย จากอุณหภูมิของมวลที่ไหลเข้าในทิศทาง การไหลของของไหลในสายของไหลหลัก กับ อุณหภูมิของมวลที่ไหลเข้าในทิศทาง การไหลของของไหลที่เป็นเจ็ต

และแสดงค่าคุณสมบัติทางกายภาพของของไหล คือ $C_{p_{ave}}$, k_{ave} และ Pr_1 ในแต่ละกรณี ไว้ในภาคผนวก ข.

5.4 รายละเอียดที่ได้จากการจำลองโดยใช้เทคนิค CFD

5.4.1 กรณีศึกษาที่ใช้อ้างอิง (reference case) คือ กรณีศึกษาที่ 1 ที่ $J = 32$ และ $L_y/d = 12$ ซึ่งในส่วนนี้จะอธิบายถึงหัวข้อ (5.4.1.1) การกระจายตัวของความดัน (5.4.1.2) การกระจายตัวของพลังงานจลน์ที่สั้นไปมาต่อหนึ่งหน่วยมวลของของไหล (5.4.1.3) การกระจายตัวของอัตราการสูญเสียพลังงานจลน์ที่สั้นไปมาต่อหนึ่งหน่วยมวลของของไหล และ (5.4.1.4) การกระจายตัวของอุณหภูมิ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.4.1.1 การกระจายตัวของความดัน

การกระจายตัวของความดันใน 3 มิติ แสดงในรูปแบบเส้นรอบความดันคงที่ (pressure contour) โดยค่าของเส้นรอบความดันคงที่แต่ละเส้นเท่ากับเจตสีที่แสดงทางด้านข้างของแต่ละรูป โดยที่ค่าความดันที่อ่านได้จะมีหน่วยเป็น Pa และในที่นี้ค่าความดันมีค่าเป็นลบจะหมายถึง ค่าความดันแกมมีค่าเป็นลบ คือ มีค่าความดันน้อยกว่าความดันบรรยากาศ

5.4.1.1.1 การกระจายตัวของความดันในระนาบสมมาตร ($IX = 1$)

ที่ระนาบสมมาตร พบว่า บริเวณความดันสูงจะเกิดขึ้นด้านหน้าของไหลที่เป็นเจ็ต เนื่องจากเกิดการกระทบกันระหว่างของไหลที่เป็นเจ็ตกับของไหลในสายของไหลหลัก เป็นผลให้ของไหลที่เป็นเจ็ตเกิดการเบี่ยงเบนทิศทางไหลของของไหลที่เป็นเจ็ต ซึ่งทำให้อีกด้านหนึ่งของของไหลที่เป็นเจ็ต คือ ด้านหลังเจ็ต เป็นบริเวณที่เกิดความดันต่ำ ทำให้ของไหลในสายของไหลหลักบริเวณด้านหลังของของไหลที่เป็นเจ็ตเกิดการไหลย้อนกลับ แล้วไหลติดตามของไหลที่เป็นเจ็ตขึ้นไปทางด้านบน และเมื่อระยะทางปลายทางการไหลมากขึ้น การไหลย้อนกลับลดลงเนื่องจากผลต่างของความดันลดลง ดังรูปที่ (5.6)

ตารางที่ 5.2 ตารางสรุปภาวะขอบเขตที่ใช้ในงานวิจัย

บริเวณ	อัตราของมวลไหลเข้า	อัตราของโมเมนตัมไหลเข้า			อัตราของคุณสมบัติเชิงปริมาณไหลเข้า		
		u	v	w	k	ϵ	CpT
ทางเข้าของไหลในสายของไหลหลัก (A_0)	$\rho_0 w_0 A_0$	0	0	$\rho_0 w_0^2 A_0$	$\rho_0 w_0 k_0 A_0$	$\rho_0 w_0 \epsilon_0 A_0$	$\rho_0 w_0 C_{p_0} T_0 A_0$
ทางออกของไหลในสายของไหลหลัก	กำหนดให้	คุณสมบัติที่ทางออก ไม่มีผล			ทำให้ของไหลเกิด การไหลย้อนกลับ		
ทางออกของเจ็ต (A_j)	$\rho_j v_j A_j$	0	$\rho_j^2 v_j A_j$	0	$\rho_j v_j k_j A_j$	$\rho_j v_j \epsilon_j A_j$	$\rho_j v_j C_{p_j} T_j A_j$
ระนาบสมมาตร	0	0	$\partial v / \partial x = 0$	$\partial w / \partial x = 0$	$\partial k / \partial x = 0$	$\partial \epsilon / \partial x = 0$	$\partial T / \partial x = 0$
บริเวณใกล้ผนัง	0	0	w.f.	w.f.	$\partial k / \partial y = 0$	w.f.	มีการสูญเสียความร้อนเนื่องจาก การนำที่ผนัง
ที่ผนัง	0	0	0	0	0	0	$k_{wall} = 1.09 \text{ W/m} \cdot \text{K}$

หมายเหตุ w.f. = เป็นไปตามฟังก์ชันผนัง

5.4.1.1.2 การกระจายตัวของความดันในระนาบที่ขนานกับผนังฉีด ($IY = 5$)

ที่ระนาบขนานกับผนังฉีด พบว่า เป็นจุดที่เกิดการกระทบกัน
มากระหว่างของไหลที่เป็นเจ็ตกับของไหลในสายของไหลหลัก ทำให้ของไหลในสายของไหล
หลักอ้อมออกไปทางด้านข้างเป็นบริเวณแคบๆ และไหลวกกลับไปทางด้านหลังของของไหลที่
เป็นเจ็ต แล้วไหลขึ้นติดตามของไหลที่เป็นเจ็ตบริเวณด้านหลังเจ็ตซึ่งเป็นบริเวณที่มีความดันต่ำ
ดังรูปที่ (5.7)

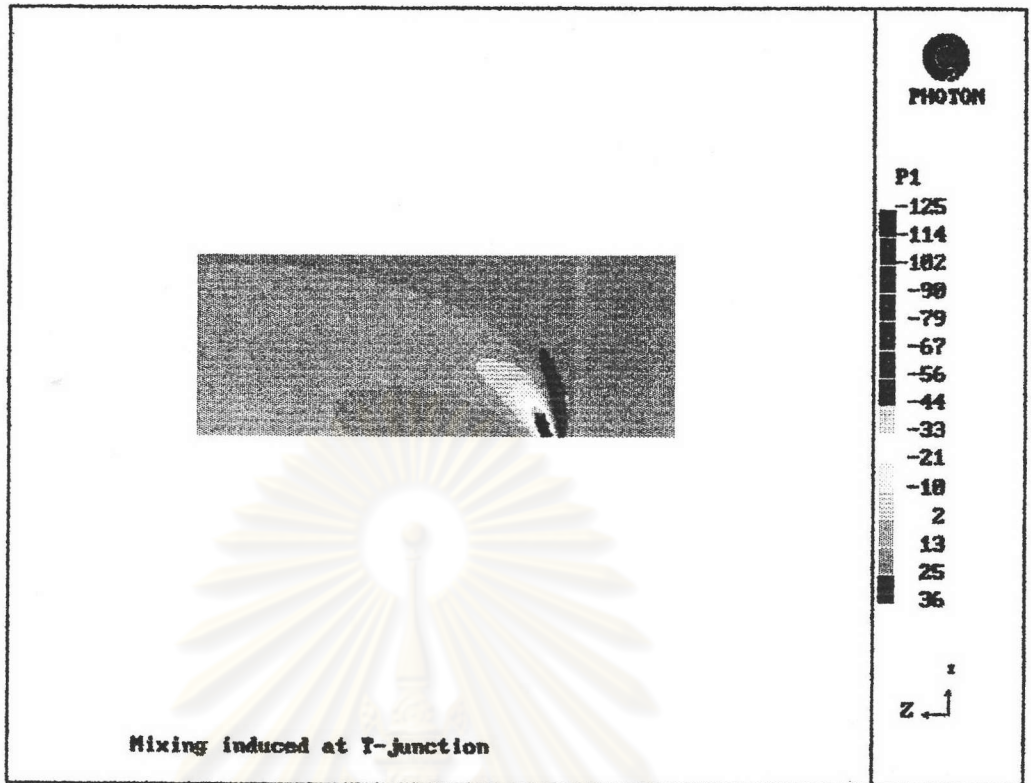
5.4.1.1.3 การกระจายตัวของความดันในระนาบภาคตัดขวาง

โดยการกระจายตัวของความดันในระนาบภาคตัดขวางแบ่งออกได้
2 บริเวณ คือ

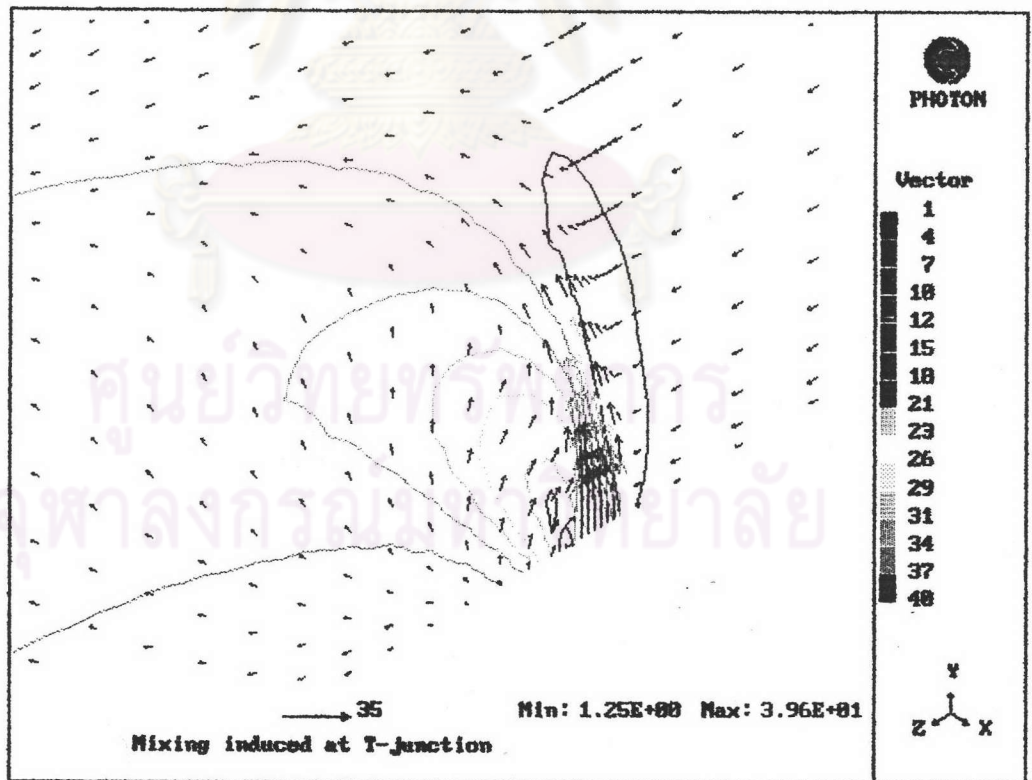
5.4.1.1.3.1 บริเวณทางออกของเจ็ต ($IZ = 15$) แสดงให้เห็นว่า
ของไหลที่เป็นเจ็ตที่พุ่งออกมาจากทางออกของเจ็ตกระทบอย่างตั้งฉากกับของไหลรอบๆ ในสาย
ของไหลหลัก ทำให้เกิดบริเวณความดันสูงทางด้านบน และขณะเดียวกันความดันต่ำจะเกิดขึ้น
บริเวณขอบทางด้านข้างของทางออกของเจ็ต ทำให้ของไหลรอบๆ ทางด้านข้างไหลวกกลับจาก
ทางด้านบนซึ่งเป็นบริเวณที่มีความดันสูง ลงมายังด้านล่างซึ่งเป็นบริเวณที่มีความดันต่ำ แล้ว
ไหลติดตามของไหลที่เป็นเจ็ตขึ้นมาทางด้านบนอีก ดังรูปที่ (5.8)

5.4.1.1.3.2 บริเวณปลายทางการไหลหลังผ่านทางออกของเจ็ต
($IZ = 18, 25$) ของไหลที่เป็นเจ็ตเริ่มเบี่ยงเบนการไหล ทำให้การกระทบกันของของไหลที่เป็นเจ็ต
กับของไหลรอบๆ น้อยลง เป็นผลให้ความดันที่เกิดขึ้นทางด้านบนลดลง และบริเวณที่มีความดัน
ต่ำที่อยู่ทางด้านข้างเจ็ตเคลื่อนที่ติดตามของไหลที่เป็นเจ็ตขึ้นไป ทำให้เห็นลักษณะการไหลวน
ของของไหลรอบๆ ชัดเจน ดังรูปที่ (5.9) ถึง (5.10) จนกระทั่งของไหลที่เป็นเจ็ตกระทบกับ
ผนังที่ $z/d = 15.6$

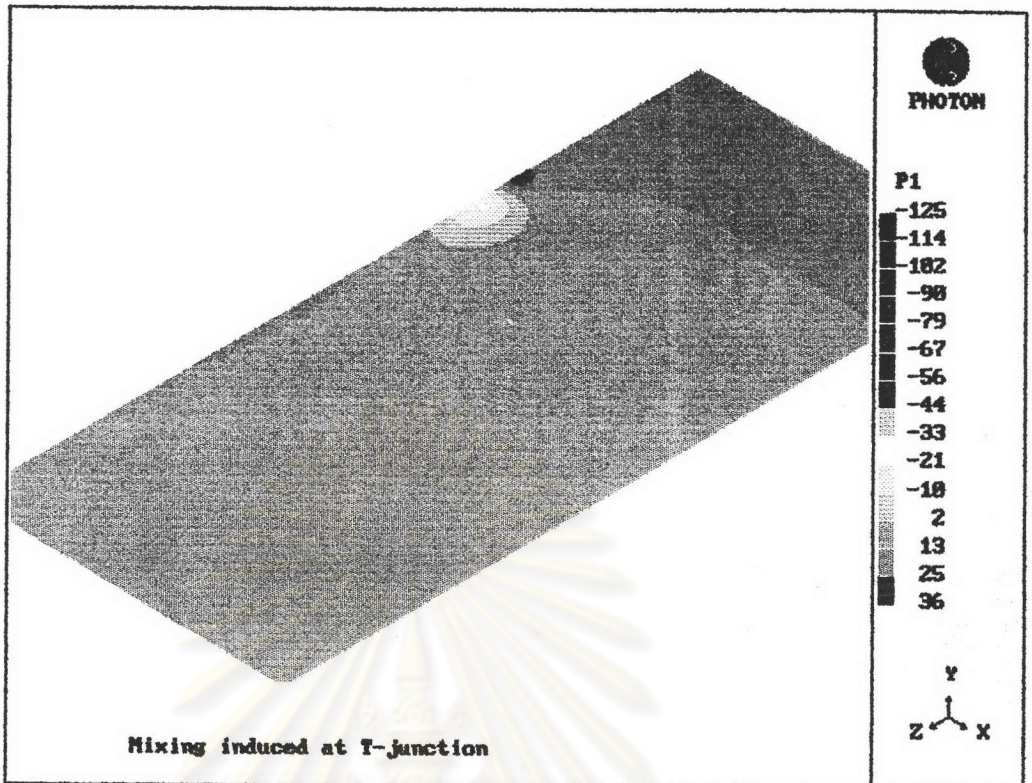
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



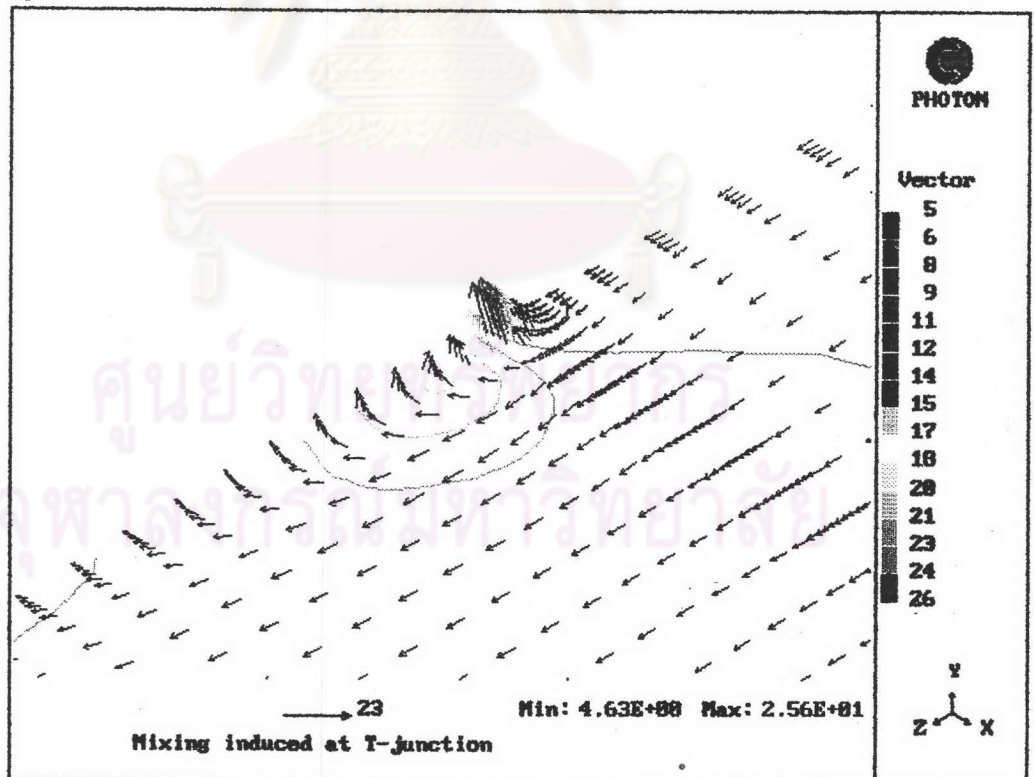
รูปที่ 5.6 a แสดงการกระจายตัวของความดันในระนาบสมมาตรที่ $IX = 1$ ที่ $J = 32$, $L/d = 12$



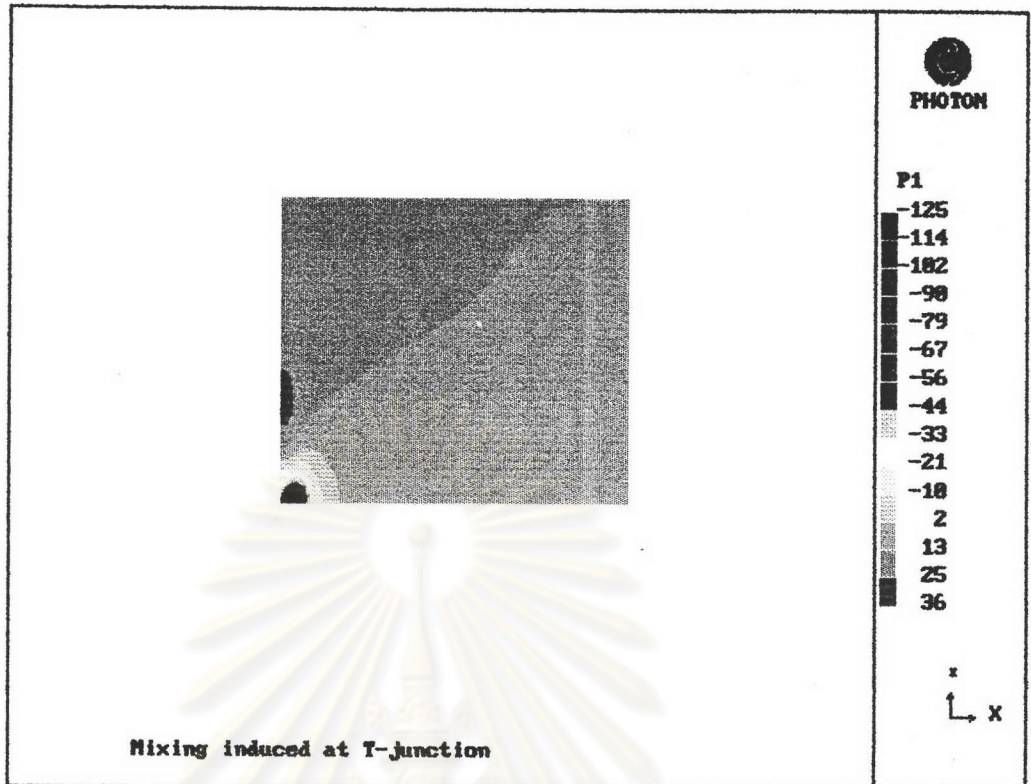
รูปที่ 5.6 b แสดงการกระจายตัวของเส้นรอบความดันคงที่และการกระจายตัวของความเร็วในระนาบสมมาตรที่ $IX = 1$ ที่ $J = 32$, $L/d = 12$



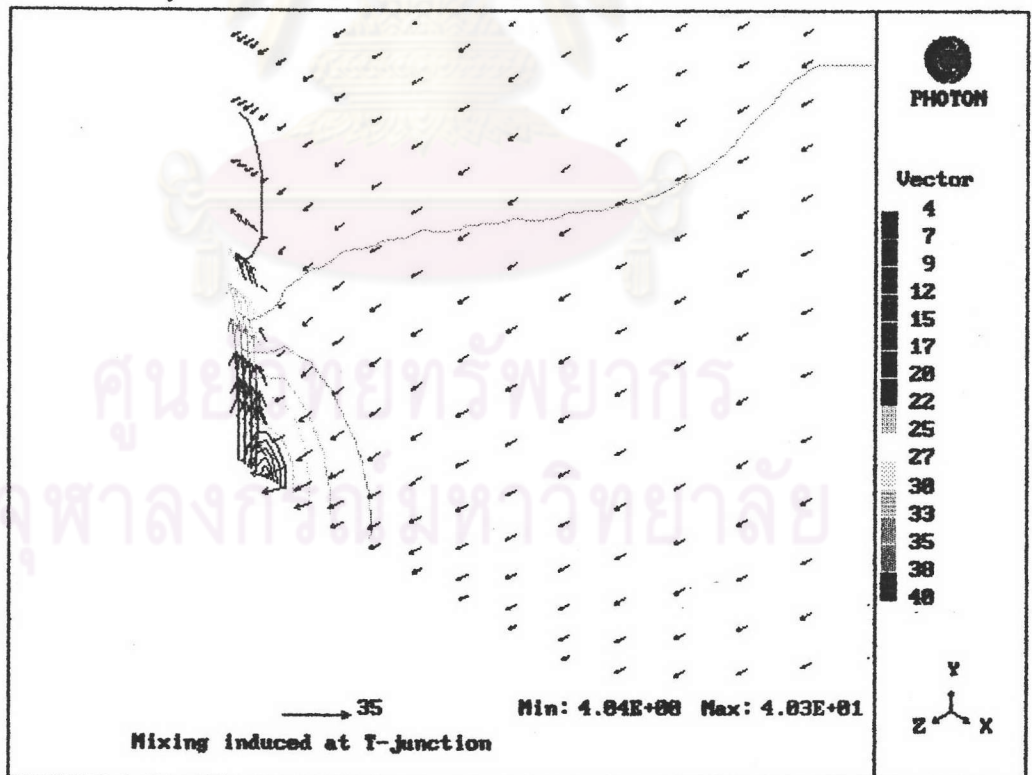
รูปที่ 5.7 a แสดงการกระจายตัวของความดันในระนาบที่ขนานกับผนังติด ที่ $Y = 5$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 12$



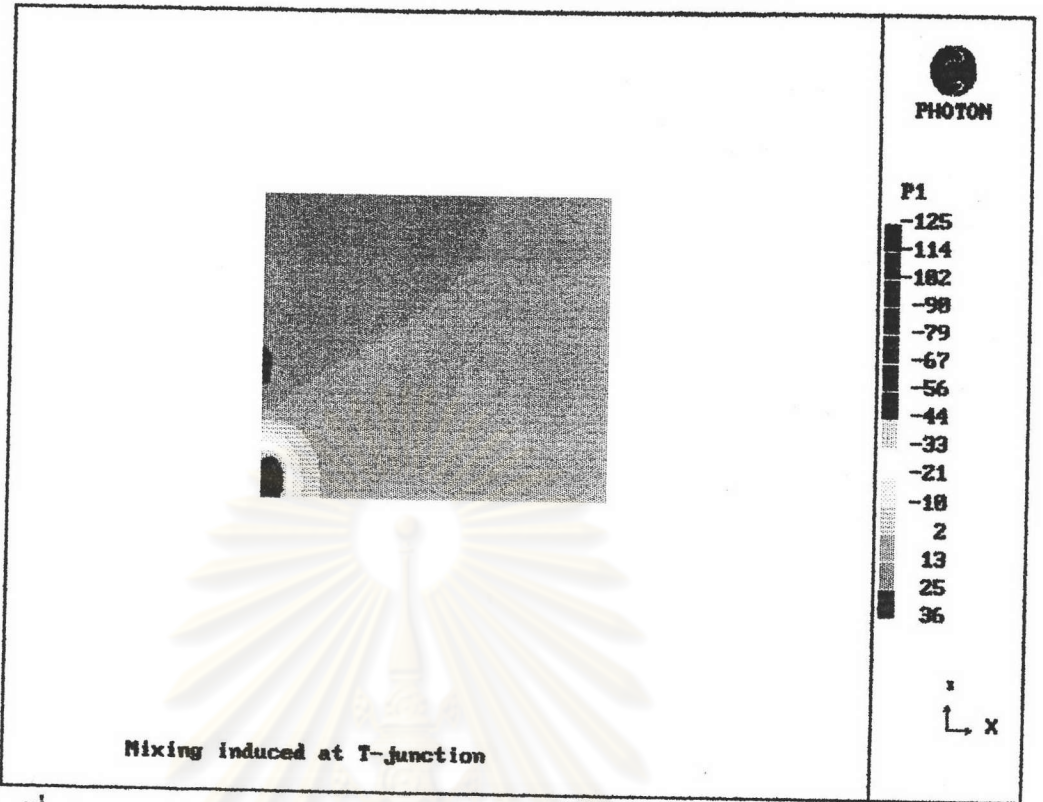
รูปที่ 5.7 b แสดงการกระจายตัวของเส้นรอบความดันคงที่และการกระจายตัวของความเร็วในระนาบที่ขนานกับผนังติด ที่ $Y = 5$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 12$



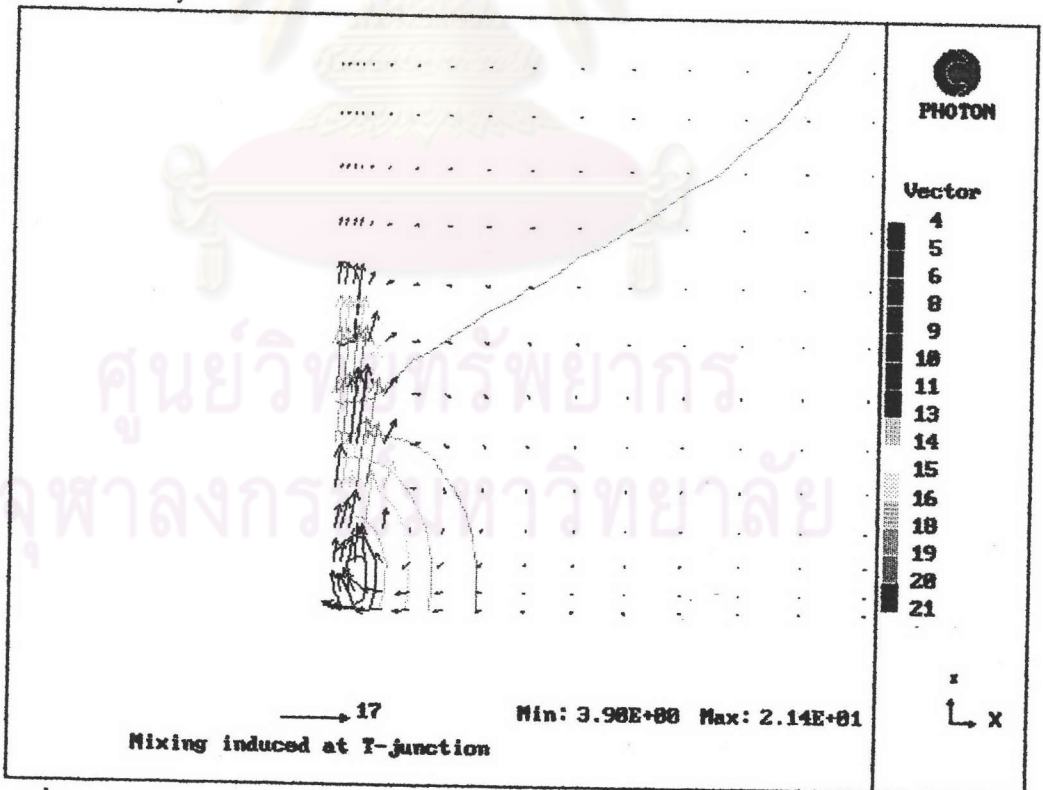
รูปที่ 5.8 a แสดงการกระจายตัวของความดันในระนาบภาคตัดขวางที่บริเวณทางออกของเจ็ต $Iz = 15$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 12$



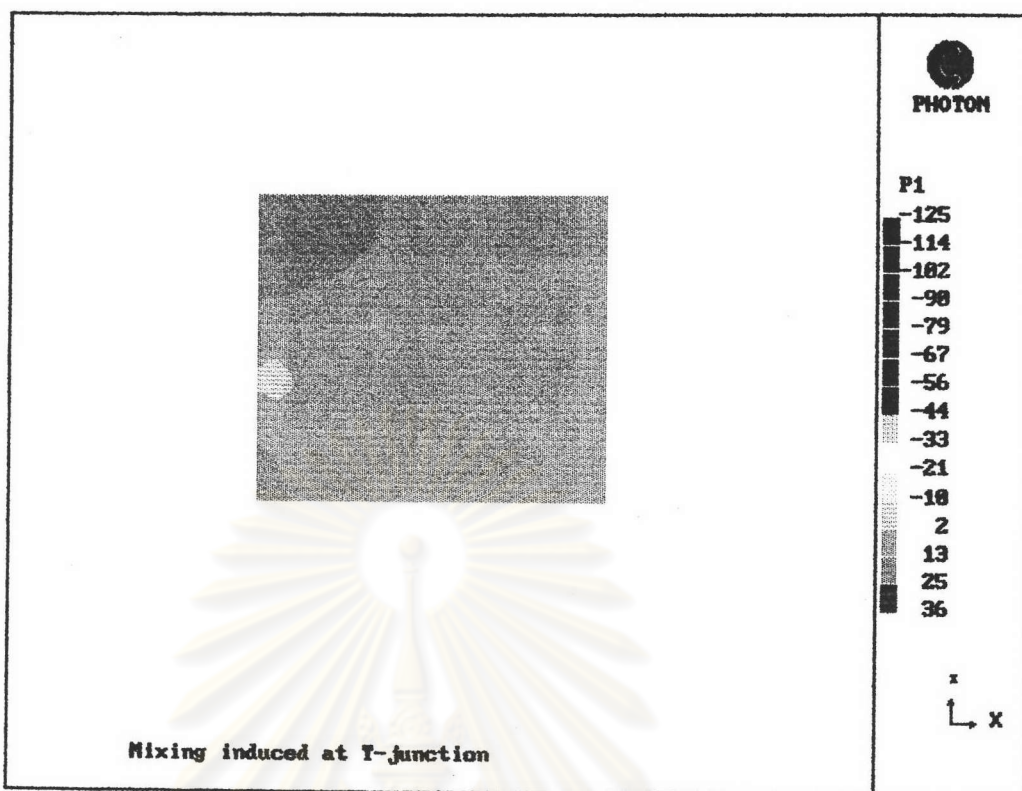
รูปที่ 5.8 b แสดงการกระจายตัวของเส้นรอบความดันคงที่และการกระจายตัวของความเร็วในระนาบภาคตัดขวาง ที่บริเวณทางออกของเจ็ต $Iz = 15$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 12$



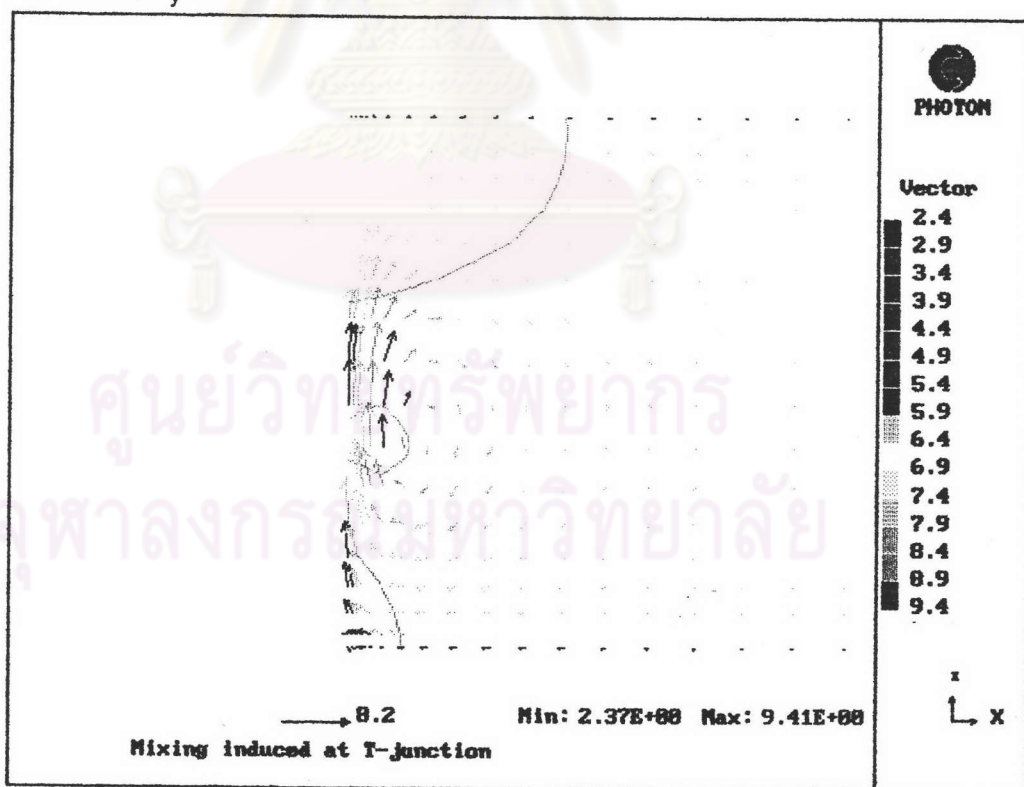
รูปที่ 5.9 a แสดงการกระจายตัวของความดันในระนาบภาคตัดขวางที่บริเวณปลายทงการไหล $IZ = 18$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 12$



รูปที่ 5.9 b แสดงการกระจายตัวของเส้นรอบความดันคงที่และการกระจายตัวของความเร็วในระนาบภาคตัดขวาง ที่บริเวณปลายทงการไหล $IZ = 18$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 12$



รูปที่ 5.10 a แสดงการกระจายตัวของความดันในระนาบภาคตัดขวางที่บริเวณปลายทางการไหล $IZ = 25$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 12$



รูปที่ 5.10 b แสดงการกระจายตัวของเส้นรอบความดันคงที่และการกระจายตัวของความเร็วในระนาบภาคตัดขวาง ที่บริเวณปลายทางการไหล $IZ = 25$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 12$

5.4.1.2 การกระจายตัวของพลังงานจลน์ที่สั้นไปมาต่อหนึ่งหน่วยมวลของของไหล
การกระจายตัวของพลังงานจลน์ที่สั้นไปมาต่อหนึ่งหน่วยมวลของของไหล
แสดงในรูปแบบเส้นรอบพลังงานจลน์ที่สั้นไปมาต่อหนึ่งหน่วยมวลของของไหลคงที่ (kinetic
energy contour) โดยค่าของเส้นรอบพลังงานจลน์ที่สั้นไปมาต่อหนึ่งหน่วยมวลของของไหลคงที่
ที่แต่ละเส้นเท่ากับเฉลี่ยที่แสดงทางด้านข้างของแต่ละรูป โดยที่ค่าพลังงานจลน์ที่สั้นไปมาต่อหนึ่ง
หน่วยมวลของของไหลที่อ่านได้จะมีหน่วยเป็น J/kg

5.4.1.2.1 การกระจายตัวของพลังงานจลน์ที่สั้นไปมาต่อหนึ่งหน่วยมวลของ
ของไหล ในระนาบสมมาตร ($IX=1$)

ที่ระนาบสมมาตร พบว่า พลังงานจลน์ ที่สั้นไปมาต่อหนึ่งหน่วยมวลของ
ของไหล เกิดขึ้นบริเวณขอบของทางออกของเจ็ต เนื่องจากเกิดการกระทบกันระหว่างโมเลกุลที่
บริเวณนั้นมาก ทำให้เกิดการสั่นมาก ดังรูปที่ (5.11)

5.4.1.2.2 การกระจายตัวของพลังงานจลน์ที่สั้นไปมาต่อหนึ่งหน่วยมวลของ
ของไหล ในระนาบที่ขนานกับผนังจืด ($IY=5$)

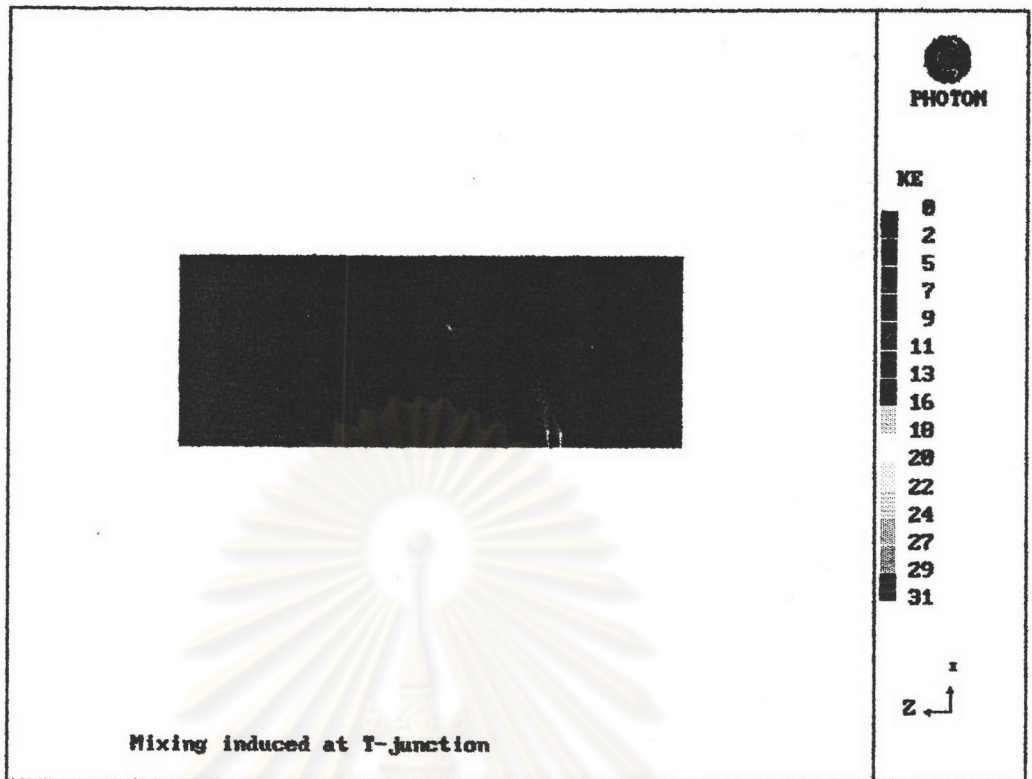
ที่ระนาบขนานกับผนังจืด สังเกตเห็นว่า พลังงานจลน์ที่สั้นไปมา
ต่อหนึ่งหน่วยมวลของของไหล มีค่าน้อยลงที่ระนาบนี้ เนื่องจากของไหลที่เป็นเจ็ตเริ่มเบี่ยงเบน
เคลื่อนที่ไปทางเดียวกันกับของไหลในสายของไหลหลัก ทำให้เกิดการกระทบกันเบาบางลง และ
ทำให้เกิดการสั่นน้อยลง ดังรูปที่ (5.12)

5.4.1.2.3 การกระจายตัวของพลังงานจลน์ที่สั้นไปมาต่อหนึ่งหน่วยมวลของ
ของไหลในระนาบภาคตัดขวาง

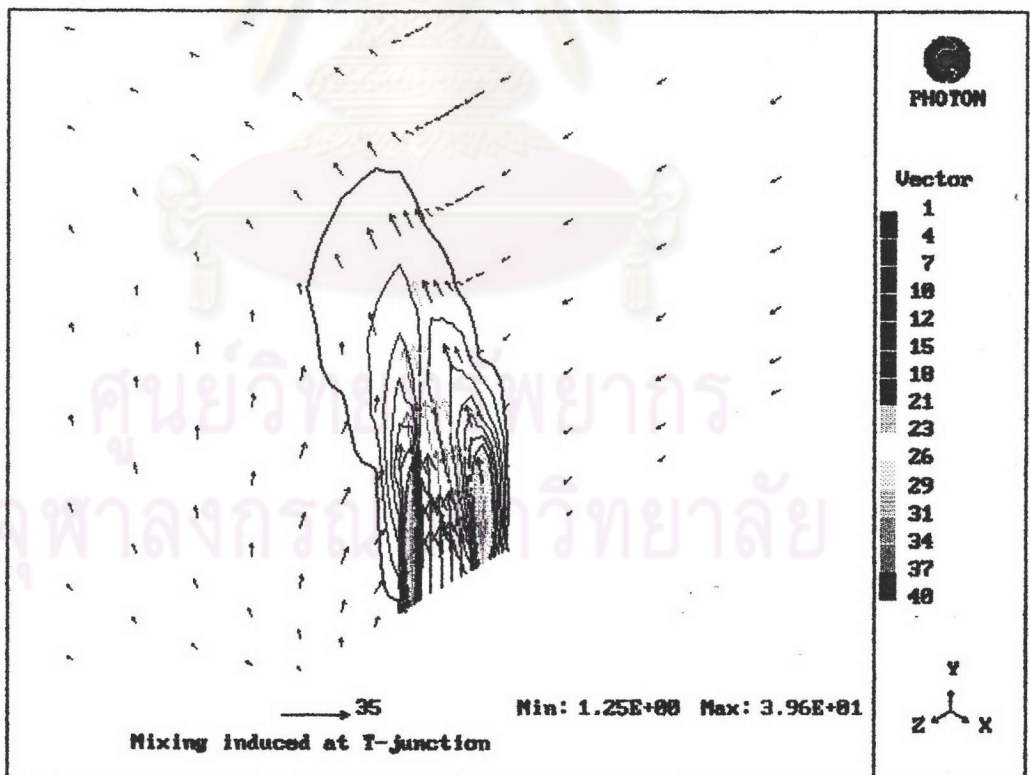
โดยการกระจายตัวของพลังงานจลน์ที่สั้นไปมาต่อหนึ่งหน่วยมวล
ของของไหล ในระนาบภาคตัดขวางแบ่งออกได้ 2 บริเวณ คือ

5.4.1.2.3.1 บริเวณทางออกของเจ็ต ($IZ=15$) แสดงให้เห็นว่า
พลังงานจลน์ที่สั้นไปมาต่อหนึ่งหน่วยมวลของของไหล มีค่ามากเกิดขึ้นบริเวณขอบทางด้านข้าง
ของทางออกของเจ็ต ดังรูปที่ (5.13)

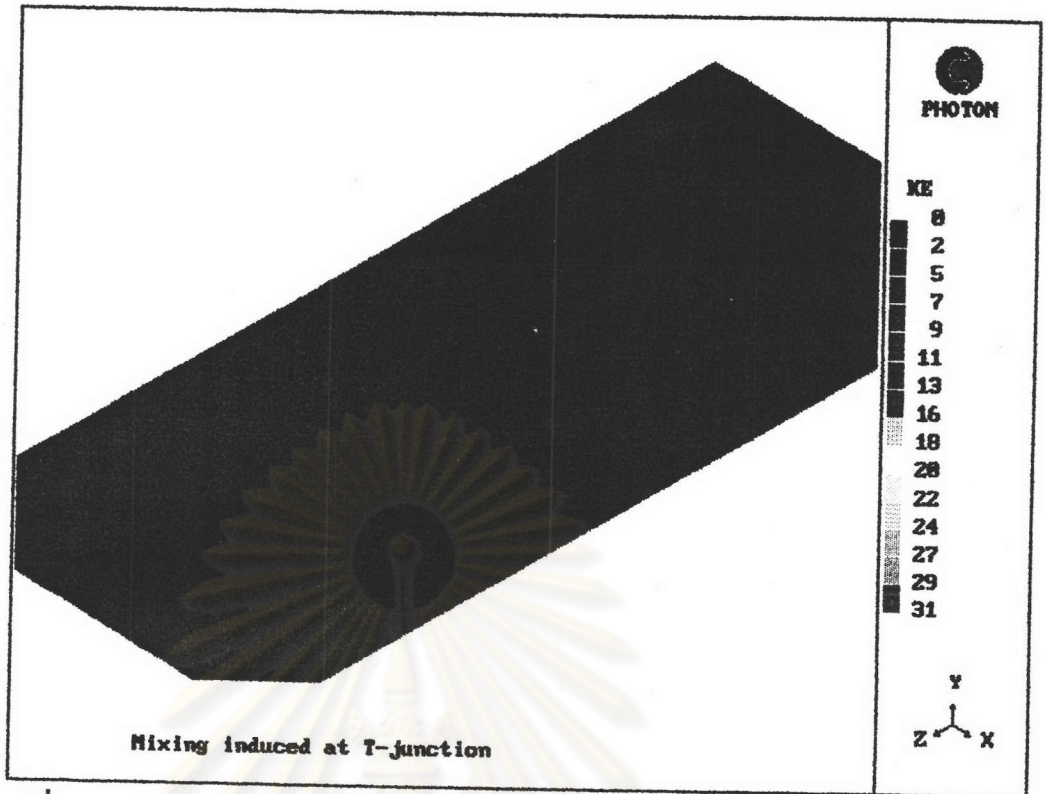
5.4.1.2.3.2 บริเวณปลายทางการไหลหลังผ่านทางออกของเจ็ต
($IZ=18$) พบว่า พลังงานจลน์ที่สั้นไปมาต่อหนึ่งหน่วยมวลของของไหล มีค่าน้อยลง เนื่องจาก
เกิดการกระทบกันเบาบางลง และทำให้การสั่นน้อยลง ดังรูปที่ (5.14)



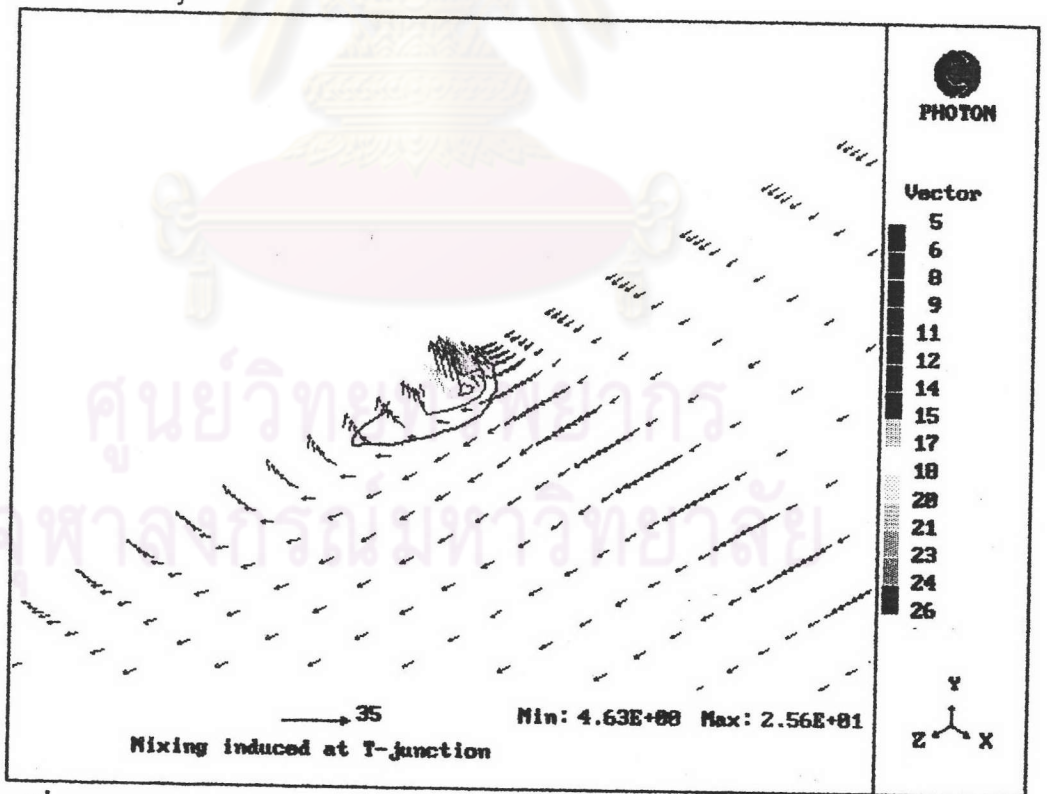
รูปที่ 5.11 a แสดงการกระจายตัวของพลังงานจลน์ที่สั้นไปมาในระนาบสมมาตร $IX = 1$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 12$



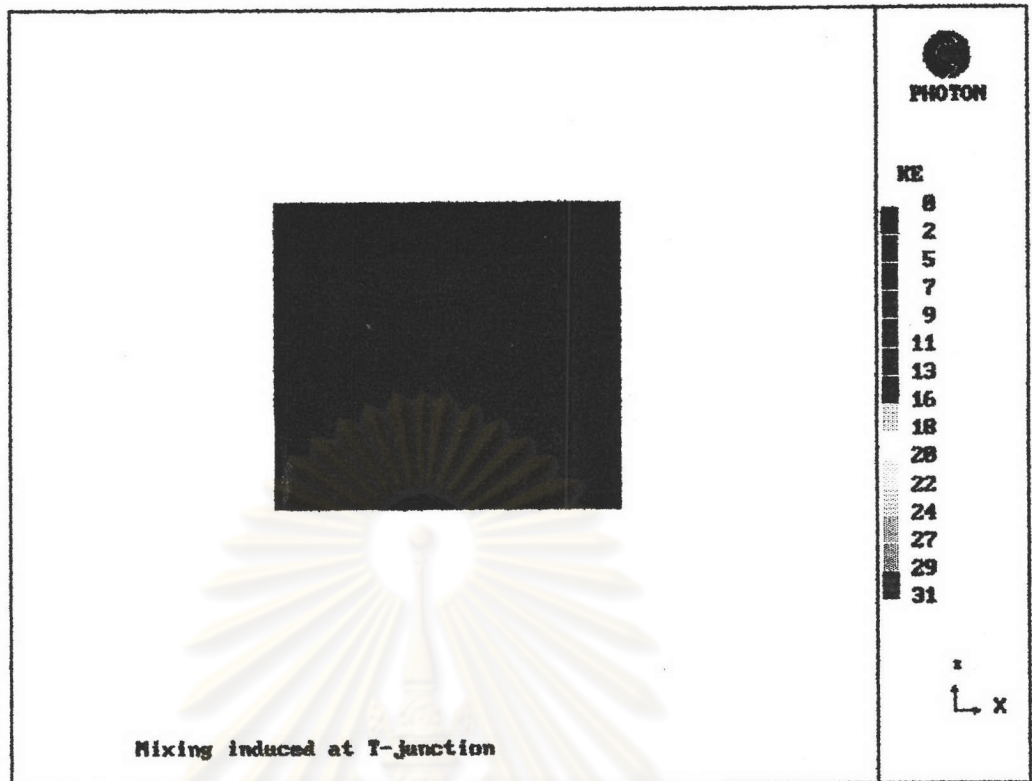
รูปที่ 5.11 b แสดงการกระจายตัวของเส้นรอบพลังงานจลน์ที่สั้นไปมาคงที่และการกระจายตัวของความเร็วในระนาบสมมาตร ที่ $IX = 1$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 12$



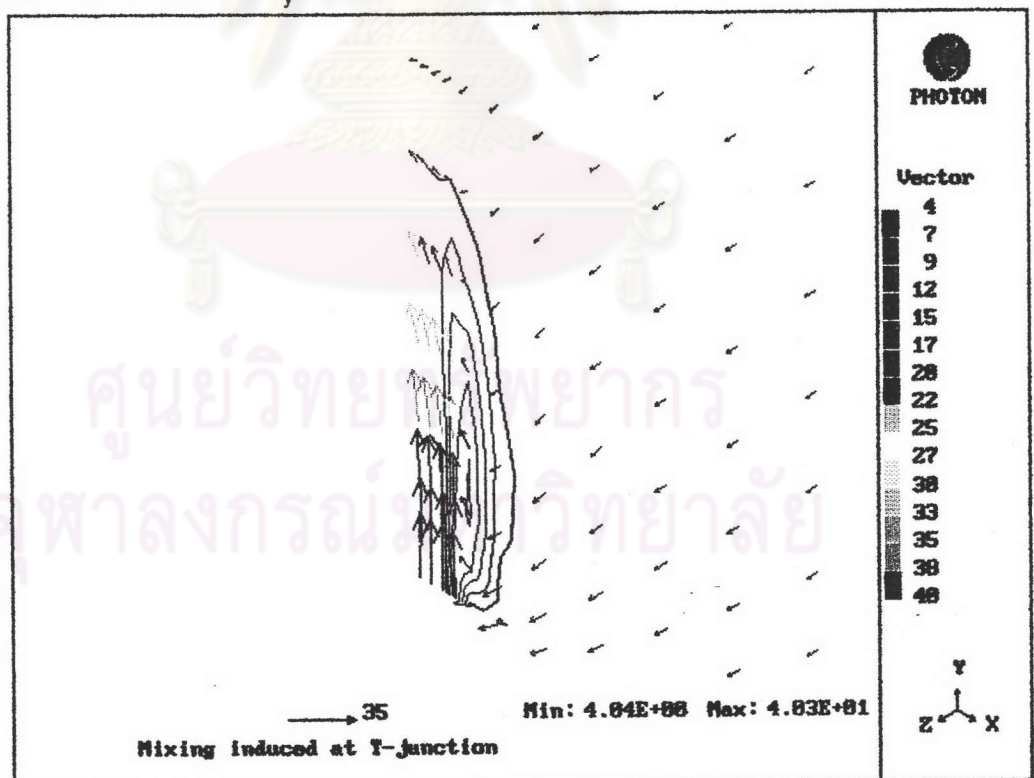
รูปที่ 5.12 a แสดงการกระจายตัวของพลังงานจลน์ที่สั้นไปมาในระนาบที่ขนานกับผนังติด ที่ $Y = 5$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 12$



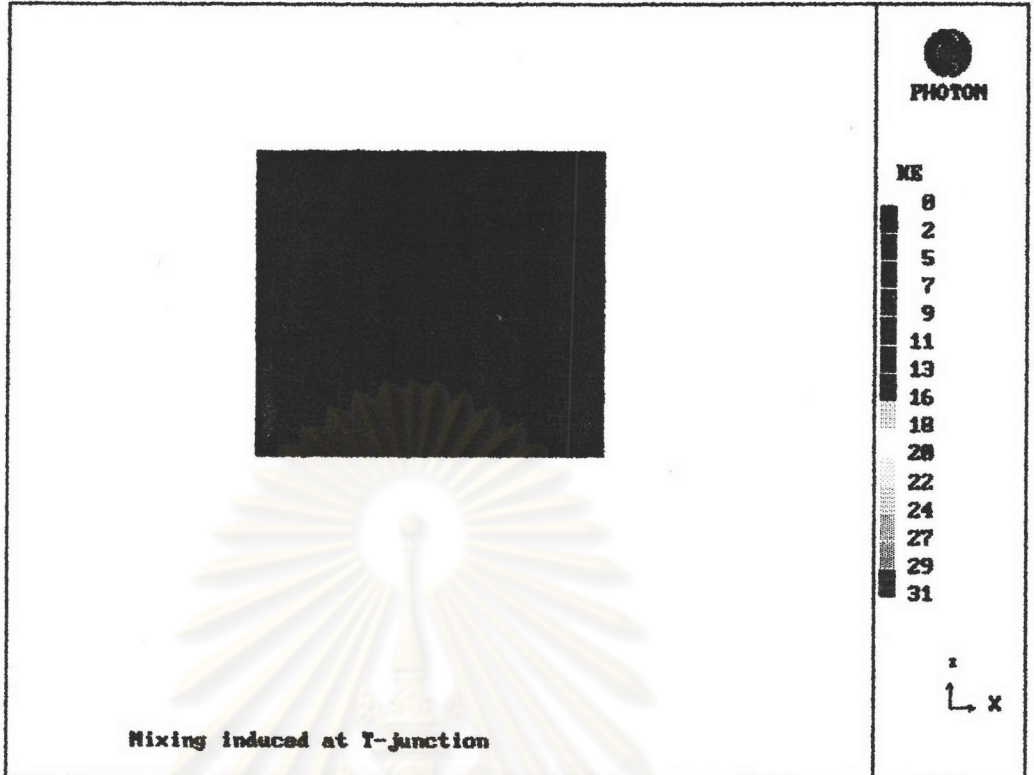
รูปที่ 5.12 b แสดงการกระจายตัวของเส้นรอบพลังงานจลน์ที่สั้นไปมาคงที่และการกระจายตัวของความเร็วในระนาบที่ขนานกับผนังติด ที่ $Y = 5$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 12$



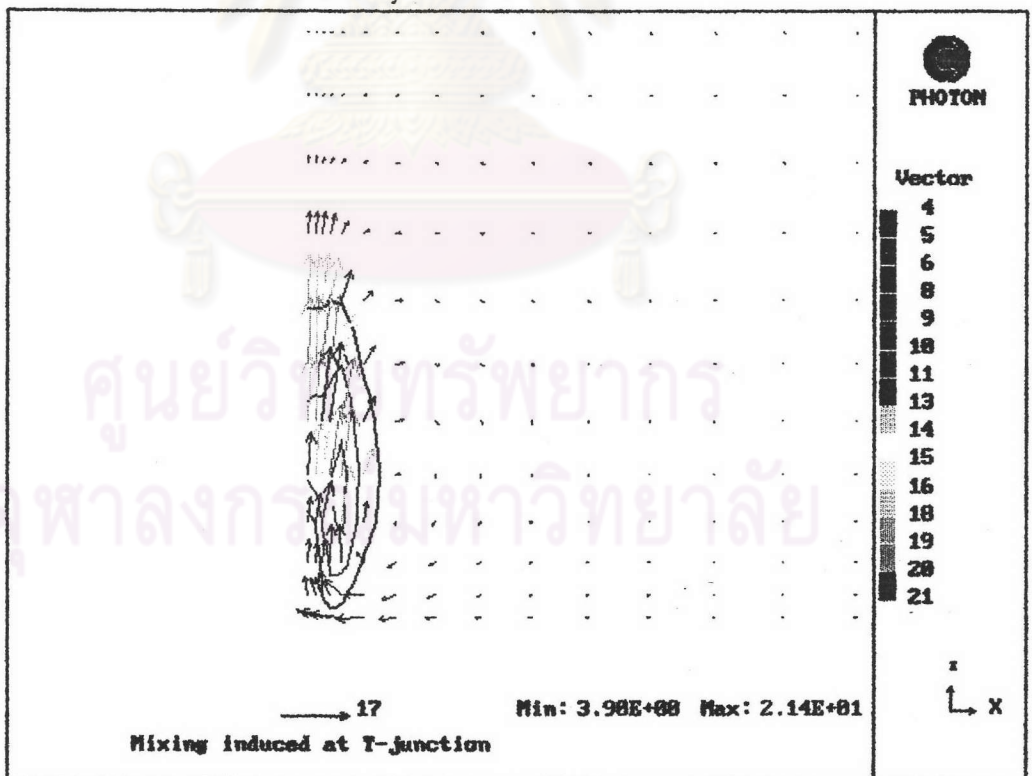
รูปที่ 5.13 a แสดงการกระจายตัวของพลังงานจลน์ที่ส่งไปมาในระนาบภาคตัดขวางที่บริเวณทางออกของเจ็ต $IZ = 15$ ที่ $J = 32$, $L/d = 12$



รูปที่ 5.13 b แสดงการกระจายตัวของเส้นรอบพลังงานจลน์ที่ส่งไปมาทั้งที่และการกระจายตัวของความเร็วในระนาบภาคตัดขวาง ที่บริเวณทางออกของเจ็ต $IZ = 15$ ที่ $J = 32$, $L/d = 12$



รูปที่ 5.14 a แสดงการกระจายตัวของพลังงานจลน์ที่ส่งไปมาในระนาบภาคตัดขวางที่บริเวณปลายทางการไหล $IZ = 18$ ที่ $J = 32$, $L/d = 12$



รูปที่ 5.14 b แสดงการกระจายตัวของเส้นรอบพลังงานจลน์ที่ส่งไปมาคงที่และการกระจายตัวของความเร็วในระนาบภาคตัดขวาง ที่บริเวณปลายทางการไหล $IZ = 18$ ที่ $J = 32$, $L/d = 12$

5.4.1.3 การกระจายตัวของความเร็ว

การกระจายตัวของความเร็วใน 3 มิติ แสดงในรูปแบบเวกเตอร์ โดยค่าของเวกเตอร์ ความเร็วแต่ละช่วงเท่ากับเฉลี่ยที่แสดงทางด้านข้างของแต่ละรูป โดยที่ค่าความเร็วที่อ่านได้จะมีหน่วยเป็น m/s

5.4.1.3.1 การกระจายตัวของความเร็วในระนาบสมมาตร ($IX=1$)

ที่ระนาบสมมาตร พบว่า ของไหลที่เป็นเจ็ตซึ่งมีความเร็วมากพุ่งขึ้นมาจากทางออกของเจ็ตมาขวางของไหลรอบๆในสายของไหลหลัก ทำให้ของไหลรอบๆมีความเร็วน้อยทางด้านหน้าเจ็ต แล้วของไหลรอบๆไหลอ้อมไปทางด้านหลังเจ็ต และเคลื่อนที่ติดตามไปกับของไหลที่เป็นเจ็ตขึ้นไปทางด้านบน ดังรูปที่ (5.15 a)

5.4.1.3.2 การกระจายตัวของความเร็วในระนาบที่ขนานกับผนังเจ็ต ($IY=5$)

ที่ระนาบขนานกับผนังเจ็ต พบว่า ของไหลที่เป็นเจ็ตบริเวณของไหลรอบๆน้อย เนื่องจากพลังงานจลน์ของของไหลที่สั้นไปมาต่อหนึ่งหน่วยมวลของของไหลที่เป็นเจ็ตมีค่าน้อย ทำให้การกระจายความเร็วของของไหลที่เป็นเจ็ตน้อย ดังรูปที่ (5.15 b)

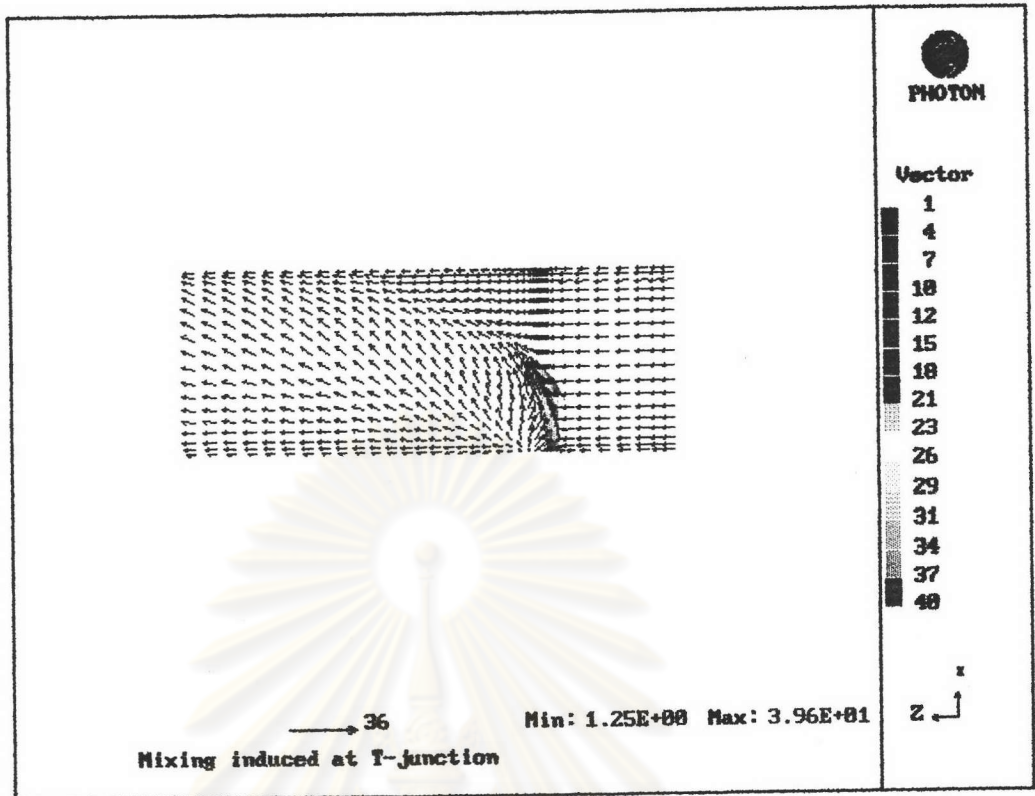
5.4.1.3.3 การกระจายตัวของความเร็วในระนาบภาคตัดขวาง

โดยการกระจายตัวของความเร็วในระนาบภาคตัดขวางแบ่งออกได้

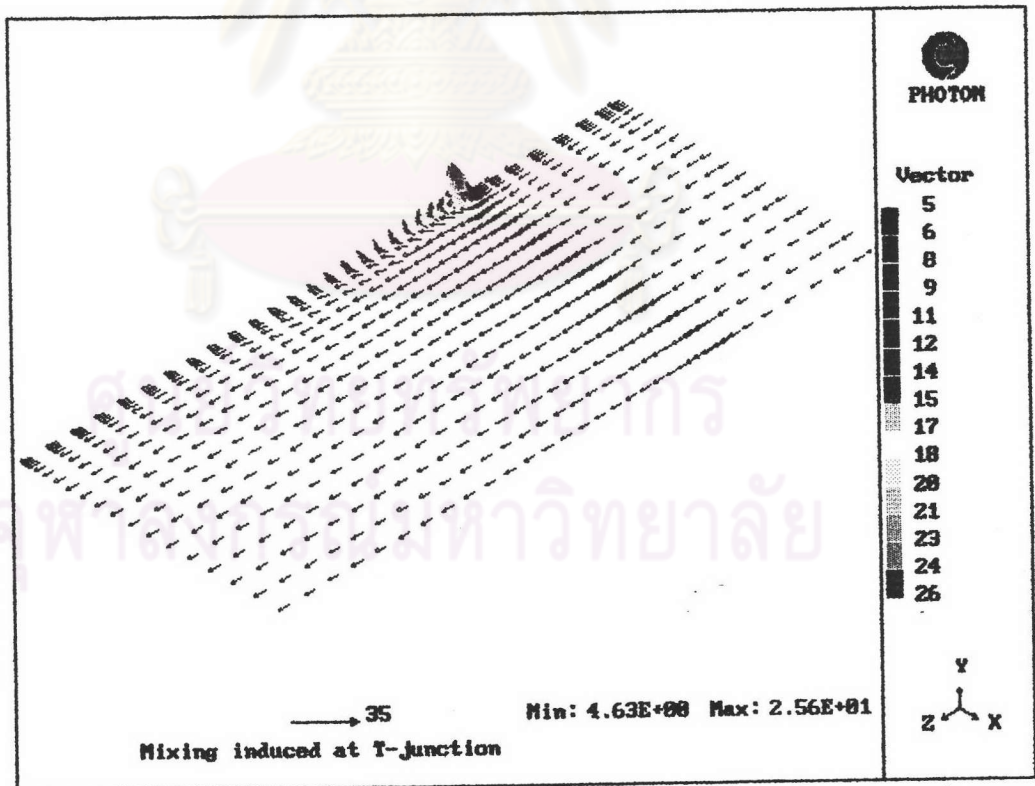
2 บริเวณ คือ

5.4.1.3.3.1 บริเวณทางออกของเจ็ต ($IZ=15$) แสดงให้เห็นว่าของไหลรอบๆที่อยู่ทางด้านบนถูกรบกวนอย่างรุนแรงจากของไหลที่เป็นเจ็ต ทำให้ของไหลรอบๆทางด้านบนเกิดการไหลวกกลับมายังทางด้านข้างของเจ็ต ทำให้เกิดลักษณะการไหลหมุนวนขึ้น ดังรูปที่ (5.16 a)

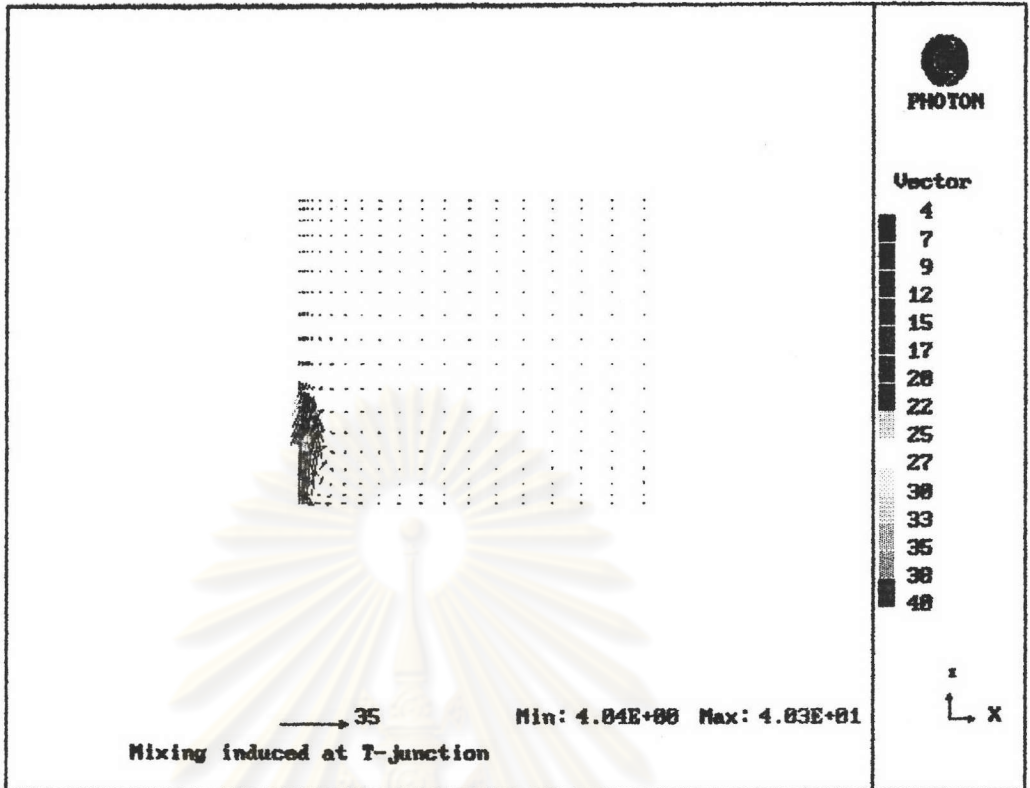
5.4.1.3.3.2 บริเวณปลายทางการไหลหลังผ่านทางออกของเจ็ต ($IZ=18, 25, 33, 36, 42$) ลักษณะการไหลหมุนวนเคลื่อนที่สูงขึ้นตามของไหลที่เป็นเจ็ต พร้อมกับพัฒนาตัวมันเองใหญ่ขึ้น โดยขนาดความเร็วของการไหลหมุนวนที่จุดศูนย์กลาง มีค่าเท่ากับ 7.9 m/s และเมื่อกระทบกับผนัง เนื่องจากค่าอัตราส่วนโมเมนต์มีค่าน้อย ลักษณะการไหลหมุนวนจึงอยู่ที่เดิมไม่เคลื่อนที่ออกไปทางด้านข้าง ดังรูปที่ (5.16b) ถึง (5.18)



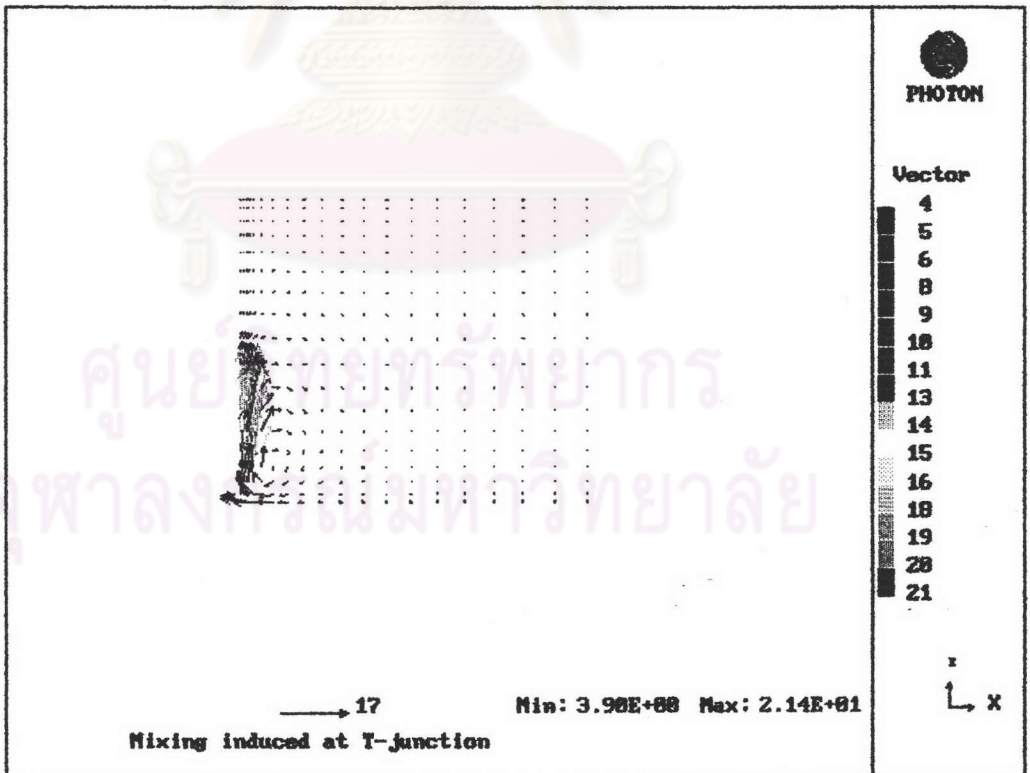
รูปที่ 5.15 a แสดงการกระจายตัวของความเร็วในระนาบสมมาตรที่ IX = 1 ที่ J = 32 , $L/d = 12$



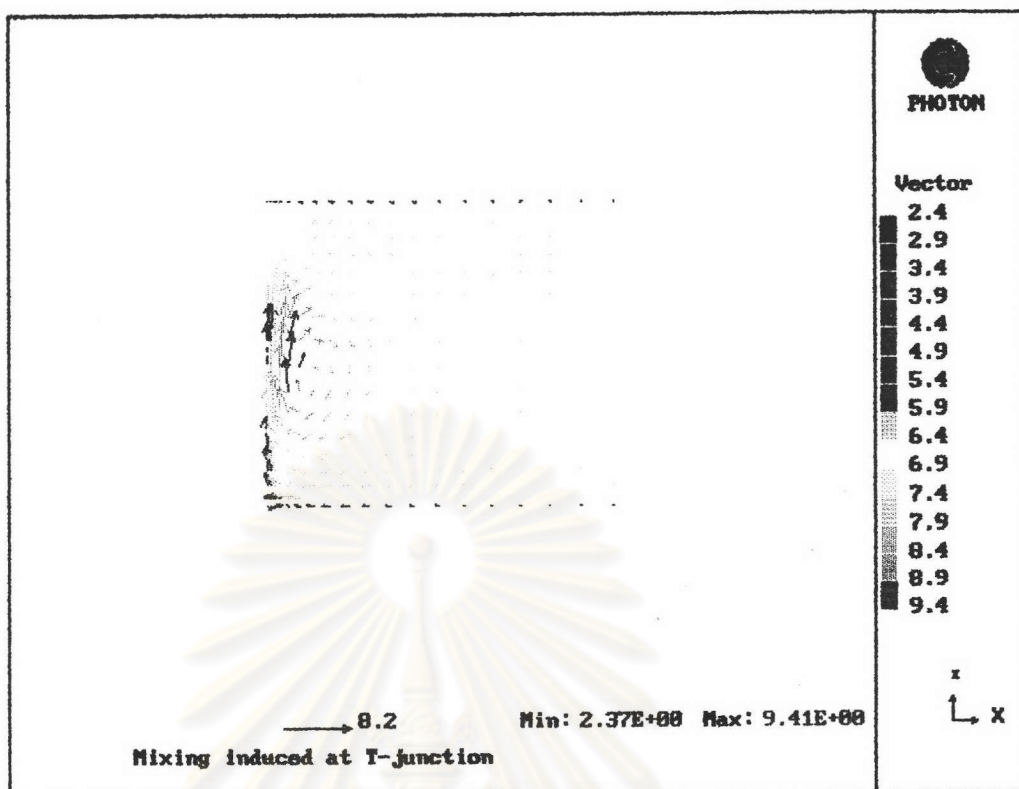
รูปที่ 5.15 b แสดงการกระจายตัวของความเร็วในระนาบที่ขนานกับผนังติด ที่ IX = 5 ที่ J = 32 , $L/d = 12$



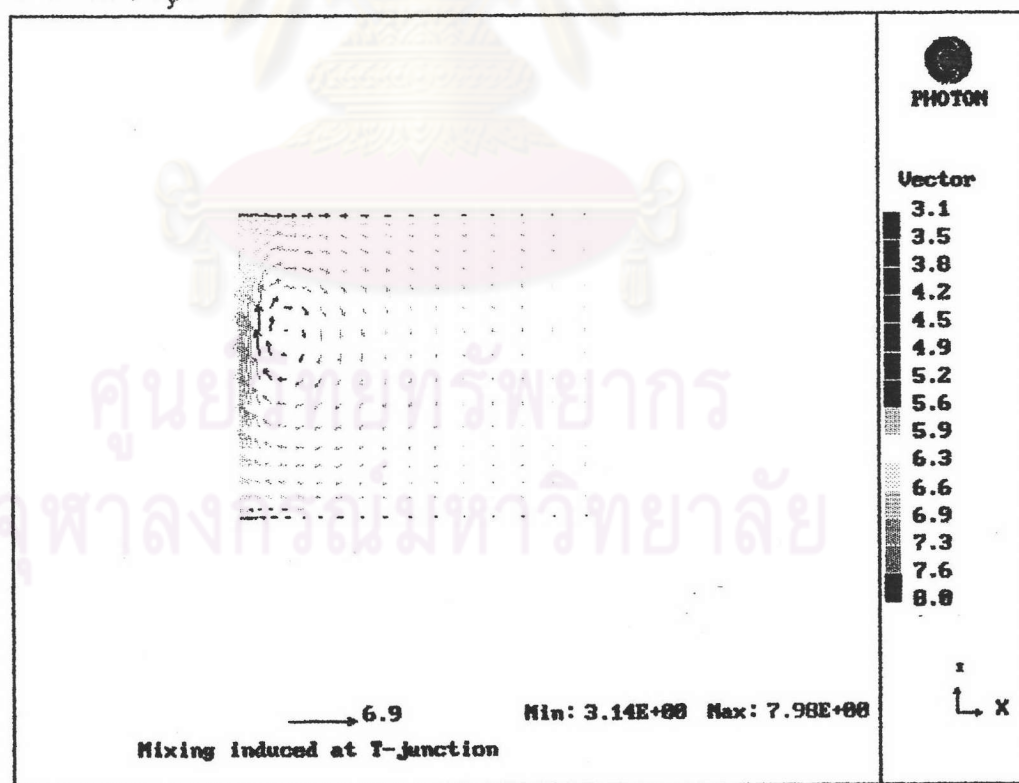
รูปที่ 5.16 a แสดงการกระจายตัวของความเร็วในระนาบภาคตัดขวางที่บริเวณทางออกของเจ็ต $IZ = 15$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 12$



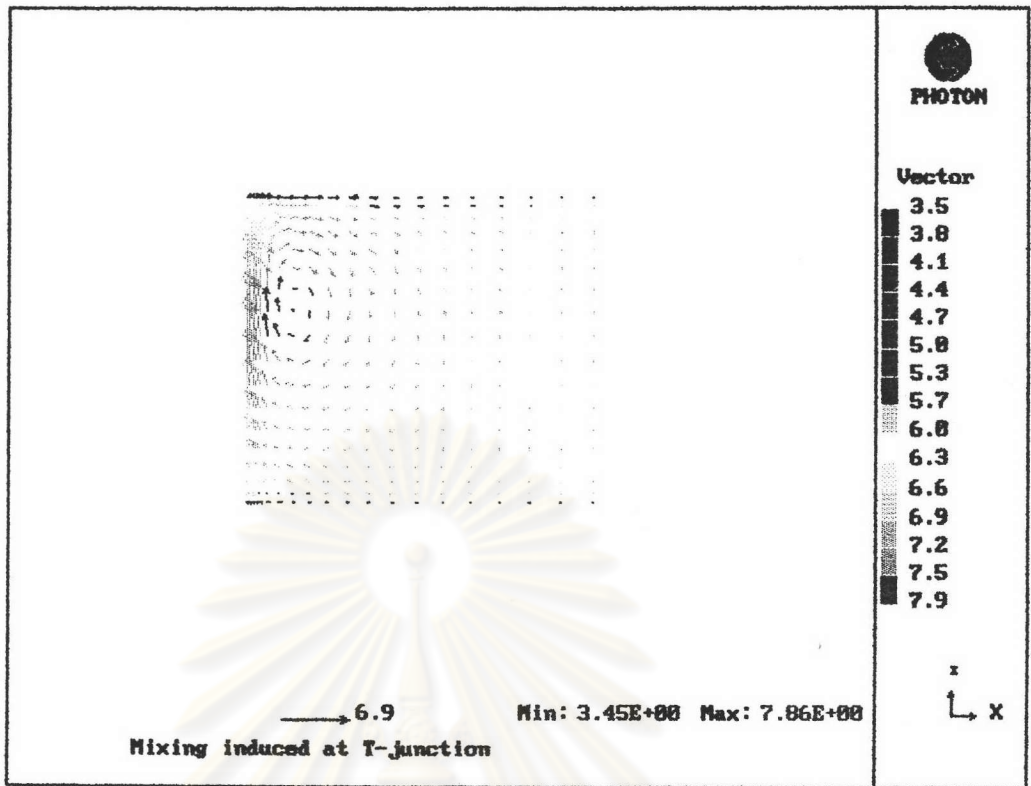
รูปที่ 5.16 b แสดงการกระจายตัวของความเร็วในระนาบภาคตัดขวางที่บริเวณปลายทางการไหล $IZ = 18$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 12$



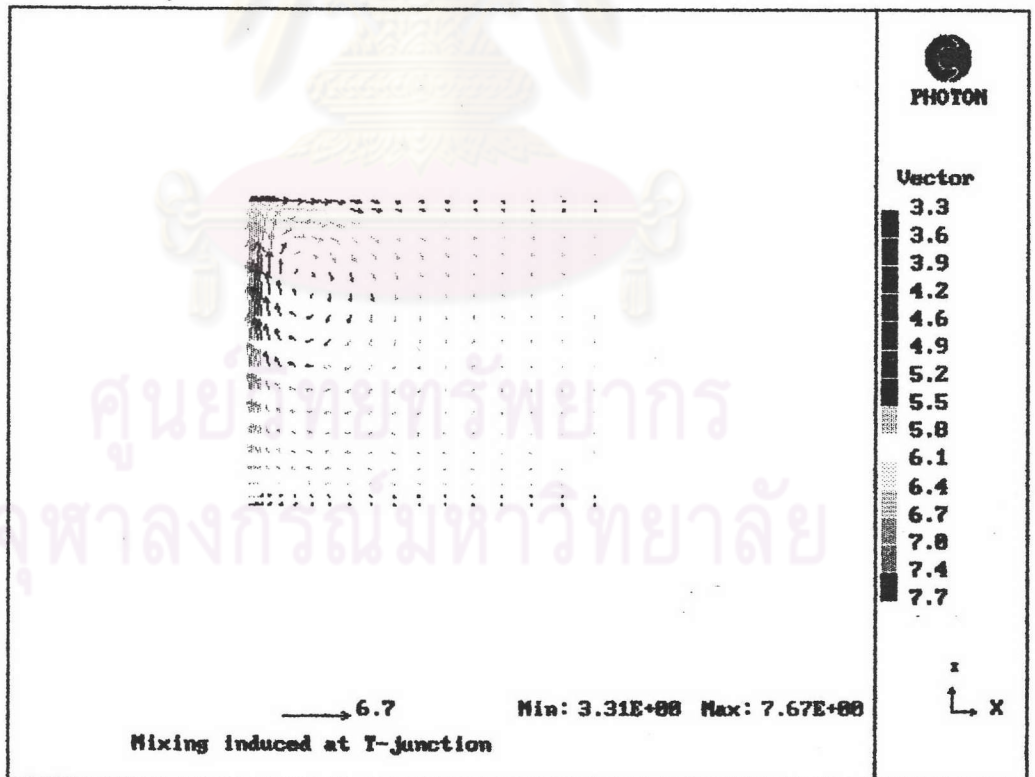
รูปที่ 5.17 a แสดงการกระจายตัวของความเร็วในระนาบภาคตัดขวางที่บริเวณปลายทางกรโหล $IZ = 25$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 12$



รูปที่ 5.17 b แสดงการกระจายตัวของความเร็วในระนาบภาคตัดขวางที่บริเวณปลายทางกรโหล $IZ = 33$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 12$



รูปที่ 5.18 a แสดงการกระจายตัวของความเร็วในระนาบภาคตัดขวางที่บริเวณปลายทางกรไหล $IZ = 36$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 12$



รูปที่ 5.18 b แสดงการกระจายตัวของความเร็วในระนาบภาคตัดขวางที่บริเวณปลายทางกรไหล $IZ = 42$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 12$

5.4.1.4 การกระจายตัวของอุณหภูมิ

การกระจายตัวของอุณหภูมิใน 3 มิติ แสดงในรูปแบบเส้นรอบอุณหภูมิกงที่ (temperature contour) โดยค่าของเส้นรอบอุณหภูมิกงที่แต่ละเส้นเท่ากับเจดสีที่แสดงทางด้านข้างของแต่ละรูป โดยที่ค่าอุณหภูมิที่อ่านได้จะมีหน่วยเป็น K

5.4.1.4.1 การกระจายตัวของอุณหภูมิในระนาบสมมาตร (IX=1)

ที่ระนาบสมมาตร พบว่าของไหลที่เป็นเจ็ดซึ่งมีอุณหภูมิสูงพาความร้อนเคลื่อนที่ไปทางด้านปลายทางการไหล พร้อมกับถ่ายเทความร้อนเนื่องจากพลังงานจลน์ของของไหลที่สั้นไปมาต่อหนึ่งหน่วยมวลของของไหล เนื่องจากความปั่นป่วนไปยังของไหลรอบๆ ดังรูปที่ (5.19)

5.4.1.4.2 การกระจายตัวของอุณหภูมิในระนาบที่ขนานกับผนังเจ็ด (IY=5)

ที่ระนาบขนานกับผนังเจ็ด สังเกตเห็นว่าของไหลที่เป็นเจ็ด ซึ่งมีค่าอุณหภูมิสูงถ่ายเทความร้อนไปยังของของไหลรอบๆมีค่าน้อย เนื่องจากพลังงานจลน์ที่สั้นไปมาต่อหนึ่งหน่วยมวลของของไหล เนื่องจากความปั่นป่วน ดังรูปที่ (5.20)

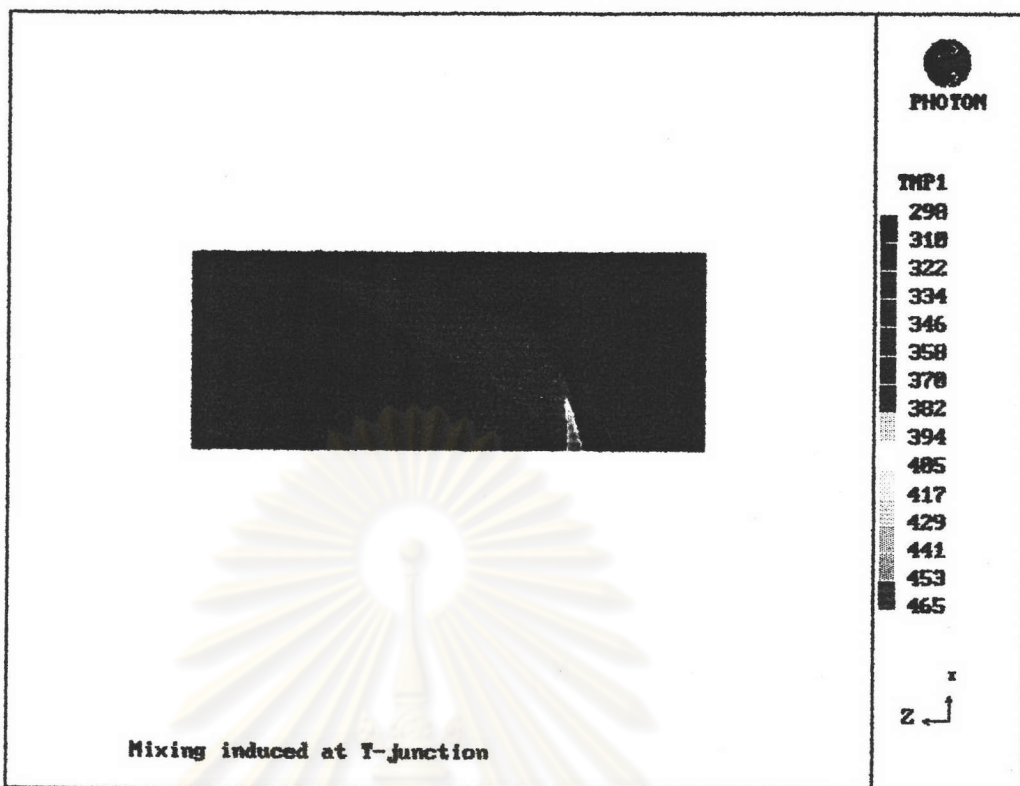
5.4.1.4.3 การกระจายตัวของอุณหภูมิในระนาบภาคตัดขวาง

โดยการกระจายตัวของความเร็วในระนาบภาคตัดขวางแบ่งออกได้

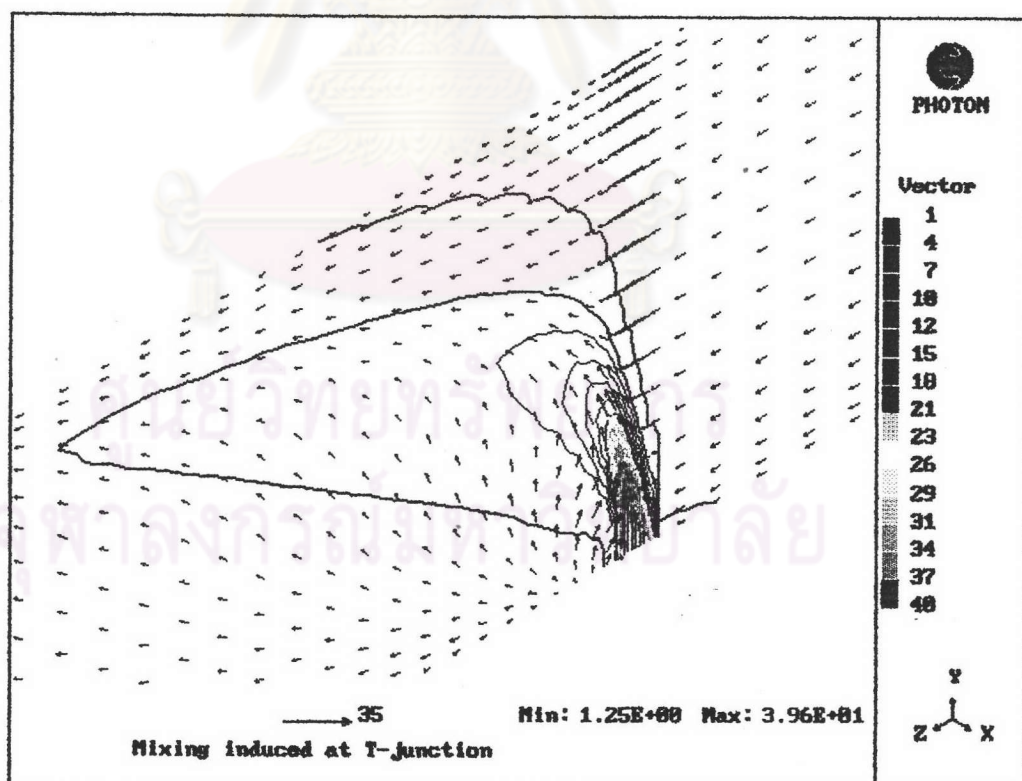
2 บริเวณ คือ

5.4.1.4.3.1 บริเวณทางออกของเจ็ด (IZ=15) แสดงให้เห็นว่าของไหลที่เป็นเจ็ดซึ่งมีอุณหภูมิสูงพาความร้อนเคลื่อนที่ขึ้นไปทางด้านบนพร้อมกับตัวมันเอง และถ่ายเทความร้อนไปยังของไหลรอบทางด้านข้างเนื่องจากเกิดการไหลหมุนวนที่ด้านข้างของของไหลที่เป็นเจ็ด ดังรูปที่ (5.21)

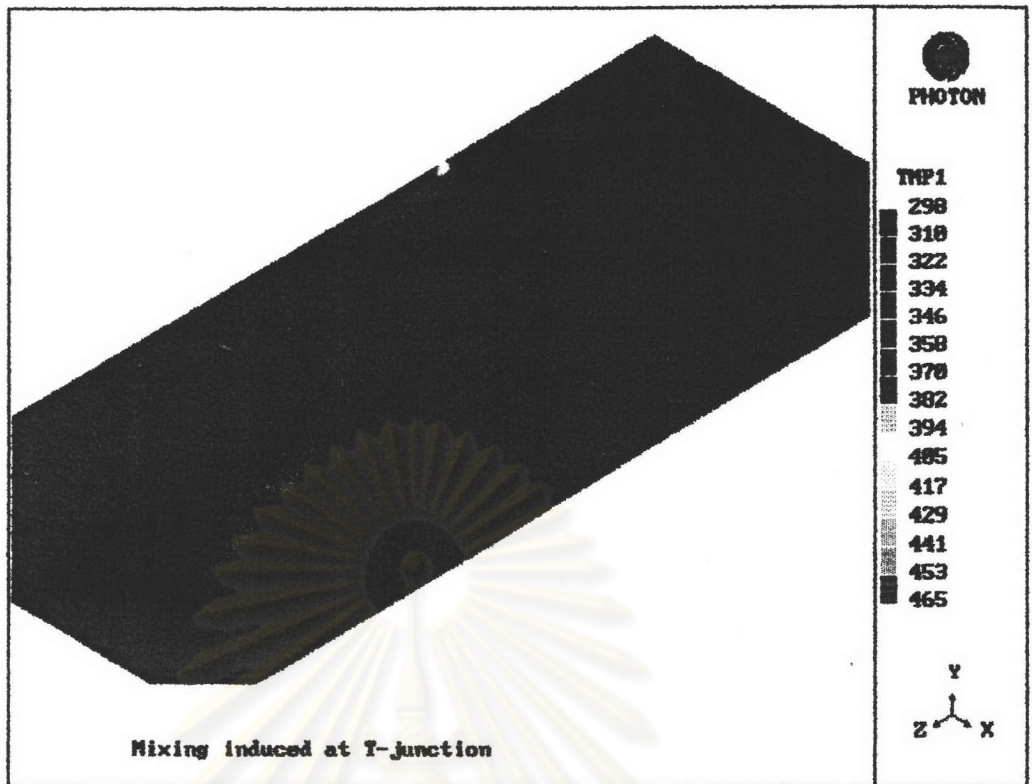
5.4.1.4.3.1 บริเวณปลายทางการไหลหลังผ่านทางออกของเจ็ด (IZ=18, 25, 33, 36, 42) ของไหลที่เป็นเจ็ดถ่ายเทความร้อนออกทางด้านข้างมากขึ้นเนื่องจากการไหลหมุนวนพัฒนาตัวมันเองใหญ่ขึ้น จนเห็นของไหลที่เป็นเจ็ดเปลี่ยนรูปร่าง เป็นรูปเกือบสี่เหลี่ยมที่ชัดเจน และเมื่อของไหลที่เป็นเจ็ดกระทบกับผนัง ค่าอุณหภูมิสูงสุดก็เคลื่อนที่ออกไปทางด้านข้างโดยชิดกับผนังกระทบ ดังรูปที่ (5.22) ถึง (5.26)



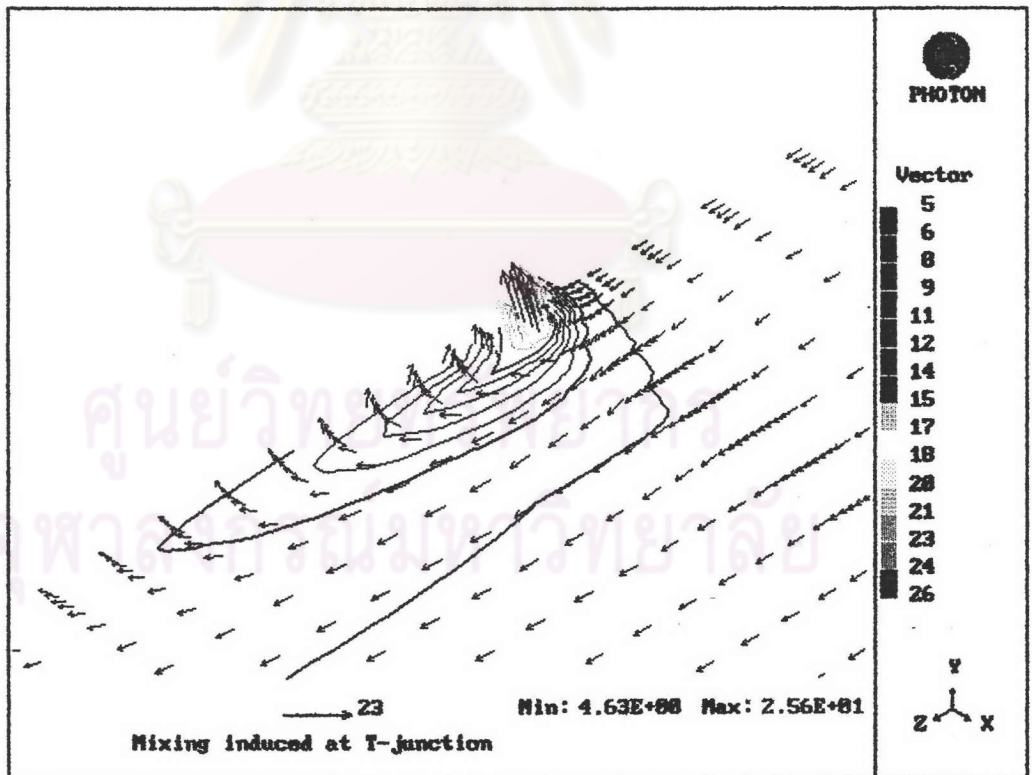
รูปที่ 5.19 a แสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิในระนาบสมมาตรที่ $IX = 1$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 12$



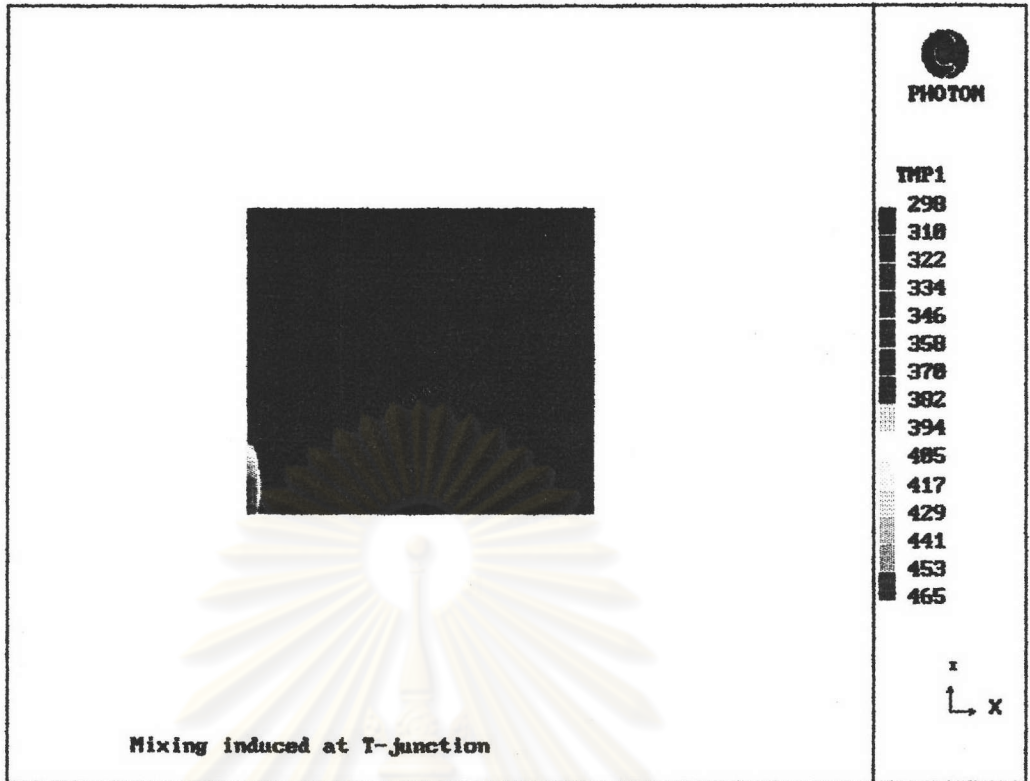
รูปที่ 5.19 b แสดงการกระจายตัวของเส้นรอบอุณหภูมิกึ่งที่และการกระจายตัวของความเร็วในระนาบสมมาตรที่ $IX = 1$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 12$



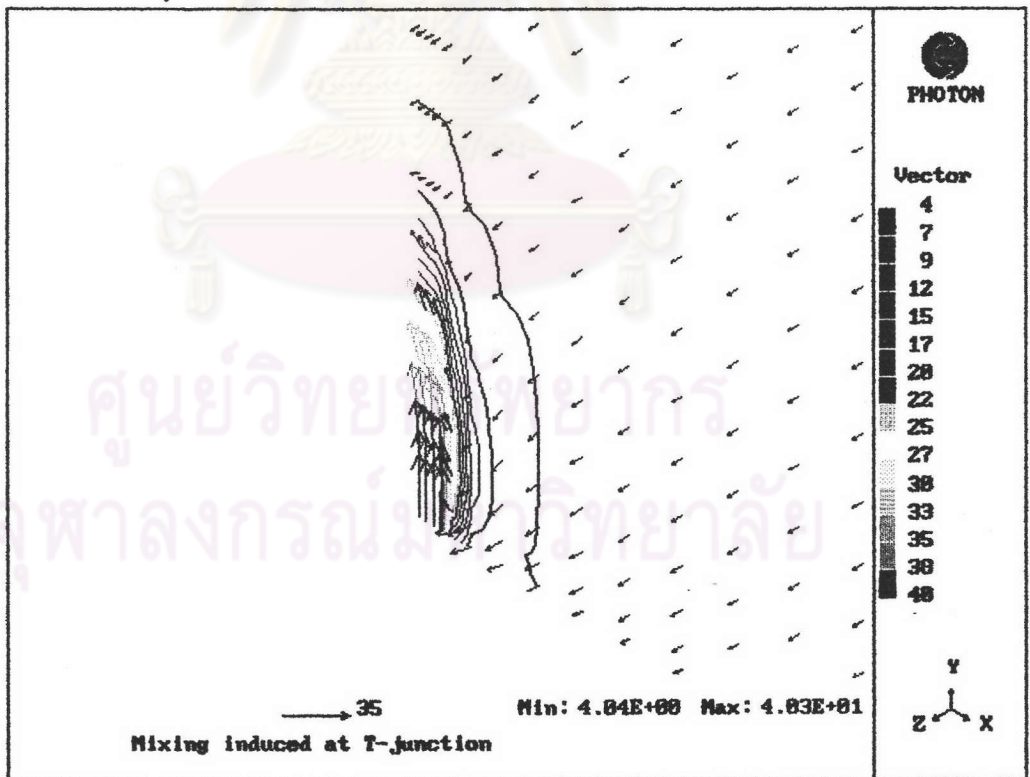
รูปที่ 5.20 a แสดงการกระจายตัวของอนุภาคโฟตอนในระนาบที่ขนานกับผนังลึด ที่ $IY = 5$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 12$



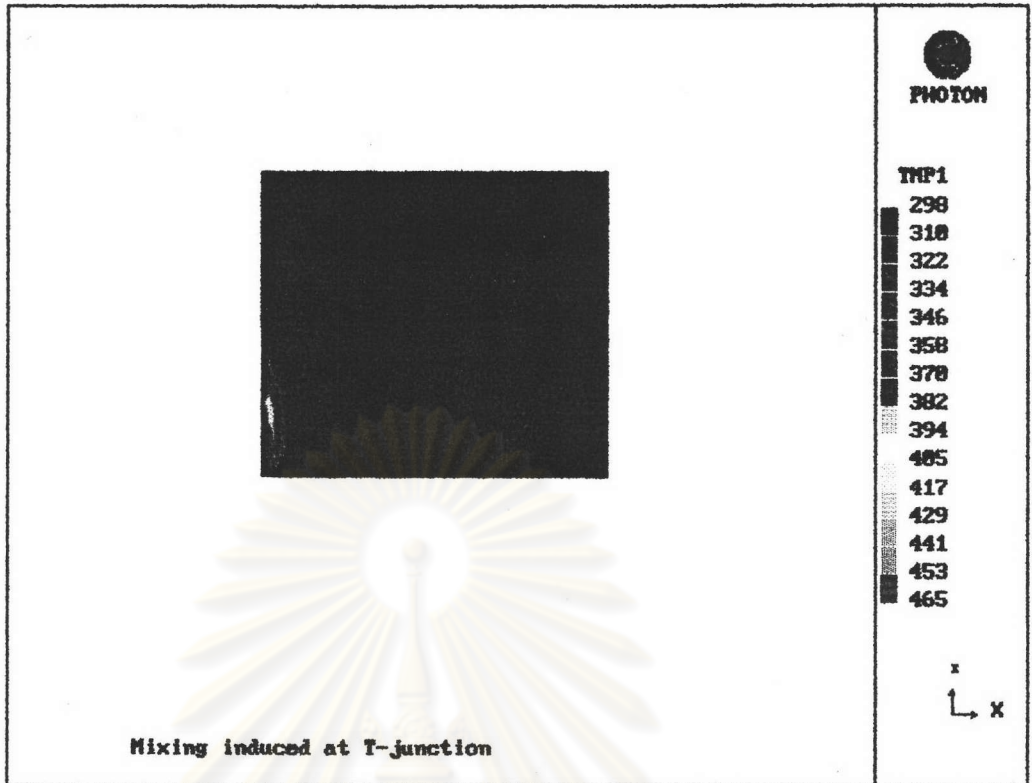
รูปที่ 5.20 b แสดงการกระจายตัวของเส้นรอบอนุภาคคองทีและการกระจายตัวของความเร็วในระนาบที่ขนานกับผนังลึด ที่ $IY = 5$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 12$



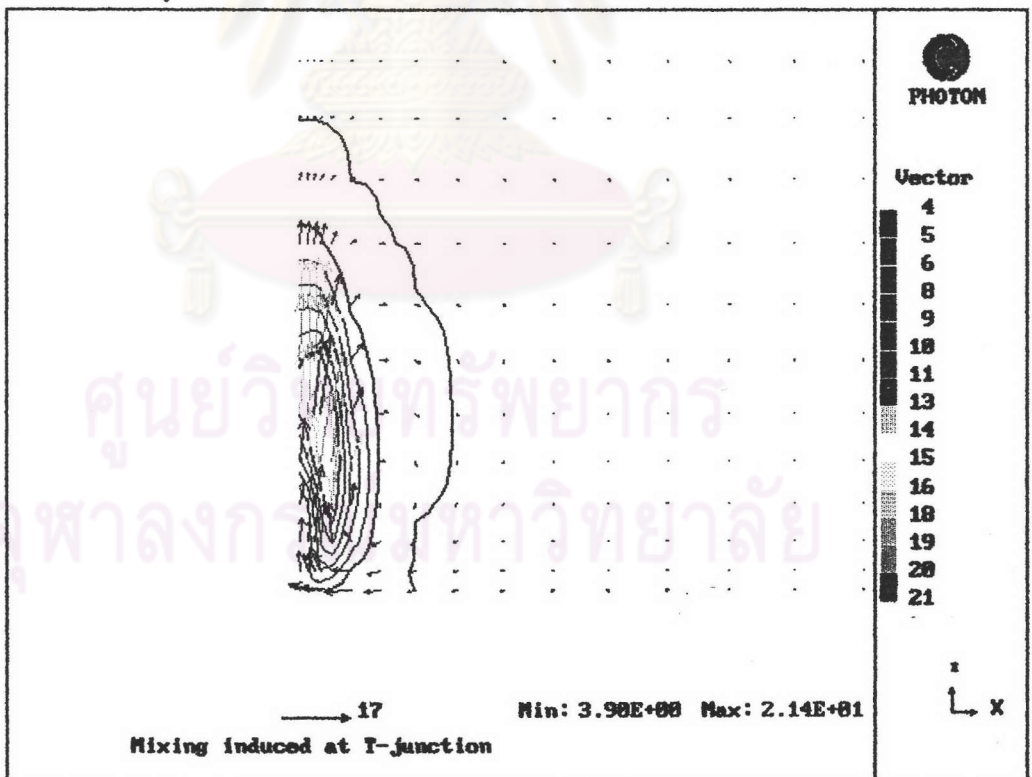
รูปที่ 5.21 a แสดงการกระจายตัวของอนุภาคนิวตรอนในระนาบภาคตัดขวางที่บริเวณทางออกของเจ็ต $Iz = 15$ ที่ $J = 32$, $L/d = 12$



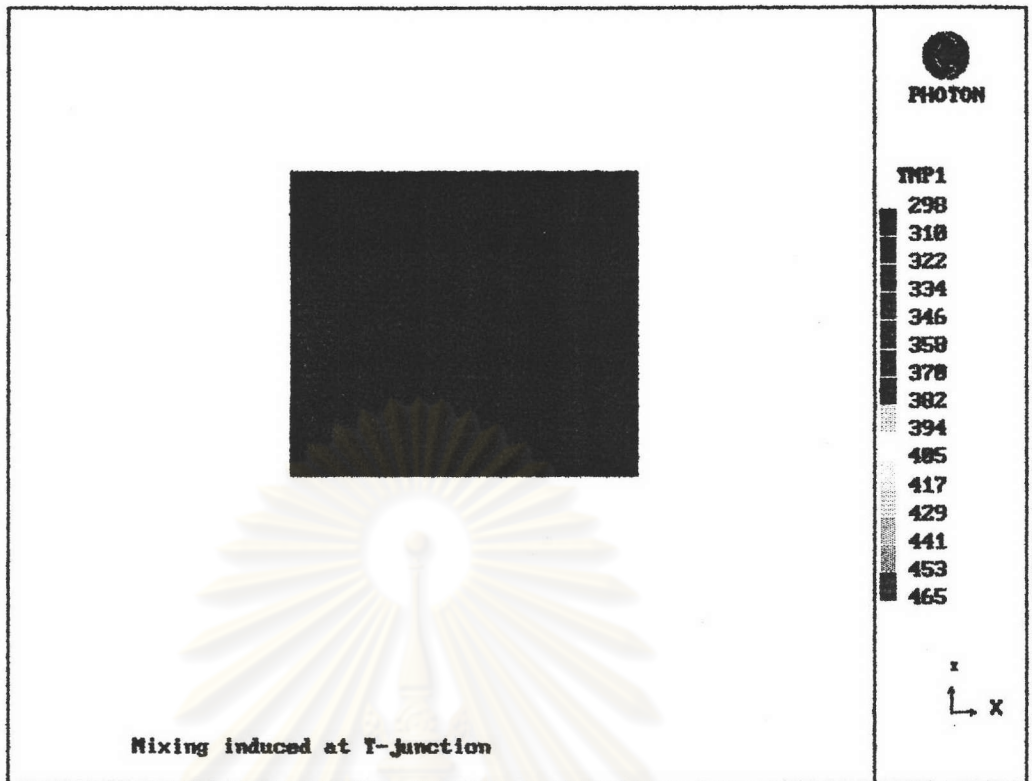
รูปที่ 5.21 b แสดงการกระจายตัวของเส้นรอบอนุภาคนิวตรอนที่และการกระจายตัวของความเร็วในระนาบภาคตัดขวาง ที่บริเวณทางออกของเจ็ต $Iz = 15$ ที่ $J = 32$, $L/d = 12$



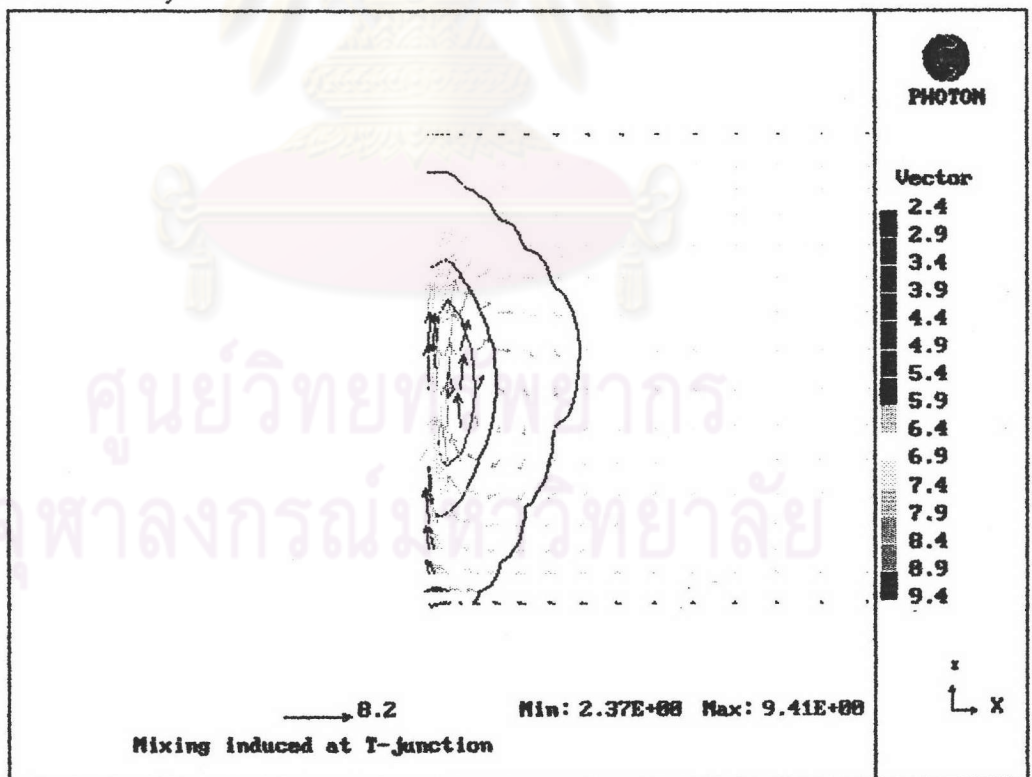
รูปที่ 5.22 a แสดงการกระจายตัวของอนุภาคในระนาบภาคตัดขวางที่บริเวณปลายทางการไหล $IZ = 18$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 12$



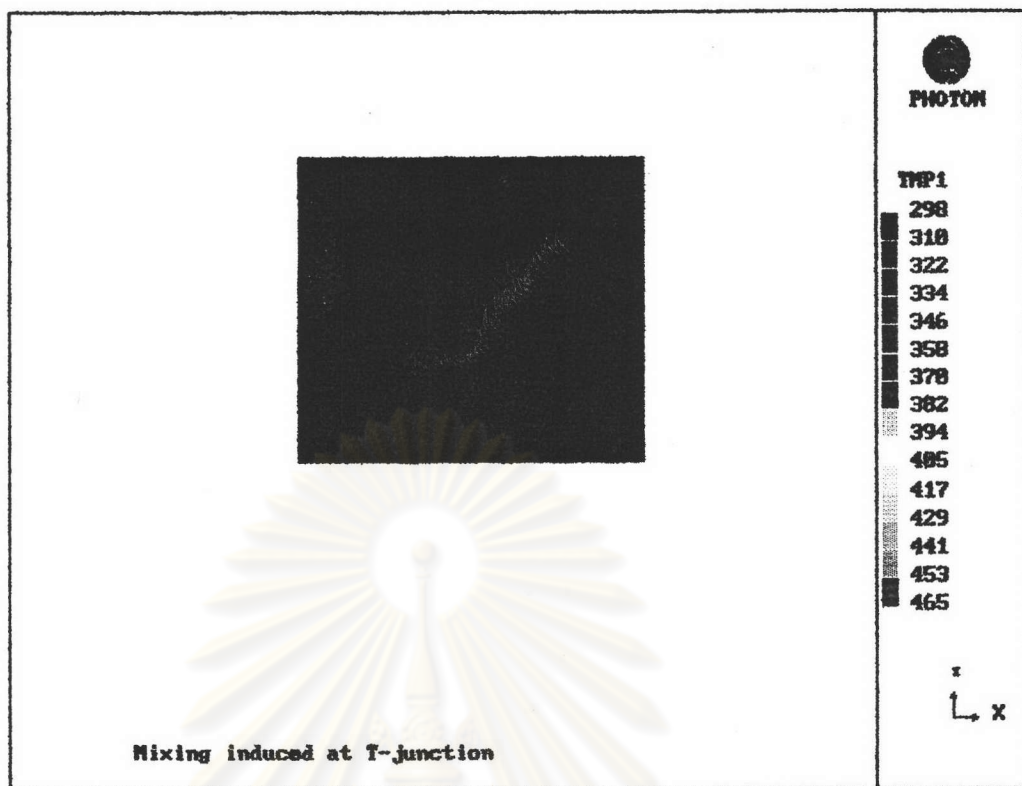
รูปที่ 5.22 b แสดงการกระจายตัวของเส้นรอบอนุภาคนิ่งที่และการกระจายตัวของความเร็วในระนาบภาคตัดขวาง ที่บริเวณปลายทางการไหล $IZ = 18$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 12$



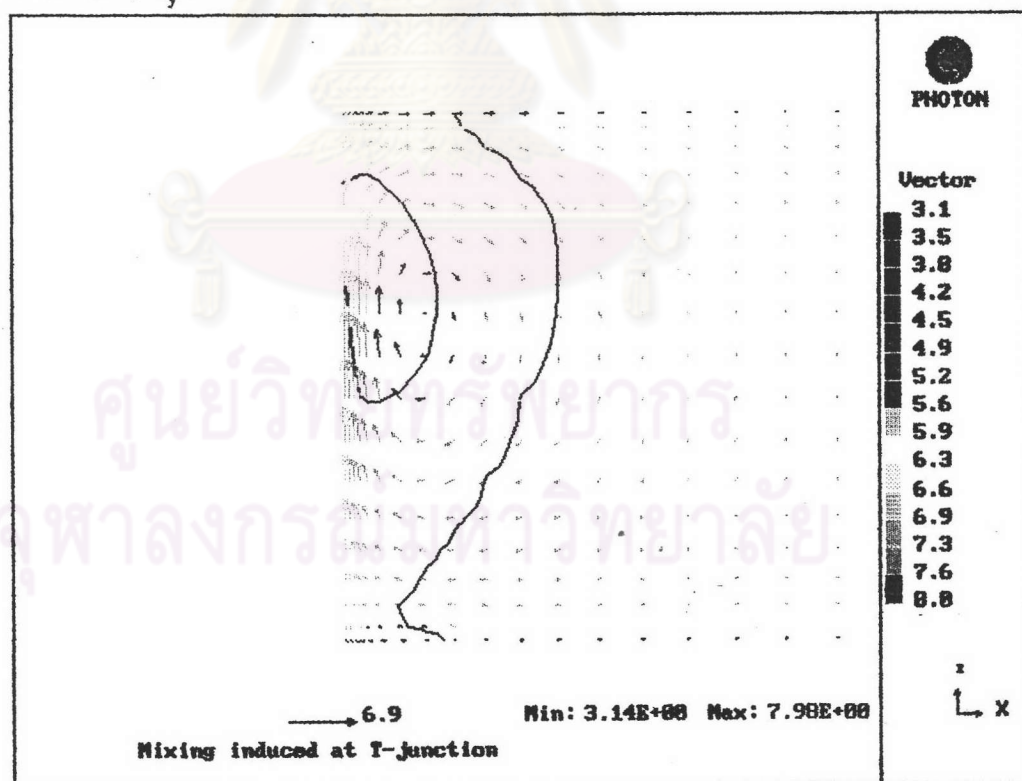
รูปที่ 5.23 a แสดงการกระจายตัวของอนุภาคนิวตรอนในระนาบภาคตัดขวางที่มีบริเวณปลายทางการไหล $IZ = 25$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 12$



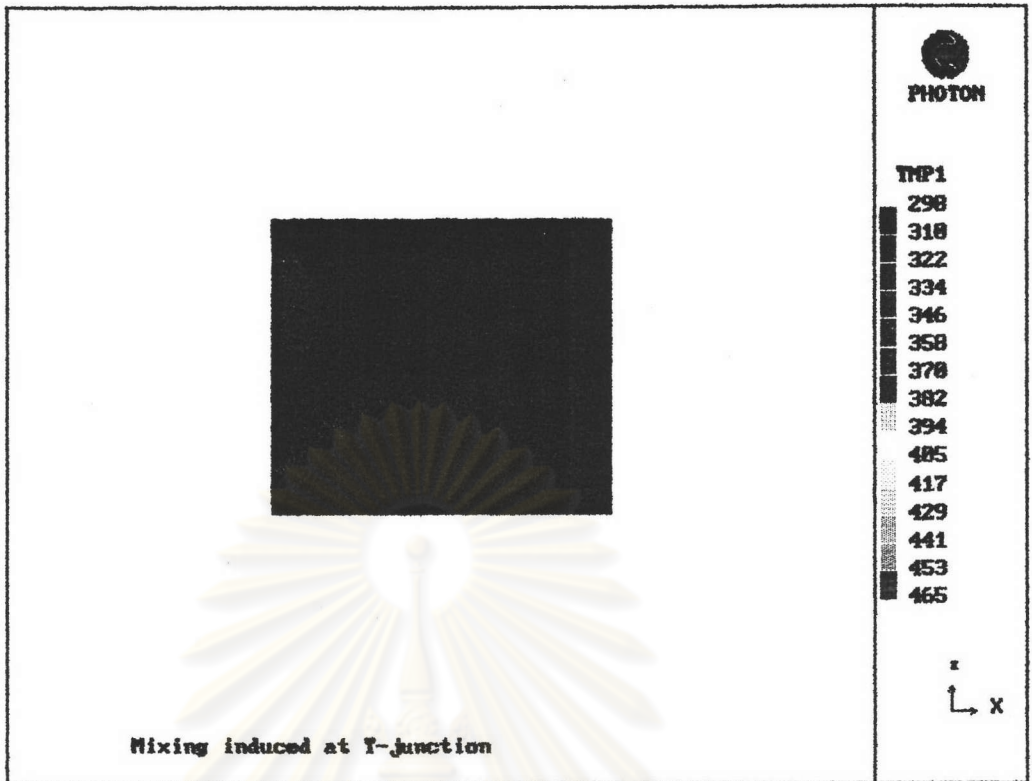
รูปที่ 5.23 b แสดงการกระจายตัวของเส้นรอบอนุภาคนิวตรอนกึ่งที่และการกระจายตัวของความเร็วในระนาบภาคตัดขวาง ที่มีบริเวณปลายทางการไหล $IZ = 25$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 12$



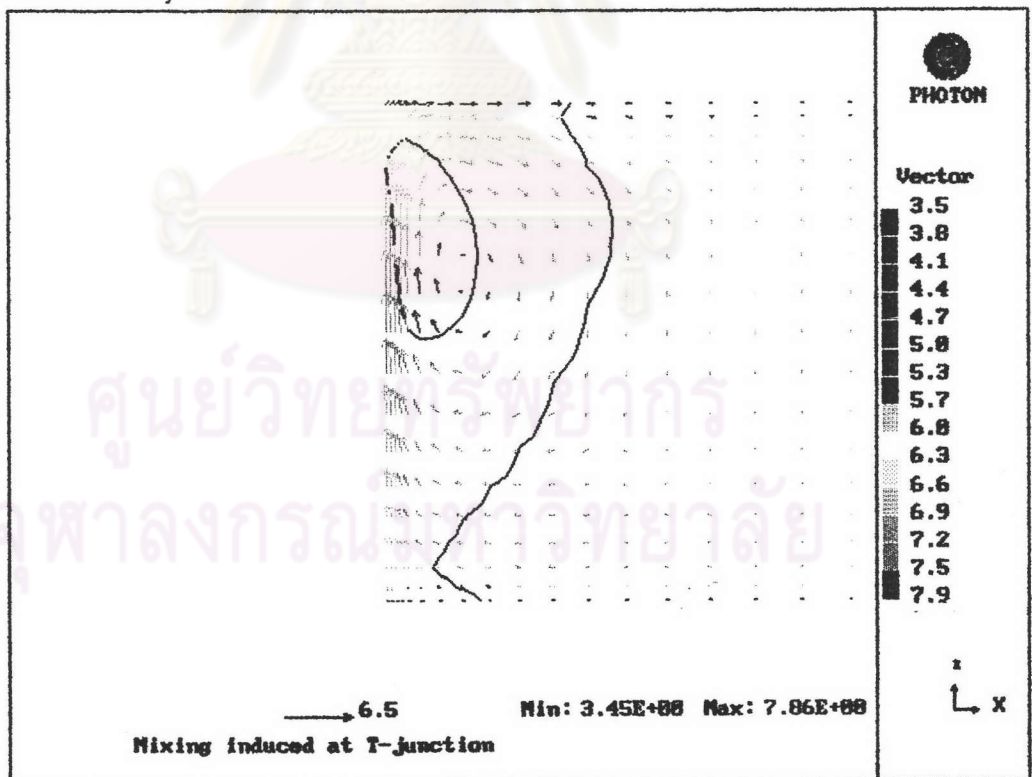
รูปที่ 5.24 a แสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิในระนาบภาคตัดขวางที่บริเวณปลายทางการไหล $IZ = 33$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 12$



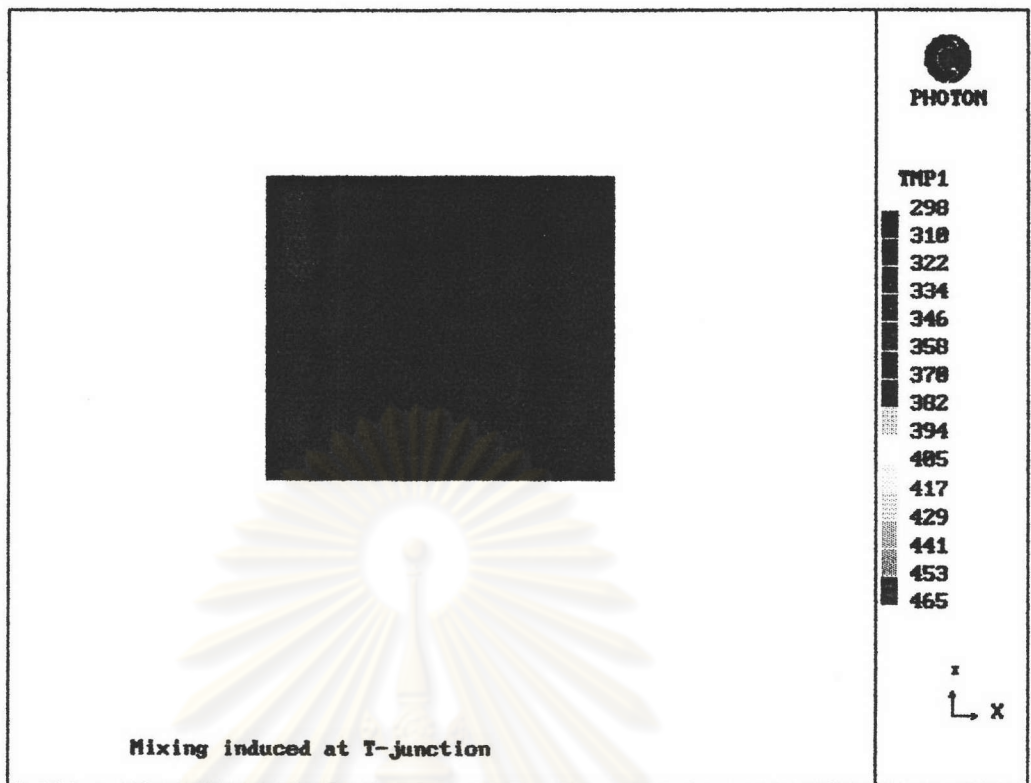
รูปที่ 5.24 b แสดงการกระจายตัวของเส้นรอบอุณหภูมิกงที่และการกระจายตัวของความเร็วในระนาบภาคตัดขวาง ที่บริเวณปลายทางการไหล $IZ = 33$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 12$



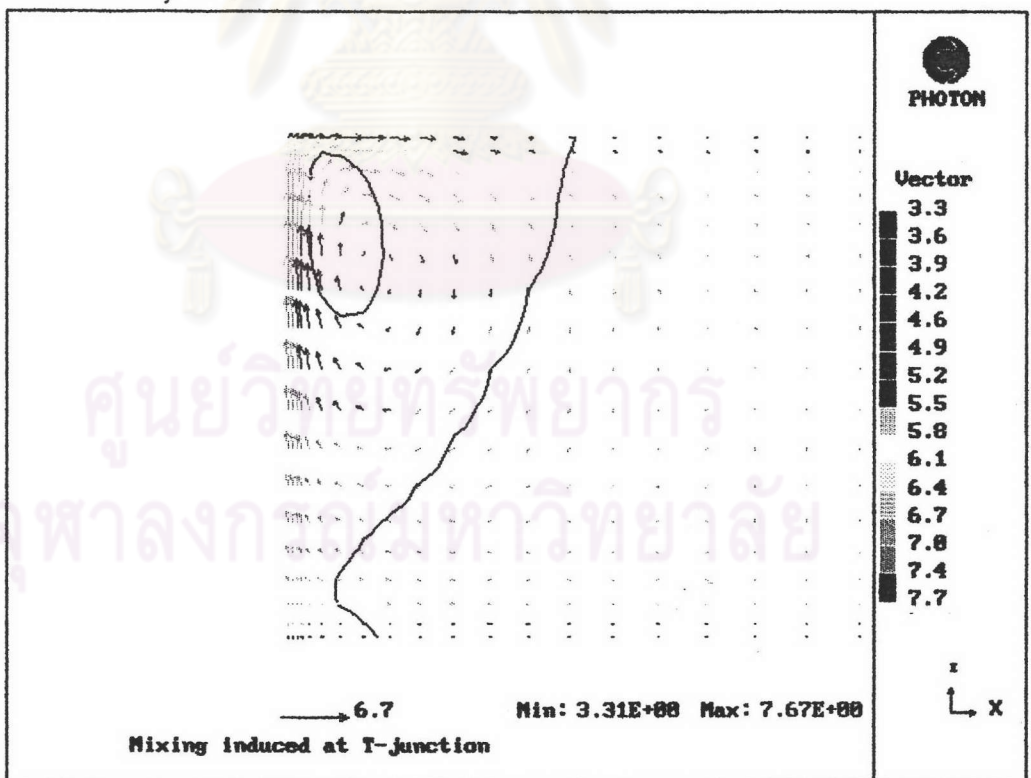
รูปที่ 5.25 a แสดงการกระจายตัวของอนุภาคนิวตรอนในระนาบภาคตัดขวางที่บริเวณปลายทางการไหล $IZ = 36$ ที่ $J = 32$, $L/d = 12$



รูปที่ 5.25 b แสดงการกระจายตัวของเส้นรอบอนุภาคนิวตรอนและการกระจายตัวของความเร็วในระนาบภาคตัดขวาง ที่บริเวณปลายทางการไหล $IZ = 36$ ที่ $J = 32$, $L/d = 12$



รูปที่ 5.26 a แสดงการกระจายตัวของอนุภาคในระนาบภาคตัดขวางที่บริเวณปลายทางกรไลด $IZ = 42$ ที่ $J = 32$, $L/d = 12$



รูปที่ 5.26 b แสดงการกระจายตัวของเส้นรอบอนุภาคนิ่งที่และการกระจายตัวของความเร็วในระนาบภาคตัดขวาง ที่บริเวณปลายทางกรไลด $IZ = 42$ ที่ $J = 32$, $L/d = 12$

5.4.2 ผลของอัตราส่วนโมเมนต์ที่มากขึ้น คือ กรณีศึกษาที่ 2 ที่ $J = 72$ และ $L_y/d = 12$

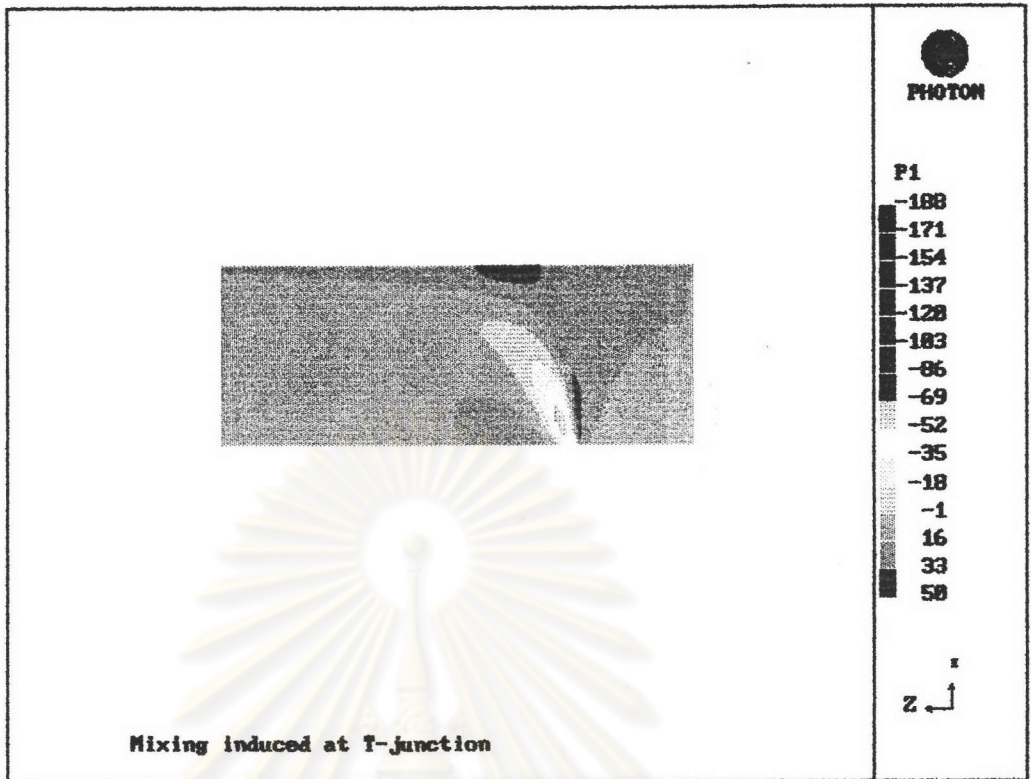
ผลของอัตราส่วนโมเมนต์ที่มากขึ้น ทำให้เกิดผลต่างของความดันทางด้านหน้าของเจ็ตและทางด้านหลังของเจ็ตมากขึ้น ของไหลที่เป็นเจ็ตจะเกิดการเบี่ยงเบนวิถีการเคลื่อนที่ของของไหลที่เป็นเจ็ตน้อยลง และกระทบกับผนังกระทบบเร็วขึ้นที่ $z/d = 7.4$ ซึ่งทำให้เกิดการกระจายตัวของความเร็วและอุณหภูมิที่ผนังกระทบบทางด้านบนมากขึ้น ดังการกระจายตัวของความดัน ความเร็ว และอุณหภูมิในระนาบสมมาตร ($IX=1$) ในรูปที่ (5.27) ถึง (5.29) และจากผลต่างของความดันทางด้านหน้าของเจ็ตและทางด้านหลังของเจ็ตมากขึ้น ทำให้เกิดการไหลหมุนวนทางด้านข้างของของไหลที่เป็นเจ็ตมากขึ้นตาม โดยมีค่าขนาดความเร็วของการไหลหมุนวนที่จุดศูนย์กลางเท่ากับ 9.7 m/s ซึ่งทำให้เกิดการกระจายตัวของความเร็วและอุณหภูมิออกทางด้านข้างมากขึ้น ดังการกระจายตัวของความดัน ความเร็ว และอุณหภูมิในระนาบภาคตัดขวาง ($IZ=25,28,33,42$) ในรูปที่ (5.30) ถึง (5.37)

5.4.3 ผลของระยะห่างระหว่างแผ่นผนังลดลง คือ กรณีศึกษาที่ 3 ที่ $J = 32$ และ $L_y/d = 8$

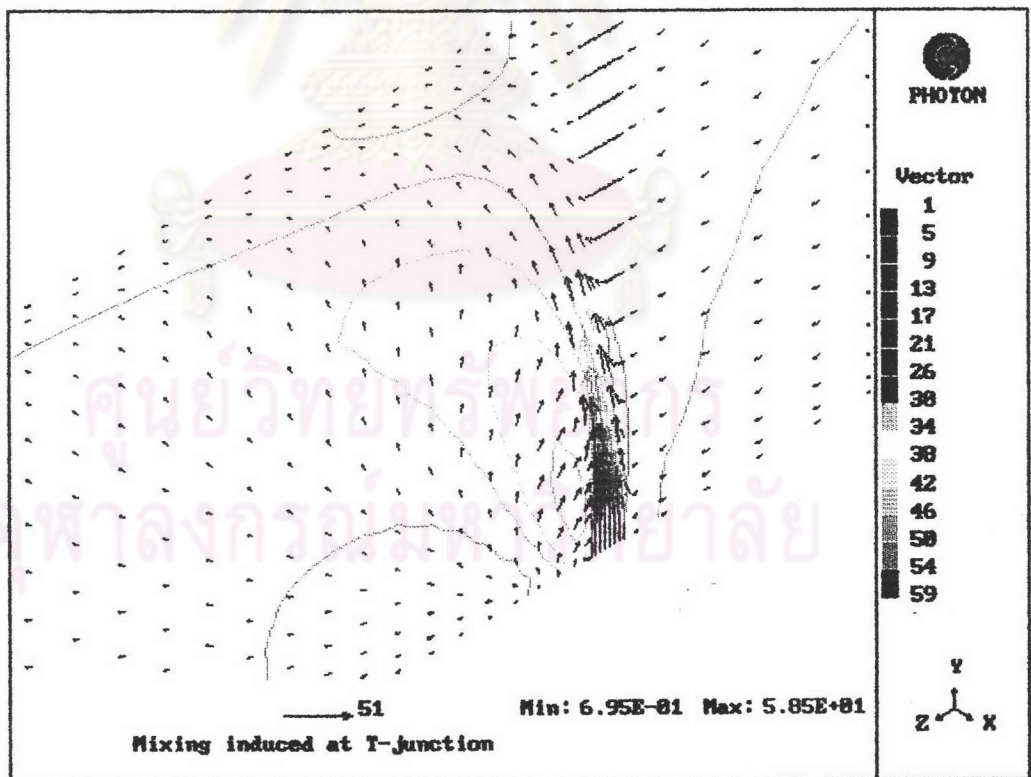
ผลของระยะห่างระหว่างแผ่นผนังลดลง ทำให้เป็นการเพิ่มความดันบริเวณผนังกระทบบของไหลที่เป็นเจ็ตจะกระทบกับผนังกระทบบที่ระดับต่ำลงมาที่ $z/d = 5.3$ ซึ่งทำให้เกิดการกระจายตัวของความเร็วและอุณหภูมิที่ผนังกระทบบทางด้านบนมากขึ้น ดังการกระจายตัวของความดัน ความเร็ว และอุณหภูมิในระนาบสมมาตร ($IX=1$) ในรูปที่ (5.38) ถึง (5.40) และจากบริเวณความดันสูงมีค่ามากขึ้นที่ผนังกระทบบ ทำให้เกิดการกระจายตัวของความเร็วและอุณหภูมิออกทางด้านข้างมากขึ้น ดังการกระจายตัวของความดัน ความเร็ว และอุณหภูมิในระนาบภาคตัดขวาง ($IZ=25,33$) ในรูปที่ (5.41) ถึง (5.44)

5.4.4 ผลของระยะห่างระหว่างแผ่นผนังเพิ่มขึ้น คือ กรณีศึกษาที่ 4 ที่ $J = 32$ และ $L_y/d = 24$

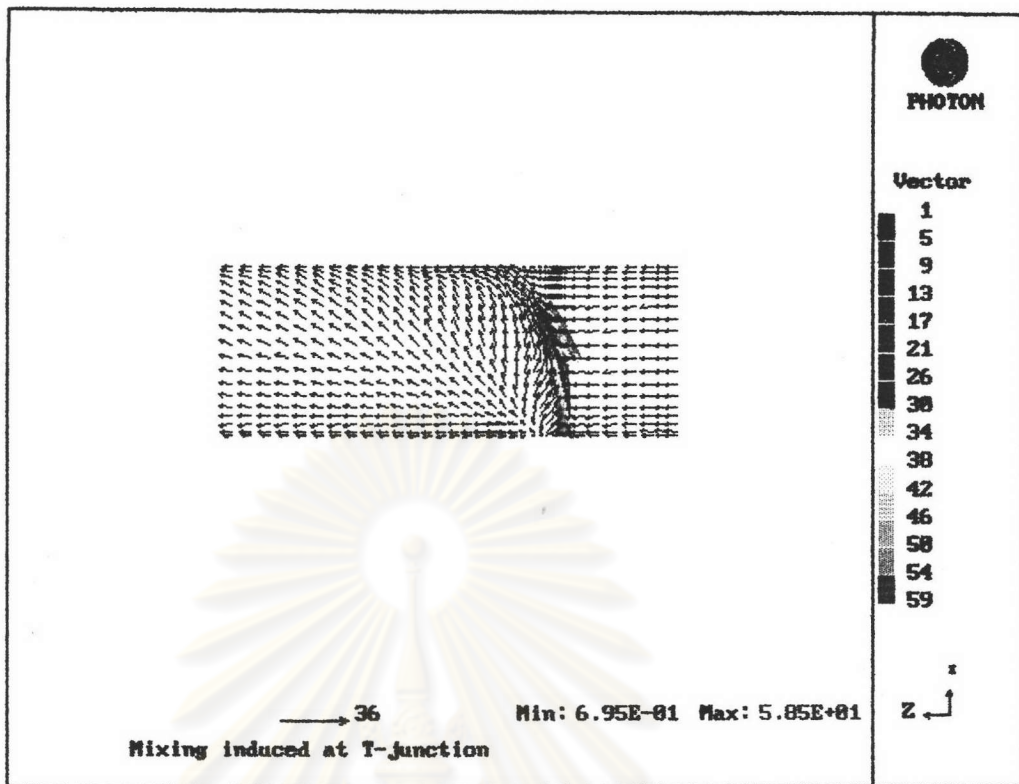
ผลของระยะห่างระหว่างแผ่นผนังเพิ่มขึ้น ทำให้ไม่เกิดบริเวณความดันสูงที่แผ่นผนังกระทบบ ของไหลที่เป็นเจ็ตเกิดการเบี่ยงเบนมากขึ้นและไม่กระทบกับผนังกระทบบ และเบี่ยงเบนเข้าสู่ทิศทางการไหลของของไหลในสายของไหลหลักที่ $z/d > 15.6$ ทำให้ไม่เกิดการกระจายตัวของความเร็วและอุณหภูมิที่ผนังกระทบบทางด้านบน ดังการกระจายตัวของความดัน ความเร็ว และอุณหภูมิในระนาบสมมาตร ($IX=1$) ในรูปที่ (5.45) ถึง (5.47) และจากบริเวณความดันสูงที่ไม่เกิดขึ้นที่ผนังกระทบบ ทำให้เกิดการกระจายตัวของความเร็วและอุณหภูมิขึ้นที่บริเวณใกล้ๆ แกนสมมาตร ดังการกระจายตัวของความดัน ความเร็ว และอุณหภูมิในระนาบภาคตัดขวาง ($IZ=36,42$) ในรูปที่ (5.48) ถึง (5.51)



รูปที่ 5.27 a แสดงการกระจายตัวของความดันในระนาบสมมาตรที่ $IX = 1$ ที่ $J = 72$, $L/d = 12$

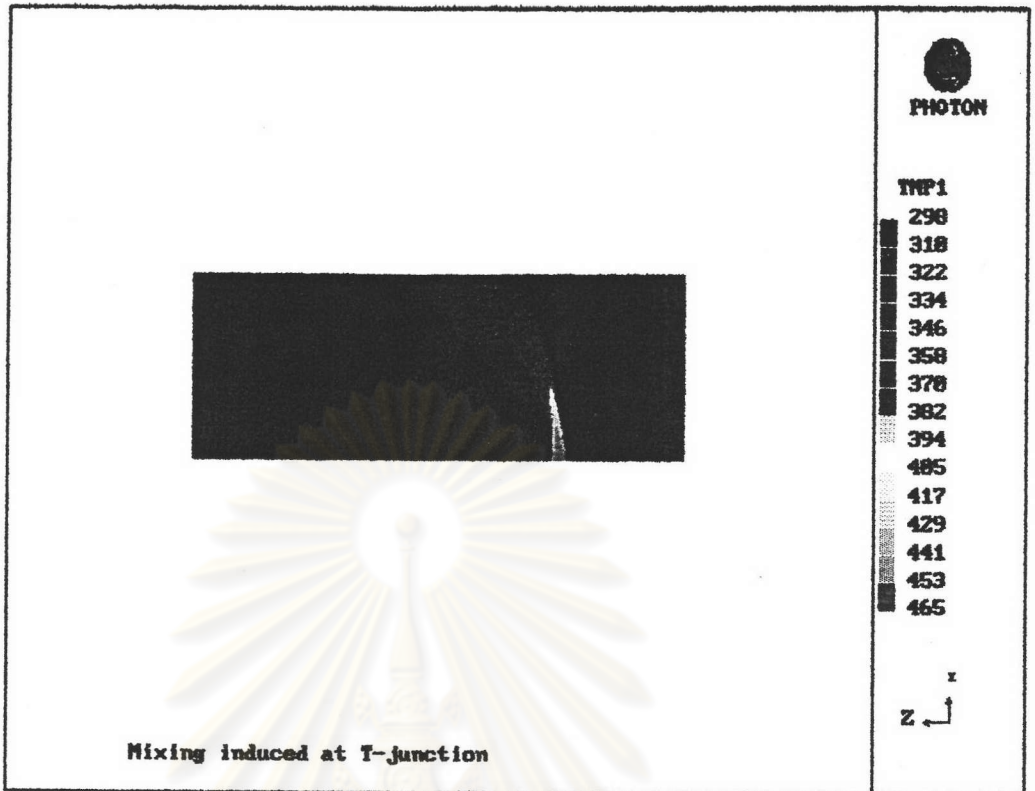


รูปที่ 5.27 b แสดงการกระจายตัวของเส้นรอบความดันคงที่และการกระจายตัวของความเร็วในระนาบสมมาตรที่ $IX = 1$ ที่ $J = 72$, $L/d = 12$

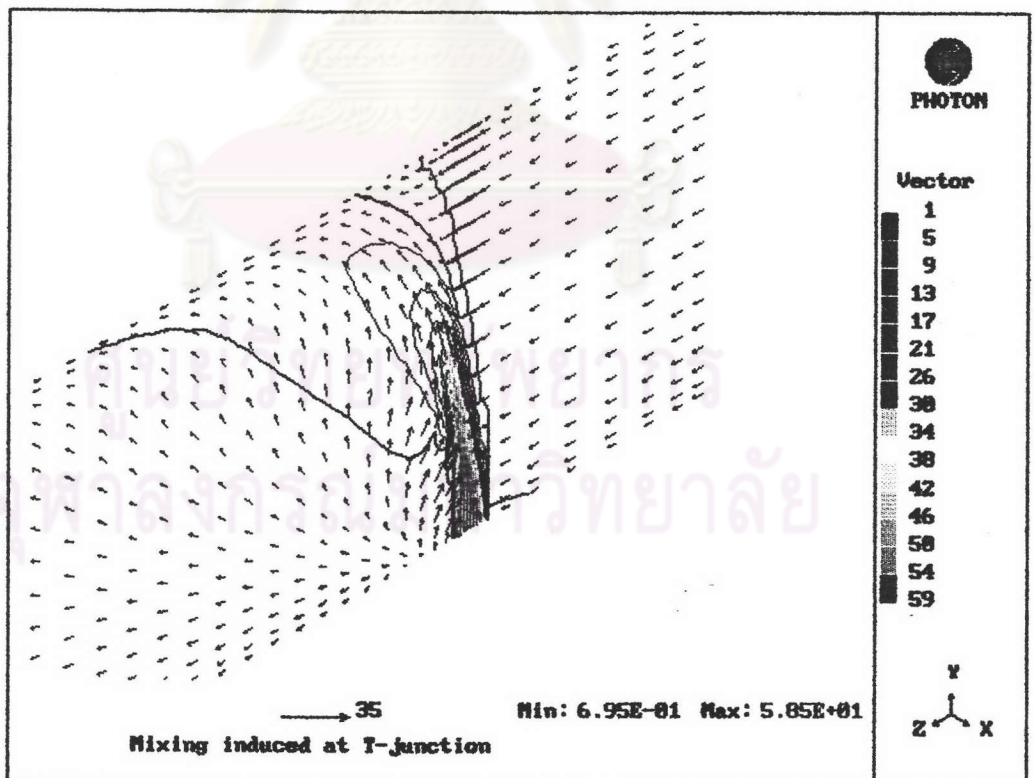


รูปที่ 5.28 แสดงการกระจายตัวของความเร็วในระนาบสมมาตรที่ IX = 1 ที่ J = 72 , $L_y/d = 12$

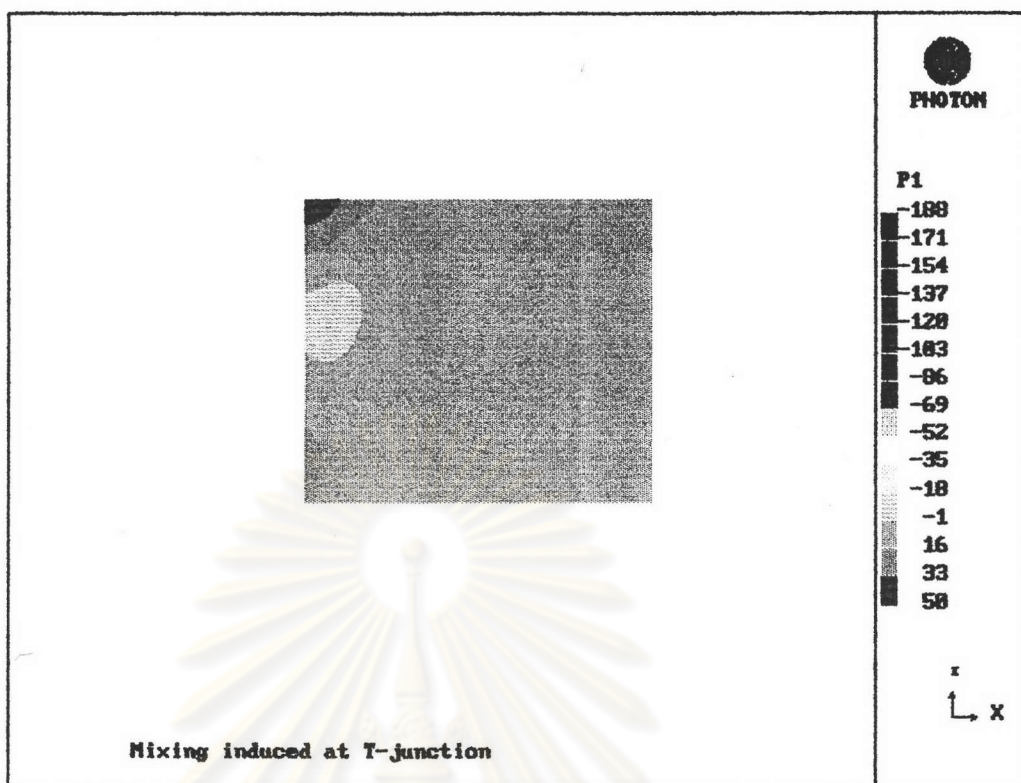
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



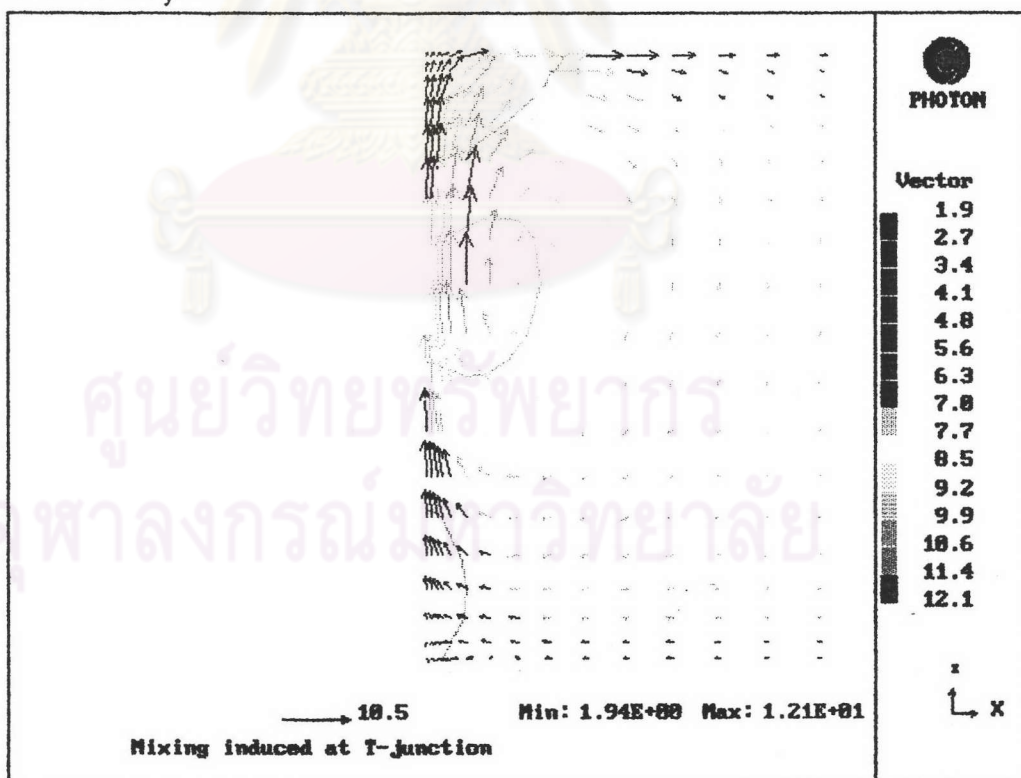
รูปที่ 5.29 a แสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิในระนาบสมมาตรที่ $IX = 1$ ที่ $J = 72$, $L_y/d = 12$



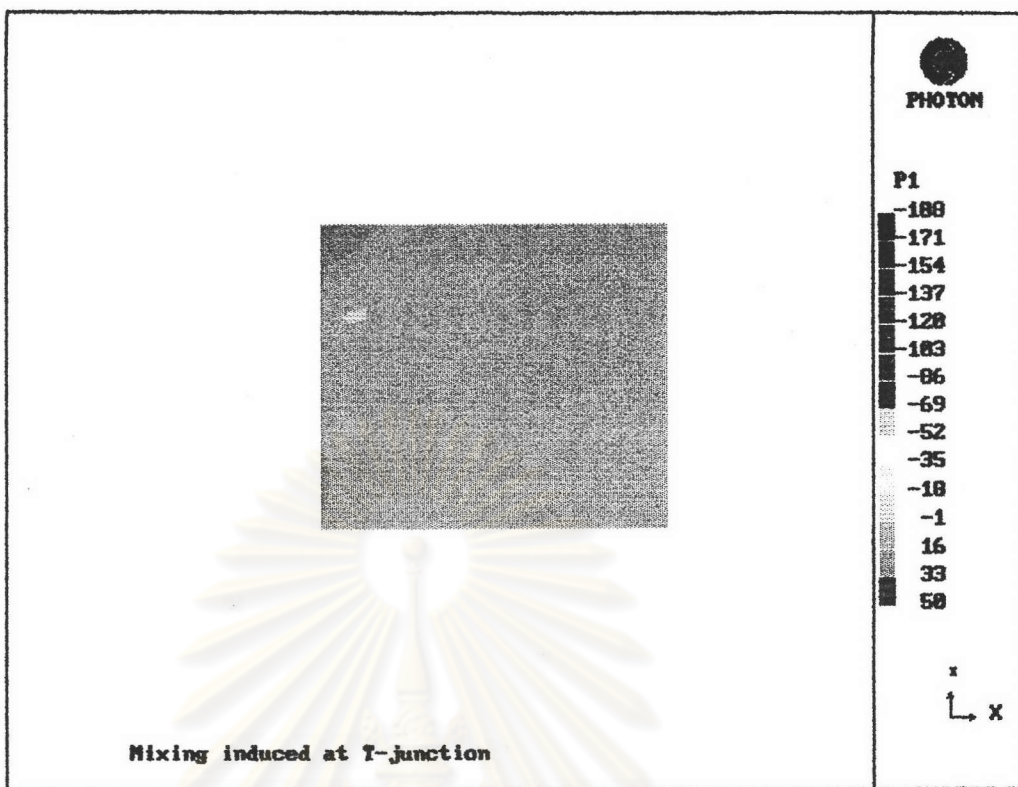
รูปที่ 5.29 b แสดงการกระจายตัวของเส้นรอบอุณหภูมิกึ่งที่และการกระจายตัวของความเร็วในระนาบสมมาตรที่ $IX = 1$ ที่ $J = 72$, $L_y/d = 12$



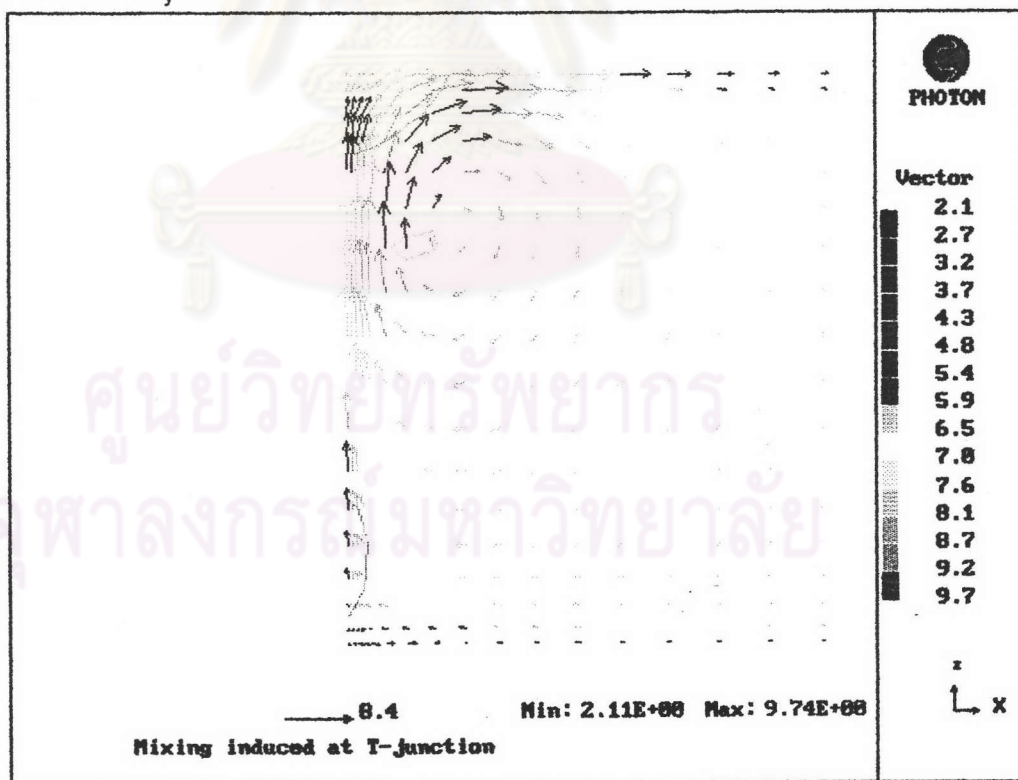
รูปที่ 5.30 a แสดงการกระจายตัวของความดันในระนาบภาคตัดขวางที่บริเวณปลายท่ทางไหล $IZ = 25$ ที่ $J = 72$, $L/d = 12$



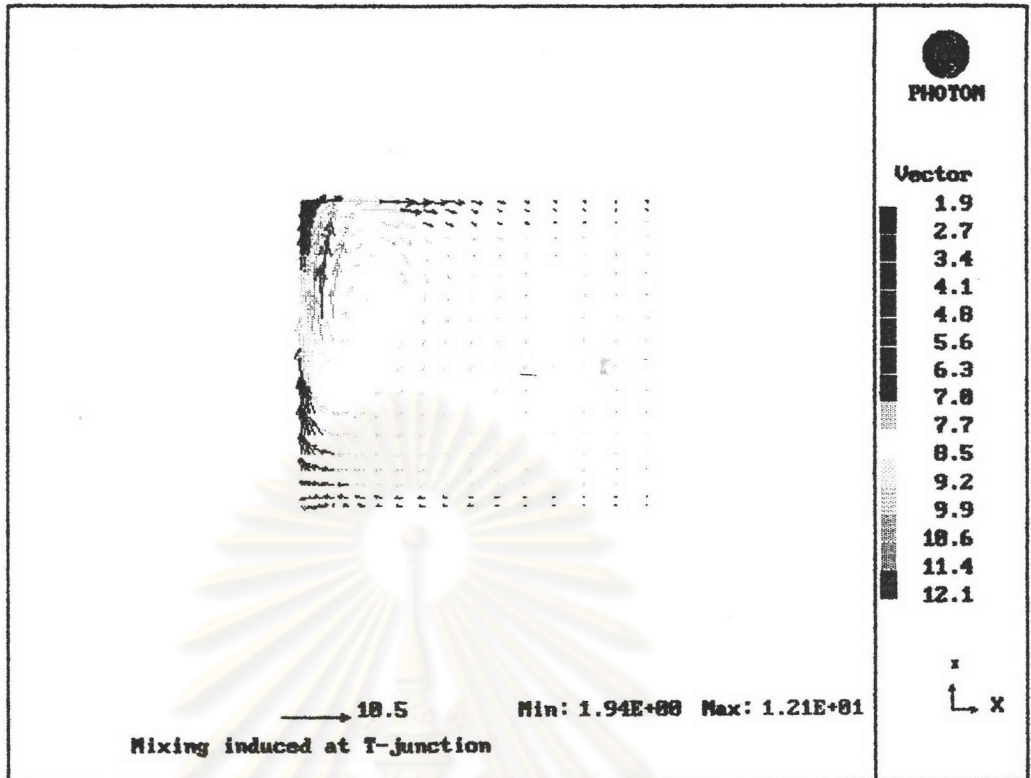
รูปที่ 5.30 b แสดงการกระจายตัวของเส้นรอบความดันคงที่และการกระจายตัวของความเร็วในระนาบภาคตัดขวาง ที่บริเวณปลายท่ทางไหล $IZ = 25$ ที่ $J = 72$, $L/d = 12$



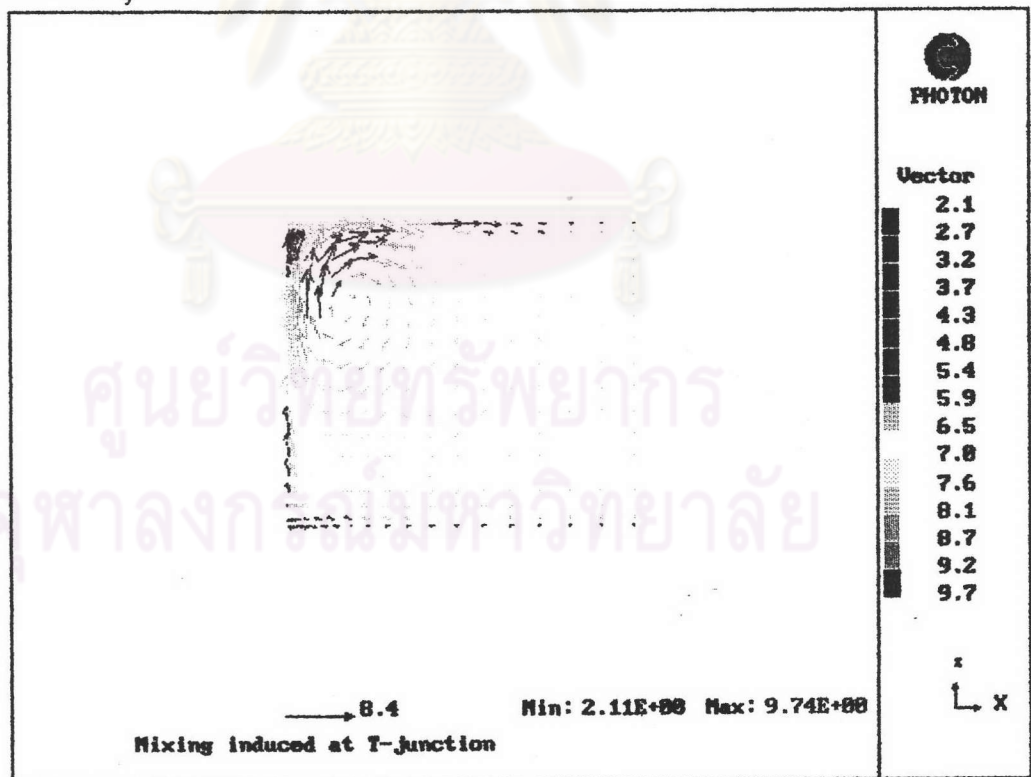
รูปที่ 5.31 a แสดงการกระจายตัวของความดันในระนาบภาคตัดขวางที่บริเวณปลายทางการไหล $IZ = 28$ ที่ $J = 72$, $L_y/d = 12$



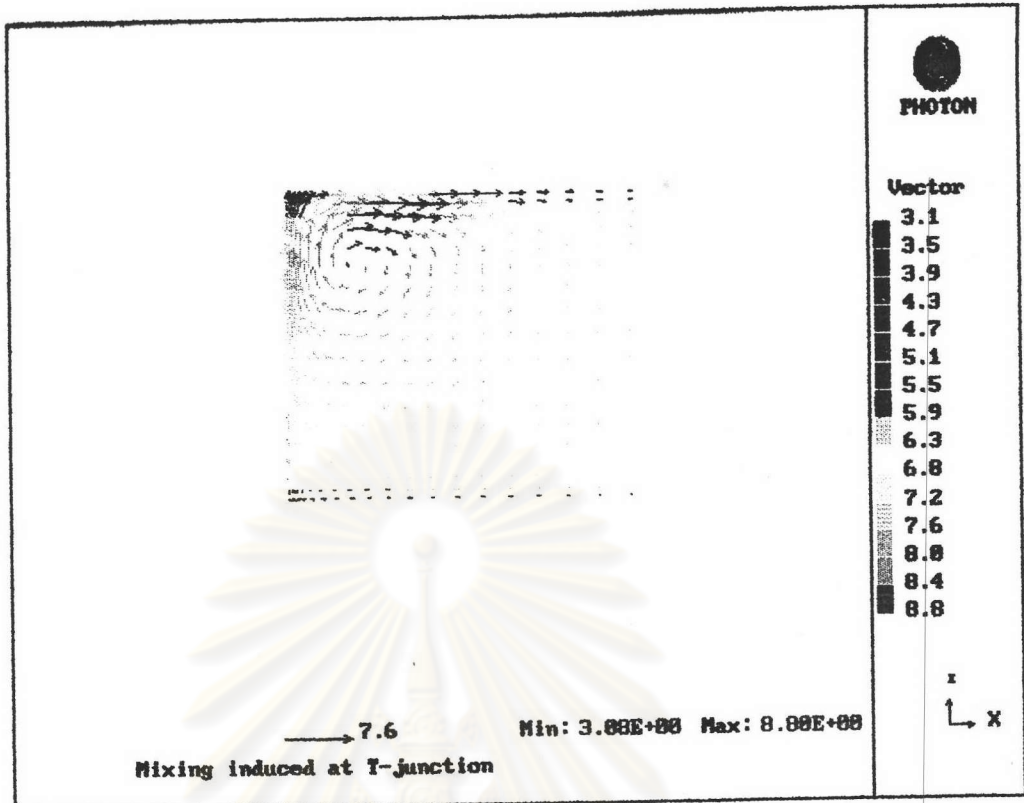
รูปที่ 5.31 b แสดงการกระจายตัวของเส้นรอบความดันคงที่และการกระจายตัวของความเร็วในระนาบภาคตัดขวาง ที่บริเวณปลายทางการไหล $IZ = 28$ ที่ $J = 72$, $L_y/d = 12$



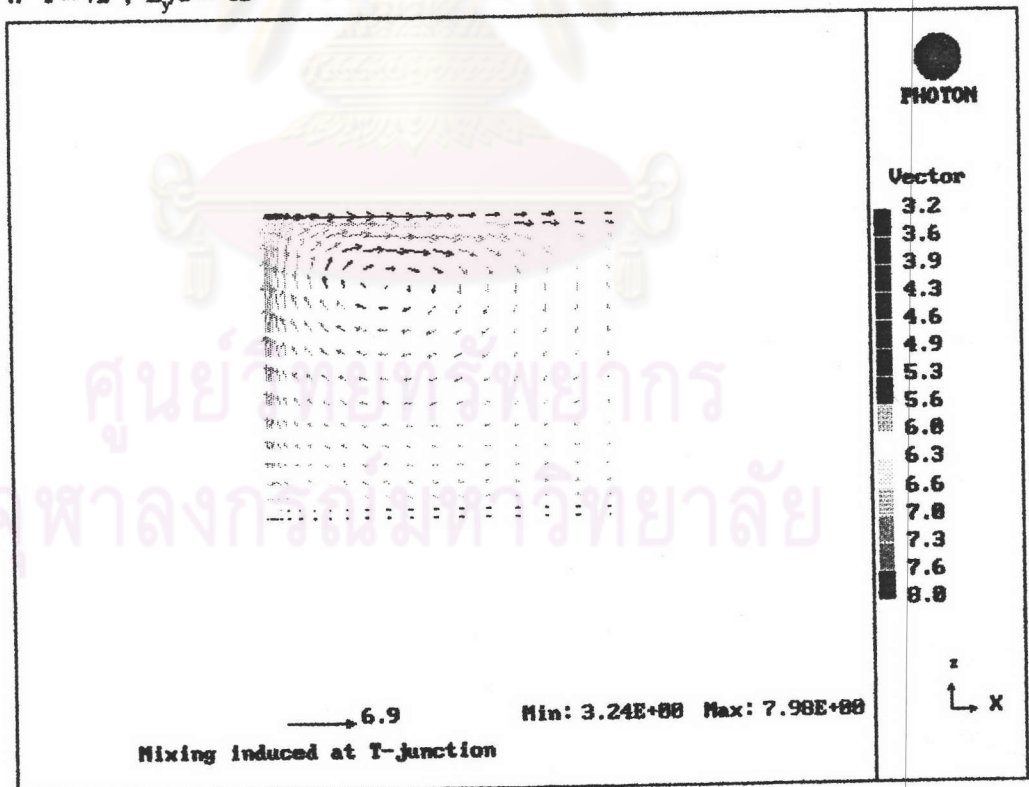
รูปที่ 5.32 a แสดงการกระจายตัวของความเร็วในระนาบภาคตัดขวางที่บริเวณปลายทางการไหล $IZ = 25$ ที่ $J = 72$, $L_y/d = 12$



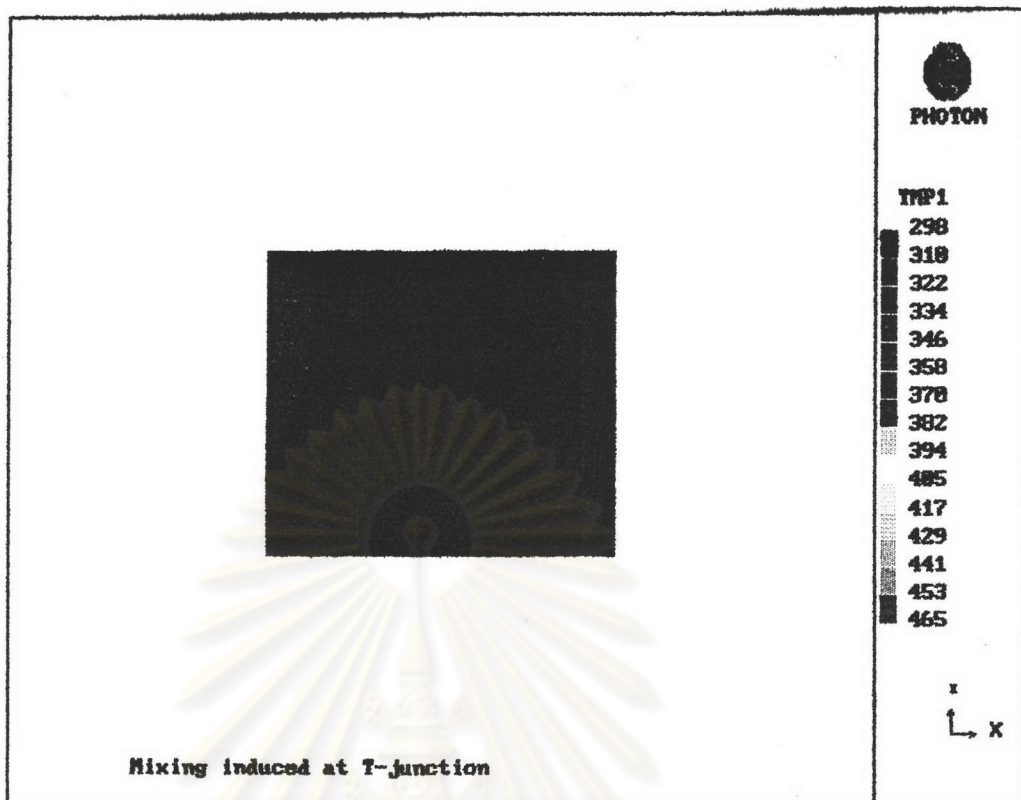
รูปที่ 5.32 b แสดงการกระจายตัวของความเร็วในระนาบภาคตัดขวางที่บริเวณปลายทางการไหล $IZ = 28$ ที่ $J = 72$, $L_y/d = 12$



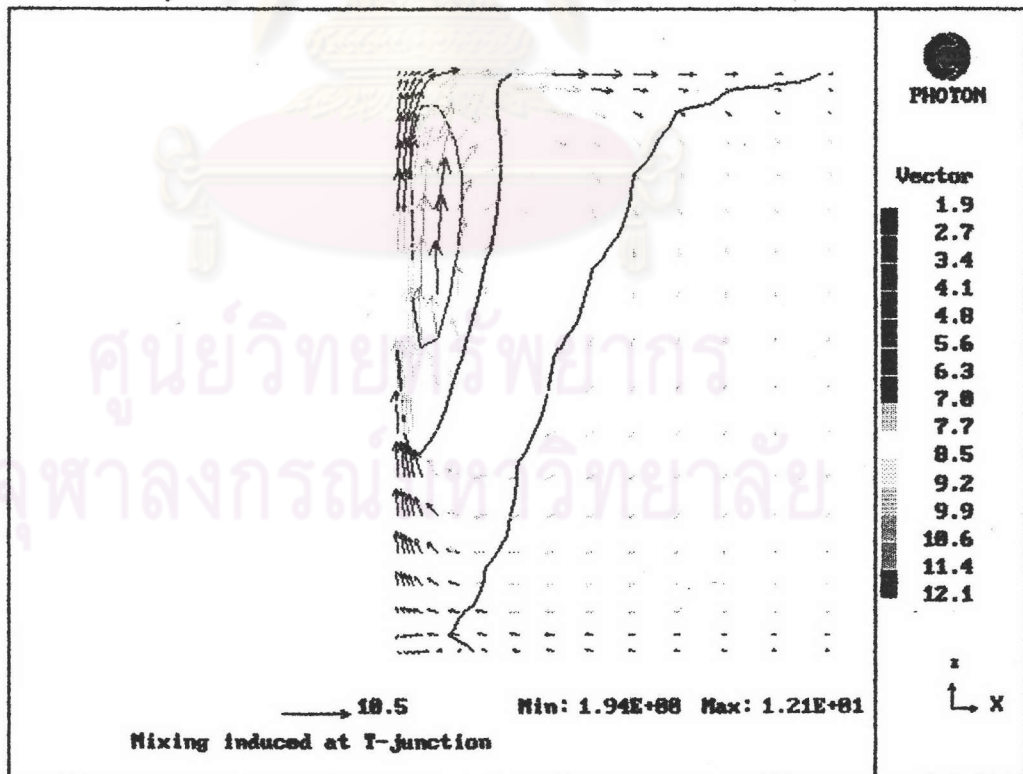
รูปที่ 5.33 a แสดงการกระจายตัวของความเร็วในระนาบภาคตัดขวางที่บริเวณปลายทางการไหล $IZ = 33$ ที่ $J = 72$, $L_y/d = 12$



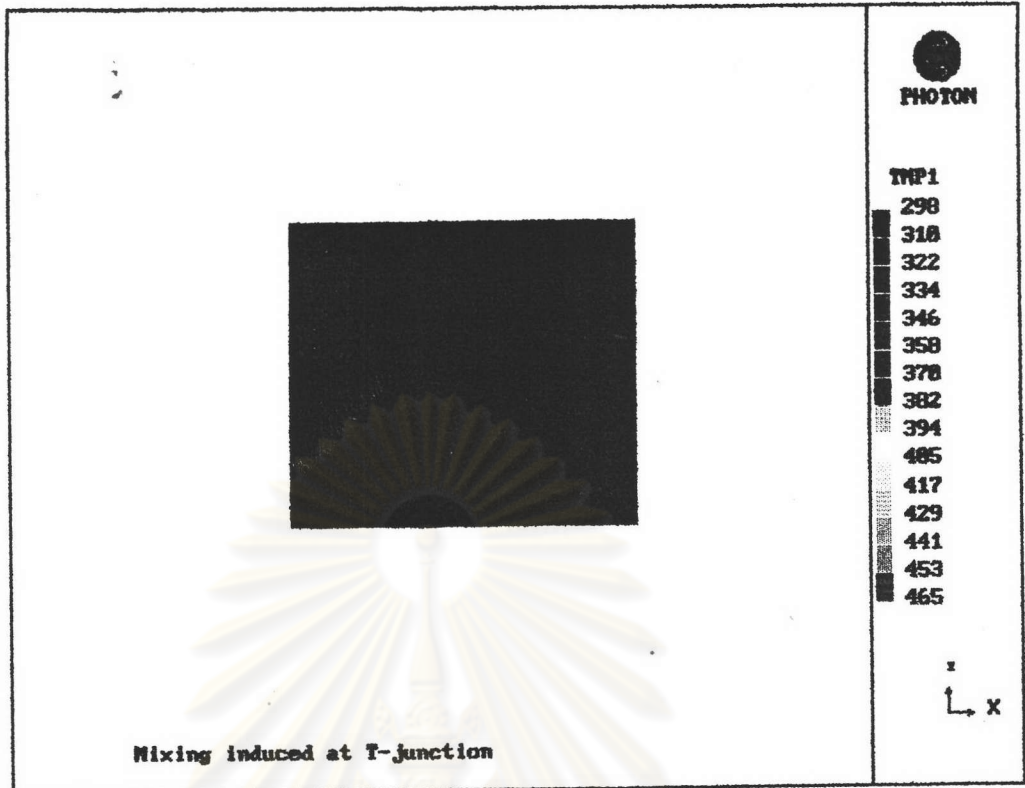
รูปที่ 5.33 b แสดงการกระจายตัวของความเร็วในระนาบภาคตัดขวางที่บริเวณปลายทางการไหล $IZ = 42$ ที่ $J = 72$, $L_y/d = 12$



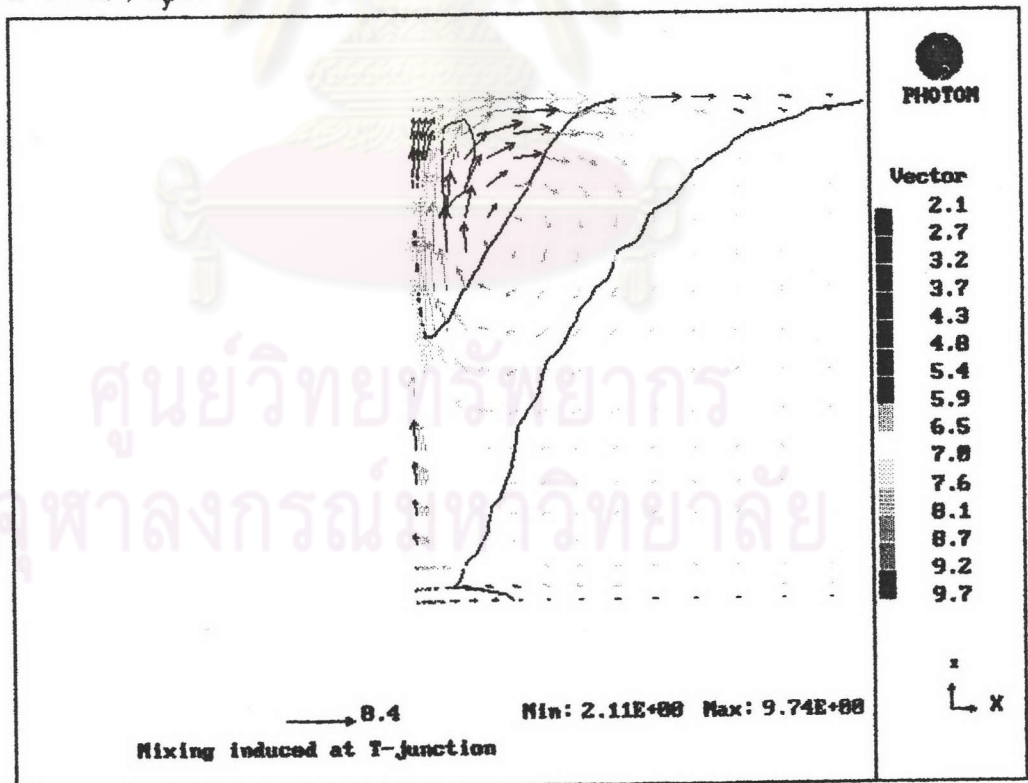
รูปที่ 5.34 a แสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิในระนาบภาคตัดขวางที่บริเวณปลายทงการไหล $IZ = 25$ ที่ $J = 72$, $L/d = 12$



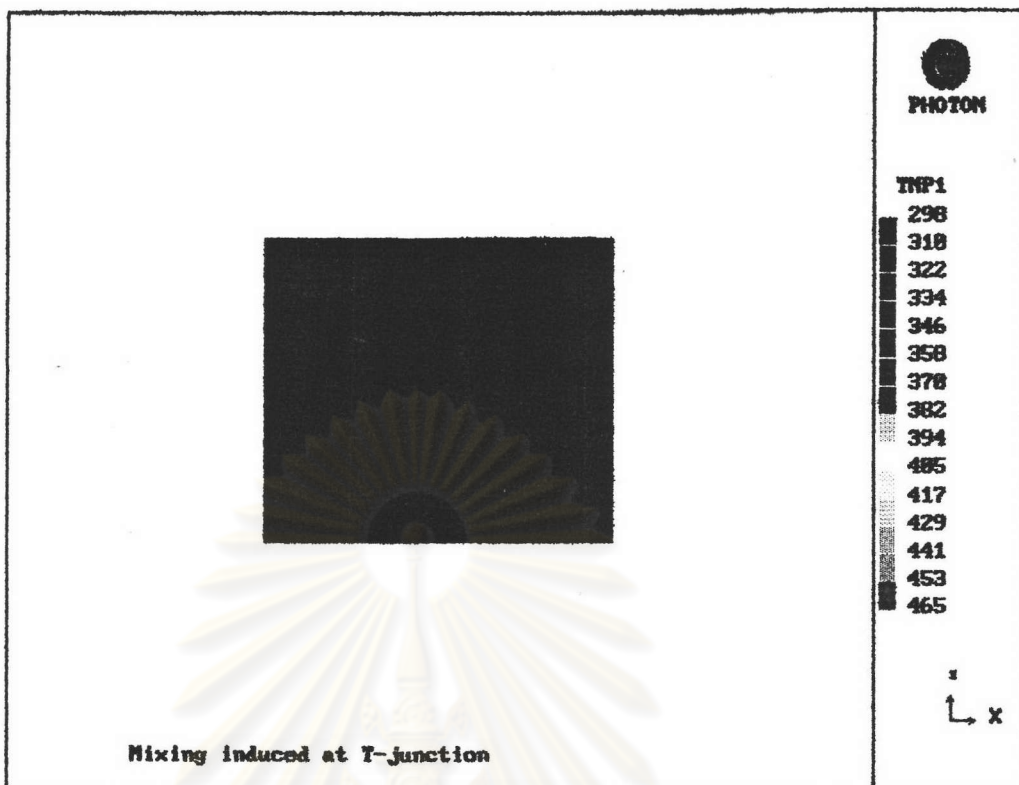
รูปที่ 5.34 b แสดงการกระจายตัวของเส้นรอบอุณหภูมิกึ่งที่และการกระจายตัวของความเร็วในระนาบภาคตัดขวาง ที่บริเวณปลายทงการไหล $IZ = 25$ ที่ $J = 72$, $L/d = 12$



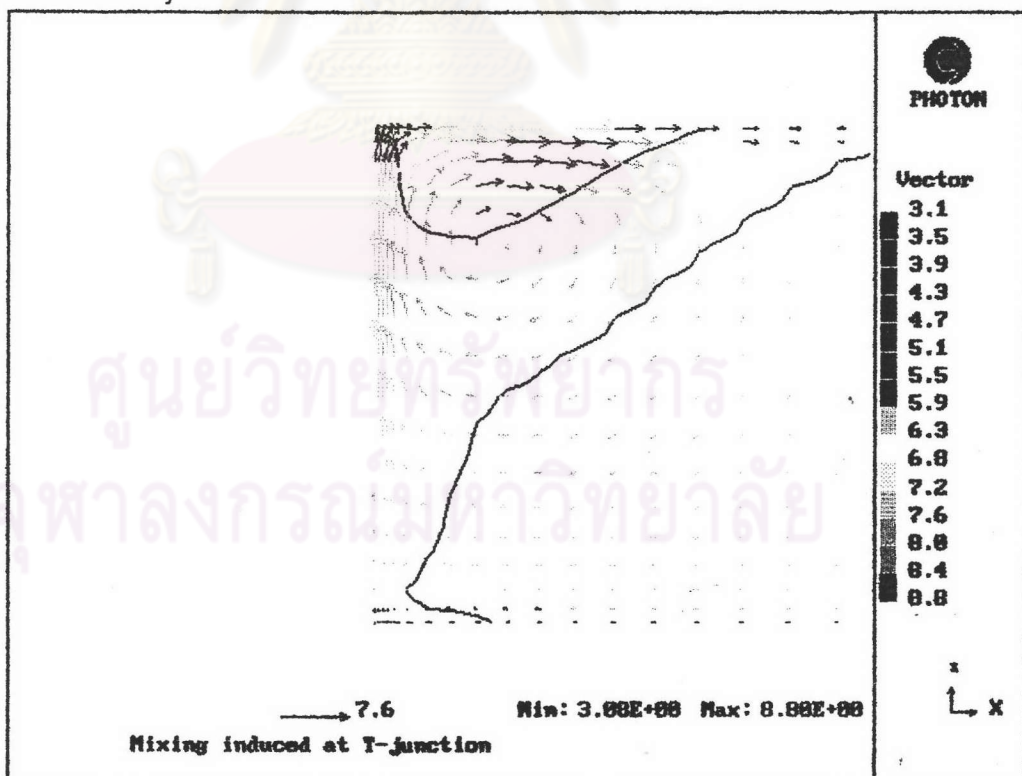
รูปที่ 5.35 a แสดงการกระจายตัวของอนุภาคนิวตรอนในระนาบภาคตัดขวางที่บริเวณปลายทางกรไหล $IZ = 28$ ที่ $J = 72$, $L_y/d = 12$



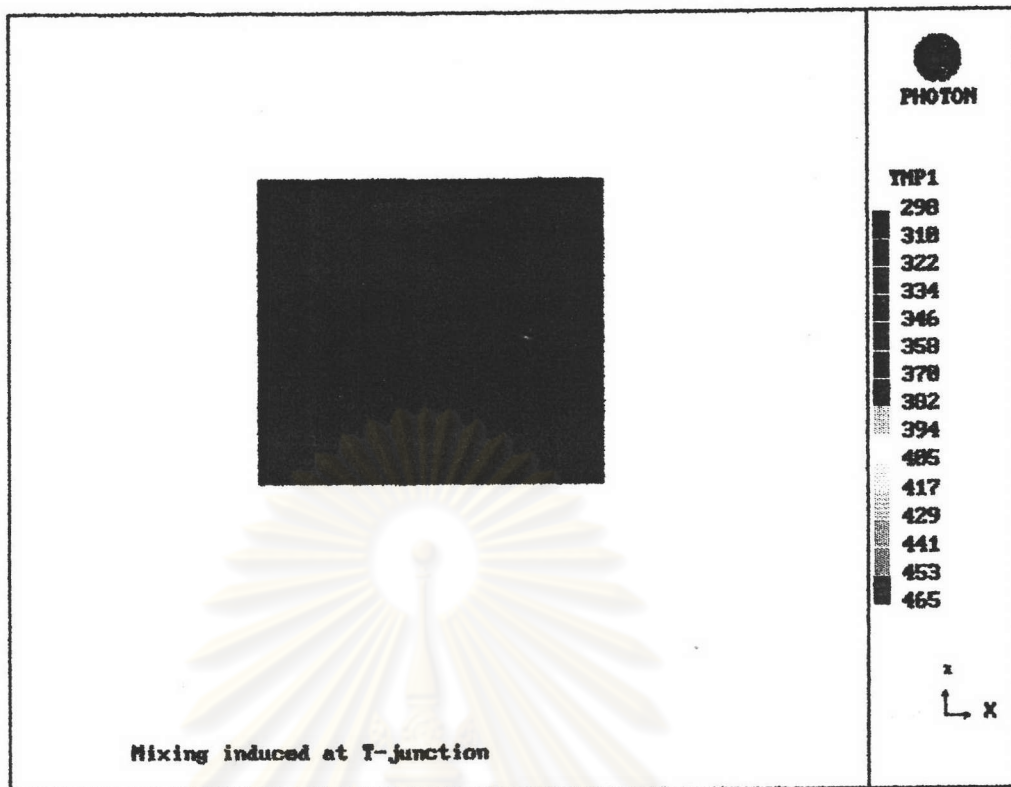
รูปที่ 5.35 b แสดงการกระจายตัวของเส้นรอบอนุภาคนิวตรอนที่และการกระจายตัวของความเร็วในระนาบภาคตัดขวาง ที่บริเวณปลายทางกรไหล $IZ = 28$ ที่ $J = 72$, $L_y/d = 12$



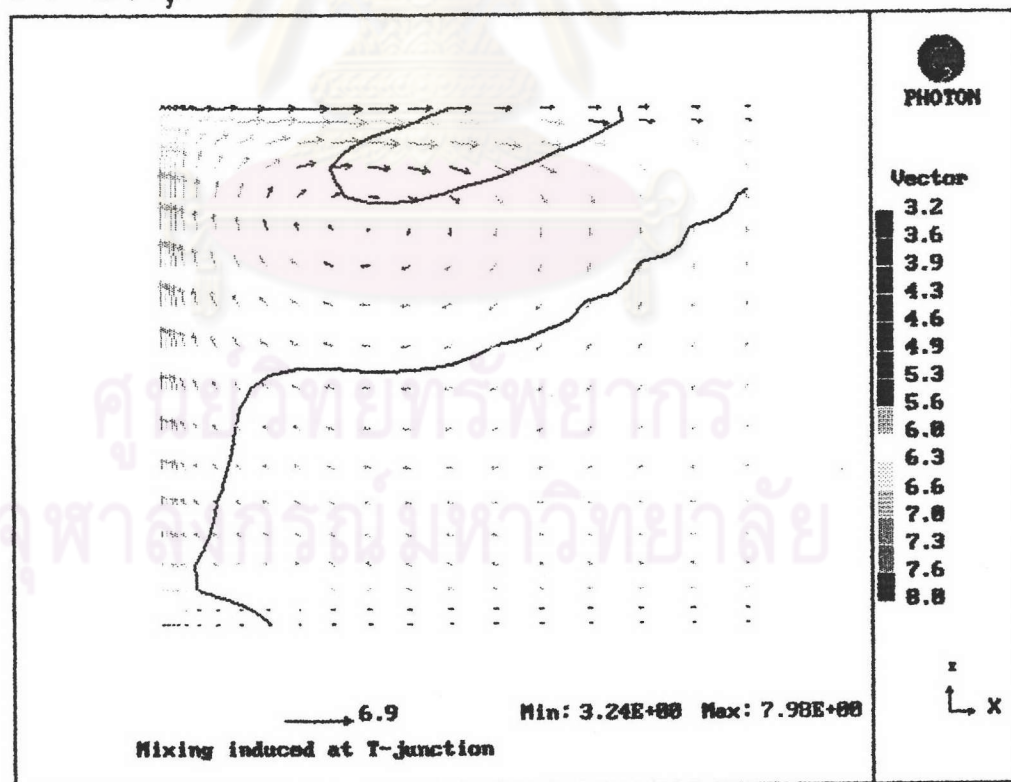
รูปที่ 5.36 a แสดงการกระจายตัวของอนุภาคนิวตริโนในระนาบภาคตัดขวางที่บริเวณปลายทางการไหล $IZ = 33$ ที่ $J = 72$, $L_y/d = 12$



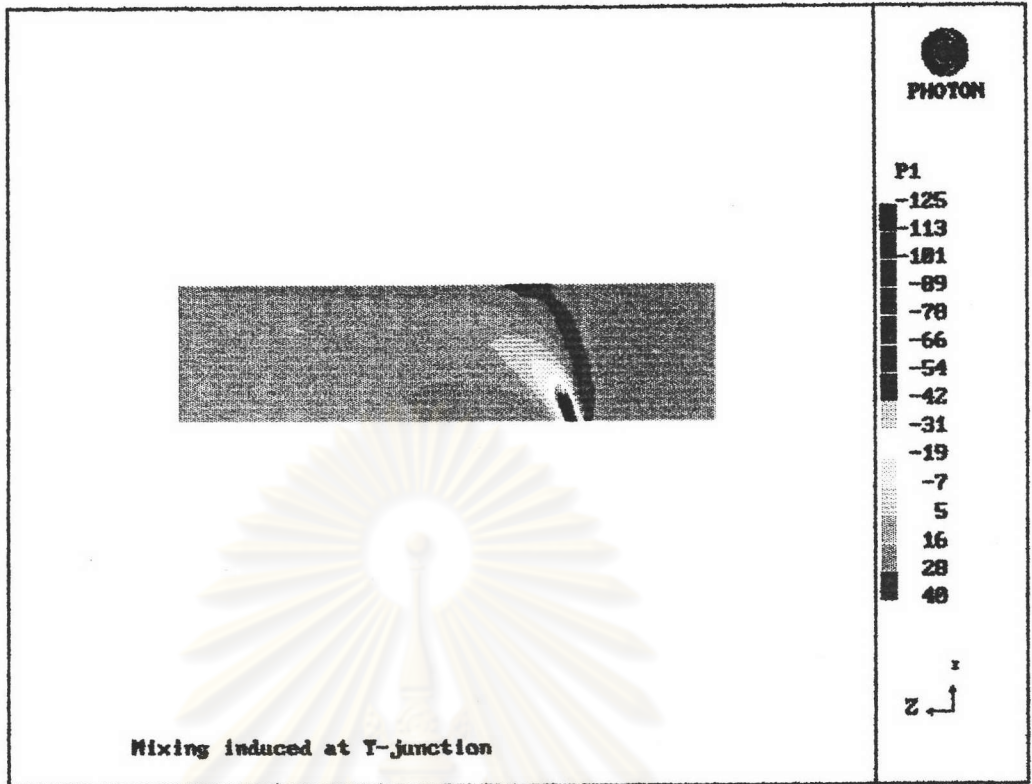
รูปที่ 5.36 b แสดงการกระจายตัวของเส้นรอบอนุภาคนิวตริโนและการกระจายตัวของความเร็วในระนาบภาคตัดขวาง ที่บริเวณปลายทางการไหล $IZ = 33$ ที่ $J = 72$, $L_y/d = 12$



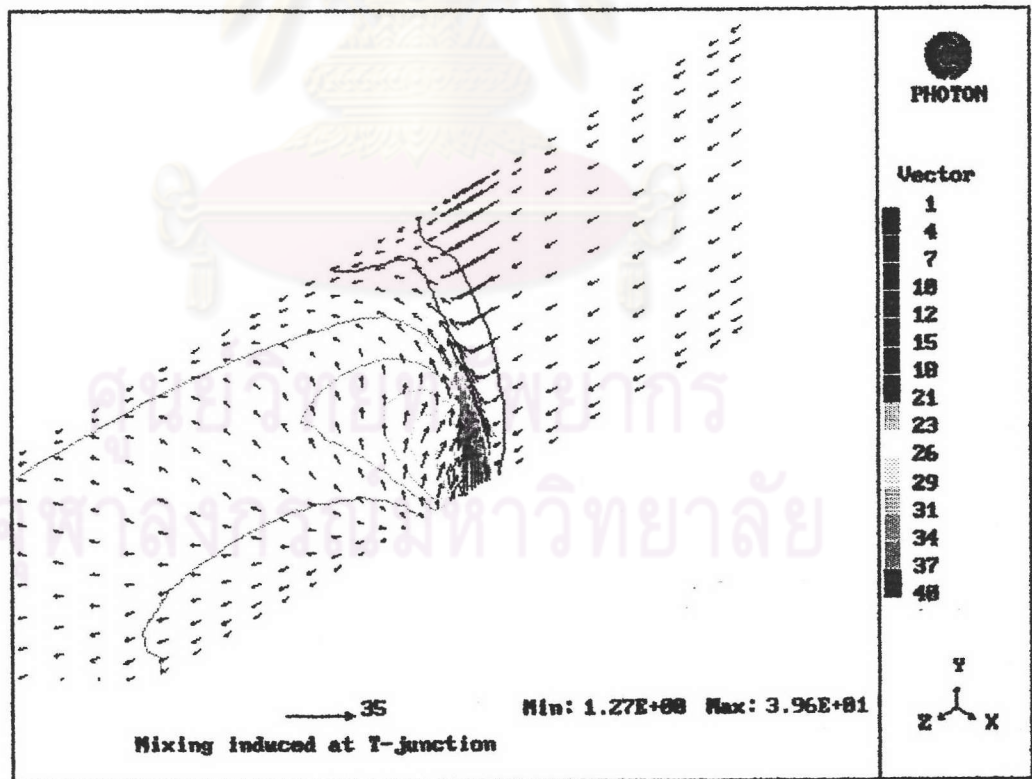
รูปที่ 5.37 a แสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิในระนาบภาคตัดขวางที่บริเวณปลายทางกรไหล $IZ = 42$ ที่ $J = 72$, $L_y/d = 12$



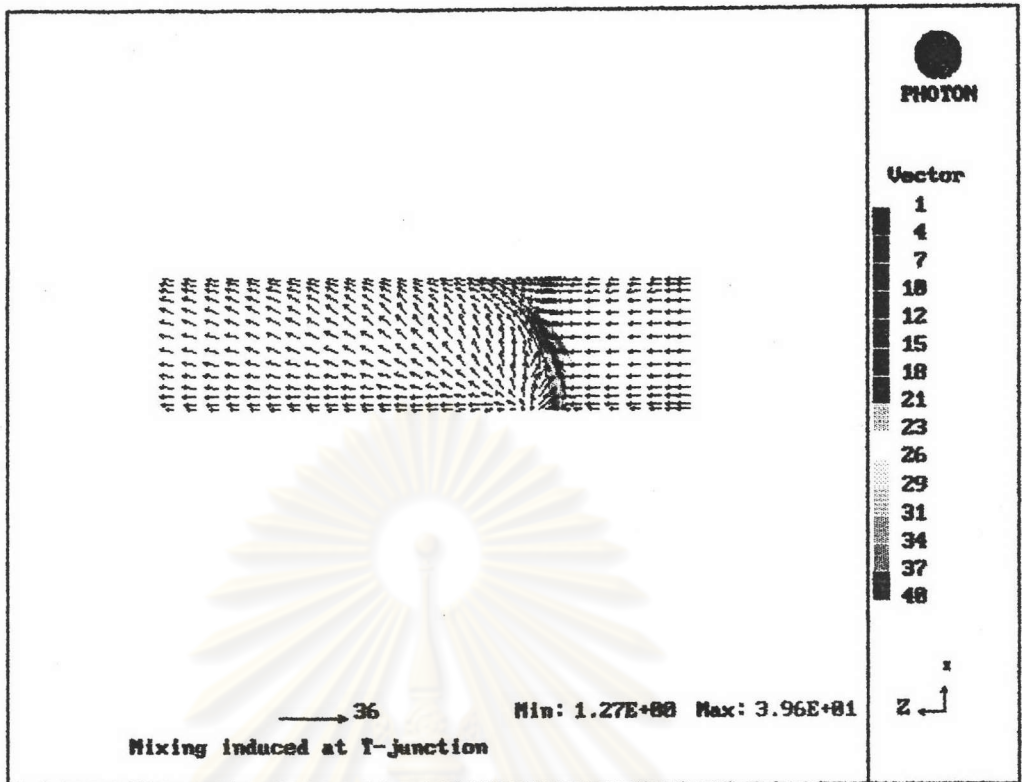
รูปที่ 5.37 b แสดงการกระจายตัวของเส้นรอบอุณหภูมิกงที่และการกระจายตัวของความเร็วในระนาบภาคตัดขวาง ที่บริเวณปลายทางกรไหล $IZ = 42$ ที่ $J = 72$, $L_y/d = 12$



รูปที่ 5.38 a แสดงการกระจายตัวของความดันในระนาบสมมาตรที่ $IX = 1$ ที่ $J = 32$, $L/d = 8$

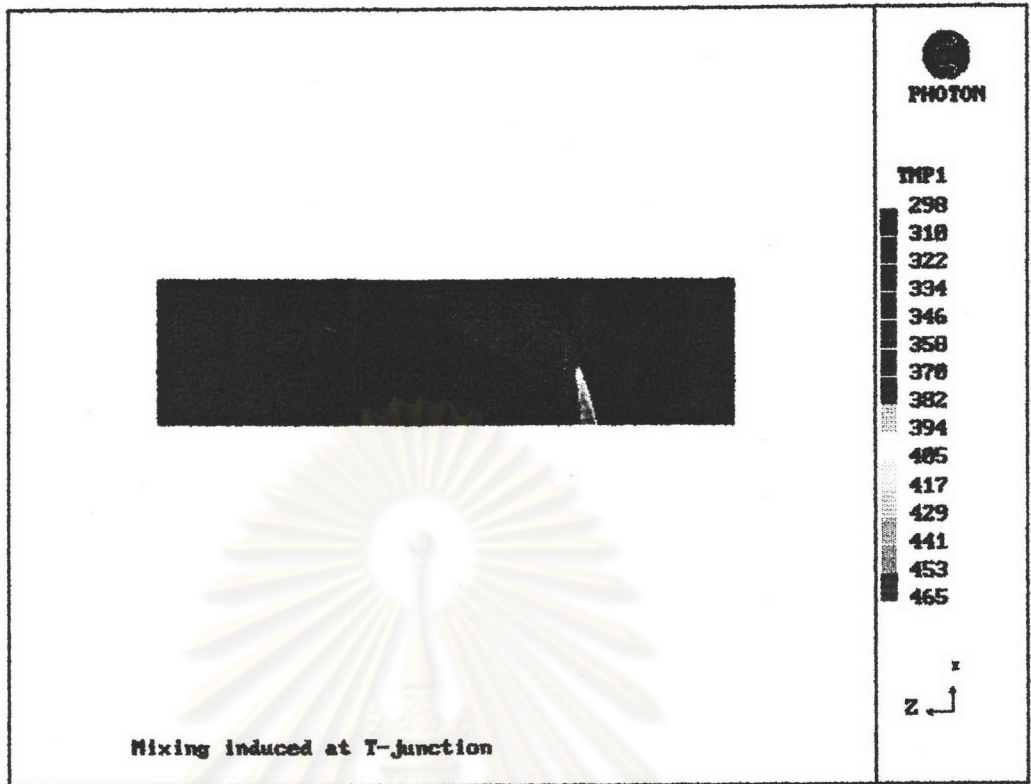


รูปที่ 5.38 b แสดงการกระจายตัวของเส้นรอบความดันคงที่และการกระจายตัวของความเร็วในระนาบสมมาตรที่ $IX = 1$ ที่ $J = 32$, $L/d = 8$

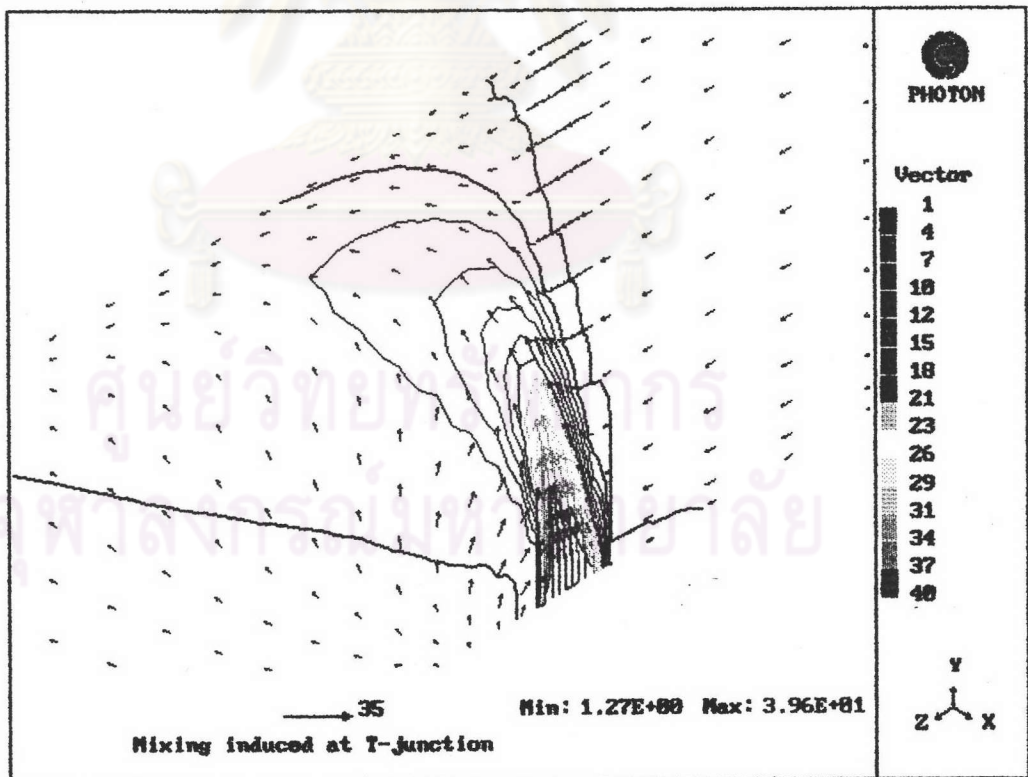


รูปที่ 5.39 แสดงการกระจายตัวของความเร็วในระนาบสมมาตรที่ $IX = 1$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 8$

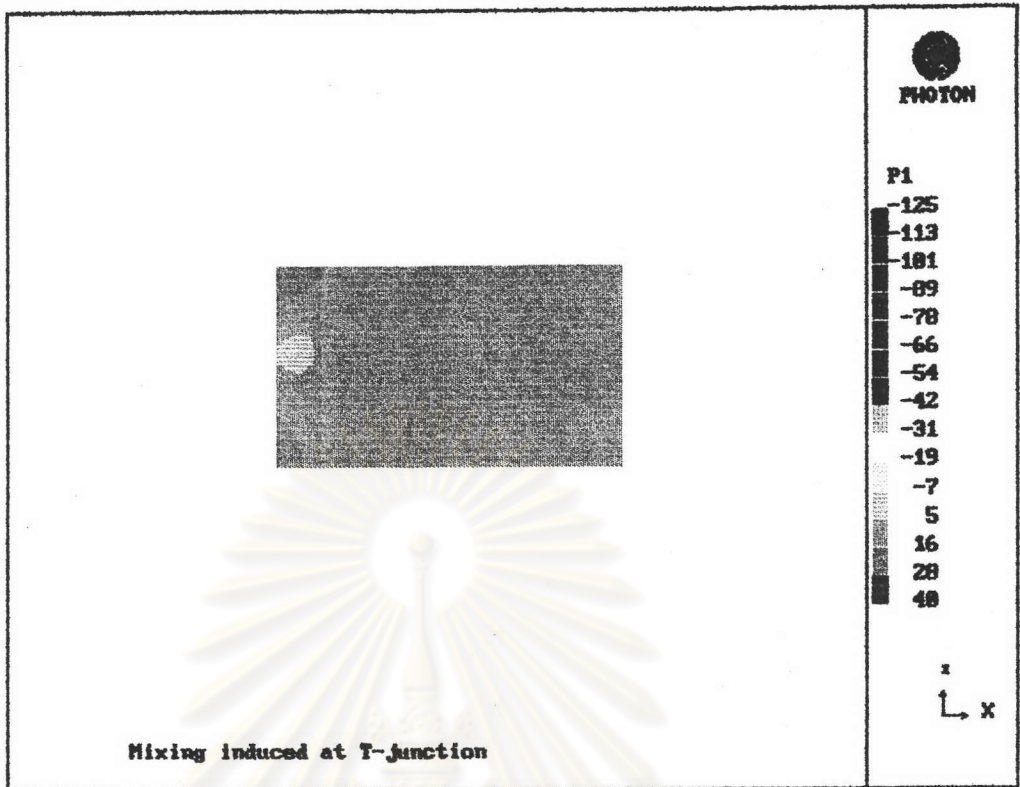
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



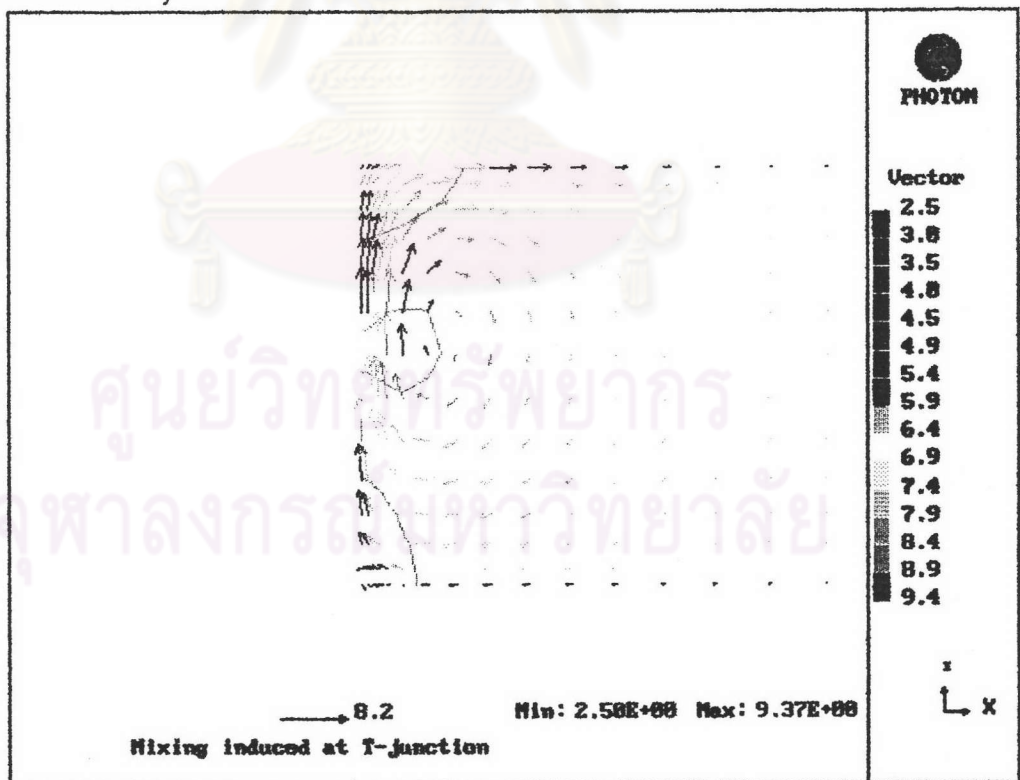
รูปที่ 5.40 a แสดงการกระจายตัวของอนุภาคนิวตรอนในระนาบสมมาตรที่ $IX = 1$ ที่ $J = 32$, $L/d = 8$



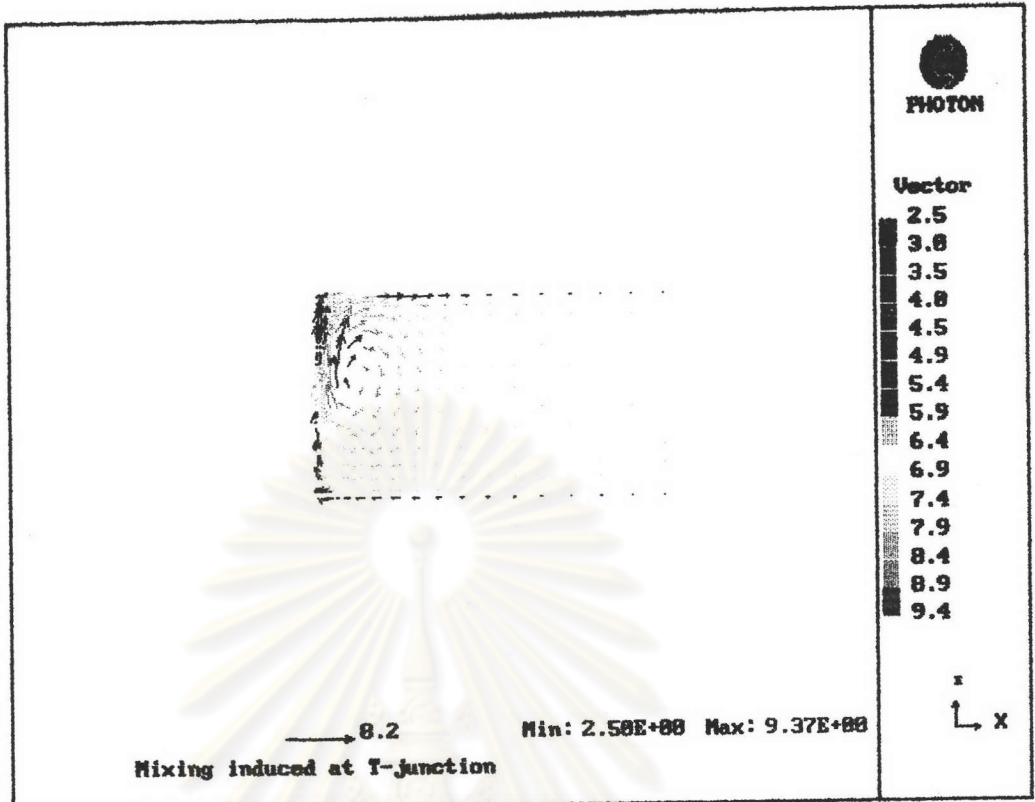
รูปที่ 5.40 b แสดงการกระจายตัวของเส้นรอบอนุภาคนิวตรอนที่และการกระจายตัวของความเร็วในระนาบสมมาตรที่ $IX = 1$ ที่ $J = 32$, $L/d = 8$



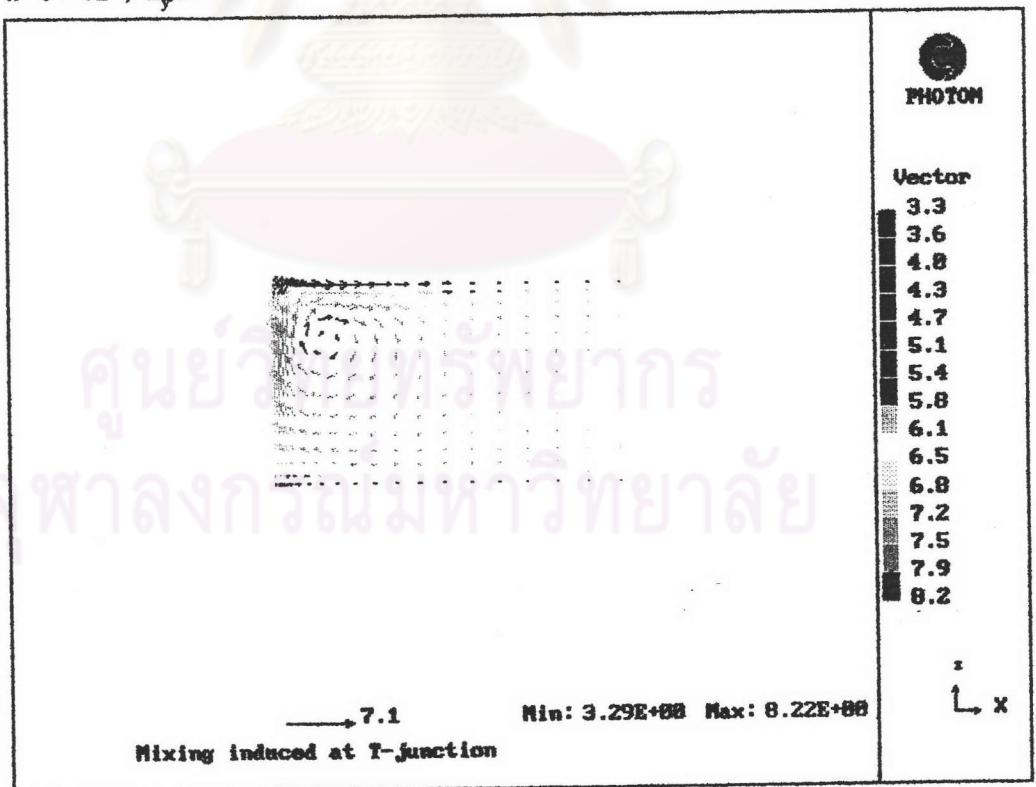
รูปที่ 5.41 a แสดงการกระจายตัวของความดันในระนาบภาคตัดขวางที่มีบริเวณปลายทางกรโหล $IZ = 25$ ที่ $J = 32$, $L/d = 8$



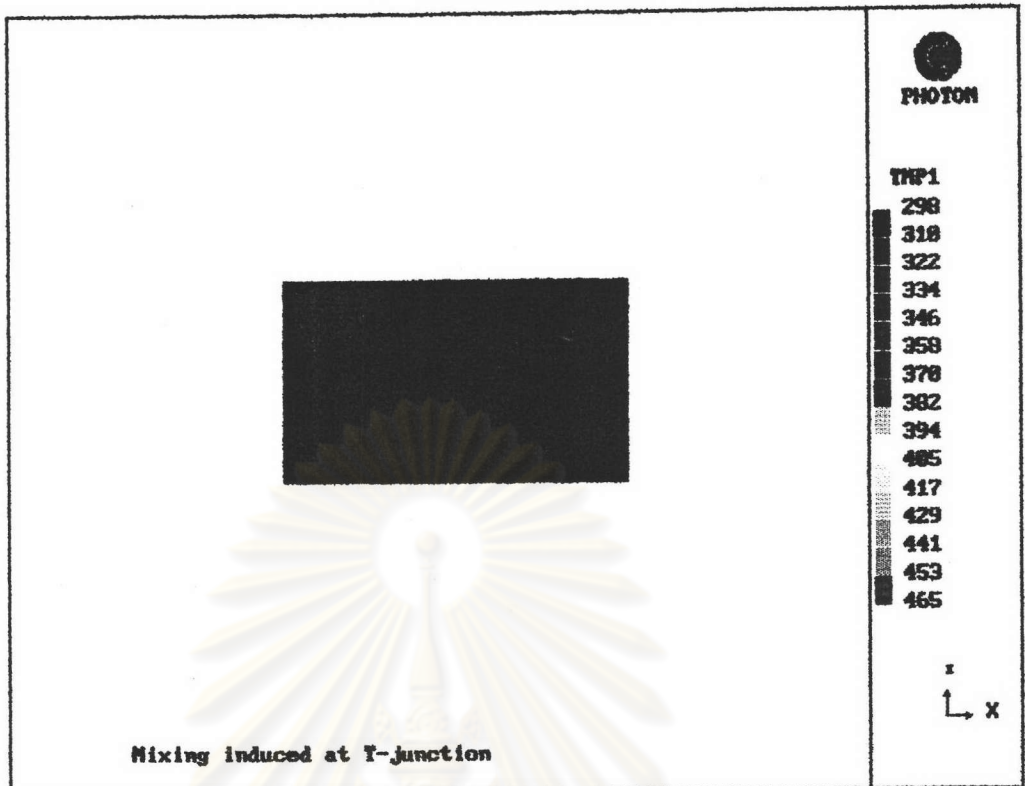
รูปที่ 5.41 b แสดงการกระจายตัวของเส้นรอบความดันคงที่และการกระจายตัวของความเร็วในระนาบภาคตัดขวาง ที่มีบริเวณปลายทางกรโหล $IZ = 25$ ที่ $J = 32$, $L/d = 8$



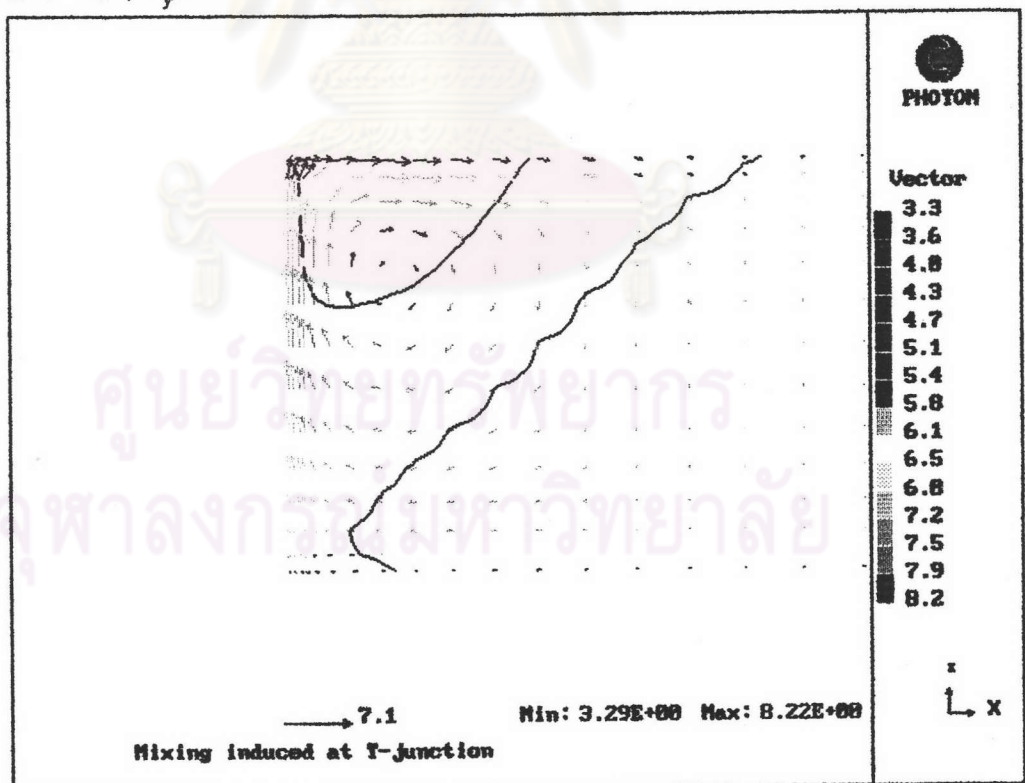
รูปที่ 5.42 a แสดงการกระจายตัวของความเร็วในระนาบภาคตัดขวางที่บริเวณปลายทางการไหล $Iz = 25$ ที่ $J = 32$, $L/d = 8$



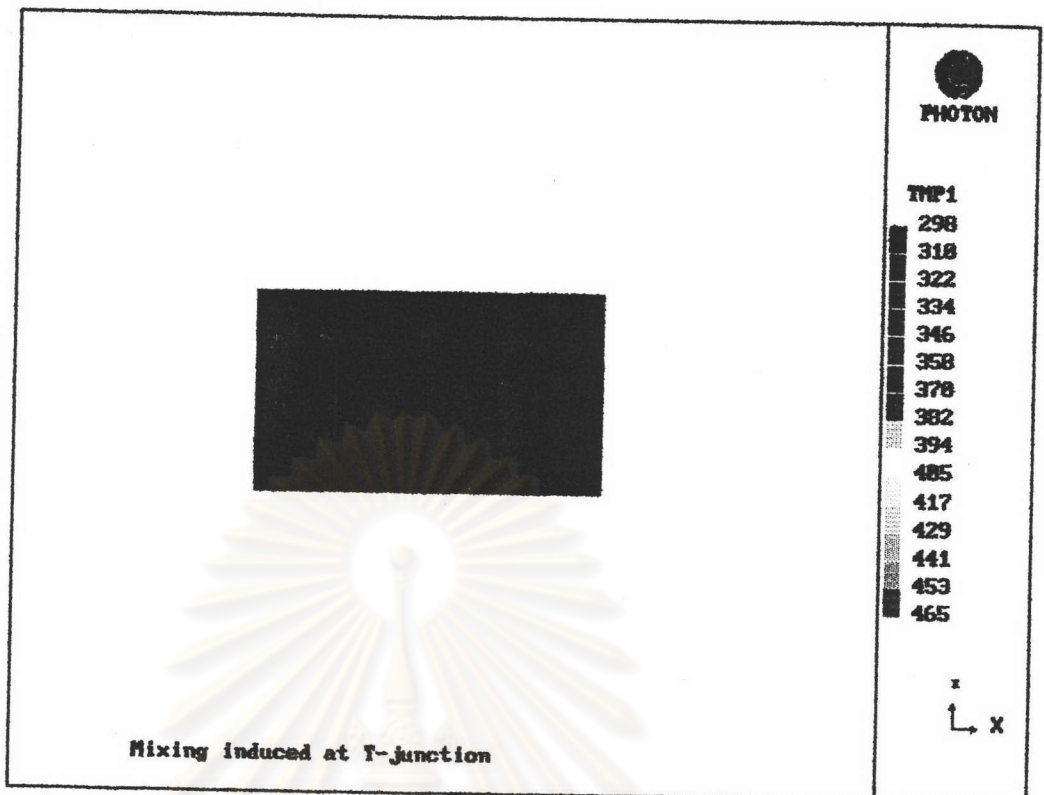
รูปที่ 5.42 b แสดงการกระจายตัวของความเร็วในระนาบภาคตัดขวางที่บริเวณปลายทางการไหล $Iz = 33$ ที่ $J = 32$, $L/d = 8$



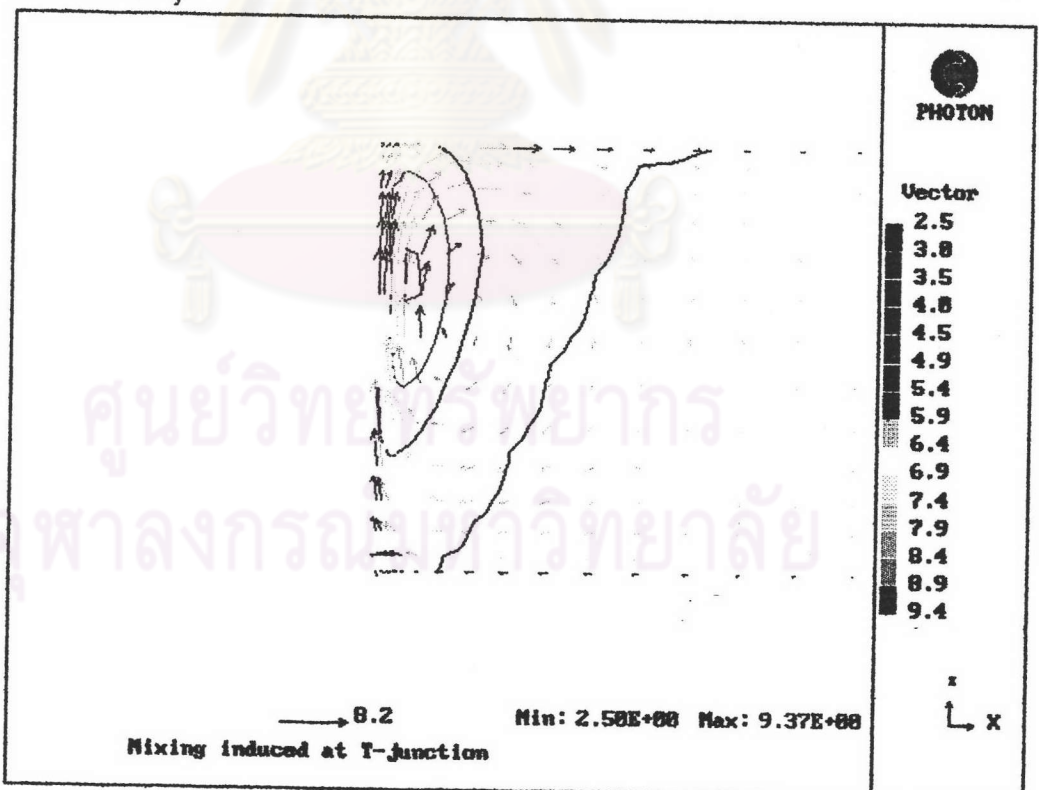
รูปที่ 5.44 a แสดงการกระจายตัวของอนุภาคในระนาบภาคตัดขวางที่มีบริเวณปลายทางการไหล $IZ = 33$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 8$



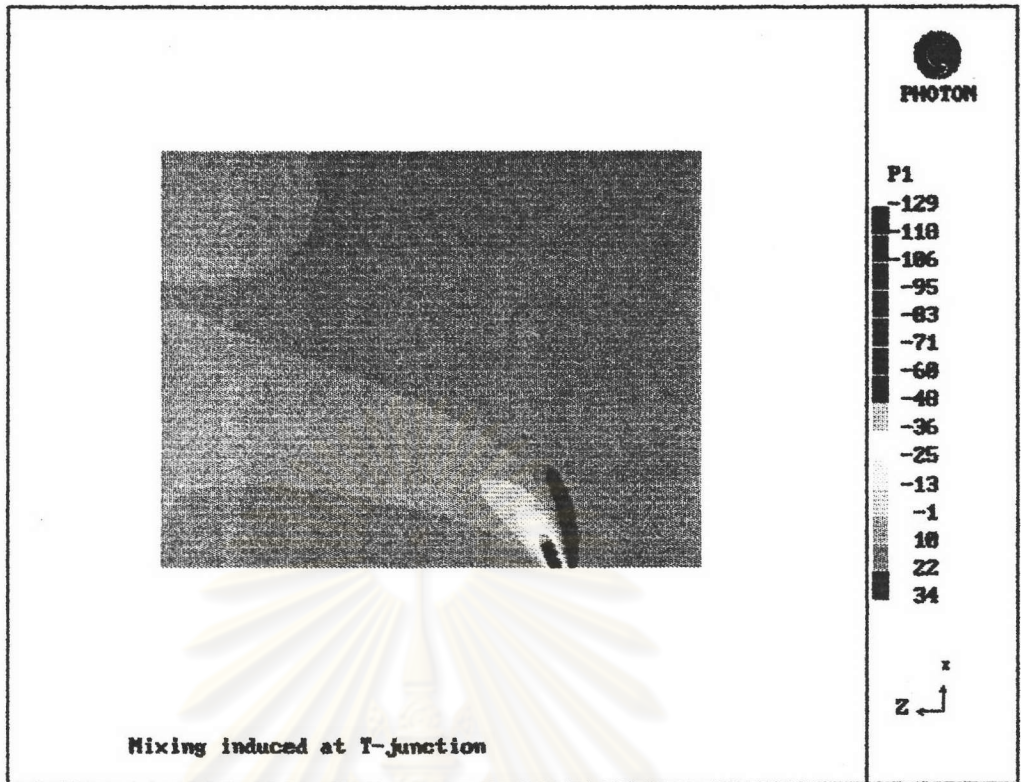
รูปที่ 5.44 b แสดงการกระจายตัวของเส้นรอบอนุภาคนิ่งที่และการกระจายตัวของความเร็วในระนาบภาคตัดขวาง ที่มีบริเวณปลายทางการไหล $IZ = 33$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 8$



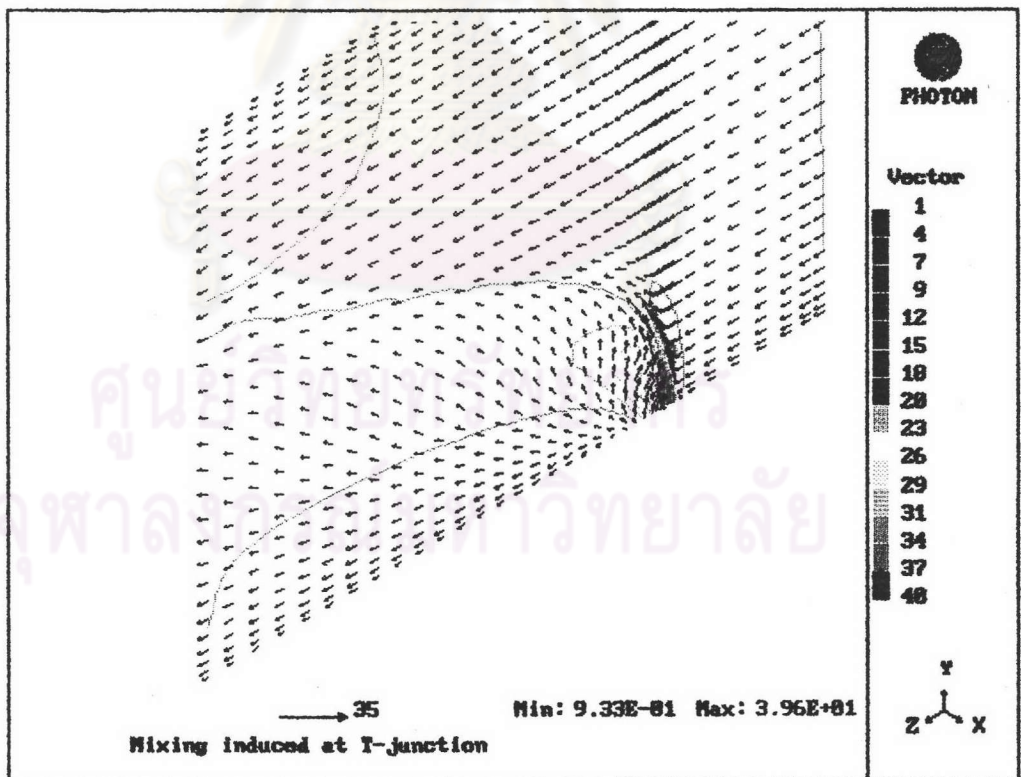
รูปที่ 5.43 a แสดงการกระจายตัวของอนุภาคในระนาบภาคตัดขวางที่บริเวณปลายทางการไหล $IZ = 25$ ที่ $J = 32$, $L/d = 8$



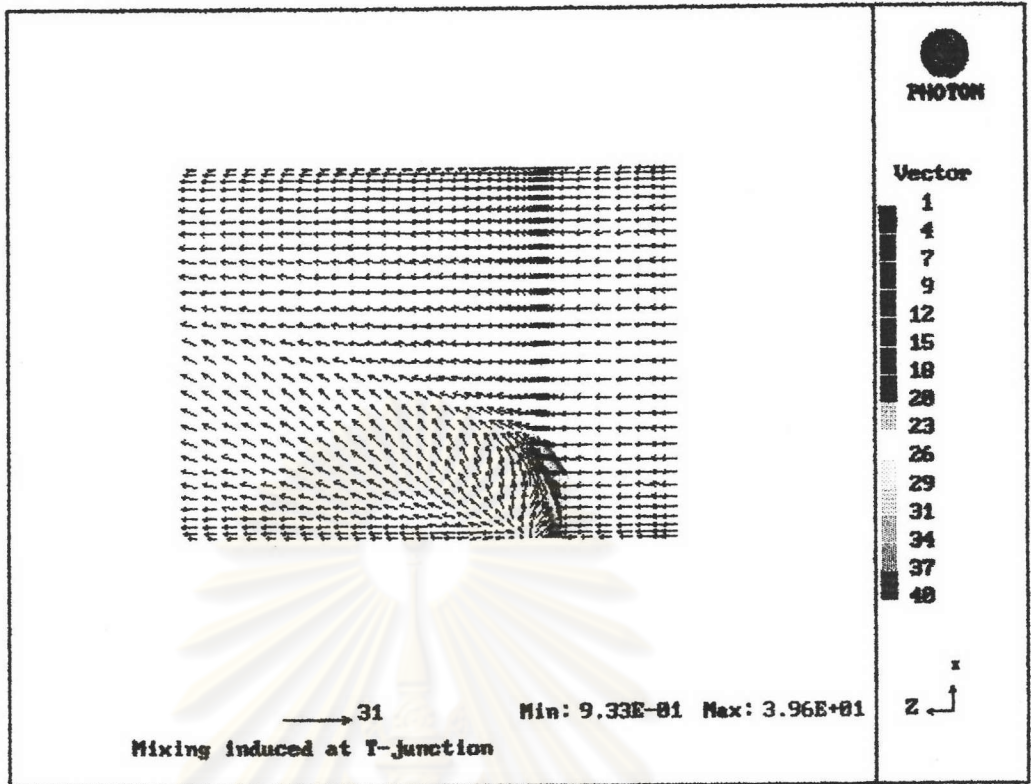
รูปที่ 5.43 b แสดงการกระจายตัวของเส้นรอบอนุภาคนิ่งที่และการกระจายตัวของความเร็วในระนาบภาคตัดขวาง ที่บริเวณปลายทางการไหล $IZ = 25$ ที่ $J = 32$, $L/d = 8$



รูปที่ 5.45 a แสดงการกระจายตัวของความดันในระนาบสมมาตรที่ $IX = 1$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 24$

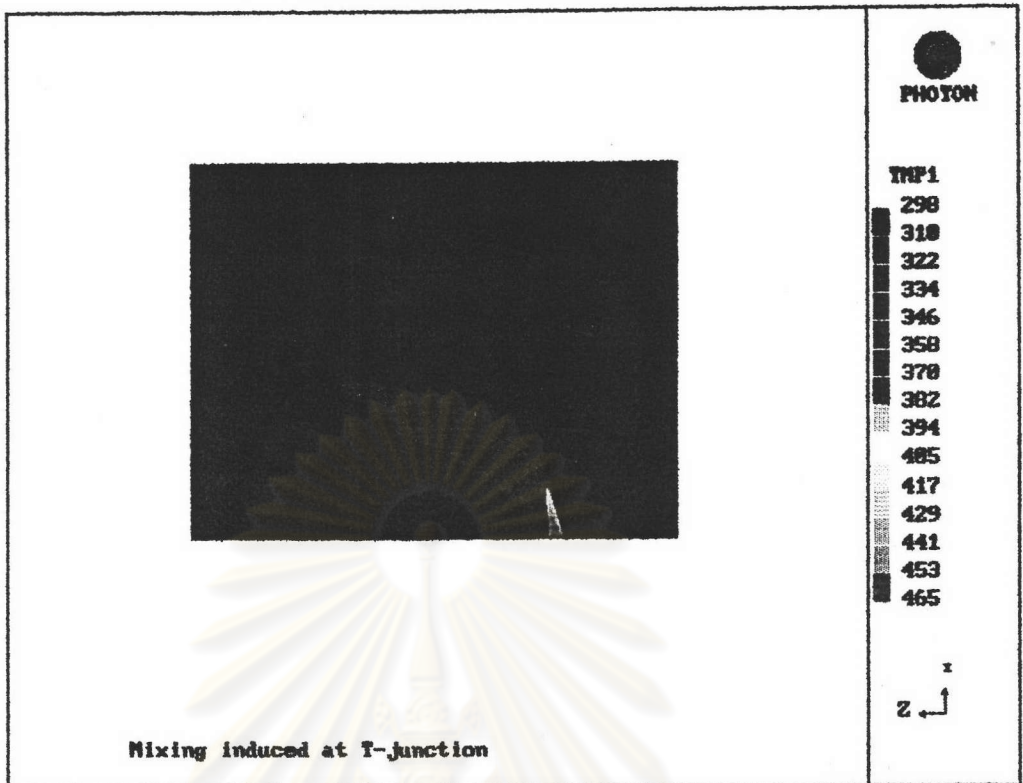


รูปที่ 5.45 b แสดงการกระจายตัวของเส้นรอบความดันคงที่และการกระจายตัวของความเร็วในระนาบสมมาตรที่ $IX = 1$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 24$

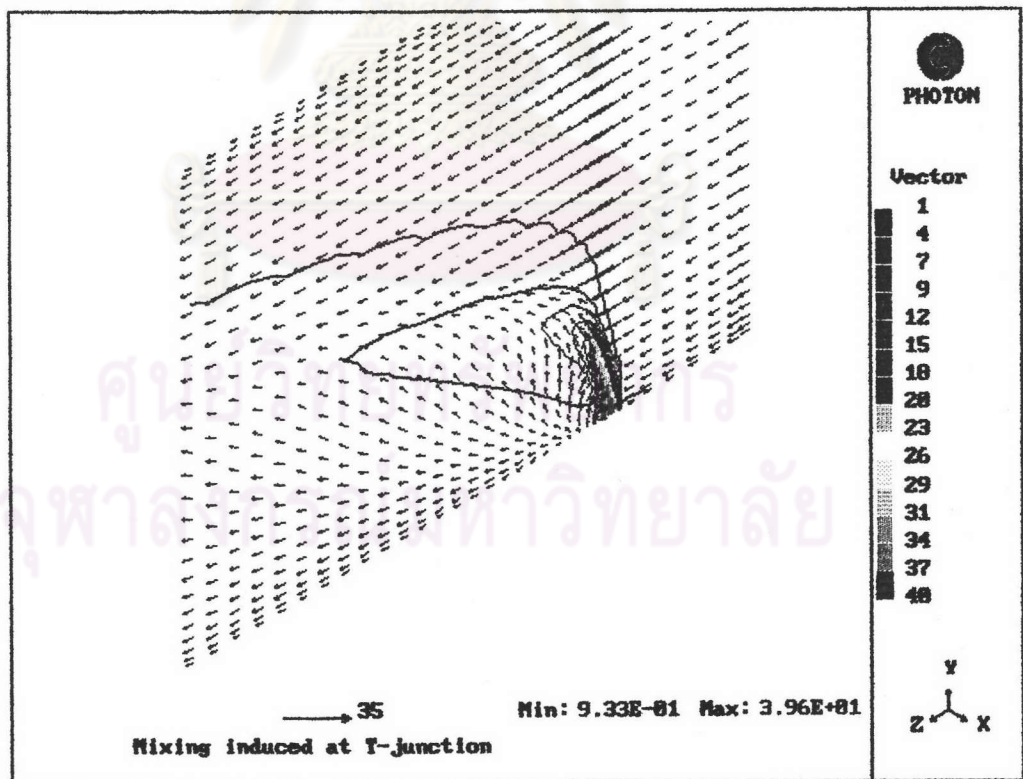


รูปที่ 5.46 แสดงการกระจายตัวของความเร็วในระนาบสมมาตรที่ $IX = 1$ ที่ $J=32$, $L_y/d = 24$

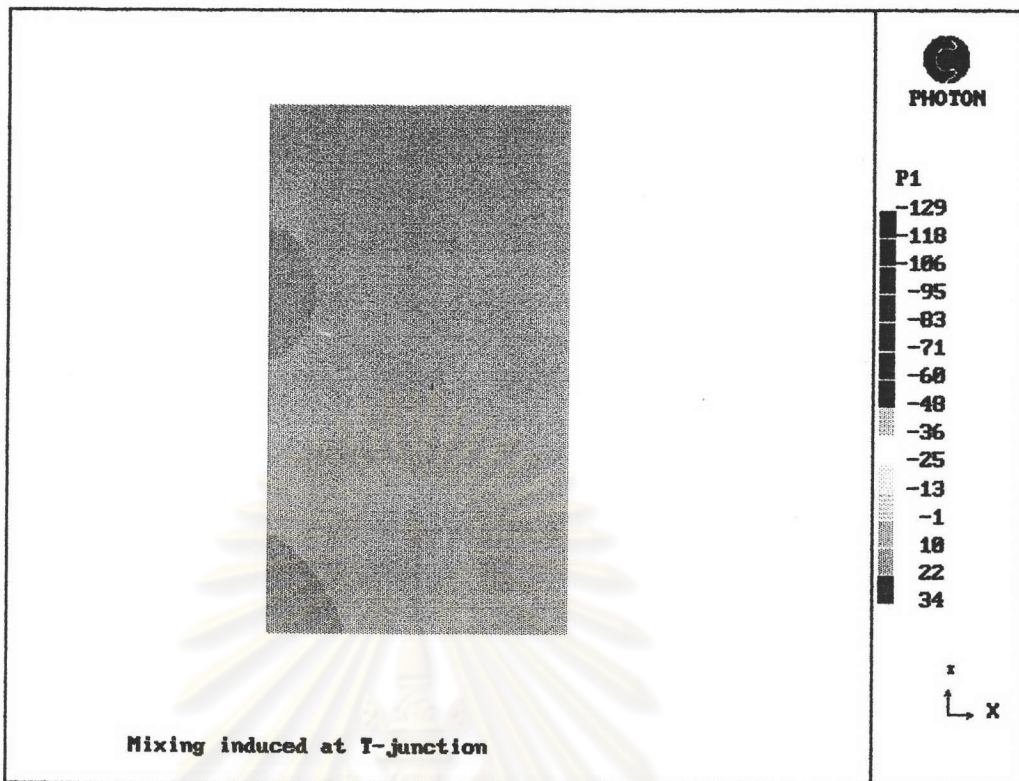
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



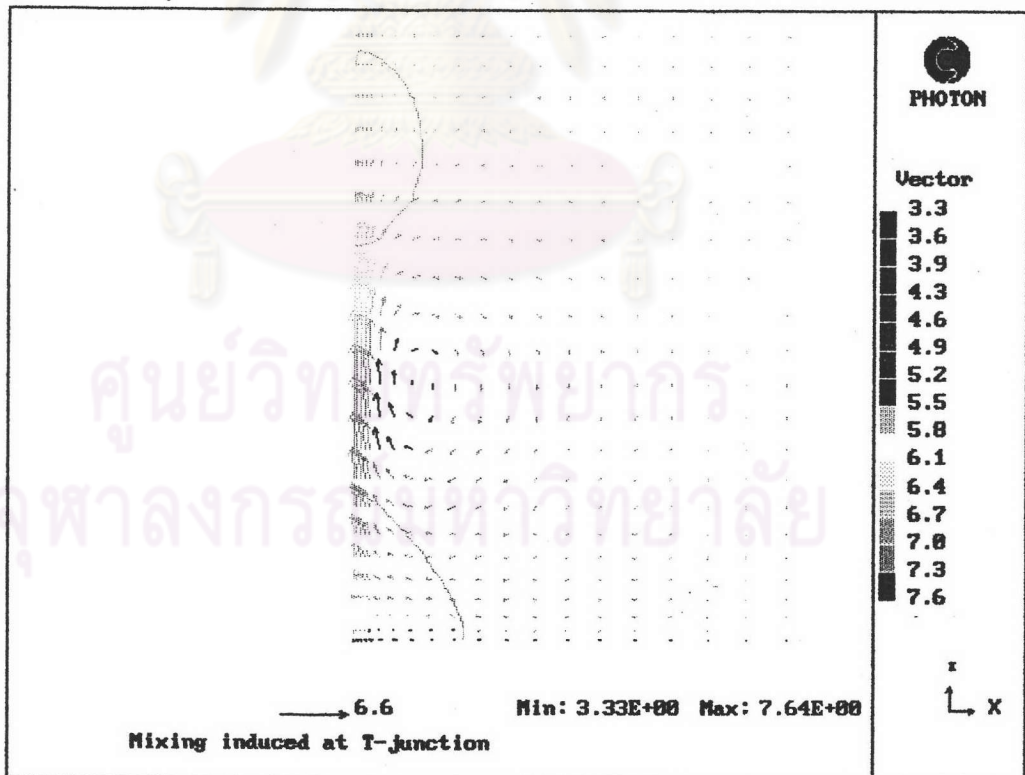
รูปที่ 5.47 a แสดงการกระจายตัวของอนุกรมในระนาบสมมาตรที่ $IX = 1$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 24$



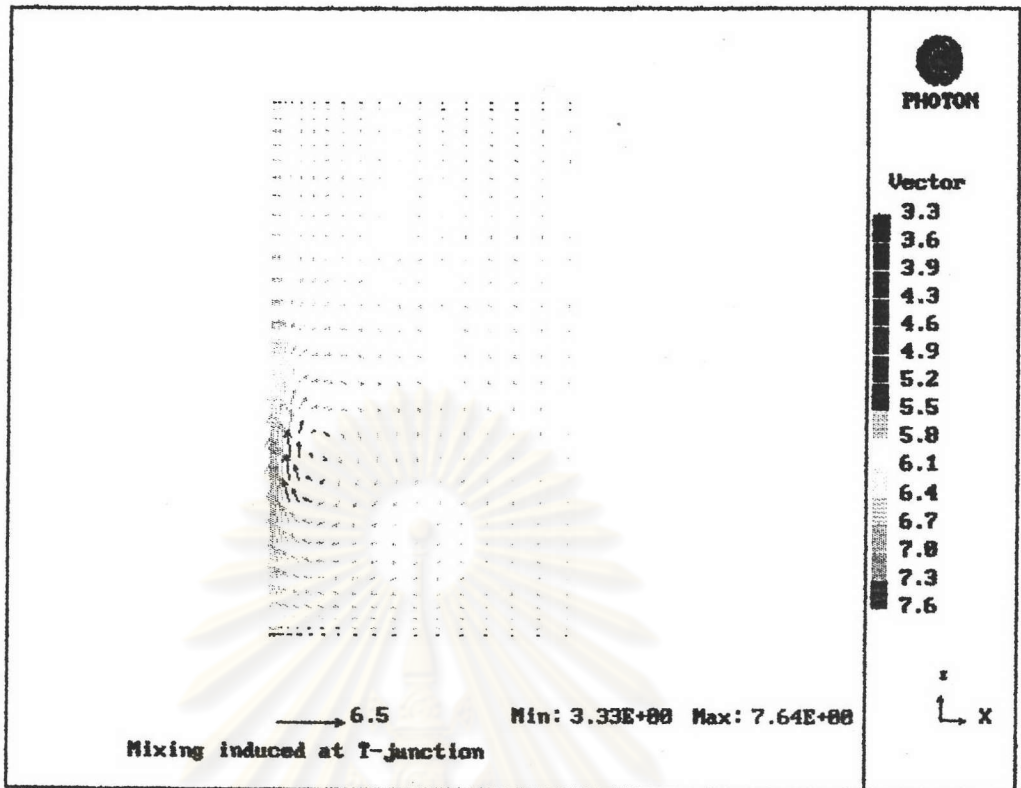
รูปที่ 5.47 b แสดงการกระจายตัวของเส้นรอบอนุกรมกึ่งที่และการกระจายตัวของความเร็วในระนาบสมมาตรที่ $IX = 1$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 24$



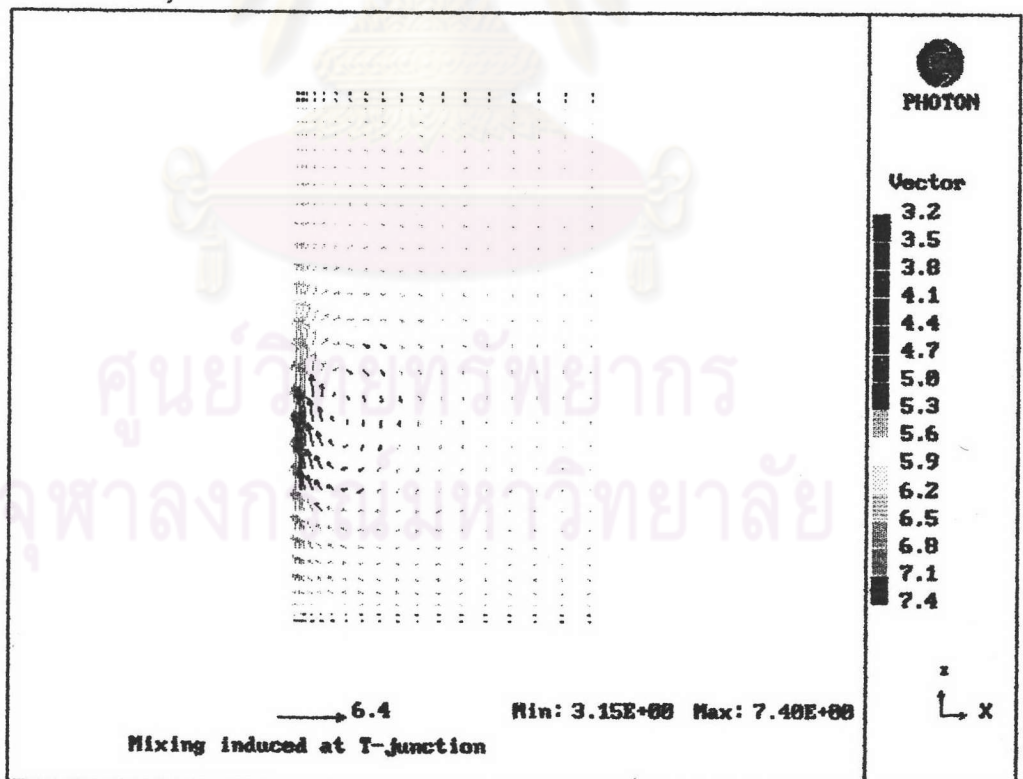
รูปที่ 5.48 a แสดงการกระจายตัวของความดันในระนาบภาคตัดขวางที่บริเวณปลายทางกรไหล $IZ = 36$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 24$



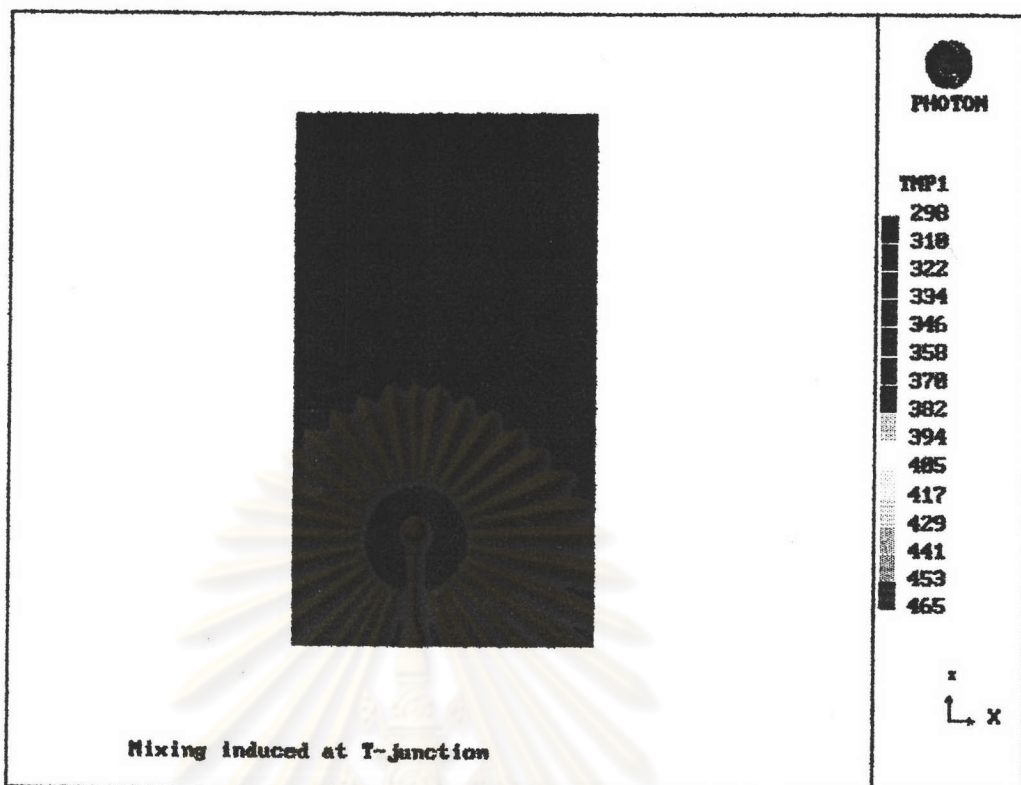
รูปที่ 5.48 b แสดงการกระจายตัวของเส้นรอบความดันคงที่และการกระจายตัวของความเร็วในระนาบภาคตัดขวาง ที่บริเวณปลายทางกรไหล $IZ = 36$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 24$



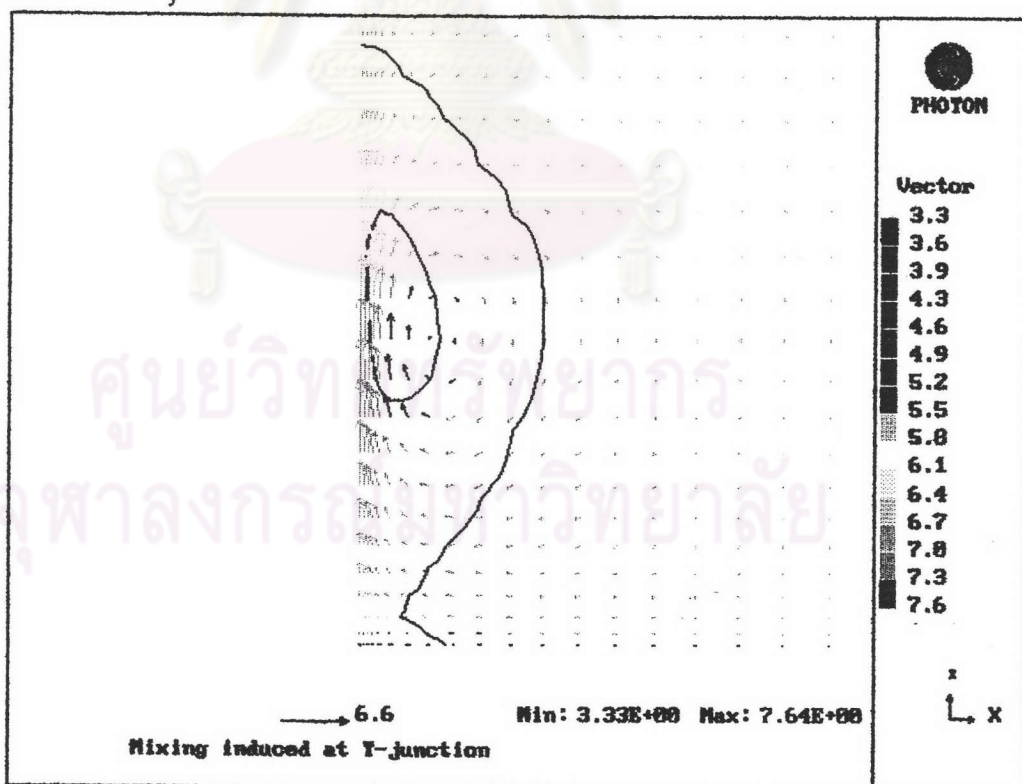
รูปที่ 5.49 a แสดงการกระจายตัวของความเร็วในระนาบภาคตัดขวางที่บริเวณปลายทางการไหล $IZ = 36$ ที่ $J = 32$, $L/d = 24$



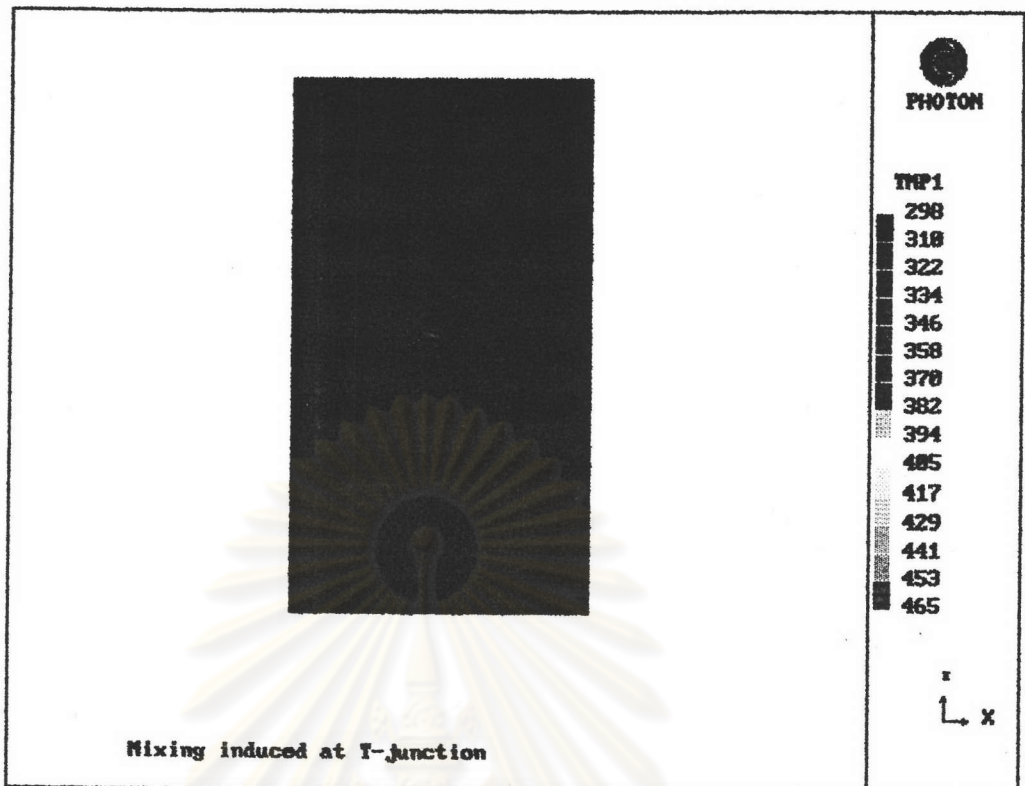
รูปที่ 5.49 b แสดงการกระจายตัวของความเร็วในระนาบภาคตัดขวางที่บริเวณปลายทางการไหล $IZ = 36$ ที่ $J = 32$, $L/d = 24$



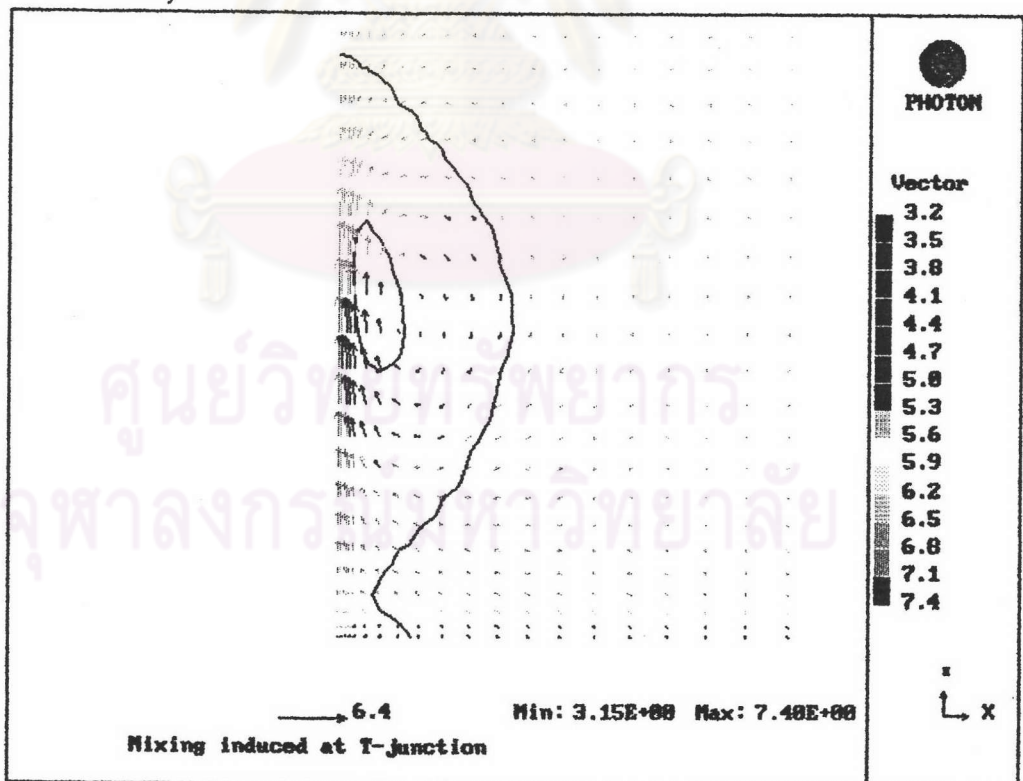
รูปที่ 5.50 a แสดงการกระจายตัวของอนุภาคนิวตรอนในระนาบภาคตัดขวางที่มีบริเวณปลายทางการไหล $IZ = 36$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 24$



รูปที่ 5.50 b แสดงการกระจายตัวของเส้นรอบอนุภาคนิวตรอนและการกระจายตัวของความเร็วในระนาบภาคตัดขวาง ที่มีบริเวณปลายทางการไหล $IZ = 36$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 24$



รูปที่ 5.51 a แสดงการกระจายตัวของอนุภาคในระนาบภาคตัดขวางที่บริเวณปลายทางการไหล $IZ = 42$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 24$



รูปที่ 5.51 b แสดงการกระจายตัวของเส้นรอบอนุภาคนิ่งที่และการกระจายตัวของความเร็วในระนาบภาคตัดขวาง ที่บริเวณปลายทางการไหล $IZ = 42$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 24$

5.5 เปรียบเทียบความถูกต้องของผลจากการจำลองกับผลจากข้อมูลการทดลอง

5.5.1 กรณีศึกษาที่ใช้อ้างอิง ที่ $J = 32$ และ $L_y/d = 12$

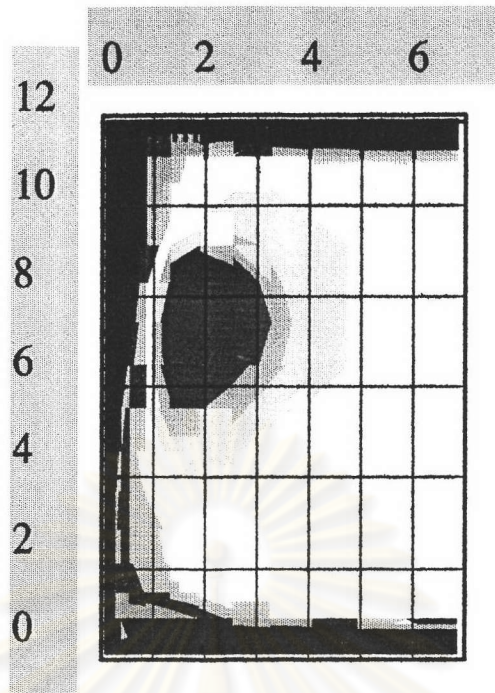
จากรูปที่ (5.52) สังเกตเห็นว่า เส้นรอบความเร็วคงที่ที่ได้จากการจำลอง ไม่เหมือนกับ เส้นรอบความเร็วคงที่ที่ได้จากข้อมูลการทดลอง คือ ของไหลที่เป็นเจ็ตที่ได้จากการจำลองไม่เห็นเป็นรูปใดอย่างชัดเจน เหมือนกับข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งพบว่า ผลจากการจำลองให้ค่าพลังงานจลน์ของของไหลที่สั้นไปมาต่อหนึ่งหน่วยมวลน้อยกว่าความเป็นจริง ทำให้ปัจจัยอันเนื่องมาจากพลังงานจลน์ของของไหลที่สั้นไปมาต่อหนึ่งหน่วยมวล มีผลต่อการกระจายตัวของความเร็วน้อยกว่า เมื่อเทียบกับปัจจัยอันเนื่องมาจากความดัน จึงเห็นเป็นการไหลหมุนวนเกิดขึ้นทางด้านข้างของของไหลที่เป็นเจ็ต

5.5.2 ผลของอัตราส่วนโมเมนตัมที่มากขึ้น ที่ $J = 72$ และ $L_y/d = 12$

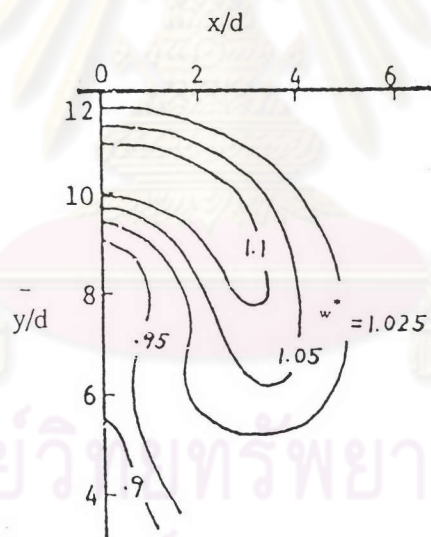
จากรูปที่ (5.53) เห็นได้ว่า เมื่อของไหลที่เป็นเจ็ตจากการจำลองกระทบกับผนังกระทบ การไหลหมุนวนที่เกิดขึ้นทางด้านข้างของของไหลที่เป็นเจ็ต เกิดการหมุนตัวออกทางด้านข้าง เช่นเดียวกับผลที่ได้จากข้อมูลการทดลอง และเมื่อเทียบเส้นรอบความเร็วคงที่อันเป็นผลเนื่องมาจากความดัน พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับเส้นรอบความเร็วคงที่ที่ได้จากข้อมูลการทดลอง

และจากรูปที่ (5.54) พบว่า แนวโน้มของเส้นรอบอุณหภูมิกิ่งที่เกิดขึ้นจากการจำลอง มีแนวโน้มเหมือนกับเส้นรอบอุณหภูมิกิ่งที่จากข้อมูลการทดลอง คือ เมื่อระยะทางด้านปลายทางเพิ่มขึ้น ของไหลที่เป็นเจ็ตจะเคลื่อนที่สูงขึ้นและพาความร้อนเคลื่อนตัวสูงขึ้นด้วย และเมื่อของไหลที่เป็นเจ็ตชนกับผนังกระทบแล้วแยกตัวออกเป็น 2 ส่วน ออกไปทางผนังกระทบทางด้านข้าง และเส้นรอบอุณหภูมิกิ่งที่จากการจำลองมีค่ามากกว่าเส้นรอบอุณหภูมิกิ่งที่ได้จากข้อมูลการทดลองโดยคลาดเคลื่อนไม่เกิน 5 % ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5.3 อันเนื่องมาจากผลจากการจำลองให้ค่าพลังงานจลน์ของของไหลที่สั้นไปมาต่อหนึ่งหน่วยมวลน้อยกว่าความเป็นจริง ซึ่งทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนออกทางด้านข้างเนื่องมาจากพลังงานจลน์ของของไหลที่สั้นไปมาต่อหนึ่งหน่วยมวลน้อยกว่าความเป็นจริง

5.5.3 ผลของระยะห่างระหว่างแผ่นผนังลดลง ที่ $J = 32$ และ $L_y/d = 24$, $L_x/d = 12$ และ $L_y/d = 8$ ตามลำดับ













รูปที่ 5.52 a แสดงการเส้นรอบความเร็วคงที่จากผลการจำลองในระนาบภาคตัดขวาง
ที่บริเวณปลายทางการไหล $z/d = 12$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 12$



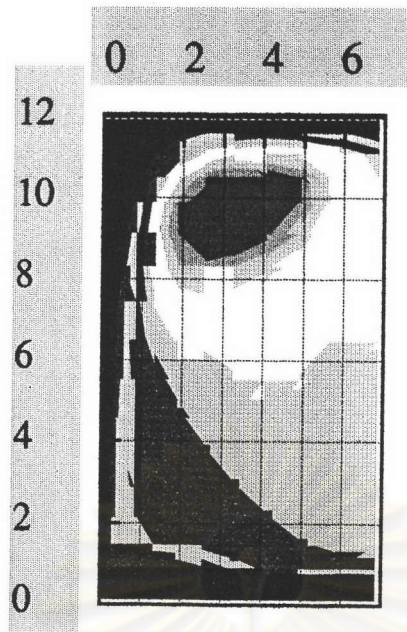
รูปที่ 5.52 b แสดงเส้นรอบความเร็วคงที่จากข้อมูลการทดลอง . Kamotani และ Greber [1974]
ในระนาบภาคตัดขวางที่บริเวณปลายทางการไหล $z/d = 12$ ที่ $J = 32$, $L_y/d = 12$

เกณฑ์ของรูปที่ 5.52 a

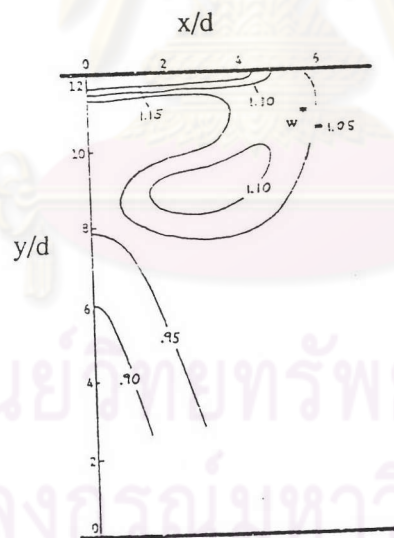
(หน่วยเป็นความเร็วในรูปไร้มิติ $w^* = w / w_0$)

	=	1.07
	=	1.053
	=	1.036
	=	1.019
	=	1.002
	=	0.985
	=	0.968
	=	0.951
	=	0.934
	=	0.917

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย













รูปที่ 5.53 a แสดงเส้นรอบความเร็วคงที่จากผลการจำลองในระนาบภาคตัดขวาง
ที่บริเวณปลายทางการไหล $z/d = 12$ ที่ $J = 72$, $L_y/d = 12$



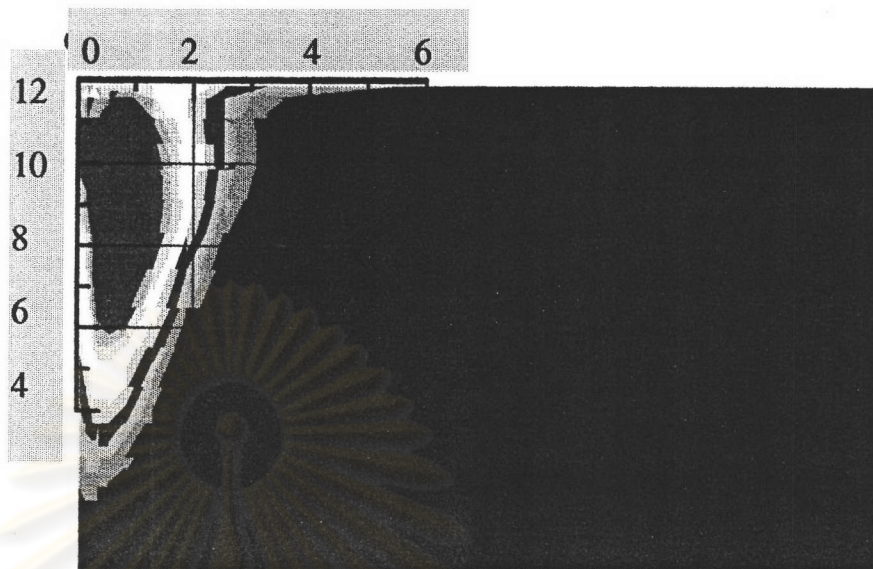
รูปที่ 5.53 b แสดงเส้นรอบความเร็วคงที่จากข้อมูลการทดลอง Kamotani และ Greber [1974]
ในระนาบภาคตัดขวางที่บริเวณปลายทางการไหล $z/d = 12$ ที่ $J = 72$, $L_y/d = 12$

เกณฑ์ของรูปที่ 5.53 a

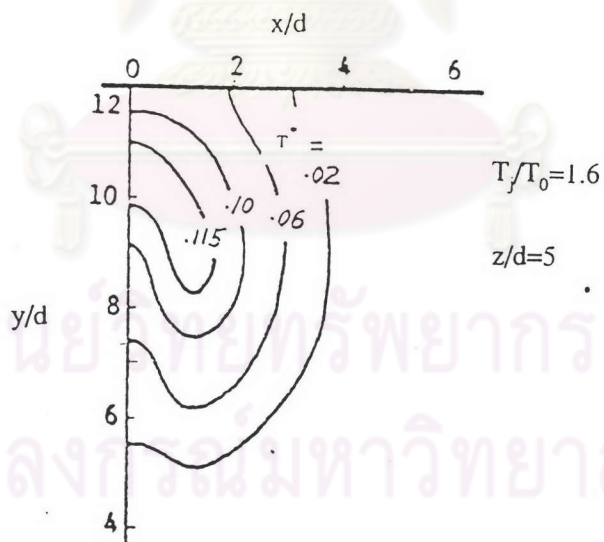
(หน่วยเป็นความเร็วในรูปไร้มิติ $w^* = w / w_0$)

	=	1.1
	=	1.08
	=	1.06
	=	1.04
	=	1.02
	=	1.00
	=	0.98
	=	0.96
	=	0.94
	=	0.92

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย













รูปที่ 5.54 a แสดงเส้นรอบอุณหภูมิกึ่งที่จากผลการจำลองในระนาบภาคตัดขวาง $z/d = 5$
ที่ $J = 72$, $L_y/d = 12$



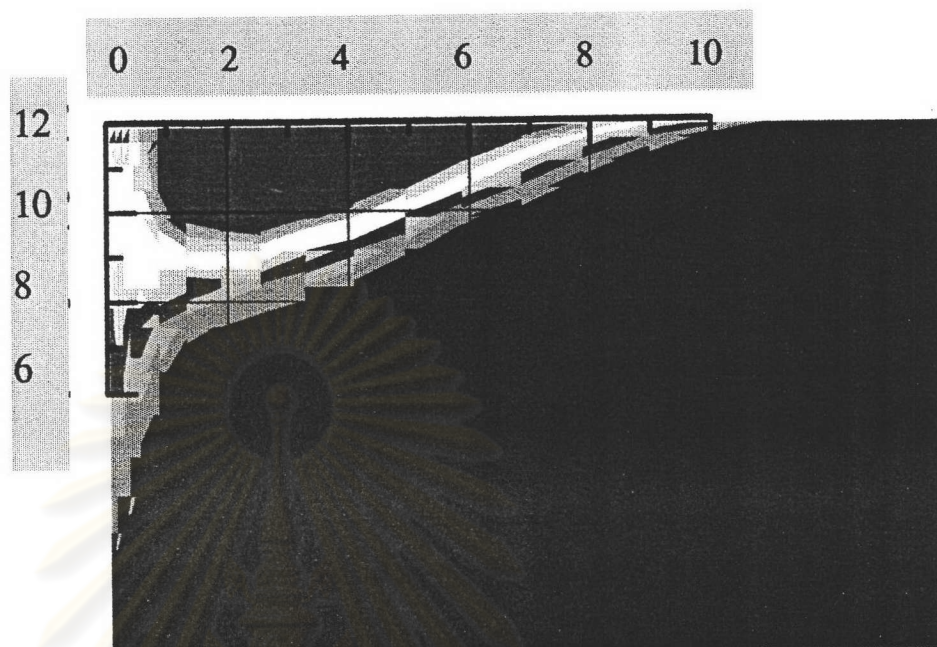
รูปที่ 5.54 d แสดงเส้นรอบอุณหภูมิกึ่งที่จากข้อมูลการทดลอง Kamotani และ Greber [1974]
ในระนาบภาคตัดขวาง $z/d = 5$ ที่ $J = 72$, $L_y/d = 12$

เจดสีของรูปที่ 5.54 a

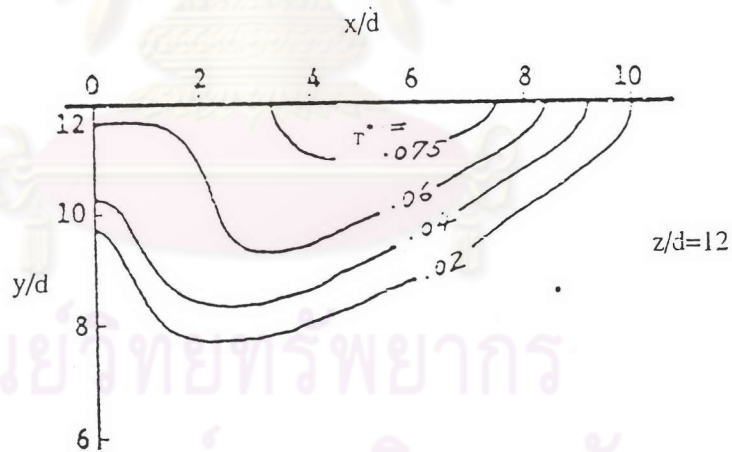
(หน่วยเป็นอุณหภูมิในรูปไร้มิติ $T^* = (T - T_0) / (T_j - T_0)$)

	=	0.115
	=	0.1045
	=	0.094
	=	0.0835
	=	0.073
	=	0.0625
	=	0.052
	=	0.0415
	=	0.031
	=	0.0205

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย













รูปที่ 5.54 b แสดงเส้นรอบอุณหภูมิกว้างที่เกิดจากการจำลองในระนาบภาคตัดขวาง $z/d = 12$ ที่ $J = 72$, $L_y/d = 12$



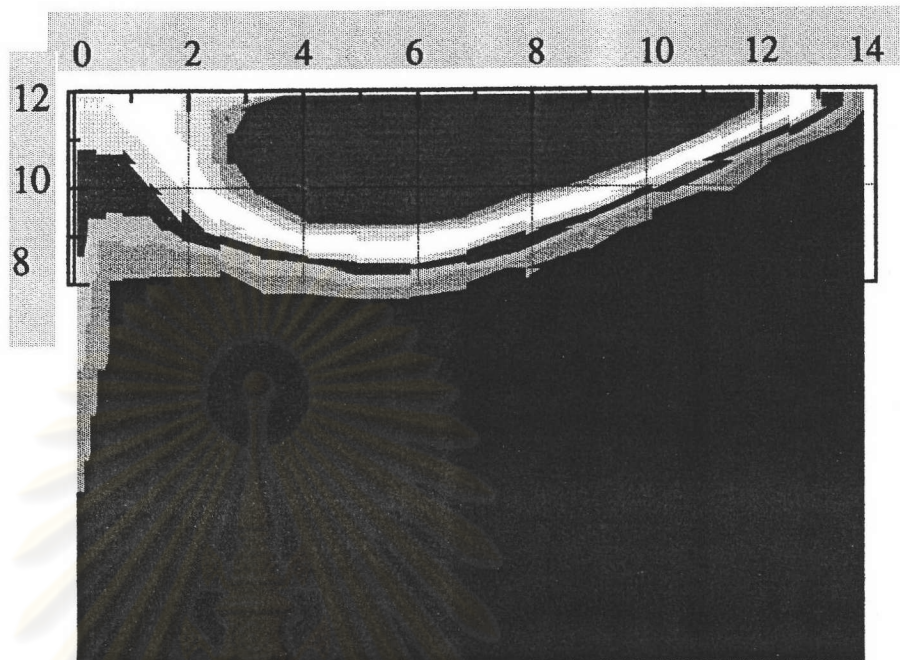
รูปที่ 5.54 e แสดงเส้นรอบอุณหภูมิกว้างที่จากข้อมูลการทดลอง: Kamotani และ Greber [1974] ในระนาบภาคตัดขวาง $z/d = 12$ ที่ $J = 72$, $L_y/d = 12$

เฉดสีของรูปที่ 5.54 b

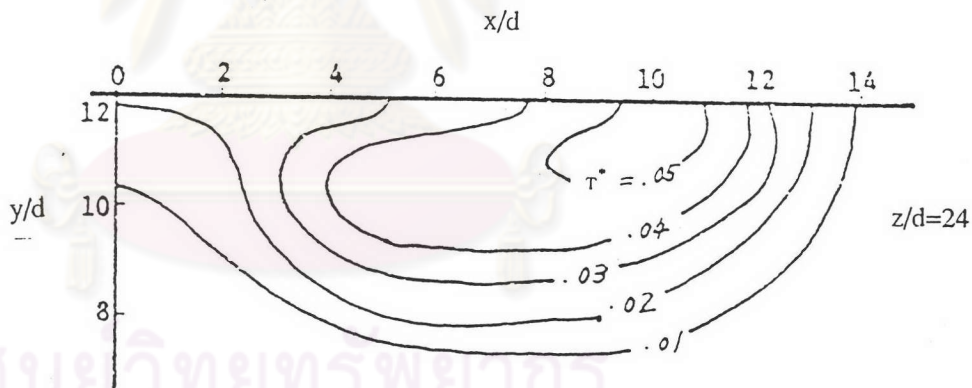
(หน่วยเป็นอุณหภูมิในรูปไร้มิติ $T^* = (T - T_0) / (T_j - T_0)$)

	=	0.075
	=	0.0685
	=	0.062
	=	0.555
	=	.0049
	=	0.0425
	=	0.036
	=	0.0295
	=	0.023
	=	0.0165

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย













รูปที่ 5.54 c แสดงเส้นรอบอุณหภูมิกึ่งที่จากผลการจำลองในระนาบภาคตัดขวาง $z/d = 24$ ที่ $J = 72$, $L_y/d = 12$



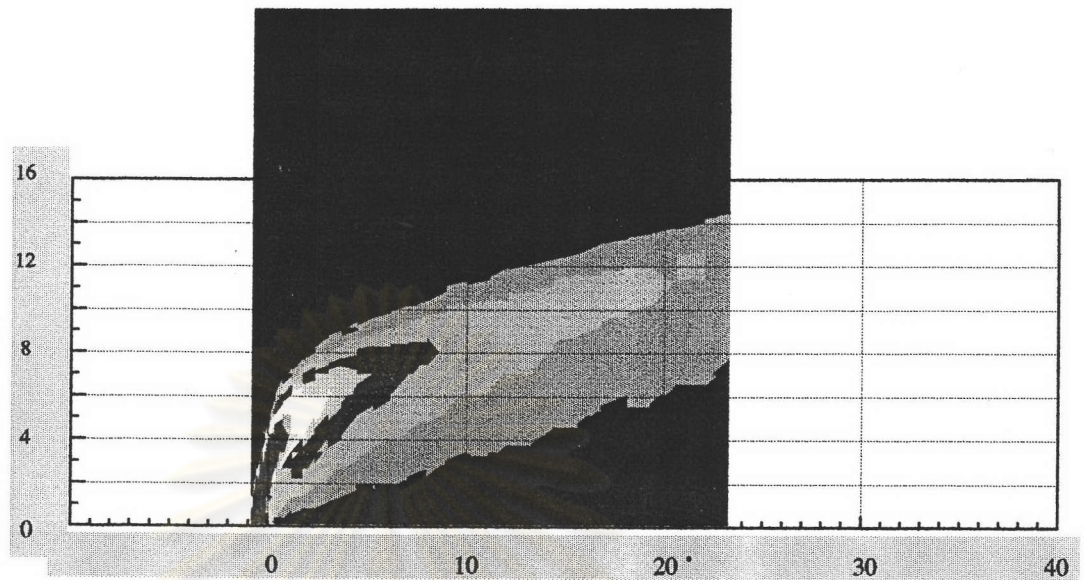
รูปที่ 5.54 f แสดงเส้นรอบอุณหภูมิกึ่งที่จากข้อมูลการทดลอง... Kamotani และ Greber [1974] ในระนาบภาคตัดขวาง $z/d = 24$ ที่ $J = 72$, $L_y/d = 12$

เกณฑ์ของรูปที่ 5.54 c

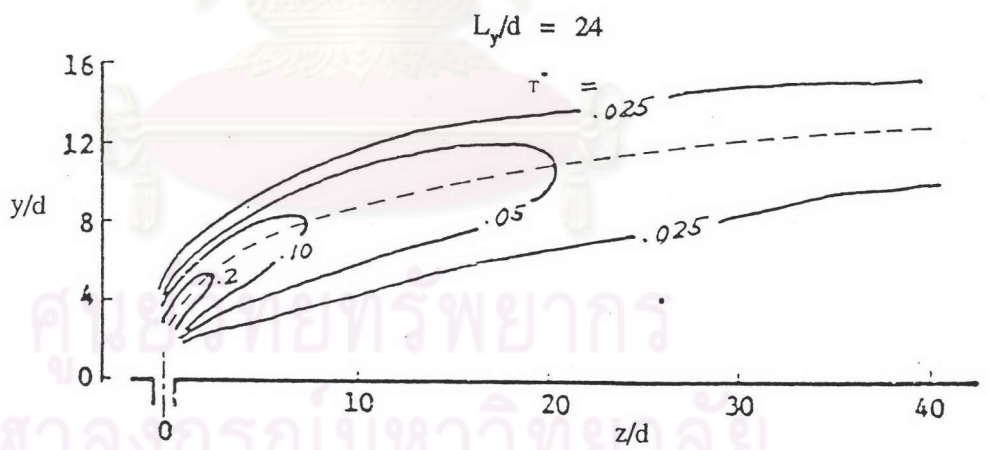
(หน่วยเป็นอุณหภูมิในรูปไร้มิติ $T^* = (T - T_0)/(T_j - T_0)$)

	=	0.05
	=	0.0455
	=	0.041
	=	0.0365
	=	0.032
	=	0.0275
	=	0.023
	=	0.0185
	=	0.014
	=	0.0095

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย













รูปที่ 5.55 a แสดงเส้นรอบขุมหมวกที่จากผลการจำลองในระนาบสมมาตร
ที่ $J = 32$ ที่ $L_y/d = 24$



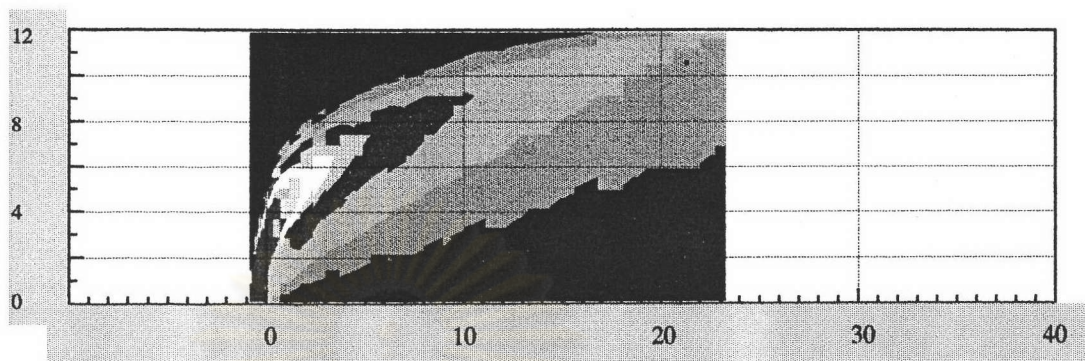
รูปที่ 5.55 d แสดงเส้นรอบขุมหมวกที่จากข้อมูลการทดลอง . Kamotani และ Greber [1974]
ในระนาบสมมาตร ที่ $J = 32$,ที่ $L_y/d = 24$

เกณฑ์ของรูปที่ 5.55a

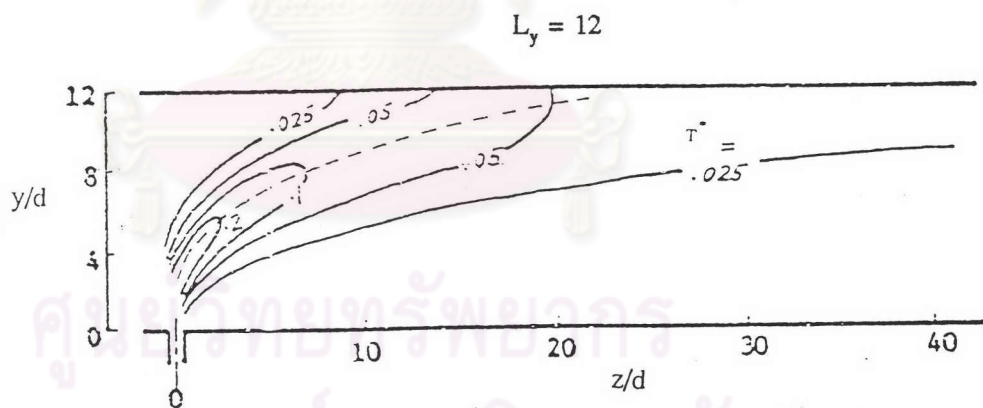
(หน่วยเป็นอุณหภูมิในรูปไร้มิติ $T^* = (T - T_0) / (T_j - T_0)$)

	=	0.25
	=	0.2255
	=	0.201
	=	0.1765
	=	0.152
	=	0.1275
	=	0.103
	=	0.0785
	=	0.054
	=	0.0295

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย













รูปที่ 5.55 b แสดงเส้นรอบอุณหภูมิกว้างที่จากผลการจำลองในระนาบสมมาตร
ที่ $J = 32$ ที่ $L_y/d = 12$



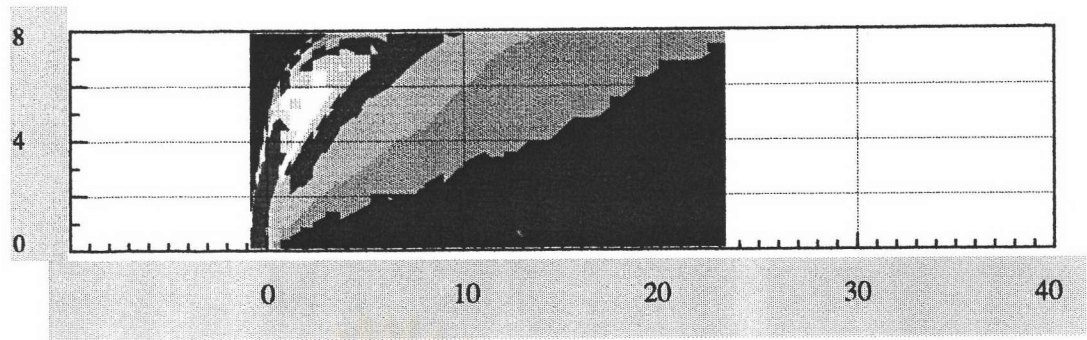
รูปที่ 5.55 c แสดงเส้นรอบอุณหภูมิกว้างที่จากข้อมูลการทดลอง Kamotani และ Greber [1974]
ในระนาบสมมาตร ที่ $J = 32$ ที่ $L_y/d = 12$

เฉลยของรูปที่ 5.55b

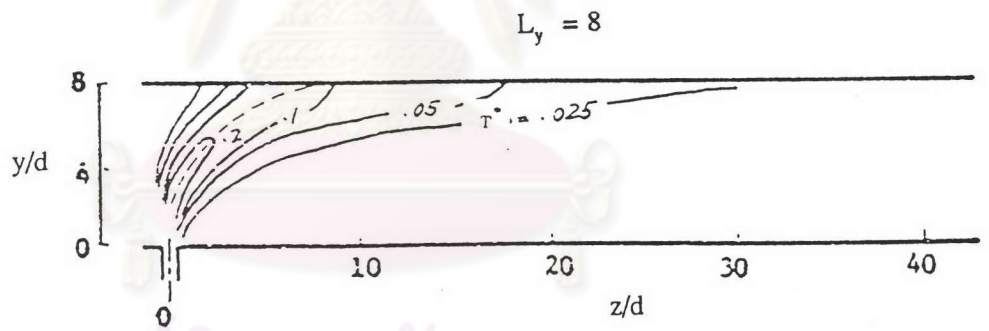
(หน่วยเป็นอุณหภูมิในรูปไร้มิติ $T^* = (T - T_0)/(T_j - T_0)$)

	=	0.25
	=	0.2255
	=	0.201
	=	0.1765
	=	0.152
	=	0.1275
	=	0.103
	=	0.0785
	=	0.054
	=	0.0295

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.55 c แสดงเส้นรอบอุณหภูมิกึ่งที่จากผลการจำลองในระนาบสมมาตร
ที่ $J = 32$ ที่ $L_y/d = 8$













รูปที่ 5.55 f แสดงเส้นรอบอุณหภูมิกึ่งที่จากข้อมูลการทดลอง Kamotani และ Greber [1974]
ในระนาบสมมาตร ที่ $J = 32$ ที่ $L_y/d = 8$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เกณฑ์ของรูปที่ 5.55c

(หน่วยเป็นอุณหภูมิในรูปไร้มิติ $T^* = (T - T_0) / (T_j - T_0)$)

	=	0.25
	=	0.2255
	=	0.201
	=	0.1765
	=	0.152
	=	0.1275
	=	0.103
	=	0.0785
	=	0.054
	=	0.0295

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากรูปที่ (5.55) พบว่า แนวโน้มของเส้นรอบอุณหภูมิกิ่งที่เกิดขึ้นจากการจำลองมีแนวโน้มเหมือนกับเส้นรอบอุณหภูมิกิ่งที่จากข้อมูลจากการทดลอง คือ เมื่อลดความสูงของแผ่นผนังทำให้เกิดการกระจายตัวของอุณหภูมิที่ผนังกระทบมากขึ้น และเส้นรอบอุณหภูมิกิ่งจากการจำลองมีค่ามากกว่ากับเส้นรอบอุณหภูมิกิ่งที่ได้จากข้อมูลการทดลองโดยคลาดเคลื่อนไม่เกิน 5 % ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5.3 อันเนื่องมาจากผลจากการจำลองให้ค่าพลังงานจลน์ของของไหลที่สั้นไปมาน้อยกว่าความเป็นจริง ทำให้เกิดการเอ็นเทรน (entrain) ของของไหลรอบๆมากกว่าความเป็นจริง ทำให้เกิดการพาความร้อนไปกับการเอ็นเทรนของของไหลรอบๆออกไปทางปลายทางการไหลมากกว่าความเป็นจริง

ตารางที่ 5.3 ตารางแสดงค่า % ของความคลาดเคลื่อนของเส้นรอบอุณหภูมิกิ่งที่

รูป ที่	เส้นรอบอุณหภูมิกิ่งที่ (K)				ค่า % ของความคลาดเคลื่อน ของเส้นรอบอุณหภูมิกิ่งที่
	ข้อมูลจากการจำลอง		ข้อมูลการทดลอง		
5.54(a)	317.2	(.115)	314.7	(.1)	1.50
เทียบกับ	308.4	(.0625)	308	(.06)	0.24
5.54(d)	301.42	(.0295)	301.48	(.02)	0.04
5.54(b)	310.5	(.075)	308	(.06)	1.50
เทียบกับ	305.1	(.0425)	304.68	(.04)	0.25
5.54(e)	301.84	(.023)	301.48	(.02)	0.22
5.54(c)	306.35	(.05)	304.68	(.04)	1.00
	303.34	(.032)	303	(.03)	0.20
	เทียบกับ	301.84	(.023)	301.48	(.02)
5.54(f)	299.6	(.0095)	299.67	(.01)	0.04
5.55(a,b,c)	327.5	(.1765)	331.4	(.2)	2.34
	315.2	(.103)	314.7	(.1)	0.30
	เทียบกับ	307	(.054)	306.35	(.05)
5.54(d,e,f)	302.92	(.0295)	302.175	(.025)	0.45

หมายเหตุ ค่า%ของความคลาดเคลื่อน
ของเส้นรอบอุณหภูมิกิ่งที่

$$= \frac{|T_{\text{measured}} - T_{\text{predicted}}|}{T_j - T_0} \times 100\%$$

5.6 สรุปผลการจำลอง

1. จากกรณีศึกษาที่ใช้อ้างอิง ผลอันเนื่องมาจากพลังงานจลน์ที่สั้นไปมาต่อหนึ่งหน่วยมวลของของไหลมากกว่าผลอันเนื่องมาจากความดัน ที่ตำแหน่งบริเวณใกล้ๆทางออกของเจ็ต เนื่องจากการกระทบกันระหว่างของของไหลที่เป็นเจ็ตกับของไหลในสายหลักอย่างแรง แต่เมื่อตำแหน่งระยะทางด้านปลายทางการไหลเพิ่มขึ้น ผลอันเนื่องมาจากความดันมีผลต่อการกระจายตัวของความเร็วและอุณหภูมิมากกว่าผลอันเนื่องมาจากพลังงานจลน์ที่สั้นไปมาต่อหนึ่งหน่วยมวลของของไหล ทำให้เกิดการไหลหมุนวนขึ้นทางด้านข้างของของไหลที่เป็นเจ็ต

2. จากกรณี que เพิ่มอัตราส่วนโมเมนต์ัม ทำให้ผลต่างของความดันทางด้านหน้าของเจ็ตและทางด้านหลังของเจ็ตมากขึ้น ของไหลที่เป็นเจ็ตจะเกิดการเบี่ยงเบนวิถีการเคลื่อนที่ของของไหลที่เป็นเจ็ตน้อยลง ทำให้เกิดการกระจายตัวของความเร็วและอุณหภูมิที่ผนังกระทบทางด้านบนมากขึ้น และจากผลต่างของความดันทางด้านหน้าของเจ็ตและทางด้านหลังของเจ็ตมากขึ้น ทำให้เกิดการกระจายตัวของความเร็วและอุณหภูมิก่อนทางด้านข้างมากขึ้น ซึ่งเป็นผลจากการไหลหมุนวนที่เกิดขึ้นทางด้านข้างของของไหลที่เป็นเจ็ตมากขึ้น ซึ่งเป็นการช่วยกระจายความเร็วและอุณหภูมิก่อนทางด้านข้างได้มากขึ้น

3. จากกรณี que ที่ลดระยะห่างระหว่างแผ่นผนัง ทำให้เป็นการเพิ่มความดันบริเวณผนังกระทบของไหลที่เป็นเจ็ตจะกระทบกับผนังมากขึ้น ซึ่งทำให้เกิดการกระจายตัวของความเร็วและอุณหภูมิที่ผนังด้านบนมากขึ้น และจากบริเวณความดันสูงมีค่ามากขึ้นที่ผนังกระทบ ทำให้เกิดการกระจายตัวของความเร็วและอุณหภูมิก่อนทางด้านข้างมากขึ้น ซึ่งผนังกระทบจะเป็นตัวช่วยกระจายของไหลที่เป็นเจ็ตผสมกับของไหลรอบๆทางด้านข้างได้เร็วขึ้น

4. จากกรณี que ที่เพิ่มระยะห่างระหว่างแผ่นผนัง ทำให้ไม่เกิดบริเวณความดันสูงที่ผนังกระทบของไหลที่เป็นเจ็ตเกิดการเบี่ยงเบนมากขึ้นและไม่กระทบกับผนังกระทบ ของไหลที่เป็นเจ็ตเกิดการเบี่ยงเบนมากขึ้น ซึ่งทำให้เกิดการกระจายตัวของความเร็วและอุณหภูมิก่อนที่ไปทางด้านปลายทางการไหลมากขึ้น และจากบริเวณความดันสูงที่ไม่เกิดขึ้นที่ผนังกระทบ ทำให้เกิดการกระจายตัวของความเร็วและอุณหภูมิก่อนที่บริเวณใกล้ๆแกนสมมาตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย