รายการอ้างอิง

Abernathy, F.H. (Sept.1962). *Flow over an inclined plate.* Trans. ASME. pp. 380-388.

Aichouni, M.; Laws, E.M.; and Ouazzane, A.K. 1996. *Experimental study of the effects of upstream flow condition upon venturi flow meter performance.* Flow Modeling and Turbulence Measurement VI.

Barbin, A.R.; and Jones, J.B. 1963. *Turbulent flow in the inlet region of a smooth pipe.* J. Basic Eng. Vol.85 pp. 29-34.

Bowlus, D.A.; and Brighton, J.A. 1968. *Incompressible turbulent flow in the inlet region of a Pipe.* J. Basic Eng Vol. 90 pp. 431-433.

Brenan, J.A.; Sindt, C.F.; Lewis, M.A.; and Scott, J.L. 1991. *Choosing flow conditioners and their location for orifice flow measurement.* Flow Measurement and Instrumentation Vol. 2 No. 1 pp. 40-44.

Chen, R.Y. 1973. *Flow in the entrance region at low reynolds numbers.* J. Fluids Eng. Vol. 95 pp. 153-158.

Fage, A.; and Johansen, F.C. 1927. On the flow of air behind an inclined flat plate of infinite span. Proceeding of The Royal Society. London, England. Series A vol. 116 pp. 170-197.

Filippov, G.V. 1958. *On turbulent flow in the entrance length of a straight tube of circular cross-section.* Sov. Phys.-Techn. Phys. Vol. 32 No. 8 pp. 1681-1686.

Gajan, P.; Hebrard, P.; Millan, P.; and Giovanni, A. 1991. *Basic study of flow metering of fluids in pipes containing an orifice plate.* Gas Research Institute.

Harnett, J.P.; Koh, J.C.Y.; and McComas, S.T. 1962. *A comparison of predicted and measured friction factors for turbulent flow through rectangular ducts.* J. Heat Trans. Vol. 84 pp. 82-88.

Holdhusen, J.S. 1952. *The turbulent boundary layer in the inlet region of a smooth pipe.* Ph.D. Thesis Univ. of Minnesota, Minneapolis.

Hornbeck, R.W. 1964. *Laminar flow in the entrance region of a pipe.* Appl. Sci. Res. Vol. A13 pp. 224-232.

Kays, W.M.; and Crawford, M.E. 1980. Convective Heat and Mass Transfer 2nd ed. McGraw-Hill. pp. 66-68.

Langhaar, H.L. 1942 J. Appl. Mech. Vol.9.

Latzko, H. 1944. Angew. Math. Mech. Vol. 1 pp. 268-290.

Laws, E.M.; Ouazzane, A.K.; and Erdal., A. 1994. *Short installations for accurate orifice pale flow metering.* Turbulence Control FED-Vol.193pp. 27-36 ASME.

Lew, H.S.; and Fung, Y.C. 1970. J. Biomech Vol.3 pp. 23-28.

Marco, S.M.; and Han, L.S. 1955. *A note on limiting nusselt number in duct with constant temperature gradient by analogy to thin-plate theory.* Trans. ASME Vol. 77 pp. 625-630.

Miller, R.W.; and Han, L.S. 1971. *Pressure loss for laminar flow in the entrance region of duct of rectangular and equilateral triangular cross sections.* J. Appl. Mech. Vol. 38 pp. 1083-1087.

Morrison, G.L.; Panak, D.L.; and De Otte, R.E. (Jun. 1992a). *Numerical study of the effects of upstream flow condition upon orifice flow meter performance.* ASME 11th Inter. Conf. on Offshore Mechanics and Arctics Engineering Calgary, Alberta , Canada.

Morrison, G.L.; Deotte, R.E.; and Beam, E.J. (Mar. 1992b). *Installation effects upon orifice flow meters.* 71st Annual Gas Processors Association Convention Anaheim, CA.

Na, T.Y.; and Lu, Y.P. 1973. *Turbulent flow development characteristics in channel inlets.* Appl. Sci. Res. Vol. 27 pp. 425-439.

Nikuradse, J. 1926. *Untersuchungen uber die Geschwindingkeitsverteilung in Turbulent Stromungen.* VDI-Forschungshelf No. 281.

Pauley, W.R.; and Eaton, J.K. 1988. *Experimental study of the development of longitudinal vortex pairs embedded in turbulent boundary layer.* AIAA J. Vol. 26 No.7 pp.816-823.

Prandtl, L. 1927. *Uber den Reibungswiderstand Stromender Luft, Ergeb. Aerodyn. Versuch., Gottingen, III ser., English Transl.,* NACA TM 435.

Purday, H.F.P. 1949. Streamline Flow, Constable London.

Schmidt, F.W.; and Zeldin, B. 1969. AIChE J. Vol. 13 pp. 65-73.

SMACNA, 1990. *HVAC systems-duct design.* 3 rd ed. U.S.A.: Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association.

White, F.M. 1974. Viscous Fluid Flow 2nd ed. McGraw-Hill, pp. 336-338.

Wiginton, C.L.; and Dalton, C. 1970. *Incompressible laminar flow in the entrance region of a rectangular duct.* J. Appl. Mech. Vol. 37 pp. 854-856.

Zhi-qing, W. 1982. Study on correction coefficients of laminar and turbulent entrance region effect in round pipe. Appl. Math. Mech. Vol. 3 No.3 pp. 433-446.

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

Total pressure loss coefficient (K)

ในรูปที่ ก.1 เป็นภาพแสดงการไหลภายในท่อที่มีสิ่งกีดขวาง โดยหน้าตัดที่ 1 และ 2 แสดงถึงหน้าตัดทางเข้าและทางออกของ control volume ตามลำดับ (ในกรณีของการทดลองจะพิจารณาให้หน้าตัดทางเข้าอยู่ที่ x/D = -2 ส่วนหน้าตัดทางออกจะเป็นหน้าตัดที่เกิดการฟื้นตัวของความดันสถิตจนกระทั่งมีค่าสูงสุด) ซึ่งสมการพลังงานสามารถเขียนได้ดังนี้

$$\dot{Q}+\dot{W}_s+\dot{W}_{shear}+\dot{W}_{other}=\frac{\partial}{\partial t}\int_{cv}\rho e dV+\int_{cs}(e+Pv)\,\rho\vec{V}.d\vec{A} \qquad (ก.1)$$

โดยที่ $\dot{Q}$ คือ อัตราการถ่ายเทความร้อน

$\dot{W}_S$ คือ งานจาก shaft

$\dot{W}_{shear}$ คือ งานของ shear

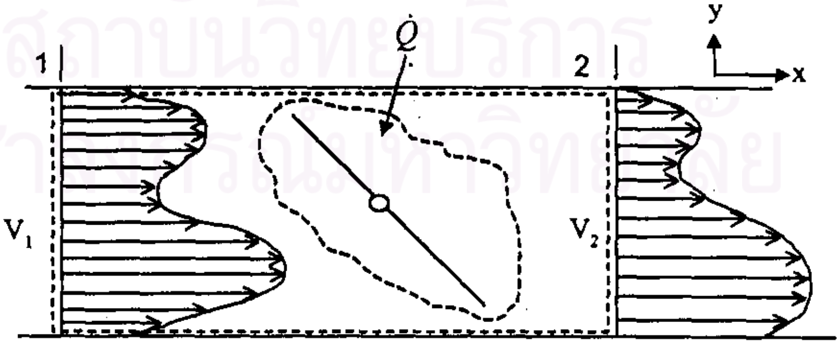
$\dot{W}_{other}$ คือ งานอื่นๆ

e คือ energy per unit mass $= u+\frac{1}{2}V^2+gz$

P คือ ความดันสถิตย์

v คือ specific volume

ρ คือ ความหนาแน่น



รูปที่ ก.1 ไดอะแกรมของการไหลผ่านแดมเปอร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยที่ V เป็น local velocity ที่ตำแหน่งใดๆในหน้าตัด

ถ้าสมมุติให้เป็นแบบ incompressible, steady-in-mean และ neglect $\dot{W}_{shear}$ ที่ 1 และ 2 รวมทั้งสมมุติให้ $\dot{W}_s = \dot{W}_{other} = 0$ สมการ (ก.1) จะลดรูปเป็น

$$\dot{Q} = \int_{cs} (e + Pv)\rho \vec{V}.d\vec{A} \qquad (ก.2)$$

เนื่องจาก e เท่ากับผลรวมของพลังงานภายใน (u), พลังงานจลน์ ($\frac{1}{2}V^2$) และพลังงานศักย์ (gz) เมื่อแทนค่าเข้าไปในสมการ (ก.2) จะได้ว่า

$$\dot{Q} = \int_{cs} (u + \frac{1}{2}V^2 + gz + Pv)d\dot{m}$$

$$\dot{Q} - \int_{cs} ud\dot{m} = \frac{1}{\rho}\int_{cs} (\frac{1}{2}\rho V^2 + \rho gz + P)\, d\dot{m} \qquad (ก.3)$$

เทอม $\dot{Q} - \int_{cs} ud\dot{m}$ เป็นพลังงานกลที่การไหลสูญเสียไป หรือ loss นั่นเอง

ถ้าสมมุติให้ระดับที่ทางเข้าและทางออกเท่ากัน จะได้ว่า

$$K' = \frac{1}{\dot{m}}\left[\dot{Q} - \int_{CS.} ud\dot{m}\right] = \frac{1}{\rho}\left[\frac{1}{\dot{m}}\int_{CS.}\left(P + \frac{1}{2}\rho V^2\right)d\dot{m}\right] \qquad (ก.4)$$

เมื่อ K' คือ อัตราการสูญเสียพลังงานกลต่อหน่วยมวล ดังสมการ (ก.4)

ถ้านิยามให้ $P_o = P + \frac{1}{2}\rho V^2$ เป็นความดันรวม สมการ (ก.4) สามารถเขียนใหม่ได้เป็น

$$K' = \frac{\overline{P_{o2}} - \overline{P_{o1}}}{\rho} \qquad (ก.5)$$

เมื่อ $\overline{X}$ คือ mass average ของปริมาณ X ซึ่งนิยามเป็น

$$\overline{X} = \frac{1}{\dot{m}}\int X d\dot{m} \qquad (ก.6)$$

สมการ (ก.5) นั้น สามารถใช้ได้กับการไหลภายในท่อที่มีสิ่งกีดขวางที่เป็นแบบ incompressible, steady-in-mean, $\dot{W}_s = \dot{W}_{other} = 0$ และ neglect $\dot{W}_{shear}$ ที่หน้าตัด 1 และ 2 โดยที่ V แทนขนาดของ vector ความเร็ว (รวมทั้ง 3 แกน) สำหรับในกรณีการวัดโดยใช้ pitot probe นั้น ความดันรวมที่เกิดขึ้นจะเกิดจาก component ของความเร็วในแนวแกนของ probe เท่านั้น

นอกจากนี้ ถ้าสมมุติให้การไหลที่หน้าตัดใด ๆ เป็นแบบสม่ำเสมอ จะได้ว่า

$$K = \frac{1}{\rho}\left[\frac{1}{\rho VA}\int_{cs.} P_o \rho V dA\right] = \frac{1}{\rho}\left[\frac{1}{A}\int_{cs.} P_o dA\right]$$

หรือ
$$K = \frac{\hat{P}_{o2} - \hat{P}_{o1}}{\rho} \quad \text{(ก.7)}$$

เมื่อ $\hat{X}$ คือ area-average ของปริมาณ X ซึ่งนิยามโดย

$$\hat{X} = \frac{1}{A}\int X dA \quad \text{(ก.8)}$$

นอกจากนั้น สามารถนิยามสัมประสิทธิ์การสูญเสียพลังงานกลต่อหน่วยพลังงานจลน์ที่ทางเข้าโดย

$$K = \frac{\left[\dot{Q} - \int_{cs.} u d\dot{m}\right]}{\int \frac{1}{2}V^2 d\dot{m}} = \frac{\frac{1}{\rho}\int_{cs.} P_o d\dot{m}}{\int \frac{1}{2}V^2 d\dot{m}}$$

จะได้ว่า

$$K = \frac{\frac{1}{\dot{m}}\int_{cs.} P_o d\dot{m}}{\frac{1}{\dot{m}}\int\left(\frac{1}{2}\rho V^2\right) d\dot{m}} = \frac{\overline{P_{o2}} - \overline{P_{o1}}}{\overline{q_1}} \quad \text{(ก.9)}$$

อนึ่ง อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติ โดยมากในกรณีของ incompressible นิยมที่จะใช้ค่า area-average แทน ดังนั้น ในกรณีนี้ K จะนิยามโดย

$$K = \frac{\hat{P}_{o2} - \hat{P}_{o1}}{\hat{q}} \quad \text{(ก.10)}$$

ภาคผนวก ข

ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียของการไหลของอากาศผ่านแดมเปอร์(SMACNA(1990))

1-Blade Damper, Butterfly

	θ									
H/W	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0.12	0.04	0.3	1.1	3.0	8.0	23.0	60.0	100	190	10^5
0.25	0.08	0.33	1.18	3.3	9.0	26.0	70.0	128	210	10^5
1.0	0.08	0.33	1.18	3.3	9.0	26.0	70.0	128	210	10^5
2.0	0.13	0.35	1.25	3.6	10.0	29.0	80.0	155	230	10^5

Multi-bladeDamper, Parallel Blades*

	θ								
L/R	0	10	20	30	40	50	60	70	80
0.3	0.52	0.79	1.4	2.3	5.0	9.0	14	32	116
0.4	0.52	0.85	1.5	2.4	6.0	9.0	16	38	152
0.5	0.52	0.92	1.5	2.4	6.0	9.0	18	45	188
0.6	0.52	0.92	1.5	2.4	5.4	9.0	21	45	245
0.8	0.52	0.92	1.5	2.5	5.4	9.0	22	55	284
1.0	0.52	1.0	1.6	2.6	5.4	10	24	65	361
1.5	0.52	1.0	1.6	2.7	5.4	10	28	102	576

*Damper blades with crimped leaf edges and ¼ in. (6 mm) metal damper frame.

$$\frac{L}{R} = \frac{NW}{2(H+W)}$$

where N is number of damper blades

W is duct dimension parallel to blade axis

L is sum of damper blade lengths

R is perimeter of duct

H is duct dimension perpendicular to blade axis

ภาคผนวก ค

การกระจายตัวของความเร็ว

ในการแสดงลักษณะของการกระจายตัวของความเร็วในหน้าตัดใด ๆ นั้น จะแสดงโดยเส้น contour ของตัวแปร V ซึ่งนิยามโดย

$$V = \sqrt{\frac{2(P_o - \overline{P})}{\rho}}$$

โดยที่ P_o คือ ค่าความดันรวมที่วัดได้ภายในหน้าตัดของการไหล โดยใช้ Pitot probe

$\overline{P}$ คือ ความดันสถิตเฉลี่ย ซึ่งวัดจาก header ซึ่งต่ออยู่กับ pressure tap ที่ติดตั้งอยู่ที่บริเวณผนังด้านข้างของท่อทั้ง 14 จุด

ρ คือ ความหนาแน่นของอากาศ

การที่ในการคำนวณหาค่าความเร็วในการทดลองไม่ใช้ค่าความดันสถิตที่วัดได้จาก Pitot-Static Probe โดยตรงเพราะว่า ที่บริเวณด้านหลังแผ่นแดมเปอร์มีทิศทางการไหลของอากาศที่ไม่แน่นอน จึงส่งผลทำให้ค่าความดันสถิตที่วัดได้ด้วยวิธีดังกล่าวเกิดความผิดพลาดขึ้น ดังนั้นจึงเลือกใช้ค่าความดันสถิตเฉลี่ยที่เกิดขึ้นภายในหน้าตัดในการคำนวณแทนค่า local static pressure ที่วัดจาก Pitot-Static Probe

1. <u>การไหลของอากาศภายในท่อเปล่า (D0-0)</u>

พิจารณารูปที่ ค.1 แสดงการกระจายตัวของความเร็วที่แต่ละหน้าตัดของการไหลพบว่า ที่ x/D = -2 พบว่าความเร็วภายในหน้าตัดจะมีค่าค่อนข้างสม่ำเสมอ (ประมาณ 7.5 เมตรต่อวินาที) และเมื่อการไหลพัฒนาต่อไป จะพบว่าผลของรอยต่อที่ยื่นเข้าไปในท่อทางด้านขวาดังที่ได้กล่าวไปแล้วในตอนแรก จะทำให้บริเวณทางด้านซ้ายของหน้าตัดมีความเร็วสูงมากกว่าบริเวณอื่นภายในหน้าตัด ดังแสดงที่ตำแหน่ง x/D = 1 ถึง 10 โดยจะสังเกตที่เส้น contour ซึ่งมีค่าเท่ากับ 8 จะพบว่า ความเร็วสูงสุดภายในหน้าตัดซึ่งมีค่าเท่ากับ 8 จะเกิดขึ้นที่ทางด้านซ้ายเป็นวง contour ขนาดเล็ก จากนั้น จะมีขนาดขยายใหญ่ขึ้นสู่ผนังทางด้านขวาของท่อ จนกระทั่ง x/D = 12 จะพบว่าวง contour ดังกล่าวจะค่อนข้างมีความสมมาตรภายในหน้าตัด ต่อจากนั้น การไหลก็จะยังคงพัฒนาต่อไป ซึ่งจะสังเกตเห็นว่า ที่ x/D = 36 เป็นต้นไป ลักษณะของ contour เริ่มที่จะมีขนาดใกล้เคียงกัน อันเป็นการแสดงให้

เห็นว่าการไหลเริ่มเข้าสู่สภาวะพัฒนาเต็มที่ โดยมีค่าความเร็วสูงสุดภายในหน้าตัดประมาณ 8.5 เมตรต่อวินาที

2. การไหลของอากาศผ่านแดมเปอร์ชนิด 1 แผ่น มุม 30 องศา (D1–30)

พิจารณารูปที่ ค.2 ซึ่งแสดงการกระจายตัวของความเร็วที่แต่ละหน้าตัดของการไหลกรณี D1–30 โดยมีสภาวะเริ่มต้นที่ x/D = -2 เป็นความเร็วแบบสม่ำเสมอซึ่งมีค่าประมาณ 7.6 เมตรต่อวินาที จะพบว่า ที่บริเวณด้านหลังแผ่นแดมเปอร์ เนื่องจากไม่สามารถทราบถึงทิศทางของการไหลของอากาศที่แน่นอน ดังนั้นการที่จะใช้ Pitot probe วัดความเร็วของอากาศในบริเวณดังกล่าวจึงทำให้ค่าที่ได้มีความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง ดังนั้น สำหรับการกระจายตัวของความเร็วของการไหลของอากาศผ่านแดมเปอร์ชนิดต่าง ๆ จึงจะพิจารณาเฉพาะที่บริเวณซึ่งการไหลเริ่มเข้าสู่สภาวะพัฒนาเต็มที่เท่านั้น ซึ่งจะพบว่า สำหรับในกรณีนี้ (D1–30) ลักษณะของ contour ในรูปที่ ค.2 มีแนวโน้มเริ่มที่จะมีขนาดคงที่ที่ x/D ประมาณ 36 เป็นต้นไป โดยมีค่าความเร็วสูงสุดภายในหน้าตัดประมาณ 8.5 เมตรต่อวินาที

3. การไหลของอากาศผ่านแดมเปอร์ชนิด 1 แผ่น มุม 45 องศา (D1–45)

พิจารณารูปที่ ค.3 ซึ่งแสดงการกระจายตัวของความเร็วที่แต่ละหน้าตัดของการไหลกรณี D1–45 โดยมีสภาวะเริ่มต้นที่ x/D = -2 เป็นความเร็วแบบสม่ำเสมอ ซึ่งมีค่าประมาณ 7.6 เมตรต่อวินาที จะพบว่าที่ x/D ประมาณ 50 เป็นต้นไป ลักษณะของ contour มีแนวโน้มเริ่มที่จะมีขนาดคงที่ โดยมีค่าความเร็วสูงสุดในหน้าตัดประมาณ 8.5 เมตรต่อวินาที

4. การไหลของอากาศผ่านแดมเปอร์ชนิด 3 แผ่น มุม 45 องศา (D3–45)

พิจารณารูปที่ ค.4 ซึ่งแสดงการกระจายตัวของความเร็วที่แต่ละหน้าตัดของการไหลกรณี D3–45 โดยมีสภาวะเริ่มต้นที่ x/D = -2 เป็นความเร็วแบบสม่ำเสมอ ซึ่งมีค่าประมาณ 7.6 เมตรต่อวินาที จะพบว่า ที่ x/D ประมาณ 40 เป็นต้นไป ลักษณะของ contour มีแนวโน้มเริ่มที่จะมีขนาดคงที่ โดยมีค่าความเร็วสูงสุดในหน้าตัดประมาณ 8.5 เมตรต่อวินาที

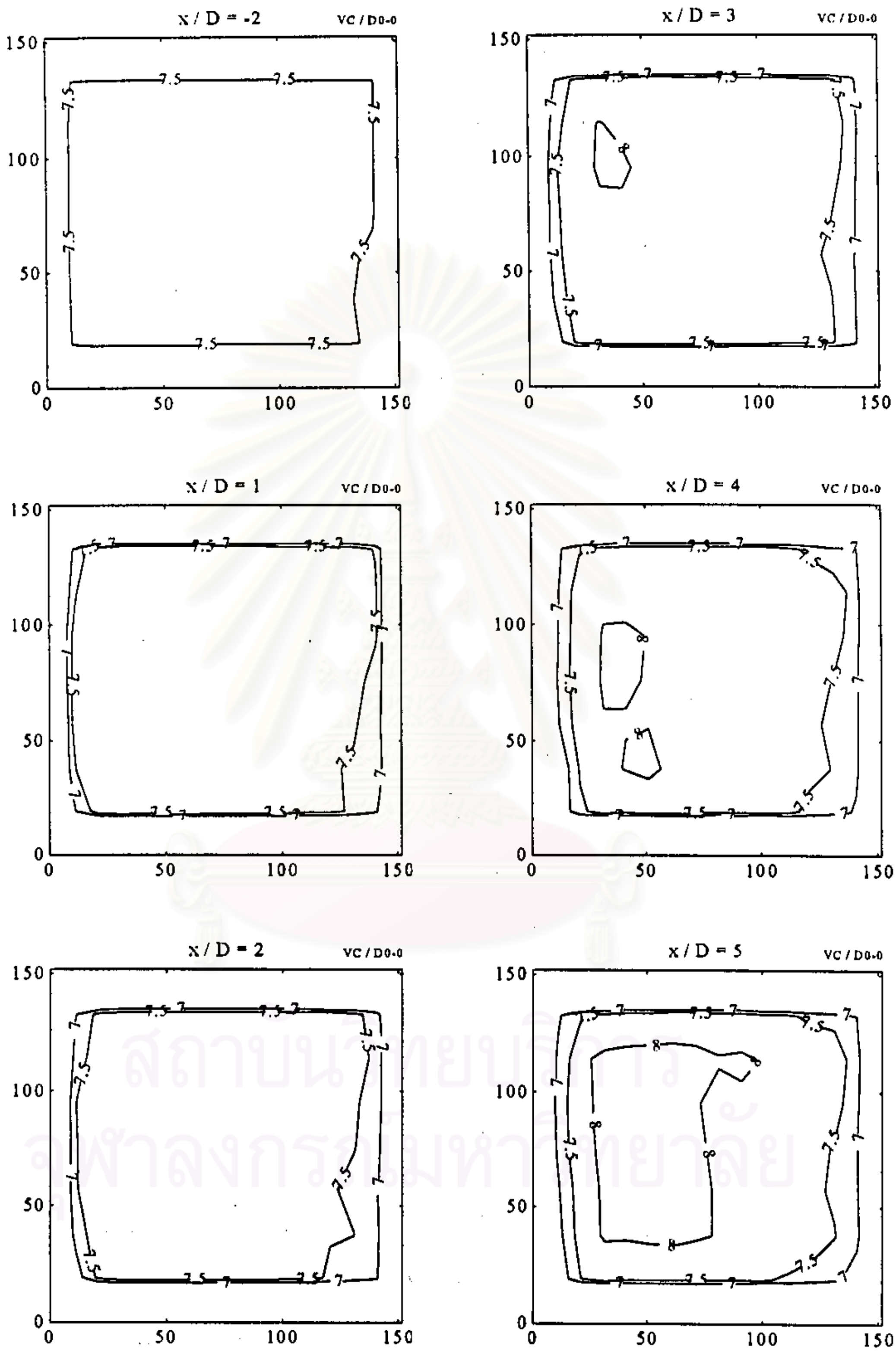
5. การไหลของอากาศผ่านแดมเปอร์ชนิด 3 แผ่น มุม 30 องศา (D3–30)

พิจารณารูปที่ ค.5 ซึ่งแสดงการกระจายตัวของความเร็วที่แต่ละหน้าตัดของการไหลกรณี D3–30 โดยมีสภาวะเริ่มต้นที่ x/D = -2 เป็นความเร็วแบบสม่ำเสมอ ซึ่งมีค่าประมาณ 7.6 เมตรต่อ

วินาที จะพบว่า ที่ x/D ประมาณ 48 เป็นต้นไป ลักษณะของ contour มีแนวโน้มเริ่มที่จะมีขนาดคงที่ โดยมีค่าความเร็วสูงสุดในหน้าตัดประมาณ 8.5 เมตรต่อวินาที

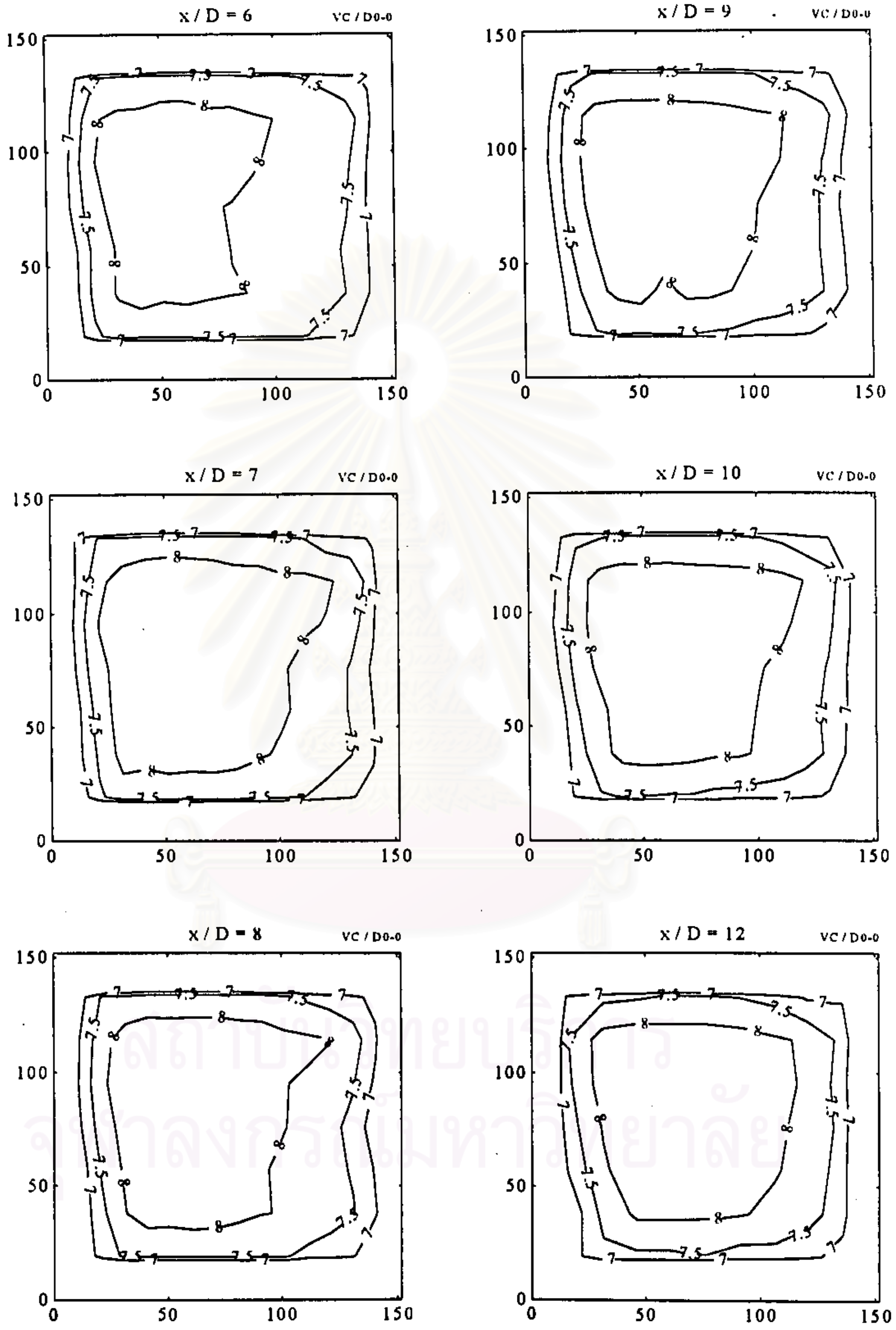
สำหรับ contour ซึ่งแสดงถึงค่าความแตกต่างของความเร็วกายในหน้าตัดของการทดลองกรณีต่าง ๆ จะแสดงไว้ในภาคผนวก ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



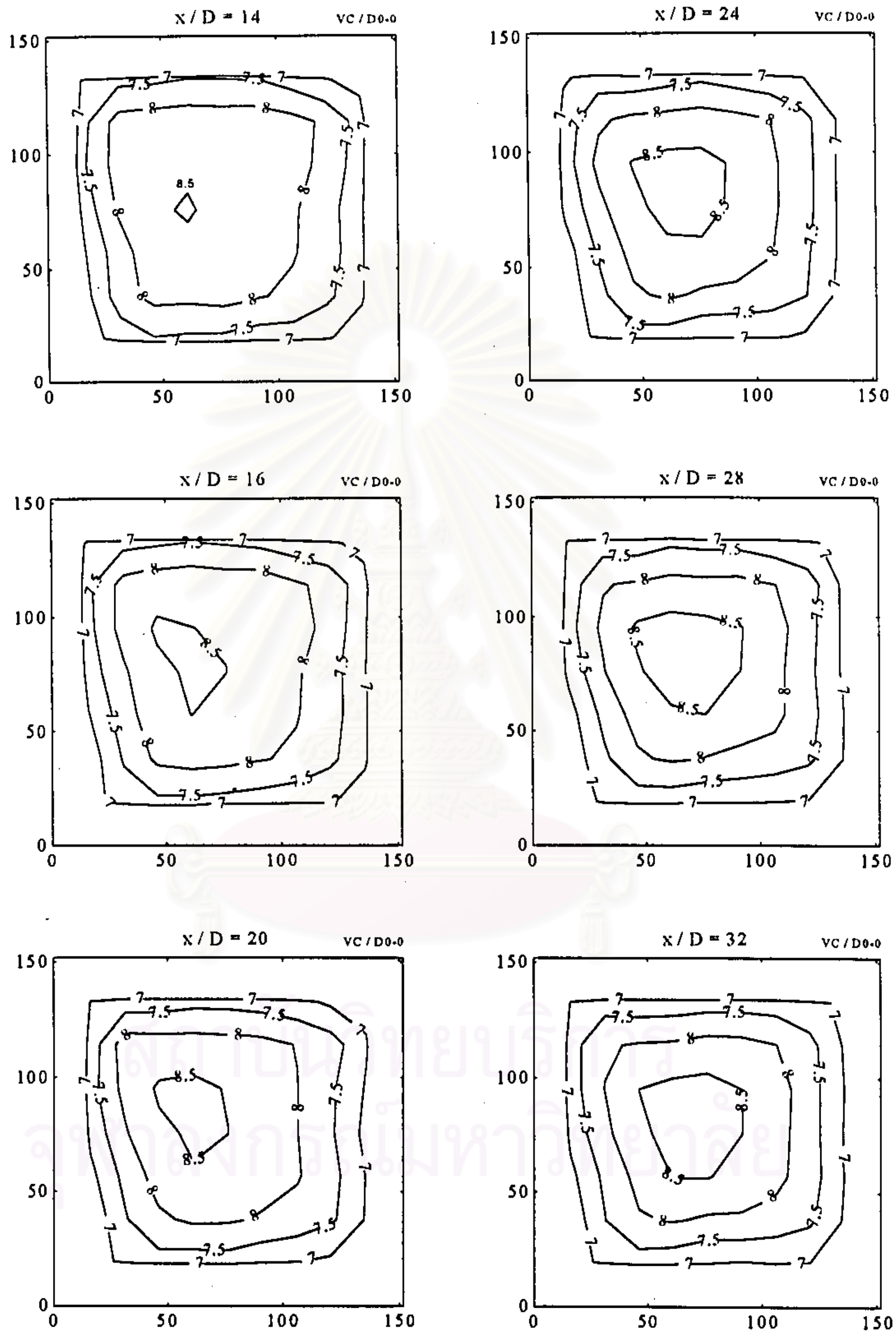
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ค.1 Velocity Contour กรณี D0-0 ที่ x / D = -2, 1, 2, 3, 4 และ 5



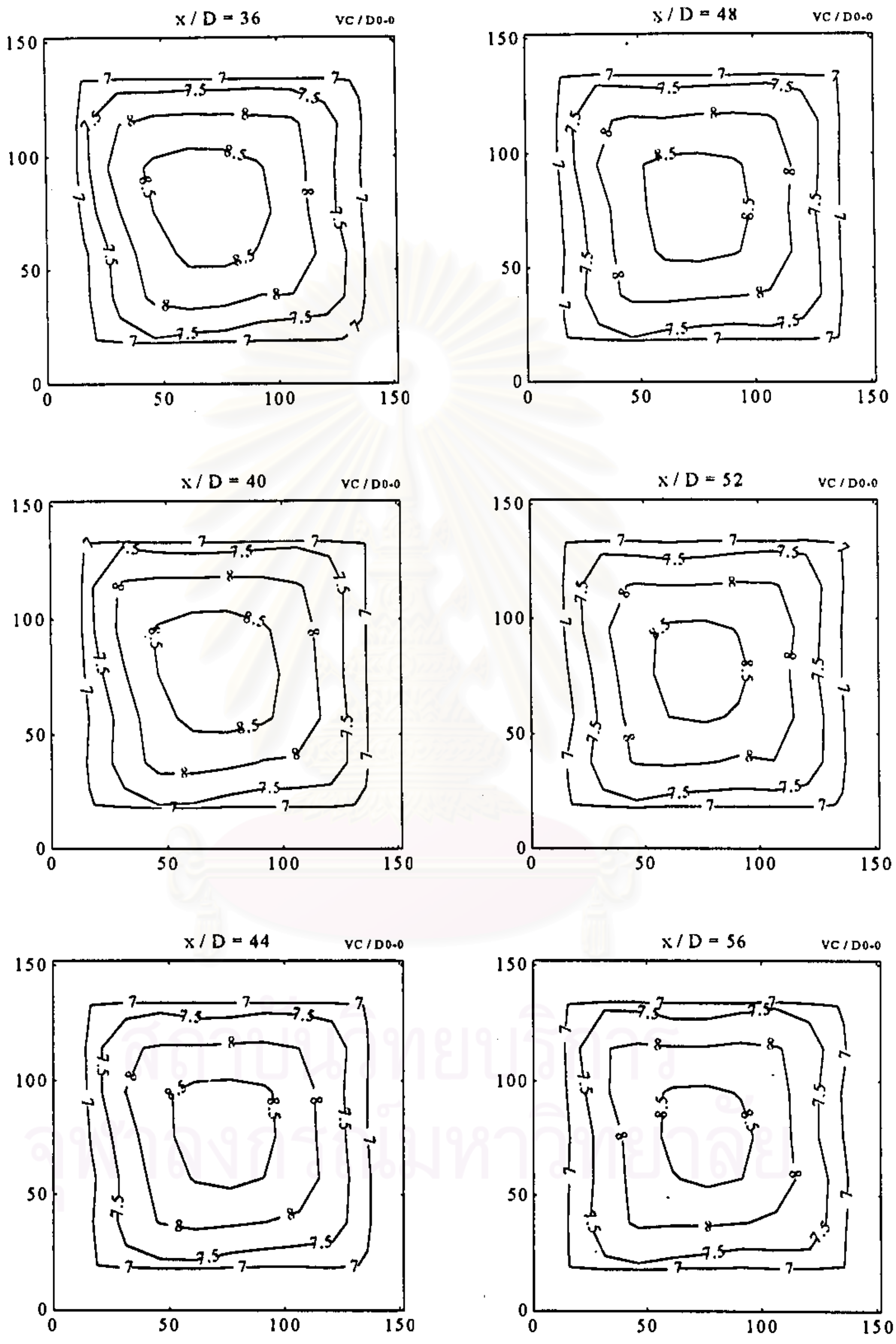
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ค.1(ต่อ) Velocity Contour กรณี D0-0 ที่ x / D = 6, 7, 8, 9, 10 และ 12



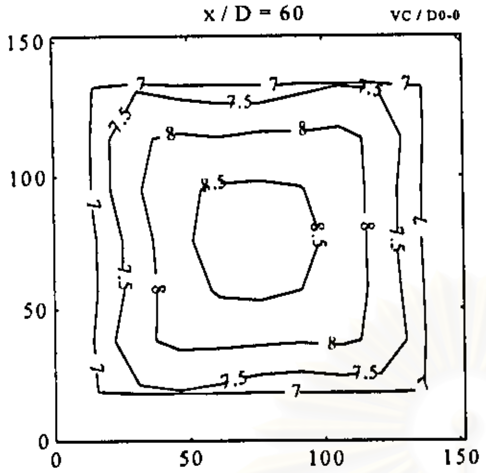
รูปที่ ค.1(ต่อ) Velocity Contour กรณี D0-0 ที่ x / D = 14, 16, 20, 24, 28 และ 32

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



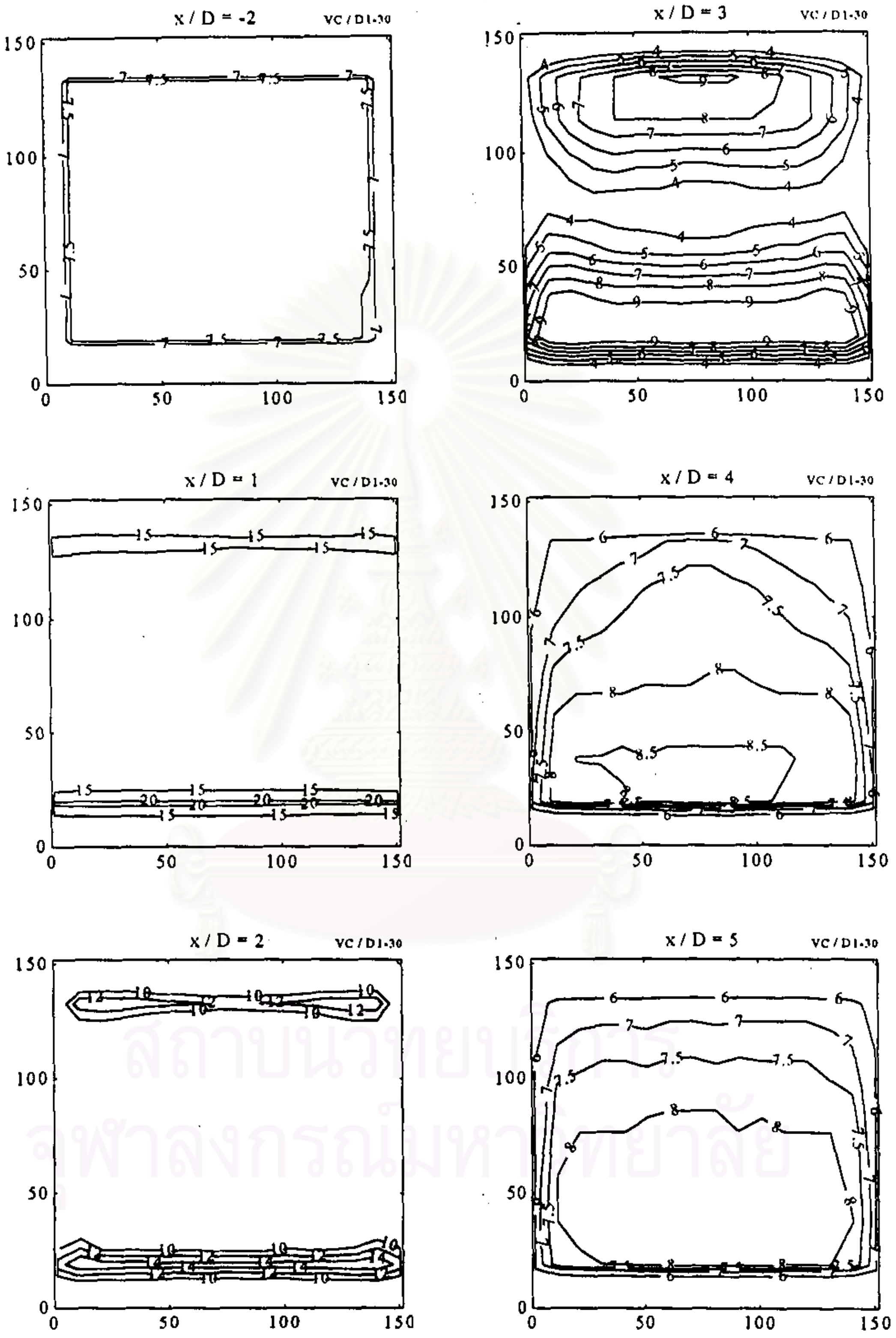
รูปที่ ค.1(ต่อ) Velocity Contour กรณี D0-0 ที่ x / D = 36, 40, 44, 48, 52 และ 56

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



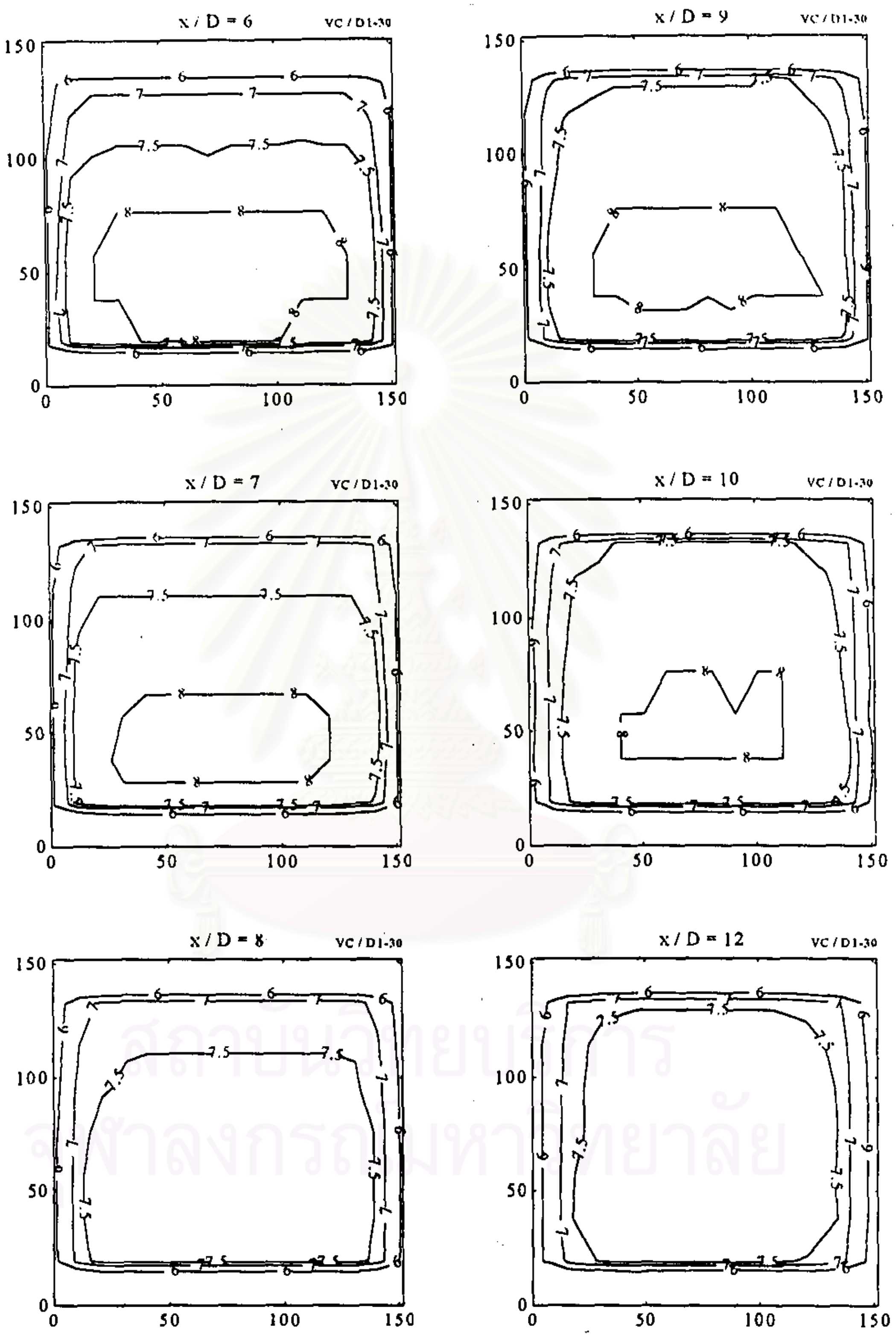
รูปที่ ค.1(ต่อ) Velocity Contour กรณี D0-0 ที่ x / D = 60

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



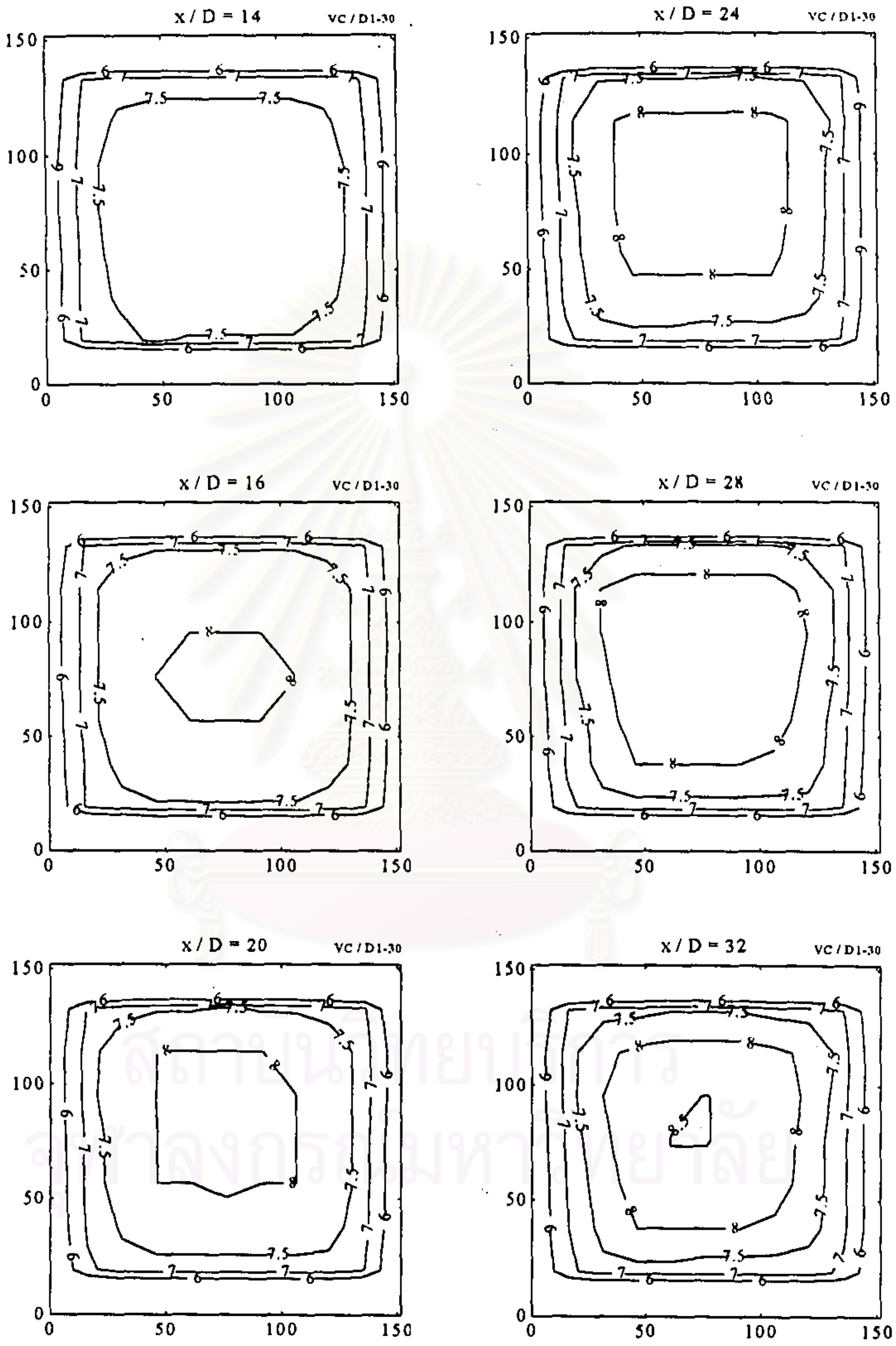
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ค.2 Velocity Contour กรณี D1-30 ที่ x / D = -2, 1, 2, 3, 4 และ 5



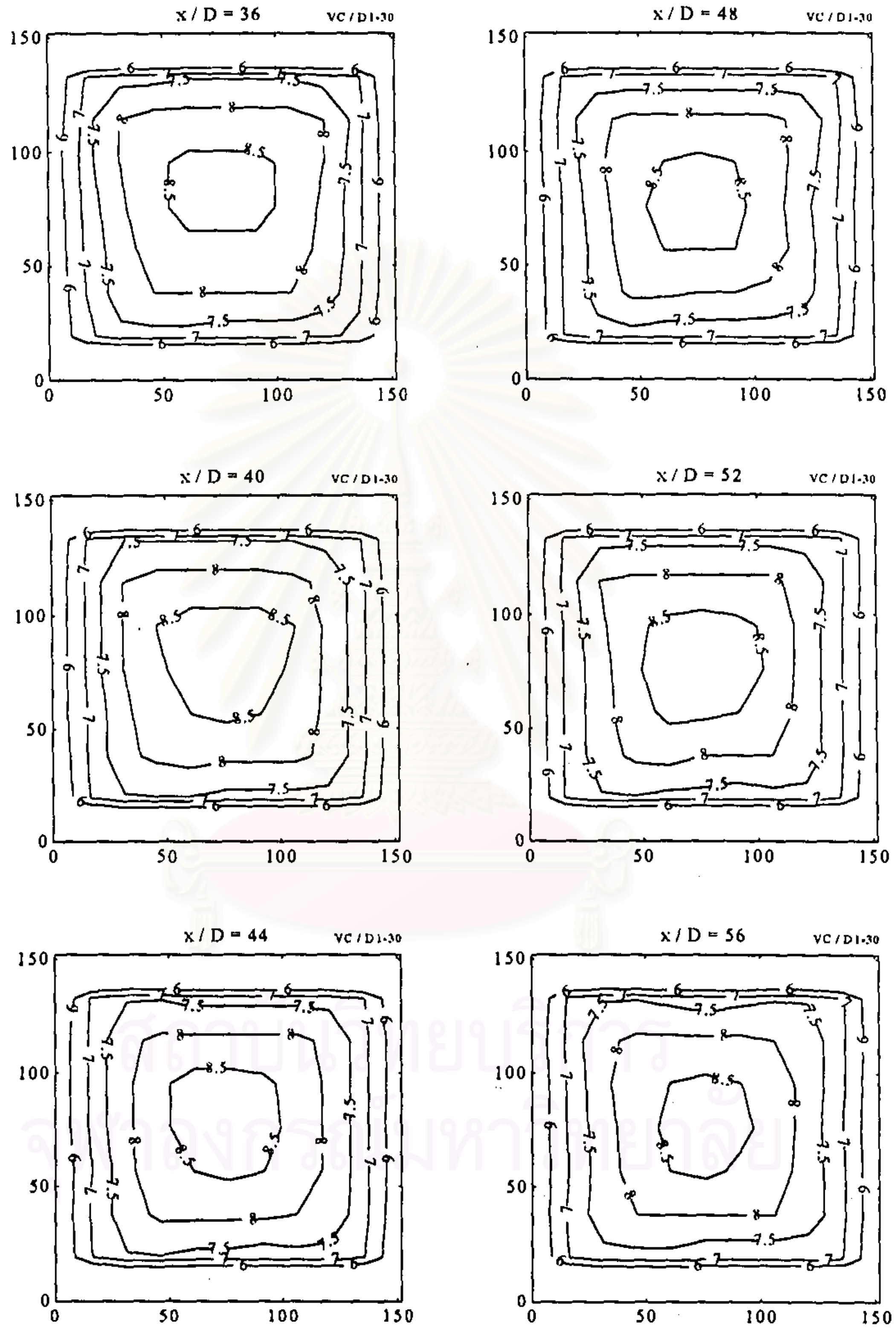
รูปที่ ค.2(ต่อ)   Velocity Contour กรณี D1-30 ที่ x / D = 6, 7, 8, 9, 10 และ 12

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



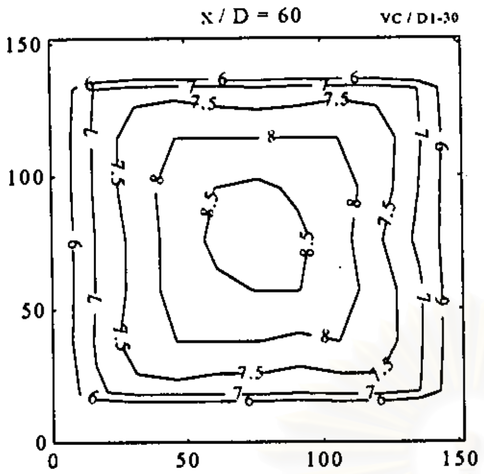
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ค.2(ต่อ) Velocity Contour กรณี D1-30 ที่ x / D = 14, 16, 20, 24, 28 และ 32



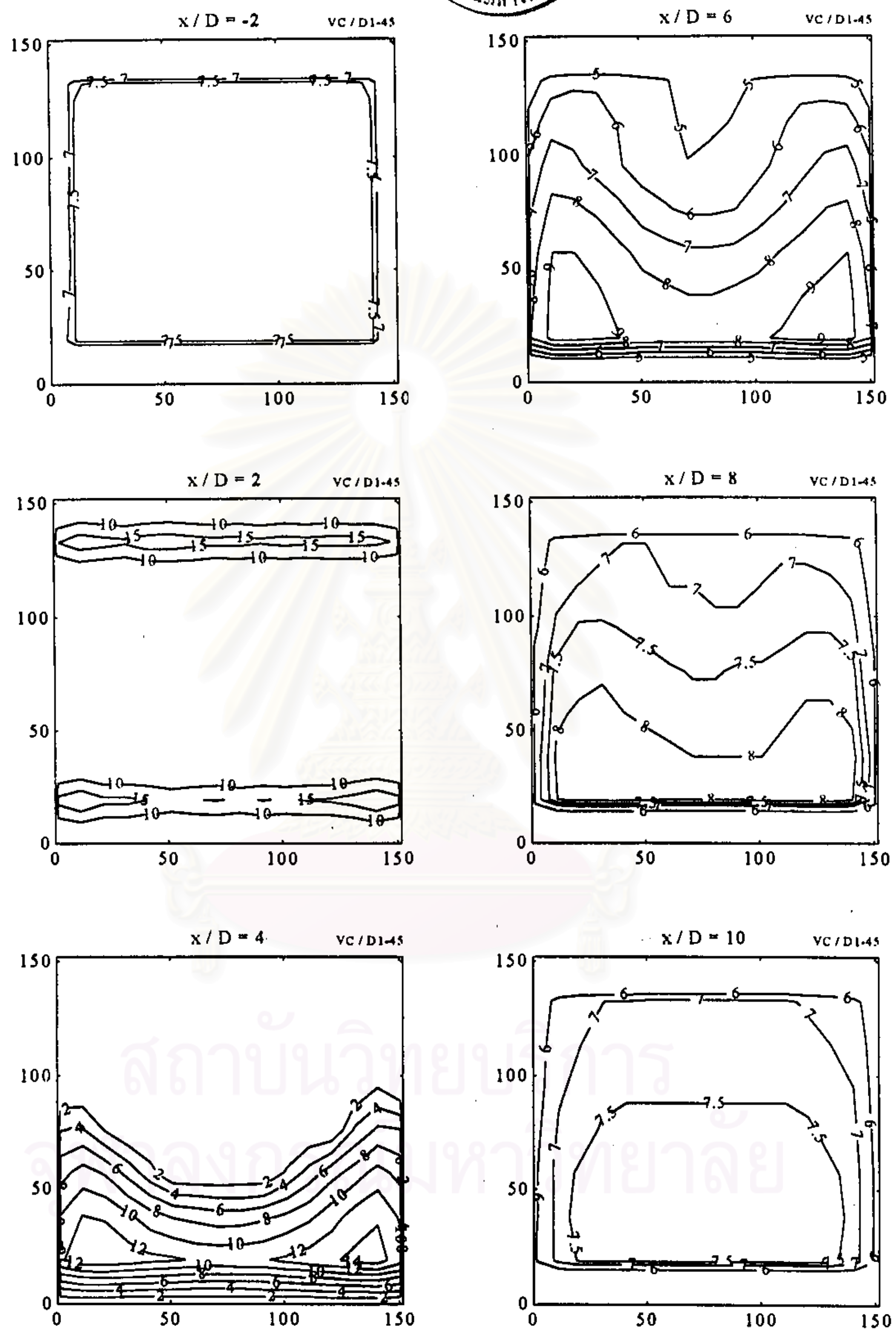
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ค.2(ต่อ) Velocity Contour กรณี D1-30 ที่ x / D = 36, 40, 44, 48, 52 และ 56



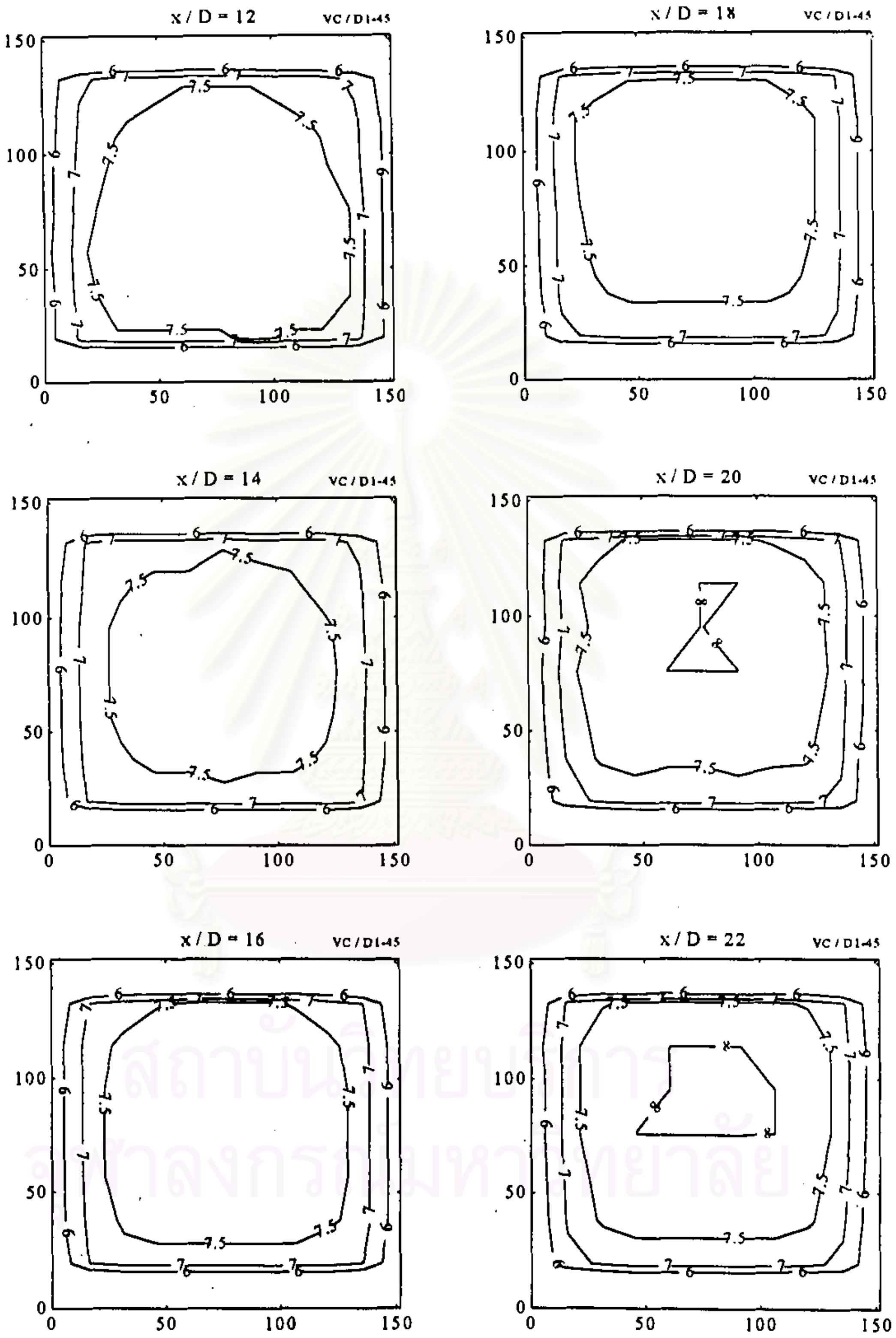
รูปที่ ค.2(ต่อ) Velocity Contour กรณี D1-30 ที่ x / D = 60

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



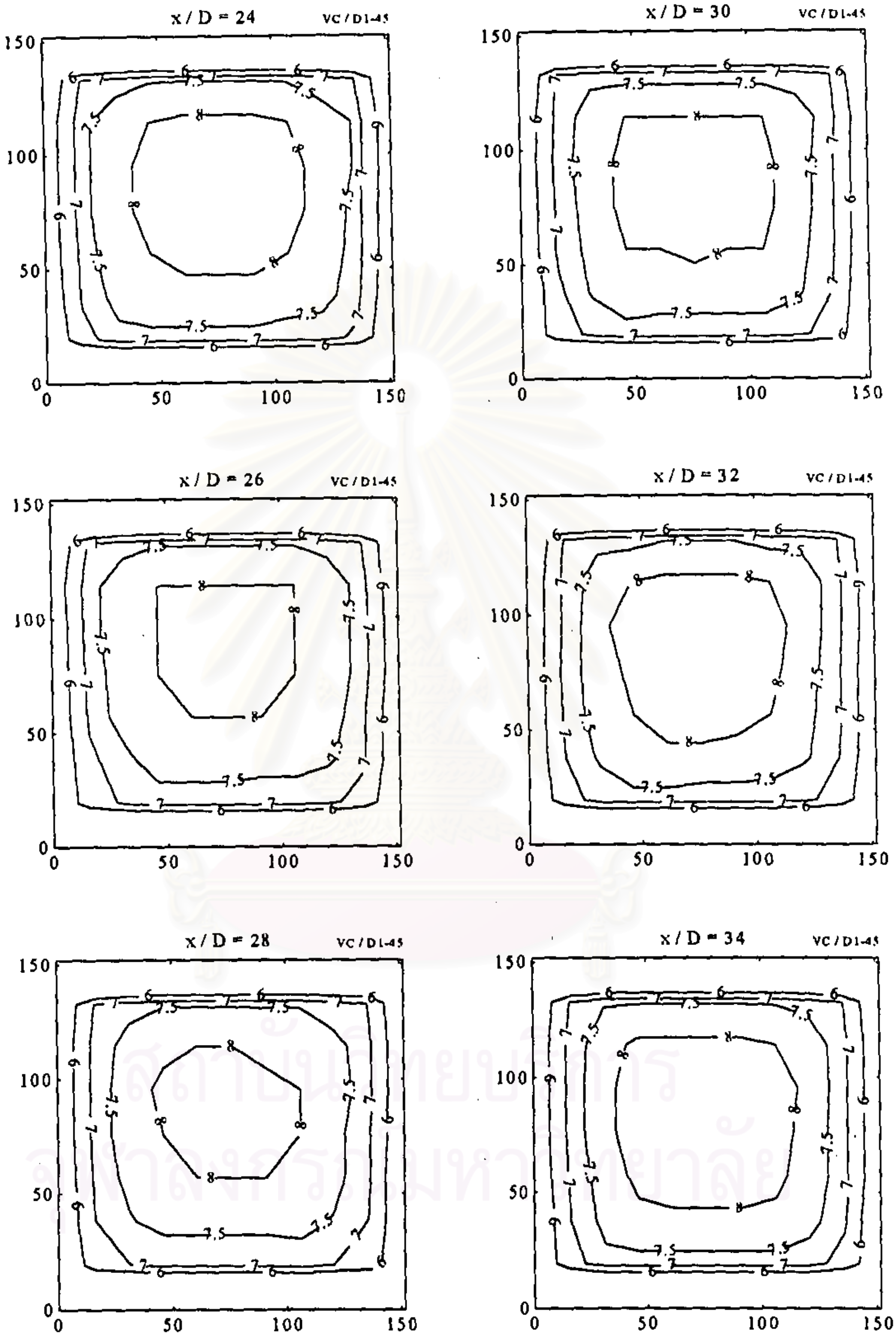
รูปที่ ค.3 Velocity Contour กรณี D1-45 ที่ x / D = -2, 2, 4, 6, 8 และ 10

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



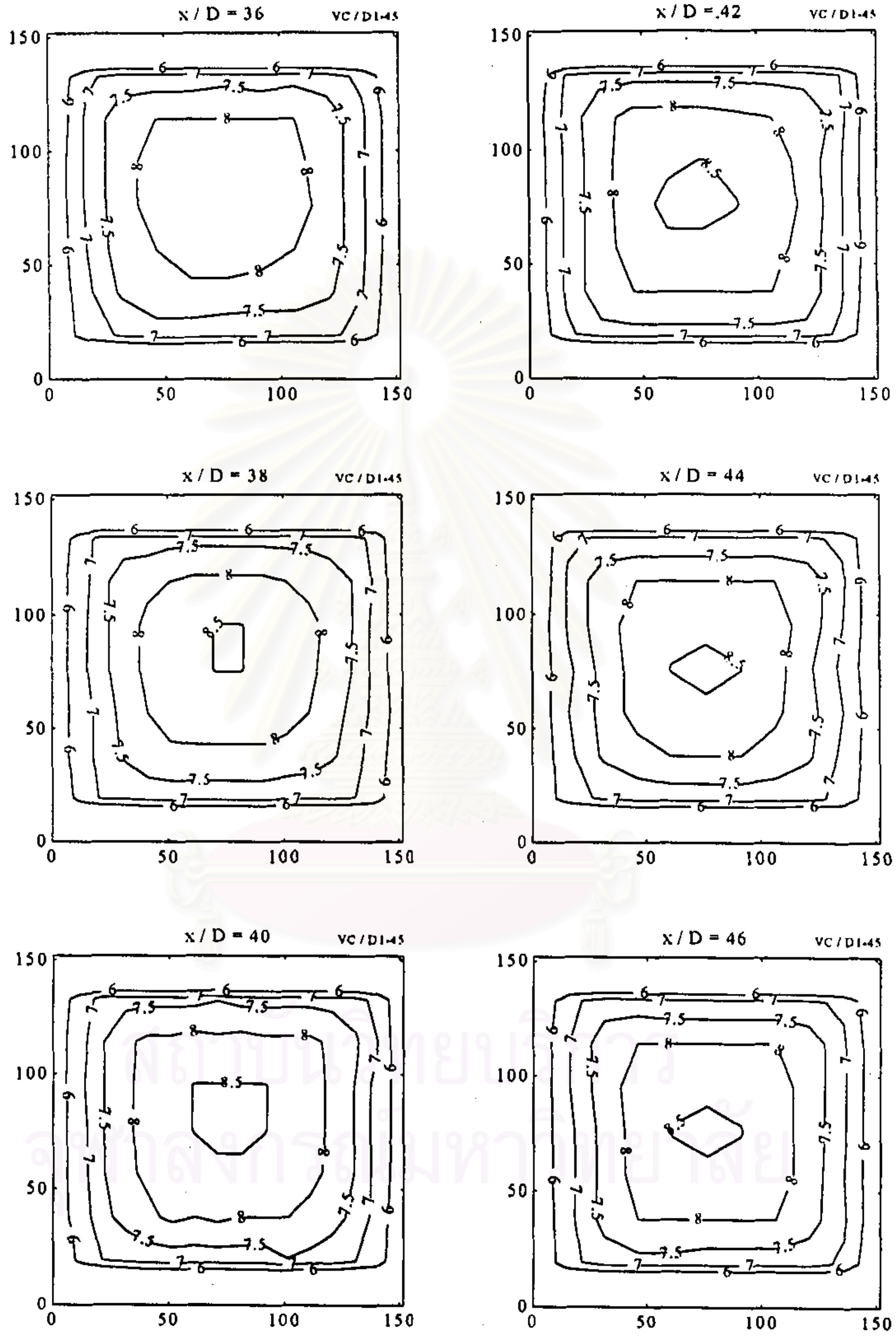
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ค.3(ต่อ) Velocity Contour กรณี D1-45 ที่ x / D = 12, 14, 16, 18, 20 และ 22

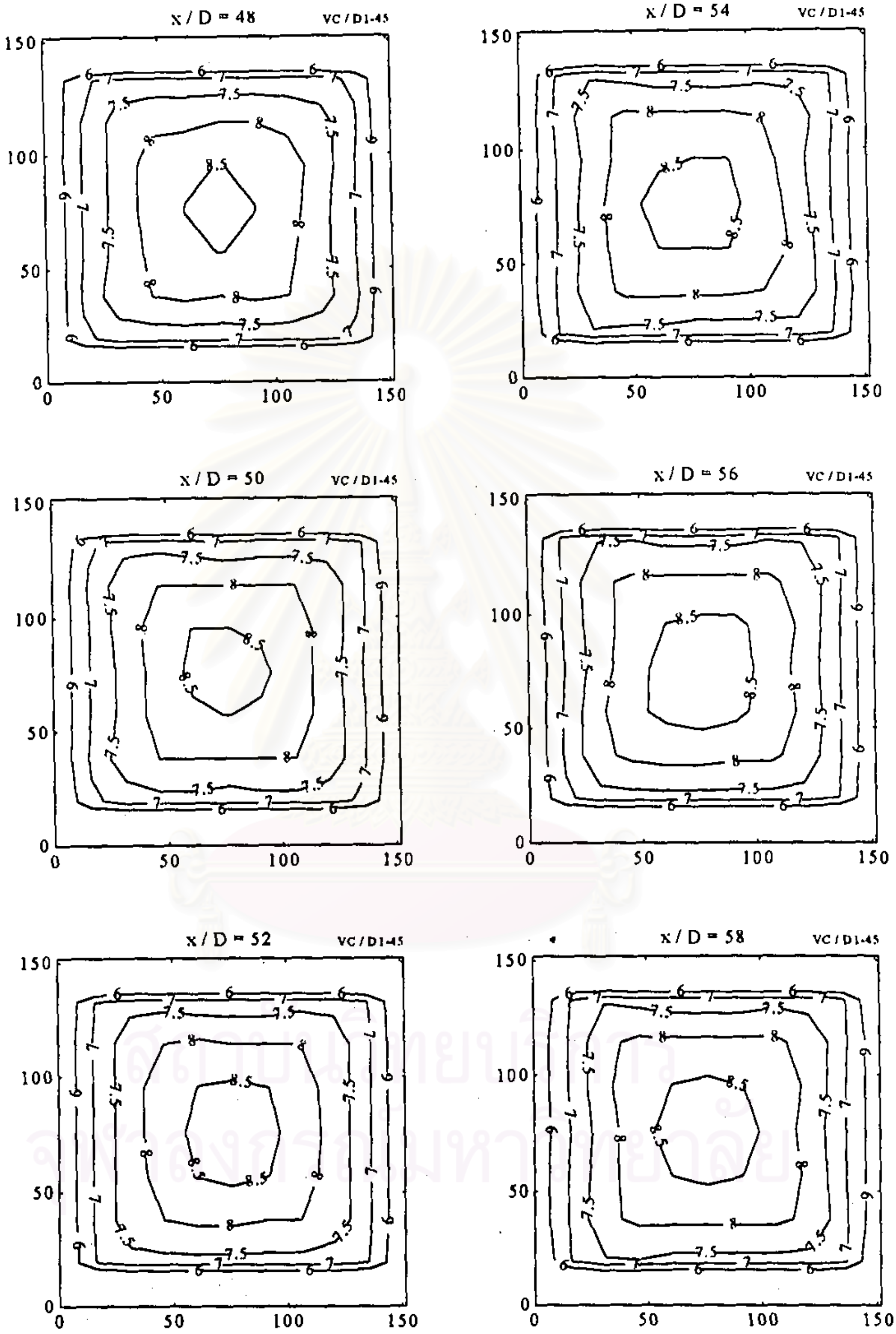


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

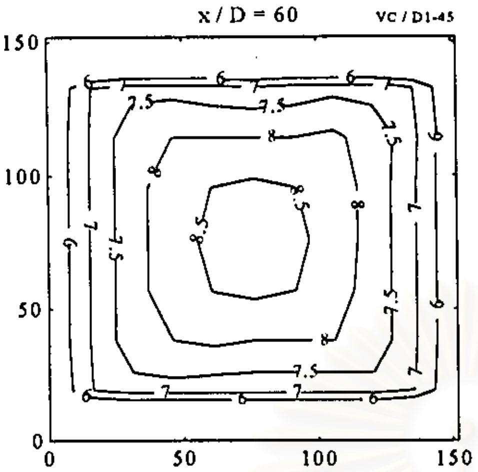
รูปที่ ค.3(ต่อ) Velocity Contour กรณี D1-45 ที่ x / D = 24, 26, 28, 30, 32 และ 34



รูปที่ ค.3(ต่อ) Velocity Contour กรณี D1-45 ที่ x / D = 36, 38, 40, 42, 44 และ 46

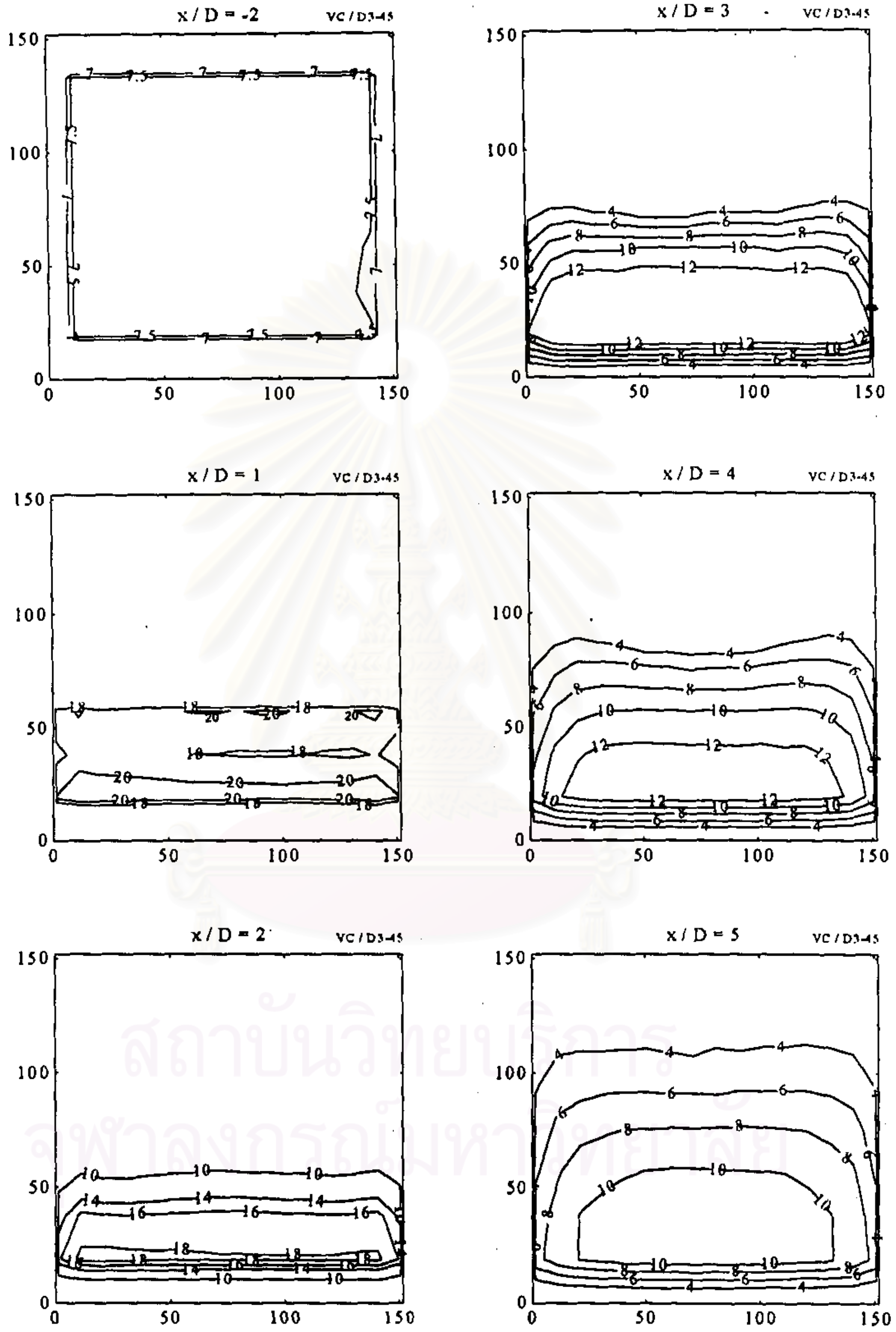


รูปที่ ค.3(ต่อ) Velocity Contour กรณี D1-45 ที่ x / D = 48, 50, 52, 54, 56 และ 58



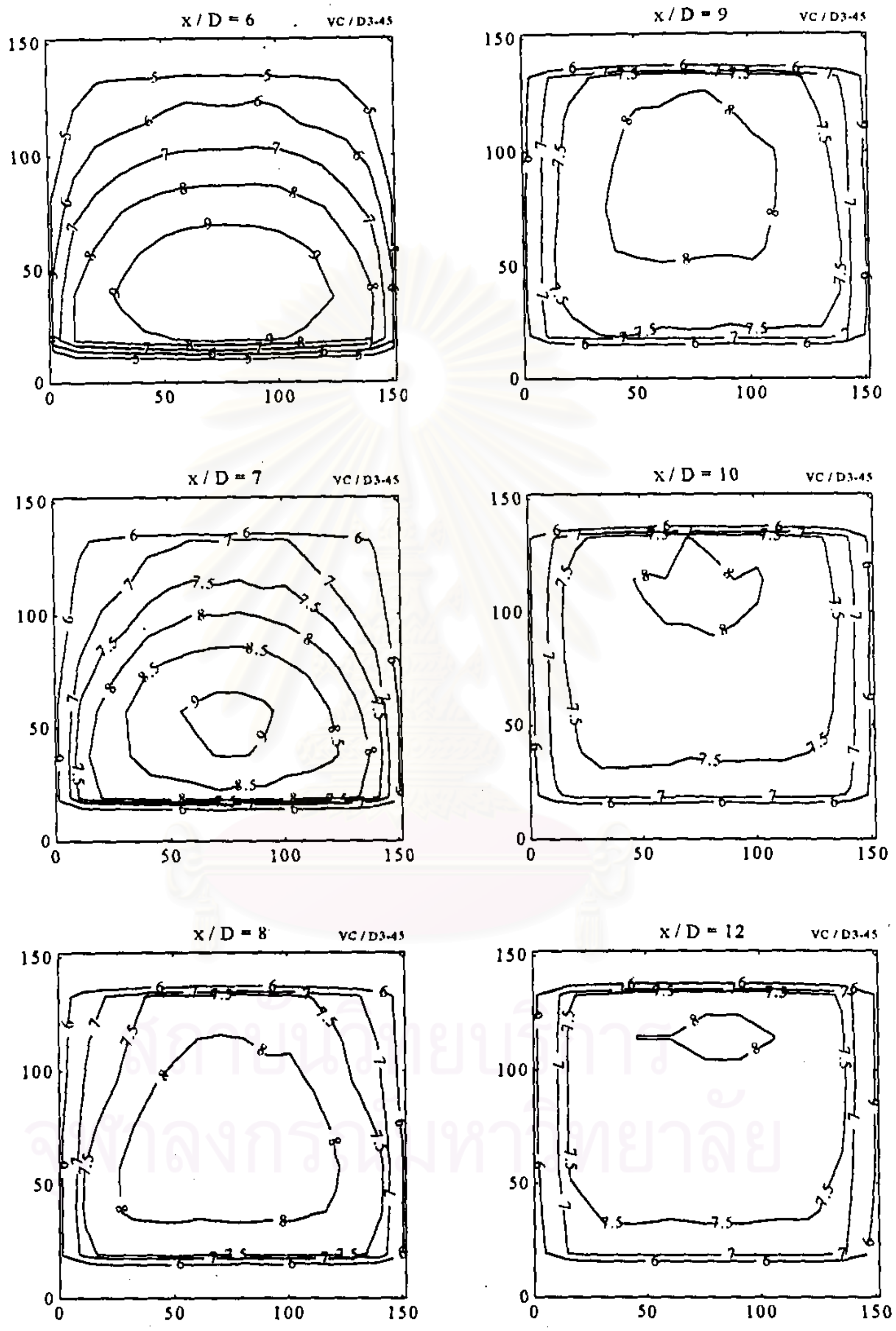
รูปที่ ค.3(ต่อ) Velocity Contour กรณี D1-45 ที่ x / D = 60

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



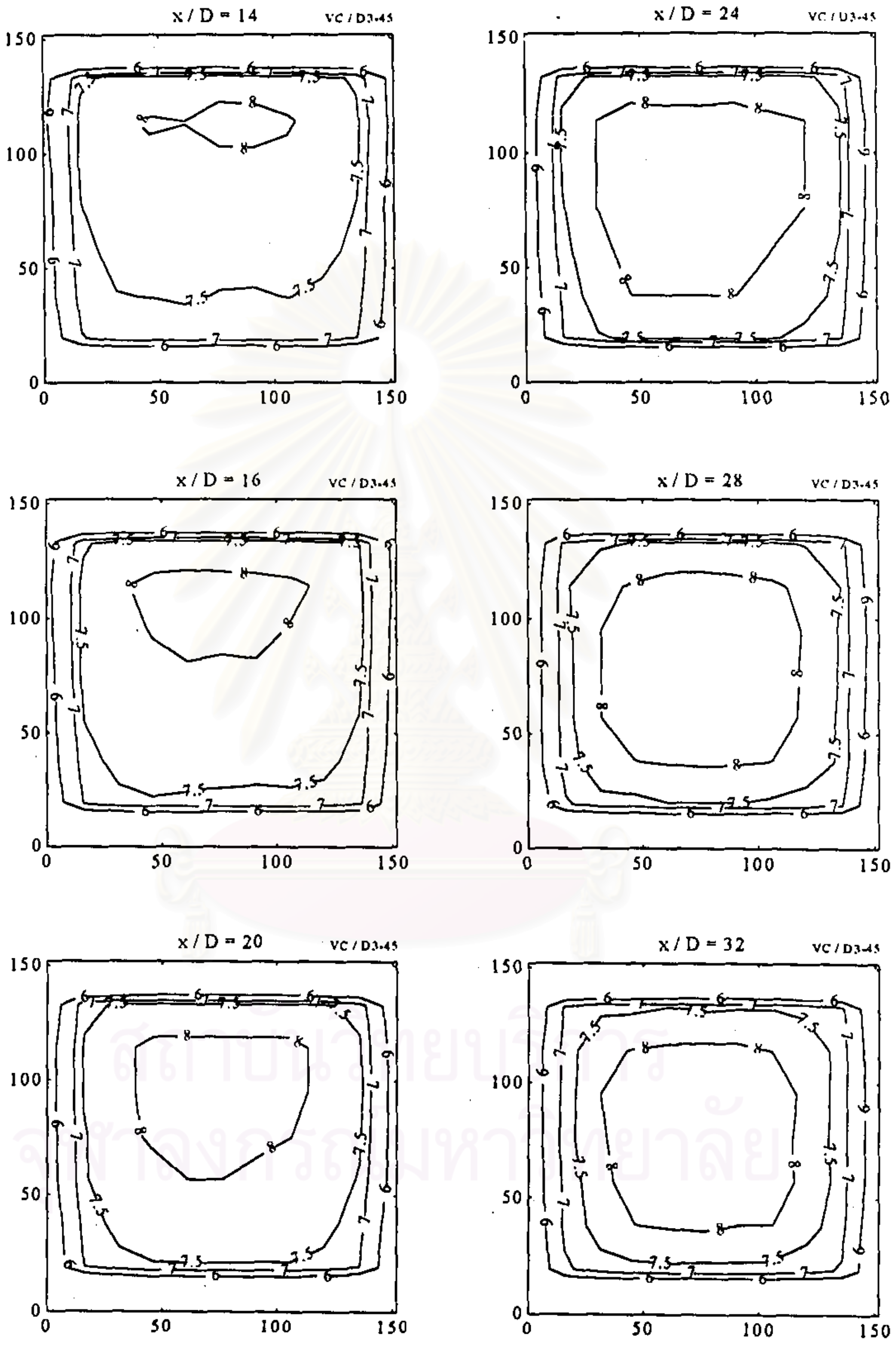
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ค.4 Velocity Contour กรณี D3-45 ที่ x / D = -2, 1, 2, 3, 4 และ 5



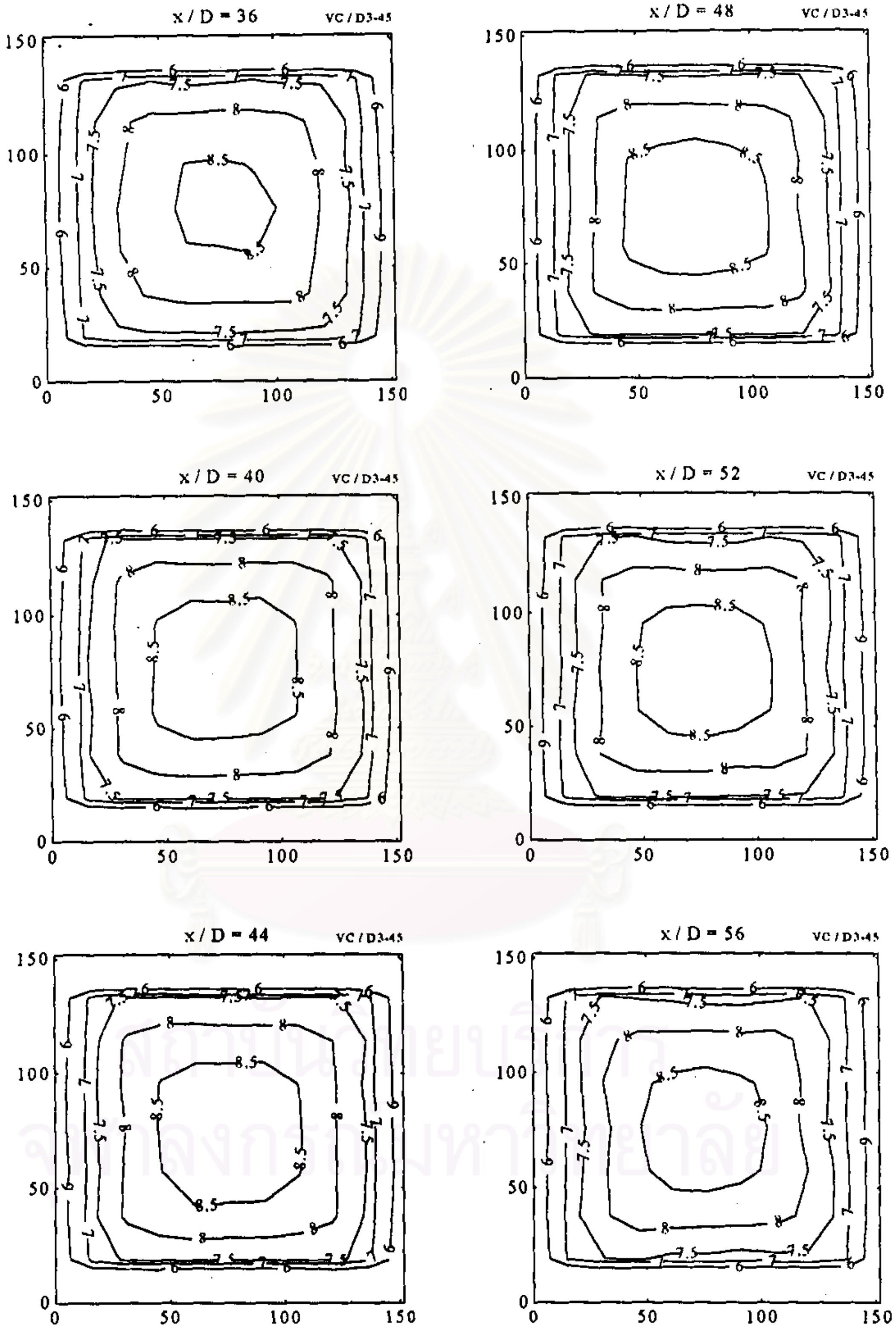
รูปที่ ค.4(ต่อ) Velocity Contour กรณี D3-45 ที่ x / D = 6, 7, 8, 9, 10 และ 12

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

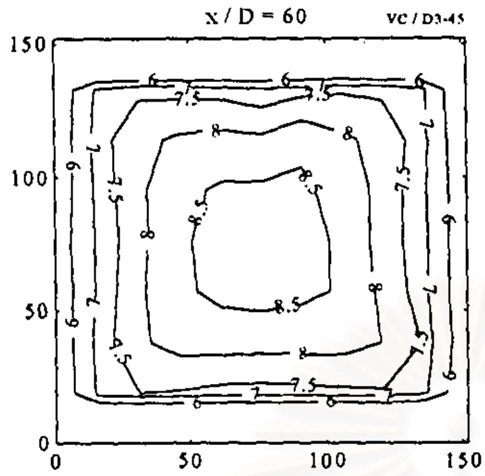


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ค.4(ต่อ) Velocity Contour กรณี D3-45 ที่ x / D = 14, 16, 20, 24, 28 และ 32

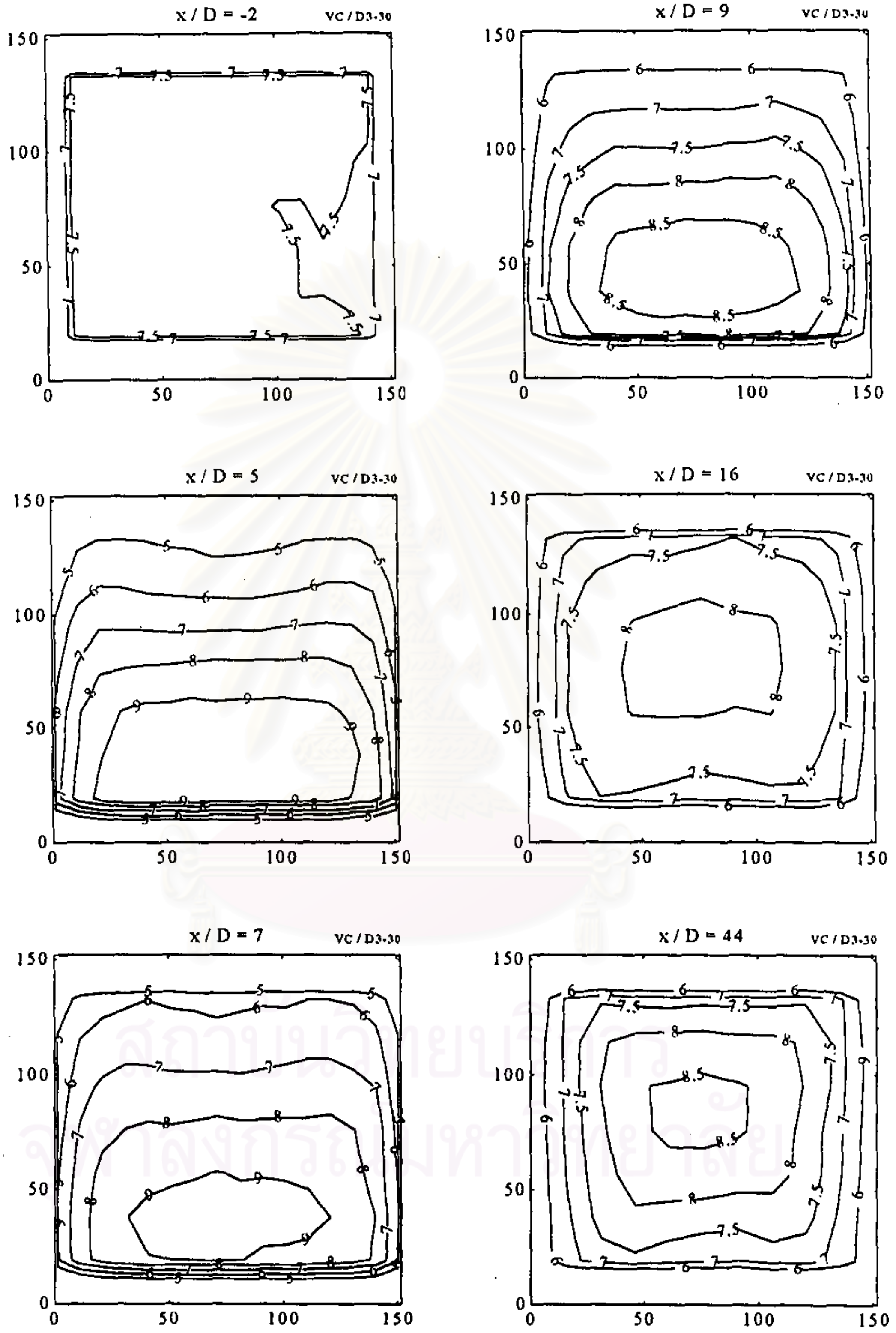


รูปที่ ค.4(ต่อ) Velocity Contour กรณี D3-45 ที่ x / D = 36, 40, 44, 48, 52 และ 56



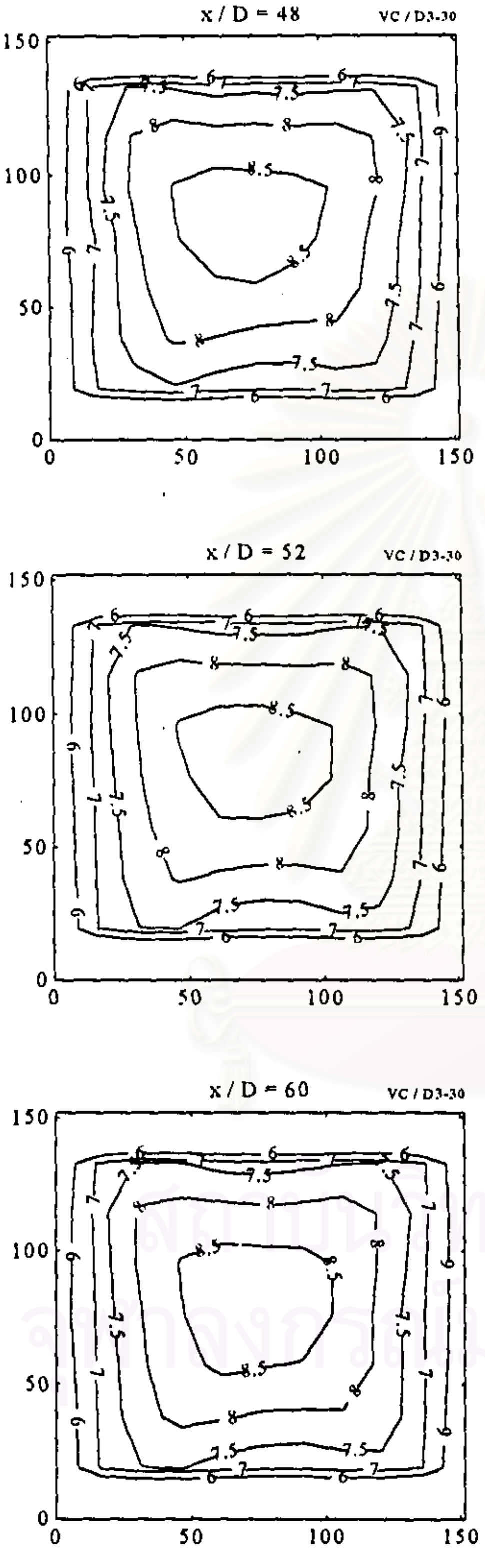
รูปที่ ค.4(ต่อ) Velocity Contour กรณี D3-45 ที่ x / D = 60

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ค.5 Velocity Contour กรณี D3-30 ที่ x / D = -2, 5, 7, 9, 16 และ 44

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ค.5(ต่อ) Velocity Contour กรณี D3-30 ที่ x / D = 48, 52 และ 60

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง

ความแตกต่างของความเร็วภายในหน้าตัด

ในการแสดงลักษณะของความแตกต่างของความเร็วจากค่าความเร็วเฉลี่ยในหน้าตัดใด ๆ นั้น จะแสดงโดยเส้น contour ของตัวแปร ε_V ซึ่งนิยามโดย

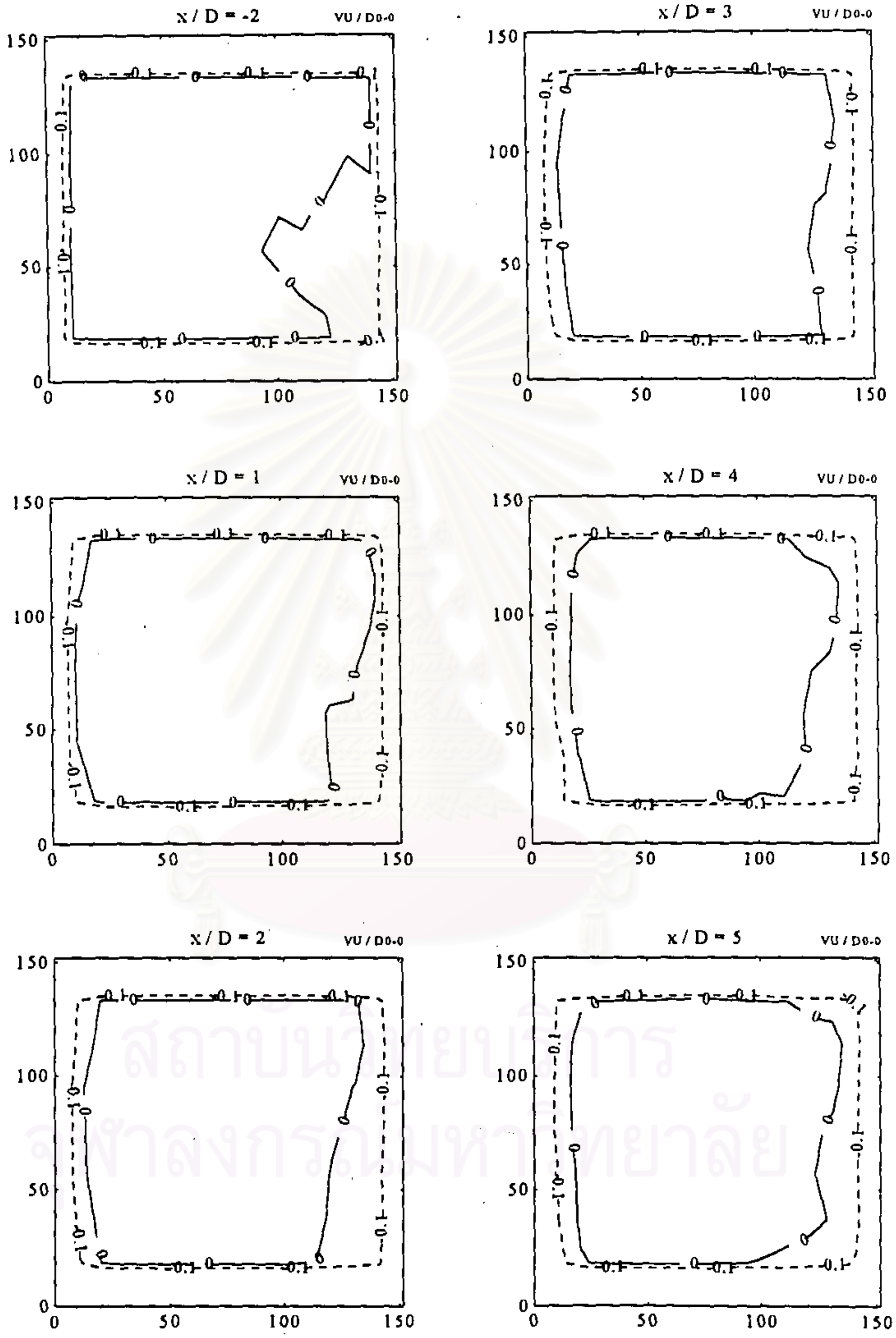
$$\varepsilon_V = \frac{V-U}{U}$$

โดยที่ V คือ ความเร็วที่ตำแหน่งใด ๆ ภายในหน้าตัดท่อ

U คือ ความเร็วสม่ำเสมอ

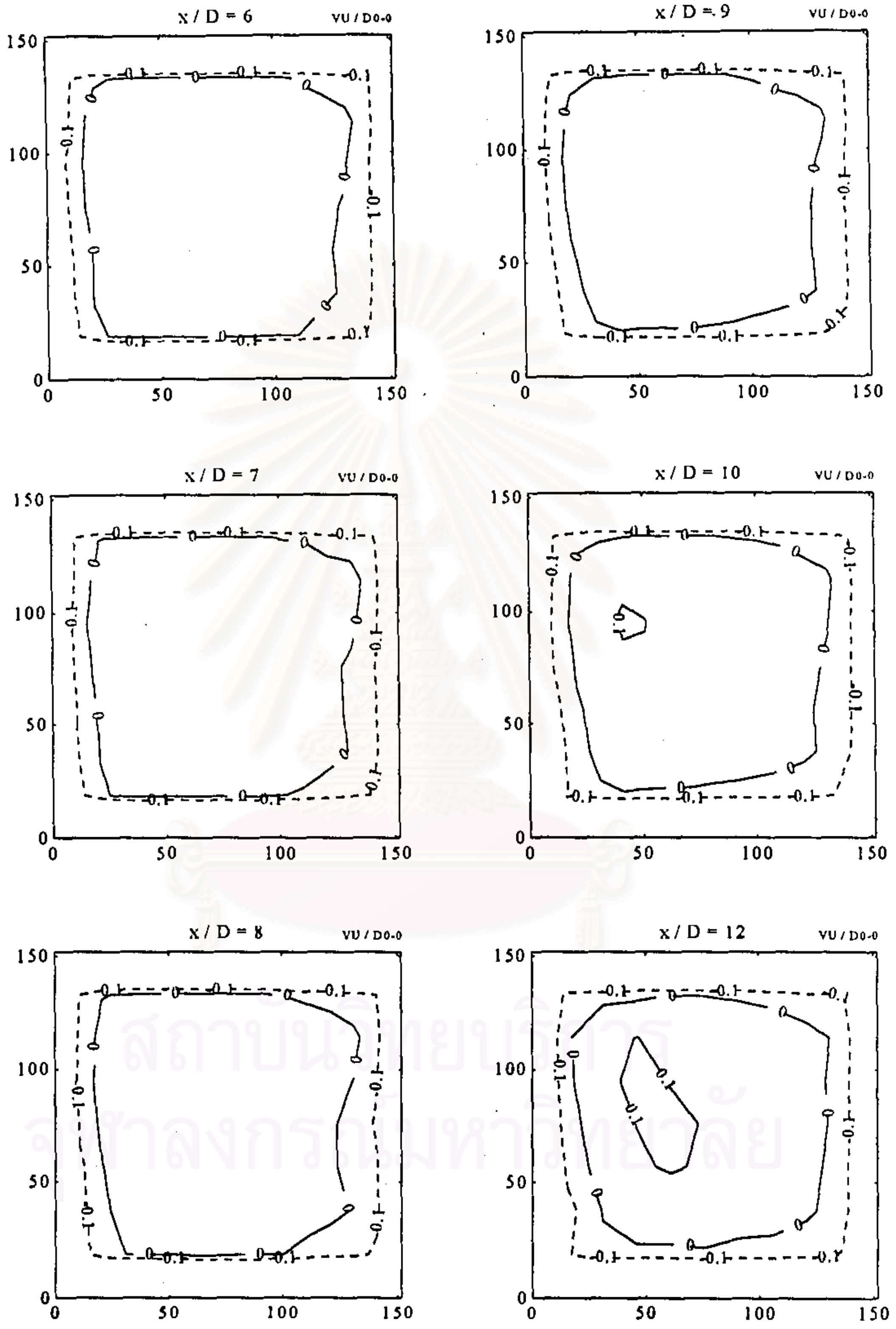
สำหรับ contour ของ ε_V ในการทดลองกรณีการไหลของอากาศผ่านแดมเปอร์ชนิด 1 และ 3 แผ่น ที่มุม 30 และ 45 องศาในการทดลอง จะแสดงอยู่ในรูปที่ ง.1 ถึง ง.5 ดังแสดงในหน้าต่อไป จะพบว่า สำหรับการไหลในทุกกรณีทดลอง ค่าความเร็วสูงสุดภายในหน้าตัดที่สภาวะพัฒนาเต็มที่จะมีค่ามากกว่าค่าความเร็วเฉลี่ยประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

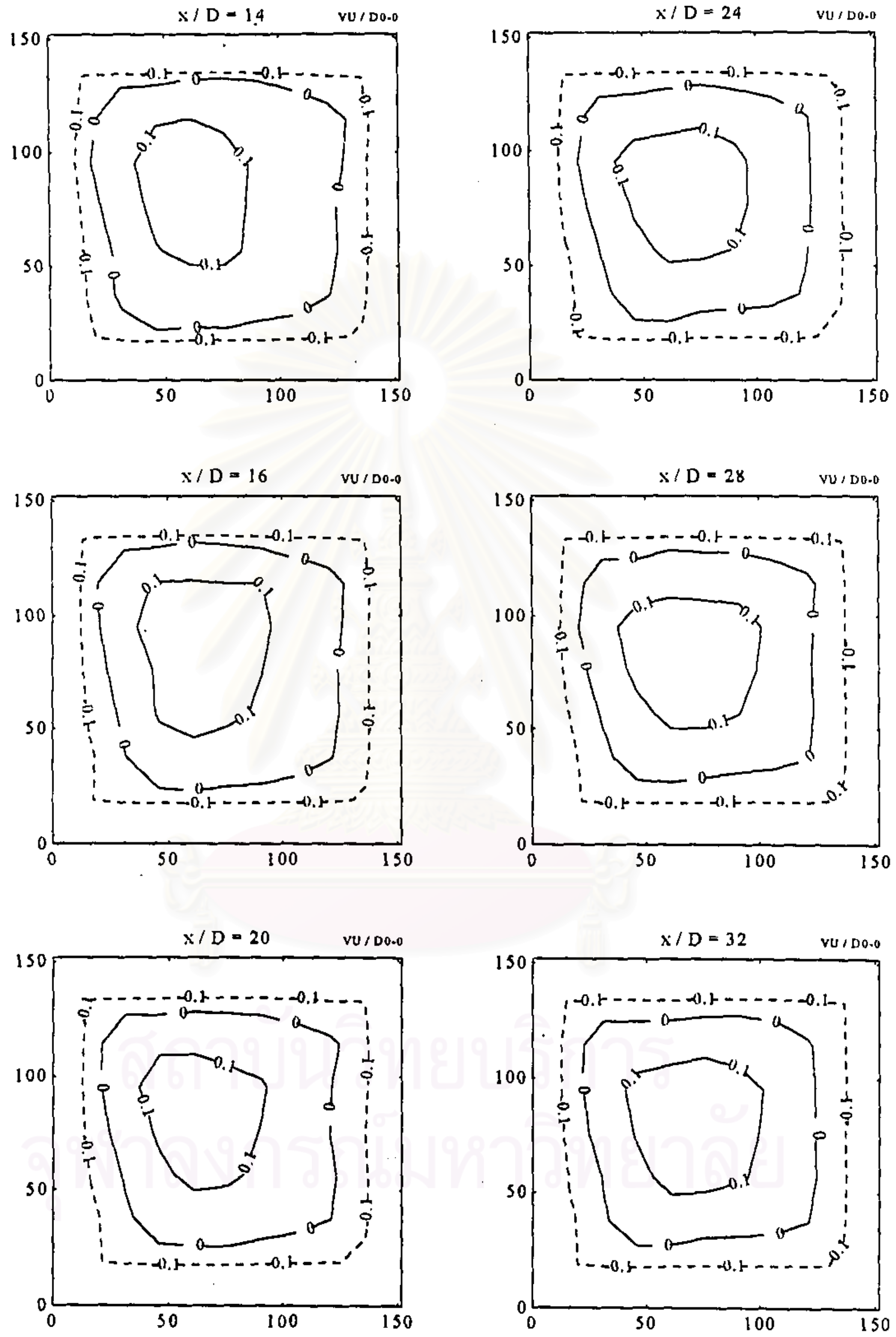


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ง.1 Contour แสดงค่าความแตกต่างของความเร็ว กรณี D0-0 ที่ x / D = -2, 1, 2, 3, 4 และ 5

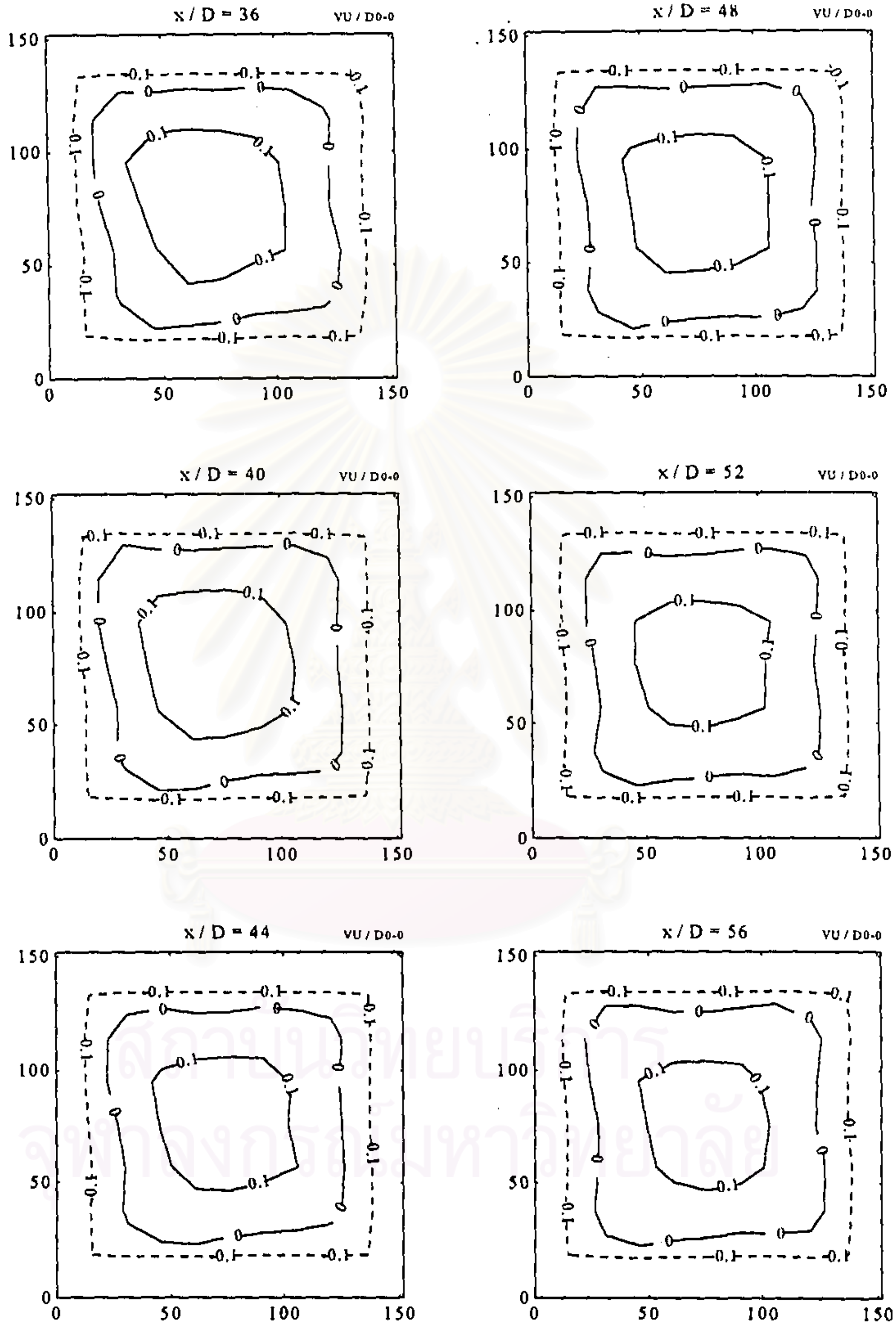


รูปที่ ง.1(ต่อ) Contour แสดงค่าความแตกต่างของความเร็ว กรณี D0-0 ที่ x / D = 6, 7, 8, 9, 10 และ 12



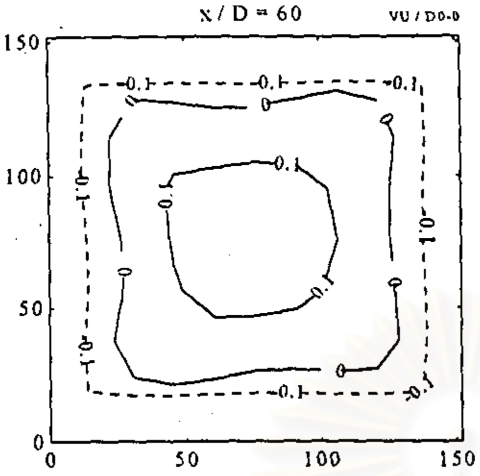
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ง.1(ต่อ)　Contour แสดงค่าความแตกต่างของความเร็ว กรณี D0-0 ที่ x / D = 14, 16, 20, 24, 28 และ 32

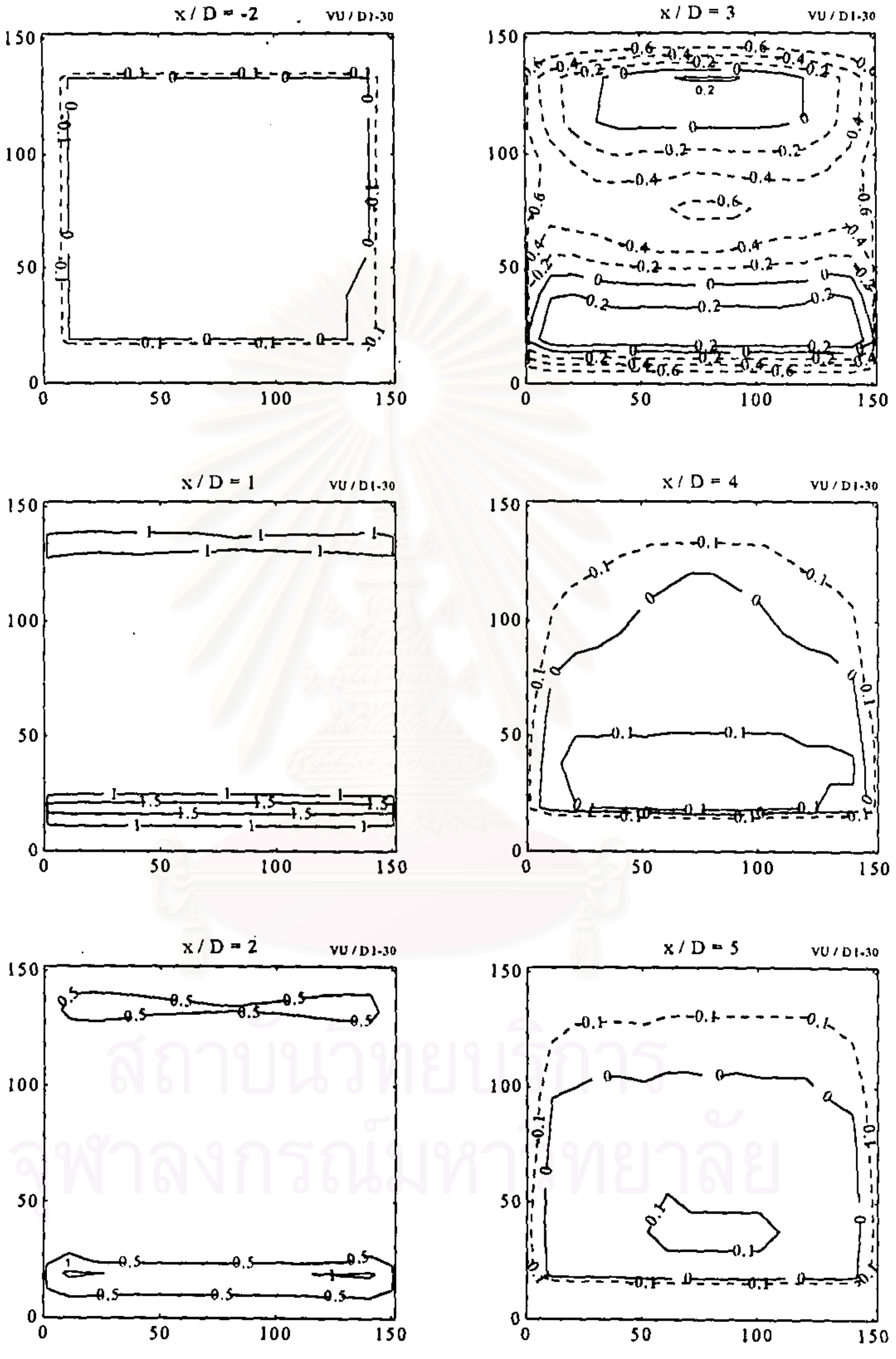


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ง.1(ต่อ) Contour แสดงค่าความแตกต่างของความเร็ว กรณี D0-0 ที่ x / D = 36, 40, 44, 48, 52 และ 56

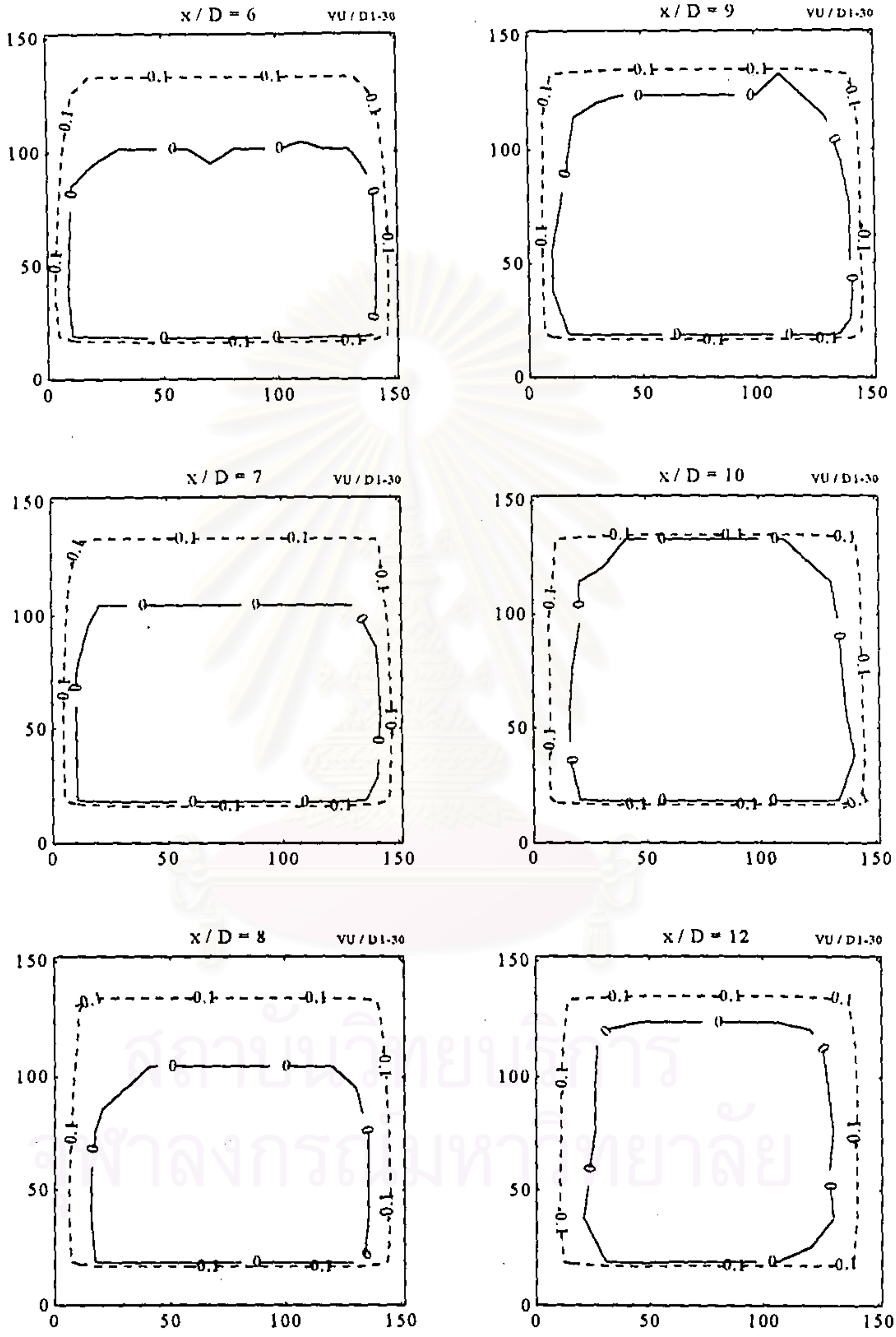


รูปที่ ง.1(ต่อ) Contour แสดงค่าความแตกต่างของความเร็ว กรณี D0-0 ที่ x / D = 60

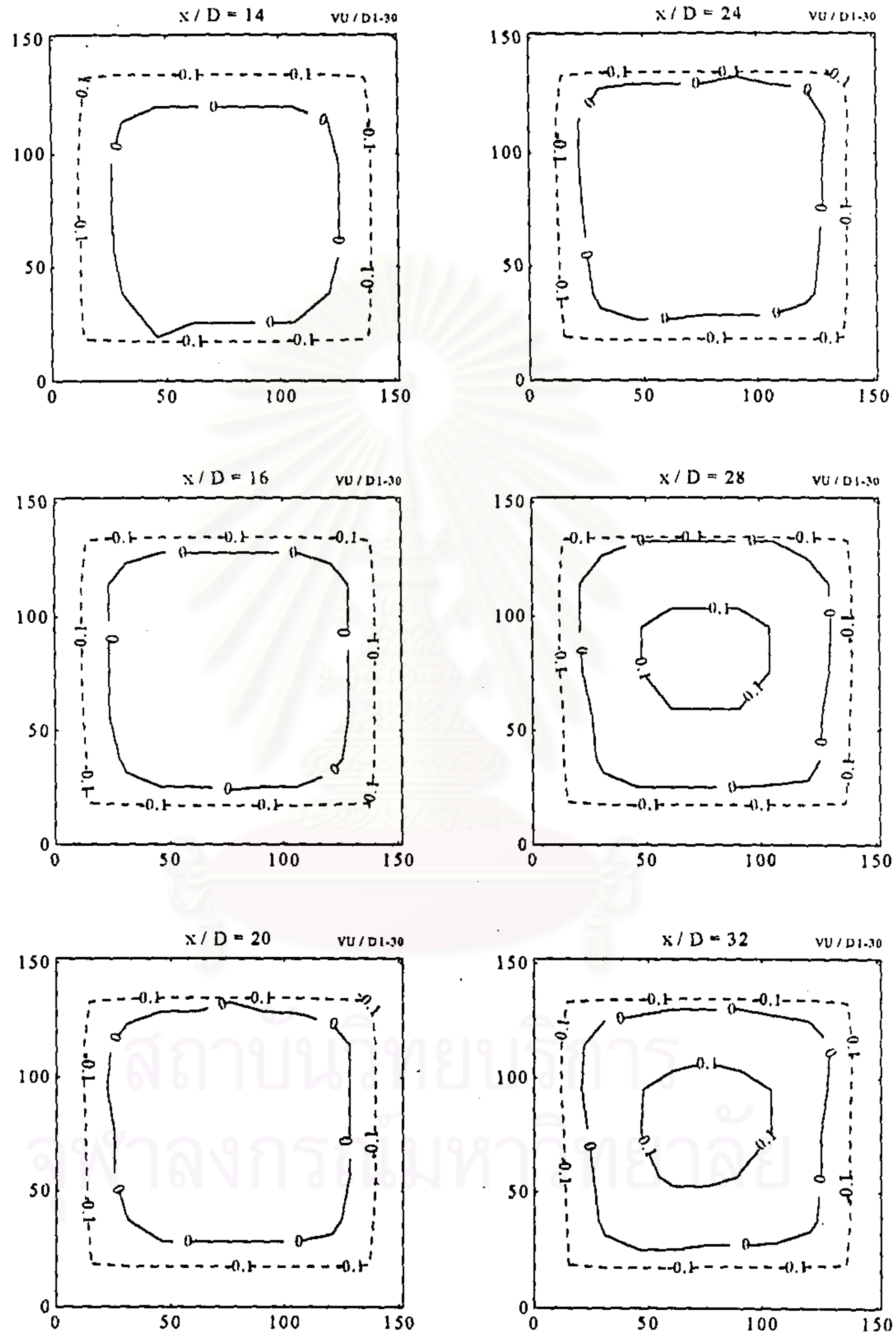


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ง.2 Contour แสดงค่าความแตกต่างของความเร็ว กรณี D1-30 ที่ x / D = -2, 1, 2, 3, 4 และ 5

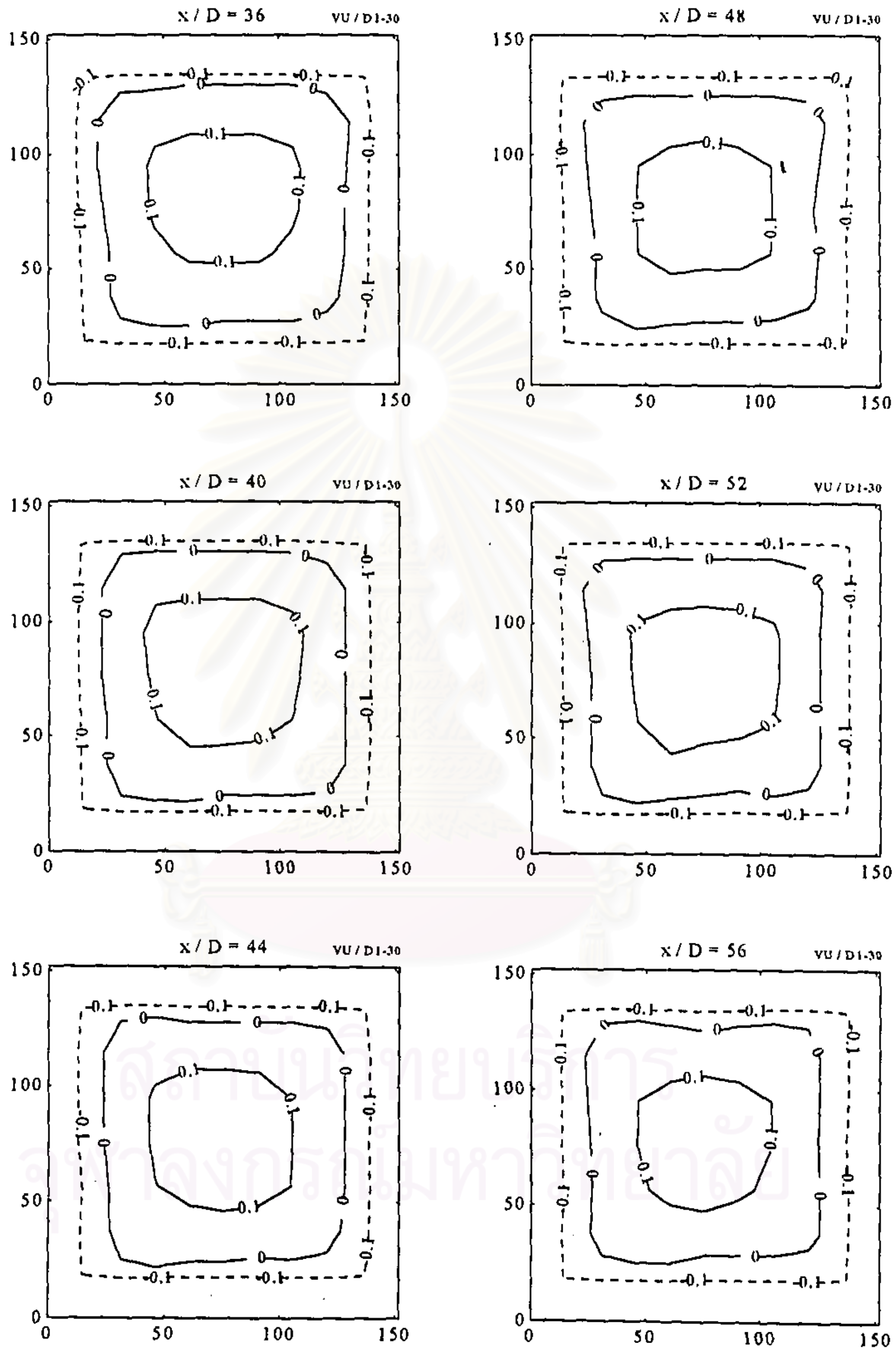


รูปที่ ง.2(ต่อ) **Contour แสดงค่าความแตกต่างของความเร็ว กรณี D1-30 ที่ x / D = 6, 7, 8, 9, 10 และ 12**



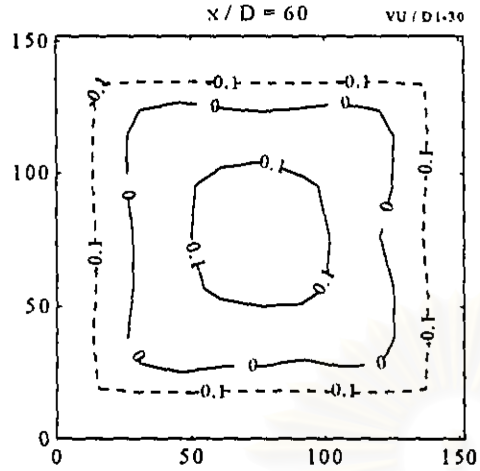
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ง.2(ต่อ) **Contour แสดงค่าความแตกต่างของความเร็ว กรณี D1-30 ที่ x / D = 14, 16, 20, 24, 28 และ 32**



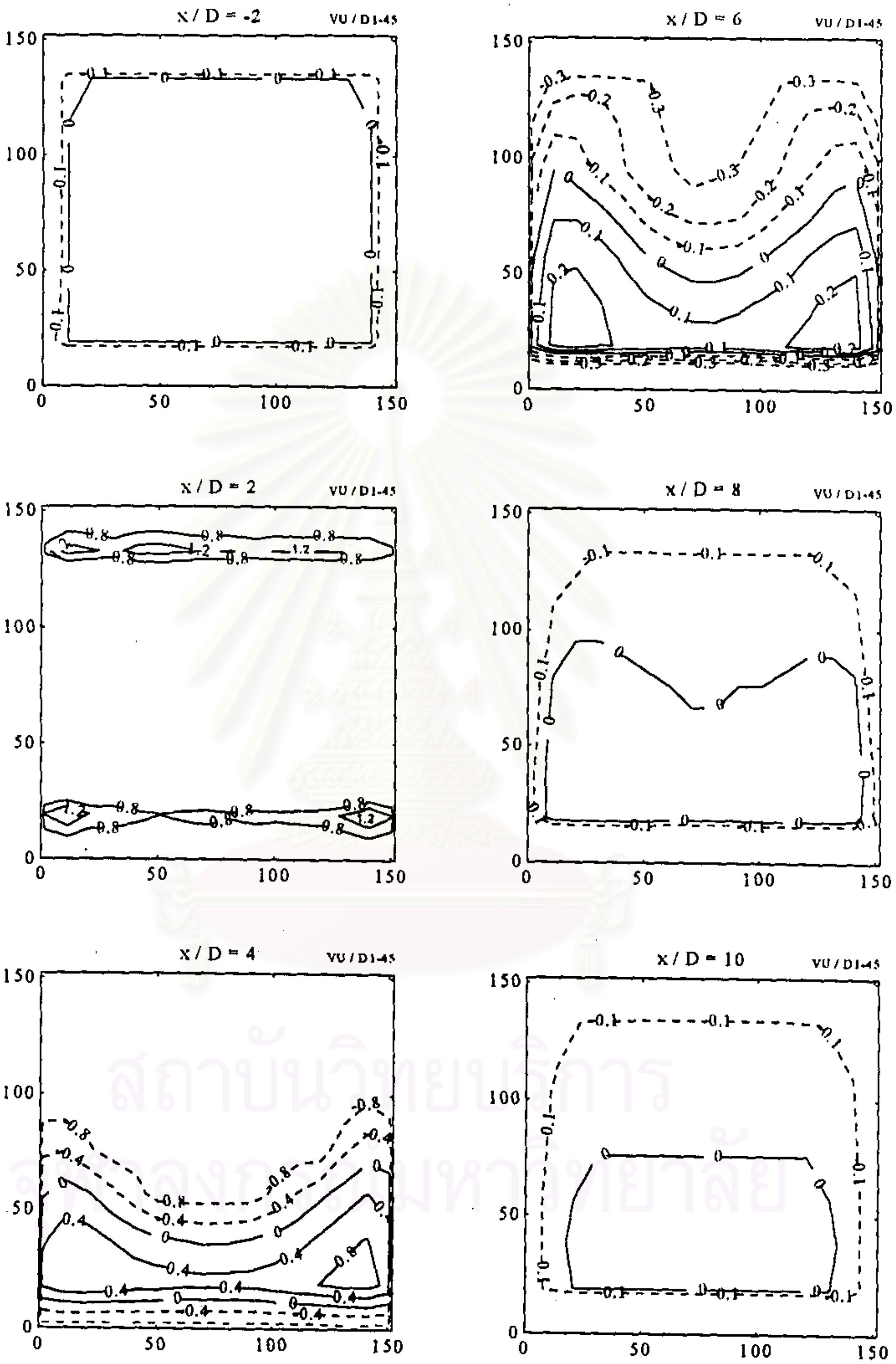
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ง.2(ต่อ) **Contour แสดงค่าความแตกต่างของความเร็ว กรณี D1-30 ที่ x / D = 36, 40, 44, 48, 52 และ 56**



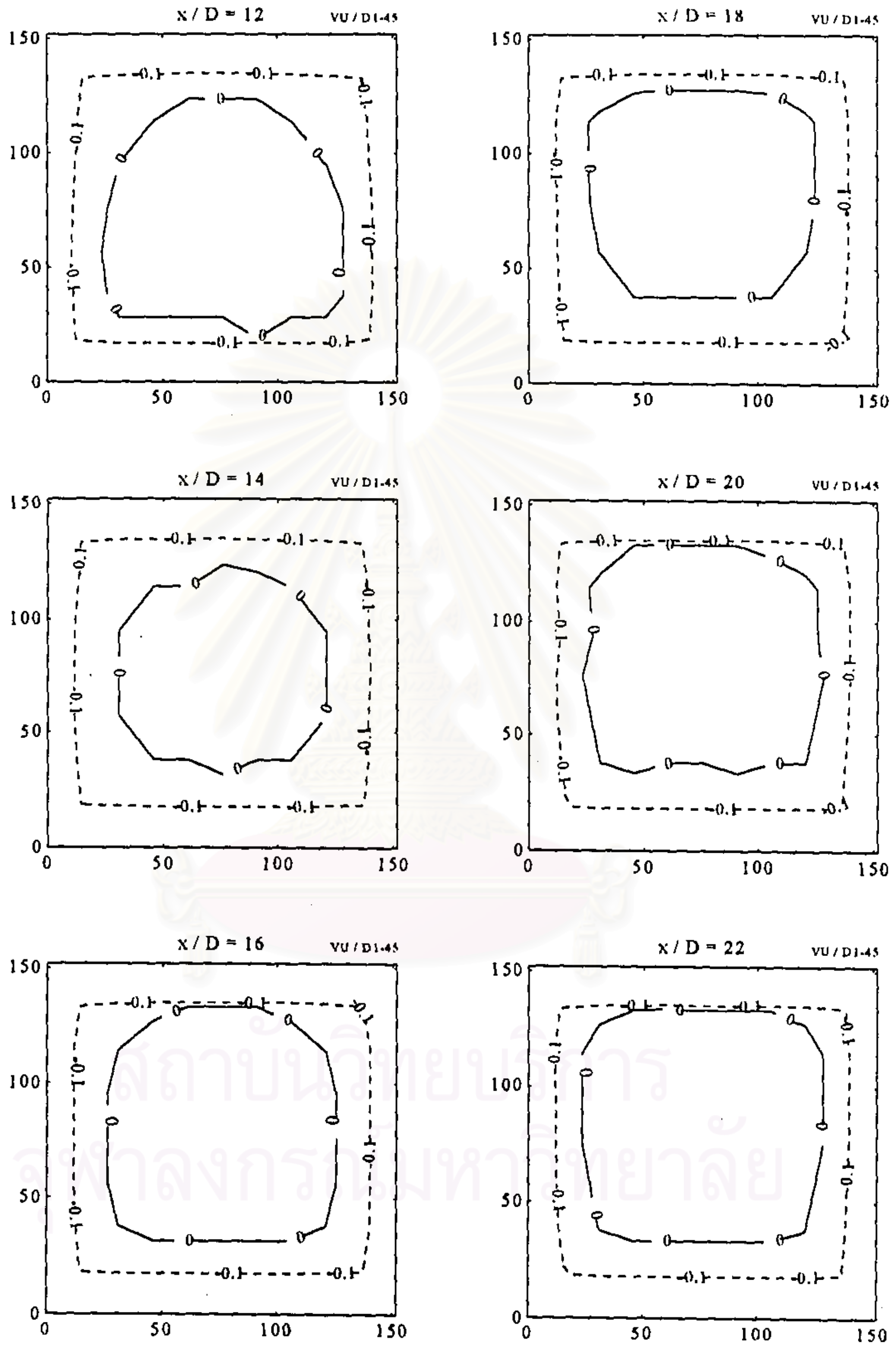
รูปที่ ง.2(ต่อ) Contour แสดงค่าความแตกต่างของความเร็วกรณี D1-30 ที่ x / D = 60

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

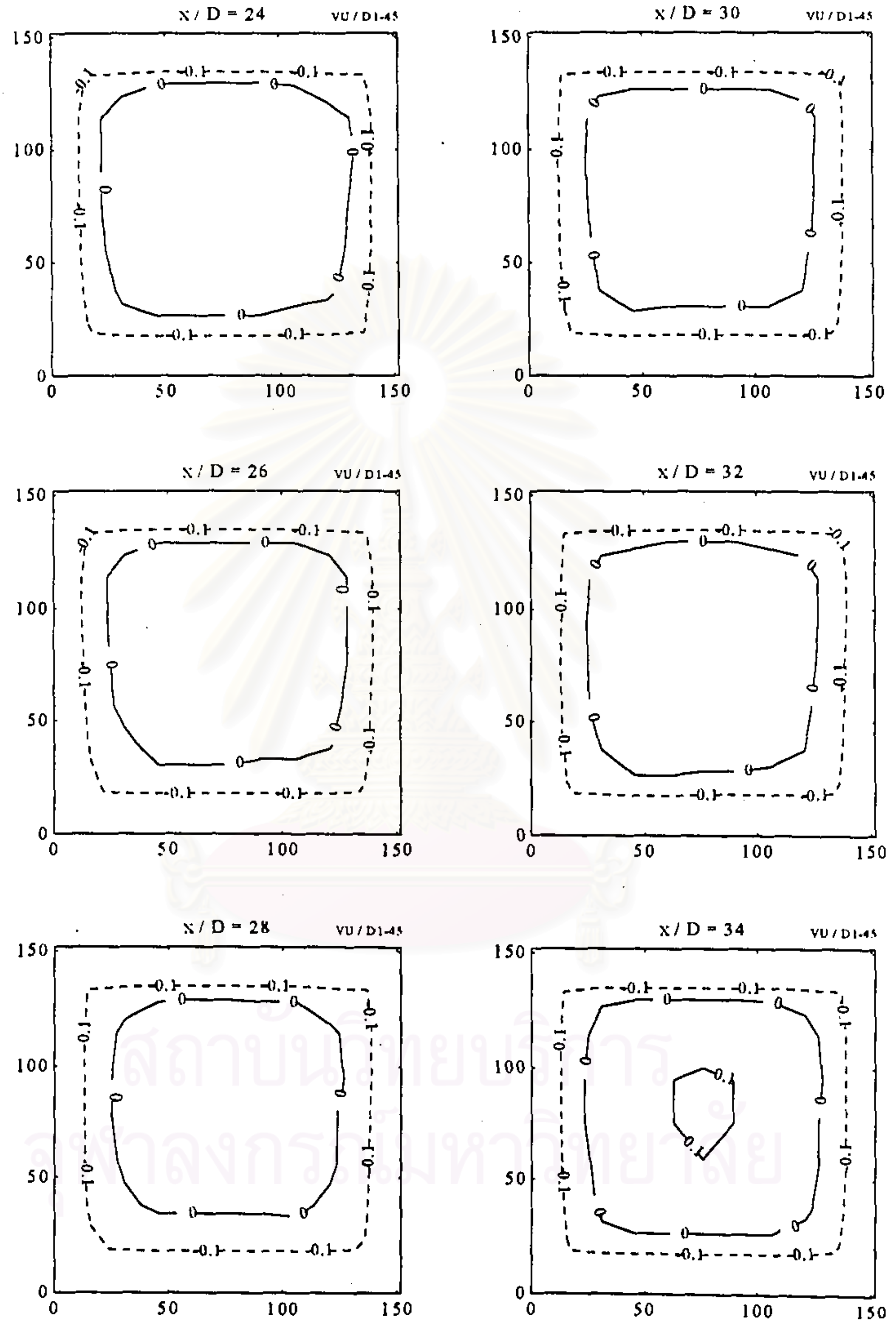


รูปที่ ง.3 Contour แสดงค่าความแตกต่างของความเร็ว กรณี D1-45 ที่ x / D = -2, 2, 4, 6, 8 และ 10

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

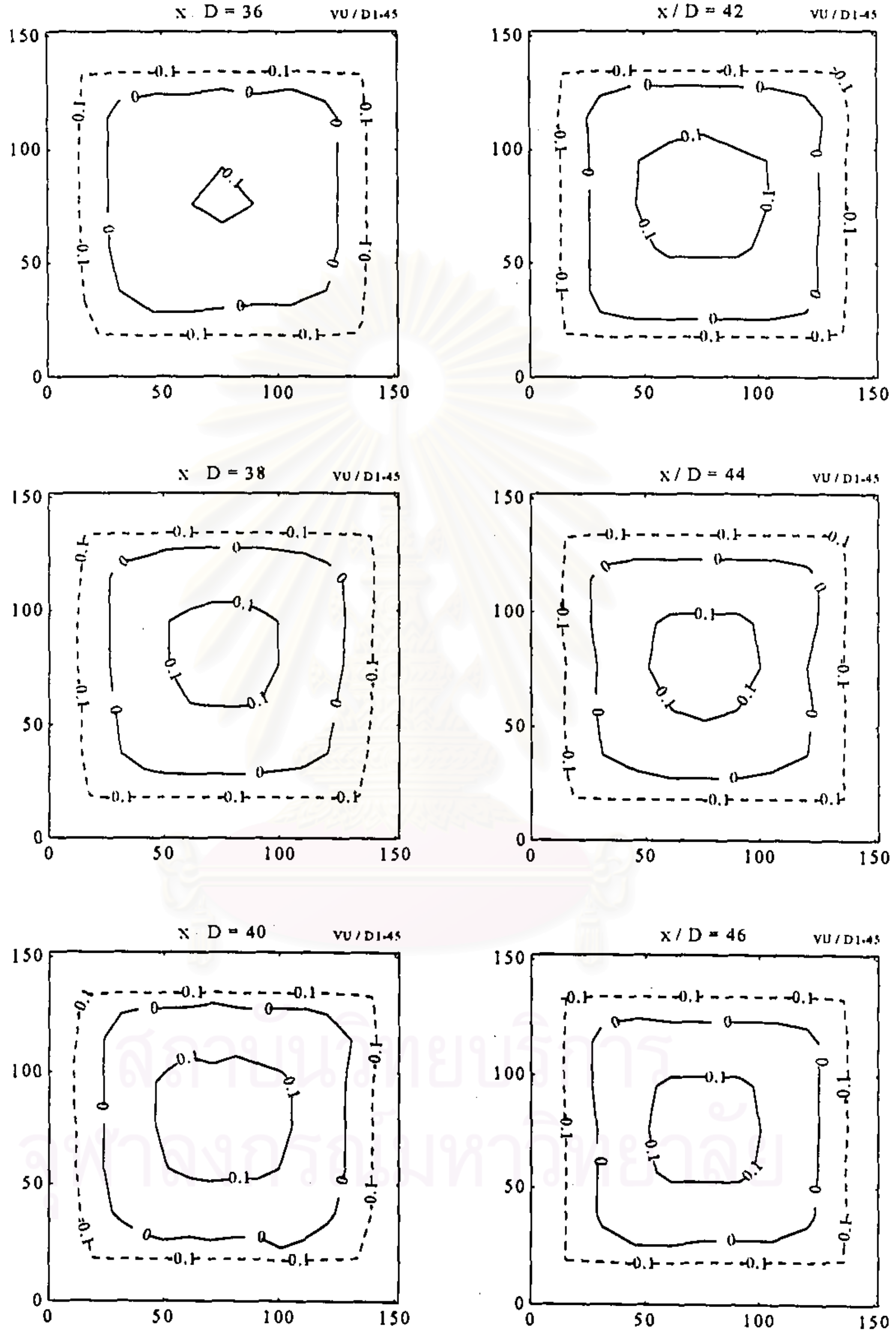


รูปที่ ง.3(ต่อ) Contour แสดงค่าความแตกต่างของความเร็ว กรณี D1-45 ที่ x / D = 12, 14, 16, 18, 20 และ 22



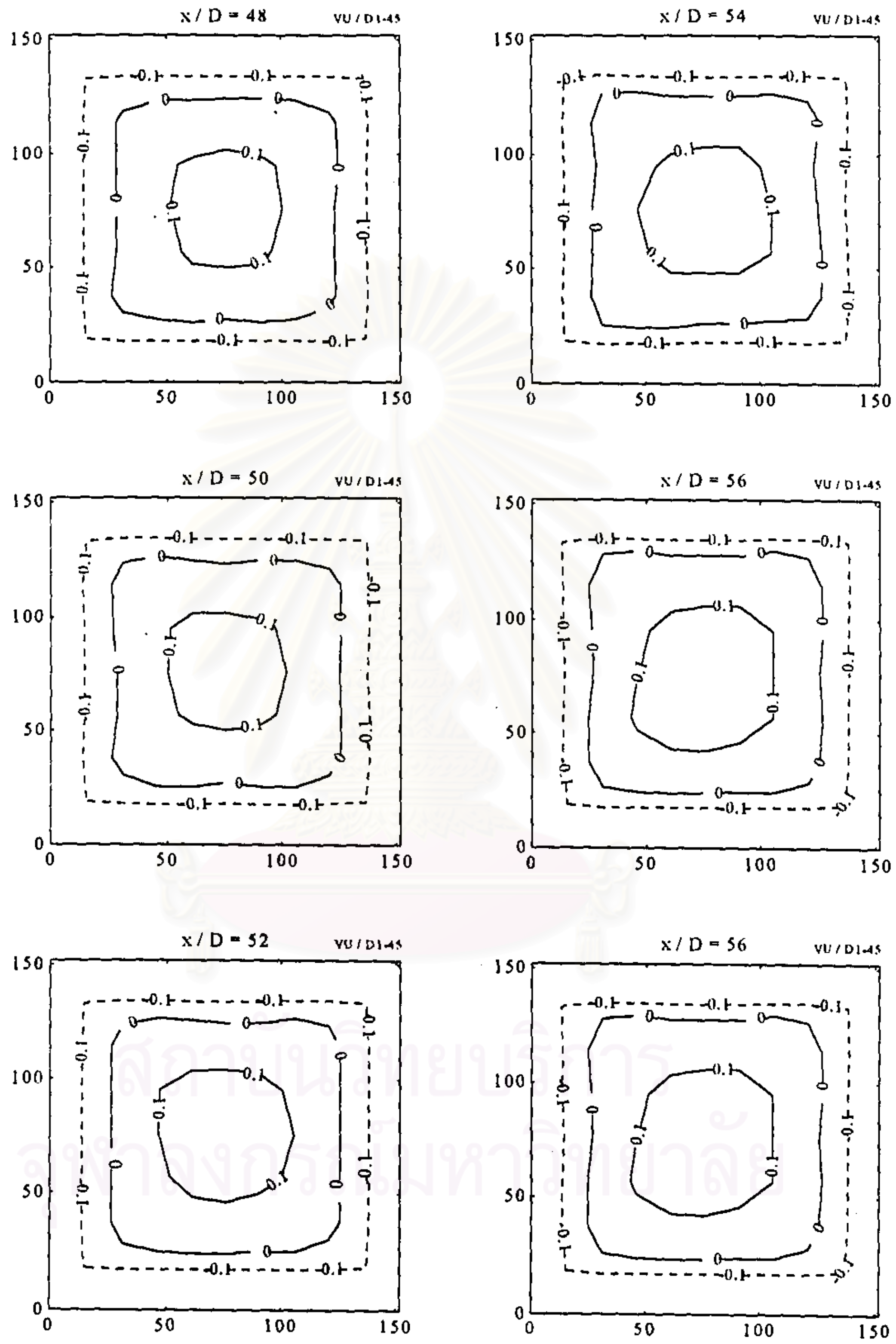
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ง.3(ต่อ) Contour แสดงค่าความแตกต่างของความเร็ว กรณี D1-45 ที่ x / D = 24, 26, 28, 30, 32 และ 34

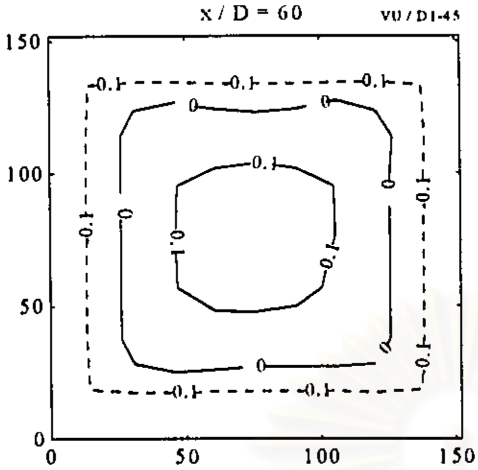


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ง.3(ต่อ) **Contour แสดงค่าความแตกต่างของความเร็ว กรณี D1-45 ที่ x / D = 36, 38, 40, 42, 44 และ 46**

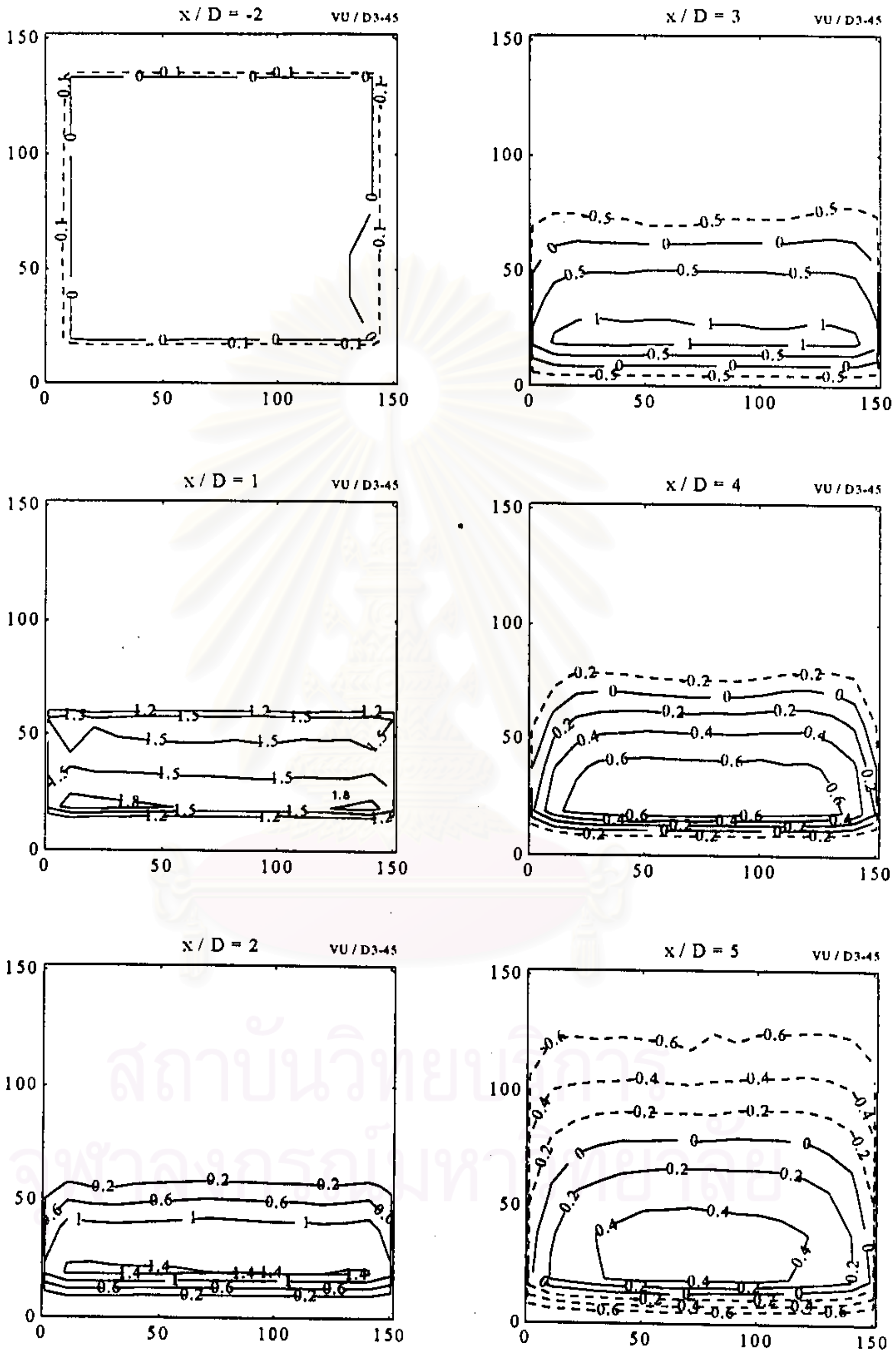


รูปที่ ง.3(ต่อ) **Contour แสดงค่าความแตกต่างของความเร็ว กรณี D1-45 ที่ x / D = 48, 50, 52, 54, 56 และ 58**



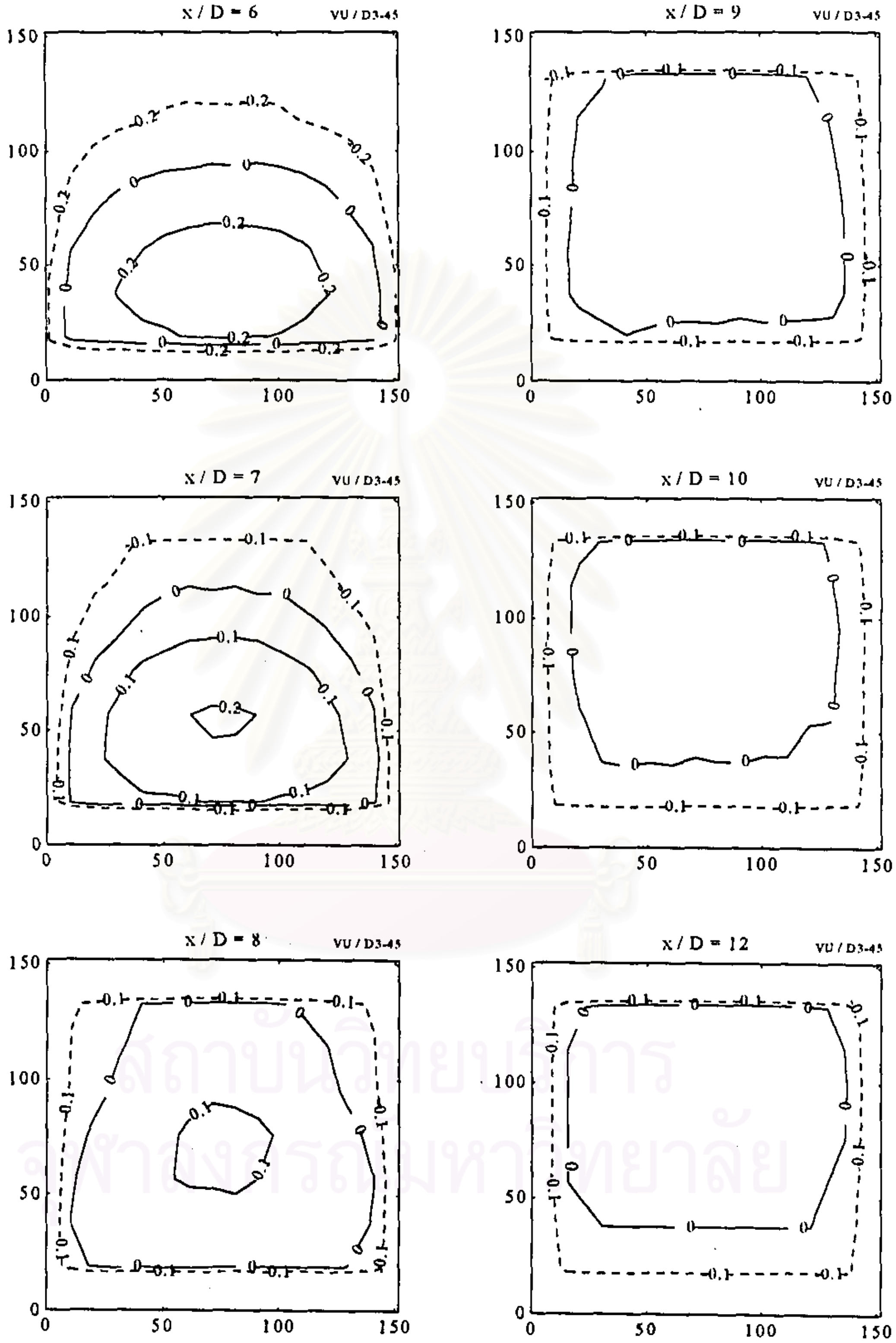
รูปที่ ง.3(ต่อ) Contour แสดงค่าความแตกต่างของความเร็ว กรณี D1-45 ที่ x / D = 60

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



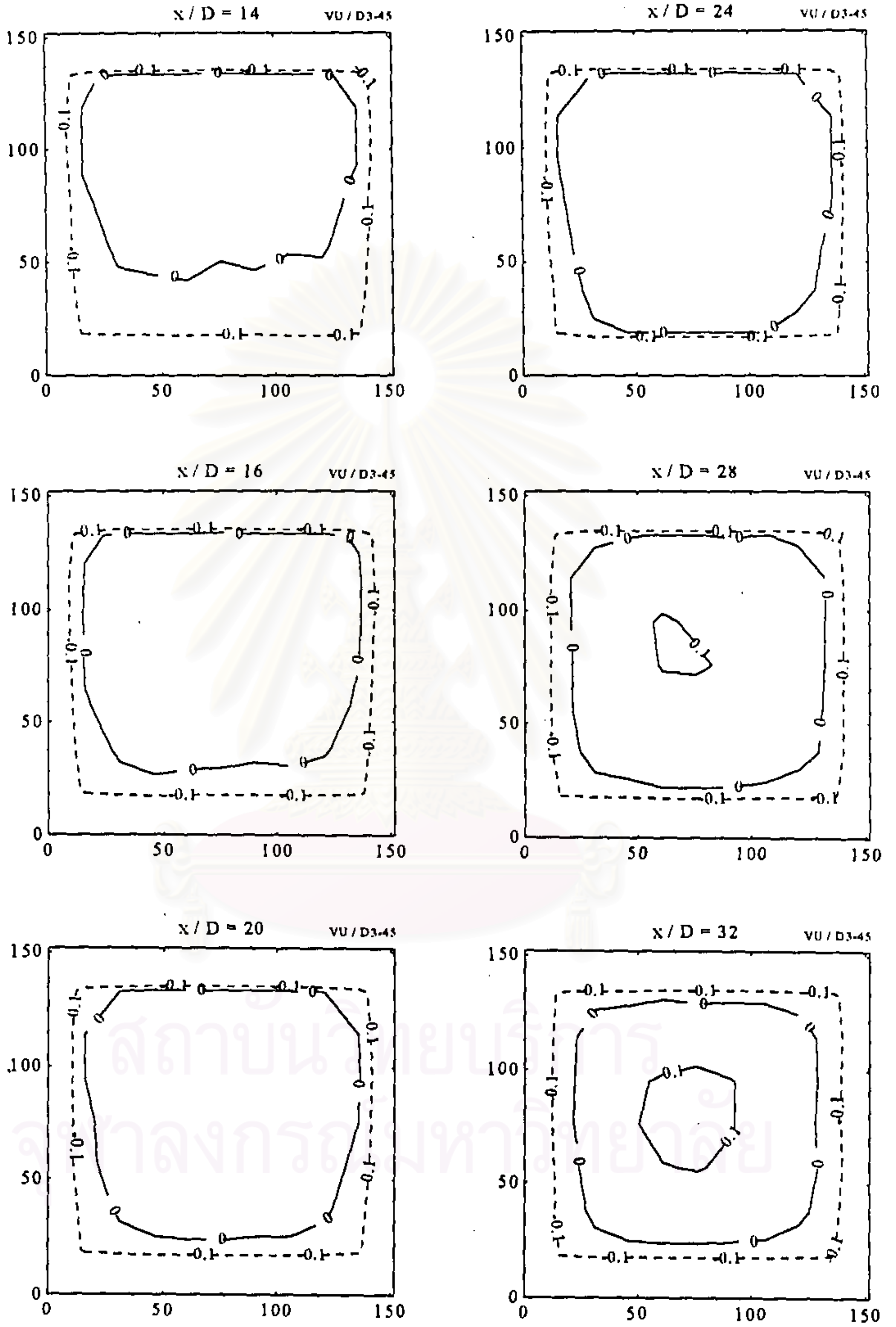
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ ง.4 Contour แสดงค่าความแตกต่างของความเร็ว กรณี D3-45 ที่ x / D = -2, 1, 2, 3, 4 และ 5

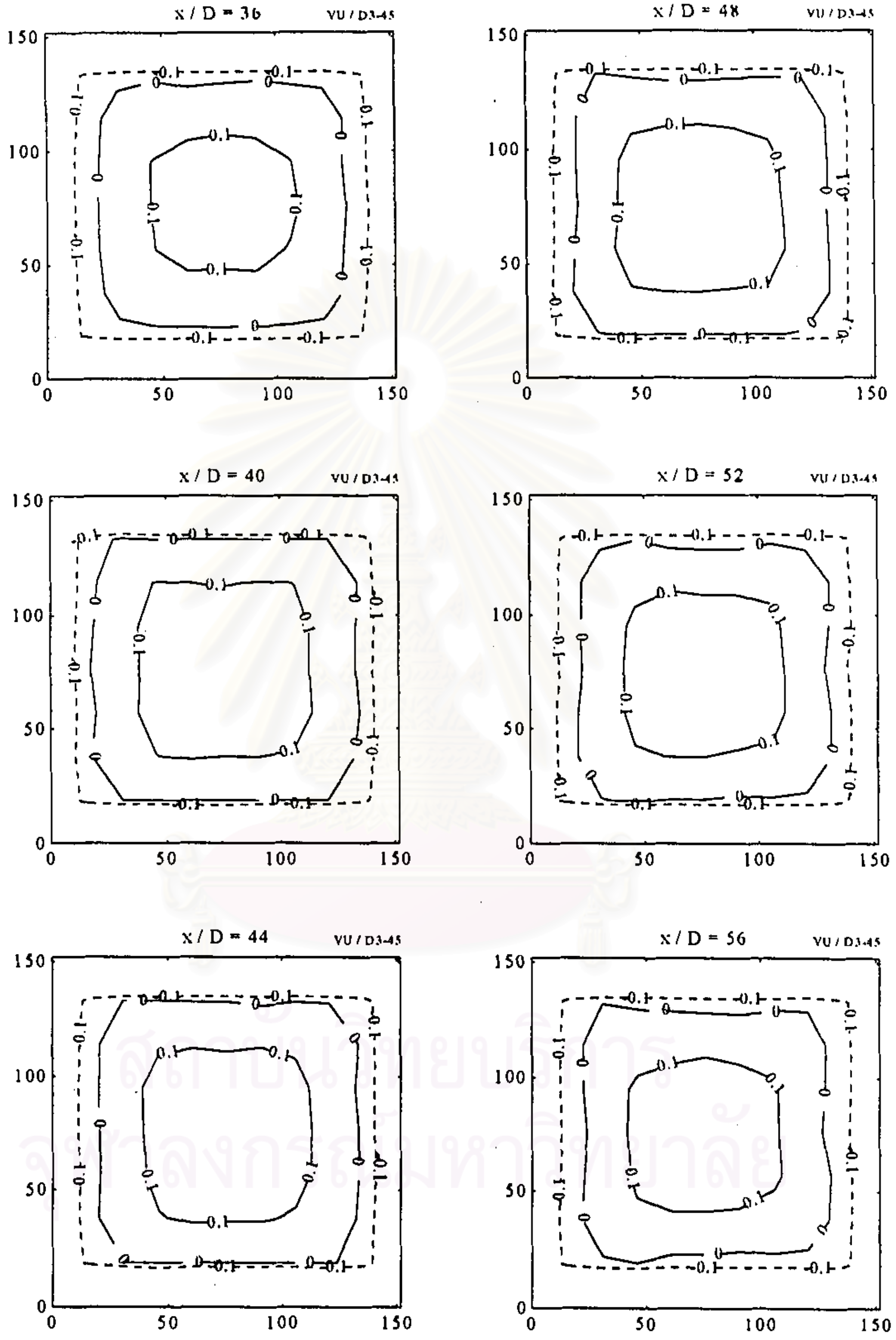


รูปที่ ง.4(ต่อ) Contour แสดงค่าความแตกต่างของความเร็ว กรณี D3-45 ที่ x / D = 6, 7, 8, 9, 10 และ 12

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

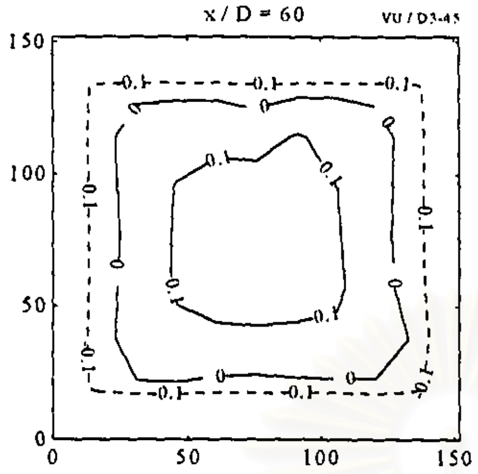


รูปที่ ง.4(ต่อ) **Contour แสดงค่าความแตกต่างของความเร็ว กรณี D3-45 ที่ x / D = 14, 16, 20, 24, 28 และ 32**



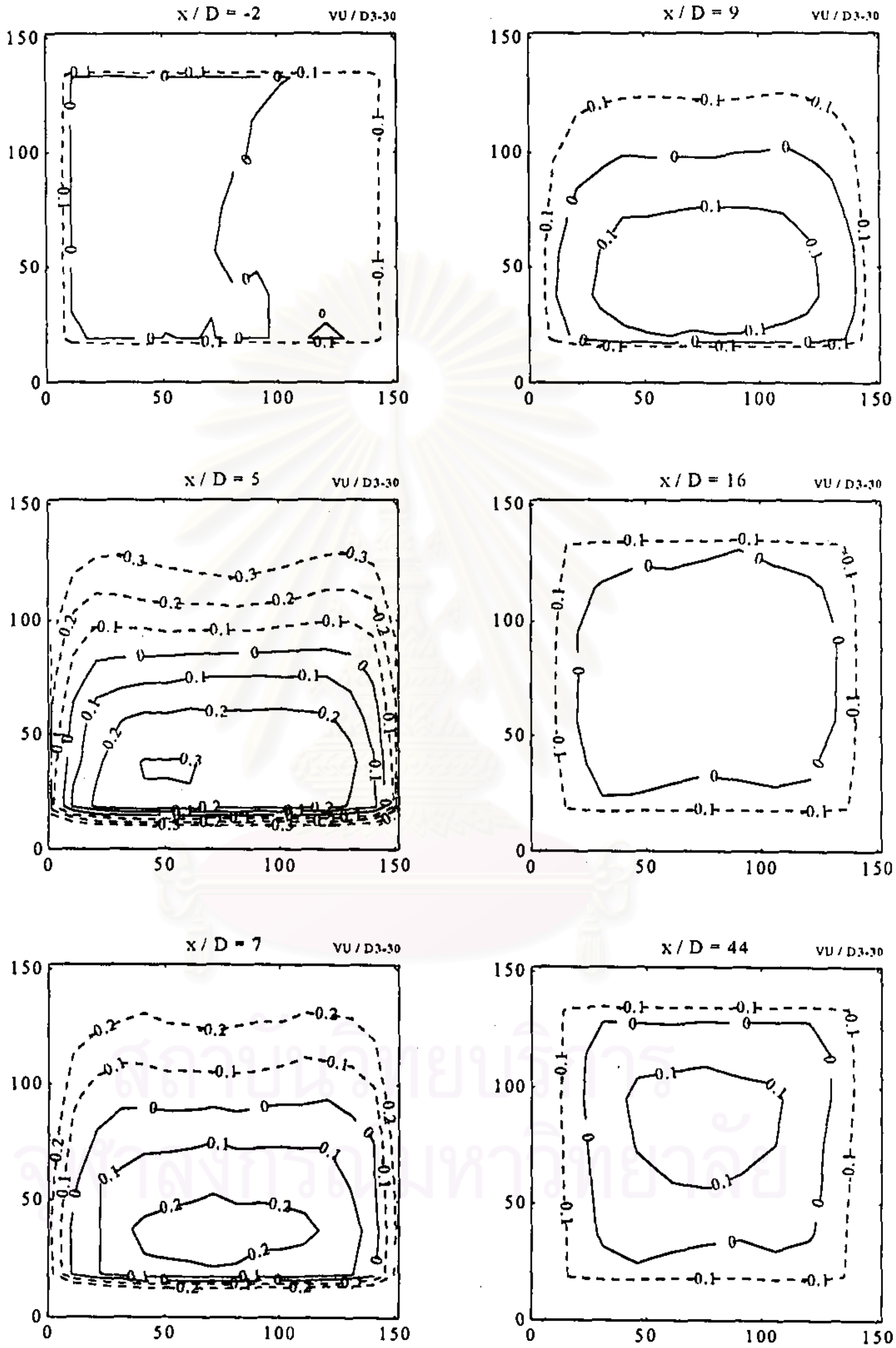
รูปที่ ง.4(ต่อ) Contour แสดงค่าความแตกต่างของความเร็ว กรณี D3-45 ที่ x / D = 36, 40, 44, 48, 52 และ 56

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



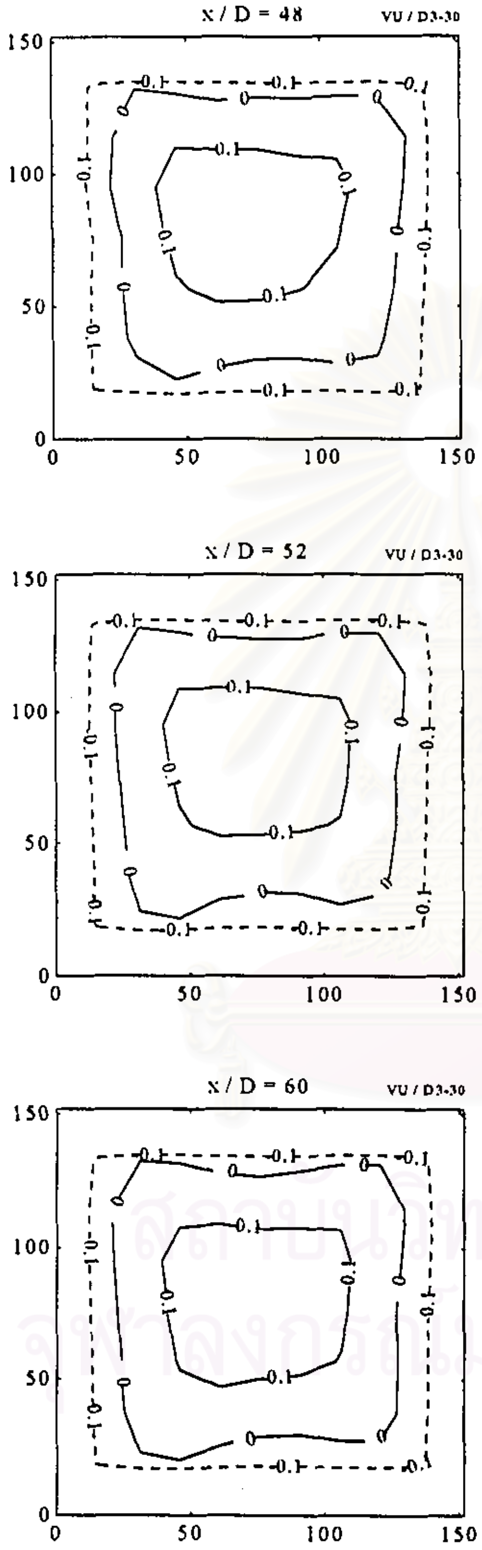
รูปที่ ง.4(ต่อ) Contour แสดงค่าความแตกต่างของความเร็ว กรณี D3-45 ที่ x / D = 60

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ง.5 Contour แสดงค่าความแตกต่างของความเร็ว กรณี D3-30 ที่ x / D = -2, 5, 7, 9, 16 และ 44

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ง.5(ต่อ) Contour แสดงค่าความแตกต่างของความเร็ว กรณี D3-30 ที่ x / D = 48, 52 และ 60

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นายสุธรรม ม้าศรี เกิดวันที่ 27 ตุลาคม พ.ศ. 2515 กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ในปีการศึกษา 2537 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2538

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย