

## รายการอ้างอิง

หนังสือ

- A Survey of Alternate Methods for Cooling Condenser Discharge Water Large – scale Heat Rejection Equipment. Cambridge: Dynatech Corporation, 1969.
- Anderson E.R. Energy Budget Studies in Water – Loss Investigations, Volume I – Lake Hefner Studies. Washington D.C.: Technical Report. U.S. Geological Survey Circ. 229, 1952.
- Anderson E.R. Energy Budget Studies, part of Water Loss Investigation-Lake Hefner Studies. Technical Report. U.S.G.S. Prof. Paper 269, 1954.
- Angstrom A. The Study of Radiation of the Atmosphere. Smithsonian Institute. Misc. Coll. 65(3), 1918.
- Edinger J.E. and Geyer J.C. Heat Exchanger in the Environment. New York: Edison Electric Institute Project No. 49. Edison Electric Institute, June 1965.
- Gerhard H., Jirka, Masataka Watanabe, Kathleen Hurley Octavio, Carl F. Cerco, and Donald R.F. Harleman. Mathematical Predictive Model for Cooling Ponds, Report No. 238. Ralph M. Parsons Laboratory for Water Resources and Hydrodynamics, December 1978.
- Geyer J.C., Edinger J.E., Graves W.L., and Brady D.K. Field Sites and Survey Methods, Report No. 3, New York: Edison Electric Institute Project No. 49. Edison Electric Institute, 1968.
- Hutchison G.D. A Treatise on Limnology, New York: John Wiley and Sons Inc., 1957.
- Langharr J.W. Cooling Pond May Answer Your Water Cooling Problem. Chemical Engineering, August 1953.
- Littleton Research and Engineering Corporation. An Engineering – Economic Study of Cooling Pond Performance. Environmental Protection Agency, May 1970.

Messinger H. Dissipation of Heat from a Thermally Loaded Stream. Washington D.C.: R.S. Geological Survey Professional Paper 475-c ( Article 104 ), 1963.

Patrick J. Ryan, and Donald R.F. Harleman An Analytical and Experimental Study of Transient Cooling Pond Behavior, Report No. 161. Ralph M. Parsons Laboratory for Water Resources and Hydrodynamics, January 1973.

Rohwer E. Evaporation from Free Water Surfaces. U.S. Dept. of Agriculture, Tech. Bulletin No. 271, 1931.

Wunderlich W.O. Heat and Mass Transfer Between a Water Surface and the Atmosphere, Laboratory Report No. 14, Tennessee: T.V.A. Engineering Laboratory, 1972.

#### บทความในวารสาร

Bowen I.S. The Ratio of Heat Losses by Conduction and by Evaporation from Air Water Surface. Physical Review 27 (1926).

Brunt D. Notes on Radiation in the Atmosphere, Quart. Jour. Roy. Met. Soc. 58 (1932).

Cummings N.W. and Richardson B. Evaporation from Lakes, Physical Review 30 (October 1927).

Gupta V.K., Prasad M., Agrawal A.K. Transient Temperature Behavior of a Cooling Pond for a Thermal Generator. Journal of The Institution of Engineers ( India ), Part ME : Mechanical Engineering Division v. 701 pt. 4 (November 1989): 62-66.

Idso S.B. and Jackson R.D. Thermal Radiation from the Atmosphere, JGR 74, No. 23 (October 1969).

Le Bosquet M. Cooling - Water Benefits from Increased River Flows. Journal of New England Water Works Association 60, 2 (June 1946).

Lima D.O. Pond Cooling by Surface Evaporation. Power (March 1936).



Morgan D.L., Pruitt W.O. and Lourence F.J. Estimation of Atmosphere Radiation. Jour. App. Met. 10 (June 1971).

Swinbank W.C. Longwave Radiation from Clear Skies. Quart. J. of the Roy. Met. Soc. of London 89 (July 1963).

Throne R.F. How to Predict Lake Cooling Action. Power (September 1951).

Velz C.J. and Gannon J.J. Forcasting Heat loss in Ponds and Streams. Journal W.P.C.F. 32, No. 4 (April 1960).



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ก

### กราฟและตารางแสดงผลการทดลอง

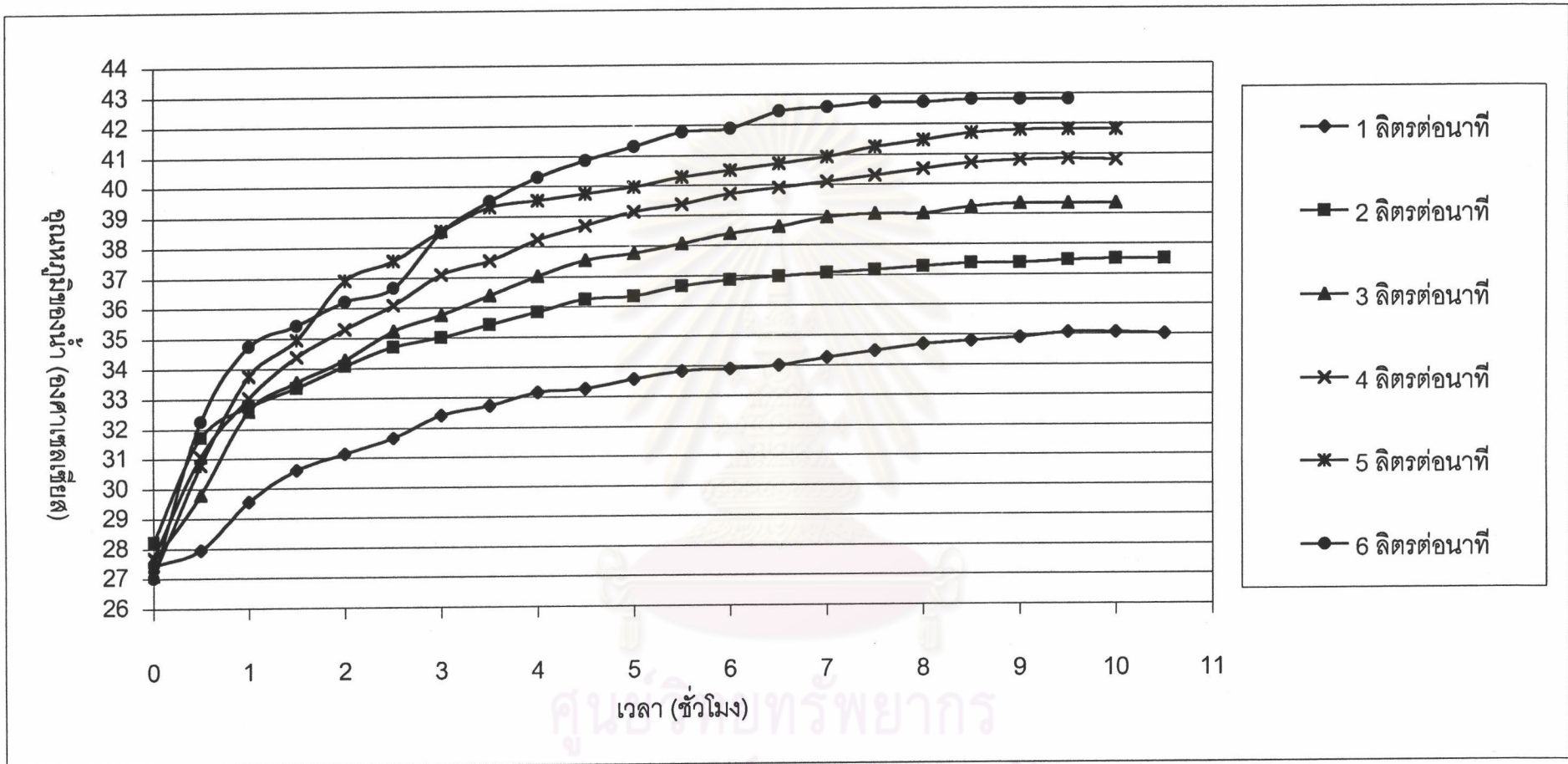
กราฟแสดงผลที่ได้จากการทดลองในภาคผนวก ก ประกอบไปด้วย

- กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำ เทียบกับเวลา และเวลา
- กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำ และเวลา
- การกระจายของอุณหภูมิของน้ำ ณ จุดต่างๆของสระน้ำระบายความร้อน

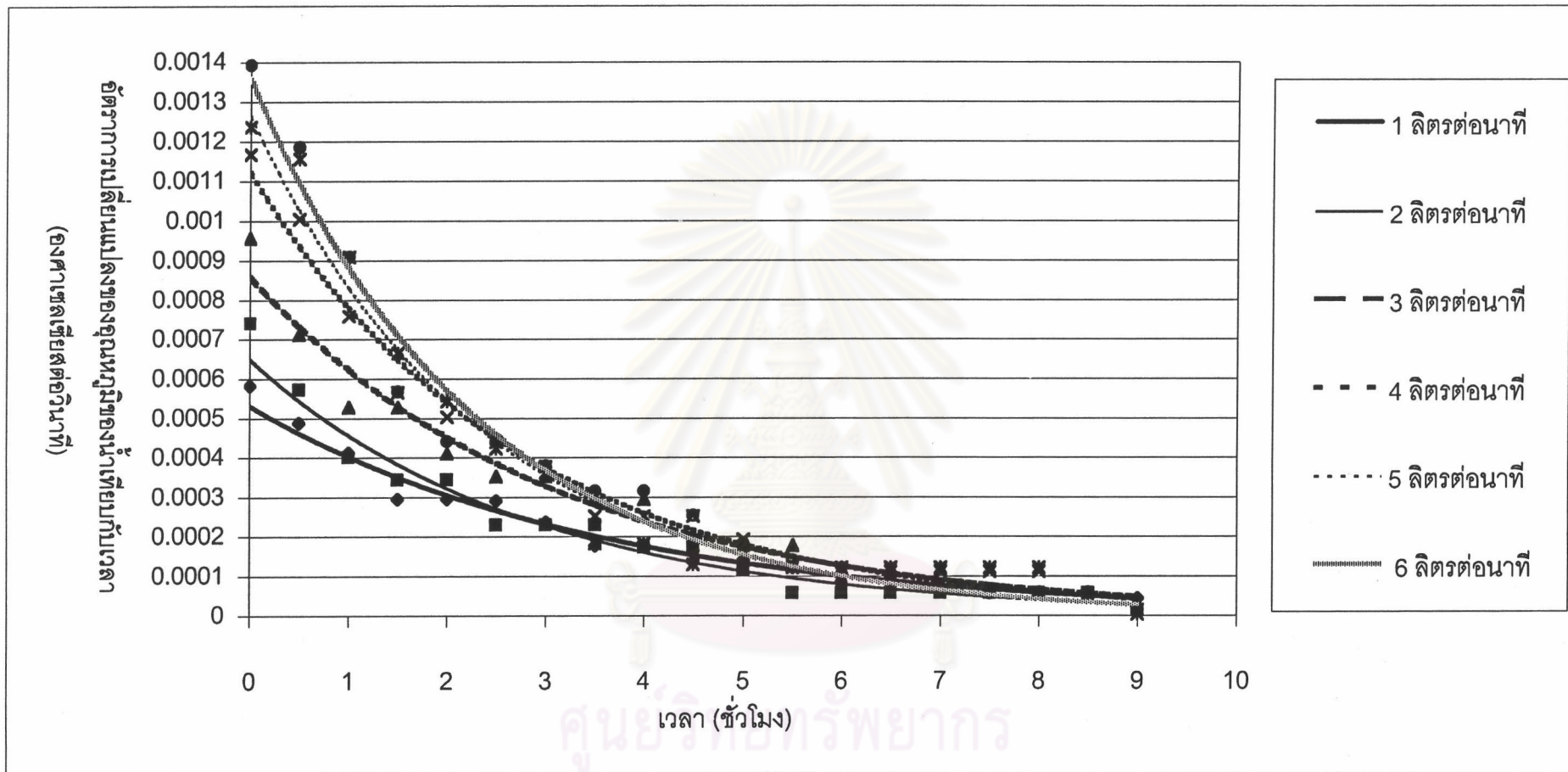
นอกจากนี้ยังแสดงตารางของอุณหภูมิของน้ำที่เข้าสู่สภาวะคงตัวที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อน และผลต่างระหว่างอุณหภูมิที่ทางเข้า และทางออกของสระน้ำระบายความร้อน ที่สภาวะคงตัว จากการทดลองไว้ด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

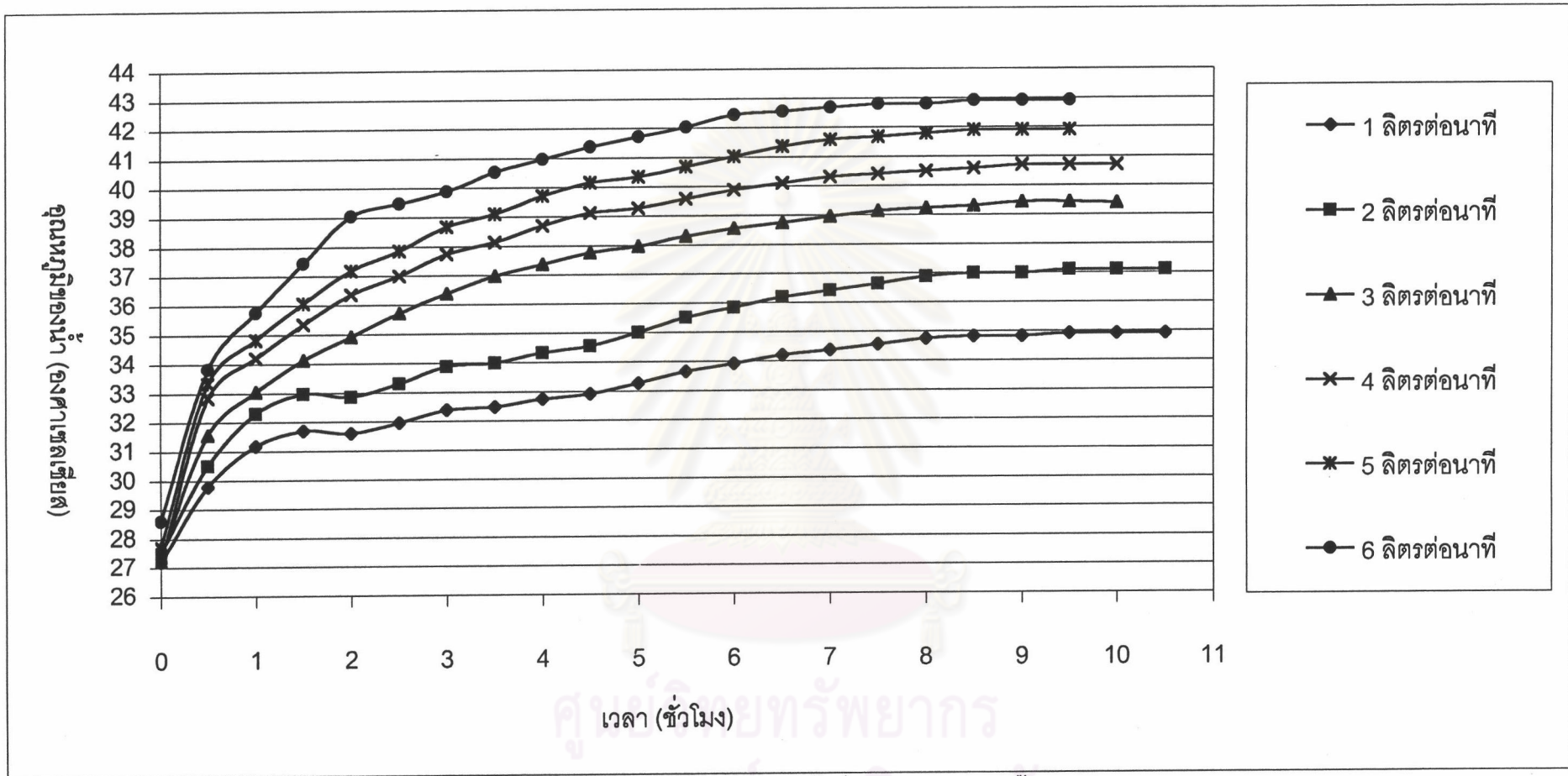




รูปที่ ก.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อน และเวลาของสระน้ำขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร เมื่อสระน้ำไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนต่างๆ โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส

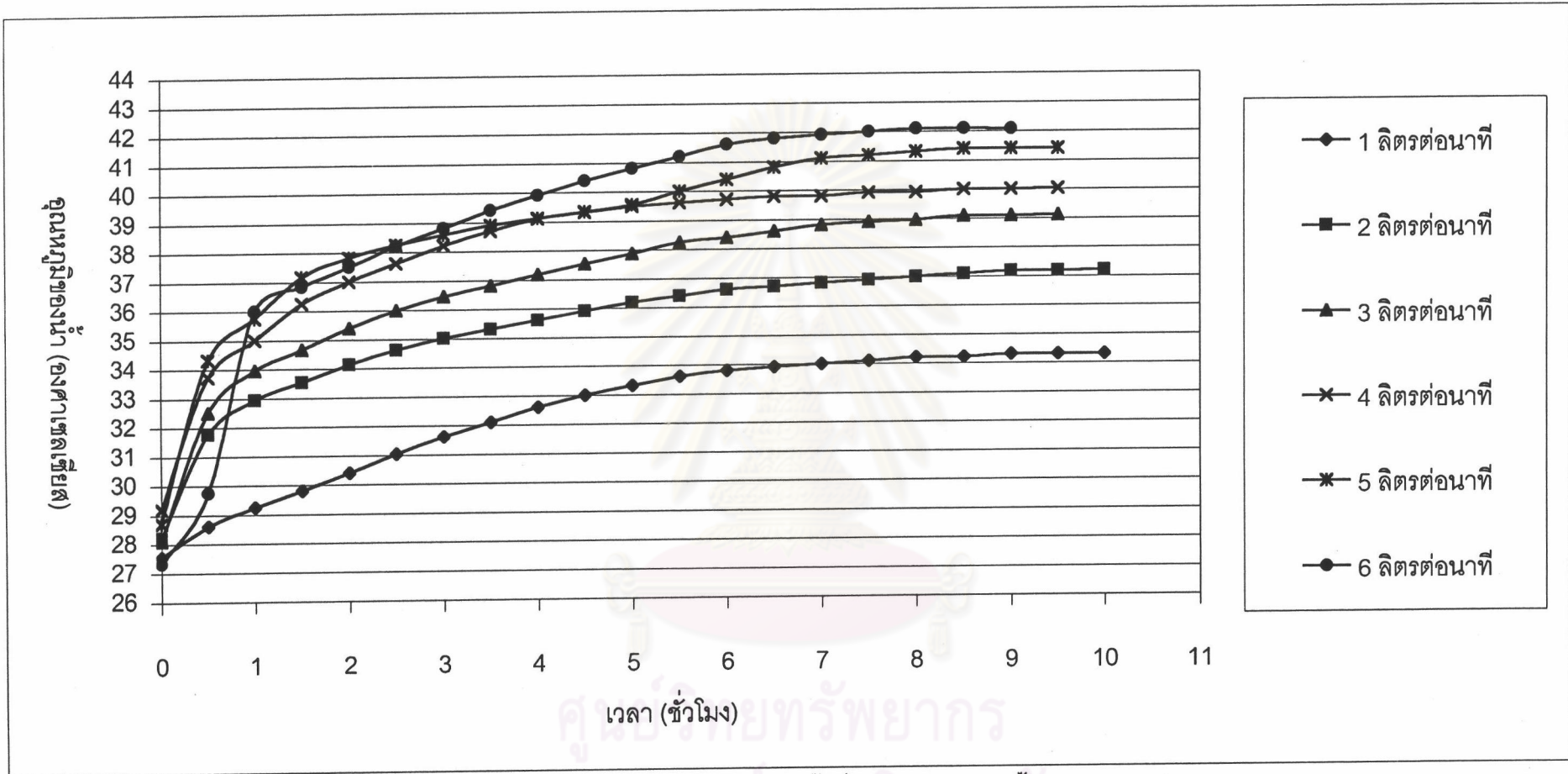


รูปที่ ก.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลา และเวลาของสระน้ำขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร เมื่อสระน้ำไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนต่างๆ โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส

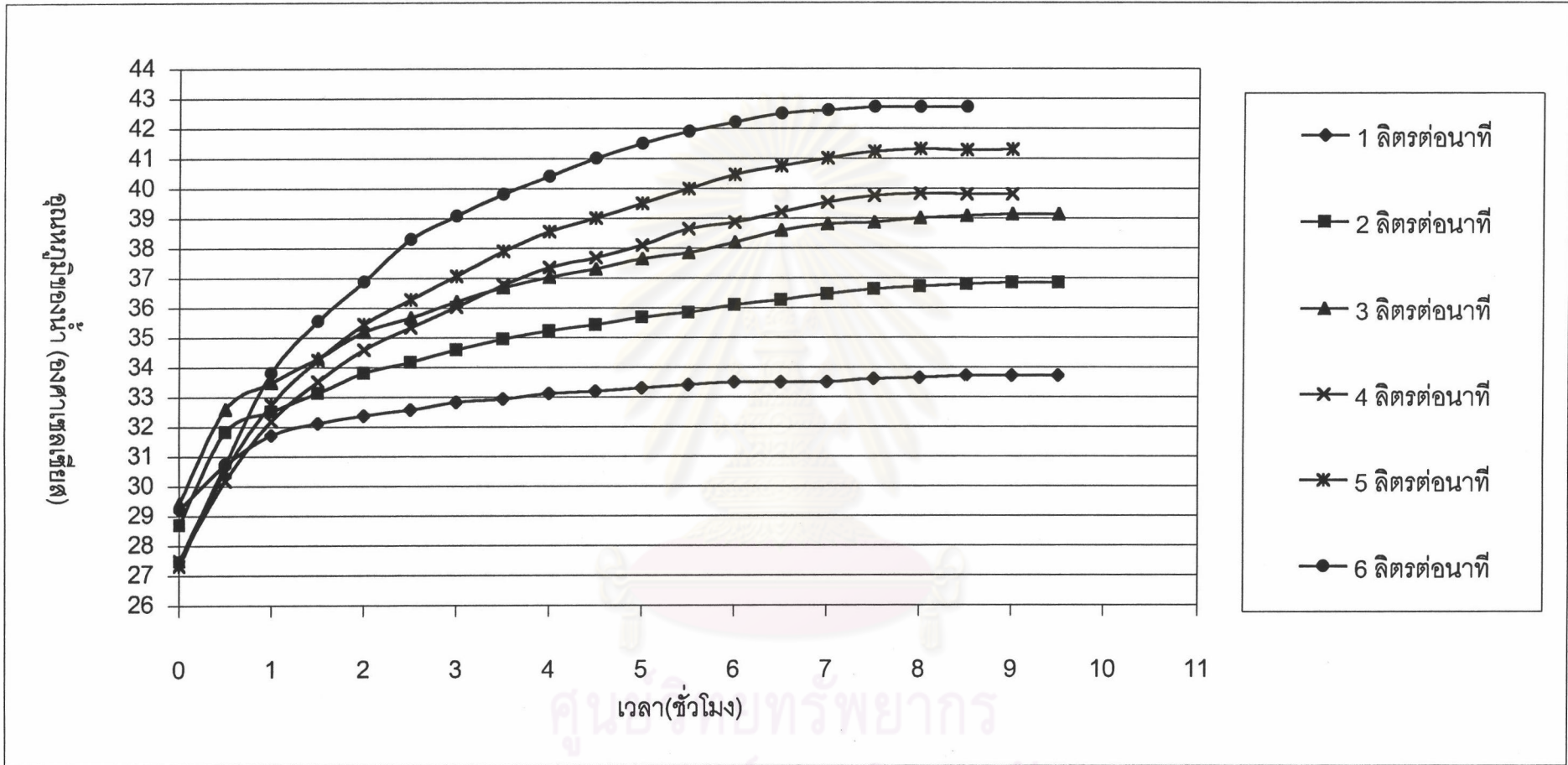


รูปที่ ก.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อน และเวลาของสระน้ำขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร เมื่อสระน้ำมีการกั้นทางเดินของน้ำรูปแบบที่ 1 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนต่างๆ โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส

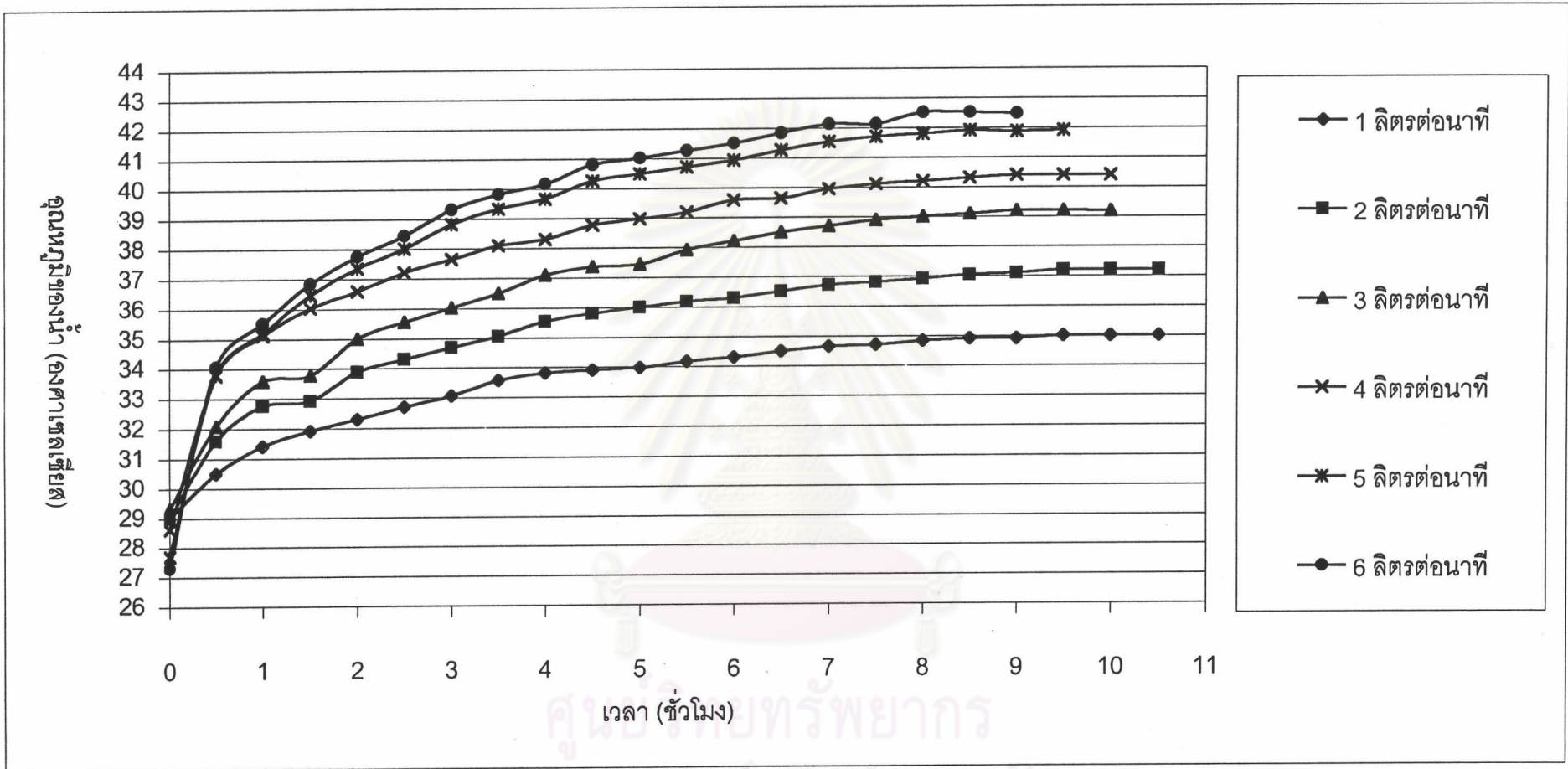




รูปที่ ก.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อน และเวลาของสระน้ำขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร เมื่อสระน้ำมีการกั้นทางเดินของน้ำรูปแบบที่ 2 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนต่างๆ โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส

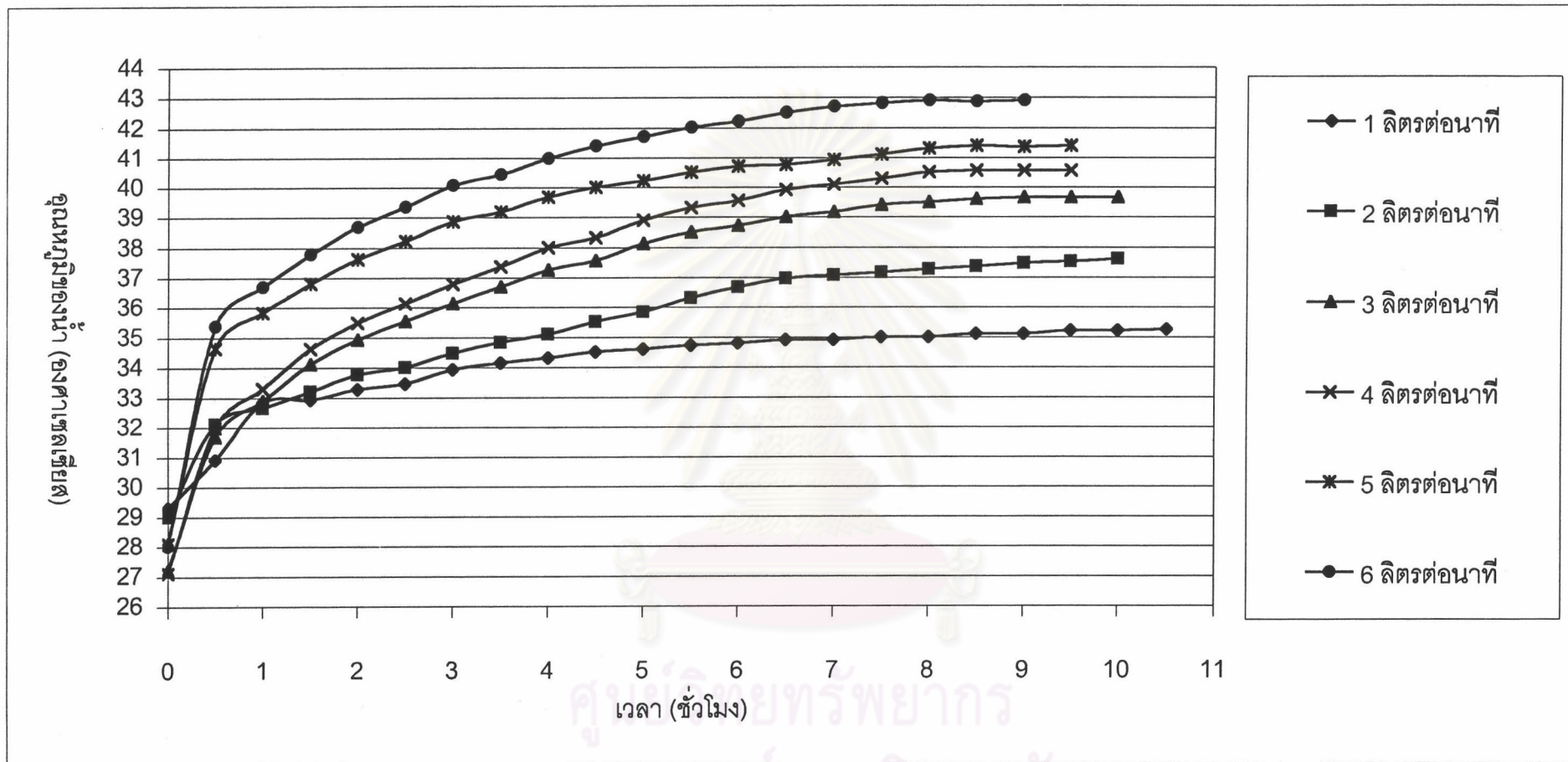


รูปที่ ก.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อน และเวลาของสระน้ำขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร เมื่อสระน้ำมีการกั้นทางเดินของน้ำรูปแบบที่ 3 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนต่างๆ โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส

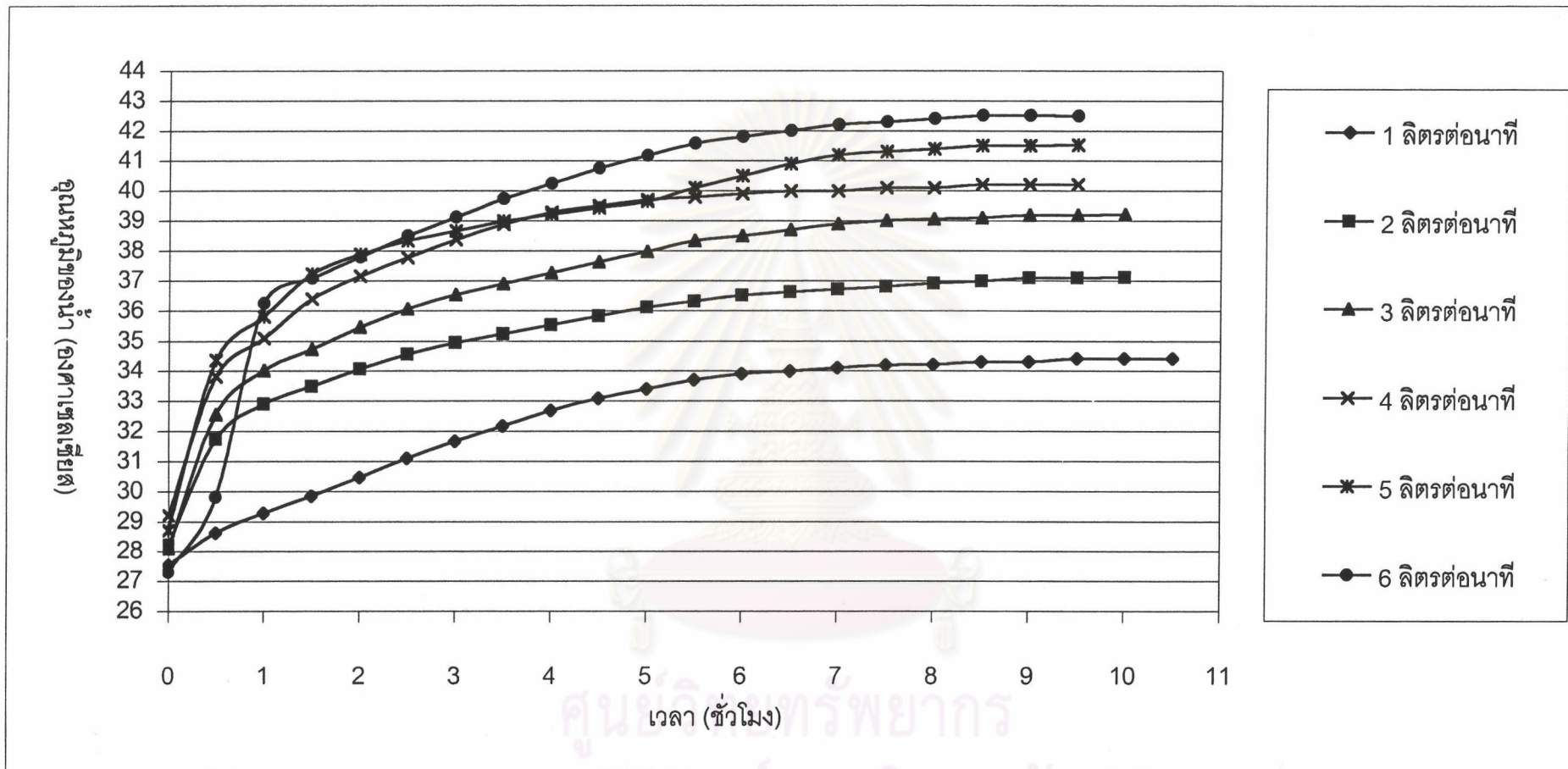


รูปที่ 6.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อน และเวลาของสระน้ำขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร เมื่อสระน้ำมีการกั้นทางเดินของน้ำรูปแบบที่ 4 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนต่างๆ โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส

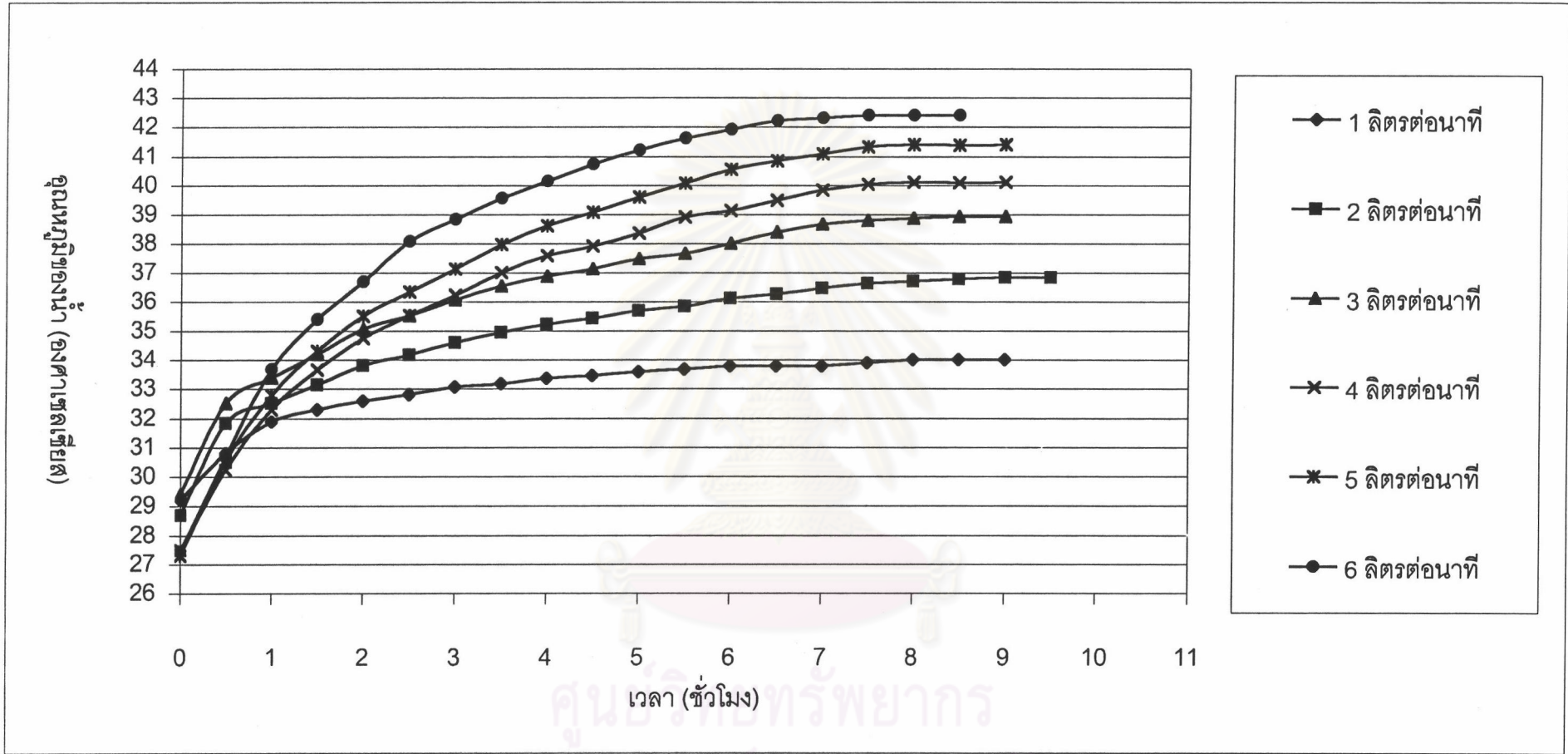




รูปที่ ก.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อน และเวลาของสระน้ำขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร เมื่อสระน้ำมีการกั้นทางเดินของน้ำรูปแบบที่ 5 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนต่างๆ โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส

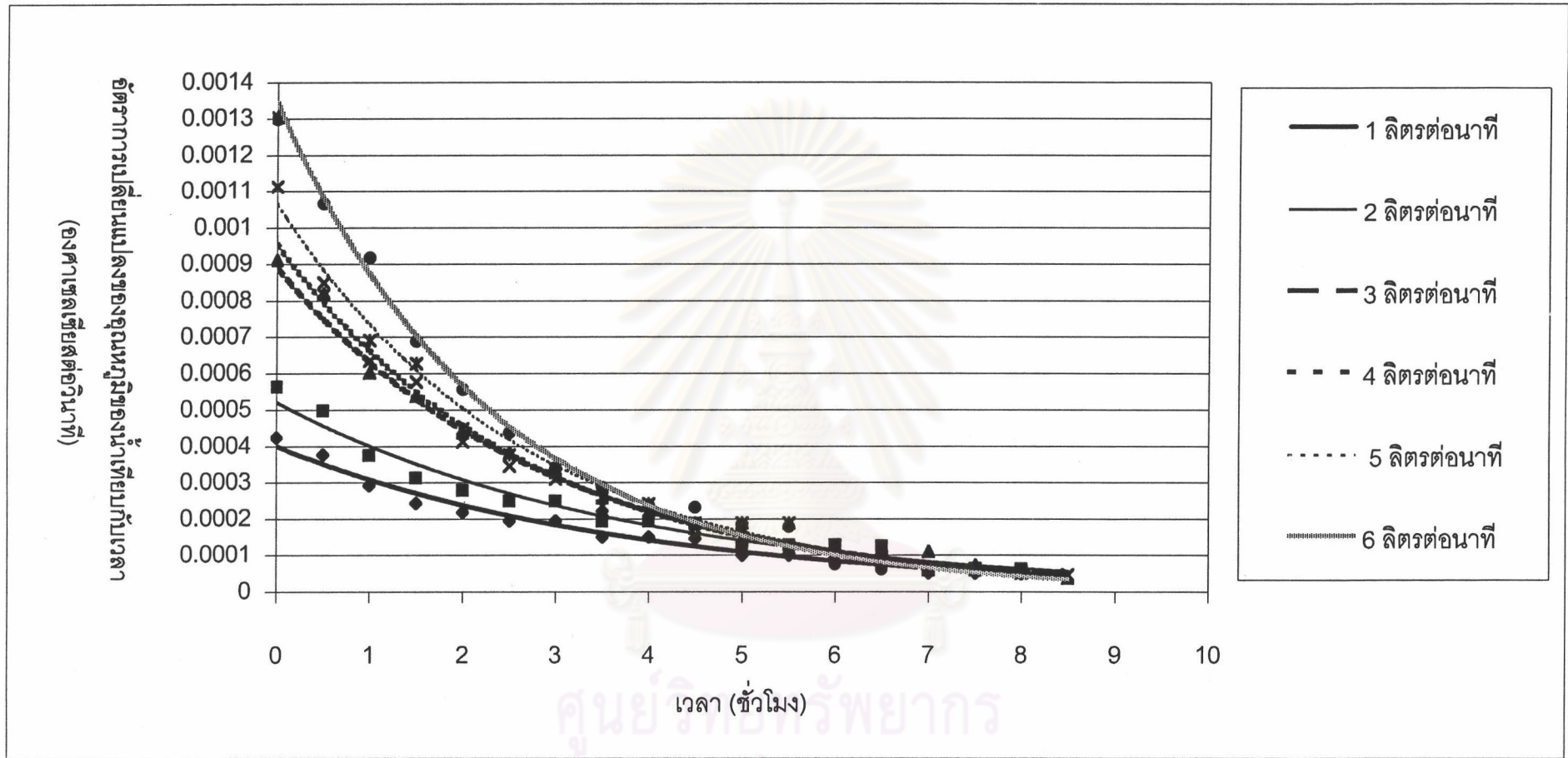


รูปที่ ก.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อน และเวลาของสระน้ำขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร เมื่อสระน้ำมีการกั้นทางเดินของน้ำรูปแบบที่ 6 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนต่างๆ โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส

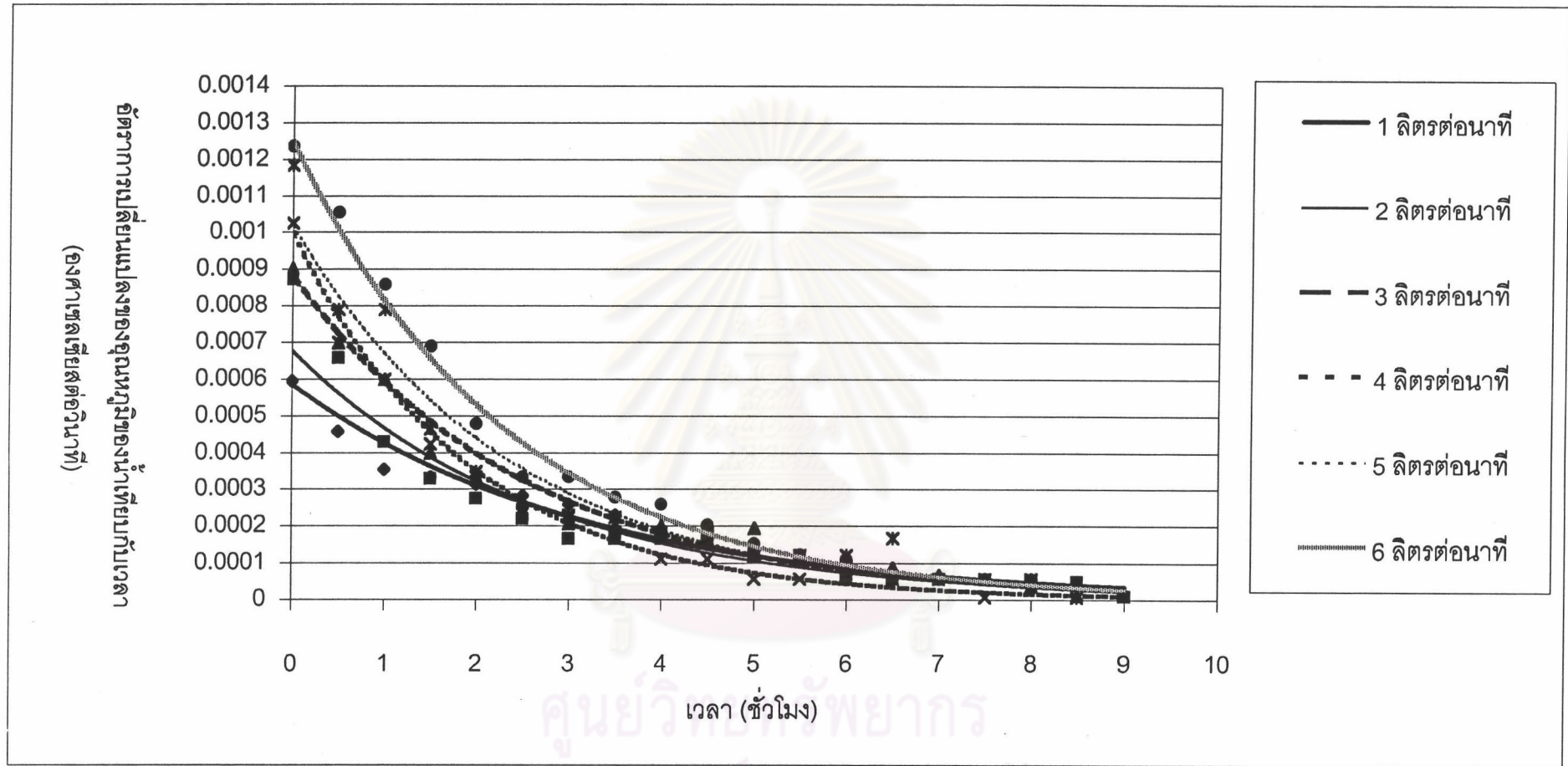


รูปที่ ก.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อน และเวลาของสระน้ำขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร เมื่อสระน้ำมีการกั้นทางเดินของน้ำรูปแบบที่ 7 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนต่างๆ โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส

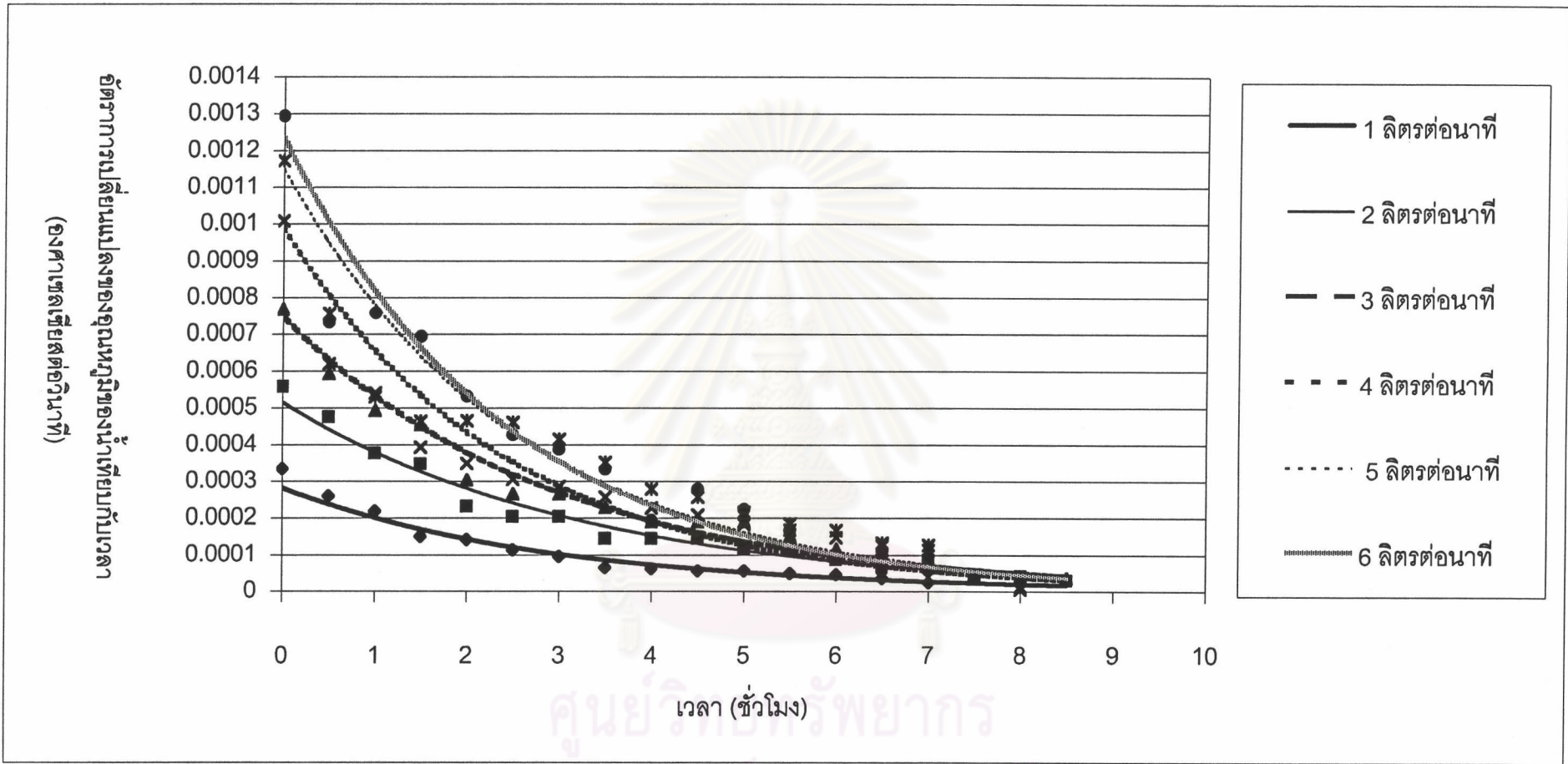




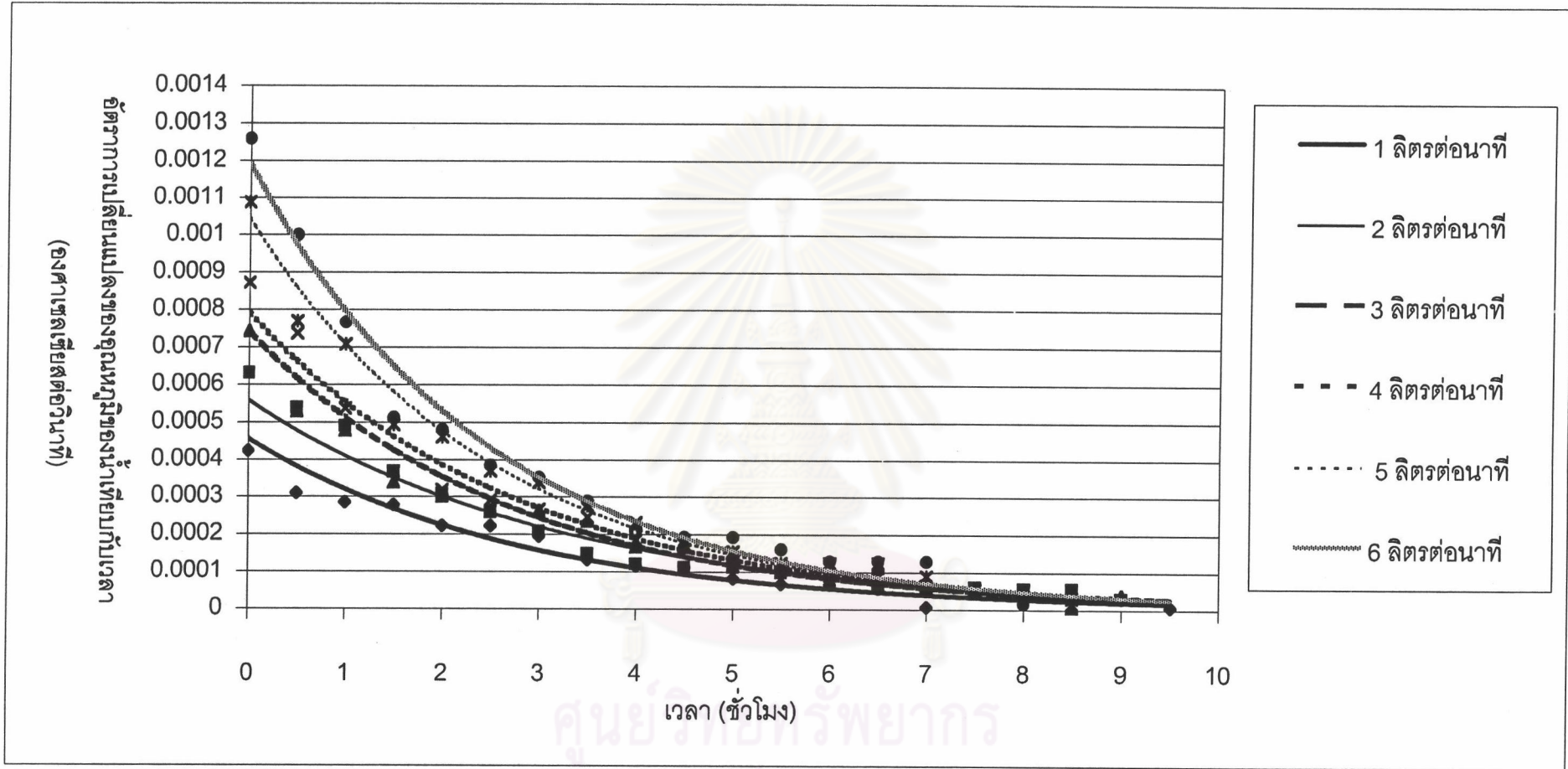
รูปที่ ก.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลา และเวลาของสระน้ำขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร เมื่อสระน้ำมีการกั้นทางเดินของน้ำรูปแบบที่ 1 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนต่างๆ โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส



รูปที่ ก.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลา และเวลาของสระน้ำขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร เมื่อสระน้ำมีการกั้นทางเดินของน้ำรูปแบบที่ 2 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนต่างๆ โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส

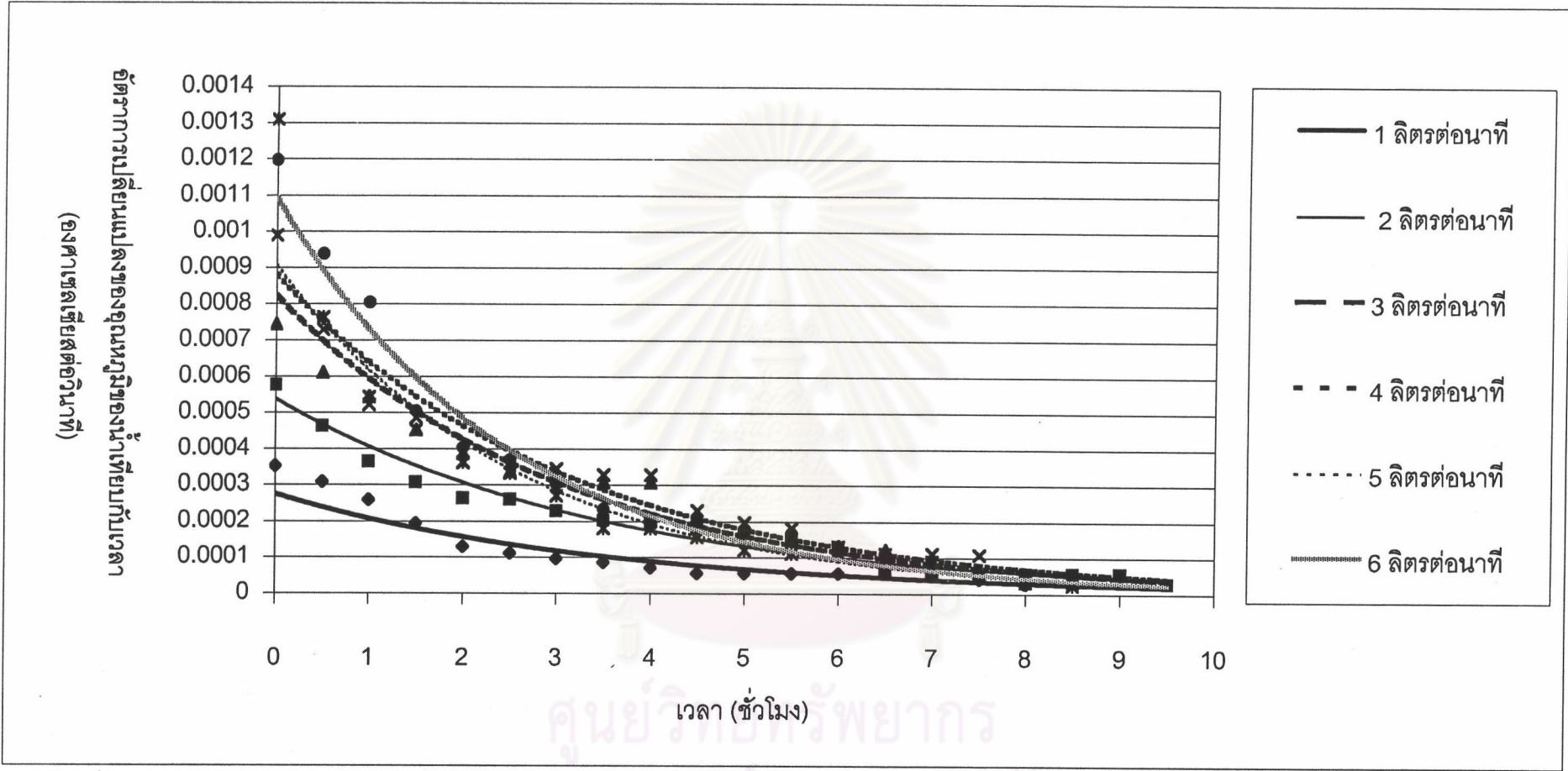


รูปที่ ก.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลา และเวลาของสระน้ำขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร เมื่อสระน้ำมีการกั้นทางเดินของน้ำรูปแบบที่ 3 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนต่างๆ โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส



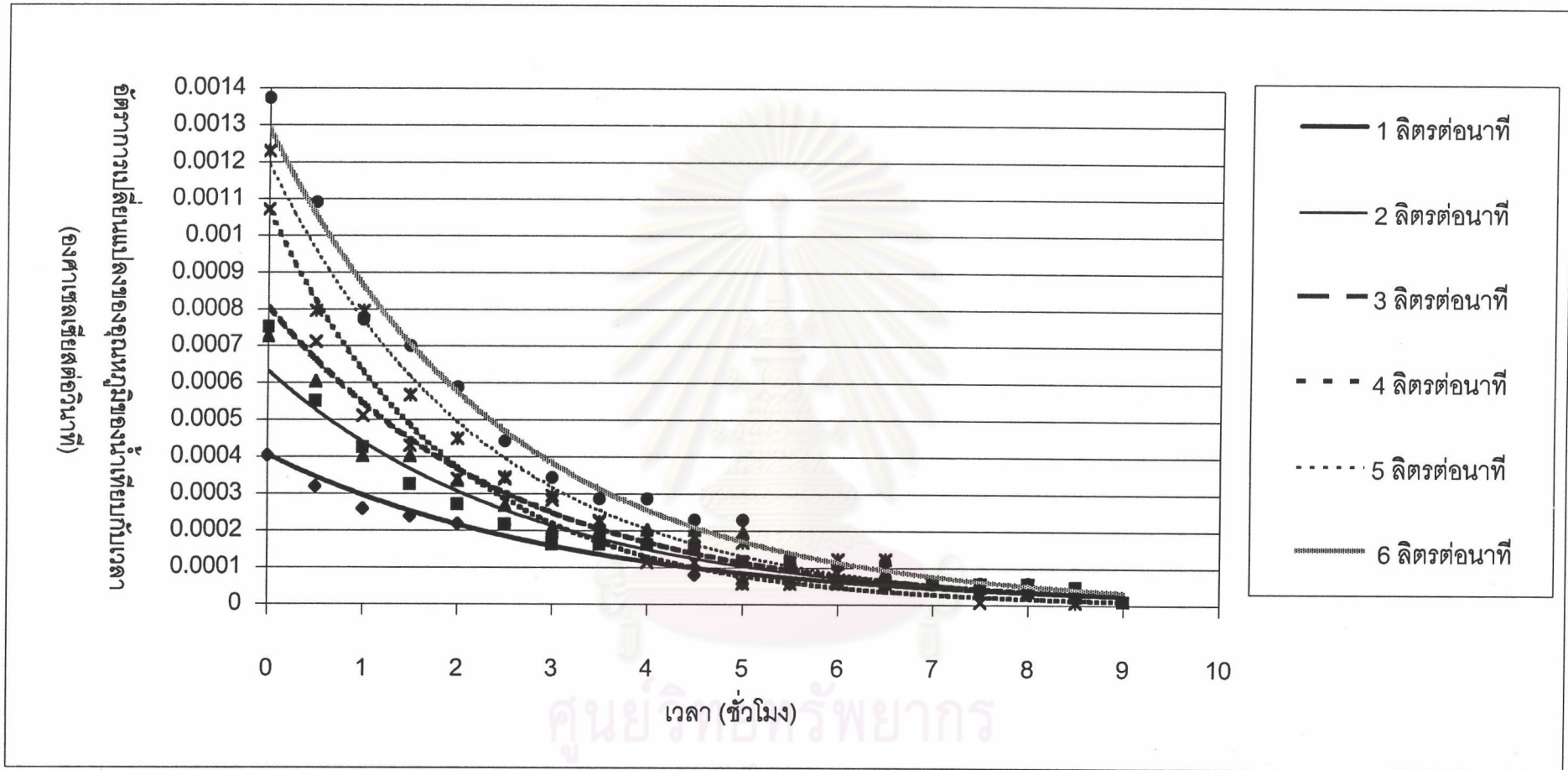
รูปที่ ก.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลา และเวลาของสระน้ำขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร เมื่อสระน้ำมีการกั้นทางเดินของน้ำรูปแบบที่ 4 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนต่างๆ โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส



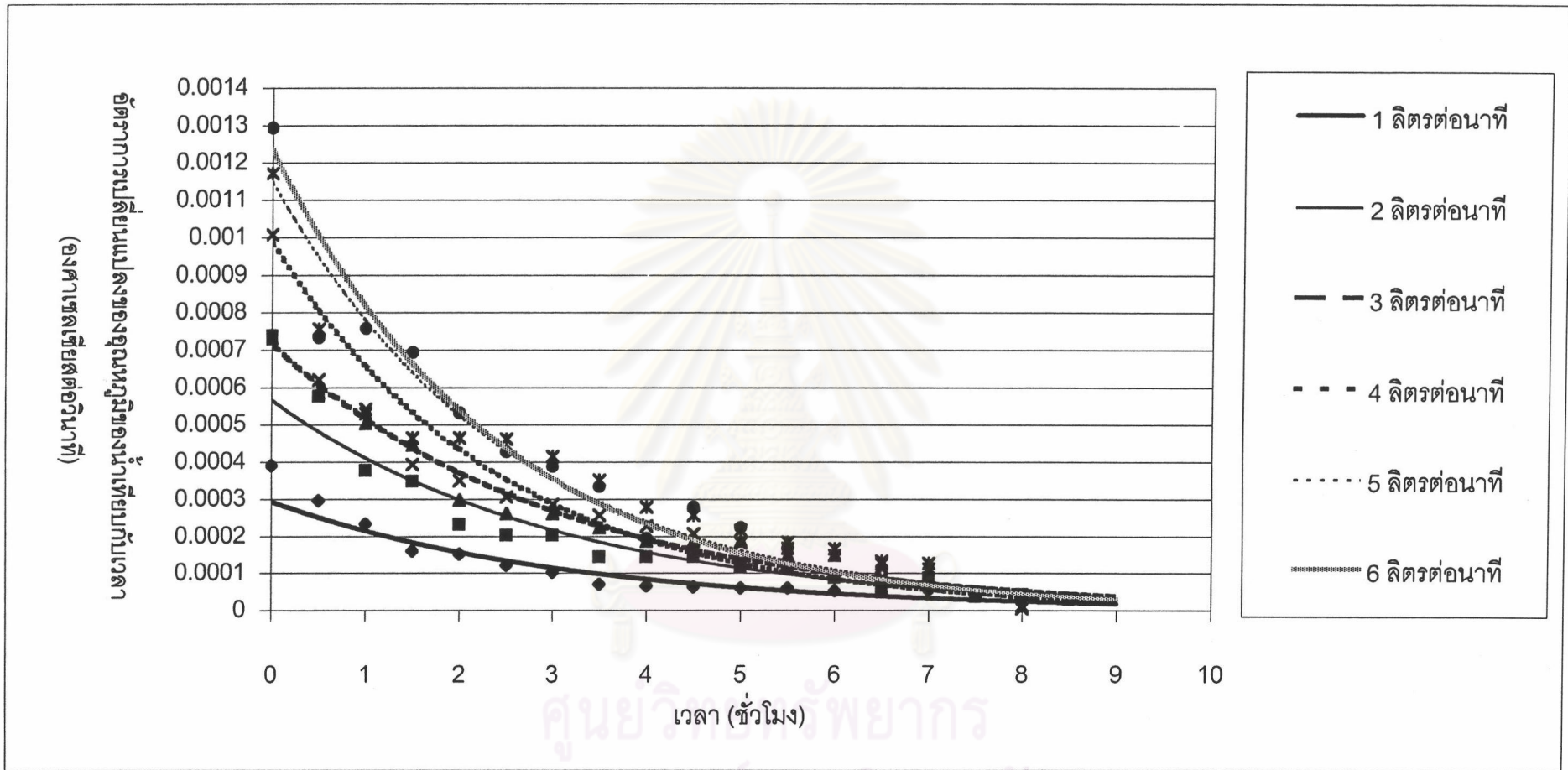


รูปที่ ก.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลา และเวลาของสระน้ำขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร เมื่อสระน้ำมีการกั้นทางเดินของน้ำรูปแบบที่ 5 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนต่างๆ โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส

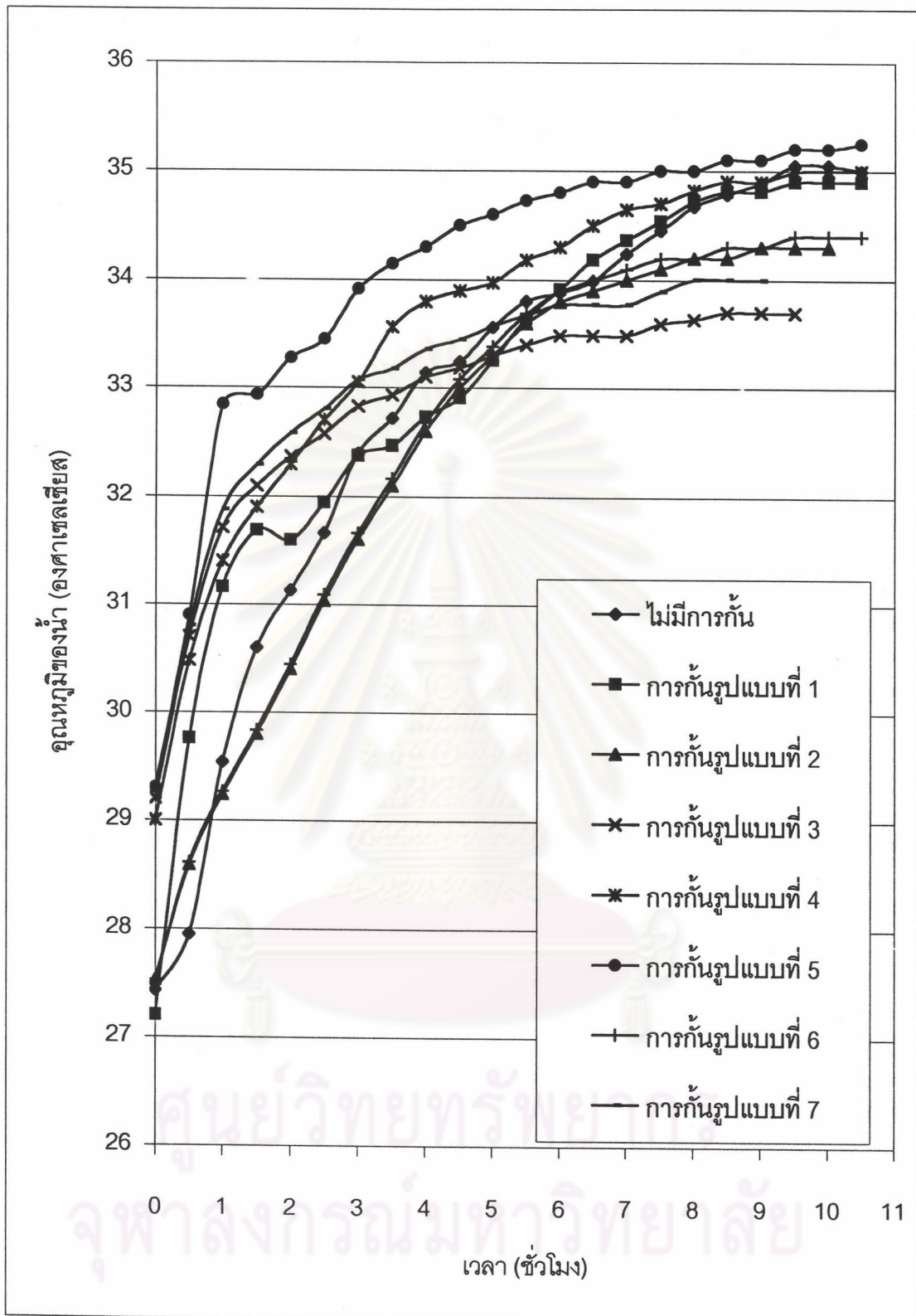




รูปที่ ก.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลา และเวลาของสระน้ำขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร เมื่อสระน้ำมีการกั้นทางเดินของน้ำรูปแบบที่ 6 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนต่างๆ โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส

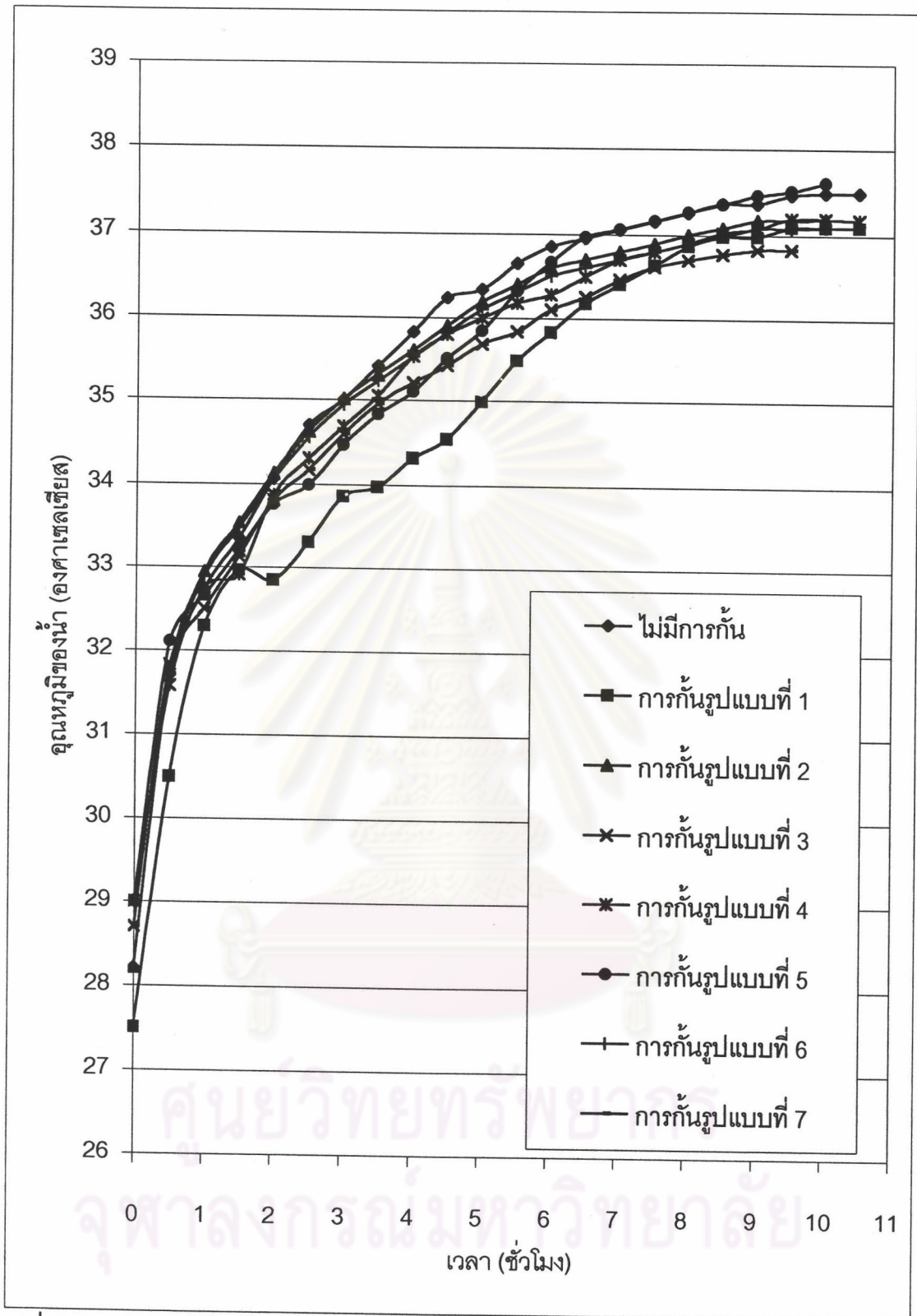


รูปที่ ก.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลา และเวลาของสระน้ำขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร เมื่อสระน้ำมีการกั้นทางเดินของน้ำรูปแบบที่ 7 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนต่างๆ โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส



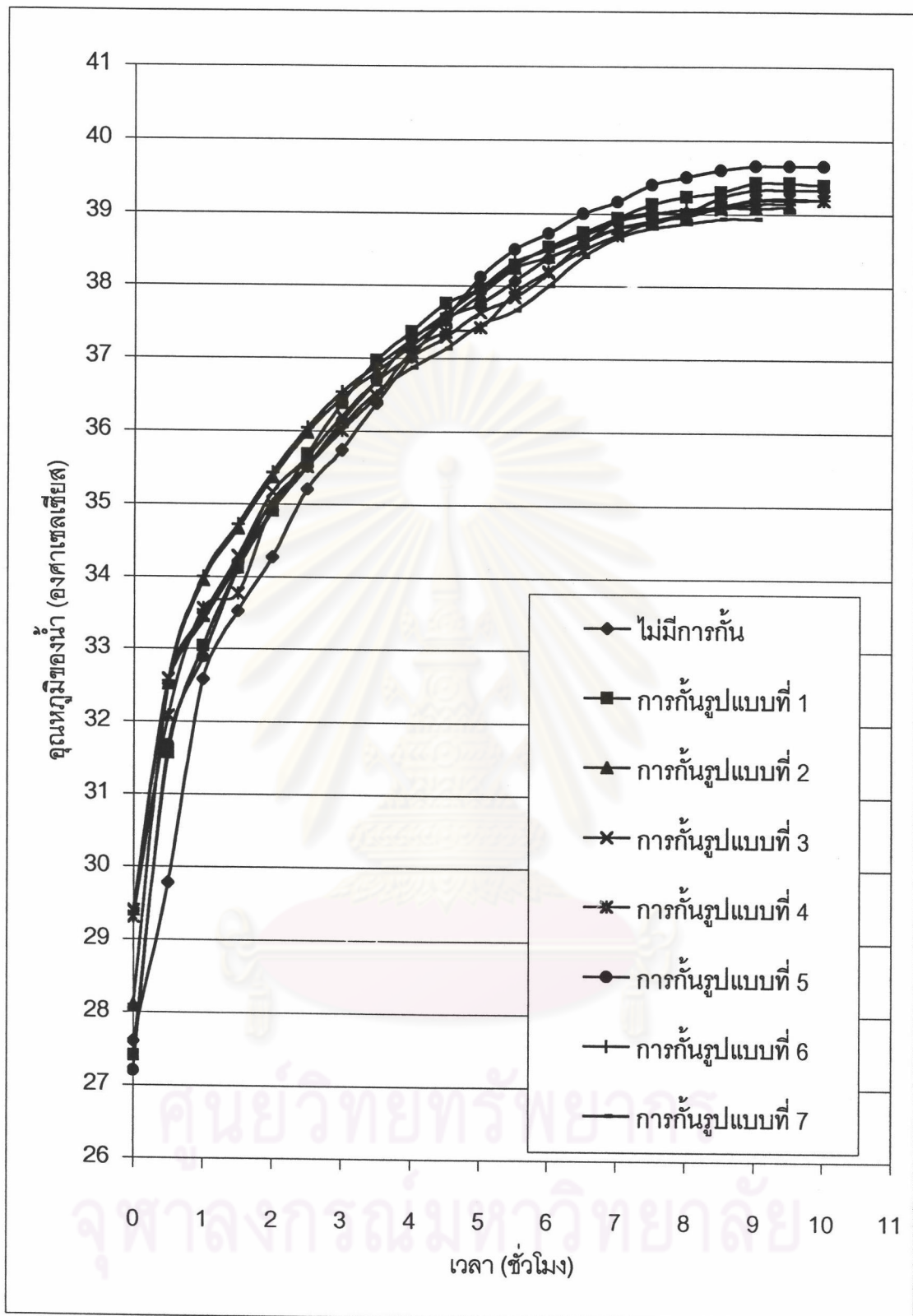
รูปที่ ก.17 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อน และเวลา ของสระน้ำขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อนรูปแบบต่างๆ ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 1 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส



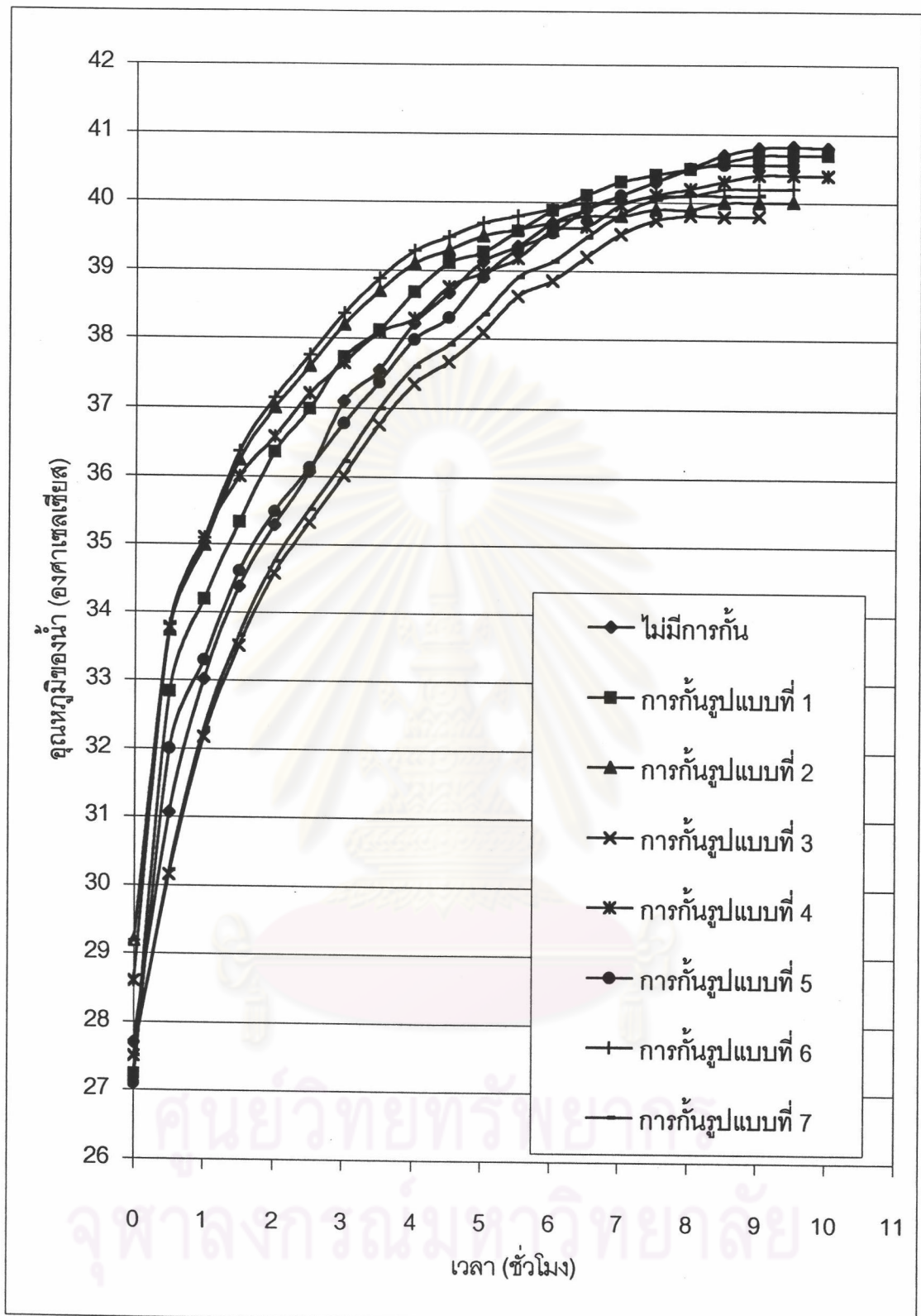


รูปที่ ก.18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อน และเวลา ของสระน้ำขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อนรูปแบบต่างๆ ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 2 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส

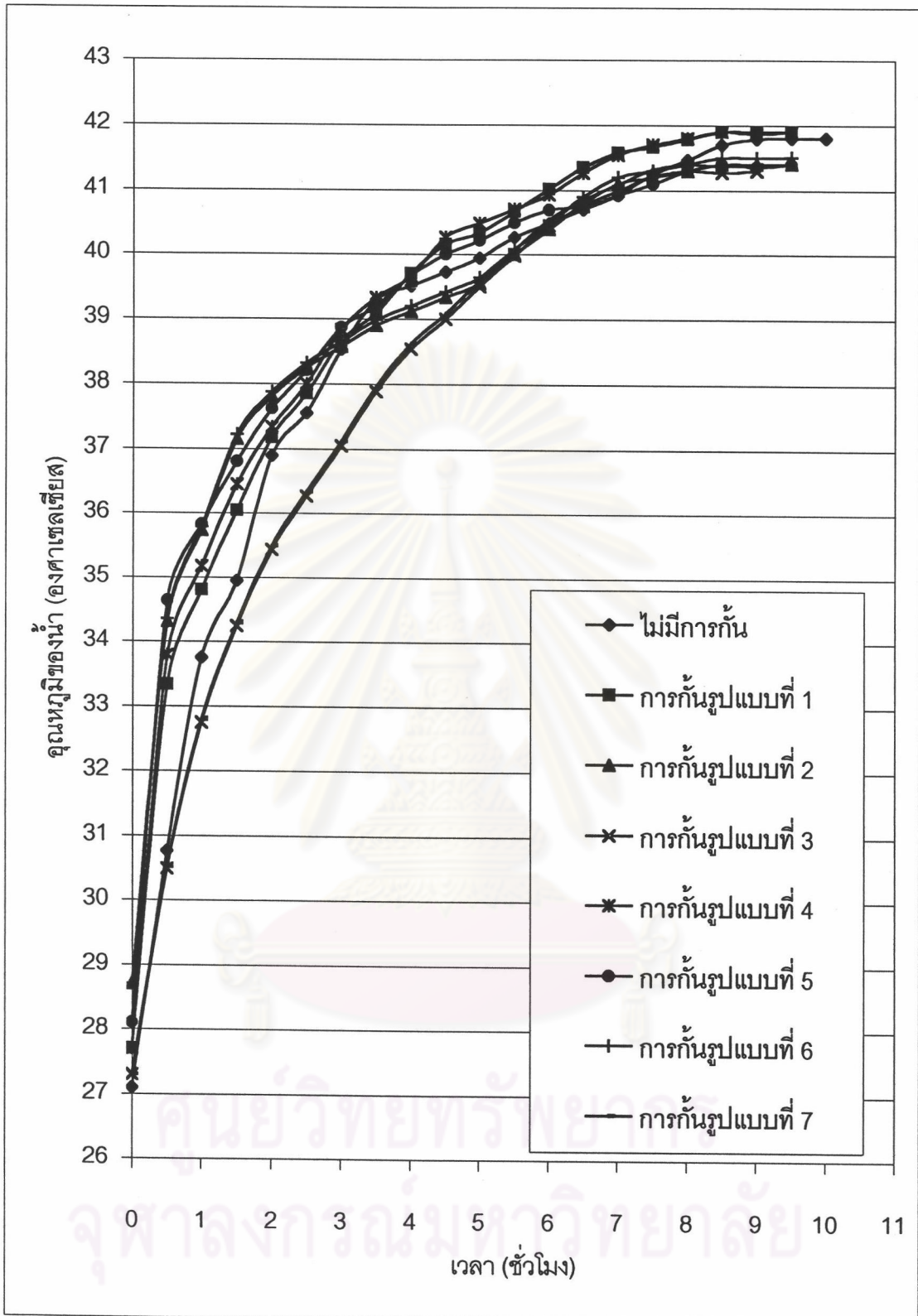




รูปที่ ก.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อน และเวลา ของสระน้ำขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อนรูปแบบต่างๆ ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 3 ลิตรต่อวินาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส

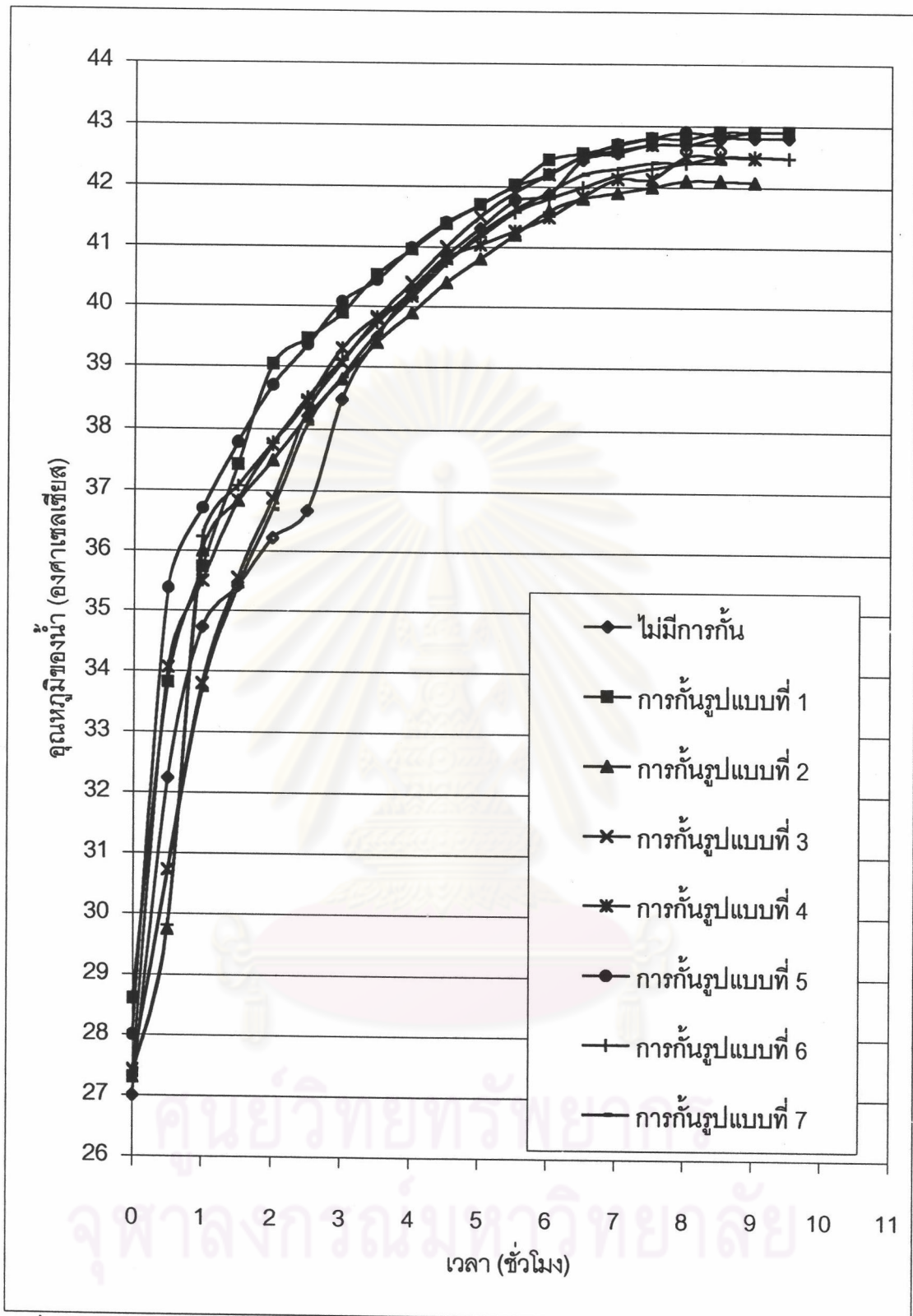


รูปที่ ก.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อน และเวลา ของสระน้ำขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อนรูปแบบต่างๆ ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 4 ลิตรต่ออนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส



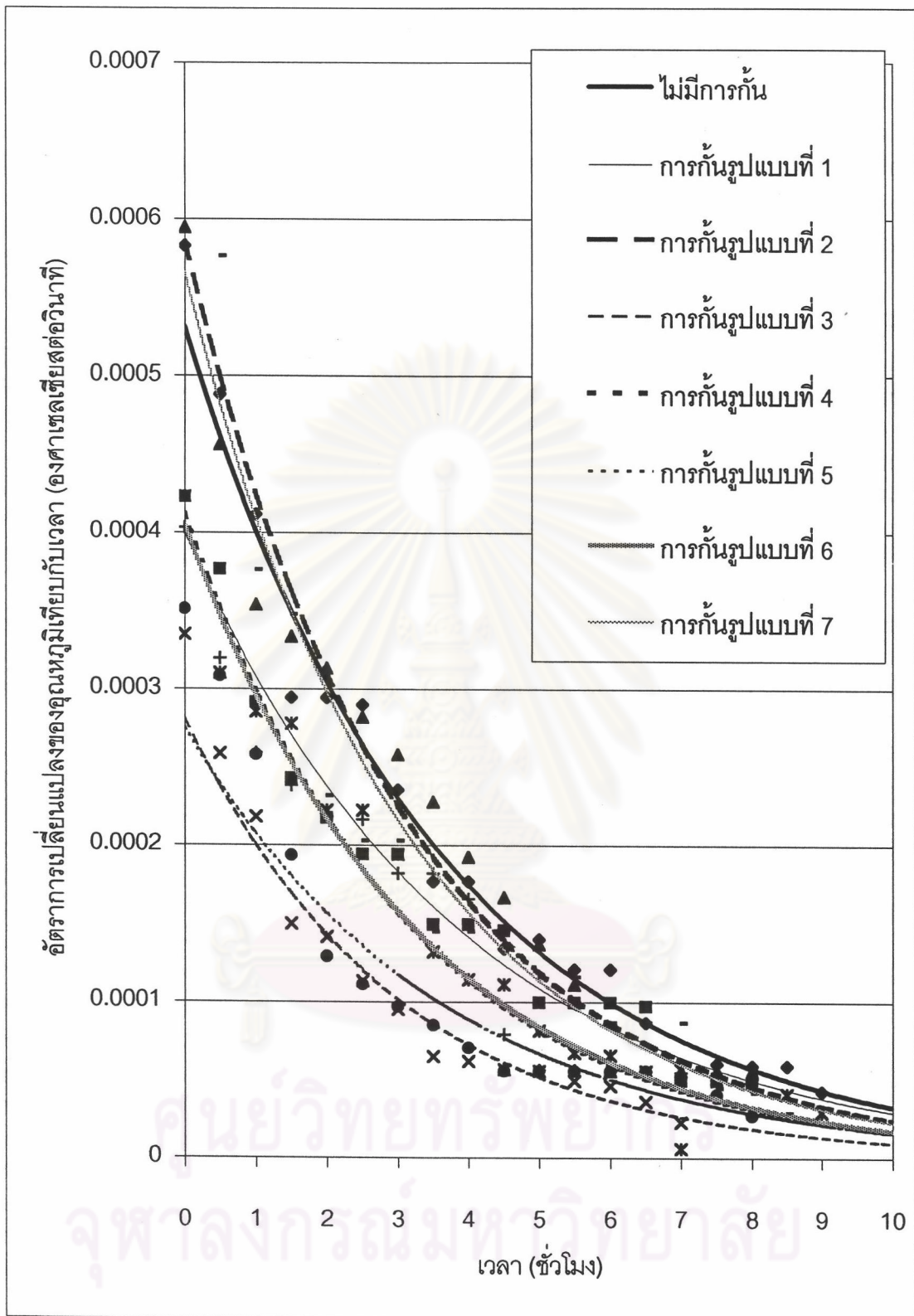
รูปที่ ก.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อน และเวลา ของสระน้ำขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อนรูปแบบต่างๆ ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 5 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส



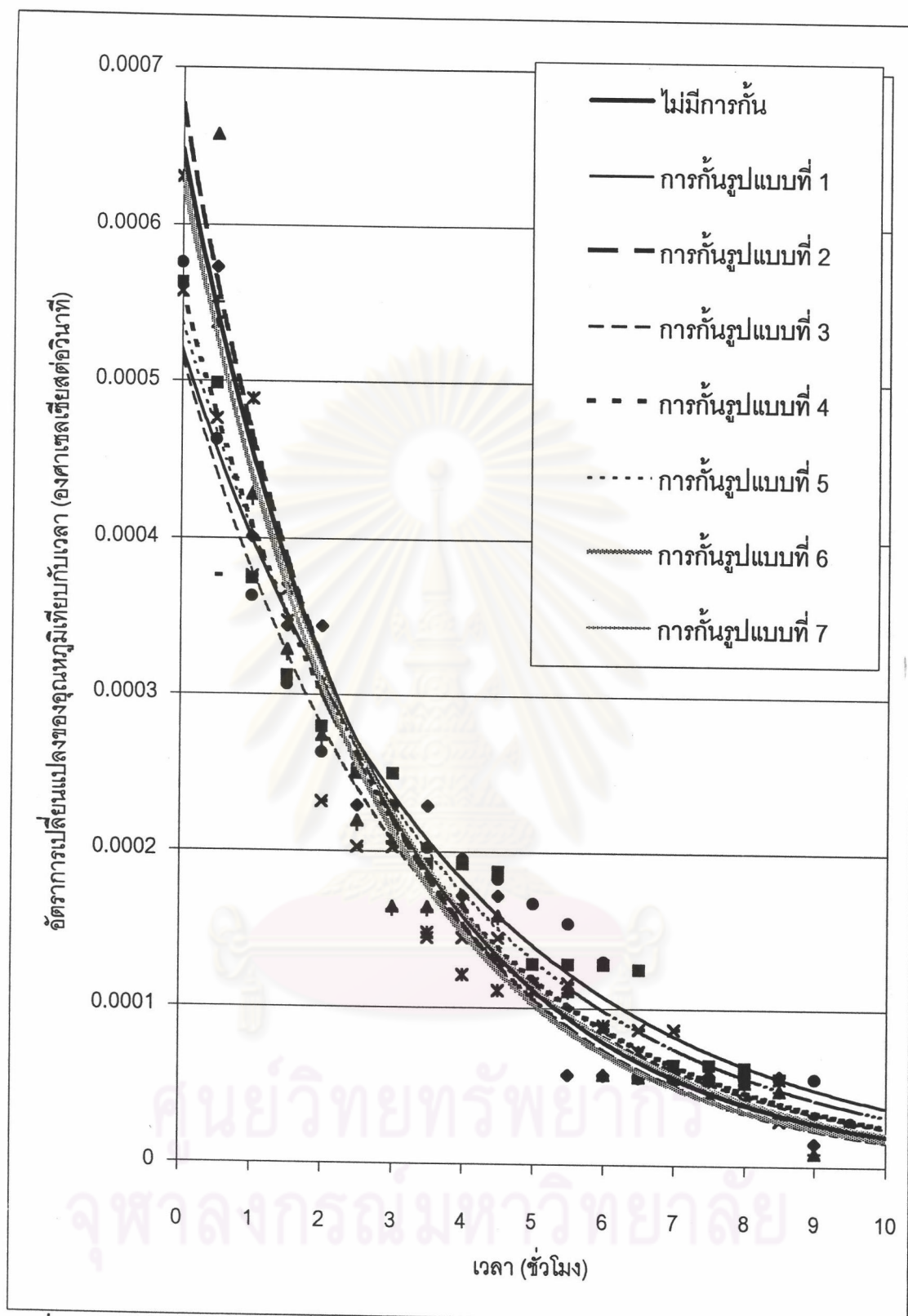


รูปที่ ก.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนและเวลา ของสระน้ำขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อนรูปแบบต่างๆ ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 6 ลิตรต่อวินาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส

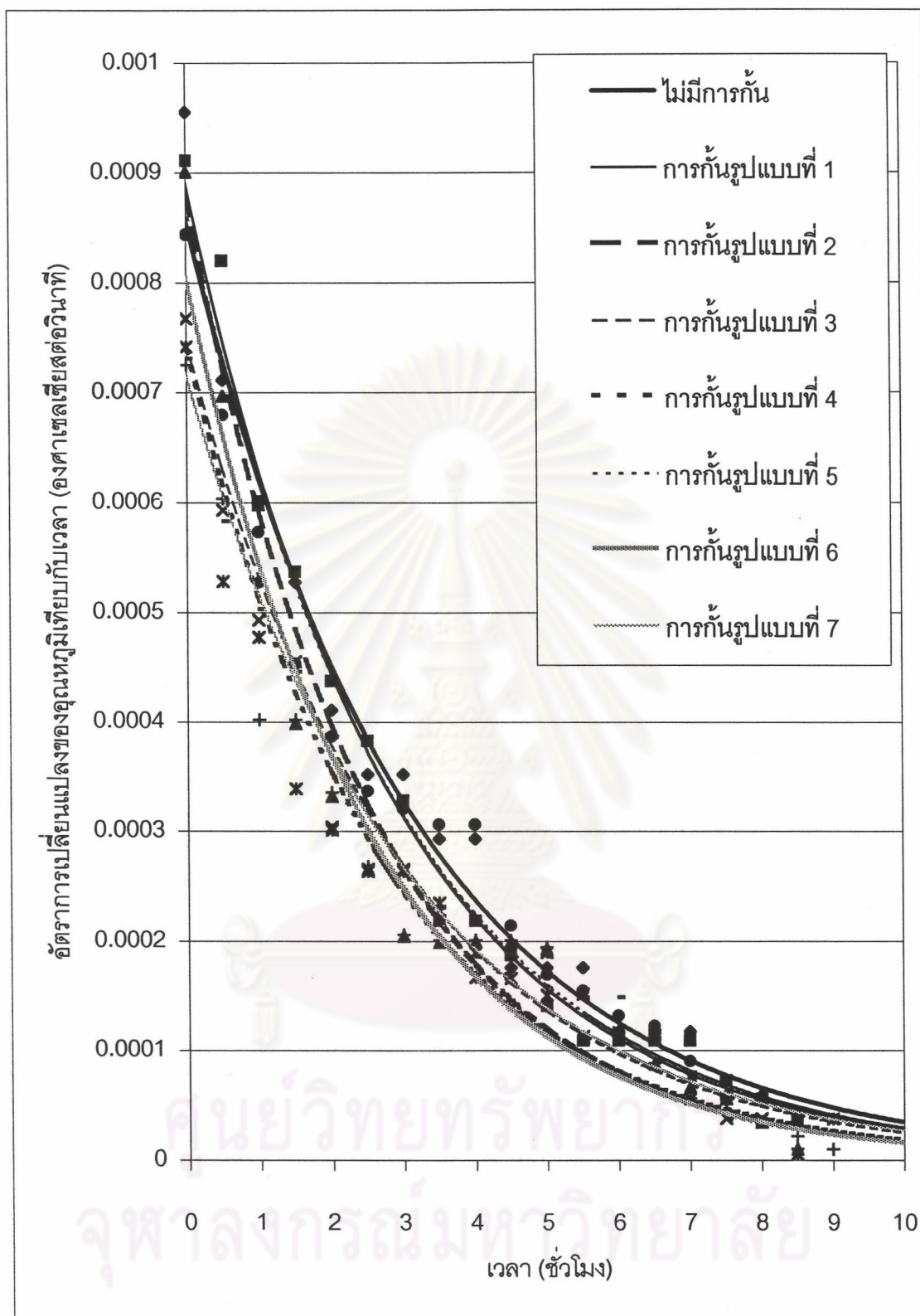




รูปที่ ก.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลา และเวลา ของสระน้ำขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อนรูปแบบต่างๆ ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 1 ลิตรต่อวินาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส

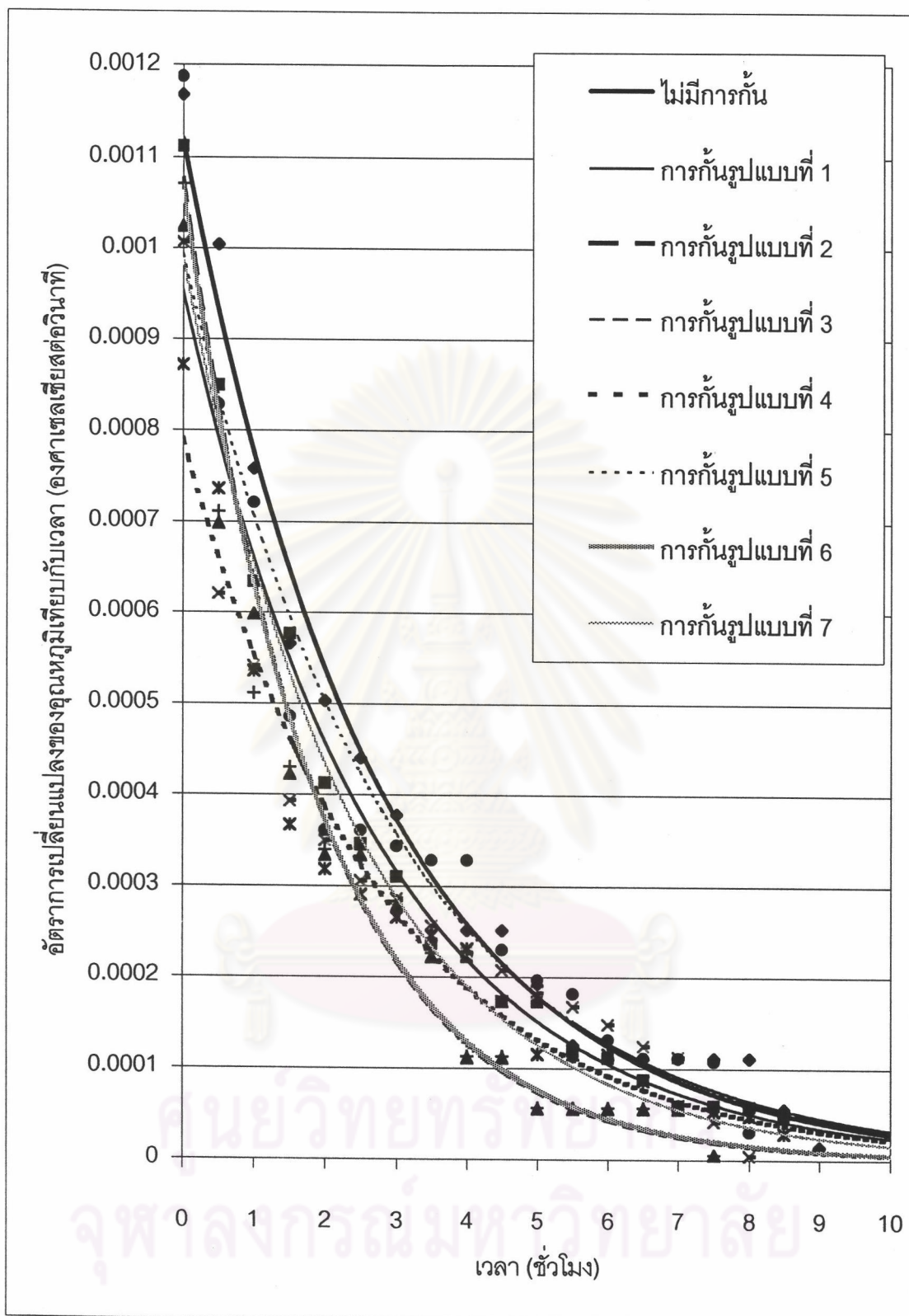


รูปที่ ๒๔ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลา และเวลา ของสระน้ำขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อนรูปแบบต่างๆ ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 2 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส



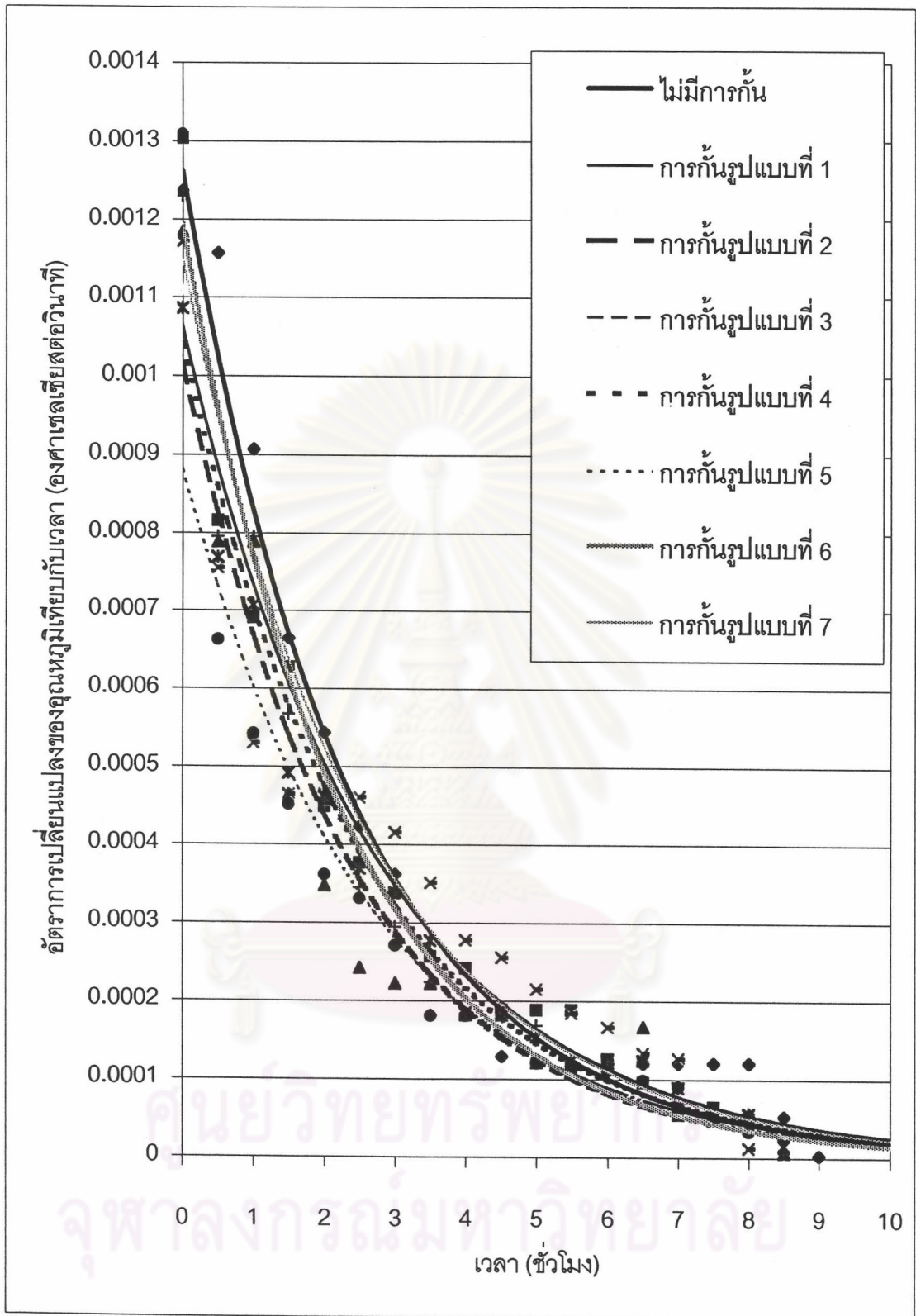
รูปที่ ก.25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลา และเวลา ของสระน้ำขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อนรูปแบบต่างๆ ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 3 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส



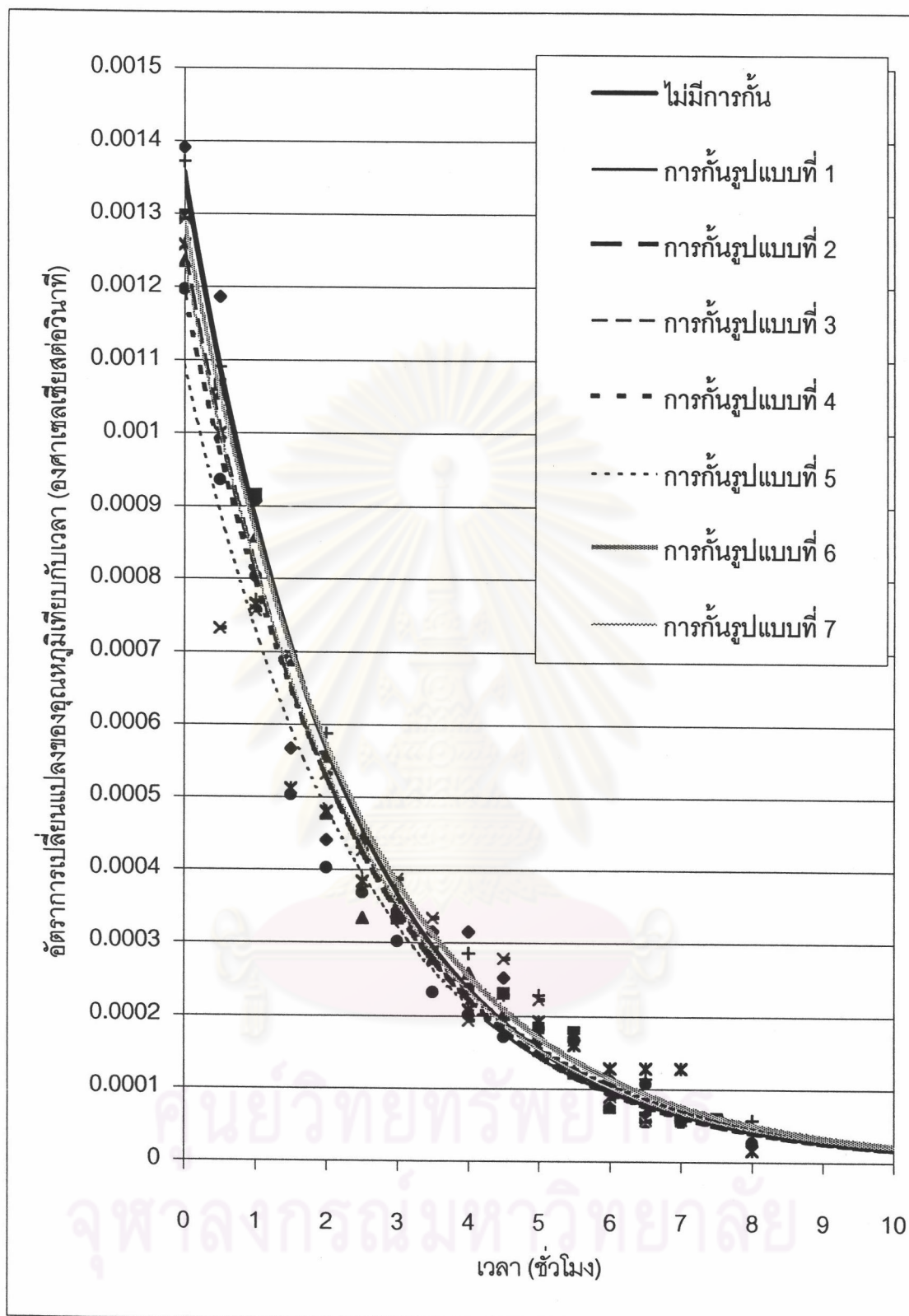


รูปที่ ก.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลา และเวลา ของสระน้ำขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน รูปแบบต่างๆ ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 4 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส

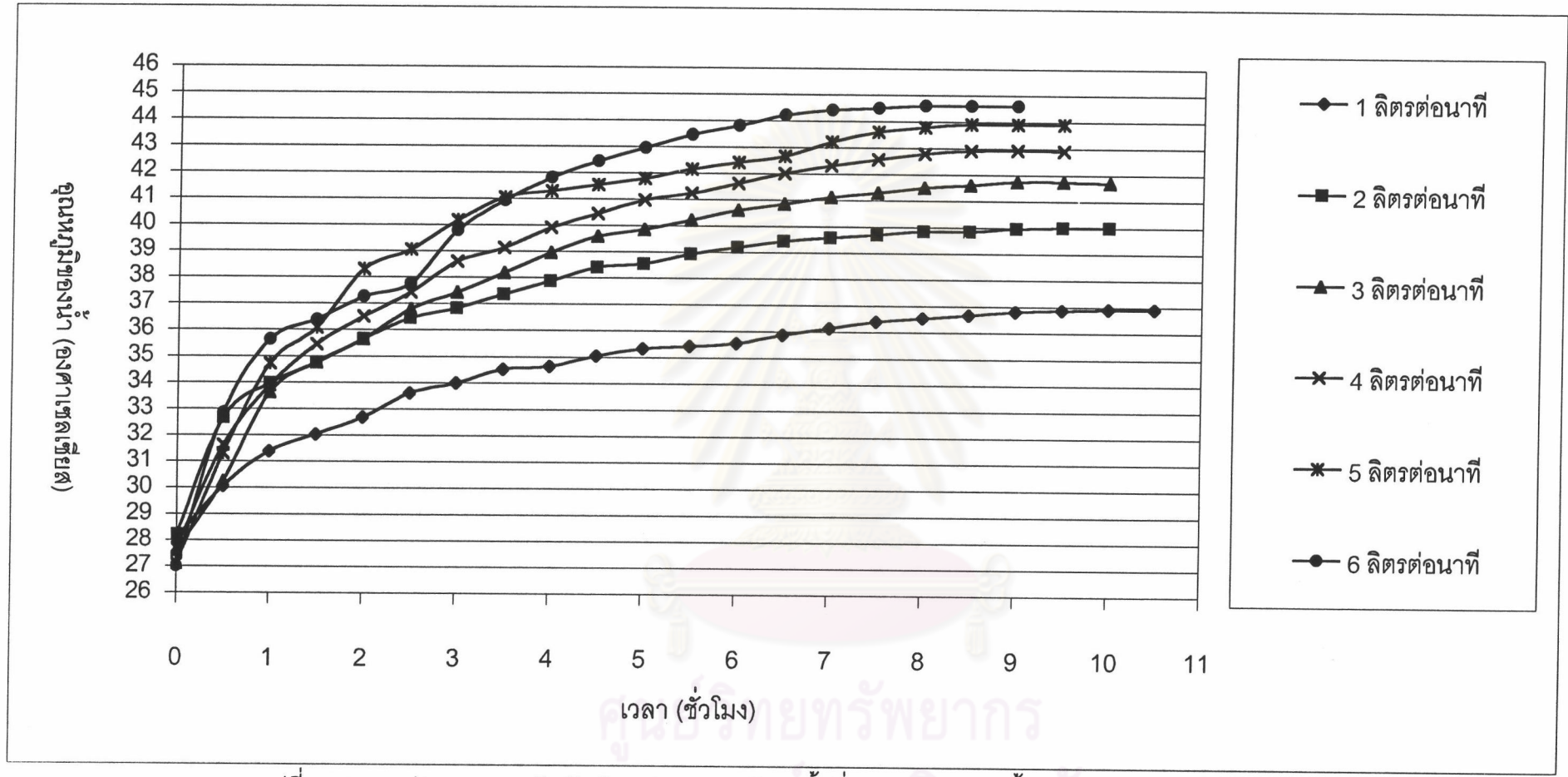




รูปที่ ก.27 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลา และเวลา ของสระน้ำขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มี การกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน รูปแบบต่างๆ ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 5 ลิตรต่อวินาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส

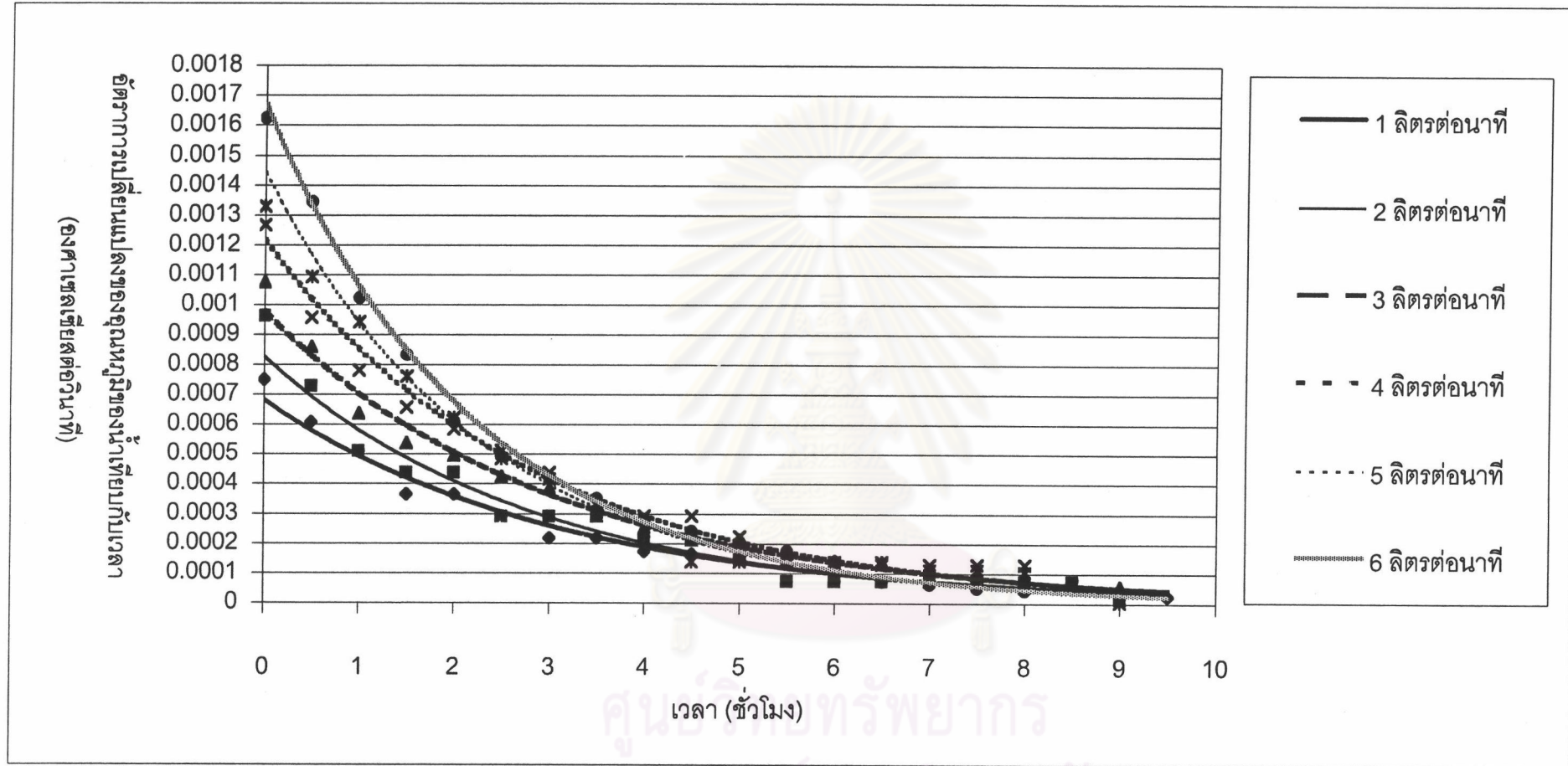


รูปที่ ก.28 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลา และเวลา ของสระน้ำขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อนรูปแบบต่างๆ ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 6 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส



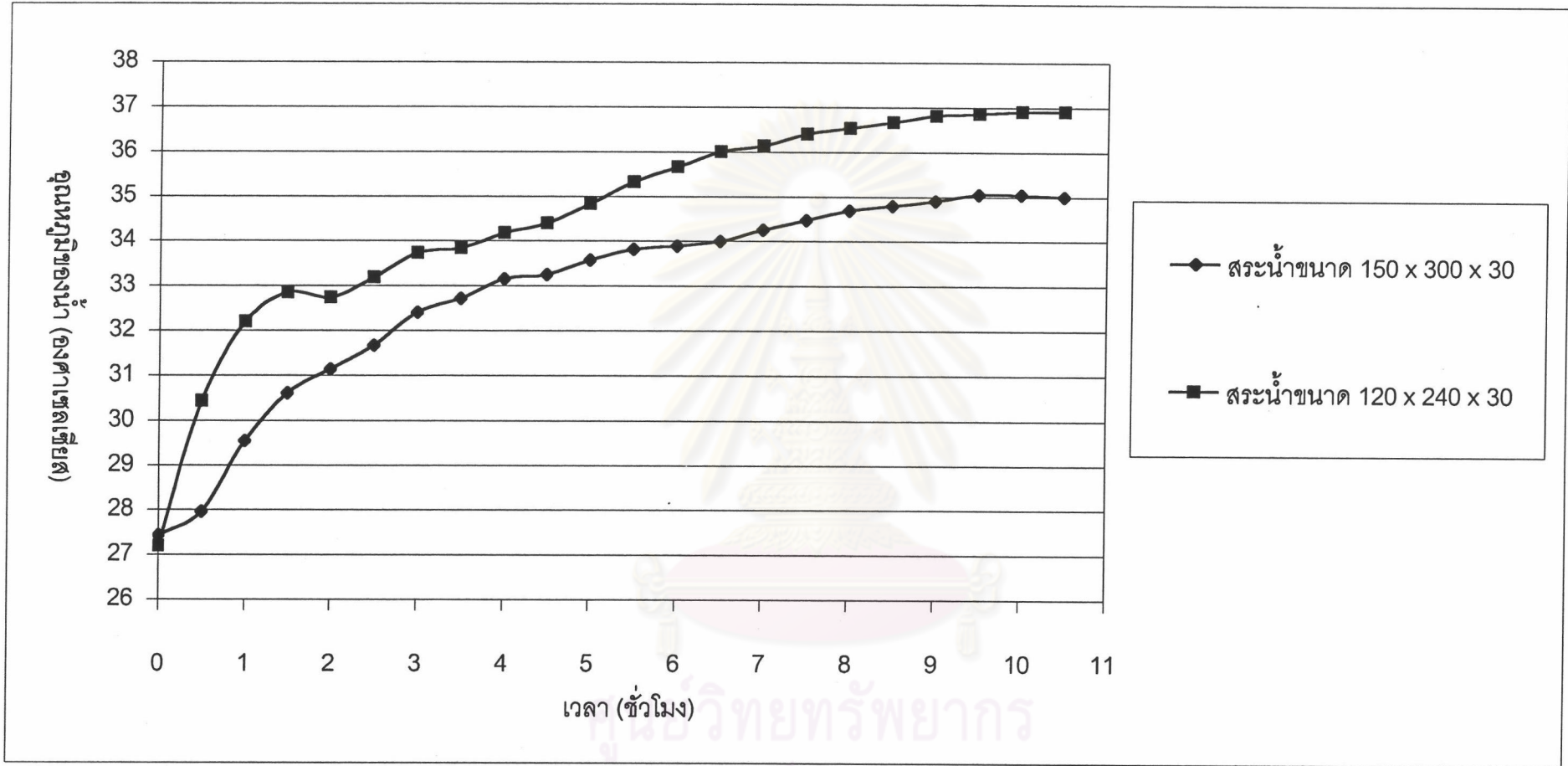
รูปที่ ก.29 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อน และเวลาของสระน้ำที่มีขนาด กว้าง 120 เซนติเมตร ยาว 240 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่ไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อนที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนต่างๆ โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส



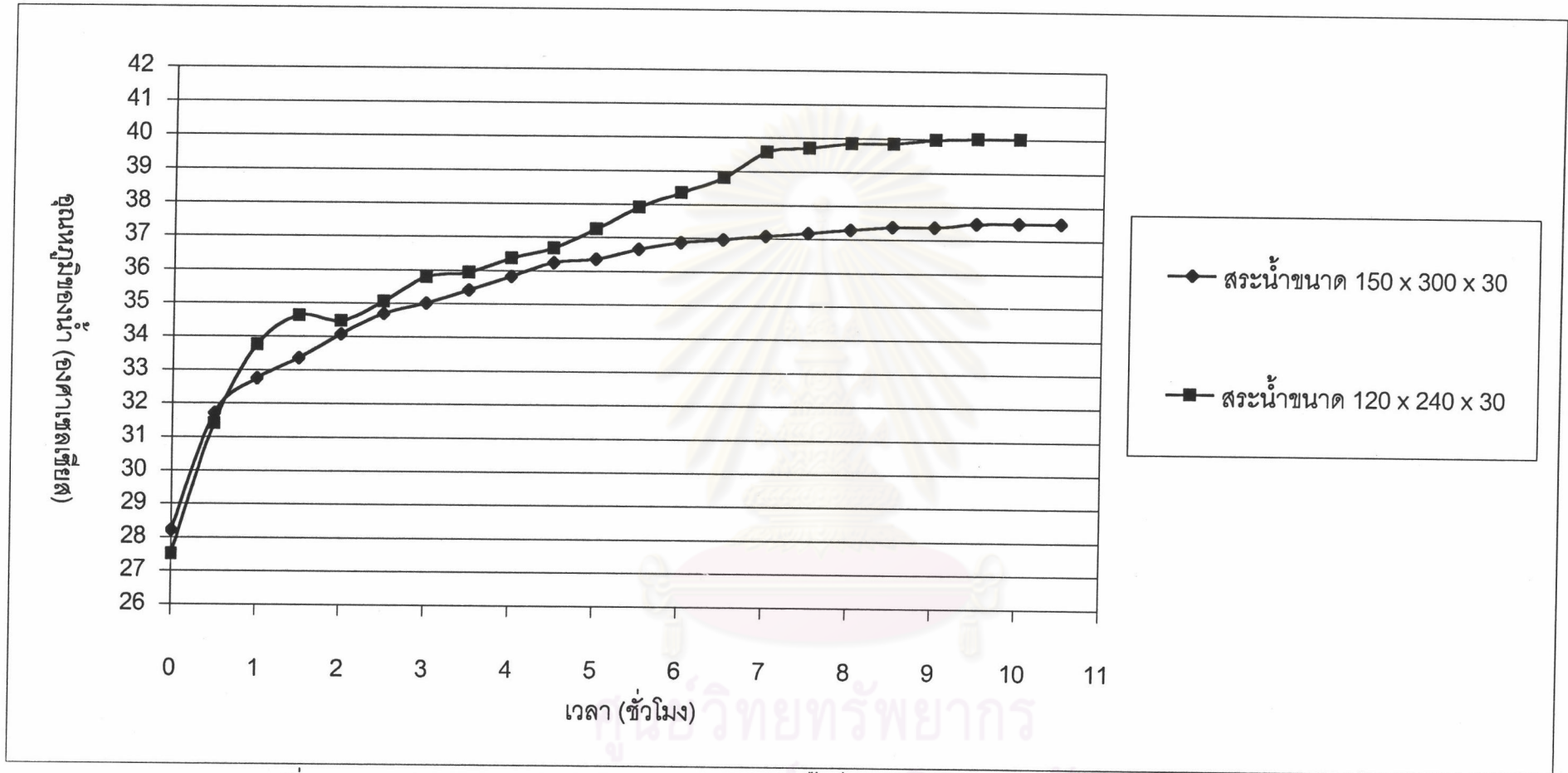


รูปที่ ก.30 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลา และเวลาของสระน้ำที่มีขนาด กว้าง 120 เซนติเมตร ยาว 240 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่ไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อนที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนต่างๆ โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส

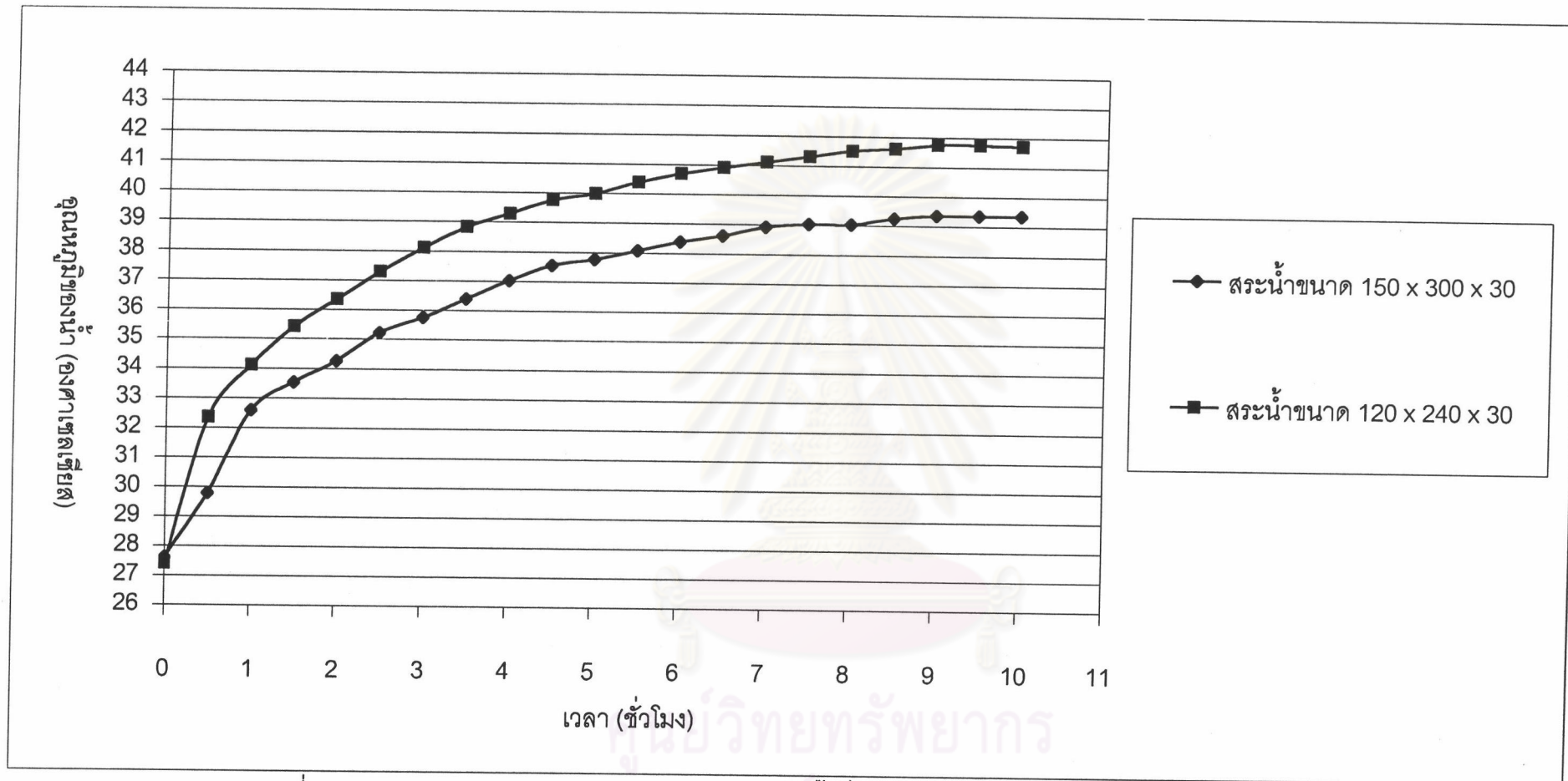




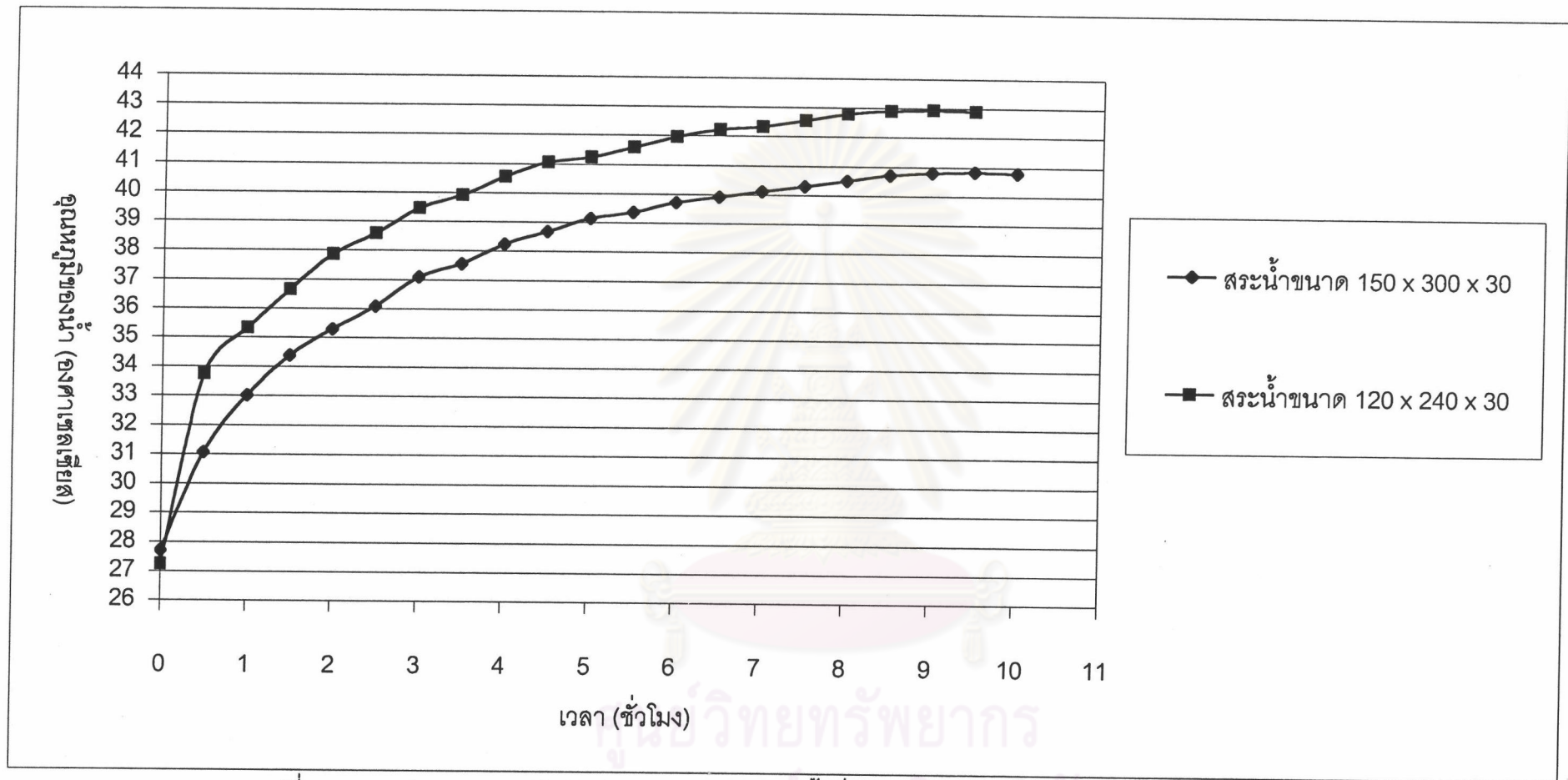
รูปที่ ก.31 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อน และเวลาที่ขนาดของสระน้ำต่างกัน เมื่อสระน้ำไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 1 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส



รูปที่ ก.32 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อน และเวลาที่ขนาดของสระน้ำต่างกัน เมื่อสระน้ำไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 2 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส

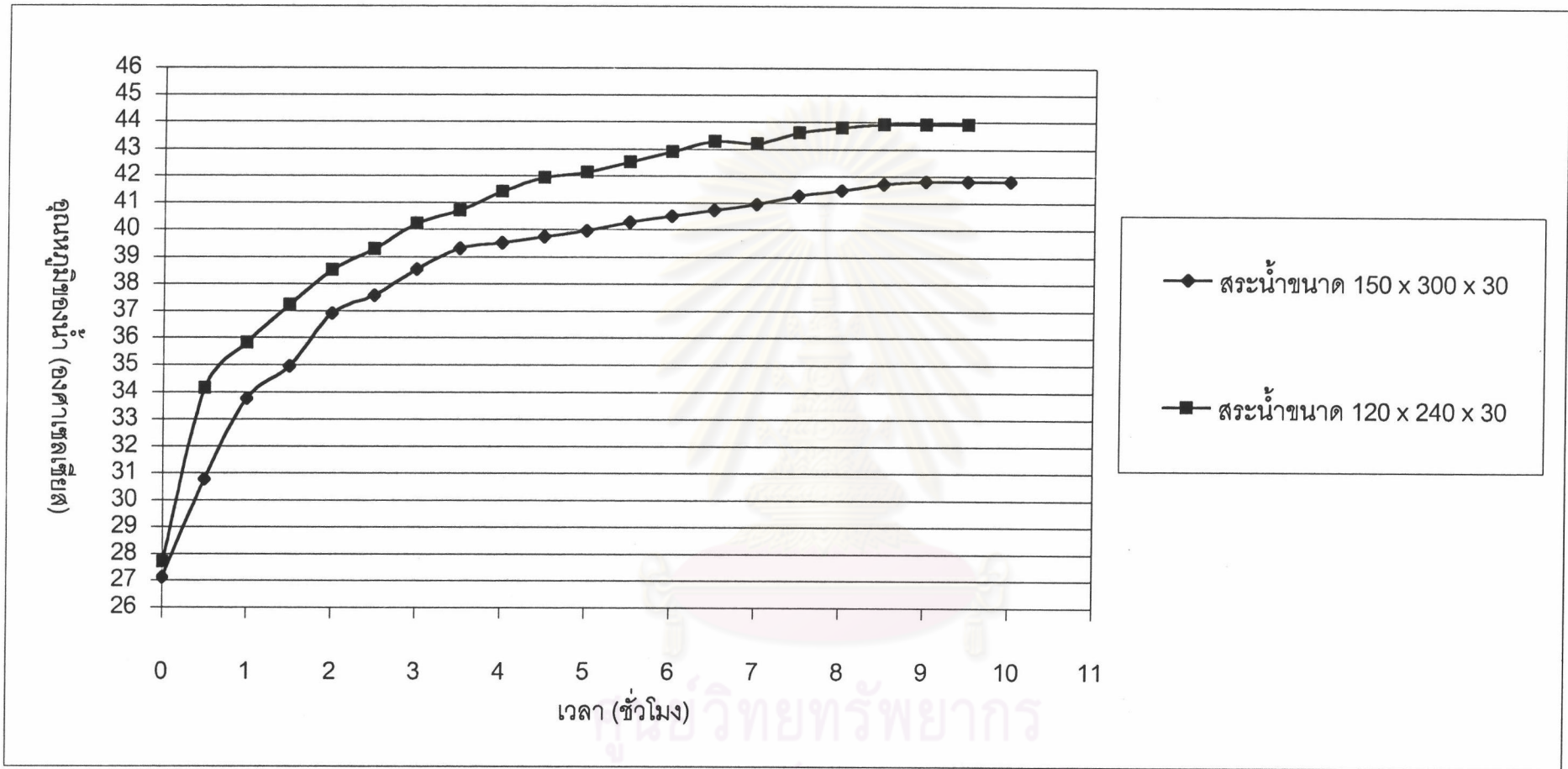


รูปที่ ก.33 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อน และเวลาที่ขนาดของสระน้ำต่างกัน เมื่อสระน้ำไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 3 ลิตรต่อวินาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส

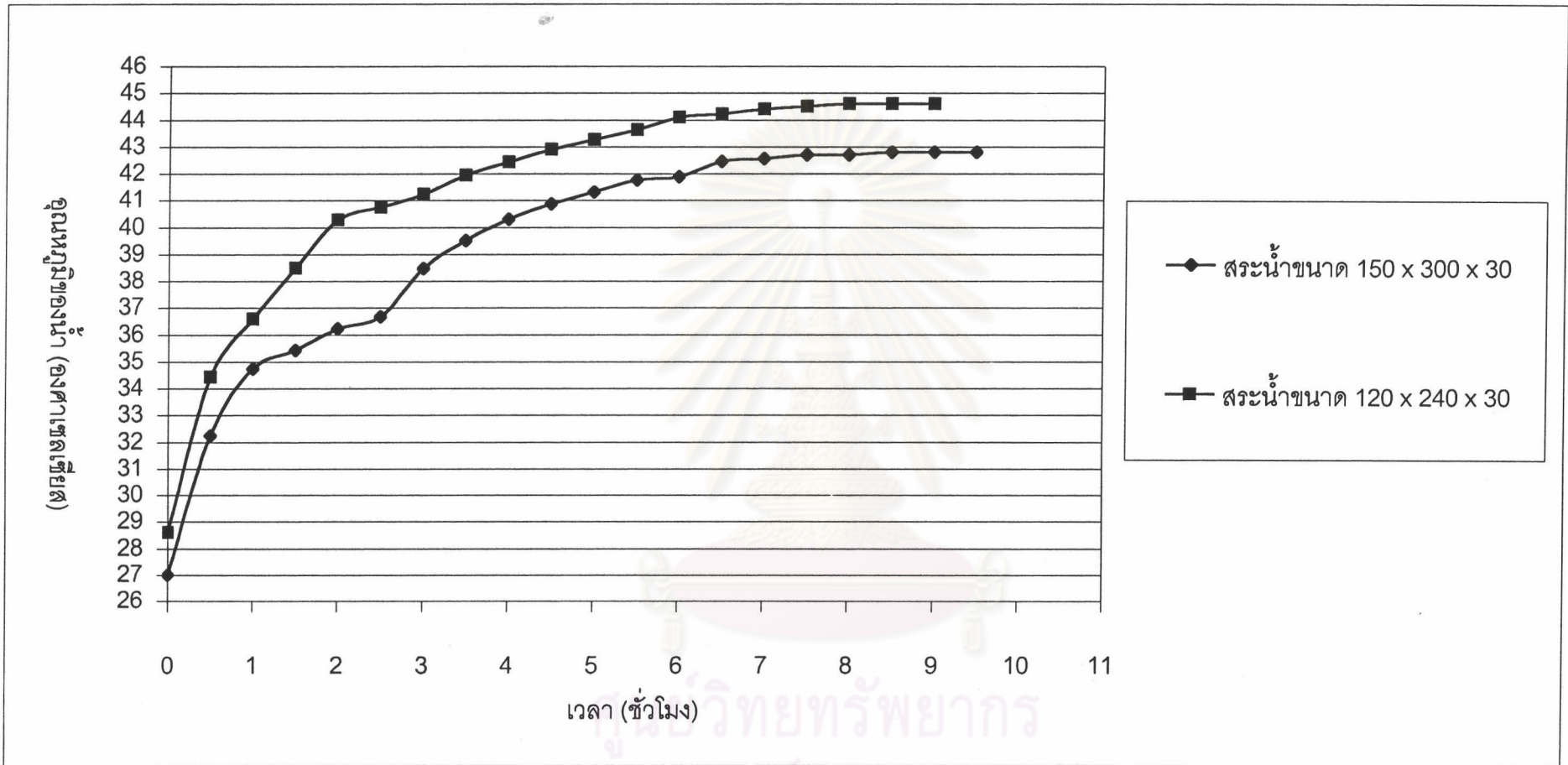


รูปที่ ก.34 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อน และเวลาที่ขนาดของสระน้ำต่างกัน เมื่อสระน้ำไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 4 ลิตรต่อวินาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส

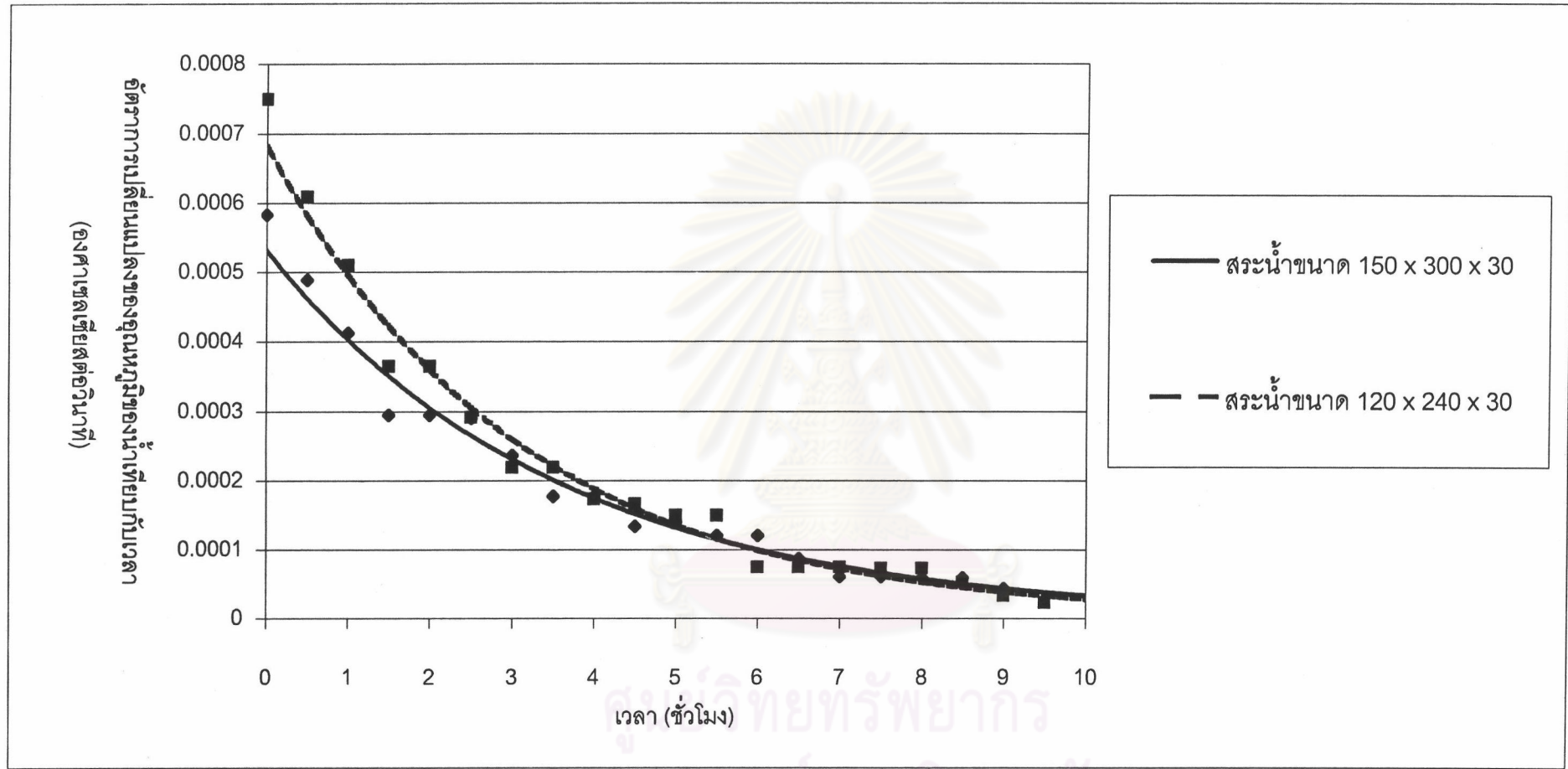




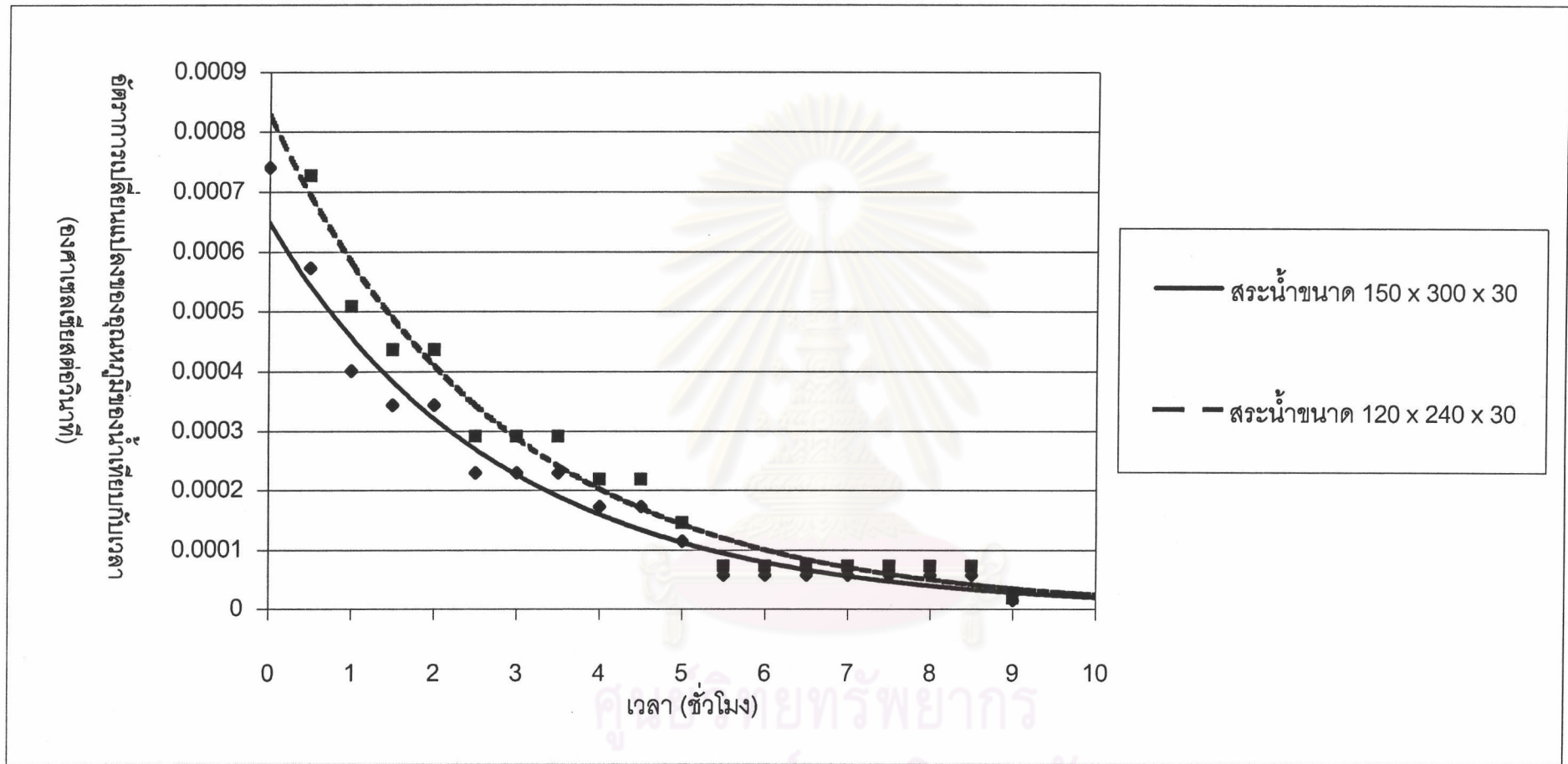
รูปที่ ก.35 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อน และเวลาที่ขนาดของสระน้ำต่างกัน เมื่อสระน้ำไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 5 ลิตรต่อวินาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส



รูปที่ ก.36 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อน และเวลาที่ขนาดของสระน้ำต่างกัน เมื่อสระน้ำไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 6 ลิตรต่อวินาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส

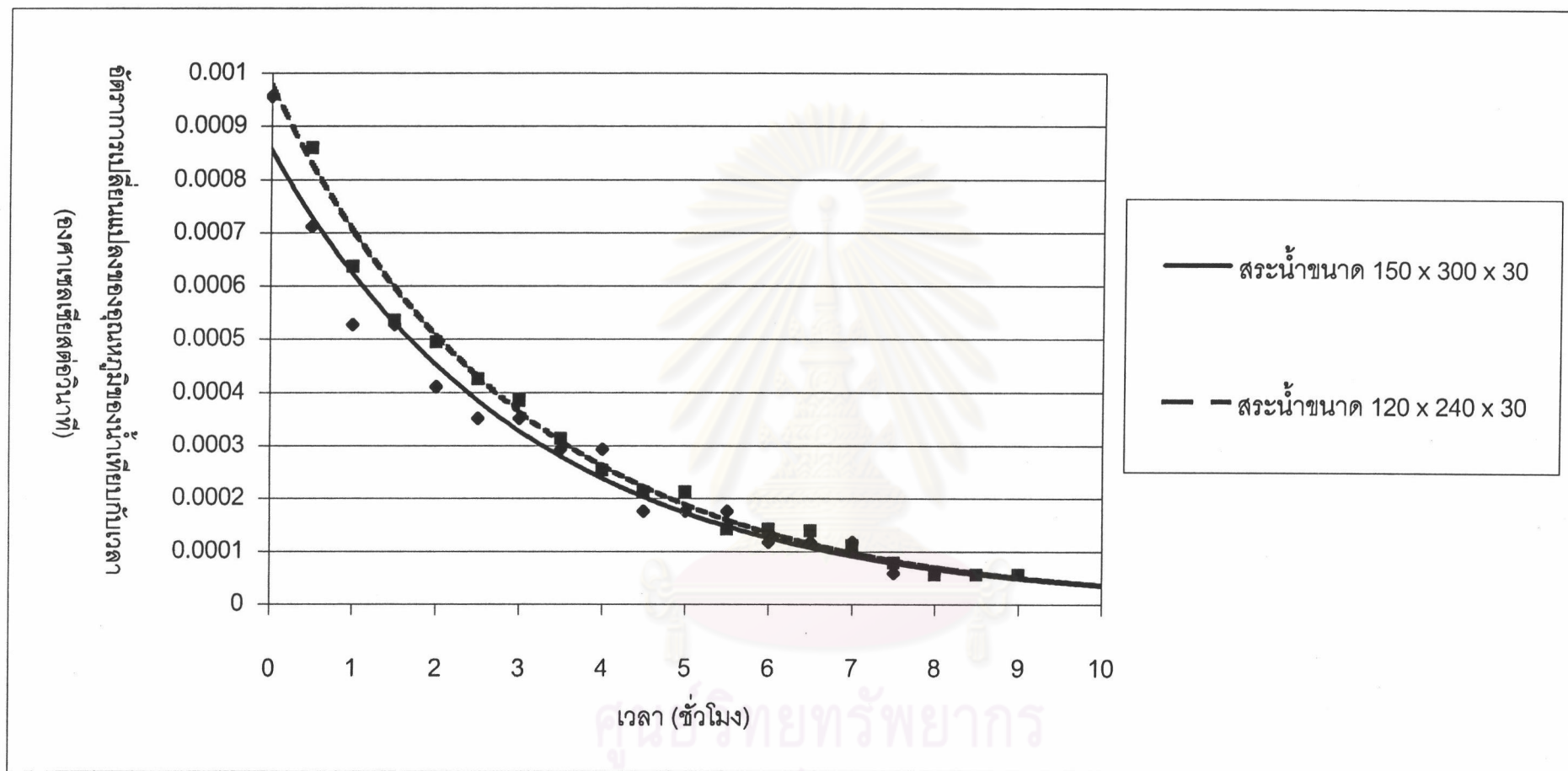


รูปที่ ก.37 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลา และเวลาที่ขนาดของสระน้ำต่างกัน เมื่อสระน้ำไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 1 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส

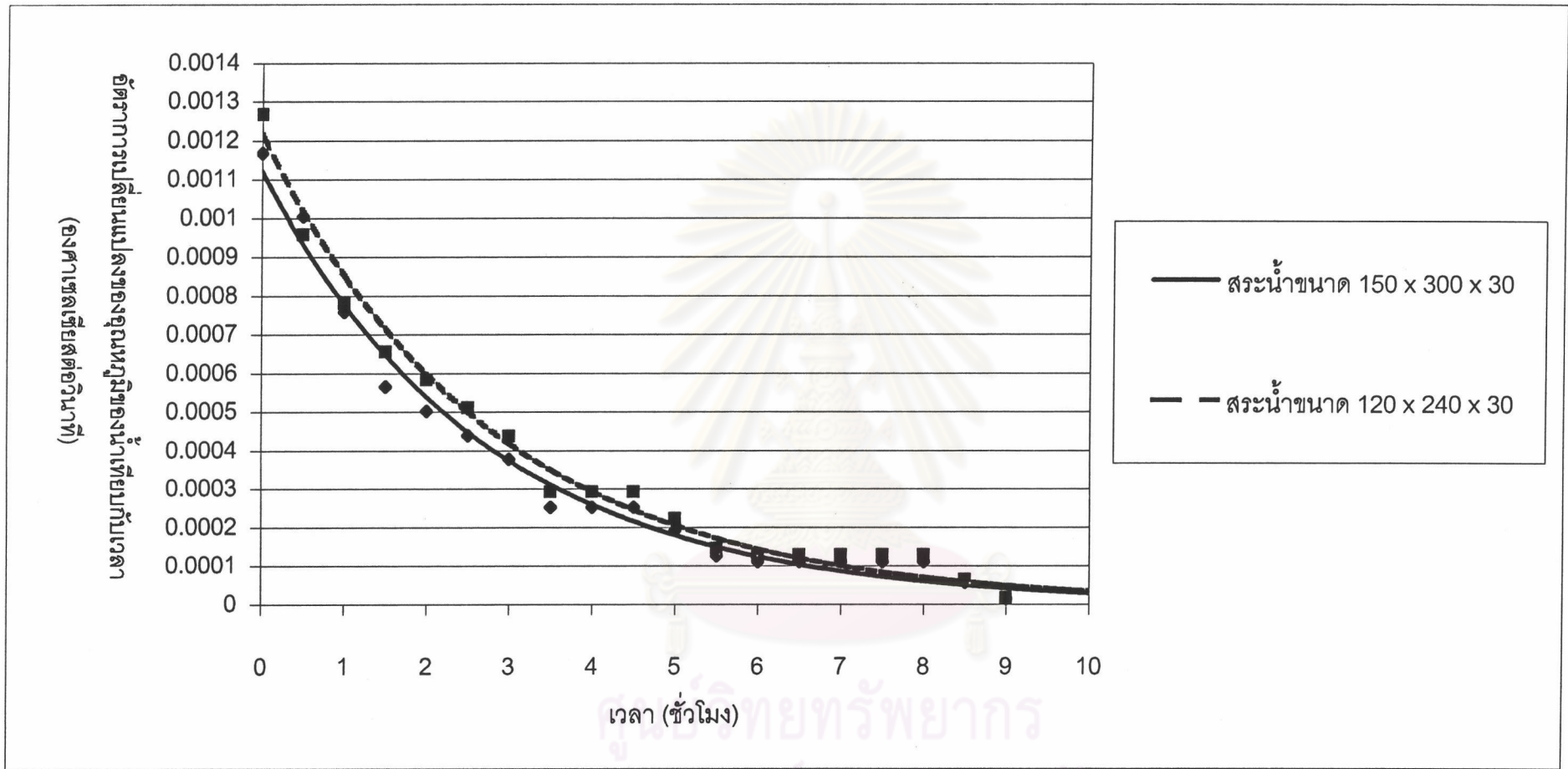


รูปที่ ก.38 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลา และเวลาที่ขนาดของสระน้ำต่างกัน เมื่อสระน้ำไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 2 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส

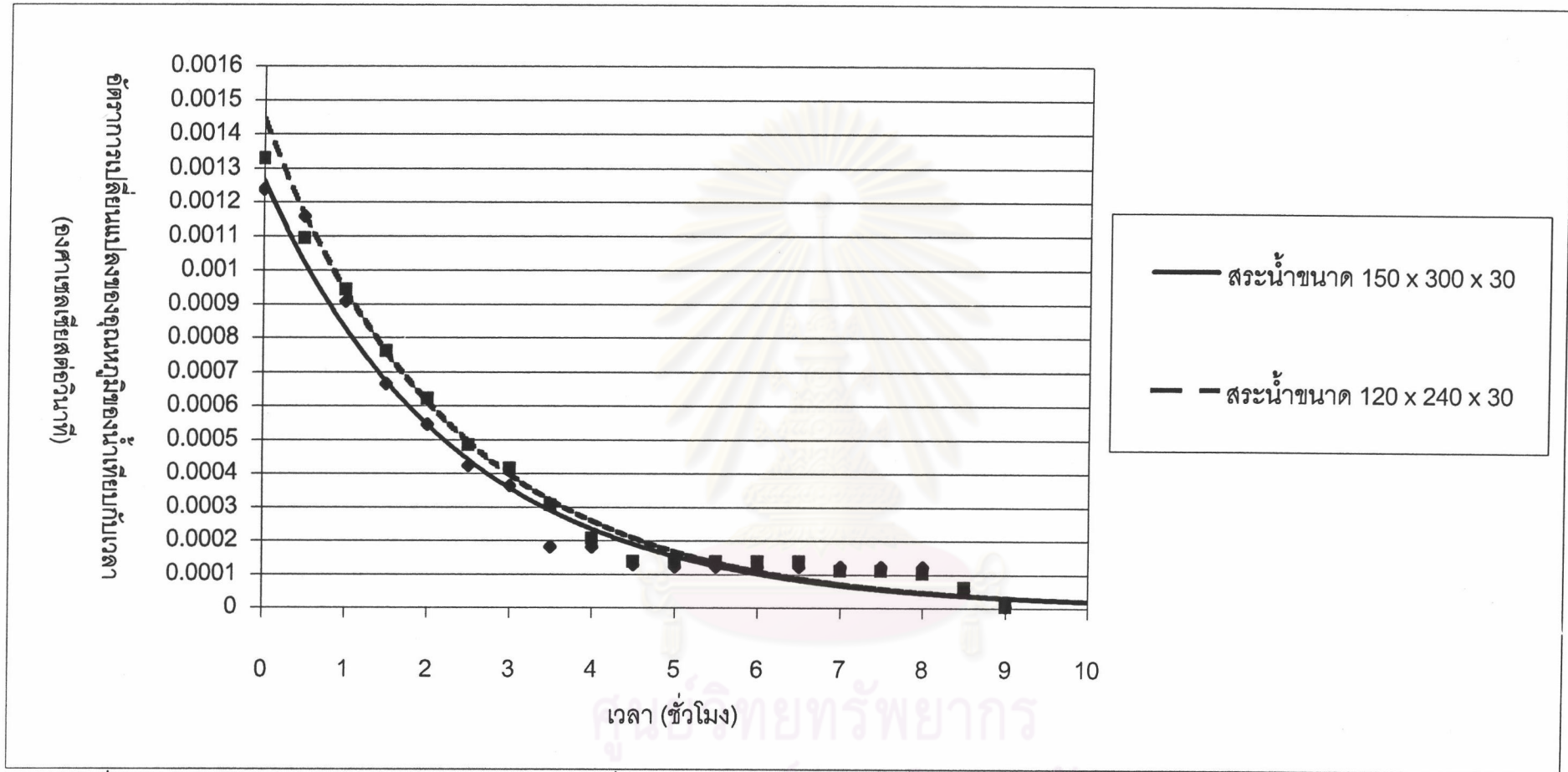




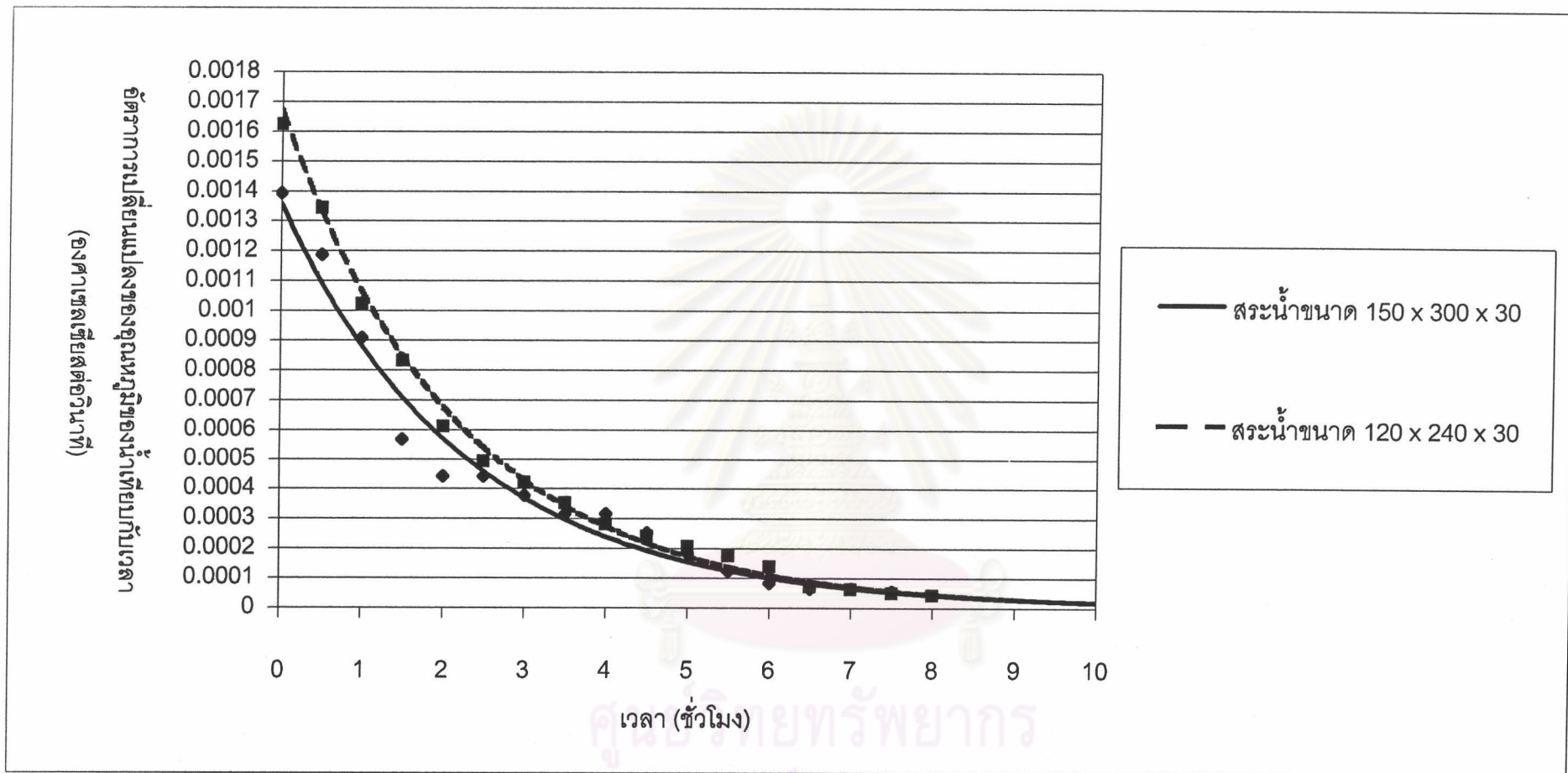
รูปที่ ก.39 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลา และเวลาที่ขนาดของสระน้ำต่างกัน เมื่อสระน้ำไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 3 ลิตรต่อวินาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส



รูปที่ ก.40 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลา และเวลาที่ขนาดของสระน้ำต่างกัน เมื่อสระน้ำไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 4 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส

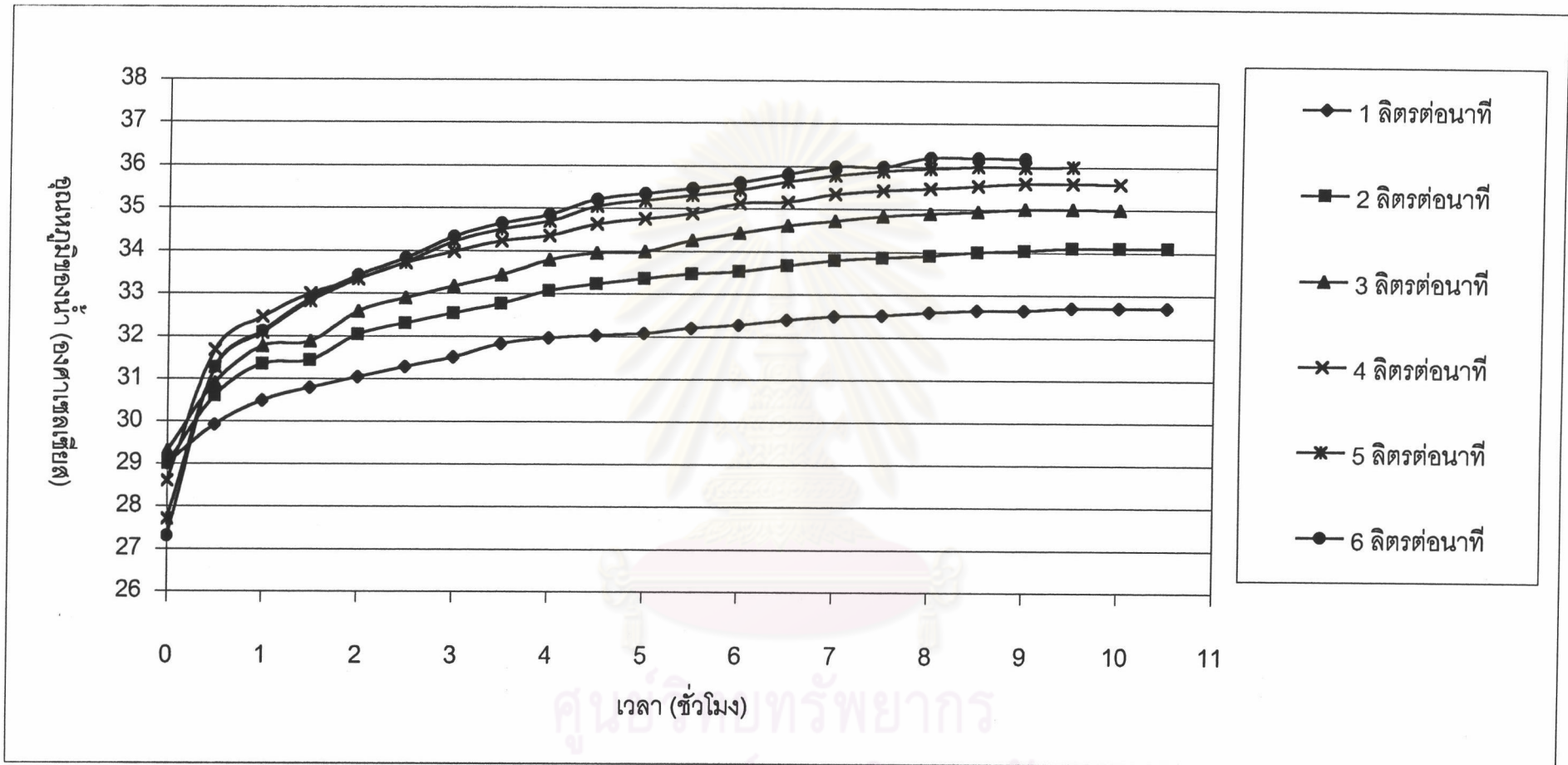


รูปที่ ก.41 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลา และเวลาที่ขนาดของสระน้ำต่างกัน เมื่อสระน้ำไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 5 ลิตรต่อวินาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส

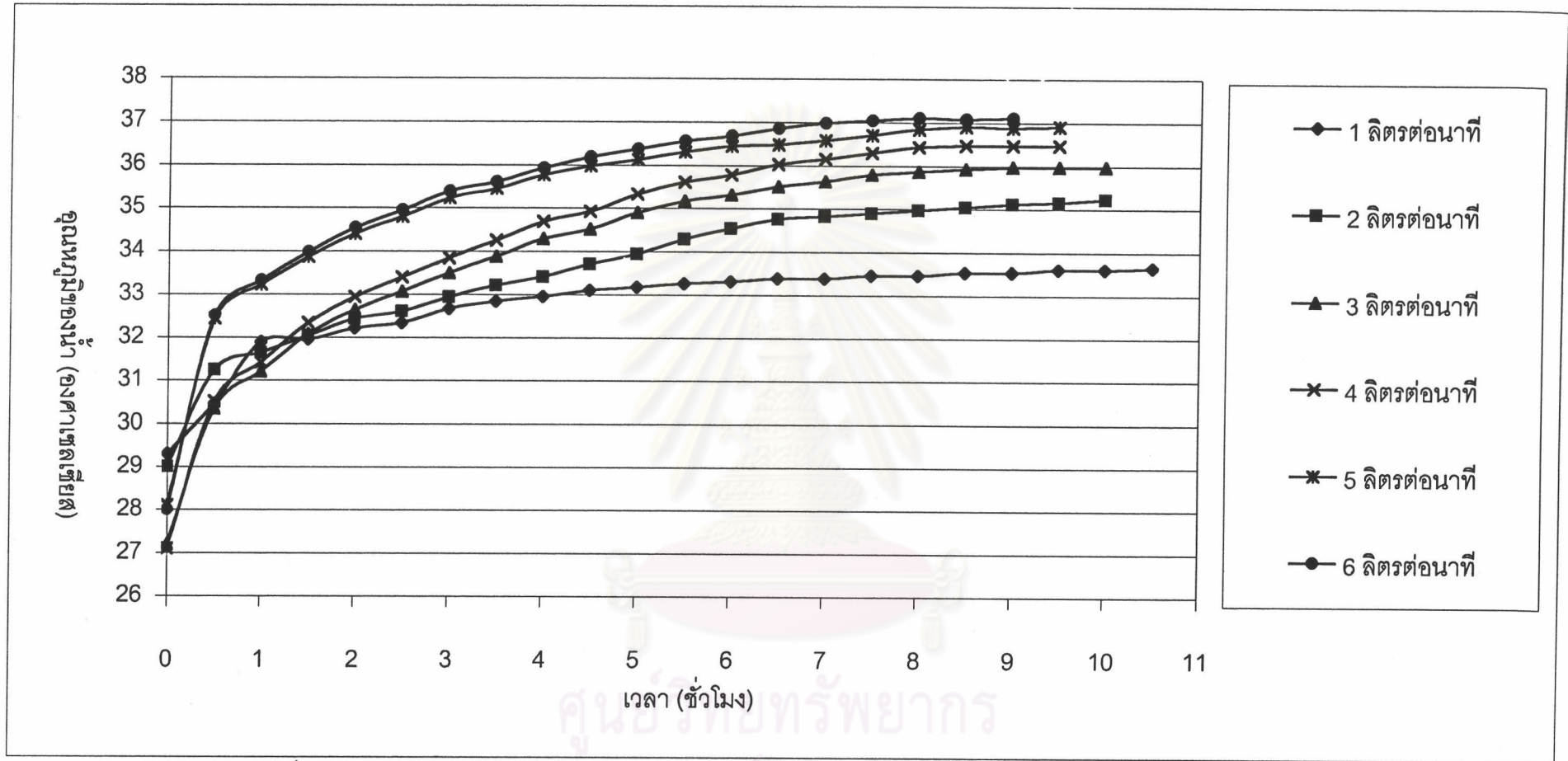


รูปที่ ก.42 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลา และเวลาที่ขนาดของสระน้ำต่างกัน เมื่อสระน้ำไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 6 ลิตรต่อวินาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 องศาเซลเซียส

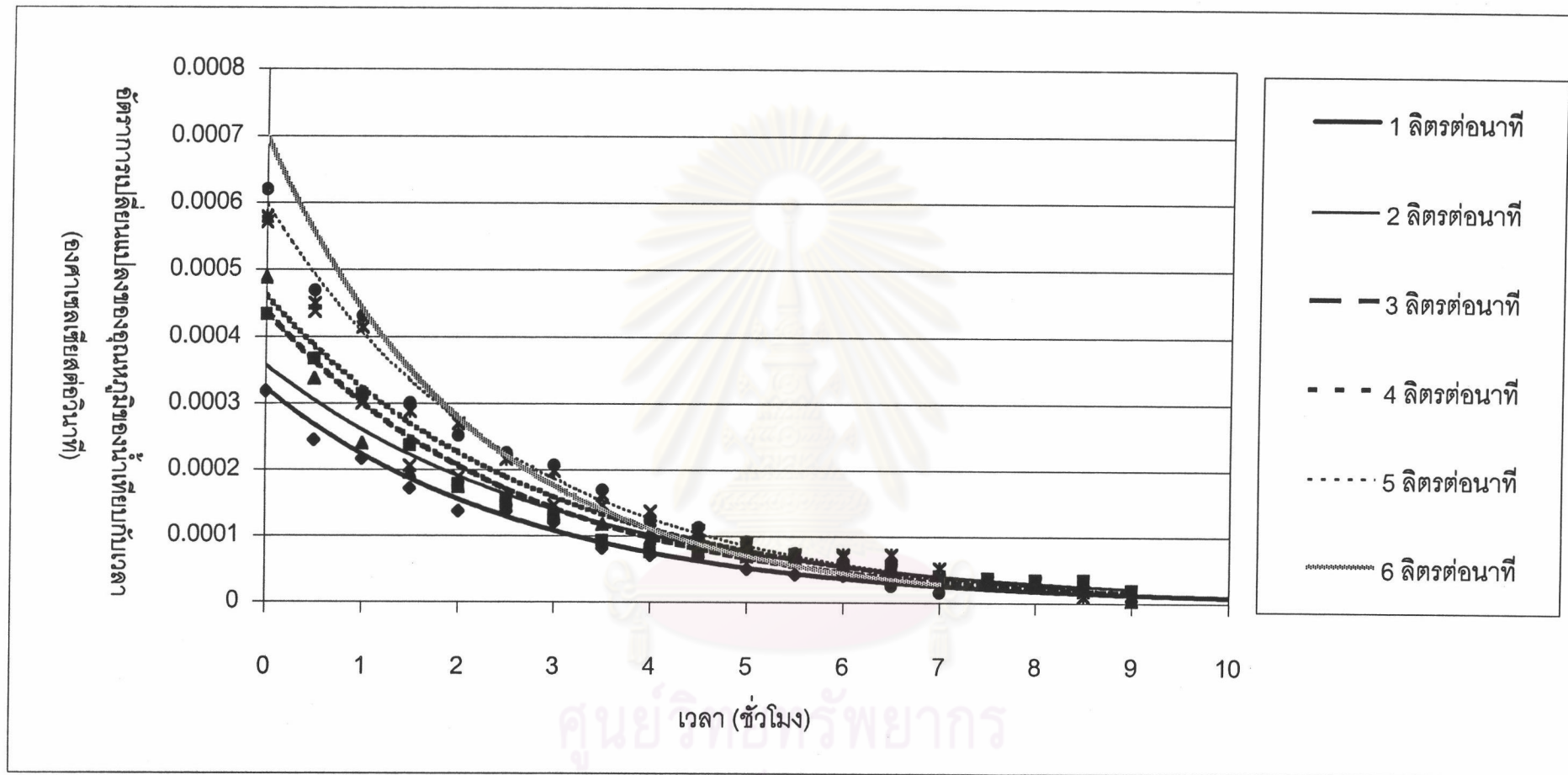




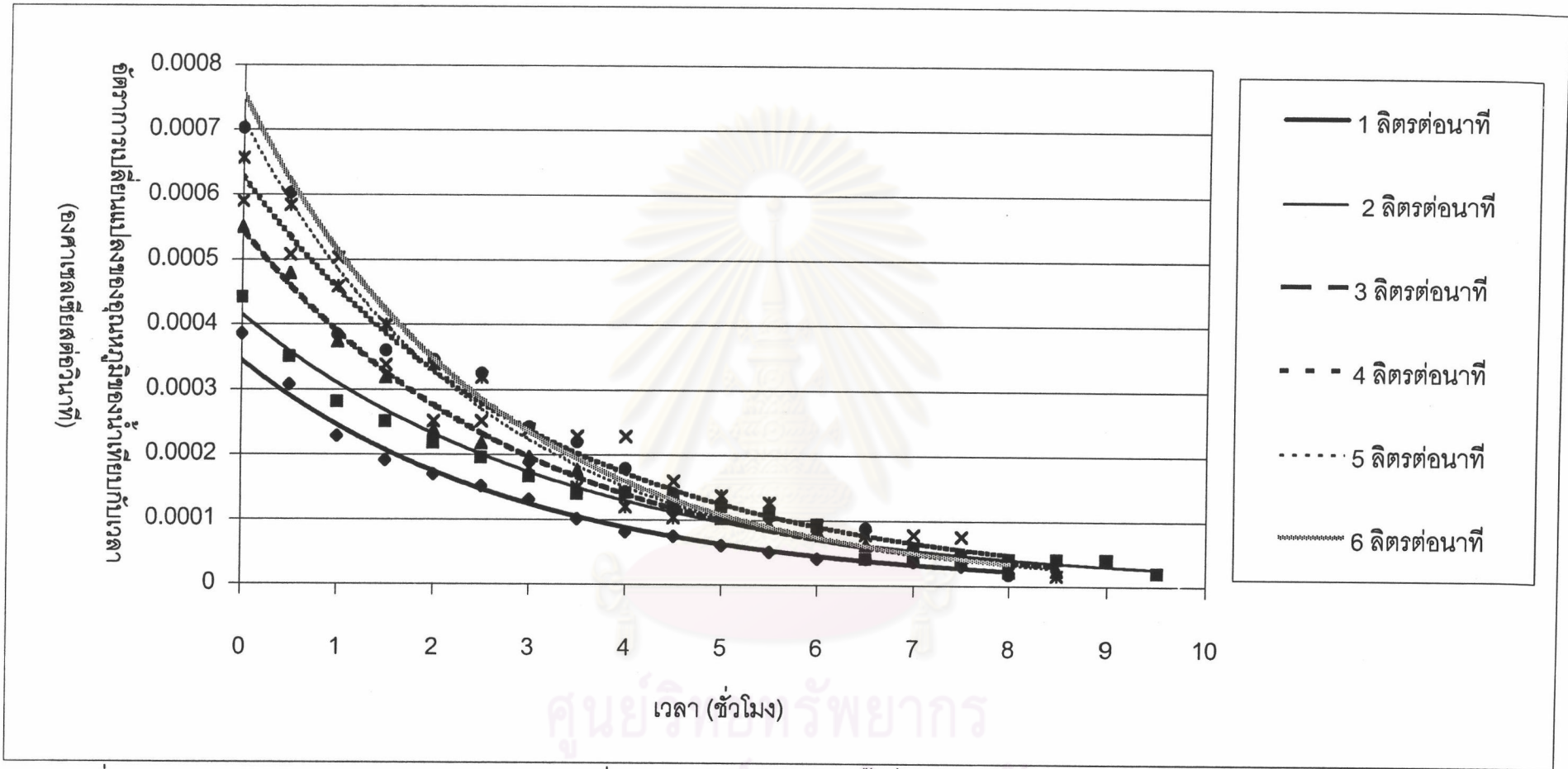
รูปที่ ก.43 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อน และเวลาของสระน้ำที่มีขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่ไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อนที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนต่างๆ โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 40 องศาเซลเซียส



รูปที่ ก.44 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อน และเวลาของสระน้ำที่มีขนาด กว้าง 120 เซนติเมตร ยาว 240 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่ไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อนที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนต่างๆ โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 40 องศาเซลเซียส

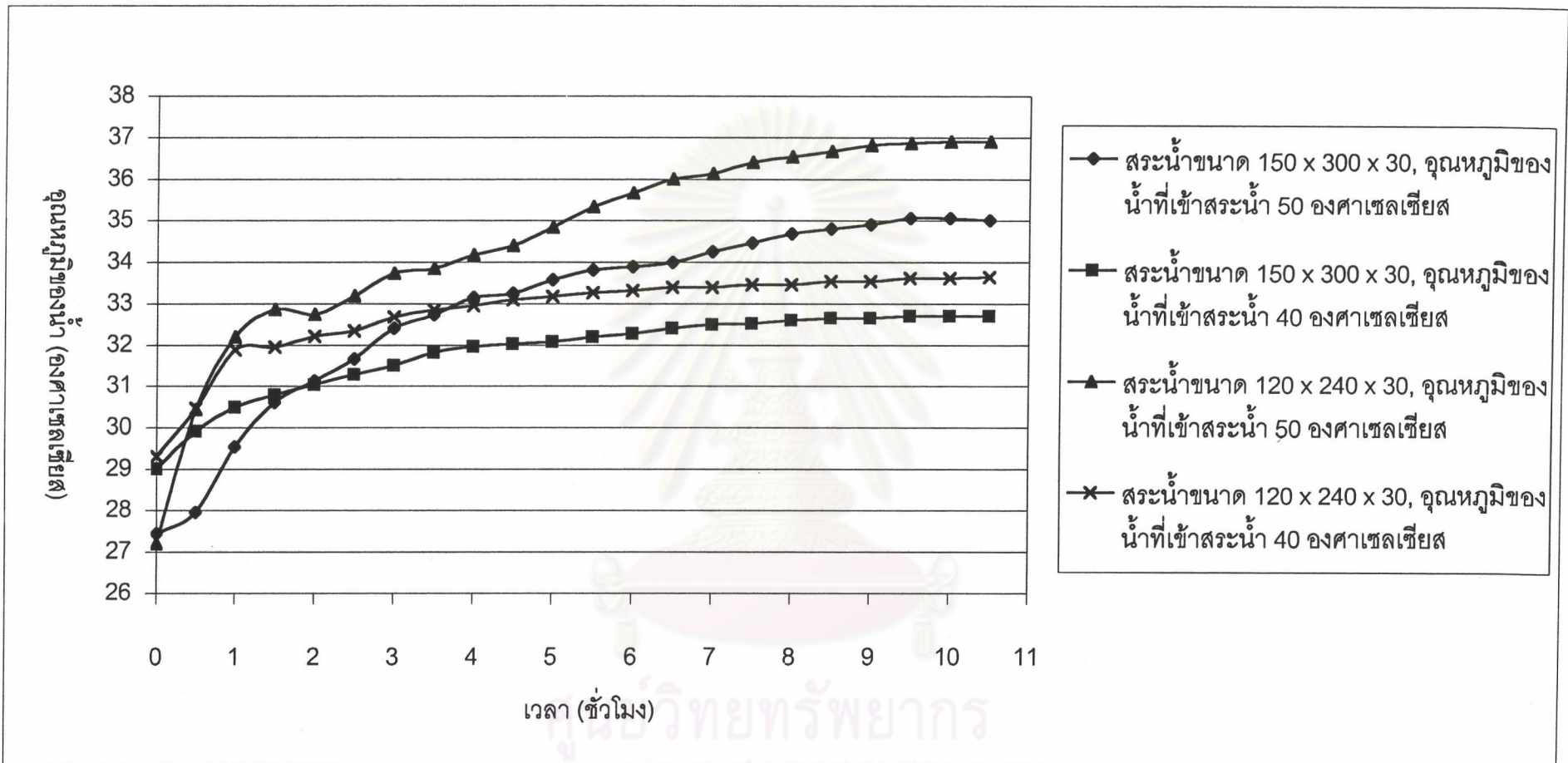


รูปที่ ก.45 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลา และเวลาของสระน้ำที่มีขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่ไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อนที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนต่างๆ โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 40 องศาเซลเซียส

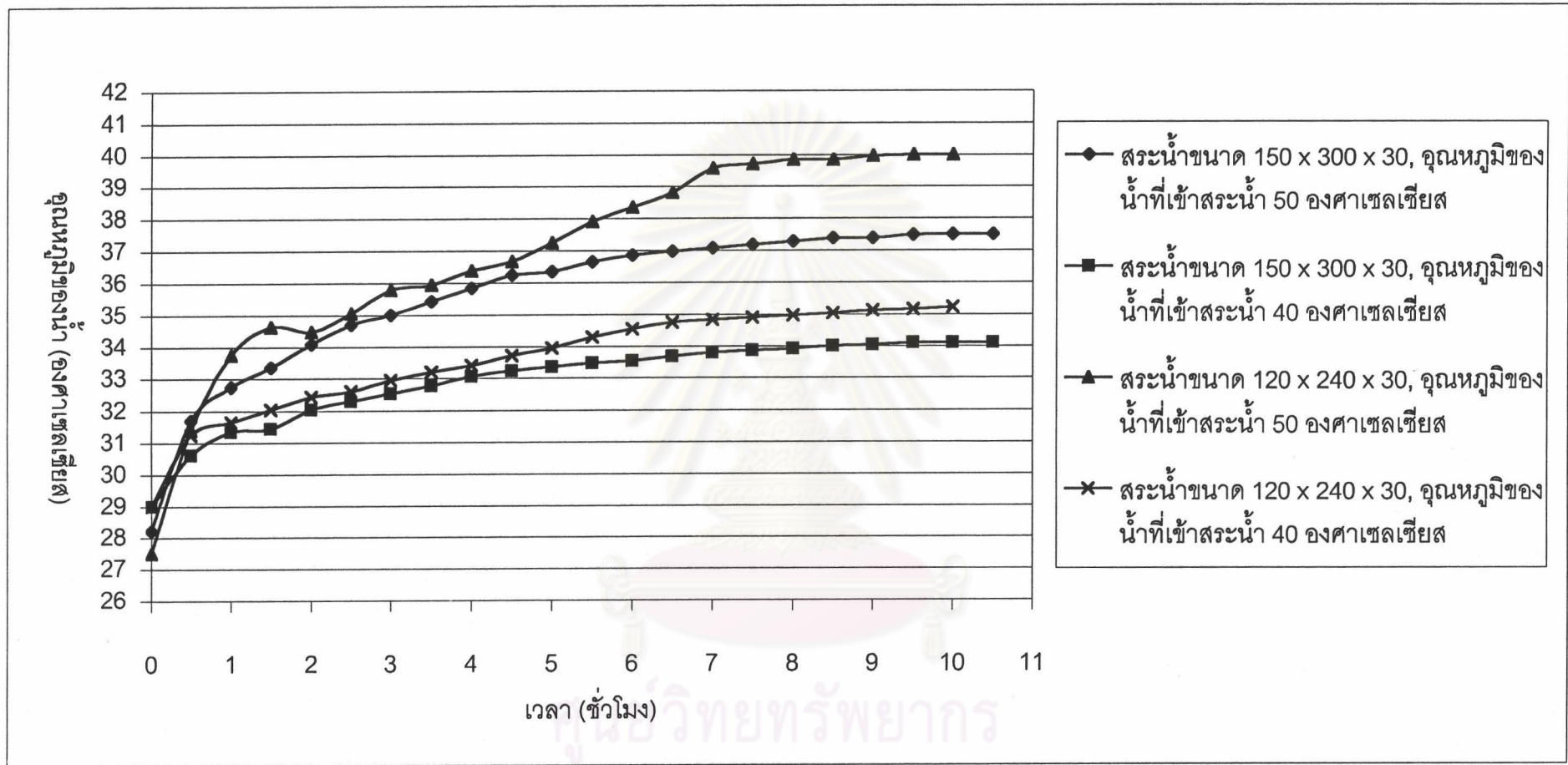


รูปที่ ก.46 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลา และเวลาของสระน้ำที่มีขนาด กว้าง 120 เซนติเมตร ยาว 240 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่ไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อนที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนต่างๆ โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 40 องศาเซลเซียส

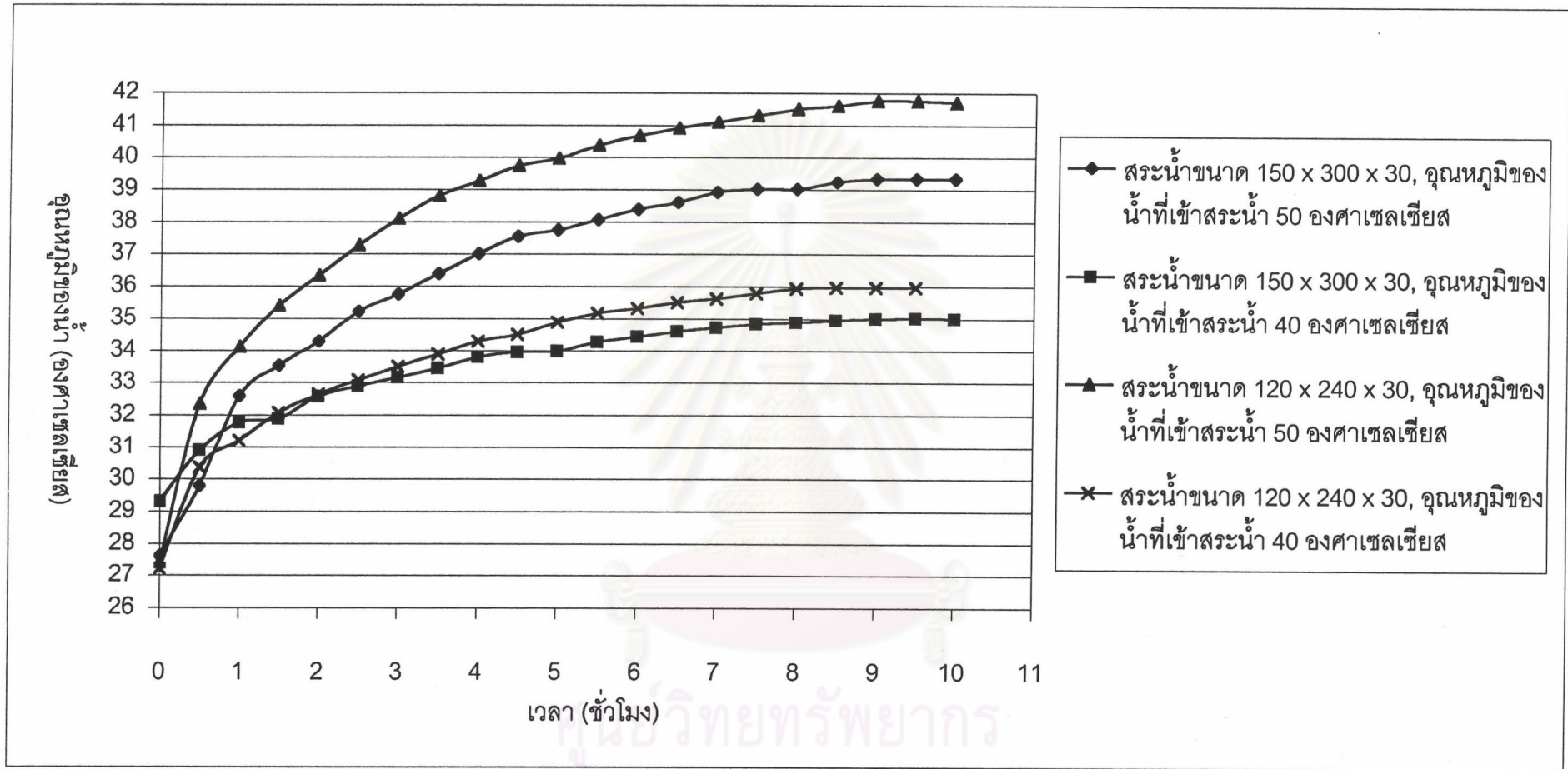




รูปที่ ก.47 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อน และเวลาของสระน้ำระบายความร้อนขนาดต่างกัน เมื่อสระน้ำไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 1 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนต่างกัน

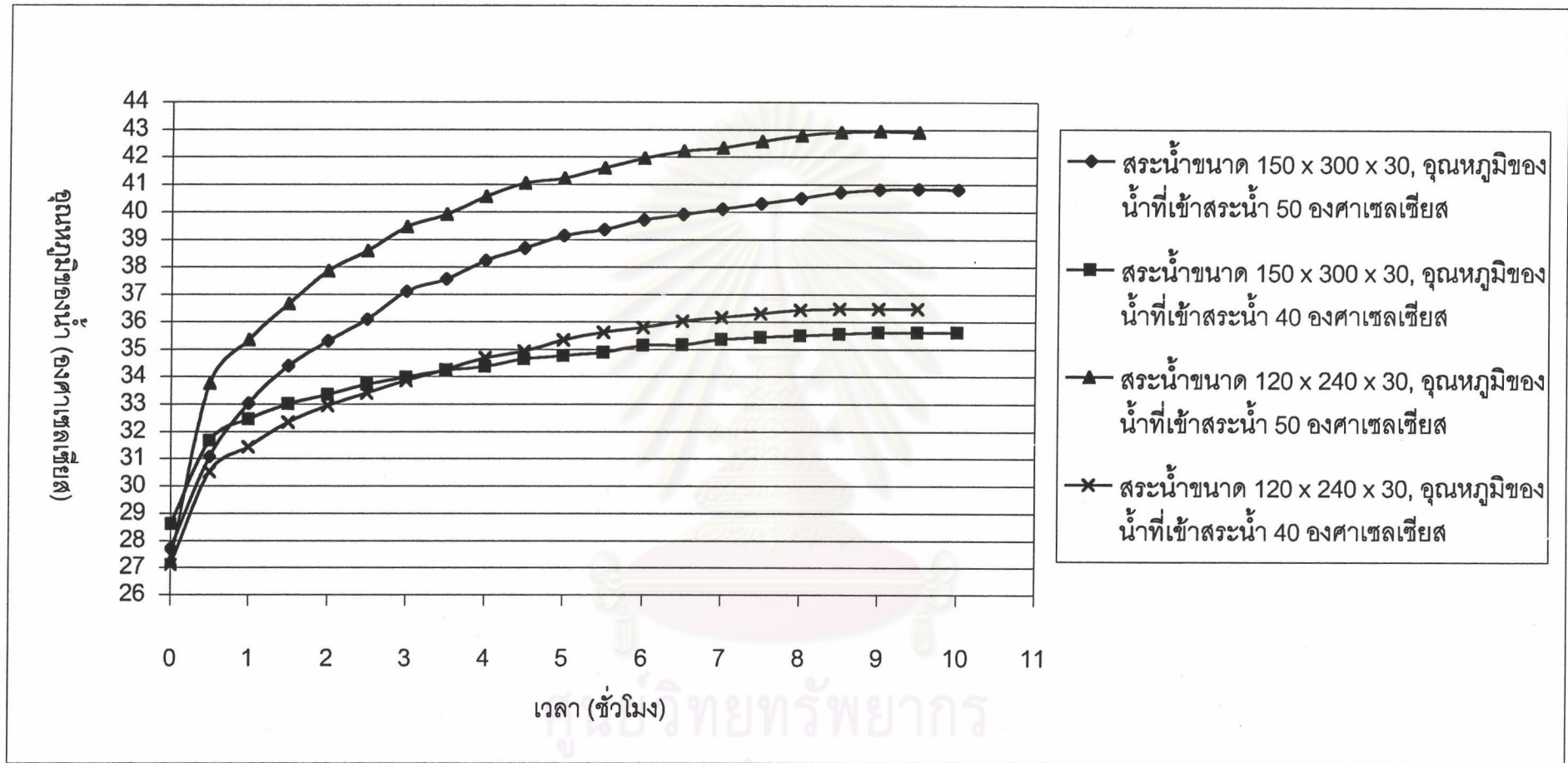


รูปที่ ก.48 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อน และเวลาของสระน้ำระบายความร้อนขนาดต่างกัน เมื่อสระน้ำไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 2 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนต่างกัน



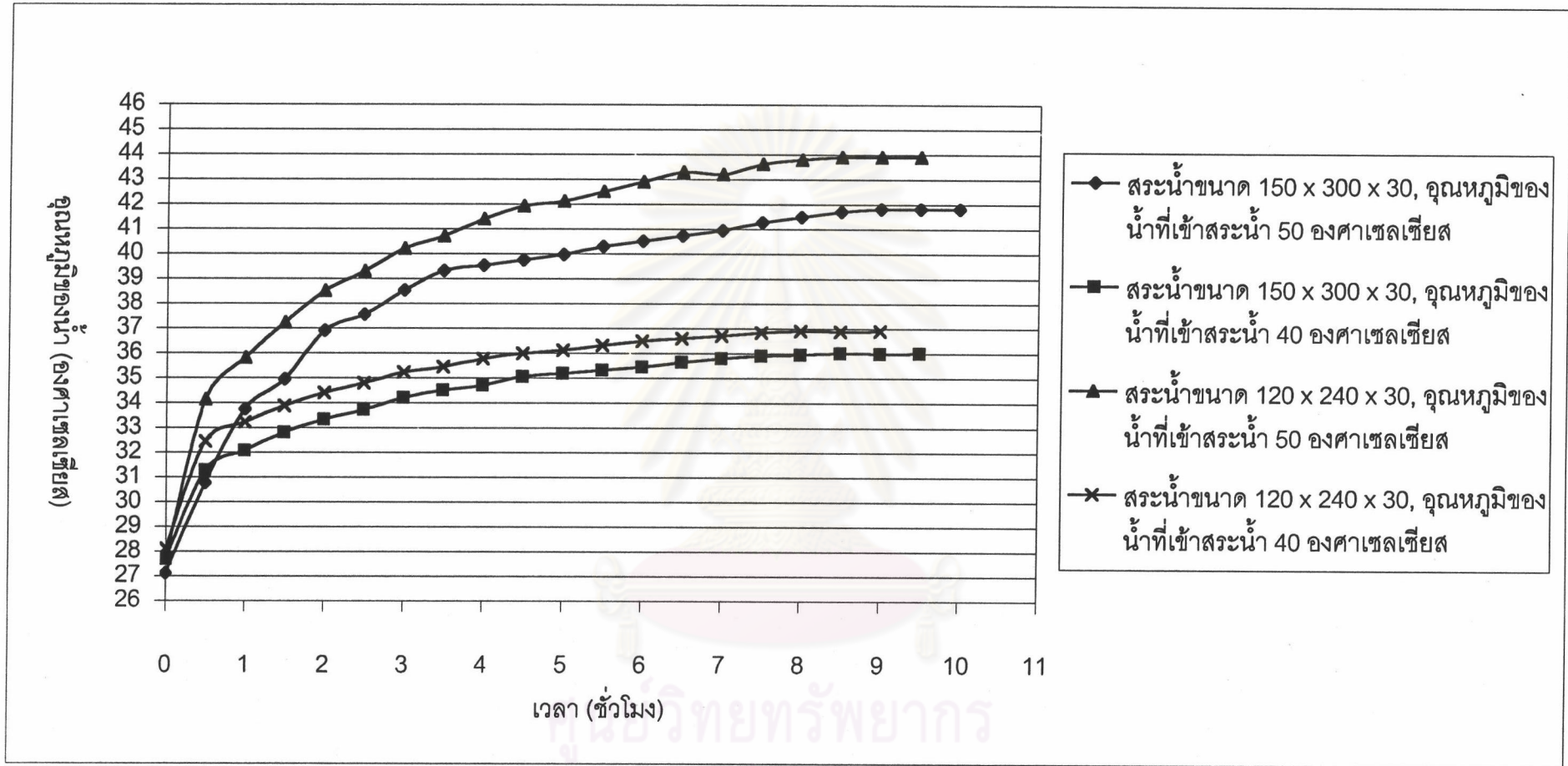
รูปที่ ก.49 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อน และเวลาของสระน้ำระบายความร้อนขนาดต่างกัน เมื่อสระน้ำไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 3 ลิตรต่อวินาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนต่างกัน



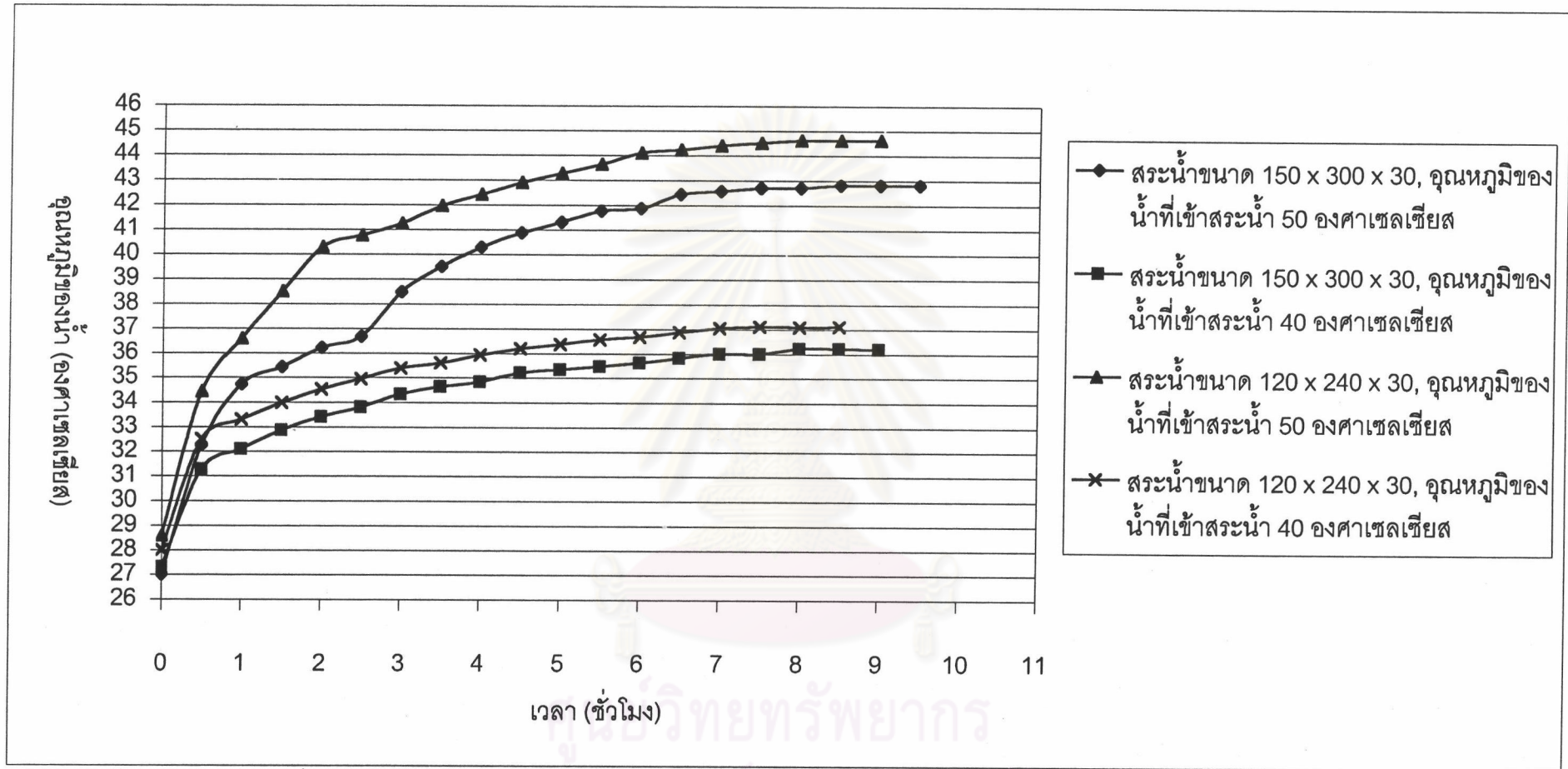


รูปที่ ก.50 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อน และเวลาของสระน้ำระบายความร้อนขนาดต่างกัน เมื่อสระน้ำไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 4 ลิตรต่ออนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนต่างกัน

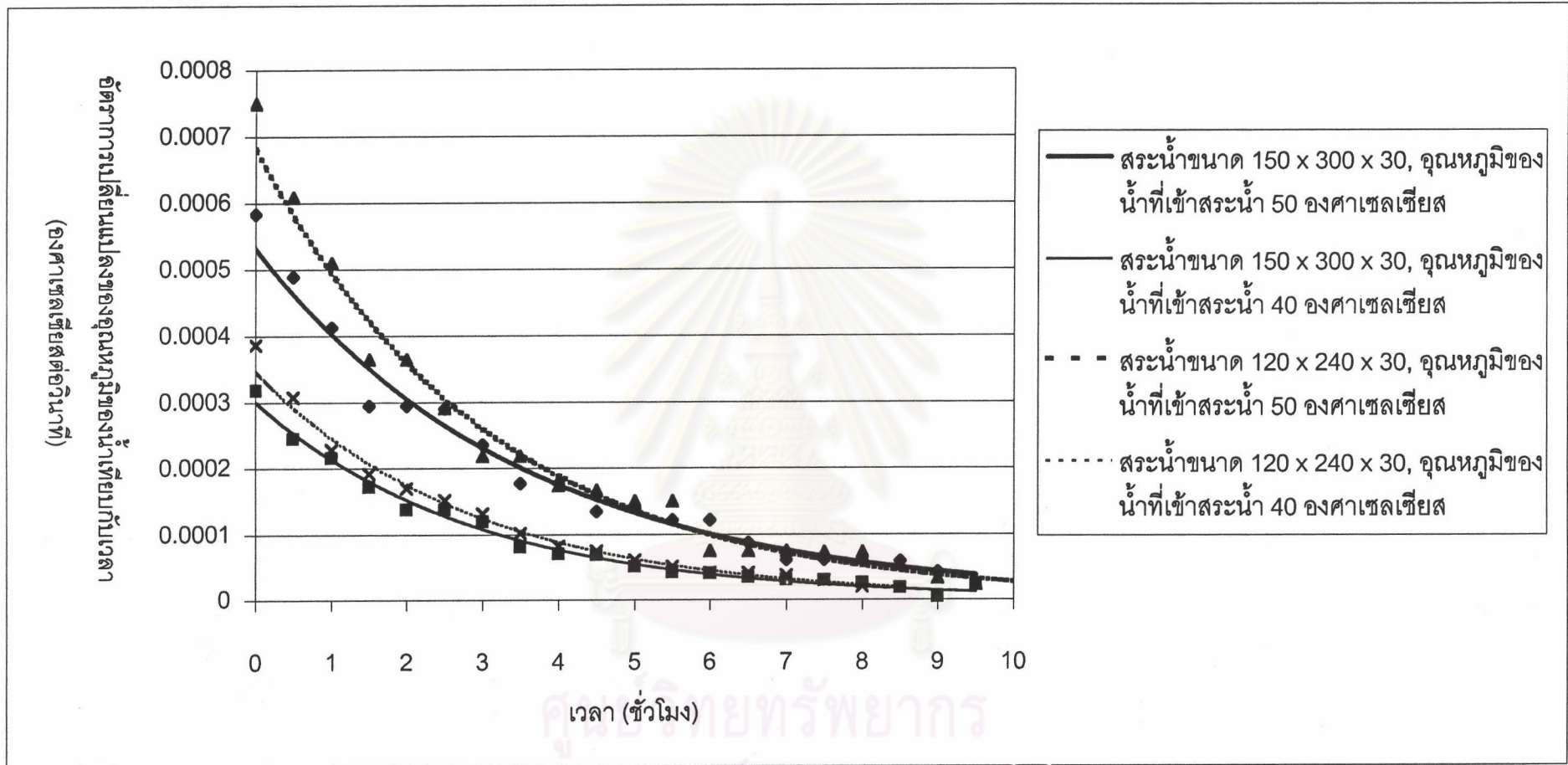




รูปที่ ก.51 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อน และเวลาของสระน้ำระบายความร้อนขนาดต่างกัน เมื่อสระน้ำไม่มีการกันทางเดินของน้ำที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 5 ลิตรต่อวินาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนต่างกัน

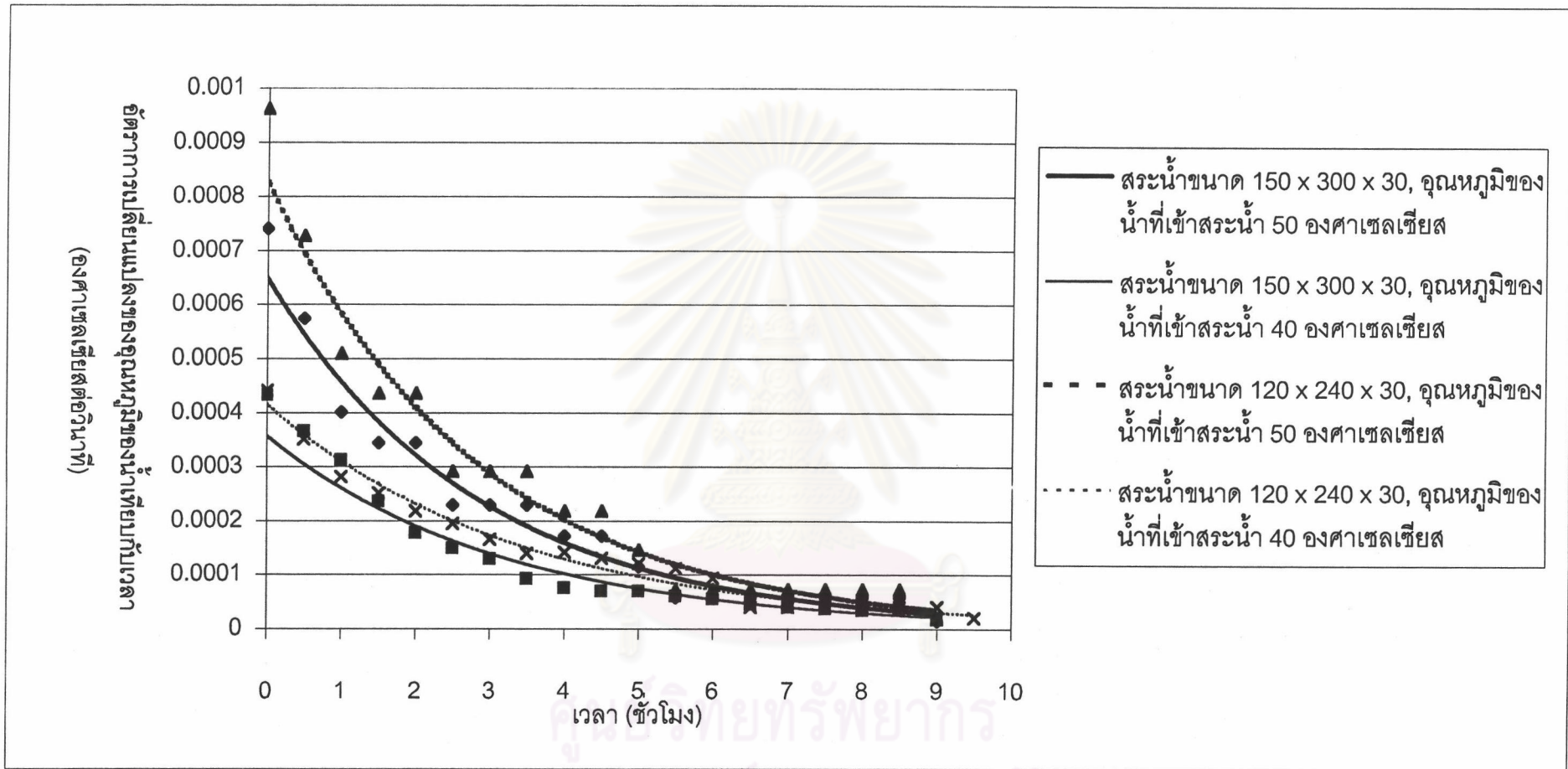


รูปที่ ก.52 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อน และเวลาของสระน้ำระบายความร้อนขนาดต่างกัน เมื่อสระน้ำไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 6 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนต่างกัน



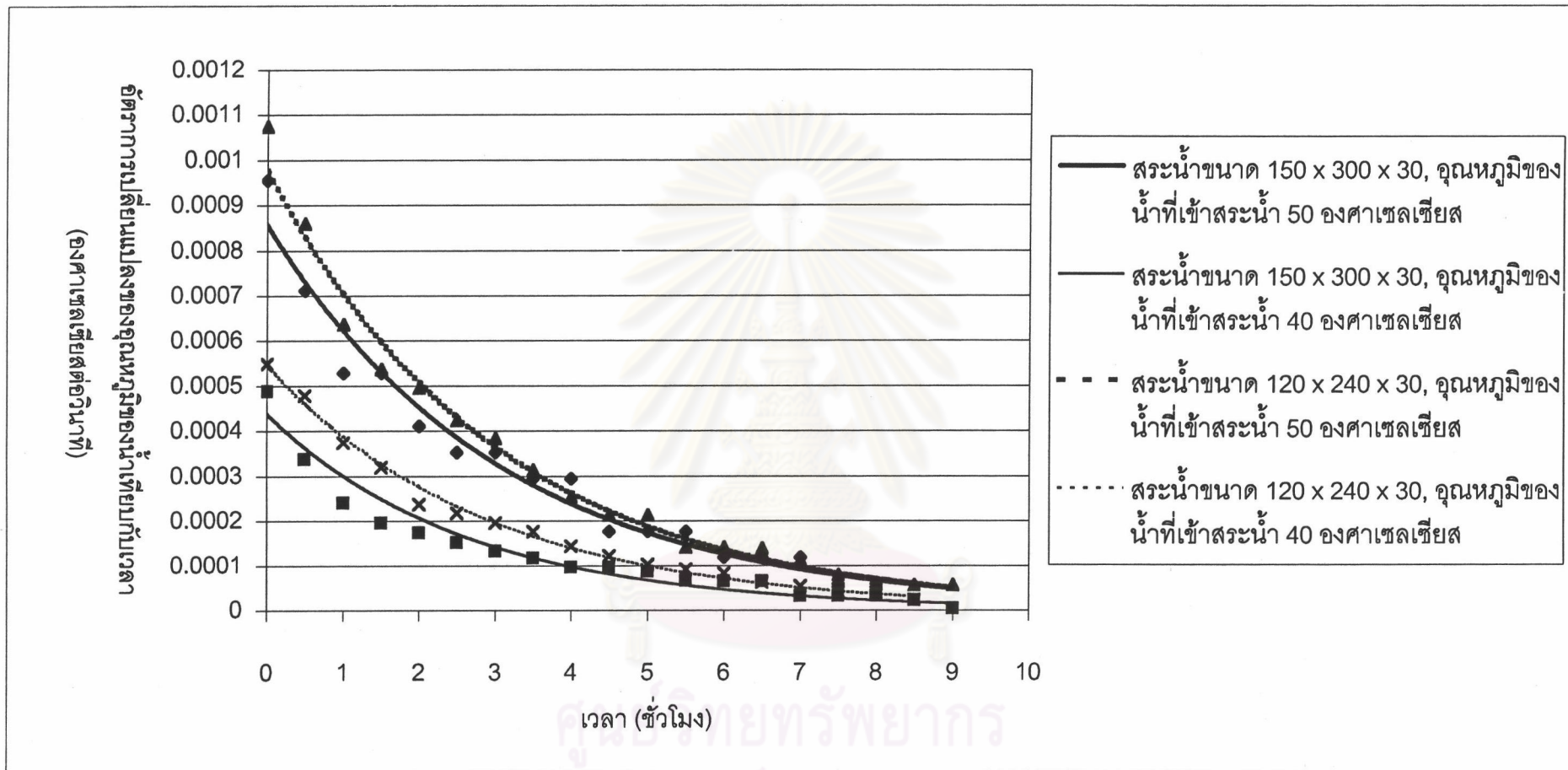
รูปที่ ก.53 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลา และเวลาของสระน้ำระบายความร้อนขนาดต่างกัน เมื่อสระน้ำไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 1 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนต่างกัน



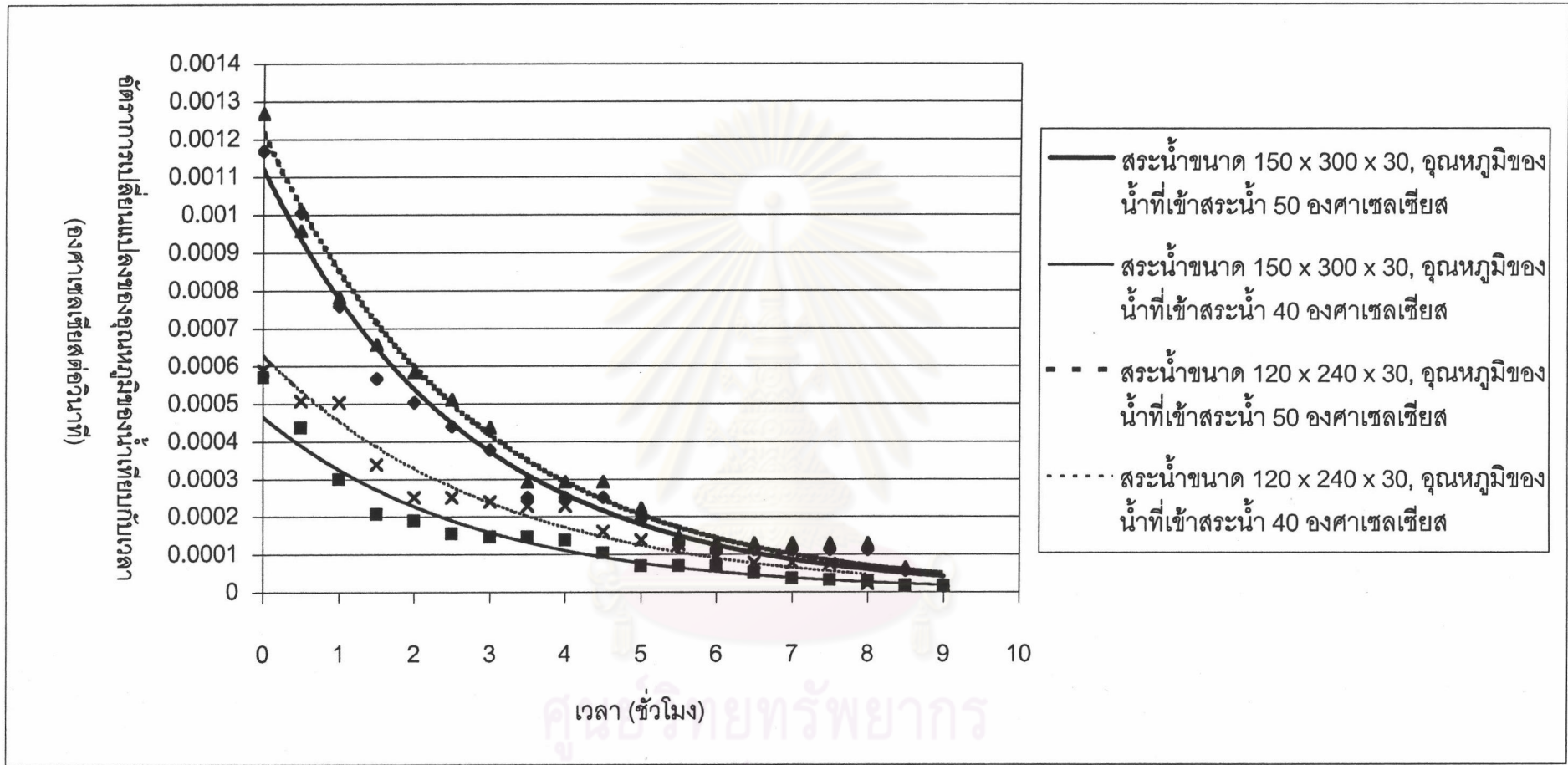


รูปที่ ก.54 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลา และเวลาของสระน้ำระบายความร้อนขนาดต่างกัน เมื่อสระน้ำไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 2 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนต่างกัน

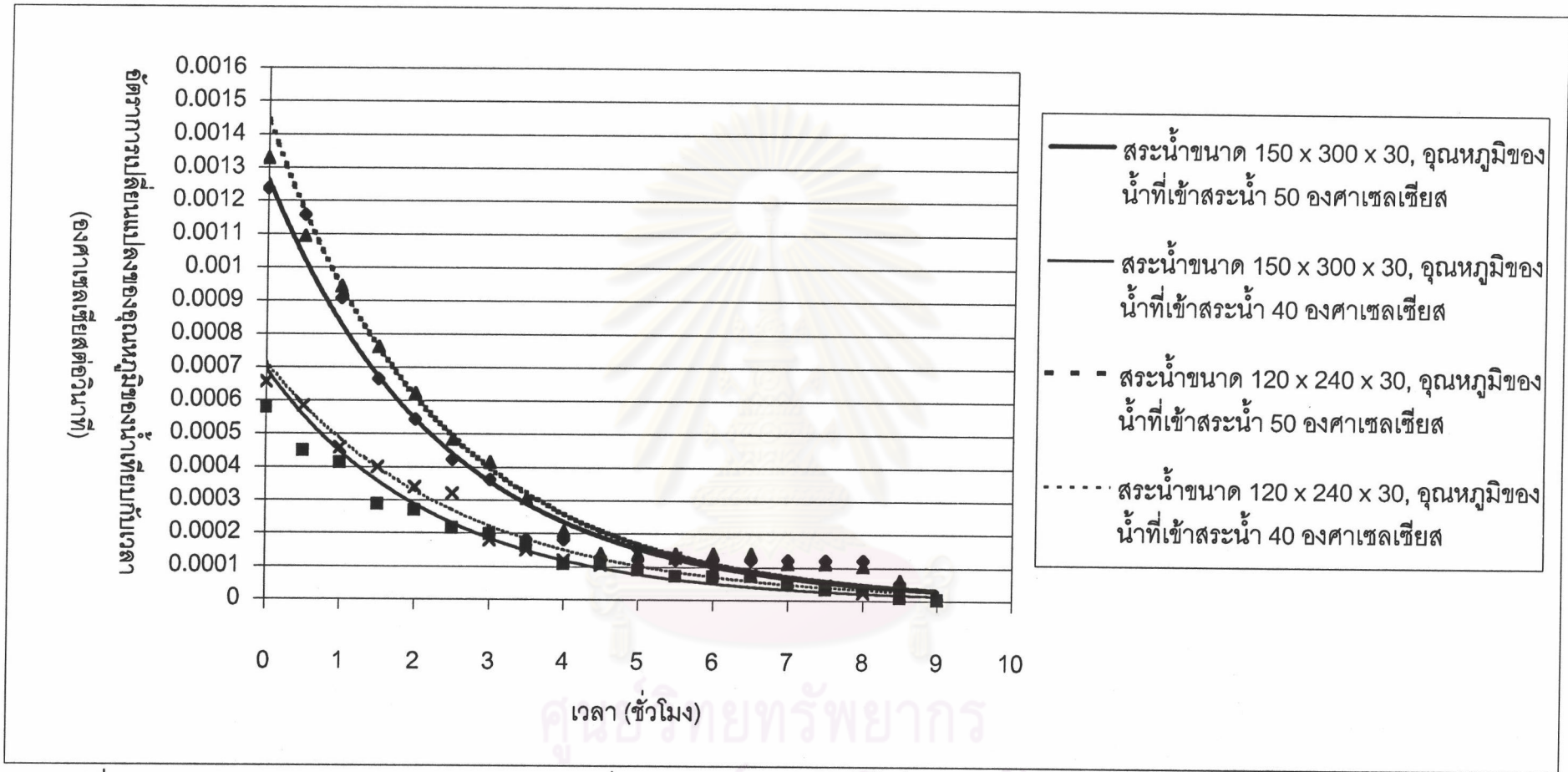




รูปที่ ก.55 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลา และเวลาของสระน้ำระบายความร้อนขนาดต่างกัน เมื่อสระน้ำไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 3 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนต่างกัน

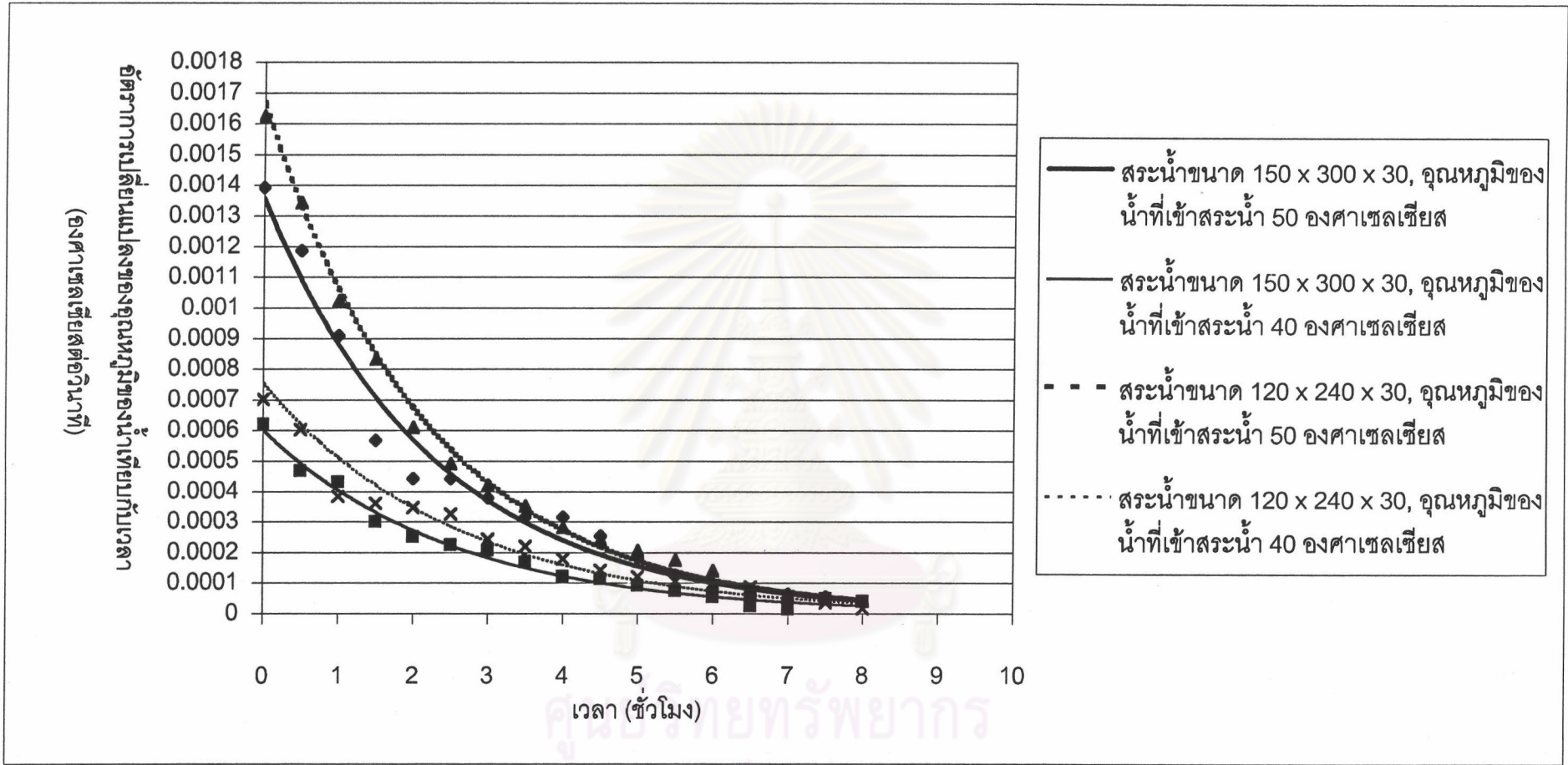


รูปที่ ก.56 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลา และเวลาของสระน้ำระบายความร้อนขนาดต่างกัน เมื่อสระน้ำไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 4 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนต่างกัน



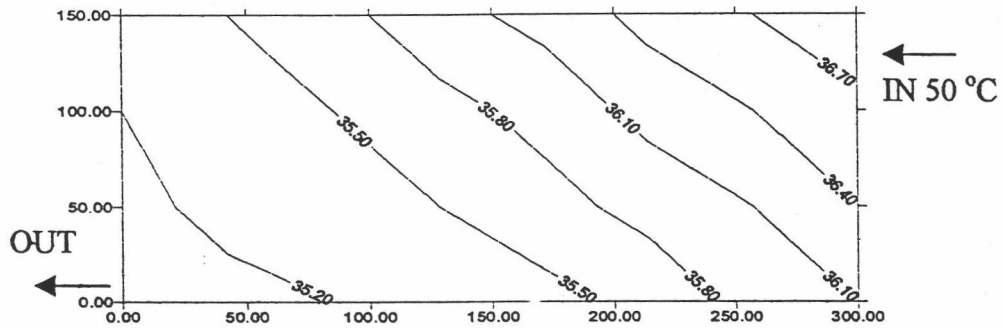
รูปที่ ก.57 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของถังระบายความร้อนเทียบกับเวลา และเวลาของถังระบายความร้อนขนาดต่างกัน เมื่อสระน้ำไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 5 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนต่างกัน





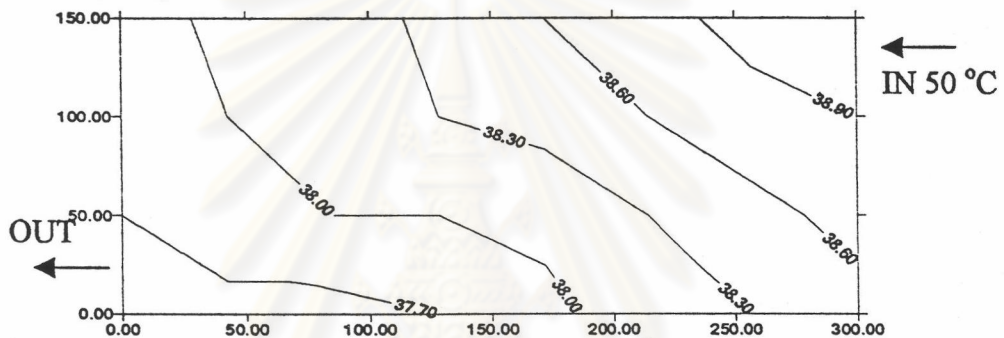
รูปที่ ก.58 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลา และเวลาของสระน้ำระบายความร้อนขนาดต่างกัน เมื่อสระน้ำไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 6 ลิตรต่อวินาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนต่างกัน





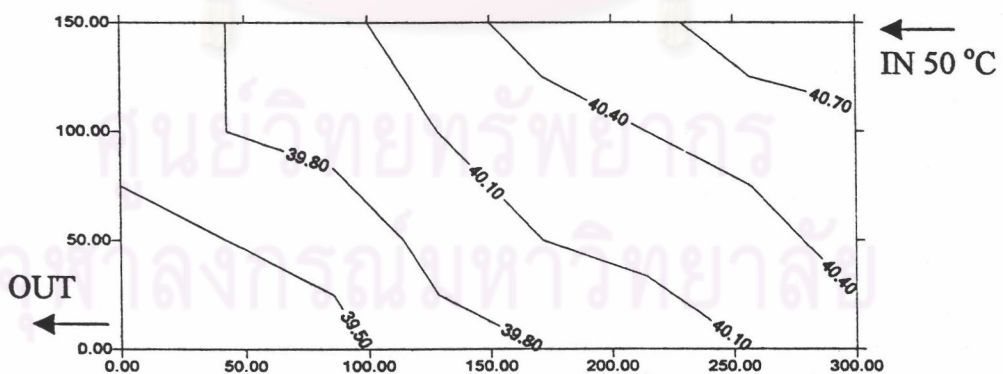
รูปที่ ก.59 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่ไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 1 ลิตรต่อนาที

โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C



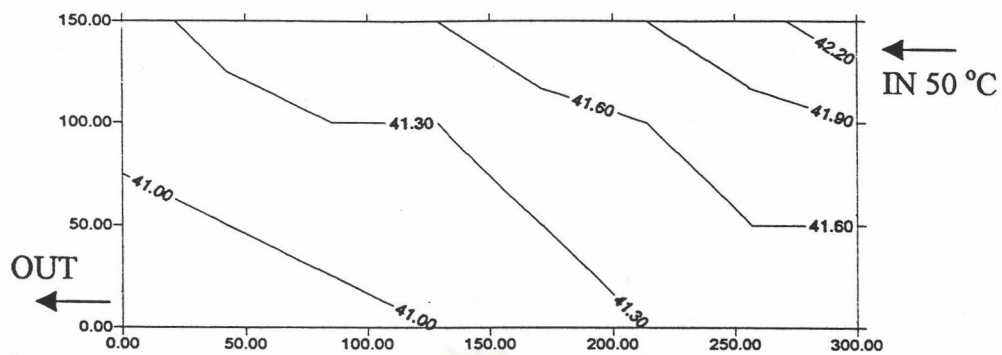
รูปที่ ก.60 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่ไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 2 ลิตรต่อนาที

โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C

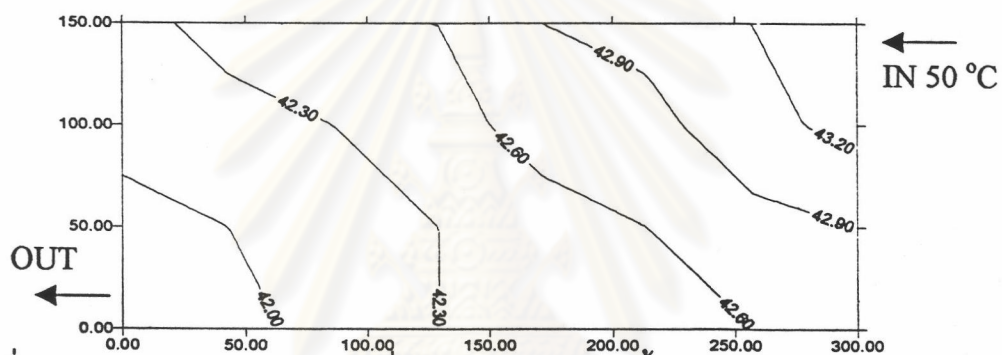


รูปที่ ก.61 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่ไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 3 ลิตรต่อนาที

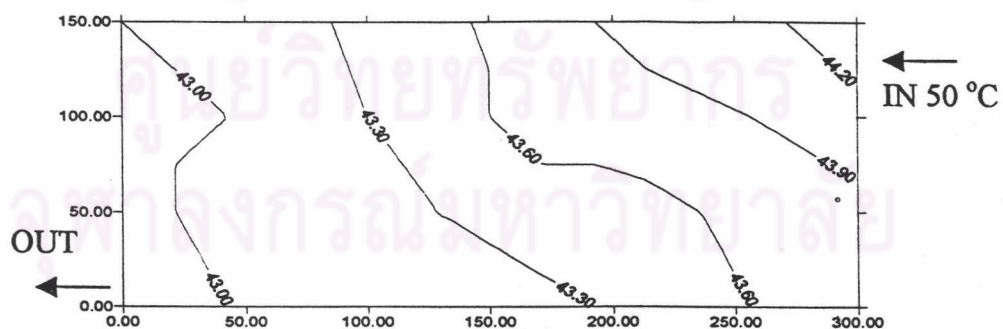
โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C



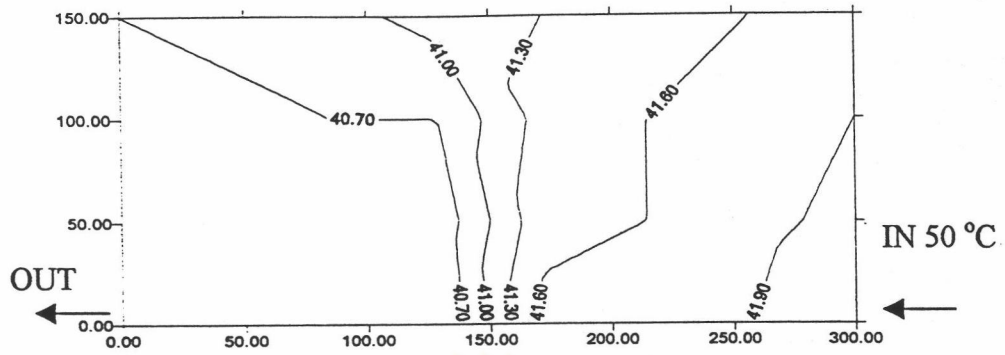
รูปที่ ก.62 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่ไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 4 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C



รูปที่ ก.63 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่ไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 5 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C

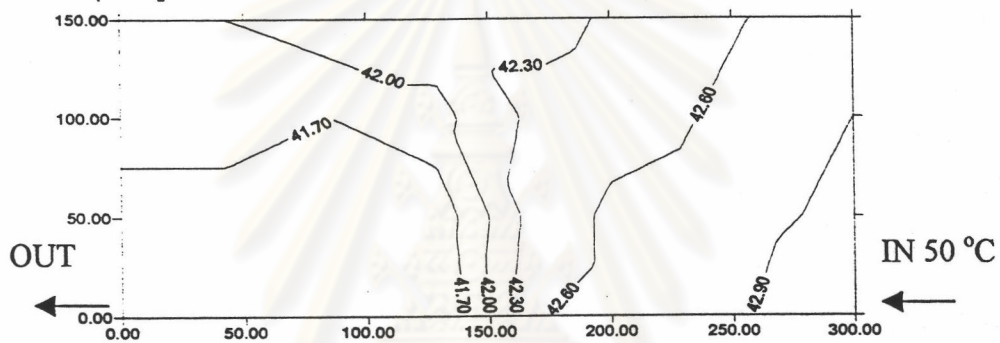


รูปที่ ก.64 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่ไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 6 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C



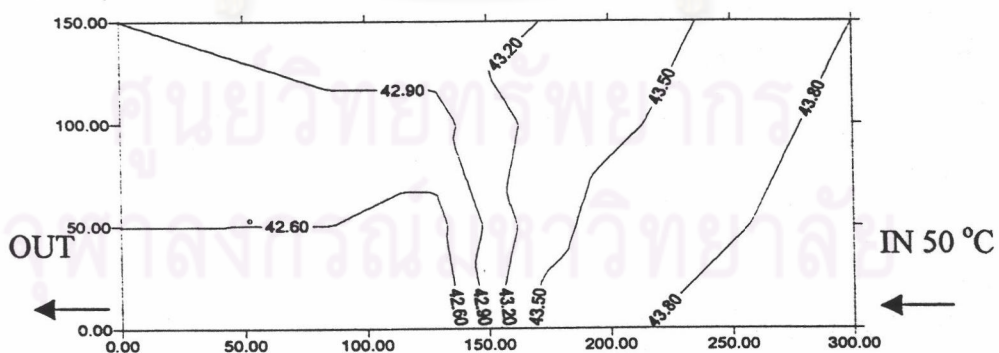
รูปที่ ก.68 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน

รูปแบบที่ 1 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 4 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C



รูปที่ ก.69 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน

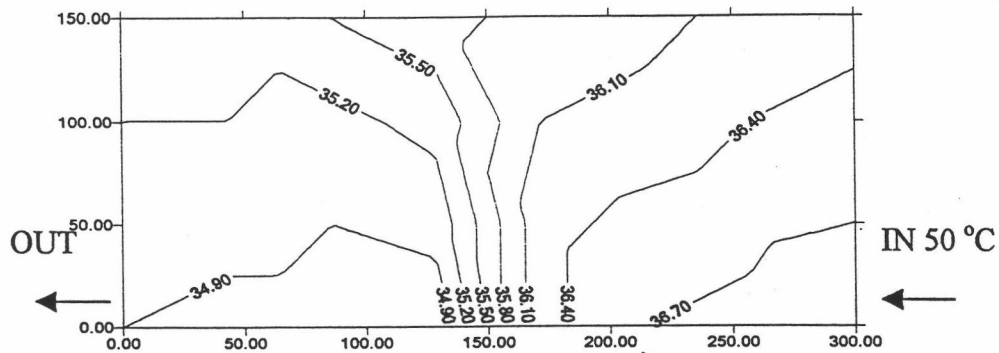
รูปแบบที่ 1 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 5 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C



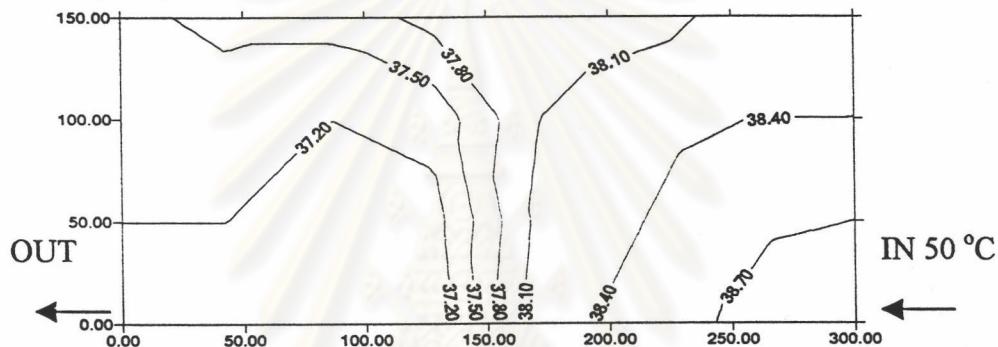
รูปที่ ก.70 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน

รูปแบบที่ 1 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 6 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C

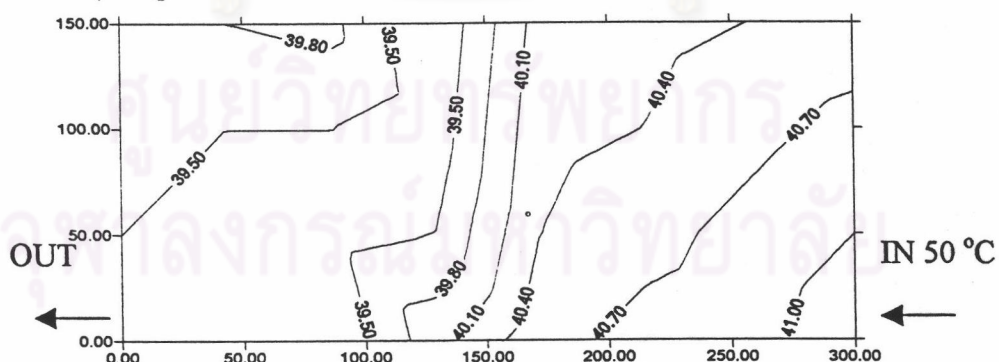




รูปที่ ก.65 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน รูปแบบที่ 1 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 1 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C

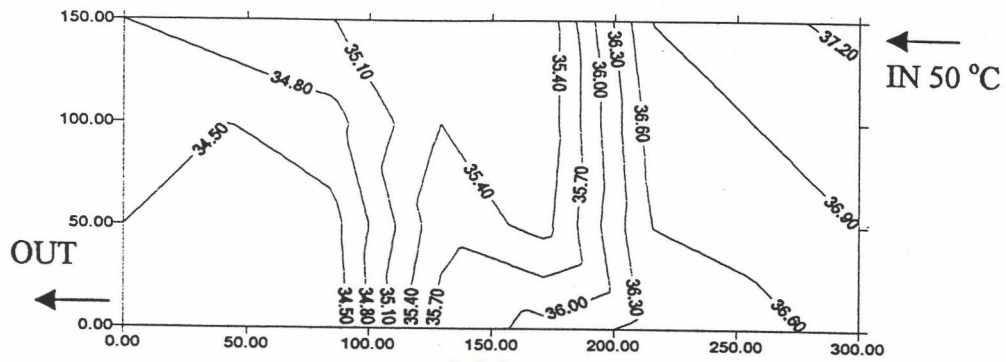


รูปที่ ก.66 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน รูปแบบที่ 1 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 2 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C

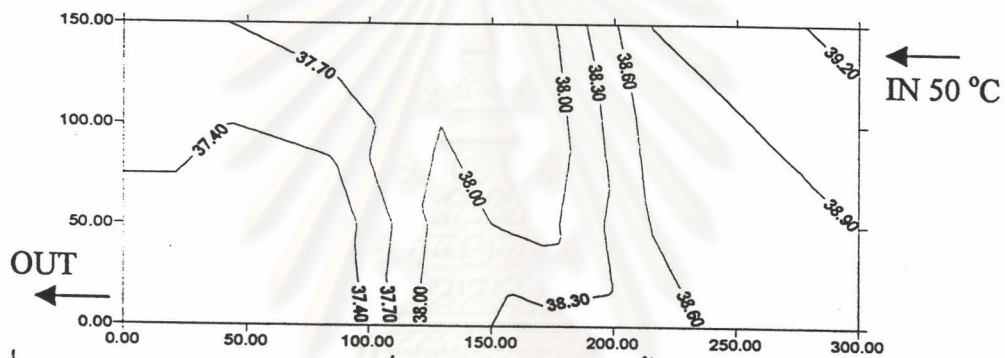


รูปที่ ก.67 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน รูปแบบที่ 1 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 3 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C

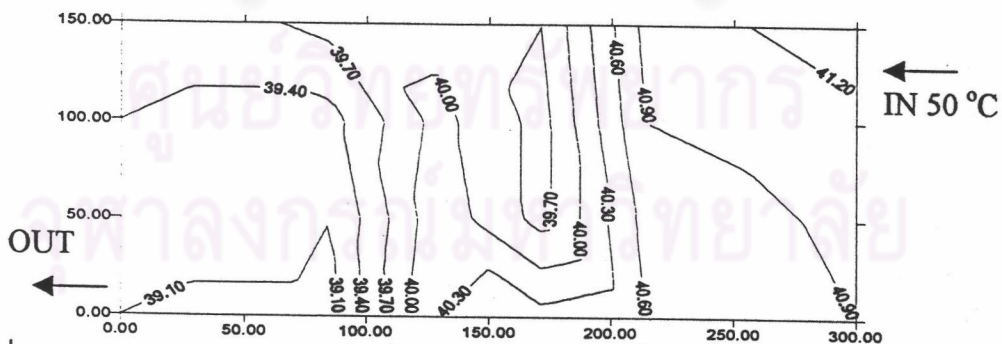




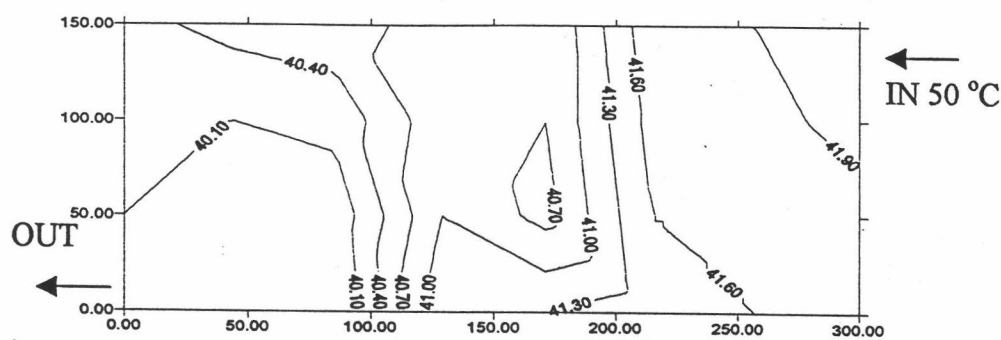
รูปที่ ก.71 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน รูปแบบที่ 2 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 1 ลิตรต่อวินาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C



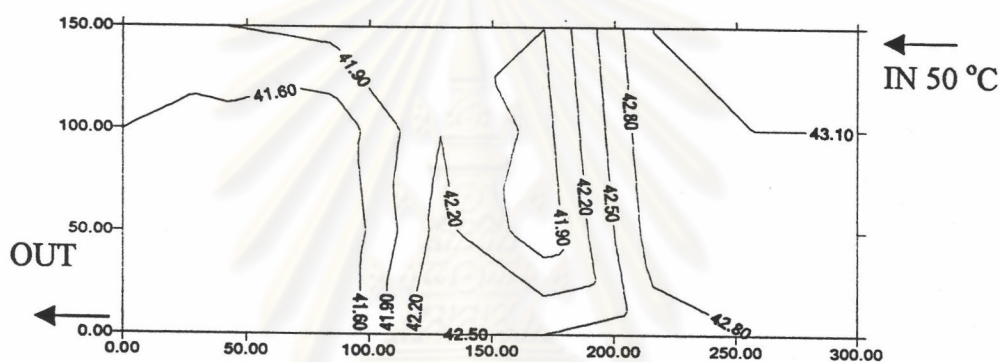
รูปที่ ก.72 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน รูปแบบที่ 2 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 2 ลิตรต่อวินาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C



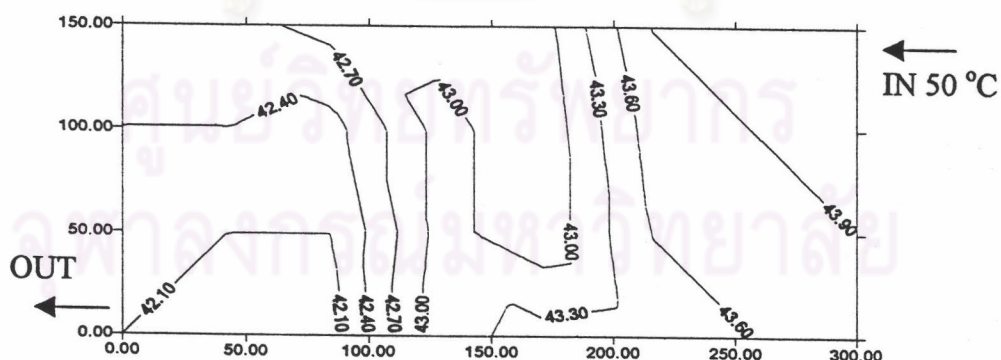
รูปที่ ก.73 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน รูปแบบที่ 2 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 3 ลิตรต่อวินาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C



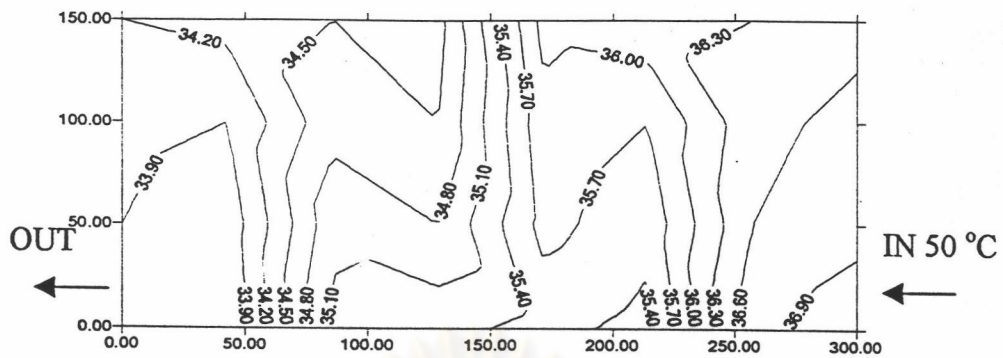
รูปที่ ก.74 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน รูปแบบที่ 2 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 4 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C



รูปที่ ก.75 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน รูปแบบที่ 2 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 5 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C

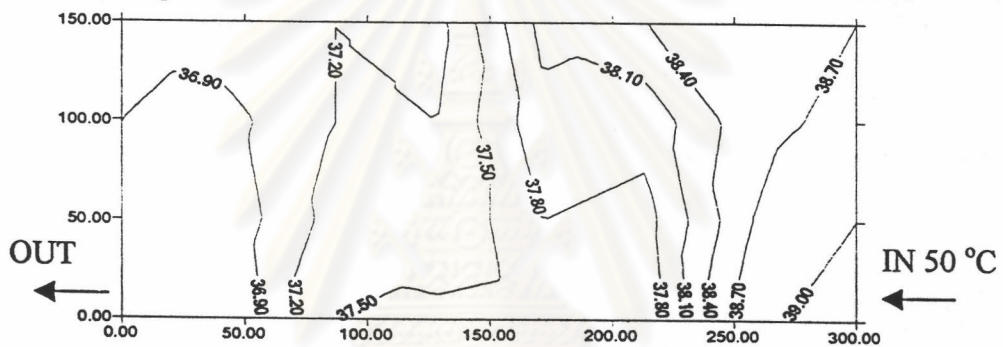


รูปที่ ก.76 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน รูปแบบที่ 2 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 6 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C



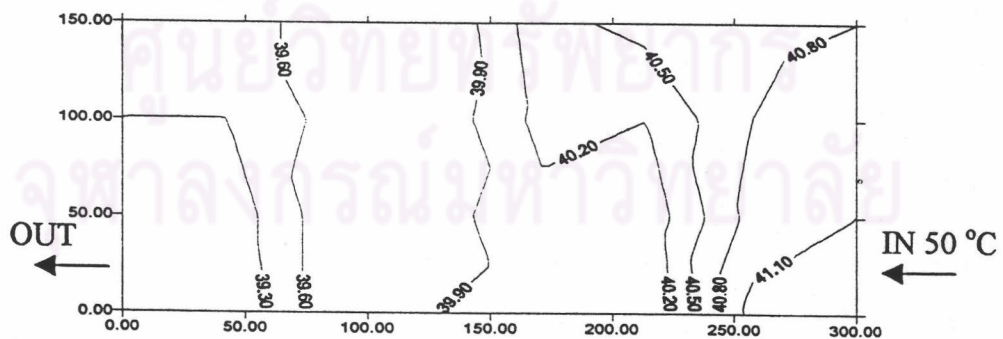
รูปที่ ก.77 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน รูปแบบที่ 3 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 1 ลิตรต่อนาที

โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C



รูปที่ ก.78 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน รูปแบบที่ 3 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 2 ลิตรต่อนาที

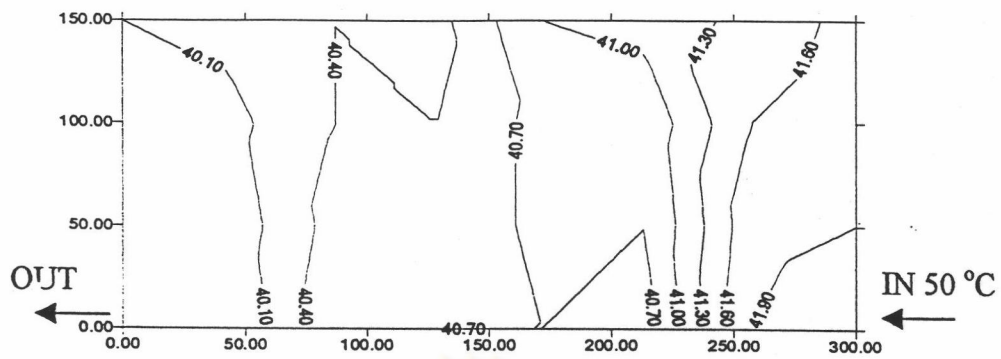
โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C



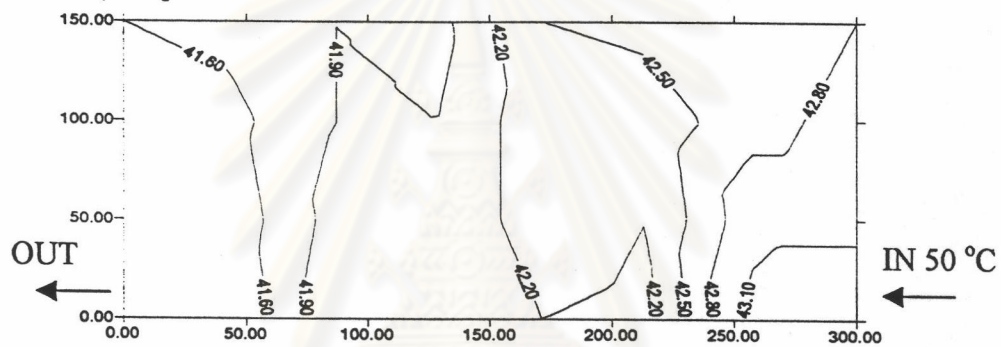
รูปที่ ก.79 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน รูปแบบที่ 3 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 3 ลิตรต่อนาที

โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C

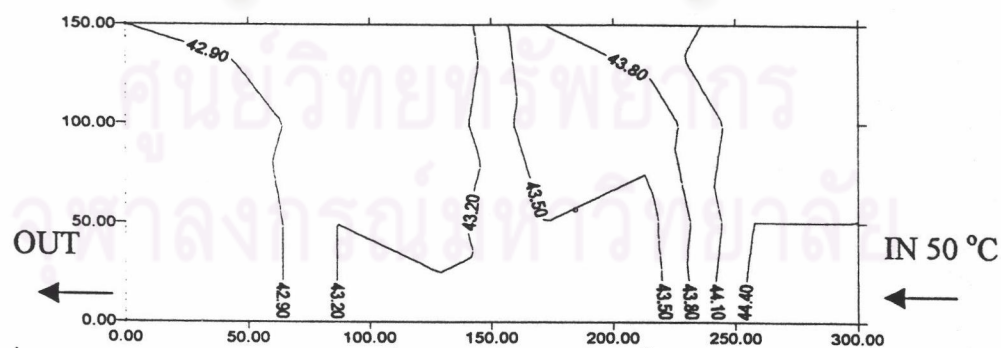




รูปที่ ก.80 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน รูปแบบที่ 3 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 4 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C

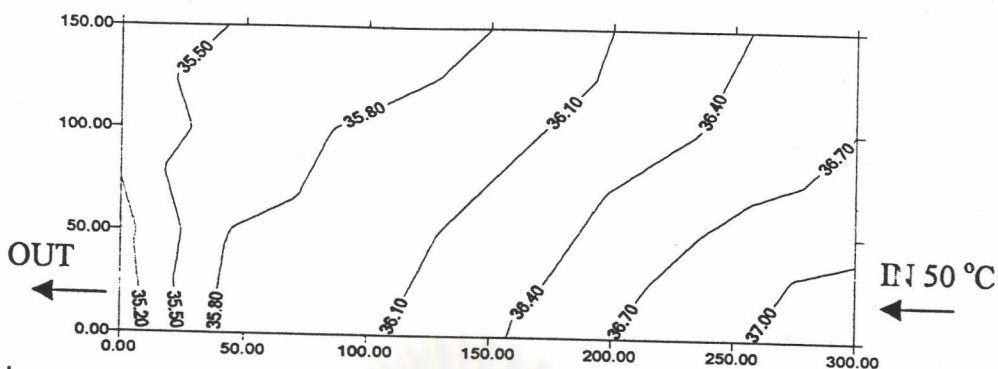


รูปที่ ก.81 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน รูปแบบที่ 3 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 5 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C

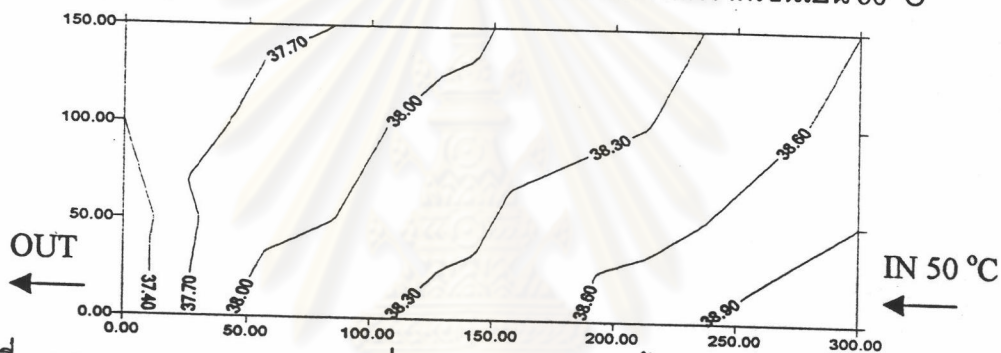


รูปที่ ก.82 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน รูปแบบที่ 3 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 6 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C

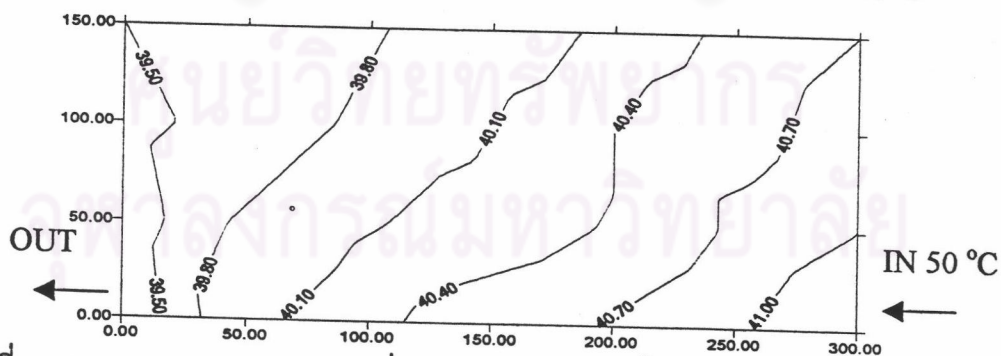




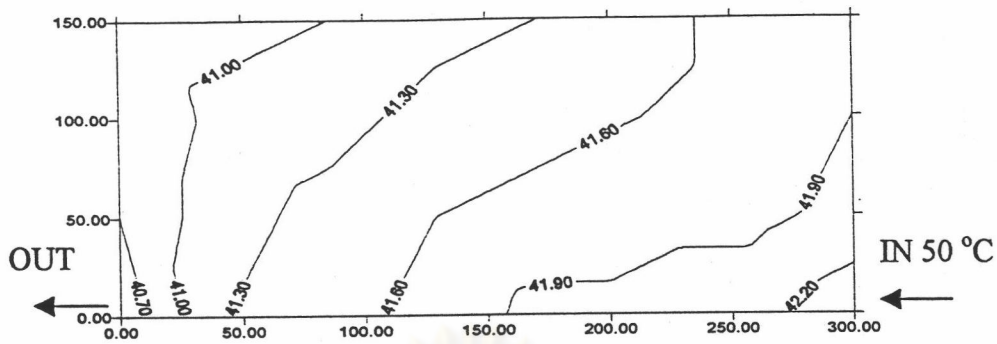
รูปที่ ก.83 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน รูปแบบที่ 4 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 1 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C



รูปที่ ก.84 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน รูปแบบที่ 4 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 2 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C

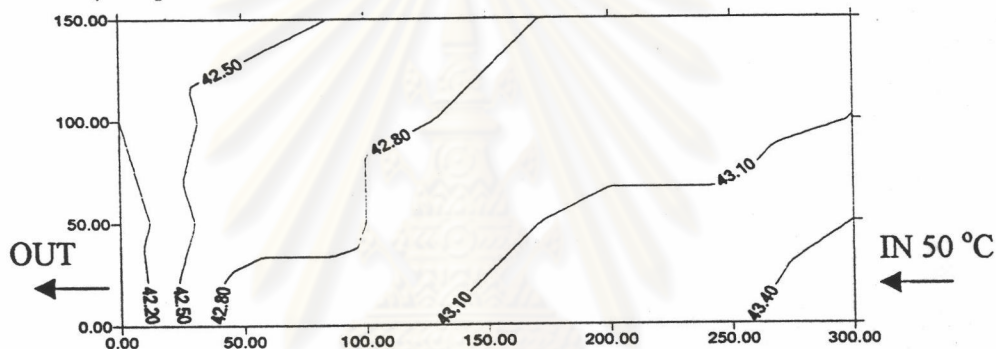


รูปที่ ก.85 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน รูปแบบที่ 4 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 3 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C



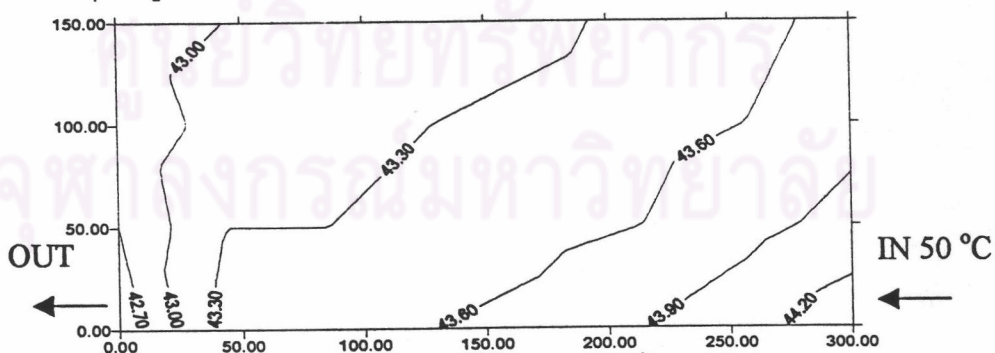
รูปที่ ก.86 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน รูปแบบที่ 4 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 4 ลิตรต่อนาที

โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C



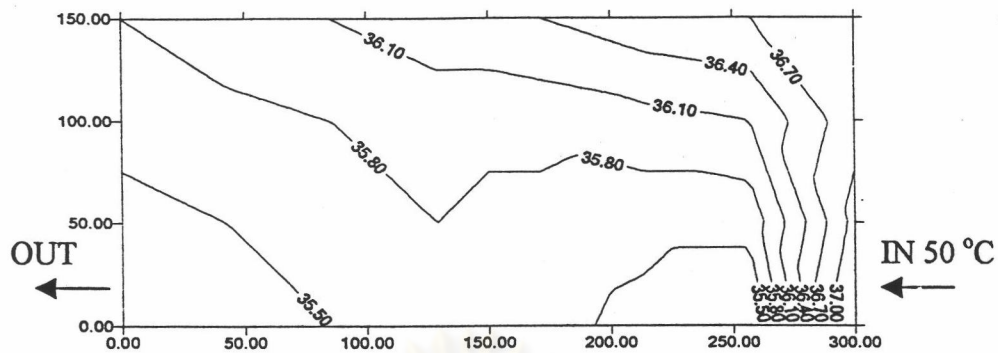
รูปที่ ก.87 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน รูปแบบที่ 4 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 5 ลิตรต่อนาที

โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C

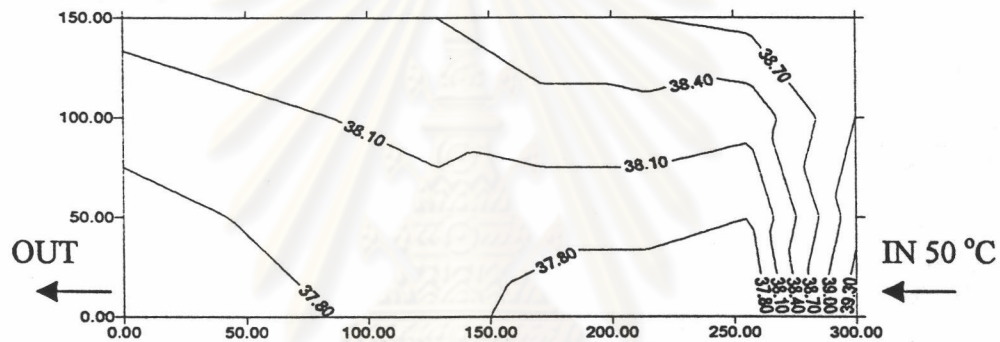


รูปที่ ก.88 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน รูปแบบที่ 4 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 6 ลิตรต่อนาที

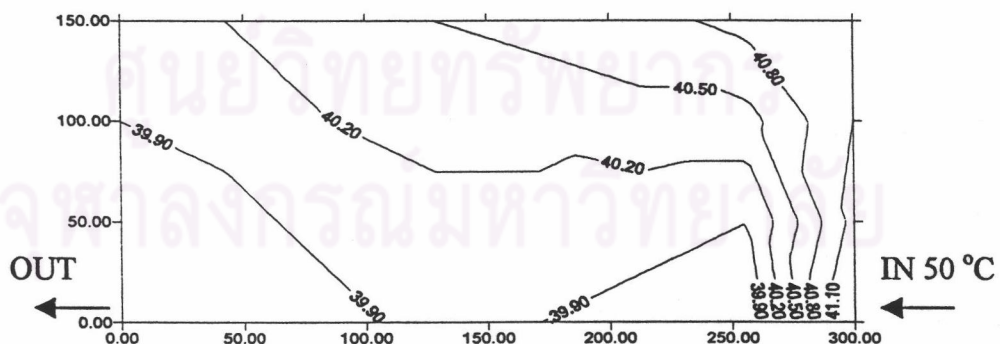
โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C



รูปที่ ก.89 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน รูปแบบที่ 5 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 1 ลิตรต่อวินาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C

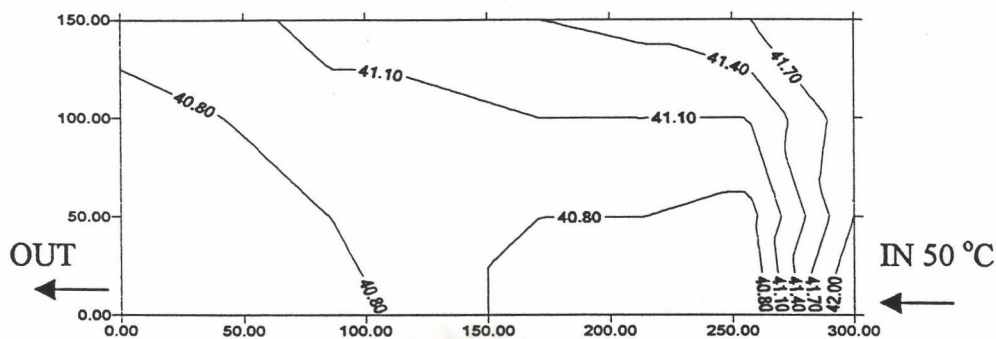


รูปที่ ก.90 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน รูปแบบที่ 5 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 2 ลิตรต่อวินาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C

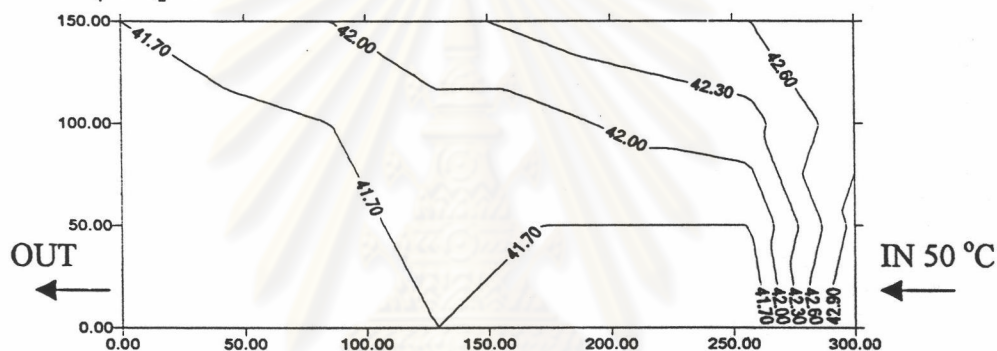


รูปที่ ก.91 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน รูปแบบที่ 5 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 3 ลิตรต่อวินาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C

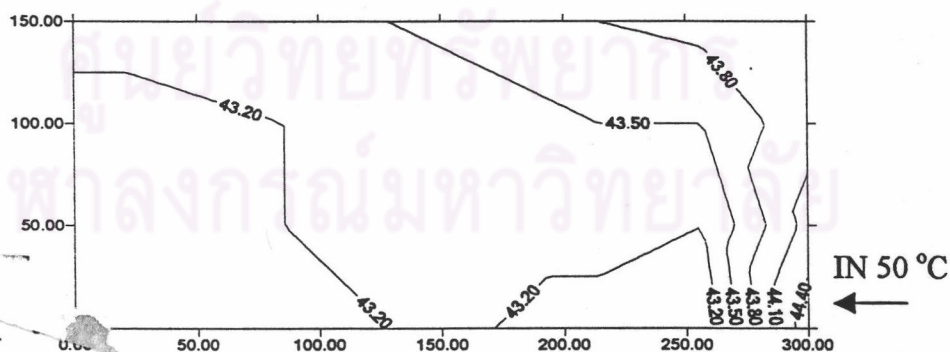




รูปที่ ก.92 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน รูปแบบที่ 5 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 4 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C

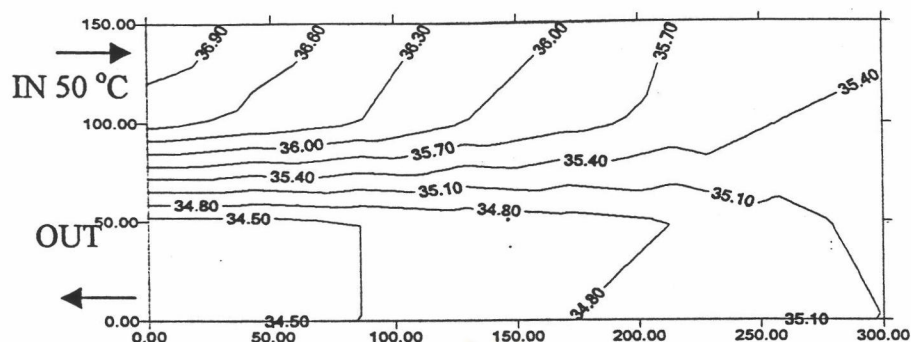


รูปที่ ก.93 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน รูปแบบที่ 5 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 5 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C



รูปที่ ก.94 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน รูปแบบที่ 5 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 6 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C

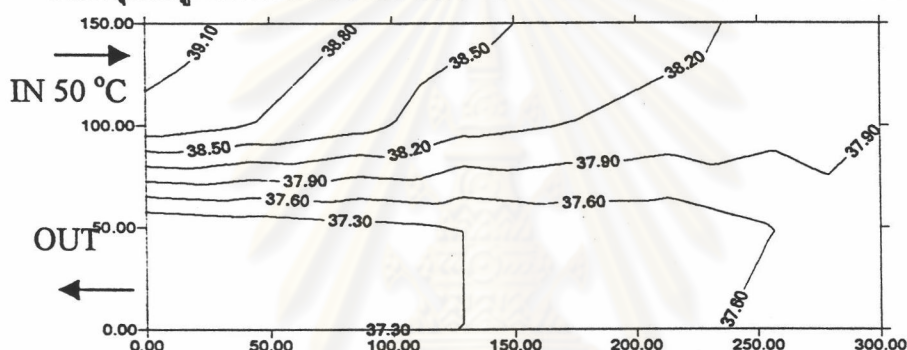




รูปที่ ก.95 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน

รูปแบบที่ 6 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 1 ลิตรต่อนาที

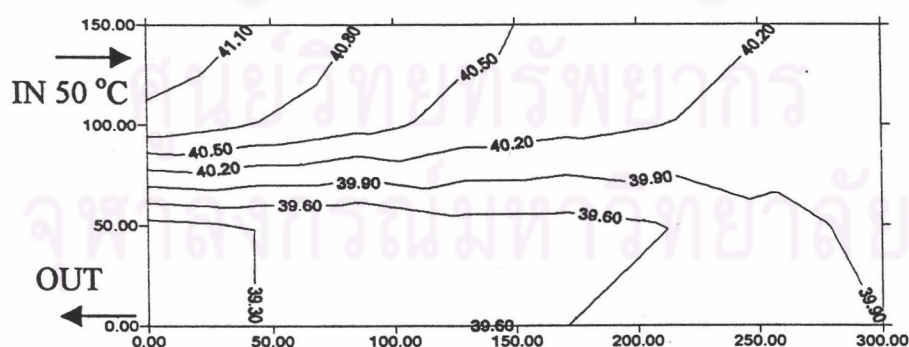
โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C



รูปที่ ก.96 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน

รูปแบบที่ 6 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 2 ลิตรต่อนาที

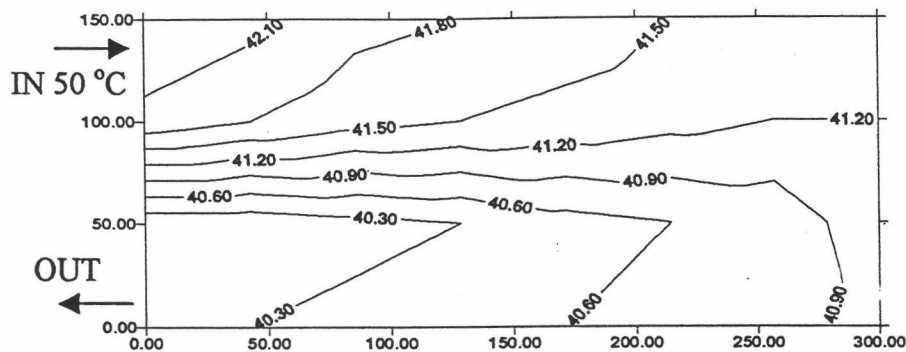
โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C



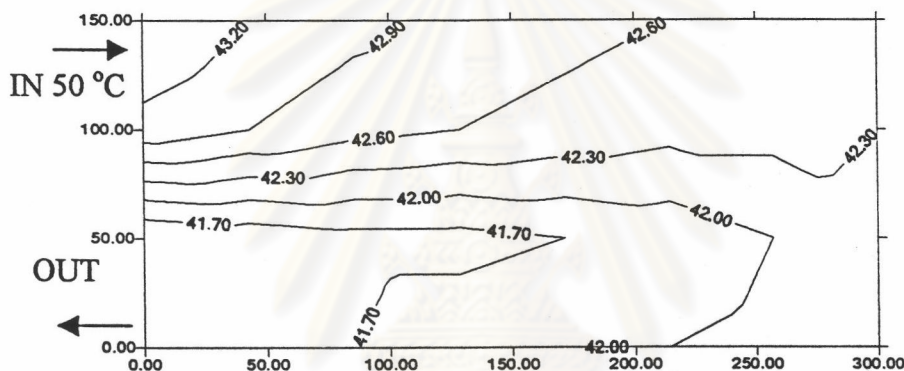
รูปที่ ก.97 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน

รูปแบบที่ 6 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 3 ลิตรต่อนาที

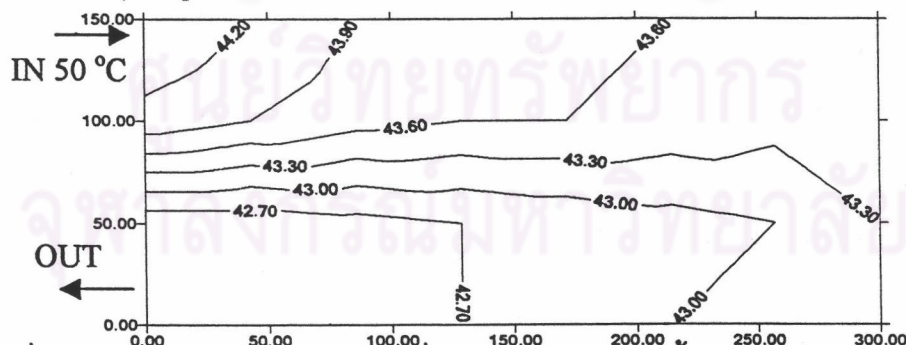
โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C



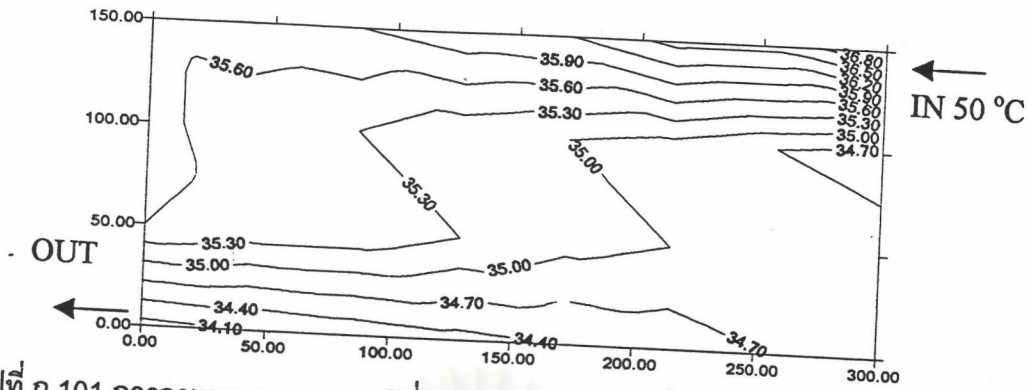
รูปที่ ก.98 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน รูปแบบที่ 6 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 4 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C



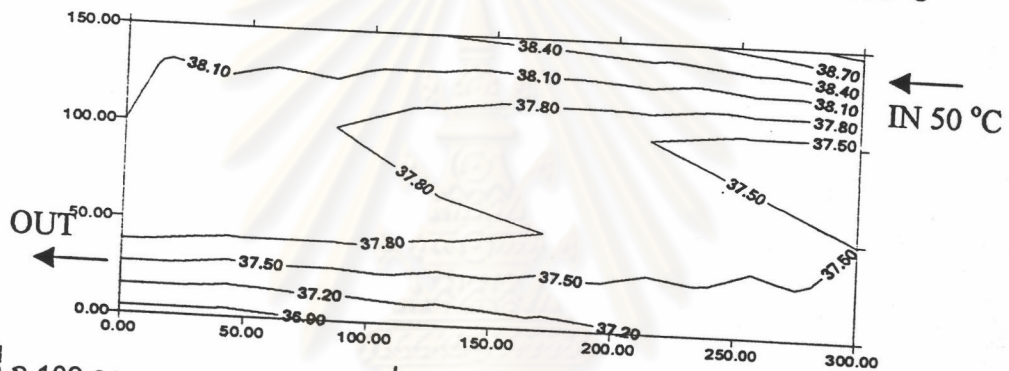
รูปที่ ก.99 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน รูปแบบที่ 6 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 5 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C



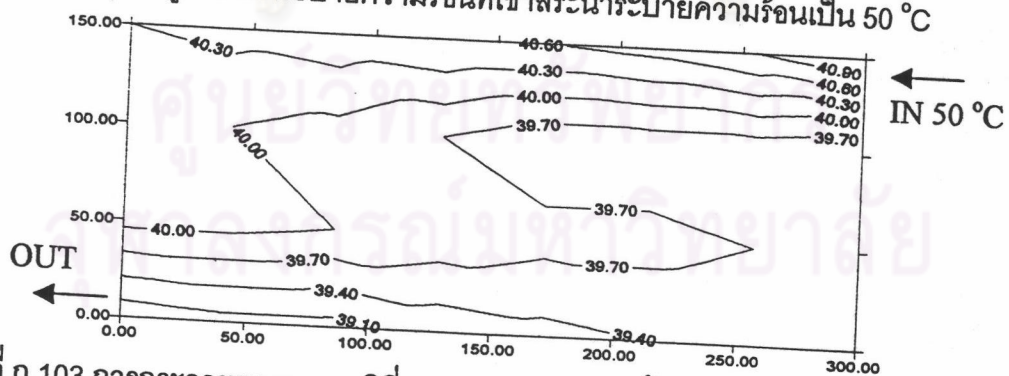
รูปที่ ก.100 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน รูปแบบที่ 6 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 6 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C



รูปที่ ก.101 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน รูปแบบที่ 7 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 1 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C

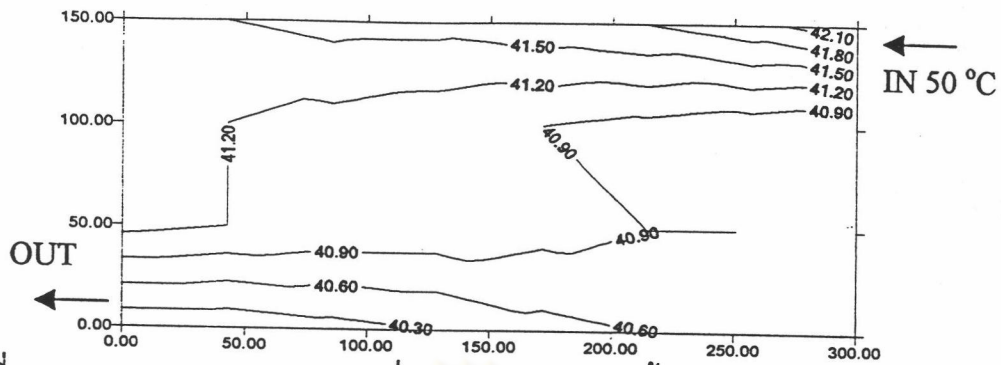


รูปที่ ก.102 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน รูปแบบที่ 7 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 2 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C



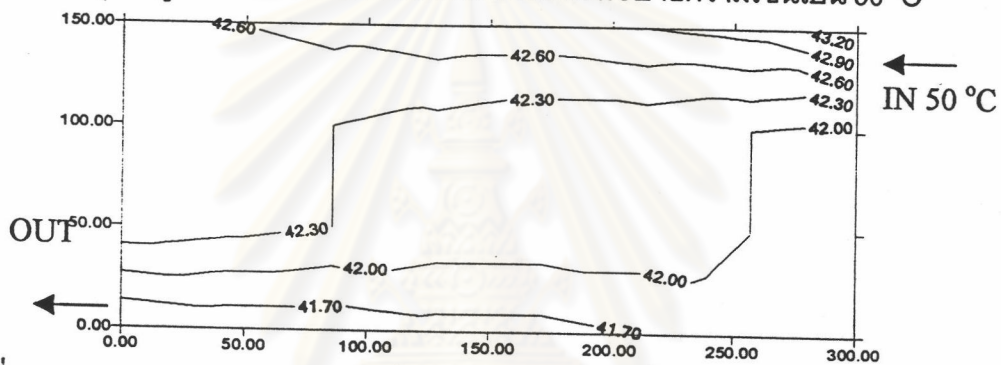
รูปที่ ก.103 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน รูปแบบที่ 7 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 3 ลิตรต่อนาที โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C





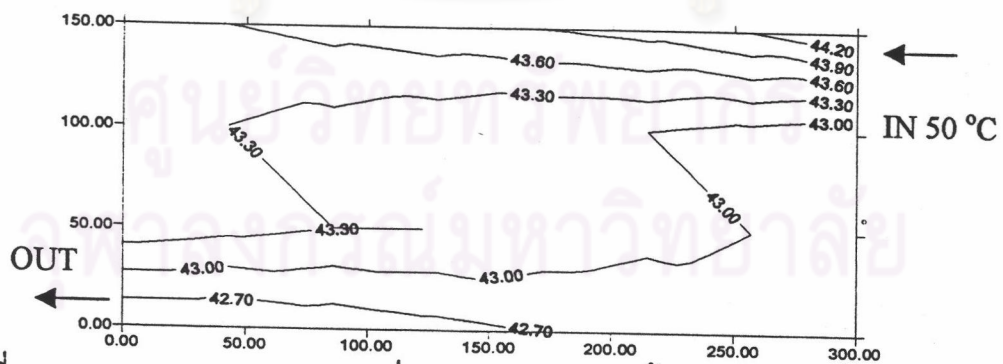
รูปที่ ก.104 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน รูปแบบที่ 7 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 4 ลิตรต่อนาที

โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C



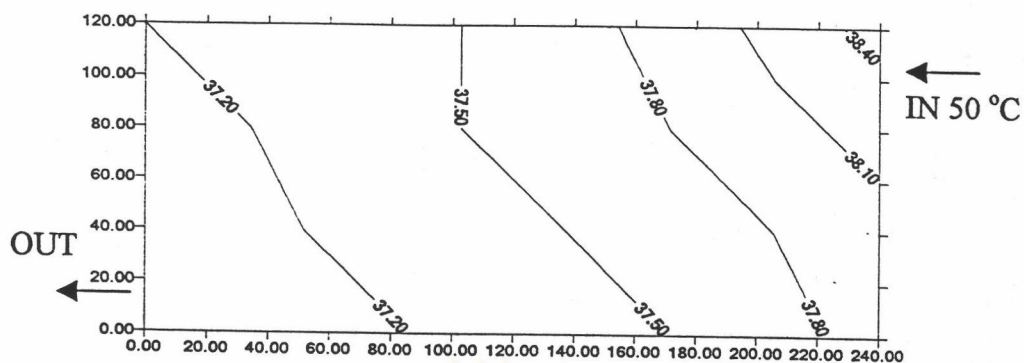
รูปที่ ก.105 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน รูปแบบที่ 7 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 5 ลิตรต่อนาที

โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C



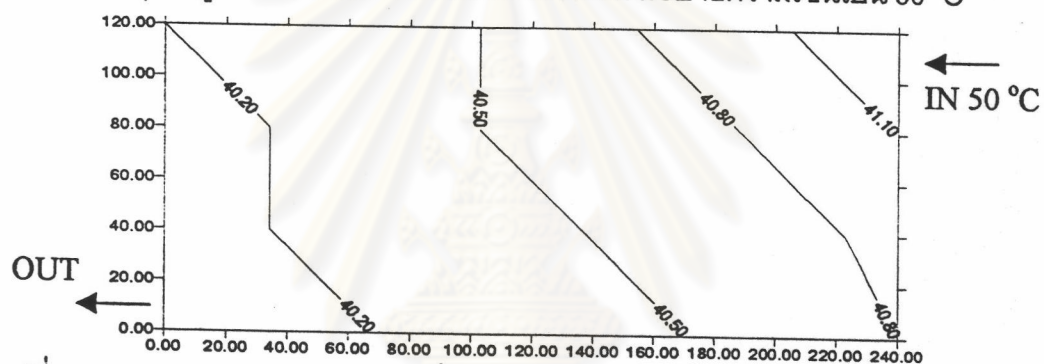
รูปที่ ก.106 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน รูปแบบที่ 7 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 6 ลิตรต่อนาที

โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C



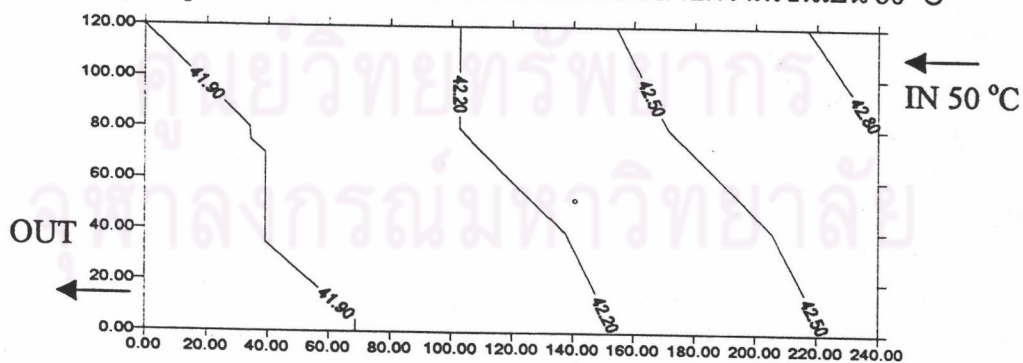
รูปที่ ก.107 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 120 เซนติเมตร ยาว 240 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่ไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 1 ลิตรต่อวินาที

โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C



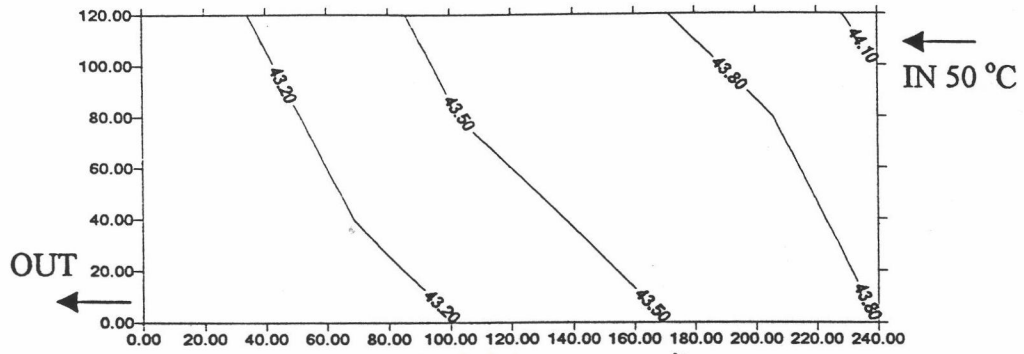
รูปที่ ก.108 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 120 เซนติเมตร ยาว 240 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่ไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 2 ลิตรต่อวินาที

โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C



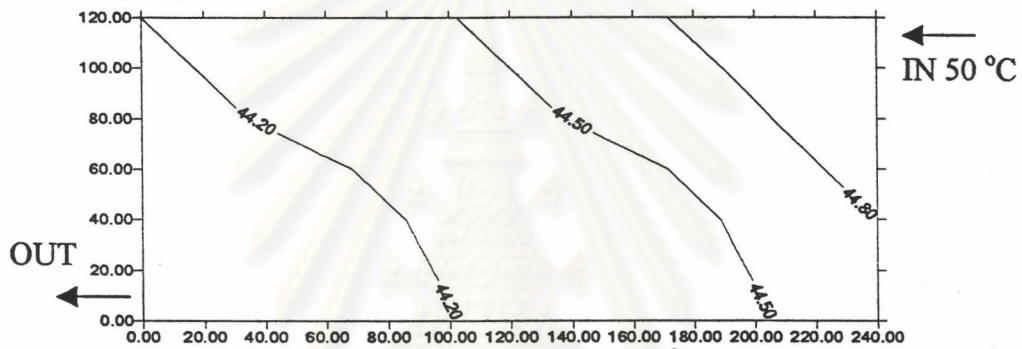
รูปที่ ก.109 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 120 เซนติเมตร ยาว 240 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่ไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 3 ลิตรต่อวินาที

โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C



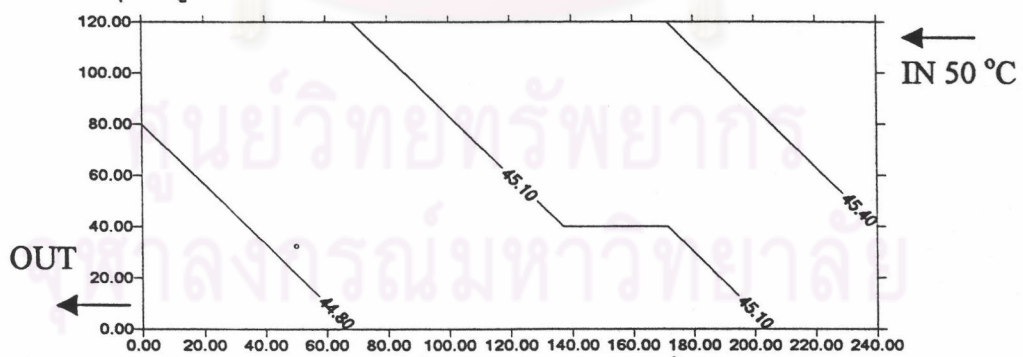
รูปที่ ก.110 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 120 เซนติเมตร ยาว 240 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่ไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 4 ลิตรต่อนาที

โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C



รูปที่ ก.111 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 120 เซนติเมตร ยาว 240 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่ไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 5 ลิตรต่อนาที

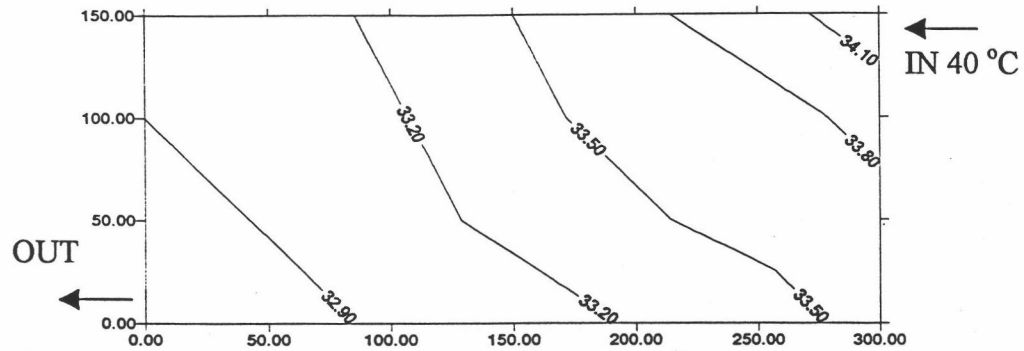
โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C



รูปที่ ก.112 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 120 เซนติเมตร ยาว 240 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่ไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 6 ลิตรต่อนาที

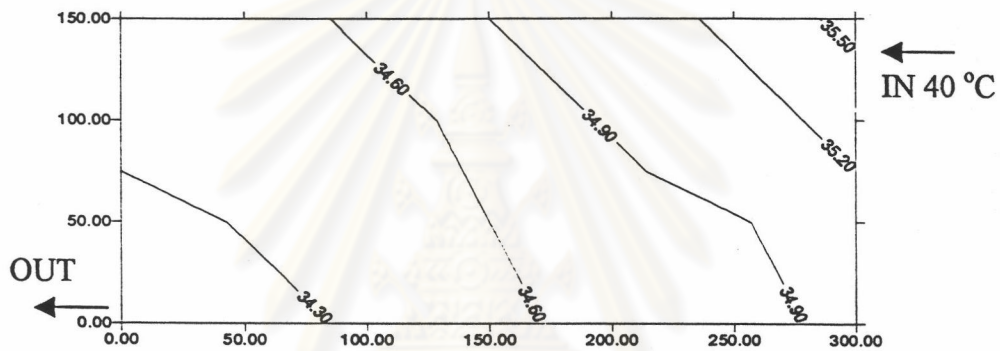
โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C





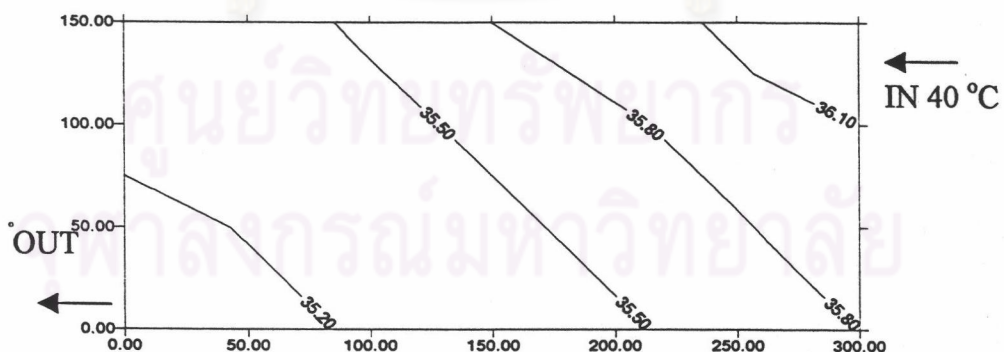
รูปที่ ก.113 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่ไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 1 ลิตรต่อนาที

โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 40 °C



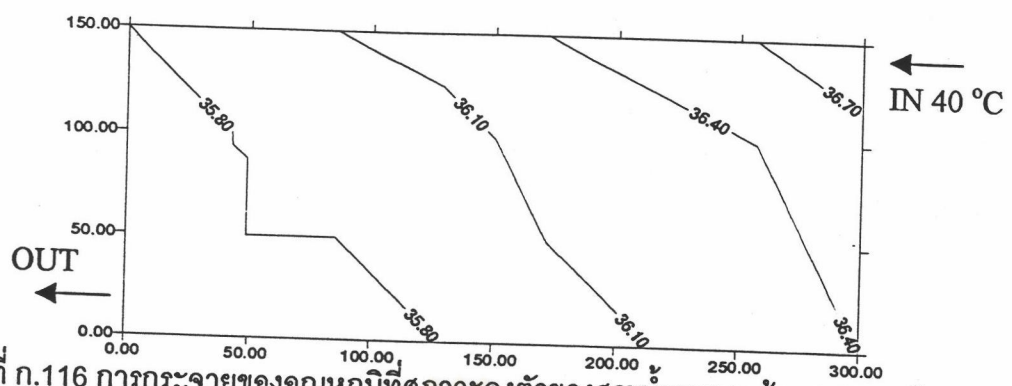
รูปที่ ก.114 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่ไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 2 ลิตรต่อนาที

โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 40 °C



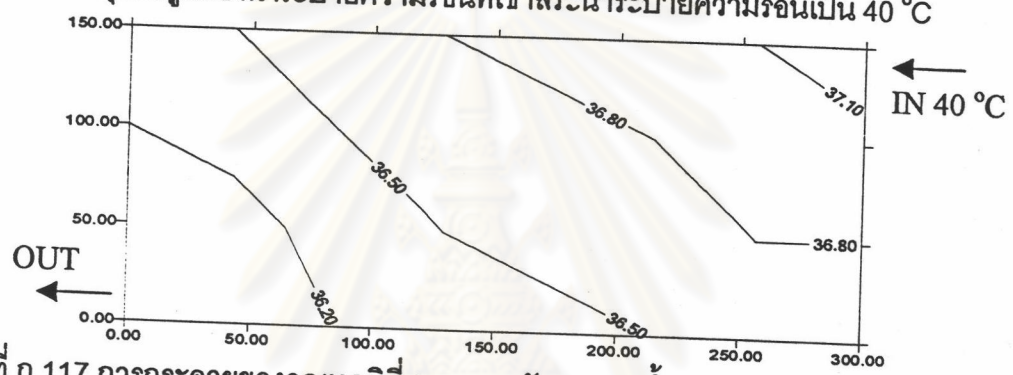
รูปที่ ก.115 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่ไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 3 ลิตรต่อนาที

โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 40 °C



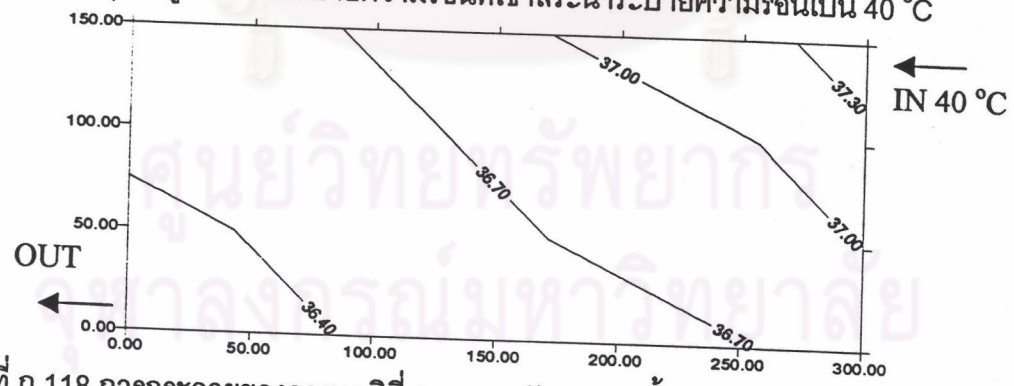
รูปที่ ก.116 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่ไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 4 ลิตรต่อนาที

โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 40 °C



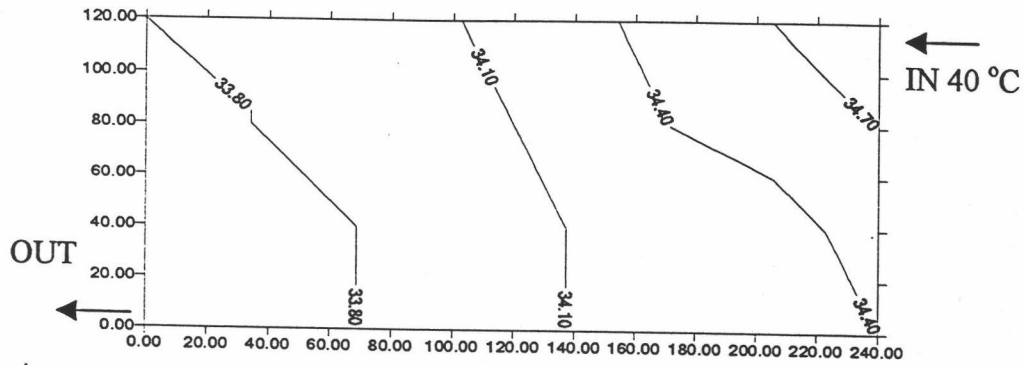
รูปที่ ก.117 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่ไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 5 ลิตรต่อนาที

โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 40 °C



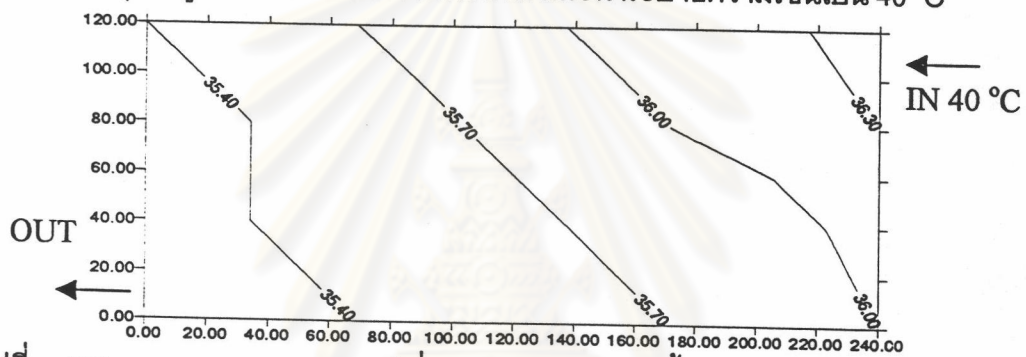
รูปที่ ก.118 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่ไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 6 ลิตรต่อนาที

โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 40 °C



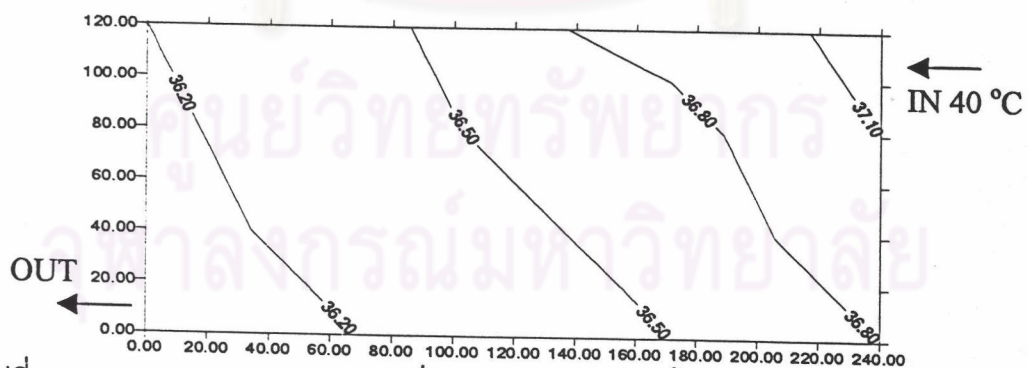
รูปที่ ก.119 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 120 เซนติเมตร ยาว 240 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่ไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 1 ลิตรต่อนาที

โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 40 °C



รูปที่ ก.120 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 120 เซนติเมตร ยาว 240 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่ไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 2 ลิตรต่อนาที

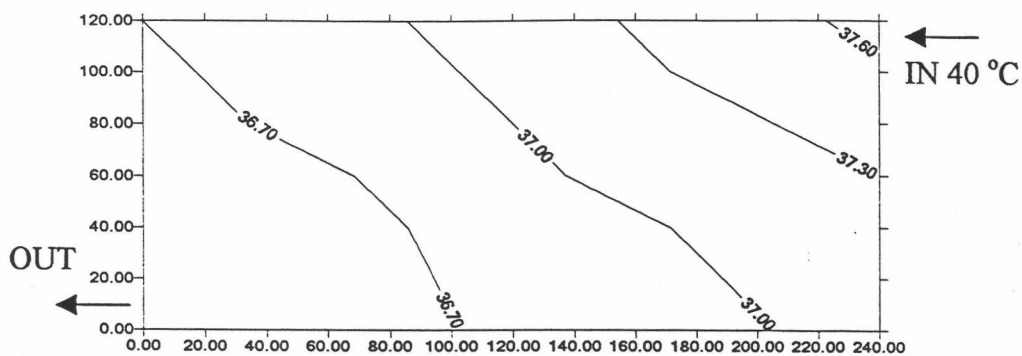
โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 40 °C



รูปที่ ก.121 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 120 เซนติเมตร ยาว 240 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่ไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 3 ลิตรต่อนาที

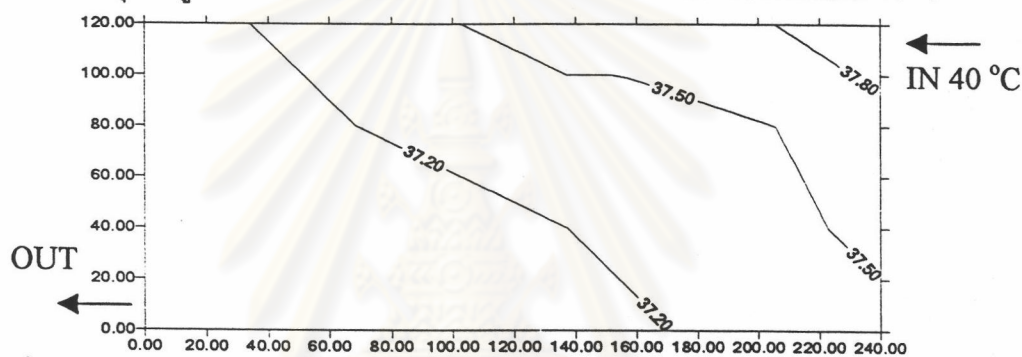
โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 40 °C





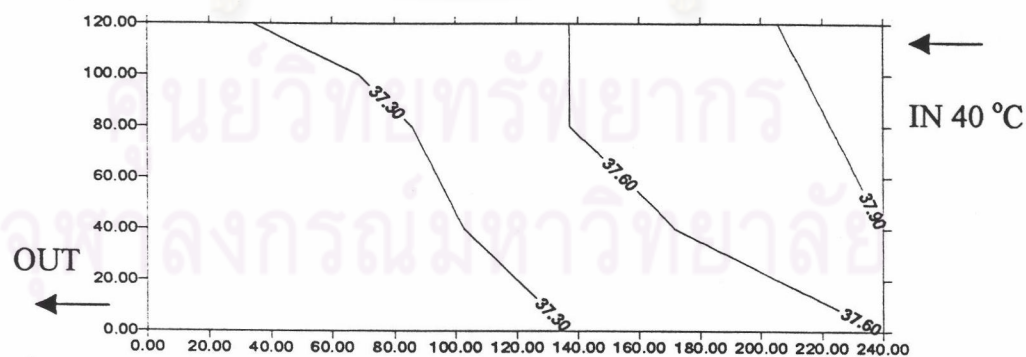
รูปที่ ก.122 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 120 เซนติเมตร ยาว 240 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่ไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 4 ลิตรต่อนาที

โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 40 °C



รูปที่ ก.123 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 120 เซนติเมตร ยาว 240 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่ไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 5 ลิตรต่อนาที

โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 40 °C



รูปที่ ก.124 การกระจายของอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวของสระน้ำขนาดกว้าง 120 เซนติเมตร ยาว 240 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่ไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 6 ลิตรต่อนาที

โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 40 °C

ตารางที่ ก.1 อุณหภูมิเริ่มต้น และอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวที่ทางออกของสหรน้ำระบายความร้อน  
ขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่อัตราการไหลของน้ำระบาย  
ความร้อนต่างๆ และการกั้นทางเดินของน้ำในสหรน้ำระบายความร้อนต่างๆ  
โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสหรน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C

อัตราการไหลของน้ำ (ลิตรต่อนาที)		1	2	3	4	5	6
รูปแบบการกั้นทางเดินของน้ำ							
ไม่มีการกั้น	เริ่มต้น	27.4	28.2	27.6	27.7	27.1	27.0
	ที่สภาวะคงตัว	35.3	37.6	39.7	40.8	41.9	42.9
รูปแบบที่ 1	เริ่มต้น	27.2	27.5	27.4	27.2	27.7	28.6
	ที่สภาวะคงตัว	34.9	37.2	39.4	40.5	41.5	42.5
รูปแบบที่ 2	เริ่มต้น	27.5	28.2	28.1	29.2	28.7	27.3
	ที่สภาวะคงตัว	34.3	37.1	39.1	40.1	41.4	42.4
รูปแบบที่ 3	เริ่มต้น	29.2	28.7	29.4	27.5	27.3	27.4
	ที่สภาวะคงตัว	33.8	36.8	39.1	39.9	41.4	42.2
รูปแบบที่ 4	เริ่มต้น	29.0	29.0	29.3	28.6	27.7	27.3
	ที่สภาวะคงตัว	35.0	37.2	39.2	40.5	41.8	42.5
รูปแบบที่ 5	เริ่มต้น	29.3	29.0	27.2	27.1	28.1	28.0
	ที่สภาวะคงตัว	35.0	37.3	39.3	40.6	41.4	42.8
รูปแบบที่ 6	เริ่มต้น	27.5	28.2	28.1	29.2	28.7	27.3
	ที่สภาวะคงตัว	34.4	37.1	39.2	40.2	41.5	42.5
รูปแบบที่ 7	เริ่มต้น	29.2	28.7	29.4	27.5	27.3	27.4
	ที่สภาวะคงตัว	34.0	36.8	38.9	40.0	41.4	42.1

ตารางที่ ก.2 อุณหภูมิเริ่มต้น และอุณหภูมิที่สภาวะคงตัวที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อน  
ขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร และสระน้ำระบายความร้อน  
ขนาด กว้าง 120 เซนติเมตร ยาว 240 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่อัตราการไหลของน้ำระบาย  
ความร้อนต่างๆ ที่ไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน

โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C และ 40 °C

อัตราการไหลของน้ำ (ลิตรต่อนาที)								
ขนาดของสระน้ำ ระบายความร้อน ( ซม. X ซม. X ซม.)	อุณหภูมิของน้ำระบาย ความร้อนที่เข้าสระน้ำ ระบายความร้อน (°C)		1	2	3	4	5	6
	150 x 300 x 30	50	เริ่มต้น	29.0	29.0	29.3	28.6	27.7
ที่สภาวะคงตัว			35.3	37.6	39.7	40.8	41.9	42.9
40		เริ่มต้น	29.2	28.7	29.4	27.5	27.3	27.4
		ที่สภาวะคงตัว	32.7	34.1	35.0	35.6	36.0	36.2
120 x 240 x 30	50	เริ่มต้น	27.5	28.2	28.1	29.2	28.7	27.3
		ที่สภาวะคงตัว	36.9	40.0	41.7	42.9	43.9	44.6
	40	เริ่มต้น	27.4	28.2	27.6	27.7	27.1	27.0
		ที่สภาวะคงตัว	33.6	35.2	36.0	36.5	36.9	37.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ตารางที่ ก.3 ผลต่างระหว่างอุณหภูมิที่ทางเข้า และทางออกของสื่อน้ำระบายความร้อน  
 ที่สภาวะคงตัว ของสื่อน้ำระบายความร้อนขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร  
 สูง 30 เซนติเมตร ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนต่างๆ  
 และการกั้นทางเดินของน้ำในสื่อน้ำระบายความร้อนต่างๆ  
 โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสื่อน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C

อัตราการไหลของน้ำ (ลิตรต่อนาที)	1	2	3	4	5	6
รูปแบบการกั้นทางเดินของน้ำ						
ไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำ	2.0	1.8	1.8	1.7	1.6	1.6
การกั้นทางเดินของน้ำรูปแบบที่ 1	2.2	2.0	1.8	1.7	1.7	1.7
การกั้นทางเดินของน้ำรูปแบบที่ 2	3.0	2.3	2.3	2.2	2.0	2.1
การกั้นทางเดินของน้ำรูปแบบที่ 3	3.3	2.4	2.3	2.2	2.0	2.0
การกั้นทางเดินของน้ำรูปแบบที่ 4	2.3	2.0	2.1	1.9	1.8	1.7
การกั้นทางเดินของน้ำรูปแบบที่ 5	2.1	1.9	1.8	1.8	1.8	1.7
การกั้นทางเดินของน้ำรูปแบบที่ 6	2.8	2.2	2.2	2.2	2.0	2.0
การกั้นทางเดินของน้ำรูปแบบที่ 7	3.1	2.3	2.3	2.2	2.0	1.9

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.4 ผลต่างระหว่างอุณหภูมิที่ทางเข้า และทางออกของสระน้ำระบายความร้อน  
 ที่สภาวะคงตัว ของสระน้ำระบายความร้อนขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร  
 สูง 30 เซนติเมตร และสระน้ำระบายความร้อนขนาด กว้าง 120 เซนติเมตร  
 ยาว 240 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนต่างๆ  
 ที่ไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน  
 โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น 50 °C และ 40 °C

อัตราการไหลของน้ำ (ลิตรต่อนาที)							
ขนาดของสระน้ำระบาย ความร้อน ( ซม. X ซม. X ซม. )	อุณหภูมิของน้ำร้อน ที่เข้าสระน้ำระบาย ความร้อน ( °C )	1	2	3	4	5	6
		150 x 300 x 30	50	2.0	1.8	1.8	1.7
40	1.6		1.5	1.4	1.3	1.3	1.3
120 x 240 x 30	50	1.6	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2
	40	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ภาคผนวก ข

การสร้างสมการสำหรับการคำนวณหา  
อัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออก  
ของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลา

การสร้างสมการสำหรับการคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำ  
เทียบกับเวลา มีลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. สร้างสมการสำหรับการคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่  
ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลา สำหรับการทดลองที่ใช้สระน้ำระบายความร้อน  
ขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร และสระน้ำระบายความร้อน  
ขนาด กว้าง 120 เซนติเมตร ยาว 240 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่ไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำ  
โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น  $50^{\circ}\text{C}$  และ  $40^{\circ}\text{C}$  ที่อัตรา  
การไหลของน้ำระบายความร้อน 1 ลิตรต่อนาที, 2 ลิตรต่อนาที, 3 ลิตรต่อนาที, 4 ลิตรต่อนาที และ  
5 ลิตรต่อนาที ให้สมการสำหรับการคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทาง  
ออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลา อยู่ในรูปของเวลา เช่น

สำหรับสระน้ำระบายความร้อนขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร  
สูง 30 เซนติเมตร โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น  $50^{\circ}\text{C}$

ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 1 ลิตรต่อนาที

$$\frac{dT}{dt} = 5.35 \times 10^{-4} e^{-0.0000773t}$$

ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 2 ลิตรต่อนาที

$$\frac{dT}{dt} = 6.48 \times 10^{-4} e^{-0.0000889t}$$

ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 3 ลิตรต่อนาที

$$\frac{dT}{dt} = 8.56 \times 10^{-4} e^{-0.0000976t}$$

ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 4 ลิตรต่อนาที

$$\frac{dT}{dt} = 1.12 \times 10^{-3} e^{-0.0001018t}$$



ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 5 ลิตรต่อนาที

$$\frac{dT}{dt} = 1.24 \times 10^{-3} e^{-0.0001172t}$$

2. รวมสมการสำหรับการคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลา ที่อยู่ในรูปของเวลา ซึ่งได้มาจากข้อที่ 1 เข้าด้วยกัน จะได้สมการสำหรับการคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลา ที่อยู่ในรูปของเวลา อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน, ขนาดของสระน้ำระบายความร้อน และอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อน ได้ดังสมการ (ข.1)

$$\frac{dT}{dt} = \left[ 4.46 \times 10^{-12} \left( \frac{m T_i^{5.5}}{V^{0.67}} \right) + 3.17 \times 10^{-4} \right] e^{-\gamma t} \quad (\text{ข.1})$$

$$\text{เมื่อ } \gamma = \left[ 1.01 \times 10^{-5} \left( \frac{T_i^{0.1} \ln m}{V^{0.1}} \right) + 1.45 \times 10^{-4} \right]$$

$\frac{dT}{dt}$  คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลา ( $^{\circ}\text{C} / \text{sec}$ )

m คือ อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน ( $\text{kg} / \text{sec}$ )

V คือ ปริมาตรของสระน้ำระบายความร้อน ( $\text{m}^3$ )

t คือ เวลา ( $\text{sec}$ )

$T_i$  คือ อุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อน ( $^{\circ}\text{C}$ )

อย่างไรก็ตาม เพื่อเป็นการตรวจสอบสมการ (ข.1) ว่าเป็นสมการสำหรับการคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลาที่สามารถใช้ได้ทั่วไปหรือไม่ โดยการแทนค่าต่างๆลงในสมการ (ข.1) แล้วเปรียบเทียบกับอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลาที่ได้จากการทดลอง 4 กรณีดังนี้

1. ที่สระน้ำระบายความร้อนขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 6 ลิตรต่อนาที เมื่อสระน้ำไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำ โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น  $50^{\circ}\text{C}$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า } m &= 0.1 \text{ kg / sec} \\ V &= 0.9 \text{ m}^3 \\ T_i &= 50 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

ลงในสมการ ( ข.1 ) จะได้

$$\frac{dT}{dt} = 1.42 \times 10^{-3} e^{-0.000111t}$$

เทียบกับอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบาย ความร้อนเทียบกับเวลาที่ได้จากการทดลอง

$$\frac{dT}{dt} = 1.36 \times 10^{-3} e^{-0.0001209t}$$

2. ที่สระน้ำระบายความร้อนขนาด กว้าง 120 เซนติเมตร ยาว 240 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 6 ลิตรต่อนาที เมื่อสระน้ำไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำ โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น  $50 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า } m &= 0.1 \text{ kg / sec} \\ V &= 0.576 \text{ m}^3 \\ T_i &= 50 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

ลงในสมการ ( ข.1 ) จะได้

$$\frac{dT}{dt} = 1.69 \times 10^{-3} e^{-0.000121t}$$

เทียบกับอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบาย ความร้อนเทียบกับเวลาที่ได้จากการทดลอง

$$\frac{dT}{dt} = 1.67 \times 10^{-3} e^{-0.000126t}$$

3. ที่สระน้ำระบายความร้อนขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 6 ลิตรต่อนาที เมื่อสระน้ำไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำ โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น  $40 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\text{แทนค่า } m = 0.1 \text{ kg / sec}$$

$$V = 0.9 \text{ m}^3$$

$$T_i = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

ลงในสมการ (ข.1) จะได้

$$\frac{dT}{dt} = 6.86 \times 10^{-4} e^{-0.000106t}$$

เทียบกับอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบาย ความร้อนเทียบกับเวลาที่ได้จากการทดลอง

$$\frac{dT}{dt} = 6.97 \times 10^{-4} e^{-0.0001078t}$$

4. ที่สระน้ำระบายความร้อนขนาด กว้าง 120 เซนติเมตร ยาว 240 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 6 ลิตรต่อนาที เมื่อสระน้ำไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำ โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อนเป็น  $40 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\text{แทนค่า } m = 0.1 \text{ kg / sec}$$

$$V = 0.576 \text{ m}^3$$

$$T_i = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

ลงในสมการ (ข.1) จะได้

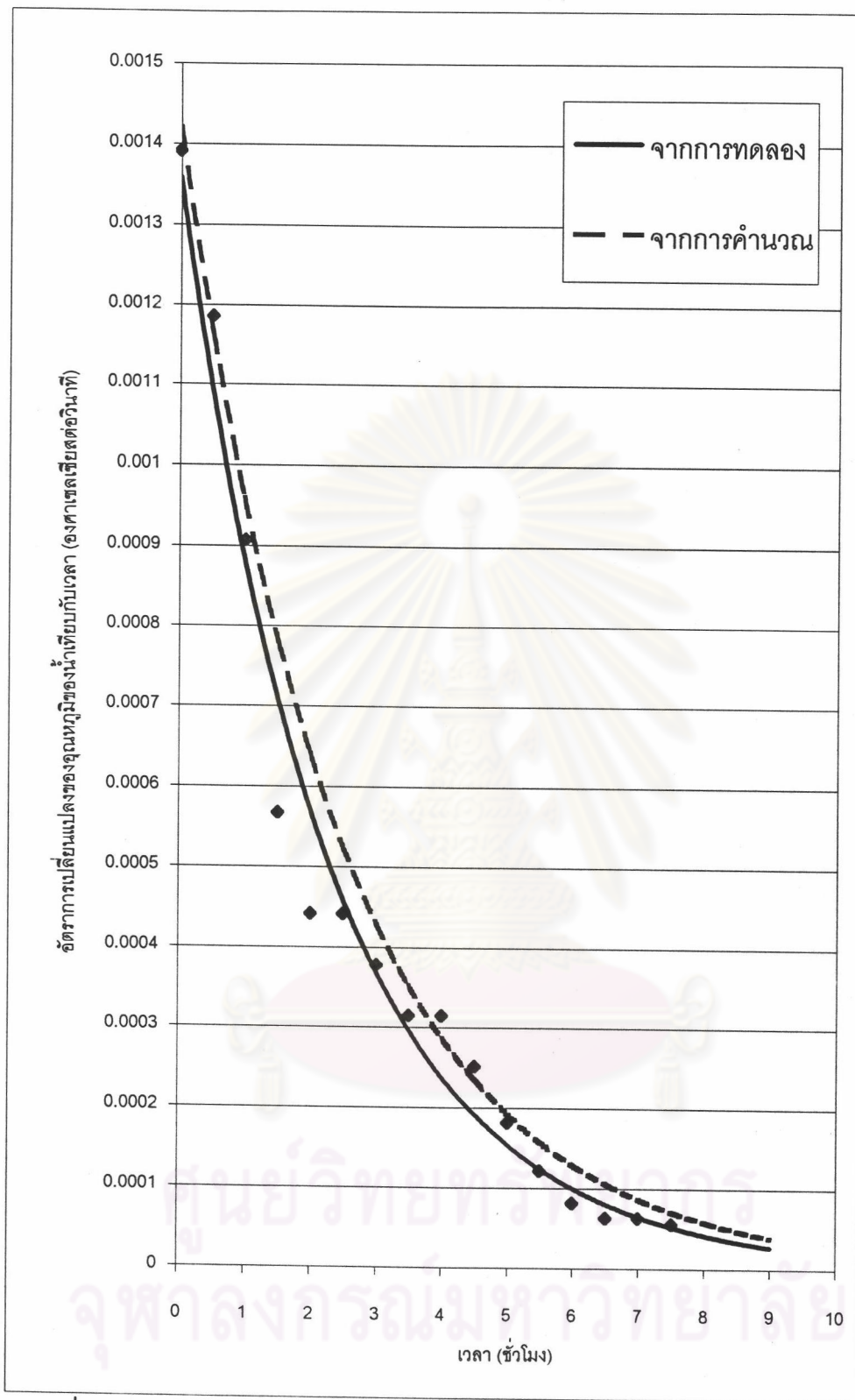
$$\frac{dT}{dt} = 8 \times 10^{-4} e^{-0.000113t}$$

เทียบกับอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบาย ความร้อนเทียบกับเวลาที่ได้จากการทดลอง

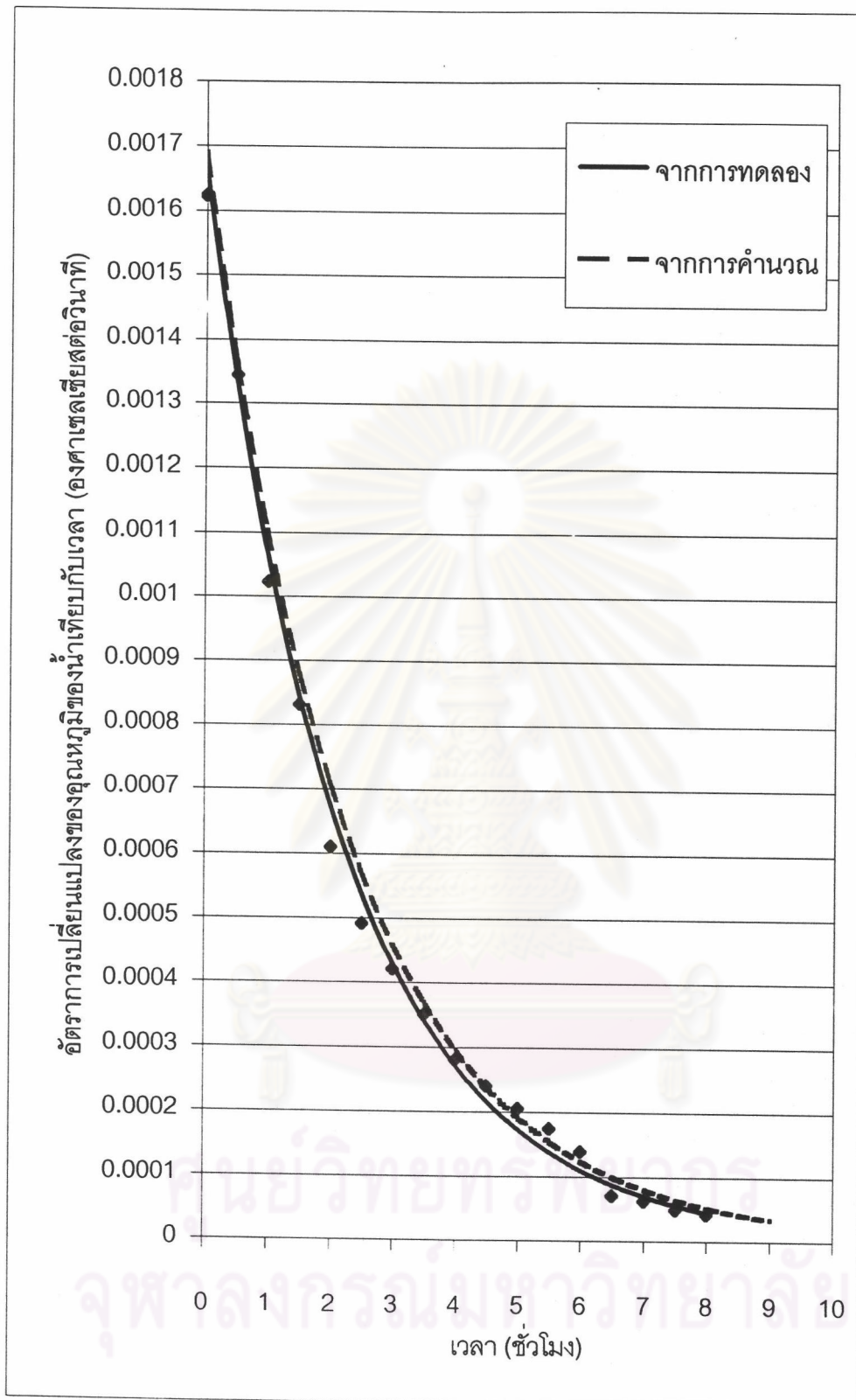
$$\frac{dT}{dt} = 7.53 \times 10^{-4} e^{-0.0001281t}$$

รูปที่ ข.1 - ข.4 เป็นกราฟที่เปรียบเทียบอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลาจากทั้ง 4 กรณี ซึ่งการตรวจสอบทางสถิติพบว่า สมการ (ข.1) สามารถใช้ทำนายอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลา โดยมีผลการคำนวณทางสถิติดังนี้  $R^2 = 0.9712$  และความผิดพลาดเฉลี่ย 7.8 %

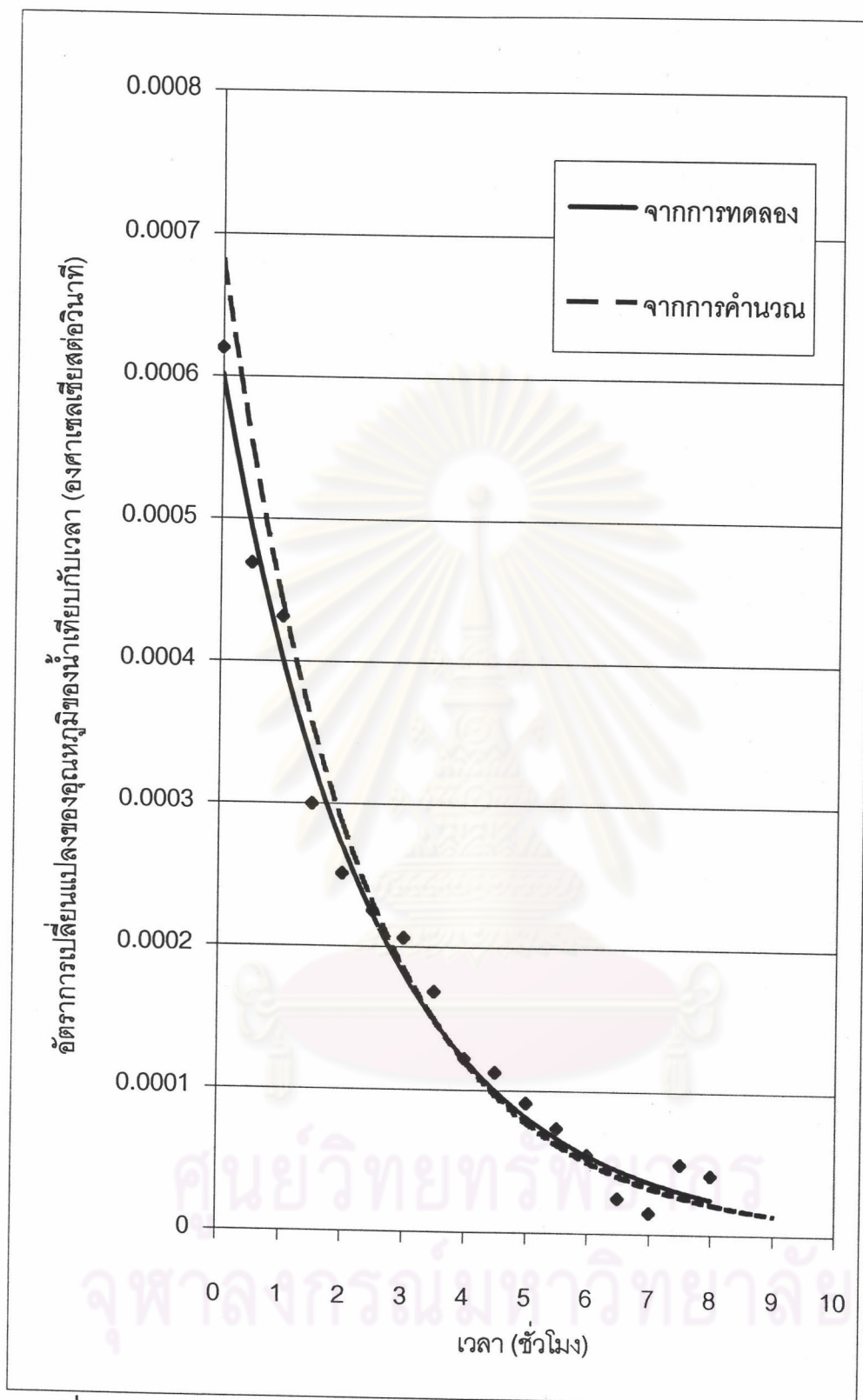




รูปที่ ข.1 กราฟเปรียบเทียบอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลาของสระน้ำขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร เมื่อสระน้ำไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำ โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำเป็น 50 องศาเซลเซียส ที่ได้จากการทดลอง และจากการคำนวณ

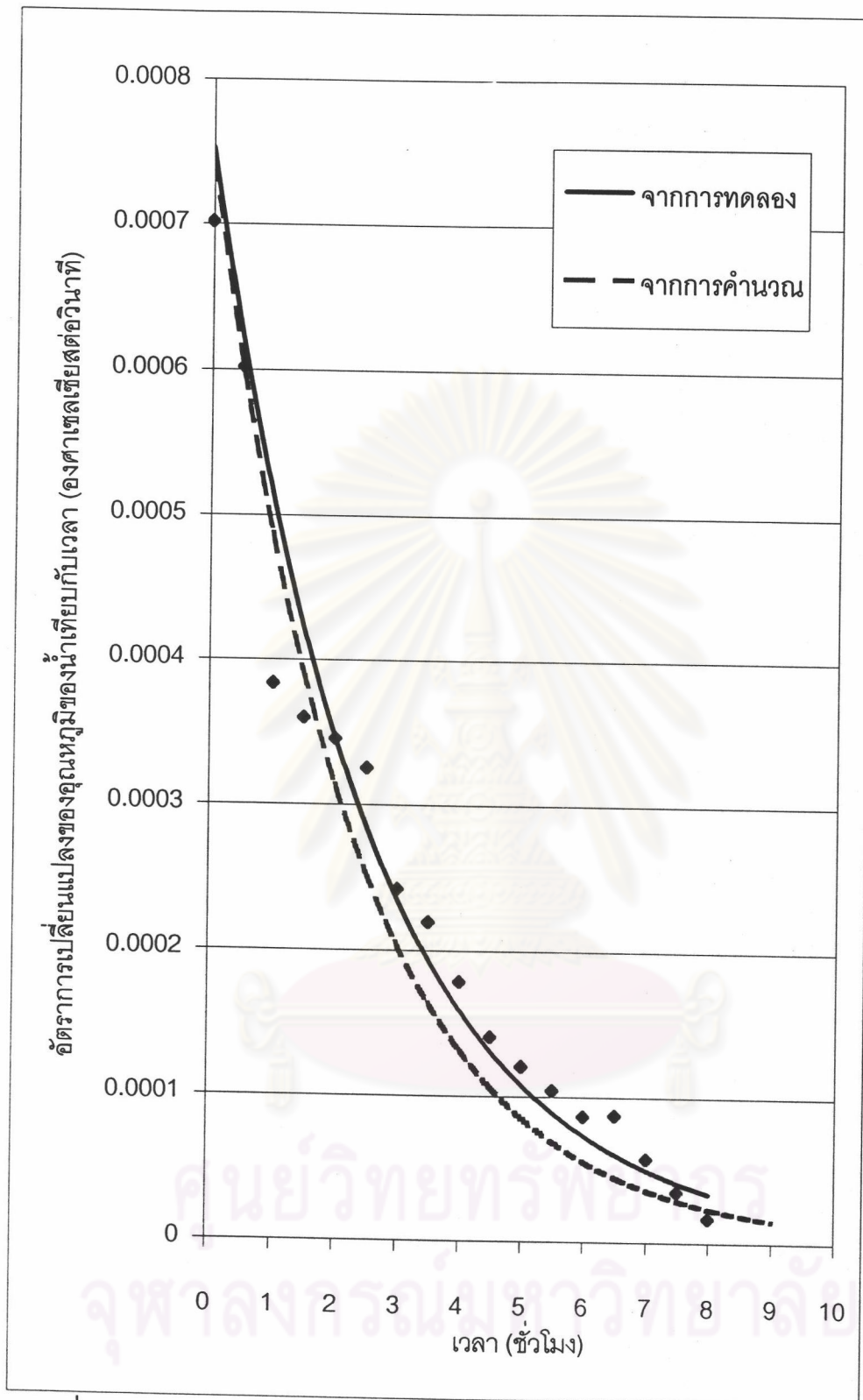


รูปที่ ข.2 กราฟเปรียบเทียบอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลาของสระน้ำขนาด กว้าง 120 เซนติเมตร ยาว 240 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร เมื่อสระน้ำไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำ โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำเป็น 50 องศาเซลเซียส ที่ได้จากการทดลอง และจากการคำนวณ



รูปที่ 3.3 กราฟเปรียบเทียบอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลาของสระน้ำขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร เมื่อสระน้ำไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำ โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำเป็น 40 องศาเซลเซียส ที่ได้จากการทดลอง และจากการคำนวณ





รูปที่ ข.4 กราฟเปรียบเทียบอัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลาของสระน้ำขนาด กว้าง 120 เซนติเมตร ยาว 240 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร เมื่อสระน้ำไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำ โดยมีอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสระน้ำเป็น 40 องศาเซลเซียส ที่ได้จากการทดลอง และจากการคำนวณ

## ภาคผนวก ค

การคำนวณหาพื้นที่ที่ใช้ในการระบายความร้อนของสระน้ำระบายความร้อน  
และการหาค่า Shape Factor

ตัวอย่างในการคำนวณหาพื้นที่ที่ใช้ในการระบายความร้อนของสระน้ำระบาย  
ความร้อน และการหาค่า Shape Factor

สมการ (ค.1) เป็นสมการที่ใช้ในการหาพื้นที่ของสระน้ำระบายความร้อนที่สภาวะ  
ไม่คงตัว

$$A = (\rho c_p V \frac{dT}{dt} - mc_p \Delta T) / Q_n \quad (\text{ค.1})$$

เมื่อ	A	คือ	พื้นที่ของสระน้ำระบายความร้อน ( $\text{m}^2$ )
	$\rho$	คือ	ความหนาแน่นของน้ำ ( $\text{kg} / \text{m}^3$ )
	$c_p$	คือ	ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ ( $\text{J} / \text{kg.K}$ )
	V	คือ	ปริมาตรของน้ำในสระน้ำระบายความร้อน ( $\text{m}^3$ )
	$\frac{dT}{dt}$	คือ	อัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำเทียบกับ เวลา ( $^{\circ}\text{C} / \text{sec}$ ) ซึ่งในที่นี้จะใช้ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลง ของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสระน้ำระบาย ความร้อนเทียบกับเวลาที่หาได้จากสมการ (4.1)
	m	คือ	อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน ( $\text{kg} / \text{sec}$ )
	$\Delta T$	คือ	ผลต่างระหว่างอุณหภูมิที่เข้าสระน้ำระบายความร้อน และอุณหภูมิที่ออกจากสระน้ำระบายความร้อน ( $^{\circ}\text{C}$ )
	$Q_n$	คือ	การถ่ายเทความร้อนสุทธิ ( $\text{W} / \text{m}^2$ )

เมื่อพิจารณาที่สภาวะคงตัว สมการ (ค.1) จะลดรูปของสมการเป็น สมการ  
(ค.2)

$$A = - mc_p \Delta T / Q_n \quad (\text{ค.2})$$

เมื่อ	A	คือ	พื้นที่ของสระน้ำระบายความร้อน ( $\text{m}^2$ )
	m	คือ	อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน ( $\text{kg} / \text{sec}$ )

$c_p$	คือ	ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ ( J / kg.K )
$\Delta T$	คือ	ผลต่างระหว่างอุณหภูมิที่เข้าสื่อน้ำระบายความร้อน และอุณหภูมิที่ออกจากสื่อน้ำระบายความร้อน ( °C )
$Q_n$	คือ	การถ่ายเทความร้อนสุทธิ ( W / m <sup>2</sup> )

แล้วแทนค่าต่างๆที่ได้จากการทดลองลงในสมการ ( ค.1 ) และสมการ ( ค.2 ) เพื่อหาขนาดของสื่อน้ำระบายความร้อน โดยจะแยกการพิจารณาออกเป็น 2 กรณี ดังนี้

1. พิจารณาขนาดของสื่อน้ำระบายความร้อนที่ใหญ่เพียงพอที่จะรองรับปริมาณความร้อนที่เข้าสื่อน้ำระบายความร้อน โดยอุณหภูมิของน้ำในสื่อน้ำระบายความร้อนไม่เปลี่ยนแปลง

2. พิจารณาขนาดของสื่อน้ำระบายความร้อนที่ใหญ่เพียงพอที่จะรองรับปริมาณความร้อนที่เข้าสื่อน้ำระบายความร้อน โดยอุณหภูมิของน้ำในสื่อน้ำระบายความร้อนเพิ่มขึ้นได้

จากกรณีแรก เมื่อนำอุณหภูมิของน้ำที่เวลาเริ่มต้นของการทดลอง เมื่อมีอัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 1 ลิตรต่อนาที ลงในสมการ ( ค.2 ) ได้ดังนี้

แทนค่า อุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสื่อน้ำระบายความร้อน

	=	50 °C
อุณหภูมิของน้ำในสื่อน้ำระบายความร้อน	=	27.5 °C
อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศ	=	27 °C
อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ	=	26 °C
อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน	=	1.67 x 10 <sup>-2</sup> kg / sec

จาก อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศ และอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ

สามารถหาความดันไอของอากาศได้ = 3.04 kPa

และจากอุณหภูมิของน้ำในสื่อน้ำระบายความร้อน

สามารถหาความดันไออิ่มตัวที่อุณหภูมิของน้ำได้ = 5.63 kPa

$$Q_n = Q_{sn} + Q_{an} - Q_{br} - Q_e - Q_c$$

เนื่องจากในการวิจัยนี้ใช้สถานที่ทดลองในร่ม ค่า  $Q_{sn}$  ที่นำมาคำนวณจึงเป็น  $Q_{sn}$  ที่เกิดจากหลอดไฟ ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้



$$Q_{sn} = \alpha Q_1 / A_r$$

เมื่อ  $\alpha$  คือ ค่าการดูดซับรังสีของน้ำซึ่งมีค่า 0.97

$Q_1$  คือ ปริมาณความร้อนที่เกิดจากหลอดไฟ

$A_r$  คือ พื้นที่ที่รังสีจากหลอดไฟตกกระทบ

$Q_1$  หาได้จากขนาดของหลอดไฟ ซึ่งสำหรับหลอดไฟที่บรรจุไอปรอทจะมีการแผ่รังสีความร้อนออกมาประมาณ 25% ในที่นี้ใช้หลอดไฟขนาด 1000 W จึงได้ว่า

$$\begin{aligned} Q_1 &= 0.25 \times 1000 \\ &= 250 \text{ W} \end{aligned}$$

$A_r$  หาได้จากระยะทางเฉลี่ยระหว่างหลอดไฟกับสระน้ำ ซึ่งเป็น 6.7 m และมุมของรังสีที่ออกมาซึ่งหาได้จากมุมของโคมไฟ ซึ่งโคมไฟมีมุม  $56^\circ$

$$\begin{aligned} A_r &= \int_0^{28^\circ} 2\pi r^2 \sin \theta \, d\theta \\ &= -2\pi r^2 \cos \theta \Big|_0^{28^\circ} \\ &= -2\pi (6.7)^2 [\cos 28^\circ - 1] \\ &= 33 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{sn} &= \alpha Q_1 / A_r \\ &= 0.97 \times 250 / 33 \\ &= 7.35 \text{ W / m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{an} &= 3.85 \times 10^{-13} (T_a + 273)^6 (1 + 0.17C^2) \\ &= 3.85 \times 10^{-13} (27 + 273)^6 (1 + 0.17(0.5)^2) \\ &= 292.59 \text{ W / m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{br} &= 5.5 \times 10^{-8} (T_s + 273)^4 \\ &= 5.5 \times 10^{-8} (27.5 + 273)^4 \\ &= 448.48 \text{ W / m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_e &= 7.24 \times 10^{-3} (T_s - T_a)^{1/3} (P_{vs} - P_{va}) \\ &= 7.24 \times 10^{-3} (27.5 - 27)^{1/3} (5.63 - 3.04) \times 10^3 \end{aligned}$$

$$= 14.88 \text{ W/m}^2$$

$$\begin{aligned} Q_c &= 240.2 [(T_s - T_a) / (P_s - P_a)] Q_e \\ &= 240.2 [(27.5 - 27) / (5.63 - 3.04) \times 10^3] 14.88 \\ &= 0.69 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_n &= 7.35 + 292.59 - 448.48 - 14.88 - 0.69 \\ &= -164.11 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} mc_p \Delta T &= 1.67 \times 10^{-2} \times 4186 \times (50 - 27.5) \\ &= 1572.89 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= -mc_p \Delta T / Q_n \\ &= -1572.89 / -164.11 \\ &= 9.58 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

เมื่อแทนค่าที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนอื่นๆ ลงในสมการ ( ค.2 ) จะ  
ได้ผลดังตารางที่ ค.1

ตารางที่ ค.1 พื้นที่ที่ได้จากสมการ ( ค.2 ) ของสระน้ำที่มีอัตราการไหลต่างกันในกรณี ที่ขนาดของ  
สระน้ำระบายความร้อนที่ใหญ่เพียงพอที่จะรองรับปริมาณความร้อนที่เข้าสระน้ำระบายความร้อน  
โดยอุณหภูมิของน้ำในสระน้ำระบายความร้อนไม่เปลี่ยนแปลง (ตารางเมตร)

อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน (ลิตรต่อนาที)	พื้นที่ (ตารางเมตร)
1	9.58
2	19.17
3	28.74
4	38.32
5	47.90
6	57.48

จากกรณีที่ 2 สำหรับสื่อน้ำระบายความร้อนที่ไม่มีกัณฑ์ทางเดินของ น้ำเมื่อแทนค่าที่ได้จากการทดลองที่สื่อน้ำระบายความร้อนขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่ไม่มีกัณฑ์ทางเดินของน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 1 ลิตรต่อนาที ที่เวลาเริ่มต้นของการทดลอง ลงในสมการ ( ค.2 ) ได้ดังนี้

แทนค่า อุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสื่อน้ำระบายความร้อน

$$= 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{อุณหภูมิของน้ำในสื่อน้ำระบายความร้อน} = 27.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศ} = 27 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ} = 26 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน} = 1.67 \times 10^{-2} \text{ kg / sec}$$

$$\text{ปริมาตรของสื่อน้ำระบายความร้อน} = 0.9 \text{ m}^3$$

$$\text{อัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสื่อน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลา} = 3.3 \times 10^{-4} \text{ }^{\circ}\text{C / sec}$$

จาก อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศ และอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ

$$\text{สามารถหาความดันไอของอากาศได้} = 3.04 \text{ kPa}$$

และจากอุณหภูมิของน้ำในสื่อน้ำระบายความร้อน

$$\text{สามารถหาความดันไออิ่มตัวที่อุณหภูมิของน้ำได้} = 5.63 \text{ kPa}$$

$$Q_n = Q_{sn} + Q_{an} - Q_{br} - Q_e - Q_c$$

เนื่องจากการวิจัยนี้ใช้สถานที่ทดลองในร่ม ค่า  $Q_{sn}$  ที่นำมาคำนวณจึงเป็น  $Q_{sn}$  ที่เกิดจากหลอดไฟ ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$Q_{sn} = \alpha Q_1 / A_r$$

เมื่อ  $\alpha$  คือ ค่าการดูดซับรังสีของน้ำซึ่งมีค่า 0.97

$Q_1$  คือ ปริมาณความร้อนที่เกิดจากหลอดไฟ

$A_r$  คือ พื้นที่ที่รังสีจากหลอดไฟตกกระทบ

$Q_1$  หาได้จากขนาดของหลอดไฟ ซึ่งสำหรับหลอดไฟที่บรรจุไอปรอทจะมีการแผ่รังสีความร้อนออกมาประมาณ 25% ในที่นี้ใช้หลอดไฟขนาด 1000 W จึงได้ว่า

$$Q_1 = 0.25 \times 1000$$



$$= 250 \text{ W}$$

$A_r$  หาได้จากระยะทางเฉลี่ยระหว่างหลอดไฟกับสระน้ำ ซึ่งเป็น 6.7 m และมุมของรังสีที่ออกมาซึ่งหาได้จากมุมของโคมไฟ ซึ่งโคมไฟมีมุม  $56^\circ$

$$\begin{aligned} A_r &= \int_0^{28^\circ} 2\pi r^2 \sin \theta \, d\theta \\ &= -2\pi r^2 \cos \theta \Big|_0^{28^\circ} \\ &= -2\pi (6.7)^2 [\cos 28^\circ - 1] \\ &= 33 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{sn} &= \alpha Q_i / A_r \\ &= 0.97 \times 250 / 33 \\ &= 7.35 \text{ W / m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{an} &= 3.85 \times 10^{-13} (T_a + 273)^6 (1 + 0.17C^2) \\ &= 3.85 \times 10^{-13} (27 + 273)^6 (1 + 0.17(0.5)^2) \\ &= 292.59 \text{ W / m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{br} &= 5.5 \times 10^{-8} (T_s + 273)^4 \\ &= 5.5 \times 10^{-8} (27.5 + 273)^4 \\ &= 448.48 \text{ W / m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_e &= 7.24 \times 10^{-3} (T_s - T_a)^{1/3} (P_{vs} - P_{va}) \\ &= 7.24 \times 10^{-3} (27.5 - 27)^{1/3} (5.63 - 3.04) \times 10^3 \\ &= 14.88 \text{ W / m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_c &= 240.2 [(T_s - T_a) / (P_s - P_a)] Q_e \\ &= 240.2 [(27.5 - 27) / (5.63 - 3.04) \times 10^3] 14.88 \\ &= 0.69 \text{ W / m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_n &= 7.35 + 292.59 - 448.48 - 14.88 - 0.69 \\ &= -164.11 \text{ W / m}^2 \end{aligned}$$

$$m c_p \Delta T = 1.67 \times 10^{-2} \times 4186 \times (50 - 27.5)$$

$$= 1572.89 \text{ W}$$

$$\rho c_p V \frac{dT}{dt}$$

$$= 1000 \times 4186 \times 0.9 \times 3.3 \times 10^{-4}$$

$$= 1243.24$$

$$A = (\rho c_p V \frac{dT}{dt} - mc_p \Delta T) / Q_n$$

$$= (1243.24 - 1572.89) / -164.11$$

$$= 2.01 \text{ m}^2$$

จากนั้นหาค่าพื้นที่ ที่ได้จากการทดลองที่สื่อน้ำระบายความร้อนขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่ไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำ ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 1 ลิตรต่อวินาที ที่เวลาต่างๆกัน แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย จะได้ พื้นที่เป็น  $2.03 \text{ m}^2$

สำหรับสื่อน้ำระบายความร้อนที่มีการกั้นทางเดินของน้ำ เมื่อแทนค่าที่ได้จากการทดลองที่สื่อน้ำระบายความร้อนขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำรูปแบบที่ 1 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 1 ลิตรต่อวินาที ที่เวลาเริ่มต้นของการทดลอง ลงในสมการ (ค.2) ได้ดังนี้

แทนค่า อุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่เข้าสื่อน้ำระบายความร้อน

$$= 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{อุณหภูมิของน้ำในสื่อน้ำระบายความร้อน} = 27.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศ} = 27.3 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ} = 26.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน} = 1.67 \times 10^{-2} \text{ kg / sec}$$

$$\text{ปริมาตรของสื่อน้ำระบายความร้อน} = 0.9 \text{ m}^3$$

$$\text{อัตราการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำที่ทางออกของสื่อน้ำระบายความร้อนเทียบกับเวลา} = 3.3 \times 10^{-4} \text{ }^{\circ}\text{C / sec}$$

จาก อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศ และอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ

$$\text{สามารถหาความดันไอของอากาศได้} = 3.05 \text{ kPa}$$

และจากอุณหภูมิของน้ำในสื่อน้ำระบายความร้อน

สามารถหาความดันไออิ่มตัวที่อุณหภูมิของน้ำได้ = 5.7 kPa

$$Q_n = Q_{sn} + Q_{an} - Q_{br} - Q_e - Q_c$$

เนื่องจากในการวิจัยนี้ใช้สถานที่ทดลองในร่ม ค่า  $Q_{sn}$  ที่นำมาคำนวณจึงเป็น  $Q_{sn}$  ที่เกิดจากหลอดไฟ ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$Q_{sn} = \alpha Q_1 / A_r$$

เมื่อ  $\alpha$  คือ ค่าการดูดซับรังสีของน้ำซึ่งมีค่า 0.97

$Q_1$  คือ ปริมาณความร้อนที่เกิดจากหลอดไฟ

$A_r$  คือ พื้นที่ที่รังสีจากหลอดไฟตกกระทบ

$Q_1$  หาได้จากขนาดของหลอดไฟ ซึ่งสำหรับหลอดไฟที่บรรจุไอปรอทจะมีการแผ่รังสีความร้อนออกมาประมาณ 25% ในที่นี้ใช้หลอดไฟขนาด 1000 W จึงได้ว่า

$$\begin{aligned} Q_1 &= 0.25 \times 1000 \\ &= 250 \text{ W} \end{aligned}$$

$A_r$  หาได้จากระยะทางเฉลี่ยระหว่างหลอดไฟกับสระน้ำ ซึ่งเป็น 6.7 m และมุมของรังสีที่ออกมาซึ่งหาได้จากมุมของโคไซน์ไฟ ซึ่งมีมุม  $56^\circ$

$$\begin{aligned} A_r &= \int_0^{28^\circ} 2\pi r^2 \sin \theta \, d\theta \\ &= -2\pi r^2 \cos \theta \Big|_0^{28^\circ} \\ &= -2\pi (6.7)^2 [\cos 28^\circ - 1] \\ &= 33 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{sn} &= \alpha Q_1 / A_r \\ &= 0.97 \times 250 / 33 \\ &= 7.35 \text{ W / m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{an} &= 3.85 \times 10^{-13} (T_a + 273)^6 (1 + 0.17C^2) \\ &= 3.85 \times 10^{-13} (27.2 + 273)^6 (1 + 0.17(0.5)^2) \\ &= 293.77 \text{ W / m}^2 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 Q_{br} &= 5.5 \times 10^{-8} (T_s + 273)^4 \\
 &= 5.5 \times 10^{-8} (27.8 + 273)^4 \\
 &= 450.27 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_e &= 7.24 \times 10^{-3} (T_s - T_a)^{1/3} (P_{vs} - P_{va}) \\
 &= 7.24 \times 10^{-3} (27.8 - 27.2)^{1/3} (5.7 - 3.05) \times 10^3 \\
 &= 16.18 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_c &= 240.2 [(T_s - T_a) / (P_s - P_a)] Q_e \\
 &= 240.2 [(27.8 - 27.2) / (5.7 - 3.05) \times 10^3] 16.18 \\
 &= 0.88 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_n &= 7.35 + 293.77 - 450.27 - 16.18 - 0.88 \\
 &= -164.11 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 mc_p \Delta T &= 1.67 \times 10^{-2} \times 4186 \times (50 - 27.8) \\
 &= 1551.92 \text{ W}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho c_p V \frac{dT}{dt} &= 1000 \times 4186 \times 0.9 \times 3.26 \times 10^{-4} \\
 &= 1228.17
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= (\rho c_p V \frac{dT}{dt} - mc_p \Delta T) / Q_n \\
 &= (1228.17 - 1551.92) / -164.11 \\
 &= 1.97 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

จากนั้นหาค่าพื้นที่ ที่ได้จากการทดลองที่สระน้ำระบายความร้อนขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำรูปแบบที่ 1 ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน 1 ลิตรต่อวินาที ที่เวลาต่างๆกัน แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย จะได้พื้นที่เป็น 1.93 m<sup>2</sup>

เมื่อแทนค่าที่ได้จากการทดลองที่สระน้ำระบายความร้อนขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีการกั้นทางเดินของน้ำรูปแบบต่างๆ ที่อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อนต่างๆ ลงในสมการ ( ค.1 ) จะได้ผลดังตารางที่ ค.2

ตารางที่ ค.2 พื้นที่ที่ได้จากสมการ (ค.1) โดยแทนค่าต่างๆที่ได้จากการทดลองของสระน้ำขนาด กว้าง 150 เซนติเมตร ยาว 300 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มีอัตราการไหลต่างกัน ที่มีรูปแบบ การกั้นทางเดินของน้ำต่างกัน (ตารางเมตร)

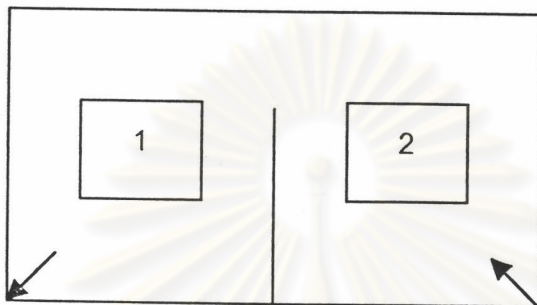
อัตราการไหลของน้ำระบายความร้อน (ลิตรต่อนาที)	1	2	3	4	5	6
รูปแบบการกั้นทางเดินของน้ำ						
ไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำ	2.03	2.66	2.88	3.03	3.11	3.14
รูปแบบที่ 1	1.93	2.60	2.72	2.89	2.92	2.97
รูปแบบที่ 2	1.79	2.49	2.56	2.66	2.75	2.77
รูปแบบที่ 3	1.67	2.44	2.34	2.43	2.51	2.52
รูปแบบที่ 4	1.90	2.60	2.75	2.84	2.95	2.99
รูปแบบที่ 5	1.92	2.62	2.73	2.87	2.96	2.97
รูปแบบที่ 6	1.78	2.50	2.54	2.69	2.72	2.75
รูปแบบที่ 7	1.69	2.40	2.30	2.44	2.48	2.51

หลักในการหา Shape Factor ที่ได้คิดขึ้น ทำโดยการแบ่งสระน้ำระบายความร้อน ออกเป็นส่วนๆตามการกั้นทางเดินของน้ำ ซึ่งการแบ่งจะแบ่งออกเป็นกี่ส่วนนั้นขึ้นอยู่กับจำนวน การกั้นทางเดินของน้ำ เช่น ถ้ามีการกั้นทางเดินของน้ำ 2 แห่ง ก็จะทำให้การแบ่งสระน้ำระบายความร้อนออกเป็น 3 ส่วน หลังจากทำการแบ่งสระน้ำระบายความร้อนออกเป็นส่วนแล้ว จะทำการระบุ หมายเลขของแต่ละส่วน โดยให้ส่วนที่เป็นทางออกของสระน้ำระบายความร้อนเป็นส่วนที่ 1 และ ระบุหมายเลขย้อนไปตามการไหลของน้ำไปจนถึงทางเข้าของสระน้ำระบายความร้อน เมื่อทำการ แบ่งสระน้ำระบายความร้อน และระบุหมายเลขของแต่ละส่วนแล้ว วิธีคำนวณ Shape Factor สามารถทำได้โดย นำเส้นรอบรูปจริงของแต่ละส่วน หารด้วยเส้นรอบรูปทั้งหมดของส่วนนั้นๆ แล้ว นำมาคูณด้วยหมายเลขของส่วนนั้นๆ แล้วนำค่าที่ได้จากทุกส่วนมารวมกัน จากนั้นทำการหารด้วย อนุกรมของหมายเลขทั้งหมด ดังสมการ (ค.3)

$$SF = \frac{1\left(\frac{Pe_1}{Pb_1}\right) + 2\left(\frac{Pe_2}{Pb_2}\right) + \dots + n\left(\frac{Pe_n}{Pb_n}\right)}{1 + 2 + \dots + n} \quad (ค.3)$$

เมื่อ SF	คือ	ค่า Shape Factor
Pe	คือ	เส้นรอบรูปจริงของแต่ละส่วน
Pb	คือ	เส้นรอบรูปทั้งหมดของแต่ละส่วน
n	คือ	จำนวนของส่วนที่เกิดจากการแบ่ง

การกั้นทางเดินของน้ำรูปแบบที่ 1



ในส่วนที่ 1 เส้นรอบรูปจริง = 5.5 เมตร  
เส้นรอบรูปทั้งหมด = 6 เมตร

ในส่วนที่ 2 เส้นรอบรูปจริง = 5.5 เมตร  
เส้นรอบรูปทั้งหมด = 6 เมตร

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{1\left(\frac{Pe_1}{Pb_1}\right) + 2\left(\frac{Pe_2}{Pb_2}\right) + \dots + n\left(\frac{Pe_n}{Pb_n}\right)}{1 + 2 + \dots + n} \\
 &= \frac{1\left(\frac{5.5}{6}\right) + 2\left(\frac{5.5}{6}\right)}{1 + 2} \\
 &= 0.9167
 \end{aligned}$$

แทนค่าต่างๆ ลงในการกั้นทางเดินของน้ำรูปแบบต่างๆ ลงในสมการ (ค.3) จะได้  
ค่า Shape Factor ดังตารางที่ ค.3



ตารางที่ ค.3 ค่า Shape Factor ที่ได้จากสมการ ( ค.3 )

รูปแบบการกั้นทางเดินของน้ำ	Shape Factor
ไม่มีการกั้นทางเดินของน้ำ	1
การกั้นทางเดินของน้ำรูปแบบที่ 1	0.9167
การกั้นทางเดินของน้ำรูปแบบที่ 2	0.8667
การกั้นทางเดินของน้ำรูปแบบที่ 3	0.8333
การกั้นทางเดินของน้ำรูปแบบที่ 4	0.9190
การกั้นทางเดินของน้ำรูปแบบที่ 5	0.9095
การกั้นทางเดินของน้ำรูปแบบที่ 6	0.8650
การกั้นทางเดินของน้ำรูปแบบที่ 7	0.8095

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายสรรพงศ์ รุ่งแสงมัญญ เกิดเมื่อวันที่ 29 มิถุนายน พ.ศ. 2521 ที่จังหวัด กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ในปีการศึกษา 2541 และได้ เข้ารับการศึกษาในหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2542



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย